

# KỶ YẾU

# HỘI NGHỊ KHOA HỌC TRẺ

# LẦN THỨ 5 - NĂM 2023

## YSC 2023

**TRI THỨC TRẺ TRONG KỶ NGUYÊN SỐ**

**LĨNH VỰC ĐIỆN - ĐIỆN TỬ**



**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP**  
**THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

**BỘ CÔNG THƯƠNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

**KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TRẺ LẦN 5  
NĂM 2023 – (YSC2023) TRI THỨC TRẺ TRONG  
KỶ NGUYÊN SỐ  
LĨNH VỰC ĐIỆN – ĐIỆN TỬ**

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**



**HỘI NGHỊ KHOA HỌC TRẺ LẦN 5 NĂM 2023**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

**BAN TỔ CHỨC**

- PGS.TS. Huỳnh Trung Hiếu	Phó Hiệu trưởng	Trưởng ban
- TS. Nguyễn Xuân Hồng	Phó Hiệu trưởng	Phó Trưởng ban
- PGS.TS. Đàm Sao Mai	Phó Hiệu trưởng	Phó Trưởng ban
- PGS.TS. Trịnh Ngọc Nam	Trưởng phòng QLKH & HTQT	Phó Trưởng ban
- KS. Huỳnh Phú Vinh	Bí thư Đoàn Thanh niên Trường	Thành viên
- PGS.TS. Đoàn Văn Đạt	Trưởng tiểu ban Hóa – Sinh – Thực phẩm – Môi trường	Thành viên
- TS. Lê Nhật Duy	Trưởng tiểu ban Điện – Điện tử – Công nghệ Thông tin	Thành viên
- TS. Nguyễn Quốc Cường	Trưởng tiểu ban Kinh tế	Thành viên
- PGS.TS. Nguyễn Minh Phú	Trưởng tiểu ban Cơ khí – Xây dựng – Động lực – Nhiệt lạnh	Thành viên
- TS. Phan Thị Tuyết Nga	Trưởng tiểu ban Khoa học Xã hội và Nhân văn	Thành viên
- ThS. Bùi Đình Tiên	Phó Trưởng phòng QLKH & HTQT	Thành viên
- TS. Phạm Trần Bích Thuận	Phó Trưởng phòng QLKH & HTQT	Thành viên
- ThS. Phạm Trung Kiên	Trưởng phòng Tổ chức – Hành chính	Thành viên
- ThS. Phạm Thị Quế Minh	Trưởng phòng Tài chính Kế toán	Thành viên
- TS. Lê Ngọc Sơn	Viện trưởng Viện Đào tạo Quốc tế và Sau Đại học	Thành viên
- ThS. Nguyễn Thị Thương	Giám đốc Trung tâm Thông tin – Truyền thông	Thành viên
- ThS. Nguyễn Phúc Hưng	Giám đốc Trung tâm Quản trị Hệ thống	Thành viên
- ThS. Nguyễn Quý Tuấn	Trưởng phòng Quản trị	Thành viên
- ThS. Dương Tiến Đoàn	Trưởng phòng Dịch vụ	Thành viên
- ThS. Trần Thu Thảo	Trưởng ban Học tập – Nghiên cứu Khoa học Đoàn Trường	Thành viên
- ThS. Nguyễn Minh Tú Anh	Chuyên viên Phòng QLKH & HTQT	Thành viên
- ThS. Nguyễn Phúc Thùy Dương	Chuyên viên Phòng QLKH & HTQT	Thành viên

**BAN CHUYÊN MÔN THẨM DUYỆT BÀI BÁO**

**Tiểu ban Điện – Điện tử - Công nghệ Thông tin**

- TS. Lê Nhật Duy	Khoa Công nghệ Thông tin	Trưởng Tiểu ban
- PGS.TS. Nguyễn Ngọc Sơn	Khoa Công nghệ Điện tử	Thành viên
- TS. Đặng Thị Phúc	Khoa Công nghệ Thông tin	Thành viên
- TS. Nguyễn Hoài Thương	Khoa Công nghệ Điện	Thư ký



## DANH MỤC BÀI BÁO

<b>YSC5.F101</b> .....	<b>5</b>
<b>THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ TRÊN FPGA, ĐIỀU KHIỂN ĐÈN GIAO THÔNG</b> VŨ THỊ HỒNG ANH <sup>1</sup> , LÂM HOÀNG PHÚC <sup>1</sup> , NGUYỄN ANH KHÔI <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F102</b> .....	<b>20</b>
<b>THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ ĐIỀU KHIỂN MỨC NƯỚC TRÊN NỀN TẢNG FPGA</b> VU THI HONG ANH <sup>1</sup> , NGO VAN HAT <sup>1</sup> , NGUYEN MINH TRI <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F103</b> .....	<b>33</b>
<b>THIẾT KẾ BỘ TẠO CHỮ KÝ SỐ DỰA TRÊN THUẬT TOÁN DSA THỰC HIỆN TRÊN FPGA</b> LE LY QUYEN QUYEN <sup>1</sup> , PHAN TRUONG GIANG <sup>2</sup> , PHAM BA HAU <sup>3</sup>	
<b>YSC5.F104</b> .....	<b>42</b>
<b>THIẾT KẾ BỘ TẠO CHỮ KÝ SỐ DỰA TRÊN ĐƯỜNG CONG ELLIPTIC (ECDSA) THỰC HIỆN TRÊN FPGA</b> LÊ LÝ QUYÊN QUYÊN <sup>1</sup> , ĐẶNG XUÂN TUẤN ANH <sup>2</sup>	
<b>YSC5.F105</b> .....	<b>54</b>
<b>HIỂN THỊ THÔNG TIN XE HƠI TRÊN KÍNH LÁI HUD SỬ DỤNG RASPBERRY PI VÀ GIAO THỨC OBD2</b> ĐẶNG QUANG MINH <sup>1</sup> , PHẠM PHI HÙNG <sup>1</sup> , NGUYỄN THANH ĐĂNG <sup>1*</sup>	
<b>YSC5.F106</b> .....	<b>61</b>
<b>HỆ THỐNG THEO DÕI SỨC KHỎE VÀ KHÁM BỆNH TỪ XA QUA INTERNET</b> DINH QUANG TUYEN <sup>1*</sup> , LE PHU DONG <sup>1</sup> , CHAU NGOC HIEU <sup>1</sup> , LE NHUT NINH <sup>1</sup> , VO VAN PHONG <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F107</b> .....	<b>70</b>
<b>XÂY DỰNG HỆ THỐNG TRỢ LÝ ẢO CHO Ô TÔ DỰA TRÊN CÔNG NGHỆ NHẬN DẠNG GIỌNG NÓI VÀ XỬ LÝ DỮ LIỆU TỪ OBD II</b> NGUYỄN THANH ĐĂNG <sup>1*</sup> , NGUYỄN THANH NGÂN <sup>1</sup> , LÊ CÔNG HOÀI ĐỨC <sup>1</sup> , ĐẶNG QUANG MINH <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F108</b> .....	<b>77</b>
<b>ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO ĐỂ NHẬN DẠNG GIỌNG NÓI TIẾNG VIỆT</b> NGUYỄN THANG ĐĂNG <sup>1</sup> , NGÔ QUANG HUY <sup>1</sup> , NGUYỄN DANH HOÀNG AN <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F109</b> .....	<b>85</b>
<b>ROBOT BẮM ĐƯỜNG TỰ ĐỘNG SỬ DỤNG OPENCV VÀ RASPBERRY</b> NGUYỄN THANH ĐĂNG <sup>1*</sup> , LÊ HỒ HỮU NGHĨA <sup>1</sup> , PHẠM ĐÌNH HẢI LONG <sup>1</sup> , ĐẶNG QUANG MINH <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F110</b> .....	<b>93</b>
<b>ROBOT BẮM QUỸ ĐẠO THAM CHIẾU SỬ DỤNG ROS2 VÀ SLAM TOOLBOX</b> NGUYỄN THANH ĐĂNG <sup>1*</sup> , TRẦN BÁ TỰ <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F111</b> .....	<b>106</b>
<b>HỆ THỐNG QUẢN LÝ DỮ LIỆU BỆNH NHÂN SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ RFID</b> PHAN TUAN ANH <sup>1</sup> , NGUYEN DINH PHU <sup>1</sup> , VU NGOC THINH <sup>1</sup>	

<b>YSC5.F112</b> .....	<b>114</b>
<b>THIẾT KẾ HỆ THỐNG QUẢN LÝ CẦU LẠC BỘ BILLARD THÔNG MINH CHỐNG THẮT THOÁT DOANH THU</b>	
TRẦN NGỌC ANH <sup>1*</sup> , NGUYỄN THANH TIẾN <sup>1</sup> , TRẦN NGỌC ANH <sup>1</sup> , TRẦN MẠNH DUY <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F113</b> .....	<b>126</b>
<b>ỨNG DỤNG GIẢI THUẬT LOGIC MỜ TRONG XÂY DỰNG MÔ HÌNH XẾP HẠNG TÍN DỤNG</b>	
NGUYỄN ANH VINH <sup>1*</sup> , NGUYỄN VĂN LƯỢNG <sup>1</sup> , ĐÀO NGỌC SANG <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F114</b> .....	<b>143</b>
<b>ĐIỀU KHIỂN BỀN VỮNG KỆ TỰ ĐỘNG TRONG NHÀ KHO THÔNG MINH</b>	
BỐC MINH HÙNG <sup>1*</sup> , NGÔ THANH QUYÊN <sup>1</sup> , LÊ LONG HỒ <sup>1</sup> , NGUYỄN ANH TUẤN <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F115</b> .....	<b>153</b>
<b>ĐIỀU KHIỂN ROBOT BẮM THEO MỤC TIÊU</b>	
PHẠM HOÀI HUY <sup>1</sup> , LÃ DUY QUANG <sup>1</sup> , TRẦN VĂN HÙNG <sup>1*</sup>	
<b>YSC5.F116</b> .....	<b>162</b>
<b>HỆ THỐNG THỊ GIÁC MÁY TÍNH GIÁM SÁT NGƯỜI TẬP TRONG PHÒNG THỂ HÌNH</b>	
PHẠM TRƯỜNG HẢI <sup>1</sup> , VÕ NGỌC HẢI <sup>1</sup> , TRẦN VĂN HÙNG <sup>1*</sup>	
<b>YSC5.F117</b> .....	<b>171</b>
<b>ĐIỀU KHIỂN ROBOT DI CHUYỂN THEO TÍN HIỆU ĐÈN GIAO THÔNG</b>	
NGUYỄN TRƯƠNG MẠNH QUỲNH <sup>1</sup> , TRẦN VĂN HÙNG <sup>1*</sup>	
<b>YSC5.F118</b> .....	<b>181</b>
<b>NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG ỨNG DỤNG DI ĐỘNG ĐỀ XUẤT KẾ HOẠCH CHUYỂN THAM QUAN</b>	
NGUYỄN VĂN DUY <sup>1</sup> , PHAN MINH ĐẠT <sup>1</sup> , TRẦN TIẾN PHÁT <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F119</b> .....	<b>191</b>
<b>ỨNG DỤNG IOTS XÂY DỰNG QUẢN LÝ FARMSTAY THÔNG MINH</b>	
NGUYỄN VĂN DUY <sup>1</sup> , TRẦN NAM ANH <sup>1</sup> , ĐOÀN HOÀNG CA <sup>1</sup> , TĂNG HỒ TRUNG NAM <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F120</b> .....	<b>204</b>
<b>NGHIÊN CỨU BLOCKCHAIN VÀ IOTs XÂY DỰNG HỆ THỐNG BỎ PHIẾU AN TOÀN</b>	
NGUYỄN VĂN DUY <sup>1*</sup> , LÊ ĐỨC TI <sup>1</sup> , ĐỖ NHẬT HỒNG <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F121</b> .....	<b>215</b>
<b>XÂY DỰNG HỆ THỐNG NUÔI VÀ GIÁM SÁT CÁ CẢNH THÔNG MINH</b>	
NGÔ THÀNH ĐẠI <sup>1</sup> , ĐẶNG VĂN CHƯƠNG <sup>1</sup> , CAO VĂN KIÊN <sup>1*</sup>	
<b>YSC5.F122</b> .....	<b>230</b>
<b>APPLYING AODV ROUTING ALGORITHM TO MESH LORA NETWORK</b>	
VO XUAN LOC <sup>1</sup> , VO MINH NGOC <sup>1</sup> , ONG MAU DUNG <sup>1*</sup>	
<b>YSC5.F123</b> .....	<b>239</b>
<b>MÔ HÌNH TRỒNG NẤM LINH CHI THÔNG MINH</b>	
NGUYỄN DUY KHANH <sup>1*</sup> , BÙI THỊ LỆ HẰNG <sup>1</sup> , NGUYỄN TRẦN MINH THIÊN <sup>1</sup> , TRẦN MINH HỒNG <sup>1</sup>	

<b>YSC5.F124</b> .....	<b>257</b>
<b>CẤU TRÚC BỘ ĐIỀU KHIỂN KÉP BAO GỒM MÔ HÌNH TIỂU NÃO MỜ TỰ TỔ CHỨC SỬ DỤNG HÀM LIÊN THUỘC GAUSSIAN XẾP CHỖNG VÀ MẠNG LƯỚI HỌC TẬP CẢM XÚC CỦA NÃO CHO HỆ THỐNG ROBOT SONG SONG</b>	
LÊ TÓNG TÂN HÒA <sup>1*</sup> , NGÔ THANH QUYỀN <sup>1</sup> , NGUYỄN VĂN THỌ <sup>1</sup> , LÂM BÌNH MINH <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F125</b> .....	<b>267</b>
<b>KHẢO SÁT HIỆU NĂNG MÔ HÌNH THU HOẠCH NĂNG LƯỢNG VÔ TUYẾN TRONG MẠNG CHUYỂN TIẾP HAI CHIỀU SỬ DỤNG KỸ THUẬT PHÂN CHIA THEO THỜI GIAN VÀ ĐA TRUY CẬP PHI TRỰC GIAO</b>	
ĐÀO THỊ THU THUY <sup>1*</sup> , NGUYỄN ĐỖ NHẬT HUY <sup>1</sup> , ĐÌNH TRÍ <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F126</b> .....	<b>274</b>
<b>NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO ĐỒNG HỒ NƯỚC THÔNG MINH</b>	
TRẦN QUÝ HỮU <sup>1*</sup> , LẠI THANH THÁI <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F127</b> .....	<b>289</b>
<b>THIẾT KẾ, THI CÔNG VÀ ĐIỀU KHIỂN TAY MÁY SONG SONG HAI BẬC TỰ DO CẢI TIẾN ĐỂ BỐC TÁCH VÀ SẮP XẾP HÀNG HOÁ TRONG QUẢN LÝ CHUỖI CUNG ỨNG</b>	
TRẦN QUỐC THỊNH <sup>1</sup> , NGUYỄN MINH CƯỜNG <sup>1</sup> , BÙI THÀNH ĐẠT <sup>1</sup> , NGUYỄN THANH TÙNG <sup>1</sup> , NGUYỄN VĂN THỌ <sup>1*</sup>	
<b>YSC5.F128</b> .....	<b>308</b>
<b>ỨNG DỤNG LOGIC MỜ TRÊN NỀN TẢNG RASPBERRY TRONG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐÈN GIAO THÔNG THÔNG MINH</b>	
NGUYỄN ANH VINH <sup>1*</sup> , KIỀU TRUNG TÂM <sup>1</sup> , NGUYỄN ĐỨC SỰ <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F129</b> .....	<b>317</b>
<b>HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN XE LĂN QUA SÓNG NÃO ỨNG DỤNG MÔ HÌNH AI HUẤN LUYỆN BẰNG GIẢI THUẬT NADAM</b>	
ĐỖ THANH TRÚC <sup>1</sup> , NGUYỄN BÁ SONG <sup>1</sup> , NGUYỄN ANH HIẾU <sup>1</sup> , CAO VĂN KIÊN <sup>1*</sup>	
<b>YSC5.F130</b> .....	<b>328</b>
<b>XÂY DỰNG HỆ THỐNG QUẢN LÝ TÀI SẢN THÔNG MINH DỰA TRÊN IOT VÀ RFID</b>	
TRẦN HỒNG VINH <sup>1*</sup> , ĐÌNH DUY KHANG <sup>1</sup> , NGUYỄN TẤN NAM <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F131</b> .....	<b>335</b>
<b>THIẾT KẾ HỆ THỐNG IOT GIÁM SÁT VÀ CẢNH BÁO SỰ CỐ CHO HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC - ÁP DỤNG CHO NHÀ MÁY SẢN XUẤT NƯỚC TINH KHIẾT</b>	
LÊ QUỐC THỊNH <sup>1</sup> , NGUYỄN LÊ CHÂU TUẤN <sup>1</sup> , TRẦN MINH HỒNG <sup>1</sup> , NGUYỄN VĂN LÀNH <sup>1*</sup>	
<b>YSC5.F132</b> .....	<b>346</b>
<b>NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC PHÂN BỐ CÔNG SUẤT TRONG LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI DỰA TRÊN PHƯƠNG PHÁP BACKWARD/FORWARD CẢI TIẾN</b>	
PHẠM QUỐC KHANH <sup>1*</sup> , CHÂU MINH THUYỀN <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F133</b> .....	<b>354</b>
<b>MÁY LỌC KHÔNG KHÍ THÔNG MINH SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ LTE</b>	
TRẦN QUÝ HỮU <sup>1*</sup> , HOÀNG QUANG MINH <sup>1</sup> , TRẦN THIÊN TƯỜNG <sup>1</sup>	



<b>YSC5.F134</b> .....	<b>368</b>
<b>THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG QUẢN LÝ HỢP ĐỒNG ĐẤU THẦU SỬ DỤNG BLOCKCHAIN</b>	
NGUYỄN VĂN DUY*, NGUYỄN TRƯỜNG VŨ, NGUYỄN TRỌNG KHANG, NGUYỄN ĐÌNH KHÔI	
<b>YSC5.F135</b> .....	<b>378</b>
<b>ĐÁNH GIÁ ĐÁP ỨNG CỦA EPS32 VÀ ESP8266</b>	
NGUYỄN VĂN MINH TIẾN <sup>1</sup> , PHẠM CÔNG DUY <sup>1*</sup>	
<b>YSC5.F136</b> .....	<b>391</b>
<b>PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU LẮP ĐẶT NGUỒN ĐIỆN PHÂN TÁN DỰA TRÊN THUẬT TOÁN WILD HORSE OPTIMIZER</b>	
TRỊNH HỮU TRƯỜNG <sup>1</sup> , NGUYỄN THANH THUẬN <sup>1*</sup>	
<b>YSC5.F137</b> .....	<b>399</b>
<b>ĐIỀU KHIỂN VÀ GIÁM SÁT TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ AC SERVO BẰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PID THÍCH NGHI DỰA TRÊN MẠNG HÀM CƠ SỞ XUYÊN TÂM</b>	
NGUYEN TIEN HOANG <sup>1</sup> , PHUNG TRUNG NHAN <sup>1</sup> , BUI THI CAM QUYNH <sup>1*</sup> , NGUYEN VAN THO <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F138</b> .....	<b>414</b>
<b>NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ BỘ SẠC NHANH CHO XE ĐIỆN ỨNG DỤNG VI ĐIỀU KHIỂN TMS320F28379D</b>	
HỒ CÔNG TRÌNH <sup>1</sup> , TRẦN TẤN TÀI <sup>1*</sup> , VÕ NGỌC HUYỀN TRÂM <sup>1</sup> , NGUYỄN HOÀI PHONG <sup>1</sup> , CHÂU MINH THUYỀN <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F139</b> .....	<b>427</b>
<b>NGHIÊN CỨU, CHẾ TẠO MÔ HÌNH PHÂN TÍCH CÁC THÔNG SỐ ĐIỆN ỨNG DỤNG CẢM BIẾN HALL VÀ BỘ XỬ LÝ TÍN HIỆU SỐ DSP TMS320F28379D</b>	
TRẦN MINH TẤN <sup>1</sup> , NGUYỄN HOÀI PHONG <sup>1*</sup> , NGUYỄN PHAN DUY KHANG <sup>1</sup> , CHÂU MINH THUYỀN <sup>1</sup> , TRẦN TẤN TÀI <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F140</b> .....	<b>439</b>
<b>NGHIÊN CỨU, ỨNG DỤNG KỸ THUẬT ĐIỀU CHẾ VECTOR KHÔNG GIAN ĐỂ GIẢM ĐIỆN ÁP COMMON MODE CHO BỘ NGHỊCH LƯU BA PHA BA BẬC HÌNH T</b>	
NGUYỄN NGỌC QUỲNH <sup>1</sup> , NGUYỄN THỊ NGỌC HÂN <sup>1</sup> , TRẦN TẤN TÀI <sup>1*</sup> , CHÂU MINH THUYỀN <sup>1</sup> , NGUYỄN HOÀI PHONG <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F141</b> .....	<b>448</b>
<b>QUY HOẠCH MỞ RỘNG LƯỚI ĐIỆN SỬ DỤNG GIẢI THUẬT NGỰA BIÊN</b>	
BÙI NGUYỄN ĐỨC HUY <sup>1</sup> , DƯƠNG THANH LONG <sup>1*</sup>	
<b>YSC5.F142</b> .....	<b>458</b>
<b>SELF- DRIVING ROBOT FOR GOODS TRANSPORTATION IN WAREHOUSE</b>	
HOANG DINH KHOI <sup>1</sup> , PHAN QUOC BUU <sup>1</sup> , NGUYEN VAN TRUNG <sup>1</sup> , NGUYEN VAN DUNG <sup>1</sup> , PHAN ANH HAO <sup>1</sup>	
<b>YSC5.F143</b> .....	<b>471</b>
<b>THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÔ HÌNH HỆ THỐNG CẢN CHỈNH BAO 25KG TRƯỚC KHI MẠY</b>	
NGUYỄN MINH KHÔI <sup>1</sup> , HOÀNG VĂN ĐỨC <sup>1</sup> , NGUYỄN XUÂN HIỆP <sup>1</sup> , ĐẶNG NGỌC HÙNG <sup>1</sup> , TRẦN MINH NHẬT <sup>1</sup> , NGUYỄN ĐÌNH PHƯƠNG <sup>1</sup> , NGUYỄN VŨ TRUNG KIÊN <sup>1*</sup>	

YSC5.F101

## THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ TRÊN FPGA, ĐIỀU KHIỂN ĐÈN GIAO THÔNG

VŨ THỊ HỒNG NGA<sup>1</sup>, LÂM HOÀNG PHÚC<sup>1</sup>, NGUYỄN ANH KHÔI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
vuthihongnga@iuh.edu.vn, lamhoangphuc78@gmail.com, anhkhoi7610@gmail.com

**Tóm tắt.** Bài báo thiết kế bộ điều khiển đèn giao thông ứng dụng giải thuật điều khiển mờ trên Field Programmable Gate Array (FPGA). Bộ điều khiển mờ được lập trình bằng ngôn ngữ C, sử dụng thuật toán Mamdani và được triển khai trên bo mạch ALOGIC\_V4, dùng chip FPGA Cyclone IV EP4CE6F17C8N [3]. Hai giá trị đầu vào của bộ điều khiển mờ là chiều dài hàng đợi tối đa và tỷ lệ lấp đầy trung bình từ các phần diện tích tiếp cận giao lộ. Dữ liệu được lấy thông qua quá trình xử lý ảnh trên Raspberry Pi 4 và giao tiếp với FPGA qua UART. Đầu ra của bộ điều khiển mờ được mô tả dưới dạng trọng số có giá trị 0 đến 100. Từ giá trị giải mờ ở ngõ ra, chúng tôi tính ra thời gian điều khiển đèn giao thông một cách tối ưu nhất. Người dùng có thể quan sát hoạt động của hệ thống và điều khiển đèn giao thông trực tiếp trên website. Bên cạnh đó, hình ảnh chụp được từ camera sẽ lưu lại trên SQL Server [10]. Bằng cách sử dụng bộ điều khiển mờ trên FPGA điều khiển tín hiệu đèn giao thông góp phần tối ưu hóa phần cứng và giảm tình trạng ùn tắc giao thông.

**Từ khóa.** FPGA, Logic mờ, Thuật toán Mamdani, Điều khiển đèn giao thông, Cyclone IV EP4CE6F17C8N, Raspberry Pi 4, SQL Server.

### DESIGN OF FUZZY LOGIC CONTROLLER USING FPGA, TRAFFIC LIGHTS CONTROL

**Abstract.** The paper designs traffic light controller applying fuzzy control algorithm on Field Programmable Gate Array (FPGA). The fuzzy controller is programmed in C language, using the Mamdani algorithm and implemented on the ALOGIC\_V4 board, using the Cyclone IV EP4CE6F17C8N chip [3]. The two inputs of the fuzzy controller are maximum queue length and average occupancy rate from each approach of the intersection. The data is obtained through image processing on the Raspberry Pi 4 and communicates with the FPGA via UART. The output of the controller is weights with values from 0 to 100. From the output value, we calculate the optimal time to control the traffic lights. Users can observe the system's operation and control traffic lights directly on the Website. Besides, the image captured from the camera will be saved on SQL server [10]. By using a fuzzy controller on the FPGA to control traffic lights, it contributes to hardware optimization and reduces traffic congestion.

**Keywords.** FPGA, fuzzy logic, Mamdani algorithm, Traffic light control, Cyclone IV EP4CE6F17C8N, Raspberry Pi 4, SQL Server.

### 1 GIỚI THIỆU

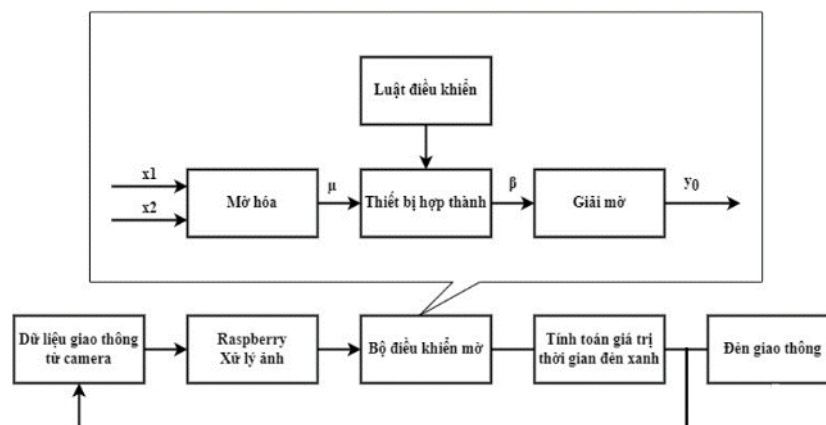
Với quá trình đô thị hóa ngày càng phát triển nhanh trên toàn thế giới nói chung và ở Việt Nam nói riêng, vì thế việc quy hoạch cơ sở hạ tầng về đường bộ ứng dụng giao thông thông minh là vấn đề đang được hướng đến trong tương lai. Phương tiện giao thông càng ngày càng tăng lên một cách đáng kể. Điều đó đòi hỏi chúng ta phải luôn tìm giải pháp thích hợp để đáp ứng nhu cầu giao thông, giảm tình trạng kẹt xe tại các thành phố lớn. Song song với đó là sự phát triển vượt bậc của công nghệ FPGA, chip bán dẫn với tốc độ xử lý cao, tiêu biểu là nó có thể tái thay đổi cấu trúc phần cứng phù hợp với việc cải tiến và phát triển thuật toán của người lập trình. Bài báo này được chúng tôi thực hiện quá trình xử lý ảnh để nhận dạng mật độ giao thông và thiết kế bộ điều khiển đèn giao thông ứng dụng giải thuật điều khiển mờ trên Field

Programmable Gate Array (FPGA), điều này giúp tiết kiệm tối đa chi phí sản xuất phần cứng, tốc độ làm việc cao với tần số  $f = 50$  MHz và có thể thay đổi phần cứng linh hoạt theo yêu cầu của người dùng.

## 2 THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ TRÊN FPGA

### 2.1 Cấu trúc bộ điều khiển mờ

Bộ điều khiển mờ sử dụng thuật toán Mamdani, luật mờ được viết theo tư duy và kinh nghiệm thực tế của người lập trình, từ đó chúng tôi thực thi trên FPGA và điều khiển đèn giao thông theo ý muốn của người sử dụng [3].



Hình 1. Sơ đồ chức năng của bộ điều khiển mờ

Trong đó:

- $x_1, x_2$ : là ngõ vào bộ điều khiển mờ.
- $\mu$ : là giá trị sau khi được mờ hóa.
- $\beta$ : là kết quả sau khi triển khai luật hợp thành.
- $y_0$ : là giá trị rõ sau khi giải mờ.

Khối mờ hóa: biến đổi giá trị mật độ giao thông thành một vector  $\mu$  có phần tử giá trị tương ứng với số tập mờ đầu vào.

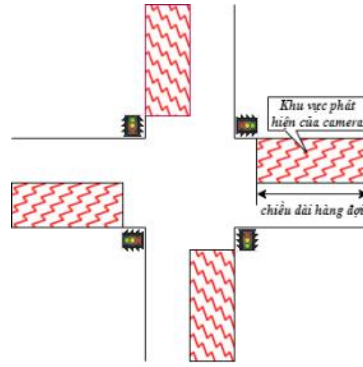
Thiết bị hợp thành: triển khai luật hợp thành Max-Min dựa trên luật điều khiển mờ.

Khối giải mờ: chuyển đổi tập mờ đầu ra thành giá trị rõ  $y_0$  tương ứng.

### 2.2 Mô hình hóa luồng giao thông

Để tính số lượng xe lưu thông trên đường chúng tôi sử dụng dữ liệu hình ảnh thu thập từ camera qua hai hướng là đông tây và nam bắc và thu được hai giá trị là: Chiều dài hàng đợi tối đa và tỷ lệ lấp đầy trung bình của mật độ giao thông [9].

- Chiều dài hàng đợi tối đa (m): chiều dài hàng đợi là khoảng cách tính từ vạch dừng của trụ đèn đến các phương tiện giao thông đang xếp hàng (hình 3). Trong khoảng thời gian đèn đỏ, camera ghi lại phần dài nhất của hàng đợi (chiều dài hàng đợi tối đa) của làn đường đó mỗi giây. Sau đó lấy giá trị cuối cùng khi bắt đầu giai đoạn đèn xanh làm đầu vào của bộ điều khiển mờ.
- Tỷ lệ lấp đầy trung bình (%): Khu vực phát hiện được đặt từ vạch dừng của trụ đèn về sau thành một không gian để ghi lại tỷ lệ lấp đầy. Hiểu như là tỷ lệ của phương tiện được nhận diện trong khu vực phát hiện so với diện tích của khu vực (hình 3). Trong khoảng thời gian đèn xanh, camera ghi lại tỷ lệ lấp đầy mỗi giây. Khi bắt đầu giai đoạn đèn đỏ, tỷ lệ lấp đầy trung bình trong khoảng thời gian đèn xanh được lấy làm đầu vào của bộ điều khiển mờ.

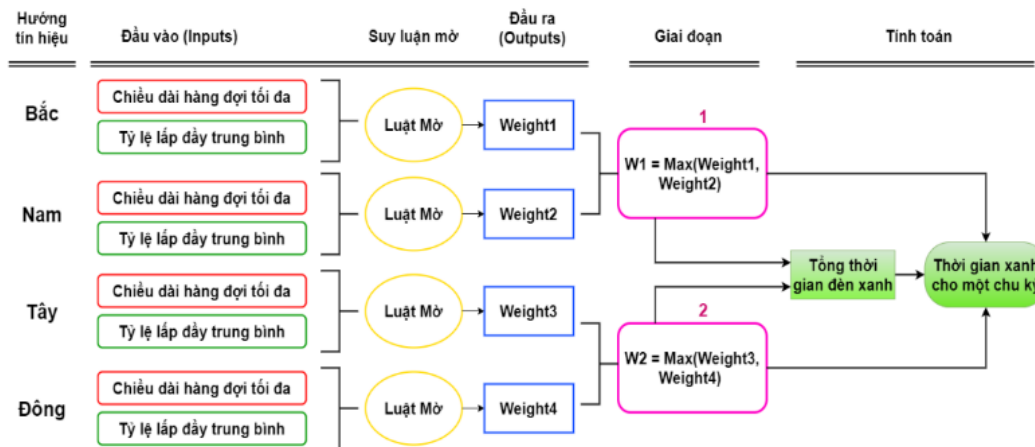


Hình 2. Mô phỏng ngã tư

Từ hai giá trị trên, sau khi giải mờ chúng tôi thu được các trọng số có giá trị 0 đến 100. Các trọng số này quyết định thời gian sáng của đèn xanh, đỏ, vàng theo hai hướng Nam Bắc và Đông Tây.

### 2.3 Quy trình điều khiển mờ

Thời gian đèn xanh ở chu kỳ tiếp theo được tính toán từ dữ liệu truy cập từ chu kỳ trước. Ở đây, hệ thống sử dụng thông tin về chiều dài hàng đợi tối đa và tỉ lệ lấp đầy trung bình của mật độ giao thông để ước tính thời gian đèn xanh phù hợp của mỗi giai đoạn [8]. Từ đó suy ra thời gian sáng của đèn đỏ và vàng. Trong đó, đèn vàng cố định là 3 giây hoặc có thể điều chỉnh tùy theo người lập trình.



Hình 3. Tính toán giá trị thời gian xanh cho chu kỳ tiếp theo

Bộ điều khiển mờ sử dụng chiều dài hàng đợi tối đa và tỷ lệ lấp đầy trung bình đã thu thập được trong chu kỳ trước để tính ra các trọng số (Weight) của mỗi hướng tín hiệu. Giá trị trọng số tối đa giữa hai hướng đối diện nhau Bắc-Nam được chọn làm giá trị trọng số W1 của giai đoạn 1. Tương tự, cách này cũng được áp dụng cho giai đoạn 2. Cuối cùng, các giá trị W1 và W2 được sử dụng để tính tổng thời gian xanh của một chu kỳ. Kết hợp với trọng số các giai đoạn và tổng thời gian đèn xanh sáng để ước tính thời gian xanh hợp lý của mỗi hướng đối với chu kỳ tiếp theo. Việc tính toán được áp dụng theo công thức sau đây:

$$Total\_GT = (\sum W_n - Min1) * \left[ \frac{Max2 - Min2}{Max1 - Min1} \right] + Min2 \quad (1)$$

$$GT\_Stage_n = \frac{W_n * Total\_GT}{\sum W_n} \quad (2)$$

Trong đó:

- Total\_GT: Tổng thời gian xanh của một chu kỳ.
- $\sum W_n$ : Tổng trọng số của các giai đoạn.
- Min1 và Max1: Giá trị tối thiểu và tối đa của tổng trọng số.
- Min2 và Max2: Giá trị tối thiểu và tối đa của tổng thời gian xanh trong một chu kỳ.
- n: số giai đoạn, kết quả thực nghiệm được áp dụng với n = 2.
- GT\_Stagen (Green Time Stage n) là thời gian xanh của n giai đoạn.

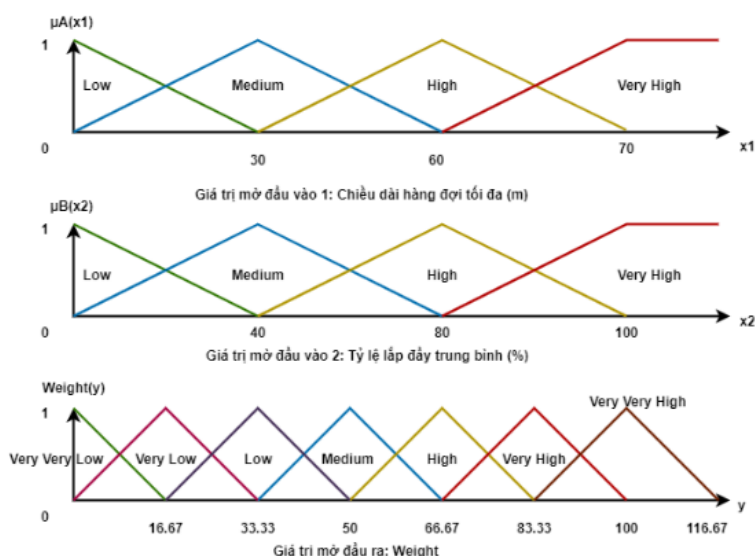
## 2.4 Mờ hóa và hàm liên thuộc

Chúng tôi sử dụng các hàm liên thuộc hình thang và tam giác để mờ hóa các giá trị vào ra của hệ thống, vì các hàm này có tính đa dạng và hiệu quả tốt cho việc tính toán các giá trị. Các số phân vùng trên mờ đầu ra sử dụng phương pháp thử và sai số để chọn các số. Các biến mờ được quy ước và mô tả như hình sau:

Độ dài của hàng đợi: {Thấp, Trung bình, Cao, Rất cao}

Tỉ lệ lấp đầy trung bình: {Thấp, Trung bình, Cao, Rất cao}

Giá trị đầu ra weight: {Rất rất thấp, Rất thấp, Thấp, Trung bình, Cao, Rất cao, Rất rất cao}.



Hình 4. Biểu đồ các hàm liên thuộc đầu vào và đầu ra

## 2.5 Luật điều khiển mờ

Luật điều khiển mờ có chức năng biểu diễn luật dưới dạng cấu trúc nếu thì. Nó bao gồm sự kết hợp của các đầu vào với đầu ra đã được biểu diễn dưới dạng mờ. Số lượng luật mờ sẽ tương ứng với sự kết hợp của các đầu vào. Với bài toán có hai đầu vào, mỗi đầu vào có bốn mức vậy luật mờ sẽ gồm có mười sáu luật. Trong luật mờ, vì chiều dài hàng đợi có mức độ ưu tiên cao hơn nên luật mờ sẽ được chọn sao cho tối ưu theo chiều dài hàng đợi tối đa.

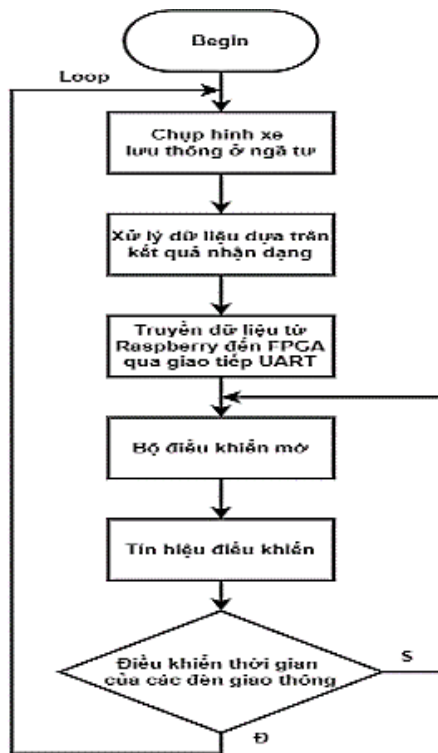
Weight		Chiều dài hàng đợi tối đa			
		L	M	H	VH
Tỷ lệ lấp đầy trung bình	L	VVL	L	M	H
	M	VL	L	H	VH
	H	L	M	H	VVH
	VH	M	H	VH	VVH

Hình 5. Luật điều khiển mờ

Ghi chú: VVL: Rất Rất Thấp, VL: Rất Thấp, L: Thấp, M: Trung bình, H: Cao, VH: Rất Cao, VVH: Rất Rất Cao

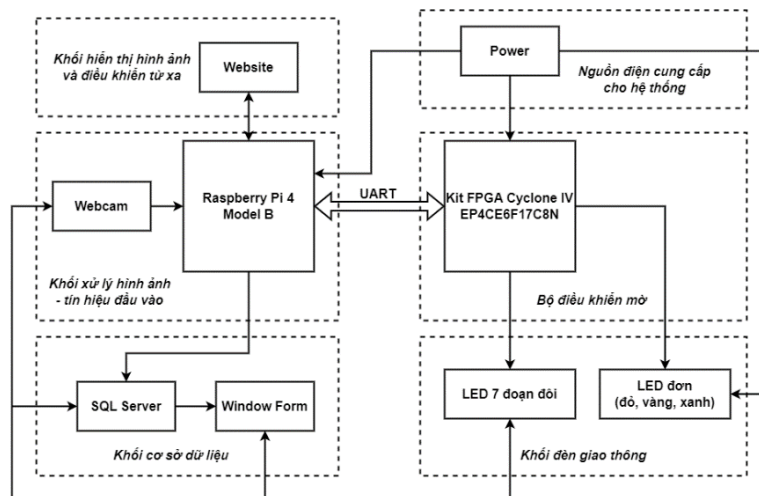
Có hai loại bộ điều khiển mờ thông dụng là Mamdani và Sugeno. Tuy nhiên, ở đây chúng tôi sử dụng phương pháp Mamdani và phương pháp giải mờ trung bình có trọng số cho bộ điều khiển mờ trên FPGA để hệ thống chạy tối ưu và có thể dễ dàng thay đổi các giá trị ngõ ra.

### 3 LƯU ĐỒ GIẢI THUẬT CỦA HỆ THỐNG



Hình 6. Lưu đồ giải thuật

### 4 MÔ TẢ HỆ THỐNG



Hình 7. Sơ đồ khối toàn hệ thống

Chức năng các khối:

- Khối xử lý hình ảnh – tín hiệu đầu vào: nhận diện mức độ giao thông, xử lý thành dữ liệu đầu vào của bộ điều khiển mờ.
- Bộ điều khiển mờ: giải thuật mờ được nhúng trên FPGA.
- Khối đèn giao thông: gồm bốn led bảy đoạn đôi và bốn module đèn giao thông (led xanh, đỏ, vàng).
- Khối hiển thị hình ảnh và điều khiển từ xa: Cho phép người dùng quan sát trực tiếp hình ảnh giao thông qua camera và điều khiển tín hiệu đèn.
- Khối cơ sở dữ liệu: Hình ảnh được lưu trữ trên SQL Server và có thể truy xuất ra Winform.
- Power: cung cấp nguồn điện cho hệ thống.

Nguyên lý hoạt động:

Raspberry Pi 4 model B có chức năng xử lý hình ảnh ngõ vào của ngã tư phân tích và tính toán. Sau đó trả về cho ALOGIC\_V4 kết quả số liệu đã xử lý qua giao tiếp UART [12]. Đồng thời, hiển thị hình ảnh từ camera lên trên website cục bộ theo thời gian thực. Không những thế, nó còn có nhiệm vụ lưu trữ hình ảnh dưới dạng nhị phân trên SQL Server được cài trên máy tính.

Sau khi nhận tín hiệu UART từ Raspberry, ALOGIC\_V4 sử dụng những giá trị đó tương ứng với giá trị đầu vào của bộ điều khiển mờ [6]. Qua quá trình tính toán một cách tự động hóa. Kết quả đầu ra của bộ điều khiển mờ là thời gian đếm ngược của chu kỳ đèn, xanh, đỏ, vàng. Từ đó xuất tín hiệu kỹ thuật số ra module led 7 đoạn đôi và module đèn giao thông.

Kết thúc một chu kỳ đèn sáng thì bộ điều khiển mờ cập nhật giá trị mới và điều khiển đèn giao thông ở chu kỳ tiếp theo. Quá trình trên sẽ được lặp lại tuần hoàn và đây là một hệ thống điều khiển đèn giao thông dựa trên cơ sở logic mờ.

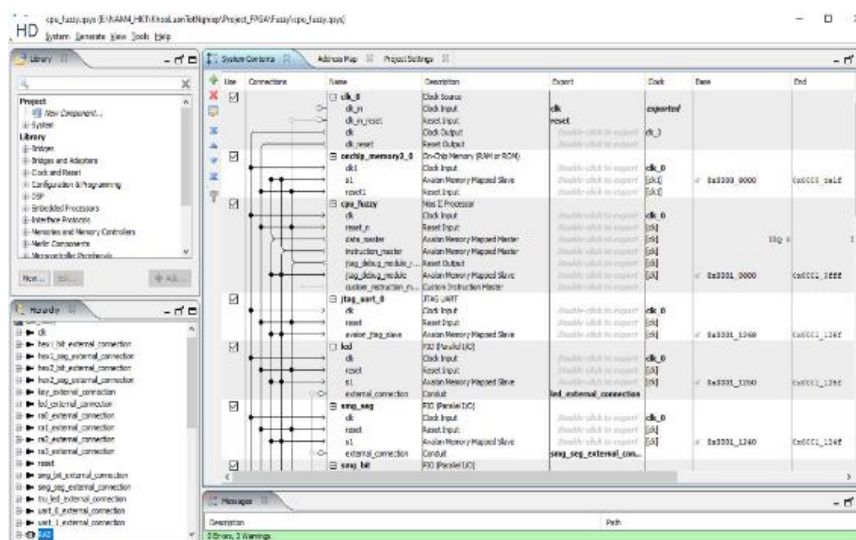
Các chức năng khác của hệ thống:

- Từ website có hai trạng thái điều khiển Auto/Manual. Trong đó Auto là chạy hệ thống điều khiển mờ tự động. Khi đổi sang Manual là trạng thái điều khiển đèn giao thông thủ công.
- Ngoài ra, khi muốn truy xuất, xem lại hình ảnh của giao lộ ngã tư đã được lưu trên cơ sở dữ liệu, winform sẽ hỗ trợ điều này.

## 5 THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

### 5.1 Tạo chip nhúng và lập trình NIOS II trên FPGA

Tạo chip nhúng 32-bit bằng công cụ tool Qsys trong phần mềm Quartus II với các module cần thiết để xây dựng hệ thống điều khiển đèn giao thông: PIO, Timer, UART [1]. Với khả năng tùy biến một cách linh hoạt của FPGA trên mạch ALOGIC\_V4, nó cho phép tạo thêm hoặc thay đổi cấu hình phần cứng theo ý muốn người lập trình [2].



Hình 8. Xác minh các cổng I/O của thiết kế và logic

Chức năng của module được sử dụng trong hệ thống:

- Module PIO: cho phép điều khiển tín hiệu led trên đèn giao thông.
- Module Timer: hoạt động với tần số 50Mhz để tạo delay cho thời gian đếm ngược. Điều này cho phép thời gian delay chính xác hơn nhiều so với tạo delay bằng cách sử dụng thư viện.
- Module UART: truyền nhận dữ liệu giữa ALOGIC\_V4 và Raspberry Pi 4.

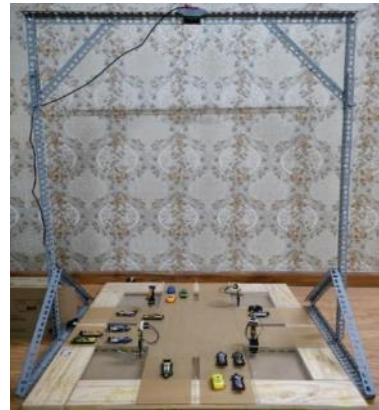
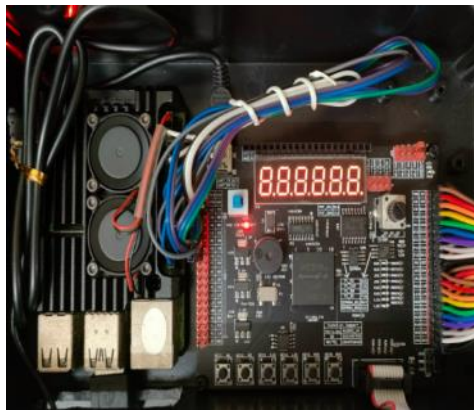
Sau khi tạo xong bộ vi xử lý, chúng tôi đã sử dụng Nios II Software Build Tools for Eclipse để cài đặt bộ điều khiển mờ vào nó bằng ngôn ngữ lập trình nhúng C [4].

## 5.2 Triển khai mô hình

Ở đây chúng tôi triển khai một mô hình thu nhỏ với các xe mô hình tương ứng, mô hình triển khai gồm 4 làn xe quy định là Bắc – Nam – Tây – Đông, mỗi làn xe sẽ tương ứng với một giá trị mờ.

Mô hình bao gồm bốn luồng xe với bốn trụ đèn giao thông và bốn led bảy đoạn đôi, giúp hiển thị thời gian mỗi khi đèn sáng. Mô hình có một camera thu thập dữ liệu từ trên cao sẽ truyền tín hiệu qua Raspberry. Trong Raspberry sẽ xử lý ảnh những dữ liệu nhằm đưa ra những đầu vào của luật mờ.

Mô hình sẽ chụp hình từ camera, hình ảnh sẽ được xử lý trong Raspberry để truyền các giá trị đầu vào FPGA ALOGIC\_V4 để xử lý mờ trong bộ điều khiển mờ. Cho ra các giá trị để tính toán hai thông số đèn xanh tương ứng với hai hướng là Bắc Nam và hướng Tây Đông.



Hình 9. Mô hình đèn giao thông ngã tư

## 5.3 Thu thập và gán nhãn dữ liệu

Để dữ liệu ảnh các phương tiện lưu thông bao gồm những hình ảnh xe máy, xe hơi,... có thể dùng để training, cần phải gán nhãn dữ liệu với công cụ gán nhãn LabelImg. Bước này sẽ gán nhãn những vật thể cố định trong ảnh, để giúp nhận biết phân loại giữa xe hơi, xe máy lưu thông trên đường bằng cách vẽ một hình chữ nhật xung quanh các xe. Dữ liệu thu được bao gồm các file .txt các tên ứng với ảnh đã gán nhãn như sau:



Hình 10. Gán nhãn dữ liệu

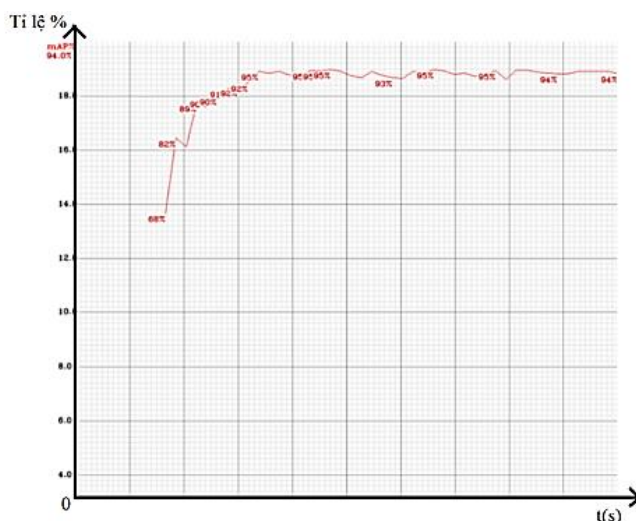


Hình 11. File .txt sau khi gán nhãn



## 5.4 Nhận diện dữ liệu

Các dữ liệu khi đã được gán nhãn sẽ được tiến hành training với mô hình Yolov4 với thư viện darknet. Yolov4 là một mô hình mạng nơ-ron sâu cho phép xử lý, nhận diện đối tượng video, ảnh. Có tốc độ xử lý nhanh và chính xác. Để training dữ liệu với Yolov4, chúng tôi sử dụng Colab cung cấp GPU bên thứ ba, việc này sẽ giúp tốc độ training nhanh hơn và không bị gián đoạn do tác nhân bên ngoài. Kết quả sẽ cho ra những file .weight, những file này có tác dụng nhận diện các xe tham gia giao thông trên đường với độ chính xác cao, biểu đồ kiểm tra mức chính xác của nhận diện tốt khoảng 94%. Để giúp có thể xử lý những dữ liệu này nhận diện xe tham gia giao thông trên đường với camera, chúng tôi sử dụng thư viện cv2, đây là một thư viện xử lý ảnh trên Python.



Hình 12. Mức độ nhận diện

## 5.5 Xử lý dữ liệu

Bộ điều khiển mờ điều khiển đèn giao thông, có các đầu vào là những giá trị xử lý dữ liệu đã qua xử lý ảnh bằng Python trên raspberry. Với một ngõ ra mờ tương ứng với hai đầu vào dữ liệu. Ở đây sẽ thu thập hai loại dữ liệu là “Độ dài tối đa hàng đợi” và “Tỷ lệ lấp đầy trung bình”. Việc sử dụng hai dữ liệu này dựa trên đánh giá, quan sát, “Độ dài tối đa hàng đợi” sẽ được thu thập trong khi thời gian đèn của làn đường đó là đỏ tức là sẽ lấy giá trị chiều dài dài nhất xét với vạch quy định, còn “Tỷ lệ lấp đầy trung bình” sẽ được thu thập trong khi thời gian đèn của làn đường đó là xanh tức là sẽ lấy tỉ lệ trung bình của tổng diện tích các xe chiếm trong thời gian đèn xanh, diện tích trung bình tổng các xe sẽ được xét với diện tích của làn đường quy định.

Kết quả sẽ cho ra bốn cặp giá trị tương ứng với bốn hướng là Bắc – Nam – Tây – Đông. Những giá trị này sẽ được truyền qua FPGA để làm đầu vào của bộ điều khiển mờ thông qua giao thức truyền UART.

## 5.6 Website, database và winform

Chúng tôi xây dựng một trang web local đồng thời kết nối và lưu trữ dữ liệu trên Microsoft SQL Server dùng Raspberry Pi 4. Để kết nối với SQL Server, chúng tôi dùng điện thoại thông minh để phát mạng wifi kết nối với máy tính Server và Raspberry Pi. Khi đó, điện thoại thông minh đóng vai trò như một thiết bị Router cung cấp dịch vụ internet. Sau đó, chúng tôi sử dụng trình điều khiển mã nguồn mở FreeTDS driver sử dụng trong môi trường Linux. Nó cho phép kết nối, thao tác truy cập cơ sở dữ liệu đến SQL Server bằng mã lệnh python [10]. Để kết nối thành công, cần thực hiện các bước public Server của Microsoft SQL Server qua Internet bao gồm port mặc định là 1433 và địa chỉ IP của máy Server[11].

Chúng tôi dùng phần mềm Microsoft SQL Server Management Studio. Tiến hành khởi tạo table với các cột bao gồm ID, Image, Time, Date bằng các câu lệnh truy vấn cơ bản. Dữ liệu hình ảnh cần được chuyển sang dạng nhị phân sau đó được lưu trữ vào trong bảng dữ liệu.

Ngoài ra, chúng tôi còn tạo một Winform đơn giản bằng ngôn ngữ lập trình C#. Hình ảnh được lưu trữ trên Server sẽ được truy xuất lên màn hình theo đúng ngày và giờ mà người dùng lựa chọn.

## 6 KẾT QUẢ ĐIỀU KHIỂN MỜ ĐIỀU KHIỂN ĐÈN GIAO THÔNG

### 6.1 Kết quả chạy trên mô hình



Hình 13. Kết quả chạy trên mô hình đèn vàng, đỏ, sáng

### 6.2 Kết quả chạy trên website

Tiến hành chạy mô hình, ta sẽ có được những dữ liệu hiển thị trên website của 4 làn đường như sau:



Hình 14. Giao diện hiển thị các thông số

Tính toán các giá trị mờ của 4 hướng Bắc – Nam – Tây – Đông:

- Xét mức độ nhận diện hướng “Bắc” bao gồm chiều dài Bắc: 39m và diện tích Bắc 19%, dựa theo các hàm liên thuộc của luật mờ. Suy được các luật điều khiển như sau:

Chiều dài Bắc thuộc hai vùng M và H, diện tích Bắc thuộc hai vùng L và M

Xét các mệnh đề hợp thành tương ứng:

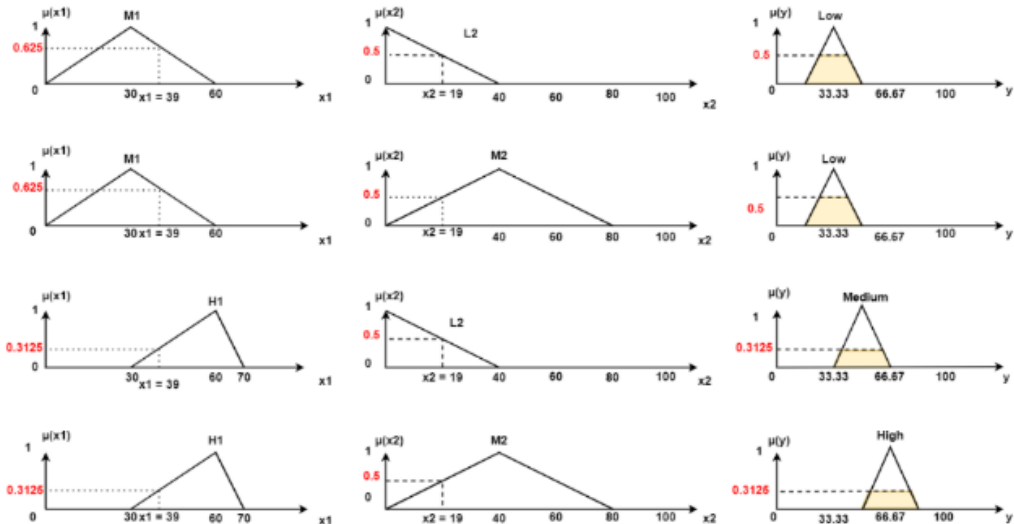
Nếu chiều dài Bắc là M và diện tích Bắc là L thì y là L

Nếu chiều dài Bắc là M và diện tích Bắc là M thì y là L

Nếu chiều dài Bắc là H và diện tích Bắc là L thì y là M

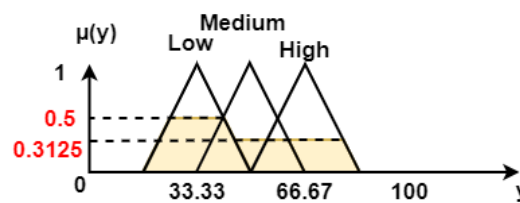
Nếu chiều dài Bắc là H và diện tích Bắc là M thì y là H

Trong đó phép hội mờ xét theo luật MIN và phép suy diễn mờ sử dụng theo luật MIN:



Hình 15. Tính toán giá trị hướng Bắc theo luật MIN

Hợp bốn mệnh đề hợp thành theo luật MAX ta được:



Hình 16. Hợp mệnh đề theo luật MAX hướng Bắc

Giải mờ theo phương pháp trung bình có trọng số:

$$y_0 = \frac{33.33 \times 0.5 + 50 \times 0.3125 + 66.67 \times 0.3125}{0.5 + 0.3125 + 0.3125} = 47.2$$

- Xét mức độ nhận diện hướng “Nam” bao gồm chiều dài Nam: 89m và diện tích Nam 41%, dựa theo các hàm liên thuộc của luật mờ. Suy được các luật điều khiển như sau:

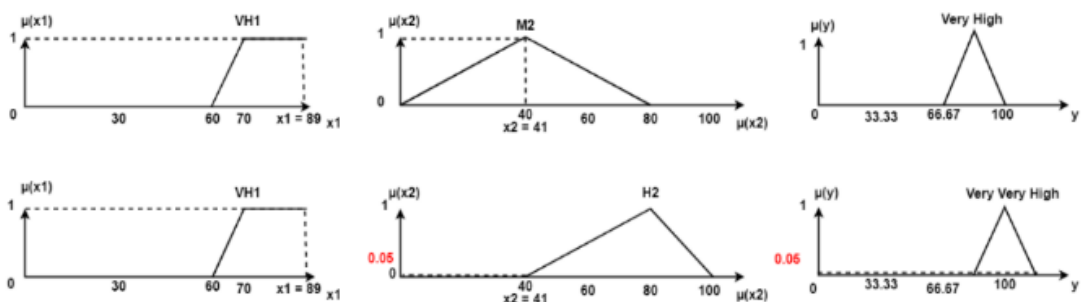
Chiều dài Nam thuộc hai vùng VH, diện tích Nam thuộc hai vùng M và H

Xét các mệnh đề hợp thành tương ứng:

Nếu chiều dài Nam là VH và diện tích Nam là M thì y là VH

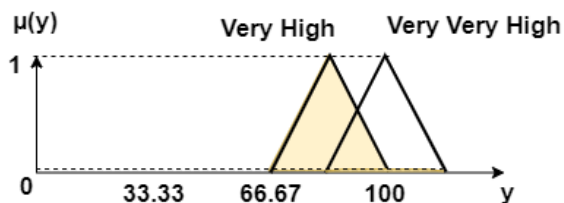
Nếu chiều dài Nam là VH và diện tích Nam là H thì y là VVH

Trong đó phép hội mờ xét theo luật MIN và phép suy diễn mờ sử dụng theo luật MIN:



Hình 17. Tính toán giá trị hướng Nam theo luật MIN

Hợp hai mệnh hợp thành theo luật MAX ta được:



Hình 18. Hợp mệnh đề theo luật MAX hướng Nam

Giải mờ theo phương pháp trung bình có trọng số:

$$y_0 = \frac{83.33 \times 1 + 100 \times 0.05}{1 + 0.05} = 84.1$$

- Xét mức độ nhận diện hướng “Tây” bao gồm chiều dài Tây: 40m và diện tích Tây 12%, dựa theo các hàm liên thuộc của luật mờ. Suy được các luật điều khiển như sau:

Chiều dài Tây thuộc hai vùng M và H, diện tích Bắc thuộc hai vùng L và M

Xét các mệnh đề hợp thành tương ứng:

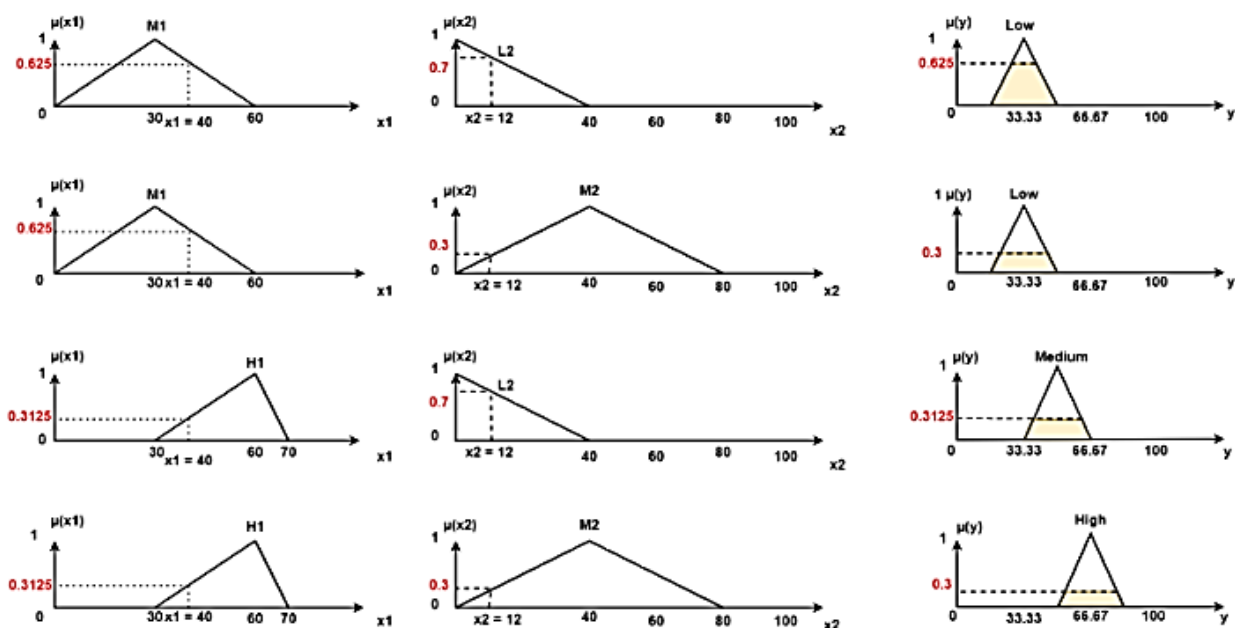
Nếu chiều dài Tây là M và diện tích Tây là L thì y là L

Nếu chiều dài Tây là M và diện tích Tây là M thì y là L

Nếu chiều dài Tây là H và diện tích Tây là L thì y là M

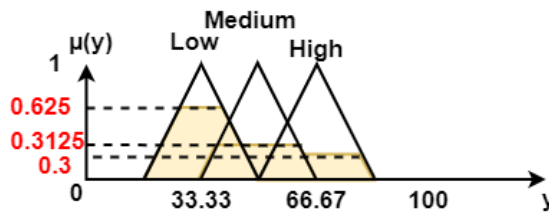
Nếu chiều dài Tây là H và diện tích Tây là M thì y là H

Trong đó phép hội mờ xét theo luật MIN và phép suy diễn mờ sử dụng theo luật MIN:



Hình 19. Tính toán giá trị hướng Tây theo luật MIN

Hợp bốn mệnh hợp thành theo luật MAX ta được:



Hình 20. Hợp mệnh đề theo luật MAX hướng Tây

Giải mờ theo phương pháp trung bình có trọng số:

$$y_0 = \frac{33.33 \times 0.625 + 50 \times 0.3125 + 66.67 \times 0.3}{0.625 + 0.3125 + 0.3} = 45$$

- Xét mức độ nhận diện hướng “Đông” bao gồm chiều dài Đông: 63m và diện tích Đông 20%, dựa theo các hàm liên thuộc của luật mờ. Suy được các luật điều khiển như sau:

Chiều dài Đông thuộc hai vùng H và VH, diện tích Bắc thuộc hai vùng L và M

Xét các mệnh đề hợp thành tương ứng:

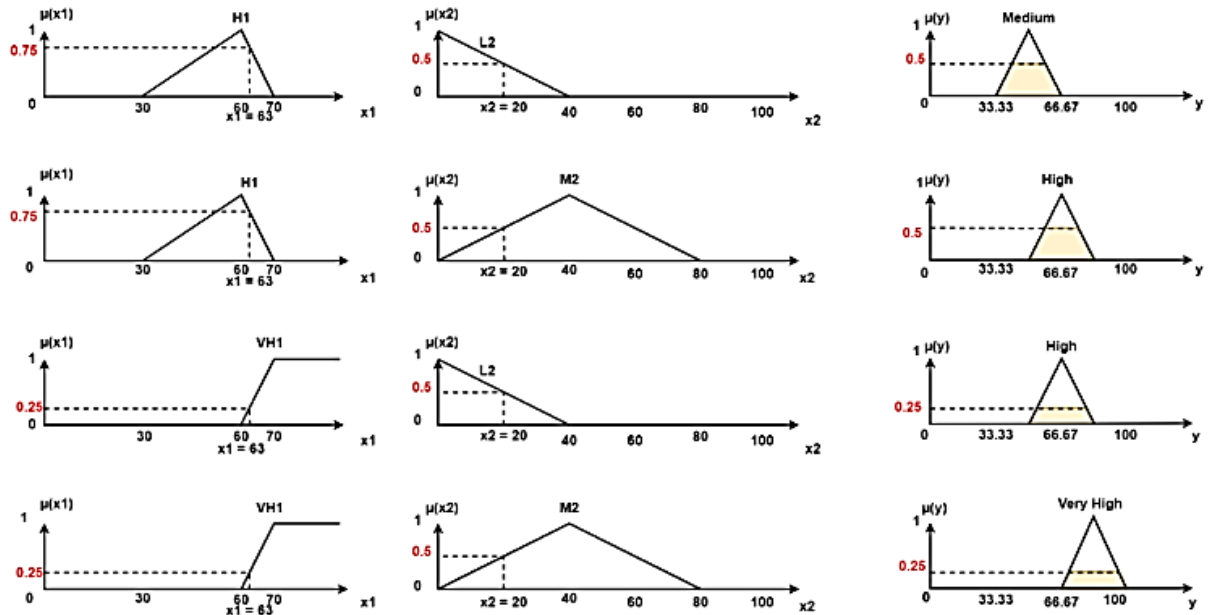
Nếu chiều dài Đông là H và diện tích Đông là L thì y là M

Nếu chiều dài Đông là H và diện tích Đông là M thì y là H

Nếu chiều dài Đông là VH và diện tích Đông là L thì y là H

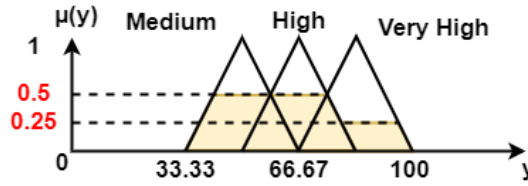
Nếu chiều dài Đông là VH và diện tích Đông là M thì y là VH

Trong đó phép hội mờ xét theo luật MIN và phép suy diễn mờ sử dụng theo luật MIN:



Hình 21. Tính toán giá trị hướng Đông theo luật MIN

Hợp hai mệnh hợp thành theo luật MAX ta được:



Hình 22. Hợp mệnh đề theo luật MAX hướng Đông

Giải mờ theo phương pháp trung bình có trọng số:

$$y_0 = \frac{50 \times 0.5 + 66.67 \times 0.5 + 83.33 \times 0.25}{0.5 + 0.5 + 0.25} = 63.334$$

Tiếp theo, xét các cặp giá trị theo hai hướng đối ngược với nhau là Bắc – Nam và Tây – Đông, xét các cặp như vậy là vì thời gian đèn của hai hướng này sẽ tương đương nhau mà bộ điều khiển mờ chỉ có 2 đầu vào tương ứng, ta được hai đầu vào như sau:

$$\text{Max}(\text{Weight Nam}, \text{Weight Bắc}) = 84.1$$

$$\text{Max}(\text{Weight Đông}, \text{Weight Tây}) = 63.334$$

Dựa theo công thức (1) ta tính toán được giá trị “tổng thời gian của hai hướng”:

$$\text{Total\_GT} = (147 - 0) \times \left[ \frac{50 - 20}{200 - 0} \right] + 20 \approx 42.05 \text{ (s)}$$

Trong đó: Min1 – Max1 = (0,200); Min2 – Max2 = (20,50)

$$\sum W_n = \text{Max}(\text{Weight Nam}, \text{Weight Bắc}) + \text{Max}(\text{Weight Đông}, \text{Weight Tây}) = 84 + 63 = 147$$

Từ đó ta áp dụng công thức (2) để tính toán giá trị đèn xanh tương ứng:

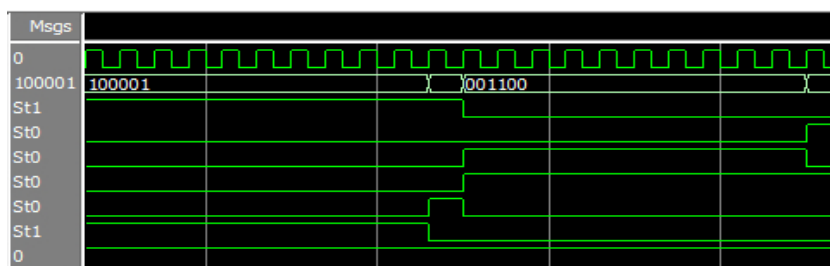
$$\text{GT\_Stage}_{\text{bắc\_nam}} = \frac{\text{Max}(\text{Weight Nam}, \text{Weight Bắc}) \times \text{Total\_GT}}{\sum W_n} = \frac{84 \times 42}{147} = 24 \text{ (s)}$$

$$\text{GT\_Stage}_{\text{tây\_đông}} = \frac{\text{Max}(\text{Weight Đông}, \text{Weight Tây}) \times \text{Total\_GT}}{\sum W_n} = \frac{63 \times 42}{147} = 18 \text{ (s)}$$

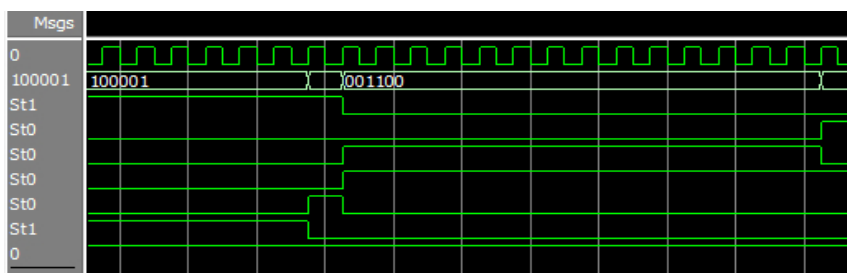
Vậy thông qua những giá trị thu thập từ camera, xét các mệnh đề hợp thành và tính mờ theo phương pháp trung bình có trọng số ta thu được 4 giá trị mờ tương ứng với 4 hướng Bắc – Nam – Tây – Đông. Từ đó áp dụng công thức (1), (2) ta thu được những giá trị đèn xanh tương ứng cho Bắc – Nam và hướng Tây – Đông. Vẫn có sự sai số nhất định nhưng thông qua đó ta thấy được sự vận hành và cách mà bộ điều khiển mờ trên FPGA điều khiển đèn giao thông hoạt động. Kết quả cho thấy thời gian xanh ở hướng Bắc-Nam được kéo dài hơn so với thời gian xanh ở hướng Tây-Đông, điều này là đúng so với mong đợi. Giá trị tính tay so với giá trị của bộ điều khiển mờ tính ra được có khả năng sai số. Tuy nhiên, sai số nhỏ hơn 5% là không đáng kể nên vẫn đáp ứng được yêu cầu.

### 6.3 Kết quả mô phỏng Modelsim

Kết quả mô phỏng modelsim điều khiển đèn giao thông thông thường và điều khiển đèn giao thông dựa trên cơ sở logic mờ như sau:



Hình 23. Mô phỏng đèn giao thông thông thường



Hình 24. Mô phỏng đèn giao thông dựa trên bộ điều khiển logic mờ

Dựa trên hai kết quả mô phỏng trên với cùng một điều kiện giao thông giống nhau, ta nhận thấy được sự hiệu quả điều khiển đèn giao thông dựa trên bộ điều khiển logic mờ. Vì theo kết quả mô phỏng của bộ điều khiển mờ cho thấy thời gian xanh được kéo dài ở bên phần đường có mật độ giao thông cao hơn. Nó sẽ giải phóng hàng đợi nhiều hơn so với điều khiển đèn giao thông thông thường trong cùng một chu kỳ hoạt động.

## 7 KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Bài báo đã trình bày về cách thiết kế một bộ điều khiển mờ trên FPGA điều khiển đèn giao thông bao gồm phần cứng sử dụng là kit ALOGIC\_V4, kit Raspberry Pi 4 Model B kết hợp phần mềm như Quartus, các ngôn ngữ Python, C, SQL Server. Kết quả của bài báo là mô hình đèn giao thông chạy với thời gian thực, cho thấy hiệu quả cao trong điều khiển giao thông của bộ điều khiển mờ với các trường hợp thử nghiệm khác nhau. Hệ thống hoạt động tốt, Website truy cập theo dõi thời gian thực và điều khiển đèn giao thông chạy ổn định. Hướng nghiên cứu, phát triển để nghiên cứu ngày càng hoàn thiện như: tính năng nhận diện tai nạn giao thông, nhường đường cho xe ưu tiên, phát hiện vượt đèn đỏ, tính năng lưu trữ đám mây cho dữ liệu hệ thống.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TS. Nguyễn Anh Vinh, bài giảng Thực hành thiết kế SOC, Trường Đại học Công nghiệp TP.HCM, 2022.
- [2] ThS. Vũ Thị Hồng Nga, bài giảng thiết kế mạch tích hợp với HDL, Trường Đại học Công nghiệp TP.HCM, 2022.
- [3] Nguyễn Đức Điền, Hoàng Đình Cơ, tài liệu học tập điều khiển mờ và mạng nơron, Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp, 2019.
- [4] Walter Banks, Gordon Hayward, Fuzzy Logic in Embedded Microcomputers and Control Systems, Associate professor in the School of Engineering at the University of Guelph, 2002.
- [5] Mani Shankar Anand, Barjeev Tyagi, Design and Implementation of Fuzzy Controller on FPGA, Department of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology, Roorkee, India, 2012.
- [6] Engineer from Xiaoyue Electronics, ALOGIC\_V4 document, 2022.
- [7] Open Source Computer Vision, <https://docs.opencv.org/4.x/>, 2023.
- [8] Budi Yulianto, Traffic Signal Controller for Mixed Traffic Conditions, Universitas Sebelas Maret, 2012.

- [9] PGS. TS. Lê Hùng Lân, Đặng Quang Thạch, điều khiển tín hiệu nút giao thông trên cơ sở logic mờ, Trường Đại học GTVT Hà Nội, 2021.
- [10] Hans-Petter Halvorsen, Python and SQL Server, University of South-Eastern Norway, 2020.
- [11] Querying MSSQL server from a Raspberry Pi 3 using Python, FressTDS and pyodbc in website [stackoverflow.com](https://stackoverflow.com), 2012.
- [12] Raspberry Pi 4 Model B Datasheet Copyright Raspberry Pi (Trading) Ltd. 2019.



YSC5.F102

## THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ ĐIỀU KHIỂN MỨC NƯỚC TRÊN NỀN TẢNG FPGA

VU THI HONG NGA<sup>1</sup>, NGO VAN HAT<sup>1</sup>, NGUYEN MINH TRI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
vuthihongnga@iuh.edu.vn, ngovanhat8@gmail.com, tri.engineervn@gmail.com

**Tóm tắt.** Nội dung bài báo này nói về quá trình thiết kế bộ điều khiển mực nước trong bể chứa ứng dụng giải thuật điều khiển mờ trên Field Programmable Gate Array (FPGA). Bộ điều khiển mờ được lập trình bằng ngôn ngữ C, sử dụng thuật toán Sugeno và được triển khai trên bo mạch DE0-NANO, dùng chip Cyclone® IV EP4CE22F17C6N. Hai đầu vào của bộ điều khiển mờ bao gồm giá trị đặt của mực nước được điều khiển thông qua ESP32 hoặc biến trở và tỉ lệ sai lệch giữa mực nước đặt và mực nước đo được từ cảm biến. Hai đầu ra của bộ điều khiển là hai xung PWM1 và PWM2 điều khiển tốc độ của động cơ bơm và động cơ xả, từ đó điều chỉnh mực nước trong bể chứa. Các dữ liệu thu thập được của hệ thống sẽ được truyền qua ESP32 và gửi lên google sheet để lưu trữ dữ liệu. Người dùng có thể quan sát các hoạt động của hệ thống và điều khiển mực nước trên điện thoại. Kết quả thực nghiệm của bài báo đã kiểm là hệ thống điều khiển mờ trên kit FPGA DE0-NANO có thể tối ưu hóa phần cứng và đáp ứng được các yêu cầu điều khiển bồn nước trong thực tế.

**Từ khóa.** FPGA, DE0-NANO, Cyclone® IV EP4CE22F17C6N, Logic mờ, ADC0809, PWM, ESP32.

### DESIGN OF FUZZYLOGIC controller USING FPGA, WATER LEVEL CONTROL

**Abstract.** The content of this article talks about the process of designing a water level controller in a reservoir using a fuzzy control algorithm in the Field Programmable Gate Array (FPGA). The fuzzy controller is programmed in C language, using Sugeno algorithm and implemented on DE0-NANO board, using Cyclone® IV EP4CE22F17C6N chip. The two inputs of the fuzzy logic controller include the set value of the water level controlled via the ESP32 or the rheostat and the difference ratio between the set water level and the water level measured from the sensor. The two outputs of the fuzzy logic controller are two pulses PWM1 and PWM2 that control the speed of the pump motor and the discharge motor, thereby regulating the water level in the tank. The collected data of the system will be transmitted via ESP32 and sent to google sheet to store data. Users can observe the system's operations and control the water level on the mobile phone. With this design process, we believe that the fuzzy control system on the DE0-NANO FPGA kit can optimize the hardware and meet the actual water tank control requirements.

**Keywords.** FPGA, DE0-NANO, Cyclone® IV EP4CE22F17C6N, Fuzzy logic, ADC0809, PWM, ESP32.

## 1 GIỚI THIỆU

Ngày nay có nhiều phương pháp điều khiển mực nước như dùng bộ điều khiển, PI, PD, PID... Tuy nhiên để giảm thời gian quá độ và độ vọt lố và tối ưu phần cứng, chúng tôi sử dụng bộ điều khiển mờ. Bài báo này là một nghiên cứu chuyên sâu về việc thiết kế và triển khai một hệ thống điều khiển mờ trên nền tảng FPGA (Field Programmable Gate Array) để điều khiển mực nước trong các hồ chứa. Phần cứng sử dụng kit FPGA DE0-NANO và dùng chip FPGA Cyclone® IV EP4CE22F17C6N, điều này giúp tiết kiệm tối đa chi phí sản xuất phần cứng, tốc độ làm việc cao với tần số  $f = 50$  MHz và có thể thay đổi phần cứng linh hoạt theo yêu cầu của người dùng.

Bài báo đưa ra các kết quả thực nghiệm và đánh giá hiệu suất của hệ thống thiết kế bộ điều khiển mờ trên FPGA, cho thấy tính hiệu quả và đáng tin cậy của hệ thống trong quá trình điều khiển mực nước. Từ đó,

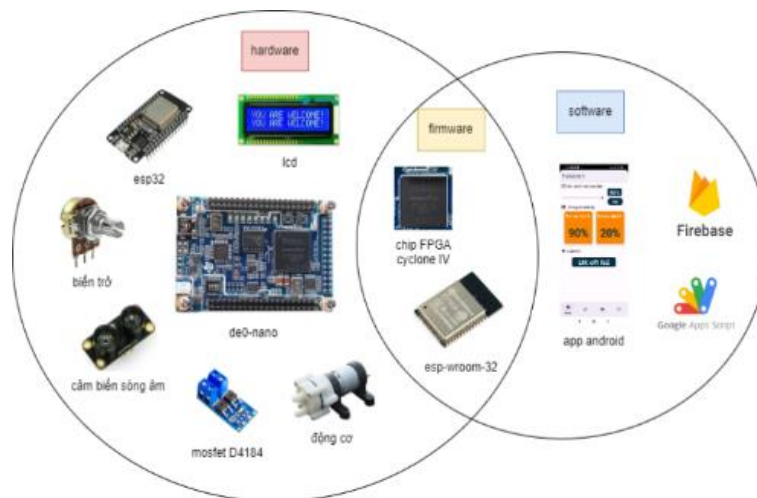
bài báo đóng góp cho việc nghiên cứu và ứng dụng các phương pháp mới trong lĩnh vực điều khiển tự động và thông minh.

## 2 MÔ TẢ HỆ THỐNG

### 2.1 Tổng quan hệ thống

Kiến trúc hệ thống được chia làm 3 phần:

- Hardware: Gồm các thiết bị vật lý của hệ thống như kit de0-nano, esp32, biến trở, cảm biến sóng âm, mạch công suất, màn hình LCD...
- Firmware: Là nơi để lập trình các logic điều khiển hệ thống hoạt động, bao gồm chip FPGA cyclone IV trên kit De0-Nano, chip esp-wroom-32 trên Esp32.
- Software: Các ứng dụng trên điện thoại, giao diện cho người dùng, cơ sở dữ liệu realtime firebase, cơ sở dữ liệu sheet của google.

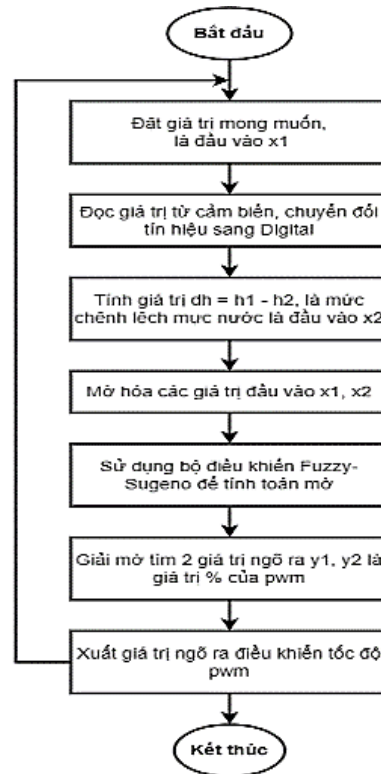


Hình 1. Sơ đồ các khối chức năng của hệ thống

Nguyên lý hoạt động của toàn hệ thống:

Đầu tiên để điều khiển hệ thống, chúng tôi hiệu chỉnh biến trở để đặt giá trị điện áp từ ngõ vào, tín hiệu này sẽ qua bộ chuyển đổi ADC trả về kit De0-No để đặt mức nước cần bơm. Hoặc chúng tôi cũng có thể đặt mức nước bằng cách điều chỉnh giá trị điều khiển trên ứng dụng điện thoại. Mức nước này được đo theo tỉ lệ phần trăm chiều cao của bể nước. Tiếp theo cảm biến sóng âm sẽ tiến hành đo mực nước hiện tại của bể và trả về kit De0-Nano. Giá trị đặt mực nước và giá trị đo được từ cảm biến được đưa vào khối xử lý điều khiển mờ và tiến hành mờ hóa, xử lý để điều khiển mực nước theo ý muốn. Các giá trị đặt và đo được sẽ được hiển thị trên LCD. Sau khi khối xử lý giải mờ tiến hành xuất xung PWM điều khiển hai động cơ bơm và xả nước. Chúng tôi sử dụng ESP32 để giao tiếp kết nối mạng, truyền nhận dữ liệu. Từ đó có thể hiệu chỉnh mức nước đặt thông qua điện thoại và lưu các dữ liệu lên hệ thống database.

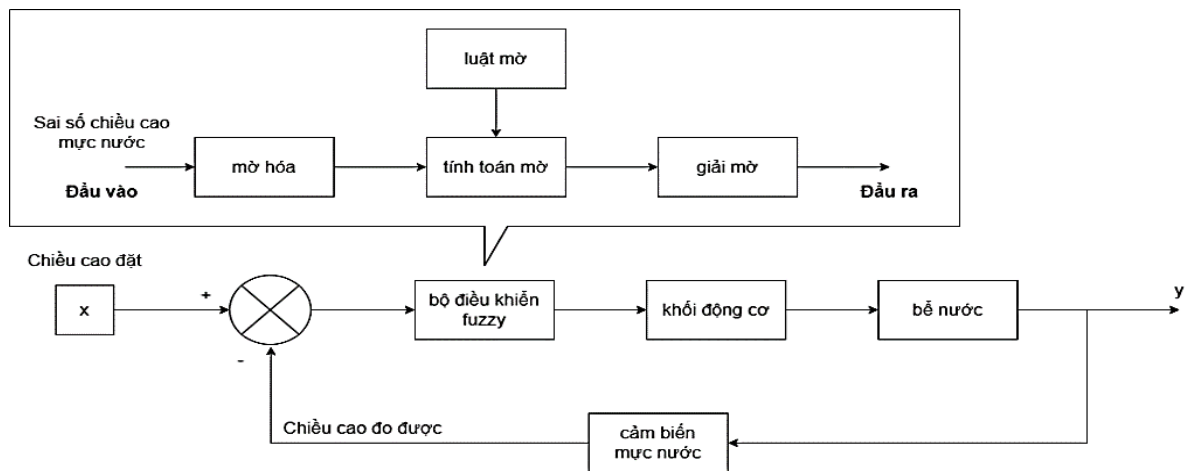
## 2.2 Lưu đồ giải thuật của hệ thống



Hình 2. Lưu đồ mô tả nguyên lý hoạt động hệ thống

## 2.3 Sơ đồ khối bộ điều khiển mờ

Bộ điều khiển mờ sử dụng thuật toán Sugeno, luật mờ được viết theo tư duy và kinh nghiệm thực tế của người lập trình, từ đó chúng tôi thực thi trên FPGA và điều khiển mực nước theo ý muốn của người sử dụng.

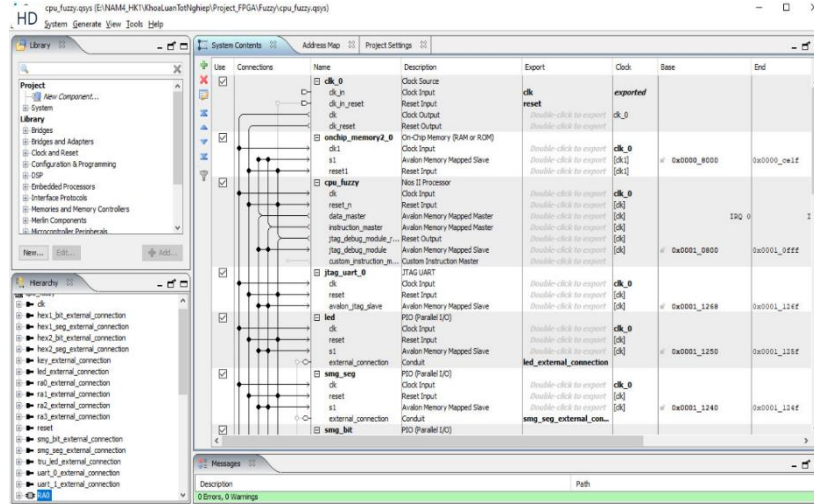


Hình 3. Sơ đồ khối bộ điều khiển mờ

Thuật toán mờ gồm các bước: mờ hóa từ các tín hiệu đặt và tín hiệu hồi tiếp của cảm biến, tính toán và suy luận mờ (dựa trên các quy tắc mờ người dùng quy định), giải mờ và đầu ra để kiểm soát tốc độ 2 động cơ bơm và xả nước.

## 2.4 Tạo Chip nhúng và lập trình nios II trên FPGA

Tạo chip nhúng 32-bit bằng công cụ tool Qsys trong phần mềm Quartus II với các module cần thiết để xây dựng hệ thống điều khiển đèn giao thông: PIO, Timer, UART [2]. Với khả năng tùy biến một cách linh hoạt của FPGA trên mạch ALOGIC\_V4, nó cho phép tạo thêm hoặc thay đổi cấu hình phần cứng theo ý muốn người lập trình [8].



Hình 4. Sơ đồ Qsys trên Quartus

Chức năng của module được sử dụng trong hệ thống:

- Module PIO: cho phép điều khiển tín hiệu led trên đèn giao thông.
- Module Timer: chúng tôi đặc biệt sử dụng module timer cùng với tần số hoạt động thạch anh là 50Mhz để tạo delay cho thời gian đếm ngược. Điều này cho phép thời gian delay chính xác hơn nhiều so với tạo delay bằng cách sử dụng thư viện.
- Module UART: truyền nhận dữ liệu giữa DE0-Nano và ESP32.

Sau khi tạo xong bộ vi xử lý, chúng tôi đã sử dụng Nios II Software Build Tools for Eclipse để cài đặt bộ điều khiển mờ vào nó bằng ngôn ngữ lập trình nhúng C [2].

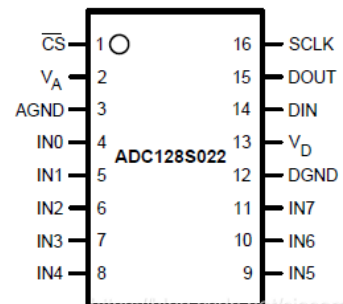
## 2.5 Mô-đun đặt và hồi tiếp các tín hiệu

### 2.5.1 Mô-đun đọc giá trị mực nước trong bể

Đối với việc đọc chỉ số mực nước trong bể chứa cần thời gian kiểm nghiệm lâu dài do đó chúng tôi chọn loại cảm biến URM09 của Ultrasonic. Với điện áp và dòng điện hoạt động là 5V-20A, dải hoạt động là 2-500cm. Cảm biến cấu tạo đơn giản với 3 chân: Nguồn, GND và chân trả về tín hiệu Analog. Tín hiệu Analog được kết nối với board De0-Nano. De0-Nano được tích hợp sẵn một mô-đun ADC128S002. Mô-đun này sẽ chuyển đổi tín hiệu Analog sang 12 bits tín hiệu số. Từ đó dễ dàng tính toán và xử lý các tín hiệu cho các thuật toán trong phần cứng của mạch.[4]



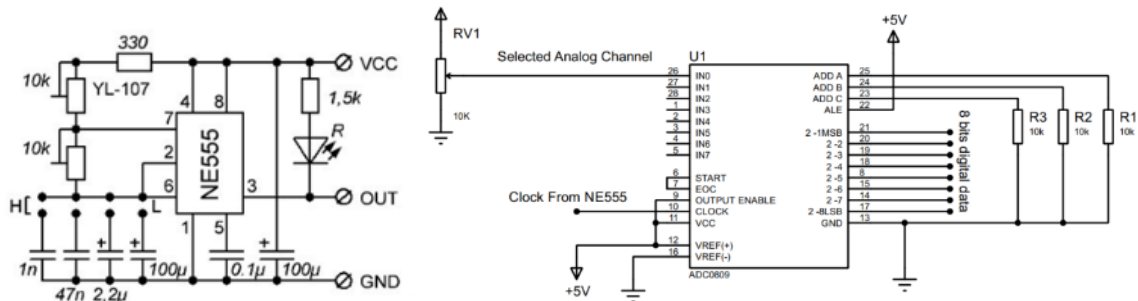
Hình 5. Cảm biến URM09 Analog Ultrasonic



Hình 6. Mô-đun ADC128S

### 2.5.2 Mô-đun đặt giá trị mực nước

Để đặt giá trị mực nước, chúng tôi sử dụng ADC0809 lấy tín hiệu Analog từ biến trở chuyển đổi sang tín hiệu Digital 8 bits, sau đó các tín hiệu được truyền đến FPGA De0-Nano để xử lý và tính toán. Mô-đun ADC0809 được cấp xung từ mạch NE555 V3 với tần số trung bình là 50Hz ~ 1kHz.



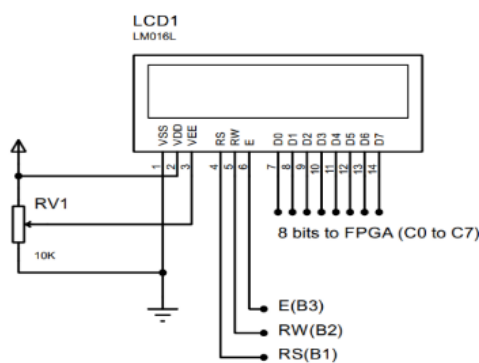
Hình 7. Sơ đồ nguyên lý mạch chuyển đổi ADC0809

ADC0809 cho phép chọn các chân ngõ vào Analog để làm tín hiệu điều khiển, các chân chọn này phụ thuộc vào tín hiệu của các chân ADD A, ADD B, ADD C. Ở đây, chúng tôi chọn IN0 được nối với biến trở làm tín hiệu điều khiển.

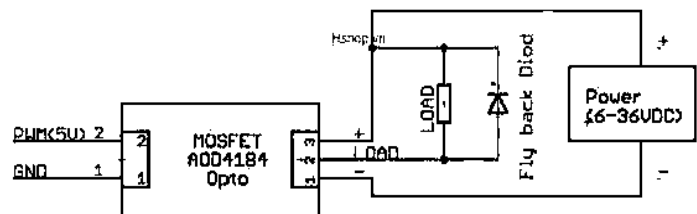
Bảng 1. Bảng chọn chân điều khiển ADC0809

ADD C	ADD B	ADD A	Output
0	0	0	IN0
0	0	1	IN1
0	1	0	IN2
0	1	1	IN3
1	0	0	IN4
1	0	1	IN5
1	1	0	IN6
1	1	1	IN7

### 2.5.3 Mô-đun thực thi tín hiệu điều khiển và hiển thị



Hình 8. Sơ đồ nguyên lý mạch LCD

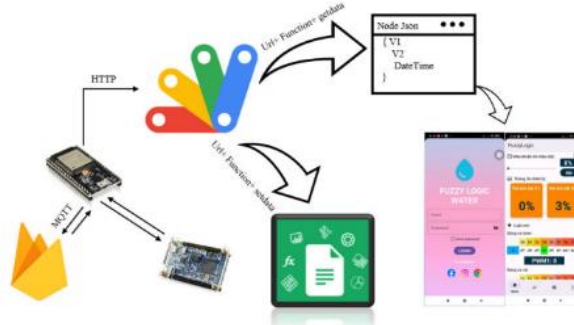


Hình 9. Sơ đồ nguyên lý mạch công suất điều khiển động cơ

- Khởi hiển thị: Chân VEE được nối với biến trở để điều chỉnh độ tương phản trên màn hình LCD. Các chân D0-D7 nối với De0-Nano để nhận dữ liệu. Chân Enable, R/W, RS nối với De0-Nano để điều khiển LCD hoạt động.

- Khởi thực thi: Chân PWM(5V) được nối với De0-Nano nhận tín hiệu điều khiển sau khi qua bộ điều khiển mờ. Chân Load 2, 3 nối với 2 đầu dương và âm của động cơ điều khiển động cơ hoạt động, chân Load 3 nối nguồn 12V. Bên cạnh đó, giữa 2 chân động cơ nối thêm 1 diod song song để cản dòng ngược. Chân GND, Load 1 nối đất.

### 2.5.4 Mô-đun truyền nhận dữ liệu bên ngoài



Hình 10. Sơ đồ kết nối các module chuyển đổi dữ liệu

Trong hệ thống, chúng tôi sử dụng 2 con esp để thực hiện truyền nhận dữ liệu giữa FPGA và ứng dụng điện thoại để điều khiển. Kết nối các chân TX, RX với FPGA thông qua UART. Các dữ liệu sẽ được ESP32 gửi lên AppScript bằng giao thức HTTP, trên AppScript được viết sẵn một thuật toán lưu các tín hiệu nhận được từ ESP32 và lưu vào Google Sheet. Ngoài ra các dữ liệu còn thông qua một giải thuật khác chuyển đổi sang dạng file json. File này là dữ liệu được App Mobile sử dụng và hiển thị lên giao diện.[9]

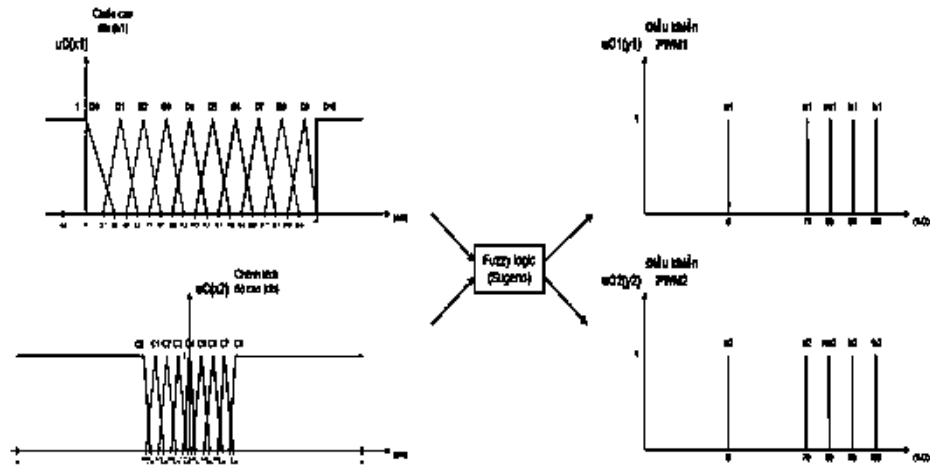
Trên điện thoại, chúng ta có thể cấu hình wifi (ssid, password) cho các esp32 để có thể sử dụng ở mọi nơi mà không cần can thiệp vào code. Chúng tôi đã viết một ứng dụng tự động cập nhật wifi đơn giản để cấu hình wifi cho esp32 khi kết nối vào wifi mới. Ứng dụng có màn hình đăng nhập, đăng ký tài khoản. Sau khi đăng nhập, người dùng có thể tiến hành điều khiển qua ứng dụng. Các dữ liệu được lưu trên Firebase Realtime, Google Sheet.[9]

## 3 THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ

### 3.1 Định nghĩa tập mờ vào ra

Đầu tiên, tôi phải quy định các tập mờ đầu vào là giá trị đặt của mực nước được điều khiển thông qua ESP32 hoặc biến trở và tỉ lệ sai lệch giữa mực nước đặt và mực nước đo được từ cảm biến. Tiếp theo, quy định các tập mờ đầu ra là hai xung PWM1 và PWM2 điều khiển tốc độ của động cơ bơm và động cơ xả, từ đó điều chỉnh mực nước trong bể chứa. Tiếp theo, xác định các đầu vào/ra là hàm tam giác hay hàm hình thang hay hằng số, cuối cùng là thiết lập các thông số cho chúng.

- Tập mờ đầu vào:
- $f_{h\text{ đặt}} = f_{x1} = \{D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10\}$  ứng với 11 mức chiều cao từ 0%-100%.
- $f_{dh} = f_{x2} = \{C0, C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8\}$  ( $dh = h_{\text{đặt}} - h_{\text{đo}}$ ) ứng với 8 mức sai số chiều cao.
- Tập mờ đầu ra:
- $f_{y1} = \{of1, sl1, me1, fa1, fu1\}$  ứng với 5 mức xung điều khiển tốc độ động cơ 1.
- $f_{y2} = \{of2, sl2, me2, fa2, fu2\}$  ứng với 5 mức xung điều khiển tốc độ động cơ 2.



Hình 11. Định nghĩa tập mờ vào ra của bộ điều khiển mờ

### 3.2 Các quy luật điều khiển mờ

Luật điều khiển mờ có chức năng biểu diễn luật dưới dạng cấu trúc nếu thì. Nó bao gồm sự kết hợp của các đầu vào là chiều cao đặt và sai số của chiều cao đặt và đo với đầu ra là %D của xung PWM1 và PWM2 đã được biểu diễn dưới dạng mờ. Số lượng luật mờ sẽ tương ứng với sự kết hợp của các đầu vào của bộ điều khiển mờ.

Bảng 2. Bảng luật mờ ra của động cơ

%D	$\Delta h$								
	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
D0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D1	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D2	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D3	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D4	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D5	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D6	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D7	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D8	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D9	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D10	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9

Bảng 3. Các luật mờ theo mô hình Sugeno

Số	Luật mờ
[R1]	Nếu sai số h là C0 thì động cơ 1 là of1 và động cơ 2 là fu2
[R2]	Nếu sai số h là C1 thì động cơ 1 là of1 và động cơ 2 là fa2
[R3]	Nếu sai số h là C2 thì động cơ 1 là of1 và động cơ 2 là me2
[R4]	Nếu sai số h là C3 thì động cơ 1 là of1 và động cơ 2 là sl2
[R5]	Nếu sai số h là C4 thì động cơ 1 là of1 và động cơ 2 là of2
[R6]	Nếu sai số h là C5 thì động cơ 1 là sl1 và động cơ 2 là of2
[R7]	Nếu sai số h là C6 thì động cơ 1 là me1 và động cơ 2 là of2
[R8]	Nếu sai số h là C7 thì động cơ 1 là fa1 và động cơ 2 là of2
[R9]	Nếu sai số h là C8 thì động cơ 1 là fu1 và động cơ 2 là of2

### 3.3 Tính toán mờ

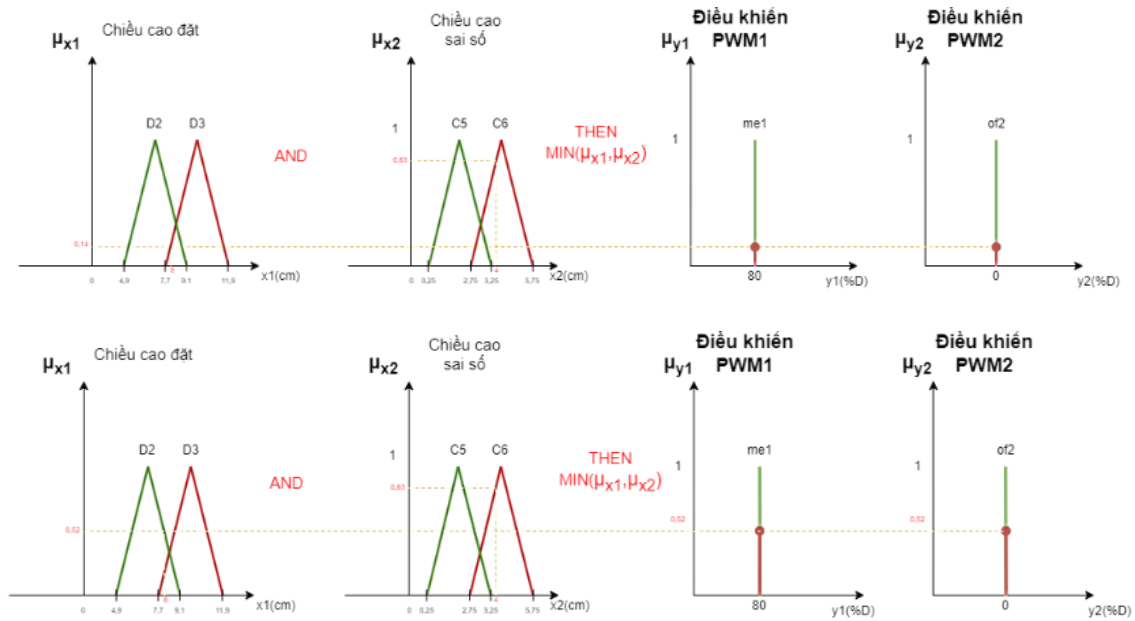
Tính toán mờ là một kỹ thuật trong lý thuyết tập mờ, cho phép các giá trị không chỉ được xác định ở dạng rời rạc (0 hoặc 1), mà được biểu diễn ở dạng mờ với các giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến 1. Ở đây, chúng tôi tính toán theo mô hình Sugeno Fuzzy.

Giả sử ta tính các thông số cho trường hợp 1: chiều cao đặt ( $h_1$ ) là 8cm, chiều cao đo được ( $h_2$ ) là 4cm.

Tính được độ sai lệch chiều cao là  $dh = h_1 - h_2$ .

$x_1 = h_1 = 8$  (cm).

$x_2 = dh = h_1 - h_2 = 8 - 4 = 4$  (cm).



Hình 12. Tính toán mờ với  $h=8\text{cm}$  và  $dh=4\text{cm}$

$x_1$  nằm trong khoảng giá trị của 2 tam giác D2 ( $a=4.9, b=7, c=9.1$ ) và D3 ( $a=7.7, b=9.8, c=11.9$ ).

Do  $7 \leq x_1 \leq 9.1 \rightarrow x_1$  nằm bên phải tam giác D2.

Và  $7.7 \leq x_1 \leq 9.8 \rightarrow x_1$  nằm bên trái tam giác D3.

$x_2$  nằm trong khoảng giá trị của tam giác C6 ( $a=2.75, b=4.45, c=5.75$ ).

Do  $2.75 \leq x_2 \leq 4.25 \rightarrow x_2$  nằm bên trái tam giác C6.

Suy ra:

$$\mu_{x1} = (x - a)/(b - a) = (8 - 7.7)/(9.8 - 7.7) = 0.14$$

$$\mu_{x2} = (x - a)/(b - a) = (4 - 2.75)/(4.25 - 2.75) = 0.83$$

$$\text{Min}(\mu_{x1}; \mu_{x2}) \Rightarrow \text{Min}(0.14; 0.83) = 0.14$$

Ta có:

$$\mu_{x1} = (c - x)/(c - b) = (9.1 - 8)/(9.1 - 7) = 0.52$$

$$\mu_{x2} = (x - a)/(b - a) = (4 - 2.75)/(4.25 - 2.75) = 0.83$$

$$\text{Min}(\mu_{x1}; \mu_{x2}) \Rightarrow \text{Min}(0.52; 0.83) = 0.52$$

Đầu ra cuối cùng, sử dụng phương pháp trung bình trọng số :  $WA_i = \frac{\sum \mu_{xn} \cdot y_i}{\sum \mu_{xn}}$

Với  $n$  là tham số đầu vào,  $i$  là tham số đầu ra.

$$Z_1 = WA_1 = \frac{\sum \mu_{xn} \cdot y_1}{\sum \mu_{xn}} = \frac{(0.14 * 80) + (0.52 * 80)}{(0.14 + 0.52)} = 80$$

$$Z_2 = WA_2 = \frac{\sum \mu_{xn} \cdot y_2}{\sum \mu_{xn}} = \frac{(0.14 * 0) + (0.52 * 0)}{(0.14 + 0.52)} = 0$$



## 4 KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

### 4.1 Kết quả giải thuật bộ điều khiển mờ

Để xây dựng giải thuật bộ điều khiển mờ: Trước hết ta xây dựng phần cứng logic trên nền tảng FPGA bằng phần mềm Quartus. Từ đó mới tiến hành thiết kế bộ mờ, bao gồm: xây dựng các cấu trúc dạng Map(key-value) chứa các tham số đầu vào, các thông số đầu vào này bao gồm các hằng số và biến ngữ cảnh (sử dụng hàm phân phối tam giác, hình thang để lấy ra thông số đầu vào), thiết lập bộ luật mờ, xử lý các vòng lặp để duyệt các cấu trúc Map ứng với luật mờ đã thiết lập, tính toán các bằng phương pháp trung bình trọng số. Cuối cùng là xuất ra ngõ ra đã tính toán.

Chúng tôi tiến hành mô phỏng bộ điều khiển mờ sử dụng Fuzzy Toolbox của Matlab, có hai ngõ vào là chiều cao mực nước và sai số giữa tín hiệu đo và tín hiệu đặt. Hai đầu ra hai xung PWM1 và PWM2 điều khiển tốc độ của động cơ bơm và động cơ xả. Ta thiết lập các thông số ngõ vào, ngõ ra theo bảng giá trị sau:

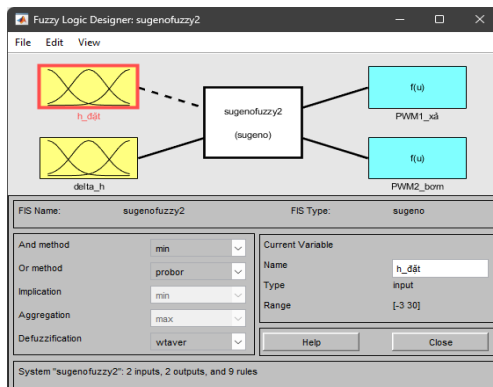
Bảng 4. Các thông số đầu vào

Đầu vào	Hàm	Các giá trị			
		a	b	c	d
D0	Hình thang	-3	-3	0	3.5
D1	Hình tam giác	2.1	4.2	6.3	
D2	Hình tam giác	4.9	7	9.1	
D3	Hình tam giác	7.7	9.8	11.9	
D4	Hình tam giác	10.5	12.6	14.7	
D5	Hình tam giác	13.3	15.4	17.5	
D6	Hình tam giác	16.1	18.2	20.3	
D7	Hình tam giác	18.9	21	23.1	
D8	Hình tam giác	21.7	23.8	25.8	
D9	Hình tam giác	24.5	26.6	28	
D10	Hình thang	28	28	30	30
C0	Hình thang	-50	-28	-9.25	-7.75
C1	Hình tam giác	-8.25	-6.75	-5.25	
C2	Hình tam giác	-5.75	-4.25	-2.75	
C3	Hình tam giác	-3.25	-1.75	-0.25	
C4	Hình tam giác	-1	0	1	
C5	Hình tam giác	0.25	1.75	3.25	
C6	Hình tam giác	2.75	4.25	5.75	
C7	Hình tam giác	5.25	6.75	8.25	
C8	Hình thang	7.75	9.25	28	50

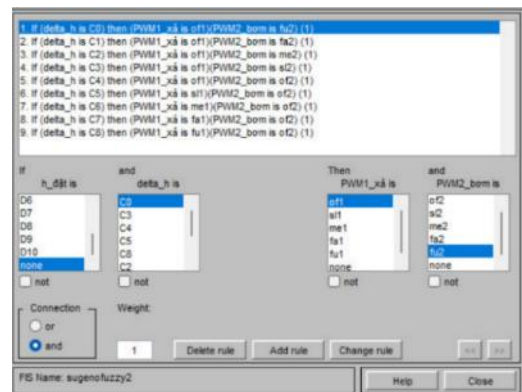
Bảng 5. Các thông số đầu ra

Đầu ra	Hàm	Các giá trị
		x
of1	Hằng số	0
sl1	Hằng số	70
me1	Hằng số	80
fa1	Hằng số	90
fu1	Hằng số	100
of2	Hằng số	0
sl2	Hằng số	70
me2	Hằng số	80
fa2	Hằng số	90
fu2	Hằng số	100

- Tạo bộ điều khiển mờ 2 vào, 2 ra và thiết lập luật mờ:

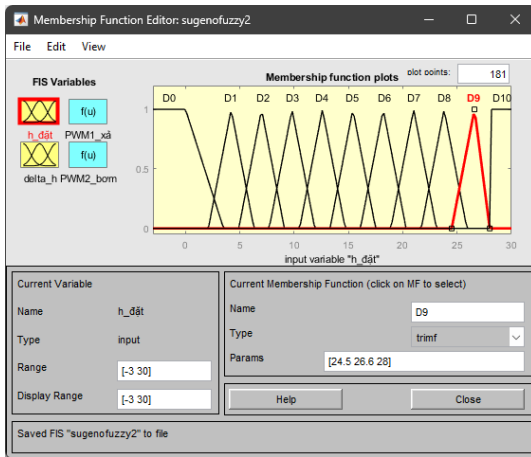


Hình 13. Bộ điều khiển mờ trên Matlab

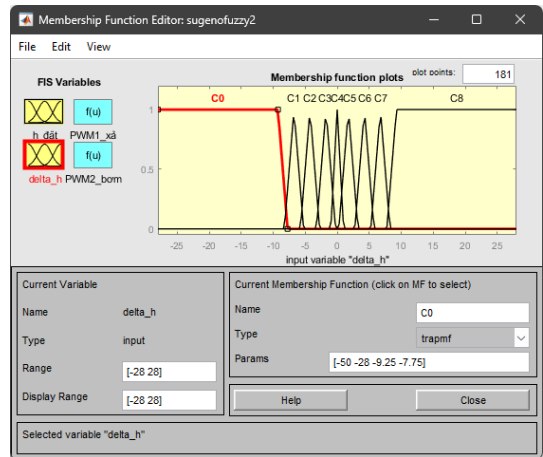


Hình 14. Các luật điều khiển mờ

- Tạo giá trị mờ cho hai ngõ vào x1 và x2:

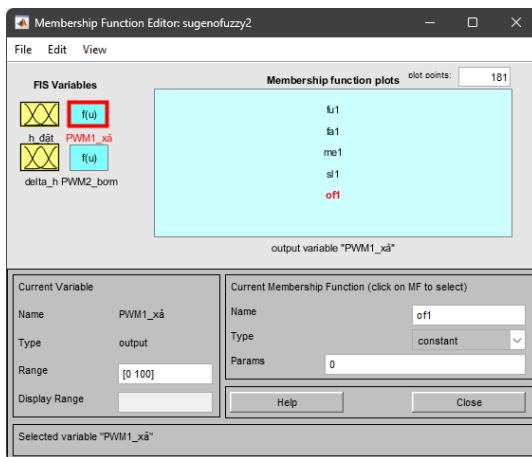


Hình 15. Các giá trị đầu vào x1

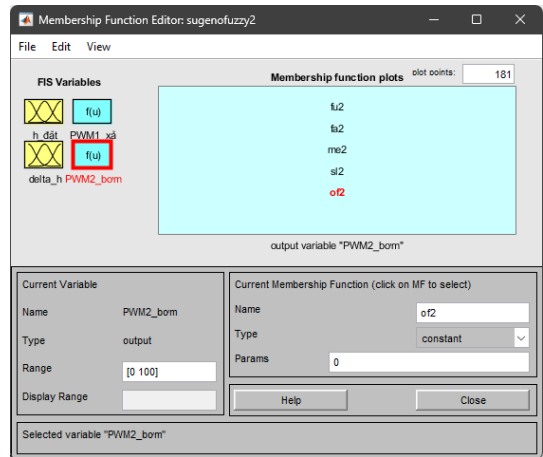


Hình 16. Các giá trị đầu vào x2

- Kết quả giải mờ ngõ ra của y1 và y2



Hình 17. Các giá trị đầu ra y1



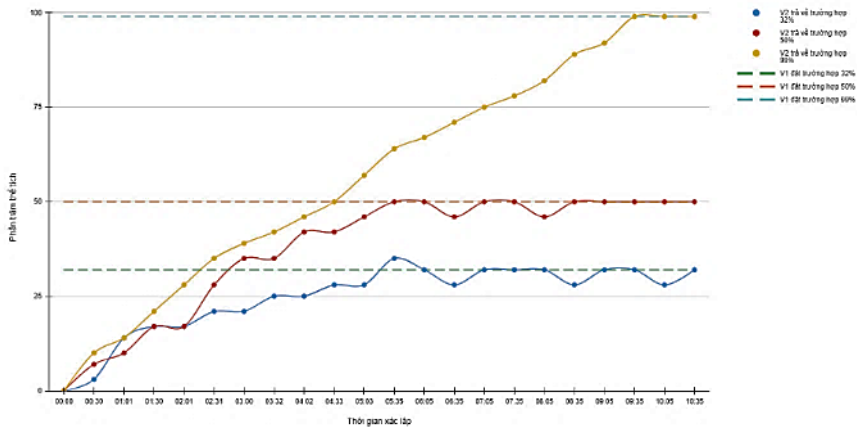
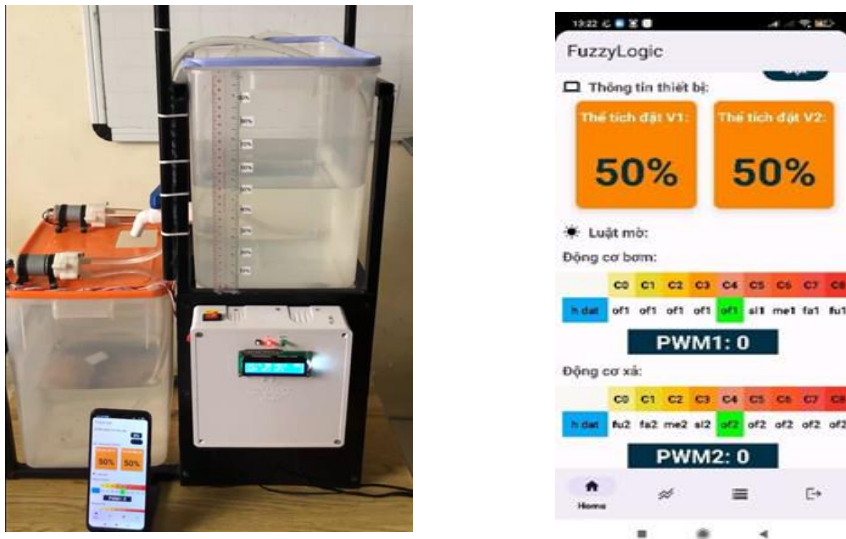
Hình 18. Các giá trị đầu ra y2

Nhận xét: sau khi chạy mô phỏng trên Matlab ta có kết quả luật mờ của các ngõ ra phụ thuộc các ngõ vào, và nhận thấy kết quả mô phỏng giống với kết quả tính toán và chạy phần cứng trên thực tế. Điều này hỗ trợ cho chúng tôi kiểm tra độ chính xác kết quả hoạt động của hệ thống.

#### 4.2 Kết quả chạy trên mô hình thực tế

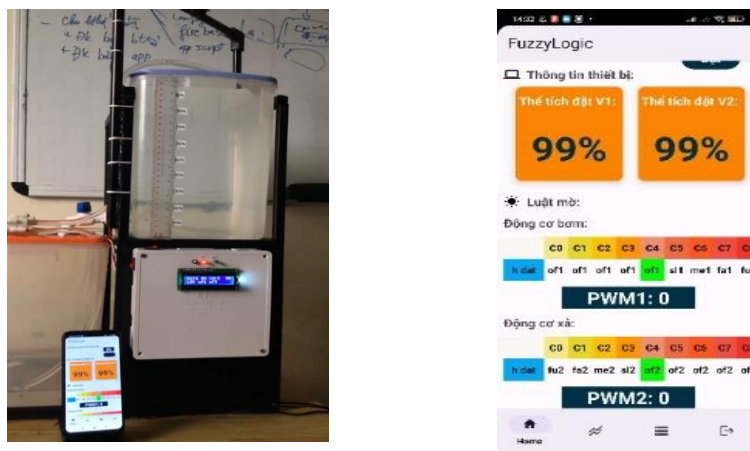
- Kết quả hiển thị điều khiển mực nước là 50%.

Khi hệ thống chạy đến 50%, luật mờ xuất ra là of1 of2, nghĩa là động cơ 1 (bơm) xuất ra giá trị pwm of1 (hoạt động tắt), động cơ 2 (xả) xuất ra giá trị pwm of2 (động cơ tắt).



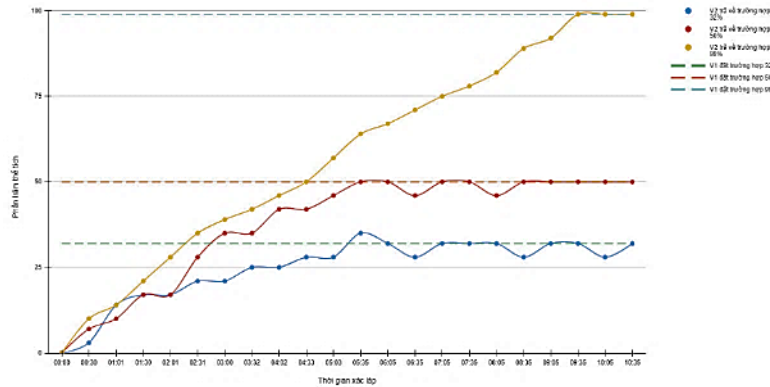
Hình 19. Kết quả chạy hệ thống sau khi bơm được 50%

- Kết quả hiển thị điều khiển mực nước là 99%.  
 Khi hệ thống chạy đến 99%, luật mờ xuất ra là of1 of2, nghĩa là động cơ 1 (bơm) xuất ra giá trị pwm of1 , động cơ 2 (xả) xuất ra giá trị pwm of2.



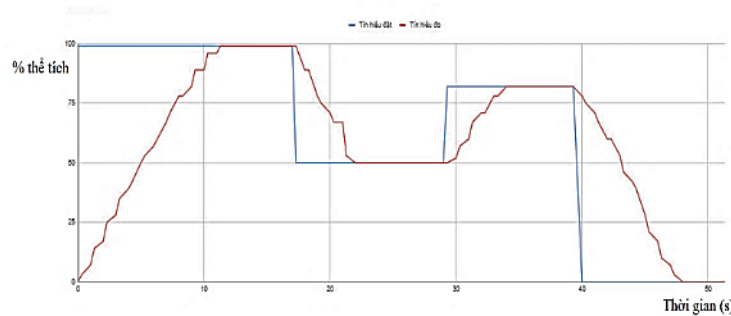
Hình 20. Kết quả chạy hệ thống sau khi bơm được 99%

- Biểu đồ biểu diễn tín hiệu đo và tín hiệu đặt thay đổi theo thời gian với trường hợp  $D = 32\%, 50\%, 99\%$  và " $f_{\text{đặt}}=f_{\text{x1}}=\{D0,D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8,D9,D10\}$  ứng với 11 mức chiều cao từ 0%-100%."



Hình 21. Biểu đồ đo và đặt thay đổi theo thời gian với trường hợp  $D = 32\%, 50\%, 99\%$

- Biểu đồ biểu diễn tín hiệu đo và tín hiệu đặt thay đổi theo thời gian với trường hợp  $D = 100\%, D = 50\%$  và  $D = 0\%$



Hình 22. Biểu đồ biểu diễn tín hiệu đo và tín hiệu đặt thay đổi theo thời gian với trường hợp  $D = 100\%, D = 50\%$  và  $D = 0\%$

Nhận xét: Ta thấy tín hiệu đo mất một khoảng thời gian khoảng 10s để bám theo tín hiệu đặt và khi đạt đến trạng thái xác lập thì hệ thống hoạt động ổn định với độ chính xác cao. So với các phương pháp trước đây thì hệ thống có hoạt động với chính xác cao và có đáp ứng tốt hơn.

## 5 KẾT LUẬN

Sau khi thực hiện chạy mô phỏng trên Matlab và chạy trên mô hình trên thực tế chúng tôi thấy hệ thống hoạt động ổn định và có độ chính xác cao. Trong bài báo này, chúng tôi đã nghiên cứu và triển khai bộ điều khiển Fuzzy trên FPGA để quản lý mực nước trong hồ chứa, với mục tiêu là tối ưu hóa phân cứng và có thể thay đổi linh động phân cứng theo yêu cầu người sử dụng. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng hệ thống điều khiển mờ có hiệu suất tốt hơn so với các phương pháp điều khiển truyền thống (điều khiển ON-OFF), đáp ứng các yêu cầu của các ứng dụng thực tế. Ngoài ra, chúng tôi cũng đề xuất một số cải tiến cho hệ thống là sử dụng các cảm biến có độ chính xác cao hơn, tạo website để cập nhật các thông số online để tăng cường tính ổn định cho hệ thống và nâng cao khả năng thích ứng của hệ thống với các điều kiện môi trường thay đổi.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Y. Kamina, K. Iwai, T. Matsubara and T. Kurokawa, "A Translator from FDL to SystemVerilog for FPGA Implementation of Fuzzy Inference," 24-27 November 2020.
- [2] Ths. N. D. Khanh, "Bài giảng Thực hành thiết kế SOC - Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh", 2022.

- [3] M. Madhuri, B. Sridhar, K. Anusha and K. Siddardha, "Design A Voice App Controlled IoT Based Water Tank System," 18-19 February 2023.
- [4] T. Matsui, T. Oda, N. Saito, A. Hirata, M. Hirota and K. Katayama, "FPGA Implementation of a Fuzzy Inference Based Quadrotor Attitude Control System," 12-15 October 2021.
- [5] T. Matsui, C. Yukawa, Y. Nagai, K. Toyoshima, A. Hirata and T. Oda, "FPGA Implementation of a Interval Type-2 Fuzzy Inference Based Wildfire Monitoring System," 18-21 October 2022.
- [6] A. a. G. A. M. A. A. Mohammed A. Al-Ibadi, "FPGA Based Hierarchical Fuzzy System," 12-13 June 2020. [Online]. Available: <https://faculty.uobasrah.edu.iq/uploads/publications/1643935388.pdf>.]
- [7] M. Njovana, "Design of an Automated, Digital Water Tank Heating System," 08-11 March 2023.
- [8] Ths. V. T. H. Nga, "Bài giảng thiết kế mạch tích hợp với HDL - Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh", 2022.
- [9] M. N. V. Thalatam, P. Lanka and J. S. Kumar, "An IoT Based Smart Water Contamination Monitoring System," 09-11 February 2023.

YSC5.F103

## THIẾT KẾ BỘ TẠO CHỮ KÝ SỐ DỰA TRÊN THUẬT TOÁN DSA THỰC HIỆN TRÊN FPGA

LE LY QUYEN QUYEN<sup>1</sup>, PHAN TRUONG GIANG<sup>2</sup>, PHAM BA HAU<sup>3</sup>

*Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
lelyquyenquyen@iuh.edu.vn, ptg.truonggiang2001@gmail.com, hauee4@gmail.com*

**Tóm tắt.** Trong thời đại kỹ thuật số phát triển hiện nay, việc đảm bảo tính toàn vẹn và xác thực của thông tin trở thành một nhu cầu thiết yếu trong các giao dịch và trao đổi trực tuyến. Chữ ký số đã ra đời và trở thành một phương tiện xác thực giúp giải quyết các vấn đề trên, trong đó chữ ký số sử dụng thuật toán DSA (Digital Signature Algorithm) là một thuật toán mã hoá chữ ký số được dùng phổ biến trong các ứng dụng bảo mật và mã hoá thông tin trên mạng. Thuật toán DSA (Digital Signature Algorithm) dựa trên việc tính toán các phép toán số học như lũy thừa số nguyên, nghịch đảo modulo, chia modulo,... Chữ ký số DSA sử dụng một cặp khóa - một khóa bí mật để thực hiện quá trình tính toán tạo ra chữ ký số duy nhất cho mỗi tài liệu và một khóa công khai để tính toán thực hiện xác minh tài liệu đã được ký số. Bài báo này tìm hiểu và thực hiện thiết kế bộ tạo chữ ký số DSA và thực hiện trên FPGA vì tính linh động cho người sử dụng, không phụ thuộc vào phần cứng của nhà sản xuất, độ an toàn và bảo mật cao. Bộ tạo chữ ký số DSA có cấu trúc phần cứng được mô tả bằng ngôn ngữ VHDL và ngôn ngữ C trên Tool Qsys và Nios II của phần mềm Quartus, và thực hiện trên kit FPGA ALTERA CycloneIV EP4CE6E22C8N.

**Từ khóa.** DSA, chữ ký số, Khóa công khai, Khóa bí mật, FPGA, VHDL, Quartus, Qsys, Nios II, CycloneIV EP4CE6E22C8N.

### DESIGN DIGITAL SIGNATURE GENERATOR BASED ON DIGITAL SIGNATURE ALGORITHM (DSA) IMPLEMENTED ON FPGA

**Abstract.** In the current era of digital development, ensuring the integrity and authenticity of information has become an essential need in online transactions and exchanges. Digital signatures have emerged as a means of authentication to address these issues, with the Digital Signature Algorithm (DSA) being a commonly used cryptography algorithm for securing and encrypting information on networks. The DSA algorithm relies on mathematical operations such as integer exponentiation, modulo inverse, modulo division, etc. A DSA digital signature uses a key pair - a private key for generating a unique digital signature for each document and a public key for verifying the signed document. This paper aims to investigate and design a DSA digital signature generator on an FPGA because of its flexibility for users, independent of manufacturers' hardware, high safety and security. The hardware structures of the DSA digital signature generator are described using VHDL language and C language on the Qsys and Nios II tools of Quartus software, and implemented on the ALTERA CycloneIV EP4CE6E22C8N FPGA kit.

**Keywords.** DSA, digital signature, public key, private key, FPGA, VHDL, Quartus, Qsys, Nios II, CycloneIV EP4CE6E22C8N.

## 1 GIỚI THIỆU

Hiện nay, với sự phát triển của công nghệ thông tin và tình hình an ninh mạng ngày càng phức tạp, việc sử dụng chữ ký số đã trở thành một giải pháp quan trọng để đảm bảo tính toàn vẹn và bảo mật của thông tin trong quá trình truyền tải. Trong lĩnh vực mật mã học, thuật toán Digital Signature Algorithm đóng vai trò quan trọng trong việc tạo và xác minh chữ ký số. Tuy nhiên, việc triển khai thuật toán DSA trên các thiết bị thông thường sẽ gặp phải những vấn đề hạn chế như tốc độ tính toán cũng như khả năng tinh chỉnh, FPGA là một thiết bị lập trình nhúng có thể giải quyết được những vấn đề đó. Trong bài báo này chúng tôi

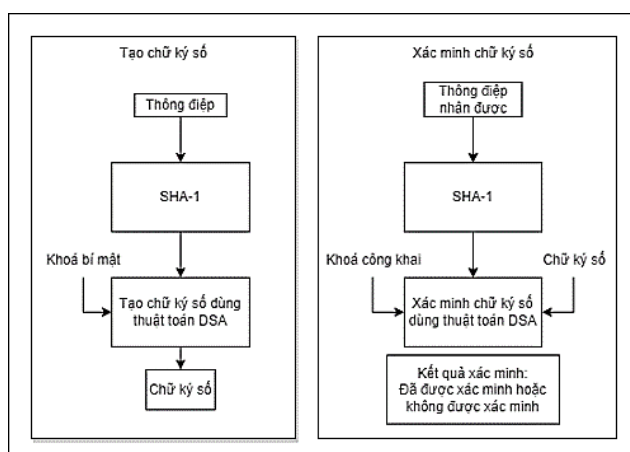
sẽ tập trung vào việc thiết kế và triển khai một bộ tạo chữ ký số DSA trên FPGA. Kết quả thu được từ nghiên cứu này sẽ cung cấp những kiến thức và thông tin hữu ích cho cộng đồng nghiên cứu và ứng dụng trong lĩnh vực mật mã học và công nghệ thông tin.

## 2 THUẬT TOÁN CHỮ KÝ SỐ DSA

Thuật toán DSA (Digital Signature Algorithm) là một phương pháp phổ biến để tạo chữ ký số trong lĩnh vực bảo mật thông tin. Nó được thiết kế và sử dụng rộng rãi bởi Cơ quan Tiêu chuẩn và Công nghệ Hoa Kỳ (NIST), đảm bảo tính xác thực người dùng, ký số trên tài liệu số, xác thực nguồn gốc dữ liệu và nhiều ứng dụng khác. Thuật toán DSA có nhiều ưu điểm, bao gồm khả năng chống lại các cuộc tấn công dựa trên số học như tấn công brute force và tấn công định tuyến. Ngoài ra, DSA cũng khá hiệu quả trong việc tạo ra các chữ ký số với kích thước khóa nhỏ nhưng độ bảo mật cao hơn so với một số thuật toán khác.

Đây là một thuật toán mật mã hoá công khai, tính an toàn và bảo mật của nó phụ thuộc vào độ dài của cặp khóa. Để tạo chữ ký số, thuật toán DSA sử dụng một cặp khóa công khai và khóa bí mật, trong đó có 2 giá trị  $p$  và  $q$ , với  $p$  là một số nguyên tố lớn, có độ dài từ 512 đến 3072 bit, thường là bội số của 64, còn  $q$  là một số nguyên tố nhỏ hơn, thường có độ dài từ 160 đến 256 bit. Giá trị các số nguyên tố này càng lớn thì việc phân tích càng trở nên khó khăn, do đó đảm bảo được độ bảo mật và an toàn cho chữ ký số.

Trong quá trình tạo chữ ký số, thông tin cần ký được đưa qua một hàm băm để tạo ra một giá trị băm có độ dài cố định. Sau đó, thuật toán sử dụng khóa bí mật để tạo ra một chữ ký số. Khi thông tin được truyền tải, người nhận có thể sử dụng khóa công khai để xác minh chữ ký và tính toàn vẹn nguồn gốc của thông tin.[2][3]



Hình 1. Sơ đồ khối Thuật toán chữ ký số DSA

Hàm băm được sử dụng trong thuật này sẽ là SHA-1 có độ dài là 160 bit, nó chuyển đổi một chuỗi dữ liệu không giới hạn độ dài thành một giá trị băm có độ dài cố định là 160 bit. Mục đích của hàm băm là tạo ra một giá trị băm duy nhất đại diện cho dữ liệu ban đầu và kiểm tra tính toàn vẹn của dữ liệu đó. [5]

Hàm băm đóng vai trò quan trọng trong việc tạo chữ ký số bởi tính chất không bị trùng lặp và khả năng truy ngược. Một thay đổi nhỏ trong thông điệp sẽ tạo ra một bản tóm tắt khác biệt, và sẽ làm thay đổi chữ ký số tương ứng. Điều này giúp đảm bảo tính toàn vẹn của thông điệp và ngăn chặn sự sửa đổi hoặc làm giả thông điệp mà không bị phát hiện.[6]

Quá trình tạo chữ ký số với hàm băm:

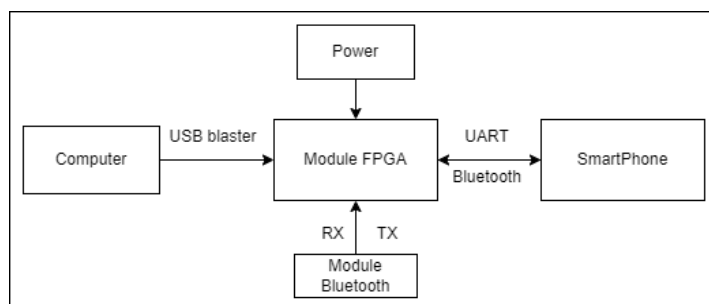
- 1) Hàm băm nhận đầu vào là thông điệp cần ký, và nó tạo ra một bản tóm tắt duy nhất có độ dài cố định là 160 bit.
- 2) Giá trị tạo ra từ hàm băm được ký bằng khóa bí mật của người ký. Quá trình ký sẽ dùng thuật toán chữ ký số DSA để tiến hành tạo chữ ký số.
- 3) Chữ ký số, kết hợp giữa thông điệp gốc và khóa bí mật của người ký, là một giá trị số học duy nhất và không thể dễ dàng làm giả. Nó có thể được gửi cùng với thông điệp để cho người nhận xác minh tính toàn vẹn và nguồn gốc của thông điệp.

Quá trình xác minh chữ ký số với hàm băm:

- 1) Nhận thông điệp và chữ ký số cần xác minh.
- 2) Sử dụng hàm băm SHA-1 để tính toán lại giá trị băm của thông điệp.
- 3) Sử dụng thuật toán chữ ký số DSA để tiến hành xác minh chữ ký số.
- 4) So sánh giá trị v đã tính ra được với r của chữ ký số.
- 5) Nếu hai giá trị bằng nhau, tức là chữ ký số hợp lệ và thông điệp không bị thay đổi trong quá trình truyền tải. Ngược lại, nếu hai giá trị không bằng nhau, chữ ký số bị không hợp lệ hoặc thông điệp đã bị thay đổi.

### 3 PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

#### 3.1 Sơ đồ hệ thống

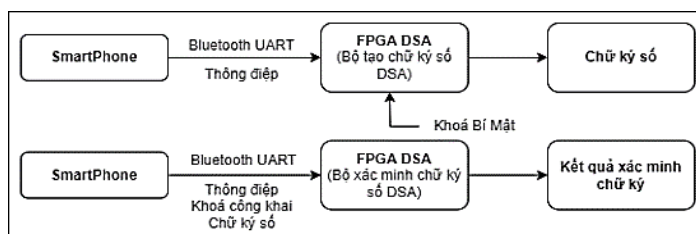


Hình 2. Sơ đồ mô tả kết nối của hệ thống

Chức năng từng khối:

- Module FPGA: sử dụng chip Altera Cyclone IV EP4CE6E22C8, được dùng để tạo chữ ký số DSA.
- Computer: dùng để thiết kế và lập trình cho module FPGA.
- SmartPhone: dùng để truyền nhận dữ liệu với FPGA.
- Module Bluetooth: hỗ trợ việc truyền nhận của SmartPhone với FPGA.

#### 3.2 Sơ đồ khối của hệ thống



Hình 3. Sơ đồ khối của hệ thống

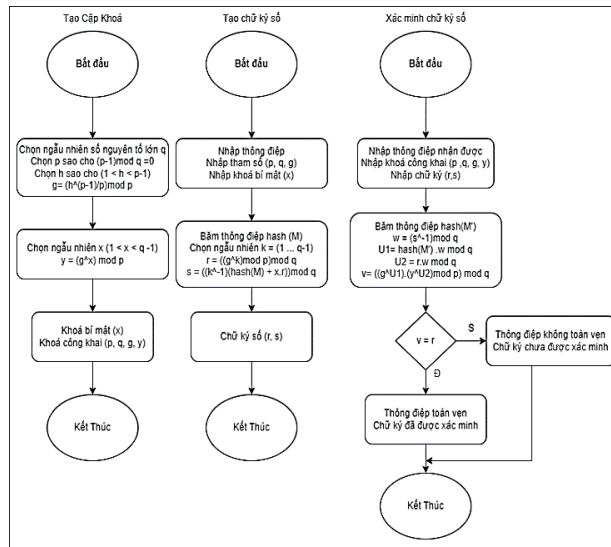
**Bộ tạo chữ ký số** sẽ nhận thông điệp được gửi từ smartphone thông qua module Bluetooth UART và sử dụng khóa bí mật đã được tạo để thực hiện tạo chữ ký số cho thông điệp đó.

**Bộ xác minh chữ ký số** sẽ nhận thông điệp mà người dùng đã nhận được cùng với khóa công khai và chữ ký số từ smartphone thông qua module Bluetooth UART và thực hiện tính toán để xác minh rằng chữ ký và thông điệp đã đúng hay chưa.

#### 3.3 Nguyên lý hoạt động của toàn hệ thống

Lưu đồ hoạt động của hệ thống:





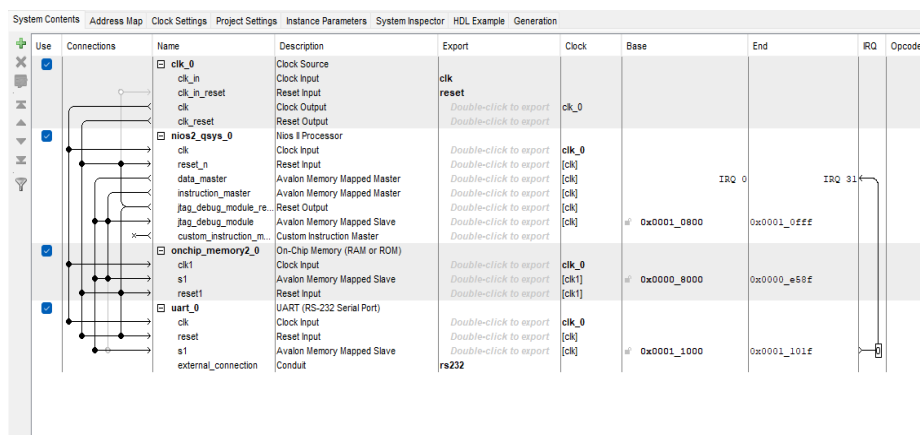
Hình 4. Lưu đồ hoạt động của hệ thống

Nguyên lý hoạt động:

- Ở phần tạo khoá, chọn và tính các tham số (p, q, g, h), các tham số này sẽ được dùng trong việc tạo khoá, tạo chữ ký và xác minh chữ ký. Sau đó tiến hành tạo khoá bí mật x (0 < x < q-1) và khoá công khai y với  $y = g^x \text{ mod } p$ . Khoá bí mật là (x) và khoá công khai là (p, q, g, y), độ dài của cặp khoá sẽ phụ thuộc vào hai giá trị p và q.
- Ở phần tạo chữ ký, đầu tiên cần phải nhập thông điệp, các tham số (p, q, g) và khoá bí mật. Thông điệp qua hàm băm sẽ được băm thành một đoạn mã có chiều dài cố định sau đó sẽ được đưa vào tính toán để tạo chữ ký. Tiếp theo, bước đầu ta cần tính  $r = (g^k \text{ mod } p) \text{ mod } q$  trong đó k là số nguyên thỏa mãn (0 < k < q - 1), tiếp đến ta dùng khoá bí mật và thông điệp đã được băm hash(M) để tính  $s = (k^{-1} \cdot (\text{SHA}(M) + x \cdot r)) \text{ mod } q$ . Sau khi tính toán ta sẽ được một chữ ký số (r,s).
- Ở phần xác minh chữ ký, đầu tiên ta cần phải nhập thông điệp M' (gọi M' là thông điệp chưa được xác thực tính toàn vẹn), nhập khoá công khai và chữ ký số. Thông điệp M' qua hàm băm sẽ được băm thành một đoạn mã có chiều dài cố định, chúng ta sẽ sử dụng thông điệp M' đã được băm, chữ ký (r, s) và khoá công khai để tính toán các giá trị cần thiết, sau cùng sẽ tìm được giá trị v. Nếu v = r thì chữ ký được xác minh và thông điệp toàn vẹn, ngược lại thì chữ ký không được xác minh và thông điệp không toàn vẹn.

## 4 KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

### 4.1 Lập trình phần cứng trên Qsys

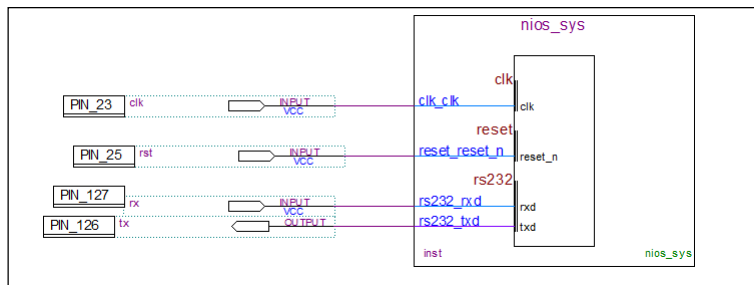


Hình 5. Thiết kế các module cho hệ thống

Chức năng của từng module:

- nios2\_qsys\_0: sử dụng vi điều khiển Nios II/ e
- onchip\_memory2\_0: thiết lập bộ lưu trữ cho hệ thống
- UART: thiết lập chế độ giao tiếp với module Bluetooth

#### 4.2 Gán chân chức năng cho hệ thống



Hình 6. Sơ đồ phân cứng hệ thống

Hình trên là sơ đồ phân cứng của hệ thống, chân rxd và txd có chức năng truyền và nhận dữ liệu qua UART, chân reset có chức năng reset lại hệ thống. Hệ thống sẽ được nạp code C có chức năng tạo chữ ký số/kiểm tra chữ ký số DSA và thực thi trên KIT FPGA.

#### 4.3 Kết quả tổng hợp trên FPGA

Sau khi tổng hợp bộ tạo chữ ký số DSA trên FPGA Cyclone IV EP4CE6E22C8N kết quả được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả thực thi DSA trên FPGA

Thiết bị FPGA	EP4CE6E22C8	
Khu vực phân phối	Đã sử dụng/ Có sẵn	Sử dụng
Total logic elements	1,653 / 6,272	26 %
Total combinational functions	1,566 / 6,272	25 %
Dedicated logic registers	842 / 6,272	13 %
Total pins	4 / 92	4 %
Total memory bits	218,240 / 276,480	79 %
Frequency	50MHz	

Như vậy, ta đã thiết kế và thực thi phần cứng DSA trên FPGA EP4CE6E22C8N có tần số 50 MHz, 1653 logic elements (26%), memory bits 218,240 (79%), 842 logic registers (13%). So sánh kết quả thực thi DSA trên FPGA với các nghiên cứu khác

Bảng 2. So sánh kết quả thực thi DSA trên FPGA

	Architecture	F(MHz)	Data rate(Kb/s)
[10]	RSA	45.6	140-460
[11]	RSA	100	100
[12]	RSA	50	24.3

So với kết quả đạt được từ những nghiên cứu [10], [11] và [12] thì phần cứng DSA có ưu điểm là sử dụng bộ nhớ nhỏ, thiết kế phần cứng linh động, có thể thay đổi code C tùy theo nhu cầu thiết kế của người sử dụng, phần cứng này sử dụng xung chuẩn 50 MHz của Nios II, data rate là 35Kb/s.

#### 4.4 Giao tiếp với bộ tạo chữ ký số DSA qua ứng dụng di động

Trong giao diện ứng dụng di động, người dùng được cung cấp khả năng nhập thông điệp và các thông số cần thiết, để gửi đến bộ tạo chữ ký số thông qua kết nối Bluetooth nhằm thực hiện việc tạo hoặc xác minh chữ ký số.

##### 4.4.1 Thực hiện tạo chữ ký số



Hình 7. Kết quả tạo chữ ký số trên ứng dụng di động

Ví dụ thông điệp cần ký là “trường đại học công nghiệp”

Thông điệp sau khi được Hash là “B0F6EA44C1CDEE7B84D57368D07B48755BDA9550”

Chọn ngẫu nhiên số nguyên tố  $q = 521$ .

Chọn  $p = 16673$ , sao cho  $(p-1) \bmod q = 0$ .

Chọn ngẫu nhiên  $h = 10289$  ( $1 < h < p-1$ ).

Tính  $g = h^{(p-1)/q} \bmod p = 10289^{(16673-1)/521} \bmod 16673 = 5402$ .

Chọn ngẫu nhiên  $x = 456$  ( $0 < x < q-1$ ).

Tính  $y = g^x \bmod p = 5402^{456} \bmod 16673 = 4164$ .

Khoá bí mật là  $(x) : (456)$ .

Khoá công khai là  $(p, q, g, y) : (16673, 521, 5402, 4164)$ .

Chọn ngẫu nhiên  $k = 201$  ( $0 < k < q-1$ )

Tính  $k^{-1} = 197$ .

Tính  $r = (g^k \bmod p) \bmod q = (5402^{201} \bmod 16673) \bmod 521 = 307$ .

Tính  $s = [k^{-1} \cdot (\text{hash}(M) + xr)] \bmod q$

$= [197 \cdot ((B0F6EA44C1CDEE7B84D57368D07B48755BDA9550) + 456 \cdot 307)] \bmod 521 = 227$ .

Chữ ký số là  $(r, s) : (307, 227)$ , nhưng trên ứng dụng di động sẽ được hiển thị dưới dạng thập lục phân hexa.

#### 4.4.2 Thực hiện xác minh chữ ký số



Hình 8. Kết quả xác minh chữ ký số trên ứng dụng di động

Ta sẽ xác minh cho thông điệp “trường đại học công nghiệp” với chữ ký số  $(r, s)$  là  $(307, 227)$  và khoá công khai là  $(p, q, g, y) : (16673, 521, 5402, 4164)$ :

$$\text{Tính } w = (s)^{-1} \pmod{q} = 381 \pmod{521} = 381.$$

$$\text{Tính } u_1 = (\text{hash}(M') \cdot w) \pmod{q}$$

$$= (\text{hash}(B0F6EA44C1CDEE7B84D57368D07B48755BDA9550) \cdot 381) \pmod{521} = 103.$$

$$\text{Tính } u_2 = r * w \pmod{q} = 307 * 381 \pmod{521} = 263.$$

$$\text{Tính } v = (g^{u_1} \cdot y^{u_2} \pmod{p}) \pmod{q} = (5402^{103} \cdot 4164^{263} \pmod{16673}) \pmod{521} = 307.$$

Do  $v = r = 307$  nên suy ra thông điệp bảo toàn và chữ ký đã được xác minh.

Lưu ý: Do ở phần tạo chữ ký số DSA trên ứng dụng di động, chữ ký  $(r, s)$  được hiển thị ở dạng Hexa. Nên trong phần xác minh chữ ký số DSA này, chữ ký số cũng sẽ được nhập vào bằng kiểu Hexa.

Trường hợp thông điệp đã bị người khác thay đổi:



Hình 9. Trường hợp xác minh thất bại

Ta sẽ xác minh trường hợp thông điệp của ví dụ trên đã bị người khác thay đổi thành “trường đại học” với chữ ký số  $(r, s)$  vẫn giữ nguyên là  $(307, 227)$  và khoá công khai vẫn giữ nguyên là  $(p, q, g, y) : (16673, 521, 5402, 4164)$ :

Do thông điệp gốc đã bị thay đổi nên Hash của thông điệp đã bị thay đổi thành:

Hash: "7005E72679608A21F86FB1D01590773CF982A310".

Tính  $w = (s)^{-1} \pmod{q} = 381 \pmod{521} = 381$ .

Tính  $u1 = (\text{hash}(M') \cdot w) \pmod{q}$

$= (\text{hash}(7005E72679608A21F86FB1D01590773CF982A310) \cdot 381) \pmod{521} = 426$ .

Tính  $u2 = r \cdot w \pmod{q} = 307 \cdot 381 \pmod{521} = 263$ .

Tính  $v = (g^{u1} \cdot y^{u2} \pmod{p}) \pmod{q} = (5402^{426} \cdot 4164^{263} \pmod{16673}) \pmod{521} = 463$ .

$r = 307$ .

$v = 463$ .

Do giá trị  $v$  khác  $r$  nên suy ra thông điệp không bảo toàn và chữ ký không được xác minh.

## 5 KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày cách thiết kế phần cứng, sơ đồ hệ thống cũng như nguyên lý hoạt động của bộ tạo chữ ký số DSA trên FPGA, phần cứng sử dụng gồm Kit FPGA Cyclone IV EP4CE6E22C8 và module Bluetooth HC-06, thuật toán tạo và xác minh chữ ký số DSA được viết bằng ngôn ngữ Verilog và ngôn ngữ C. Kết quả mà bài báo đạt được là thiết kế được bộ tạo chữ ký số DSA thực hiện trên FPGA có tần số 50 MHz, 1653 logic elements (26%), memory bits 218,240 (79%), 842 logic registers (13%), và có thể giao tiếp được với người dùng bằng ứng dụng di động thông qua Bluetooth UART. Với độ dài khóa đủ lớn bộ tạo chữ ký số DSA sẽ đảm bảo tính bí mật, tính toàn vẹn và xác thực của thông điệp cần ký. Nó là một giải pháp linh hoạt cho các hệ thống mật mã và các lớp bảo mật của giao thức mạng không dây, chẳng hạn như HiperLAN/2 và WAP. Hướng phát triển tương lai là để tăng mức độ bảo mật, ta sẽ nghiên cứu các cấu trúc DSA với giải thuật nhằm tăng kích thước độ dài khóa.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Wikipedia, "Digital Signature Algorithm (DSA)". Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Signature\\_Algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Signature_Algorithm).
- [2] National Institute of Standards and Technology (NIST), Digital Signature Standard, FIPS PUB 186-2,. Available: <https://csrc.nist.gov/files/pubs/fips/186-2/final/docs/fips186-2.pdf>.
- [3] vnkrypto, "Digital signature algorithm (dsa) là gì? Tìm hiểu 'thuật toán chữ ký số' trong mật mã học," [Online]. Available: <https://vnkrypto.com/digital-signature-algorithm-dsa-la-gi-tim-hieu-thuat-toan-chu-ky-so-trong-mat-ma-hoc>.
- [4] B. K. Jena, "Digital Signature Algorithm (DSA) in Cryptography: How It Works & More," [Online]. Available: <https://www.simplilearn.com/tutorials/cryptography-tutorial/digital-signature-algorithm>.
- [5] Wikipedia, "SHA-1," [Online]. Available: <https://vi.wikipedia.org/wiki/SHA-1>.
- [6] T. Fisher, "SHA-1: What It Is & How It's Used for Data Verification," [Online]. Available: <https://www.lifewire.com/what-is-sha-1-2626011>.
- [7] Kitsos, P., Sklavos, N., & Koufopavlou, O. (n.d.). An Efficient Implementation of the Digital Signature Algorithm. VLSI Design Laboratory, Electrical and Computer Engineering Department, University of Patras. Patras, GREECE.
- [8] K. Järvinen and J. Skyttä, "Cryptoprocessor for Elliptic Curve Digital Signature algorithm (ECDSA)," Tech. Rep., Helsinki University of Technology, Signal Processing Laboratory, 2007.
- [9] Benjamin Glas, Oliver Sander, Vitali Stuckert, Klaus D.Muller-Glaser, and Jurgen Becker "Prime Field ECDSA Signature Processing for Reconfigurable Embedded Systems" International Journal of Reconfigurable Computing Volume 2011.
- [10] T. Blum and C. Paar, "High-Radix Montgomery Modular Exponentiation on Reconfigurable Hardware", IEEE Transactions on Computers, vol. 50, no. 7, 2001.

- [11] Chih-Yuang Su, Shih-Arn Hwang, Po-Song Chen, and Cheng-Wen Wu, “An Improved Montgomery’s Algorithm for High-Speed RSA Public-Key Cryptosystem”, IEEE Transaction on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, Vol. 7, No. 2, June 1999.
- [12] P. S. Chen, S. A. Hwang, and C. W. Wu, “A systolic RSA public key cryptosystem,” in Proceedings of International Symposium of Circuit and System (ISCAS’96) 1996, vol. 4, pp. 408-411.

YSC5.F104

## THIẾT KẾ BỘ TẠO CHỮ KÝ SỐ DỰA TRÊN ĐƯỜNG CONG ELLIPTIC (ECDSA) THỰC HIỆN TRÊN FPGA

LÊ LÝ QUYÊN QUYÊN<sup>1</sup>, ĐẶNG XUÂN TUẤN ANH<sup>2</sup>

*Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
lelyquyenquyen@iuh.edu.vn, dangxuantuananh01@gmail.com*

**Tóm tắt.** Ngày nay, trong lĩnh vực trao đổi thông tin của các hệ thống điện tử, việc đảm bảo tính xác thực toàn vẹn và độ tin cậy của thông tin truyền tải là rất quan trọng. Do đó, chữ ký số đã và đang được sử dụng rộng rãi để đáp ứng nhu cầu này. Thuật toán Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA) là một trong những thuật toán phổ biến và có tính bảo mật cao. ECDSA sử dụng mật mã đường cong elliptic để tạo ra các khóa, đây là một phương pháp tạo khóa nhỏ hơn so với các thuật toán khác nhưng vẫn đảm bảo tính bảo mật, dựa trên các phép tính toán số học và nghịch đảo modular trong trường hữu hạn. Chữ ký số ECDSA sử dụng khóa bí mật để tạo chữ ký và sử dụng khóa công khai để xác minh tính hợp lệ của thông điệp được ký. Bài báo này nghiên cứu cấu trúc phần cứng của bộ tạo và xác minh chữ ký số ECDSA thực hiện trên Field Programmable Gate Array (FPGA) vì đặc tính linh hoạt cho người thiết kế, giúp phát triển các ý tưởng tốt hơn mà không phụ thuộc vào phần cứng của các nhà sản xuất, độ an toàn và bảo mật cao. Bộ tạo chữ ký số ECDSA có cấu trúc phần cứng được mô tả bằng việc sử dụng ngôn ngữ C trên Tool Qsys và Nios II của phần mềm Quartus, và thực hiện trên kit Altera FPGA Cyclone IV EP4CE6E22C8N.

**Từ khóa.** ECDSA, Chữ ký số, Khóa công khai, Khóa bí mật, FPGA, Qsys, Nios II, Quartus, Cyclone IV EP4CE6E22C8N.

### DESIGN DIGITAL SIGNATURE GENERATOR BASED on ELLIPTIC CURVE (ECDSA) IMPLEMENTED ON FPGA

**Abstract.** Nowadays, in the field of information exchange of electronic systems, ensuring the authenticity, integrity and reliability of transmitted information is very important. Therefore, digital signatures have been widely used to meet this need. Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA) is one of the popular and highly secure algorithms. ECDSA uses elliptic curve cryptography to generate keys, which is a method of key generation that is smaller than other algorithms but still ensures security, based on arithmetic operations and modular inverses in a finite field. ECDSA digital signatures use the private key to generate the signature and use the public key to verify the validity of the signed message. This paper focuses on the hardware structures of the ECDSA signature generator and verifier implemented on Field Programmable Gate Array (FPGA) because of its flexibility for designers, helping to develop better ideas without regardless of the manufacturers' hardware, high safety and security. The hardware structures of the ECDSA signature generator are described by using C language on the Qsys and Nios II tools of Quartus software, and it is implemented on the Altera FPGA Cyclone IV EP4CE6E22C8N.

**Keywords.** ECDSA, Digital signature, Public key, Private key, FPGA, Qsys, Nios II, Quartus, Cyclone IV EP4CE6E22C8N.

## 1 GIỚI THIỆU

Trong thời đại kỹ thuật số hiện nay, việc đảm bảo tính bảo mật và toàn vẹn của thông tin là vấn đề cực kỳ quan trọng và thiết yếu. Chữ ký số được sử dụng rất rộng rãi để xác minh tính xác thực và độ tin cậy của các thông tin trao đổi. Tuy nhiên, việc tạo ra các chữ ký số đảm bảo tính an toàn vẫn là một thách thức đối với các nhà nghiên cứu và chuyên gia bảo mật. ECDSA là một trong những thuật toán chữ ký số phổ biến và có tính bảo mật cao, sử dụng mật mã đường cong elliptic để tạo khóa. ECDSA sử dụng các phép tính toán số học và nghịch đảo modular trong trường hữu hạn.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sẽ thiết kế một bộ tạo chữ ký số dựa trên đường cong elliptic (ECDSA) thực thi trên Kit FPGA. ECDSA được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng bảo mật vì độ tin cậy của giải thuật. Việc lựa chọn thực thi bộ tạo chữ ký số ECDSA trên FPGA vì tính linh hoạt và khả năng tùy chỉnh của nó, đồng thời cung cấp khả năng xử lý đáng kể để thực hiện các phép toán số học phức tạp liên quan đến đường cong Elliptic.

Mục tiêu của bài báo nhằm nghiên cứu và thực hiện một hệ thống phần cứng ECDSA trên FPGA với hi vọng đạt được tính linh hoạt trong việc phát triển các ý tưởng mới, độ an toàn cao và bảo mật cao trong lĩnh vực trao đổi thông tin điện tử.

## 2 THUẬT TOÁN ECDSA TRONG CHỮ KÝ SỐ

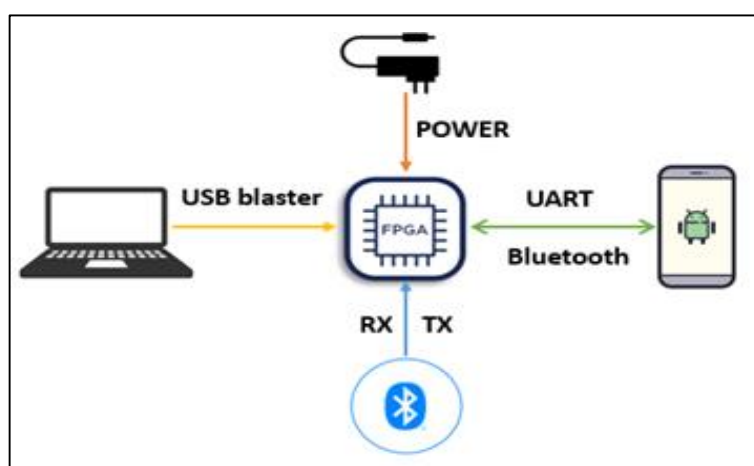
ECDSA là viết tắt của Elliptic Curve Digital Signature Algorithm - thuật toán sinh chữ ký số dựa trên đường cong Elliptic. ECDSA được sử dụng để tạo chữ ký số cho dữ liệu, giúp chống lại sự giả mạo cũng như làm sai lệch dữ liệu, cung cấp một phương pháp xác thực mà không ảnh hưởng đến tính bảo mật của dữ liệu gốc. ECDSA được ứng dụng rộng rãi trong rất nhiều lĩnh vực cần tính bảo mật và sự riêng tư dữ liệu, đặc biệt như trong Blockchain. [1]

ECDSA là một trong các thuật toán mật mã khóa công khai phức tạp. ECDSA sử dụng mật mã đường cong Elliptic để tạo ra các khóa, được xây dựng trên cấu trúc đại số của đường cong Elliptic trên các trường hữu hạn, đây là một phương pháp tạo khóa nhỏ hơn so với các thuật toán khác nhưng vẫn đảm bảo tính bảo mật. [1]

Đây là thuật toán mã hoá bất đối xứng. Nó sử dụng một cặp khoá công khai và khoá bí mật, khoá bí mật dùng để mã hoá thông điệp cần ký, khoá công khai dùng để xác nhận tính đúng đắn của thông điệp đã được mã hoá này. [1]

## 3 PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

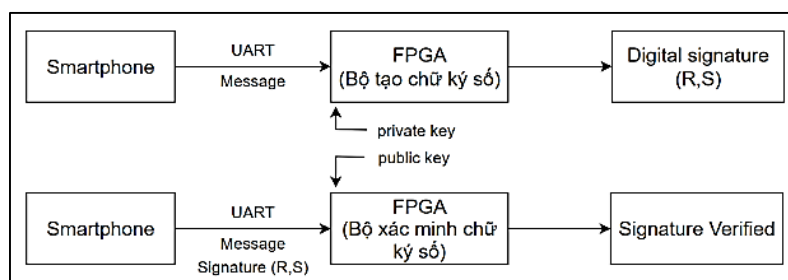
### 3.1 Sơ đồ hệ thống



Hình 1. Sơ đồ mô tả hệ thống



Dưới đây là mô tả tổng quát về hệ thống, bao gồm 2 phần chính: bộ tạo chữ ký số và bộ xác minh chữ ký



Hình 2. Sơ đồ khối hệ thống

**Bộ tạo chữ ký số** sẽ nhận thông điệp được gửi từ smartphone thông qua giao tiếp UART với module Bluetooth HC-06 và sử dụng khóa bí mật đã được tạo để thực hiện tạo chữ ký số cho thông điệp đó.

**Bộ xác minh chữ ký** sẽ nhận thông điệp, khóa công khai và chữ ký số từ smartphone thông qua giao tiếp UART với module Bluetooth HC-06 sau đó thực hiện tính toán để xác minh xem chữ ký đã hợp lệ hay chưa.

### 3.2 Hàm băm SHA-1

Hàm băm SHA-1 (Secure Hash Algorithm 1) là một thuật toán băm mật mã được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực bảo mật thông tin. Hàm băm SHA-1 chuyển đổi dữ liệu đầu vào có độ dài bất kỳ thành một chuỗi băm có độ dài cố định là 160 bit (20 byte). Dữ liệu đầu vào có thể là một chuỗi ký tự, một tệp tin hoặc bất kỳ dữ liệu nào có thể biểu diễn dưới dạng chuỗi nhị phân. [2]

Dưới đây là quy trình cơ bản để tính toán giá trị băm SHA-1: [3]

**Bước 1:** Chuẩn bị dữ liệu đầu vào: Chuyển đổi dữ liệu đầu vào thành một chuỗi nhị phân. Nếu dữ liệu là một chuỗi ký tự, thì chuỗi này được chuyển đổi thành mã nhị phân bằng một quy tắc mã hóa như UTF-8 (Unicode Transformation Format – 8-bit).

**Bước 2:** Thêm phần mở rộng: Thêm bit "1" vào cuối dữ liệu đầu vào, sau đó thêm các bit "0" để đảm bảo độ dài cuối cùng của dữ liệu là một bội số của 512 bit.

**Bước 3:** Thêm độ dài dữ liệu: Thêm một phần tử 64 bit cuối cùng chứa độ dài của dữ liệu đầu vào ban đầu (trước khi thêm phần mở rộng) dưới dạng một số nguyên 64 bit.

**Bước 4:** Chia dữ liệu thành các khối: Chia dữ liệu thành các khối con có độ dài 512 bit.

**Bước 5:** Khởi tạo giá trị ban đầu: Khởi tạo 5 biến 32 bit (A, B, C, D, E) với các giá trị cố định được định sẵn.

**Bước 6:** Xử lý các khối con: Áp dụng các phép biến đổi vòng lặp để tính toán giá trị băm cho mỗi khối con. Quá trình này bao gồm các phép trộn bit, phép xoay trái và các phép toán logic.

**Bước 7:** Kết quả: Sau khi xử lý tất cả các khối con, giá trị cuối cùng của A, B, C, D và E được kết hợp để tạo thành giá trị băm SHA-1 cuối cùng.

Giá trị băm SHA-1 là một chuỗi nhị phân có độ dài 160 bit. Nó thường được biểu diễn dưới dạng một chuỗi ký tự hexa (0-9 và A-F), với mỗi ký tự hexa tương ứng với 4 bit của giá trị băm.

### 3.3 Bộ tạo chữ ký số ECDSA

Tạo chữ ký số bao gồm 2 bước là tạo khoá và tạo chữ ký.

- Tạo khoá: [4] [5]

**Bước 1:** Chọn 1 điểm  $G(x, y)$  là một điểm ngẫu nhiên trên đường cong Elliptic.

**Bước 2:** Tạo khoá bí mật bằng cách chọn một số  $dA$  ngẫu nhiên.

(Private-key có độ dài tối đa là 8 bit và được biểu diễn dưới dạng một chuỗi ký tự hexa (0-9 và A-F))

**Bước 3:** Sử dụng phép nhân  $dA$  với  $G(x, y)$  ta được điểm gọi là  $QA$ , đây chính là khóa công khai.

$$QA(x, y) = G(x, y) \times dA \quad (1)$$

(Public-key gồm 2 khoá  $x$  và  $y$ , với mỗi khoá có độ dài tối đa là 32 bit và tương tự như private-key cũng được biểu diễn dưới dạng một chuỗi ký tự hexa (0-9 và A-F))

- Tạo chữ ký số: [4] [5]

**Bước 1:** Tạo ra một giá trị ngẫu nhiên gọi là  $k$  (khác private key)

**Bước 2:** Ta tính  $P = k \times G$  được một điểm tọa độ  $P(x,y)$ , tọa độ  $x$  của  $P$  chính là giá trị của chữ ký số  $R$ .

**Bước 3:** Tính  $S$ . Đầu tiên ta tính hàm băm của thông điệp cần ký gọi là  $m$ , khi này:

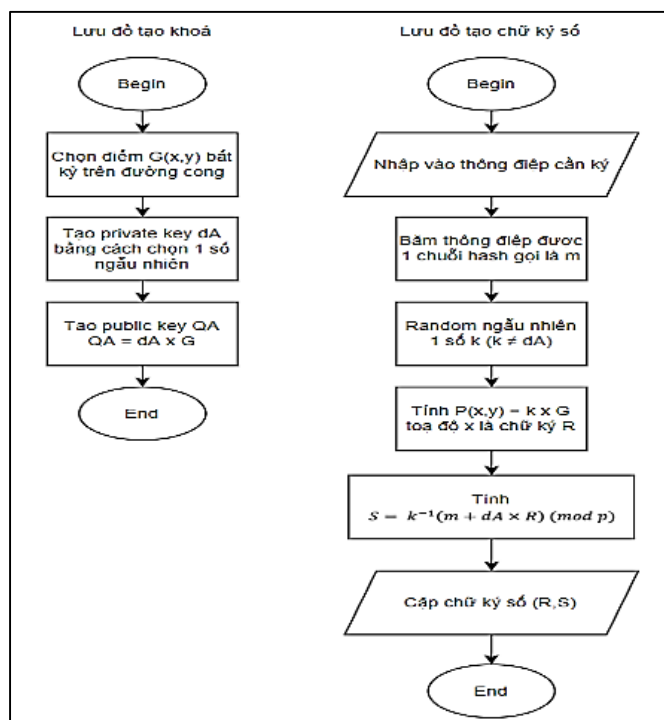
$$S = k^{-1}(m + dA \times R) \pmod{p} \quad (2)$$

Lưu ý:  $k^{-1}$  không phải nghịch đảo đơn thuần trong tính toán thập phân là  $\frac{1}{k}$  mà là nghịch đảo theo modular (tìm số dư của phép chia). Nếu trong tính toán thập phân  $k \times \frac{1}{k} = 1$  thì theo modular  $k \times k^{-1} = 1 \pmod{m}$ .

Ví dụ: Theo tính toán thập phân nghịch đảo của 2 là  $\frac{1}{2}$  vì  $2 \times \frac{1}{2} = 1$ . Nhưng theo nghịch đảo modular của 2 là 3 vì  $2 \times 3 = 6$  hay  $2 \times 3 = 1 \pmod{5}$ . Vậy  $2^{-1} = 3 \pmod{5}$ .

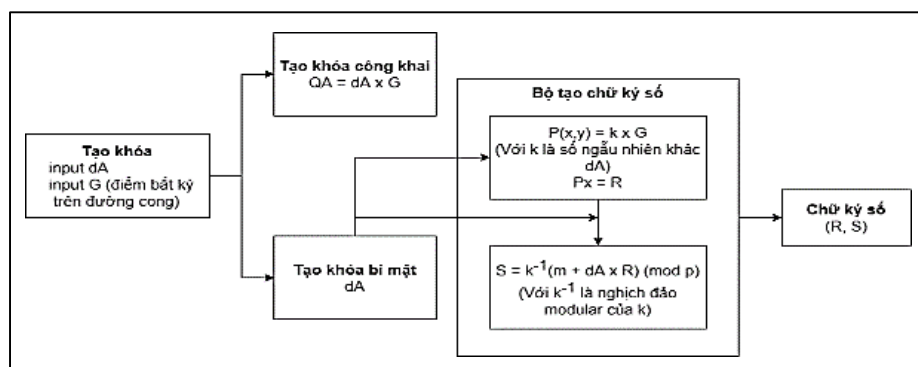
Như vậy ta đã tạo được chữ ký số  $(R, S)$ .

- Lưu đồ giải thuật:



Hình 3. Lưu đồ giải thuật tạo khoá và tạo chữ ký số

Sơ đồ bộ tạo chữ ký số



Hình 4. Sơ đồ bộ tạo chữ ký số

### 3.4 Bộ xác minh chữ ký số ECDSA

- Xác minh chữ ký số: [4] [5]

Để xác minh chữ ký số, ta sẽ sử dụng khóa công khai QA:

Ta tính:  $P(x, y) = S^{-1} \times m \times G + S^{-1} \times R \times QA$  (3)

Với:  $QA = dA \times G$  nên  $P(x, y) = S^{-1} \times G \times (m + R + dA)$  (4)

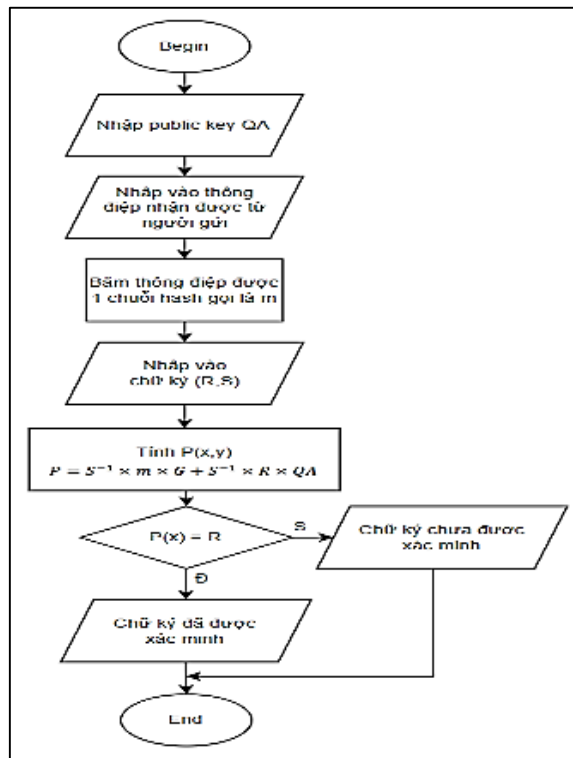
Mà ta có:  $S = k^{-1}(m + dA \times R)$  (5)

Suy ra:  $P(x, y) = (k^{-1})^{-1} \times (m + dA \times R)^{-1} \times G \times (m + R + dA)$  (6)

Tương đương:  $P(x, y) = k \times G$  (7)

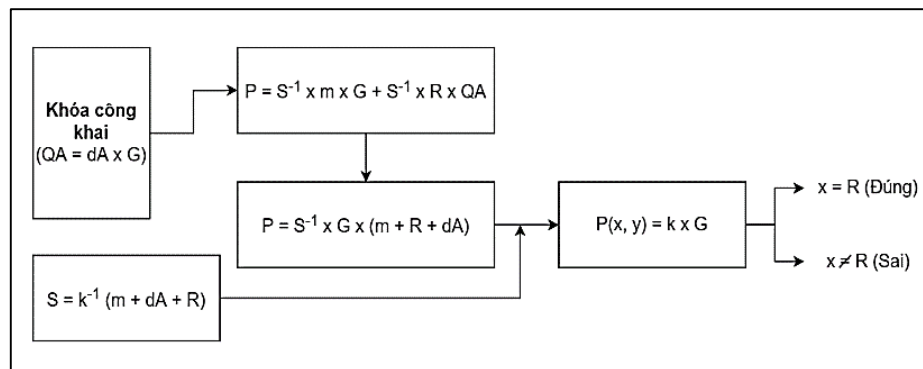
⇒ Chữ ký hợp lệ khi  $P(x) = R$ . Chữ ký không hợp lệ khi  $P(x) \neq R$

- Lưu đồ giải thuật



Hình 5. Lưu đồ giải thuật xác minh tạo chữ ký số

- Sơ đồ bộ xác minh chữ ký số

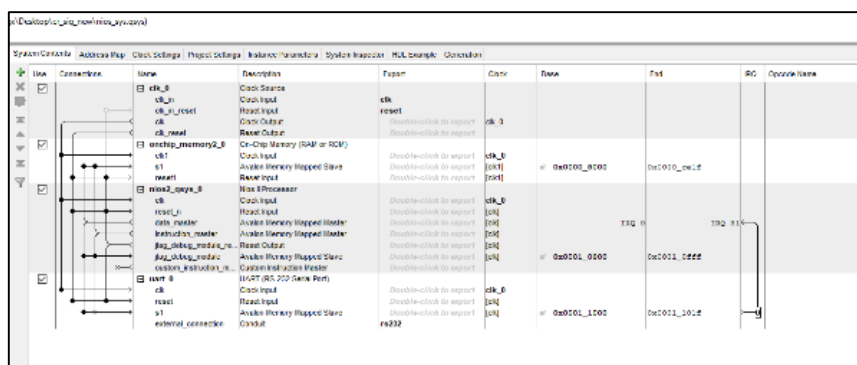


Hình 6. Sơ đồ bộ xác minh chữ ký số

## 4 KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

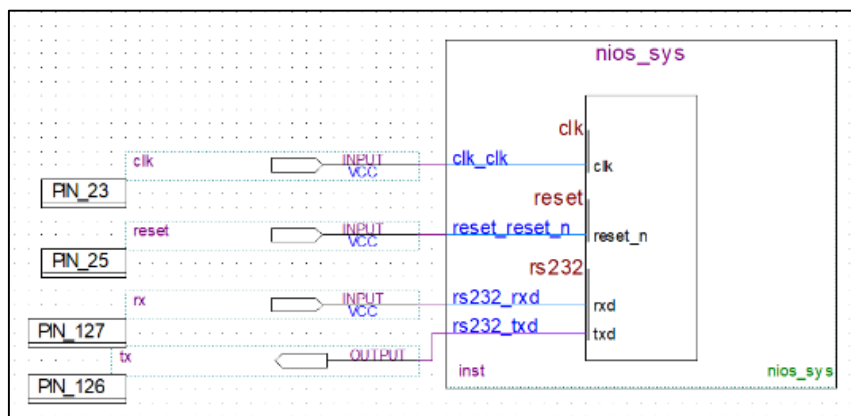
### 4.1 Phần cứng

Sử dụng tool Qsys trong phần mềm Quartus để tạo tự động bộ vi mạch cho FPGA, bằng cách tạo và kết nối các module IP trên FPGA. [6] [7]



Hình 7. Hệ thống Qsys hoàn chỉnh

Sau khi hoàn tất việc xây dựng hệ thống Qsys, tiến hành thiết kế sơ đồ phần cứng bằng phần mềm Quartus.



Hình 8. Sơ đồ thiết kế phần cứng

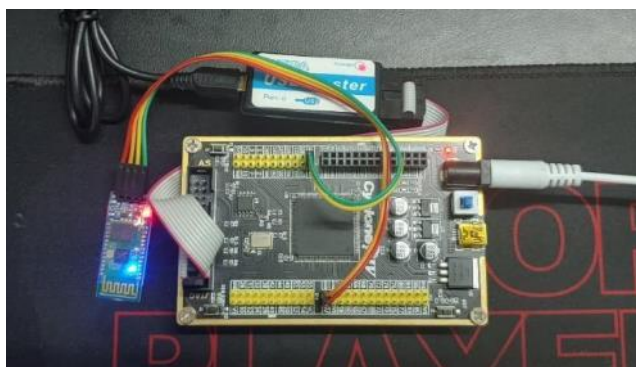
Kết quả sau khi thực thi bộ tạo chữ ký số ECDSA trên FPGA Cyclone IV EP4CE6E22C8N thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả thực thi ECDSA trên FPGA

FPGA Device	EP4CE6E22C8N	
AREA ALLOCATION	Used / Available	Utilization
Total combinational functions	1,532 / 6,272	24%
Total logic elements	842 / 6,272	13%
Total pins	4 / 92	4%
Total memory bits	202,240 / 276,480	73%
Frequency	50MHz	

Như vậy, ta đã thiết kế và thực thi phần cứng ECDSA trên FPGA EP4CE6E22C8N có tần số chuẩn 50 MHz, 842 logic elements (13%), memory bits 202,240 (73%), đóng vai trò vừa là bộ tạo chữ ký số vừa là

bộ xác minh chữ ký số, một module Bluetooth HC – 06 được gắn vào chân VCC, GND, RX, TX của FPGA dùng để phát Bluetooth giúp truyền nhận dữ liệu giữa app Android trên Smartphone với FPGA thông qua giao thức UART.



Hình 9. Phần cứng sử dụng (FPGA EP4CE6E22C8 + Module Bluetooth HC-06)

So sánh kết quả thực thi ECDSA trên FPGA với các nghiên cứu khác

Bảng 2. So sánh kết quả thực thi ECDSA trên FPGA

	Field Type-key size/ECC Method	Operations	Time(ms)	Occupation (Slices LUTs)	Devices
[8]	Binary field-163/Montgomery	Tạo khóa Tạo chữ ký Kiểm tra chữ ký	0.6 0.94 1.61	85%	EP2C20F484C7
[9]	Primary field-192/Montgomery	Tạo chữ ký	127	19115 gates	0.35 $\mu$ m CMOS technology

So với kết quả đạt được từ những nghiên cứu [8] và [9] thì phần cứng vừa thực thi có ưu điểm là sử dụng bộ nhớ ít hơn, thiết kế linh động, có thể thay đổi code C tùy theo nhu cầu thiết kế của người sử dụng và nạp code C vào phần cứng Nios II dễ dàng, nhược điểm là tần số thấp hơn vì phần cứng này sử dụng xung chuẩn 50 MHz của Nios II.

## 4.2 Phần mềm

Phần mềm bao gồm: code firmware của chương trình tạo chữ ký số, xác minh chữ ký số và phần mềm Android giúp người dùng dễ dàng thao tác tạo và xác minh chữ ký.

### • Mô phỏng tạo chữ ký số:

Tạo chữ ký số với thông điệp là “trungdaihoccongnghiepthanhphohochiminh”

**Bước 1:** Chọn trường số nguyên modular  $p = 0X67$

**Bước 2:** Chọn điểm cơ sở  $G(x, y)$  từ trường số nguyên modular  $p$ :  $G(0X59, 0X3B)$

**Bước 3:** Private-key  $dA = \text{random}(1 \rightarrow (p - 1)) = 0X3F$

**Bước 4:** Public-key  $QA = dA \times G \Leftrightarrow QA(0X15E7, 0XE85)$

**Bước 5:** Tính  $k (k \neq dA) = \text{random}(1 \rightarrow (p - 1)) = 0X20$

**Bước 6:** Tính  $k^{-1} \pmod{p} = 0X20^{-1} \pmod{0X67} = 0X1D$

**Bước 7:** Nhập thông điệp “trungdaihoccongnghiepthanhphohochiminh”

**Bước 8:** SHA-1 hashing  $\Rightarrow m = F2088D9F1EEEEFC208402A37BE85D091496CD4AD$

Chuỗi hash trên là 1 chuỗi hexa 20 byte (160 bit), để thực hiện tính toán ta lấy ra 40 bit đầu tiên là F2088D9F1E và tính tổng của chúng  $\Rightarrow \text{sum}_m(F2088D9F1E) = 0XF3170E$

**Bước 9:** Tính chữ ký  $R$ :  $P(x) = k \times G(x) = 0X20 \times 0X59 = 0XB20$

$\Rightarrow$  Chữ ký  $R = P(x) = 0XB20$

**Bước 10:** Tính chữ ký S:  $S = k^{-1} (\text{sum\_m} + dA \times R) \pmod{p}$   
 $\Rightarrow S = 0X1D \times (0XF3170E + 0X3F \times 0XB20) = 0X1BD901F6$

```

cr_sig_sha1.exe
Private-key dA: 3F
Public-key QA(x, y): QA(15E7, E85)
Enter the message: truongdaihoccongnghiepthanhphohochiminh
Hash message: F2088D9F1EEEEFC208402A37BE85D091496CD4AD
sum_digest = F3170E
k = 20
k^-1 = 1D
DIGITAL SIGNATURE (r, s): (B20, 1BD901F6)
    
```

Hình 10. Mô phỏng tạo chữ ký số

• Mô phỏng xác minh chữ ký số:

**Bước 1:** Chọn trường số nguyên modular  $p = 0X67$

**Bước 2:** Chọn điểm cơ sở  $G(x, y)$  từ trường số nguyên modular  $p$ :  $G(0X59, 0X3B)$

**Bước 3:** Nhập Public-key  $QA(0X15E7, 0XE85)$

**Bước 4:** Kiểm tra tính hợp lệ của Public-key:

Nếu  $\frac{QA(x)}{G(x)} \neq \frac{QA(y)}{G(y)}$  thì public-key không hợp lệ, dừng chương trình tại đây.

Nếu  $\frac{QA(x)}{G(x)} = \frac{QA(y)}{G(y)}$  thì public-key hợp lệ, tiếp tục tới Bước 5.

**Bước 5:** Nhập thông điệp “truongdaihoccongnghiepthanhphohochiminh”

**Bước 6:** SHA – 1 hashing  $\Rightarrow m = F2088D9F1EEEEFC208402A37BE85D091496CD4AD$

Chuỗi hash trên là 1 chuỗi hexa 20 byte (160 bit), để thực hiện tính toán ta lấy ra 40 bit đầu tiên là  $F2088D9F1E$  và tính tổng của chúng  $\Rightarrow \text{sum\_m}(F2088D9F1E) = 0XF3170E$

**Bước 7:** Nhập cặp chữ ký số  $R = 0XB20$  và  $S = 0X1BD901F6$

**Bước 8:** Tính  $k^{-1}$ :

$$k^{-1} = \frac{S}{\text{sum\_m} + \frac{QA(x)}{G(x)} \times R} = \frac{0X1BD901F6}{0XF3170E + \frac{0X15E7}{0X59} \times 0XB20} = 0X1D$$

**Bước 9:** Tính  $k$  là nghịch đảo modular của  $k^{-1}$ :  $k = (k^{-1})^{-1} \pmod{p} = 0X1D^{-1} \pmod{0X67} = 0X20$

**Bước 10:** Tính  $P(x)$ :  $P(x) = k \times G(x) = 0X20 \times 0X59 = 0XB20$

**Bước 11:** So sánh:  $P(x) = 0XB20 = R \Rightarrow$  Chữ ký hợp lệ

Khi nhập đúng thông tin: Chương trình sẽ hiển thị VALID SIGNATURE thông báo chữ ký hợp lệ.

```

C:\Users\dangx\Desktop\vf_sig_sha1\vf_sig_sha1\x64\Debug\vf_sig_sha1.exe
Enter public-key QA(x, y): 15E7
E85
Enter the message: truongdaihoccongnghiepthanhphohochiminh
Enter digital signature (r, s): B20
1BD901F6
Hash message: F2088D9F1EEEEFC208402A37BE85D091496CD4AD
sum_digest = F3170E
k = 20
k^-1 = 1D
p(x): B20
VALID SIGNATURE!
    
```

Hình 11. Mô phỏng xác minh chữ ký khi nhập đúng toàn bộ thông tin

**Khi nhập sai thông tin:** Chương trình sẽ hiển thị Invalid Public-key thông báo khoá không khai không hợp lệ hoặc INVALID SIGNATURE thông báo chữ ký không hợp lệ.

```
C:\Users\dangx\Desktop\vf_sig_sha1\vf_sig_sha1\x64\Debug\vf_sig_sha1.exe
Enter public-key QA(x, y): 1A2
FF67
Invalid public-key
```

Hình 12. Mô phỏng xác minh chữ ký khi nhập sai khoá công khai

```
C:\Users\dangx\Desktop\vf_sig_sha1\vf_sig_sha1\x64\Debug\vf_sig_sha1.exe
Enter public-key QA(x, y): 15E7
E85
Enter the message: abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
Enter digital signature (r, s): B20
1BD901F6
Hash message: 32D10C7B8CF96570CA04CE37F2A19D84240D3A89
sum_digest = 3F243C
k = 3E
k^-1 = 6C
p(x): 158E
INVALID SIGNATURE!
```

Hình 13. Mô phỏng xác minh chữ ký khi nhập sai thông điệp

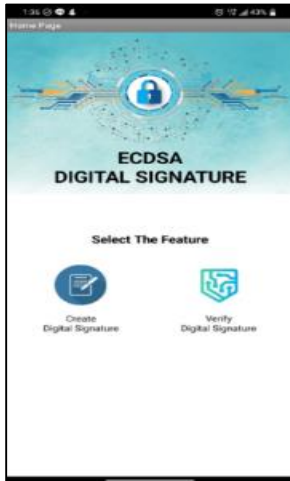
```
C:\Users\dangx\Desktop\vf_sig_sha1\vf_sig_sha1\x64\Debug\vf_sig_sha1.exe
Enter public-key QA(x, y): 15E7
E85
Enter the message: truongdaihoccongnghiepthanhphohochiminh
Enter digital signature (r, s): ABC
DEF0987
Hash message: F2088D9F1EEEEFC208402A37BE85D091496CD4AD
sum_digest = F3170E
k = 51
k^-1 = E
p(x): 1C29
INVALID SIGNATURE!
```

Hình 14. Mô phỏng xác minh chữ ký khi nhập sai chữ ký số

- Thực nghiệm trên app Android: [10]

Nhằm giúp người dùng dễ dàng hơn trong việc tạo và xác minh chữ ký, chúng tôi đã tiến hành thiết kế app Android ECDSA DIGITAL SIGNATURE bằng cách sử dụng công cụ MIT App Inventor được phát triển bởi Viện Công nghệ Massachusetts (Massachusetts Institute of Technology - MIT). Sau khi hoàn thành ta có giao diện như sau.

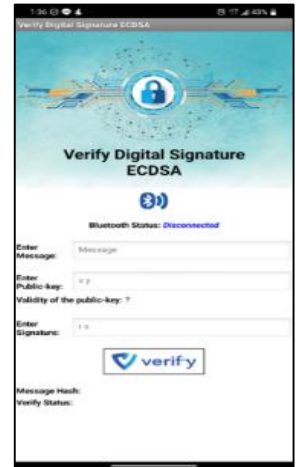
- Giao diện với 2 chức năng là Tạo chữ ký số và Xác minh chữ ký số:



Hình 15. Giao diện Home Page

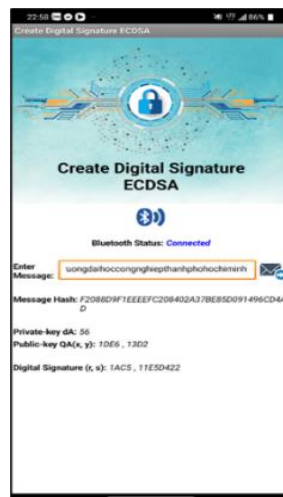


Hình 16. Giao diện Tạo chữ ký



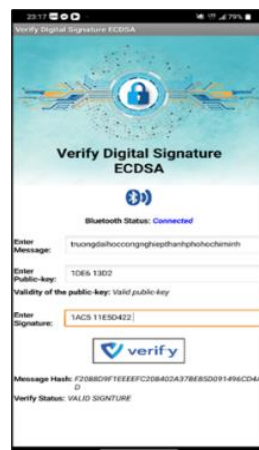
Hình 17. Giao diện Xác minh chữ ký

- Chạy thực nghiệm chương trình Tạo chữ ký số



Hình 18. Thực nghiệm Tạo chữ ký số trên app Android

- Chạy thực nghiệm chương trình Xác minh chữ ký số:



Hình 19. Thực nghiệm Xác minh chữ ký số khi nhập đúng toàn bộ thông tin





Hình 20. Thử nghiệm Xác minh chữ ký số khi nhập sai khoá công khai



Hình 21. Thử nghiệm Xác minh chữ ký số khi nhập sai chữ ký số



Hình 22. Thử nghiệm Xác minh chữ ký số khi nhập sai thông điệp

## 5 KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu và thiết kế bộ tạo chữ ký số sử dụng thuật toán ECDSA triển khai trên kit Altera FPGA Cyclone IV EP4CE6E22C8N. Phần cứng được kết nối với một module Bluetooth HC-06 nhằm giao tiếp với ứng dụng Smartphone cho phép người dùng tạo và xác minh chữ ký một cách dễ dàng và trực quan. Ứng dụng truyền nhận dữ liệu với FPGA thông qua giao thức UART. Với độ lớn của trường modular được lựa chọn, hệ thống tạo ra được khoá bí mật với độ dài tối đa là 8 bit, cặp khoá công khai với độ dài tối đa 32 bit cho từng khoá, hệ thống sử dụng hàm băm SHA-1 cho độ dài thông điệp băm đạt tới 160 bit. Nhờ đó, bộ tạo chữ ký số ECDSA đảm bảo được tính xác thực và toàn vẹn của thông điệp được ký. Tuy nhiên, ta vẫn có thể nâng cấp mức độ bảo mật hệ thống này bằng cách tăng độ lớn của trường modular nhằm cải thiện độ dài của các khoá và nâng cấp một chuẩn băm khác phức tạp hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] National Institute of Standards and Technology (NIST): Digital signature standard (DSS). Federal Information Processing Standard, FIPS PUB 186-2 (2000)
- [2] CryptoViet, "Hash là gì? Cách thức hoạt động của Hash," [Online]. Available: <https://cryptoviet.com/hash-la-gi>.
- [3] Niyazpk, "Secure Hash Algorithm (SHA-1) Reference implementation in C/C++," [Online]. Available: [http://analog.nik.uni-obuda.hu/ParhuzamosProgramozasuHardver/03\\_GPGPU-Fejlesztes/02\\_RozsnyaiAndor%20\(CUDA-SzD\)/external\\_sources/secure-hash-algorithm-sha-1-reference-implementation-in-c-c-with-comments.htm](http://analog.nik.uni-obuda.hu/ParhuzamosProgramozasuHardver/03_GPGPU-Fejlesztes/02_RozsnyaiAndor%20(CUDA-SzD)/external_sources/secure-hash-algorithm-sha-1-reference-implementation-in-c-c-with-comments.htm).
- [4] Do Trung Kien, "ECDSA - hệ mật dựa trên đường cong Elliptic và ứng dụng trong Blockchain," [Online]. Available: <https://viblo.asia/p/ecdsa-he-mat-dua-tren-duong-cong-elliptic-va-ung-dung-trong-blockchain-XL6lA4oDZek>.
- [5] DucksuckDark, "Thuật toán ECDSA và ứng dụng trong chữ ký số," [Online]. Available: <https://whitehat.vn/threads/thuat-toan-ecdsa-va-ung-dung-trong-chu-ky-so.16733/>.
- [6] Intel, "Qsys System Design Tutorial," [Online]. Available: <https://www.intel.com/content/www/us/en/docs/>
- [7] Intel, "Qsys System Design Tutorial," [Online]. Available: <https://www.intel.com/content/www/us/en/docs/>

- [7] [8] J. S. K. Järvinen, "Cryptoprocessor for Elliptic Curve Digital Signature algorithm (ECDSA)," Helsinki University of Technology, Signal Processing Laboratory, 2007.
- [8] [9] M. F. T. P. M. Hutter, "An ECDSA Processor for RFID Authentication," RFIDSec 2010, LNCS 6370, pp. 189-202, 2010.
- [9] [10] Evan W. Patton, Michael Tissenbaum, Farzeen Haruna, "MIT App Inventor: Objectives, Design, and Development," [Online]. Available: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-6528-7\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-6528-7_3).
- [10] [11] Benjamin Glas, Oliver Sander, Vitali Stuckert, Klaus D.Muller-Glaser, and Jurgen Becker " Prime Field ECDSA Signature Processing for Reconfigurable Embedded Systems" International Journal of Reconfigurable Computing Volume 2011.

YSC5.F105

## HIỂN THỊ THÔNG TIN XE HƠI TRÊN KÍNH LÁI HUD SỬ DỤNG RASPBERRY PI VÀ GIAO THỨC OBD2

ĐẶNG QUANG MINH<sup>1</sup>, PHẠM PHI HÙNG<sup>1</sup>, NGUYỄN THANH ĐĂNG<sup>1\*</sup>

*Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

*\*nguyenthahdang@iuh.edu.vn*

**Tóm tắt.** Bài báo này đề cập đến việc hiển thị thông tin của xe hơi trên kính lái HUD (Heads-Up Display) thông qua việc sử dụng Raspberry Pi, thư viện OBD, THREADING, CSV (Comma-Separated Values) và PYGAME, kết nối thông qua giao thức OBD2 (On-Board Diagnostics II). Nhóm tác giả sử dụng Raspberry Pi để thu thập thông tin từ các cảm biến của xe hơi thông qua giao thức OBD2. Sau đó, thông tin được xử lý và lưu trữ trong một tệp CSV. Để hiển thị thông tin trên kính lái HUD, nhóm tác giả đã sử dụng thư viện Pygame để tạo một giao diện đồ họa trên màn hình. Để đảm bảo tính ổn định và hiệu suất của hệ thống, nhóm tác giả đã sử dụng luồng (threading) để quản lý các hoạt động khác nhau của chương trình, đồng thời cũng tối ưu hóa mã nguồn để giảm thiểu tài nguyên tiêu tốn. Nhóm tác giả trình bày cách hiển thị thông tin xe hơi trên kính lái HUD như: vận tốc, gia tốc, vòng quay tua máy, nhiệt độ nước làm mát, nhiệt độ khí nạp... thông qua sử dụng Raspberry Pi, thư viện OBD, THREADING, CSV và PYGAME, với giao tiếp thông qua giao thức OBD2. Nhóm tác giả thực hiện tối ưu hóa mã nguồn và sử dụng luồng (threading) để tăng tính ổn định và hiệu suất của hệ thống.

**Từ khóa.** HUD, OBD2, OBD, CSV, THREADING, RASPBERRY.

### DISPLAYING CAR INFORMATION ON HUD USING RASPBERRY PI AND OBD2 PROTOCOL

**Abstract.** The article discusses the display of car information on the HUD (Heads-Up Display) using Raspberry Pi, OBD library, THREADING, CSV (Comma-Separated Values), and PYGAME, connected through the OBD2 (On-Board Diagnostics II) protocol. The authors used Raspberry Pi to collect information from car sensors through the OBD2 protocol, which was then processed and stored in a CSV file. To display information on the HUD, the authors used Pygame library to create a graphical interface on the screen. To ensure the stability and performance of the system, the authors used threading to manage different program activities, and optimized the source code to minimize resource consumption. The article presents how to display car information on the HUD, such as speed, acceleration, engine RPM, coolant temperature, and intake air temperature, using Raspberry Pi, OBD library, threading, csv, and Pygame, with communication via the OBD2 protocol. The authors optimized the source code and used threading to increase system stability and performance.

**Keywords.** HUD, OBD2, OBD, CSV, THREADING, RASPBERRY.

### 1 GIỚI THIỆU

Việc hiển thị các thông tin về tình trạng xe trên kính lái HUD là một giải pháp tiện ích trong quá trình điều khiển xe ô tô. Nhiều bài báo nghiên cứu trước đây đã tập trung vào việc thu thập và hiển thị các thông số xe hơi qua giao thức OBD2 như: [1] thu thập dữ liệu từ xe ô tô thông qua Mode1 của OBD2, [2] giám sát thông số xe vượt quá giá trị vận hành bình thường qua Mode1, [3] dự đoán hệ số khí thải dựa trên giám sát thông số NOx của xe hơi qua Mode1, [4] phát triển hệ thống định vị và hiển thị đường đi trên kính phản chiếu, [5] giám sát mức tiêu thụ nhiên liệu ở tốc độ 5km/h với mật độ giao thông thấp thông qua Mode1 của OBD-II, [6] sử dụng Raspberry Pi để giám sát và kiểm soát các hoạt động trên xe ô tô, [7] hiển thị các dữ liệu tốc độ, số vòng quay động cơ, nhiệt độ động cơ và mức nhiên liệu lên kính chắn gió, [8] ước tính

mức tiêu thụ nhiên liệu thông qua việc giám sát cảm biến tốc độ động cơ, [9] thiết kế giao diện HUD nhằm tăng cường trải nghiệm người dùng và tối ưu hóa hiệu suất của hệ thống.

Nhóm tác giả đã thành công trong việc thu thập các thông số quan trọng của xe ô tô thông qua Model của OBD2 và hiển thị các giá trị đọc được lên màn hình HUD để phục vụ người lái xe. Tuy nhiên, một khía cạnh hạn chế của bài báo trước đó là việc chỉ tập trung vào hiển thị giá trị đọc được mà không tiến hành lưu trữ dữ liệu để tạo thành một bộ cơ sở dữ liệu lớn chứa toàn bộ dữ liệu thu thập từ xe ô tô, phục vụ cho quá trình phân tích. Khó khăn trong việc lưu trữ các dữ liệu này là do hạn chế trong xử lý dữ liệu của chuẩn OBD2, vì hệ thống chỉ cho phép thực hiện một nhiệm vụ với dữ liệu một lúc và không thể xử lý nhiều nhiệm vụ đồng thời. Điều này đã làm giới hạn khả năng thu thập và lưu trữ dữ liệu liên tục trong thời gian thực. Để khắc phục hạn chế này, nhóm tác giả thực hiện giới thiệu một giải pháp sử dụng Raspberry Pi với khả năng xử lý đa luồng. Hệ thống cho phép đọc dữ liệu từ giao thức OBD2, hiển thị thông tin trên kính lái HUD và đồng thời lưu trữ toàn bộ các giá trị đọc được vào tệp CSV để phục vụ cho quá trình phân tích, đánh giá và dự đoán. Điều này mang lại lợi ích lớn cho việc thu thập và lưu trữ dữ liệu liên tục trong thời gian thực, hỗ trợ trong việc đánh giá hiệu suất và phân tích tình trạng của xe ô tô. Tất cả các dữ liệu này đều được đọc và lưu liên tục trong thời gian thực, trong quá trình xe bắt đầu và kết thúc hành trình.

Bài báo thực hiện gồm 6 phần: phần 1 giới thiệu, phần 2 OBD-II, phần 3 thiết kế, phần 4 kết quả thực nghiệm, phần 5 kết luận, phần 6 tài liệu tham khảo.

## 2 OBD2

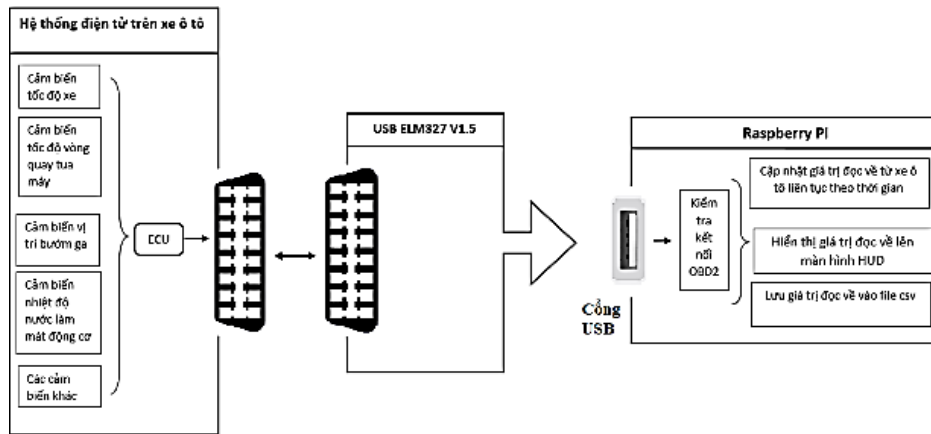
Bảng 1 cho thấy các PID (Parameter IDs) OBD-II tiêu chuẩn như được định nghĩa bởi SAE J1979.

Mode	Mô tả
01	Hiển thị dữ liệu hiện tại - Dữ liệu trực tiếp
02	Hiển thị dữ liệu cố định
03	Hiển thị mã lỗi
04	Xóa / Xóa mã sự cố chẩn đoán và các giá trị được lưu trữ
05	Kết quả kiểm tra, giám sát cảm biến oxy
06	Kết quả kiểm tra, giám sát thành phần / hệ thống khác (Kết quả kiểm tra, giám sát cảm biến oxy chỉ CAN)
07	Hiển thị mã sự cố chẩn đoán đang chờ xử lý (được phát hiện trong chu kỳ lái xe hiện tại hoặc cuối cùng)
08	Kiểm soát hoạt động của thành phần / hệ thống trên bo mạch
09	Yêu cầu thông tin xe
0A	Mã sự cố chẩn đoán (DTC) (DTC đã xóa)

## 3 XÂY DỰNG HỆ THỐNG

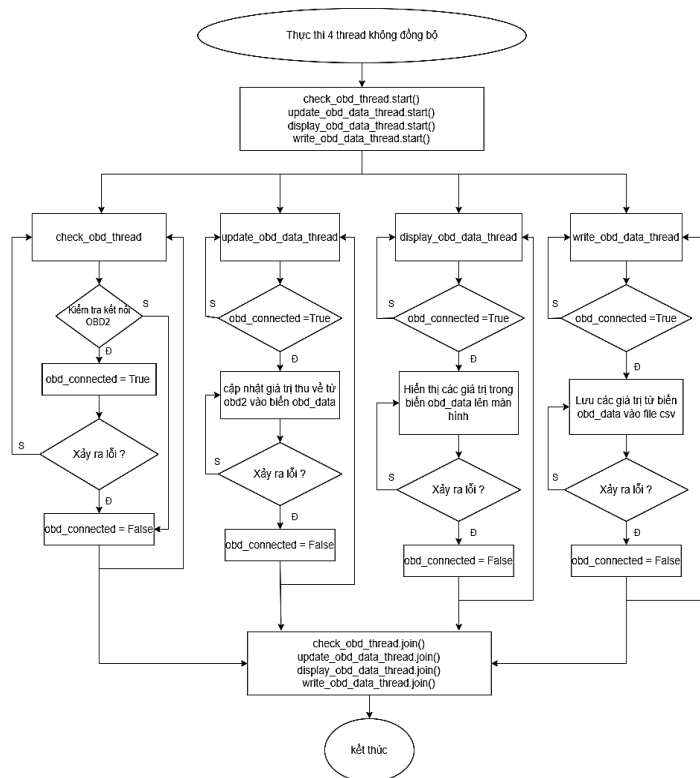
### 3.1 Sơ đồ khối hệ thống

Trên xe hơi, có nhiều loại cảm biến như cảm biến tốc độ xe, cảm biến tốc độ vòng quay động cơ, cảm biến vị trí bướm ga, cảm biến nhiệt độ nước làm mát... Những cảm biến này được điều khiển bởi ECU (Electronic Control Unit) và dữ liệu thu thập từ các cảm biến này sẽ được truyền lên cổng OBD-II thông qua mạng CAN. Thiết bị đọc USB ELM327 đóng vai trò là cầu nối kết nối trực tiếp giữa mạng CAN qua cổng OBD2 trên xe ô tô và Raspberry. Với vai trò như một bộ chuyển đổi dữ liệu giữa ECU của xe hơi và Raspberry Pi, USB ELM327 giúp cho việc truyền và nhận dữ liệu trở nên thuận tiện và hiệu quả hơn.



Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống

### 3.2 Lưu đồ hoạt động



Hình 2. Lưu đồ hoạt động

Để có thể thực hiện truy xuất đa luồng các nhiệm vụ như: cập nhật giá trị đọc về từ mạng CAN qua OBD2 của xe ô tô, hiển thị giá trị lên màn hình HUD, lưu giá trị đọc về vào file csv liên tục theo thời gian thực, bài báo sẽ thực hiện lập trình đa luồng.

Tất cả các luồng như `check_obd_thread()`, `update_obd_data_thread()`, `display_obd_data_thread()`, `write_obd_data_thread()` sẽ đảm nhiệm các chức năng riêng của mình đồng thời. Tuy nhiên, chúng sẽ bị quản lý bởi biến toàn cục `obd_connected`. Ban đầu, luồng `check_obd_thread()` sẽ chạy để kiểm tra kết nối của cổng OBD2 trên xe ô tô với Raspberry, các luồng còn lại sẽ trong trạng thái chờ. Nếu có kết nối thì biến `obd_connected` sẽ cho phép các luồng đang chờ bắt đầu thực hiện nhiệm vụ. Nếu mỗi luồng xảy ra lỗi bất kỳ hoặc biến `obd_connected = False` thì tất cả luồng sẽ dừng lại và khởi động lại từ đầu.

Vì các luồng trong hệ thống đồng thời truy cập vào biến `obd_data` để lấy dữ liệu phục vụ cho chức năng của từng luồng, điều này có thể dẫn đến xung đột dữ liệu. Để giải quyết vấn đề này, nhóm tác giả đã sử

dùng `threading.lock()` trong lập trình đa luồng để đảm bảo chỉ có một luồng được phép truy cập vào tài nguyên dữ liệu tại một thời điểm. Khi một luồng đang sử dụng tài nguyên, các luồng khác sẽ phải chờ đợi cho đến khi tài nguyên được giải phóng trước khi truy cập. Điều này giúp tránh xung đột dữ liệu và đảm bảo tính nhất quán của ứng dụng.

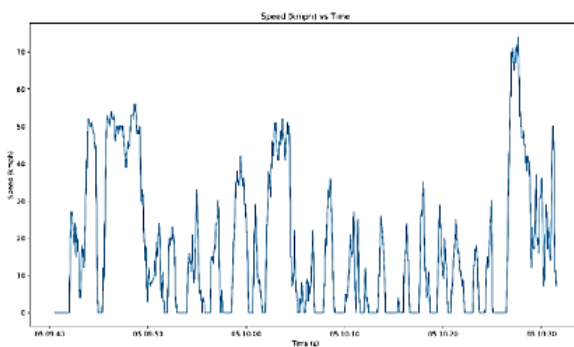
Điểm mới trong bài báo là việc áp dụng `threading.lock()` để quản lý việc truy cập dữ liệu giữa các luồng. Bằng cách này, quá trình truy cập dữ liệu đồng thời được đảm bảo tính nhất quán và tránh xung đột giữa các luồng. Giải pháp này mang lại sự tin cậy cho ứng dụng đa luồng.

#### 4 KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

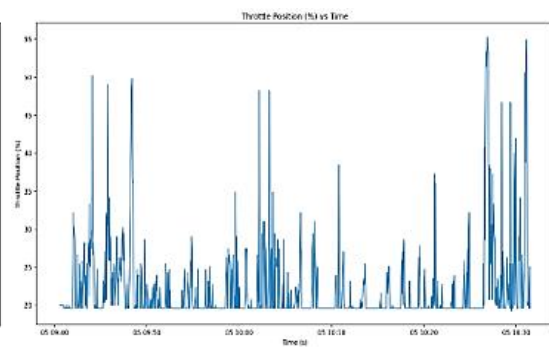
Sau khi kết nối Raspberry với xe ô tô thông qua cổng OBD2 thì màn hình HUD sẽ hiển thị các giá trị như speed, RPM, throttle position như trong hình 3. Xuyên suốt quá trình xe vận hành, dữ liệu sẽ được đồng thời hiển thị lên màn hình HUD và lưu lại trong một file csv. Tất cả các dữ liệu đã lưu về đều được thể hiện bằng đồ thị trong các hình 4, 5, 6, 7, 8, 9. Hình 10 là đồ thị biểu diễn dữ liệu của tất cả các luồng. Ở hình 11 là ảnh của file csv.



Hình 3. Giao diện hiển thị người dùng HUD



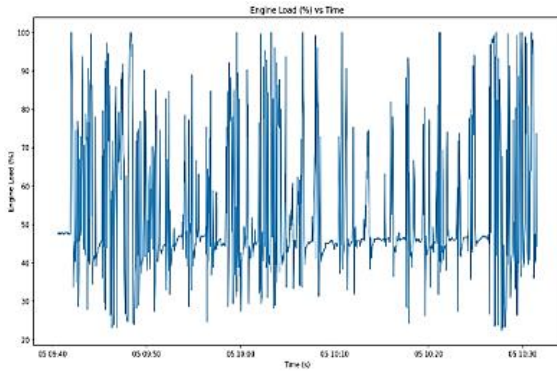
Hình 4



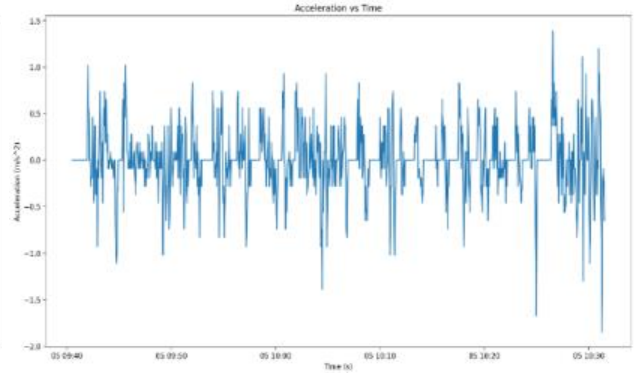
Hình 5

Hình 4 và Hình 5 là kết quả đọc qua mode1 của cảm biến tốc độ của xe và cảm biến vị trí chân ga của xe theo thời gian thực.

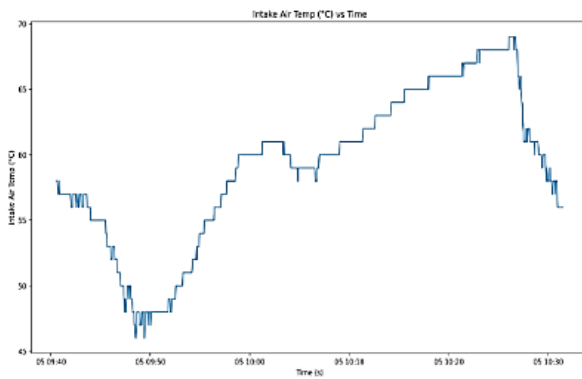
Các Hình 6, 7, 8, 9 lần lượt là các đồ thị thể hiện tải của động cơ, gia tốc của xe, nhiệt độ khí nạp và tốc độ vòng quay tua máy của xe theo thời gian.



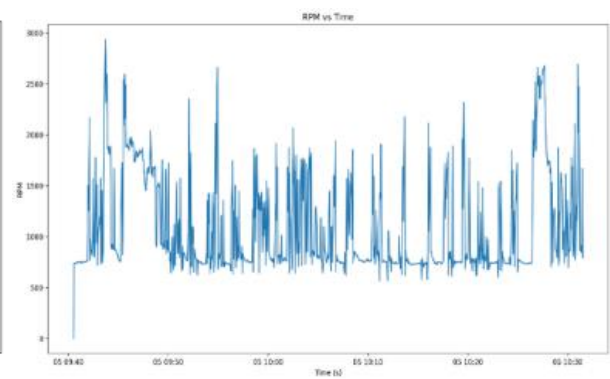
Hình 6



Hình 7

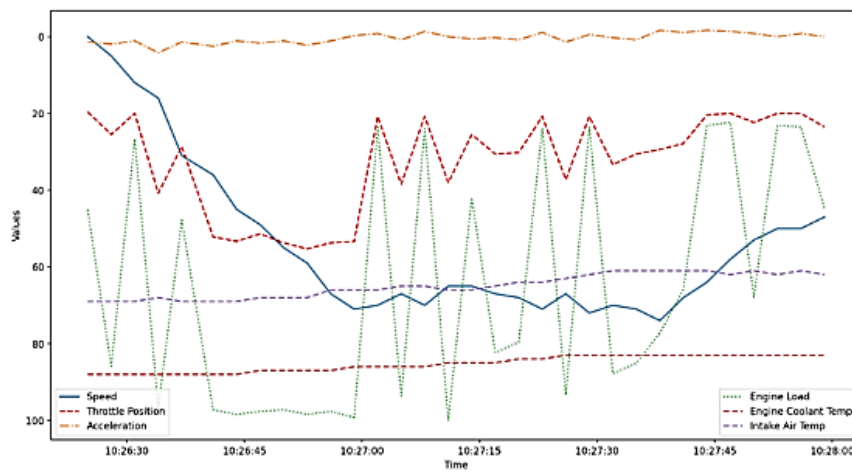


Hình 8



Hình 9

Để thể hiện rõ nét quá trình xử lý đa luồng, bài báo đã đưa ra đồ thị thể hiện rõ mối quan hệ giá trị đọc được giữa các luồng ở hình 10. Ta có thể chú ý đến các giá trị speed, engine load, throttle position, acceleration, engine load, engine coolant temp, intake air time trong khoảng thời gian 10g26p30 đến 10g28p00 của đồ thị để nhận thấy mối quan hệ rõ ràng nhất.



Hình 10. Đồ thị biểu diễn dữ liệu của các luồng.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Time	Speed (kmph)	RPM	Throttle Position (%)	Acceleration (m/s2)	Engine Load (%)	Engine Coolant Temp (°C)	Intake Air Temp (°C)	
927	5/5/2023 10:26	71	2663.25	53.33	-15.71	99.22	86	66	
928	5/5/2023 10:27	70	2484.25	20.78	-17.15	23.53	86	66	
929	5/5/2023 10:27	67	2550.75	38.43	-17.03	93.73	86	65	
930	5/5/2023 10:27	70	2580.25	20.78	-15.82	23.92	86	65	
931	5/5/2023 10:27	65	2365.5	38.04	-17.19	100	85	66	
932	5/5/2023 10:27	65	2353.75	25.49	-15.57	41.96	85	66	
933	5/5/2023 10:27	67	2471.75	30.59	-15.41	82.35	85	65	
934	5/5/2023 10:27	68	2540.5	30.2	-15.73	79.61	84	64	
935	5/5/2023 10:27	71	2497.5	20.78	-15.97	23.92	84	64	
936	5/5/2023 10:27	67	2569.5	37.25	-17.37	93.33	83	63	
937	5/5/2023 10:27	72	2620.25	20.78	-15.64	23.53	83	62	
938	5/5/2023 10:27	70	2647.5	33.33	-17.41	87.84	83	61	
939	5/5/2023 10:27	71	2638.25	30.59	-16.67	85.1	83	61	
940	5/5/2023 10:27	74	2678	29.41	-16.79	77.25	83	61	
941	5/5/2023 10:27	68	2425	27.84	-18.33	65.88	83	61	
942	5/5/2023 10:27	64	2290.5	20.39	-16.7	23.14	83	61	
943	5/5/2023 10:27	58	2045.25	20	-15.92	22.35	83	62	
944	5/5/2023 10:27	53	1911.5	22.35	-14.31	67.84	83	61	
945	5/5/2023 10:27	50	1797.5	20	-13.02	23.14	83	62	
946	5/5/2023 10:27	50	1789	20	-12.02	23.53	83	61	
947	5/5/2023 10:27	47	1694.5	23.53	-12.26	44.71	83	62	
948	5/5/2023 10:28	47	1750	21.57	-11.24	35.69	83	62	

Hình 11. Dữ liệu file csv

Dữ liệu từ cổng OBD2 của xe ô tô sẽ được lưu lại trong một file csv. Khi xe bắt đầu hoạt động thì cũng là lúc quá trình lưu dữ liệu bắt đầu, lúc xe dừng hoạt động thì quá trình lưu kết thúc. Một file csv mới sẽ được tạo và lưu mỗi khi xe bắt đầu quá trình hoạt động.

## 5 KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu kỹ thuật đa luồng trong quá trình truy vấn dữ liệu từ ECU của xe ô tô và hiển thị các thông tin về tình trạng xe trên kính lái HUD. Nhóm tác giả đã thực hiện lưu dữ liệu liên tục từ ECU qua giao thức OBD2 và lưu toàn bộ các giá trị đọc được vào tệp CSV để phục vụ cho quá trình phân tích. Hệ thống được thực hiện trên Raspberry Pi với khả năng xử lý đa luồng, giúp cho việc thu thập và xử lý dữ liệu trở nên thuận tiện hơn.

Kết quả thực nghiệm của bài báo đã chứng minh tính hiệu quả của hệ thống HUD, với khả năng đáp ứng tốt các yêu cầu hiển thị thông tin trên kính lái HUD, thu thập và lưu trữ dữ liệu về quá trình hoạt động của xe ô tô. Hệ thống này đồng thời hỗ trợ quá trình phân tích dữ liệu, giúp người dùng đánh giá hiệu suất của xe và phát hiện kịp thời các sự cố liên quan đến tình trạng xe. Thông qua dữ liệu được thu thập, người dùng có thể tự chủ động lập lịch bảo trì và bảo dưỡng xe, tận dụng các thông tin hữu ích để duy trì và nâng cao độ an toàn cũng như thời gian sử dụng xe.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Thanh Đăng, Trần Minh Quân, Trần Anh Khoa, “chẩn đoán lỗi xe ô tô thời gian thực,” YSC4F.224, p. 265, 2022.
- [2] Radu-Petru Fotescu, Rodica Constantinescu, Bogdan Alexandrescu, Loredana-Maria Burciu, "System for monitoring the parameters of vehicle," 31 December 2020
- [3] L. W. Z. J. S. Q. Z. X. Z. Y. a. X. Z. Jiguang Wang, "Research on Actual Road Emission Prediction Model of Heavy-Duty Diesel Vehicles Based on OBD Remote Method and Artificial Neural Network," 2021.
- [4] Han-Wul Joo, Sung-Moon Choi, Won-Seok Choi, Bokgyu Joo, "Development of Car HUD Navigation Using a Raspberry Pi," IIIBC 2017-3-21, pp. 175-181, 2017.
- [5] A. P. M. S. Dimitrios Rimpasa, "OBD-II sensor diagnostics for monitoring vehicle operation and consumption," 18 October 2019.
- [6] M. D. S.Sharmiladevi, "Raspberry-Pi Based Secure Systems in Car," International Conference on Frontiers in Materials and Smart System Technologies, 2019.



- [7] Anujaraj V, C B Bromy, Johns Vinod, Nithin Prakash, Binsa Mathew, "An OBD Based Heads up Display for Automobiles," IJAREEIE, 2017
- [8] Sohail, Anwar Mehmood; Khattak, Khurram S.; Iqbal, Adil; Khan, Zawar H.; Ahmad, Aakash, "Cloud-based Detection of Road Bottlenecks Using OBD-II Telematics," 30 Nov. 2019.
- [9] J. Hansols, "Interaction design for Augmented Reality Head-Up Displays," 2022.

YSC5.F106

## HỆ THỐNG THEO DÕI SỨC KHỎE VÀ KHÁM BỆNH TỪ XA QUA INTERNET

DINH QUANG TUYEN<sup>1\*</sup>, LE PHU DONG<sup>1</sup>, CHAU NGOC HIEU<sup>1</sup>, LE NHUT NINH<sup>1</sup>,  
VO VAN PHONG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
<sup>\*1</sup>dingquangtuyen@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Qua nhiều lần bùng dịch Covid 19, cùng với việc quá tải của các bệnh viện, mọi người bắt đầu làm quen với hệ thống khám bệnh trực tuyến. Với sự tham gia của công nghệ, các bác sĩ có thể khám bệnh trực tuyến, giúp hạn chế việc lây nhiễm cũng như góp phần giảm bớt, khó khăn trong việc di chuyển của người dân. Xuất phát từ những nhu cầu đó, nhóm chúng tôi đã tiến hành xây dựng một hệ thống website khám bệnh từ xa với sự kết nối, thu thập thông tin từ các cảm biến để xác định các giá trị về huyết áp, nhịp tim, SPO2. Những thiết bị này được kết nối tới phòng khám nhờ một website có các tính năng cần thiết như video call, thu thập, truyền, nhận dữ liệu từ xa. Website và các thiết bị này được nhóm chúng tôi tự thực hiện bằng việc ứng dụng bo mạch nhúng Raspberry Pi cộng với bổ sung thêm những tính năng khác. So sánh kết quả, có những chỉ số giống (như SPO2), có những chỉ số còn chênh lệch khoảng vài đơn vị (nhịp tim – 59/61, SPO2 – 98/99, tâm thu– 148/142, tâm trương – 82.7/82) so với các thiết bị như OMRON, PUSH.

**Từ khóa.** Raspberry Pi, Thiết bị y tế, Hệ thống khám bệnh trực tuyến.

### HEALTH TRACKING AND REMOTE EXAMINATION SYSTEM THROUGH THE INTERNET

**Abstract.** Through many outbreaks of Covid 19, along with the overload of hospitals, people began to get used to the online medical examination system. With the participation of technology, doctors can examine patients online, helping to limit the spread of infection as well as reduce difficulties in people's movement. Stemming from those needs, our team has built a remote medical examination website system with connection, collecting information from sensors to determine values of blood pressure, heart rate, SPO2. These devices are connected to the clinic by a website with essential features such as video calling, remote data collection, transmission and reception. This website and devices are self-made by our team using the Raspberry Pi embedded board plus adding other features. Compare the results, some readings are the same (like SPO2), there are readings that differ by a few units (heart rate – 59/61, SPO2 – 98/99, systolic – 148/142, diastolic – 82.7/82) compared to devices like OMRON, PUSH.

**Keywords.** Raspberry Pi, Medical equipment, Online medical examination system.

### 1 GIỚI THIỆU

IoT (Internet of Things) đang phát triển rất nhanh trong cuộc sống, giúp tối ưu về mặt kinh tế và công nghệ, thực hiện chuyển đổi số trong một số lĩnh vực như y tế ở nước ta. Việc ứng dụng IoT vào khám chữa bệnh [1] làm cho việc khám bệnh trực tuyến dễ dàng hơn, người bệnh chỉ cần đến các nhà thuốc hoặc trạm y tế gần nhà, nơi có đặt các thiết bị y tế có tích hợp IoT, có khả năng truyền dữ liệu từ xa để đăng ký khám bệnh. Điều này giúp cũng cho các bệnh viện lớn tránh quá tải. Bên cạnh đó là sự ra đời và ngày càng đa dạng của các bo mạch nhúng mà Raspberry PI [2] là một trong số đó, đây là bo mạch được lựa chọn với nhiều đặc tính thuận lợi trong việc tích hợp IoT vào hệ thống.

Gần đây, nhiều nghiên cứu đã phát triển hệ thống theo dõi huyết áp. Ling đã đề xuất một thiết bị theo dõi huyết áp, kết nối với máy tính và ghi lại thông tin [3], sử dụng công nghệ ZigBee nên phạm vi truyền thông tin còn hạn chế. Rohit Kumar Dubey, Sakshi Mishra, Shreya Agarwal, Ravi Sharma, Nandita Pradhan,

Vineet Saran đã đưa ra một thiết bị kết hợp IoT giám sát sức khỏe bệnh nhân [4] sử dụng bo mạch điều khiển Raspberry PI và tích hợp 3 sensor trong thiết bị giúp cho thiết bị khá đa năng, tuy nhiên bài báo chủ yếu tập trung vào thiết kế thiết bị, chưa đề cập nhiều đến môi trường sử dụng thiết bị. Kusvihawan Muhammad Shihab, Doan Perdana, Sussi Sussi đã thiết kế và thực hiện bộ công cụ giám sát huyết áp dựa trên nền tảng IoT [5], sử dụng bo mạch điều khiển Arduino, NoteMCU để kết nối với wifi, sensor MPX5050DP, Firebase cloud, có nói rõ hơn đến hệ thống cloud nhưng cũng chưa đưa ra môi trường ứng dụng cụ thể, tuy nhiên bo mạch điều khiển là Arduino khá đơn giản so với các bo mạch nhúng khác như để kết nối wifi phải cần thêm bo NoteMCU hỗ trợ. Sufiya S Kazi, Gayatri Bajantri, Trupti Thite với hệ thống theo dõi nhịp tim sử dụng IoT [6], với bo mạch điều khiển Arduino, Raspberry Pi, pulse rate sensor, ThingSpeak cloud, đây là hệ thống có kết hợp IOT nhưng chủ yếu chỉ đo nhịp tim. Các sản phẩm này có điểm chung là giúp cho người bệnh lớn tuổi hoặc không tiện di chuyển, không thể tới bệnh viện nhưng lại cần được theo dõi sức khỏe định kỳ. Các thiết bị này sẽ gửi thông tin đến bác sĩ thông qua E-mail, SMS, web application, mobile application, hỗ trợ các bác sĩ trong việc khám bệnh trực tuyến.

Hệ thống của chúng tôi hỗ trợ cho việc khám bệnh trực tuyến. Hệ thống bao gồm một website và các các thiết bị đo huyết áp, nhịp tim và SPO2, với bo điều khiển là Raspberry Pi, sensor HX710B, sensor MAX30100, ThingSpeak cloud. Các thiết bị y tế này đặt ở các nhà thuốc hay cơ sở y tế tại những nơi không ở gần các thành phố lớn, truyền dữ liệu tới phòng khám các bệnh viện trung tâm. Website cung cấp đầy đủ các giao diện (trên máy tính đặt tại phòng khám để bác sĩ làm việc và trên máy tính ở xa đặt tại các nhà thuốc hay cơ sở y tế), có các chức năng như: thu thập hiển thị thông tin về sức khỏe người bệnh ở xa để cung cấp cho bác sĩ, hỗ trợ bác sĩ ra toa gửi về nhà thuốc hay trạm y tế, nhân viên y tế ở đây nhận toa trực tiếp qua website và phát thuốc cho người bệnh. Qua đó, chúng tôi đã thực hiện toàn bộ hệ thống từ phần mềm – website, đến phần cứng - các bộ phận đo huyết áp, nhịp tim, SPO2 (các bộ phận này có thêm khả năng truyền dữ liệu từ xa nhờ kết hợp ứng dụng IoT so với các thiết bị đang có, thường chỉ có khả năng thông báo kết quả tại chỗ), Mục đích chính của bài báo là thực hiện một hệ thống cung cấp đầy đủ quy trình khám bệnh, kê toa, phát thuốc nên tập trung vào phần xây dựng website nhằm đáp ứng các yêu cầu trên. Bên cạnh đó, việc thiết kế, thực hiện các thiết bị y tế là nhằm phục vụ cho hệ thống, có cải tiến, thay đổi một vài chi tiết so với các thiết bị đã được thực hiện trong các bài báo khác như bo mạch điều khiển dùng Raspberry Pi vì tích hợp nhiều tính năng thuận lợi hơn trong việc bổ sung thêm ứng dụng IoT cho thiết bị, thay đổi một phần trong số các cảm biến, linh kiện.

## 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1 Huyết áp, nhịp tim và SPO2

Huyết áp là áp lực của máu được bơm bởi tim vào thành động mạch. Huyết áp được đo bằng cách lấy tâm thu và tâm trương, tâm thu là dấu hiệu khi tim đập và được đo bằng cách phát hiện nhịp đập đầu tiên khi đo máu áp suất trong khi tâm trương là dấu hiệu khi tim đứng yên và được đo bằng cách phát hiện nhịp cuối cùng khi đo huyết áp [7]. Nhịp tim là số lần tim đập trong mỗi phút, nhịp tim khi nghỉ ngơi bình thường nằm trong khoảng từ 60 đến 100 nhịp mỗi phút, nhưng nó có thể thay đổi theo từng phút [8]. SpO2 là thước đo lượng huyết sắc tố mang oxy trong máu so với lượng huyết sắc tố không mang oxy. Cơ thể cần có một lượng oxy nhất định trong máu, mức SpO2 thấp có thể dẫn đến thiếu oxy máu. [9].

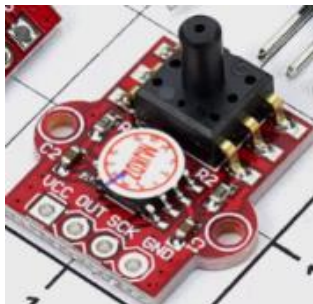
### 2.2 Máy tính nhúng Raspberry PI



Hình 1. Raspberry PI 4

Raspberry Pi là một máy tính nhúng được phát triển bởi Raspberry Pi Foundation. Bộ xử lý SoC Broadcom BCM2835 bao gồm CPU, GPU, RAM, khe cắm thẻ microSD, WiFi, Bluetooth và USB. Raspberry Pi là một thiết bị đa năng có thể được sử dụng thiết lập các hệ thống tính toán với chi phí thấp.[2]

### 2.3 Cảm biến áp suất HX710B



Hình 2. Cảm biến HX710B

HX710B là một mạch cảm biến áp suất có kích thước nhỏ gọn, độ chính xác cao, với ngõ ra digital có thể dễ dàng giao tiếp với vi điều khiển và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực liên quan về áp suất khác nhau. [10]

### 2.4 Cảm biến MAX30100:

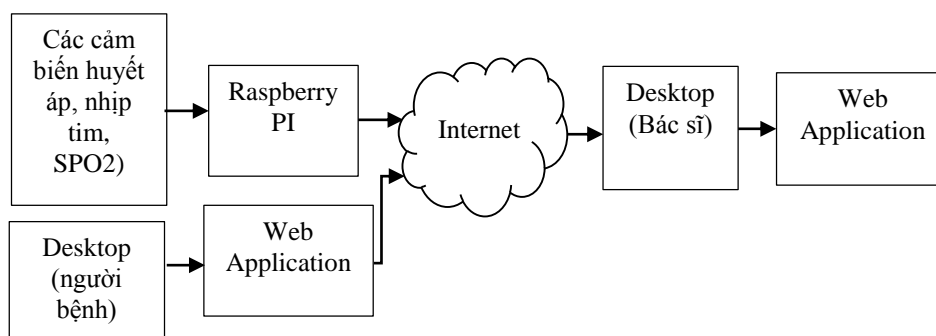


Hình 3. Cảm biến MAX30100

MAX30100 có khả năng đo được nồng độ Oxy trong máu và nhịp tim, là một cảm biến quang học, được ứng dụng nhiều trong lĩnh vực y sinh, cảm biến sử dụng phương pháp đo quang phổ biến hiện nay, có độ chính xác và độ bền cao, độ nhiễu thấp. [11]

## 3 MÔ HÌNH ĐỀ NGHỊ CỦA HỆ THỐNG

### 3.1 Nguyên lý hoạt động của toàn hệ thống



Hình 4. Sơ đồ khối của hệ thống



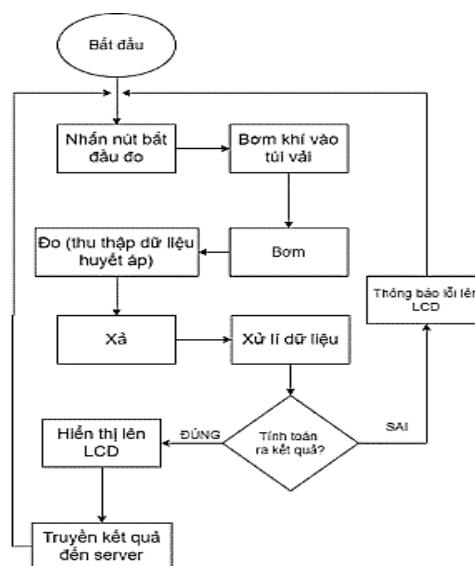
Hình 5. Lưu đồ giải thuật website của hệ thống

Các chỉ số sức khỏe được xác định bởi các cảm biến rồi gửi tới Raspberry Pi xử lý, sau đó được gửi ra Internet tới Server IoT Thingspeak thông qua công ethernet hoặc wifi rồi truyền đến hệ thống website và hiển thị trên trang web của bác sĩ tại phòng khám của bệnh viện. Bên cạnh chức năng kết nối, thu nhận thông tin từ cảm biến của các thiết bị đo, website còn có khả năng kết hợp với mySQL để quản lý dữ liệu người dùng nhằm tăng tính bảo mật, dùng Stringee để thực hiện chức năng video call giúp người bệnh trao đổi trực tiếp bác sĩ. Để vào khám bệnh, người dùng phải log on từ trang web dành cho người bệnh. Sau khi vào được, người dùng được quyền chọn bệnh viện rồi thực hiện cuộc gọi kết nối tới bác sĩ qua hệ thống video call. Bác sĩ sẽ khám bệnh, đọc các chỉ số sức khỏe, kê toa trên trang web dành cho bác sĩ, người bệnh sẽ nhận toa thuốc trên trang web dành cho bệnh nhân, sau đó nhận thuốc ngay tại nhà thuốc hay trung tâm y tế, nơi mình vừa đến đăng ký khám bệnh.

### 3.2 Bộ phận đo huyết áp

\*Lưu đồ giải thuật:

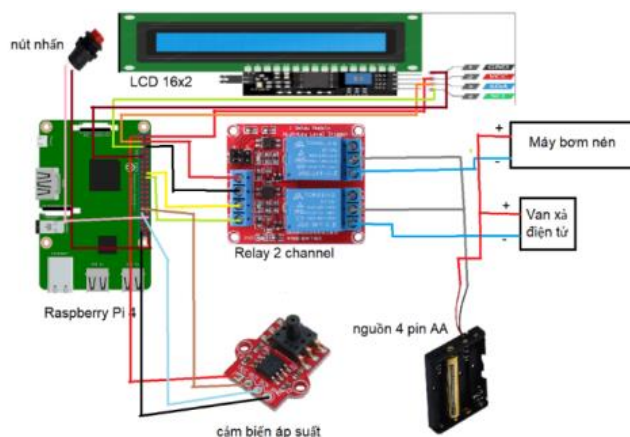
Người dùng đeo túi vải vào cánh tay và nhấn nút chức năng bắt đầu đo. Máy bơm bắt đầu hoạt động để bơm khí nén đến túi vải. Sau đó khí trong túi vải sẽ được xả một cách chậm rãi thông qua 1 lỗ nhỏ có nhiệm vụ xả khí chậm trên đường ống. Cảm biến bắt đầu theo dõi các dao động do mạch máu di chuyển trở lại và tác động lên túi khí làm thay đổi áp suất. Phần mềm sẽ đo, tính toán giá trị và hiển thị lên màn hình LCD, đồng bộ lên server ThingsSpeak, rồi truyền đến website của hệ thống khám bệnh từ xa.



Hình 6. Lưu đồ giải thuật của thiết bị đo huyết áp

\*Sơ đồ kết nối chân:

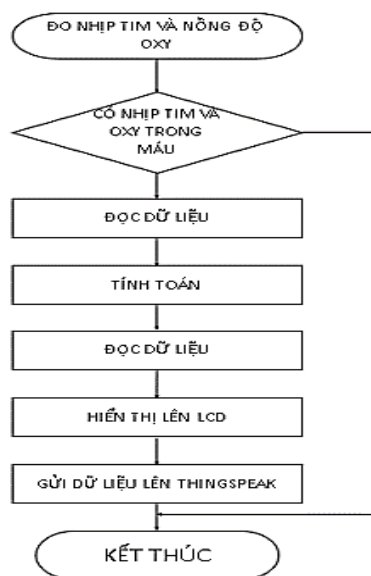
Raspberry Pi 4 được dùng điều khiển thiết bị. Qua giao tiếp GPIO và I2C, nối tới các linh kiện, điều khiển máy bơm và van xả bằng relay 2 channel. kết nối Internet qua cổng Ethernet hoặc wifi giúp truyền dữ liệu đến hệ thống khám bệnh từ xa. Module relay 2 channel trong hệ thống kết nối với Raspberry Pi bằng các chân GPIO, có nhiệm vụ tăng tính năng an toàn, giúp điều khiển máy bơm và van xả. Server IOT là Thingspeak. Sau khi bộ phận đo huyết áp đưa ra kết quả thì Raspberry truyền dữ liệu đến Thingspeak rồi hiển thị lên trang web của bác sĩ.



Hình 7. Sơ đồ kết nối chân các thiết bị phân cứng máy đo huyết áp

### 3.3 Bộ phận đo nhịp tim và SPO2

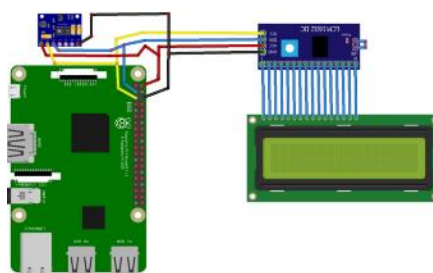
\*Lưu đồ giải thuật:



Hình 8. Lưu đồ giải thuật của bộ phận nhịp tim và SPO2

Người bệnh đưa ngón tay vào thiết bị đo, thông qua cảm biến, thiết bị sẽ thu thập chỉ số nhịp tim và SPO2. Phần mềm sẽ xác định, tính toán giá trị và xuất kết quả lên LCD, sau đó các thông số sẽ được đồng bộ lên server ThingSpeak, rồi truyền đến website của hệ thống khám bệnh từ xa.

\*Sơ đồ kết nối chân:

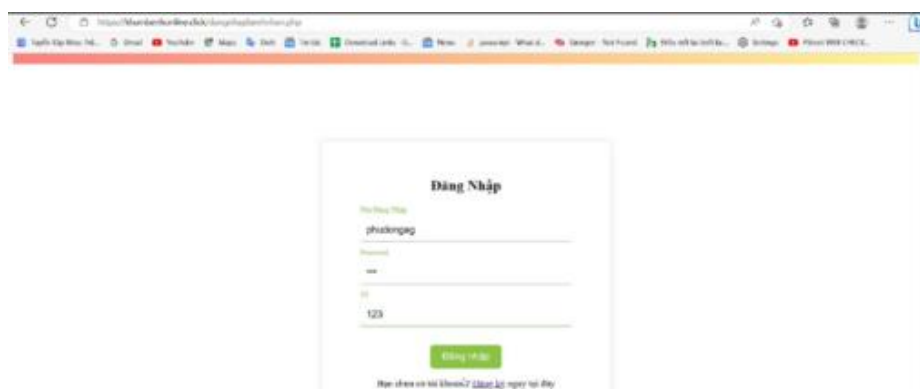


Hình 9. Sơ đồ kết nối chân các thiết bị phần cứng máy đo nhịp tim và SPO2

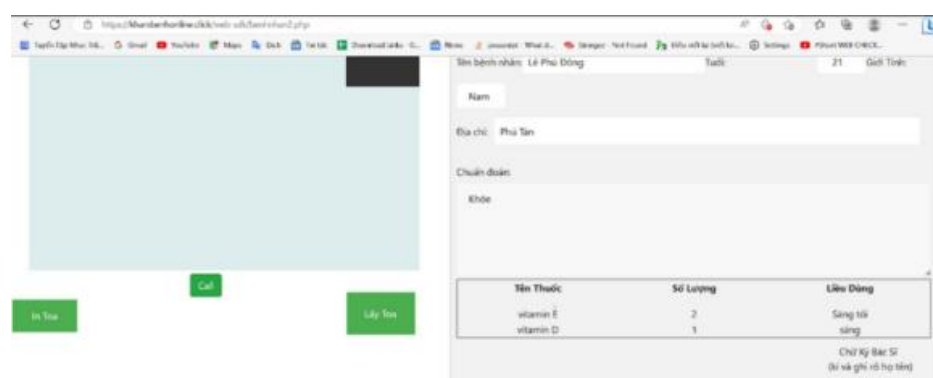
Có 2 diode phát ánh sáng, bước sóng hơn 650nm và một hồng ngoại bước sóng hơn 800nm. Ánh sáng khi được chiếu qua ngón tay sẽ được hấp thụ vào máu, được oxy hóa và phản xạ, tiếp theo các phân bộ phận tách sóng sẽ làm việc, dữ liệu ra sẽ được xử lý trên bộ vi điều khiển Raspberry PI, truyền đến Thingspeak rồi hiển thị lên trang web của bác sĩ.

## 4 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

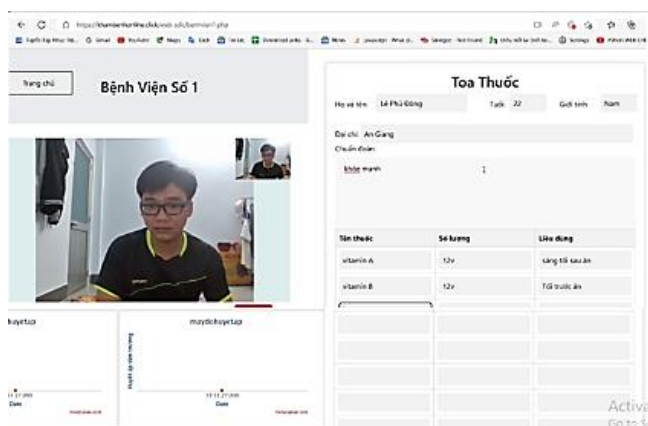
\* Với hệ thống website:



Hình 10. Website khám bệnh từ xa qua Internet (trang web của người bệnh – đăng nhập)



Hình 11. Website khám bệnh từ xa qua Internet (trang web của người bệnh - nhận toa thuốc)



Hình 12. Website khám bệnh từ xa qua Internet (trang web của bác sĩ)

Qua các thực nghiệm trên cho thấy hệ thống đã thực hiện phần lớn kế hoạch ban đầu đặt ra: giao diện dễ sử dụng, thuận lợi cho người không quen hoặc ít có điều kiện tiếp xúc, sử dụng máy tính, tích hợp được cả các tính năng đo lường số liệu vào trang web, cho phép người bệnh tùy chọn bệnh viện, cho phép bác sĩ và người bệnh đối thoại trực tiếp ngay trên web, tích hợp được cả tính năng gửi và in toa thuốc trực tiếp từ bác sĩ ngay trên web. Tuy nhiên, để hệ thống hoạt động hiệu quả trong thực tế cần phải cải tiến một số mặt như: Giao diện còn đơn giản, không bắt mắt, chưa có các tính năng đặt lịch hẹn hoặc tái khám, thiếu cơ sở quản lý hồ sơ bệnh án chuyên nghiệp,...

\*Với các thiết bị y tế:



Hình 13. Bộ phận đo huyết áp

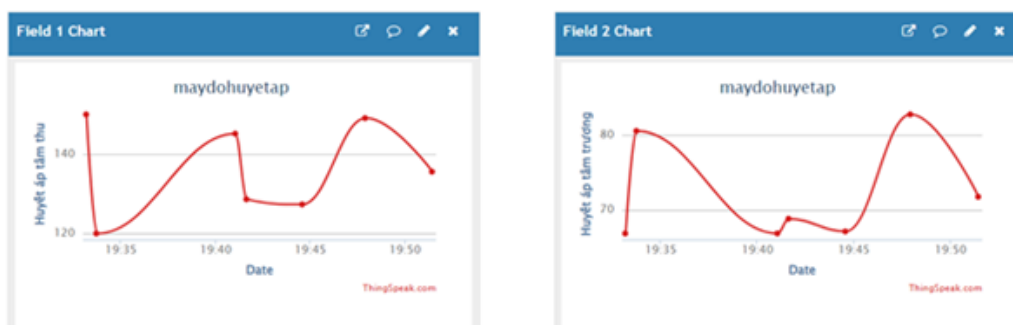
Một trường hợp kiểm tra thiết bị của OMRON: thông số tâm thu khác nhau khoảng 4% (148/142), thông số tâm trương gần như bằng nhau (82.7/82).



Hình 14. Thiết bị đo nhịp tim và SPO2



Một trường hợp kiểm tra giữa bộ phận đo nhịp tim và SPO2 với máy đo nhịp tim và SPO2 của PUSH: thông số SPO2 gần giống nhau (98/99), thông số nhịp tim có phần thấp hơn một ít (59/61) so với thiết bị của PUSH.



Hình 15. Field hiển thị dữ liệu của thiết bị đo huyết áp trên ThinkSpeak



Hình 16. Field hiển thị dữ liệu của thiết bị đo nhịp tim và SPO2 trên ThinkSpeak

Với các thiết bị y tế, độ chính xác của các chỉ số có lúc cao, có lúc chưa cao, độ trễ còn hơi cao (phải mất khoảng 10 đến 15 giây kể từ khi có kết quả đo từ người bệnh cho đến khi hiển thị trên máy tính của bác sĩ). Từ đó cho thấy hệ thống còn cần phải cải tiến một số mặt để rút ngắn thời gian trễ, giải quyết được yêu cầu về mặt thời gian thực.

## 5 KẾT LUẬN

Qua các thực nghiệm trên cho thấy “Hệ thống theo dõi sức khỏe và khám bệnh từ xa qua Internet” cơ bản thực hiện được các yêu cầu ban đầu đặt ra. Tuy nhiên, để hệ thống hoạt động hiệu quả trong thực tế cần phải cải tiến, nâng cấp một số tính năng cần thiết khác. Ngoài ra, chất lượng linh kiện, tốc độ đường truyền và sự miễn phí của các dịch vụ cloud trên IoT cũng là nguyên nhân ảnh hưởng đến chất lượng của hệ thống. Vì thế, chúng ta cần phải khắc phục bằng cách lựa chọn các linh kiện và cảm biến cao cấp hơn, thuê đường truyền Internet tốt hơn, thuê các hệ thống cloud có trả phí chuyên dụng hơn. Bên cạnh đó, phải thường xuyên tham khảo, trao đổi với các bệnh viện để bổ sung thêm các tính năng đặc thù của việc khám chữa bệnh, giúp hệ thống phục vụ tốt hơn trong việc hỗ trợ, khám bệnh trực tuyến cho những người bệnh ở xa, ít có điều kiện đến các bệnh viện trung tâm ở các thành phố lớn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mediplus. (2023), “12+ App khám bệnh online phổ biến nhất hiện nay”, mediplus.vn. [Online]. Available: <https://www.mediplus.vn/cong-nghe-cho-y-te/ung-dung-app-kham-benh-online.html>. [Accessed: July. 25, 2023].
- [2] TS. Võ Minh Huân, KS. Phạm Quang Huy - Lập trình điều khiển với Raspberry. Nhà xuất bản Thanh Niên. Số xuất bản: 2081-2017/CXBIPH/66-96/TN; ISBN: 978-604-64-8234-5.

- [3] T. H. L. Ling, et al., —Blood pressure monitoring device with ZigBee (XBee) wireless protocol and Microsoft visual studio computer interfacing, *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, vol. 16, no. 4, pp. 9.1-9.8, 2015.
- [4] Rohit Kumar Dubey, Sakshi Mishra, Shreya Agarwal, Ravi Sharma, Nandita Pradhan, Vineet Saran, — Patient's Health Monitoring System using Internet of Things (Iot), *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)* – Volume 59 Issue 3 – May 2018.
- [5] Kusvihawan Muhammad Shihab, Doan Perdana, Sussi Sussi, School of Electrical Engineering, Telkom University, Bandung, Indonesia. — Design and Implementation of IoT-Based Blood Pressure Monitoring Tools, ISSN: 1473-804, DOI 10.5013/IJSSST.a.21.01.03.
- [6] Sufiya S Kazi, Gayatri Bajantri, Trupti Thite, Department of CSE, SIET, Vijaypur, KA, India. — Remote Heart Rate Monitoring System Using IoT, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* - Volume: 05 Issue: 04 | Apr-2018.
- [7] ZAFARs FARAZ, Biomedical Engineering, SRM University, Kattankulathur, Chennai, India - Evaluation of blood pressure based on intensity of pulse, *International Journal of Applied Engineering Research and Development (IJAERD)*; ISSN (P): 2250-1584; ISSN (E): 2278-9383; Vol. 8, Issue 1, Feb 2018, 23-34.
- [8] PGS.TS.BS. Hoàng Quốc Hòa – Loạn nhịp tim trong lâm sàng, chẩn đoán và điều trị, Nhà xuất bản Y học, 2015.
- [9] Lại Phước Sơn, Nguyễn Thị Anh Thư, Nguyễn Trung Kiên, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng – Giải pháp mới cho thiết bị đeo cổ tay đo SpO<sub>2</sub> - ISSN 1859-1531 - Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng, số 11(108).2016, Quyển 1.
- [10] “24-Bit ADC with Built-in Temperature Sensor (HX710A) 24-Bit ADC with (DVDD-AVDD) Voltage Difference Detection (HX710B)”. AVIA Semiconductor.
- [11] “MAX30100 Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health”. Maxim Integrated Products, Inc.

YSC5.F107

## XÂY DỰNG HỆ THỐNG TRỢ LÝ ẢO CHO Ô TÔ DỰA TRÊN CÔNG NGHỆ NHẬN DẠNG GIỌNG NÓI VÀ XỬ LÝ DỮ LIỆU TỪ OBD II

NGUYỄN THANH ĐĂNG<sup>1\*</sup>, NGUYỄN THANH NGÂN<sup>1</sup>, LÊ CÔNG HOÀI ĐỨC<sup>1</sup>,  
ĐẶNG QUANG MINH<sup>1</sup>

*Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

*\*nguyenthanhdang@iuh.edu.vn, 19441411.ngan@student.iuh.edu.vn, 19430021.duc@student.iuh.edu.vn,  
dangquangminh@iuh.edu.vn*

**Tóm tắt.** Hệ thống trợ lý ảo cho ô tô trong bài báo sử dụng công nghệ nhận dạng giọng nói, gTTS (Google Text-to-Speech) và xử lý nhiễu âm thanh. Dữ liệu được thu thập từ ô tô qua giao thức OBD II (On-Board Diagnostics II), bao gồm vận tốc, gia tốc, nhiệt độ nước làm mát, rpm và nhiều thông tin khác, được hiển thị trên LCD qua Raspberry Pi. Hệ thống giúp người dùng dễ dàng quản lý và điều khiển xe hơi, cung cấp lời khuyên về các thông số liên quan đến hoạt động của xe. Ngoài ra, trợ lý ảo còn tận dụng hiệu quả dữ liệu từ ô tô hỗ trợ người lái biết được các thông số kỹ thuật của xe, và nâng cao hiệu quả sử dụng xe. Hệ thống này mang lại tiện ích cao trong việc hỗ trợ quản lý và điều khiển xe hơi, đồng thời khai thác tối đa tiềm năng của công nghệ nhận dạng giọng nói và xử lý dữ liệu từ ô tô.

**Từ khóa.** gTTS, OBD II, RASPBERRY PI, VIRTUAL ASSISTANT, LCD.

### BUILDING AN VIRTUAL ASSISTANT SYSTEM FOR AUTOMOBILES BASED ON VOICE RECOGNITION AND OBD II DATA PROCESSING

**Abstract.** The virtual assistant system for cars in this article utilizes voice recognition technology and noise processing. Data is collected from the car through the OBD II protocol, including speed, acceleration, coolant temperature, RPM, and other information, which is displayed on the LCD via Raspberry Pi. The system helps users easily manage and control their car, providing advice on relevant parameters related to the car's operation. Furthermore, the virtual assistant efficiently utilizes car data to improve safety, energy efficiency, and enhance the driving experience for users. This system brings high utility in supporting car management and control, while maximizing the potential of voice recognition technology and data processing from the car.

**Keywords.** gTTS, OBD II, RASPBERRY PI, VIRTUAL ASSISTANT, LCD.

## 1 GIỚI THIỆU

Phát triển hệ thống trợ lý ảo hỗ trợ cho ô tô đã trở thành một xu hướng quan trọng và cấp thiết. Nhận dạng giọng nói đã mang lại nhiều tiện ích và khả năng tương tác cho nhiều lĩnh vực, trong đó bao gồm cả lĩnh vực ô tô. Hệ thống trợ lý ảo cho ô tô, có khả năng tương tác qua giọng nói, không chỉ cung cấp trải nghiệm lái xe tiện lợi mà còn đảm bảo sự an toàn cho người sử dụng. Như [1] đã đưa ra các thông tin về các mode của OBD II và trình bày được các mã lỗi phổ biến của xe ô tô. [2] Nhóm tác giả đã đề xuất trợ lý ảo cá nhân là một lĩnh vực đang phát triển và cung cấp một số VPA (Virtual Personal Assistant) phổ biến, như Siri, Google Assistant và Alexa. Bài báo đã cung cấp một cái nhìn tổng quan toàn diện về lĩnh vực trợ lý ảo cá nhân, bao gồm các loại VPA khác nhau, kiến trúc và ứng dụng của chúng, cùng với các thách thức hiện tại và tiềm năng trong lĩnh vực này. [3] Bài báo đã đề cập đến các thách thức và vấn đề trong việc áp dụng NLP (Natural Language Processing) cho IPA (Intelligent Personal Assistant). Điều này có thể bao gồm khả năng xử lý ngôn ngữ phức tạp, sự đa dạng ngôn ngữ và văn hóa, hiểu đúng ý nghĩa và ý đồ của người dùng, và khả năng tương tác và đối thoại một cách tự nhiên. [4] Bài báo đã đề cập đến một số yếu tố cần xem xét khi thiết kế trợ lý ảo, bao gồm hình ảnh, giọng nói và cách tương tác với người dùng. Cung cấp các nguyên

tắc và hướng dẫn thiết kế rõ ràng để tạo ra trợ lý ảo trong xe ô tô. [5] Nhóm tác giả đã xây dựng một trợ lý ảo dựa trên giọng nói, bằng cách sử dụng kỹ thuật xử lý ngôn ngữ tự nhiên và mô hình học máy. Các bài báo trên đã giải quyết các vấn đề của trợ lý ảo như nhận dạng, xử lý giọng nói và sử dụng AI (Artificial Intelligence) để xác định các từ khóa, chuyển giọng nói thành văn bản để xử lý các yêu cầu của bài báo. Tuy nhiên, các bài báo chưa đề cập đến tính năng quan trọng của trợ lý ảo xe ô tô, đó là đưa ra các thông số kỹ thuật của xe như vận tốc, vòng tua máy, nhiệt độ nước làm mát, áp suất khí nạp, công suất động cơ, nhiệt độ xe, ... Nhóm tác giả mạnh dạn đề xuất xây dựng một trợ lý ảo sử dụng cho các dòng xe, có thể truy vấn được các thông số trên xe như vận tốc, vòng tua máy, nhiệt độ nước làm mát, áp suất khí nạp, công suất động cơ, nhiệt độ xe cùng với các ứng dụng truy vấn thông tin thời tiết, bản đồ chỉ đường. Trợ lý ảo hoạt động trên phần cứng Raspberry Pi, giao tiếp qua OBD II với ECU.

## 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1 OBD II

Nhóm tác giả xây dựng trợ lý ảo giúp người lái xe theo dõi các thông số quan trọng trong hệ thống OBD-II, với các PID được nêu trong Bảng 1.

Bảng 1. Danh sách các PID trong Mode 01 OBD II

PID	Name	Description	Response Value
04	ENGINE_LOAD	Calculated Engine Load	Unit.percent
05	COOLANT_TEMP	Engine Coolant Temperature	Unit.celsius
0B	INTAKE_PRESSURE	Intake Manifold Pressure	Unit.kilopascal
0C	RPM	Engine RPM	Unit.rpm
0D	SPEED	Vehicle Speed	Unit.kph
0F	INTAKE_TEMP	Intake Air Temp	Unit.celsius
11	THROTTLE_POS	Throttle Position	Unit.percent
1F	RUN_TIME	Engine Run Time	Unit.second

PID 04 - ENGINE\_LOAD: Dùng để tính toán tải động cơ. Giá trị phản hồi được trả về là phần trăm, cho biết mức độ tải động cơ hiện tại.

PID 05 - COOLANT\_TEMP: Dùng để đo nhiệt độ làm mát động cơ. Giá trị phản hồi là độ Celsius, cung cấp thông tin về nhiệt độ của chất làm mát trong động cơ.

PID 0B - INTAKE\_PRESSURE: PID này đo áp suất trong ống hút của động cơ. Giá trị phản hồi được trả về là áp suất đo được, được đo bằng đơn vị kilopascal.

PID 0C - RPM: Dùng để đo tốc độ quay của động cơ. Giá trị phản hồi là số vòng quay mỗi phút, cho biết tốc độ quay hiện tại của động cơ.

PID 0D - SPEED: Dùng để đo tốc độ của xe. Giá trị phản hồi là tốc độ xe đo được, được biểu diễn bằng kilômét mỗi giờ.

PID 0F - INTAKE\_TEMP: Dùng để đo nhiệt độ không khí nạp. Giá trị phản hồi là độ Celsius, cung cấp thông tin về nhiệt độ không khí được nạp vào động cơ.

PID 11 - THROTTLE\_POS: Dùng để đo vị trí bướm ga. Giá trị phản hồi là phần trăm, cho biết vị trí hiện tại của bướm ga.

PID 1F - RUN\_TIME: Dùng để đo thời gian chạy động cơ. Giá trị phản hồi là thời gian tính bằng giây, cho biết thời gian mà động cơ đã hoạt động kể từ khi nó được khởi động

### 2.2 Trợ lý ảo xe hơi

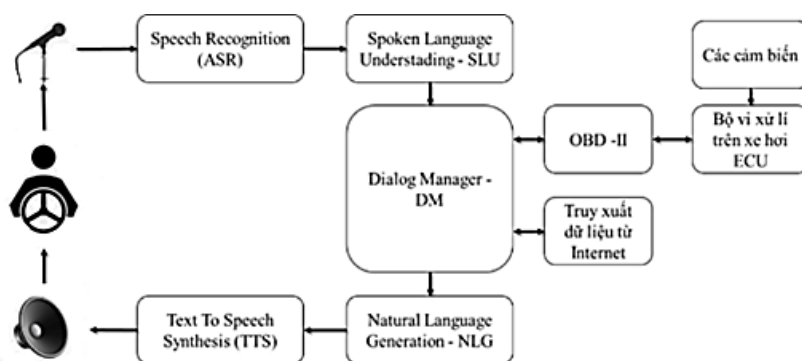
Trợ lý ảo trong xe ô tô là một ứng dụng của trí tuệ nhân tạo và công nghệ giọng nói, được thiết kế để cung cấp một giao diện tương tác thông qua giọng nói giữa người lái và hệ thống ô tô. Trợ lý ảo này giúp người lái dễ dàng tương tác với các tính năng và thông tin trên xe một cách thuận tiện và an toàn.

Mục tiêu của việc xây dựng hệ thống trợ lý ảo cho ô tô trong bài báo này là sử dụng công nghệ nhận dạng giọng nói và xử lý dữ liệu từ OBD II để cung cấp một trải nghiệm lái xe đa dạng, tiện lợi và an toàn hơn. Hệ thống được thiết kế để nhận dạng và hiểu các lệnh và yêu cầu của người dùng thông qua giọng nói, và sau đó tương tác thông qua một quy trình đối thoại tự nhiên để cung cấp thông tin và thực hiện các chức năng yêu cầu.

### 3 XÂY DỰNG HỆ THỐNG

#### 3.1 Sơ đồ khối

Sơ đồ khối của hệ thống trợ lý ảo được đề xuất cho ô tô dựa trên công nghệ nhận dạng giọng nói và xử lý dữ liệu từ OBD II là một tập hợp các thành phần quan trọng hoạt động cùng nhau để cung cấp trải nghiệm lái xe tiện lợi và an toàn.



Hình 1. Sơ đồ khối Trợ lý ảo cho xe ô tô

#### 3.1.1 Nhận dạng giọng nói và xử lý ngôn ngữ

##### a. Nhận dạng giọng nói

Nhận dạng giọng nói là quá trình tiếp nhận tín hiệu giọng nói từ người dùng thông qua microphone và chuyển đổi nó thành dạng văn bản.

##### b. SLU (Spoken Language Understanding)

Khối SLU có nhiệm vụ chuyển đổi giọng nói của người lái thành các yêu cầu và ý định cụ thể. Khối SLU sử dụng để nhận dạng và phân tích cú pháp, từ vựng và ngữ nghĩa trong câu nói. Nó cũng có khả năng nhận biết ngữ cảnh và xử lý các câu truy vấn phức tạp.

##### c. NLG (Natural Language Generation)

Khối NLG nhận dữ liệu từ khối DM chức năng chủ yếu là tạo ra các phản hồi tự nhiên và dễ hiểu cho người sử dụng dựa trên thông tin và yêu cầu đã được xử lý bởi hệ thống. NLG sử dụng quy tắc ngữ pháp, ngữ nghĩa và cú pháp để tạo ra các câu văn hoàn chỉnh và logic từ các mẫu văn bản được định nghĩa trước.

#### 3.1.2 Bộ quản lý giọng nói (Dialog Manager - DM)

DM là một khối trong hệ thống trợ lý ảo dựa trên công nghệ nhận dạng giọng nói và xử lý dữ liệu từ OBD II [6][7]. Chức năng chính của DM là quản lý và điều phối quá trình tương tác giữa người sử dụng và hệ thống trợ lý ảo.

#### 3.1.3 Nhận thông tin cảm biến từ ECU thông qua OBD II

Khối lấy thông tin cảm biến từ ECU thông qua OBD II trong bài báo đóng vai trò quan trọng trong việc thu thập và xử lý dữ liệu từ hệ thống điện tử trên xe.

#### 3.1.4 Xử lý dữ liệu online

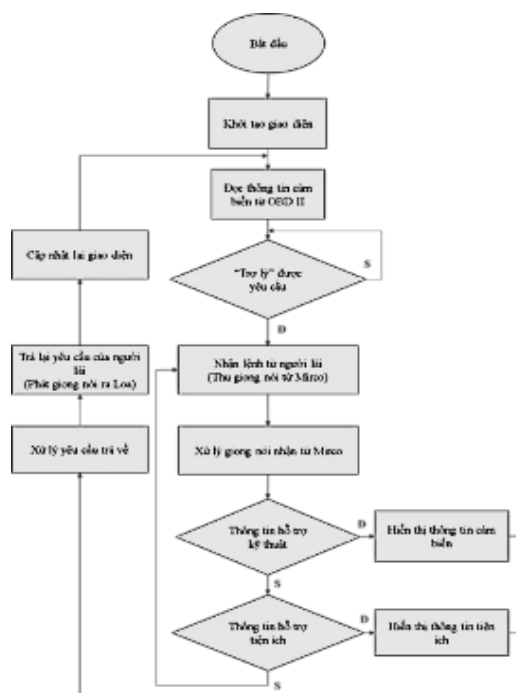
Trong khối này, trợ lý ảo sẽ kết nối với các nguồn dữ liệu trực tuyến, chẳng hạn như các dịch vụ thời tiết và bản đồ trực tuyến, để lấy thông tin cập nhật về thời tiết hiện tại, dự báo thời tiết, thông tin giao thông và bản đồ địa lý [8][9].

### 3.1.5 Chuyển đổi văn bản thành giọng nói (TTS)

Khối TTS, vận hành khi trợ lý ảo cần phản hồi lại người sử dụng thông qua giọng nói, nó sẽ tạo ra âm thanh dựa trên văn bản được tạo ra từ khối NLG [10].

### 3.2 Lưu đồ giải thuật

Khi bắt đầu, chương trình khởi tạo giao diện của trợ lý ảo. Nếu nút nhấn trợ lý được nhấn sẽ bắt đầu nhận thông tin từ giọng nói của người lái xe vào và phân tích ngôn ngữ, câu nói của người lái xe nếu có các từ khoá trùng với thông tin cảm biến hay yêu cầu chức năng thì trợ lý sẽ hiểu là yêu cầu mở thông tin, chức năng đó.



Hình 2. Lưu đồ giải thuật

## 4 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

### 4.1 Kết nối phần cứng và giao diện

Sau khi kết nối phần cứng với xe như Hình 3 và khởi động phần mềm trợ lý ảo, chương trình sẽ khởi động và hiển thị một giao diện trợ lý ảo thân thiện và dễ sử dụng trên màn hình LCD kết nối với hệ thống, như được mô tả trong Hình 4.



Hình 3. Kết nối Raspberry với ECU thông qua OBD II



Hình 4. Giao diện trợ lý ảo

#### 4.2 Các kết quả thực nghiệm

Yêu cầu của người lái được nhận vào và thực thi sau khi chọn nút trợ lý. Hình 5 và Hình 6 trợ lý trả về giá trị nhiệt độ nước làm mát và nhiệt độ môi trường của xe.

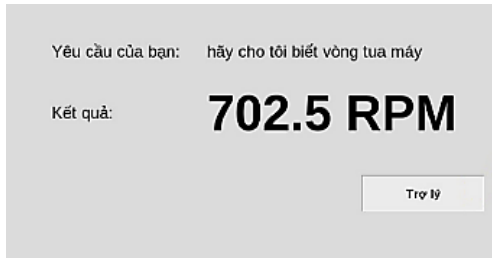


Hình 5. Nhiệt độ nước làm mát



Hình 6. Nhiệt độ môi trường

Hình 7 và Hình 8 hiển thị tốc độ vòng tua máy và áp suất đường ống nạp của xe.



Hình 7. Vòng tua máy



Hình 8. Áp suất đường ống nạp

Hình 9 và Hình 10 hiển thị Vị trí bướm ga và nhiệt độ khí nạp của xe. Bên cạnh đó, trợ lý còn có thể trả về thông tin về thời tiết như hình 12 và hiển thị bản đồ chỉ đường như hình 13. Trợ lý còn sử dụng GPS để định vị vị trí của người lái trên bản đồ, và hiển thị thông tin quãng đường người lái cần di chuyển, thông qua google. Ngoài ra, trợ lý còn có thể hiển thị một số các chức năng giao tiếp khác như hiển thị ngày tháng năm, thời gian, ...



Hình 9. Vị trí bướm ga



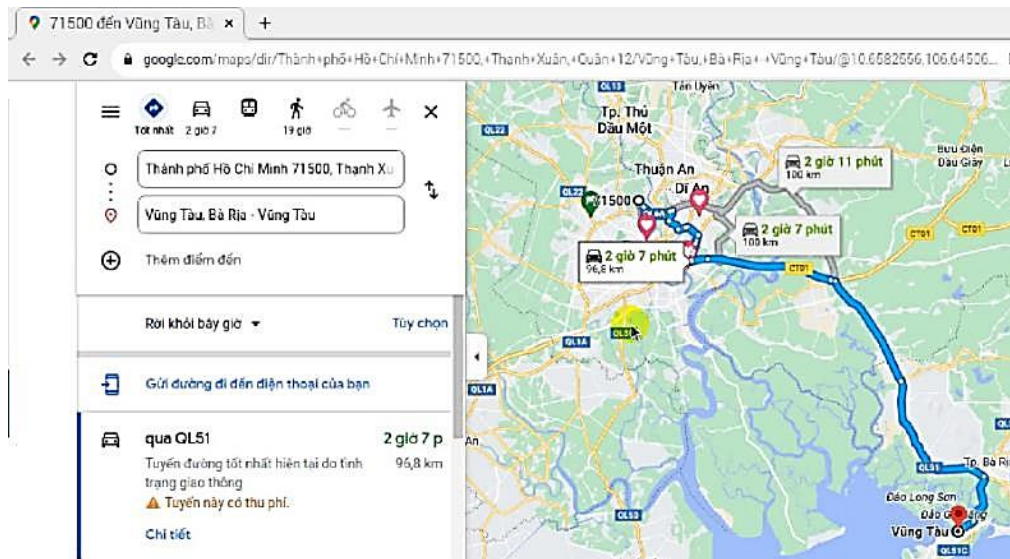
Hình 10. Nhiệt độ khí nạp



Hình 11. Tải động cơ



Hình 12. Nhiệt độ và độ ẩm lấy từ thời tiết Quận 12



Hình 13. Hiện thị bản đồ chỉ đường từ vị trí hiện tại đến Vũng Tàu



Bảng 2. Tổng hợp kết quả thực nghiệm

STT	Yêu cầu của người lái	Phản hồi của trợ lý
1	Cho biết nhiệt độ nước làm mát của xe	94.0°C
2	Cho biết nhiệt độ trên xe	34.0°C
3	Cho biết vòng tua máy	702.5 RPM
4	Cho biết áp suất đường ống nạp	35.0 kPa
5	Cho biết vị trí bướm ga của xe	12.55 %
6	Cho biết nhiệt độ khí nạp của xe	39.0°C
7	Cho biết tải động cơ của xe	27.45 %
8	Cho biết thời tiết tại 1 địa điểm	Hiển thị nhiệt độ, độ ẩm, và mô tả tình trạng thời tiết ra loa
9	Bản đồ chỉ đường	Hiển thị bản đồ lên màn hình

Qua kết quả thử nghiệm, trợ lý ảo đã đáp ứng được yêu cầu từ người lái như nhiệt độ nước làm mát, nhiệt độ trong cabin xe, vòng tua máy, áp suất khí nạp, vị trí bướm ga, nhiệt độ của khí nạp, tải động cơ một cách chính xác. Ngoài ra trợ lý còn có thêm một số chức năng hỗ trợ người lái như chỉ đường hình 13 và thông tin thời tiết. Các chức năng của xe ô tô còn rất nhiều, trợ lý có thể đáp ứng tất cả các yêu cầu của lái xe.

## 5 KẾT LUẬN

Bài báo đã đạt được các kết quả thông qua đọc các PID của Mode 1, đã truy xuất được thông tin trên xe thông qua các cảm biến và hiển thị lên màn hình, và trả lời bằng giọng nói. Điều này giúp người lái xe thuận tiện trong việc giám sát thông tin xe hơi và từ đó, họ có thể dự báo được tình trạng hoạt động của xe. Ngoài ra, nhóm tác giả đã bổ sung thêm các chức năng như truy vấn thời tiết, thiết lập hành trình, thông tin về khu vực và thời gian. Trợ lý ảo này cung cấp một nền tảng phát triển cho các chức năng mở rộng và nâng cao tính năng của trợ lý ảo cho xe hơi tự hành trong tương lai.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Thanh Đăng, Trần Minh Quân, Trần Anh Khoa, "Chẩn đoán lỗi xe ô tô thời gian thực", YSC4F.224, 2022.
- [2] S. S. A. M. M. K. T. A. S. Sudarshan Modhave, "IJRASET-A Survey on Virtual Personal Assistant," 2019.
- [3] A. d. B. Silva, "Intelligent personal assistants: A systematic literature review," *Expert Systems With Applications*, 2020.
- [4] T. Strohmman, "Designing Virtual In-vehicle Assistants: Design Guidelines for," *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, 2019.
- [5] A. J. Abougarair, "Design and implementation of smart voice assistant and recognizing academic words," *International Robotics & Automation Journal*, 2022.
- [6] G. Lugano, "Virtual Assistants and Self-Driving Cars," *IEEE*, 2017.
- [7] D. S. Maria Schmidt, "Exploration and assessment of proactive use cases for an in-car voice assistant".
- [8] C. Z. Zihui Liu, "Vehicle Driver Assistant System".
- [9] M. Braun, "At Your Service: Designing Voice Assistant Personalities to Improve Automotive User Interfaces," 2019.
- [10] C. Jain, "Intelligent Driving Assistant System," *IJERT*, 2014.

YSC5.F108

**ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO ĐỂ NHẬN DẠNG GIỌNG NÓI TIẾNG VIỆT**NGUYỄN THANG ĐĂNG<sup>1</sup>, NGÔ QUANG HUY<sup>1</sup>, NGUYỄN DANH HOÀNG AN<sup>1</sup>*Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh**\*nguyenthandang@iuh.edu.vn, 19437791.huy@student.iuh.edu.vn, 19443331.an@student.iuh.edu.vn;*

**Tóm tắt.** Bài báo sử dụng trí tuệ nhân tạo để nhận dạng giọng nói tiếng Việt, với sự hỗ trợ của các module ASR (Automatic Speech Recognition) và các thư viện MelSpectrogram và hàm loss CTC (Connectionist Temporal Classification). Sử dụng mô hình Conformer Encoder trong NLP (Natural Language Processing), kỹ thuật tăng cường dữ liệu, chuẩn hóa toàn cục và module Label Smoothing Loss để cải thiện hiệu suất. Mô hình còn được huấn luyện với phép attention multi-head attention được cải tiến bằng positional encoding để tăng khả năng dự đoán chính xác về ngữ cảnh của các từ được nhận dạng.

**Từ khóa.** Nhận dạng giọng nói, ASR, MelSpectrogram, CTC, Conformer Encoder, LSL.

**APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO RECOGNIZE VIETNAMESE SPEECH**

**Abstract.** The article utilizes artificial intelligence to recognize Vietnamese speech, with the assistance of ASR (Automatic Speech Recognition) modules and MelSpectrogram libraries and CTC (Connectionist Temporal Classification) loss function. The Conformer Encoder model in NLP (Natural Language Processing), data augmentation technique, global normalization, and Label Smoothing Loss module are employed to enhance performance. The model is also trained with multi-head attention mechanism with positional encoding to improve accuracy in predicting the context of recognized words.

**Keywords.** Speech Recognition, ASR, MelSpectrogram, CTC, Conformer Encoder, LSL.

**1 GIỚI THIỆU**

Giọng nói là một phương tiện truyền đạt thông tin quan trọng trong giao tiếp con người. Nhận dạng giọng nói là một lĩnh vực quan trọng trong xử lý ngôn ngữ tự nhiên, có ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như giao tiếp người và máy, hệ thống hỏi đáp tự động, dịch thuật giọng nói, và nhiều ứng dụng khác. Trong lĩnh vực nhận dạng giọng nói, việc nhận dạng giọng nói theo vùng miền địa lý là một thách thức đáng chú ý, đặc biệt trong việc xử lý tiếng Việt. Đã có nhiều nghiên cứu và công trình nghiên cứu xoay quanh việc nhận dạng giọng nói tiếng Việt theo vùng miền. Một số phương pháp tiếp cận đã được đề xuất và nghiên cứu sâu trong lĩnh vực này. Như [1], trong đó họ kết hợp thông tin âm thanh và văn bản để nhận dạng cảm xúc trong giọng nói. Ngoài ra [2, 3], tận dụng kiến trúc Transformer trong việc nhận dạng giọng nói. [4] đã đề xuất một hệ thống nhận dạng giọng nói tiếng Việt theo vùng miền, nhưng không đưa ra đánh giá về hiệu suất và chưa so sánh với các phương pháp khác. Đối với việc sử dụng thuật toán Conformer, [2] tập trung vào việc áp dụng trong nhận dạng giọng nói mà chưa xem xét đặc thù của tiếng Việt và vùng miền. Trong bối cảnh trên, bài báo này giới thiệu một phương pháp nhận dạng giọng nói tiếng Việt theo vùng miền sử dụng thuật toán Conformer. Mục tiêu của bài báo là thử nghiệm nhận dạng giọng nói theo vùng miền tiếng Việt. Nhóm tác giả tiến hành thử nghiệm và đánh giá trên tập dữ liệu tiếng Việt được nhóm huấn luyện, và so sánh kết quả với các phương pháp phổ biến đã được công bố.

**2 MODELS CONFORMER****2.1 Thuật toán Automatic Speech Recognition**

Bài báo sử dụng ASR[2] để chuyển đổi âm thanh nói thành văn bản. Tín hiệu âm thanh được tiền xử lý để loại bỏ nhiễu và chuẩn hóa. Các đặc trưng âm học được trích xuất từ tín hiệu âm thanh đã qua xử lý. Dữ

liệu âm thanh đã qua xử lý sau đó được chia thành các đơn vị nhỏ hơn như các âm vị, từ và câu, và gắn nhãn cho chúng. Mô hình ngôn ngữ được sử dụng để dự đoán xác suất của các từ đứng trước dựa trên ngữ cảnh của câu. Tương tự, mô hình âm học dự đoán xác suất của các đặc trưng âm học dựa trên các nhãn và ngữ cảnh trước đó. Trong quá trình giải mã, các xác suất dự đoán từ mô hình ngôn ngữ và mô hình âm học được kết hợp để tạo ra chuỗi từ cuối cùng bằng cách sử dụng các thuật toán Beam Search, chuỗi từ dự đoán được gắn nhãn và chuyển đổi thành văn bản có thể đọc được.

## 2.2 Mạng nơ-ron tích chập – CNN

Bài báo sử dụng mạng CNN hình 1 giúp tăng cường khả năng trích xuất và rút trích thông tin từ tín hiệu giọng nói, nhờ vào khả năng mô hình hóa các mẫu không gian và thời gian trong dữ liệu. Mô hình CNN thông qua việc sử dụng các lớp tích chập, kết hợp với các lớp pooling và kích hoạt phi tuyến tính, giúp xác định các đặc trưng quan trọng và tạo ra biểu diễn cấp cao của tín hiệu giọng nói. Điều này làm cho CNN trở thành một công cụ mạnh mẽ cho việc phân loại, nhận dạng và rút trích thông tin từ giọng nói. Nhóm sử dụng ma trận  $6 \times 6 \times 3$  đại diện cho một ma trận đặc trưng âm thanh có kích thước  $6 \times 6$  với 3 kênh hoặc thuộc tính đặc trưng.

			0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	1	
1	1	1	1	1	1			

Hình 1. Mạng ma trận  $6 \times 6 \times 3$

## 2.3 Mạng hồi quy - RNN

Ở bài báo này không trực tiếp sử dụng RNN, mà thay vào đó sử dụng các thành phần khác nhau để thực hiện việc biến đổi và trích xuất thông tin từ đầu vào. Các lớp được sử dụng là Multihead Attention thực hiện tính toán attention đầu vào, FeedForward Neural Network dùng biến đổi đầu vào và CNN trích xuất đặc trưng đầu vào.

## 2.4 Tập huấn luyện

Sử dụng tập dữ liệu VIVOS gồm 11660 file âm thanh tương đương 15 giờ tiếng nói thuộc chủ đề sách truyện của phòng thí nghiệm Trí tuệ Nhân tạo (AILab), thuộc Trường ĐH Khoa học Tự nhiên TP.HCM.

Huấn luyện mô hình nhận dạng giọng nói từ tập dữ liệu VIVOS được thực hiện qua các bước sau:

- Tiền xử lý dữ liệu:** Tập dữ liệu âm thanh VIVOS cần được tiền xử lý để đảm bảo rằng nó đáp ứng yêu cầu của mô hình nhận dạng giọng nói. Các bước tiền xử lý có thể bao gồm chuẩn hóa mức độ âm lượng, cắt bỏ phần tiếng ồn, lược bỏ thông tin không cần thiết và chia thành các đơn vị nhỏ hơn như âm vị, từ, hoặc câu.
- Trích xuất đặc trưng:** Sau khi tiền xử lý, trích xuất các đặc trưng từ tín hiệu âm thanh. Các đặc trưng này là học sâu như biểu diễn của mạng CNN đã được đề cập trong câu trích dẫn ở mục 2.2.
- Gán nhãn dữ liệu:** Các tập tin âm thanh trong tập dữ liệu VIVOS được gán nhãn với các thông tin đối với từng đơn vị nhỏ (âm vị, từ, hoặc câu). Nhãn có thể là văn bản tương ứng với giọng nói trong tập dữ liệu.
- Xây dựng mô hình nhận dạng giọng nói RNN:** Dựa trên đặc trưng và nhãn đã trích xuất.
- Huấn luyện mô hình:** Sử dụng tập dữ liệu đã tiền xử lý và đặc trưng đã trích xuất, tiến hành huấn luyện mô hình nhận dạng giọng nói trên máy tính. Quá trình này đòi hỏi điều chỉnh các tham số của mô hình để cải thiện khả năng dự đoán và hiểu biết về giọng nói.

f. Đánh giá mô hình: Sau khi hoàn thành quá trình huấn luyện, nhóm đánh giá hiệu suất của mô hình nhận dạng giọng nói trên tập validation.

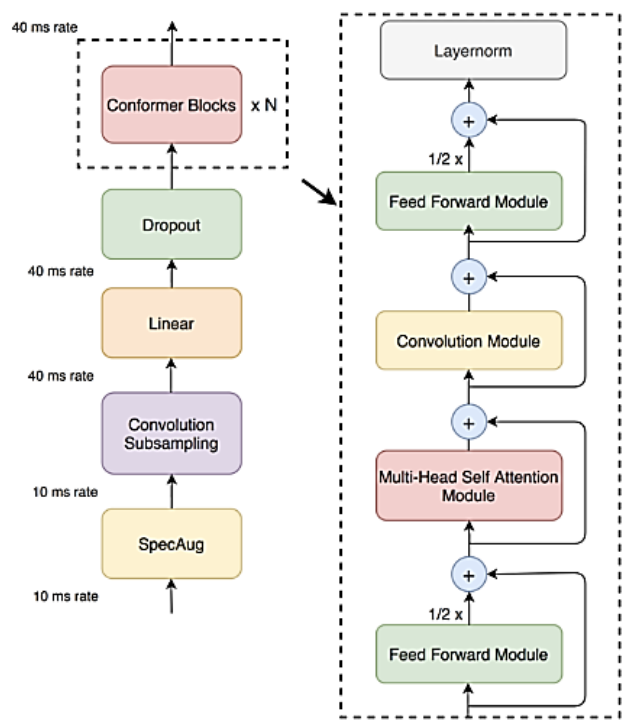
g. Feat back và điều chỉnh: Dựa vào kết quả đánh giá, ta có thể thực hiện việc tinh chỉnh mô hình, tiến hành huấn luyện lại và kiểm tra hiệu suất cho đến khi đạt được mô hình nhận dạng giọng nói tốt nhất.

## 2.5 Nhận dạng giọng nói với mô hình Conformer

Mô hình Conformer hình 2 là một kiến trúc mạng nơ-ron được phát triển đặc biệt cho nhiệm vụ nhận dạng giọng nói, kết hợp các thành phần quan trọng như attention và tích chập để mã hóa và rút trích đặc trưng từ dữ liệu âm thanh đầu vào. Sử dụng các tầng mã hóa Conformer nhằm tăng cường khả năng học các đặc trưng phức tạp từ âm thanh và tạo ra biểu diễn âm thanh chính xác hơn cho quá trình nhận dạng giọng nói. Mô hình gồm các thành phần quan trọng như lớp FeedForward và ConvolutionModule. Lớp FeedForward thực hiện mạng truyền thẳng để tăng cường khả năng học đặc trưng từ dữ liệu âm thanh. ConvolutionModule sử dụng phép tích chập 1D để trích xuất thông tin về mẫu âm thanh và tương quan giữa các phần tử âm thanh. Bằng cách kết hợp các tầng mã hóa Conformer, số lượng tầng mã hóa có thể được điều chỉnh theo nhu cầu. Mô hình mã hóa nhận dữ liệu âm thanh đầu vào và thực hiện quá trình mã hóa, rút trích đặc trưng thông qua việc áp dụng tuần tự các tầng mã hóa. Đầu ra cuối cùng là kết quả dự đoán văn bản tương ứng với dữ liệu âm thanh.

Quá trình huấn luyện (training): thực hiện vòng lặp huấn luyện qua các dữ liệu được chia nhỏ. Trong mỗi vòng lặp, mô hình nhận đầu vào và tính toán đầu ra dự đoán, sau đó tính toán giá trị mất mát và cập nhật các tham số của mô hình sử dụng bước lan truyền ngược. Quá trình này được lặp lại cho tất cả các dữ liệu chia nhỏ của tập huấn luyện. Sau khi hoàn thành vòng lặp huấn luyện, mô hình có thể được đánh giá bằng cách đưa dữ liệu kiểm tra vào và tính toán độ chính xác so với tập mẫu.

Quá trình suy luận (inference): Đầu vào được chuẩn hóa và tiếp tục được truyền qua các tầng mã hóa theo thứ tự. Trong mỗi tầng mã hóa, đầu vào được áp dụng các phép toán như attention, mạng truyền thẳng và tích chập để tạo ra đầu ra tại mỗi bước. Kết quả cuối cùng là đầu ra của tầng mã hóa cuối cùng, chứa thông tin đã được mã hóa của chuỗi đầu vào.



Hình 2. Mô hình Conformer phổ biến trong nhận dạng tiếng nói

### 3 HỆ THỐNG NHẬN DẠNG GIỌNG NÓI

#### 3.1 Phân loại hệ thống nhận dạng giọng nói

Nhận dạng từ liên tục và nhận dạng từ rời rạc: Một hệ thống nhận dạng giọng nói có thể được chia thành hai dạng là nhận dạng liên tục và nhận dạng từng từ. Nhận dạng liên tục nghĩa là nhận dạng giọng nói được phát liên tục như một câu, một đoạn. Các hệ thống dạng này rất phức tạp, các từ được phát liên tục khó xử lý nếu cần thời gian thực, hoặc khó tách khi người nói liên tục không có khoảng nghỉ. Kết quả của việc tách từ ảnh hưởng lớn đến các bước sau, vì vậy cần xử lý thật tốt ở bước này.

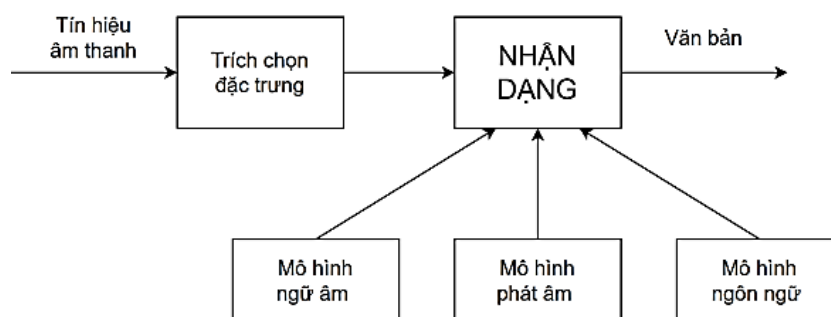
Đối với nhận dạng từng từ, mỗi từ cần nhận dạng được phát âm một cách rời rạc, có các khoảng nghỉ trước và sau mỗi từ. Mô hình này đơn giản hơn so với nhận 39 dạng liên tục và có một số ứng dụng thực tiễn trong các hệ thống điều khiển bằng lời nói, quay số bằng giọng nói... với độ chính xác cao.

Nhận dạng phụ thuộc người nói và độc lập người nói: Đối với hệ thống nhận dạng phụ thuộc người nói thì mỗi hệ nhận dạng chỉ thực hiện được một người nói, hệ thống sẽ không hiểu người khác nói nếu chưa được huấn luyện. Do đó, hệ thống không được áp dụng rộng rãi. Đặc biệt hệ thống này không thể ứng dụng ở nơi công cộng.

Đối với hệ thống nhận dạng độc lập người nói được ứng dụng rộng rãi hơn, đáp ứng được nhiều yêu cầu, nhưng hệ thống gặp vấn đề về độ chính xác. Trong thực tế, giọng của mỗi người là khác nhau, giọng của một người cũng khác nhau ở những thời điểm khác nhau. Điều này ảnh hưởng rất lớn đến việc nhận dạng, nó làm giảm độ chính xác của hệ thống. Để đảm bảo độ chính xác cao hơn hệ thống này đòi hỏi lượng dữ liệu huấn luyện phải đủ lớn và dữ liệu phải được thu từ nhiều giọng khác nhau của nhiều người. Trong thực tế thường sử dụng hệ thống bán độc lập người nói. Thực hiện bằng cách thu mẫu số lượng lớn người nói. Khi sử dụng hệ thống sẽ được điều chỉnh phù hợp với giọng của người dùng, bằng cách nó học thêm một vài câu chứa các từ cần thiết.

#### 3.2 Cấu trúc của hệ thống nhận dạng giọng nói

Mô hình âm thanh hình 3 thực hiện chuyển đổi sóng âm thanh thành các bit mà máy tính có thể sử dụng. Sau đó, các mô hình ngôn ngữ và phát âm lấy dữ liệu này, áp dụng ngôn ngữ học tính toán và đặt từng âm thanh theo trình tự và ngữ cảnh để tạo thành từ và câu.



Hình 3. Cấu trúc hệ thống nhận dạng giọng nói

Trích chọn đặc trưng: Tiền xử lý và trích xuất các đặc trưng trong giọng nói để làm đầu vào cho mạng nơ-ron học sâu trong cả quá trình huấn luyện và giải mã của hệ thống.

Phần nhận dạng: Gồm mô hình ngữ âm, mô hình ngôn ngữ và có thể có thêm mô hình phát âm Lexicon Model

Mô hình ngữ âm có nhiệm vụ học tính tổng quát, mối liên hệ giữa âm thanh và văn bản thông qua các đặc trưng được trích xuất trước đó trong quá trình huấn luyện và ở trong quá trình suy luận nó có nhiệm vụ dự đoán văn bản đầu ra từ tín hiệu âm thanh đầu vào dựa vào bộ trọng số đã được học khi huấn luyện.

Mô hình ngôn ngữ là mô hình thống kê từ vựng N-gram, mạng RNN không hoặc có bộ nhớ Long Short-Term Memory sẽ có nhiệm vụ bổ sung tính ngữ nghĩa của văn bản được dự đoán bởi mô hình ngữ âm dựa vào việc thống kê các từ ngữ có khả năng xuất hiện cùng nhau nhất để tạo ra một câu hoàn chỉnh cuối cùng của bộ nhận dạng.

### 3.3 Các phương pháp nhận dạng giọng nói

Phương pháp âm học - ngữ âm học, phương pháp nhận dạng mẫu và phương pháp áp dụng trí tuệ nhân tạo. Phương pháp ứng dụng trí tuệ nhân tạo được bài báo sử dụng là phương pháp kết hợp của các phương pháp trên với ý tưởng tận dụng tối đa các ưu điểm của từng phương pháp, đồng thời cố gắng mô phỏng khả năng tuyệt hảo của con người trong sự phân tích và cảm nhận các sự kiện bên ngoài nói chung và giọng nói nói riêng. Đây là phương pháp nhận dạng giọng nói được áp dụng để chuyển đổi từ giọng nói sang văn bản từ các tệp âm thanh hoặc ghi âm từ Microphone. Điều này cho phép ứng dụng đáp ứng nhu cầu nhận dạng giọng nói từ nhiều nguồn đầu vào khác nhau. Hỗ trợ cho việc sử dụng dự đoán từ âm thanh đầu vào để cải thiện kết quả nhận dạng.

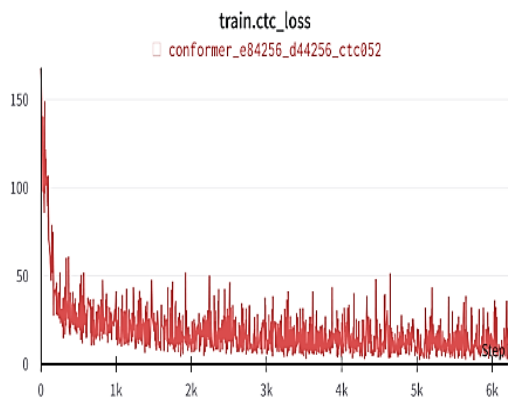
### 4 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Kết quả huấn luyện của nhóm thực hiện trên tập huấn luyện VIVOS.

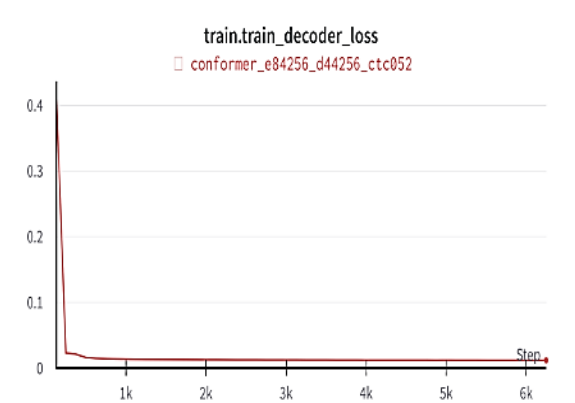
Sử dụng hai hàm ctc loss và decoder loss để tối ưu khi huấn luyện model như hình 4 và 5.

Số bước huấn luyện được vẽ theo hàm đồ thị  $y = ax + b$  hình 6.

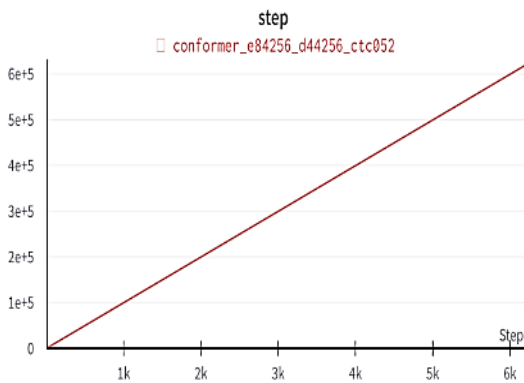
Quá trình kiểm tra sẽ đánh giá hiệu suất của mô hình trên dữ liệu qua đó. Từ hình 7, 8, 9 có thể thấy được tỉ lệ chính xác của mô hình trên tập dữ liệu.



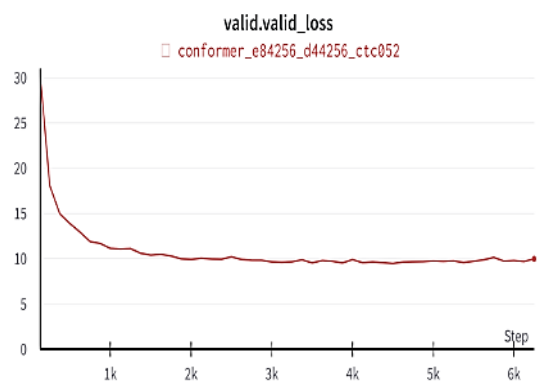
Hình 4. Kết quả huấn luyện



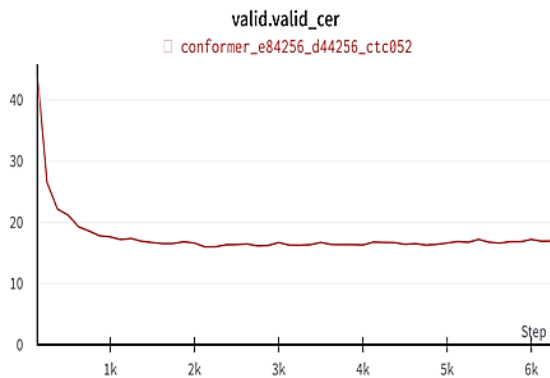
Hình 5. Kết quả huấn luyện giải mã âm thanh thành ký tự



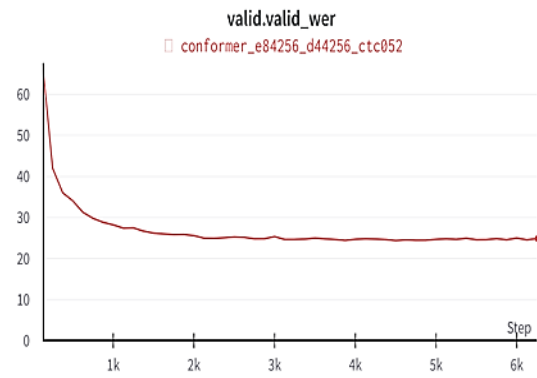
Hình 6. Số bước huấn luyện



Hình 7. Sai số mô hình với tập huấn luyện



Hình 8. Đánh giá hiệu suất chuyển đổi âm thanh thành ký tự

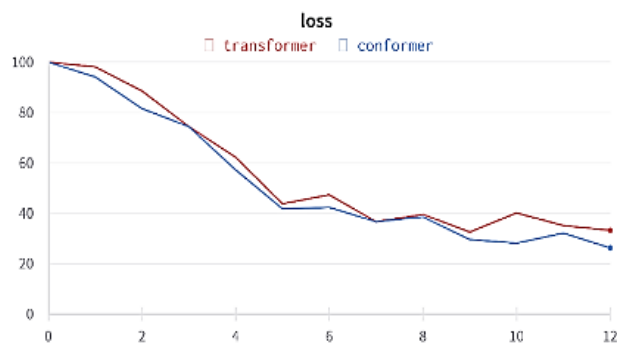


Hình 9. Hiệu suất của mô hình chuyển đổi giọng nói thành văn bản

Tỉ lệ lỗi ký tự CER và tỉ lệ lỗi từ WER được dự đoán khi đo lường với văn bản gốc được tính bằng cách đếm số lượng các lỗi chỉnh sửa như chèn, xóa, thay thế cần thiết để biến đổi văn bản dự đoán thành văn bản gốc như hình 8 và 9.

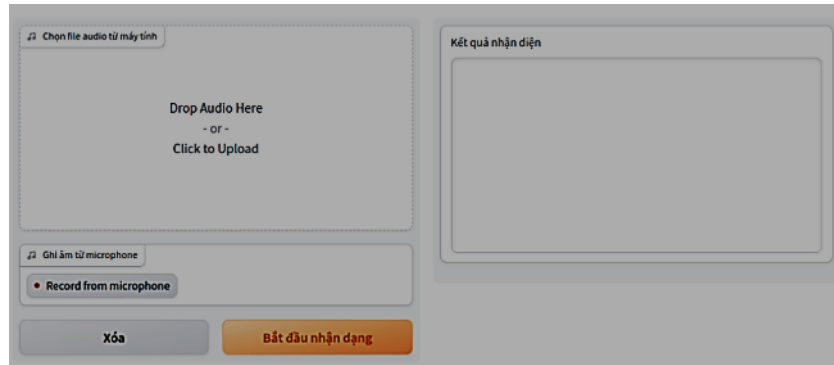
Kết quả huấn luyện từ bước 0 đến bước 1000 có tỉ lệ sai lệch lớn, từ bước 1000 đến bước 6000 tỉ lệ sai lệch giảm dần và ổn định.

Thực hiện huấn luyện và đánh giá của thuật toán Conformer và Transformer trong quá trình huấn luyện âm thanh và xử lý ngôn ngữ tự nhiên. Mô hình được huấn luyện trong một số epoch và sau mỗi epoch, mô hình được đánh giá trên tập validation. Mô hình Conformer đã đạt được sai số nhỏ hơn Transformer hình 10.

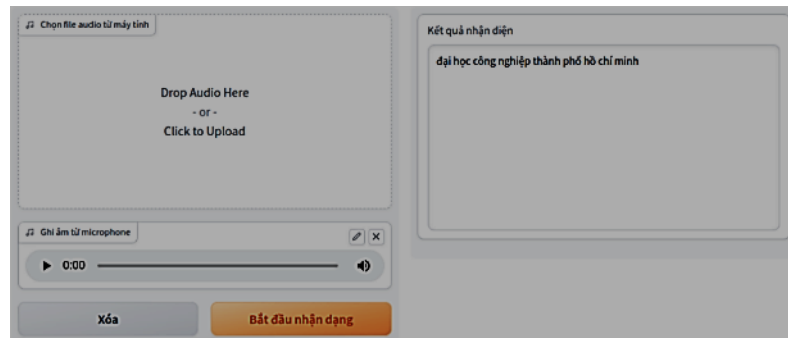


Hình 10. Đồ thị so sánh huấn luyện giữa Conformer và Transformer

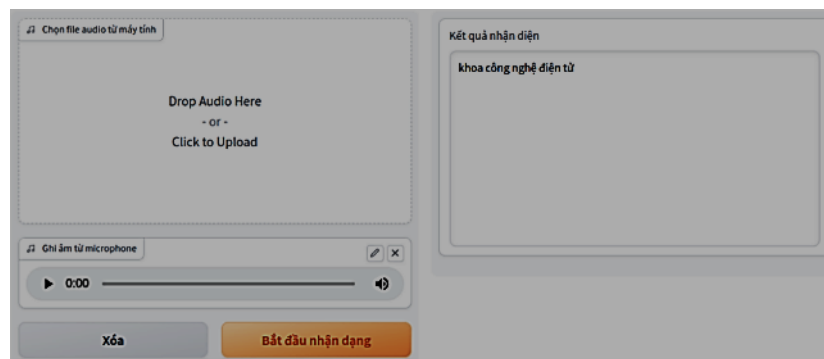
Để kiểm chứng tính hiệu quả của bài báo nhóm tác giả đã xây dựng giao diện nhận dạng giọng nói hình 11 và đưa ra kết quả nhận dạng hình 12 và 13. Sau khi nhận dạng giọng nói ba miền Bắc, Trung, Nam kết quả nhận dạng đúng với dữ liệu được đọc từ micro. Nhóm đã đọc hai câu có nội dung khác nhau, kết quả nhận được bên khung kết quả nhận diện đúng với dữ liệu đọc vào.



Hình 11. Giao diện



Hình 12. Kết quả nhận dạng



Hình 13. Kết quả nhận dạng

## 5 KẾT LUẬN

Nhóm đã thành công trong phát triển hệ thống nhận dạng giọng nói tiếng Việt ba miền Bắc Trung Nam với thuật toán Conformer, đạt mức độ chính xác cao. Nghiên cứu này tạo nền tảng tốt cho ứng dụng thực tế. Tiếp tục nghiên cứu và cải tiến trong tương lai sẽ tăng cường tính ứng dụng và hiệu quả của hệ thống, đặc biệt trong giao thông thông minh và trợ lý ảo sử dụng tiếng Việt. Sự kết hợp với trí tuệ nhân tạo và các tiến bộ khác sẽ hỗ trợ đáng kể và đóng góp vào sự phát triển bền vững của ngành nhận dạng giọng nói tiếng Việt.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] S. Yoon, S. Byun, and K. Jung, "Multimodal speech emotion recognition using audio and text," in 2018 IEEE Spoken Language Technology Workshop (SLT), pp. 112–118, IEEE, 2018.



- [2] Anmol Gulati, et al., "Conformer: Convolution-augmented Transformer for Speech Recognition," in ICLR, 2021.
- [3] Alexei Baevski, et al., "End-to-End Speech Recognition with Transformers," in ICASSP, 2020.
- [4] Jinyu Li, "Recent Advances in End-to-End Automatic Speech Recognition" in SIP, 2020.
- [5] Shigeki Karita, Nelson Enrique Yalta Soplín, et al., "Transformer-Based Acoustic Models for Automatic Speech Recognition," arXiv preprint, 2021.
- [6] Rohit Prabhavalkar, Kanishka Rao, et al., "Rethinking the Inception Architecture for Speech Recognition," arXiv preprint, 2021.
- [7] Ke Li, Gakuto Kurata, et al., "Speech Recognition with Augmented Synthesized Data," arXiv preprint, 2022.
- [8] Zhong Meng, Wei Han, et al., "Semi-Supervised Learning for End-to-End Automatic Speech Recognition," arXiv preprint, 2022.
- [9] Zili Huang, Jinyu Li, et al., "Robust Speech Recognition with Limited Annotations by Adversarial Learning," in ICASSP, 2022.
- [10] Shikun Zhang, Fei Ren, et al., "End-to-End Multi-Speaker Speech Recognition with Transformer," in ICASSP, 2022.
- [11] Hershey, J. R., et al., "Deep Clustering and Conventional Networks for Music Separation: Strong Together," in ICASSP, 2016.

YSC5.F109

## ROBOT BÁM ĐƯỜNG TỰ ĐỘNG SỬ DỤNG OPENCV VÀ RASPBERRY

NGUYỄN THANH ĐĂNG<sup>1\*</sup>, LÊ HỒ HỮU NGHĨA<sup>1</sup>, PHẠM ĐÌNH HẢI LONG<sup>1</sup>,  
ĐẶNG QUANG MINH<sup>1</sup>

*Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

*\*nguyenthanhdang@iuh.edu.vn, 19437431.nghia@student.iuh.edu.vn, 9441211.long@student.iuh.edu.vn,  
dangquangminh@iuh.edu.vn;*

**Tóm tắt.** Bài báo này trình bày về việc sử dụng robot tự động để bám đường thông qua một webcam và xử lý ảnh để phát hiện và điều khiển robot tự hành trên đường. Để thực hiện điều này, nhóm nghiên cứu đã sử dụng các thư viện tiện ích như OpenCV, NumPy và một file utils để lưu trữ các hàm xử lý ảnh. Việc sử dụng thư viện OpenCV cho phép thực hiện color thresholding và canny edge detection trên hình ảnh đang được chụp từ camera, từ đó phát hiện và theo dõi làn đường. Điều khiển động cơ DC của robot được thực hiện thông qua Raspberry.

**Từ khóa.** Robot tự động, bám làn đường, xử lý ảnh, OpenCV, Raspberry Pi.

## AUTOMATIC LANE-FOLLOWING ROBOT USING OPENCV AND RASPBERRY

**Abstract.** The article presents the use of an autonomous robot to track lanes through a webcam and image processing to detect and control the self-driving robot on the road. To achieve this, the research team utilized useful libraries such as OpenCV, NumPy, and a utils file to store image processing functions. The use of OpenCV library allowed for color thresholding and canny edge detection on the image captured from the camera, thereby detecting and tracking lanes. The DC motor control of the robot was done through Raspberry.

**Keywords.** Autonomous robot, lane tracking, image processing, OpenCV, Raspberry Pis.

### 1 GIỚI THIỆU

Robot bám đường tự động sử dụng OpenCV và Raspberry Pi tập trung vào việc phát triển một hệ thống robot có khả năng di chuyển tự động trên đường sử dụng thư viện mã nguồn mở OpenCV kết hợp nền tảng Raspberry. Bài báo này, nhóm thực hiện kết hợp sự tối ưu của thư viện OpenCV trong xử lý ảnh với Raspberry. Robot bám đường tự động nhận dạng các đường đi trên mặt đường. Bằng cách sử dụng các hàm xử lý ảnh, phân tích hình ảnh của OpenCV. Hiện nay cũng đã có nhiều công trình về Robot bám làn đường như [1, 2] đã đưa ra tổng quan về các phương pháp xử lý ảnh trong việc phát triển và bám theo làn đường, bài báo đã phân tích về độ chính xác và tốc độ xử lý của hệ thống robot. [3, 4, 5] sử dụng Raspberry và camera kết hợp với OpenCV để nhận dạng làn đường di chuyển. Tuy nhiên, các bài báo [1, 2] chỉ nêu lý thuyết tổng quan mà chưa đưa ra các kết quả áp dụng trên robot, [3, 4] nhóm tác giả đã đưa ra kết quả ứng dụng trên robot thực tế nhưng lại thiếu đi sự phân tích trong hệ thống, ở [5] cũng chưa đề cập hiệu suất và độ chính xác của hệ thống.

Các bài báo trên đã cho cái nhìn tổng quan cũng như giúp ta hiểu rõ hơn về Robot bám làn đường. Bên cạnh những điểm đạt được của các bài báo trên thì vẫn còn tồn tại những điểm chưa được đề cập đến. Nhóm tác giả thực hiện đề xuất một robot bám làn đường sử dụng OpenCV trên nền tảng Raspberry và camera.

## 2 THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

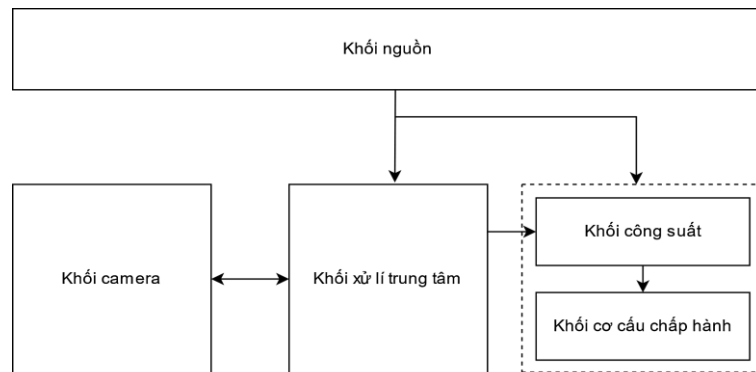
### 2.1 Phương án thiết kế

Sử dụng Raspberry Pi để thực hiện xử lý ảnh và điều khiển Robot. Các module được kết nối với Raspberry Pi bao gồm: Camera Raspberry Pi, Mạch điều khiển công suất và 2 Motor một chiều được gắn vào 2 bánh xe.

Module camera được kết nối thông qua các chân riêng của Raspberry Pi, còn các module còn lại sẽ được kết nối thông qua các chân GPIO để xuất tín hiệu điều khiển hoạt động theo ý muốn [10].

### 2.2 Tổng quan hệ thống

Sơ đồ tổng quát của hệ thống được trình bày ở hình 1



Hình 1. Sơ đồ khối tổng quát

Khối xử lý trung tâm: Thu thập dữ liệu từ khối camera để xử lý ảnh và điều khiển các khối công suất và khối cơ cấu chấp hành.

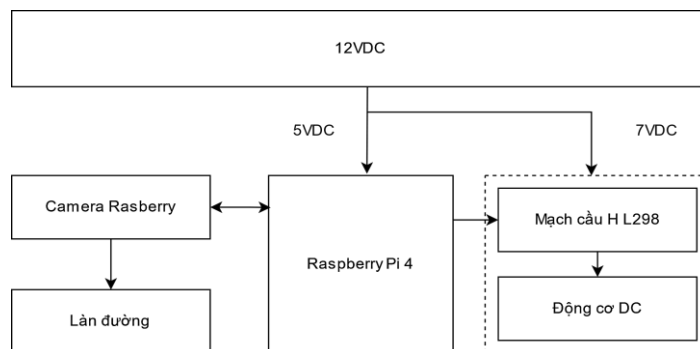
Khối công suất: Điều khiển khối cơ cấu chấp hành hoạt động khi nhận tín hiệu từ khối xử lý trung tâm.

Khối camera: Đảm nhận việc đọc dữ liệu từ đối tượng và truyền dữ liệu cho khối xử lý trung tâm.

Khối cơ cấu chấp hành: Có nhiệm vụ biến đổi tín hiệu điều khiển thành chuyển động vật lý cho bánh xe.

### 2.3 Sơ đồ khối chi tiết của hệ thống

Sơ đồ chi tiết của hệ thống được trình bày ở hình 2

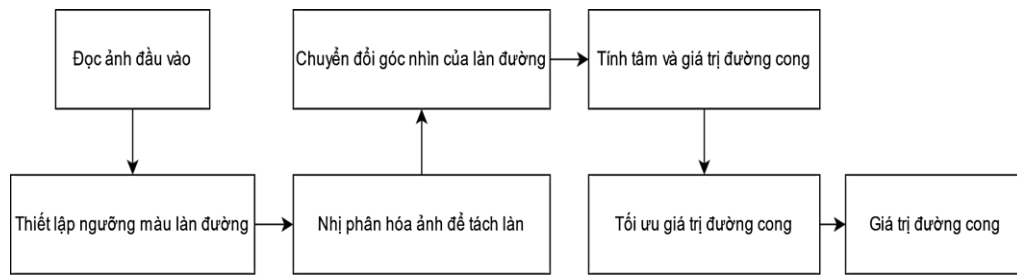


Hình 2. Sơ đồ khối chi tiết

## 3 THIẾT KẾ PHẦN MỀM

### 3.1 Phát hiện làn đường

Sơ đồ phát hiện làn đường được trình bày ở hình 3



Hình 3. Sơ đồ phát hiện làn đường

Đọc dữ liệu ảnh: Dữ liệu ảnh được thu thập từ camera và chuyển đổi thành chuỗi ảnh.

Thiết lập ngưỡng màu cho làn đường: Sử dụng phương pháp thiết lập vùng màu HSV [7] để phân biệt làn đường với các vùng khác.

Nhị phân hóa ảnh làn đường: Dựa vào việc thiết lập ngưỡng khi đó sẽ thực hiện nhị phân hóa ảnh để tách làn đường. Những pixel nào có giá trị nằm trong vùng màu đã thiết lập sẽ chuyển thành 255 (màu trắng) và ngược lại là 0 (màu đen).

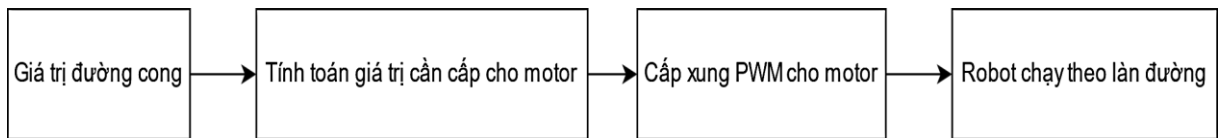
Chuyển đổi góc nhìn của làn đường: Chuyển đổi góc nhìn theo hướng từ trên xuống để cho việc tính toán giá trị đường cong được chính xác.

Tính tâm và giá trị đường cong của làn đường: Dựa trên hình ảnh đã chuyển đổi góc nhìn, để xác định được giá trị đường cong cần tìm được giá trị trung bình của ảnh. Khi đó sẽ tính giá trị trung bình của cả ảnh trừ cho giá trị trung bình của 2/3 ảnh. Kết quả là âm thì rẽ trái, dương thì rẽ phải, còn bằng 0 thì đi thẳng.

Tối ưu giá trị đường cong: Thực hiện tính trung bình 10 giá trị liên tiếp để xác định giá trị tối ưu nhất của làn đường.

### 3.2 Điều khiển robot

Sơ đồ điều khiển robot được trình bày ở hình 4



Hình 4 Sơ đồ điều khiển Robot

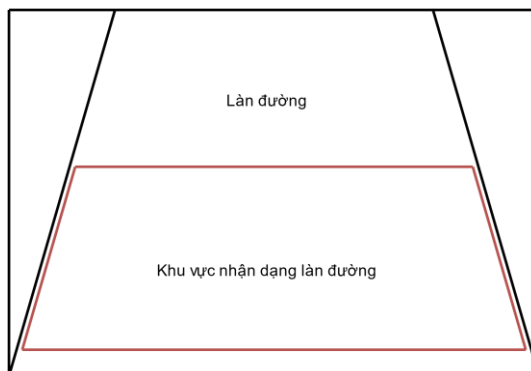
Tính toán giá trị cần cấp cho motor: Dựa vào giá trị đường cong để xác định được số xung cần cấp cho các motor.

Cấp xung motor: Tiến hành cấp xung pwm cho các motor của xe sau khi đã tính toán giá trị cần cấp.

## 4 ROBOT PHÁT HIỆN LÀN ĐƯỜNG

### 4.1 Xác định khu vực nhận dạng làn đường

Khu vực nhận dạng làn đường [8] được xác định từ dưới lên trên. Vì hình ảnh được chụp từ camera trên robot, mặt đường gần nhất với xe sẽ nằm ở phía cùng của hình ảnh. Chiều cao của khu vực nhận dạng làn đường thường không quá nửa chiều cao của hình ảnh [9]. Điều này loại bỏ khu vực không cần thiết, phương pháp này được đề xuất bởi H.Dahlkamp [6]. Khi di chuyển ra xa xe, độ rộng của đường dường như thu hẹp lại. Vì vậy, khu vực nhận dạng làn đường thực tế có hình dạng là một hình thang [6].



Hình 5. Khu vực nhận dạng làn đường

## 4.2 Xác định đoạn đường cong

Dựa vào việc phân ngưỡng màu, làn đường sử dụng màu trắng. Khi đó, sẽ thiết lập ngưỡng trắng và thực hiện nhị phân hóa ảnh để tách đường. Các pixel nằm trong vùng màu đã đặt sẽ được chuyển thành 255, trong khi các pixel khác sẽ được chuyển thành 0. Sau khi đã tách được làn đường, bước tiếp theo là điều chỉnh góc camera. Khi camera được gắn trên xe và có góc nghiêng so với mặt đường, việc xác định đường cong sẽ không chính xác nếu không thay đổi góc nhìn để hướng về phía đường. Điều này giúp tính toán giá trị đường cong một cách chính xác hơn. Tiếp theo xác định tâm và giá trị đường cong dựa trên hình ảnh đã chuyển đổi góc nhìn. Để xác định được giá trị đường cong cần tìm được tâm của ảnh. Thực hiện tính hai lần giá trị trung bình, lần thứ nhất sẽ tính ở vùng 2/3 ảnh phía dưới, lần thứ hai sẽ tính của cả ảnh, sau đó lấy giá trị cả ảnh trừ đi giá trị 2/3 ảnh cho ra giá trị đường cong.

Để cho giá trị đường cong được ổn định và chính xác sẽ thực hiện tối ưu thông qua việc tính trung bình các giá trị nhận được trong phạm vi 10 giá trị.

Nếu giá trị đường cong  $\in (-8; 8)$  thì giá trị = 0; thì bộ vi xử lý sẽ cấp cung xung cho động cơ bên trái và bên phải bằng nhau.

Nếu giá trị đường cong  $\in (-29; 29)$  thì giá trị = -22, nếu giá trị đường cong là âm, ngược lại = 22;

Ngược lại, giá trị  $\in (-35; 35)$  thì giá trị = -23, nếu giá trị đường cong là âm, ngược lại = 23;

Ngược lại, giá trị  $\notin (-35; 35)$  thì giá trị = -24, nếu giá trị đường cong là âm, ngược lại = 24;

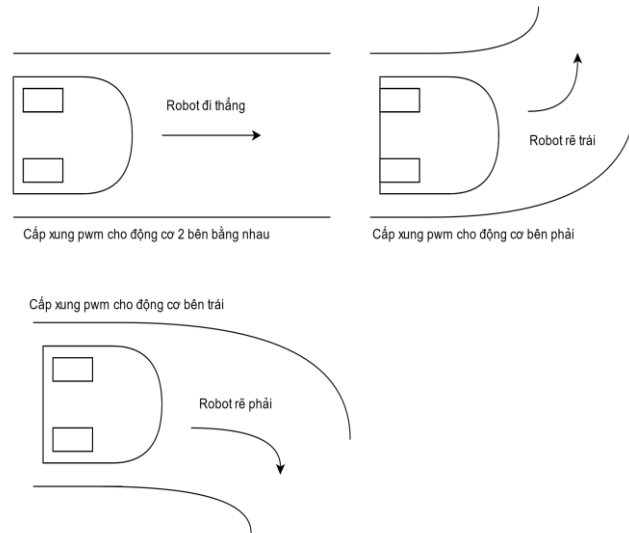
Với các giá trị  $> 0$ , thì bộ vi xử lý sẽ cấp cung cho động cơ bên trái, trường hợp robot rẽ phải.

Ngược lại, với cái giá trị  $< 0$ , thì bộ vi xử lý sẽ cấp cung xung cho động cơ bên phải, trường hợp robot rẽ trái.

Như đã đề cập ở phần tính toán giá trị đường cong, khi giá trị là âm thì robot rẽ trái lúc đó bộ vi xử lý xung cấp cho bánh bên phải lớn hơn bánh bên trái, dương thì robot rẽ phải lúc đó bộ vi xử lý xung cấp cho bánh bên trái lớn hơn bánh bên phải, bằng 0 thì đi thẳng nên sẽ áp dụng vào để xét điều kiện và tính số xung cần cấp cho động cơ dựa vào các giá trị vừa xét.

		255	255	255	255		
		255	255	255	255		
		255	255	255	255		
		255	255	255	255	255	
		255	255	255	255	255	
		255	255	255	255	255	

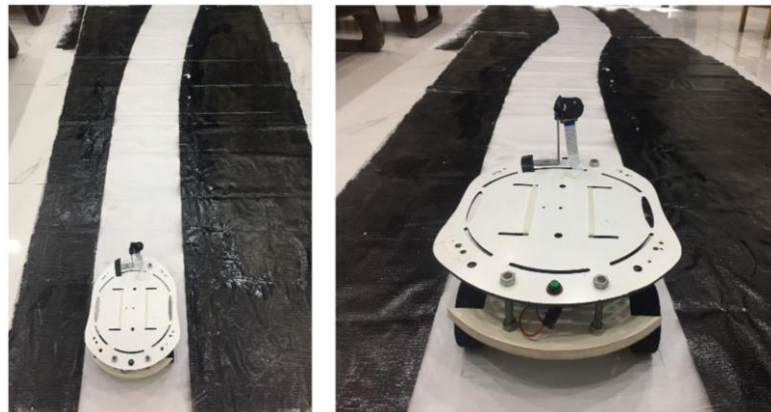
Hình 6. Hình ảnh hiển thị pixel màu trắng



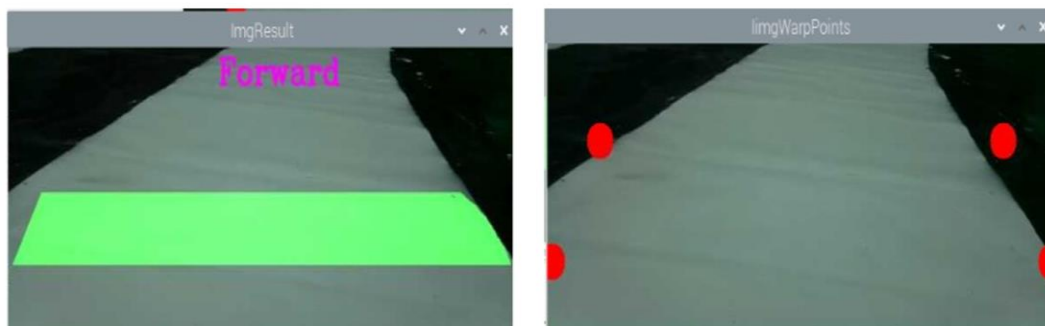
Hình 7. Hình ảnh minh họa các trường hợp trong điều khiển robot

## 5 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Đây là những hình ảnh kết quả chạy thực tế của Robot bám làn đường trên đoạn đường thẳng và đường cong.



Hình 8. Hình ảnh thực tế của robot trên đoạn đường thẳng

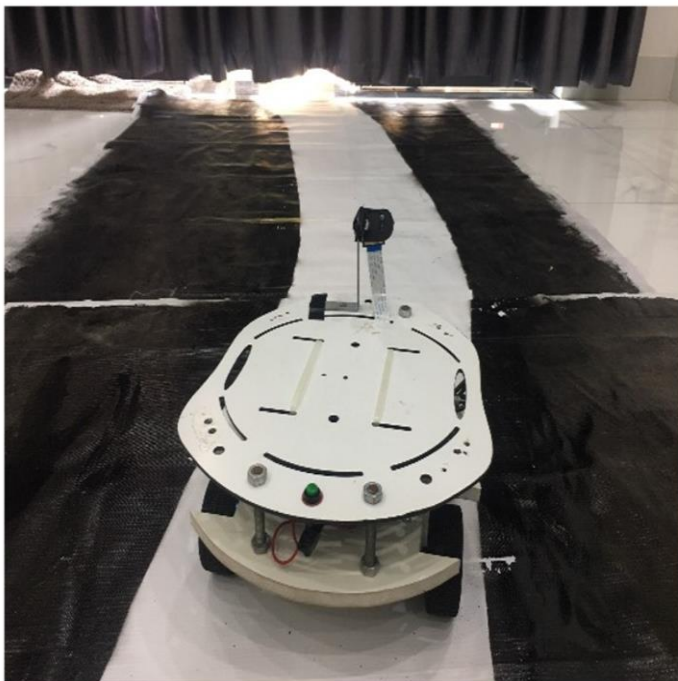


Hình 9. Hình ảnh làn đường thẳng, khu vực nhận dạng làn đường và 4 điểm của khu vực

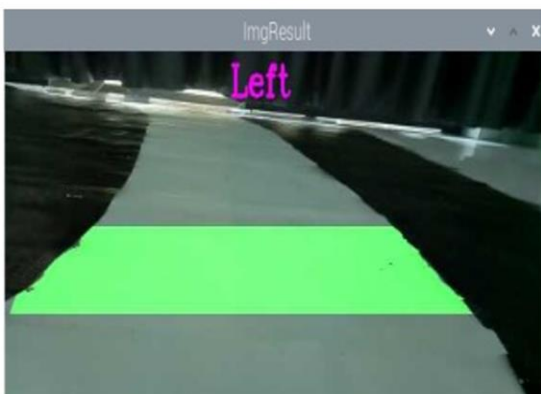


		255	255	255	255		
		255	255	255	255		
		255	255	255	255		
	255	255	255	255	255	255	
	255	255	255	255	255	255	
	255	255	255	255	255	255	

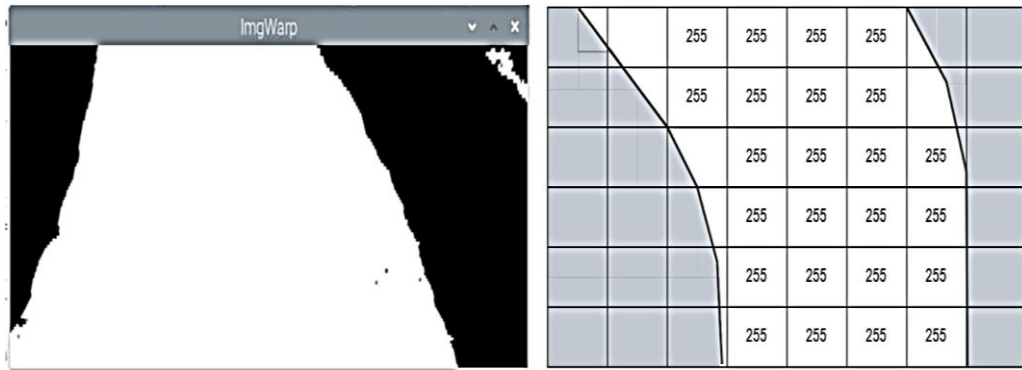
Hình 10. Hình ảnh nhị phân thu được của làn đường thẳng



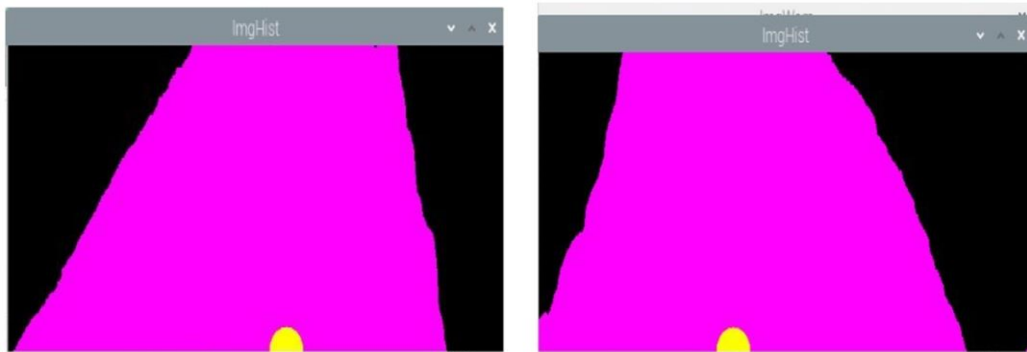
Hình 11. Hình ảnh thực tế của robot trên đoạn đường cong



Hình 12. Hình ảnh làn đường cong, khu vực nhận dạng làn đường và 4 điểm của khu vực



Hình 13. Hình ảnh nhị phân thu được của làn đường cong



Hình 14. Hình ảnh xác định tâm làn đường của đoạn đường thẳng và đường cong

Hình 8 và 11 là hình ảnh thực tế của robot và đoạn đường di chuyển. Hình 9 và 12 cho thấy hình ảnh khu vực nhận dạng làn đường từ camera. Hình 10 và 13 là hình ảnh nhị phân của làn đường. Hình 14 xác định tâm của làn đường. Kết quả nhận dạng và tách làn đường có kết quả khá tốt, robot đã có thể xác định được đoạn nào là đi thẳng khi gặp đường thẳng và đoạn nào cần rẽ khi gặp đường cong.

## 6 KẾT LUẬN

Bài báo đã đạt được kết quả như mong muốn dẫn đường cho Robot Visai bám làn đường di chuyển sử dụng OpenCV và Camera trên nền tảng Raspberry. Robot đã nhận dạng và di chuyển đúng làn đường với độ sai lệch khỏi làn đường là rất thấp dưới 10% trong các lần thử nghiệm. Đây cũng là một phương án có thể áp dụng được cho xe tự hành trên các cung đường chuyên biệt như trong bệnh viện, khu vực làm việc độc hại cho con người. Ngoài ra, có thể sử dụng các phương pháp tiên tiến như học sâu, học tăng cường,... để cho robot ngày càng thông minh hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] “Lane Detection and Tracking for Autonomous Vehicles: A Review of Computer Vision Techniques”, N. Patel, R. Choudhury, and M. S. Alam, in Journal of Intelligent Systems and Applications, 2021.
- [2] “A Survey of Lane Detection and Tracking Systems for Autonomous Vehicles”, R. S. Alomari, I. El-Feghaly, and K. Artail, in Sensors, 2022.
- [3] “An OpenCV-Based Lane Following System for Small Autonomous Vehicles”, Jingjing Liu and Jie Yang, in Applied Sciences, 2021
- [4] “Raspberry Pi-based Lane Detection System for Autonomous Robots”, Tác giả: S. Kaur, N. Goel, 2020
- [5] “A Robust Lane Detection and Tracking System for Autonomous Vehicle using Raspberry Pi and OpenCV” ,Tác giả: A. K. Yadav, A. K. Sah, M. K. Jha, 2020



- [6] H. Dahlkamp, A. Kaehler, D. Stavens, S. Thrun, and G. Bradski. Self-supervised monocular road detection in desert terrain. G. Sukhatme, S. Schaal, W. Burgard, and D. Fox, editors & Proceedings of the Robotics Science and Systems Conference, Philadelphia, PA.
- [7] Trifan, A., Neves, A.J.R. & Cunha, B, Evaluation of color spaces for user-supervised color classification in robotic vision.17th International Conference on Image Processing, Computer Vision, & Pattern Recognition, Las Vegas, Nevada, USA
- [8] Al-Jaafreh, A., Mirjalili, S., & Gegov, A. (2020). Region of Interest Selection Based on Improved Particle Swarm Optimization for Lane Detection. Applied Sciences, 10(3), 951.
- [9] Tan-Hung Duong , Sun-Tae Chung , Seongwon Cho, Model-Based Robust Lane Detection for Driver Assistance
- [11] Raspberry Pi 4 Datasheet: <https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-datasheet.pdf>

YSC5.F110

## ROBOT BÁM QUỠ ĐẠO THAM CHIỂU SỬ DỤNG ROS2 VÀ SLAM TOOLBOX

NGUYỄN THANH ĐĂNG<sup>1\*</sup>, TRẦN BÁ TỶ<sup>1</sup>

*Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*  
*\*nguyenthanhdang@iuh.edu.vn, 19486901.ty@student.iuh.edu.vn;*

**Tóm tắt.** Có rất nhiều phương pháp dẫn đường cho robot như phương pháp dead-reckoning, cột mốc chủ động và ứng dụng xử lý ảnh sử dụng camera. Các phương pháp này đã cho thấy hiệu quả trong việc dẫn đường cho robot, tuy nhiên triển khai hệ thống phức tạp này lại đòi hỏi chi phí thực hiện cao. Nhóm tác giả đã đưa ra một giải pháp dẫn đường hiệu quả cho robot trong môi trường phức tạp, kết hợp phương pháp xác định vị trí tương đối và tuyệt đối dựa trên dữ liệu cảm biến encoder và RPLiDAR A1M8, sử dụng ROS2 với công nghệ SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) có chi phí thực hiện thấp. Robot được thiết kế dựa trên mô hình robot vi sai di động, sử dụng thuật toán PID(Proportional Integral Derivative) để điều khiển robot bám quỹ đạo, đảm bảo rằng robot di chuyển theo quỹ đạo tham chiếu để đến đích và tránh va chạm với các vật cản trên quỹ đạo. Robot sử dụng máy tính nhúng Raspberry Pi 4, để xử lý dữ liệu đã thu thập được từ các cảm biến, từ đó tái tạo bản đồ 2D cung cấp thông tin về môi trường xung quanh. Hệ thống dẫn đường dựa trên dữ liệu vị trí và dữ liệu bản đồ khu vực để tạo ra quỹ đạo tham chiếu, từ đó dẫn đường robot di chuyển và tránh va chạm với vật cản. Nhóm tác giả phân tích sai số giữa quỹ đạo tham chiếu và quỹ đạo thực tế để đánh giá hiệu quả hoạt động của robot trong môi trường phức tạp với vật cản tĩnh và vật cản di động.

**Từ khóa.** SLAM, ROS2, Trajectory Following Robot, Dẫn đường, PID, RPLiDAR.

### REFERENCE TRAJECTORY FOLLOWING ROBOT USING ROS2 AND SLAM TOOLBOX

**Abstract.** There are various methods for robot navigation, such as dead-reckoning, landmark-based approaches, and image processing using cameras. These methods have demonstrated effectiveness in guiding robots, but implementing these complex systems often requires high costs. In a complex environment, the authors propose an efficient navigation solution for robots by combining relative and absolute position estimation methods based on encoder and RPLiDAR A1M8 sensor data, using ROS2 with the cost-effective Simultaneous Localization and Mapping(SLAM) technology. The robot is designed based on a differential drive model and utilizes the PID(Proportional Integral Derivative) algorithm to control trajectory tracking, ensuring that the robot follows the reference path, reaches the goal, and avoids collisions with obstacles along the trajectory. The robot employs a Raspberry Pi 4 embedded computer to process data collected from sensors and reconstruct a 2D map providing information about the surrounding environment. The navigation system relies on position and map data to generate reference trajectories, guiding the robot's movement and avoiding collisions. The authors analyze the error between the reference and actual trajectories to evaluate the effectiveness of the robot's performance in a complex environment with both static and dynamic obstacles.

**Keywords.** SLAM, ROS2, Trajectory Following Robot, Navigation, PID, RPLiDAR.

## 1 GIỚI THIỆU

Trong lĩnh vực robot, đã có nhiều nghiên cứu tập trung vào vấn đề bám theo quỹ đạo tham chiếu để đưa robot đến điểm chỉ định trong bản đồ khu vực hoạt động [1] [2]. Với sự tiến bộ của Robot Operating System (ROS2) [3] và công nghệ tái tạo bản đồ SLAM [4], các thuật toán dẫn đường đã được cải tiến để đạt được độ chính xác và độ ổn định cao trong quá trình vận hành robot.

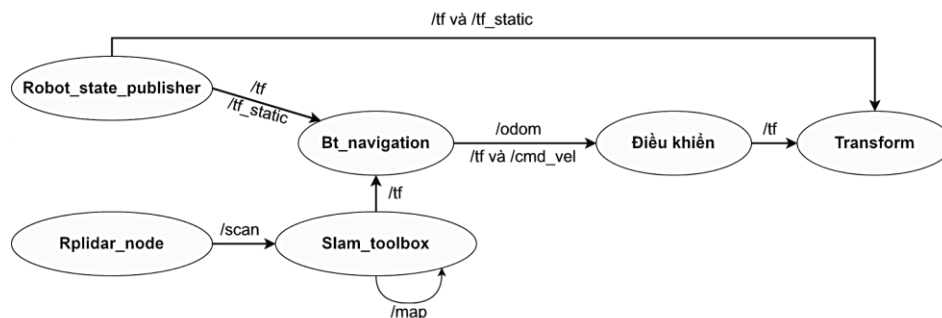
Hoạt động di chuyển của mobile robot đến các địa điểm được chỉ định trong khu vực bản đồ là một quá trình phức tạp, bao gồm hai vấn đề chính: Xác định vị trí robot trong bản đồ và tạo quỹ đạo tham chiếu để dẫn đường robot đến vị trí mục tiêu. Để giải quyết vấn đề đầu tiên có một số phương pháp bao gồm: Sử dụng camera để thu thập và trích xuất đặc trưng từ các đối tượng trong môi trường hoạt động của robot, từ đó xác định vị trí hiện tại của robot [4]. Công nghệ GPS cũng đã được sử dụng để xác định vị trí và dẫn đường cho robot [5]. Sử dụng cảm biến Lidar [6]. Để giải quyết vấn đề thứ hai, cũng đã có nhiều phương pháp được đề xuất. Một số phương pháp bao gồm sử dụng thuật toán RRT\*-Fuzzy Dynamic Window Approach(RRT\*-FDWA) để dẫn đường cho robot tránh vật cản [7], kết hợp thuật toán DWA(Dynamic Window Approach) và giải thuật tìm kiếm trong đồ thị [8], sử dụng thuật toán MPC(Model Predictive Control) trong dẫn đường cho robot bánh xe omni-directional [9], và chiến lược kiểm soát MPPI(Model Predictive Path Integral) để dẫn đường cho robot AGV(Automation Guided Vehicle) trong môi trường phức tạp [10]. Nhóm tác giả đã đưa ra một loạt các phương pháp và hướng tiếp cận đa dạng để giải quyết hai vấn đề quan trọng liên quan đến bài toán dẫn đường cho robot như đã được đề cập bên trên. Tuy nhiên, các giải thuật này vẫn tồn tại những hạn chế, như độ phức tạp cao và yêu cầu tài nguyên phần cứng lớn để đáp ứng hoạt động của robot. Vì vậy, một thách thức đặt ra là lựa chọn phương pháp giải quyết bài toán dẫn đường cho robot một cách phù hợp với môi trường hoạt động của robot, nhằm tối ưu hiệu năng. Đáng chú ý, các bài báo đã được đề cập hiện tại chưa đưa ra những đánh giá hiệu quả về hoạt động của robot trong trường hợp xuất hiện vật cản di động.

Từ những hạn chế đã đề cập, nhóm tác giả mạnh dạn sử dụng ROS2 kết hợp với SLAM\_Toolbox để xây dựng hệ thống robot có khả năng bám quỹ đạo tham chiếu và di chuyển tránh vật cản trong môi trường phức tạp. Máy tính nhúng Raspberry Pi4 được sử dụng như bộ xử lý trung tâm, đảm nhận việc xử lý dữ liệu từ các cảm biến và điều khiển hoạt động của toàn bộ hệ thống. Kết quả phân tích thực nghiệm sẽ được sử dụng để đánh giá hiệu quả của hệ thống trong việc bám quỹ đạo và dẫn đường robot di chuyển tránh vật cản trong các môi trường khác nhau, bao gồm môi trường không có vật cản, môi trường có vật cản tĩnh và môi trường có vật cản động.

Cấu trúc bài báo gồm 5 mục: Mục 2 trình bày sơ đồ liên kết node hệ thống robot trong ROS2. Mục 3 xây dựng hệ thống. Mục 4 giới thiệu hệ thống phần cứng robot. Cuối cùng, mục 5 đánh giá kết quả thực nghiệm.

## 2 XÂY DỰNG HỆ THỐNG

### 2.1 Sơ đồ liên kết node hệ thống robot trong ROS2



Hình 1. Sơ đồ liên kết các node robot trong ROS2

Hệ thống điều khiển robot được xây dựng trên nền tảng ROS2, trong đó các node chương trình tạo thành một mạng lưới liên kết, với mỗi node đảm nhận một chức năng cụ thể của robot. Cấu trúc này được minh họa chi tiết trong Hình 1 và Bảng 1.

### 2.2 Sơ đồ khối hệ thống

Hệ thống robot được trình bày chi tiết trong Hình 2, trong đó robot được điều khiển thông qua máy tính. Máy tính và Raspberry được kết nối với nhau qua giao thức SSH(Secure Shell), một giao thức an toàn cho phép truy cập và điều khiển máy tính từ xa qua internet. Trong bài báo này, robot sử dụng kết nối WIFI (Wireless Fidelity) để máy tính và Raspberry có thể tương tác với nhau. Nhưng phạm vi điều khiển robot bị giới hạn trong vùng phủ sóng của mạng WIFI. Dữ liệu từ encoder và cảm biến RPLiDAR A1M8 được

truyền đến Raspberry để được xử lý, từ đó tiến hành tính toán vị trí hiện tại của robot, xây dựng bản đồ khu vực hoạt động và tạo ra quỹ tham chiếu dẫn đường robot tránh vật cản di chuyển đến đích.

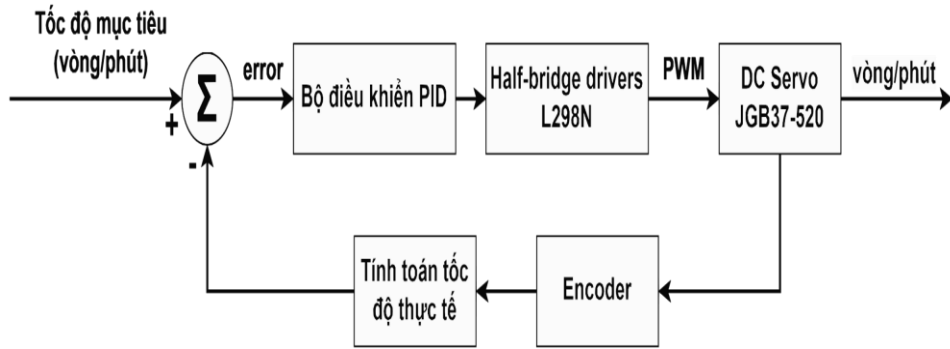
Bảng 1. Chi tiết chức năng các node trong hệ thống robot trên ROS2

STT	Tên node	Chức năng
1	Robot_state_publisher	Tính toán tọa độ, cung cấp thông tin về trạng thái các frame của robot bao gồm các dữ liệu động lực học, được truyền đi thông qua các topic /tf và /tf_static. Quản lý trạng thái hoạt động của robot.
2	Rplidar_node	Đọc dữ liệu đám mây điểm để phát hiện vật cản và tạo lập bản đồ môi trường hoạt động robot. Dữ liệu được truyền đi dưới dạng topic /scan trong hệ thống điều khiển.
3	Slam_toolbox	Nhận dữ liệu đám mây điểm từ rplidar_node, xây dựng bản đồ khu vực hoạt động của robot, được trực quan hóa và hiển thị trên giao diện RViz2 của ROS2 thông qua topic /map. Đồng thời định vị robot trên bản đồ.
4	Bt_navigation	Dẫn đường robot sử dụng kỹ thuật cây quyết định, node có chức năng tạo ra quỹ đạo tham chiếu, dẫn đường robot di chuyển bám theo quỹ đạo tránh vật cản đi đến vị trí mục tiêu.
5	Điều khiển	Nhận dữ liệu từ node bt_navigation dưới dạng topic /odom, /tf và cmd_vel, bao gồm: dữ liệu về trạng thái các frame robot /tf, vị trí robot /odom và vận tốc điều khiển 2 bánh xe /cmd_vel. Từ đó điều khiển robot di chuyển.
6	Transform	Chuyển đổi dữ liệu node robot_state_publisher và node điều khiển để cập nhật trạng thái các frame của robot, cũng như là vị trí robot hiện thị lên giao diện hiển thị RViz2 của ROS2.

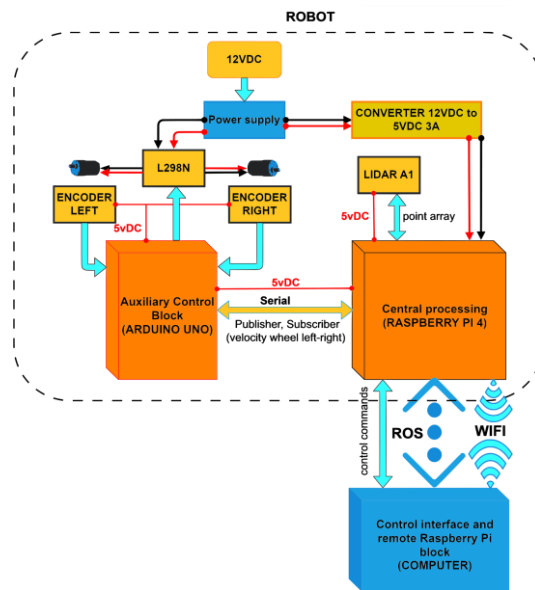
### 2.3 Lưu đồ hoạt động

Hoạt động của hệ thống bám quỹ đạo di chuyển đến vị trí mục tiêu của robot được mô tả chi tiết qua lưu đồ trong Hình 3. Ban đầu, hệ thống tiến hành kiểm tra kết nối giữa Raspberry Pi và vi điều khiển, cũng như giữa cảm biến RPLIDAR và Raspberry Pi, để đảm bảo việc truyền nhận dữ liệu giữa chúng nhằm phục vụ cho hoạt động của các node chức năng. Khi tất cả các kết nối đã được thiết lập thành công, các node chức năng của robot sẽ được kích hoạt. Đầu tiên, node chức năng tạo bản đồ cục bộ được kích hoạt để xây dựng dữ liệu về các vật cản có trong môi trường hoạt động của robot. Tiếp theo, node chịu trách nhiệm dẫn đường sẽ được kích hoạt để hướng dẫn robot đến địa điểm mục tiêu. Nhờ đó, hệ thống đảm bảo robot di chuyển theo quỹ đạo đã được xác định và tránh các vật cản trong quá trình di chuyển.

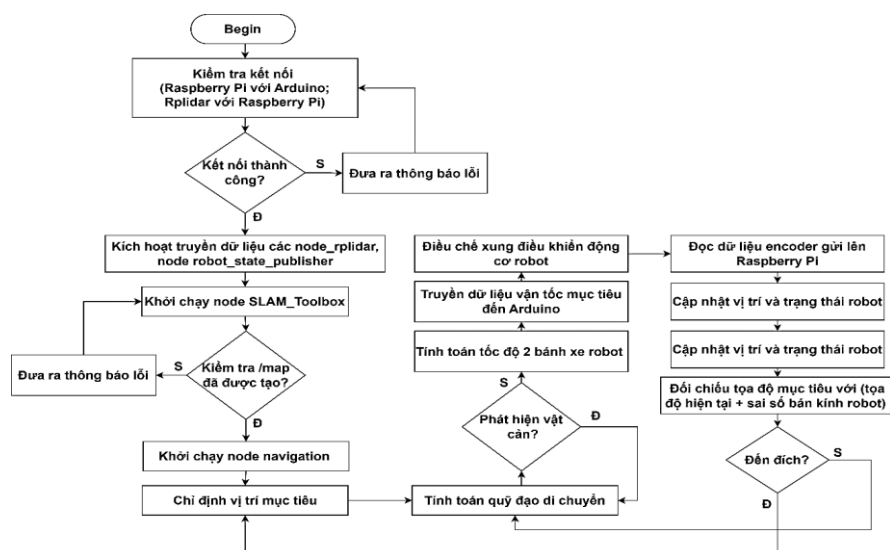
Quá trình di chuyển đến vị trí mục tiêu được thực hiện theo các bước sau đây: Đầu tiên, tọa độ địa điểm mục tiêu được nhận và đưa vào mô-đun điều khiển để tạo ra quỹ đạo di chuyển tối ưu. Trong mô-đun điều khiển, tốc độ bánh xe của robot được tính toán dựa trên quỹ đạo đã được tạo ra. Dữ liệu về tốc độ này được truyền đến vi điều khiển, trong đó thuật toán PID sử dụng giá trị PWM(Pulse Width Modulation) để điều khiển tốc độ động cơ và giúp robot di chuyển theo quỹ đạo tham chiếu. Trong quá trình di chuyển, robot gửi dữ liệu về vị trí và dữ liệu từ bộ mã hóa đến Raspberry Pi để cập nhật vị trí robot hiện tại. Sau đó, vị trí hiện tại được so sánh với vị trí mục tiêu. Nếu vị trí hiện tại vẫn chưa đạt giá trị tọa độ của vị trí mục tiêu với độ lệch chuẩn cho phép của hệ thống, tiếp tục tạo ra lệnh điều hướng để robot di chuyển từ vị trí hiện tại đến vị trí mục tiêu. Quá trình điều hướng kết thúc khi robot đến đích. Sau khi đến đích, chương trình tiếp tục chờ chỉ định vị trí mới để tiếp tục quá trình di chuyển đến điểm mục tiêu mới.



Hình 2. Sơ đồ PID điều khiển động cơ mobile robot



Hình 3. Sơ đồ khối hệ thống robot



Hình 4. Lưu đồ hoạt động hệ thống robot

## 2.4 Thuật toán PID trong điều khiển mobile robot

Quá trình triển khai thuật toán PID được trình bày chi tiết trong Hình 4, trong đó thuật toán tính toán độ chênh lệch giữa tốc độ thực tế của robot dựa trên dữ liệu encoder và tốc độ mục tiêu được đưa ra từ node navigation trong ROS2. Thông qua việc điều chỉnh, robot có thể di chuyển theo quỹ đạo tham chiếu. Giá trị đầu ra từ bộ điều khiển PID được tính toán theo công thức sau:

$$output = \frac{K_p * P_{error} - K_d * \Delta_{input} + saisoichluy}{K_o} \quad (1)$$

Trong đó:

- $K_p$ : Hệ số tỷ lệ.
- $P_{error}$ : Sai số giữa giá trị tốc độ mục tiêu với giá trị tốc độ thực tế.
- $K_i$ : Hệ số kiểm soát tự tích lũy.
- $K_d$ : Hệ số kiểm soát vi phân.
- $saisoichluy$ : Tích lũy sai số của hệ thống, được xác định qua công thức (2).

$$saisoichluy = \int (K_i * P_{error}) dt \quad (2)$$

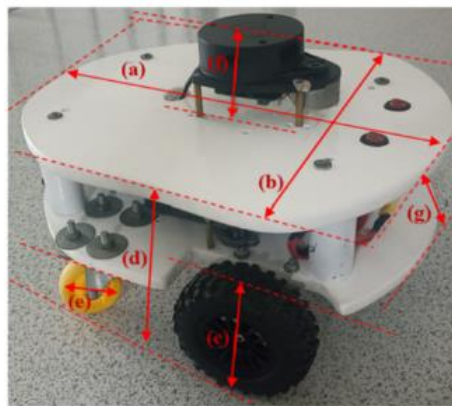
- $\Delta_{input}$ : Độ chênh lệch giữa giá trị đầu vào hiện tại với giá trị đầu vào hệ thống trước đó, giúp tính toán độ nhanh chậm của hệ thống đối với sự thay đổi của giá trị đầu vào.  $\Delta_{input}$  được tính toán qua công thức (3).

$$\Delta_{input} = input_{hientai} - input_{truocdo} \quad (3)$$

- $K_o$ : Hệ số này được sử dụng để điều chỉnh giá trị đầu ra sao cho nó thích hợp với đặc tính và yêu cầu của hệ thống điều khiển tốc độ đặt ra. Hệ số  $K_o$  được sử dụng để điều chỉnh độ nhạy của hệ thống.

## 3 HỆ THỐNG PHẦN CỨNG ROBOT

Robot được thiết kế dựa trên mô hình robot vi sai di động, với hai động cơ chính làm động cơ điều khiển, chi tiết được mô tả trong Hình 5. Kích thước robot được ký hiệu bằng các ký tự từ (a) đến (g) và thông tin chi tiết có trong Bảng 2.

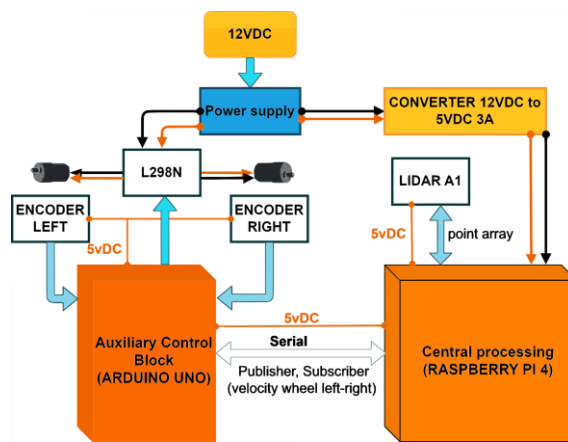


Hình 5. Mô hình phần cứng mobile robot

Sơ đồ phần cứng của robot Hình 6 bao gồm các thành phần sau: Cảm biến LiDAR A1 được sử dụng để thu thập dữ liệu về môi trường xung quanh robot. Hệ thống máy tính nhúng Raspberry Pi 4 Model B được sử dụng làm trung tâm xử lý, kết nối với vi điều khiển Arduino Uno để điều khiển hai động cơ DC Servo thông qua mạch cầu H. Ngoài ra, Arduino Uno cũng thu thập dữ liệu từ encoder và gửi đến Raspberry Pi để tính toán vị trí của robot. Hệ thống được cung cấp nguồn năng lượng từ nguồn 12VDC, được cung cấp bởi Pin3S-3A. Để cấp nguồn cho Raspberry Pi hoạt động, nguồn 12VDC được điều chỉnh xuống 5VDC thông qua mạch ổn áp.

Bảng 2. Thông số mô hình phần cứng mobile robot

Ký hiệu	Mô tả	Số liệu	Đơn vị
(a)	Chiều dài robot	0.31	m
(b)	Chiều rộng robot	0.255	m
(c)	Đường kính bánh xe chính	0.96	m
(d)	Chiều cao robot	0.16	m
(e)	Đường kính bánh xe đa hướng	0.048	m
(f)	Khoảng cách từ mặt trên cảm biến Lidar so với mặt trên robot	0.055	m
(g)	Khoảng cách mặt trên robot so với mặt dưới robot	0.095	m
	Tốc độ quay của động cơ	333	rpm
	Tỉ số truyền động cơ	30:1	
	Cân nặng robot	2.8	kg

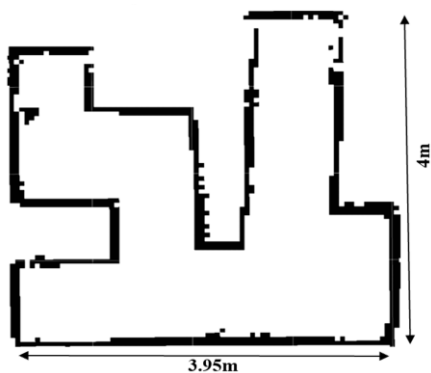


Hình 6. Sơ đồ khối phần cứng robot

#### 4 ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Để đánh giá hiệu quả hoạt động hệ thống robot, nhóm tác giả tiến hành thực nghiệm trên hai môi trường hoạt động, với hai bản đồ tương ứng cho các trường hợp không có vật cản, có vật cản cố định và vật cản di động.

Thứ nhất, bản đồ môi trường hoạt động của robot trong sa hình được dựng ở nhà xưởng Hình 7 và Hình 8, với địa hình có nhiều điểm gập ghềnh, kích thước bản đồ 3.95x4m. Robot sẽ được đánh giá hiệu quả hoạt động đối với trường hợp không có vật cản và có vật cản cố định.



Hình 7. Bản đồ 2D khu vực sa hình

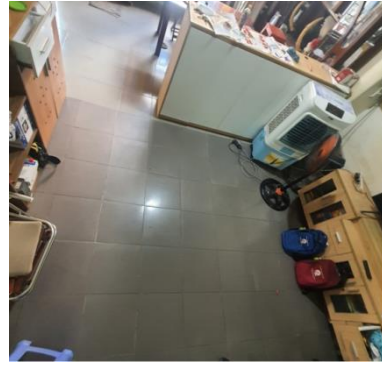


Hình 8. Bản đồ khu vực sa hình trong thực tế

Thứ hai, môi trường di chuyển trong nhà có địa hình bằng phẳng với bản đồ cục bộ Hình 9 và Hình 10, robot sẽ được đánh giá kết quả thực nghiệm với vật cản di động.



Hình 9. Bản đồ khu vực hoạt động trong nhà



Hình 10. Khu vực hoạt động thực tế trong nhà

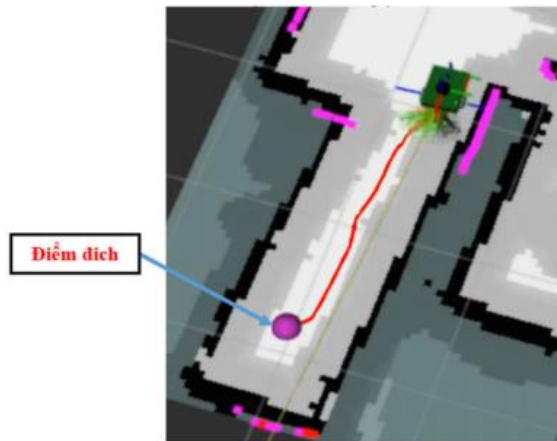
#### 4.1 Di chuyển trong môi trường không vật cản

Robot di chuyển trong môi trường không có vật cản với quãng đường di chuyển là 2.5m Hình 11 và vận tốc di chuyển là 0.3m/s. Quỹ đạo di chuyển được tạo ra và cập nhật tự động. Thuật toán PID điều chế xung PWM điều khiển robot bám theo quỹ đạo di chuyển đến đích. Đáp ứng của robot về vị trí và góc di chuyển được minh họa trong Hình 12 và Hình 13.

$$e_{vitri} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ref} - x_{odom})^2 + (y_{ref} - y_{odom})^2} \quad (4)$$

Để đánh giá hiệu quả bám quỹ đạo của robot, sử dụng phương pháp Root Mean Square Error để tính toán sai số trung bình. Kết quả sai số tính toán được bao gồm, sai số vị trí và sai số góc, có giá trị lần lượt là 0.0171m và 0.5589°, được tính bằng công thức (4) và (5) tương ứng. Sai số trung bình về vị trí và góc trong trường hợp di chuyển trong môi trường không có vật cản là rất nhỏ, cho thấy robot bám quỹ đạo tốt.

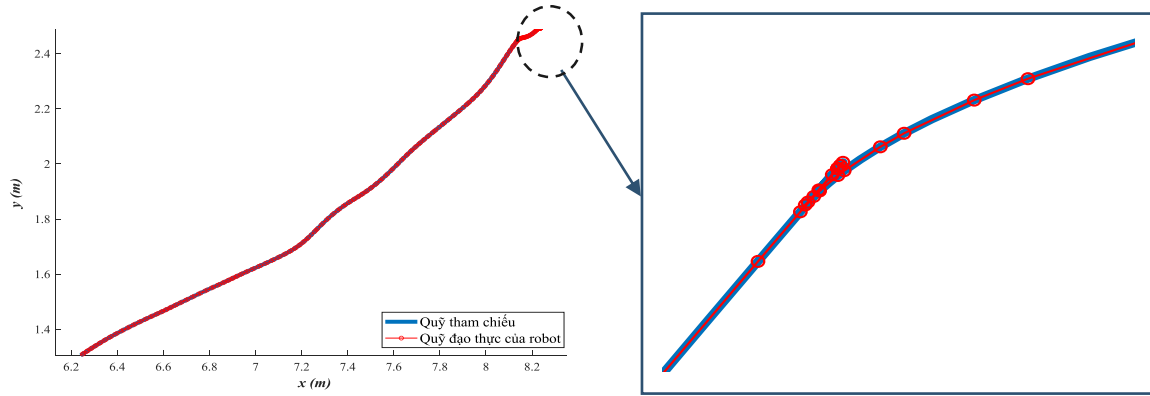
$$e_{\theta} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\theta_{ref} - \theta_{odom})^2} \quad (5)$$



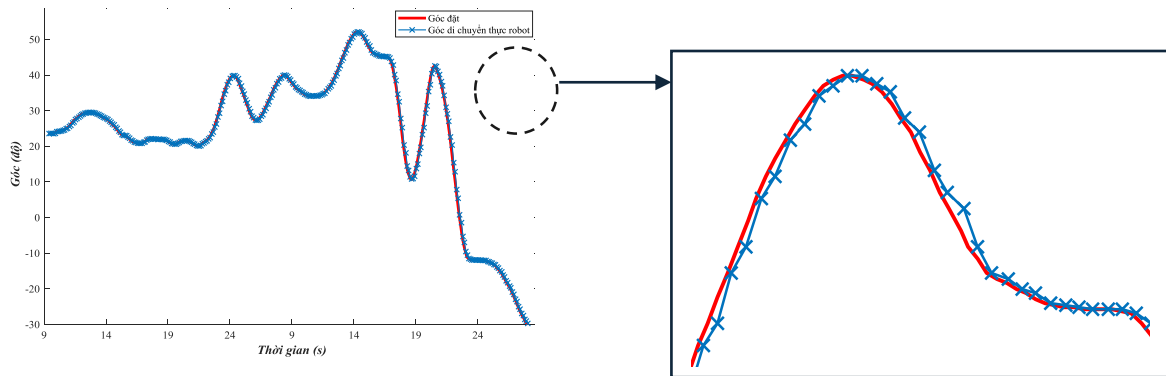
Hình 11. Robot di chuyển trong môi trường không vật cản



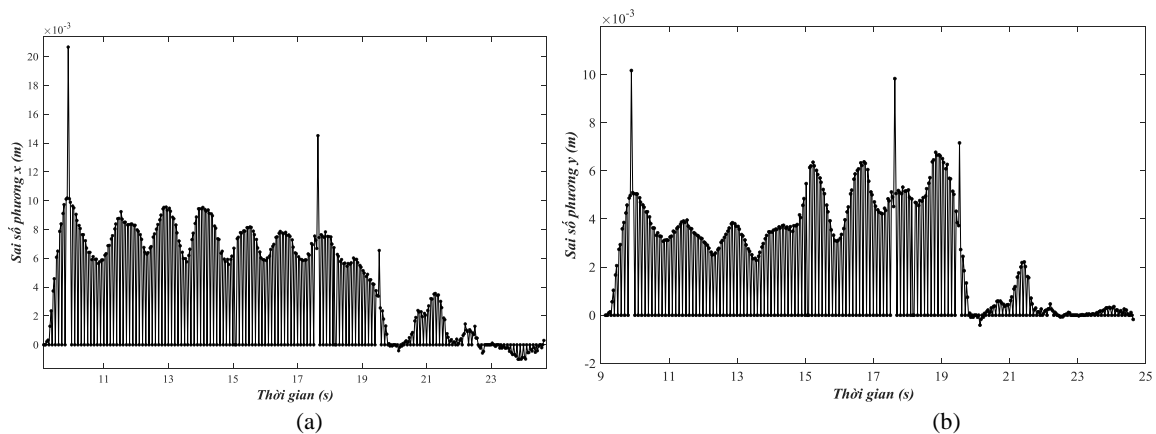
Trong quá trình di chuyển theo quỹ đạo, các sai lệch theo phương x và phương y được đánh giá qua Hình 14. Kết quả cho thấy, sai lệch lớn nhất theo phương x đạt 0.02m và theo phương y là 0.01m. Trong quá trình thực nghiệm, giá trị sai số khi robot di chuyển theo phương x dao động xung quanh 0.007m và theo phương y dao động xung quanh 0.004m. Điều này cho thấy robot di chuyển khá ổn định và ít rung lắc. Tuy nhiên, do môi trường di chuyển của robot có địa hình không phẳng, tại một số thời điểm, có sự gia tăng tạm thời của sai số lên đến 0.02m theo phương x và 0.011m theo phương y. Tuy nhiên, điểm đáng chú ý là những sai số này chỉ xảy ra trong một khoảng thời gian rất ngắn và sau đó được ổn định lại.



Hình 12. Đáp ứng vị trí robot so với quỹ đạo tham chiếu trường hợp không vật cản



Hình 13. Đáp ứng góc di chuyển của robot so với quỹ đạo tham chiếu trường hợp không vật cản



Hình 14. (a) Sai số di chuyển theo phương x. (b) Sai số di chuyển theo phương y trường hợp không vật cản

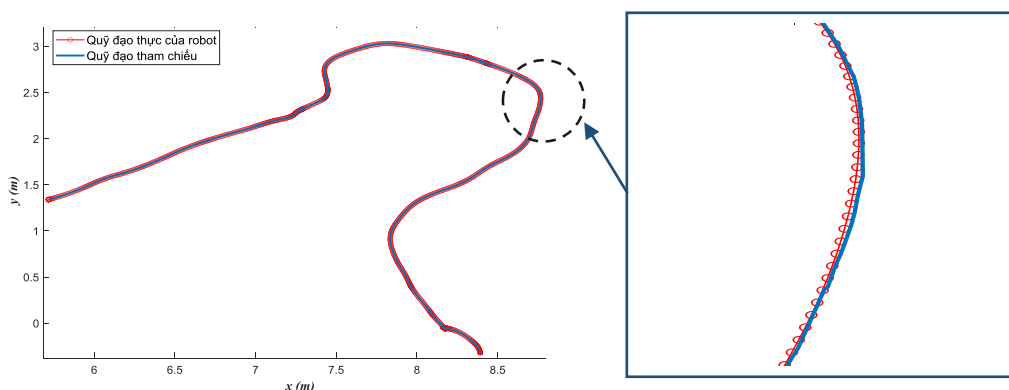
## 5 DI CHUYỂN TRONG MÔI TRƯỜNG CÓ VẬT CẢN

### 5.1 Di chuyển trong môi trường vật cản cố định

Robot di chuyển trong môi trường có vật cản cố định, với hai vật cản được khoanh tròn Hình 15. Bán kính dự đoán va chạm xung quanh vật cản là 0.25m, cho phép hệ thống dẫn đường robot tránh va chạm. Bán kính an toàn của robot từ tâm odom là 0.16m, tương đương với bán kính của robot. Các giá trị này giúp robot tính toán quỹ đạo tham chiếu để tránh vật cản. Kết quả thực nghiệm cho thấy sai số vị trí của robot, tính theo phương pháp Root Mean Square Error, là 0.021m và sai số góc di chuyển là  $1.02^\circ$  Hình 16, Hình 17. Sai số góc lớn nhất xảy ra khi robot gặp vật cản và đạt giá trị  $2.73^\circ$ . Sai số góc lớn đến từ sự thay đổi vị trí đột ngột khi robot tránh vật cản, lực quán tính lớn ảnh hưởng đến hiệu quả bám quỹ đạo tham chiếu của robot.

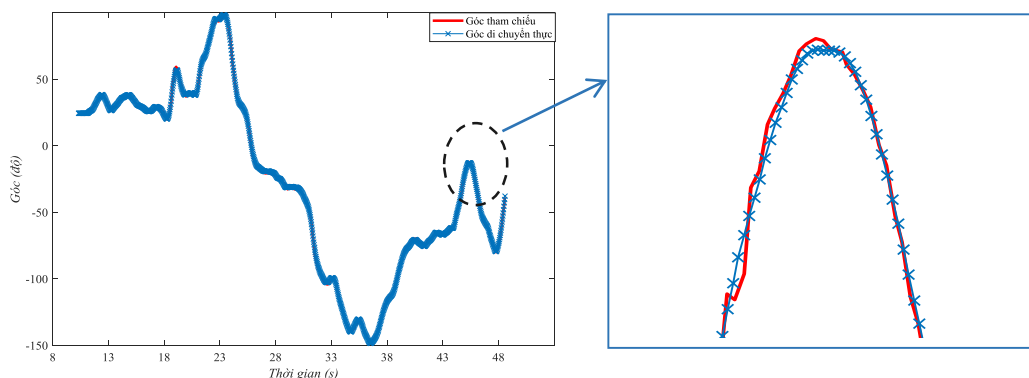


Hình 15. Bản đồ và quỹ đạo di chuyển robot trong môi trường có vật cản cố định



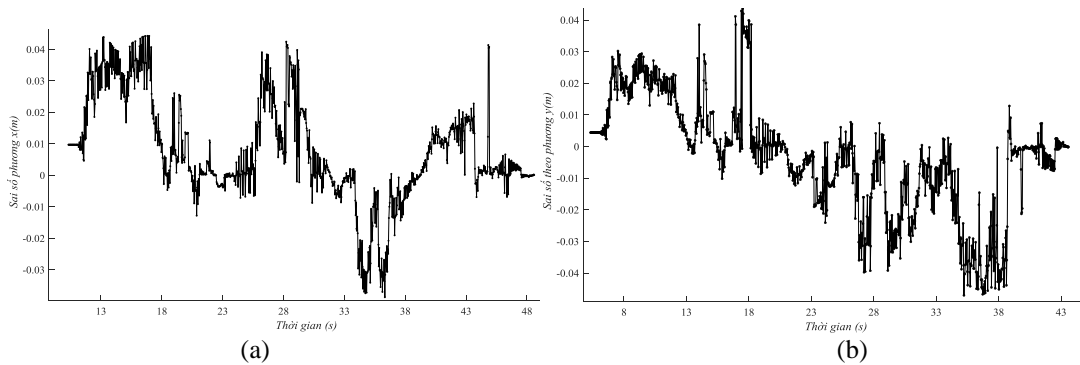
Hình 16. Đáp ứng di chuyển của robot so với quỹ đạo tham chiếu trường hợp vật cản cố định

Robot trong môi trường có vật cản khi di chuyển theo phương x và phương y có sai số lần lượt: Sai số theo phương x có giá trị lớn nhất 0.044m, theo phương y có giá trị lớn nhất 0.042m Hình 18.



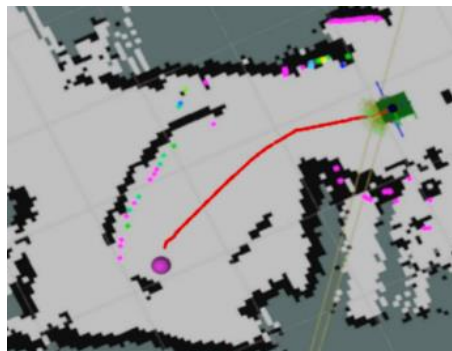
Hình 17. Đáp ứng góc di chuyển robot so với góc tham chiếu trong trường hợp vật cản cố định

Robot di chuyển theo phương x có giá trị sai số dao động quanh giá trị 0.0036m và theo phương y có sai số dao động quanh giá trị 0.002m. Cho thấy trong quá trình di chuyển, robot tương đối dao động qua lại theo trục y vuông góc với phương di chuyển robot. Sự dao động này thường xảy ra khi robot tiếp cận các vị trí có vật cản hoặc các điểm có địa hình phức tạp, và có thể được giải thích bởi sự tương tác giữa quá trình điều chỉnh hướng di chuyển dựa trên thông tin cảm biến LiDAR, lực quán tính và đặc điểm địa hình. Tuy nhiên, sau một thời gian, robot ổn định và tuân theo quỹ đạo tham chiếu Hình 18b. Sự dao động này không ảnh hưởng đến khả năng tránh vật cản của robot, và trong quá trình thực nghiệm, robot không gặp va chạm với bất kỳ vật cản nào trong quá trình di chuyển.

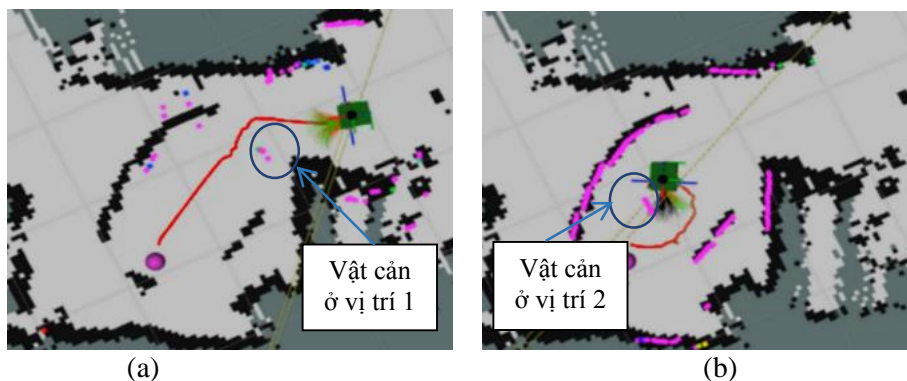


Hình 18. (a) Sai số di chuyển theo phương x. (b) Sai số di chuyển theo phương y đối với trường hợp vật cản cố định

## 5.2 Di chuyển trong môi trường có vật cản động



Hình 19. Quỹ đạo tham chiếu khi chưa có vật cản xuất hiện

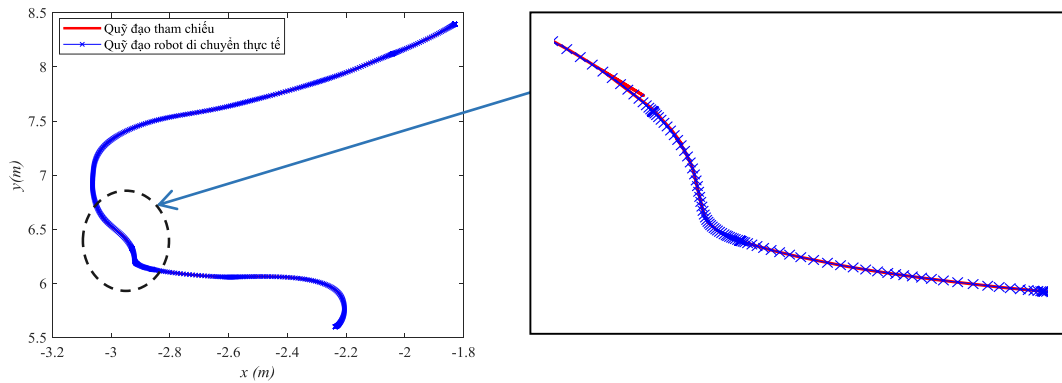


Hình 20. Sự thay đổi quỹ đạo tham chiếu của robot khi phát hiện vật cản di động từ địa điểm 1 (a) và địa điểm 2 (b)

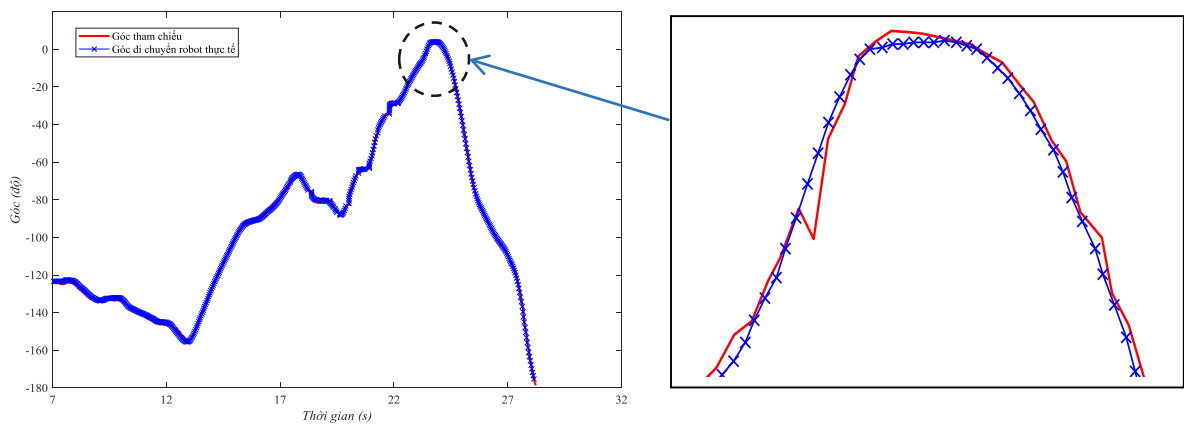
Trong môi trường vật cản di động, thực nghiệm sẽ được diễn ra trong nhà có địa hình bằng phẳng Hình 9, Hình 10. Bài báo thực hiện đánh giá sự thay đổi quỹ đạo tham chiếu và khả năng tránh va chạm khi gặp

phải vật cản di động đột ngột. Trong thực tế, robot sẽ đạt hiệu quả phát hiện vật cản tốt nhất khi chúng nằm trong tầm quét của cảm biến Lidar. Do đó, nhóm thực hiện sẽ bố trí các vật cản di động trong thực nghiệm một cách phù hợp để đánh giá khách quan hiệu quả hoạt động của robot.

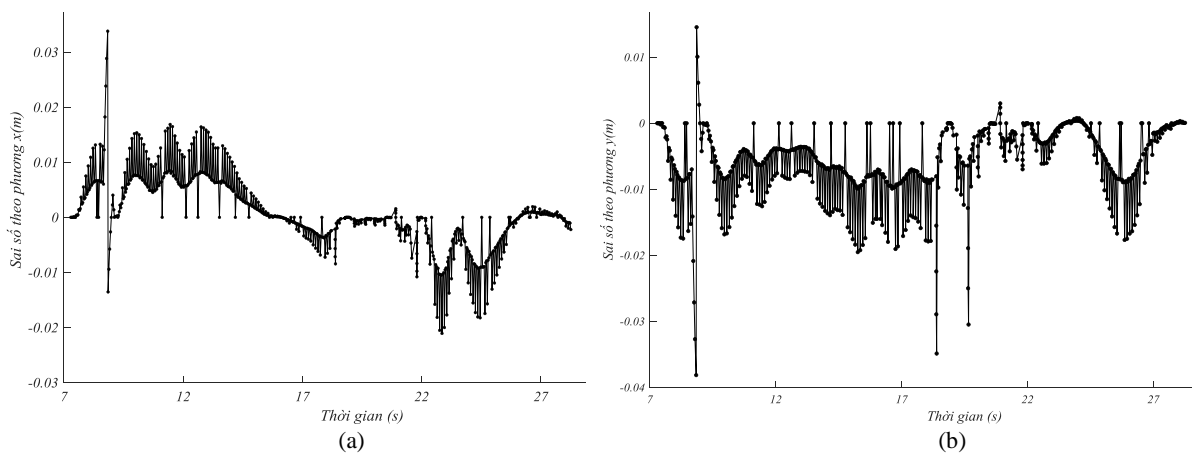
Đối với trường hợp thực nghiệm với môi trường trong nhà, vật cản di động di chuyển từ vị trí 1 đến vị trí 2. Trong quá trình thực nghiệm, quỹ đạo tham chiếu ban đầu khi robot chưa phát hiện vật cản trên đường được thể hiện ở Hình 19. Khi hệ thống phát hiện ra vật cản, thuật toán dẫn đường sẽ đánh dấu tọa độ vật cản. Dựa trên đó tiến hành điều chỉnh thay đổi quỹ đạo tham chiếu Hình 20. Robot bám theo quỹ đạo tham chiếu mới di chuyển tránh vật cản.



Hình 21. Đáp ứng quỹ đạo của robot trong môi trường vật cản di động



Hình 22. Đáp ứng góc của robot di chuyển trong môi trường có vật cản động



Hình 23. (a) Sai số theo phương x, (b) Sai số theo phương y đối với trường hợp vật cản di động trong nhà

Kết quả thực nghiệm bao gồm quỹ đạo tham chiếu và quỹ đạo thực của robot sau khi đã di chuyển đến đích Hình 21. Hiệu quả hoạt động của hệ thống robot sẽ được đánh giá dựa trên dữ liệu này, cụ thể như sau: Sai số về vị trí và góc di chuyển của robot so với quỹ đạo tham chiếu lần lượt là 0.011m và  $1.12^\circ$  Hình 22. Khi so sánh với kết quả thực nghiệm trong môi trường xây dựng nhà xưởng với địa hình có những điểm gập ghềnh, sai số giữa vị trí robot và quỹ đạo tham chiếu của trường hợp thực nghiệm trong nhà địa hình bằng phẳng có giá trị sai số nhỏ hơn đáng kể. Tuy nhiên, sai số về góc lại có giá trị tương đối lớn, do robot phải điều chỉnh hướng di chuyển đột ngột theo một góc lớn để tránh qua vật cản. Lực quán tính lớn làm góc di chuyển thực tế bị lệch so với quỹ đạo tham chiếu, nhưng khi qua khỏi vật cản, thuật toán PID dần điều khiển robot ổn định và bám theo quỹ đạo tham chiếu.

Sai số theo phương x là hướng di chuyển robot, phương y vuông góc với hướng di chuyển robot có giá trị lớn nhất lần lượt là 0.033m và 0.038m Hình 23. Các giá trị sai số này có giá trị lớn ở những thời điểm điều chỉnh hướng di chuyển robot để tránh vật cản. Giá trị sai số theo phương x và phương y giao động quanh giá trị lần lượt là 0.0062m và 0.007m. Điều này cho thấy robot trong di chuyển tránh vật cản di động, tương đối rung lắc qua lại theo trục y. Đây là hệ quả của quá trình điều chỉnh hướng di chuyển để tránh va chạm với vật cản trong thời gian ngắn và góc điều chỉnh lớn. Tuy robot bám không sát theo quỹ đạo tham chiếu tại thời điểm gặp vật cản, nhưng sau khi vượt qua vật cản robot dần ổn định tiếp tục bám tốt theo quỹ đạo tham chiếu.

## 6 KẾT LUẬN

Dựa trên kết quả thực nghiệm, bài báo đã cho thấy hệ thống dẫn đường robot bám theo quỹ đạo tham chiếu và tránh vật cản hoạt động hiệu quả trong môi trường di chuyển phức tạp, có cả vật cản tĩnh và vật cản động. Thông qua đánh giá sai số giữa quỹ đạo tham chiếu và quỹ đạo di chuyển thực tế của robot, có thể thấy rằng hệ thống có khả năng duy trì sự ổn định sau khi vượt qua các vật cản hay địa hình gập ghềnh. Như vậy, hệ thống robot đã đáp ứng tốt các yêu cầu của bài báo, đảm bảo khả năng thực hiện các công việc đòi hỏi robot phải di chuyển theo lộ trình đường đi xác định và tránh va chạm với các vật thể xung quanh.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] F. M. R. W. J. C. S. Macenski, The Marathon 2: A Navigation System, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2020.
- [2] T. F. B. G. C. L. W. W. Steve Macenski, Robot Operating System 2: Design, Architecture, and Uses In The Wild, arxiv, 2022.
- [3] J. F. S´anchez, Implementation and comparison in local planners for Ackermann vehicles, Springer Nature Switzerland AG, 2018.
- [4] W. W. X. Q. X. Z. L. X. J. J. R. W. Ziwei Liao, Object-oriented SLAM using Quadrics and Symmetry Properties for Indoor Environments, Robotics and Autonomous Systems, 2016.
- [5] D. M. R. B. Sundar Ganesh C S, A Study on the Usage of Robot Navigation to Determine Robot’s Own Position in its Frame of Reference and then to Plan a Path towards Some Goal Location, Technoarete, 2022.
- [6] S. U. H. Syed, Lidar Sensor in Autonomous Vehicles, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), March 2022.
- [7] N. W. H. C. \*. Q. W. Y. L. Lintao Zhou, RRT\*-Fuzzy Dynamic Window Approach (RRT\*-FDWA) for Collision-Free Path Planning, applied sciences, 22 April 2023.
- [8] X. C. C. Z. W. Z. Y. L. D. J. Bin Wu, Dynamic Path Planning for Forklift AGV Based on Smoothing A\* and Improved DWA Hybrid Algorithm, CrossRef, PubMed, 2022.
- [9] X. L. X. Y. F. H. ., A. J. C. Y. Chengcheng Wang, Trajectory Tracking of an Omni-Directional Wheeled Mobile Robot Using a Model Predictive Control Strategy, Applied sciences, 2018.

- [10] K. Y. L. L. Ihab S. Mohamed, Autonomous Navigation of AGVs in Unknown Cluttered Environments: log-MPPI Control Strategy, IEEE Robotics and Automation Letters, March 2022.

YSC5.F111

## HỆ THỐNG QUẢN LÝ DỮ LIỆU BỆNH NHÂN SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ RFID

PHAN TUAN ANH<sup>1</sup>, NGUYEN ĐINH PHU<sup>1</sup>, VU NGOC THINH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
phantuananh@iuh.edu.vn , nguyendinhphu161@gmail.com , ngocthinh12092001@gmail.com

**Tóm tắt.** Bài báo trình bày hệ thống quản lý dữ liệu bệnh nhân sử dụng công nghệ RFID kết hợp vi xử lý ESP32, module RDM6300, ngôn ngữ lập trình C++ và cơ sở dữ liệu MySQL. Hệ thống giúp thu thập, xử lý và lưu trữ thông tin bệnh nhân chính xác và hiệu quả, tăng cường chất lượng dịch vụ chăm sóc sức khỏe và quản lý thông tin bệnh nhân một cách nhanh chóng, chính xác. Hệ thống sử dụng cơ sở dữ liệu MySQL để lưu trữ và quản lý thông tin bệnh nhân một cách bảo mật, giúp theo dõi và giám sát thông tin thuận lợi, đảm bảo tính tin cậy cao, dễ dàng cập nhật thông tin mới trên thẻ, tính bảo mật cao, không thể sao chép thẻ vì vậy giải pháp này cũng là xu hướng trong tương lai để cải thiện việc quản lý dữ liệu bệnh nhân trong các cơ sở y tế.

**Từ khóa.** Công nghệ RFID, Vi xử lý ESP32, RDM6300, MySQL.

### THE PATIENT DATA MANAGEMENT SYSTEM USING RFID TECHNOLOGY

**Abstract.** The article presents a patient data management system that utilizes RFID technology combined with ESP32 processing, RDM6300 module, C++ programming language, and MySQL database. The system helps collect, process, and store accurate and efficient patient information, enhancing the quality of healthcare services and enabling rapid and precise patient information management. The system uses a MySQL database to store and manage all patient information securely, helping to track and monitor information conveniently and ensuring high reliability, it ensures easy updates of information on the RFID cards, provides high security, and prevents card duplication. Therefore, this solution is also a trend in the future for improving patient data management in healthcare facilities.

**Keywords.** RFID technology, ESP32 microprocessor, RDM6300.

### 1 GIỚI THIỆU

Các bệnh viện đang sử dụng công nghệ RFID để quản lý và theo dõi thông tin bệnh nhân, các loại thuốc, dược phẩm và thiết bị y tế giúp nâng cao hiệu quả và giảm chi phí hoạt động của các bệnh viện. Ngoài ra, lợi ích của việc sử dụng công nghệ RFID trong y tế cũng góp phần cải thiện chất lượng dịch vụ và đảm bảo an toàn cho bệnh nhân. Ở Việt Nam có các bệnh viện Chợ Rẫy, Nhi Trung Ương, Y Dược Hà Nội, Quốc Tế Hoàn Mỹ Đà Nẵng đã sử dụng công nghệ RFID để quản lý thông tin bệnh nhân và các giấy tờ y tế. Các thẻ RFID được sử dụng để định danh bệnh nhân và theo dõi quá trình chăm sóc y tế.

Dựa trên tính ứng dụng cao của RFID, chúng tôi thiết kế một hệ thống “Quản lý dữ liệu bệnh nhân sử dụng công nghệ RFID”. Bài báo ứng dụng công nghệ RFID, vi điều khiển ESP32, module RDM6300, LCD và cơ sở dữ liệu MySQL để quản lý thông tin bệnh nhân trong các cơ sở y tế. Thiết bị đọc thông tin từ thẻ RFID và hiển thị lên màn hình LCD, cập nhật thông tin vào cơ sở dữ liệu để giúp tăng cường độ chính xác và đáng tin cậy trong quá trình quản lý thông tin bệnh nhân, giảm thiểu các lỗi và nâng cao hiệu quả hoạt động của các cơ sở y tế.

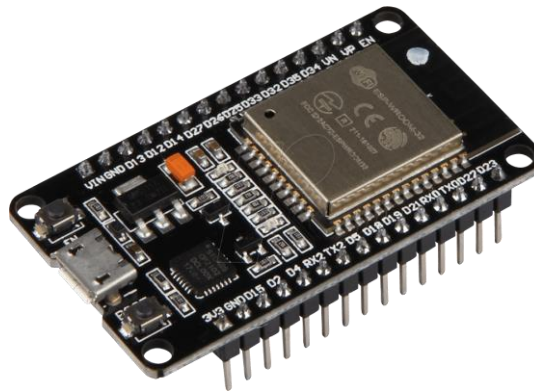
## 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1 Giới thiệu công nghệ RFID

RFID (Radio Frequency Identification) là một công nghệ sử dụng sóng vô tuyến để tự động nhận dạng và thu thập dữ liệu từ các thẻ hoặc thiết bị được gắn chip thông minh. Khi thẻ RFID được đưa vào phạm vi làm việc của máy đọc RFID, thông tin chứa trong thẻ sẽ được đọc và truyền trực tiếp đến máy chủ hoặc hệ thống quản lý. Công nghệ RFID có nhiều ứng dụng trong lĩnh vực logistics, bán lẻ, y tế, thực phẩm và nông nghiệp, v.v. Nó giúp tối ưu hóa quá trình quản lý, kiểm tra thời gian làm việc, tài sản, hàng hoá và nâng cao hiệu suất làm việc [1], [2].

### 2.2 Giới thiệu về NodeMCU ESP32

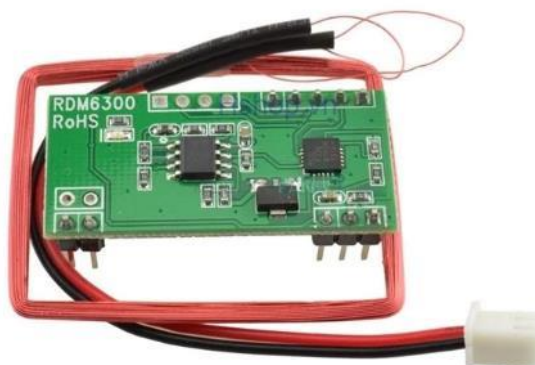
ESP32 là một vi điều khiển của Espressif Systems với kiến trúc System on Chip (SoC) tích hợp nhiều tính năng như Wi-Fi, Bluetooth, GPIO, UART, SPI, I2C, ADC, DAC và các giao tiếp khác [1]. Nó có thể hoạt động như một trung tâm điều khiển cho các thiết bị IoT, giúp kết nối và quản lý thành phần trong mạng IoT. Đồng thời, ESP32 có thể hoạt động như điểm truy cập Wi-Fi hoặc trình điều khiển Bluetooth Low Energy (BLE) tùy thuộc vào ứng dụng [1], [3].



Hình 1. Module ESP32

### 2.3 Giới thiệu về module RDM6300

Mạch đọc thẻ RFID 125Khz giao tiếp UART RDM6300 là một thiết bị nhỏ gọn dùng để đọc mã thẻ RFID ở tần số 125kHz thông qua giao tiếp UART. Thiết bị này tích hợp vi điều khiển và có thể dễ dàng kết nối với các loại vi điều khiển khác. Khả năng giao tiếp UART cho phép dữ liệu được truyền tải một cách thuận tiện đến vi điều khiển hoặc máy tính, có thời độ bền cao và đáp ứng nhanh về mặt thời gian, là một lựa chọn tốt cho các ứng dụng liên quan đến đọc thẻ RFID ở tần số 125kHz [2].



Hình 2. Module RDM6300



## 2.4 Giới thiệu LCD2004

(Liquid Crystal Display) là màn hình tinh thể lỏng có kích thước 20x4 dùng để hiển thị các thông tin cần thiết. Nó được kết nối với vi điều khiển trong các mạch điện tử và là một công cụ hữu ích để theo dõi các hoạt động và thông tin trong các ứng dụng và dự án [3].



Hình 3. LCD2004

## 2.5 Giới thiệu cơ sở dữ liệu MySQL

MySQL là một hệ quản trị cơ sở dữ liệu (DBMS) miễn phí và mã nguồn mở phổ biến, được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng web và doanh nghiệp. Cơ sở dữ liệu MySQL được thiết kế để xử lý các tác vụ truy xuất và lưu trữ dữ liệu nhanh chóng và hiệu quả. Nó cung cấp các tính năng như quản lý người dùng, mã hóa dữ liệu, giao dịch và sao lưu dữ liệu. MySQL có khả năng tích hợp với nhiều ngôn ngữ lập trình khác nhau và có thể hoạt động trên nhiều hệ điều hành khác nhau [4].

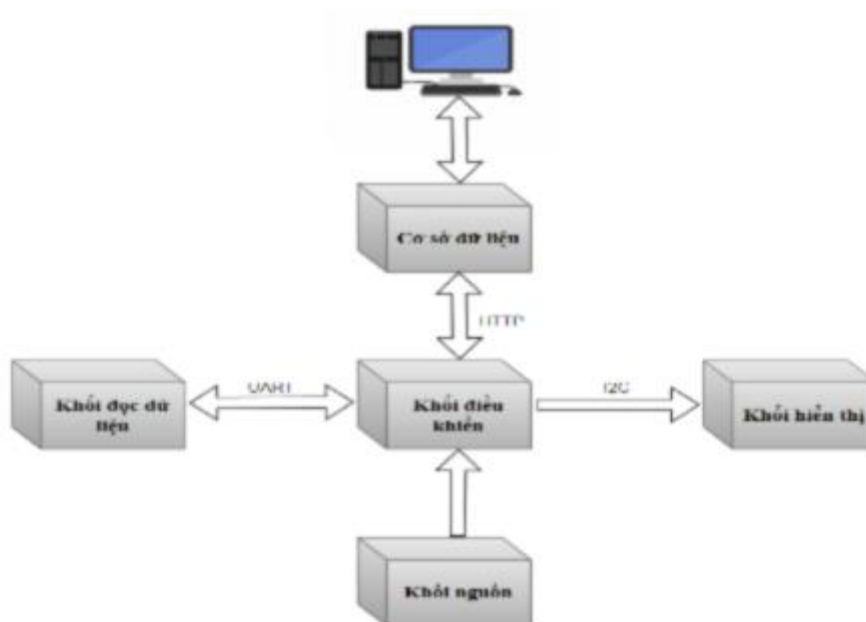
## 2.6 Các phần mềm sử dụng

Bảng 1. Các phần mềm

Số thứ tự	Phần mềm	Tính năng
1	<b>1.1.1</b> <i>Arduino IDE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arduino IDE là môi trường phát triển tích hợp (IDE) miễn phí, mã nguồn mở được sử dụng để lập trình cho các board Arduino [1].</li> <li>- Nó cung cấp các công cụ, thư viện hỗ trợ cho lập trình, kiểm tra mã. Nó cũng hỗ trợ nhiều board Arduino khác nhau và có thể được cài đặt trên nhiều hệ điều hành khác nhau [1].</li> </ul>
2	<b>1.1.2</b> <i>XAMPP</i>	XAMPP là một ứng dụng tạo môi trường máy chủ web trên máy tính cục bộ để sử dụng và đa nền tảng, không cần phải cài đặt và cấu hình các thành phần này một cách riêng lẻ [5],[6].
3	<b>1.1.3</b> <i>Visual Studio</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visual Studio là một trình soạn thảo, môi trường phát triển tích hợp (IDE) từ Microsoft được sử dụng để phát triển phần mềm cho nhiều nền tảng khác nhau gồm: ứng dụng desktop, web, di động, game và các ứng dụng trên đám mây [7].</li> <li>- Nó cung cấp nhiều tính năng hỗ trợ cho lập trình viên như sửa lỗi mã tự động, kiểm tra chính tả, điều khiển phiên bản, gỡ lỗi và kiểm thử mã. Visual Studio có thể được sử dụng để lập trình trên nhiều ngôn ngữ lập trình khác nhau như C++, C#, VB.NET, JavaScript và Python [7].</li> </ul>

### 3 PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

#### 3.1 Sơ đồ khối của hệ thống



Hình 4. Sơ đồ khối hệ thống

**Khối điều khiển:** Khối điều khiển RFID là một thiết bị nhỏ gọn với vai trò trung tâm điều khiển cho các thẻ RFID, giúp lấy dữ liệu và thông tin được quản lý của các bệnh nhân.

**Khối hiển thị:** Khối hiển thị dữ liệu là một màn hình LCD được dùng để hiển thị dữ liệu của người bệnh.

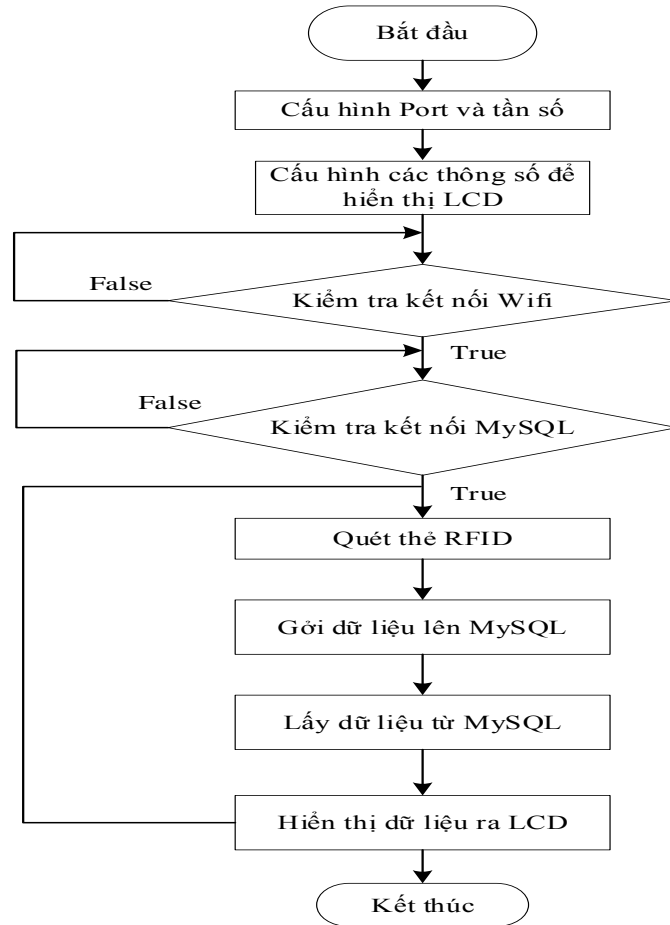
**Khối đọc dữ liệu:** Khối đọc dữ liệu là thiết bị đọc thẻ RFID dùng để đọc các thẻ RFID để thu thập thông tin, khối đọc này có thể đọc và giải mã dữ liệu từ các thẻ RFID.

**Cơ sở dữ liệu:** Chứa thông tin ID các thiết bị RFID, các phương thức của thẻ RFID: sửa, xóa, thêm... thông tin và tình trạng về bệnh nhân. Database giúp cho việc theo dõi, quản lý và cập nhật tình trạng của bệnh nhân một cách nhanh chóng và chính xác nhất.

**Máy tính (PC):** Nhận dữ liệu thu từ khối cơ sở dữ liệu đồng thời thông tin nhận được qua đó sẽ được kiểm tra, theo sau là thông tin đăng nhập được kiểm tra và đi cùng thông tin bệnh nhân như là bệnh án của người bệnh, thông qua đó gửi dữ liệu được thêm từ phần mềm PC lên khối cơ sở dữ liệu.

#### 3.2 Nguyên lý hoạt động của hệ thống

##### 3.2.1 Lưu đồ giải thuật



Hình 5. Lưu đồ giải thuật

### 3.2.2 Nguyên lý hoạt động

- Đầu tiên cần cấu hình Port, tần số, các thông số hiển thị LCD để chương trình hoạt động
- Kiểm tra kết nối Wifi nếu kết không thành công chương trình được sẽ tiến hành kết nối lại.
- Sau khi thành công trong kết nối Wifi, kiểm tra kết nối đến Database MySQL, nếu kết nối thất bại sẽ tiến hành kết nối lại.
- Sau khi thành công trong liên kết đến Database MySQL, tiến hành quét thẻ RFID.
- Quét thành công thẻ RFID gửi dữ liệu vừa được lấy từ thẻ lên MySQL
- Đồng thời khi quét, tiến hành lấy dữ liệu từ MySQL.
- Sau khi lấy dữ liệu từ MySQL, hiển thị dữ liệu ra LCD, quay trở lại bước quét thẻ RFID.

## 4 KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

### 4.1 Board mạch hoàn thiện



Hình 6. Board mạch hoàn thiện

## 4.2 In 3D đóng hộp sản phẩm



Hình 7. Đóng hộp sản phẩm

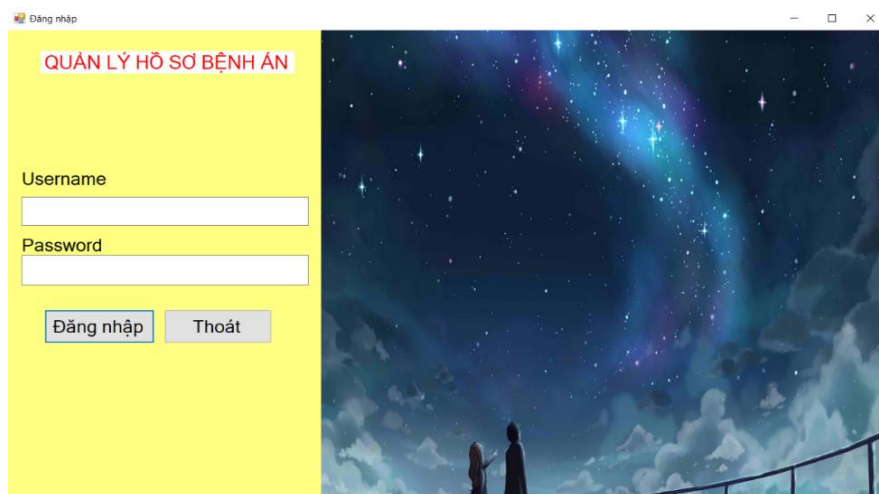
## 4.3 Cơ sở dữ liệu MySQL

	id	sophong	image	name	age	gender	address	sdt	HSbenhan	DonThuoc	datetime
<input type="checkbox"/>	1870047071	P6	System.Byte[]	Ng. Tien Luat	7/7/1997	Nam	HCM	313135421	Viêm xoang	Paradon	2023-06-06 13:04:36
<input type="checkbox"/>	2870048962	P1		N. Van Tuan	6/9/2000	Nam	HCM	74817981	Đau dạ dày		2023-05-26 13:00:32
<input type="checkbox"/>	4087004840	P2	System.Byte[]	B.T My Linh	4/10/1999	Nam	BRVT	57648843	Viêm xoang	Apaza	2023-05-26 13:04:00
<input type="checkbox"/>	4840870048							0			2023-05-26 14:39:25
<input type="checkbox"/>	6870042276							0			2023-06-06 14:20:26
<input type="checkbox"/>	7004598114	P4		Pham Gia Huan	7/6/2001	Nam	HCM	96478272	Sốt xuất huyết		2023-05-26 14:33:07
<input type="checkbox"/>	7438870047							0			2023-06-06 14:19:47
<input type="checkbox"/>	7870047167							0			2023-06-06 14:22:29
<input type="checkbox"/>	8700438777	P3		Bui Van Hoang	8/5/1998	Nam	HCM	311232891	Đau vai gáy		2023-05-26 13:03:49
<input type="checkbox"/>	8700468672	P5		Nguyen Ngoc Thinh	3/9/2001	Nam	HCM	96878424	Viêm khớp		2023-05-26 13:03:25
<input type="checkbox"/>	8700477438							0			2023-06-06 14:19:37

Hình 8. Cơ sở dữ liệu MySQL

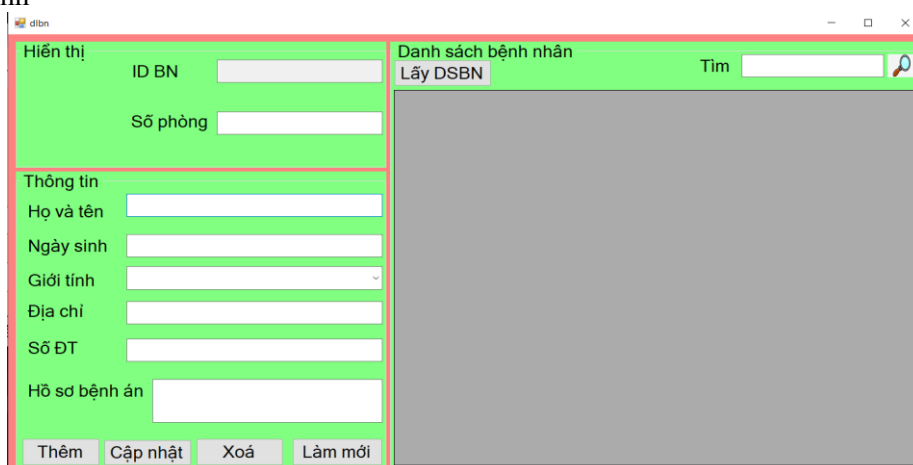
## 4.4 Thiết kế phần mềm

### Giao diện đăng nhập



Hình 9. Giao diện đăng nhập

### Giao diện chính



Hình 10. Giao diện chính

## 5 KẾT LUẬN

Hệ thống quản lý dữ liệu bệnh nhân sử dụng công nghệ RFID đã được kiểm tra và hoạt động hiệu quả, đáp ứng đầy đủ các yêu cầu quản lý dữ liệu bệnh nhân. Phần cứng hoạt động ổn định, kết nối được tới Wifi và CSDL thông qua Wifi. Trong quá trình truy vấn, thiết bị có thể quét ID thẻ và đưa dữ liệu lên cơ sở dữ liệu MySQL cũng như hiển thị ID trên màn hình, nếu có thông tin bệnh nhân thì hiển thị trên LCD. Phần mềm thực hiện các chức năng như hiển thị ID bệnh nhân trên giao diện, thêm thông tin bệnh nhân, tìm kiếm thông tin bệnh nhân theo ID, tên hoặc quê quán. So sánh với cách dùng mã vạch trước đây thì công nghệ RFID giúp giảm thời gian đăng ký khám bệnh, đảm bảo thông tin nhanh chóng và chính xác về hồ sơ của bệnh nhân cũng như bảo mật thông tin tốt hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Giới thiệu module ESP32 và hướng dẫn cài trình biên dịch trên Arduino Ide.Nick Chung [Thứ năm, 11 Tháng 5, 2017].
- [2] Interfacing RDM6300 RFID Reader Module with Arduino Published March 23, 2021 AAshish Choudhary Author.
- [3] Tổng quan về sơ đồ chân ESP32 và ngoại vi POSTED ON 14/06/2021 BY KHUÊ NGUYỄN.

[4] Paul DuBois. MySQL [5th edition]. 2013.

[5] Gralla, Gabe [2011-04-22]. "XAMPP for Windows". PCWord. IDG. Archived from the original on 2017-08-28. Retrieved 2018-10-18.

[6]"Where XAMPP is used commonly and what it can do.". Owusu-Ansah Godfred. Archived from the original on 2015-06-19. Retrieved 2012-04-30.

[7] Robin Nixon. Learning PHP, MySQL & JavaScript. 2014.

YSC5.F112

## THIẾT KẾ HỆ THỐNG QUẢN LÝ CÂU LẠC BỘ BILLIARD THÔNG MINH CHỐNG THẮT THOÁT DOANH THU

TRẦN NGỌC ANH<sup>1\*</sup>, NGUYỄN THANH TIẾN<sup>1</sup>, TRẦN NGỌC ANH<sup>1</sup>, TRẦN MẠNH DUY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
\*tranngocanh@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Bài báo này trình bày về việc ứng dụng IoT (Internet of Thing) để xây dựng “Hệ thống quản lý Billiard thông minh” nhằm mục đích số hóa việc quản lý và chống thất thoát doanh thu cho các câu lạc bộ (CLB) Billiard. Chức năng chính của hệ thống là kiểm soát việc đóng/ngắt nguồn điện chiếu sáng tại các bàn Billiard bằng phần mềm, khi nguồn điện chiếu sáng bàn Billiard được bật cũng là lúc phần mềm bắt đầu thực hiện quá trình tính phí người dùng. Tính năng nổi bật của hệ thống là sự kết hợp giữa phần cứng IoT (Lora Mesh) và phần mềm điều khiển giúp tối ưu hóa tiêu thụ điện năng, kiểm soát thu/chi chống thất thoát nguồn thu cho các CLB Billiard. Một ưu điểm khiến hệ thống trở nên khác biệt so với các hệ thống quản lý Billiard khác là thiết kế dựa trên mạng truyền thông không dây IoT LoRa Mesh, giúp tối ưu hóa chi phí cơ sở hạ tầng mạng và cho phép triển khai dễ dàng. Hệ thống được thiết kế bao gồm phần cứng bộ điều khiển trung tâm (IoT\_Gateway) và phần cứng bộ quản lý chiếu sáng tại bàn Billiard (IoT\_End\_Device), phần mềm điều khiển trung tâm. Dữ liệu thu thập sẽ được cập nhật theo thời gian thực với Cloud Server, cung cấp chức năng quản lý, giám sát từ xa. Kiểm chứng thực tế cho kết quả hệ thống hoạt động ổn định, chính xác và hiệu quả cao.

**Từ khóa.** Internet of Things; mạng Lora; hệ thống quản lý Billiard; điều khiển thông minh.

### DESIGN INTELLIGENT BILLIARD MANAGEMENT SYSTEM PREVENT LOSS REVENUE

**Abstract.** This article presents the application of IoT (Internet of Things) to design an "Intelligent Billiard Management System" to digitize the management and prevent revenue loss for Billiard clubs. The main function of the system is to control the on/off lighting power at Billiard tables by software, when the lighting power at the billiard table is turned on, the software begins to perform the user charging process. The highlight of the system is the combination of IoT hardware (Lora Mesh) and central control software to optimize power consumption and control revenue/expenditure to prevent revenue loss for billiard clubs. One advantage that sets the system apart from other billiards management systems is its design based on the IoT LoRa Mesh wireless communication network, which helps optimize network infrastructure costs and enables easy deployment. The system is designed to include the hardware central controller (IoT\_Gateway), hardware of the lighting manager at the billiard table (IoT\_End\_Device), and central management software. Collected data is updated in real-time with Cloud Server, providing remote monitoring and management functions. Actual testing results in a stable, accurate, and highly efficient system.

**Keywords.** Internet of Things; Lora network; Billiard management system; Intelligent control.

### 1 GIỚI THIỆU

Trong thời đại công nghệ số hiện nay, Internet of Things (IoT) đang ngày càng phát triển và có những ứng dụng đa dạng cho thế giới. Nó đã đem lại những đột phá trong các lĩnh vực như: giao thông thông minh, thành phố thông minh và nhiều lĩnh vực khác, tạo ra cuộc sống của con người trở nên đáng tin cậy và hiệu quả [9-11]. Việc áp dụng IoT mang lại rất nhiều lợi ích cũng như đóng góp vai trò rất lớn trong công cuộc số hóa việc quản lý kinh doanh, trong bài báo [1] đã trình bày rất rõ về việc này.

Trong nghiên cứu về việc đưa mô hình kinh doanh ứng dụng IoT vào doanh nghiệp vừa và nhỏ, nhiều nghiên cứu đã được tiến hành để tìm hiểu cách để thực hiện song song mô hình kinh doanh IoT với mô hình kinh doanh hiện có của doanh nghiệp [2]. Đặc biệt, các mạng riêng dựa trên công nghệ LoRa (Long Range) đã được nghiên cứu và áp dụng để cải thiện phạm vi phủ sóng mạng và giảm tỷ lệ xung đột dữ liệu trong các ứng dụng IoT [6]. Nghiên cứu đã phân tích và đánh giá hiệu suất của mạng LoRa thông qua các thí nghiệm thực tế để quyết định đưa mạng LoRa vào hệ thống IoT và tăng phạm vi quản lý các cảm biến IoT [4]. Nghiên cứu cũng tập trung vào việc áp dụng công nghệ LoRa vào các lĩnh vực cụ thể như việc thiết kế ứng dụng LoRa vào các đầu báo cháy, nhằm khắc phục sự chậm trễ trong việc báo cháy rừng và đảm bảo việc triển khai phương pháp phòng cháy chữa cháy kịp thời [5]. Hơn nữa, một ứng dụng tiềm năng của công nghệ IoT là trong lĩnh vực giáo dục. Nghiên cứu đã trình bày thiết kế sử dụng mô-đun mạng lưới LoRa cho các ứng dụng IoT trong phạm vi trường học, tạo ra một môi trường học tập thông minh và kết nối [7]. Đồng thời, công nghệ IoT cũng có thể được áp dụng trong lĩnh vực nông nghiệp, như việc giám sát từ xa các trang trại nông nghiệp thông qua mạng truyền thông LoRa [8]. Việc triển khai hệ thống giám sát từ xa này cho phép thu thập dữ liệu liên tục từ các thiết bị IoT khác nhau, tạo điều kiện thuận lợi cho quản lý nông nghiệp hiệu quả.

Tại Việt Nam một số giải pháp quản lý CLB Billiard đang có trên thị trường như: Phần mềm quản lý tính tiền CLB Billiard của PosApp, Misa, Sapo và một số đơn vị khác. Các giải pháp này tập trung vào tính tiền thông qua phần mềm với một yếu điểm cốt lõi là dùng nhân viên để thực hiện tính tiền, tính thủ công rất cao và điều này là sơ hở để dẫn đến gian lận. Bên cạnh đó Ezibee cung cấp giải pháp quản lý tính phí cho CLB Billiard thông minh hơn thông qua quản lý nguồn điện chiếu sáng cho bàn Billiard, nhưng hệ thống vẫn sử dụng kết nối có dây làm cho chi phí xây dựng hạ tầng cao và thi công phức tạp, đặc biệt khó khăn khi triển khai cho các CLB Billiard đang hoạt động.

Bài báo trình bày về việc ứng dụng IoT (Internet of Thing) xây dựng “Hệ thống quản lý Billiard thông minh” nhằm mục đích số hóa việc quản lý và chống thất thoát doanh thu cho các câu lạc bộ (CLB) Billiard. Chức năng chính của hệ thống là kiểm soát việc đóng/ngắt nguồn điện chiếu sáng tại các bàn Billiard bằng phần mềm, khi nguồn điện chiếu sáng bàn Billiard được bật cũng là lúc phần mềm bắt đầu thực hiện quá trình tính phí người dùng. Cách làm này sẽ tối ưu hóa điện năng tiêu thụ, đèn tại bàn Billiard chỉ được bật khi có khách hàng sử dụng và trạng thái của đèn được cập nhật theo thời gian thực đến phần mềm quản lý để tiến hành tính phí người dùng, tạo nên sự chặt chẽ giúp chống thất thoát doanh thu. Tính năng nổi bật của hệ thống là sự kết hợp giữa phần cứng IoT (Lora Mesh) và phần mềm điều khiển giúp tối ưu hóa tiêu thụ điện năng, kiểm soát thu/chi chống thất thoát nguồn thu cho các CLB Billiard. Một ưu điểm khiến hệ thống trở nên khác biệt so với các hệ thống quản lý CLB Billiard khác là thiết kế dựa trên mạng truyền thông không dây LoRa Mesh, giúp tối ưu hóa chi phí cơ sở hạ tầng mạng và cho phép triển khai dễ dàng. Hệ thống được thiết kế bao gồm phần cứng bộ điều khiển trung tâm IoT\_Gateway, và phần cứng bộ quản lý chiếu sáng tại bàn Billiard IoT\_End\_Device, phần mềm điều khiển trung tâm. Dữ liệu thu thập sẽ được cập nhật theo thời gian thực với Cloud Server, cung cấp chức năng quản lý, giám sát từ xa. Kiểm chứng thực tế cho kết quả hệ thống hoạt động ổn định, chính xác và hiệu quả cao.

Dưới đây là phần còn lại của bài báo gồm: khảo sát phân tích, thiết kế, kiểm tra thử nghiệm hệ thống, kết luận, hướng phát triển của nghiên cứu

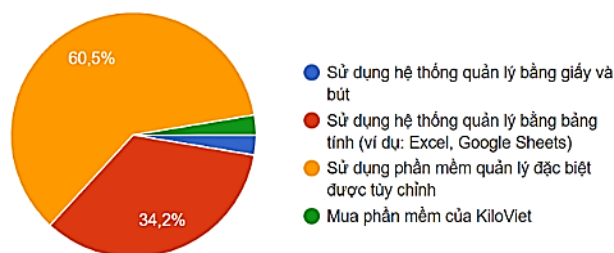
## 2 PHÂN TÍCH THIẾT KẾ HỆ THỐNG

### 2.1 Khảo sát và thiết kế hệ thống

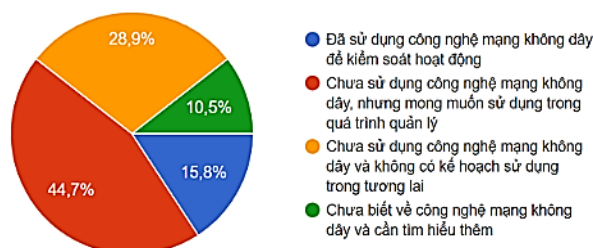
Đầu tiên, chúng tôi bắt đầu khảo sát về hệ thống quản lý thông qua phiếu khảo sát online và trực tiếp tại các CLB Billiard ở thành phố Hồ Chí Minh. Sau khi thực hiện khảo sát thì thu được 35 mẫu khảo sát từ các CLB Billiard. Thực hiện tổng hợp và số hóa thu được các kết quả như sau:

Trong quá trình khảo sát thấy một số điểm chung tại hầu hết các CLB Billiard hiện nay là việc quản lý mang tính thủ công bằng tay, hoặc phần mềm thuần túy. Cách quản lý này quản lý không chặt chẽ, tốn nguồn nhân lực, lãng phí điện năng, khó để kiểm tra giám sát, đặc biệt khả năng thất thoát doanh thu cao. Từ việc khảo sát chúng tôi đã nắm được các hoạt động quan trọng trong việc quản lý CLB Billiard, thiết kế hệ thống cần đạt các yêu cầu sau:





Biểu đồ sử dụng hệ thống quản lý của CLB Bida



Biểu đồ áp dụng công nghệ mạng không dây trong quản lý CLB Bida

Hình 1. Biểu đồ khảo sát các CLB Billiard

- Hệ thống phải được thiết kế với chức năng chính là chống thất thoát doanh thu tuyệt đối: hệ thống sẽ căn cứ theo nguyên lý bật/tắt điện chiếu sáng tại bàn Billiard làm cơ sở để tính tiền tự động.
- Quản lý các dịch vụ: phục vụ đồ ăn và đồ uống trong quá trình chơi Billiard.
- Quản lý kho hàng: quản lý các công cụ, dụng cụ phục vụ Billiard.
- Báo cáo doanh thu, hóa đơn chi tiết.
- Giám sát từ xa: qua web hoặc điện thoại.

Từ các thông số đã khảo sát được, chúng tôi đã xây dựng một hệ thống quản lý đầy đủ hơn, hiệu quả cao hơn. Hệ thống quản lý CLB Billiard thông minh chống thất thoát doanh thu sẽ hoạt động trên nguyên tắc: sử dụng phần mềm điều khiển trên máy tính để điều khiển việc chiếu sáng tại bàn Billiard thông qua môi trường truyền thông không dây Lora Mesh. Máy tính sẽ tự động tính phí người dùng khi đèn chiếu sáng được bật/tắt, cách làm này sẽ tối ưu hóa điện năng tiêu thụ và chống thất thoát doanh thu. Toàn bộ hoạt động của CLB Billiard sẽ được cập nhật theo thời gian thực lên Cloud để phục vụ quản lý và giám sát từ xa.

## 2.2 Đề xuất kiến trúc chung toàn hệ thống

Hệ thống được thiết kế dựa trên các yêu cầu đã phân tích và có cấu trúc như hình 2 bao gồm các thành phần:

- **Bộ điều khiển trung tâm (IoT\_Getway):** giữ vai trò chủ đạo gửi nhận thông tin từ phần mềm trên máy chủ (Server) tới các bộ quản lý bàn Billiard (BQLB) qua mạng không dây Lora, điều khiển thiết bị mở/tắt điện và thu thập thông tin giờ chơi.
- **Bộ quản lý bàn Billiard (IoT\_End\_Device):** Nhận thông tin của máy chủ (Server) sau đó thực thi yêu cầu, qua đó gửi các thông tin theo từng yêu cầu về máy chủ qua mạng không dây Lora.
- **Cloud:** Phục vụ quản lý giám sát từ xa.
- **Phần mềm quản lý và trung tâm dữ liệu (Server):** Chịu trách nhiệm quản lý, điều hành hoạt động của toàn hệ thống, lưu trữ dữ liệu, trích xuất báo cáo.
- **Thiết bị I/O (thẻ RFID, máy in Bill):** thẻ RFID vừa là thẻ của nhân viên vừa sử dụng để đăng nhập hệ thống và máy in Bill in thanh toán của dịch vụ.



Hình 2. Cấu trúc hệ thống phần cứng

## 2.3 Thiết kế chi tiết hệ thống

### 2.3.1 Lựa chọn mạng truyền thông

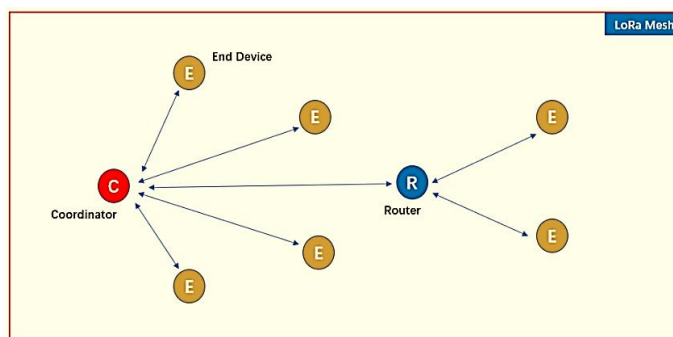
Là một ứng dụng IoT nên việc lựa chọn mạng không dây đáp ứng các yêu cầu như: độ trễ thấp nhất, độ chính xác cao, bền bỉ và tiết kiệm năng lượng đóng vai trò quan trọng trong thiết kế.

Bảng 1. Bảng thống kê so sánh Zigbee và LoRa

Thông số	Zigbee-Mesh	Lora-Mesh
Băng tần	868MHz, 915MHz, 2.4GHz	470MHz - 510 MHz
Khoảng cách	10 – 100 m	0 – 3 km
Tốc độ truyền	20 – 250Kbps	0.3 – 50 kbps
Năng lượng tiêu thụ	Rất thấp	Rất thấp
Cấu trúc mạng	Mesh gồm Coordinator, Router, End Device	Mesh gồm Coordinator, Router, End Device
Công nghệ sử dụng	DSSS	CSS

Bảng 1 so sánh giữa 2 nền tảng truyền thông không dây đang khá phổ biến trong rất nhiều hệ thống IoT hiện nay. Mạng LoRa Mesh được chọn lựa vì đáp ứng được yêu cầu quản lý trong phạm vi rộng rất tốt, tần số hoạt động tránh được các xung đột với mạng phổ biến nhất hiện nay WIFI.

Tính năng ưu việt của mạng LoraMesh được sử dụng trong nghiên cứu này là định tuyến tự động, điều này giúp việc mở rộng mạng và gia tăng khoảng cách đường truyền đơn giản và dễ dàng. Bằng cách thêm nút trung gian R (Router) vào giữa 2 nút C (Coordinator or Gateway) và E (End Device) khoảng cách truyền của hệ thống đã được mở rộng.



Hình 3. Cấu trúc mạng LoRaMesh

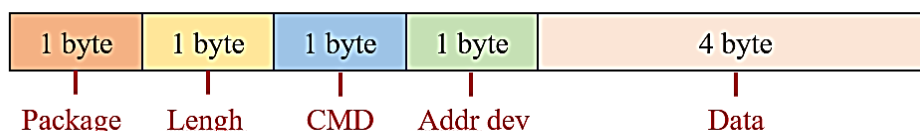
Phương thức truyền nhận dữ liệu giữa Gateway, Router & End Device

- Dữ liệu được gửi từ IoT\_Gateway đến tất cả các IoT\_End\_Device và Route.

- Dữ liệu được gửi từ IoT\_End\_Device hoặc Route chỉ có IoT\_Gateway nhận được.
- Dữ liệu không bị thay đổi trong quá trình truyền/nhận trong toàn hệ thống mạng.
- Router có thể được sử dụng là nơi tự động chuyển tiếp dữ liệu nếu khoảng cách giữa IoT\_Gateway và IoT\_End\_Device quá xa.

### 2.3.2 Định dạng Frame truyền

Việc thiết kế frame truyền cho việc truyền nhận dữ liệu trên mạng LoRa đóng vai trò quan trọng để hệ thống hoạt động chính xác và hiệu quả. Frame truyền đã được thiết kế như sau.



Hình 4. Cấu trúc frame truyền

Trong đó:

Length: độ dài 1-byte dùng để quy định độ dài frame truyền

Package: là 1-byte đầu tiên quy định cho các hướng truyền (F1 là Gateway to End Device, F2 là End Device to Gateway, F3 là frame truyền về khi sử dụng nút nhấn)

CMD: độ dài 1-byte với chức năng là mã lệnh thực thi

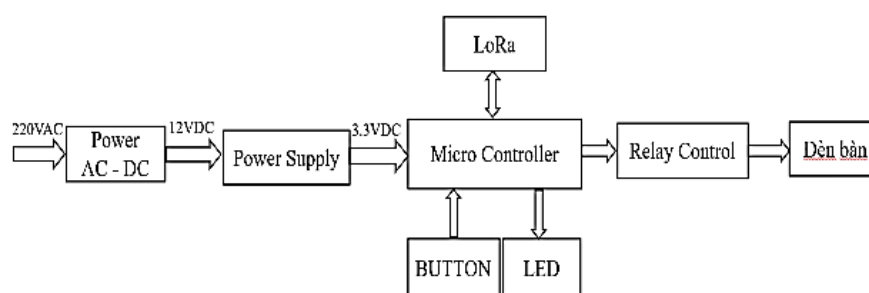
Addr dev: độ dài 1-byte gồm địa chỉ của thiết bị được quy định từ 00-FF (trong đó 00 là địa chỉ chung, FF là địa chỉ mặc định của thiết bị khi cấp mới)

Data: sẽ là dữ liệu truyền để thực thi lệnh

### 2.3.3 Thiết kế bộ quản lý bàn Billiard (IoT\_End\_Device)

Bộ quản lý bàn Billiard (IoT\_End\_Device) bao gồm các thành phần như LoRa (được cấu hình là module End-Node) để giao tiếp với Server, MCU (vi xử lý STM32F030F4P6) để xử lý tín hiệu bằng giao tiếp UART với module LoRa và thực hiện xử lý ngoại vi thông qua GPIO. Tất cả các chức năng sẽ được gán với một mã lệnh được quy định và lập trình bên trong vi điều khiển.

IoT\_End\_Device sẽ được kết nối với đèn bàn thay thế cho công tắc thủ công và sẽ đóng vai trò là công tắc điều khiển tự động, cũng như là bộ thu thập thông tin bàn và truyền về máy chủ thông qua mạng LoRa-Mesh được kết nối với IoT\_Gateway. Tất cả các lệnh sẽ được quy định thành bảng mã lệnh riêng của hệ thống. Khi nhận được yêu cầu từ máy chủ IoT\_Gateway sẽ thực hiện và trả về thông tin mà người dùng yêu cầu.



Hình 5. Cấu trúc bộ quản lý bàn Billiard

Nguyên lý hoạt động của Bộ quản lý bàn Billiard

Nguồn điện 220VAC sẽ được đưa vào khối Power AC-DC chuyển đổi thành 220VDC và được hạ áp để chuyển sang 12VDC. Khối Power Supply sẽ thực hiện việc chuyển đổi nguồn điện 12VDC sang điện áp ổn định 3.3VDC để cấp cho các khối MCU, LoRa.

Dữ liệu nhận được từ khối LoRa sẽ được gửi đến khối MCU thông qua chuẩn giao tiếp UART để thực hiện việc kiểm tra xử lý, các khối BUTTON, LED, Relay Control sẽ được kết nối với vi điều khiển bằng chân GPIO để thực hiện các chức năng của vi điều khiển.

**Chức năng chi tiết của các thành phần**

**Power AC-DC:** Là khối chuyển đổi nguồn AC – DC chuyển điện áp từ 220VAC thành 220VDC nhờ cầu diode MB6S và sau đó qua biến thế để chuyển điện áp thành 12VDC

**Power Supply:** Sử dụng LM2596S-3.3V để nhận điện áp đầu vào là 12VDC và cố định điện áp đầu ra 3.3VDC để cung cấp nguồn cho các khối LoRa và MCU.

Micro Controller: STM32F030F4P6 được sử dụng có chức năng truyền nhận dữ liệu tới LoRa thông qua UART và so sánh với mã lệnh đã được quy định sẵn trong code. Dữ liệu nhận được sẽ so sánh với dữ liệu được quy định nếu đúng sẽ điều khiển khối ngoại vi hoặc trả về dữ liệu, nếu sai sẽ không làm gì cả. Vi xử lý cũng có thể được sử dụng để gửi các lệnh cấu hình, gia nhập mạng cho Module LoRa để thực hiện việc cấu hình từ xa.

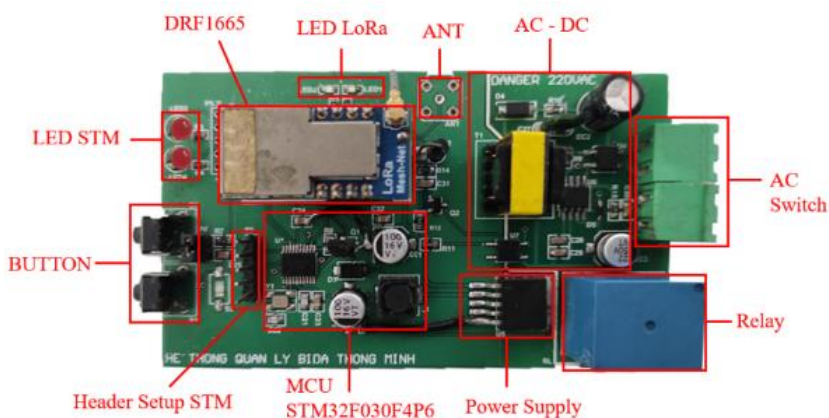
**LoRa-Mesh:** DRF1665 là module được chọn để làm module mạng không dây cho hệ thống và sẽ được cấu hình là EndDevice được kết nối với vi xử lý thông qua chuẩn kết nối UART để giao tiếp với vi xử lý, truyền nhận tín hiệu với board server thông qua kết nối mạng LoRa và gửi đến vi xử lý, đồng thời cũng nhận dữ liệu từ vi xử lý và gửi ngược lên lại server.

**Relay Control:** được kết nối với chân GPIO của vi điều khiển ở khối MCU thực hiện việc bật/ tắt nguồn điện theo yêu cầu từ máy chủ cũng như trả về trạng thái của Relay về máy chủ để có thể theo dõi được hoạt động của bàn.

**BUTTON và LED:** BUTTON được sử dụng để cài đặt cấu hình STM và LoRA, và làm nút bật/tắt relay để đề phòng trường hợp hệ thống có vấn đề không điều khiển bằng phần mềm quản lý được. LED được sử dụng để biểu diễn trạng thái hệ thống.

Bảng 2. Bảng thông số kỹ thuật của bộ quản lý bàn Billiard

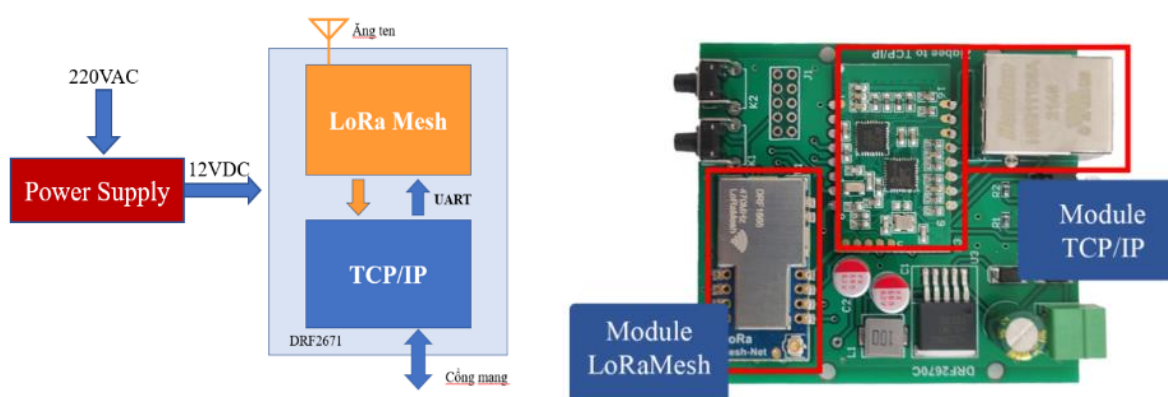
STT	Tên module	Công dụng	Thông số kỹ thuật
1	AC Switch	Cấp nguồn AC	220VAC
2	Module Lora	Truyền thông không dây	Lora Mesh
3	Power supply	Chuyển đổi nguồn AC-DC	Input 220V, output 3.3V
4	MCU STM32F030F4F6	Điều khiển trung tâm	UART, GPIO, interrupt
5	Led	Hiển thị trạng thái thiết bị	Led màu đỏ
6	Button	Gia nhập mạng, bật tắt relay	5*5*6 mm
7	Header	Cấu hình Module Lora và STM	2.54 mm



Hình 6. Sản phẩm hoàn thiện Bộ quản lý bàn Billiard (IoT\_End\_Device)

### 2.3.4 Thiết kế bộ điều khiển trung tâm (IoT\_Gateway)

#### Cấu trúc bộ điều khiển trung tâm



Hình 7. Bộ điều khiển trung tâm

- Bên trong bao gồm 1 module LoRaMesh và 1 module TCP/IP được liên kết với nhau thông qua cổng giao tiếp UART
- Gửi dữ liệu: Dữ liệu từ máy tính  $\xrightarrow{\text{LAN/WAN}}$  module TCP/IP  $\xrightarrow{\text{UART}}$  module LoRaMesh  $\xrightarrow{\text{Antenna}}$  End device
- Nhận dữ liệu: End device  $\xrightarrow{\text{Antenna}}$  module LoRaMesh  $\xrightarrow{\text{UART}}$  module TCP/IP  $\xrightarrow{\text{LAN/WAN}}$  Máy tính

### 2.3.5 Cấu trúc cơ sở dữ liệu SQL Cloud Server

Xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL) từ SQL Server gồm các bảng quản để quản lý toàn bộ dữ liệu của CLB Billiard cấu trúc được xây dựng như hình 8.

#### Các thành phần và chức năng của từng bảng

**TableBida:** chức năng để xem tên bàn, phân loại bàn, trạng thái bàn, kích hoạt bàn, trạng thái LoRaMesh. Có thuộc tính id là khoá chính.

**Account:** chức năng để xem tài khoản bao gồm email, họ và tên, giới tính, mật khẩu, số điện thoại, phân loại tài khoản, ngày tạo tài khoản, trạng thái hoạt động, mã thẻ RFID, ảnh người dùng, trạng thái kích hoạt. Có thuộc tính id là khoá chính.

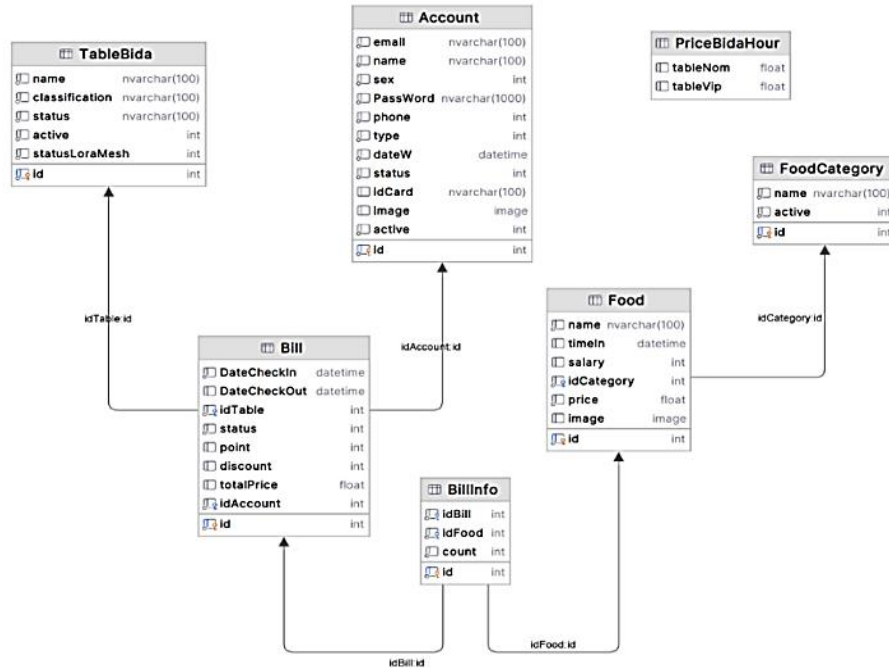
**PriceBidaHour:** chức năng để tính tiền và phân loại bàn thường hay bàn VIP.

**FoodCategory:** chức năng để xem danh mục thức ăn gồm tên danh mục món ăn, trạng thái kích hoạt hiệu lực. Có thuộc tính id là khoá chính.

**Food:** chức năng để xem tên món ăn, số lượng, món thuộc danh mục nào, giá món, hình ảnh món. Có thuộc tính id là khoá chính và idCategory là khoá ngoại của bảng **FoodCategory**.

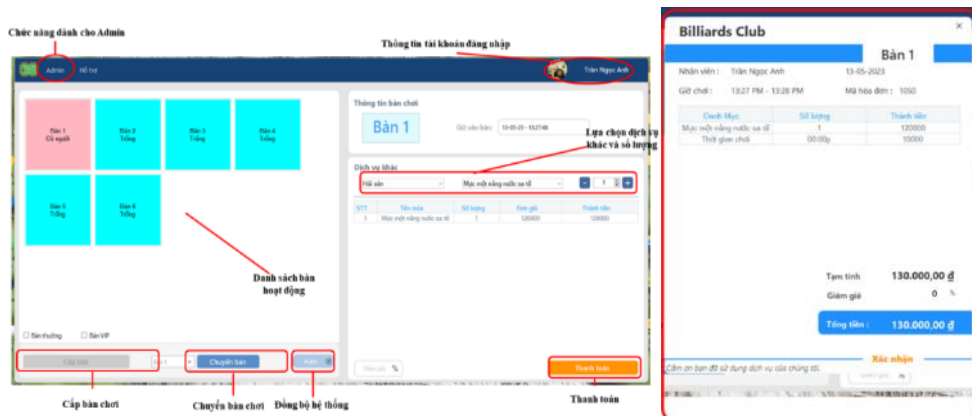
**BillInfo:** chức năng để truy xuất các trạng thái hoá đơn, thức ăn và đếm số lượng món. Với id là khoá chính và có hai khoá ngoại idBill của bảng **Bill**, khoá ngoại idFood của bảng **Food**.

**Bill:** chức năng để xem mã hoá đơn, thời gian vào chơi, thời gian dừng chơi, mã bàn, trạng thái hoá đơn, điểm tích lũy, giảm giá, tổng giá tiền, mã tài khoản nhân viên. Có thuộc tính id là khoá chính và có hai khoá ngoại idTable của bảng **TableBida**, khoá ngoại idAccount của bảng **Account**.



Hình 8. Cấu trúc cơ sở dữ liệu

### 2.3.6 Thiết kế phần mềm quản lý trên máy tính



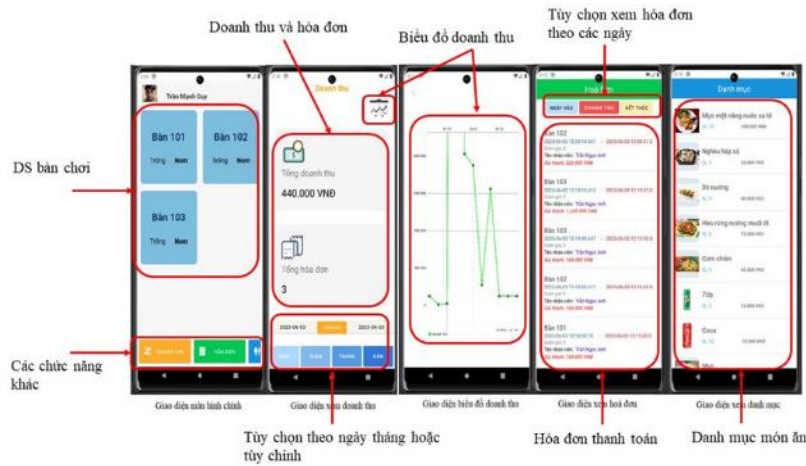
Hình 9. Giao diện phần mềm quản lý

Phần mềm người dùng sử dụng chạy trên máy tính được xây dựng bằng ngôn ngữ lập trình C# sử dụng CSDL từ SQL Server. Giúp quản lý dữ liệu hệ thống và điều khiển hoạt động của các bộ quản lý Billiard. Với các chức năng admin dành cho người quản lý CLB Billiard dùng để cấu hình các thông số cho hệ thống hoạt động và chức năng dành cho nhân viên dùng để điều hành hoạt động của CLB Billiard.

### 2.3.7 Phần mềm giám sát từ xa cho điện thoại (Android)

Đối với ứng dụng di động và web sẽ có giao diện và chức năng chính như đăng nhập, xem bàn, xem doanh thu, xem danh mục và xem hoá đơn.

Giao diện chính hiển thị danh sách bàn chơi lên giữa màn hình. Phía trên có hình ảnh và tên người dùng, phía dưới có các chức năng khác như doanh thu, hoá đơn và danh mục. Giao diện xem doanh thu hiển thị tổng số hoá đơn và tổng doanh thu theo ngày, tuần, tháng hoặc năm. Người dùng có thể tìm kiếm doanh thu theo ngày tùy chọn và biểu đồ được tích hợp giúp theo dõi sự tăng giảm của doanh thu CLB Billiard. Khi nhấp vào mục hoá đơn, người dùng sẽ xem danh sách hoá đơn cho ngày hiện tại hoặc tùy chỉnh xem hoá đơn theo ngày mình mong muốn. Cuối cùng, danh mục thức ăn và đồ uống sẽ hiển thị số lượng và giá cả.



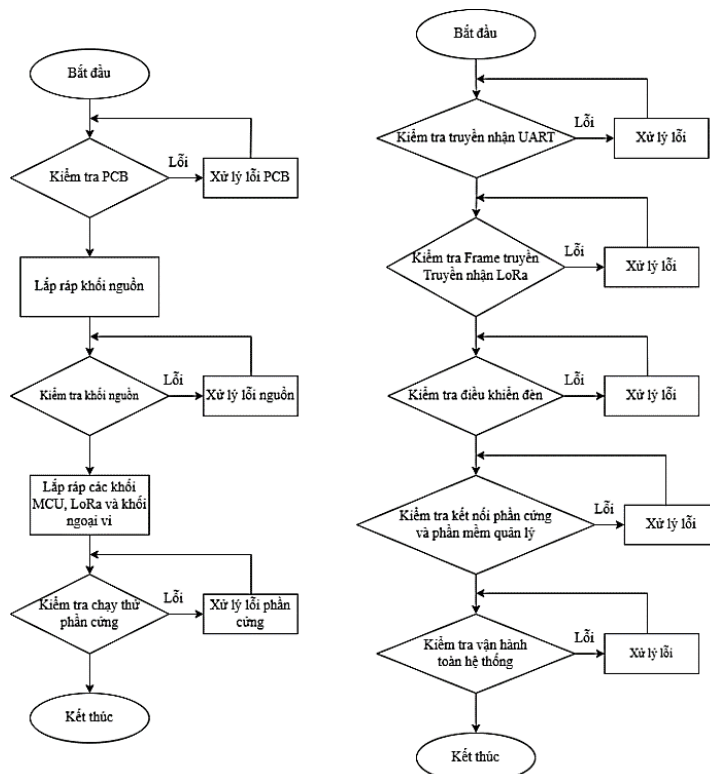
Hình 10. Giao diện quản lý tổng quát và quản lý bill và hàng hóa

Giao diện chính hiển thị danh sách bàn chơi lên giữa màn hình. Phía trên có hình ảnh và tên người dùng, phía dưới có các chức năng khác như doanh thu, hoá đơn và danh mục. Giao diện xem doanh thu hiển thị tổng số hoá đơn và tổng doanh thu theo ngày, tuần, tháng hoặc năm. Người dùng có thể tìm kiếm doanh thu theo ngày tùy chọn và biểu đồ được tích hợp giúp theo dõi sự tăng giảm của doanh thu CLB Billiard. Khi nhấp vào mục hoá đơn, người dùng sẽ xem danh sách hoá đơn cho ngày hiện tại hoặc tùy chỉnh xem hoá đơn theo ngày mình mong muốn. Cuối cùng, danh mục thức ăn và đồ uống sẽ hiển thị số lượng và giá cả.

Sau khi đăng ký sẽ cấp phép cho người quản lý download và cài đặt các phần mềm Winform, Android hay trang hướng dẫn sử dụng. Các công cụ quản lý này có giao diện dễ nhìn, dễ tương tác và ổn định trên các phiên bản Android khác nhau.

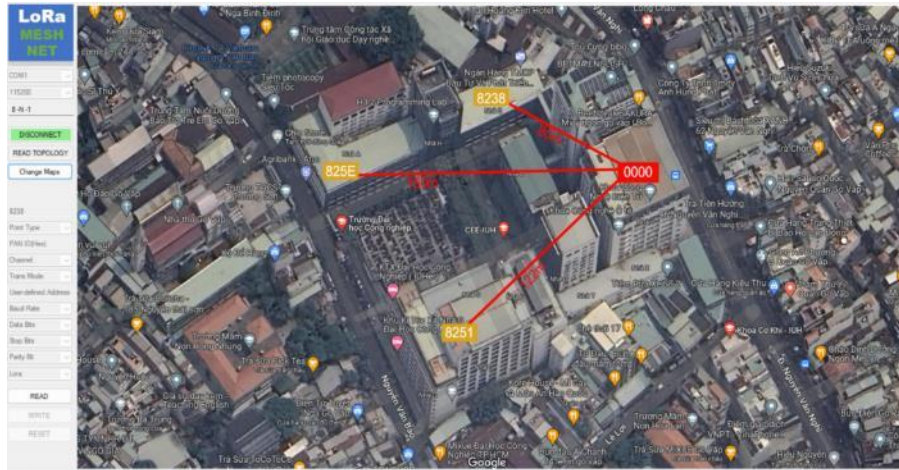
### 3 LẮP RÁP, KIỂM TRA VÀ THỬ NGHIỆM

#### 3.1 Lắp ráp, kiểm tra phần cứng và firmware



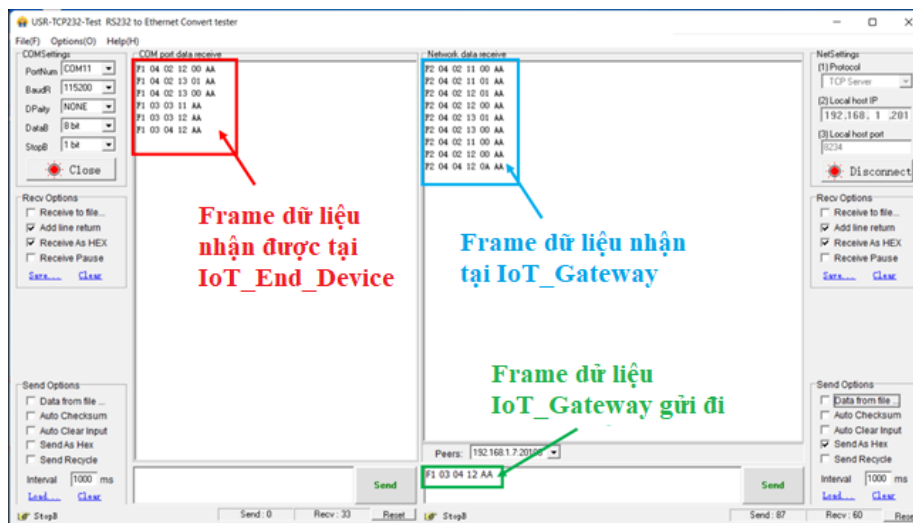
Hình 11. Quy trình lắp ráp và kiểm tra xử lý phần cứng và firmware

Hình 12 thể hiện toàn bộ quá trình lắp ráp, kiểm tra và cân chỉnh phần cứng. Việc thực hiện phải đúng quy trình như trên để đảm bảo an toàn cũng như tính chính xác của hệ thống. Phần mềm Lora Application được cung cấp bởi DTK Electronics hỗ trợ việc kiểm tra kết nối mạng không dây LoRa Mesh và hoạt động của các Module LoRa. Như ở hình 12 là sơ đồ thử nghiệm kiểm tra khoảng cách kết nối và truyền dữ liệu trên mạng LoRa được thực hiện tại Đại học Công nghiệp TP HCM, thử nghiệm gồm có 01 IoT\_Gateway màu đỏ và 03 IoT\_End\_Device màu vàng được kết nối và truyền dữ liệu với nhau.



Hình 12. Kiểm tra kết nối hệ thống mạng LoRa-Mesh

Sau khi code firmware cho vi điều khiển, sử dụng phần mềm Serial Port Terminal và USB-TCP232-Test-V1.3 để kiểm tra hoạt động của firmware, thực hiện việc truyền/nhận dữ liệu và tín hiệu điều khiển giữa IoT\_Gateway và IoT\_End\_Device.



Hình 13. Kết quả kiểm tra frame truyền

Quá trình kiểm tra phần cứng hoạt động với firmware đã xây ra một số lỗi như relay quá nhạy, truyền nhận tín hiệu trong một số trường hợp không tốt. Nguyên nhân chính là việc lắp ráp thủ công các linh kiện trên mạch nên có sai sót và trong một số thử nghiệm vượt quá khoảng cách truyền của LoRa. Các lỗi trên được xử lý thì công lắp ráp linh kiện bằng hệ thống máy móc chuyên nghiệp và cân chỉnh đúng khoảng cách cho phép của mạng LoRa.

### 3.2 Thử nghiệm thực tế

Sau khi kết nối hệ thống phần cứng với phần mềm quản lý sẽ có các bước kiểm tra sự liên kết giữa phần mềm và hệ thống như:



- Kiểm tra bật/ tắt đèn bàn Billiard
- Thêm bàn Billiard mới vào hệ thống
- Cập nhật trạng thái bàn Billiard
- Cập địa chỉ bàn Billiard, kiểm tra trạng thái bàn Billiard bằng phần mềm

Hệ thống sau thiết kế sẽ được kiểm thử thực tế các tính năng như khoảng cách truyền, khả năng truyền-nhận dữ liệu và điều khiển bằng phần mềm quản lý từ xa thông qua mạng LoRa Mesh để đánh giá độ chính xác, ổn định của thiết bị phần cứng đã thiết kế. Với môi trường thử nghiệm thực tế là một CLB Billiard với phòng rộng khoảng 200m<sup>2</sup>, 2 tầng.



Hình 14. Hình ảnh chạy thử nghiệm thực tế hệ thống

Về kiểm thử chức năng hệ thống phần cứng bao gồm kiểm thử về điều khiển từ xa bật/tắt đèn bàn, thanh toán, chuyển bàn, cấp bàn, độ chịu tải của phần cứng bằng cách cho hệ thống hoạt động 24/7 trong vòng 8 tuần và nhận thấy hệ thống phần cứng chịu tải tốt, hoạt động ổn định, khoảng cách truyền nhận ổn định và tốt.

Kiểm tra hoạt động trên phần mềm quản lý được cài đặt trên máy tính ở quầy thu ngân. Tuần đầu đã xuất hiện 4 lỗi, do nhân viên chưa đọc kỹ hướng dẫn sử dụng, cũng như thao tác quá nhanh dẫn đến việc hệ thống hoạt động gặp 1 số vấn đề. Các vấn đề trên phần mềm quản lý được giải quyết sau 2 tuần làm quen với hệ thống thì hệ thống hoạt động ổn định và chính xác.

Cloud Server cũng xuất hiện 1 số lỗi như không cập nhật được thông tin, và khả năng truy xuất chậm, lag do nhà cung cấp Cloud Server thực hiện bảo trì, cập nhật Cloud và vấn đề về truy xuất thông tin trên Cloud cũng phụ thuộc rất lớn vào tốc độ đường truyền mạng. Các lỗi xuất hiện ở Cloud Server cũng dẫn đến 1 số lỗi nhỏ ở phần mềm di động về truy cập và truy xuất thông kê thông tin. Các lỗi trên Cloud cũng đã được xử lý bằng việc đổi cơ sở dữ liệu sang một Cloud khác tốt hơn.

Bảng 3. Bảng thống kê chi tiết kiểm tra lỗi

Nội dung	Thời gian (kiểm tra trong 8 tuần – 24/7)							
	Tuần 1	Tuần 2	Tuần 3	Tuần 4	Tuần 5	Tuần 6	Tuần 7	Tuần 8
Kiểm tra hoạt động trên phần cứng	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu
Kiểm tra hoạt động trên phần mềm chạy trên máy tính	Xuất hiện 4 lỗi	Xuất hiện 1 lỗi	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu
Kiểm tra việc đồng bộ thông tin với Cloud Server	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Xuất hiện 1 lỗi	Đạt yêu cầu	Xuất hiện 1 lỗi	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu
Kiểm tra hoạt động của phần mềm di động	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu	Xuất hiện 1 lỗi	Đạt yêu cầu	Xuất hiện 1 lỗi	Đạt yêu cầu	Đạt yêu cầu

#### 4 KẾT LUẬN, ĐÁNH GIÁ VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Bài báo này đã trình bày nghiên cứu về việc áp dụng các công nghệ như mạng LoRa, giao tiếp và điều khiển thiết bị ngoại vi từ máy tính cho việc giải quyết một bài toán thực tiễn chống thất thoát doanh thu cho CLB Billiard. Việc xây dựng thành công giải pháp này mang lại nhiều lợi ích và tạo ra một sự đổi mới trong quản lý hoạt động kinh doanh của chủ các CLB Billiard. Sử dụng hệ thống quản lý CLB Billiard này sẽ giúp số hóa quản lý, tăng cường năng lực giám sát, tối ưu số lượng nhân viên, tiết kiệm điện năng, đặc biệt tính năng nổi bật nhất của hệ thống là chống thất thoát doanh thu tuyệt đối. Bên cạnh đó nhóm cũng nhận ra nhiều hướng phát triển tiềm năng của bài báo có thể nghiên cứu và cải tiến hơn trong thời gian tới. Một số hướng phát triển đã được định hình: Nghiên cứu thêm nâng cao việc kiểm soát để chống gian lận trong trường hợp không mở đèn bàn Billiard mà dùng nguồn ánh sáng khác. Tích hợp thêm các chức năng khác cho phần mềm quản lý như hệ thống quản lý khách hàng thân thiết, hệ thống thanh toán tự động, và hệ thống đặt chỗ trực tuyến. Phát triển thêm các chức năng bản đồ, định vị, tìm kiếm cho ứng dụng di động và giao diện web để thân thiện và dễ sử dụng hơn. Mở rộng giải pháp cho các ngành công nghiệp khác như quản lý văn phòng cho thuê, quản lý khách sạn, quản lý bảo tàng.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. Haaker, P. T. M. Ly, N. N. Thanh and H. T. H. Nguyen, "Business model innovation through the application of the Internet-of-Things: A comparative analysis," in *Journal of Business Research*, vol. 126, 2021, pp. 126-136.
- [2] M. Paiola, L. Agostini, R. Grandinetti and A. Nosella, "The process of business model innovation driven by IoT: Exploring the case of incumbent SMEs," in *Industrial Marketing Management*, vol. 103, 2022, pp. 30-46.
- [3] M. Paiola, L. Agostini, R. Grandinetti and A. Nosella, "The process of business model innovation driven by IoT: Exploring the case of incumbent SMEs," in *Industrial Marketing Management*, vol. 103, 2022, pp. 30-46.
- [4] H.-C. Lee and K.-H. Ke, "Monitoring of Large-Area IoT Sensors Using a LoRa Wireless Mesh Network System: Design and Evaluation," in *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 67, IEEE, 2018, pp. 2177 - 2187.
- [5] Adnan, A. E. U. Salam, A. Arifin and M. Rizal, "Forest Fire Detection using LoRa Wireless Mesh Topology," in *2018 2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology (EIConCIT)*, IEEE, 2018.
- [6] H. Huh and J. Y. Kim, "LoRa-based Mesh Network for IoT Applications," in *2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, IEEE, 2019.
- [7] K.-H. Ke, Q.-W. Liang, G.-J. Zeng, J.-H. Lin and H.-C. Lee, "A LoRa wireless mesh networking module for campus-scale monitoring: demo abstract," in *IPSN '17: Proceedings of the 16th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks*, 2017, p. 259–260.
- [8] J. L. G. I. M. D. Z. Mohamed A Ahmed 1, M. A. Pedraza, G. Carvajal, N. Jara and R. Carvajal, "LoRa Based IoT Platform for Remote Monitoring of Large-Scale Agriculture Farms in Chile," in *National Library of Medicine*, 2022.
- [9] K. Srdjan, P. Boris and C. Francois, "Designing IoT architecture(s): A European perspective," in *2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, IEEE, 2014, pp. 79-84.
- [10] K. T. Mya, M. M. Sein, T. T. S. Nyunt, U. Lewlompaisarl and Y. Owada, "A Design for IoT Based Smart Watering System Using LoRa," in *2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, IEEE, 2020.

YSC5.F113

## ỨNG DỤNG GIẢI THUẬT LOGIC MỜ TRONG XÂY DỰNG MÔ HÌNH XẾP HẠNG TÍN DỤNG

NGUYỄN ANH VINH<sup>1\*</sup>, NGUYỄN VĂN LƯỢNG<sup>1</sup>, ĐÀO NGỌC SANG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành Phố Hồ Chí Minh

\* nguyenanhvinh@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Trong thời đại hiện nay, cùng với sự phát triển của lĩnh vực tài chính ngân hàng thì nhu cầu về hỗ trợ tài chính tăng lên kèm theo đó là ngày càng nhiều doanh nghiệp với mục đích hỗ trợ tài chính ra đời. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một mô hình xếp hạng tín dụng sử dụng giải thuật Logic mờ. Chúng tôi chọn giải thuật Logic mờ vì khả năng xử lý các dữ liệu mang tính không chắc chắn, mơ hồ do tính chất của ngôn ngữ nói một cách hiệu quả. Mô hình này bao gồm phần mềm xếp hạng tín dụng viết bằng ngôn ngữ lập trình Python, có thể truy xuất vào cơ sở dữ liệu lưu trữ các thông tin của khách hàng và đưa vào khối xử lý mờ để tính toán và hiển thị kết quả trên giao diện người dùng. Kết quả của mô hình này hứa hẹn sẽ giúp cho việc duyệt các giao dịch về tài chính được nhanh gọn và thuận tiện hơn cho cả phía khách hàng lẫn doanh nghiệp.

**Từ khóa.** Logic mờ, Cơ sở dữ liệu, Xếp hạng tín dụng, Python, Giao diện người dùng.

### APPLICATION OF FUZZY LOGIC ALGORITHM ON BUILDING A CREDIT SCORING MODEL

**Abstract.** In the current era, with the development of the banking and finance sector, the demand for financial support has increased, leading to the emergence of more and more businesses with the aim of providing financial assistance. In this paper, we propose a credit scoring model using a fuzzy logic algorithm. We chose the fuzzy logic algorithm for its ability to effectively handle uncertain and vague data due to the nature of spoken language. This model includes credit rating software written in Python programming language, which can access a database storing customer information and input it into a fuzzy processing block to calculate and display results on the user interface. The results of this model promise to facilitate faster and more convenient financial transaction processing for both customers and businesses.

**Keywords.** Fuzzy logic, database, credit scoring, Python, user interface.

## 1 GIỚI THIỆU

Trong thời đại công nghiệp 4.0 hiện nay thì trí tuệ nhân tạo nói riêng và học máy (machine learning) nói chung đã dần được ứng dụng rộng rãi hơn, không chỉ trong các lĩnh vực về cơ điện tử mà còn có thể trong các lĩnh vực khác như y tế, hội họa,...

Tuy nhiên, trong lĩnh vực tài chính ngân hàng, khi cần đánh giá về mức rủi ro tài chính của một thành viên nào đó, khi mà các tiêu chí để đánh giá không chỉ dừng lại ở mức chính xác để có thể dùng Binary Decision (0 hoặc 1, có hoặc không, true hoặc false, ...) [1] mà lại tùy vào mỗi ngân hàng khác nhau cho cùng một cá nhân với cùng 1 mức điểm, bằng các kết luận mơ hồ của ngôn ngữ con người thì rất khó để cho máy móc hiểu được. Fuzzy logic ra đời nhằm khắc phục được nhược điểm đó.

Fuzzy logic hay logic mờ mô phỏng lại cách lập luận của con người và chuyển nó về giá trị toán học để có thể tính toán và đưa ra một kết luận rõ ràng hơn so với những gì mà con người mô tả. Tuy nhiên những kết luận của logic mờ cũng chỉ mang giá trị xấp xỉ chứ không hoàn toàn đúng hoặc sai như khi đánh giá nhị phân.

Mô hình của chúng tôi sẽ xây dựng một chương trình chạy bằng ngôn ngữ lập trình Python, sử dụng dữ liệu người dùng từ database giống như các phần mềm xếp hạng tín dụng đang sử dụng trong thực tế, nhưng lại

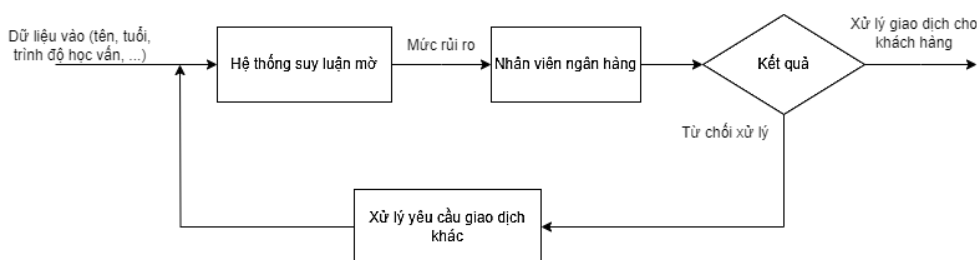
sử dụng cơ sở lý thuyết về logic mờ để đánh giá. Mô hình này được xây dựng từ các tiêu chí giống mô hình của Korol [2], tuy nhiên được mở rộng và phát triển thêm, đồng thời thêm 2 tiêu chí mới là “khoản nợ hiện có” và “giao dịch đã thực hiện”, từ đó tập luật mờ xây dựng cũng nhiều hơn (lên đến 81 luật cho kết quả xếp hạng tín dụng). Mô hình sẽ có một giao diện người dùng để hiển thị trực quan hơn.

Và, không chỉ trong lĩnh vực tài chính ngân hàng, logic mờ còn có thể được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực khác tương tự như các giải thuật học máy khác.

Nội dung còn lại của bài báo được bố trí như sau. Tiếp theo phần giới thiệu là phần xây dựng hệ thống. Các kết quả thực nghiệm được trình bày kế đó. Sau cùng, kết luận và một số hướng phát triển cho bài báo được đưa ra.

## 2 PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

### 2.1 Tổng quan hệ thống

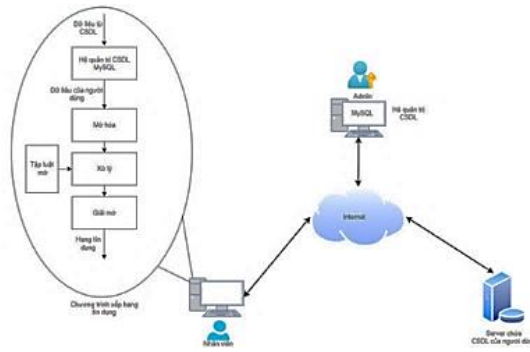


Hình 1. Sơ đồ tổng quan hệ thống

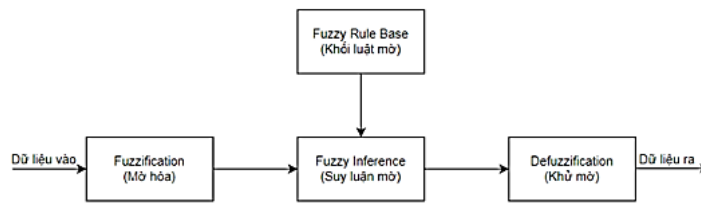
Hình 2.1 minh họa chương trình hoạt động. Đầu tiên dữ liệu từ cơ sở dữ liệu được đưa vào hệ thống suy luận mờ để tính toán và trả ra kết quả xếp hạng cho nhân viên ngân hàng. Tiếp theo, nhân viên này sẽ quyết định có nên giải quyết yêu cầu của khách hàng này hay không. Nếu yêu cầu giao dịch bị từ chối, ta sẽ lặp lại quy trình này với khách hàng tiếp theo. Khách hàng bị từ chối sẽ phải tìm cách để tăng xếp hạng tín dụng của bản thân lên để có thể được giải quyết giao dịch.

Cấu trúc hệ thống được minh họa ở Hình 2.2a. Cơ sở dữ liệu và hệ quản trị cơ sở dữ liệu (MySQL) được lưu ở những máy khác nhau và được quản lý bởi admin, có thể truy cập thông qua mạng nội bộ hoặc kết nối Internet. Máy nhân viên có chương trình xếp hạng tín dụng. Nhân viên sẽ gửi request từ giao diện chương trình lên hệ quản trị CSDL là MySQL.

Kế đó, dữ liệu sẽ được gửi về và chương trình sẽ lấy các dữ liệu đó (ID, tên, tuổi, học vấn, tình trạng hôn nhân, thu nhập hàng tháng, ...) đưa vào hệ thống suy luận mờ (Hình 1 **Error! Reference source not found.**). Dữ liệu đưa vào khối suy luận mờ sẽ đóng vai trò là dữ liệu thô (crisp data) được mờ hóa (Fuzzification) chuyển thành dạng số học cho quá trình tính toán, sau đó áp dụng các tập luật mờ (Fuzzy Rule Base). Sau khi đã tính toán xong, kết quả sẽ được khử mờ (Defuzzification) để hiển thị ra giao diện người dùng, các bước này được thực hiện nhờ vào thư viện Scikit-fuzzy. Kết quả trả về của chương trình sẽ là số mức độ uy tín của người đó, tương tự cho thang điểm đánh giá của việc xếp hạng tín dụng ngoài đời thực.



a) Mô hình hệ thống

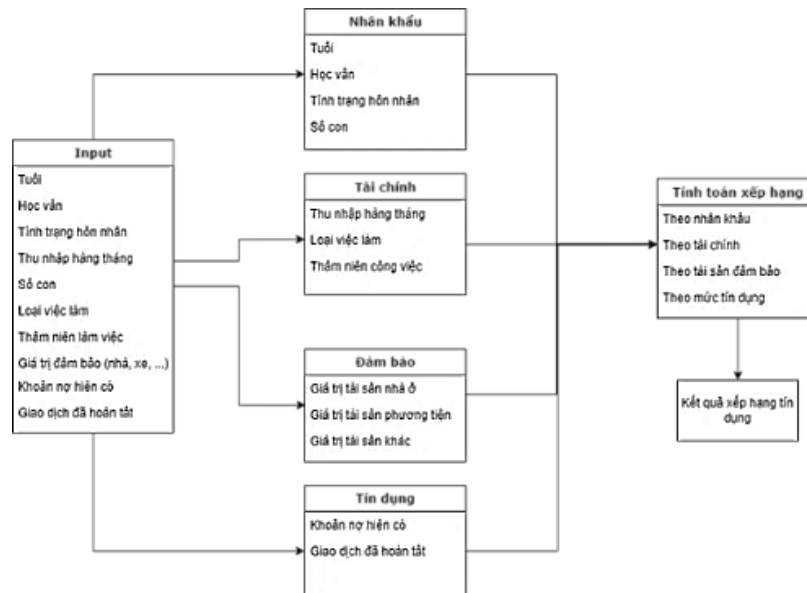


b) Hệ thống suy luận mờ

Hình 2. Mô hình tổng quan hệ thống

Các thông tin của người dùng cho việc xếp hạng tín dụng gồm: Tên, tuổi, trình độ học vấn, tình trạng hôn nhân, số con, thu nhập hàng tháng, thâm niên công việc, loại hợp đồng lao động, tài sản đảm bảo nhà ở, tài sản đảm bảo phương tiện, tài sản đảm bảo khác, khoản nợ hiện có, các giao dịch đã giải quyết.

Ngoại trừ tên và ID, các dữ liệu trên được chia thành 5 nhóm: Nhóm nhân khẩu học (tuổi, trình độ học vấn, tình trạng hôn nhân, số con), nhóm tài chính (thu nhập hàng tháng, thâm niên công việc, loại hợp đồng lao động), nhóm tài sản đảm bảo (tài sản đảm bảo nhà ở, tài sản đảm bảo phương tiện, tài sản đảm bảo khác), nhóm tín dụng (khoản nợ hiện có, giao dịch đã giải quyết) và nhóm kết quả xếp hạng (Nhân khẩu học, tài chính, tài sản đảm bảo, mức tín dụng). Các thông tin này sẽ được biểu diễn ở Hình 3.



Hình 2. Dữ liệu đầu vào cho chương trình [2][4]

## 2.2 Xây dựng tập mờ cho các tiêu chí

Các tiêu chí đầu vào cho chương trình sẽ được mờ hóa, tập mờ và ngưỡng cho các tiêu chí được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Ngưỡng cho các tiêu chí [2][4]

<b>Tiêu chí</b>	<b>Ngưỡng</b>
Tuổi	<b>Trẻ:</b> dưới 33 tuổi <b>Trung niên:</b> từ 27 đến 53 tuổi <b>Già:</b> trên 48 tuổi
Trình độ học vấn (Công nhân kỹ thuật - 1, Cao đẳng - 2, Đại học - 3)	<b>Thấp:</b> dưới 1 <b>Trung bình:</b> 0.8 - 2.25 <b>Cao:</b> trên 1.5
Tình trạng hôn nhân (độc thân - 0, có gia đình - 1, đã ly hôn - từ 0 đến 1)	<b>Độc thân:</b> dưới 0.7 <b>Có gia đình:</b> trên 0.7
Số con (từ 1 đến 5)	<b>Ít con:</b> dưới 2 <b>Vừa:</b> từ 1 đến 3.7 <b>Đông con:</b> lớn hơn 3
Loại HĐLĐ (Từ 0 đến 2)	<b>Part-time:</b> dưới 0.5 <b>HĐLĐ có thời hạn:</b> từ 0.5 đến 1.5 <b>HĐLĐ không thời hạn:</b> Trên 1.5
Thu nhập hàng tháng (2.900.000 đến 20.000.000)	<b>Thu nhập thấp:</b> nhỏ hơn 6.000.000 <b>Thu nhập trung bình:</b> từ 5.500.000 đến 12.000.000 <b>Thu nhập cao:</b> trên 10.000.000
Thâm niên làm việc	<b>Ngắn:</b> dưới 4 năm <b>Trung bình:</b> từ 3.5 năm đến 8.5 năm <b>Lâu năm:</b> trên 8 năm
Tài sản nhà ở (0 – 1.500.000.000)	<b>Thấp:</b> dưới 450.000.000 <b>Trung bình:</b> từ 350.000.000 đến 1.000.000.000 <b>Cao:</b> trên 800.000.000
Tài sản phương tiện giao thông (15.000.000 – 80.000.000)	<b>Thấp:</b> dưới 25.000.000 <b>Vừa:</b> từ 20.000.000 đến 60.000.000 <b>Cao:</b> trên 50.000.000
Tài sản khác (từ 10.000.000 đến 80.000.000)	<b>Thấp:</b> dưới 22.500.000 <b>Trung bình:</b> từ 20.000.000 đến 50.000.000 <b>Cao:</b> lớn hơn 47.500.000
Khoản nợ hiện có (Từ 0 đến 3)	<b>Không nợ:</b> dưới 0.9 <b>Nợ ít:</b> 0.8 – 1.8 <b>Nợ nhiều:</b> trên 1.6
Giao dịch đã hoàn tất (từ 0 đến 3)	<b>Uy tín yếu:</b> dưới 0.9 <b>Uy tín trung bình:</b> 0.7 - 2 <b>Uy tín cao:</b> trên 1.9
Kết quả xếp hạng tín dụng	<b>Rủi ro cao:</b> nhỏ hơn 0.3 <b>Rủi ro trung bình:</b> từ 0.3 đến 0.7 <b>Rủi ro thấp:</b> trên 0.7

Các tập mờ sẽ được biểu diễn dưới dạng:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (1)$$

Trong công thức (1) :

- $X$  : Không gian của các đối tượng và  $x$  là phần tử tổng quát thuộc  $X$ .
- $\mu_A$ : Hàm thành viên của tập mờ  $A$ . [2]

Ví dụ: Để biểu diễn tập mờ cho tiêu chí tuổi của khách hàng:

$$tre = \{(t, \mu_{tre}(t)) | t \in tuoi\} \quad (2)$$

$$\mu_{tre} = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < 18 \text{ hoặc } t > 33 \\ 1 & \text{khi } 18 \leq t \leq 27 \\ \frac{33-t}{33-27} & \text{khi } 27 \leq t \leq 33 \end{cases} \quad (3)$$

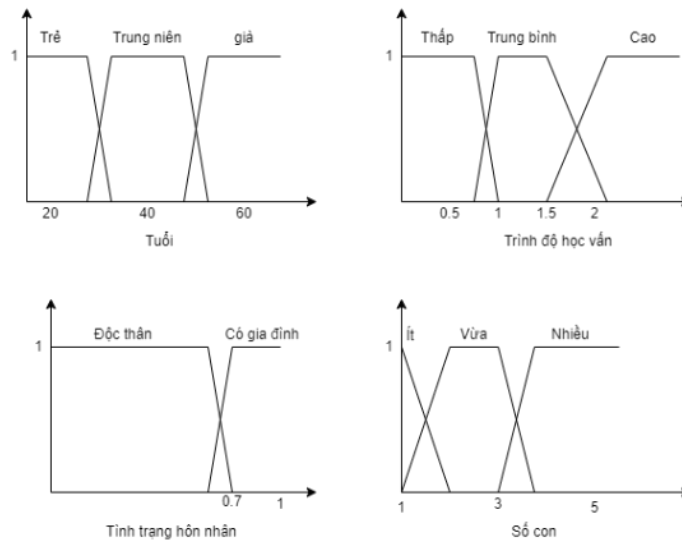
$$trung\ nien = \{(t, \mu_{trung\ nien}(t)) | t \in tuoi\} \quad (4)$$

$$\mu_{trung\ nien} = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < 27 \text{ hoặc } t > 53 \\ \frac{t-27}{33-27} & \text{khi } 27 \leq t \leq 33 \\ 1 & \text{khi } 33 \leq t \leq 48 \\ \frac{53-t}{53-48} & \text{khi } 48 \leq t \leq 53 \end{cases} \quad (5)$$

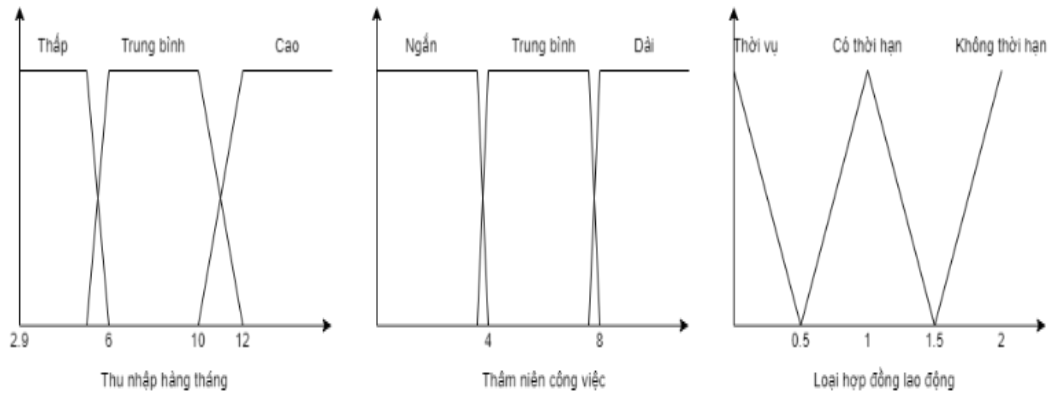
$$gia = \{(t, \mu_{gia}(t)) | t \in tuoi\} \quad (6)$$

$$\mu_{gia} = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < 48 \text{ hoặc } t > 65 \\ \frac{t-48}{53-48} & \text{khi } 48 \leq t \leq 53 \\ 1 & \text{khi } 53 \leq t \leq 65 \end{cases} \quad (7)$$

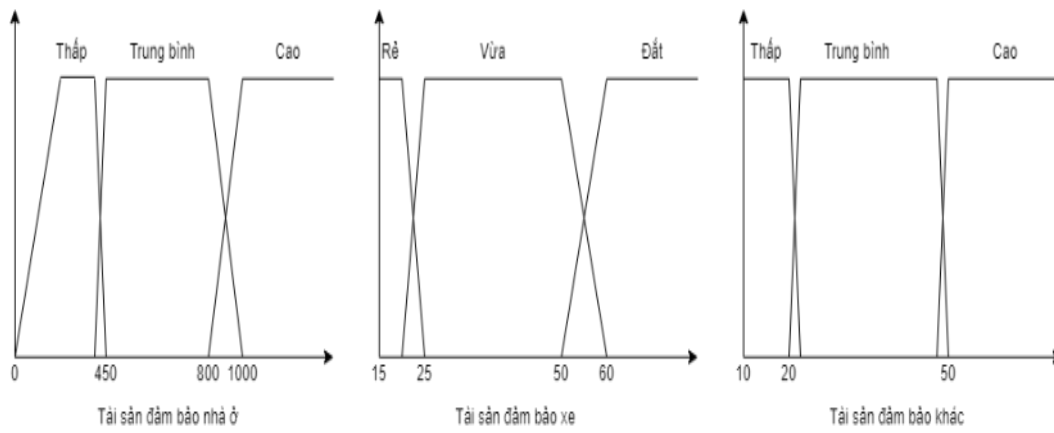
Sau khi đã xác định được các ngưỡng, ta có được tập mờ cho nhóm nhân khẩu học (Hình 4), tập mờ cho nhóm tài chính (Hình 5), tập mờ cho nhóm tài sản đảm bảo (Hình 6) và tập mờ cho nhóm mức tín dụng (Hình 7).



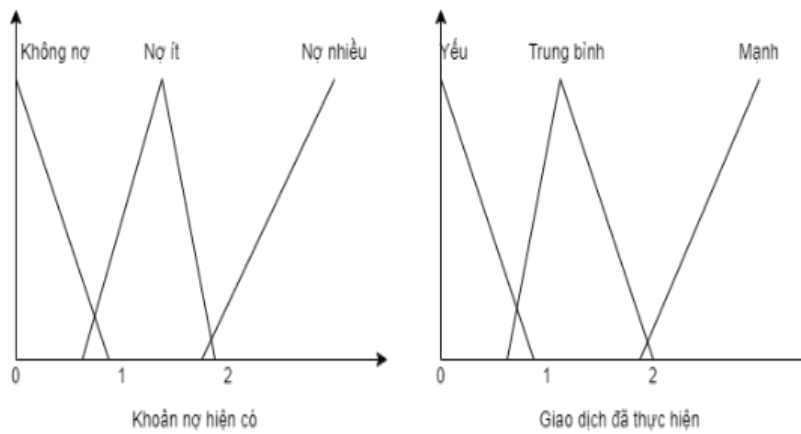
Hình 4. Tập mờ cho nhóm nhân khẩu học



Hình 5. Tập mờ cho nhóm tài chính

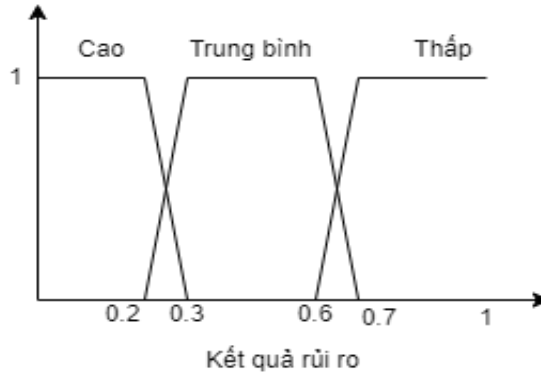


Hình 6. Tập mờ cho nhóm tài sản đảm bảo



Hình 7. Tập mờ cho nhóm mức tín dụng

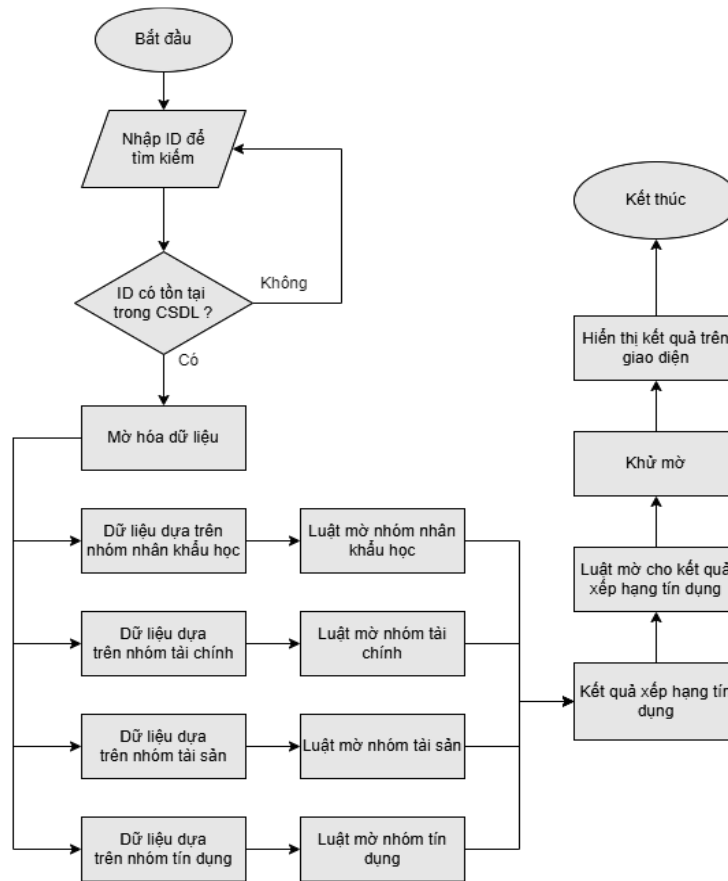




Hình 8. Tập mờ cho kết quả xếp hạng tín dụng

### 2.3 Mô-đun tính toán xếp hạng tín dụng

Lưu đồ giải thuật của chương trình xếp hạng tín dụng được biểu diễn như Hình 9:



Hình 9. Lưu đồ giải thuật của hệ thống

Sau khi đã xác định được các tập mờ cho 4 nhóm nhân khẩu học, tài sản, tài chính, tín dụng ta sẽ tiến hành xây dựng luật mờ cho các nhóm đó. Luật mờ của 4 nhóm đó được biểu diễn trong Bảng 2, Bảng 3, Bảng 4, Bảng 5 dưới đây:

Bảng 2. Luật mờ cho nhóm nhân khẩu học

<b>Tuổi</b>	<b>Học vấn</b>	<b>Tình trạng hôn nhân</b>	<b>Số con</b>	<b>Nhân khẩu</b>
Trẻ	Thấp	Độc thân	Ít	Yếu
Trung niên	Thấp	Độc thân	Ít	Yếu
Già	Thấp	Độc thân	Ít	Yếu
Trẻ	Trung bình	Độc thân	Ít	Trung bình
Trung niên	Trung bình	Độc thân	Ít	Trung bình
Già	Trung bình	Độc thân	Ít	Trung bình
Trẻ	Cao	Độc thân	Ít	Trung bình
Trung niên	Cao	Độc thân	Ít	Trung bình
Già	Cao	Độc thân	Ít	Trung bình
Trẻ	Thấp	Có gia đình	Ít	Yếu
Trung niên	Thấp	Có gia đình	Ít	Yếu
Già	Thấp	Có gia đình	Ít	Yếu
Trẻ	Trung bình	Có gia đình	Ít	Trung bình
Trung niên	Trung bình	Có gia đình	Ít	Trung bình
Già	Trung bình	Có gia đình	Ít	Trung bình
Trẻ	Cao	Có gia đình	Ít	Mạnh
Trung niên	Cao	Có gia đình	Ít	Mạnh
Già	Cao	Có gia đình	Ít	Mạnh
Trẻ	Thấp	Độc thân	Vừa	Yếu
Trung niên	Thấp	Độc thân	Vừa	Yếu
Già	Thấp	Độc thân	Vừa	Yếu
Trẻ	Trung bình	Độc thân	Vừa	Yếu
Trung niên	Trung bình	Độc thân	Vừa	Trung bình
Già	Trung bình	Độc thân	Vừa	Trung bình
Trẻ	Cao	Độc thân	Vừa	Trung bình
Trung niên	Cao	Độc thân	Vừa	Trung bình
Già	Cao	Độc thân	Vừa	Trung bình
Trẻ	Thấp	Có gia đình	Vừa	Yếu
Trung niên	Thấp	Có gia đình	Vừa	Yếu
Già	Thấp	Có gia đình	Vừa	Yếu
Trẻ	Trung bình	Có gia đình	Vừa	Trung bình
Trung niên	Trung bình	Có gia đình	Vừa	Trung bình
Già	Trung bình	Có gia đình	Vừa	Trung bình
Trẻ	Cao	Có gia đình	Vừa	Mạnh
Trung niên	Cao	Có gia đình	Vừa	Mạnh
Già	Cao	Có gia đình	Vừa	Mạnh
Trẻ	Thấp	Độc thân	Nhiều	Yếu
Trung niên	Thấp	Độc thân	Nhiều	Yếu
Già	Thấp	Độc thân	Nhiều	Yếu
Trẻ	Trung bình	Độc thân	Nhiều	Yếu
Trung niên	Trung bình	Độc thân	Nhiều	Trung bình
Già	Trung bình	Độc thân	Nhiều	Yếu
Trẻ	Cao	Độc thân	Nhiều	Trung bình
Trung niên	Cao	Độc thân	Nhiều	Trung bình
Già	Cao	Độc thân	Nhiều	Trung bình
Trẻ	Thấp	Có gia đình	Nhiều	Yếu
Trung niên	Thấp	Có gia đình	Nhiều	Yếu
Già	Thấp	Có gia đình	Nhiều	Yếu
Trẻ	Trung bình	Có gia đình	Nhiều	Trung bình

Trung niên	Trung bình	Có gia đình	Nhiều	Trung bình
Già	Trung bình	Có gia đình	Nhiều	Trung bình
Trẻ	Cao	Có gia đình	Nhiều	Trung bình
Trung niên	Cao	Có gia đình	Nhiều	Trung bình
Già	Cao	Có gia đình	Nhiều	Trung bình

Bảng 3. Luật mờ cho nhóm tài chính

<b>Thu nhập</b>	<b>Thâm niên</b>	<b>Loại hợp đồng lao động</b>	<b>Tài chính</b>
Thấp	Ngắn	Thời vụ	Yếu
Thấp	Trung bình	Thời vụ	Yếu
Thấp	Dài	Thời vụ	Trung bình
Thấp	Ngắn	Có thời hạn	Yếu
Thấp	Trung bình	Có thời hạn	Yếu
Thấp	Dài	Có thời hạn	Trung bình
Thấp	Ngắn	Không thời hạn	Yếu
Thấp	Trung bình	Không thời hạn	Trung bình
Thấp	Dài	Không thời hạn	Trung bình
Trung bình	Ngắn	Thời vụ	Yếu
Trung bình	Trung bình	Thời vụ	Trung bình
Trung bình	Dài	Thời vụ	Trung bình
Trung bình	Ngắn	Có thời hạn	Yếu
Trung bình	Trung bình	Có thời hạn	Trung bình
Trung bình	Dài	Có thời hạn	Trung bình
Trung bình	Ngắn	Không thời hạn	Trung bình
Trung bình	Trung bình	Không thời hạn	Trung bình
Trung bình	Dài	Không thời hạn	Mạnh
Cao	Ngắn	Thời vụ	Trung bình
Cao	Trung bình	Thời vụ	Trung bình
Cao	Dài	Thời vụ	Mạnh
Cao	Ngắn	Có thời hạn	Trung bình
Cao	Trung bình	Có thời hạn	Mạnh
Cao	Dài	Có thời hạn	Mạnh
Cao	Ngắn	Không thời hạn	Mạnh
Cao	Trung bình	Không thời hạn	Mạnh
Cao	Dài	Không thời hạn	Mạnh

Bảng 4. Luật mờ cho nhóm tài sản đảm bảo

<b>Tài sản xe</b>	<b>Tài sản nhà</b>	<b>Tài sản khác</b>	<b>Tài sản đảm bảo</b>
Rẻ	Thấp	Thấp	Yếu
Vừa	Thấp	Thấp	Yếu
Đắt	Thấp	Thấp	Yếu
Rẻ	Trung bình	Thấp	Yếu
Vừa	Trung bình	Thấp	Trung bình
Đắt	Trung bình	Thấp	Trung bình
Rẻ	Cao	Thấp	Trung bình
Vừa	Cao	Thấp	Mạnh
Đắt	Cao	Thấp	Mạnh
Rẻ	Thấp	Trung bình	Yếu
Vừa	Thấp	Trung bình	Trung bình
Đắt	Thấp	Trung bình	Trung bình
Rẻ	Trung bình	Trung bình	Yếu

Vừa	Trung bình	Trung bình	Trung bình
Đất	Trung bình	Trung bình	Trung bình
Rẻ	Cao	Trung bình	Mạnh
Vừa	Cao	Trung bình	Mạnh
Đất	Cao	Trung bình	Mạnh
Rẻ	Thấp	Cao	Yếu
Vừa	Thấp	Cao	Trung bình
Đất	Thấp	Cao	Trung bình
Rẻ	Trung bình	Cao	Trung bình
Vừa	Trung bình	Cao	Trung bình
Đất	Trung bình	Cao	Mạnh
Rẻ	Cao	Cao	Mạnh
Vừa	Cao	Cao	Mạnh
Đất	Cao	Cao	Mạnh

Bảng 5. Luật mờ cho nhóm tín dụng

<b>Khoản nợ đang có</b>	<b>Giao dịch hoàn tất</b>	<b>Tín dụng</b>
Không nợ	Yếu	Yếu
Không nợ	Trung bình	Trung bình
Không nợ	Mạnh	Mạnh
Nợ ít	Yếu	Yếu
Nợ ít	Trung bình	Trung bình
Nợ ít	Mạnh	Mạnh
Nợ nhiều	Yếu	Yếu
Nợ nhiều	Trung bình	Yếu
Nợ nhiều	Mạnh	Trung bình

Sau khi đã có tập luật mờ cho 4 nhóm nhân khẩu, tài chính, tài sản đảm bảo, tín dụng, chúng tôi tiếp tục xây dựng tập luật mờ cho kết quả xếp hạng tín dụng từ kết quả của 4 nhóm trên. Tập luật mờ cho kết quả rủi ro được biểu diễn trong Bảng 6 dưới đây:

Bảng 6. Luật mờ cho nhóm kết quả rủi ro xếp hạng tín dụng

<b>Nhân khẩu</b>	<b>Tài chính</b>	<b>Tài sản</b>	<b>Tín dụng</b>	<b>Kết quả rủi ro</b>
Yếu	Yếu	Yếu	Yếu	Cao
Yếu	Yếu	Yếu	Trung bình	Cao
Yếu	Yếu	Yếu	Mạnh	Cao
Yếu	Yếu	Trung bình	Yếu	Cao
Yếu	Yếu	Trung bình	Trung bình	Cao
Yếu	Yếu	Trung bình	Mạnh	Cao
Yếu	Yếu	Mạnh	Yếu	Cao
Yếu	Yếu	Mạnh	Trung bình	Trung bình
Yếu	Yếu	Mạnh	Mạnh	Trung bình
Yếu	Trung bình	Yếu	Yếu	Cao
Yếu	Trung bình	Yếu	Trung bình	Cao
Yếu	Trung bình	Yếu	Mạnh	Cao
Yếu	Trung bình	Trung bình	Yếu	Cao
Yếu	Trung bình	Trung bình	Trung bình	Cao
Yếu	Trung bình	Trung bình	Mạnh	Trung bình
Yếu	Trung bình	Mạnh	Yếu	Cao
Yếu	Trung bình	Mạnh	Trung bình	Trung bình
Yếu	Trung bình	Mạnh	Mạnh	Thấp

Yếu	Mạnh	Yếu	Yếu	Cao
Yếu	Mạnh	Yếu	Trung bình	Trung bình
Yếu	Mạnh	Yếu	Mạnh	Trung bình
Yếu	Mạnh	Trung bình	Yếu	Trung bình
Yếu	Mạnh	Trung bình	Trung bình	Trung bình
Yếu	Mạnh	Trung bình	Mạnh	Thấp
Yếu	Mạnh	Mạnh	Yếu	Trung bình
Yếu	Mạnh	Mạnh	Trung bình	Thấp
Yếu	Mạnh	Mạnh	Mạnh	Thấp
Trung bình	Yếu	Yếu	Yếu	Cao
Trung bình	Yếu	Yếu	Trung bình	Cao
Trung bình	Yếu	Yếu	Mạnh	Cao
Trung bình	Yếu	Trung bình	Yếu	Cao
Trung bình	Yếu	Trung bình	Trung bình	Cao
Trung bình	Yếu	Trung bình	Mạnh	Trung bình
Trung bình	Yếu	Mạnh	Yếu	Cao
Trung bình	Yếu	Mạnh	Trung bình	Trung bình
Trung bình	Yếu	Mạnh	Mạnh	Thấp
Trung bình	Trung bình	Yếu	Yếu	Cao
Trung bình	Trung bình	Yếu	Trung bình	Cao
Trung bình	Trung bình	Yếu	Mạnh	Trung bình
Trung bình	Trung bình	Trung bình	Yếu	Cao
Trung bình	Trung bình	Trung bình	Trung bình	Trung bình
Trung bình	Trung bình	Trung bình	Mạnh	Thấp
Trung bình	Trung bình	Mạnh	Yếu	Trung bình
Trung bình	Trung bình	Mạnh	Trung bình	Trung bình
Trung bình	Trung bình	Mạnh	Mạnh	Thấp
Trung bình	Mạnh	Yếu	Yếu	Cao
Trung bình	Mạnh	Yếu	Trung bình	Trung bình
Trung bình	Mạnh	Yếu	Mạnh	Trung bình
Trung bình	Mạnh	Trung bình	Yếu	Cao
Trung bình	Mạnh	Trung bình	Trung bình	Trung bình
Trung bình	Mạnh	Trung bình	Mạnh	Thấp
Trung bình	Mạnh	Mạnh	Yếu	Trung bình
Trung bình	Mạnh	Mạnh	Trung bình	Thấp
Trung bình	Mạnh	Mạnh	Mạnh	Thấp
Mạnh	Yếu	Yếu	Yếu	Cao
Mạnh	Yếu	Yếu	Trung bình	Cao
Mạnh	Yếu	Yếu	Mạnh	Trung bình
Mạnh	Yếu	Trung bình	Yếu	Cao
Mạnh	Yếu	Trung bình	Trung bình	Trung bình
Mạnh	Yếu	Trung bình	Mạnh	Thấp
Mạnh	Yếu	Mạnh	Yếu	Trung bình
Mạnh	Yếu	Mạnh	Trung bình	Trung bình
Mạnh	Yếu	Mạnh	Mạnh	Thấp

Mạnh	Trung bình	Yếu	Yếu	Cao
Mạnh	Trung bình	Yếu	Trung bình	Trung bình
Mạnh	Trung bình	Yếu	Mạnh	Thấp
Mạnh	Trung bình	Trung bình	Yếu	Trung bình
Mạnh	Trung bình	Trung bình	Trung bình	Trung bình
Mạnh	Trung bình	Trung bình	Mạnh	Thấp
Mạnh	Trung bình	Mạnh	Yếu	Trung bình
Mạnh	Trung bình	Mạnh	Trung bình	Thấp
Mạnh	Trung bình	Mạnh	Mạnh	Thấp
Mạnh	Mạnh	Yếu	Yếu	Trung bình
Mạnh	Mạnh	Yếu	Trung bình	Trung bình
Mạnh	Mạnh	Yếu	Mạnh	Thấp
Mạnh	Mạnh	Trung bình	Yếu	Trung bình
Mạnh	Mạnh	Trung bình	Trung bình	Thấp
Mạnh	Mạnh	Trung bình	Mạnh	Thấp
Mạnh	Mạnh	Mạnh	Yếu	Thấp
Mạnh	Mạnh	Mạnh	Trung bình	Thấp
Mạnh	Mạnh	Mạnh	Mạnh	Thấp

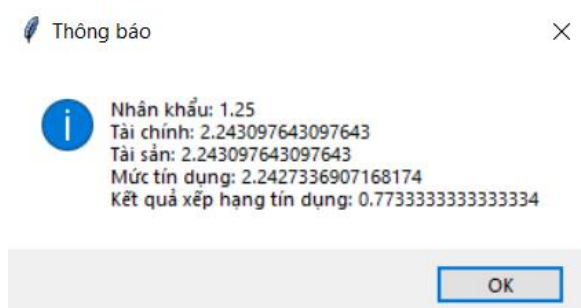
Có tổng cộng 198 luật mờ cho chương trình xếp hạng tín dụng của chúng tôi.

### 3 KẾT QUẢ

#### 3.1 Xếp hạng tín dụng khách hàng dùng logic mờ

Hình 10 là giao diện chương trình xếp hạng tín dụng. Chương trình 1 ô textbox để nhập ID với 2 nút nhấn. Nút Search thực hiện chức năng tìm kiếm trong cơ sở dữ liệu thông qua ID đã nhập vào, nếu ID không tồn tại sẽ báo lỗi. Nút Credit có chức năng tính toán và đưa ra kết quả xếp hạng. Dữ liệu tìm được trong database được hiển thị trong 12 ô textbox ở dưới. Kết quả xếp hạng tín dụng được hiển thị ở hộp thoại Hình 11.

Hình 10. Giao diện phần mềm tìm kiếm thông tin khách hàng



Hình 11. Kết quả trả về

Kết quả trả về của phần mềm như đã đề cập ở Bảng 1 sẽ là một số nằm trong khoảng từ 0 đến 1, biểu diễn cho mức độ uy tín của khách hàng. Độ uy tín càng cao, rủi ro càng thấp và ngược lại. Kết quả xếp hạng tín dụng ở Hình 11 là 0.773, tức mức uy tín rất cao, rủi ro tín dụng của người này là rất thấp.

### 3.2 Xếp hạng tín dụng khách hàng ở ngân hàng

Hiện tại, mỗi ngân hàng sử dụng những thang điểm khác nhau (từ 0 đến 450, từ 0 đến 750, từ 0 đến 999, hoặc phân hạng A, B, C...) để đánh giá xếp hạng tín dụng của một cá nhân. Các tiêu chí xếp hạng cũng phụ thuộc vào ngân hàng khi họ xác định tiêu chí nào sẽ ảnh hưởng đến việc khách hàng có uy tín hay không. Trong thực tế, trọng số của mỗi tiêu chí là không cố định, tùy vào việc ngân hàng xem xét mức độ quan trọng của tiêu chí đó trong việc xếp hạng tín dụng khách hàng cá nhân ra sao mà họ có thể điều chỉnh cho phù hợp. Chúng tôi sẽ minh họa cho mô hình xếp hạng tín dụng dùng logic mờ bằng cách tính xếp hạng tín dụng khách hàng cá nhân của ngân hàng BIDV qua Bảng 7, Bảng 8 và Bảng 9 [3].

Bảng 7. Thang điểm nhân thân của ngân hàng của BIDV

Các tiêu chí chấm điểm cá nhân của mô hình							
Stt	Tiêu chí	Điểm ban đầu					Trọng số
		100	75	50	25	0	
1	Tuổi	33 - 53 tuổi	27 - 32 tuổi	18 - 26 tuổi	53 - 65 tuổi	65 > hoặc < 18 tuổi	16.67%
2	Trình độ học vấn	Đại học		Cao đẳng	Công nhân kỹ thuật	Dưới trung học	16.67%
3	Tình trạng hôn nhân	Có				Không	16.67%
4	Số con	< 2 người	2 người	3 người	4 người	5 người	16.67%
5	Loại hợp đồng lao động	Không thời hạn		Có thời hạn	Thời vụ		16.67%
6	Thâm niên công việc	> 8 năm		Từ 4 - 8 năm	Dưới 4 năm	< 1 năm	16.67%

Bảng 8. Thang điểm quan hệ với ngân hàng của BIDV

Quan hệ với ngân hàng							
Stt	Tiêu chí	Điểm ban đầu					Trọng số
		100	75	50	25	0	
1	Thu nhập hàng tháng	>12 triệu đồng	10-12 triệu đồng	6-10 triệu đồng	>6 triệu đồng		35%
2	Khoản nợ hiện có	0		1	2	3	25%
3	Số giao dịch đã thực hiện	3		1-2		0	40%

Công thức đánh giá điểm xếp hạng tín dụng khách hàng [3]:

Điểm cá nhân = Điểm nhân thân \* Tỷ trọng nhân thân + Điểm khả năng trả nợ \* Tỷ trọng khả năng trả nợ

Trong đó:

- Điểm cá nhân: Điểm xếp hạng cá nhân của khách hàng.
- Điểm nhân thân: Điểm được tích bằng tổng của điểm từng tiêu chí nhân với trọng số của nó (Bảng 7).
- Điểm khả năng trả nợ: Điểm được tích bằng tổng của điểm từng tiêu chí nhân với trọng số của nó (Bảng 8)
- Tỷ trọng nhân thân: Tỷ trọng cho tiêu chí về nhân thân được ngân hàng xác định là 40%.
- Tỷ trọng khả năng trả nợ: Tỷ trọng cho tiêu chí về khả năng trả nợ được ngân hàng xác định là 60%.

Điểm cá nhân dùng để đánh giá mức tín dụng tạm thời ở Bảng 9 [3].

Bảng 9. Hệ thống xếp hạng tín dụng của ngân hàng BIDV

Hệ thống ký hiệu xếp hạng tín dụng khách hàng cá nhân của BIDV		
Điểm	Xếp hạng	Đánh giá xếp hạng
95 - 100	AAA	Rủi ro thấp
90 - 94	AA	
85 - 89	A	
80 - 84	BBB	Rủi ro trung bình
70 - 79	BB	
60 - 69	B	
50 - 59	CCC	Rủi ro cao
40 - 49	CC	
35 - 39	C	
< 35	D	

Bảng 10. Thang điểm tài sản đảm bảo của ngân hàng BIDV

Tài sản đảm bảo							
Stt	Tiêu chí	Điểm ban đầu					Trọng số
		100	75	50	25	0	
1	Tài sản đảm bảo nhà	>1.000.000.000	1.000.000.000 > nhà > 800.000.000	800.000.000 > nhà > 450.000.000	<450.000.000	Không có tài sản đảm bảo nhà	200%



2	Tài sản đảm bảo xe	80.000.000 > xe > 60.000.000		60.000.000 – 25.000.000	<25.000.000		50%
3	Tài sản đảm bảo khác	80.000.000 > tài sản khác > 50.000.000		50.000.000 – 22.500.000	<22.500.000		50%

Bảng 11. Hệ thống phân loại đánh giá tài sản đảm bảo

<b>Hệ thống phân loại đánh giá tài sản đảm bảo của BIDV</b>		
Điểm	Mức xếp loại	Đánh giá tài sản đảm bảo
225-300	A	Mạnh
75-224	B	Trung bình
<75	C	Yếu

Từ kết quả tổng hợp đạt được như Bảng 9 và Bảng 11, kết quả xếp hạng có thể được suy ra dựa vào Bảng 12.

Bảng 12. Ma trận kết hợp giữa kết quả xếp hạng tín dụng và kết quả đánh giá tài sản đảm bảo

<i>Ma trận kết hợp giữa kết quả xếp hạng tín dụng khách hàng cá nhân và đánh giá tài sản đảm bảo</i>			
ĐG TSĐB XHTD	A	B	C
AAA	Xuất sắc	Tốt	Trung bình
AA			
A			
BBB	Tốt	Trung bình	Trung bình / Từ chối
BB			
B			
CCC	Trung bình / Từ chối	Từ chối	
CC			
C			

Xét thử khách hàng ở Hình 7:

Bảng 13. Chấm điểm nhân thân cho khách hàng

<b>Chấm điểm nhân thân</b>					
Stt	Tiêu chí	Thông tin khách hàng	Thuộc loại	Điểm ban đầu	Trọng số
1	Tuổi	34	33-53 tuổi	100	16.6%
2	Trình độ học vấn	3	Đại học	100	16.6%
3	Tình trạng hôn nhân	Độc thân	Không	0	16.6%
4	Số con	1	Dưới 2	100	16.6%
5	Loại HĐLĐ	2	Không thời hạn	100	16.6%
6	Thâm niên công việc	15	Thâm niên >8	100	16.6%
Điểm nhân thân: 83 điểm					

Bảng 14. Chấm điểm quan hệ ngân hàng của khách hàng

Chấm điểm quan hệ ngân hàng					
Stt	Tiêu chí	Thông tin khách hàng	Thuộc loại	Điểm ban đầu	Trọng số
1	Thu nhập hàng tháng	19.374.000	>12 triệu đồng	100	35.0%
2	Khoản nợ hiện có	0	Không nợ	100	25.0%
3	Giao dịch đã thực hiện	3	Thực hiện hơn 3 giao dịch	100	40.0%
Điểm quan hệ ngân hàng: 100 điểm					

Từ Bảng 13 và Bảng 14 ta tính được điểm cá nhân của khách hàng =  $83 \cdot 40\% + 100 \cdot 60\% = 93.2$  điểm. Xét Bảng 9 ta thấy khách hàng được xếp vào loại AA, tức rủi ro rất thấp. Tiếp đến ta xét tài sản đảm bảo của người đó:

Bảng 15. Chấm điểm tài sản đảm bảo của khách hàng

Chấm điểm tài sản đảm bảo					
Stt	Tiêu chí	Thông tin khách hàng	Thuộc loại	Điểm ban đầu	Trọng số
1	Tài sản đảm bảo nhà ở	1.216.759.000	>1.000.000.000	100	200.0%
2	Tài sản đảm bảo xe	67.533.000	80.000.000 > xe > 60.000.000	100	50.0%
3	Tài sản đảm bảo khác	77.650.000	80.000.000 > tài sản khác > 50.000.000	100	50.0%
Điểm tài sản đảm bảo: 300 điểm					

Điểm tài sản đảm bảo của khách hàng là 300 điểm, chiếu theo Bảng 11, khách hàng được xếp vào loại A. Từ hạng cá nhân (AA) của khách hàng và hạng tài sản đảm bảo (A), chiếu theo Bảng 12, kết quả trả về là khách hàng có hạng tín dụng rất cao, rủi ro rất thấp, kết quả này trùng khớp với kết quả trả về từ mô hình xếp hạng dùng logic mờ ở Hình 8.

#### 4 KẾT LUẬN

Chúng tôi đã trình bày một giải pháp xếp hạng tín dụng ứng dụng logic mờ mang tính khả thi trong thực tế. Mô hình trong quá trình chạy thực nghiệm trên 10 khách hàng khác nhau đều trả về kết quả tương tự kết quả trả về từ phương pháp thủ công. Điều này cho thấy kết quả trả về của mô hình có tính chính xác ở mức chấp nhận được. Tốc độ tính toán cho mỗi trường hợp đều rất ngắn, chưa đến 1 giây cho mỗi khách hàng, nhanh hơn rất nhiều lần so với phương pháp tính thủ công, cho thấy khả năng xử lý dữ liệu hiệu quả và đáp ứng nhu cầu về một phần mềm nhanh, dễ sử dụng và có độ chính xác như mục tiêu của của chúng tôi. Sau 305 lần chạy thử cho các user từ ID 1 đến ID 305 mà không gặp vấn đề báo lỗi phần mềm chúng tôi phân mềm có độ ổn định cao. Chương trình của chúng tôi hứa hẹn sẽ giúp các doanh nghiệp tài chính giải quyết các yêu cầu giao dịch được nhanh hơn, tự động hóa quá trình đánh giá và giảm thiểu các chi phí dành cho việc xếp hạng tín dụng.

Về hướng phát triển của bài báo trong tương lai, chúng tôi dự định sẽ đưa chương trình này lên giao diện website để có thể sử dụng được ở đa nền tảng. Đồng thời sẽ nghiên cứu để cải thiện giao diện trực quan, dễ sử dụng hơn.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Trần Văn Lãng, bài giảng, Fuzzy Logic and its Application, Trường Đại học Lạc Hồng.
- [2] T. Korol, Fuzzy Logic in Financial Management, Gdansk University of Technology, Poland (2012).
- [3] Ngân hàng BIDV, Quy trình chấm điểm và xếp hạng tín dụng nội bộ đối với một cá nhân, [Online]. Available: <https://www.studocu.com/vn/document/truong-dai-hoc-tai-chinh-marketing/finance-banking/khach-hang-ca-nhan-bidv-khach-hang-ca-nhan-bidv/23444275?fbclid=IwAR23KD7XWU1IZsZBnaINCAy5m10nSXzcWomII-QrPZAa2p2GBEtTYUE17N8>.
- [4] Phan Hiền, và Thái Kim Phụng, Logic mờ và các bài toán ứng dụng trong lĩnh vực tài chính, Tập san Tin học Quản lý, tập 03, số 1&2, 2014, 27-44.

YSC5.F114

**ĐIỀU KHIỂN BỀN VỮNG KỆ TỰ ĐỘNG TRONG NHÀ KHO THÔNG MINH**BỐC MINH HÙNG<sup>1\*</sup>, NGÔ THANH QUYỀN<sup>1</sup>, LÊ LONG HỒ<sup>1</sup>, NGUYỄN ANH TUẤN<sup>1</sup><sup>1</sup>*Khoa Công nghệ Điện, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*  
\* bocminhhung@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Kệ thông minh được sử dụng rộng rãi trong nhà kho thông minh nơi mà những vật liệu thô và sản phẩm được lưu trữ bên trong. Những rô-bốt được sử dụng trong nhà kho thông minh thường là rô-bốt vận chuyển đồ, rô-bốt forklift, rô-bốt chọn hàng, kệ kho thông minh. Việc lưu kho hiệu quả với các phương tiện hậu cần thông minh là rất quan trọng để cải thiện năng suất tổng thể và đạt được hiệu quả cao. Hoạt động liên quan đến hệ thống kho nhận được sự quan tâm đáng kể và ngày càng gia tăng. Hơn thế nữa, trong bài báo này môi trường hoạt động là đóng băng nên hệ thống bị ảnh hưởng bởi mặt đường và sương mù. Bên cạnh các yếu tố ảnh hưởng trên, kỹ thuật điều khiển định hướng kệ thông minh trong nhà kho lạnh là một vấn đề quan trọng vì hệ thống phải chịu nhiều sự tác động từ các yếu tố không cố định như là sự thay đổi khối lượng, độ lợi đầu vào v.v... Do đó, để duy trì hoạt động bền vững của nhà kho, bài báo này trình bày quy trình xử lý bền vững của kệ kho thông minh dựa trên giải thuật điều khiển bền vững. Phương pháp điều khiển bền vững sử dụng cấu trúc biến thay đổi (structured uncertainty) và cấu trúc suy biến (structured singular value -  $\mu$ -synthesis) hơn là phương pháp infinitive-norm ( $\infty$ -norm) làm thước đo chuẩn đầu ra. Phương pháp  $\mu$ -synthesis đã và đang đạt được một số thành tựu quan trọng về tính ổn định và hiệu suất. Theo kết quả cho thấy xe LGV đạt được vị trí mong muốn mà không bị vượt quá mức quy định, nhiễu cảm biến có thể được loại bỏ lên đến 90%. Do đó, hệ thống có thể khắc phục được hiện tượng nhiễu hoặc nhiễu loạn để giữ sự ổn định của hệ thống. Phương pháp điều khiển này giải quyết vấn đề điều khiển bền vững chống lại các yếu tố thay đổi hệ thống, nhiễu và nhiễu loạn. Nhiều trường hợp mô phỏng được thực hiện để kiểm nghiệm và đánh giá hệ thống.

**Từ khóa.** Kệ kho thông minh, Lý thuyết điều khiển bền vững, Nhà kho thông minh.

**ROBUST CONTROL ALGORITHM FOR LOGISTIC VEHICLES IN THE SMART WAREHOUSE**

**Abstract.** Logistic vehicles are used broadly in the intelligent warehouse where raw materials and manufactured goods are stored. The robots are used in the intelligent warehouse frequently Jacking Robots, Smart forklifts, Picking Robots, Logistic vehicles... Efficient warehousing with intelligent logistics vehicles is critical to improve overall productivity and achieve high efficiency. The operation with respect to warehousing systems has received considerable and increasing attention. Moreover, in this paper, the operating environment is freezing, so the system is affected by much noise from the road face and the fog. Besides those factors affecting, attitude control of logistics vehicle in the cold warehouse is a crucial problem because such a system is subjected to number of uncertainties like mass variation, gain input variation, and so on. Therefore, to maintain the warehouse's operation stable, this paper presents the robust process of logistics vehicles based on a Robust control algorithm. The robust control theory with structured uncertainty uses the structured singular value ( $\mu$ -synthesis) rather than the  $\infty$ -norm as a measure of performance.  $\mu$ -synthesis has been getting some important stability and performance achievements. As the result the LGV (Logistic vehicle) reaches the position result without overshoot, the sensor noise can be eliminated by 90%. Hence, the system can overcome noise or disturbance to keep the stability of the system. This control method addresses the control robustness as well as the performance of the system against uncertainties, disturbance, and noise. Extensive simulations have been carried out to evaluate system performance.

**Keywords.** Logistic vehicle, robust control synthesis, intelligent warehouse, robust control algorithm, automation warehouse.

## 1 GIỚI THIỆU

Nhà kho lưu trữ thông minh là một phần tất yếu của ngành công nghiệp vật liệu và đã trở nên phổ biến trong giai đoạn hiện nay [1]. Trong bài báo này, kho lưu trữ thông minh được sử dụng là kho đông lạnh, nơi mà mặt đường bị băng bao phủ và tầm nhìn là một vấn đề khá quan trọng. Vì vậy, vấn đề di chuyển của các phương tiện hậu cần trong nhà kho này là một vấn đề cần phải được cân nhắc. Hơn thế nữa tham số của mô hình kệ kho thông minh là dao động liên tục không ổn định. Các tham số trên luôn thay đổi và phụ thuộc vào số lượng hàng hóa và các yếu tố khác trong quá trình vận hành. Kệ kho thông minh (LGV) được xem xét trong nghiên cứu này là một phương tiện có bánh xe chuyển động tự động không người điều khiển, được trang bị động cơ DC Servo dưới sự điều khiển của hệ thống PLC Siemens S7\_1200 và Arduino board Uno Rev3. Ngoài ra, để theo dõi vị trí và đo tốc độ của LGV, một encoder tương đối được đưa vào sử dụng. Bộ vi xử lý của hệ thống là chip Atmega 328P, nơi nhận tín hiệu từ đầu vào từ các cảm biến, encoder và đưa tín hiệu đầu ra đến driver điều khiển mô-tơ để điều chỉnh vị trí của xe và tốc độ của bánh xe theo lệnh điều khiển của bộ điều khiển. Giả định rằng LGV là một thân xe cứng với các bánh xe không bị biến dạng và di chuyển thẳng trên một mặt phẳng nằm ngang. Nhiều chiến lược điều khiển đã được đề xuất để theo dõi vị trí hoặc vận tốc mong muốn, ví dụ, Fierro & Lewis [2] đã sử dụng bộ điều khiển được đề xuất bởi Kanayama và cộng tác viên [3] để cung cấp tín hiệu đầu vào cho bộ điều khiển tốc độ, làm cho lỗi vị trí dần dần đi vào ổn định. Theo công trình nghiên cứu của Fukao, et. al [4] thì thiết kế được đề xuất bởi Fierro & Lewis [2] được mở rộng và giả định rằng thông số của mô hình là không biết. Trong Kim & Ha [5] một bộ điều khiển thích nghi có tính đến độ không chắc chắn của các thông số và sự nhiễu loạn bên ngoài để đảm bảo việc theo dõi vận tốc hoàn hảo, tham chiếu về vận tốc được xác định thông qua bộ điều khiển được đề xuất bởi Kanayama và cộng tác viên [3]. Trong đề tài nghiên cứu của Chwa [6], hai bộ điều khiển được thiết kế là bộ điều khiển vị trí và bộ điều khiển xe dẫn đầu. Xe trước đảm bảo việc theo dõi vị trí, xe sau được kích hoạt khi lỗi theo dõi vị trí đủ nhỏ so với xe trước và tham chiếu theo dõi không thay đổi vị trí của nó.

Gần đây, kỹ thuật điều khiển bền vững được phát triển mạnh mẽ và ứng dụng trong các hệ thống phức tạp. Như chúng ta đều biết, năm 1981 Zames [7] đã sử dụng kỹ thuật này như một yêu cầu về hiệu suất. Kỹ thuật điều khiển bền vững  $H_\infty$  được phát triển bởi Doyle và cộng tác viên [8] và Glover và cộng tác viên [9] không chỉ cung cấp sự cân bằng giữa hiệu suất và nỗ lực điều khiển, mà còn cung cấp khả năng thích ứng với nhiễu loạn và sự biến đổi tham số. Gao và cộng sự [10] đã trình bày một phương pháp tiếp cận điều khiển với bất đẳng thức ma trận tuyến tính (LMI) cho đoàn xe tự hành không đồng bộ với động lực học xe không chắc chắn và độ trễ trong truyền nhận thông tin. Guo và cộng sự [11] thiết kế bộ điều khiển có xem xét các thông số không chắc chắn, độ trễ và nhiễu loạn của mô hình trong quá trình vận hành. Tuy nhiên, trong bài báo này chỉ áp dụng giới hạn cho một đoàn xe có chiều dài cụ thể.

Bài báo này nhằm mục đích phát triển bộ điều khiển để ổn định hoạt động của kệ kho thông minh trong môi trường cực lạnh không đường ray. Điều đó có nghĩa là hệ thống có thể giảm thiểu nhiễu hoặc nhiễu loạn. Hơn thế nữa, nó phải thích ứng với các tham số không chắc chắn. Để thỏa mãn các yêu cầu này thì bộ điều khiển bền vững  $H_\infty$  được thiết kế và ứng dụng. Cấu trúc bài báo này được sắp xếp như sau. Mô hình hóa kệ kho thông minh được trình bày trong phần 2. Phần 3 giới thiệu bộ điều khiển bền vững theo phương pháp thiết kế bằng biểu đồ. Một số kết quả mô phỏng được trình bày trong phần 4 để minh họa khả năng phương pháp được ứng dụng. Cuối cùng, trong phần 5 sẽ trình bày các kết luận và nhận xét về các kết quả mô phỏng hệ thống.

## 2 MÔ HÌNH HÓA KỆ KHO THÔNG MINH

### 2.1 Phương trình động học kệ kho thông minh

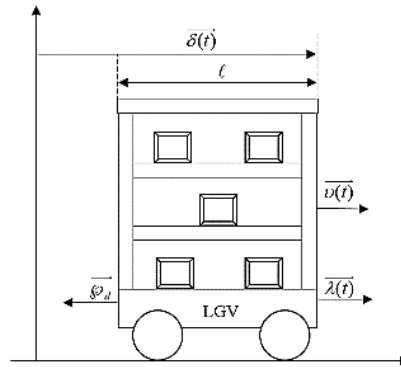
Đặt  $\delta(t)$  và  $\nu(t)$  là ký hiệu cho vị trí và vận tốc của kệ kho thông minh (LGV) ở Hình 1. Theo đó, hoạt động của LGV được mô tả bằng một mô hình toán học tuyến tính đơn giản như sau:

$$m\ddot{\delta}(t) = \lambda(t) - \varphi_d(t)\nu(t) - \hat{c}(t) \quad (1)$$

Trong đó:  $\lambda(t)$  là lực điều khiển xe LGV,  $m$  là khối lượng xe LGV,  $\varphi_d$  là hệ số ma sát,  $\delta(t)$  là lực tác động do nhiễu loạn bên ngoài. Hơn nữa, lực tác động điều khiển được xấp xỉ như phương trình tuyến tính bậc nhất:

$$\varphi_p \dot{\delta}(t) + \delta(t) = \varphi_u u(t - \phi) \quad (2)$$

Trong đó,  $\varphi_p$  là hằng số điều khiển theo thời gian của xe LGV,  $u(t)$  là đầu vào của vị trí bướm ga,  $\varphi_u$  tham số độ lợi của lực tác động bướm ga,  $\phi$  thời gian delay.



Hình 1. Mô hình hệ thống thông minh

Xem xét các phương trình trên trong miền MatLab và thực hiện phép toán trừ cho nhau, vì vậy phương trình trạng thái của hệ thống với tác động nhiễu loạn tại ngõ vào được viết thành như sau:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + B_u u(t - \phi) + B_d \beta \\ y = Cx(t) \end{cases} \quad (3)$$

Trong đó:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{\varphi_d}{m} & \frac{1}{m} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{\varphi_p} \end{bmatrix}; B_u = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{\varphi_u}{\varphi_p} \end{bmatrix}^T; B_d = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}^T; C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}; D = 0$$

## 2.2 Mô hình hóa danh nghĩa

Hệ thống mô hình hóa danh nghĩa với thông số giả định trình bày ở bảng 1 được thành lập. Phương trình trạng thái được tính toán như sau:

$$G(s) = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \quad (4)$$

Trong đó ma trận trạng thái được định nghĩa:

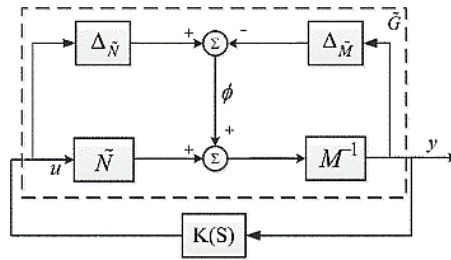
$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{0.2}{1500} & \frac{1}{1500} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{0.7} \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{0.7} \end{bmatrix}^T; C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}; D = [0];$$

Bảng 1. Tham số hệ thống danh nghĩa giả định

STT	Mô tả	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Khối lượng xe LGV.	$m$	1500	$Kg$
2	Hằng số điều khiển theo thời gian.	$\varphi_p$	0.7	$s$
3	The gain parameter input.	$\varphi_u$	1	Không đơn vị
4	The length of mobile rack vehicle.	$\ell$	1.2	$m$
5	The frictional coefficient.	$\varphi_d$	0.2	Không đơn vị

### 3 ĐIỀU KHIỂN BỀN VỮNG - PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ THEO BIỂU ĐỒ

Phương pháp thiết kế theo biểu đồ được mô tả dựa trên sự ổn định của phương pháp điều khiển bền vững  $H_\infty$  kết hợp với phương pháp biểu đồ cổ điển được đề xuất bởi MC Farlane và Glover 1992 [12]. Hàm truyền hở được tăng cường bởi bộ bù trước và bù sau để tạo ra hình dạng mong muốn cho giá trị suy biến của đáp ứng tần số vòng hở. Sau đó kết quả hình dạng được ổn định bởi sự tối ưu hóa của thuật điều khiển bền vững sử dụng tham số biến đổi của mô hình phân tích coprime bên trái chuẩn. Phương pháp điều khiển bền vững  $H_\infty$  có thể cân bằng giữa độ bền, hiệu suất và tính ổn định của vòng lặp khép kín. Trong hệ thống này, mô hình với tác động nhiễu loạn có thể được mô tả như Hình 2.



Hình 2. Biểu diễn sai số mô hình phân tích coprime bên trái chuẩn

Hàm truyền của mô hình nhiễu loạn có thể được mô tả bởi phương trình:

$$\tilde{G} = (\tilde{M} + \Delta_{\tilde{M}})^{-1}(\tilde{N} + \Delta_{\tilde{N}}) \quad (5)$$

Trong đó  $\Delta_{\tilde{M}}$  và  $\Delta_{\tilde{N}}$  là các yếu tố không xác định nhưng là hàm truyền ổn định đại diện cho tham số bất định trong mô hình danh định. Mục tiêu của thiết kế bộ điều khiển bền vững là không chỉ làm mô hình danh định  $G$  ổn định, mà còn làm cho các mô hình nhiễu loạn ổn định. Mô hình nhiễu loạn được định nghĩa bởi:

$$\Upsilon_\varepsilon = \left\{ (\tilde{M} + \Delta_{\tilde{M}})^{-1}(\tilde{N} + \Delta_{\tilde{N}}) : \left\| \begin{bmatrix} \Delta_{\tilde{M}} \\ \Delta_{\tilde{N}} \end{bmatrix} \right\|_\infty < \varepsilon \right\} \quad (6)$$

Trong đó  $\varepsilon$  là độ lợi cân bằng. Sử dụng độ lợi nhỏ, theo lý thuyết hệ thống hồi tiếp là ổn định bền vững nếu  $(G, K)$  là ổn định nội bộ và

$$\left\| \begin{bmatrix} K(I - GK)^{-1}\tilde{M}^{-1} \\ (I - GK)^{-1}\tilde{M}^{-1} \end{bmatrix} \right\|_\infty \leq \varepsilon^{-1} \quad (7)$$

Để mà tối đa hóa biên độ ổn định, nó cần phải giảm thiểu  $\gamma = \frac{1}{\varepsilon}$

$$\gamma = \left\| \begin{bmatrix} K \\ I \end{bmatrix} (I - GK)^{-1} \tilde{M}^{-1} \right\|_\infty \quad (8)$$

Trong phương trình trên  $\gamma$  là  $H_\infty$  norm từ  $\phi$  đến  $\begin{pmatrix} u \\ y \end{pmatrix}$  và  $(I - GK)^{-1}$  là hàm sensitivity cho hồi tiếp dương. Giá trị đạt được thấp nhất của  $\gamma$  và biên độ ổn định tương ứng  $\varepsilon$  được trình bày như sau:

$$\begin{aligned} \gamma_{\min} &= \varepsilon_{\max}^{-1} = \left\{ 1 - \left\| \begin{bmatrix} N & M \end{bmatrix} \right\|_H^2 \right\}^{-0.5} \\ &= (1 + \rho(X \quad Z))^{0.5} \end{aligned} \quad (9)$$

Trong đó  $\|\cdot\|_H$  là Hankel norm của hệ thống,  $\rho$  là bán kính quang phổ, và để xác định không gian trạng thái cực tiểu của hàm G thì Z là nghiệm xác định dương duy nhất của phương trình Riccati đại số.

$$\begin{aligned} (A - BS^{-1}D^TC)Z + Z(A - BS^{-1}D^TC)^T \\ - ZC^TR^{-1}CZ + BB^TS^{-1} = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Trong đó:  $R = I + DD^T$ ,  $S = I + D^TD$

X là nghiệm dương của phương trình Riccati đại số:

$$\begin{aligned} (A - BS^{-1}D^TC)^TX + X(A - BS^{-1}D^TC) - \\ XBS^{-1}B^TX + C^T(I - DS^{-1}D^T)C = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Bộ điều khiển được đảm bởi điều kiện:

$$\left\| \begin{bmatrix} K(I - GK)^{-1}\tilde{M}^{-1} \\ (I - GK)^{-1}\tilde{M}^{-1} \end{bmatrix} \right\|_\infty \leq \gamma \quad (12)$$

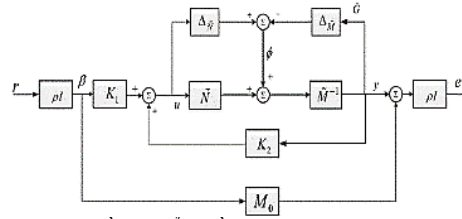
Đặc trưng  $\gamma > \gamma_{\min}$  được quy định bởi:

$$K = \left[ \begin{array}{c|c} \frac{A + BF + \gamma^2(L^T)^{-1}ZC^T(C + DF)}{B^TX} & \frac{\gamma^2(L^T)^{-1}ZC^T}{-D^T} \end{array} \right] \quad (13)$$

Trong đó:  $F = -S^{-1}(D^TC + B^TX)$ ;  $L = (1 - \gamma^2)I + XZ$  (14)

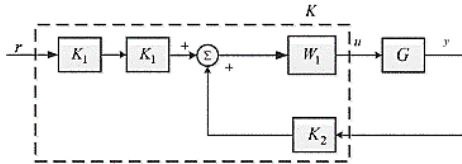
Doyle, Limber và cộng sự [9] đã mở rộng mô hình hai bậc tự do của Glover - MC Farlane. Nghiên cứu này đã đề xuất phát triển các đặc tính phù hợp với mô hình điều khiển vòng kín. Với phần hồi tiếp trở về của bộ điều khiển được thiết kế để đáp ứng các yêu cầu loại bỏ nhiễu và ổn định bền vững tương tự như mô hình một bậc tự do được thực hiện bởi phương pháp thiết kế bằng biểu đồ ngoại trừ việc chỉ sử dụng bộ bù trọng lượng trước w. Điều khiển bền vững hai bậc tự do bằng phương pháp thiết kế biểu đồ là kỹ thuật điều khiển bền vững trong đó đặc trưng miền thời gian có thể được kết hợp trong thiết kế. Các bộ điều khiển được thiết kế theo phương pháp này là bộ lọc trước hồi tiếp dương và bộ điều khiển hồi tiếp âm như Hình 3. Bộ lọc trước hồi tiếp dương ( $K_1$ ) của bộ điều khiển được sử dụng để kiểm soát đáp ứng miền thời gian của hệ thống vòng kín, và bộ điều khiển hồi tiếp âm được thiết kế để đạt được yêu cầu loại bỏ nhiễu loạn mong muốn và ổn định bền vững. Trong kỹ thuật này, chỉ cần xác định hàm trọng lượng của bộ bù trước  $W_1$  và mô hình tham chiếu  $M_0$ . Mô hình định dạng  $G_s$  được xây dựng dưới dạng mô hình phân tích coprime thông thường và phân chia hàm truyền đạt danh định thành các hàm truyền đạt  $(\tilde{N}_s, \tilde{M}_s)$ . Bộ bù sau  $W_2$  luôn được chọn là một ma trận đơn vị. Hằng số  $\rho$  là tham số tỷ lệ dùng để nhấn mạnh phần phù hợp với mô hình trong thiết kế.





Hình 3. Mô hình điều khiển bền vững với các thông số biến đổi

Ta có thể thay đổi mô hình trên bằng cách thu gọn như sau:



Hình 4. Sơ đồ điều khiển cải tiến hai bậc tự do LSDP

Mô hình cải tiến ở Hình 4 đã dịch chuyển bộ điều khiển  $K_2$  đến đường dẫn hồi tiếp âm tạo ra các thay đổi tại đầu vào tham chiếu. Việc dịch chuyển bộ điều khiển tới đường dẫn hồi tiếp âm có thể giảm độ vọt lố lớn bởi sự thay đổi tham chiếu đầu vào. Đặt vấn đề thiết kế mô hình hai bậc tự do vào trong phân cấu hình tiêu chuẩn, chúng ta có thể xác định được mô hình tổng quát P bởi:

$$\begin{bmatrix} u \\ y \\ e \\ \beta \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ \phi \\ u \end{bmatrix} \quad (15)$$

Cuối cùng, mô hình trạng thái P được trình bày như sau:

$$P = \begin{bmatrix} A_i & 0 & 0 & (B_i D_i^T + Z_i C_i^T) R_i^{-0.5} & B_i \\ 0 & A_k & B_k & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I \\ C_i & 0 & 0 & R_i^{0.5} & D_i \\ \rho C_i & -\rho^2 C_k & -\rho^2 D_k & \rho R_i^{0.5} & \rho D_i \\ 0 & 0 & \rho I & 0 & 0 \\ C_i & 0 & 0 & R_i^{0.5} & D_i \end{bmatrix} \quad (16)$$

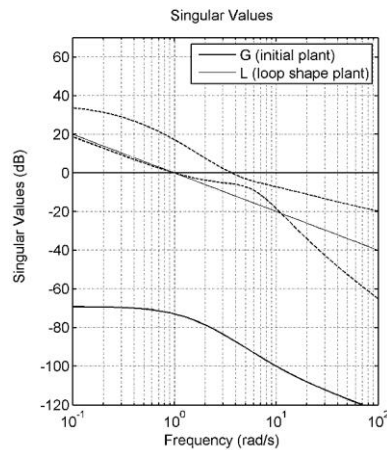
Trong đó mô hình định dạng  $G_i = \begin{bmatrix} A_i & B_i \\ C_i & D_i \end{bmatrix}$  và hàm truyền vòng kín  $M_0 = \begin{bmatrix} A_k & B_k \\ C_k & D_k \end{bmatrix}$ .

#### 4 KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ

Mục tiêu xây dựng bộ điều khiển bền vững  $H_\infty$  trong bài báo này là thích ứng với các tham số thay đổi,

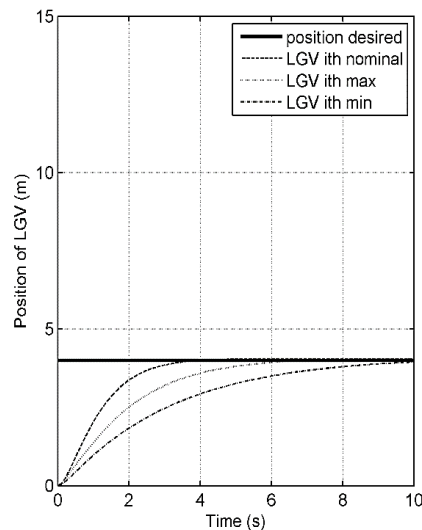
loại trừ được nhiễu và nhiễu loạn trong môi trường cực lạnh. Bộ bù sau  $W_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ . Bộ bù trước luôn là

dạng PI để có đủ độ dốc ở tần số chéo trong khi độ lợi thấp ở tần số cao có thể cung cấp đủ độ damping để đạt được độ bền vững. Bộ bù sau thường phản ảnh tầm quan trọng tương đối của các đầu ra được kiểm soát và do đó nó thường được chọn là ma trận đơn vị. Đáp ứng tần số của mô hình ban đầu và mô hình định dạng cho bộ điều khiển bền vững theo phương pháp thiết kế biểu đồ được trình bày ở Hình 5.



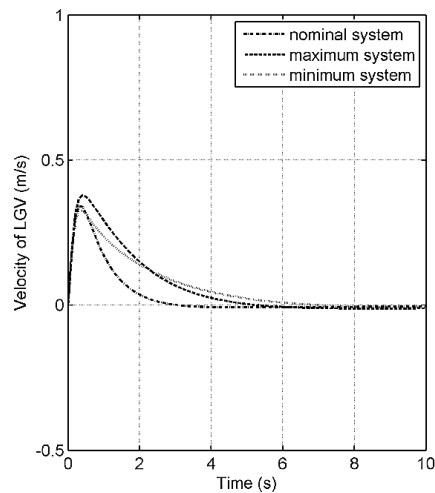
Hình 5. Đáp ứng tần số của mô hình ban đầu (đường liền nét) và mô hình định dạng (đường chấm gạch)

Đường chéo hàm trọng lượng bao gồm các hằng số trọng lượng của các bộ truyền động điều khiển. Theo cách như vậy  $W_1$  và  $W_2$  được sử dụng để điều chỉnh hệ thống danh định  $G$  như  $W_2GW_1$ . Giá trị của  $\rho$  được đặt là 1. Tổng hợp bộ điều khiển bền vững  $K_\infty$  để tạo ra hàm truyền với nhiễu loạn tác động sẽ có sai số nhỏ nhất. Đối với tất cả các hệ thống MIMO với  $\gamma = 3.49 < 4$  có thể chứng minh về mặt lý thuyết rằng bộ điều khiển  $K_\infty$  không làm thay đổi giá trị suy biến [14]. Do đó độ ổn định bền vững đạt được mà không làm suy giảm đáng kể đặc tính ban đầu. Nếu  $\gamma > 4$  thì cần tính lại ma trận trọng lượng. Các đường cong đáp ứng tần số của vòng lặp được định hình như trong Hình 5, có độ lợi cao ở tần số thấp và độ lợi thấp ở tần số cao như mong muốn. Theo kết quả đạt được thì hệ thống có thể đối phó với tiếng ồn và sự xáo trộn. Các phản hồi của hệ thống vòng kín được minh họa trong hình 6. Từ đồ thị chúng ta có thể thấy rằng tất cả các phản hồi đều đủ nhanh với thời gian lên nhỏ hơn 10s và không có độ vọt lố. Nó có nghĩa là với bất cứ giá trị nào của tham số được trình bày tại bảng 1 thì hệ thống điều khiển được hoạt động tốt.



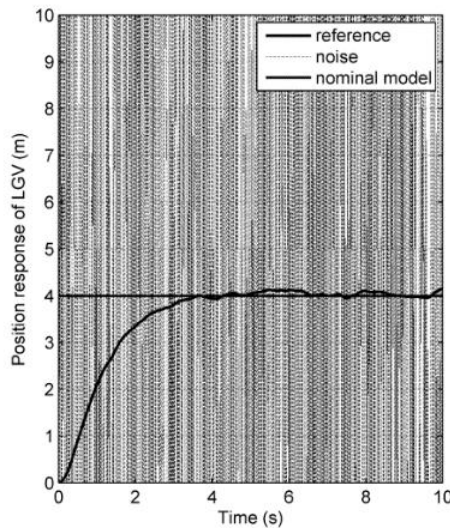
Hình 6. Đáp ứng vị trí của hệ thống xe LGV

Hình 6 mô tả đáp ứng vị trí của xe LGV đạt được vị trí 4m trong 10s và không có vọt lố. Theo kết quả trong Hình 6, vị trí của LGV được mô tả qua 3 mô hình danh định, cực tiểu và cực đại. Không có kết quả nào vượt quá vị trí đặt mong muốn, do đó hệ thống hoạt động tốt.



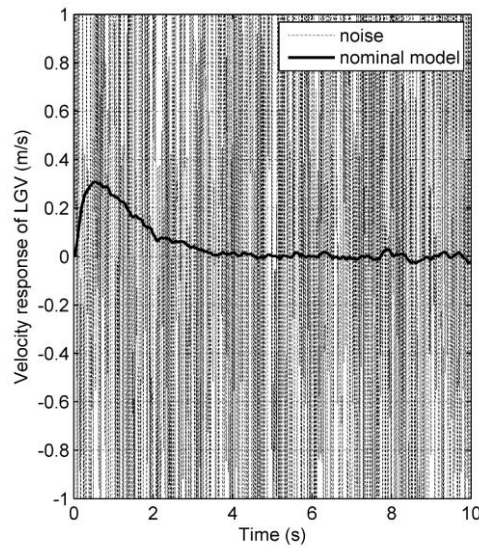
Hình 7. Đáp ứng vận tốc của xe LGV

Hình 7 thể hiện đáp ứng vận tốc của mô hình danh định, cực tiểu, cực đại. Theo kết quả cho thấy đỉnh của đáp ứng vận tốc là 0.38m/s và đáp ứng của tất cả các mô hình đều hội tụ về 0 khi hệ thống xe LGV đạt được vị trí mong muốn. Hơn thế nữa, có sự khác biệt nhẹ giữa các đáp ứng của mô hình danh định, mô hình cực tiểu và mô hình cực đại. Điều đó chứng minh rằng bộ điều khiển được đề xuất khắc phục được sự không phù hợp của mô hình một cách hiệu quả, và tập hợp hệ thống nhiễu loạn thỏa mãn yêu cầu điều khiển. Tuy nhiên, trong quá trình hoạt động thực tiễn, tín hiệu đo lường đầu ra luôn luôn bị méo dạng bởi nhiễu cảm biến. Để đảm bảo hệ thống có thể đối phó với tiếng ồn, hoặc nhiễu loạn, vùng giới hạn độ bền phải có độ lợi nhỏ hơn 0 và vùng giới hạn hiệu suất phải có độ lợi cao. Theo kết quả cho thấy, định dạng L có độ lợi cao tại vùng giới hạn hiệu suất và nhỏ hơn 0 tại vùng giới hạn bền vững.



Hình 8. Đáp ứng vị trí của xe LGV với tác động của nhiễu đến cảm biến

Điều đó có nghĩa là hệ thống có thể vượt qua nhiễu hoặc nhiễu loạn để giữ tính ổn định của hệ thống. Nhiễu thường xuất hiện ở giới hạn tần số cao. Sự biến dạng gây ra bởi nhiễu có thể được loại bỏ bằng nhiều cách khác nhau tùy thuộc vào bộ điều khiển. Hình 8 mô tả lịch sử thời gian của xe LGV do nhiễu cảm biến. Theo kết quả cho thấy, dải dao động của đáp ứng là rất nhỏ. Điều đó có nghĩa là nhiễu cảm biến có thể được loại bỏ lên đến 90%. Do đó, hệ thống LGV cũng đạt được vị trí mong muốn và duy trì sự ổn định của hệ thống.



Hình 9. Đáp ứng vận tốc với tác động của nhiễu cảm biến

Hình 9 minh chứng cho hoạt động của hệ thống LGV thông qua đáp ứng vận tốc với môi trường nhiễu. Từ kết quả cho thấy bộ điều khiển bền vững có thể bảo vệ quá trình xử lý khỏi sự biến dạng lớn do nhiễu gây ra.

## 5 KẾT LUẬN

Phương pháp thiết kế bằng biểu đồ cung cấp một cách tạo ra bộ điều khiển ổn định bền vững mạnh mẽ cho xe LGV bằng cách sử dụng các kỹ thuật định hình vòng lặp cổ điển. Hiệu suất của hệ thống vòng lặp kín sử dụng bộ điều khiển bền vững  $H_\infty$  đã được đánh giá. Mô hình tham số  $\gamma$  giúp giải phương trình đại số Ricatti trong việc thiết kế bộ điều khiển. Ứng dụng của mô hình hai bậc tự do sử dụng bộ điều khiển thiết kế bằng phương pháp định hình vòng lặp cho thấy hoạt động của xe LGV bền vững hơn, tiết kiệm năng lượng nhưng không làm giảm hiệu suất. Theo kết quả mô phỏng cho thấy bộ điều khiển của hệ thống LGV cho đáp ứng không vọt lố về vị trí và vận tốc. Thêm vào đó, đáp ứng của hàm truyền có tham số thay đổi lớn nhất và hàm truyền có tham số thay đổi nhỏ nhất đều bám theo tín hiệu đầu vào. Hơn thế nữa, độ ổn định của hệ thống được duy trì bền vững dưới sự tác động của nhiễu hoặc nhiễu loạn. Trong tương lai, bộ điều khiển này sẽ được ứng dụng vào phần cứng hệ thống bằng việc sử dụng PLC kết hợp với Matlab để điều khiển xe LGV.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R. d. Koster, T. L. Duc, and K. J. Roodbergen, Design and control of warehouse order picking: a literature review, *European Journal of Operational Research.*, vol. 182, no. 2, pp. 481-501, 2007.
- [2] R. Fierro and F. Lewis, Control of a nonholonomic mobile robot: backstepping kinematics into dynamics, *Proc. IEEE Conf. on Decision and Control*, New Orleans, pp. 3805-3810, 1995.
- [3] Y. Kanayama, Y. Kimura, F. Miyazaki, and T. Noguchi, A stable tracking control method for an autonomous mobile robot, *Proc. IEEE Conf. on Robotic and Automation*, New Orleans, pp.384-389, 1990.
- [4] T. Fukao, H. Nakagawa, and N. Adachi, Adaptive tracking control of a nonholonomic mobile robot, *IEEE Trans. Rob Autom*, pp. 609-615, 2000.
- [5] Y. H. Kim, and I. J. Ha, Asymptotic state tracking in a class of nonlinear system via learning-based inversion, *IEEE Trans Autom. Contr.*, pp. 2011-2027, 2000.

- [6] D. Chwa, Sliding mode tracking control of nonholonomic wheeled mobile robots in polar coordinates, IEEE Trans. Contr. Syst. Technol., pp. 637-644, 2004.
- [7] G. Zames, Feedback and optimal sensitivity model reference transformation, multiplicative seminorms and approximate references, IEEE Transaction On Automatic Control AC-23, pp. 301-320, 1981.
- [8] J. C. Doyle, K. Glover, P. Khargoecker, and B. Francis, State space solution to standard  $H_2$  and  $H_\infty$  control problem, IEEE Transaction On Automatic Control, pp. 831-847, 1989.
- [9] K. Glover, D. Limebeer, J. Doyle, E. M. Kasenally, and M. Sofonov, A characterization of all solutions to four block distance problem, SIAM Journal of control and optimization., vol. 29, no. 2, pp. 283-324, 2003.
- [10] F. Gao, S. E. Li, Y. Zheng, and D. Kum, Robust control of heterogeneous vehicular platoon with uncertain dynamics and communication delay, IET Journal of Intelligent Transport Systems., vol. 10, no. 7, pp. 503-513, 2016.
- [11] G. Guo, and W. Yue, Autonomous platoon control allowing range-limited sensors, IEEE Trans. Vehicular Technology, pp. 2901-2912, 2012.
- [12] D. C. McFarlane, K. Glover, A loop shaping design procedure using synthesis, IEEE Transactions on Automatic Control, pp. 759-769, 1992.
- [13] R. A. Hyde, and K. Glover, The application of scheduled  $H_\infty$  controllers to a VSTOL aircraft, IEEE Transactions on Automatic control, pp. 1021-1039, 1993.
- [14] J. Gadewadikar, F. L. Lewis, K. Subbarao, and B. M. Chen, Control system design for unmanned aerial vehicles using  $H_\infty$  and loop shaping methods, IEEE International Conference on Control and Automation, pp. 1174-1179, 2007.

YSC5.F115

**ĐIỀU KHIỂN ROBOT BÁM THEO MỤC TIÊU**PHẠM HOÀI HUY<sup>1</sup>, LÃ DUY QUANG<sup>1</sup>, TRẦN VĂN HÙNG<sup>1\*</sup><sup>1</sup>*Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*  
*\*tranvanhung@iuh.edu.vn*

**Tóm tắt.** Cùng với sự phát triển của công nghệ như hiện nay, đặc biệt là xu thế cách mạng 4.0, việc xây dựng hệ thống robot tự hành cũng đang là vấn đề được quan tâm nhằm phục vụ con người ở nhiều lĩnh vực khác nhau. Bài báo nói về chủ đề “Điều khiển Robot bám theo mục tiêu”. Trong bài báo này, chúng tôi giới thiệu các kỹ thuật trong thị giác máy tính, ứng dụng nó để nhận diện và kết hợp với điều khiển Robot. Bài báo có sử dụng máy tính nhúng Jetson Xavier NX để cải thiện hiệu suất của robot và tăng tính ổn định của hệ thống. Bằng cách tích hợp Jetson Xavier vào hệ thống, robot có thể xử lý các tác vụ tính toán phức tạp và xử lý hình ảnh một cách nhanh chóng và hiệu quả hơn. Đầu tiên, chúng tôi sẽ đưa ra một cái nhìn tổng quát về thuật toán Blob và các thuật toán xử lý nhận diện màu sắc, kích thước, hình dạng, khoảng cách và góc trong thư viện OpenCV. Sau đó, chúng tôi trình bày bộ điều khiển PID cho việc điều khiển tốc độ động cơ robot. Cuối cùng, chúng tôi sẽ thực nghiệm và bàn luận về vấn đề hiệu suất và tính ổn định của hai vấn đề trên, từ đó có những cải tiến để phát triển thêm bài báo sau này.

**Từ khóa.** Robot bám mục tiêu, Thuật toán blob, Bộ điều khiển PID.

**TARGET-FOLLOWING ROBOT CONTROL**

**Abstract.** With the development of technology today, especially the trend of the 4.0 revolution, the construction of autonomous robot systems is also an issue of concern in order to serve humans in various fields. This article discusses the topic of "Target-following Robot Control". In this article, we introduce techniques in computer vision and its application for robot recognition and control. The project utilizes the Jetson Xavier NX embedded computer to improve the robot's performance and system stability. By integrating Jetson Xavier into the system, the robot can quickly and efficiently process complex computing tasks and image processing. First, we provide an overview of the Blob algorithm and color, size, shape, distance, and angle recognition algorithms in the OpenCV library. Then, we present the PID controller for controlling the motor speed of the robot. Finally, we experiment with discussing performance and stability issues, from which improvements can be made for future development.

**Keywords.** Target-following robot, Blob algorithm, PID control.

**1 GIỚI THIỆU**

Trong thời đại số 4.0 tốc độ phát triển của công nghệ ngày càng nhanh, đặt ra cho con người vấn đề phải nắm bắt và làm chủ các công nghệ mới ngày càng nhanh. Việc phát triển và ứng dụng các hệ thống robot tự vận hành thực hiện các công việc đơn giản cũng nằm trong xu thế đó [1] [2]. Những robot này được trang bị các cảm biến khác nhau như: cảm biến chuyển động, cảm biến hồng ngoại, cảm biến siêu âm, cảm biến quang [3],... Và gần đây chúng còn được phát triển thêm bằng cách tích hợp thêm “thị giác”, việc lắp đặt cho robot thêm thiết bị camera, ứng dụng xử lý ảnh nhằm tăng khả năng tự động, giúp chúng trở nên thông minh hơn [4]. Chúng được dùng với mục đích thực hiện các nhiệm vụ đặt trước như dò đường, vẽ bản đồ, vận chuyển hàng hóa, tự sản xuất công nghiệp đến dịch vụ khách hàng [5],...

Trong bài báo này, với việc cải tiến của các kết quả trước đây, tác giả sử dụng bo điều khiển nhúng Jetson Xavier có bộ xử lý GPU, đây là sự phát triển của công nghệ điện tử và tốc độ tính toán của vi xử lý được nâng lên một cách vượt trội, cùng việc chọn lựa các thuật toán tối ưu trong thị giác máy tính và các chức

năng giao tiếp thiết bị ngoại vi cũng được tích hợp trên cùng một chip [6], vì vậy mà việc sử dụng và điều khiển trở nên dễ dàng hơn.

## 2 XỬ LÝ ẢNH

### 2.1 Bộ lọc HSV

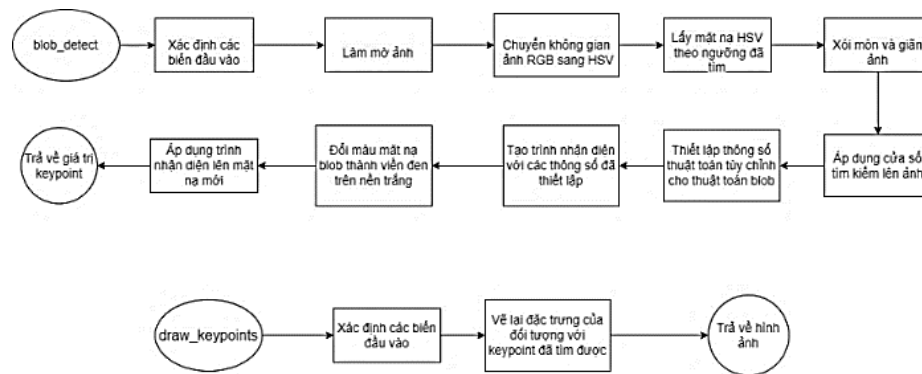
Là một hệ thống màu khác với hệ thống màu RGB thông thường, cho phép chúng ta phát hiện các blob dựa trên thông tin màu sắc của chúng.

Không gian màu HSV có ba thành phần sau: H (Hue): Chỉ ra màu sắc (xanh, đỏ, vàng, ...). S (Saturation): Độ bão hòa (sắc thái của màu) chỉ ra độ đậm nhạt của màu. V (Value): Chỉ ra độ sáng hoặc tối.

Từ ba yếu tố màu sắc của không gian màu HSV ta dễ dàng tách màu sắc của vật cần nhận dạng ra khỏi không gian. Từ 3 kênh H, S, V ta lấy ra 6 thông số [Hmax, Hmin], [Smax, Smin], [Vmax, Vmin] [4].

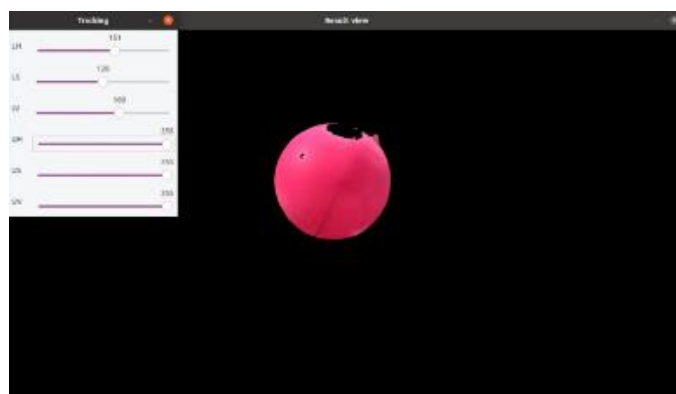
### 2.2 Thuật toán blob

Thuật toán này được sử dụng để tìm và phân tích các vùng liên tục có cùng đặc điểm như màu sắc, độ sáng hoặc độ tương phản [7].



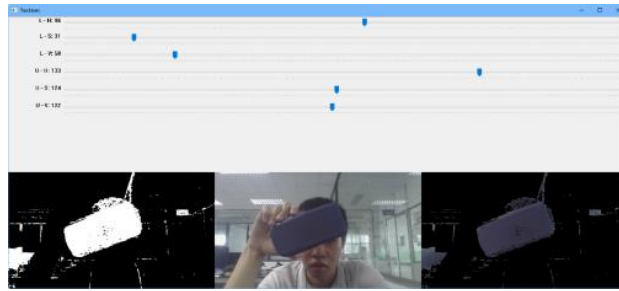
Hình 1. Thuật toán blob

Đầu tiên, chúng tôi sẽ sử dụng bộ lọc HSV để chuyển đổi không gian màu BGR sang không gian màu HSV.



Hình 2. Lấy thông số HSV của quả bóng

Bằng cách áp dụng ngưỡng vào giá trị của các kênh màu HSV, ta có thể tách được đối tượng quả bóng cần nhận dạng ra khỏi phông nền [8].



Hình 3. Ví dụ về phân đoạn ảnh

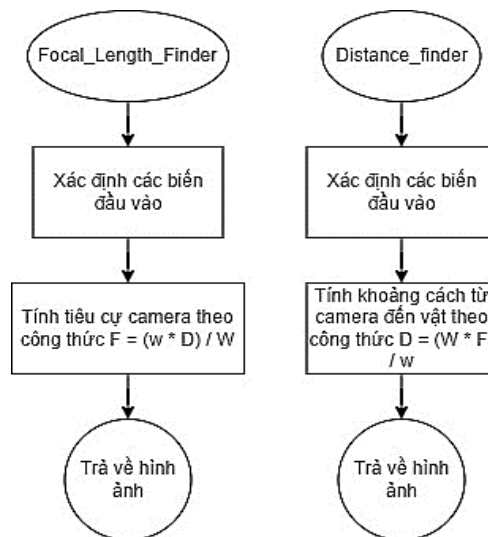
Cuối cùng, ta có thể vẽ các hình bao quanh các vùng blob này để thể hiện các đối tượng trên ảnh.



Hình 4. Ví dụ về thuật toán blob

### 2.3 Tính khoảng cách từ vật tới Camera

Trong robot hình ảnh, tính toán khoảng cách giữa vật thể và camera là một phần quan trọng trong việc điều khiển robot di chuyển để bám và theo đuổi vật thể đó. Phương pháp sử dụng phổ biến là sử dụng kích thước của vật thể trên hình ảnh để tính toán khoảng cách. Phương pháp này được thể hiện ở (Hình 5).



Hình 5. Thuật toán đo khoảng cách

Để tính khoảng cách, ta cần biết kích thước thực của vật, vị trí vật thể trên hình ảnh và góc nhìn của camera. Từ đó, ta có thể sử dụng các phương trình liên quan để tính toán khoảng cách [9].

Công thức tính khoảng cách từ vật đến camera:

$$D = \frac{w * F}{W} \tag{1}$$

Trong đó:

- D: là khoảng cách từ vật đến camera (đơn vị là cm)

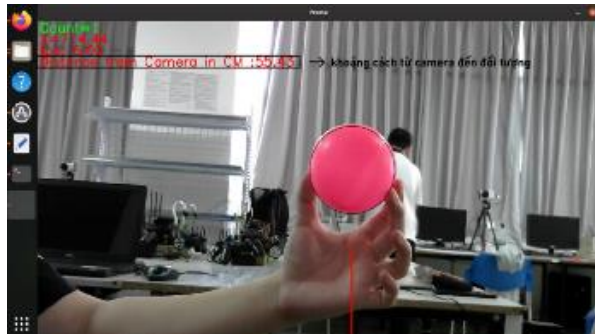


- $w$ : là chiều rộng thực tế của vật
  - $F$ : là độ dài tiêu cự của camera trong đơn vị đo mm
  - $W$ : là diện tích của đối tượng trong ảnh (được tính bằng đơn vị pixel)
- Để có được độ dài tiêu cự của camera, ta tính bằng công thức:

$$F = \frac{W * D}{w} \quad (2)$$

Trong đó:

- $W$ : độ rộng của đối tượng trong ảnh, được tính bằng pixel
- $D$ : là khoảng cách đã biết giữa camera và đối tượng, được tính bằng đơn vị độ dài (đơn vị là cm)
- $w$ : là độ rộng thực sự của đối tượng, được tính bằng đơn vị độ dài

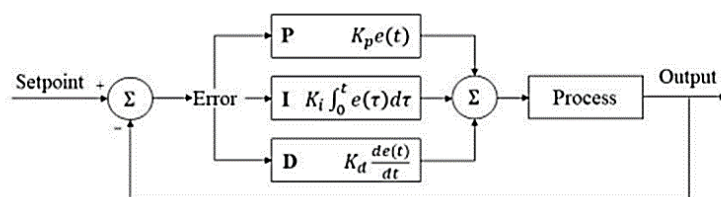


Hình 6. Ví dụ về đo khoảng cách từ vật đến camera

Khi biết được khoảng cách từ camera đến vật thể, ta có thể sử dụng thông tin này để điều khiển robot di chuyển để bám theo.

### 3 ĐIỀU KHIỂN ĐƯỜNG ĐI CỦA ROBOT DÙNG THUẬT TOÁN ĐỘNG CƠ PID

PID được cấu tạo từ ba khâu: khâu tỉ lệ (P), khâu tích phân (I) và khâu vi phân (D), cho tín hiệu ra sao cho sai số giảm về 0, giảm độ vọt lố, tăng tốc độ đáp ứng, hạn chế sự giao động. Nếu chỉ có P thì bộ điều khiển vẫn có thể hoạt động, thêm I hoặc D thì ta có PI hay PD hoặc cả ba là PID, tùy mục đích của người dùng mà sẽ có nhiều sự lựa chọn khác nhau [10].



Hình 7. Thuật toán điều khiển PID

Bộ hiệu chỉnh tỷ lệ (P): thay đổi tín hiệu điều khiển bằng cách nhân sai số với độ lợi tỷ lệ.

$$P_{out} = K_p * e(t) \quad (3)$$

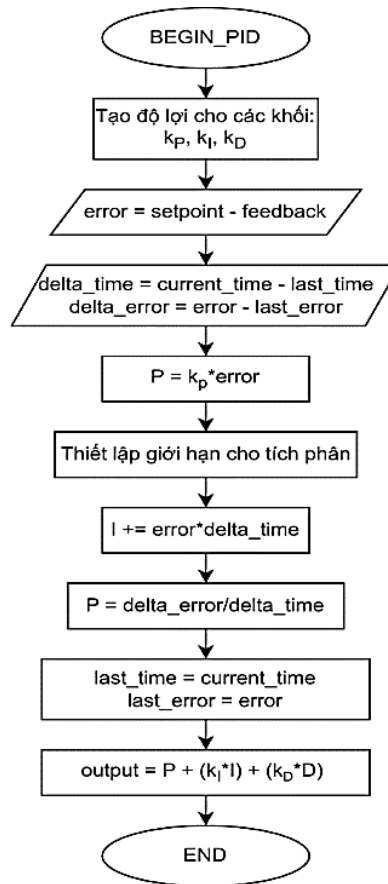
Bộ hiệu chỉnh tích phân (I): nếu chỉ dùng bộ hiệu chỉnh tỷ lệ thì sẽ để lại độ lệch (offset) lớn. Vì thế t kết hợp sử dụng bộ hiệu chỉnh tích phân, điều chỉnh tín hiệu ra sao cho độ lệch giảm tới 0.

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (4)$$

Bộ hiệu chỉnh vi phân (D): tín hiệu điều chỉnh được tạo ra dựa trên tốc độ thay đổi của sai số. Kết hợp hai bộ P và I để làm tăng tốc độ đáp ứng của bộ điều khiển.

$$D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (5)$$

Trong đó,  $K_p$  là độ lợi tỉ lệ,  $K_i$  là độ lợi tích phân,  $K_d$  là độ lợi vi phân,  $e(t)$  là sai số theo thời gian.



Hình 8. Thuật toán PID

Cách chọn thông số PID ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) cho bộ điều khiển động cơ DC.

Phương thức thực hiện là đưa các giá trị  $K_i = K_d$  đồng thời quy chúng về giá trị = 0. Sau đó, ta hiệu chỉnh giá trị  $K_p$  tăng dần đến khi nào động cơ hoạt động tuần hoàn ổn định thì ngưng lại.

Tiếp theo ta hiệu chuẩn thời gian tích phân tương ứng với chu kỳ dao động tuần hoàn

Kiểm tra lại giá trị  $K_p$  vừa khớp với yêu cầu bài toán. Trong quá trình hiệu chỉnh, nếu xảy ra hiện tượng thay đổi do dao động đột biến thì ta hiệu chuẩn thêm giá trị  $K_d$ .

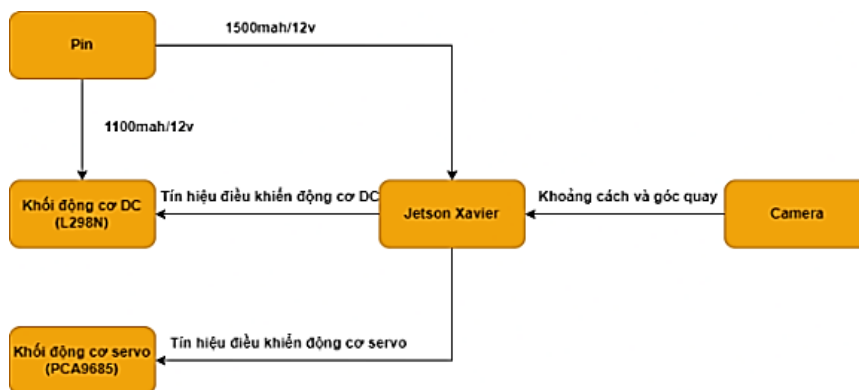
Kết quả giá trị thu được mà xe hoạt động ổn định với 3 thông số như sau: ( $K_p=0.5$ ,  $K_i=2$ ,  $K_d=3$ ).

## 4 CÁC KẾT QUẢ VÀ BÌNH LUẬN

### 4.1 Thiết kế sản phẩm

Robot tự hành trong bài này là có kích thước khung là 26\*15cm, có 4 bánh xe, 1 động cơ DC và 1 động cơ servo. Khung được làm từ kim loại, tốc độ có thể thay đổi linh hoạt nhờ động cơ servo, phần dẫn động 2 bánh sau được thiết kế bánh răng dẫn động và ổ bi, giúp nâng cao chỉ số truyền động của động cơ, làm tăng tốc độ và công suất của xe đạt độ ổn định tối đa [11].

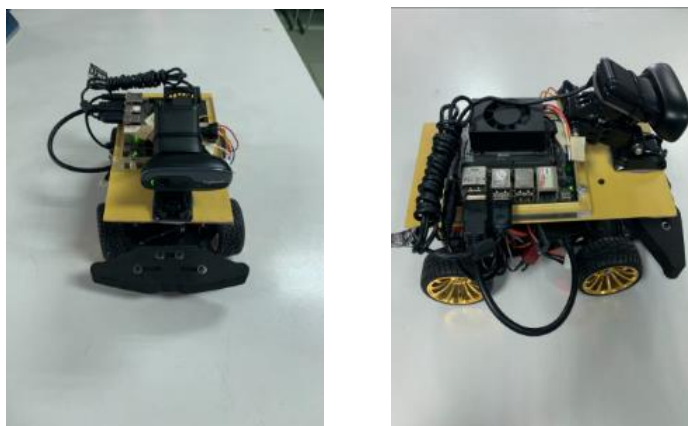
Ngoài ra, xe còn được trang bị camera để thu hình ảnh đầu vào để phát hiện mục tiêu, trong quá trình điều khiển robot bám theo mục tiêu [12]. Một board Jetson Xavier có chức năng chính là xử lý và phân tích hình ảnh từ camera để nhận diện và theo dõi mục tiêu. Khối động cơ DC dùng để tạo chuyển động di chuyển cho robot. Khối động cơ servo dùng để điều chỉnh hướng chuyển động của robot. 2 Pin để cung cấp nguồn cho board Jetson Xavier và khối động cơ DC.



Hình 9. Sơ đồ khối hệ thống

- Camera: Thu hình ảnh đầu vào để phát hiện mục tiêu, trong quá trình điều khiển robot bám theo mục tiêu.
- Jetson Xavier: có chức năng chính là xử lý và phân tích hình ảnh từ camera để nhận diện và theo dõi mục tiêu. Nó đảm nhận vai trò là trung tâm tính toán và điều khiển của hệ thống.
- Pin: để cấp nguồn cho board Jetson Xavier (1500mAh/12V) và khối động cơ DC (1100mAh/10V).
- Khối động cơ DC: dùng để tạo chuyển động di chuyển cho robot. Động cơ DC được điều khiển bằng tín hiệu điện để điều khiển chiều và thay đổi tốc độ cho động cơ. Được điều khiển bằng bộ điều khiển và mạch nguồn.
- Khối động cơ servo: điều chỉnh hướng chuyển động của robot để đảm bảo chuyển động được đồng bộ với các thành phần khác trong hệ thống.

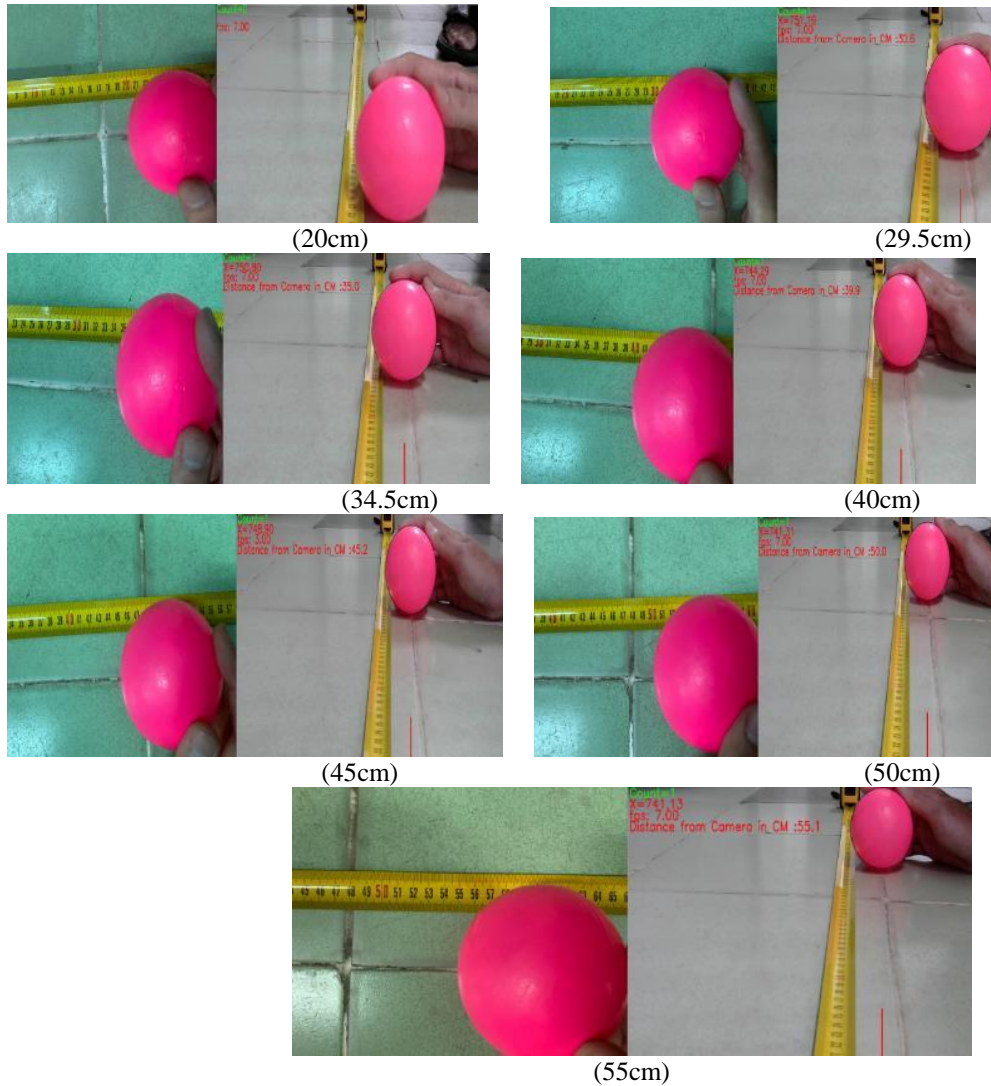
Sản phẩm sau khi hoàn thiện được thể hiện ở (hình 10).



Hình 10. Robot sau khi được hoàn thiện

## 4.2 Các kết quả thực nghiệm

Đầu tiên, chúng tôi sẽ thực nghiệm nhiều lần để lấy kết quả sai số của thuật toán đo khoảng cách, từ đó đánh giá được tính ổn định của thuật toán. Chúng tôi sẽ đo các khoảng cách lần lượt từ 20cm, 29.5cm, 34.5cm, 40cm, 45cm, 50cm, 55cm. Sau đó kết quả thu được sẽ được thể hiện ở (Hình 11).



Hình 11. Các kết quả thực nghiệm theo khoảng cách

Bảng 1. Thống kê các kết quả thực nghiệm đo khoảng cách

Lần đo thứ	Khoảng cách thực tế	Kết quả đo được	Sai số (cm)	Sai số (%)
1	~20cm	(empty)	(empty)	(empty)
2	29.5cm	30.5cm	1cm	3.99%
3	34.5cm	35cm	0.5cm	1.45%
4	40cm	39.9cm	0.1cm	0.25%
5	45cm	45.2cm	0.2cm	0.44%
6	50	50cm	0cm	0%
7	55cm	55.1cm	0.1cm	0.25%

Tiếp theo, chúng tôi sẽ thực nghiệm thuật toán blob trong 3 điều kiện ánh sáng khác nhau.



(ánh sáng cao)



(ánh sáng vừa phải)

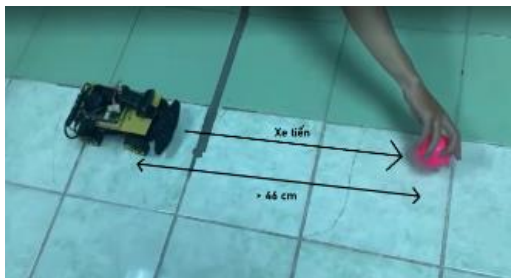


(ánh sáng thấp)

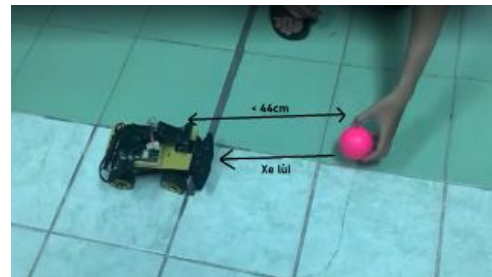
Hình 12. Các kết quả thực nghiệm theo độ sáng

Từ đó, thấy được điều kiện ánh sáng thích hợp để cho thuật toán ổn định là ở trong môi trường ánh sáng vừa phải.

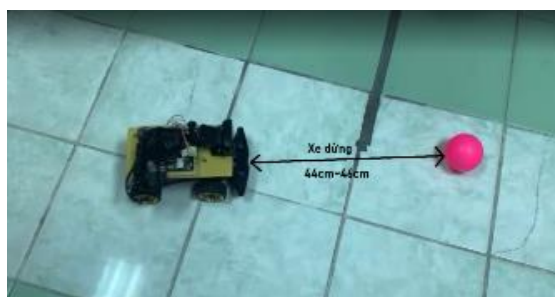
Cuối cùng ở thí nghiệm này chúng tôi sẽ cho xe chạy ở trong môi trường phòng Lab, với ánh sáng vừa phải.



Hình 13. Xe tiến



Hình 14. Xe lùi



Hình 15. Xe dừng

## 5 KẾT LUẬN

Cùng với các chức năng hiện có của robot (nhận diện mục tiêu, tính toán và đo khoảng cách từ mục tiêu đến camera, thuật toán PID), thì xe đã có thể hoạt động đúng theo mong muốn của nhóm như tiến, lùi, dừng lại tương đối chính xác với khoảng cách đặt trước, các chức năng trong thiết kế đều đã hoạt động. Tuy nhiên vẫn còn một số hạn chế về thiết bị. Camera có độ phân giải chưa cao làm ảnh hưởng đến việc nhận diện và theo dõi mục tiêu, ngoài ra còn gặp khó khăn trong việc phát hiện đối tượng trong môi trường thiếu sáng,

hoặc ánh sáng không đồng đều. Động cơ DC chưa đủ mạnh, ảnh hưởng đến việc di chuyển bám theo mục của xe và di chuyển khó khăn ở những bề mặt không bằng phẳng. Thuật toán chưa tối ưu, khiến do việc nhận diện chưa được mượt mà, hạn chế trong việc nhận diện đối tượng trong những tình huống khó khăn như: đối tượng bị che khuất, đối tượng di chuyển nhanh, đối tượng ở trong môi trường quá sáng hoặc quá tối sẽ ảnh hưởng đến khả năng phát hiện đối tượng, nguyên nhân là các giá trị màu sắc HSV ban đầu không còn áp dụng khi ánh sáng thay đổi.

Những ứng dụng trong robot tự hành di chuyển bám theo mục tiêu có thể là tiền đề phát triển các loại robot thông minh như: Robot vali bám theo chủ, giúp cải thiện cuộc sống và mang lại tiện ích cho con người.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R. S. V. Nam, Cách mạng công nghiệp 4.0, October 2018. [Online]. Available: <https://robotsteam.vn/cach-mang-cong-nghiep-4.0>.
- [2] "Universal Robot, "Các xu hướng thúc đẩy tự động hóa sử dụng robot công nghiệp, 30 11 2021. [Online]. Available: <https://www.universal-robots.com/vn/blog/>.
- [3] N. H. Phước, "Điên tử việt," Cảm biến robot là gì?, [Online]. Available: <https://dientuviet.com/cam-bien-robot-hoat-dong-va-ung-dung/>.
- [4] Bakaii, Những ứng dụng thực tiễn của thị giác máy tính, September 2013. [Online]. Available: <https://bkaii.com.vn/tin-tuc/798-nhung-ung-dung-thuc-tien-cua-thi-giac-may-tinh>.
- [5] "Song Nam Group," 10 tác động của robot trong cuộc sống hàng ngày, 19 08 2021. [Online]. Available: <https://songnamgroup.com/10-tac-dong-cua-robot-trong-cuoc-song-hang-ngay-song-nam-group-cid31516.html>.
- [6] Thiết bị ngoại vi là gì?, 24 06 2021. [Online]. Available: <https://thietbivienthong.vn/thiet-bi-ngoai-vi-la-gi/>.
- [7] A. K. G. Bradski, Learning OpenCV, September 2008.
- [8] "EDUCBA," 2023. [Online]. Available: <https://www.educba.com/opencv-hsv-range/>.
- [9] T. Emara, 11 03 2018. [Online]. Available: <http://emaraic.com/blog/distance-measurement>.
- [10] P. T. N. T. L. Vũ, Pid controller design for process with time delay, Đại học Quốc gia Tp.HCM.
- [11] C. h. H. Đ. T. V. ROBOT, ""HSHOP"," Cửa hàng HSHOP ĐIỆN TỬ VÀ ROBOT, [Online]. Available: <https://hshop.vn/products/khung-xe-robot-kim-loai-racing-car-1>.
- [12] Logitech, "Logitech," Logitech, 16 05 2023. [Online]. Available: <https://logitechg502.com/logitech-c270-hd-720p-driver-and-software/>.

YSC5.F116

## HỆ THỐNG THỊ GIÁC MÁY TÍNH GIÁM SÁT NGƯỜI TẬP TRONG PHÒNG THỂ HÌNH

PHẠM TRƯỜNG HẢI<sup>1</sup>, VÕ NGỌC HẢI<sup>1</sup>, TRẦN VĂN HÙNG<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
\*tranvanhung@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Với sự phát triển ngày càng mạnh mẽ của trí tuệ nhân tạo, một trong những lĩnh vực có thể thu thập, xử lý, giám sát, phân tích và chỉnh hình ảnh số đó chính là thị giác máy tính. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một hệ thống thị giác máy tính giám sát người tập thể hình bằng cách nhận dạng các điểm mốc trên cơ thể con người. Hệ thống sẽ giới thiệu các bước chính, dùng thư viện OpenCV và hiển thị các điểm mốc trên cơ thể con người, xác định các điểm chính để tính góc và dùng hàm để tính toán góc. Qua đó hệ thống có thể giám sát người tập thể hình cảnh báo người tập khi tập sai bằng âm thanh cảnh báo và gửi về email dữ liệu đã tập để có thể theo dõi số lần người tập trong các bài tập.

**Từ khoá.** Hàm để tính toán góc, Thị giác máy tính, Các điểm mốc, OpenCV.

### COMPUTER VISION SYSTEM MONITORS EXERCISERS IN GYMS

**Abstract.** With the increasingly strong development of artificial intelligence, one of the areas that can collect, process, monitor, analyze and edit digital images is computer vision. In this paper, we present a computer vision system that monitors bodybuilders by recognizing landmarks on the human body. The system will introduce the main steps, use the OpenCV library and display landmarks on the human body, determine the key points to calculate the angle and use the function to calculate the angle. Thereby the system can monitor the bodybuilder, warn the practitioner when they are wrong with the warning sound and email the number of exercises to track the number of times practiced in the exercises.

**Keywords.** Functions for calculating angles, Computer vision, Landmarks, OpenCV.

### 1 GIỚI THIỆU

Tập thể hình hiện nay đang là xu hướng giúp rèn luyện thể chất con người cải thiện các vóc dáng của cơ thể và còn nâng cao sức khỏe. Giúp tăng cơ bắp, sự dẻo dai khỏe mạnh và linh hoạt hơn đồng thời giảm nguy cơ mắc các bệnh mãn tính, chỉ ra tập thể hình giúp cải thiện tâm lý, tăng cường sức khỏe tinh thần, giúp ngủ ngon hơn nó còn mang lại năng lượng dồi dào vào các hoạt động hôm sau không bị mệt mỏi. Nhưng tập thể hình có những khuyết điểm xấu đến người tập khi họ không biết kỹ thuật và các bài tập hợp lý sẽ dễ ra chấn thương cơ bắp trong quá trình tập luyện dẫn đến hiệu quả tập luyện không tốt cho bản thân. Vì để giải quyết các vấn đề tập phải cần tham khảo sự giúp đỡ của Personal Trainer để hướng dẫn và chỉ ra những động tác tập sai.

Ngày nay, với sự phát triển mạnh về công nghệ thì việc ứng dụng thị giác máy tính dùng để thu nhận, xử lý hình ảnh, nhận dạng qua hình ảnh từ camera. Từ những khuyết điểm khi tập không có Personal Trainer sẽ dễ gây ra các chấn thương về cơ bắp hệ thống thị giác máy tính người tập trong phòng thể hình sẽ nghiên cứu và giúp cho người tập đỡ chấn thương khi vào phòng tập khi mà không cần Personal Trainer hỗ trợ. Với công nghệ nhận diện qua camera ngày càng thịnh hành để phát hiện đối tượng hoặc người việc sử dụng các hàm thư viện của OpenCV để nhận diện hình ảnh [1].

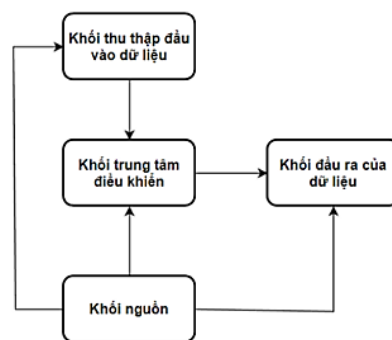
Đồng thời với các nghiên cứu hiện nay như: nhận dạng ngôn ngữ ký hiệu bản địa theo thời gian thực bằng MediaPipe và học máy [2], ước tính tư thế con người liên tục bằng học máy và thị giác máy tính [3], chỉnh sửa tư thế tập luyện theo thời gian thực bằng OpenCV và MediaPipe [4], phát hiện tư thế và so sánh các bài tập thể chất khác nhau dựa trên Deep Learning sử dụng MediaPipe, Opencv [5], thực hiện ước tính tư thế

con người bằng cách sử dụng góc logic tính toán trên The Elder of The Hands như một sự lặp lại thể dục [6], đánh giá về công nghệ thị giác máy tính cho vật lý [7], theo dõi tư thế chuyển động cho ứng dụng tập luyện thị giác máy tính [8].

Trong bài báo này hệ thống sử dụng một máy tính nhúng là NVIDIA Jetson Nano làm bộ xử lý, hệ thống này tích hợp các chức năng nhận diện các điểm mốc trên cơ thể con người lấy điểm mốc làm để tính toán góc cho bài tập. Hiện thị hình ảnh xem trên màn hình để quan sát, loa cảnh báo phát âm thanh khi tập sai và cuối cùng là gửi dữ liệu số lần tập vào email của người tập để xem số lần tập của mình.

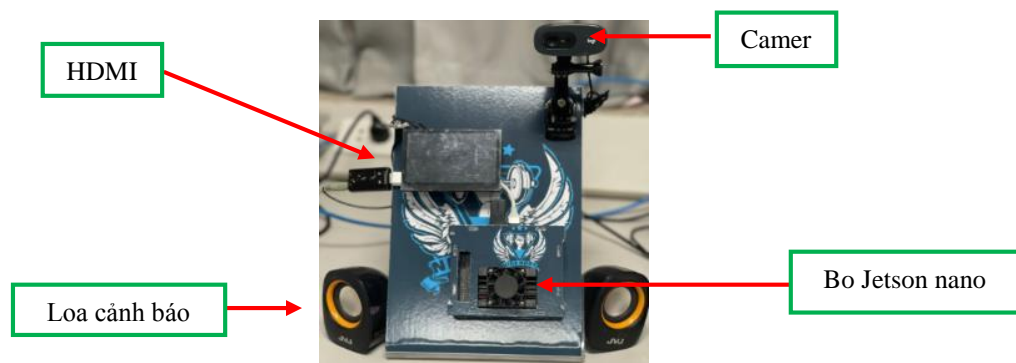
## 2 CẤU TRÚC CỦA HỆ THỐNG

Hệ thống sử dụng một webcam để thu và gửi hình ảnh lên màn hình máy tính. Hình ảnh người tập sẽ hiển thị trên màn hình với bộ xử lý trung tâm là máy tính nhúng NVIDIA Jetson Nano, sau đó các mốc trên cơ thể hiển thị lên trên cơ thể qua hình ảnh trên màn hình hiển thị và các điểm góc tính toán trên cơ thể bài tập hiển thị lên. Nếu tập sai thì loa phát thanh sẽ kêu cảnh báo cho người tập và gửi dữ liệu số lần tập về email người dùng, mô hình hệ thống được giới thiệu qua Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống

Thiết bị camera được cấp trực tiếp vào cổng USB của NVIDIA Jetson Nano và màn hình được kết nối hiển thị xử lý hình ảnh với loa cắm vào NVIDIA Jetson Nano bộ xử lý trung tâm. Khiến cho người dùng sử dụng hệ thống một cách dễ dàng.



Hình 2. Mô hình giám sát người tập thể hình

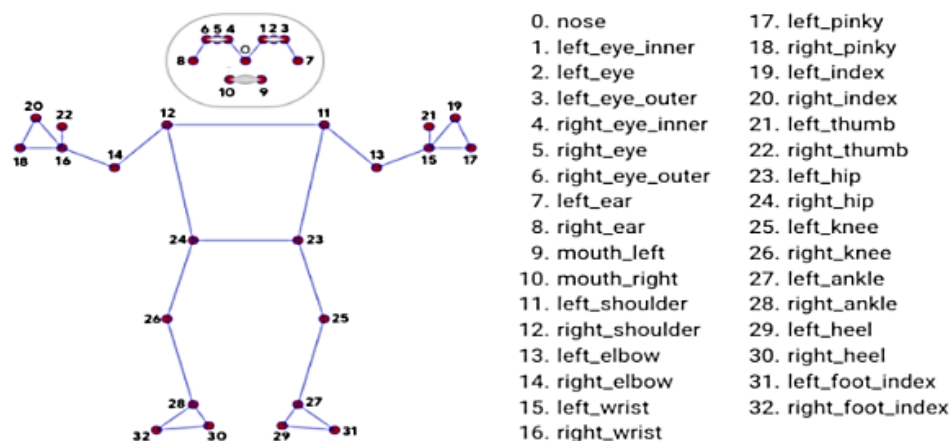
Mô hình được thiết kế tiện ích nhỏ gọn có thể để trên bàn học hoặc bàn làm việc để sử dụng, mô hình được thiết kế có một máy tính nhúng Jetson Nano để xử lý dữ liệu, một Camera nhận diện hình ảnh, một màn hình HDIM nhỏ tiện sử dụng và một cặp loa để phát âm thanh cảnh báo đến người dùng, tổng chi phí mô hình phần cứng chỉ trên dưới 6 triệu rất hợp với giá thành hiện nay của các nhân viên công chức hay các học sinh sinh viên.

Tuy nhiên là sử dụng máy tính nhúng với giá vừa phải thì cùng với nó là hệ điều hành tương đối sẽ chưa được ổn định nên dẫn đến hệ thống sẽ ít có thể mượt mà hoạt động một cách trơn tru hơn so với những máy tính nhúng có giá thành cao hơn.



### 3 XÁC ĐỊNH CÁC ĐIỂM MỐC TRÊN CƠ THỂ

Hiện thị các điểm mốc trên cơ thể bằng cách sử dụng thư viện MediaPipe là một thư viện nguồn mở nó đưa ra các công cụ và thuật toán giúp phát triển các dự án ứng dụng thị giác máy tính. [9] Với MediaPipe Pose mô hình điểm mốc hiển thị vị trí của 33 cột mốc trên cơ thể con người đánh dấu các điểm qua các điểm trên cơ thể con người thể hiện các tư thế, dáng đi lại của con người trong video hoặc có thể nhận diện qua webcam để có thể dễ dàng nhận diện các ngôn ngữ ký hiệu bằng các cử chỉ tay của con người hoặc toàn thân.



Hình 3. Hình ảnh các cột mốc

Trong bài báo với hai bài tập đó là Dumbbell Bicep Curl và Squat chủ yếu nhận dạng các điểm là tay phải 12. right\_shoulder, 14. right\_elbow, 16. right\_wrist và tay trái là 11. left\_shoulder, 13. left\_elbow, 15. left\_wrist với chân là chân phải các điểm là 24. right\_hip, 26. right\_knee, 28. right\_heel. Với vùng trọng tâm lấy góc là khuỷu tay và khuỷu chân.

#### 3.1 Sử dụng hàm tính góc trên các điểm cơ thể

Xác định 3 điểm trên cơ thể rồi dùng 3 điểm trên các mốc cơ thể để tính toán góc bằng cách dùng hàm `detector.findAngle` được sử dụng để tính góc giữa ba điểm trên hình ảnh. Ví dụ được gán các điểm trên cánh tay phải theo thứ tự như sau  $p1=12$ ,  $p2=14$  và  $p3=16$ . Các điểm trên được gán lần lượt các tọa độ  $p1=(x1, y1)$ ,  $p2=(x2, y2)$ ,  $p3=(x3, y3)$ .

Thông qua các mã sau:

```
x1, y1, z1 = self.lmList[p1][1:]
x2, y2, z2 = self.lmList[p2][1:]
x3, y3, z3 = self.lmList[p3][1:]
```

Với các hàm `self.lmList` lưu trữ các điểm trên landmarks [4].

#### 3.2 Phân loại các bài tập

Hệ thống của chúng tôi được phân loại hai bài tập đó là Dumbbell Bicep Curl và Squat. Đối với bài tập Dumbbell Bicep Curl các bước tập bao gồm: Người đứng thẳng lòng bàn tay hướng vào đùi và giữ cho khuỷu tay ép sát vào cơ thể, giữ hai tay cố định nâng tạ lên dần dần đến khi ngang vai tại khuỷu tay vào lúc này sẽ tạo ra một góc khoảng nhỏ hơn bằng 30 độ [10]. Khi hạ tạ xuống không được thẳng tay phải đảm bảo khuỷu tay của người tập có một độ cong vừa phải giúp an toàn khi lên tạ lần tiếp theo tại lúc này khuỷu tay có góc khoảng 170 độ và nhỏ hơn 180 độ.

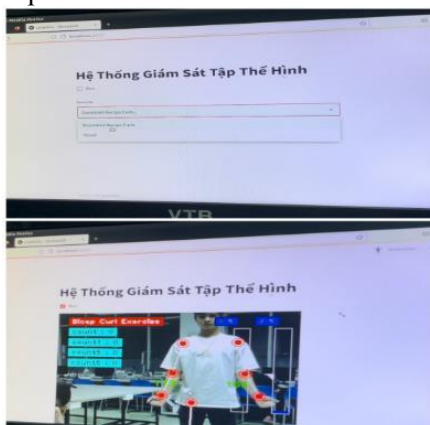
Đối với bài tập Squat các bước tập bao gồm: Người tập đứng thẳng tay hướng thẳng ra phía trước mặt ngang vai, hai chân mở rộng bằng vai hạ thấp người xuống, đồng thời đầu gối hạ thấp xuống dưới 90 độ và dưới 50 độ cho vận động viên chuyên nghiệp [11] [12], giữ yên từ 1 đến 2 giây rồi nâng người lên vị trí đứng thẳng.

Khi sử dụng Mediapipe áp dụng các điểm Landmarks lên người để xác định góc độ tập đúng của bài tập và đặt ra một khoảng an toàn cho người thực hiện động tác để không bị ảnh hưởng và làm các nhóm cơ bị tổn

thương. Mang lại độ tin cậy và sự an toàn cho người dùng, tạo cho người dùng cảm giác thoải mái tin tưởng và tập theo hệ thống của chúng tôi.

#### 4 KẾT QUẢ THỰC HIỆN

Sau khi chạy chương trình hệ thống sẽ hiển thị lên web hệ thống như hình và có thể chọn trong hai bài tập và hiện giao diện của bài tập đó lên qua Hình 4.

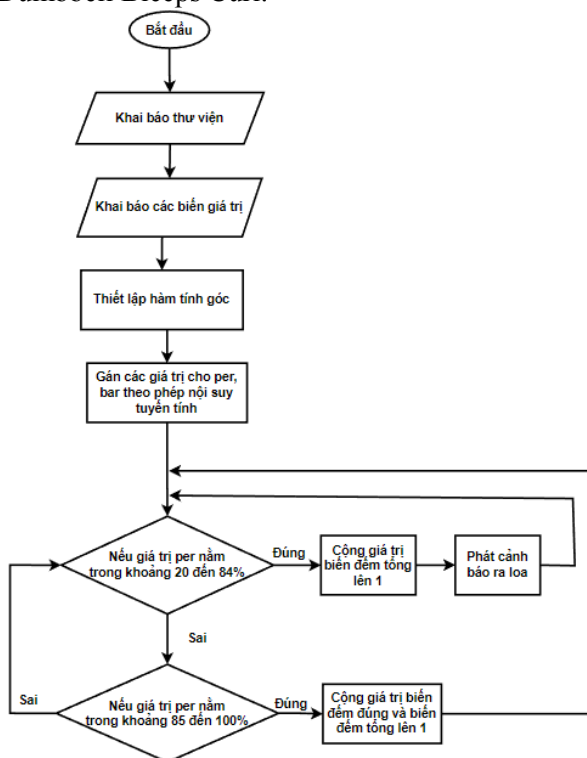


Hình 4. Giao diện hệ thống

##### 4.1 Động tác Dumbbell Bicep Curl

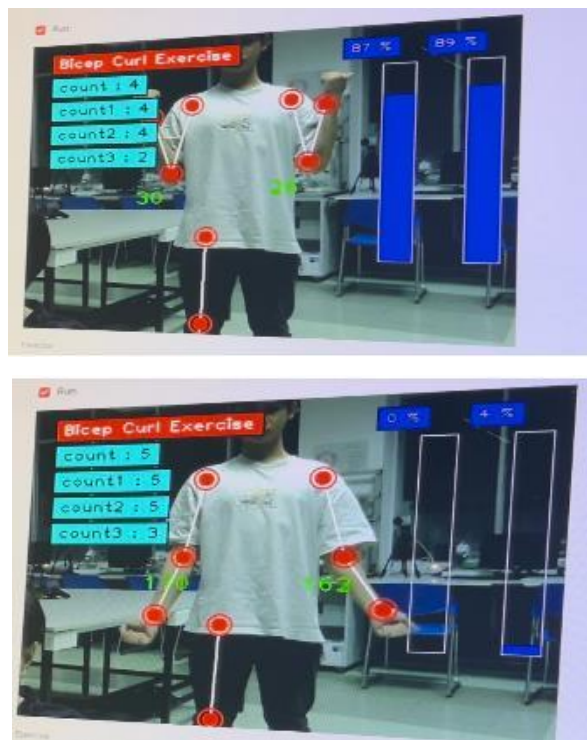
Bắt đầu với động tác Dumbbell Bicep Curl hệ thống hiển thị lên các mốc trên cơ thể của bài tập, để biết đúng sai người tập thực hiện động tác uốn cong khuỷu tay một góc khoảng dưới 30 độ hoặc dựa trên phần trăm thanh lực từ 85% đến 100% trở lên giữ khoảng 1 đến 2 giây rồi hạ tay xuống khoảng từ 160 độ hoặc 170 độ hoặc hạ đến thanh lực về từ 10 % đến 0% với count là tổng số lần tập tay trái, count1 là số lần tập đúng tay trái và count2 là tổng số lần tập tay phải, count3 là số lần tập đúng tay phải để tiện xem xét đánh giá theo dõi bài tập để biết tay nào sai trong quá trình tập.

Lưu đồ nhận dạng động tác Dumbbell Biceps Curl.



Hình 5. Lưu đồ nhận dạng động tác Dumbbell Biceps Curl

Hình ảnh tập đứng khi hai khuỷu tay đều khoảng 30 độ trở xuống thể hiện qua Hình 6.



Hình 6. Động tác tập đứng



Hình 7. Động tác tay phải sai

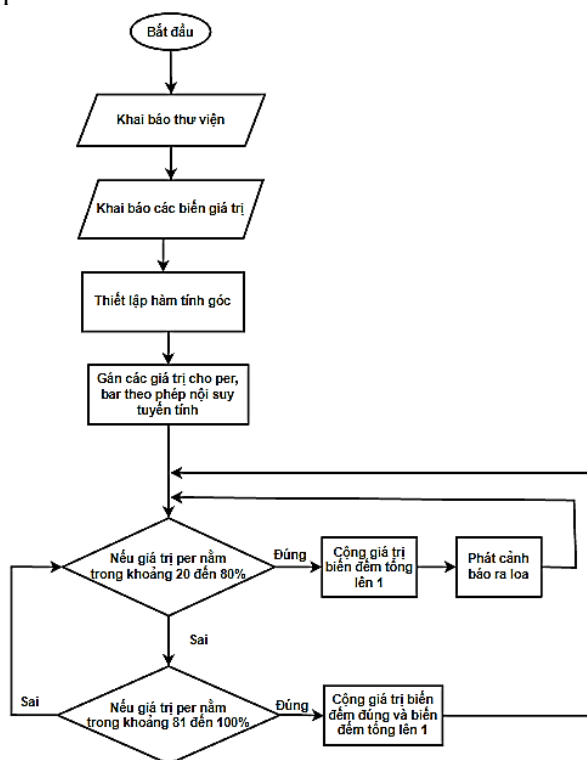
Hình 8. Động tác tay trái sai

Với số lần tập sai khi thực hiện động tác khi có thanh lực dưới 85% trở xuống hoặc khuỷu tay có góc lớn hơn 30 độ và loa cảnh báo sẽ phát ra âm thanh cảnh báo, hệ thống có thể cảnh báo cho người tập khi tập biết tay nào khi lên tạ không đồng đều với count2 là tổng số lần tập tay phải và count3 số lần tập đứng tay phải có thể thấy thanh lực tay phải không đạt ngưỡng dưới 85% và góc khuỷu tay lớn hơn 30 độ nên count3 không được tăng lên thêm 1 lần, đồng thời lúc đó thanh lực tay trái đạt 89% và góc dưới 30 độ trong khoảng

tập đúng nên count1 được tăng thêm 1 lần được thể hiện qua Hình 9, cảnh báo tập sai bằng tay trái với count tổng số lần tập tay trái và count1 là số lần tập đúng tay trái có thể thấy tay trái không đạt đủ ngưỡng 85% và góc của khuỷu tay trái vượt quá 30 độ thì count1 sẽ không tăng thêm 1 lần và tay phải đạt được thanh lực 92% và góc khuỷu tay phải đạt 22% thì tay phải count3 được tăng lên thêm 1 lần qua Hình 8. Để biết số lần tập sai có thể lấy count trừ đi count1 và tương tự vậy lấy count2 trừ đi count3 ra số lần tập sai. Và hệ thống có thể cảnh báo hai tay tập đều sai khi hai tay trong quá trình tập chưa đạt đến ngưỡng dưới 85% đến 100% nên khi hạ tay xuống tại count và count2 sẽ tăng lên thêm 1 còn tại count1 và count3 sẽ không tăng lên thêm 1. Vì count, count2 là tổng số lần tập của tay trái và tay phải còn count1 và count3 số lần tập đúng của tay trái và tay phải lúc này âm thanh sẽ cảnh báo hai tay đều tập sai.

## 4.2 Động tác Squat

Lưu đồ nhận dạng động tác Squat.

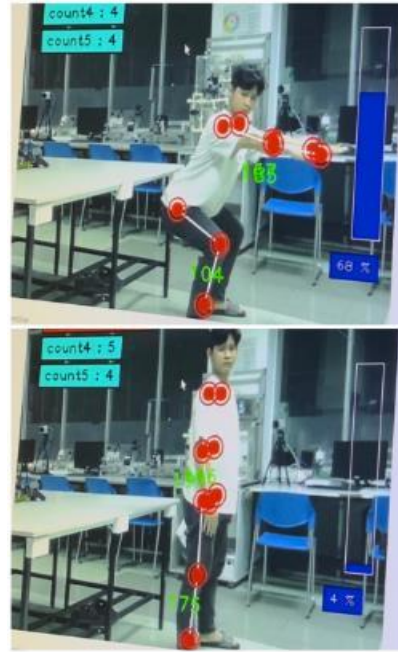


Hình 9. Lưu đồ nhận dạng động tác Squat

Đối với bài tập Squat để tập đúng thì khuỷu chân phải uốn cong một góc khoảng dưới 90 độ hoặc dựa trên thanh lực từ 81% đến 100% giữ tư thế uốn cong gối 1 đến 2 giây thì đưa người lên vị trí đứng thẳng thanh lực về từ 10% đến 0% trên màn hình hiển thị thì count4 tổng số lần tập và count5 là số lần tập đúng hiển thị qua Hình 10.

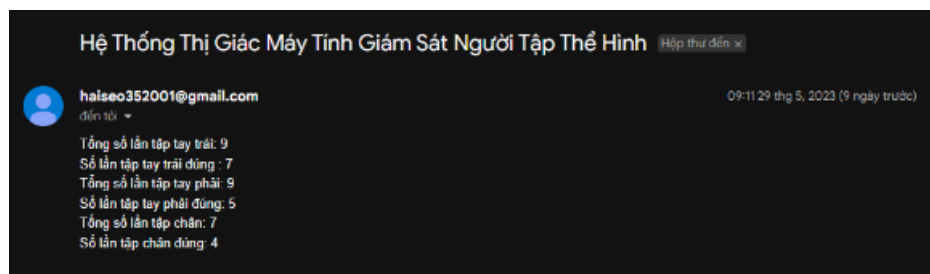


Hình 10. Động tác squat đúng



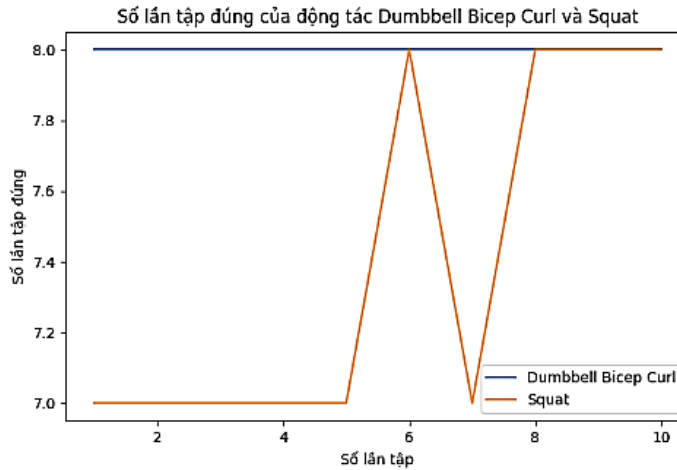
Hình 11. Động tác squat sai

Để nhận biết tập động tác Squat khi tập sai thì góc khuỷu chân sẽ vượt qua một góc khoảng lớn hơn 90 độ hoặc thanh lực vượt ra ngoài vùng động tác tập đúng từ 81% đến 100%, động tác dưới đây chỉ đạt thanh lực 68% và góc khuỷu chân vượt quá 90 độ thì count4 tổng số lần tập của động tác được tăng lên 1 còn count5 thì không được tăng qua Hình 9. Để biết số lần tập sai có thể lấy count4 trừ đi cho count5 là ra số lần tập sai của bài tập squat. Sau khi kết thúc tập luyện một trong hai bài tập, dừng bài tập bằng cách nhấn nút run thì sau đó hệ thống sẽ gửi dữ liệu số lần tập về email của người dùng như Hình 10.



Hình 12. Hình ảnh gửi email

Dựa trên các thông số dữ liệu tập được lưu trên email chúng tôi đã đưa ra đồ thị thể hiện qua 2 bài tập với mỗi bài tập trong 1 lần tập 8 lần tập với số lần tập đúng và trong 10 lần tập được hiển thị qua Hình 11.



Hình 13. Đồ thị số lần tập đúng của hai bài tập

Chúng tôi đã đưa ra kết quả thực nghiệm trên hai bài tập để đánh giá hiệu suất của mô hình với tỉ lệ thành công trên bài tập với tư thế chính xác với số tập của mỗi bài tập là từ 1 đến 10 lần trong mỗi lần tập là 8 lần cho 1 bài tập dựa theo công thức đánh giá tỉ lệ thành công. Qua Bảng 1 hiện thị kết quả thực nghiệm.

$$\text{Tỉ lệ thành công} = \frac{\text{Số lần tập đúng}}{\text{Tổng số lần tập luyện}} \times 100 \quad [4] \quad (1)$$

Bảng 1. Tính toán tỉ lệ thành công

Số lần tập	Tỉ lệ dumbbell biceps curl thành công	Tỉ lệ squat thành công
1	100%	88%
2	100%	88%
3	100%	88%
4	100%	88%
5	100%	88%
6	100%	100%
7	100%	88%
8	100%	100%
9	100%	100%
10	100%	100%

## 5 KẾT LUẬN

Trong bài báo hệ thống sử dụng máy tính nhúng NVIDIA Jetson Nano, hệ thống được chia làm hai bài tập dựa trên các cột mốc và tính toán góc khuỷu tay và khuỷu chân để đưa ra bài tập ít bị chấn thương nhất cho người mới bắt đầu tập khi không có PT (Personal Trainer) hỗ trợ và hệ thống sẽ cảnh báo qua loa và gửi dữ liệu bài tập về gmail để tiện theo dõi số lần tập. Hệ thống còn chạy bằng GPU để hình ảnh mượt hơn phát huy tối đa của máy tính nhúng NVIDIA Jetson Nano. Để phát triển hệ thống sau này có thể sử dụng một con máy tính nhúng mạnh hơn để phát huy hết hiệu suất giúp hệ thống chạy mượt mà hơn nữa.

**Ưu điểm:** Là một hệ thống có mức chi phí thấp, tiện ích và sử dụng linh hoạt. Có bộ giám sát phát hiện và báo kết quả cho người dùng một cách tiện ích và chính xác. Có khả năng lưu trữ và gửi dữ liệu kết quả đến người dùng. Sử dụng với thời gian linh hoạt tại nhà, hệ thống chỉ cần cấp nguồn và bắt mạng thì có thể sử dụng ổn định. Giúp tăng tính khác phục lỗi của các bài tập và tiếp cận với bài tập một cách nhanh hơn đối với những người chưa biết nhiều về bài tập này.

**Nhược điểm:** Hệ thống còn chưa được hoàn chỉnh về mặt nhận ảnh nhanh hay góc quay camera không đúng vị trí, người tập phải đứng tại vị trí nhất định. Mỗi khi tập người dùng cần đảm bảo khoảng cách hệ thống nhận diện toàn cơ thể. Hạn chế sử dụng hệ thống nơi đông người qua lại. Hệ thống khi khởi động

chạy ổn định và nhanh nhất trong 5 lần đầu tiên những lần tiếp theo có thể hệ thống sẽ nhận diện chậm hơn khi khởi chạy động tác, bạn có thể reset lại chương trình để hệ thống ổn định hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. G. Bradski, Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library, 2008.
- [2] A. T. Arpita Halder, "Real-time Vernacular Sign Language Recognition using MediaPipe and Machine Learning," International Journal of Research Publication and Reviews, pp. 9-17, 2021.
- [3] H. Z. Xiaoli Huan, "Continuous Human Pose Estimation by Machine Learning and Computer Vision," The Journal of Management and Engineering Integration Vol. 15, No. 2, pp. 10-16, 2022.
- [4] D. K. Yejin Kwon, "Real-Time Workout Posture Correction using OpenCV and MediaPipe," Journal of KII, pp. 199-208, 2022.
- [5] N. K. S. K. A. K. a. S. K. Prof. DR. Sunil Kale, "Posture Detection and Comparison of Different Physical Exercise Base on Deep Learning Using MediaPipe, Opencv," International Journal of Scientific Research in Engineering and Management, pp. 1-29, 2023.
- [6] M. a. m. Irfan, "Implementation of Human Pose Estimation Using Angle Calculation Logic on The Elder of The Hands as a Fitness Repetition," International Journal of Engineering, Science & Information Technology, vol. 2, pp. 101-110, 2022.
- [7] D. P. J. S. J. B. A. R. a. V. F. Salik Ram Khanal, "A Review on Computer Vision Technology for Physical Exercise Monitoring," Algorithms, pp. 1-17, 2022.
- [8] S. S. P. R. N. A. S. a. A. B. Saniya Shaikh, "KINEMATIC POSE TRACKING FOR WORKOUT APP USING COMPUTER VISION," International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science, vol. 05, no. 02, pp. 2292-2299, 2023.
- [9] "Mediapipe," 3 April 2023. [Online]. Available: <https://google.github.io/mediapipe/>.
- [10] G. T. L. F. E. a. E. C. Giuseppe Coratella, "Bilateral Biceps Curl Shows Distinct Biceps Brachii and Anterior Deltoid Excitation Comparing Straight vs. EZ Barbell Coupled with Arms Flexion/No-Flexion," Journal Functional Morphology and Kinesiology, pp. 1-11, 2023.
- [11] P. K. Paul Comfort, "Optimizing Squat Technique," Strength and Conditioning Journal, vol. 29, pp. 10-13, 2007.
- [12] R. F. ESCAMILLA, "Knee biomechanics of the dynamic squat exercise," Medicine & Science in Sports & Exercise, pp. 127-141, 2001.

YSC5.F117

## ĐIỀU KHIỂN ROBOT DI CHUYỂN THEO TÍN HIỆU ĐÈN GIAO THÔNG

NGUYỄN TRƯỞNG MẠNH QUỲNH<sup>1</sup>, TRẦN VĂN HÙNG<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\*tranvanhung@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Sự phát triển của khoa học kỹ thuật ngày nay mang đến lợi ích cho con người rất nhiều về việc ứng dụng các công nghệ vào đời sống, trong đó có việc điều khiển robot di chuyển theo tín hiệu đèn giao thông. Bài viết này trình bày về một hệ thống điều khiển robot di chuyển theo tín hiệu đèn giao thông bằng hình ảnh thời gian thực quan sát bằng camera và sử dụng Jetson Xavier để điều khiển robot. Chương trình điều khiển được xây dựng bằng thuật toán YOLOv4 và sử dụng Jetson Xavier để điều khiển. YOLOv4 sử dụng để nhận dạng và phân loại tín hiệu đèn giao thông, sau đó Jetson xavier sẽ từ kết quả nhận dạng đó xuất tín hiệu điều khiển robot di chuyển theo thời gian thực. Việc chọn bo Jetson Xavier dùng nhận dạng và điều khiển nên tốc độ tính toán nhanh hơn, đồng thời cũng giảm việc phải phụ thuộc vào phần cứng khác. Robot này có thể được ứng dụng trong các lĩnh vực như xe tự hành, giúp cho việc di chuyển trở nên an toàn và hiệu quả hơn.

**Từ khóa.** Jetson Xavier NX, YOLOv4, điều khiển robot, camera, xe tự động, và tín hiệu đèn giao thông.

## CONTROLLING ROBOT FOLLOW TRAFFIC LIGHT SIGNALS

**Abstract.** The development of science and technology today brings many benefits to people in the application of technologies to life, including controlling robots to move according to traffic light signals. This article presents a system that controls a robot to move according to traffic light signals by real-time images observed by cameras and uses Jetson Xavier to control the robot. The control program is built using YOLOv4 algorithm and uses Jetson Xavier to control. YOLOv4 is used to identify and classify traffic light signals, then Jetson xavier will output from that recognition a signal to control the robot to move in real time. Using Jetson Xavier makes the system faster to compute, while also reducing the need to depend on other hardware. This robot could be applied in areas such as self-driving cars, making travel safer and more efficient.

**Keywords.** Jetson Xavier NX, YOLOv4, robot control, camera, autonomous vehicles, and traffic light signals.

### 1 GIỚI THIỆU

Dự đoán rằng cuộc cách mạng internet sẽ tập trung vào lĩnh vực robot. Robot đang được áp dụng trong nhiều khía cạnh cuộc sống như vận chuyển hàng hóa, kiểm tra nguy hiểm, xe lăn cho người khuyết tật và phục vụ gia đình. Tuy nhiên, điểm hạn chế của các robot tự hành hiện tại là thiếu linh hoạt và khả năng thích ứng khi làm việc ở các vị trí khác nhau. Vì lý do đó, việc nhận biết tín hiệu biển báo hoặc đèn cho robot tự hành sẽ nâng cao tính linh hoạt của chúng. Nhóm dự án đã chọn nghiên cứu "Điều khiển Robot di chuyển theo tín hiệu đèn giao thông" nhằm tiến gần đến việc ứng dụng AI cũng như các công nghệ vào các sản phẩm thực tế.

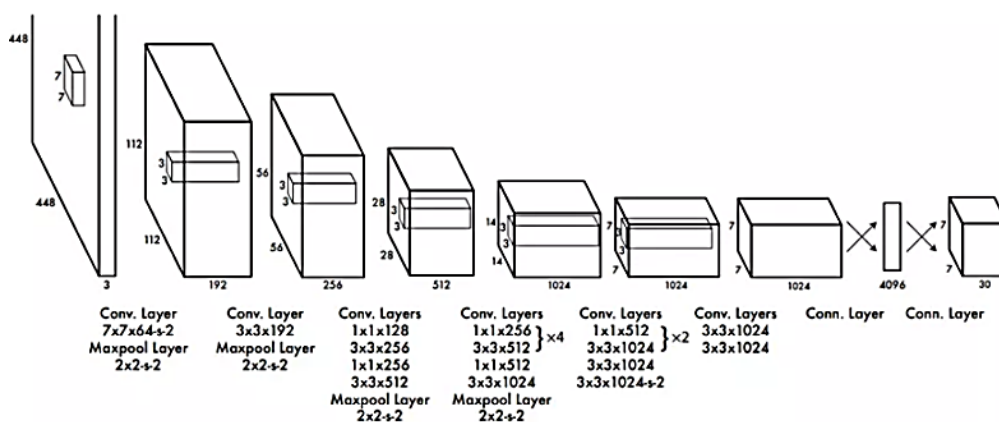
### 2 HUẤN LUYỆN MÔ HÌNH NHẬN DẠNG TÍN HIỆU ĐÈN

#### 2.1 Tổng quan Yolo (You Only Look Once)

You Only Look Once là 1 loại kiến trúc mạng neural tích chập được sử dụng để nhận diện và phân loại đối tượng trong ảnh. Thay vì phải quét ảnh nhiều lần như các phương pháp truyền thống, YOLO thực hiện quét



ảnh chỉ một lần duy nhất. Các lớp tích chập trong YOLO được áp dụng để trích xuất đặc điểm nổi bật từ ảnh, trong khi những lớp liên kết đầy đủ (fully connected) xem xét tỷ lệ và vị trí của những đối tượng. Yolo (You Only Look Once) đã được nâng cấp với các phiên bản tiếp sau như YOLOv2, YOLOv3 và YOLOv8 theo thời gian.



Hình 1. Mô hình tổng quát Yolo

### Công thức tính IOU

Hàm IoU (Intersection over Union) dùng để tính toán phần trăm trùng lấp giữa hai khu vực, ví dụ như trong những mô hình nhận dạng hình ảnh như CNN, R-CNN, YOLO. IoU là phép đo kiểm nghiệm và có thể được áp dụng cho bất kỳ thuật toán nào dự đoán các bounding box làm kết quả. Để triển khai IoU và ước tính độ chính xác của mô hình nhận dạng đối tượng, chúng ta cần có:

Các bounding box (hộp giới hạn) được dự đoán bởi mô hình.

Các bounding box (hộp giới hạn) thực tế (bounding box (hộp giới hạn) của đối tượng được đánh nhãn và khoanh vùng bằng tay trong tệp kiểm tra).

Chỉ cần có hai tập dữ liệu trên, là có thể dùng IoU để đánh giá.

$$IoU = \frac{\text{Area of Overlap}}{\text{Area of Union}} = \frac{\text{Intersection}}{\text{Ground truth box} \cup \text{Detected box}}$$

Hình 2. Công thức IOU

Trong đó:

- Area of Overlap (Khu vực chồng chéo): phần giao nhau của 2 box.
- Area of Union (Khu vực Liên minh): phần hợp nhau của 2 box.
- bounding box (hộp giới hạn) được gán nhãn bằng tay trong tệp huấn luyện và kiểm tra
- Dự đoán có thể được đánh giá là tốt khi hàm IoU này lớn hơn 0.5.

### a. Loss Function

Hàm lỗi sẽ được tính dựa trên dự đoán mô hình và nhãn của kiến trúc mô hình, và nó được chia thành các từng phần sau:

- Xuất hiện lỗi trong quá trình dự đoán nhãn của đối tượng.

- Xuất hiện lỗi trong việc dự liệu các số về tọa độ, chiều dài và chiều rộng trung tâm của bounding box.
- Xuất hiện lỗi trong việc dự đoán xem liệu vật thể nằm trong bounding box (hộp giới hạn) đó có trùng khớp với nhãn dán ở ngoài thực tế của hộp đó hay không.

**b. Classification loss**

Khi dự đoán nhãn dán của đối tượng có thể sẽ có lỗi, lỗi này chỉ được tính là có đối với các hộp có đối tượng.

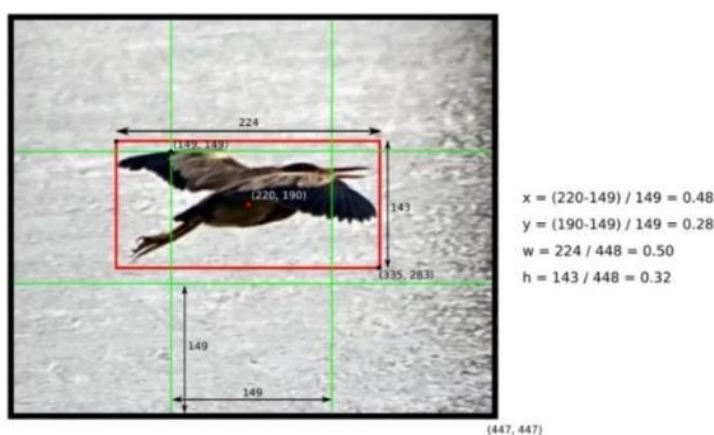
**c. Localization loss**

$$L_{classification} = \sum_{i=0}^{S^2} \Pi_i^{obj} \sum_{c \in class} (P_i(c) - \hat{P}_i(c))^2 \tag{1}$$

Trong đó:

$\Pi_i^{obj}$ : bằng 1 nếu ô vuông đang xét có object, còn ngược lại sẽ bằng 0.

$P_i(c)$ : là xác suất có điều kiện của lớp c tại ô vuông tương ứng mà mô hình dự đoán.



Hình 3. Tính đường bao đối tượng

Hình 3 dùng để tính số lỗi cho bounding box (hộp giới hạn) thứ i, gồm có việc tính toán sai số về vị trí (offset y, x) và kích thước (chiều rộng, chiều dài) với nhãn đúng của nó.

Kết quả của hàm dự đoán lỗi liên quan đến tọa độ tâm điểm (x, y) của (hộp giới hạn) bounding box được dự đoán và (x, y) là tọa độ tâm điểm của (hộp giới hạn) bounding box thực tế:

$$\lambda_{coord} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B \Pi_{ij}^{obj} (x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2 \tag{2}$$

Biểu thức tính kết quả hàm dự đoán lỗi được biểu diễn dưới đây:

$$\lambda_{coord} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B \Pi_{ij}^{obj} (\sqrt{\omega_i} - \sqrt{\hat{\omega}_i})^2 + (\sqrt{h_i} - \sqrt{\hat{h}_i})^2 \tag{3}$$

**a. Confidence loss**

Đó là sự sai khác giữa nhãn dán thực tế và kết quả dự đoán của bounding box chứa vật thể. Độ lỗi này được tính toán cho tất cả các hộp có vật thể và không có vật thể.

$$L_{confidence} = \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{i=0}^B \Pi_i^{obj} (c_i - \hat{c}_i)^2 + \lambda_{noobject} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{i=0}^B \Pi_i^{obj} (c_i - \hat{c}_i)^2 \tag{4}$$

**b. Total loss**

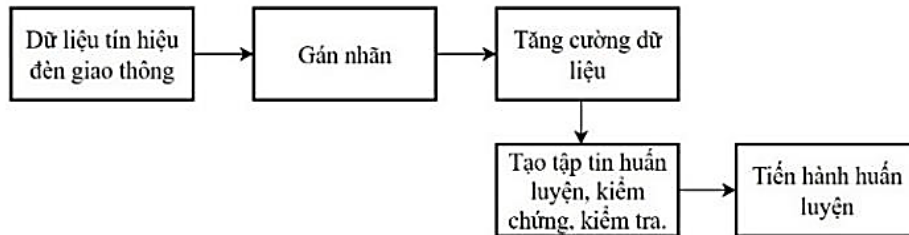
Tổng hợp tất cả, biểu thức chung để cộng tổng ba hàm kết quả lỗi như sau:

$$L_{Total} = L_{classification} + L_{localization} + L_{confidence} \tag{5}$$

## 2.2 VNC (Virtual Network Computing)

VNC là phương tiện tiện lợi để chia sẻ màn hình từ xa thông qua mạng wireless. Nó cho người sử dụng được phép liên kết với những phương tiện, thiết bị khác những từ xa và quản lý các tác vụ bên trong màn hình như thao tác trực tiếp. Trong lĩnh vực phát triển phần mềm các board nhúng, VNC được áp dụng rộng rãi nhờ độ linh hoạt và khả năng hỗ trợ từ xa. Với VNC, khi sử dụng có thể dễ dàng mở và giám sát những phương tiện, thiết bị từ xa, không phải có mặt ở đó.

## 2.3 Huấn luyện mô hình



Hình 4. Quá trình huấn luyện dùng phiên bản yolov4-tiny

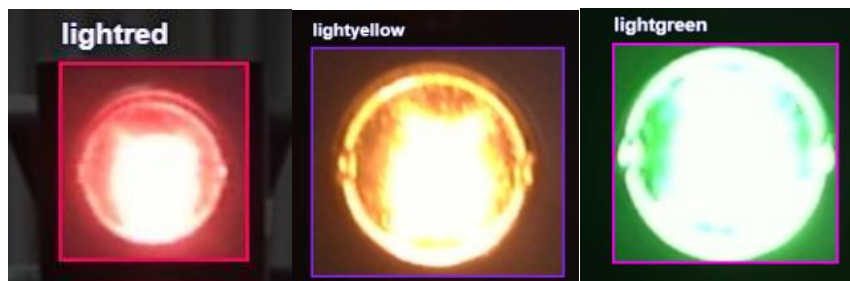
Với mô hình nhận dạng sử dụng YOLO thực tế hiện nay đã phát triển tới phiên bản YOLO8 nhưng trong bài báo này tác giả chọn YOLO4 với phiên bản thu gọn YOLO4-Tiny, vì trong ứng dụng này chỉ nhận dạng đèn giao thông cũng ít đối tượng cùng với việc sử dụng board nhúng nên cần giảm bớt thông số mô hình để thời gian thực hiện được tốt hơn. Trong nội dung này tác giả đã tạo dữ liệu chính gồm 2662 ảnh đèn xanh, đỏ, vàng và sau đó tạo thêm các ảnh thay đổi độ sáng tạo nhiễu, xoay và lật ảnh để tạo ra ảnh cơ sở dữ liệu là 6390 ảnh nhằm tăng độ chính xác khi nhận dạng ảnh.

Tạo dữ liệu huấn luyện: Khởi tạo dữ liệu tín hiệu đèn (đèn xanh, đèn đỏ, đèn vàng) gồm 2662 tấm ảnh.



Hình 5. Đèn đỏ, xanh vàng

Sau đó gán nhãn dữ liệu cho ảnh của 3 đèn: Thực hiện gán nhãn thủ công cho dữ liệu trên Roboflow

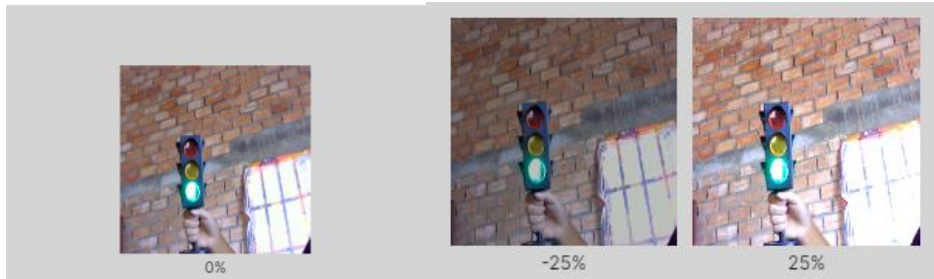


Hình 6. Gán nhãn cho dữ liệu

Tiến hành phân chia dữ liệu thành các tập tin huấn luyện, kiểm tra, kiểm chứng từ 2662 tấm ảnh. Thực hiện tăng kích thước dữ liệu và tạo tập tin bằng cách thay đổi độ sáng, tạo nhiễu, xoay lật ảnh.

Tăng độ sáng cho ảnh

### Brightness



Hình 7. Ảnh tăng giảm độ sáng

### Tạo nhiễu cho ảnh

#### Noise



Hình 8. Hình ảnh được tạo nhiễu

### Lật ảnh

#### Flip



Hình 9. Ảnh tín hiệu đèn được lật

### Xoay ảnh

#### Rotation

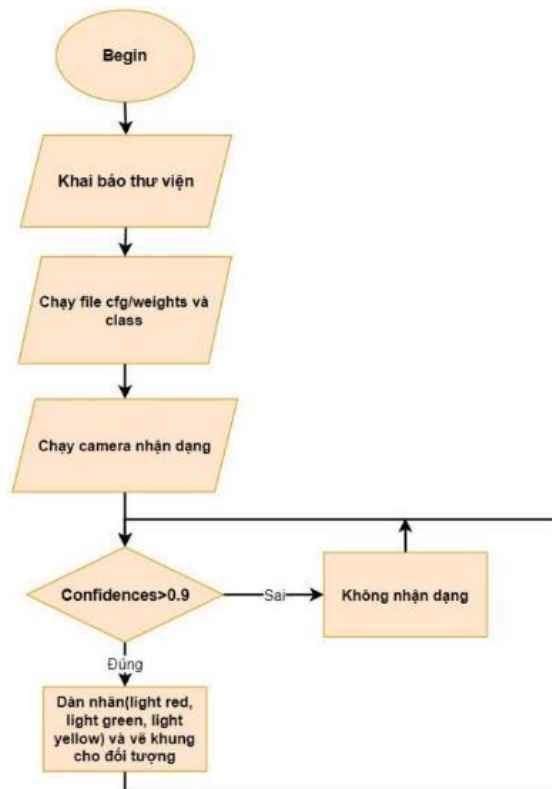


Hình 10. Ảnh tín hiệu đèn được xoay

Tập data sau khi được tăng kích thước tăng số lượng ảnh từ 2662 ảnh sang 6390 ảnh. Sau cùng ta thực hiện huấn luyện khi đã có data với tính ổn định và độ chính xác cao, dữ liệu được huấn luyện trên Yolo4-tiny với 37 lớp. Huấn luyện hoàn thành ta thu được tập tin trọng số (.weights) và tập tin cấu hình (.cfg) để thực hiện đưa vào chương trình nhận dạng thông qua OpenCV trên máy tính.

### 3 PHƯƠNG THỨC NGHIÊN CỨU

*Nhận dạng tín hiệu đèn:*



Hình 11. Sơ đồ giải thuật nhận diện đèn

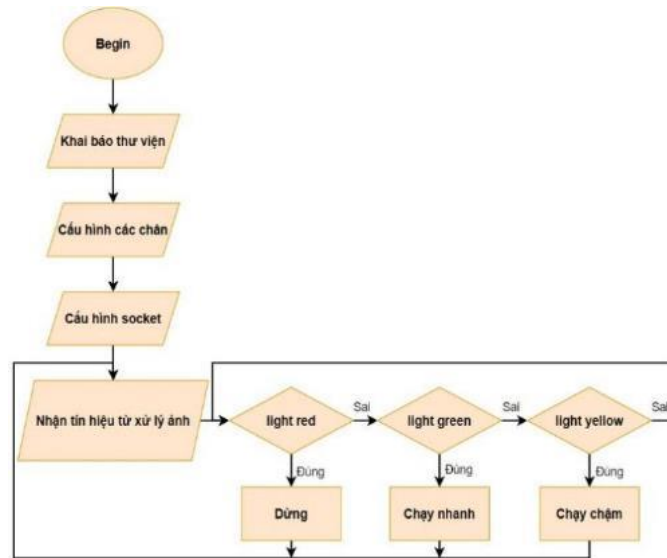
#### **Điều khiển cơ cấu chấp hành:**

Nhận data tín hiệu đèn giao thông từ quá trình xử lý hình ảnh nhận dạng tín hiệu đèn giao thông thực hiện điều khiển xe (đi nhanh, đi chậm, dừng lại).

Sử dụng tín hiệu PWM xuất ra từ khối điều khiển để đưa vào mạch cầu H L298 để điều chỉnh điện áp vào động cơ DC để thay đổi tốc độ động cơ DC cho xe chạy nhanh, chạy chậm hay dừng lại.

Servo được điều khiển bằng cách truyền tín hiệu xung để kích thay đổi góc quay phù hợp thông qua IC PCA9685 bằng giao thức I<sup>2</sup>C, cho xe thực hiện việc quẹo trái, phải.

#### **Sơ đồ giải thuật điều khiển:**



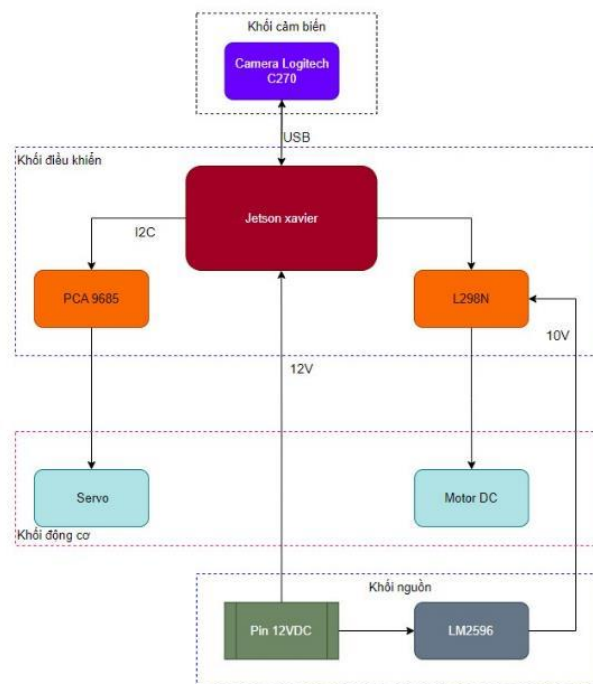
Hình 12. Sơ đồ điều khiển

## 4 THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

### 4.1 Sản phẩm

Thực hiện xây dựng mô hình xe lái theo tín hiệu đèn giao thông như tín hiệu đèn xanh thì xe chạy nhanh, tín hiệu đèn vàng thì xe chạy chậm lại, tín hiệu đèn đỏ thì xe dừng lại.

Sau đây sơ đồ khối sẽ được trình bày chi tiết những bo mạch và cơ cấu chấp hành sẽ được sử dụng trong xe:

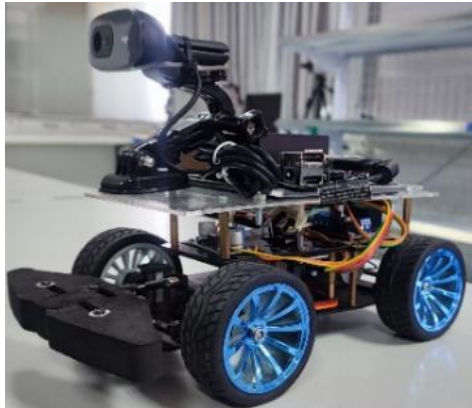


Hình 13. Sơ đồ kết nối

Các khối sẽ có chức năng như sau:

- Khối nguồn cung cấp nguồn 12V<sub>DC</sub> cho các động cơ và các khối điều khiển.
- Khối cảm biến camera có nhiệm vụ nhận dạng đèn.
- Khối điều khiển có nhiệm vụ truy xuất thông tin cho khối động cơ để thực thi nhiệm vụ.

Khởi động cơ nhận được được tín hiệu điều khiển được gửi đến từ khối điều khiển sẽ thực hiện việc cung cấp động năng cho xe di chuyển.



Hình 14. Mô hình robot

## 4.2 Các kết quả thực nghiệm

Sau khi thực hiện các bước huấn luyện xử lý ảnh tiến hành nhận dạng tín hiệu đèn giao thông qua phần mềm Pycharm và máy tính nhúng Jetson xavier cho ra kết quả tương đối đúng lên đến 90 %.

Ta hiển hành thực hiện nhận diện tín hiệu đèn sao khi có được dữ liệu từ quá trình huấn luyện ảnh trên Goolge Colab bằng cách sử dụng phần mềm lập trình Pycharm và board jetson xavier, nhận được kết quả đúng tới 90%.

Quá trình nhận dạng tín hiệu đèn trên board jetson xavier:



Hình 15. Kết quả nhận dạng đèn

### Thống kê kết quả nhận dạng

Khoảng cách nhận dạng của từng đèn (khoảng cách từ đèn đến camera) với mỗi trường hợp được thực hiện 20 lần theo 6 khoảng cách trong khoảng sau:

- Đèn xanh từ 50 cm đến 195 cm
- Đèn vàng từ 50 cm đến 95 cm
- Đèn đỏ từ 50 cm đến 100 cm

Tỉ lệ nhận dạng trên khoảng cách của từng đèn:

Bảng 1. Thống kê kết quả nhận dạng

	Đèn xanh	Đèn đỏ	Đèn vàng
195 cm	90%	Không nhận dạng	Không nhận dạng
150 cm	90%	Không nhận dạng	Không nhận dạng
100 cm	95%	90%	90%
70 cm	95%	90%	90%
60 cm	95%	95%	95%
50 cm	90%	90%	90%

### Đánh giá sự ổn định khi xe tự chạy đi theo tín hiệu đèn

Khi hoàn thành giai đoạn nhận diện tín hiệu đèn giao thông thành công, đã tiến hành triển khai và ráp xe, sau đó bắt đầu cho chạy thực nghiệm với những tín hiệu đèn giao thông.

Quá trình cho xe chạy thử: kết quả được thực hiện chạy thử nhiều lần và kết quả sau cùng là giá trị trung bình của các lần chạy thử



Hình 16. Robot nhận dạng và di chuyển theo đèn

## 5 KẾT LUẬN

Giai đoạn thực nghiệm vừa kết thúc, và ta có thể rút ra một số nhận xét quan trọng. Trước hết, kết quả đạt được là: Tỷ lệ xác định đúng của quá trình nhận diện đã đạt tới mức 90%. Xe hoạt động chính xác theo tín hiệu đèn giao thông. Xe di chuyển đúng với tốc độ đã được cài đặt trước.

Tuy nhiên, cũng có một số hạn chế cần được lưu ý: Hiệu suất hình ảnh mỗi giây (FPS) trong quá trình nhận dạng vẫn còn thấp, chỉ khoảng 10 khung hình. Việc tinh chỉnh giải thuật nhận diện trên board Jetson Xavier chưa đạt hiệu quả tối ưu. Mô hình xe chưa được hoàn thiện đầy đủ.

Để phát triển hơn, ta có thể thực hiện các hướng đi sau: Thay vì sử dụng Darknet để huấn luyện, ta nên sử dụng TensorRT để chạy nhận diện YOLOv4-tiny. Điều này giúp giảm kích thước mô hình và tăng khả năng xử lý khung hình. Cần xem xét khả năng tự điều chỉnh tốc độ khi gặp các địa hình không bằng phẳng. Cần phát triển tính năng tự động duy trì khoảng cách an toàn bên cạnh biên đường.

Tổng kết lại, sau khi thực hiện nhận diện và thử nghiệm, hệ thống đã đạt được mục tiêu ban đầu theo hướng dẫn từ giảng viên. Tuy nhiên, do mô hình tự thiết kế, nó vẫn còn thiếu sự thẩm mỹ và tính an toàn cần thiết. Trong tương lai, nếu đề tài được tiếp tục phát triển, ta sẽ tiếp tục hoàn thiện mô hình và bổ sung các tính năng khác để đạt được kết quả tốt hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. Hưng, "Deep Learning là gì? Tổng quan về Deep Learning từ A-Z," 21 04 2022. [Online]. Available: <https://vietnix.vn/deep-learning-la-gi/>.
- [2] H. v. Agile, *Tất tần tật về lập trình Socket Python*.
- [3] V. Phạm, "Tổng quan thông tin chi tiết về VNC (Virtual Network Computing)," 23 03 2018. [Online]. Available: <https://bizflycloud.vn/tin-tuc/tim-hieu-vnc-la-gi-vnc-virtual>.



- [4] M. Hassan, "OpenCV Raspberry Pi Self Driving Car using Neural Networks," Murtaza's workshop-Robotics anh AI, 2020.
- [5] M. Macharla, "Self Driving Cá based on RaspberryPi and OpenCV," [iot4beginners.com](http://iot4beginners.com), 2020.
- [6] TRV, "Xe tự hành là gì?," [trvtech.vn](http://trvtech.vn), 2021.
- [7] "Bài giảng "Hệ thống nhúng" lưu hành nội bộ," Khoa Công nghệ Điện tử, Đại học Công nghiệp, TP Hồ Chí Minh, 2019.
- [8] N. N. Son, "Tài liệu IoT Công nghiệp," Khoa Công nghệ Điện tử, Đại học Công nghiệp, TP Hồ Chí Minh, 2020.

YSC5.F118

## NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG ỨNG DỤNG DI ĐỘNG ĐỀ XUẤT KẾ HOẠCH CHUYẾN THAM QUAN

NGUYỄN VĂN DUY<sup>1</sup>, PHAN MINH ĐẠT<sup>1</sup>, TRẦN TIỀN PHÁT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
nguyenvanduy@iuh.edu.vn*

**Tóm tắt.** Hiện nay, nhu cầu tham quan và trải nghiệm địa điểm du lịch ngày càng tăng cao. Tuy nhiên, việc lựa chọn nơi đến phải phù hợp với điều kiện hiện có. Với vấn đề đó và đồng thời cũng là những người trẻ khao khát có những chuyến đi ý nghĩa và trọn vẹn, cho nên nhóm đã chọn nghiên cứu "Nghiên cứu và phát triển ứng dụng di động đề xuất kế hoạch chuyến tham quan" cho dự án lần này. Mục tiêu của nghiên cứu là đưa ra các địa điểm du lịch phù hợp và lên lịch trình cho chuyến đi dựa trên thông tin người dùng nhập vào như ngày, giờ và chi phí. Ứng dụng sử dụng các thuật toán Greedy, Collaborative để xử lý dữ liệu và hiển thị ra kết quả phù hợp nhất. Ngoài ra, ứng dụng có thể chạy được trên cả Android và iOS với sự hỗ trợ của Flutter framework và ngôn ngữ lập trình Dart và JavaScript.

**Từ khóa.** Flutter Framework, Greedy, Collaborative, JavaScript, Dart.

### RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION PROPOSING TOUR PLANS

**Abstract.** Currently, the demand for visiting and experiencing tourist attractions is increasing. However, choosing a destination must be suitable for the current conditions. This is a common concern among young people who desire meaningful and complete trips. Therefore, the topic of "Researching and Developing an Application for Proposed Tour Plan" has been chosen for this project. The goal of the project is to provide suitable tourist attractions and schedule trips based on information inputted by users such as dates, times, and costs. The application uses Greedy and Collaborative algorithms to process data and display the most suitable results. Moreover, the application can run on both Android and iOS platforms with the support of the Flutter framework and programming languages Dart and JavaScript.

**Keywords.** Flutter Framework, Greedy, Collaborative, JavaScript, Dart.

### 1 GIỚI THIỆU

Nhu cầu đi du lịch ngày một tăng trưởng trong những năm gần đây. Với rất nhiều ứng dụng trong và ngoài nước đang được người dùng sử dụng trước mỗi chuyến đi như: Agoda, Booking, Traveloka.... Đó là các hệ thống hỗ trợ người dùng booking các dịch vụ ăn ở, lưu trú, vui chơi trên hành trình của mình. Tuy nhiên, các hệ thống hiện tại vẫn chỉ cung cấp các dịch vụ riêng lẻ hoặc có kết hợp được vài dịch vụ với nhau. Điều đó chưa đủ cho một hành trình của khách hàng. Tại một khu vực tham quan có rất nhiều dịch vụ, mỗi dịch vụ lại có rất nhiều lựa chọn. Thêm vào đó, một khu vực cũng có nhiều điểm tham quan với thời gian, chi phí khác nhau. Làm thế nào để chọn lựa được một hành trình tham quan phù hợp với khách hàng? Với phương pháp thủ công là chọn lựa từng dịch vụ rồi tổng hợp lại, cách này sẽ mất thời gian, chọn được các dịch vụ tốt không hề đơn giản. Trước thực trạng đó, nhóm tác giả tiếp cận theo hướng xây dựng một hệ thống có khả năng gợi ý được hành trình du lịch dựa trên dữ liệu đầu vào của khách hàng: chi phí, dự kiến. Hệ thống sẽ có những kế thừa từ dữ liệu của các hệ thống khách như: điểm tham quan đã được niêm yết trên Google Maps, các đánh giá từ Tripadvisor. Ngoài ra, hệ thống sẽ hỗ trợ các chủ kinh doanh có thể đăng ký lên hệ thống. Những kết quả gợi ý sẽ giúp người dùng có các lựa chọn tốt, tiết kiệm được thời gian.

## 2 THIẾT KẾ HỆ THỐNG

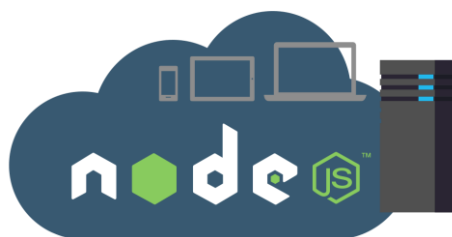
### 2.1 Các công nghệ được sử dụng

**Flutter:** là một framework đa nền tảng để giúp các nhà phát triển xây dựng các ứng dụng di động,... với ngôn ngữ lập trình Dart. Cho phép tạo ra các UI đẹp và linh hoạt, bao gồm cả các hiệu ứng phức tạp, với tốc độ phản hồi siêu nhanh. Các công cụ tích hợp và các gói bổ sung như widget, plugin, thiết kế mẫu,... Flutter là một lựa chọn không thể bỏ qua cho các nhà phát triển muốn xây dựng các ứng dụng đa nền tảng một cách dễ dàng và hiệu quả [6].



Hình 1. Framework Flutter

**NodeJS:** NodeJS giúp cho các ứng dụng được xử lý hiệu quả với tốc độ vượt trội và không gây trở ngại cho hệ thống. Ngoài ra, NodeJS còn cung cấp kho lưu trữ npm với hàng ngàn các gói mã nguồn mở giúp các nhà phát triển dễ dàng thực hiện các tác vụ phức tạp một cách nhanh chóng và thuận tiện.



Hình 2. Platform NodeJS

**MongoDB:** MongoDB là một hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu phi quan hệ (NoSQL) mã nguồn mở phổ biến. Nó sử dụng các tài liệu JSON để lưu trữ dữ liệu, thay vì các bảng và hàng trong kiểu dữ liệu quan hệ truyền thống. Ngoài ra, MongoDB còn cung cấp nhiều tính năng khác như: tìm kiếm full-text, index đa mức, aggregation framework,... tất cả đều giúp cho việc lấy và sử dụng dữ liệu dễ dàng và hiệu quả hơn.

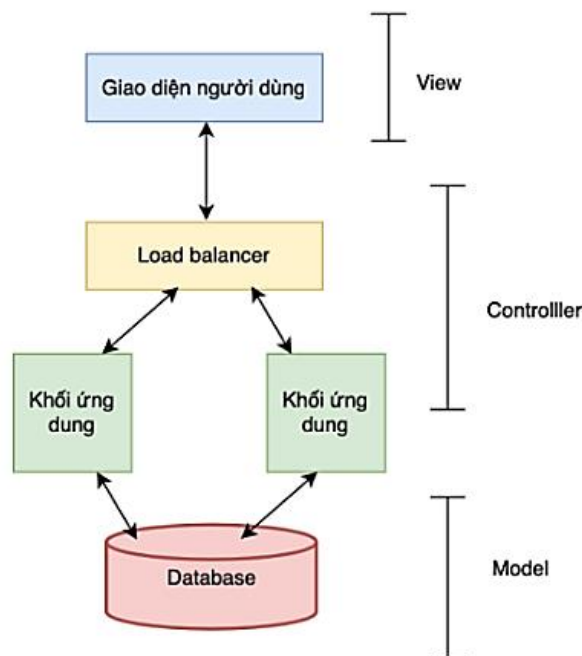
**Google Map API:** Google Maps API là một dịch vụ sử dụng ứng dụng vào công nghệ bản đồ trực tuyến trên web hoàn toàn miễn phí. Dịch vụ này hỗ trợ nhiều chức năng của Google đặc biệt là chứng năng tìm đường và chỉ đường, hiển thị bản đồ, các tuyến đường tối ưu cho từng loại phương tiện. Nó cũng hướng dẫn người dùng cách bắt xe, chuyển tuyến cho các phương tiện công cộng như xe khách, xe bus. Tính năng cũng tích hợp bản đồ các địa điểm quan trọng như trường học, bệnh viện, cây xăng, ngân hàng, cây ATM trong khu vực của người dùng và trên toàn thế giới. Với dữ liệu sẵn có từ Google Map được người dùng cập nhật lên có đầy đủ thông tin: địa điểm, thời gian, phí dịch vụ. Đây là các dữ liệu quan trọng để hệ thống có thể sử dụng. [2]



Hình 3. Google Map API

## 2.2 Kiến trúc phần mềm

Kiến trúc MVC sẽ được chia làm 3 phần đúng theo tên viết tắt của nó là: View - Model - Controller.



Hình 4. Kiến trúc phần mềm

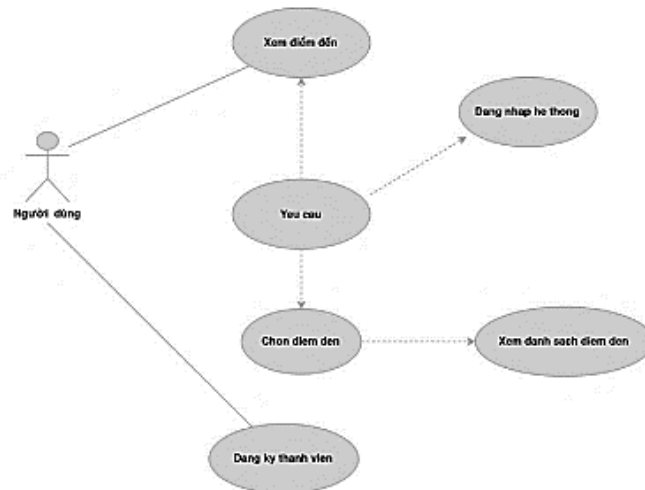
**View:** Sử dụng framework cho app di động để thực thi giao diện người dùng. Sử dụng các phương thức HTTP để kết nối với Controller của server.

**Controller:** Lấy dữ liệu từ Model để xây dựng các RESTful API để View có thể truy cập được và lấy dữ liệu hiển thị ra giao diện.

**Model:** Chịu trách nhiệm lưu trữ các dữ liệu từ phía View vào cơ sở dữ liệu.

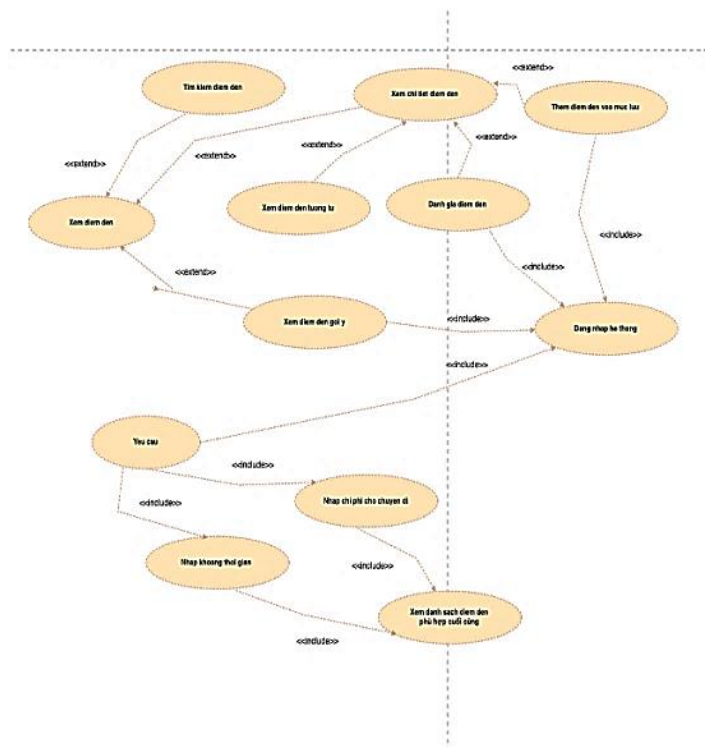
## 2.3 Thiết kế hệ thống

Use case tổng quát của hệ thống. Tác nhân “người dùng” sử dụng hệ thống để đặt hàng. Các trường hợp sử dụng ở dạng tổng quát này là “xem điểm đến”, “Yêu cầu”, “Chọn điểm đến” và “đăng ký thành viên”. Trường hợp sử dụng “xem điểm đến” có thể được sử dụng bởi người dùng chỉ khi người dùng chỉ muốn tìm và xem điểm đến. Trường hợp sử dụng này cũng có thể được sử dụng như là một phần của trường hợp sử dụng “Yêu cầu”. Trường hợp sử dụng “đăng ký thành viên” cho phép người dùng đăng ký trên hệ thống. Ngoài tác nhân “người dùng” còn có các tác nhân khác được mô tả bên dưới.



Hình 5. Use case tổng quát

Trường hợp sử dụng “Xem điểm đến” được mở rộng thành một vài trường hợp sử dụng tùy chọn - người dùng có thể tìm kiếm điểm đến, xem chi tiết điểm đến, xem những địa điểm tương tự với điểm đến đánh giá và đánh giá cho điểm đến, xem những điểm đến gợi ý cho người dùng và thêm điểm đến vào mục lưu. Tất cả các trường hợp sử dụng này là trường hợp sử dụng mở rộng (extend) bởi vì chúng cung cấp một số chức năng tùy chọn cho phép người dùng tìm điểm đến. (6)



Hình 6. Use case địa điểm gợi ý

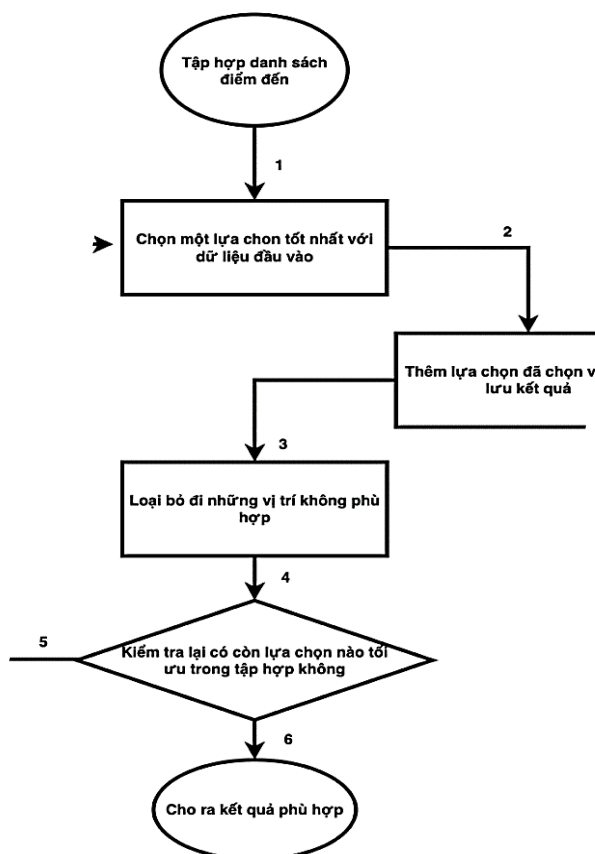
Trường hợp sử dụng “đăng nhập hệ thống” được bao gồm (include) trong trường hợp sử dụng “Đánh giá sản phẩm”, “xem địa điểm gợi ý” và “thêm điểm đến vào mục lưu” bởi vì các thành phần này yêu cầu người dùng phải chứng thực tài khoản.

Trường hợp sử dụng “Yêu cầu” bao gồm một vài trường hợp sử dụng cần thiết như “nhập chi phí chuyển đi, nhập khoảng thời gian”. Khách hàng phải chứng thực tài khoản. Điều này có thể được thực hiện thông qua đăng nhập người dùng (login page).

### Thuật toán được sử dụng Greedy [4][1]:

Phương pháp thiết kế thuật toán trong đó các quyết định được đưa ra dựa trên việc lựa chọn tối ưu/nhỏ nhất/tốt nhất ở mỗi bước, mà không quan tâm đến tương lai hoặc sự ảnh hưởng của các quyết định trước đó. Các bước này sẽ lặp lại cho đến khi đến điều kiện dừng hoặc đưa ra được kết quả tương thích.

Với sơ đồ bên dưới chúng ta có thể hình dung được cách mà thuật toán chạy như thế nào.



Hình 7. Lưu đồ thuật toán Greedy trong ứng dụng

Sơ đồ trên bao gồm các bước cơ bản của thuật toán Greedy được áp dụng:

1. Khởi tạo một tập hợp một list danh sách các địa điểm.
2. Với dữ liệu người dùng nhập vào thuật toán sẽ chạy và chọn lựa chọn tốt nhất từ tập hợp các lựa chọn có thể.
3. Thêm lựa chọn tốt nhất vào tập hợp kết quả.
4. Loại bỏ các lựa chọn những điểm đến không còn khả dĩ.
5. Kiểm tra xem còn lựa chọn nào không trong tập hợp có thể không. Nếu có, quay lại bước 2 và lặp lại quá trình cho đến khi không còn lựa chọn nào còn lại.
6. Kết thúc thuật toán và trả về tập hợp kết quả.

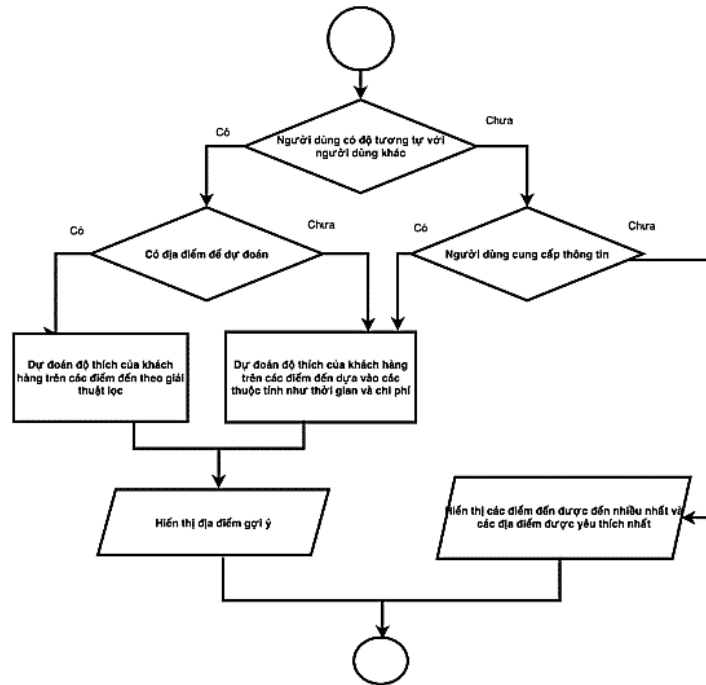
### Giải thuật lọc Collaborative [3]:

Tính toán sự tương đồng giữa các cặp người dùng hoặc địa điểm.

- Áp dụng các chỉ số hình học, thống kê hoặc ngữ nghĩa để tính toán độ tương đồng giữa các cặp người dùng hoặc địa điểm. Sử dụng các thuật toán clustering hoặc classification để phân nhóm người dùng hoặc địa điểm có sở thích tương tự.

Dự đoán đánh giá của người dùng đối với các mặt hàng chưa được đánh giá.

- Dựa trên đánh giá của người dùng trước đó, kết hợp với thông tin về độ tương đồng giữa người dùng hoặc địa điểm, thuật toán sẽ tính toán dự đoán đánh giá cho các địa điểm.



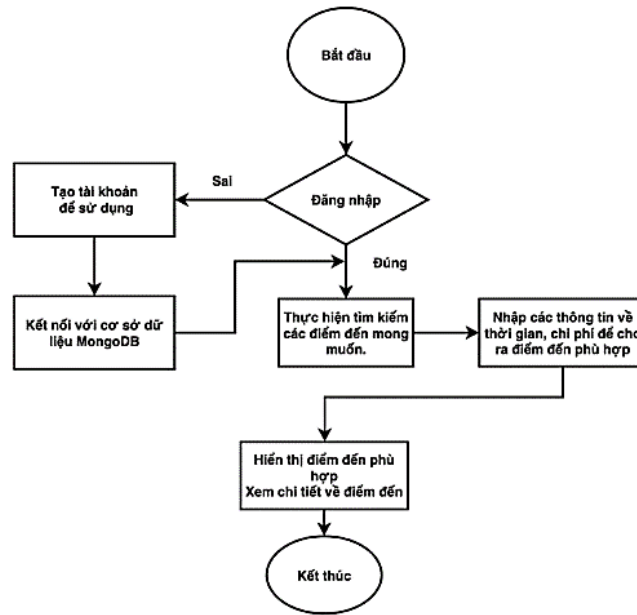
Hình 8. Lưu đồ giải thuật Collaborative

Giải thuật này dùng để hiển thị các địa điểm gợi ý cho người dùng.

Hệ thống sẽ kiểm tra xem người dùng có độ tương tự với bất kỳ người dùng nào khác không. Nếu có độ tương tự với người dùng khác, hệ thống lại kiểm tra tiếp có địa điểm được người dùng có độ tương tự với người dùng đang xét đánh giá không. Nếu có, hệ thống sẽ dự đoán độ thích của người dùng trên các địa điểm theo giải thuật lọc cộng tác. Ngược lại, dự đoán độ thích của người dùng trên các địa điểm dựa vào các thuộc tính như thời gian và chi phí mà người dùng đã cung cấp. Nếu không có độ tương tự với người dùng khác, hệ thống kiểm tra có thông tin về địa điểm mà người dùng thích. Nếu có, dự đoán độ thích của người dùng trên các điểm đến dựa vào các thuộc tính như thời gian chi phí địa điểm. Ngược lại, sẽ hiển thị các điểm đến được đến nhiều nhất và các điểm đến được ưa thích nhất cho người dùng. (3)(5)

## 2.4 Thiết kế ứng dụng

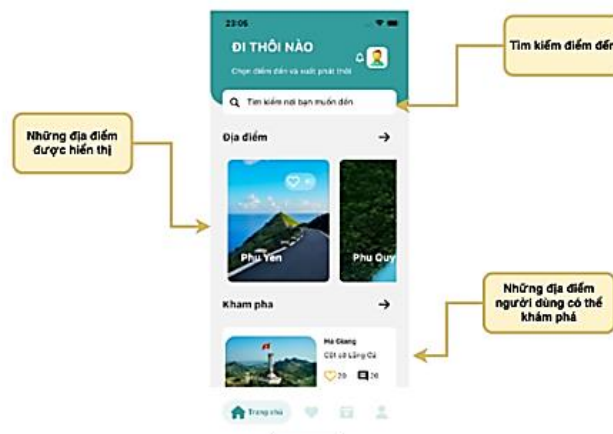
Ứng dụng được xây dựng trên Framework Flutter với ngôn ngữ lập trình Dart và Cơ sở dữ liệu được viết bằng platform NodeJS được xây dựng trên môi trường JavaScript Runtime. Có thể chạy được trên các nền tảng khác nhau như Android và iOS.



Hình 9. Lưu đồ thiết kế của ứng dụng

## 2.5 Giao diện ứng dụng

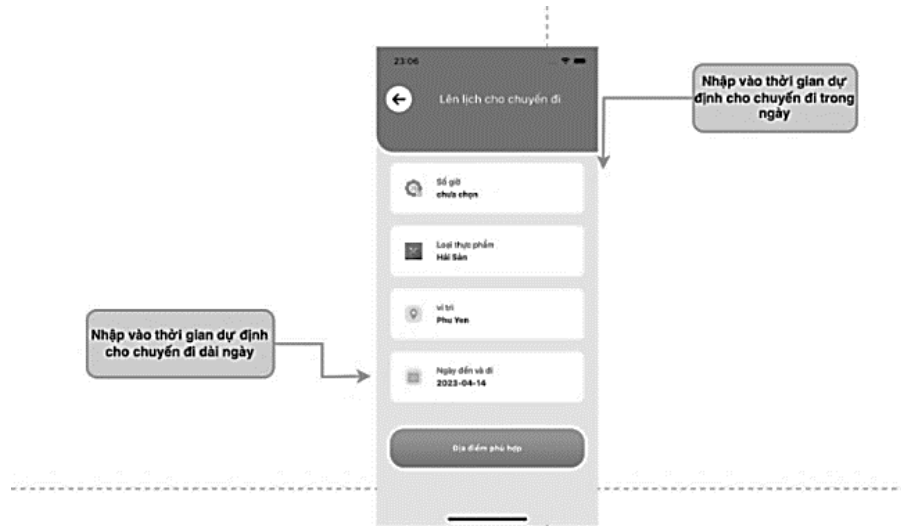
Để thuận tiện cho việc tìm điểm đến, chúng tôi đã trực quan hóa hiển thị các thông tin điểm đến lên giao diện để người dùng dễ dàng sử dụng. Các địa điểm sẽ được hiển thị theo sắp xếp từ đánh giá người dùng (từ các lượt thả tim). Các tìm này sẽ được gửi về từ phản hồi của người đã trải nghiệm điểm đến trước đó. Số lượng thả tim càng nhiều thì sẽ được hiển thị trên đề xuất. Khi bấm vào tìm kiếm, người dùng sẽ được điền thông tin về thời gian cho chuyến đi và chi phí hiện có. Sau đó hệ thống sẽ trả về một loạt các địa điểm phù hợp với thời gian và chi phí mà người dùng nhập vào. Người dùng có thể đọc và tìm hiểu thêm chi tiết về điểm đến.



Hình 10. Người dùng tìm kiếm điểm đến

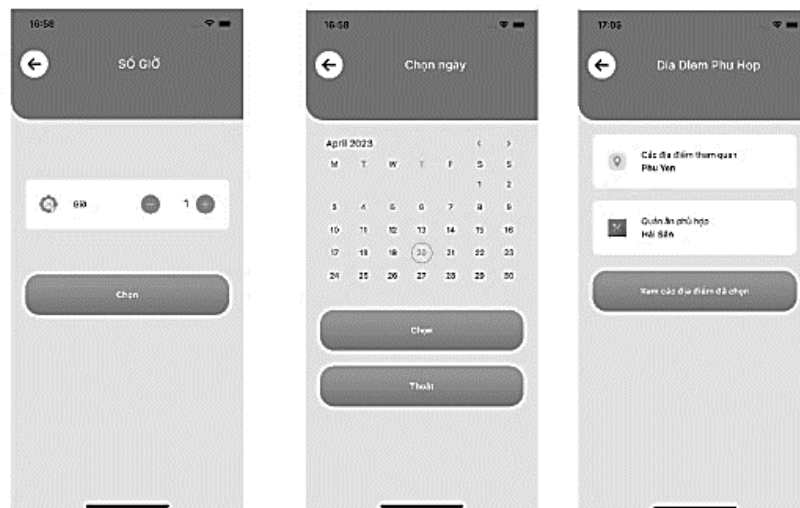
Sau khi người dùng đăng nhập trên ứng dụng sẽ được chuyển đến màn hình chính. Ở đây có thể tìm kiếm các điểm đến mong muốn hoặc chọn những điểm đến xu hướng.



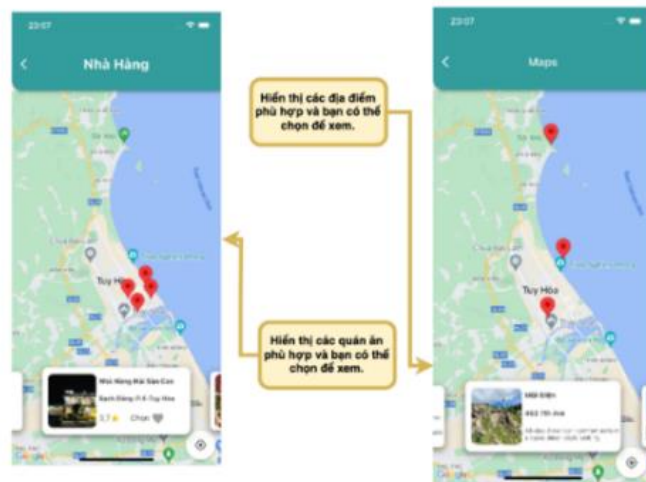


Hình 11. Người dùng nhập thông tin để lên lịch cho chuyến đi

Tiếp theo sau khi đã chọn được địa điểm Người dùng sẽ được chuyển tiếp đến màn hình lên lịch cho chuyến đi. Với các thông tin nhập vào là giờ (nếu đi trong ngày), ngày (nếu đi dài ngày) và chi phí (khoản tiền cho chuyến đi) có thể.

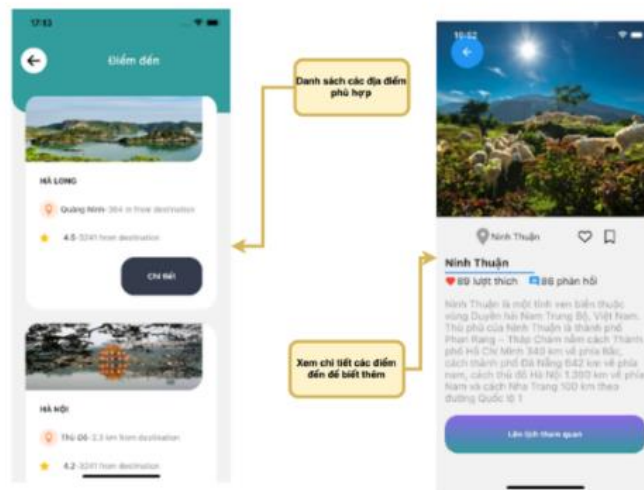


Hình 12. Chọn ngày giờ và cho ra kết quả



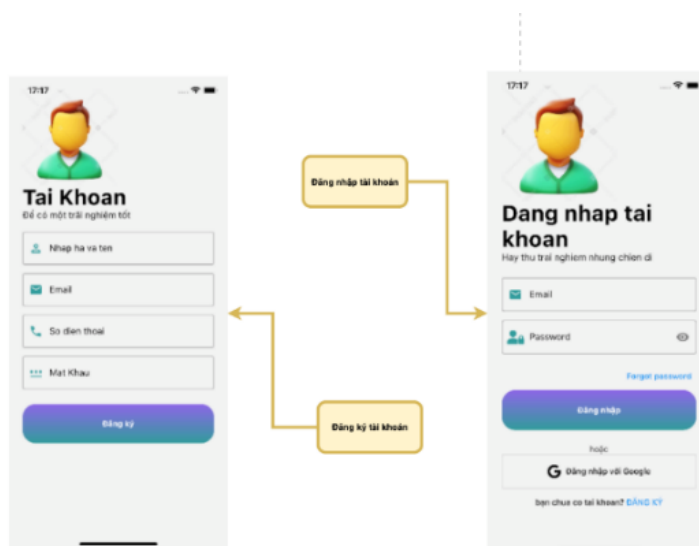
Hình 13. Kết quả hiển thị được trả về những địa điểm phù hợp

Với những thông tin đã nhập vào thì hệ thống sẽ tính toán để đưa ra những điểm đến phù hợp với khoản thời gian và chi phí mà người dùng có.



Hình 14. Hình ảnh xem chi tiết các địa điểm

Khi đã có danh sách các điểm đến người dùng có thể lọc ra theo cách thủ công là chọn những điểm cuối cùng muốn đến. Xem thêm chi tiết về những điểm đến đó.



Hình 15. Màn hình đăng nhập hoặc đăng ký tài khoản

### 3 KẾT LUẬN

Sau cùng với tiêu chí ban đầu đề ra là phát triển một ứng dụng, mà ai ai cũng có thể dùng và thao tác một cách dễ dàng. Để mang đến một trải nghiệm tốt nhất và đặc biệt là mang tính hiệu quả cao cho người dùng. Mặc dù vậy nhưng vẫn còn những vấn đề khó khăn cần giải quyết, nhóm tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu để phát triển ứng dụng thêm nữa trong thời gian tới. Về những phần truy vấn dữ liệu, áp dụng những thuật toán cho quá trình xử lý dữ liệu. Để đưa ra những kết quả tốt nhất.

Trong bài viết này, nhóm tác giả đã trình bày ứng dụng đề xuất chuyên đi dựa trên độ tương tác giữa những người dùng đánh giá. Trong mô hình này, chúng tôi tính toán độ tương tự giữa hai người dùng, từ đó đưa ra dự đoán đánh giá của người dùng với địa điểm mới. Đối với những người dùng mới thì chúng tôi sẽ lọc dựa trên một số thuộc tính thu thập từ người dùng để tư vấn những điểm đến phù hợp.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Hạnh Phúc, “Cấu trúc dữ liệu và giải thuật tham lam” Khoa Công nghệ Thông tin-Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.
- [2] Shaun Quarton , "New Google Maps Requirement," New Google Maps Requirement: How to Get Your Google Maps API Key, p. 7, 2016.
- [3] Nguyễn Hùng Dũng, Nguyễn Thái Nghe; Hệ thống gợi ý sản phẩm trong bán hàng trực tuyến sử dụng kỹ thuật lọc cộng tác; Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, số 31a (2014), trang 36-51
- [4] Brilliant, "Greedy Algorithms," Greedy Algorithms, p. 6, 2022.
- [5] TS.Hoang Quang, “Phân tích thiết kế thuật toán” Trường đại học Huế - Trường Đại học Khoa học, tháng 11-2019.
- [6] Bạch Ngọc Toàn , “Nghiên cứu xây dựng ứng dụng Mobile với Framework Flutter” p6.2022

YSC5.F119

## ỨNG DỤNG IOTS XÂY DỰNG QUẢN LÝ FARMSTAY THÔNG MINH

NGUYỄN VĂN DUY<sup>1</sup>, TRẦN NAM ANH<sup>1</sup>, ĐOÀN HOÀNG CA<sup>1</sup>, TĂNG HỒ TRUNG NAM<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
nguyenvanduy@iuh.edu.vn*

**Tóm tắt.** Việc ứng dụng công nghệ vào các hoạt động du lịch, cung cấp các dịch vụ và quản lý của các mô hình du lịch ngày càng trở nên phổ biến, các mô hình như homestay hay farmstay cũng không phải ngoại lệ. Hệ thống farmstay ứng dụng các công nghệ Internet of Things (IoT), xây dựng mô hình phần cứng với các cảm biến, thiết bị điện cho từng khu vực. Kết hợp với xây dựng website cho việc quản lý các khu vực cho thuê, hệ thống chat nội bộ và ứng dụng android cho người dùng có thể điều khiển thiết bị, theo dõi các cảm biến, nhận các cảnh báo tại khu vực thuê. Ứng dụng Message Queueing Telemetry Transport (MQTT) trong việc thu thập các giá trị cảm biến, thiết bị. Các công nghệ Json Web Tokens (JWT) tạo bảo mật giữa client và server, SocketIO để lấy, cập nhật các giá trị cảm biến một nhanh chóng, đồng bộ, MongoDB, MySQL tạo cơ sở dữ liệu, React JS, Node JS, Express JS. Xây dựng hệ thống này giúp cho việc quản lý farmstay trở nên dễ dàng hơn cũng như mang lại trải nghiệm tiện lợi, nhanh chóng cho khách hàng, đảm bảo được sự linh hoạt, đồng bộ trong việc vận hành của hệ thống.

**Từ khóa.** Hệ thống quản lý Farmstay, Internet of Things, Mobile Application, Web Application.

### IOTS APP CONSTRUCTION INTELLIGENT FARMSTAY MANAGEMENT

**Abstract.** The application of technology to tourism activities, service provision, and management of tourism models is becoming more and more popular, models such as homestay or farmstay is no exception. The farmstay system applies Internet of Things (IoT) technologies and builds hardware models with sensors and electrical equipment for each area. Combined with building a website for managing rental areas, an internal chat system, and an Android application for users to control devices, monitor sensors, and receive alerts in rental areas. Message Queueing Telemetry Transport (MQTT) application in collecting sensor and device values. Json Web Tokens (JWT) technologies create security between client and server, SocketIO to get and update sensor values quickly, and synchronously, MongoDB, and MySQL create databases, React JS, Node JS, and Express JS. Building this system makes it easier to manage farmstay as well as provide a convenient and fast experience for customers, ensuring flexibility and synchronization in the operation of the system.

**Keywords.** Farmstay management system, Internet of Things, Mobile Application, Web Application.

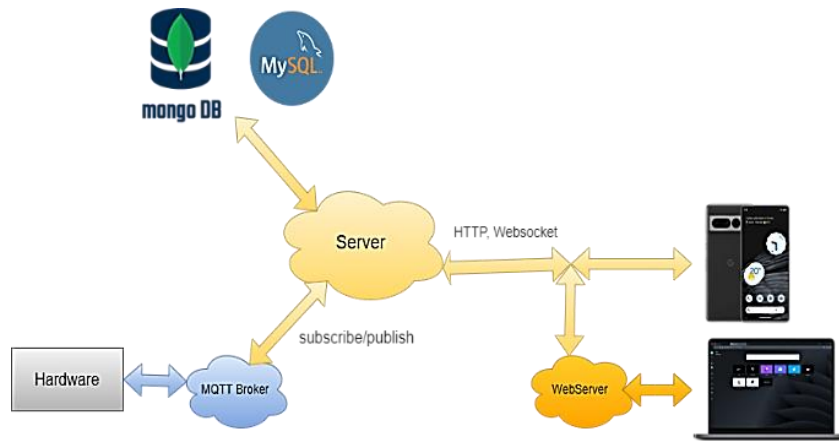
### 1 GIỚI THIỆU

Hiện nay, với sự phát triển của khoa học và công nghệ, việc ứng dụng IoT vào trong đời sống ngày càng trở nên phổ biến và đa dạng. Công nghệ IoT được hiểu là sự kết nối, kiểm soát và theo dõi trạng thái của mọi thiết bị điện tử thông minh thông qua internet. Chính vì sự ra đời và phát triển của IoT khiến cho các chuyên gia đầu ngành trong lĩnh vực khoa học công nghệ đã nghiên cứu và áp dụng vào trong cuộc sống rất hiệu quả và đem lại rất nhiều thành tựu về các lĩnh vực như: quản lý hạ tầng cơ sở, ứng dụng trong nhà thông minh, giao thông thông minh,... Trong đó, các hệ thống homestay hay farmstay cũng là một trong những hệ thống ứng dụng IoT kết hợp với các công nghệ web, ứng dụng android, server,... đang rất được quan tâm trong thời điểm hiện tại.

Thông qua đó, nhóm thực hiện xây dựng hệ thống quản lý giám sát farmstay ứng dụng IoT cùng với ESP8266 và các kiến thức về web, ứng dụng android... để thiết kế, hoàn thiện đề tài.

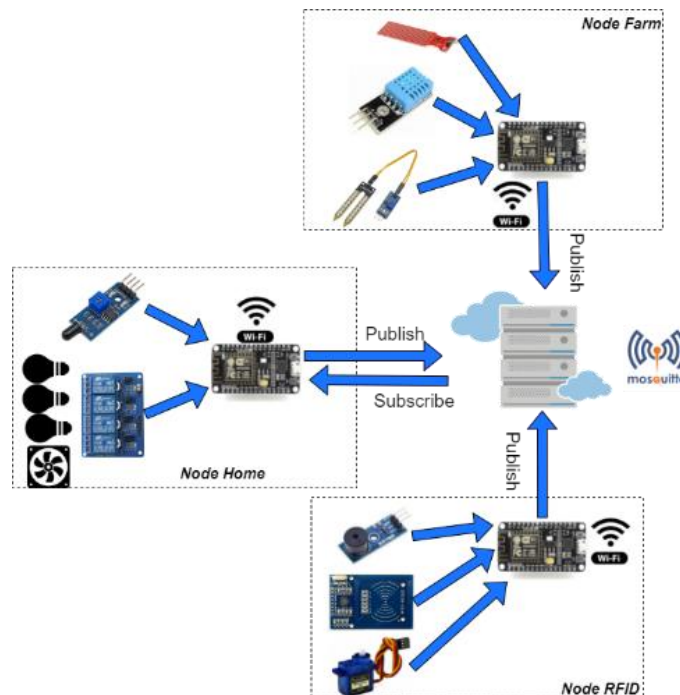
## 2 THIẾT KẾ HỆ THỐNG

Hệ thống được xây dựng để chạy trên đa nền tảng: Web, App. Sử dụng giao thức HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) để truyền và phản hồi các dữ liệu từ phía người dùng đến Server và ngược lại. Hệ thống Server cũng được kết nối với các thiết bị phần cứng để ghi nhận thông số gửi và nhận. Để dữ liệu được hoạt động đồng bộ giữa các nền tảng, hệ thống đã sử dụng một Web Server. Chi tiết mô hình như Hình 1.



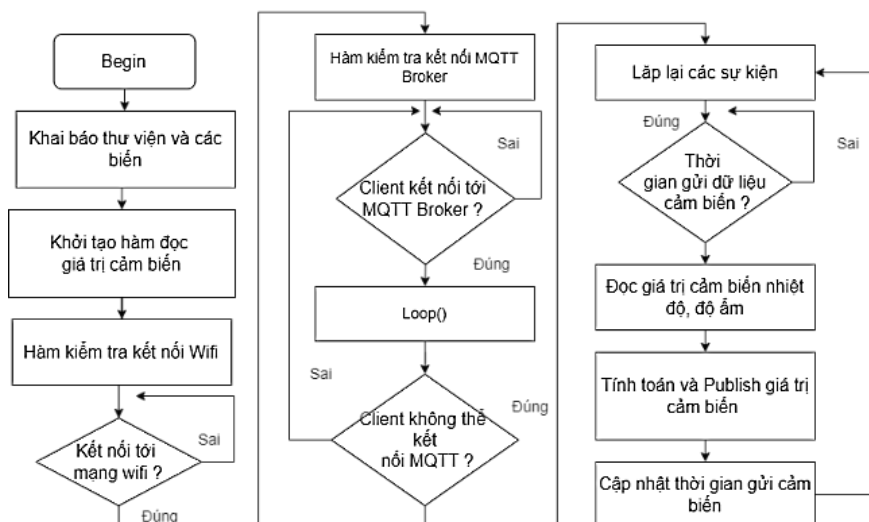
Hình 1. Sơ đồ tổng quan hệ thống

### 2.1 Xây dựng phần cứng [2]



Hình 2. Sơ đồ thiết kế phần cứng

ESP8266 đọc dữ liệu từ các cảm biến và gửi dữ liệu lên MQTT Broker thông qua giao thức MQTT. Thiết lập kết nối giữa node ESP8266 và MQTT Broker thông qua wifi. Sử dụng địa chỉ Internet Protocol (IP) của MQTT Broker (IP của server). Publish dữ liệu cảm biến lên MQTT Broker và server sẽ subscribe dữ liệu về và lưu vào database.



Hình 3. Lưu đồ quá trình gửi dữ liệu cảm biến của các node MQTT [1]

Đầu tiên, chương trình thiết lập kết nối wifi và kết nối đến máy chủ MQTT. Sau đó, nó khởi tạo các cảm biến và thiết lập các chủ đề MQTT để gửi dữ liệu. Chương trình sau đó bắt đầu vòng lặp chính của nó.

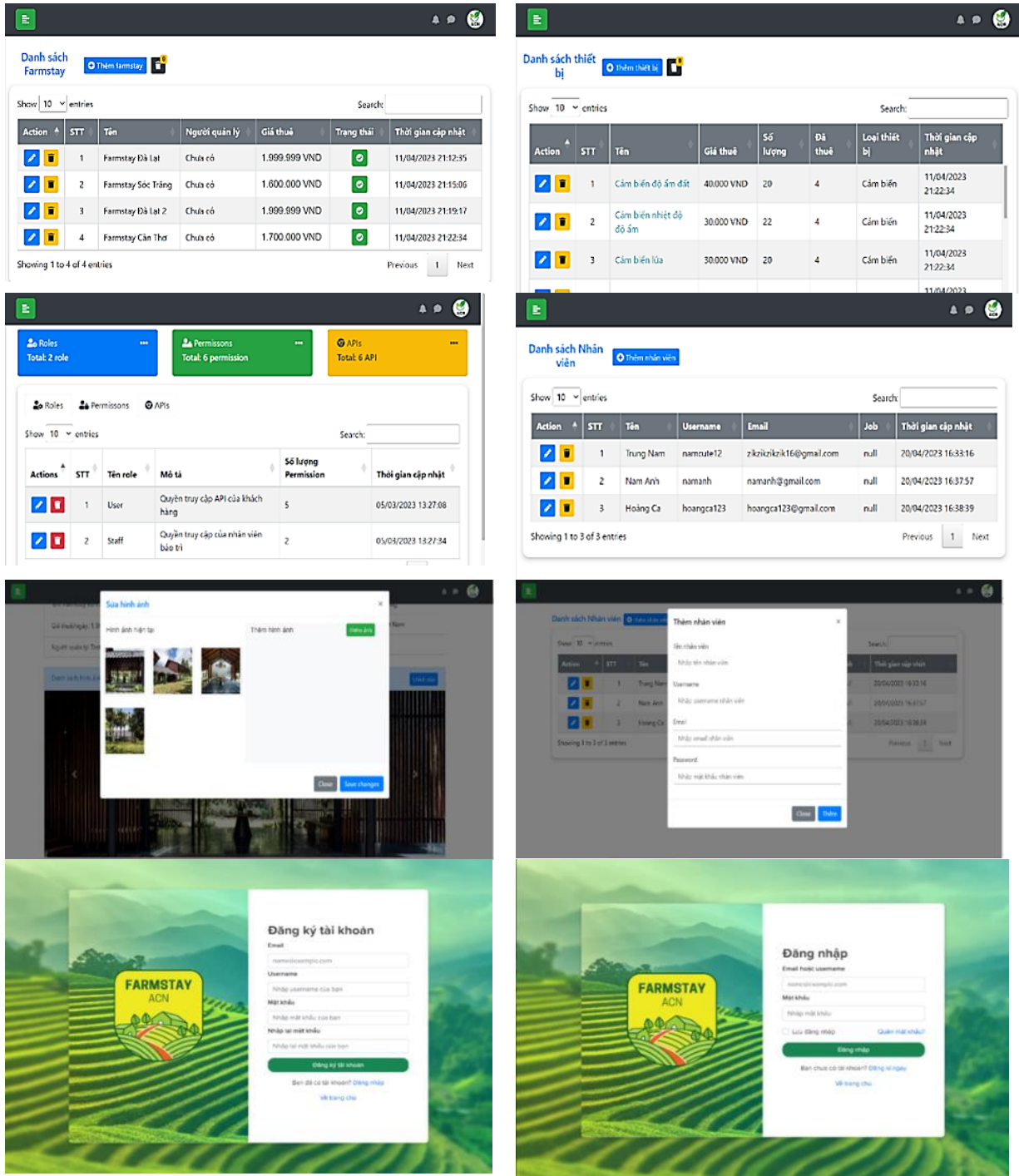
Trong vòng lặp chính, chương trình kiểm tra xem nếu kết nối MQTT bị ngắt, nó sẽ thử kết nối lại. Nếu kết nối vẫn không thành công, chương trình sẽ tiếp tục lặp lại cho đến khi kết nối được thiết lập.

Sau đó, chương trình đọc các giá trị từ cảm biến và publish đến máy chủ MQTT bằng các hàm publishdata tương ứng với các giá trị cảm biến. Chúng được đưa vào một JavaScript Object Notation (JSON) động để có thể được dễ dàng xử lý và đọc bởi các hệ thống khác.

Cuối cùng, chương trình đợi cho một khoảng thời gian nhất định, trong trường hợp này là 5 giây, trước khi đọc lại các giá trị từ các cảm biến và xuất bản chúng đến MQTT một lần nữa. Quá trình này sẽ tiếp tục lặp lại trong suốt thời gian chương trình đang chạy.

## 2.2 Xây dựng Website

- Website admin.
- Mục đích: cung cấp nhiều tiện ích cho người quản trị để thực hiện các tác vụ cần thiết trên trang web một cách nhanh chóng và hiệu quả. Với trang web admin, người quản trị có thể quản lý nội dung và tài nguyên trang web bao gồm thêm, sửa, xóa các bài viết, hình ảnh, video một cách dễ dàng.
- Đối tượng sử dụng: admin.
- Tính năng chính: các chức năng thêm sửa xóa tài nguyên của hệ thống (farmstay, thiết bị, quyền, người dùng, ...)

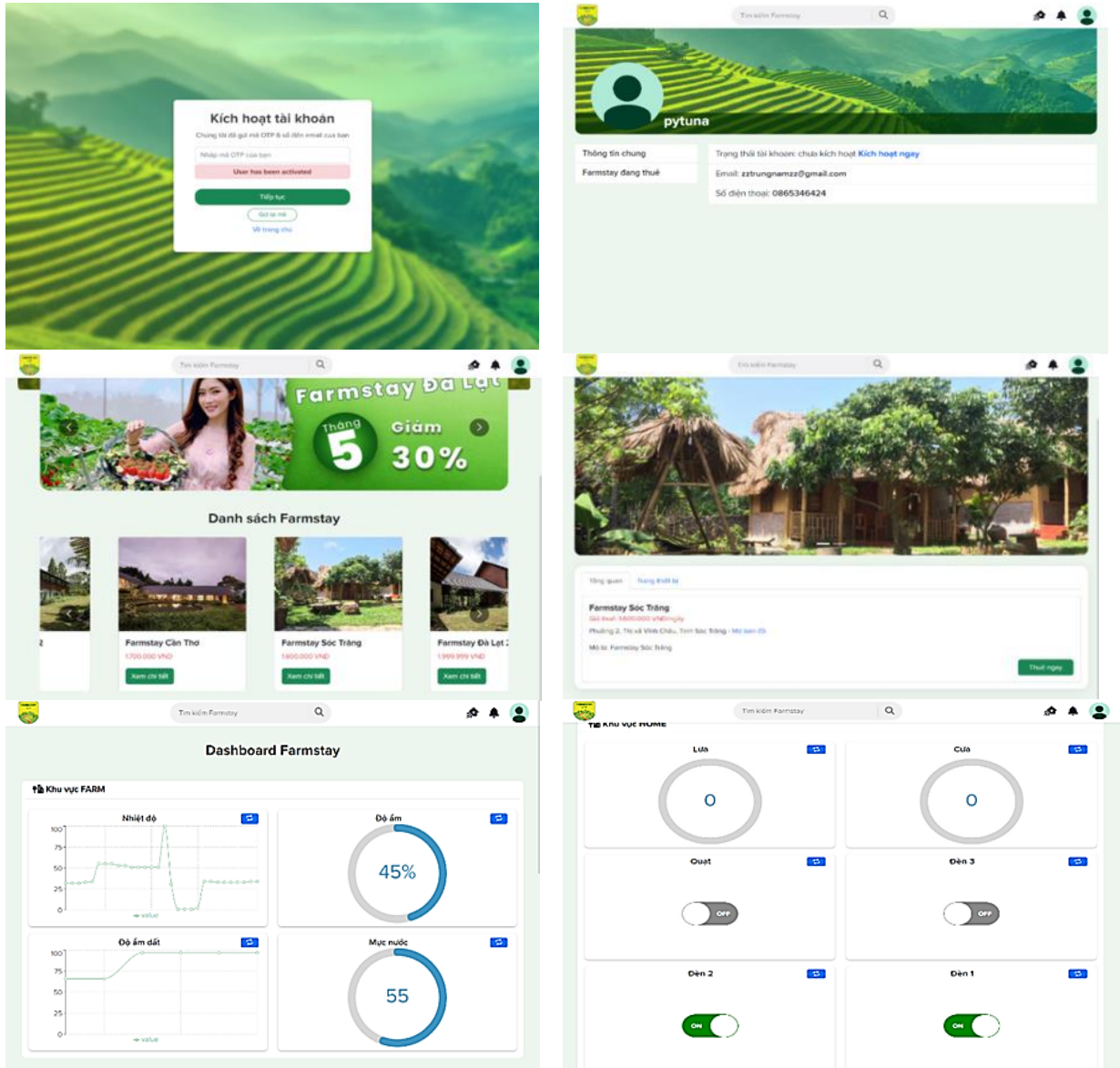


Hình 4. Giao diện website dành cho Admin

Website người dùng.

- Mục đích: Giúp người dùng có thể kết nối và quản lý các thiết bị trong farmstay thông qua internet. Cung cấp giao diện cho phép người dùng quản lý và kiểm soát các thiết bị IoT của họ từ bất kỳ đâu, bất kỳ khi nào. Người dùng có thể theo dõi trạng thái của các thiết bị, thực hiện các tác vụ điều khiển từ xa và tùy chỉnh cài đặt cho các thiết bị IoT của họ.
- Đối tượng sử dụng: các khách hàng thuê các khu vực để trồng trọt và nghỉ dưỡng tại farmstay.
- Tính năng chính:
  - + Cho phép người dùng đăng ký tài khoản, đăng nhập tích hợp xác thực và bảo mật cho tài khoản, đặt lại và thay đổi mật khẩu.

- + Xem danh sách farmstay hiện có, thuê, thanh toán online qua VNPAY.
- + Giúp người dùng quản lý, điều khiển các thiết bị, cảm biến tại khu vực thuê và đưa ra các cảnh báo, thông báo trên ứng dụng android khi xảy ra sự cố hay giá trị cảm biến đo được thấp hay vượt mức cho phép.



Hình 5. Giao diện website phía người dùng

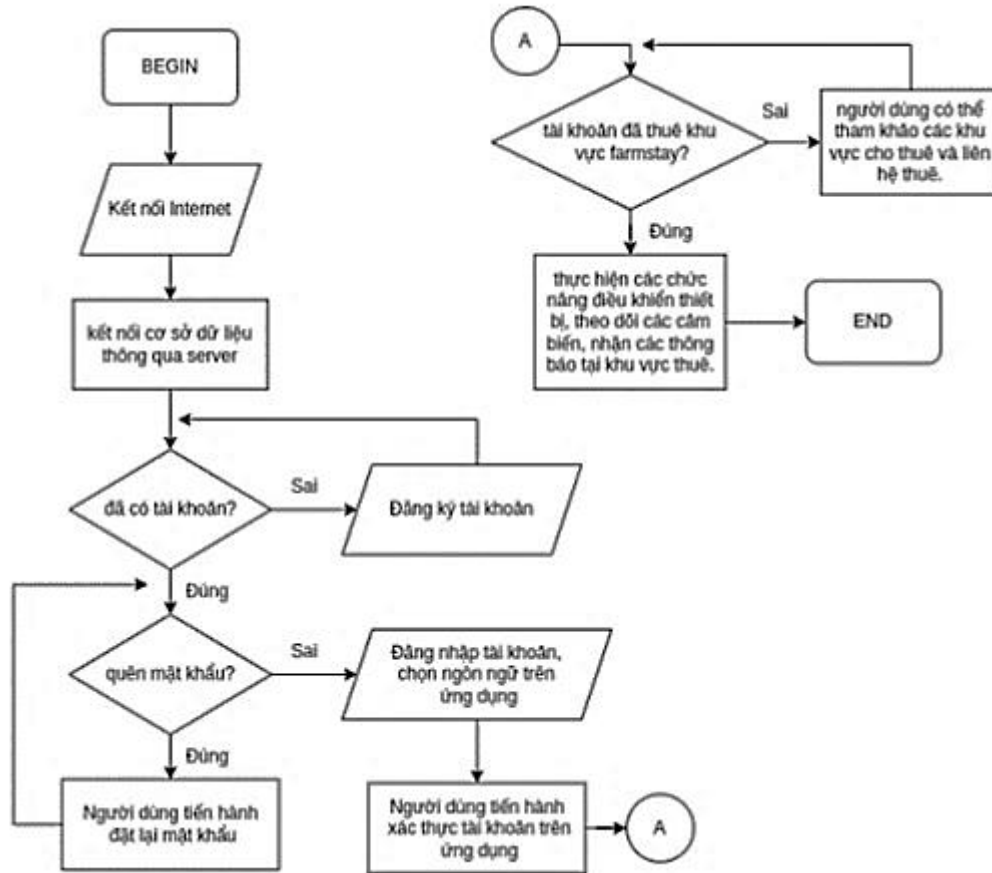
### Xây dựng ứng dụng Android

Mục đích: Nhằm giúp người dùng tiết kiệm thời gian và công sức trong việc quản lý khu vực của mình. Ứng dụng cũng nhằm đáp ứng nhu cầu của những người muốn trải nghiệm một chuyến đi du lịch thoải mái và mang lại trải nghiệm tốt hơn và dễ dàng cho người dùng để quản lý và kiểm soát các thiết bị của mình.

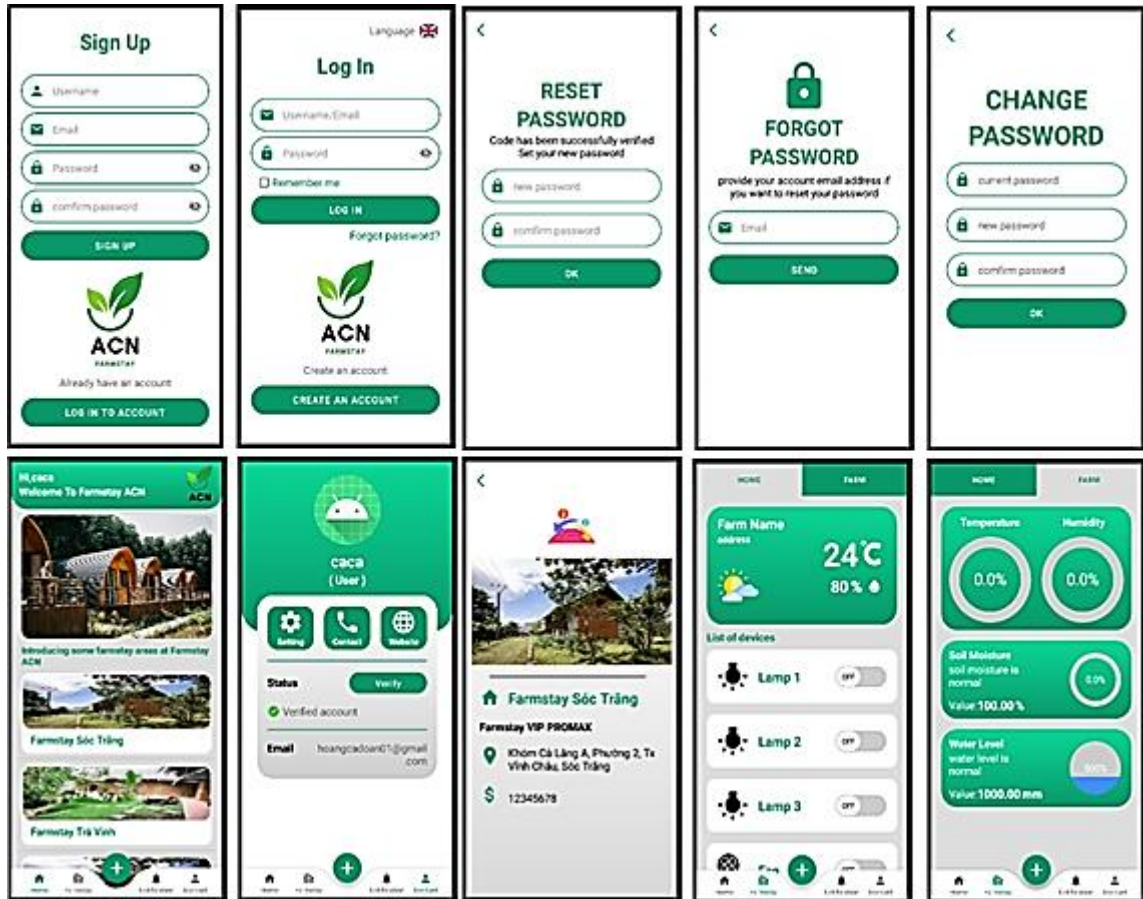
- Đối tượng sử dụng: Các khách hàng thuê các khu vực để trồng trọt và nghỉ dưỡng tại farmstay.
- Sơ lược tính năng chính:
  - + Cho phép người dùng đăng ký tài khoản, đăng nhập tích hợp xác thực và bảo mật cho tài khoản, đặt lại và thay đổi mật khẩu.



- + Giúp người dùng quản lý, điều khiển các thiết bị, cảm biến tại khu vực thuê và đưa ra các cảnh báo, thông báo trên ứng dụng android khi xảy ra sự cố hay giá trị cảm biến đo được thấp hay vượt mức cho phép.
- + Ngoài ra người dùng có thể tham khảo các khu vực tại farmstay và liên hệ thuê.
- + Sử dụng 2 ngôn ngữ tiếng Anh và tiếng Việt, cho phép thay đổi linh hoạt.

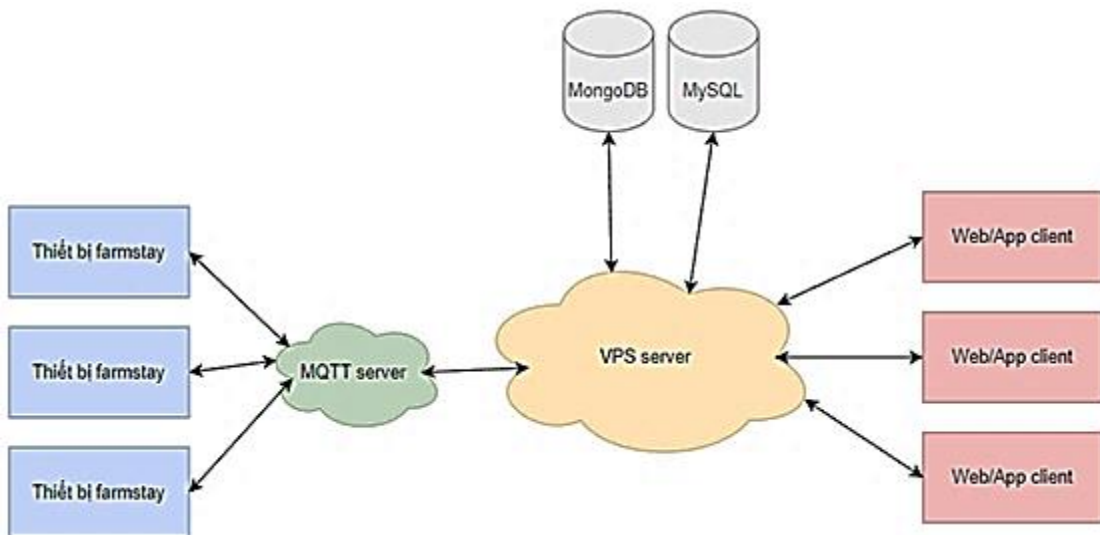


Hình 6. Lưu đồ xây dựng ứng dụng android



Hình 7. Một số giao diện ứng dụng android

### Xây dựng hệ thống server

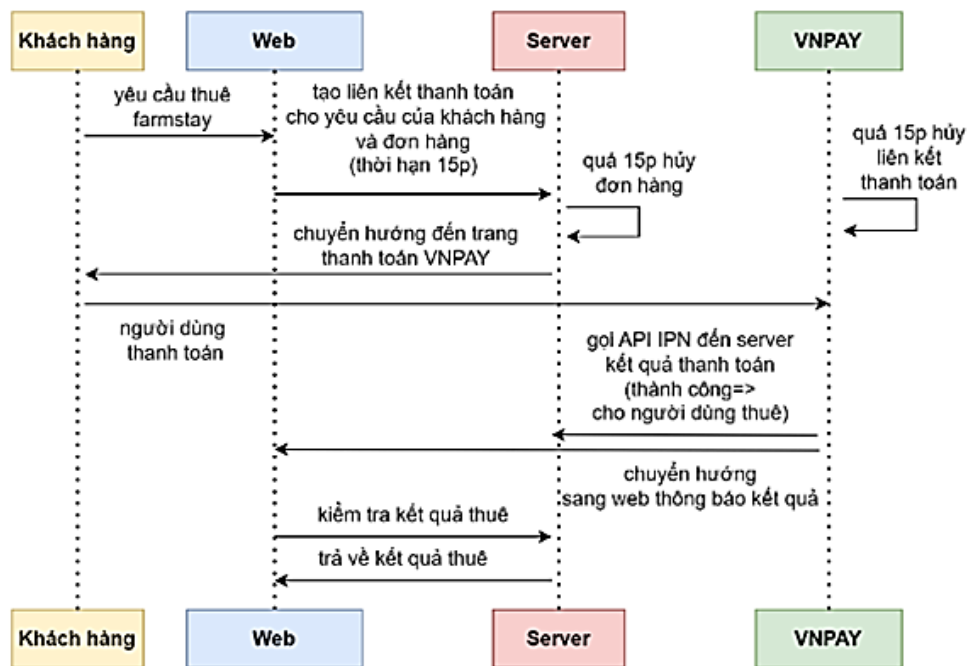


Hình 8. Mô hình hệ thống server [3][4]

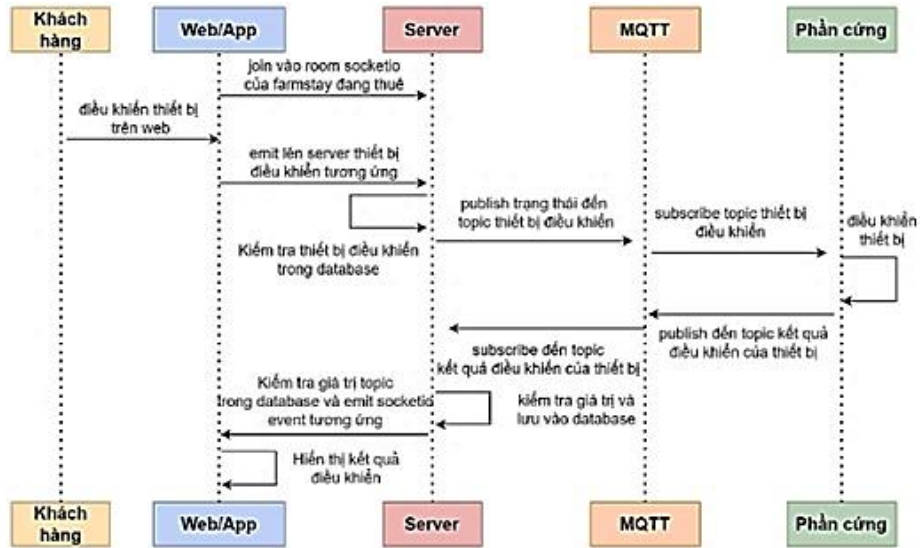
Hệ thống server IoT là một giải pháp kết nối và quản lý các thiết bị thông minh trên nền tảng internet. Hệ thống server IoT có chức năng thu thập, xử lý và phân tích dữ liệu từ các thiết bị IoT, cung cấp cho người dùng thông tin về trạng thái của các thiết bị đó. Nó cũng giúp người dùng quản lý và điều khiển các thiết bị thông minh từ xa thông qua một ứng dụng hoặc trang web. Hệ thống được thiết kế gồm các tính năng sau:

- Thu thập dữ liệu từ các thiết bị IoT: Hệ thống server IoT có khả năng thu thập dữ liệu từ các thiết bị IoT bằng cách sử dụng giao thức MQTT. Dữ liệu này có thể là thông tin về nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, chất lượng không khí, tốc độ và các thông số khác.
- Xử lý và phân tích dữ liệu: Sau khi thu thập dữ liệu, hệ thống server IoT có khả năng xử lý và phân tích dữ liệu để đưa ra thông tin chi tiết về trạng thái của các thiết bị IoT.
- Quản lý thiết bị IoT: Hệ thống server IoT cung cấp cho người dùng một giao diện quản lý thiết bị để người dùng có thể kiểm soát và điều khiển các thiết bị IoT từ xa. Người dùng có thể thực hiện các tác vụ như bật/tắt thiết bị, điều chỉnh các thông số và xem trạng thái của thiết bị.
- Cung cấp Application Programming Interface (API) để tích hợp với các ứng dụng: Hệ thống server IoT cung cấp các API để tích hợp với các ứng dụng khác như ứng dụng android hoặc trang web để giúp người dùng tiện lợi hơn trong việc quản lý và kiểm soát các thiết bị IoT.
- Bảo mật: Hệ thống server IoT có các tính năng bảo mật như xác thực người dùng, mã hóa dữ liệu và giám sát hoạt động để đảm bảo an toàn.

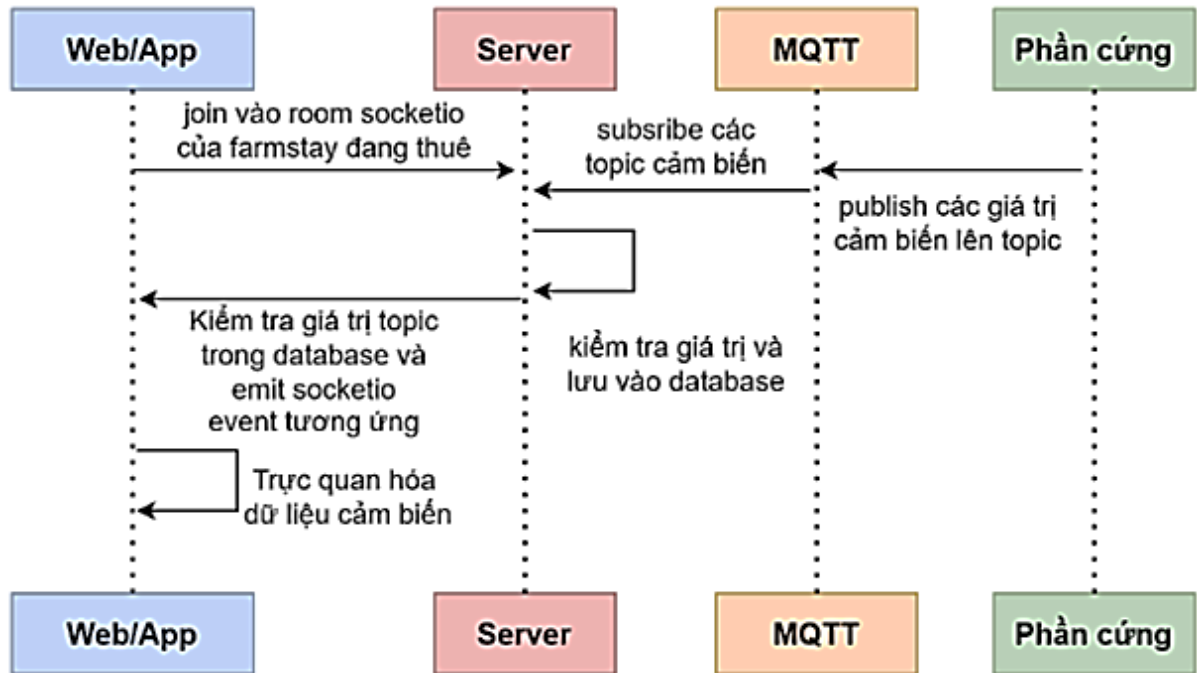
Các sơ đồ luồng xử lý các tính năng chính của hệ thống:



Hình 9. Luồng xử lý thanh toán trước khi thuê farmstay

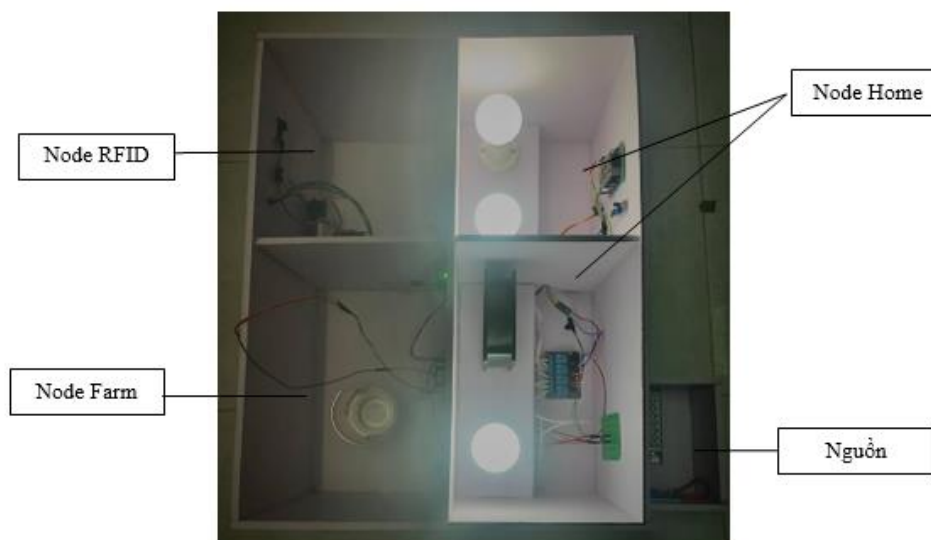


Hình 10. Luồng xử lý người dùng điều khiển thiết bị IoT



Hình 11. Luồng xử lý hiển thị các giá trị của thiết bị IoT

## ĐÁNH GIÁ THỰC NGHIỆM

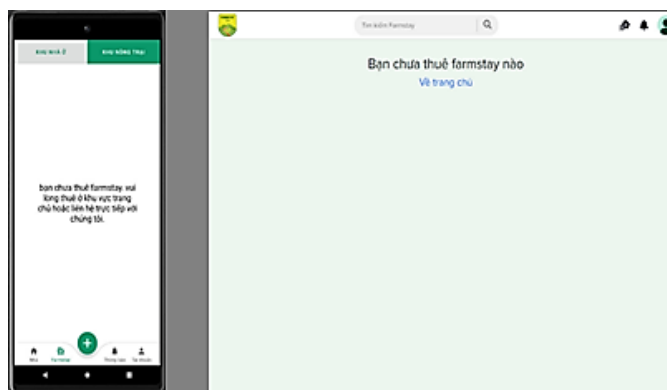


Hình 12. Mô hình thực nghiệm

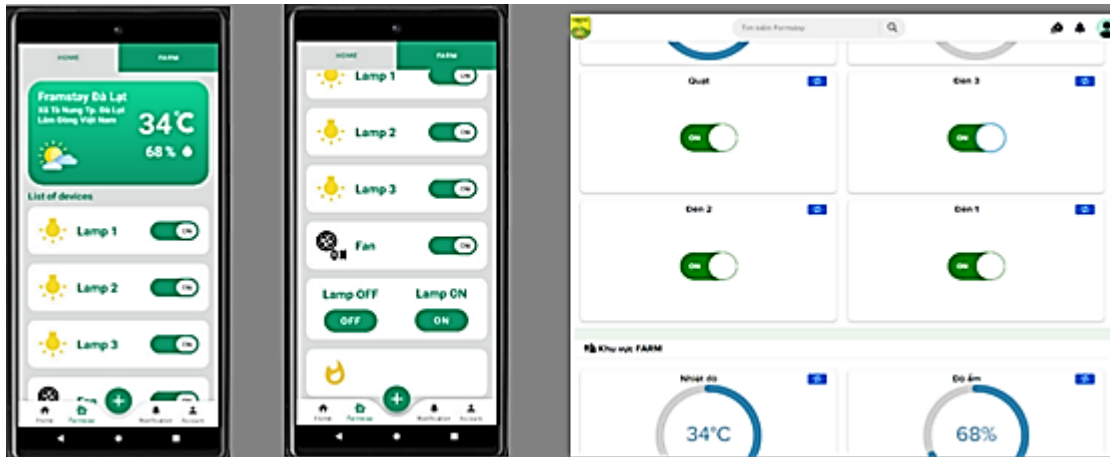
Trường hợp khi người dùng không thực hiện quá trình thuê và thanh toán thì sẽ không nhận được thông tin từ farmstay.

Trường hợp khi đã thực hiện quá trình thuê và thanh toán.

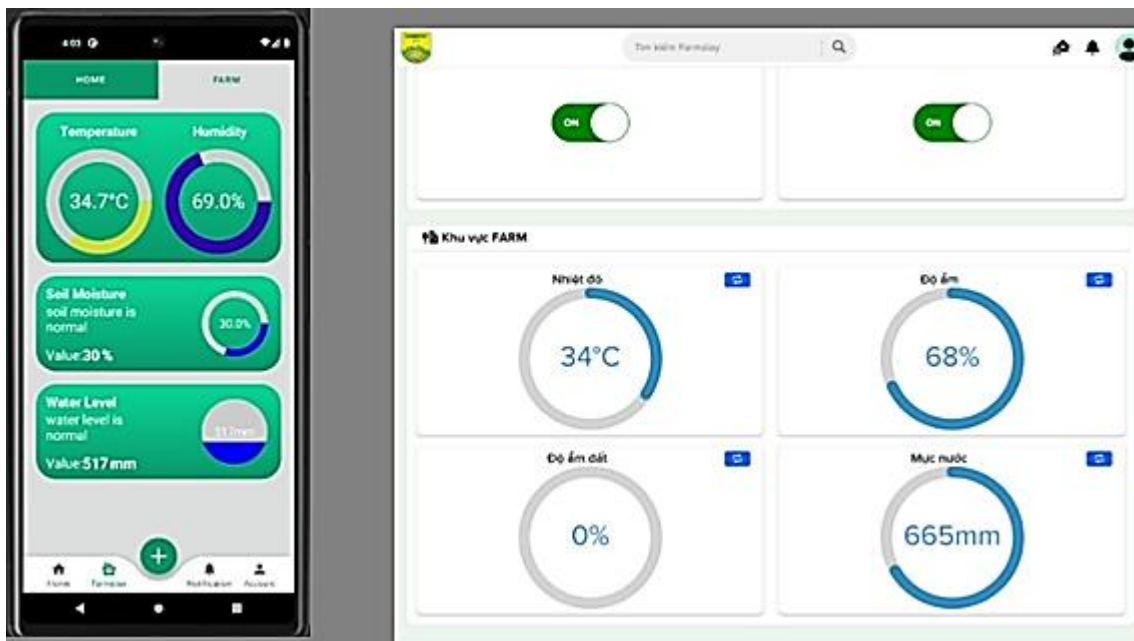
Trong ứng dụng android và web vào trang thông tin farmstay đã thuê có thông tin tên và địa chỉ của khu vực đó. Người dùng theo dõi nhiệt độ, độ ẩm và điều khiển bật tắt thiết bị trong nhà ở và tương tự web cũng đồng bộ với nhau hiện thị các giá trị như phần hiển thị trên ứng dụng.



Hình 13. Chưa thuê farmstay và thanh toán



Hình 14. Ứng dụng android và web khi bật tắt các thiết bị

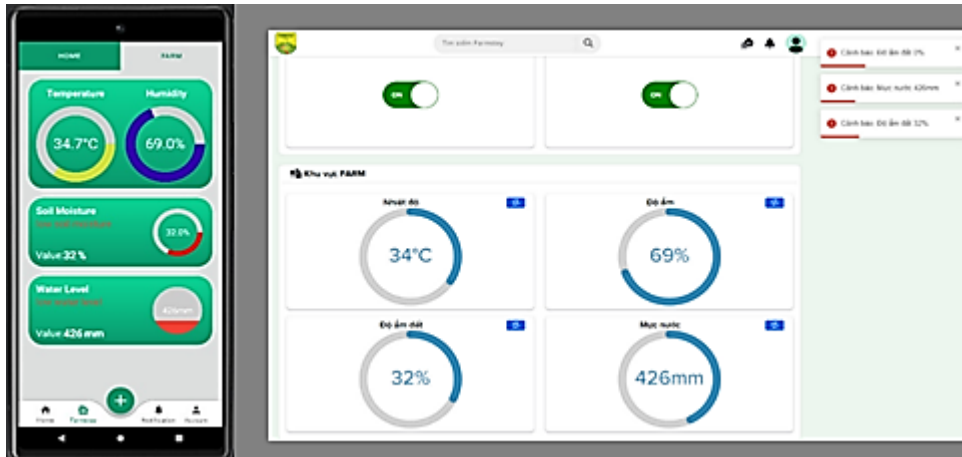


Hình 15. Ứng dụng android và web hiển thị các giá trị cảm biến

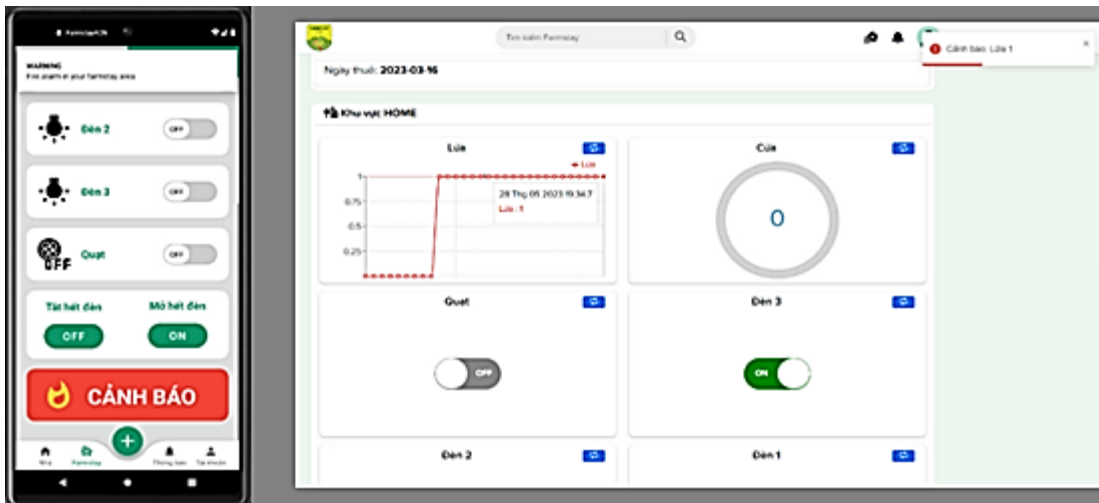
Ở farm sẽ là khu vực trồng trọt, quản lý các cảm biến, sẽ có các cảnh báo khi giá trị cảm biến vượt hoặc thấp hơn mức cho phép trên ứng dụng android và cả trên web.

Trong khu vực nhà ở khi có lửa sẽ hiện thị cảnh báo.

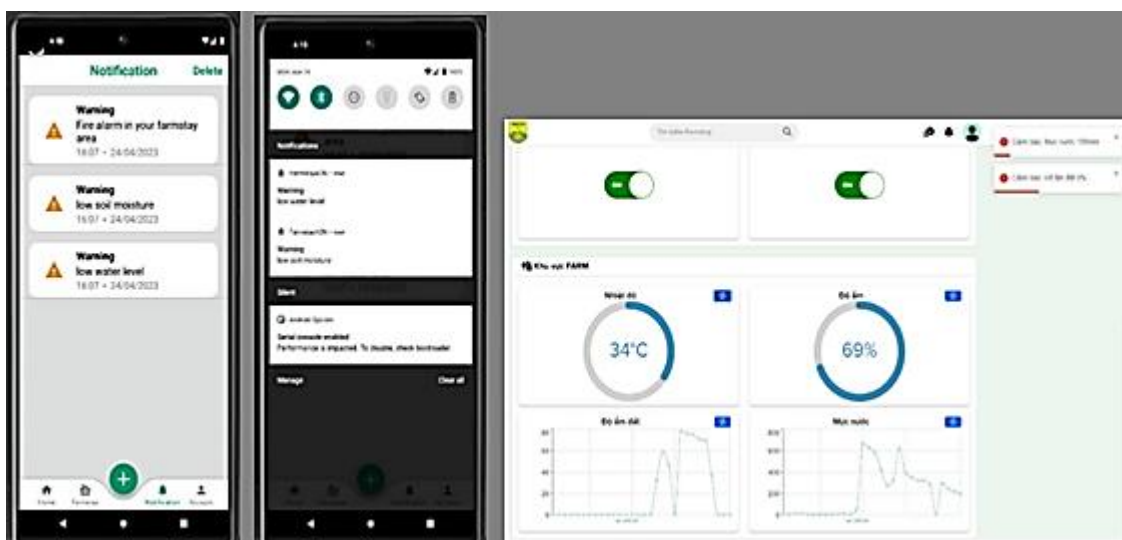
Khi có cảnh báo về giá trị các cảm biến cũng sẽ xuất hiện thông báo nổi trên điện thoại và thông báo trong phần notification. Đối với thông báo cháy sẽ có kèm chuông và phần web cũng có thông báo phía trái.



Hình 16. Cảnh báo khi có giá trị cảm biến vượt ngưỡng

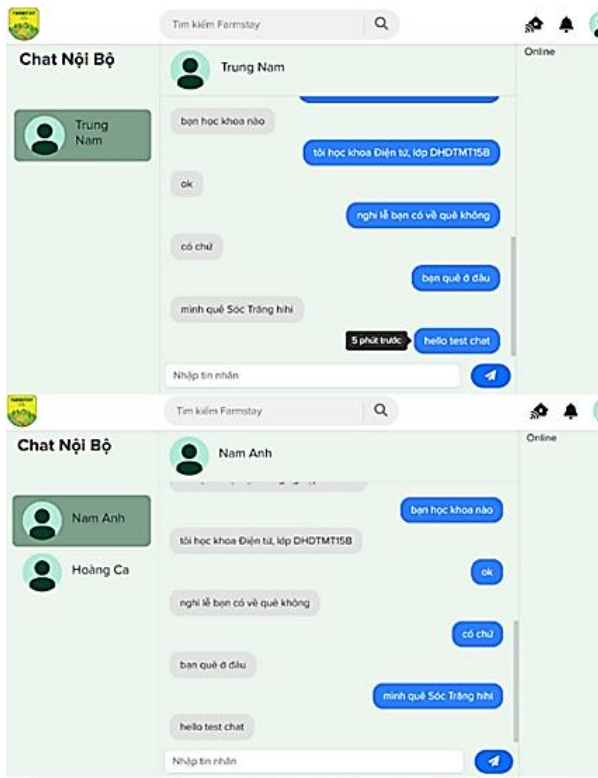


Hình 17. Cảnh báo lửa

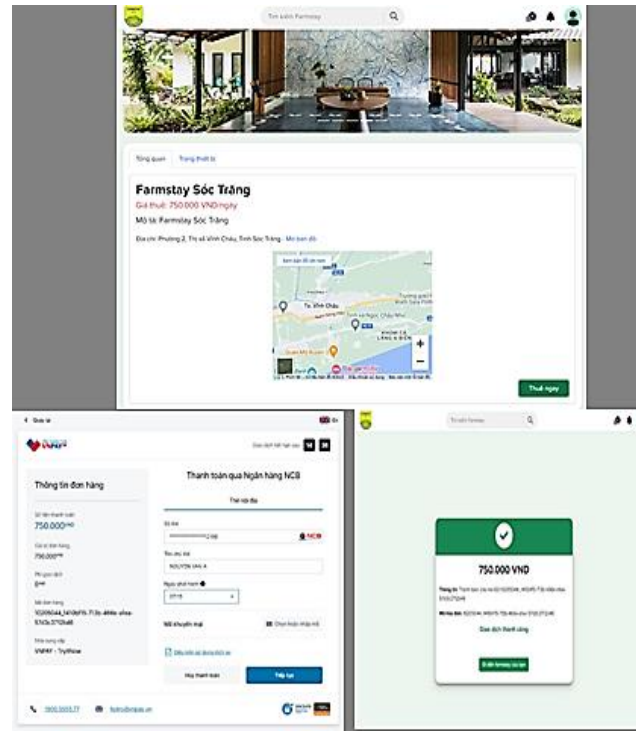


Hình 18. Notification khi có giá trị vượt ngưỡng

Box chat nội bộ cho nhân viên giao tiếp với nhau trên ứng dụng web.



Hình 19. Chat box của nhân viên trên web



Hình 20. Quá trình thực hiện thuê và thanh toán

## 4 KẾT LUẬN

Trong bài báo, chúng tôi đã thiết kế hệ thống quản lý farmstay với gần như đầy đủ các tính năng cần thiết, xây dựng được mô hình phần cứng cho khu vực farmstay, website quản lý farmstay cho quản trị viên và ứng dụng android cho người dùng kết hợp với các tính năng bảo mật cũng như các tính năng chính khác. Hệ thống cho thấy được việc ứng dụng MQTT thu thập các giá trị cảm biến, JWT trong việc bảo mật, SocketIO lấy và cập nhật giá trị một cách liên tục đem lại hiệu quả cao trong quá trình thực nghiệm trên mô hình thực tế. Hệ thống này có tính ứng dụng cao trong thực tế, không chỉ giúp cho việc quản lý farmstay tiện lợi và dễ dàng hơn mà còn giúp trải nghiệm người dùng trở nên tốt hơn. Ngoài ra, hệ thống còn đảm bảo bảo mật thông tin của người dùng. Với việc sử dụng MongoDB và server riêng, hệ thống có thể đảm bảo sự ổn định và đáp ứng tốt cho nhu cầu sử dụng của người dùng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Roger A Light, "Mosquitto: server and client implementation of the MQTT protocol", "Article in The Journal of OpenSource Software". May 2017.
- [2] Pieter P, "A Beginner's Guide to the ESP8266," 2017.
- [3] <https://mongoosejs.com/docs/>
- [4] <https://www.npmjs.com/>
- [5] <https://socket.io/docs/v4/>
- [6] <https://www.npmjs.com/package/express>



YSC5.F120

## NGHIÊN CỨU BLOCKCHAIN VÀ IOTs XÂY DỰNG HỆ THỐNG BỎ PHIẾU AN TOÀN

NGUYỄN VĂN DUY<sup>1\*</sup>, LÊ ĐỨC TI<sup>1</sup>, ĐỖ NHẬT HỒNG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
\*nguyenvanduy@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Bài viết này mô tả hệ thống bỏ phiếu điện tử, tích hợp công nghệ Blockchain và Iots (Internet of Things). Hệ thống ra đời nhằm mục đích thay thế các hình thức bỏ phiếu truyền thống bằng giấy tốn kém, hoặc những hệ thống bỏ phiếu điện tử kém sự an toàn. Ứng dụng công nghệ chuỗi khối Blockchain vào hệ thống giúp nâng cao tính trung thực, công bằng, minh bạch, an toàn và toàn vẹn. Các ý kiến của người tham gia bỏ phiếu được bảo vệ. Hệ thống sẽ ngăn chặn những hành vi can thiệp trái phép để chỉnh sửa nội dung, ý kiến của người dùng trong lá phiếu. Hệ thống sẽ tự động tính toán, kiểm tra toàn bộ lá phiếu mà người tham gia đã gửi lên. Kết quả bỏ phiếu sẽ được trả về một cách nhanh chóng qua email hoặc tin nhắn. Từ đó tiết kiệm được rất nhiều chi phí và nguồn nhân lực so với các mô hình bỏ phiếu, bầu cử truyền thống.

**Từ khóa.** Chain vote, chain pool, Blockchain voting.

### RESEARCH BLOCKCHAIN AND IOTS BUILD SAFE VOTING SYSTEM

**Abstract.** This article describes an electronic voting system, integrating Blockchain technology and Iots (Internet of Things). The system aims to replace traditional forms of voting with expensive paper, or less secure electronic voting systems. Applying Blockchain technology to the system helps to improve honesty, fairness, transparency, safety and integrity. Voting participants' opinions are protected. The system will prevent unauthorized interference to edit the content and opinions of users in the ballot. The system will automatically calculate and check all the votes that participants have submitted. Voting results will be returned quickly via email or text message. Thereby saving a lot of costs and human resources compared to traditional voting and voting models.

**Keywords.** Chain vote, chain pool, Blockchain voting.

### 1 GIỚI THIỆU

Sự bùng nổ của internet cũng đi đôi với việc các tin tặc sẽ thao túng, đánh cắp dữ liệu. Các cuộc tấn công phá hoại hệ thống thông tin diễn ra ngày càng nhiều. Từ đó, chất lượng các loại dữ liệu và thông tin không được đảm bảo. Mọi thông tin, dữ liệu trên không gian mạng đều có thể bị chỉnh sửa một cách bất hợp pháp. Các ứng dụng, cuộc họp trực tuyến có thể bị can thiệp, phá hoại gây ra cảm giác tiêu cực khi sử dụng internet đối với người dùng. Và điều đó có thể gây ảnh hưởng xấu trực tiếp đến kinh tế của các cá nhân, tổ chức doanh nghiệp, an ninh của một quốc gia.

Từ đó, nhóm phát triển ứng dụng chúng tôi nhận thấy: “Việc nâng cao chất lượng của các cuộc bỏ phiếu, bầu cử cũng rất quan trọng và cấp thiết”. Nếu thông tin, dữ liệu của các cuộc bỏ phiếu không được đảm bảo thì việc bị đánh cắp dữ liệu, tổn thất tài chính... sẽ gây hậu quả về vật chất và tinh thần là không thể tránh khỏi. Ngoài ra, việc vận hành một cuộc bầu cử theo phương thức truyền thống cũng sẽ rất tốn kém. Đồng thời, chất lượng của cuộc bầu cử đó cũng không được đảm bảo.

Vì vậy, nhóm chúng tôi đề xuất xây dựng một ứng dụng bỏ phiếu bằng Blockchain. Nhằm giải quyết những nhược điểm, tồn đọng của hình thức bỏ phiếu truyền thống bằng giấy và điện tử kém an toàn. Giúp những cơ quan, tổ chức, cá nhân có nhu cầu xây dựng, tạo ra các cuộc bỏ phiếu, bình chọn,... có một trải nghiệm tiện lợi, tiết kiệm và an toàn hơn.

Ứng dụng Chainvote được vận hành trên các thiết bị chạy hệ điều hành Android và IOS. Mã nguồn server xử lý các tác vụ của hệ thống được phát triển bằng ngôn ngữ Go. Dụng, kiểm thử server bằng Docker và AWS Lightsail Cloud Server là dịch vụ xây dựng và vận hành server của dự án. Dữ liệu người dùng sẽ được đưa lên và bảo vệ bởi hệ thống BscScan, một mạng blockchain thử nghiệm của hệ thống Etherscan [9][10].

## 2 CÁC CÔNG NGHỆ LIÊN QUAN

### 2.1 Blockchain

#### a. Blockchain

Blockchain là một công nghệ mã hóa, lưu trữ thông tin dưới dạng P2P. Công nghệ này cho phép tất cả mọi người tham gia vào mạng lưới có thể truy xuất, trao đổi dữ liệu mà không cần qua trung gian. Dữ liệu sẽ không thể nào bị chỉnh sửa nhờ tính năng bảo vệ và xác minh thông tin, thông qua các mã băm định danh (mã Hash).

Dữ liệu của người dùng được gửi lên Blockchain đều được đóng gói thành các khối. Các khối này liên kết với nhau thành một chuỗi. Quan trọng hơn hết, những khối này không thể xóa hay chỉnh sửa. Người dùng chỉ có thể thêm khối mới vào chuỗi đó. Nhờ thế mọi dữ liệu sẽ được bảo vệ, tránh được các vấn nạn về an toàn thông tin đang tràn lan khắp internet. Một vài nền tảng Blockchain uy tín hiện có trên internet phải kể đến như: Ethereum, Binance Smart Chain...

Cách nhanh nhất để liên kết, tương tác với các nền tảng Blockchain là sử dụng các ví điện tử. Trong hệ thống này, chúng tôi lựa chọn Metamask vì tính nhanh chóng và tiện lợi của nó. Việc sử dụng Metamask không cần có quá nhiều kỹ năng hoặc kiến thức như các loại ví tiền điện tử khác. Nhờ đó người dùng có thể tương tác với các nền tảng Blockchain dễ dàng hơn.

#### b. Bsc Scan

BscScan là một công cụ giúp các lập trình viên hay người dùng phổ thông khám phá, hoặc tận dụng những công năng của Blockchain. Hiện nay, mọi nền tảng Blockchain đều có các mô hình phụ chạy song song, hay nói cách khác là nền tảng Blockchain phụ hoặc mạng testnet. Tính năng của mạng testnet giống nền tảng chính của nó đến 99%. Nhờ đó người dùng có thể kiểm thử, hoàn thiện các smartcontract trước khi triển khai trên nền tảng thực.

Bsc Testnet là một mô hình mạng thử nghiệm giành cho các nhà phát triển triển khai các ứng dụng phi tập trung trước khi đưa mạng thực tế BSC Mainnet hoặc Etherscan.

#### c. Solidity

Solidity là ngôn ngữ lập trình giành riêng cho công nghệ Blockchain. Ngôn ngữ lập trình này cung cấp cho lập trình viên tất cả các tính năng cần thiết để tạo ra một hợp đồng thông minh. Bên cạnh đó, Solidity không cho phép chúng ta điều chỉnh số liệu. Tính năng này làm hợp đồng thông minh sau khi triển khai được toàn vẹn hơn.[3]

#### d. Remix IDE

Remix là IDE online, giúp các lập trình viên có thể tạo và triển khai nhanh chóng các hợp đồng thông minh. Remix không cần các thư viện, không cần các module hay package. Tự thân Remix có thể làm được tất cả các tác vụ liên quan đến Blockchain. Từ đó giúp các lập trình viên tiết kiệm được nhiều thời gian hơn.

### 2.2 React-native

Đây là một framework mã nguồn mở do Facebook phát hành. Trên cùng một đoạn codebase, React-native có thể tạo một ứng dụng trên cả hai nền tảng mobile là Android và IOS. React-native cung cấp cho lập trình viên đầy đủ các bộ công cụ và thư viện để phát triển các dự án. Đồng thời, React-native cũng hỗ trợ việc tái sử dụng mã nguồn một cách rất linh hoạt và nhanh chóng [2].

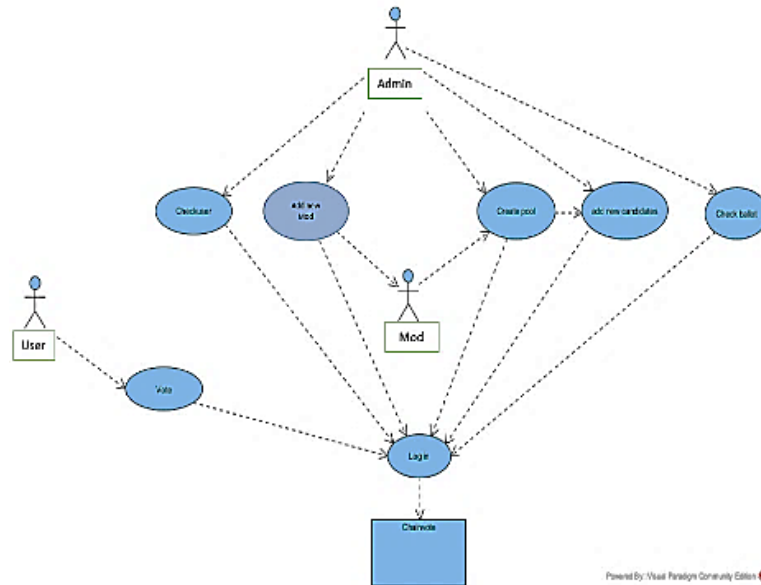
## 3 PHÂN TÍCH HỆ THỐNG

Quản trị viên tối cao (Admin), quản trị viên (mod), cử tri (user) và ứng cử viên là những đối tượng mà hệ thống hướng đến trong đề tài này. Chúng tôi tập trung chính vào các chức năng liên quan đến smartcontract. Xử lý thông tin các lá phiếu. Đóng gói dữ liệu thành các khối rồi gửi lên hệ thống BscScan hay các hệ thống tương tự. Hệ thống có Các chức năng như: tạo cuộc bỏ phiếu, cấp quyền quản trị viên, thêm cử tri, giới hạn

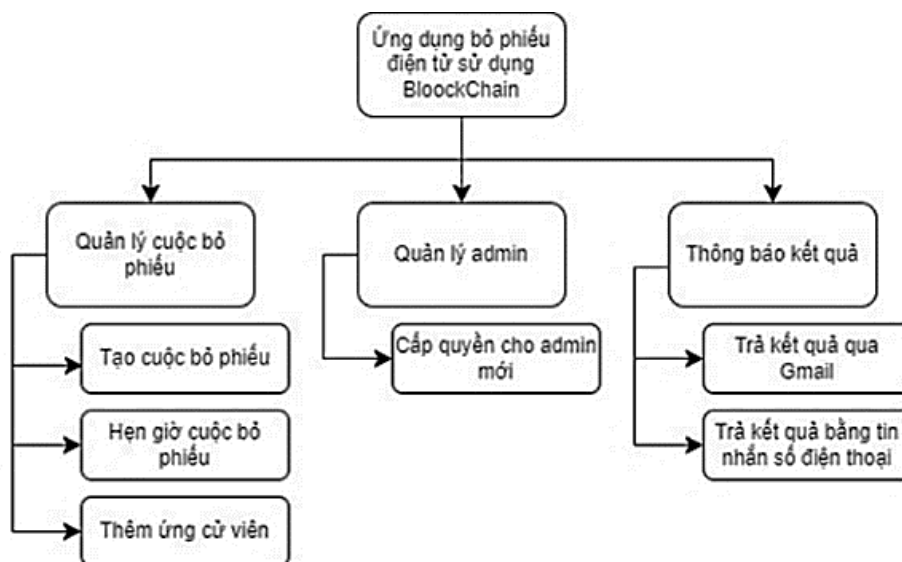
thời gian cho cuộc bỏ phiếu... Hệ thống sẽ trả kết quả của cuộc bầu cử qua mail, tin nhắn. Giúp người dùng có thể tự do linh hoạt hơn trong việc sử dụng, tận dụng ứng dụng.

### 3.1 Sơ đồ Usecase và sơ đồ phân cấp chức năng của ứng dụng

Trong hệ thống này, “Admin” có toàn quyền sử dụng tất cả các chức năng mà ứng dụng cung cấp. Tiếp đến là “Mod” chỉ được phép tạo cuộc bỏ phiếu, thêm ứng cử viên. Cuối cùng là User, thực hiện chức năng bỏ phiếu. Sau khi cuộc bỏ phiếu kết thúc, hệ thống sẽ thông báo kết quả bỏ phiếu cho Mod và User qua email. Admin kiểm tra được tất cả các cuộc bỏ phiếu, nội dung phiếu của User, thêm hoặc xóa Mod và quản lý các chức năng khác của hệ thống.

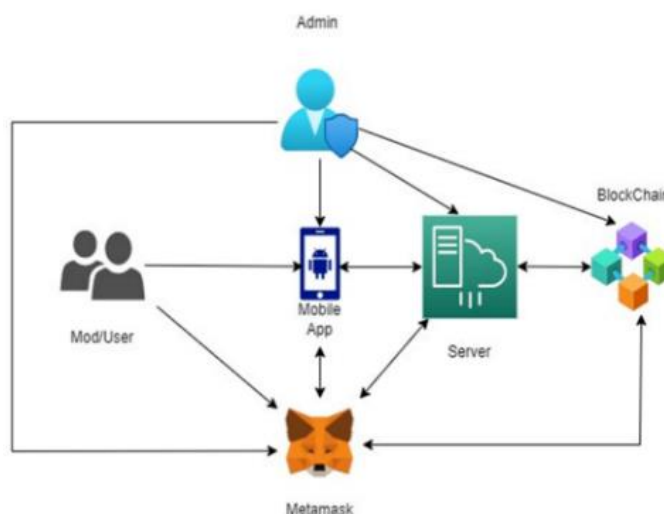


Hình 1. Sơ đồ Use Case của hệ thống Chainvote



Hình 2. Lược đồ phân cấp các chức năng của ứng dụng

### 3.2 Sơ đồ luồng dữ liệu

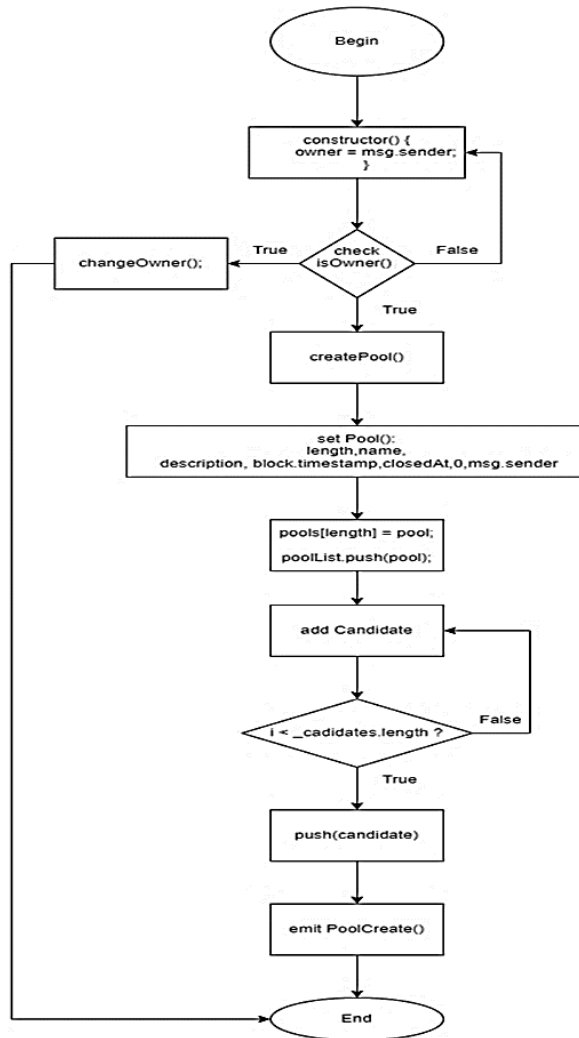


Hình 3. Sơ đồ luồng dữ liệu

Trong sơ đồ được thể hiện ở Hình 3, Admin, Mod hoặc User đều phải có ví Metamask đã liên kết sẵn với các nền tảng Blockchain cần thiết. Nhờ đó việc kết nối ứng dụng trên điện thoại, Server và Blockchain. Trong hệ thống này, Super Admin sẽ là người quyết định sử dụng nền tảng Blockchain nào để phù hợp với nhu cầu thực tế. Quản trị viên tối cao sẽ sử dụng các loại tiền ảo theo nền tảng Blockchain đã chọn. Vì các loại tiền ảo này là phương thức duy nhất chứng minh được những việc mà User thực hiện, cụ thể là việc bỏ phiếu. Từ đó những thông tin từ các phiếu bầu sẽ được Blockchain bảo vệ một cách toàn vẹn nhất.[1]

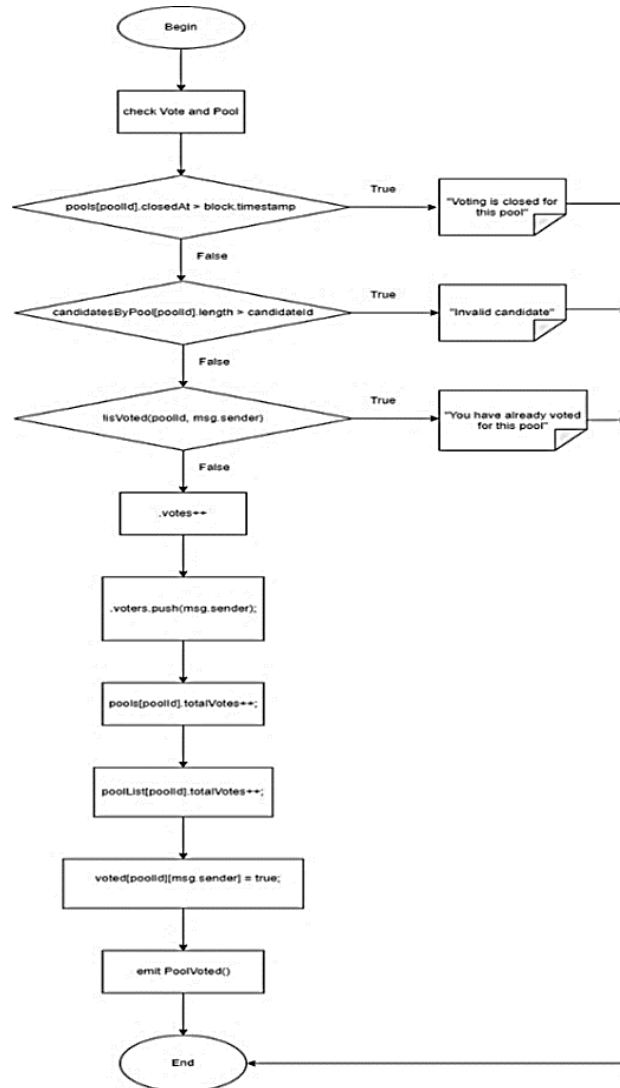
### 3.3 Lưu đồ giải thuật của hệ thống xử lý smartcontract bằng ngôn ngữ Solidity

Khởi tạo chương trình, khai báo địa chỉ ví người tạo cuộc bỏ phiếu (Mod) và quản trị viên tối cao (Admin). Hàm `isOwner()` sẽ kiểm tra đầu là Admin rồi cho cho phép cấp quyền hoặc thêm một Mod mới. Đồng thời kiểm tra tài khoản nào là Mod, tài khoản nào là User. Từ đó mới cho phép Mod tạo các phòng bỏ phiếu. Sau khi được cấp quyền tạo cuộc bỏ phiếu, Mod cần khai báo tên cuộc bỏ phiếu, số lượng ứng viên, thời gian bắt đầu, thời gian kết thúc, và các mô tả liên quan đến phòng bỏ phiếu. Kế tiếp là thêm các ứng viên. Một vòng lặp sẽ kiểm tra số lượng ứng viên mà Mod đã thêm. Xem là đã đủ số lượng như đã khai báo ở bước trước hay chưa. Nếu chưa thì sẽ yêu cầu nhập thêm ứng viên và nếu đủ thì sẽ bắt đầu cuộc bỏ phiếu theo thời gian đã đặt.



Hình 4. Lưu đồ giải thuật cho chức năng kiểm tra Admin, Mod và tạo cuộc bỏ phiếu

Khi người dùng bắt đầu vào cuộc bỏ phiếu, hệ thống sẽ tự động kiểm tra phòng bỏ phiếu và người dùng đó có hợp lệ bằng cách đưa ra các thông báo. Đồng thời không cho phép người dùng tham dự cuộc bỏ phiếu đó.



Hình 5. Lưu đồ giải thuật quá trình kiểm tra phòng bỏ phiếu, và kiểm phiếu

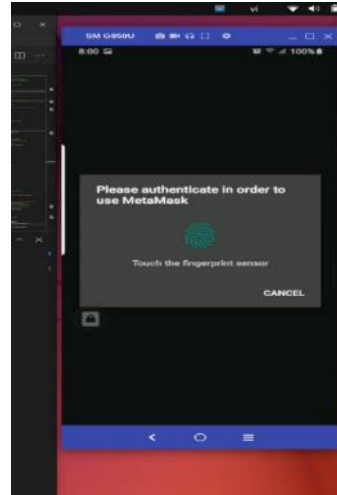
## 4 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

### 4.1 Giao diện của ứng dụng trên nền tảng mobile

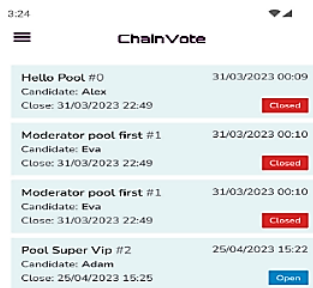
Dưới đây là một vài kết quả thực nghiệm của ứng dụng bỏ phiếu điện tử sử dụng Blockchain. Người dùng có thể dễ dàng sử dụng các chức năng của ứng dụng.



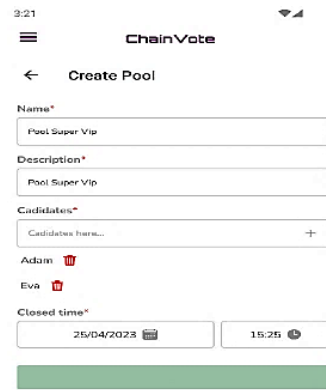
Hình 6. Giao diện đăng nhập



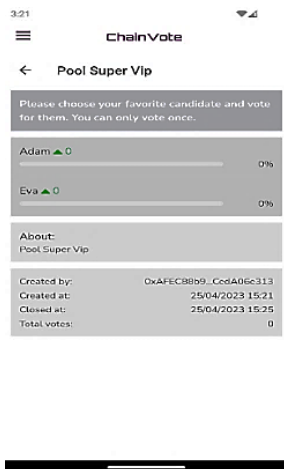
Hình 7. Sử dụng xác thực vân tay để tăng tính bảo mật



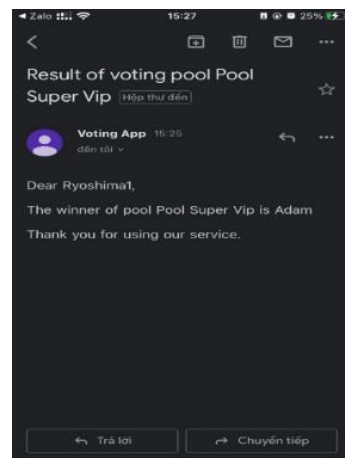
Hình 8. Danh sách các cuộc bỏ phiếu



Hình 9. Tạo cuộc bỏ phiếu



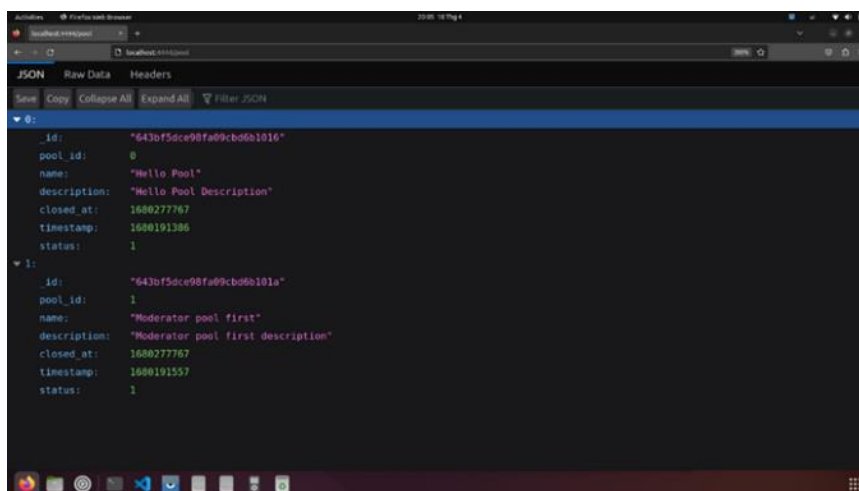
Hình 10. Giai đoạn bỏ phiếu



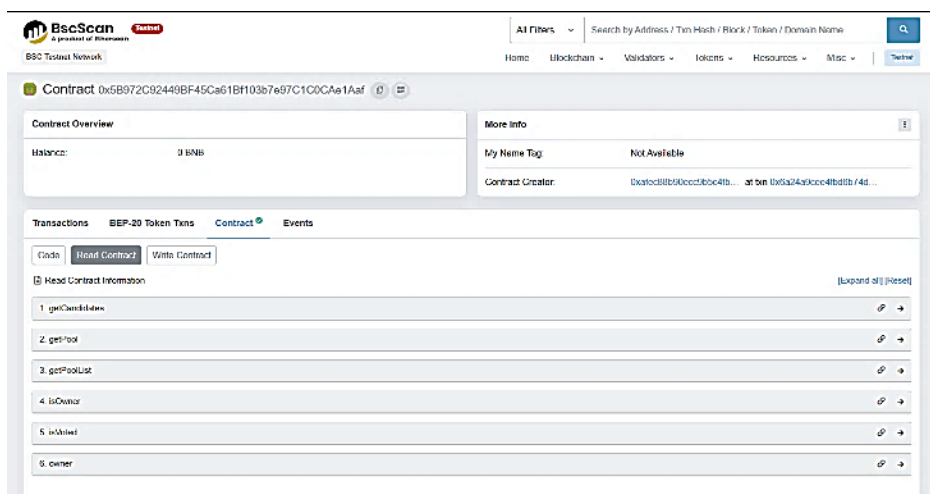
Hình 11. Hệ thống thông báo kết quả cuộc bỏ phiếu cho người dùng bằng Email

## 4.2 Giao diện thực nghiệm server giành cho Admin

Hệ thống có riêng phần server giành cho Admin, để hiển thị các cuộc bỏ phiếu trong hệ thống.



Hình 12. Hệ thống server hiển thị chi tiết các cuộc bỏ phiếu



Hình 13. Các chức năng của hệ thống được xây dựng bằng ngôn ngữ Solidity và triển khai thành công lên mạng BSC Testnet Network

Tại trang BSC Test Network, Admin có thể cấp quyền, cho Mod mới để tạo cuộc bỏ phiếu, cũng như kiểm tra được toàn bộ các khối mà người dùng đã tạo ra





The screenshot displays a web interface for interacting with a smart contract. At the top, there are tabs for 'Transactions', 'BEP-20 Token Txns', 'Contract', and 'Events'. Below the tabs, there are buttons for 'Code', 'Read Contract', and 'Write Contract'. A red dot indicates a connection to Web3, with '[Expand all]' and '[Reset]' links. The interface shows three transaction forms:

- 1. changeOwner (0xa6f9dae1)**: A simple form with a 'Write' button.
- 2. createPool (0xd802310e)**: A form with input fields for 'name (string)', 'description (string)', '\_candidates (string[])', and 'closedAt (uint256)', each with a 'Write' button.
- 3. vote (0xb384abef)**: A form with input fields for 'poolid (uint256)' and 'candidateId (uint256)', each with a 'Write' button.

Hình 17. Chức năng tạo cuộc bỏ phiếu và bỏ phiếu

## 5 KẾT LUẬN

Trong bài báo này, nhóm phát triển đã trình bày một hệ thống bỏ phiếu điện tử kiểu mới, tích hợp các công nghệ bảo mật của nền tảng Blockchain. Hệ thống vận hành hoàn toàn tự động từ khâu bỏ phiếu đến việc công bố kết quả. Giúp các đơn vị sử dụng tiết kiệm về chi phí, thời gian cũng như nguồn nhân lực khi triển khai một cuộc bầu cử.

Hệ thống được phát triển dựa trên một số công nghệ: Server vận hành ứng dụng được xây dựng bằng ngôn ngữ Golang. Và Phần mềm Docker là công cụ xây dựng, kiểm nghiệm và triển khai server một cách nhanh chóng. Ngoài ra, để hoàn thiện dự án này chúng tôi sử dụng AWS Lightsail của Amazon. Nên hệ thống vẫn còn thiếu một vài tính năng nâng cao bảo mật, đảm bảo tính toàn vẹn cho thông tin của người dùng và hệ thống. Trên đây là những hạn chế của phần mềm Chainvote.

Trong tương lai, chúng tôi đang hướng đến việc nghiên cứu, phát triển dự án trên các nền tảng Private Blockchain. Giúp các cá nhân tổ chức sử dụng hệ thống này một cách linh hoạt hơn, chủ động hơn. Đồng thời, chúng tôi cũng sẽ phát triển hoàn thiện giao diện phần thống kê, báo cáo kết quả trực quan trên nền tảng web. Từng bước đưa vào thử nghiệm trong các cuộc bỏ phiếu, bình bầu ở cấp độ nhỏ và nâng cấp dần lên các cấp độ lớn hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ConsenSys, "MetaMask: The crypto wallet for Defi, Web3 Dapps and NFTs," ConsenSys, 2016. [Online]. Available: <https://metamask.io/>. [Accessed 28 12 2022].
- [2] Facebook, "React Native · Learn once, write anywhere," Meta-Facebook, 26 3 2015. [Online]. Available: <https://reactnative.dev/>. [Accessed 1 10 2022].
- [3] C. R. A. B. Gavin Wood, "Solidity — Solidity 0.8.19 documentation," Ethereum project's Solidity team, 8 2014. [Online]. Available: <https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.19/>. [Accessed 11 2022].
- [4] M. Swan, "Token Economy: How Blockchains and Smart Contracts Revolutionize the Economy," O'Reilly Media, 2018.

- [5] P. & W. A. De Filippi, "Blockchain and the Law: The Rule of Code," Harvard University Press, 2018.
- [6] D. & T. A. Tapscott, "Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world," Penguin, 2016.
- [7] R. Dahl, "NodeJs," Node.js Developers, 27 5 2009. [Online]. Available: <https://nodejs.org/en/docs>. [Accessed 1 10 2022].
- [8] Microsoft, "TypeScript: JavaScript With Syntax For Types.," Microsoft, 18 9 2020. [Online]. Available: <https://www.typescriptlang.org/docs/>. [Accessed 11 2022].
- [9] S. Hykes, "Docker: Accelerated, Containerized Application Development," <https://www.docker.com/>, 11 10 2016. [Online]. Available: <https://www.docker.com/>. [Accessed 20 1 2023].
- [10] G. LLC, "The Go Programming Language," Google LLC., 10 11 2009. [Online]. Available: <https://go.dev/>. [Accessed 7 12 2022].

YSC5.F121

## XÂY DỰNG HỆ THỐNG NUÔI VÀ GIÁM SÁT CÁ CẢNH THÔNG MINH

NGÔ THÀNH ĐẠI<sup>1</sup>, ĐẶNG VĂN CHƯƠNG<sup>1</sup>, CAO VĂN KIÊN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\*caovankien@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Hồ cá cảnh giúp cho không gian nhà và nơi làm việc đẹp hơn, nâng cao trải nghiệm cuộc sống. Nhưng việc nuôi cá không phải là điều dễ dàng, đòi hỏi người chăm sóc phải có kiến thức và kinh nghiệm. Bài này đề xuất hệ thống nuôi và giám sát cá cảnh thông minh sử dụng máy tính nhúng Jetson Nano là bộ xử lý trung tâm và một board mạch được thiết kế để điều khiển đèn RGB, điều khiển hệ thống cho ăn tự động và lọc nước. Một camera thu hình ảnh để xử lý và giám sát hồ cá từ xa với hai chế độ hoạt động là tự động và bình thường, sử dụng chính board Jetson làm server cho giao diện người dùng. Ý tưởng chính của hệ thống là sử dụng mô hình trí tuệ nhân tạo (AI) kết hợp Thị giác máy tính để đếm số lượng cá tới vùng cho ăn theo thời gian thực và dữ liệu này sẽ được lưu trữ trên Cloud. Sau đó AI sẽ phân tích dữ liệu và hiển thị lên giao diện người dùng dưới dạng biểu đồ để người dùng quan sát xem cá có tới ăn hay không từ đó đưa ra sức khỏe của cá, ngoài ra dữ liệu này sẽ được sử dụng để xây dựng AI cho cá ăn tự động.

**Từ khóa.** Thị giác máy tính, Nhận diện, AI, Cloud, Jetson Nano.

### SMART NOURISHMENT AND TRACKING FISH SYSTEM

**Abstract.** Having an aquarium can make your home or workplace more beautiful and enhance your overall living experience. However, raising fish is not an easy task and requires knowledge and experience. This article proposes an intelligent fish-raising and monitoring system that utilizes a Jetson Nano embedded computer as the central processing unit and a circuit board designed to control RGB lights, automatic feeding, and water filtration systems. A camera is used to capture and monitor the aquarium remotely with two operating modes: automatic and normal, using the Jetson Nano as a server for the user interface. The main idea of the system is to use an AI model combined with computer vision to count the number of fish coming to the feeding area in real-time, and this data will be stored in the cloud. The AI model analyze the data and display it on the user interface as a chart for the user to observe whether the fish have come to eat or not, and from there, the health of the fish can be determined. Furthermore, this data will be used to develop AI for automatic fish feeding.

**Keywords.** Computer vision, Recognition, AI, Cloud, Jetson Nano.

### 1 GIỚI THIỆU

Nuôi cá cảnh là một trào lưu lâu đời và xuất hiện ở nhiều nơi. Ở Việt Nam, nuôi cá cảnh được coi là một phần không thể thiếu trong văn hóa. Lịch sử thuần hóa và nuôi cá như một sở thích đã có từ hơn 2.000 năm trước [1]. Tại Thành phố Hồ Chí Minh, theo Võ Văn Sanh [2], nghề nuôi và sản xuất cá cảnh đã có từ những năm 1930, trước năm 1975, Thành phố Hồ Chí Minh đứng đầu Đông Nam Á về sản lượng cá cảnh. Nuôi cá giúp giảm stress, làm đẹp hơn nhà cửa và nơi làm việc, giúp cuộc sống hạnh phúc hơn, mang lại may mắn và thịnh vượng cho gia đình.

Nhưng việc nuôi cá cảnh gặp những khó khăn nhất định vì cần phải có nhiều kinh nghiệm và thời gian chăm sóc. Chính vì những lý do đó chúng tôi đã quyết định xây dựng Hệ thống nuôi và giám sát cá cảnh thông minh ứng dụng AI, Xử lý ảnh vào hệ thống để xây dựng một hệ thống thông minh, tiện lợi giảm thiểu phần nào thời gian của người dùng và giúp những người chưa biết gì, chưa có kinh nghiệm cũng có thể xây dựng được một bể cá đẹp.

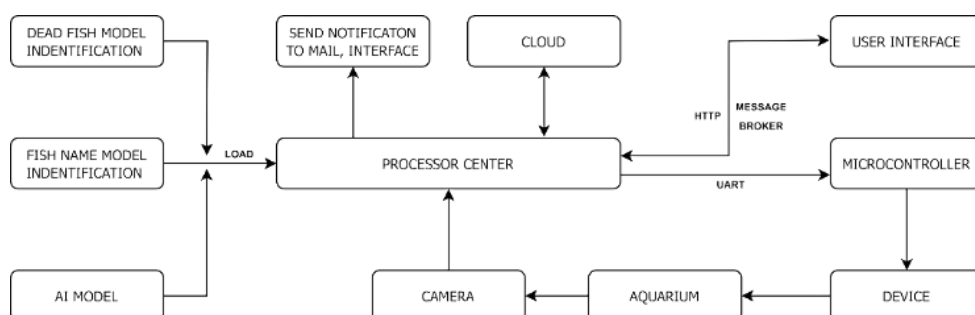
Một số các nghiên cứu liên quan đến hồ cá thông minh như các nhà nghiên cứu Budi Prijo Sembodo và cộng sự [3] đã tạo ra một hệ thống bể cá thông minh sử dụng Arduino điều khiển động cơ servo để đóng mở máy cho ăn. Động cơ servo có thể tự động cung cấp thức ăn cho cá, với lượng thức ăn 12,5 gam được điều chỉnh theo trạng thái của 7 loài cá cảnh và nhu cầu thức ăn hàng ngày của cá trong hồ. Với độ trễ là 3 giây, động cơ servo có thể tự động cho cá ăn theo theo thời gian cài đặt. Từ dữ liệu cảm biến ánh sáng để điều khiển relay để bật tắt đèn cho hồ cá. Arduino điều khiển máy bơm nước tự động thay nước và cấp nước dựa trên độ đục của nước. Tiếp theo nhà nghiên cứu Daniel Patricko Hutabarat và cộng sự [4] tạo ra một hệ thống thông minh ứng dụng Internet vạn vật cho hồ cá, các thông số được kiểm soát bởi hệ thống là cường độ ánh sáng và nhiệt độ. Sử dụng ESP32 làm vi điều khiển để phát triển hệ thống, cảm biến ánh sáng, đèn điốt phát quang công suất cao làm nguồn sáng, cảm biến nhiệt độ DS18B20, lò sưởi, và một quạt 220V AC được sử dụng để tăng và giảm nhiệt độ. Nghiên cứu này cũng phát triển một ứng dụng được người dùng sử dụng để cung cấp đầu vào cho hệ thống. Ứng dụng được phát triển sau đó được cài đặt trên điện thoại thông minh của người dùng và được sử dụng để kết nối người dùng với hệ thống thông qua internet. Việc dễ dàng thêm và bớt các thiết bị được sử dụng trên hệ thống là một tính năng cũng đang được phát triển trong hệ thống thông minh này. Tiếp theo các nhà nghiên cứu Khairunisa và cộng sự [5] đã thiết kế một thiết bị hồ cá thông minh tự động cho cá ăn, cụ thể là sử dụng Raspberry Pi dựa trên ứng dụng Android. Bể cá thực hiện nhiều nhiệm vụ khác nhau, bao gồm cho cá ăn tự động và quản lý đèn trang trí của bể cá. Sử dụng một động cơ servo để vận hành van cho cá và một relay làm đèn trang trí hồ cá bật / tắt và di chuyển van cho cá ăn. Nếu người dùng quên cho cá ăn, các thiết bị cung cấp thức ăn cho cá ăn tự động. Van cho cá được quay bởi động cơ servo và hoạt động cho ăn tự động. Dữ liệu được ứng dụng Android gửi đến cơ sở dữ liệu sau đó và dữ liệu được đọc bởi Raspberry Pi. Tiếp theo các tác giả Mohammad Fahmi Suhaimi và cộng sự [6] đã tạo ra một dự án dựa trên một hệ thống điều khiển bằng máy tính để phát hiện những thay đổi vật lý trong nước và giữ cho ở điều kiện tối ưu. Bể cá sẽ tự động thực hiện tất cả các hoạt động bao gồm kiểm soát nhiệt độ, kiểm soát độ pH, kiểm soát độ đục, cho ăn và kiểm soát mực nước. Trạng thái của bể cá liên tục được lưu vào cơ sở dữ liệu thông qua hệ thống giám sát IoT, người dùng có thể kiểm tra qua mạng. Cảm biến pH và nhiệt độ được sử dụng để thu thập dữ liệu cho hệ thống giám sát cá nước ngọt. Để xử lý dữ liệu thu thập được từ cảm biến, Arduino ESP8266 được sử dụng như một bộ điều khiển. Tiếp theo R. Hafid Hardyanto và các cộng sự [7] đã nhận thấy các hồ cá trên thị trường hiện nay là các hồ cá bình thường, vì vậy họ quyết định nâng cấp một hệ thống nuôi cá cảnh thông minh hơn bằng công nghệ IOT. Họ nhận thấy rằng đa số hồ cá được đặt trong nhà mà cá cũng rất cần ánh sáng mặt trời vì vậy họ quyết định xây dựng một hệ thống có đèn để khắc phục về vấn đề ánh sáng. Một vấn đề khác là việc cung cấp thức ăn cho cá vẫn còn thủ công. Đôi khi chủ sở hữu hồ cá phải cung cấp thức ăn cá bằng tay ít nhất một lần một ngày. Đối với một người bận rộn thì nguy cơ quên cho cá ăn là rất cao. Để khắc phục các vấn đề được đề cập ở trên, họ đã xây dựng một hệ thống hồ cá hoàn toàn tự động, cả về ánh sáng và việc cho cá cho ăn. Tiếp theo Hanis Syamimi Binti Harun và cộng sự [8] đã xây dựng hệ thống chăm sóc cá gồm máy cho cá ăn, quạt, bóng đèn cảm biến ánh sáng và cảm biến pH. Hệ thống làm sạch bao gồm cảm biến mực nước, bộ trao đổi nước và cảm biến độ đục. Dự án này được phát triển trên cơ sở thuận tiện cho người sử dụng bể cá và người nuôi cá quy mô nhỏ. Nó còn giúp ổn định chất lượng nước trong bể nuôi bên cạnh việc tiết kiệm chi phí, thời gian và nhân lực. Hệ thống sử dụng vi điều khiển PIC 16F877A để điều khiển các cảm biến và mô phỏng bằng phần mềm Proteus. Nút và LCD được sử dụng làm đầu vào và hiển thị tất cả các thông tin liên quan đến hệ thống. Với ưu điểm giá thành rẻ và cơ động, hệ thống này phù hợp với các hồ nuôi cá vừa và nhỏ. Tiếp theo Muhammad Nur Ikhsyan và cộng sự [9] đã nghiên cứu xây dựng một bể cá thông minh IOT có thể theo dõi độ pH, nhiệt độ và độ đục của nước hồ cá và hệ thống cho ăn tự động. Thiết kế sử dụng ESP8266, cảm biến pH SEN0161, cảm biến nhiệt độ DSB18B20, cảm biến độ đục SEN0189. Việc giám sát và điều khiển hệ thống được thực hiện bằng điện thoại thông minh, có kết nối với bộ điều khiển thông qua ứng dụng Blynk. Muhammad Fikry Danial Bin Mohamad Fadzwi và cộng sự [10] đã tạo ra một dự án dựa trên một hệ thống điều khiển giám sát theo dõi tình trạng của bể cá đối với cá Arowana. Có một vài yếu tố cần được thực hiện trong việc giữ cá Arowana như mức pH và nhiệt độ nước. Trong dự án, cảm biến pH và cảm biến nhiệt độ đã được sử dụng để phát hiện tình trạng hiện tại. Ở điều kiện bất thường có liên quan đến mức độ pH và nhiệt độ nước, bơm sẽ bật trong khi LED sẽ sáng lên. Người dùng sẽ nhận được thông báo thông qua điện thoại thông minh của họ (SMS và Email) khi các điều kiện này xảy ra điều bất thường về nhiệt độ nước, mức độ pH và máy bơm bật tại một số thời điểm nhất định. TinkerCad đã được sử dụng để xây dựng mạch

trong khi Thingspeak được sử dụng để lưu trữ dữ liệu. IFTT được sử dụng để kết nối thiết bị với điện thoại thông minh để nhận thông báo.

Ở trên là một số đề tài đã làm liên quan đến hệ thống hồ cá thông minh, các nghiên cứu trên chủ yếu tập trung vào giám sát được các chỉ số, những thay đổi về vật lý của môi trường nuôi, tự động cho cá ăn, điều khiển các thiết bị từ xa qua giao diện người dùng. Chỉ mới dừng lại ở mức tự động, chưa thực sự thông minh, chưa có camera để giám sát từ xa, chưa thông báo các vấn đề bất thường của cá, chỉ mới dừng lại ở việc quan tâm đến môi trường nuôi và thức ăn cho cá

Từ những điểm mạnh và điểm yếu của các hồ cá thông minh hiện có, chúng tôi sẽ xây dựng một hệ thống nuôi và giám sát cá cảnh thông minh thừa hưởng được những điểm mạnh đã có, phát triển thêm, khắc phục những điểm yếu. Ngoài ứng dụng IOT vào giám sát, tương tác, điều khiển như các hệ thống hiện có, chúng tôi sẽ ứng dụng AI tự học và cho lượng thức ăn vừa đủ cho cá, sử dụng thị giác máy tính vào nhận dạng cá cảnh, cảnh báo cá chết, giúp người dùng nhận biết trường hợp bất thường của cá từ hoạt động cho ăn. Giao diện Webservice để người dùng tương tác, giám sát.

## 2 SƠ ĐỒ TỔNG QUAN HỆ THỐNG



Hình 1. Sơ đồ tổng quan hệ thống

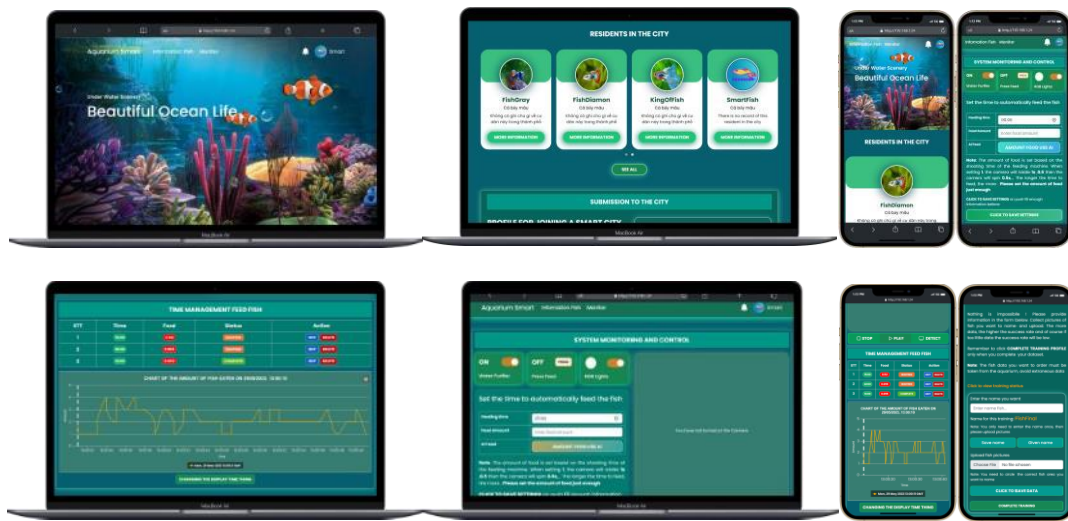
Bộ xử lý trung tâm (PROCESSOR CENTER) được sử dụng là máy tính nhúng Jetson Nano là server và là bộ xử lý chính của toàn bộ hệ thống Thông báo về cá chết, hoàn thành huấn luyện mô hình sẽ được gửi tới gmail người dùng đăng ký và lưu trữ lại, hiện thị lên giao diện người dùng. Hệ thống sẽ có Camera để giám sát từ xa và cho các tác vụ cần Camera như nhận dạng cá, đếm cá. Camera là một phần không thể thiếu trong hệ thống. Ngoài ra để người dùng có thể tương tác sẽ có giao diện người dùng trên nền tảng web và có thể thích ứng trên nhiều thiết bị. Từ giao diện thì người dùng có thể điều khiển và trải nghiệm toàn bộ chức năng của hệ thống. Giữa bộ xử lý trung tâm và giao diện người dùng sẽ tương tác với nhau bằng HTTP và Message Broker là MQTT.

Để không ảnh hưởng tới trải nghiệm người dùng tập trung cho bộ xử lý để xử lý các tác vụ quan trọng. Vì thế sử dụng một vi điều khiển để điều khiển riêng biệt thiết bị đèn, máy lọc và động cơ DC cho cá ăn. Vi điều khiển sử dụng chính là ESP12E, khi sử dụng vi điều khiển này ta có thể truyền không dây hoặc có dây để điều khiển thiết bị. Ở đây hệ thống sẽ truyền có dây sử dụng UART

Cloud sẽ sử dụng MongoDB để lưu trữ các thông tin trong hệ thống. MongoDB là NoSQL nên truy vấn rất nhanh.

## 3 PHÂN TÍCH THIẾT KẾT PHẦN MỀM

### 3.1 Xây dựng giao diện người dùng



Hình 2. Giao diện người dùng

Với một hệ thống để người dùng có thể dùng được, cần phải có giao diện người dùng thân thiện, bắt mắt để họ tương tác. Sẽ sử dụng Flask là một framework của Python, kết hợp với Javascript, HTML, CSS, Bootstrap để xây dựng giao diện người dùng tương thích cho nhiều thiết bị. Hình 2 là một số hình giao diện người dùng đã được xây dựng cho hệ thống.

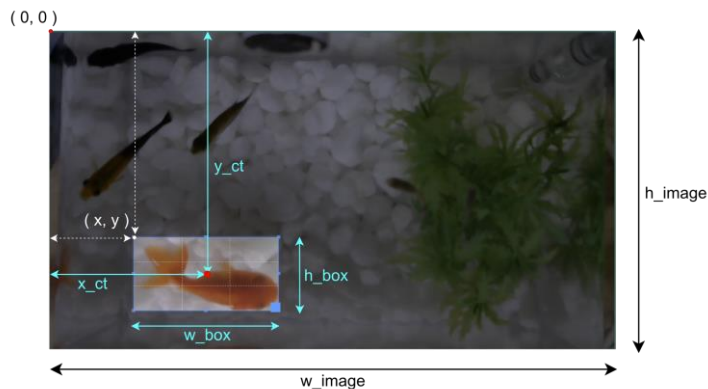
**Đặt tên cho cá từ giao diện người dùng:**

Sau khi đã tìm hiểu từ tài liệu chính thức của YOLOv5 [11] về cách để có thể tạo ra một mô hình nhận dạng đối tượng, tiếp theo tiến hành thực hiện.

**Bước 1:** Tạo ra một giao diện để người dùng có thể upload hình ảnh và đánh nhãn và cài đặt YOLOv5 trên server.

**Bước 2:** Khi người dùng upload hình, hệ thống sẽ tự động tính toán tọa độ với mỗi hình mà người dùng upload. Phương pháp thực hiện được trình bày dưới đây:

Phân tích hình ảnh với cá màu cam là đối tượng cần nhận dạng:



Hình 3. Phân tích vùng đối tượng nhận dạng

Từ hình đưa ra công thức tính toán tọa độ:

$$x_{ct} = \left\lfloor x + \left( \frac{w_{box}}{2} \right) \right\rfloor, y_{ct} = \left\lfloor y + \left( \frac{h_{box}}{2} \right) \right\rfloor, w_{box} = \frac{w_{box}}{w_{image}}, h_{box} = \frac{h_{box}}{h_{image}}$$

Các thông số trên có được khi sử dụng ngôn ngữ lập trình Javascript để lấy ra trong đó :

- w\_image: là kích thước chiều rộng của hình
- h\_image: là kích thước chiều cao của hình

- $(x, y)$ : là tọa độ  $x, y$  góc trên bên trái của khung khoanh vùng cá
- $w\_box$ : là kích thước chiều rộng của khung khoanh vùng cá
- $h\_box$ : là kích thước chiều cao của khung khoanh vùng cá

**Bước 3:** Tiếp theo hình và tọa độ sẽ được đưa tới server và tự động vào đúng thư mục dữ liệu đã tạo sẵn

**Bước 4:** Tự động thêm tên đối tượng nhân dạng và đường dẫn tới tập dữ liệu gồm hình và nhãn vào file coco128.yaml của YOLOv5

**Bước 5:** Chọn mô hình là YOLOv5s

**Bước 6:** Sau khi người dùng đã đủ dữ liệu yêu cầu, sẽ có nút trên giao diện để người dùng bấm đào tạo và trong thời gian đào tạo người dùng sẽ được khuyên là tạm thời rời khỏi hệ thống

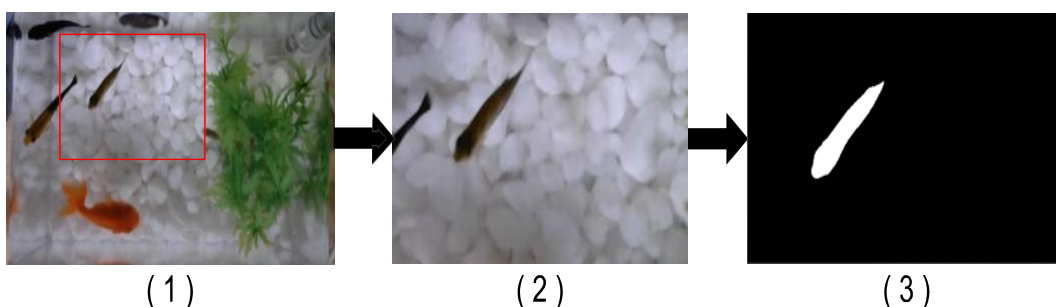
**Bước 7:** Sau khi huấn luyện thành công sẽ có gửi mail thông báo đến cho người dùng

#### **Cảnh báo tình trạng sức khỏe của cá từ hoạt động cho ăn:**

Một trong những dấu hiệu để biết tình trạng sức khỏe của cá là cá có ăn tốt hay không, một con cá khỏe mạnh sẽ tới ăn ngay khi thả thức ăn xuống, nếu cá bị căng thẳng hoặc sức khỏe không tốt sẽ không tới ăn, mãi sau khi thả mồi, mới tới ăn đó là dấu hiệu của cá có vấn đề về sức khỏe. Chính vì thế chúng tôi nảy sinh ra ý tưởng sẽ đếm số lượng cá tới vùng cho ăn và hiện thị lên cho người dùng dưới dạng biểu đồ để quan sát, tất cả dữ liệu sẽ được lưu lại và người dùng có thể truy cứu để xem bất cứ lúc nào.

Khi tới thời gian cho ăn, sẽ thả mồi xuống hồ và tiến hành mở camera, sau đó sẽ sử dụng OpenCV xử lý từng frame ảnh và đếm số lượng cá xuất hiện trong vùng cho ăn, sau đó các dữ liệu đếm được sẽ lưu lên Cloud. Khi người dùng truy vấn, hệ thống sẽ tiến hành phân tích và hiện thị các dữ liệu cá đếm được dưới dạng biểu đồ để người dùng quan sát

Khi đếm cá sẽ không đếm toàn bộ hồ cá, mà chỉ đếm cá vào vùng cho ăn, chi tiết cách thực hiện khi mở camera như hình dưới đây:



Hình 4. Quy trình mở camera đếm cá

Khi camera mở sẽ bắt đầu đếm cá, sẽ có một khung hình chữ nhật được vẽ lên camera để khoanh vùng mồi thả xuống như hình (1) trong Hình 4. Sau đó sẽ cắt frame hình và chỉ lấy phần ô hình chữ nhật đó như hình (2), sau đó sẽ dùng các kỹ thuật xử lý ảnh để tách ra cá và đếm cá trong vùng cho ăn.

Chỉ đếm cá trong khung, không đếm cá đang ở trên viền khung và ngoài khung, sau các bước xử lý sẽ được như hình (3) và hệ thống sẽ đếm được là 1 con và lưu vào Cloud.

#### **Xây dựng AI tự học và cho lượng thức ăn vừa đủ cho cá:**

Ở mục trên Cảnh báo tình trạng sức khỏe của cá từ hoạt động cho ăn ta đã thu được dữ liệu số lượng cá tới vùng cho ăn khi thả mồi xuống và lượng thức ăn cài đặt tương ứng và dữ liệu này đã được lưu trên Cloud. Chính vì thế ta sẽ truy vấn dữ liệu từ Cloud xuống và sử dụng dữ liệu này để huấn luyện là AI cho lượng thức ăn vừa đủ cho cá, với các thời gian đã cài đặt trước đó.

Sẽ sử dụng Tensorflow Keras để tạo mô hình huấn luyện AI, để có thể huấn luyện phải cần dữ liệu huấn luyện đầu vào (X) và đầu ra (Y). Với nhu cầu, ta sẽ cho dữ liệu số lượng cá tới ăn sẽ là dữ liệu đầu vào và thời gian cài đặt sẽ là dữ liệu đầu ra. Tiến hành xử lý phân chia dữ liệu, chọn mô hình và tiến hành huấn luyện

Về lựa chọn mô hình cho AI, do dữ liệu là một chuỗi dữ liệu số lượng cá chính vì thế sẽ chọn mô hình LSTM.

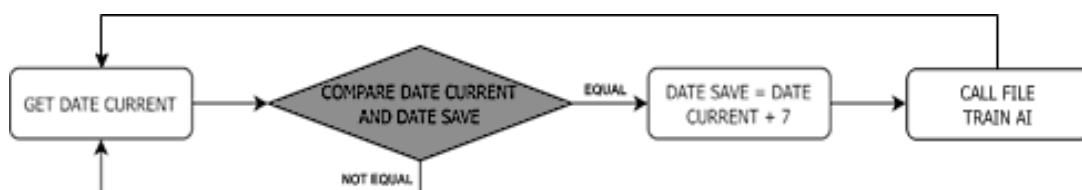
LSTM có thể hiểu và mô hình hóa các mối quan hệ phức tạp giữa các phần tử trong chuỗi. LSTM thường được sử dụng để dự đoán và dự báo nhờ khả năng xử lý chuỗi thông tin và bộ nhớ dài hạn, LSTM có thể học và nhận biết các mô hình, xu hướng, và sự biến đổi trong dữ liệu thời gian.



Để tự tay xây dựng ra một mô hình LSTM rất phức tạp đối với người phát triển mới tiếp xúc với Deep Learning, AI nhưng nhờ có Tensorflow thì sẽ giúp cho người mới có thể dễ dàng xây dựng ra mô hình LSTM. Nhiệm vụ chính của người phát triển là cần xử lý dữ liệu đầu vào để mô hình có thể biên dịch và huấn luyện mô hình.

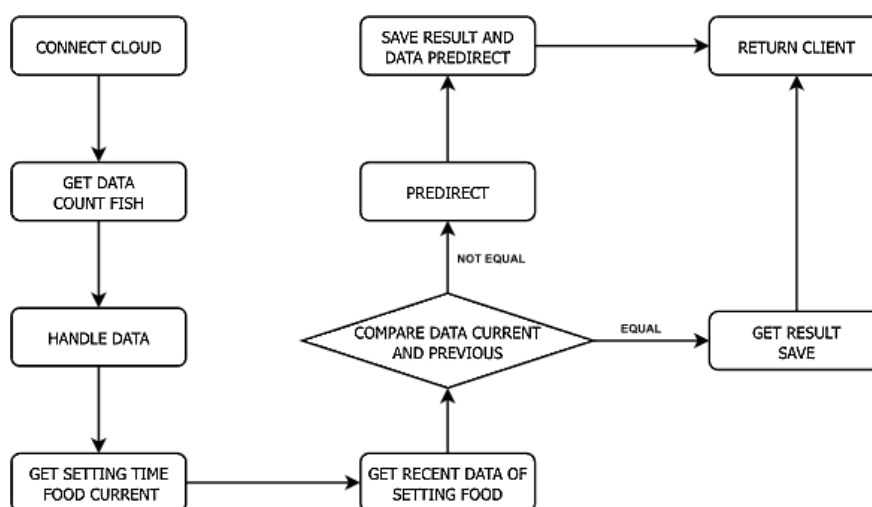
AI khi huấn luyện thành công sẽ dự đoán cho người dùng cài đặt lượng thức ăn vừa đủ cho cá, gợi ý thay đổi thông số đang cài đặt. Đương nhiên với thời gian mới chưa từng cài đặt lần nào sẽ không có dữ liệu cho AI vì thế AI sẽ tự động bỏ qua và không dự đoán, chỉ dự đoán thời gian có dữ liệu.

AI sẽ tự động truy vấn dữ liệu để tự động học lại sau mỗi 7 ngày, để đảm bảo AI sẽ luôn được cập nhật để thông minh hơn. Chi tiết thể hiện sơ đồ Hình 5 dưới đây:



Hình 5. Sơ đồ quy trình tự động cho AI học lại

Sẽ lấy thời gian hiện tại và so sánh với thời gian đã được lưu lại nếu bằng nhau sẽ tiến hành đào tạo lại AI và lấy thời gian hiện tại cộng thêm 7 và lưu lại sẽ ra ngày tiếp theo cần đào tạo lại AI. Nếu không bằng sẽ không học. Vì thế sẽ cứ cách 7 ngày AI sẽ truy vấn dữ liệu mới nhất để học lại mô hình. Khi đã có mô hình AI tốt sẽ tiến hành load mô hình và sử dụng. Quá trình load mô hình và dự đoán lượng thức ăn vừa đủ cho cá sau đó trả về cho người dùng trên giao diện chi tiết thể hiện sơ đồ dưới đây:

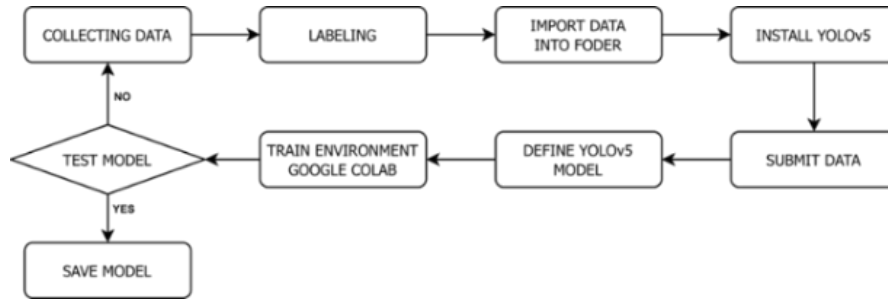


Hình 6. Sơ đồ quy trình load mô hình AI dự đoán lượng thức ăn

Với mỗi lần dự đoán đều cần phải có dữ liệu gần nhất của khung giờ cài đặt, vì thế cần kết nối tới Cloud lấy ra dữ liệu gần nhất của khung giờ đó sau đó xử lý và dự đoán. Vì dữ liệu dự đoán không thay đổi liên tục nên mỗi lần dự đoán sẽ lưu lại kết quả và dữ liệu dự đoán. Cho nên tới lần dự đoán tiếp theo ta sẽ so sánh dữ liệu dự đoán hiện tại và dữ liệu đã lưu ở lần trước đó xem có khác nhau hay không nếu khác sẽ tiến hành load mô hình và dự đoán lại, còn nếu vẫn là dữ liệu cũ sẽ tiến hành lấy ra kết quả đã lưu và trả về cho người dùng không cần dự đoán lại. Cách này sẽ tăng trải nghiệm cho người dùng.

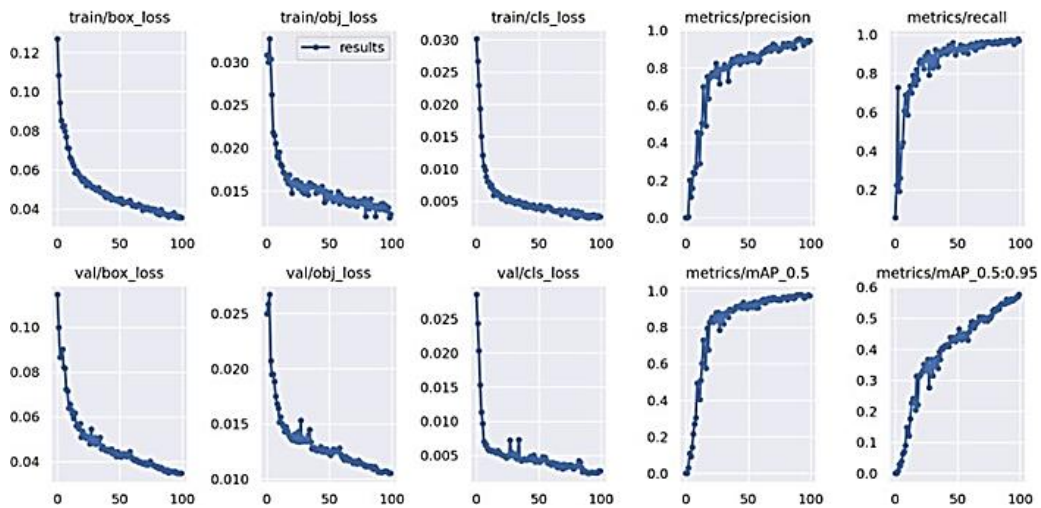
#### Phát hiện cá chết:

Để phát hiện cá chết sẽ sử dụng YOLOv5 để nhận dạng cá chết. Quy trình thực hiện như sơ đồ Hình 7 dưới đây:



Hình 7. Sơ đồ quy trình huấn luyện mô hình phát hiện cá chết

Do sử dụng YOLOv5 để phát hiện cá chết nên nhiệm vụ chính là cần thu thập dữ liệu tốt và đủ. Để có thể dùng mô hình cho các loại cá khác nhau, sẽ tiến hành đánh nhãn vào phần mắt của cá, do khi cá chết sẽ nổi lên và mắt sẽ hướng lên phía camera vì thế camera sẽ phát hiện được. Sau đó dữ liệu sẽ đưa vào một thư mục gồm hình và nhãn và gán đường dẫn vào file coco128.yaml của YOLO và tiến hành huấn luyện. Để có thể huấn luyện được nhanh ta sẽ sử dụng GPU của Google Colab để huấn luyện mô hình. Sau khi huấn luyện xong tiến hành kiểm tra mô hình và lưu lại mô hình. Đưa mô hình lên bộ xử lý để sử dụng. Kết quả sau khi huấn luyện 100 epochs:



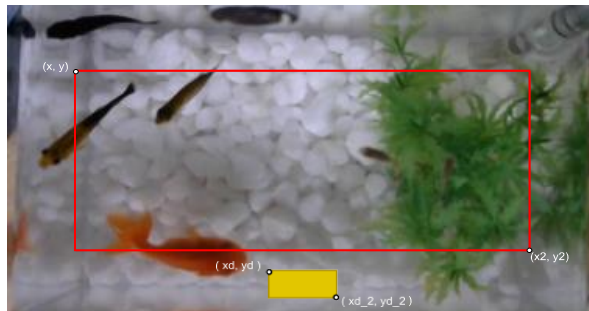
Hình 8. Sơ đồ kết quả sau khi huấn luyện xong

Từ biểu đồ trên ta thấy được các chỉ số chính để đánh giá mô hình đã huấn luyện được:

- + precision là độ chính xác, độ tin cậy của mô hình thì ta thấy ở epochs cuối cùng thì giá trị nằm trong khoảng  $> 0.8$ , giá trị này càng cao thì mô hình nhận dạng sẽ càng chuẩn.
- + recall là độ nhạy của mô hình nằm trong khoảng  $> 0.8$  cho thấy mô hình huấn luyện được có tỉ lệ bỏ sót là thấp.
- + mAP ( Mean Average Precision ) độ chính xác trung bình giá trị này mô hình thu được  $> 0.8$ , giá trị càng lớn càng chính xác.

Với các chỉ số trên ta thấy được mô hình có thể dùng được.

Sau khi một thời gian quan sát thì quan sát được là khi cá chết sẽ trôi dạt về mép hồ vì thế để tăng thêm độ chính xác hơn nhóm sẽ chỉ phát hiện ở mép hồ. Chi tiết thực hiện được trình bày dưới đây:



Hình 9. Phân tích hình ảnh chỉ lấy cá chết ngoài mép hồ

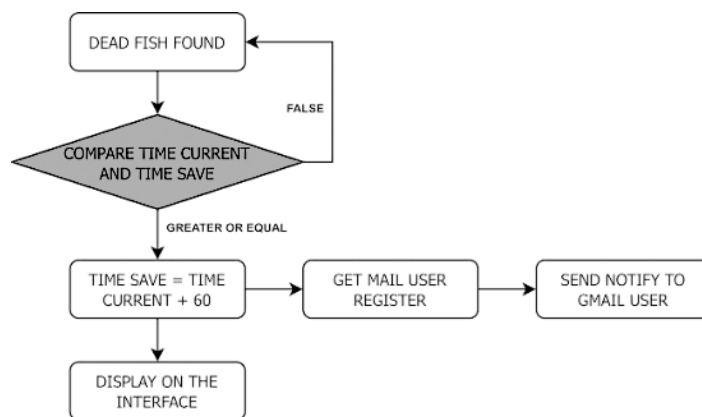
Tiến hành vẽ một hình chữ nhật lên camera sử dụng hàm rectangle của OpenCV, để vẽ được hình chữ nhật ta phải có tọa độ ở phía trên bên trái (x, y) và phía dưới bên phải (x2, y2) và sẽ chừa lại phần mép hồ cần nhận dạng cá như ví dụ hình màu đỏ Hình 9 trên.

YOLOv5 khi nhận dạng được đối tượng cũng vẽ ra một hình chữ nhật bao quanh đối tượng nhận diện. Vì thế cũng có thể lấy ra được vị trí của đối tượng nhận diện từ khung hình chữ nhật đó, ví dụ như trên Hình 9 là khung màu vàng với tọa độ hình chữ nhật sẽ là (xd, yd) và (xd\_2, yd\_2).

Từ đó chỉ để chỉ nhận dạng cá ngoài mép hồ hay nói cách khác ngoài khung màu đỏ thì ta sẽ có công thức kiểm tra như sau:

$$xd < x \text{ and } yd < y \text{ and } xd_2 > x_2 \text{ and } yd_2 > y_2 \quad (2)$$

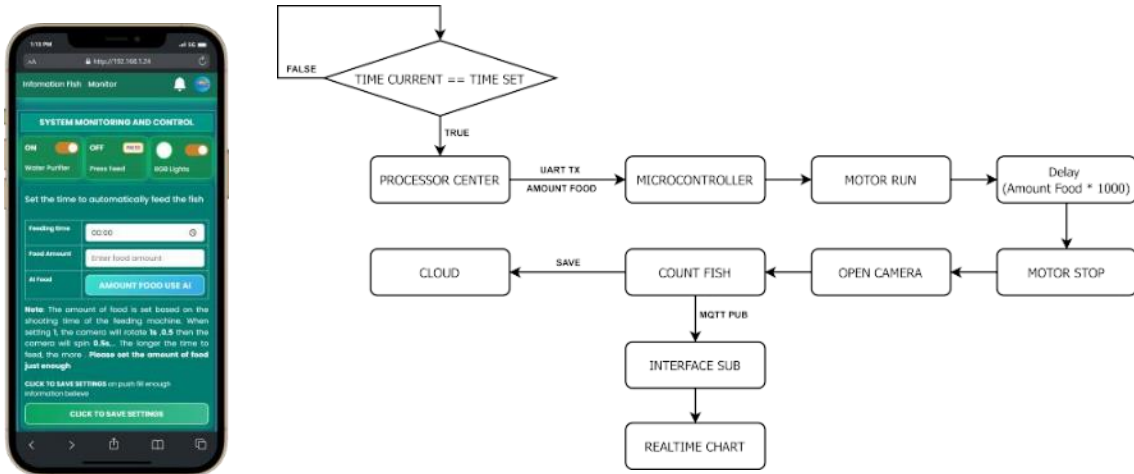
Từ đó sẽ áp dụng công thức (2) đó và chỉ nhận dạng cá ở mép hồ là cá chết.



Hình 10. Sơ đồ quy trình thông báo cách nhau 60 phút

Từ sơ đồ Hình 10 ta thấy khi phát hiện cá chết sẽ so sánh thời gian hiện tại với thời gian đã lưu lại nếu lớn hơn hoặc bằng sẽ tiến hành gửi gmail và thời gian được lưu sẽ cập nhật lại bằng thời gian hiện tại cộng cho 60 thì sẽ ra lần gửi gmail tiếp theo. Khi gửi gmail sẽ truy vấn tới Cloud lấy gmail người dùng đã đăng ký và gửi thông báo cá chết tới cho người dùng, và hiện thị thông báo lên giao diện người dùng.

**Cho cá ăn tự động và điều khiển thiết bị:**



Hình 11. Sơ đồ quy trình cho cá ăn tự động

Trên giao diện người dùng sẽ có các mục để người dùng dễ dàng cài đặt và điều khiển. Cho cá ăn tự động bằng cách cài đặt thời gian thả mồi cho cá ăn. Nhấn nút là có thể điều khiển thiết bị từ xa.

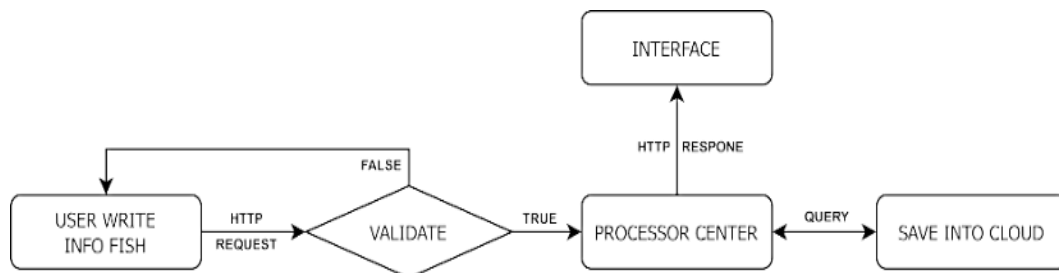
Sơ đồ Hình 11 trên là quy trình thả mồi cho cá ăn tự động. Hệ thống sẽ luôn kiểm tra và khi tới thời gian, bộ xử lý sẽ truyền tín hiệu điều khiển tới vi điều khiển bằng UART và điều khiển máy cho ăn thả thức ăn xuống. Lượng thức ăn người dùng có thể điều chỉnh, cài đặt càng lớn thì máy quay thức ăn quay càng lâu cho thức ăn càng nhiều. Sau khi thả mồi xuống, bộ xử lý sẽ mở Camera và đếm số lượng cá vào khu vực cho ăn mà không đếm hết toàn bộ hồ cá chỉ tiết thực hiện trình bày ở mục trên. Tiếp theo các dữ liệu đó được lưu lại trên Cloud và sẽ sử dụng MQTT publish dữ liệu tới giao diện người dùng, giao diện sẽ subscribe với topic bộ xử lý gửi và lấy dữ liệu hiển thị thời gian thực lên giao diện người dùng.

Với điều khiển thiết bị khi người dùng điều khiển từ giao diện người dùng sẽ sử dụng MQTT publish dữ liệu tới bộ xử lý, bộ xử lý subscribe với topic đó và sẽ lấy được dữ liệu điều khiển sẽ truyền dữ liệu điều khiển tới vi xử lý bằng UART.

### 3.2 Hệ thống lưu trữ thông tin cá và bảo mật hệ thống

Để một người lạ có thể dễ dàng biết được trong hồ là loại cá gì, ăn như thế nào, các thông tin về cá, ... . Chính vì thế cần một hệ thống lưu trữ giúp người dùng lưu lại các thông tin của cá: ngày vào hồ, ảnh của cá, loại cá gì, các ghi chú cá và các thông tin có thể chỉnh sửa bất cứ lúc nào. Để bất cứ ai có thể mở thiết bị của mình và truy vấn thông tin của loại cá đó có trong hồ.

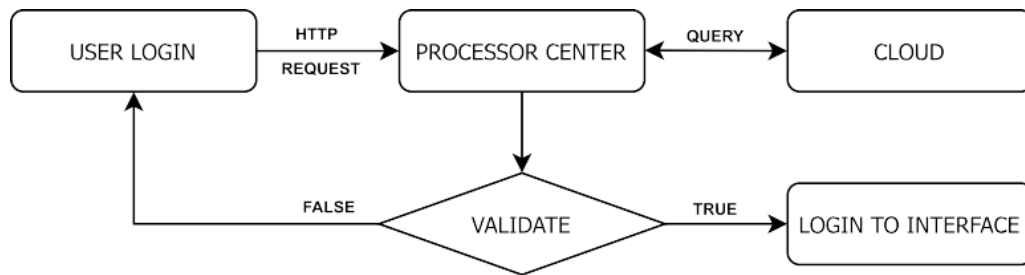
Chi tiết quy trình như sơ đồ Hình 12 dưới đây:



Hình 12. Sơ đồ quy trình lưu trữ thông tin cá

Trên giao diện người dùng sẽ có form để nhập thông tin cá của mình. Người dùng chỉ cần nhập thông tin và nhấn lưu lại, thông tin đó sẽ được gửi tới bộ xử lý và lưu lại vào Cloud, sau đó sẽ hiển thị về cho người dùng dữ liệu mà người dùng vừa nhập.

Ngoài ra hệ thống sẽ được bảo mật, không phải ai cũng có thể truy cập vào hệ thống, cần phải có mật khẩu mới có thể vào được hệ thống. Chi tiết quy trình như sơ đồ dưới đây:



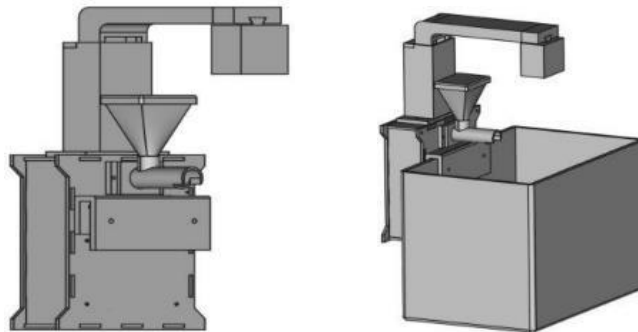
Hình 13. Sơ đồ quy trình thực hiện xác thực người dùng

Khi người dùng vào địa chỉ IP hệ thống, sẽ bắt người dùng phải đăng nhập với tên người dùng và mật khẩu. Sau đó thông tin này sẽ được đưa tới bộ xử lý, bộ xử lý sẽ truy vấn thông tin từ Cloud xuống và tiến hành xác thực thông tin người dùng nhập nếu đúng sẽ cho người dùng vào hệ thống còn sai sẽ không cho phép truy cập.

## 4 PHÂN TÍCH THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

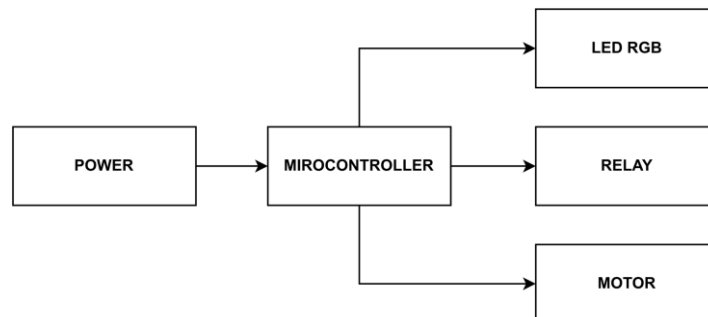
### 4.1 Thiết kế 3D khung vỏ hệ thống

Để toàn bộ thiết bị và bộ xử lý được đóng gói gọn gàng, đẹp và an toàn cho người sử dụng cần phải có vỏ hộp để đóng gói tất cả vào. Các chi tiết sẽ được thiết kế vẽ riêng biệt trên phần mềm Freecad sau đó sẽ liên kết với nhau thành một bộ hoàn chỉnh chi tiết như Hình 14 và Hình 14 là bản thiết kế hoàn chỉnh render ra mô hình 3D.



Hình 14. Thiết kế 3D vỏ hộp hệ thống

### 4.2 Thiết kế mạch điều khiển

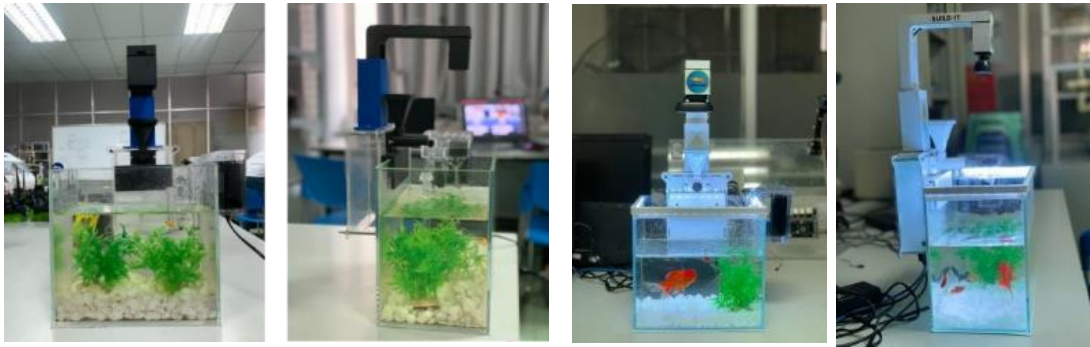


Hình 15. Sơ đồ khối mạch điều khiển

Chức năng của mạch sẽ điều khiển relay để đóng ngắt relay điều khiển máy bơm lọc, động cơ DC, led RGB, sử dụng nguồn DC 12V từ adapter.

## 5 KẾT QUẢ

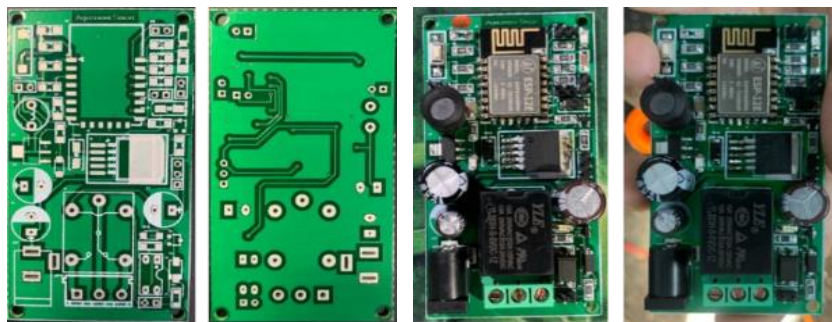
### 5.1 Khung vỏ hệ thống



Hình 16. Phần cứng khi in và ráp lên hồ

Hình 16 là phần cứng hoàn chỉnh khi đi in và ráp lên hồ. Đạt được ý đồ thiết kế. Sau đó tiến hành dán decal về một màu duy nhất để tăng tính thẩm mỹ cho hệ thống. Toàn bộ phần cứng board mạch sẽ được đóng gói nhỏ gọn như trên Hình 16 an toàn, đẹp mắt cho người sử dụng.

### 5.2 Mạch điều khiển



Hình 17. Mạch khi làm và hàn linh kiện

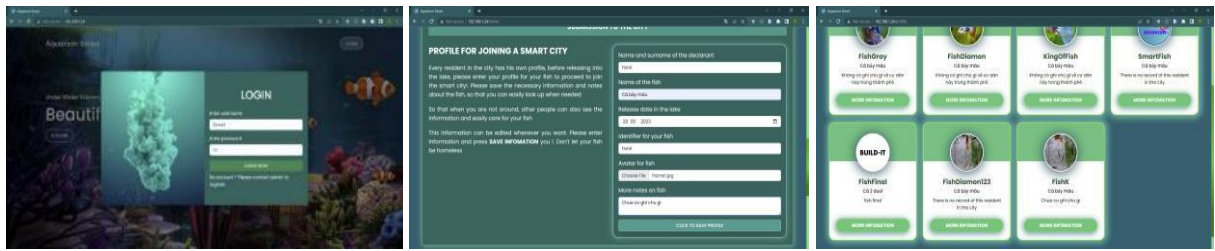
Hình 17 là mạch khi đã làm mạch và hàn linh kiện, mạch làm ra chạy ổn định. Đạt được ý đồ thiết kế đã đề ra ban đầu.

### 5.3 Phần mềm

Tiến hành thực nghiệm từng chức năng của hệ thống và đưa ra đánh giá.

#### Lưu trữ thông tin cá và bảo mật hệ thống

Để có thể vào được hệ thống để giám sát và điều khiển người dùng cần có username và password. Khi đăng nhập thành công mới có thể vào được hệ thống. Chức năng đăng nhập giúp hệ thống bảo mật. Tiếp theo là chức năng lưu trữ thông tin cá, chức năng này giúp cho người dùng có thể lưu trữ lại thông tin về cá của mình, giúp những người lạ có thể biết được trong hồ cá có các loại cá gì. Người dùng chỉ cần nhập đầy đủ thông tin như sau đó sẽ trả về cho người dùng thông tin vừa nhập. Chi tiết thể hiện Hình 18



Hình 18. Chức năng đăng nhập hệ thống và lưu trữ thông tin cá

### Đặt tên cho cá từ giao diện người dùng

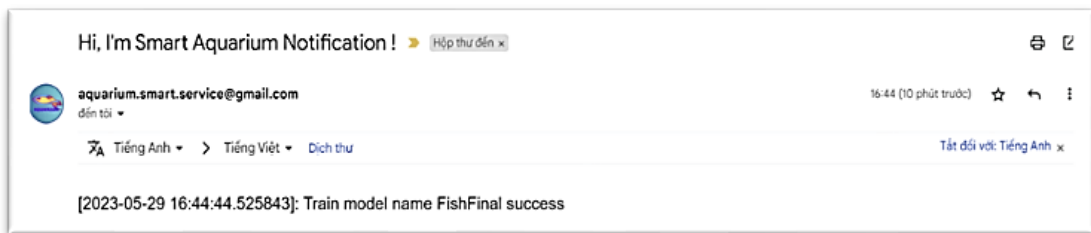


Hình 19. Khoanh vùng cá muốn đặt tên

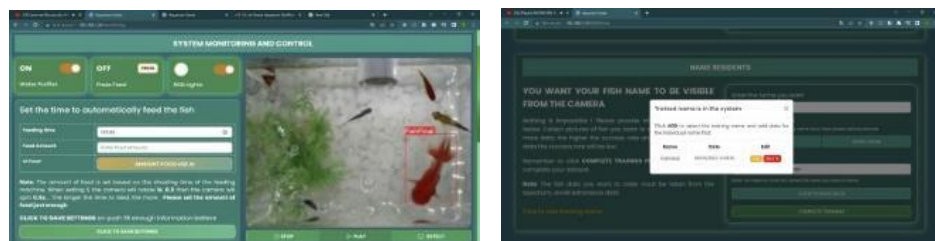
Với chức năng này người dùng trước tiên cần nhập vào một cái tên mà họ mong muốn quan sát từ giao diện người dùng. Như Hình 19 tên muốn đặt là “FishFinal” cho cá màu cam, tiếp theo là upload hình ảnh từ hồ cá, sau đó khoanh vùng cá như Hình 19 sau đó nhấn save hệ thống sẽ tự động xử lý lưu hình và tính toán tọa độ của cá vào hệ thống.

Người dùng cứ thể tải dữ liệu lên, khi đủ 100 hình thì sẽ cho người dùng nhấn đào tạo mô hình, khi nhấn đào tạo mô hình sẽ có thông báo kêu người dùng thoát khỏi hệ thống. Sau đó bộ xử lý sẽ tiến hành load dữ liệu và tiến hành đào tạo, thời gian đào tạo nhanh hay chậm tùy thuộc vào số epochs và dữ liệu huấn luyện. Chi tiết như Hình 19 là đào tạo với 100 dữ liệu và 50 epochs.

Quá trình này sẽ tốn thời gian, nên người dùng chỉ nên đào tạo lúc không sử dụng hệ thống. Khi hoàn thành sẽ có thông báo tới mail người dùng, chi tiết thể hiện Hình 20.



Hình 20. Thông báo tới gmail khi đào tạo hoàn tất



Hình 21. Kết quả sau khi đào tạo xong

Như Hình 21 ta có thể thấy được từ giao diện người dùng, người dùng có thể tự đặt tên cho cá yêu thích của mình và giám sát ở chế độ nhận diện. Mô hình trên đào tạo với 100 dữ liệu hình ảnh và 50 epochs. Tùy trường hợp nếu mô hình đào tạo không tốt thì người dùng có thể thêm dữ liệu cho tên mình muốn đặt, hoặc xóa đi, chi tiết thể hiện ở Hình 21.

**Giám sát hồ cá từ xa với hai chế độ nhận diện và bình thường**

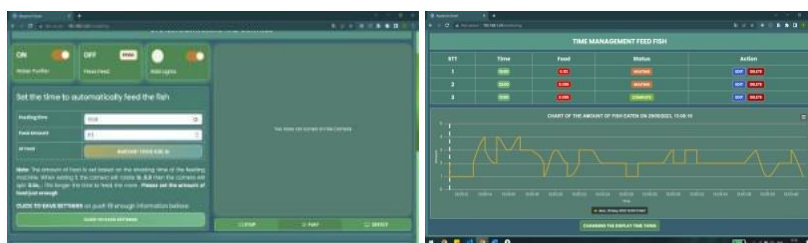


Hình 22. Giao diện giám sát và điều khiển thiết bị

Từ giao diện người dùng, người dùng có thể giám sát với 2 chế độ là bình thường và nhận diện chi tiết thể hiện ở Hình 22.

**Cài đặt thời gian cho cá ăn tự động và điều khiển thiết bị**

Tiếp theo là chức năng điều khiển thiết bị từ xa từ giao diện người dùng, người dùng có thể điều khiển máy lọc nước, đèn led RGB đổi màu từ giao diện người dùng, động cơ DC quay cho máy thức ăn. Và cài đặt thời gian cho cá ăn tự động với lượng thức ăn mong muốn, với lượng thức ăn người dùng cài lượng thức ăn càng lớn thì máy sẽ quay càng lâu ra thức ăn càng nhiều và ngược lại. Khi cài đặt thời gian người dùng chỉ cần nhập thông tin thời gian và lượng thức ăn như Hình 23 dưới đây.

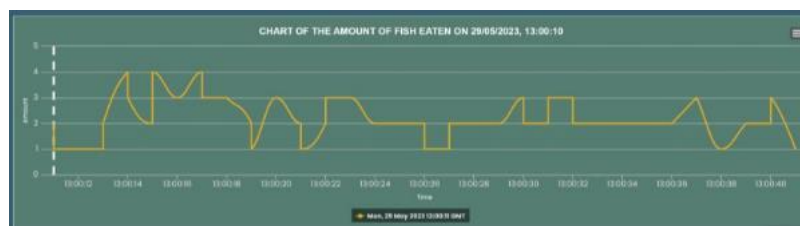


Hình 23. Giao diện điều khiển thiết bị

Khi cài đặt thời gian thành công sẽ lưu lại và hiện thị lên giao diện người dùng, mốc thời gian lượng thức ăn, trạng thái hoàn tất hay đang chờ cho ăn, ngoài ra người dùng có thể chỉnh sửa lại. Tới giờ cho ăn sẽ thả mồi và camera sẽ mở, tiến hành đếm cá và hiển thị realtime dưới dạng biểu đồ.

**Cảnh báo tính trạng sức khỏe của cá từ hoạt động cho ăn**

Biểu đồ Hình 24 có được khi cho cá ăn thành công, camera sẽ mở và đếm số lượng cá tới ăn theo thời gian. Sau đó dữ liệu đó sẽ được bộ xử lý truy vấn và xử lý và hiện thị lên giao diện người dùng như Hình 24. Từ hình thì người dùng có thể thấy được vào lúc 13:00 thì cá có tới ăn nhanh hay không, từ đó có thể đưa ra tình trạng sức khỏe của cá.



Hình 24. Biểu đồ lượng số lượng cá tới ăn



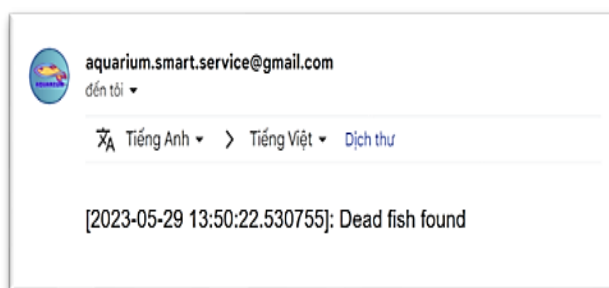
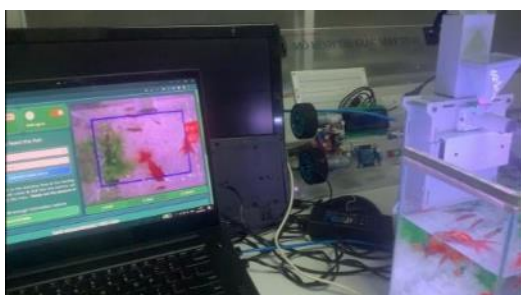
### AI tự học và gợi ý lượng thức ăn vừa đủ cho cá

Khi người dùng nhấn AMOUNT FOOD USE AI thì sẽ gửi dữ liệu thời gian cho ăn hiện tại tới bộ xử lý, bộ xử lý sẽ lấy dữ liệu gần nhất của các khung giờ đó và tiến hành dự đoán, đương nhiên với những mốc thời gian cài đặt không có dữ liệu thì AI sẽ bỏ qua không dự đoán, sau đó kết quả dự đoán và dữ liệu dự đoán sẽ được lưu lại cho lần tiếp theo và trả lại về cho người dùng hiển thị như Hình 25. Với lần tiếp theo khi người dùng tiến hành dự đoán sẽ kiểm tra xem dữ liệu dự đoán hiện tại có giống lần trước hay không, nếu giống thì sẽ lấy kết quả đã lưu và trả về cho người dùng, còn nếu khác sẽ tiến hành dự đoán lại. Sau khi dự đoán người dùng có thể nhấp chọn để cài đặt lượng thức ăn thành lượng thức ăn AI dự đoán được. AI sẽ tự động được học lại cứ sau 7 ngày. Cứ mỗi 7 ngày hệ thống sẽ kéo dữ liệu từ Cloud xuống và cho AI học lại.



Hình 25. AI dự đoán lượng thức ăn vừa đủ cho cá

### Phát hiện cá chết thông báo cho người dùng



Hình 26. Hình ảnh khi cá chết và nhận diện được

Khi phát hiện cá chết hệ thống sẽ thông báo cho người dùng tới gmail Hình 26. Hệ thống chỉ phát hiện là cá chết khi ở ngoài mép hồ, như Hình 26 là ngoài hình chữ nhật màu xanh.

## 6 KẾT LUẬN

Trong bài báo này chúng tôi đã hoàn thành xây dựng “Hệ thống nuôi và giám sát cá cảnh thông minh” đạt được những mục tiêu của hệ thống đã đề ra ngay từ đầu. Phần cứng board mạch nhỏ gọn, chạy ổn định, phục vụ được nhu cầu của người dùng. Thiết kế khung vỏ đẹp mắt, đóng gói toàn bộ hệ thống. Giao diện người dùng dễ sử dụng, luôn luôn có hướng dẫn với mỗi chức năng. Hệ thống giúp người dùng lưu trữ được thông tin của cá, đặt tên cho cá yêu thích của mình từ giao diện người dùng và quan sát với chế độ nhận diện. Có các nút điều khiển thiết bị, giám sát từ xa, cài đặt thời gian cho cá ăn tự động, hệ thống Cloud lưu trữ thông tin và truy vấn dễ dàng. Ngoài ra đặc biệt hệ thống đã thành công ứng dụng Trí tuệ nhân tạo AI kết hợp với Thị giác máy tính có thể tự học và cho lượng thức ăn vừa đủ cho cá từ những cài đặt cố định của người dùng. Nhưng không có hệ thống gì là hoàn hảo, hệ thống còn hạn chế về nguồn, phải sử dụng hai nguồn riêng cho mạch điều khiển và máy tính nhúng, vì thế hệ thống sẽ có hai đầu vào cắm nguồn. Do máy tính nhúng là bộ xử lý chính của hệ thống xử lý rất nhiều tác vụ nặng như xử lý ảnh, nhận dạng, AI, đào tạo mô hình. Trong tương lai mô hình sẽ được cải tiến nhỏ gọn hơn và có thể tự động nhận dạng, phân loại cá.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Võ Văn Chi, 1993. Cá cảnh. Nhà Xuất bản Khoa học Kỹ thuật, 308 trang.
- [2] Võ Văn Sanh, 2009. “Lịch sử phát triển nghề cá cảnh Sài Gòn – TPHCM”. Kỷ yếu Hội thảo Kết quả xây dựng dữ liệu cho ngành cá cảnh TP.HCM. Sở NN&PTNT TPHCM. 16/9/2009.
- [3] Budi Prijo Sembodo and Novendra Geofanda Pratama, “Smart Aquarium Based Microcontroller”, Journal of Applied Electrical & Science Technology - University of PGRI Adi Buana Surabaya, Vol. 03, No. 2, 2021
- [4] Daniel Patricko Hutabarat, Rudy Susanto, Bryan Prasetya, Barry Linando, Senanayake Mudiyansele Namal Arosha, “Smart system for maintaining aquascape environment using internet of things based light and temperature controller”, International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), Vol. 12, No. 1, February 2022, pp. 896~902 ISSN: 2088-8708, DOI: 10.11591/ijece.v12i1.pp896-902
- [5] Khairunisa, Mardeni, Yuda Irawan, “Smart Aquarium Design Using Raspberry Pi and Android Based”, Journal of Robotics and Control (JRC), Volume 2, Issue 5, September 2021 ISSN: 2715-5072 DOI: 10.18196/jrc.25109
- [6] Mohammad Fahmi Suhaimi, Nurul Huda Mat Tahir, Safuan Naim Mohamad, Suzanna Ridzuan Aw, “IoT Based Automatic Aquarium Monitoring System for Freshwater Fish”, International Journal of Synergy in Engineering and Technology, Vol. 2 No. 1 (2021) 125-133
- [7] Hardyanto, R Hafid, et al. “Smart Aquarium Based on Internet of Things.” Journal of Business and Information Systems (E-ISSN: 2685-2543), vol. 1, no. 1, 28 June 2019, pp. 48–53
- [8] Harun, Hanis Syamimi, et al. “Smart Aquarium / Hanis Syamimi Harun and Nurul Syahirah Adzahar.” Ir.uitm.edu.my, 2015
- [9] Ikhsyan, Muhammad Nur, and Nopriadi Nopriadi. “Perancangan Smart Aquarium Berbasis Internet Of Things (IOT).” Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE), vol. 7, no. 5, 3 Dec. 2022, pp. 100–109
- [10] Mohamad Fadzwi, Muhammad Fikry Danial, et al. “Smart IOT Arowana Aquarium” Ir.uitm.edu.my, 2020
- [11] “Ultralytics YOLOv5” docs.ultralytics.com, docs.ultralytics.com/yolov5.

YSC5.F122

## APPLYING AODV ROUTING ALGORITHM TO MESH LORA NETWORK

VO XUAN LOC<sup>1</sup>, VO MINH NGOC<sup>1</sup>, ONG MAU DUNG<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Electronics Technology, Industrial University of Ho Chi Minh City*  
<sup>\*</sup>*ongmaudung@iuh.edu.vn*

**Abstract.** In recent years, LoRa network control system has become very popular and widely applied in many fields. With low power consumption and transmission distance between two nodes up to 5km, LoRa is very suitable in wireless connections for IoT and smart home applications, or reading the value of temperature, humidity, water level in areas with difficult terrain requiring low energy consumption. However, the LoRa hardware architecture is only for point-to-point connectivity and does not support mesh multipoint connections. This paper presents hardware and algorithm development for LoRa that supports mesh architecture. Through the microcontroller, the Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV) routing algorithm is embedded in the hardware to route packets through multiple intermediate nodes from the source node to the destination node. The packet will automatically find the shortest path through the continuously updated routing table. Thereby, data is sent from the sensors to the Internet Gateway in the fastest way. Besides the advantage of extending the wireless transmission distance, LoRa mesh network also helps to limit the rate of data loss because the packet has many paths between the source node and the destination node.

**Keywords.** IoT, Lora, AODV, Packet loss.

### ÁP DỤNG GIẢI THUẬT ĐỊNH TUYẾN AODV VÀO MẠNG MESH LORA

**Tóm tắt.** Trong những năm gần đây, hệ thống điều khiển qua mạng Lora đã trở nên rất phổ biến và ứng dụng rộng rãi trong đa lĩnh vực. Với mức tiêu thụ điện năng thấp và khoảng cách truyền giữa 2 node lên tới 5km, Lora rất phù hợp trong các kết nối không dây ứng dụng IoT, nhà thông minh, hay việc đọc giá trị nhiệt độ, độ ẩm, mực nước ở các vùng có địa hình trắc trở cần nguồn năng lượng tiêu thụ thấp. Tuy nhiên, cấu trúc phần cứng Lora chỉ đáp ứng kết nối điểm-điểm mà không hỗ trợ kết nối đa điểm dạng lưới (mesh). Bài báo cáo trình bày về phát triển phần cứng và giải thuật cho Lora có hỗ trợ kiến trúc mesh. Thông qua vi điều khiển, giải thuật định tuyến Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV) được nhúng vào phần cứng để định tuyến các packet qua nhiều Node trung gian từ Node nguồn đến Node đích. Packet sẽ tự tìm con đường ngắn nhất thông qua bảng định tuyến được cập nhật liên tục. Qua đó, dữ liệu được gửi từ các cảm biến tới Internet Gateway một cách nhanh nhất. Bên cạnh ưu điểm mở rộng khoảng cách truyền dẫn không dây, mạng mesh còn giúp hạn chế tỷ lệ mất gói dữ liệu vì packet có nhiều đường truyền dẫn giữa Node nguồn và Node đích.

**Từ khóa.** IoT, Lora, AODV, Packet loss.

### 1 INTRODUCTION

A long-range (LoRa) network is a type of wireless network that consumes little power and is capable of transmitting data over long distances. The LoRa network uses asynchronous communication technology and spread-spectrum communication algorithms to transmit data over long distances up to several kilometers, even in crowded inner-city environments. LoRa network operates in the Industrial, Scientific, and Medical (ISM) band without licensing and uses multiple channels to transmit data, allowing simultaneous connection of multiple devices. This makes LoRa suitable for Internet of Things (IoT) applications and applications that require long data transmission distances, low energy consumption, and low costs. One of the characteristics of LoRa is that the data transfer rate is quite slow, usually ranging from

a few kbps to about 50kbps. However, data transmission over long distances up to several kilometers and low power consumption are significant advantages of the LoRa network. In addition, the LoRa network has security features to ensure the safety of data transmission. LoRa's data transmission protocols are encrypted to prevent hacking and unauthorized access [1].

The LoRa network is an IoT networking solution that consumes less energy, is capable of transmitting data over long distances, and has high security. It has been widely used in many IoT applications and continues to be developed and researched to improve new features and applications [2].

In most current IoT system designs, to link and transmit information between two points A and B together, point-to-point connections currently focus mainly used to connect two endpoints directly via a single link. However, this network structure has the following disadvantages:

- The connection distance is not so far, making it more inconvenient and limited in data transmission.
- This structure has only one link, so when something goes wrong, that link will be interrupted and interrupt the connection in the system.

Because of the above disadvantages, we should replace the point-to-point structure in LoRa with a mesh network structure. The mesh structure in LoRa uses many endpoints and when one of the links fails, the mesh structure will route itself and follow another path. For this reason, two points A and B will always have a backup path, and ensure the link always exists.

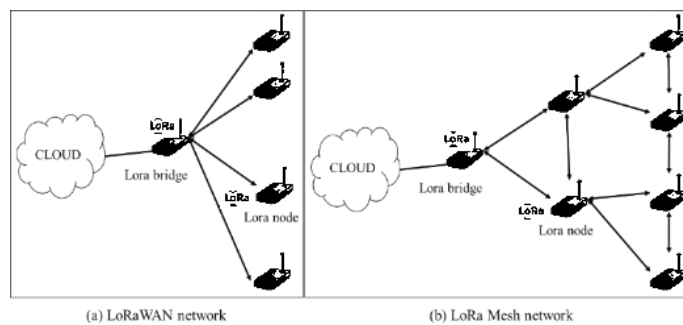


Figure 1. LoRa with a mesh network structure

LoRa Mesh is an extended version of the LoRaWAN network as shown in Figure 1, in which devices can not only communicate directly with the gateway but also have the ability to link together into a mesh network. LoRa Mesh provides network scalability, increased coverage, and improved reliability for LoRaWAN networks. In a LoRa Mesh network, devices can transmit data to each other, which allows the LoRaWAN network to act as a mesh system, increasing coverage and improving network reliability. Devices in a LoRa Mesh network can be configured to act as routing nodes, helping to optimize data transmission and increase network scalability. LoRa Mesh in ad hoc is a type of self-organizing wireless network, in which devices in the network automatically form and maintain connections with each other without the intervention of a control center [3, 4].

In the LoRa Mesh network, each device is installed with a routing function; that is, the device is capable of relaying information between other devices in the network, helping to increase the scalability and reliability of the network. Each router in the LoRa Mesh network uses dynamic routing algorithms that automatically adjust to optimize transmission and minimize latency. The LoRa Mesh network also supports auto-networking, allowing new devices to automatically join the network without the need for manual configuration. This feature simplifies network deployment and management. The LoRa Mesh network is also designed to save energy, as devices in the network can go into a deep sleep and wake up automatically when there is data to transmit. This helps to increase the battery life of devices and reduce battery replacement costs. The LoRa Mesh network has many applications in various fields, including animal monitoring and management, monitoring and control of smart home devices, energy management in power grid systems, etc [5, 6].

The main objective of this article is to build a mesh structure for LoRa based on applying the AODV algorithm to the existing LoRa module, which is cheap and multi-application in control. The application of advanced technologies to control protocols to improve the quality and efficiency of network resource exploitation is essential and very important in the era when IoT technology is rapidly developing.

## 2 LITERATURE REVIEW

### 2.1 Low-cost Low-power Wireless Technology

A bell wave is a waveform in which the frequency increases or decreases over time, creating a bell-like appearance. In LoRaWAN, bell waves are used as a method to transmit data over wireless channels with long distances and low energy consumption. The bell waves in LoRaWAN are generated using the Chirp Spread Spectrum (CSS) technique. In CSS, bell waves are used to transform Radio Frequency (RF) signals to produce a special type of signal called a chirp signal. When a bell wave is emitted, the data signal is encoded into different bell waves to form a data sequence. During data transmission, bell waves are used to encode data and transmit it over RF channels. The bell wave in LoRaWAN can be customized to meet the requirements of different applications, including transmission frequency, length, and distance [1].

When a bell wave is transmitted, the signal experiences environmental effects such as attenuation, distortion, and noise, resulting in a change in the signal's frequency. However, thanks to the characteristics of the bell wave, the signal can be decoded and reconstructed by suitable signal processing algorithms at the receiver. Bell waves are used in many communication applications, including radar, medical imaging, and wireless communications. Using bell waves in wireless communications has many advantages, including tolerance to interference, reduced signal loss, and increased detection of weak signals. In addition, bell waves can also be used to create a multi-path channel, enhancing communication in environments with many reflecting objects.

One advantage of the bell wave in LoRaWAN is its ability to transmit data over long distances with low energy consumption. This is especially useful in IoT applications where energy consumption is a critical factor. In addition, the bell wave is also resistant to interference, allowing LoRaWAN to transmit data in high-noise places such as cities with high accuracy, making LoRaWAN meet the requirements of demanding applications with high precision.

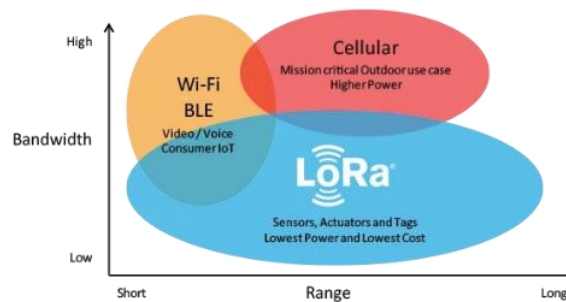


Figure 2. CSS in Lora in comparing with other wireless technology [7]

As shown in Figure 2, the LoRa network uses a wireless communication method called CSS to transmit data. CSS is a wireless communication technique that allows for increased immunity to interference and reduces the impact of interference signals on transmitted waves. The signals emitted by the nodes will be encoded with CSS and then emitted as radio waves on the ISM band at 433MHz or 868MHz. Since these signals have a very narrow bandwidth (about 125kHz), they can effectively pass through obstacles such as walls or other obstructions. However, wave propagation in the LoRa network can also occur due to other factors such as antenna heights, topographical structures, and different densities of objects. In CSS, the data signal is encoded with a bell wave, increasing the signal's width compared to the original bell wave, and then divided into multiple blocks and distributed over multiple frequencies. The number of frequencies to allocate depends on the bandwidth of the bell wave and the resolution of the signal. Each frequency will carry a portion of the data, and all these frequencies will be combined to form the CSS signal. To transmit a CSS signal, the frequency of the signal is changed continuously in a specific order, called a frequency hopping sequence. This sequence is generated using a predefined algorithm and is divided into several segments. When transmitting a signal, the frequency of the signal will change continuously in the order in which the segments of the sequence change in frequency. With CSS, the signal is distributed over multiple frequencies and changes frequencies continuously, so the signal's tolerance to noise is greatly improved.

## 2.2 Common Ad-hoc Wireless Network Routing Protocols

Figure 3 shows an overview of classical routing protocols divided into three main groups: proactive, reactive and hybrid. Within the scope of this paper, we use the reactive group to design and experiment with the LoRa Mesh network.

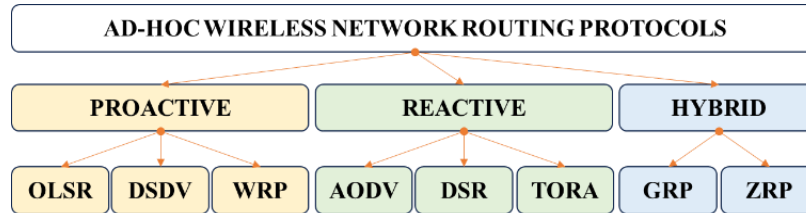


Figure 3. Classification of classical routing protocols

Dynamic Source Routing (DSR) is a simple and efficient routing protocol specifically designed for use in Multi-Hop Wireless ad hoc networks of wireless nodes. DSR can allow the network to self-configure and organize for itself, without the need for any other existing infrastructure or management. It is a reactive protocol, and all components are fully on-demand. It works on source routing concept in which the Sender of a packet defines the complete sequence of nodes through which packets are forwarded.

Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA) is a source initiated on the on-demand routing protocol. TORA is a highly adaptive, efficient, loopless and scalable routing protocol based on a link reversal algorithm. The main goal of TORA is to limit message transmission in highly dynamic mobile computing environments. It means, it is designed to reduce communication costs by adjusting to local topology changes in the ad hoc network. Another key feature of the TORA routing protocol is the localization of control packets to a small area (set of nodes) near the occurrence of topology changes due to route breaks. Thus, each node of the requesting network contains its local topology and routing information about the adjacent nodes. TORA supports multiple routes for packet transmission between the source and destination nodes of the mobile ad hoc network. In short, TORA represents multipath routing capabilities. TORA's operation can be compared to that of water flowing downhill towards a sink node through a network of pipes that model routes in a real-world network. Pipe joints represent nodes, pipes themselves represent route links between nodes, pipe water represents packets flowing between nodes through route links to destination.

Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV) is a routing protocol designed for wireless networks and ad hoc mobile phones. This protocol establishes routes to locations on demand and supports both unicast and multicast. It is designed to work efficiently in networks with a large number of nodes that are unevenly distributed.

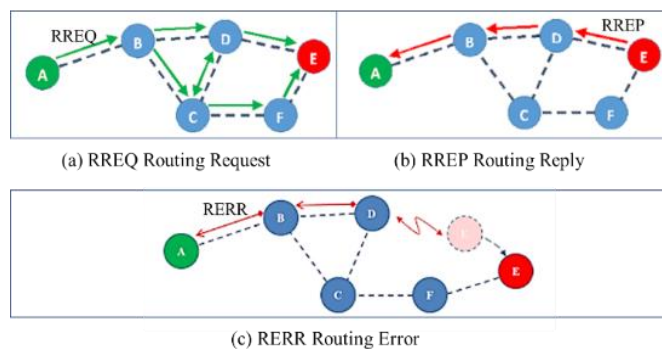


Figure 4. Example of AODV algorithm

As shown in Figure 4, AODV uses an on-demand mechanism to find routes between nodes in the network. This means that when a node needs to send a packet to another node, it will ask for a route to that node. In Figure 4(a), AODV will send a Route Request (RREQ) message to neighboring nodes to find the route to the destination node. If the neighboring node already knows the route to the destination node or knows

another node that has the route information to the destination node, it sends back a Route Reply (RREP) message to the requesting node as shown in Figure 4(b). The requesting node will use the path found to send the packet. If the path is broken or no longer usable, AODV will update the routing table to find a new route [8, 9].

In Figure 4(c), when the source node fails to send the packet to the destination node, it sends a Route Error (RERR) message back to the source node. The RERR message includes the address of the unreachable destination node and some other information such as the node's current routing sequence number. The RERR message can also be used to notify other nodes that a path has been lost or is no longer valid. The RERR message is retransmitted from the source node to the node causing the problem to re-update the routing table of the nodes in the network. Nodes that receive the RERR message will delete the routing record associated with the lost destination node from their routing table. The use of RERR messages helps nodes in the network to update routing information accurately and timely, thereby minimizing the situation of packets being lost or corrupted during transmission in the Ad-hoc network.

Thus, in the reactive algorithms presented above, the AODV algorithm is the most suitable when applied to the LoRa Mesh network model. Advantages as well as features of AODV include:

- Save bandwidth: AODV uses an on-demand mechanism to find the route only when there is a request node to send the packet to find the route.
- Capable of responding to networks with a large number of nodes and uneven distribution.
- Capable of self-healing when the network is changed by deleting unusable paths and finding new ones.
- Capable of supporting multipath to reduce load and increase transmission efficiency.
- Capable of supporting high reliability and low latency

The main components of the AODV algorithm include:

- Node: These are devices in the MANET network, such as laptops, mobile phones, or mobile routers. Each node will need to implement the AODV algorithm to perform routing.
- Route Request (RREQ): This is a message sent from the source node to request a route to the destination node. If a node does not know the path to the destination node, it broadcasts the RREQ to all its neighbors.
- Route Reply (RREP): When a node receives a RREQ, if it knows the route to the destination node, it will send the RREP back to the source node through its neighbors. Otherwise, it will forward the RREQ to its neighboring nodes.
- Route error (RERR): When a node cannot send a packet to the destination node, it sends a RERR message back to the source node.
- Routing Table (RT): The routing table stores information about neighboring nodes and the path to them.
- Sequence Number: Each node in the network has a unique sequence number to ensure the consistency of messages sent.
- Hop Count (HC): This is the number of intermediate nodes that need to be passed through to reach the destination node. Each time the RREP is forwarded, the hop count value will be updated.
- Active Route Timeout (ART): The time between updates to a node's routing table.
- Hello Message (HM): This is a message sent periodically between nodes to maintain network connectivity. If a node does not receive a hello message within the specified time, it considers that node to have lost its connection and removes it from its routing table.
- Destination Sequence Number (DSN): The sequence number assigned to the destination node, updated each time a RREQ is sent to the destination node.

### 3 HARDWARE AND SOFTWARE DESIGN

#### 3.1 Layer structure of the mesh LoRa node

Similar to TCP/IP, the system is built on four layers including physical, datalink, network, application as shown in Figure 5.

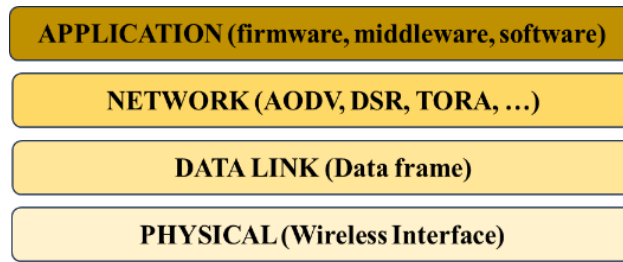


Figure 5. Layer structure of the mesh LoRa node

The physical layer defines the means of transmitting bits over the physical data link connecting the network nodes. The bitstream can be grouped into code words or symbols and converted into a physical signal to be transmitted over the transmission medium. The physical layer provides the electrical, mechanical, and procedural interfaces to the transmission medium. The shape and properties of the electrical connectors, the frequency to play on, the line code to use, and similar low-level parameters, are specified by the physical layer. The datalink layer transfers data between nodes on a network segment on the physical layer. The data link layer provides the functional and procedural means for transferring data between network entities and can provide the means to detect and possibly correct errors that may occur in the physical layer. The network layer is responsible for packet forwarding including routing through intermediate routers. Common application layer services provide semantic transitions between related application processes. The application layer communicates directly with application processes and performs their usual services. This is an abstraction layer service that hides the rest of the application from transmission. The application layer relies on all the layers below it to complete its process. In this layer, the data or application is presented in a visual form that can be understood by the user.

### 3.2 Hardware Design

Each node uses the Arduino Nano as the main microcontroller as shown in Figure 6. The Arduino Nano is equipped with the ATmega328P microcontroller, just like the Arduino UNO. The power block uses an 18650 battery with a voltage of 3.7 volts connected to the charging circuit and the boost circuit from 3.7 volts to 5 volts to power the whole system, with the display using a 16x2 LCD screen and I2C connected to the Arduino by SDA and SCL pins. Using the LoRa E32 Module to communicate via UART with Arduino via TX and RX pins that connect to the computer uses the Arduino's dedicated cable to the computer's USB-A port [10, 11].

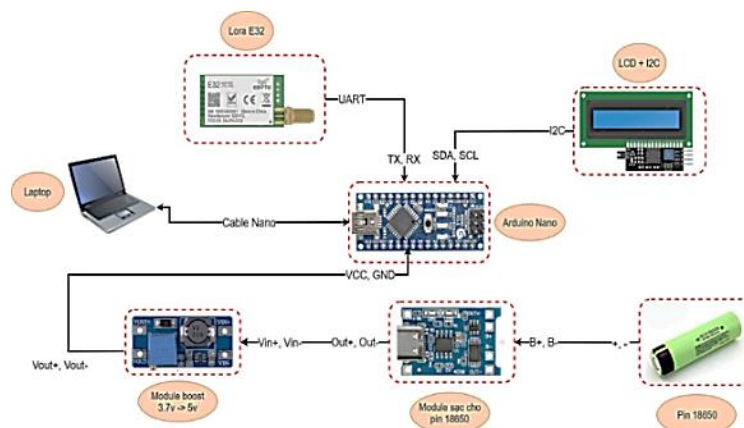


Figure 6. Block diagram of a LoRa Node

The LoRa SX1278 433MHz module is a wireless communication module that uses LoRa (Long Range) technology to transmit data over long distances to save power. This module is based on the SX1278 chip from Semtech Corporation and operates in the 433MHz frequency band. It provides a reliable communication link, suitable for applications such as IoT, smart cities, agriculture, and environmental monitoring. This module usually includes an integrated antenna and a microcontroller to control the LoRa



chip and connect it to other devices such as sensors, microcontrollers, and computers. It can communicate with other LoRa modules or gateways connected to the internet, allowing it to send and receive data over long distances and save power. Figure 7 shows our complete hardware configuration of a mesh LoRa node with compact dimensions of 7cm wide and 12cm long.

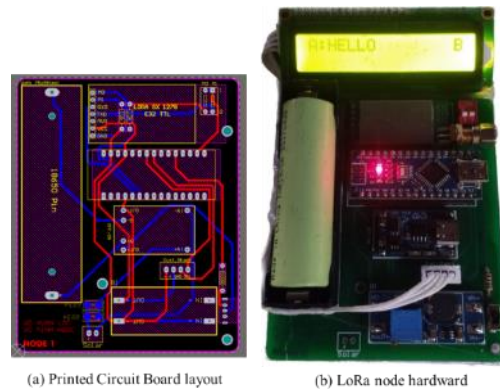


Figure 7. A complete structure of the mesh LoRa node

### 3.3 Software Design

Window Form is part of the Microsoft.NET Framework and is used to develop desktop applications on the Windows operating system. Window Form provides a graphical interface that allows users to interact with components on the application interface. With Window Forms, we can design the interface of our application using components such as text boxes, buttons, lists, windows, and other graphical controls. These components can be dragged and dropped on the interface to create easy-to-use sections with an intuitive interface. In addition, Window Form also allows the integration of data from a variety of sources, including databases and web services. Developers can use Window Form components to access and process this data and display the results on the application's interface.

## 4 EXPERIMENT RESULTS

We test the transmission and reception capabilities of the nodes. For each test transmission distance, we send 20 packets at the transmitter and count the number of packets successfully received at the receiver. The performance results are displayed on the Winform interface as shown in Figure 8. The figure shows the result of sending packets successfully or failure between multiple mesh LoRa nodes. In particular, in the case of close transmission distance (*e.g.*, 10 meters), there are some corrupted packets that cannot be sent due to interference.

After performing many tests runs with a number of different terrain cases, we have compiled the results in Figure 9. In transmission distances less than 10m, mesh structure does not respond as well as point-to-point because mesh requires many packets to form routing table. This leads to more bandwidths being occupied and interference between nodes close to each other also increases. When the transmission distance is over 20m, mesh architecture has shown advantages over point-to-point. The first advantage is the higher number of successfully transmitted packets and the second is the double transmission distance.

Figure 9 also helps readers visually compare the two transmission modes: direct and mesh. We find that, with the help of middle node, the mesh structure increases the transmission distance by 2 times while still ensuring the same number of successful packets as point-to-point.

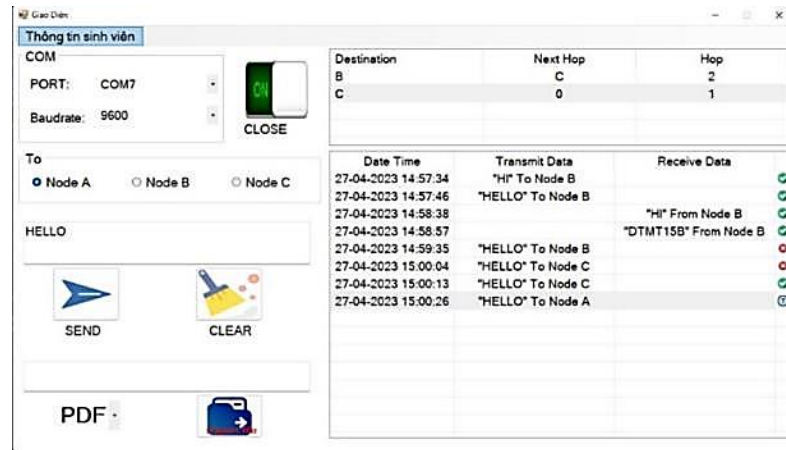


Figure 8. Results of sending packets between mesh LoRa nodes

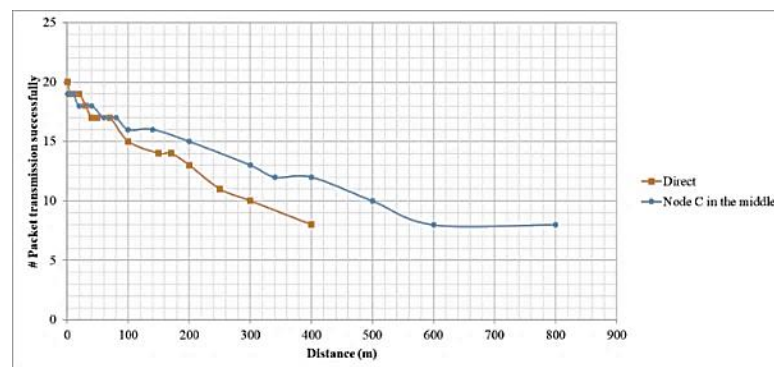


Figure 9. Number of packet transmission successfully vs. Distance

## 5 CONCLUSIONS

We have presented our mesh LoRa node hardware embedded by AODV routing protocol with energy-saving capabilities, flexibility in automatically identifying the best communication pathway for data transmission along with enhanced performance and providing low latency, high data transfer speeds. From our results, it is very suitable for applications in IoT models, smart homes, homestay. AODV protocol is used to route data in the IoT network, allowing IoT devices to communicate and exchange data effectively with each other. When there is data to be transmitted, devices use AODV to find the most optimal pathway to transfer data from source to destination node. However, adding hardware and implementing the AODV algorithm will lead to some disadvantages, as follows: increase in hardware cost; the level of power consumption increases; and e2e latency increases.

## REFERENCES

- [1] Reyhane Falanji, Martin Heusse, Andrzej Duda. Range and Capacity of LoRa 2.4 GHz. EAI Mobiquitous 2022, Nov 2022, Pittsburgh, United States. fahal-03868942f
- [2] Kietzmann, Peter, et al. "Long-Range ICN for the IoT: Exploring a LoRa System Design." 2022 IFIP Networking Conference (IFIP Networking), IEEE, June 2022.
- [3] Cotrim, Jeferson Rodrigues, et al. "Design of a Gateway-based Relay Node for LoRaWAN Multihop Networks." 2022 Symposium on Internet of Things (SIoT), IEEE, Oct. 2022.
- [4] Nguyen, Manh Thao, et al. "Low-power LoRaWAN Extender Using Multiple Relays: Design and Evaluation." 2022 International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC), IEEE, Oct. 2022.

- [5] Wu, Dixin, and Jörg Liebeherr. "A Low-Cost Low-Power LoRa Mesh Network for Large-Scale Environmental Sensing." IEEE Internet of Things Journal, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2023.
- [6] Capella Del Solar, Alejandro Jesus, et al. "Towards a Monitoring System for a LoRa Mesh Network." 2022 IEEE 42nd International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), IEEE, July 2022.
- [7] <https://docs.arduino.cc/learn/communication/lorawan-101>
- [8] Perkins, C., et al. "RFC 3561: Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing." RFC 3561: Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing, <https://doi.org/10.17487/RFC3561>.
- [9] Hong, Shengguang, et al. "A Hierarchy-Based Energy-Efficient Routing Protocol for LoRa-Mesh Network." IEEE Internet of Things Journal, vol. 9, no. 22, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Nov. 2022.
- [10] Pino, Daniel Lopez, et al. "Designing a Double LoRa Connectivity for the Arduino Portenta H7." 2022 IEEE International Symposium on Local and Metropolitan Area Networks (LANMAN), IEEE, July 2022.
- [11] Pham, Van Dai, et al. "Evaluation of a Mesh Network Based on LoRa Technology." 2022 24th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), IEEE, Feb. 2022.

YSC5.F123

## MÔ HÌNH TRỒNG NẤM LINH CHI THÔNG MINH

NGUYỄN DUY KHANH<sup>1\*</sup>, BÙI THỊ LỆ HẰNG<sup>1</sup>, NGUYỄN TRẦN MINH THIÊN<sup>1</sup>,  
TRẦN MINH HỒNG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
\*nguyenduykhanh@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Nấm linh chi, một loại nấm từ lâu đã được sử dụng như một loại dược liệu tốt ở châu Á và nó có nhiều đặc tính dược hỗ trợ cho hoạt động điều hòa miễn dịch của cơ thể con người. Hiện nay, công nghệ IoT được ứng dụng nhiều và đóng vai trò quan trọng trong sản xuất nông nghiệp hiện đại, đang dần trở thành xu thế phát triển mạnh mẽ. Trong bài báo này, nhóm tác giả thiết kế và thi công mô hình ứng dụng công nghệ IoT có khả năng thu thập các thông số môi trường gửi lên Server bằng cách điều khiển tự động hoặc thông qua ứng dụng. Cùng với đó, chúng tôi thiết kế ứng dụng “YH Gano” có giao diện giám sát các thông số môi trường của mô hình, có khả năng kết nối với Server và điều khiển mô hình thông qua kết nối Wi-Fi. Ngoài ra, “YH Gano” giúp cho việc theo dõi các thông số môi trường và điều khiển các thiết bị chấp hành một cách dễ dàng thuận tiện và chính xác trên cả hai hệ điều hành Android và iOS với công cụ hỗ trợ Flutter. Nhằm thực hiện được việc sử dụng và điều khiển thông qua ứng dụng hiệu quả và tiết kiệm thời gian, dự án được tích hợp Firebase để quản lý người dùng, lưu trữ dữ liệu,... Kết quả thực nghiệm cho thấy nấm phát triển khá tốt khi trồng trong mô hình, tuy nhiên thời gian thu hoạch lại nhiều hơn so với trồng thủ công 5 ngày, bù lại nấm to, đều, đẹp, không bị nấm mốc và chất lượng hơn so với trồng thủ công.

**Từ khóa.** Nấm linh chi, Công nghệ IoT, Flutter, Firebase, Mô hình thông minh.

### A SMART MODEL OF GROWING GANODERMA LUCIDUM

**Abstracts.** Ganoderma lucidum, a medicinal mushroom widely used in Asia, has been recognized for its beneficial properties in supporting immune regulation in the human body. In the present day, the Internet of Things (IoT) technology has gained significant traction and plays a pivotal role in modern agriculture, emerging as a powerful development trend. In this article, the authors propose and implement an IoT application model capable of collecting environmental parameters and transmitting them to a server through automated control or a dedicated application. Moreover, we introduce the "YH Gano" application, which offers an intuitive interface for monitoring the environmental parameters of the model and enables seamless connection to the Server, allowing remote control of the model via Wi-Fi. Additionally, "YH Gano" facilitates effortless and accurate monitoring of environmental parameters, as well as precise control of executing devices on both Android and iOS operating systems, using the Flutter framework. To enhance efficiency and save time in utilizing and controlling the application, the project integrates Firebase for user management and data storage,... Experimental results showed that the mushrooms grown grew quite well in the model, but the harvest time was longer than that of manual planting 5 days, in return for mushrooms large, even, no mold and better quality than manual cultivation.

**Keywords.** Ganoderma lucidum, IoT Technology, Flutter, Firebase, Smart model.

### 1 GIỚI THIỆU

Với sự phát triển vượt bậc của khoa học và công nghệ cùng với những ứng dụng to lớn của khoa học - công nghệ đang ngày càng lan rộng ra ở nhiều lĩnh vực, thế giới đã và đang ngày càng thay đổi, ngày càng phát triển theo xu hướng hiện đại hơn. Sự phát triển của khoa học - công nghệ đã tạo ra nhiều thiết bị với độ chính xác cao cùng với tốc độ nhanh hay các thiết bị kết nối không dây qua các mạng như Wifi, Zigbee, Bluetooth,... [3]. Trong nông nghiệp, vì thời gian, công sức mà người nông dân bỏ ra để chăm sóc một

trang trại hay một vườn rau là vô cùng lớn và vô cùng cực khổ. Nếu ứng dụng những thiết bị công nghệ cao vào nông nghiệp, ta có thể giúp người nông dân tiết kiệm được thời gian, công sức đồng thời tăng năng suất và quản lý một cách dễ dàng một trang trại hay một vườn rau. Trồng nấm linh chi cũng là một công việc khó vì đòi hỏi nếu người nông dân không thường xuyên chăm sóc hay đảm bảo điều kiện môi trường thì nấm sẽ phát triển không đều hay bị hư mốc gây ảnh hưởng đến năng suất. Từ đó, đề tài “Mô hình trồng nấm linh chi thông minh” được ra đời để giải quyết các vấn đề trên.

## 2 TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU HIỆN TẠI

Trong việc tham khảo các tài liệu, chúng tôi thấy có một số lượng lớn bài báo về ứng dụng IoT trong nông nghiệp và các phương pháp trồng nấm linh chi hiện nay. Trong số các đóng góp này, chúng tôi muốn đề cập đến một số công trình quan trọng:

Sở Khoa học và Công nghệ TP.Hồ Chí Minh và bài báo “Quy trình nuôi trồng và sản xuất nấm linh chi”, bài báo nêu ra cụ thể từng điều kiện sinh trưởng thuận lợi sao cho nấm linh chi phát triển tốt nhất qua từng giai đoạn của nấm, theo đó sẽ có quy trình trồng nấm linh chi phù hợp với từng giai đoạn cũng như từng điều kiện môi trường khác nhau đảm bảo sản xuất được nấm linh chi cho năng suất tối đa. [5]

Paschal U. C. và cộng sự với bài báo “Internet of Things (IoT) based smart agriculture monitoring system”, bài báo giới thiệu một hệ thống giám sát trồng trọt thông minh dựa trên IoT. Nó mô tả việc sử dụng các cảm biến và mạng lưới IoT để thu thập dữ liệu về nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, độ pH và mức nước trong môi trường trồng trọt. Hệ thống này giúp nông dân theo dõi và kiểm soát các yếu tố quan trọng để tối ưu hóa sản xuất nông nghiệp. [1]

Akram Ahmed và cộng sự với bài báo “IoT-based smart irrigation system for efficient agricultural water management”, bài báo nghiên cứu về hệ thống tưới thông minh dựa trên IoT để quản lý nước nông nghiệp hiệu quả. Nó mô tả việc sử dụng cảm biến đo lường độ ẩm đất và nhu cầu nước của cây trồng, kết hợp với dữ liệu thời tiết và dữ liệu độ ẩm môi trường từ các trạm cảm biến. Hệ thống này tự động điều chỉnh việc tưới nước dựa trên dữ liệu thu thập được, giúp tiết kiệm nước và tăng năng suất nông nghiệp. [2]

Jiu Li Chong và cộng sự với bài báo “Internet of Things (IoT)-based environmental monitoring and control system for home-based mushroom cultivation”, bài báo nghiên cứu về hệ thống giám sát và kiểm soát môi trường để trồng nấm trong nhà. Hệ thống sử dụng các cảm biến đo thông số môi trường được kết nối với vi điều khiển MCU, từ đó vi điều khiển sẽ tự động điều khiển thiết bị trong buồng canh tác dựa trên phản hồi từ các cảm biến, nhằm duy trì môi trường tối ưu cho việc trồng nấm. [3]

## 3 PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

### 3.1 Yêu cầu chức năng

#### 3.1.1 Phần cứng

Bảng 1. Chức năng phần cứng

STT	Chức năng	Mô tả kỹ thuật
1	Thiết bị IoT	- Điều khiển/Giám sát qua Internet. - Module ESP Node MCU/Thinker AI. - Module RealTime Clock.
2	Điều khiển và giám sát nhiệt độ	- Cảm biến đo nhiệt độ. - Điều khiển quạt/phun ẩm/tưới phun sương để đảm bảo nhiệt độ trong tủ từ 20 – 30°C theo từng giai đoạn. - Hệ thống làm mát bằng peltier.
3	Điều khiển và giám sát Độ ẩm	- Cảm biến đo độ ẩm. - Thiết bị tạo ẩm bằng Ultrasonic. - Điều khiển phun ẩm để đảm bảo độ ẩm trong tủ từ 80 – 90% theo từng giai đoạn.

4	Điều khiển và giám sát ánh sáng	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cảm biến đo cường độ ánh sáng (thiết kế chống nước).</li> <li>- Điều khiển đèn Led 6000K, đảm bảo cường độ sáng 600 lux; Thêm một ít đèn quang hợp Blue.</li> <li>- Thời gian chiếu sáng 12h ON – 12h OFF / 16h ON / 8h OFF.</li> <li>- Sử dụng tủ Mica trong/kính để nhận ánh sáng từ bên ngoài.</li> </ul>
5	Độ thông thoáng (hàm lượng Oxy và CO2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quạt đối lưu không khí (từ 2 cái). Bao lâu thì quạt theo Time/CO2.</li> <li>- Bộ phận lọc không khí chống bụi.</li> <li>- Đo nồng độ CO2: 0 – 10 000 ppm (5000ppm)</li> <li>- (CO2-below 800 ppm).</li> </ul>
6	Nguồn nước/khử trùng	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Thiết bị phun sương lên bịch phân.</li> <li>- Bình nước: nước thủy cục/nước uống.</li> <li>- Có thể tưới trên bịch nấm để tạo độ ẩm, tưới phun sương từ 1-3 lần/ngày.</li> <li>- Không tưới trực tiếp vào quả thể.</li> </ul>
7	Chức năng cảnh báo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Khi hết nước.</li> <li>- Đèn Led cảnh báo.</li> <li>- Cảnh báo khi mất nguồn.</li> </ul>

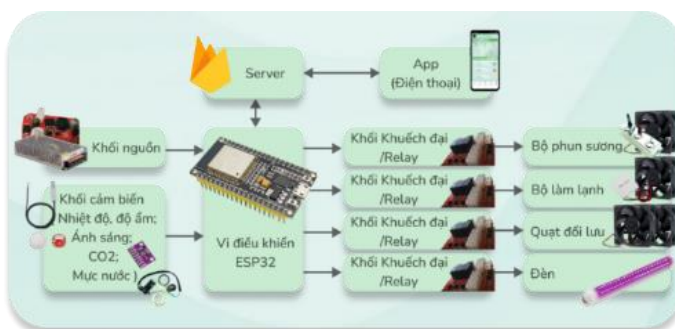
### 3.1.2 Phần mềm

Bảng 2. Chức năng phần mềm

STT	Chức năng	Mô tả kỹ thuật
1	Kết nối App với Hardware	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tự động dò tìm hardware trong cùng mạng LAN.</li> <li>- Kết nối hardware thủ công theo Name và Pass trên hardware.</li> </ul>
2	Dashboard	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hiển thị thông tin: nhiệt độ, độ ẩm, cường độ ánh sáng.</li> <li>- Giai đoạn của nấm + Hình ảnh nấm hiện tại.</li> <li>- Số ngày còn lại khi qua giai đoạn 2/ngày thu hoạch.</li> </ul>
3	Cập nhật hiện trạng nấm	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cho user cập nhật giai đoạn hiện tại của nấm.</li> <li>- ComboBox – hình ảnh tương ứng – mô tả nhận dạng đặc điểm của hình ảnh.</li> </ul>
4	Chế độ Manual	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trước khi sử dụng chức năng này, user cần xác nhận về việc điều khiển này.</li> <li>- Cho phép on/off: tạo ẩm, phun sương, chỉnh cường độ sáng, quạt.</li> </ul>
5	Chức năng xem dạng biểu đồ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biểu đồ theo ngày/giờ cho: nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng.</li> </ul>
6	Chức năng cảnh báo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cảnh báo hệ thống: nước, nhiệt, nguồn điện.</li> <li>Thông báo thu hoạch.</li> </ul>

## 3.2 Sơ đồ khối toàn hệ thống

### 3.2.1 Sơ đồ khối



Hình 1. Sơ đồ khối cho mô hình hệ thống

### 3.2.2 Phân tích sơ đồ khối

#### a. Khối cảm biến

Thực hiện chức năng đo lường các đại lượng vật lý như ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm, mức nước trong bồn chứa... đưa về cho khối điều khiển trung tâm xử lý.

#### b. ESP32

Là trung tâm điều khiển của hệ thống. Nó có một module wifi là một trong những tính năng quan trọng nhất chúng tôi sử dụng để chuyển đổi dữ liệu thu thập được vào firebase và ứng dụng. Module này nhận các dữ liệu cảm biến từ các khối cảm biến để tải lên Server, đồng thời lấy dữ liệu điều khiển từ Server để điều khiển chế độ Auto (Thực hiện so sánh điều kiện các giá trị cảm biến để tự động điều khiển thiết bị chấp hành tương ứng) hoặc Manual (Lấy dữ liệu từ Server để điều khiển các thiết bị chấp hành tương ứng).

#### c. Khối khuếch đại/Cách ly

Khuếch đại tín hiệu đầu ra để phù hợp cho việc điều khiển các thiết bị có công suất lớn.

#### d. Server

Nơi lưu trữ dữ liệu của Mô hình trồng nấm hoặc App gửi lên. Đóng vai trò trung gian giữa giao tiếp giữa Mô hình và người dùng.

#### e. App

Các dữ liệu đo từ cảm biến được gửi lên Server, App sẽ lấy các dữ liệu đó về để hiển thị lên App. Qua đó người dùng có thể quan sát, theo dõi tình trạng của mô hình trồng nấm, tiến hành thao tác điều khiển phù hợp. Khi thao tác sẽ gửi dữ liệu tương ứng lên Server để Mô hình trồng nấm lấy về xử lý.

#### f. Khối nguồn

Khối này có chức năng cung cấp nguồn năng lượng hợp lý, ổn định cho từng khối trong hệ thống, giúp hệ thống hoạt động ổn định, giảm thiểu lượng tiêu thụ điện năng, đảm bảo độ an toàn cho các thiết bị của hệ thống.

### 3.3 Thiết kế hệ thống

#### 3.3.1 Phần cứng

##### a) Module ESP32

Bảng 3. Thông số kỹ thuật module ESP32

**\*Thông số kỹ thuật:**

• Loại: Wifi + Bluetooth Module
• Mô hình: ESP32 38 chân
• Điện áp nguồn (USB): 5V DC
• Đầu vào/Đầu ra điện áp: 3.3V DC
• Công suất tiêu thụ: 5μA trong hệ thống treo chế độ
• Hiệu suất: Lên đến 600 DMIPS
• Tần số: lên đến 240MHz
• Wifi: 802.11 B/g/n/E/I (802.11N @ 2.4 GHz lên đến 150 Mbit/S)
• Bluetooth: 4.2 BR/EDR BLE 2 chế độ điều khiển
• Bộ nhớ: 448 Kbyte ROM, 520 Kbyte SRAM, 6 Kbyte SRAM trên RTC và QSPI Hỗ trợ đèn flash / SRAM chip
• Chip USB-Serial: CP2102
• Ắng ten: PCB
• GPIO kỹ thuật số: 24 chân (một số chân chỉ làm đầu vào)
• Kỹ thuật số Analog: 12bit SAR loại ADC, hỗ trợ các phép đo trên lên đến 18 kênh, một số chân hỗ trợ một bộ khuếch đại với lập trình tăng
• Bảo mật: IEEE 802.11, bao gồm cả WFA, WPA/WPA2 và WAPI
• Phản cứng tăng tốc mật mã học: AES, SHA-2, RSA, hình elip mật mã Đường Cong (ECC), số ngẫu nhiên Máy phát điện (RNG).



Hình 2. Minh họa Module ESP32

b) Cảm biến ánh sáng BH1750



Hình 3. Minh họa cảm biến ánh sáng BH1750

Bảng 4. Thông số kỹ thuật cảm biến ánh sáng BH1750

**\*Thông số kỹ thuật:**

• Đường kính ngoài 26mm, đường kính cạnh lớn 28,5mm, cao 26mm (cộng với hạt ánh sáng)
• Điện áp làm việc: 5VDC
• Giao tiếp: I2C
• Dải ánh sáng đầu vào: 1- 65535lx
• Độ nhạy đỉnh bước sóng: 560nm
• Phụ thuộc ánh sáng yếu: sợi đốt, huỳnh quang, halogen, đèn LED trắng, đèn huỳnh quang..

c) Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm SHT30



Hình 4. Minh họa cảm biến SHT30

Bảng 5. Thông số kỹ thuật cảm biến SHT30

**\*Thông số kỹ thuật:**

• Điện áp sử dụng: 3.3~5VDC
• Giao tiếp: I2C
• Dòng tiêu thụ: 300 uA
• Kích thước: 58.8 x 26.7 x 13.8 (mm)
• Độ phân giải chính xác: 0.1
• Khoảng đo: 0100% RH
• Khoảng đo nhiệt độ: -40 °C ~ 80 °C
• Đo lường chính xác độ ẩm: ± 3% RH
• Đo lường chính xác nhiệt độ: ± 0.5 °C



d) Cảm biến mực nước (xăng) phao



Hình 5. Minh họa cảm biến mực nước

e) Cảm biến nồng độ CO2 CCS811



Hình 6. Minh họa cảm biến nồng độ CO2 CCS811

Bảng 6. Thông số kỹ thuật cảm biến nồng độ CO2

*Thông số kỹ thuật:
• Cảm biến chất lượng không khí CO2 VOC TVOC CCS811
• Điện áp sử dụng: 3.3VDC
• Dòng tiêu thụ: < 45mA
• Giao tiếp: I2C mức TTL 3.3VDC.
• Khoảng nồng độ eCO2 đo được: 400~8192ppm
• Khoảng nồng độ TVOC đo được: 0~1187ppb
• Thời gian cập nhật nhanh.
• Tiết kiệm năng lượng.

f) Vi phun sương 3 mắt



Hình 7. Minh họa vi phun sương 3 mắt

Bảng 7. Thông số kỹ thuật vi phun sương 3 mắt

*Thông số kỹ thuật:
• Điện áp sử dụng: 36V
• Công suất: 170W
• Lưu lượng phun: 5L/H
• Số mắt phun: 3 mắt
• Kích thước mắt: 20mm
• Cảm biến mực nước: Có
• Mực nước phù hợp: Cách đầu tạo sóng từ 1mm – 25mm
• Tiếng ồn: 36 – 45db
• Kích thước: 155mm x 90mm x 56mm
• Trọng lượng: 1kg

g) Quạt tản nhiệt 12V IP68



Hình 8. Minh họa quạt tản nhiệt 12V IP68

Bảng 8. Thông số kỹ thuật quạt tản nhiệt 12V IP68

*Thông số kỹ thuật:
• Chiều dài : 113mm
• Chiều rộng : 113mm
• Chiều dày: 39mm
• Điện thế: 12v
• Trọng lượng: 0.15kg

h) Sò nóng lạnh



Hình 9. Minh họa sò nóng lạnh Peltier

Bảng 9. Thông số kỹ thuật Sò nóng lạnh Peltier

<b>Thông số kỹ thuật:</b>	
• Kích cỡ:	4 cm x 4 cm
• I(A):	5 A -10A
• Điện áp :	3 V~ 15,4 V (dòng 1 chiều DC)
• Công suất làm lạnh:	50 W, 90 W, 120 W
• Chênh lệch nhiệt độ 2 mặt:	~67°C
• Nhiệt độ làm lạnh tối đa:	- 6 °C .

i) Dây LED RGB 12V



Hình 10. Minh họa Dây led RGB 12V

Bảng 10. Thông số kỹ thuật Dây led RGB 12V

<b>*Thông số kỹ thuật:</b>	
• LED Power:	14,4W/m
• Voltage:	12V
• Environmental Temperature:	-20°C~60°C
• Environmental Humidity:	0%-95%
• LED/M:	60
• Driver:	Included
• Lifespan:	50,000 hours
• Color:	RGB
• Water resistant:	Y/N

j) Relay JQ1P-12V-F



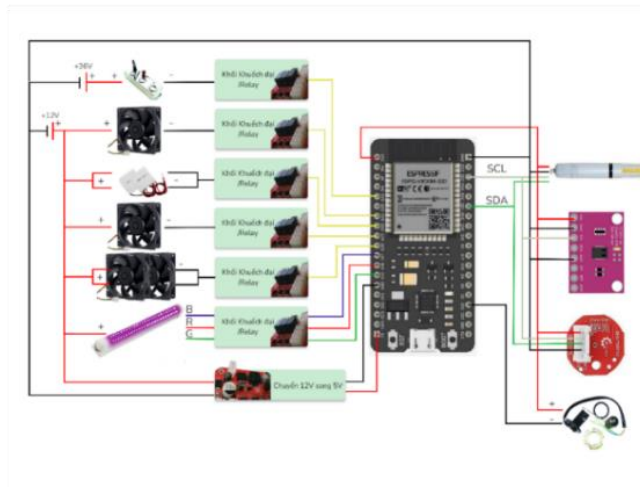
Hình 11. Minh họa Relay JQ1P-12V-F

Bảng 11. Thông số kỹ thuật Relay JQ1P-12V-F

**\*Thông số kỹ thuật:**

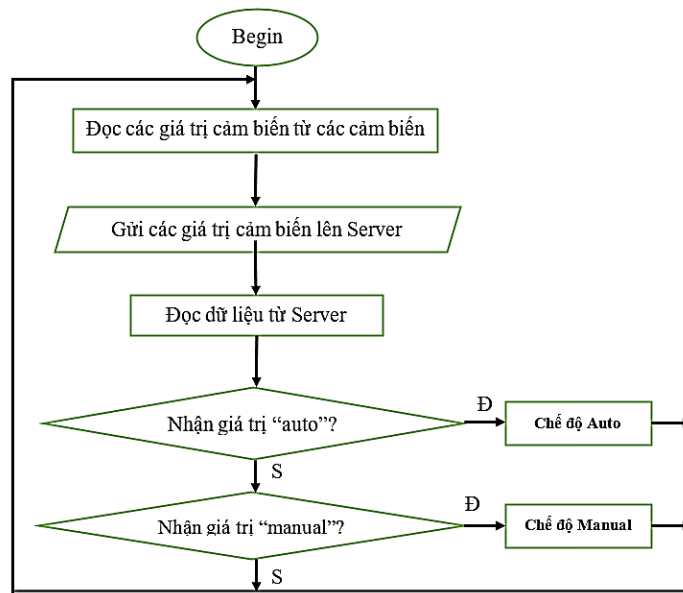
Điện áp kích coil	12 V dc
Tiếp điểm	SPDT
Cách gắn	Hàn PCB
Dòng điện chuyển mạch	10A
Kiểu chân	Xuyên lỗ
Điện áp chuyển mạch max AC	250 V ac
Điện áp chuyển mạch max DC	110 V dc
Chiều cao	15.6mm
Chiều sâu	10mm
Công suất max DC	150 W
Công suất max AC	1.25 kVA
Chiều dài	20mm

### 3.3.2 Sơ đồ kết nối phần cứng



### 3.3.3 Phần mềm

Phần này bao gồm thông tin chi tiết về mô hình phần mềm. Hệ thống được đề xuất phát triển dưới ESP32, đây là công cụ hữu ích để tích hợp phần cứng với phần mềm và giúp kết nối các cảm biến và thiết bị I/O. Hình dưới đây mô tả việc thực hiện thuật toán của thiết bị này.

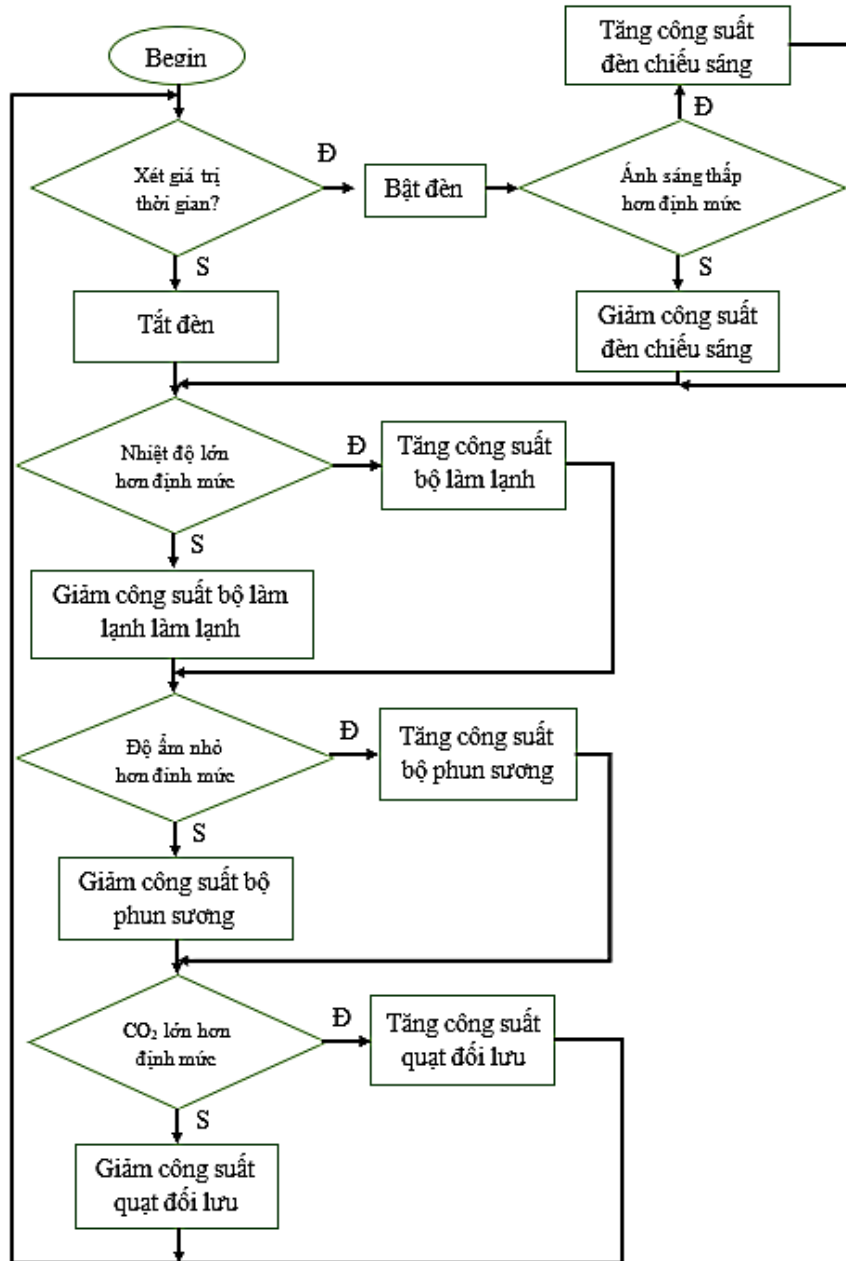


Hình 12. Lưu đồ giải thuật ESP32

Sau khi khởi động mô hình, ESP32 sẽ khởi tạo các thư viện, chức năng cần thiết để hoạt động, các cảm biến sẽ thu thập giá trị của các đại lượng vật lý trong môi trường, ESP32 sẽ lấy các giá trị đó để gửi lên Server, sau đó ESP32 sẽ đọc giá trị chế độ điều khiển trên Server. Nếu là chế độ “auto” thì ESP32 sẽ điều khiển mô hình theo chế độ auto. Nếu là chế độ “manual” thì ESP32 sẽ điều khiển mô hình theo chế độ manual.

### 3.4 Lưu đồ giải thuật thiết kế ứng dụng

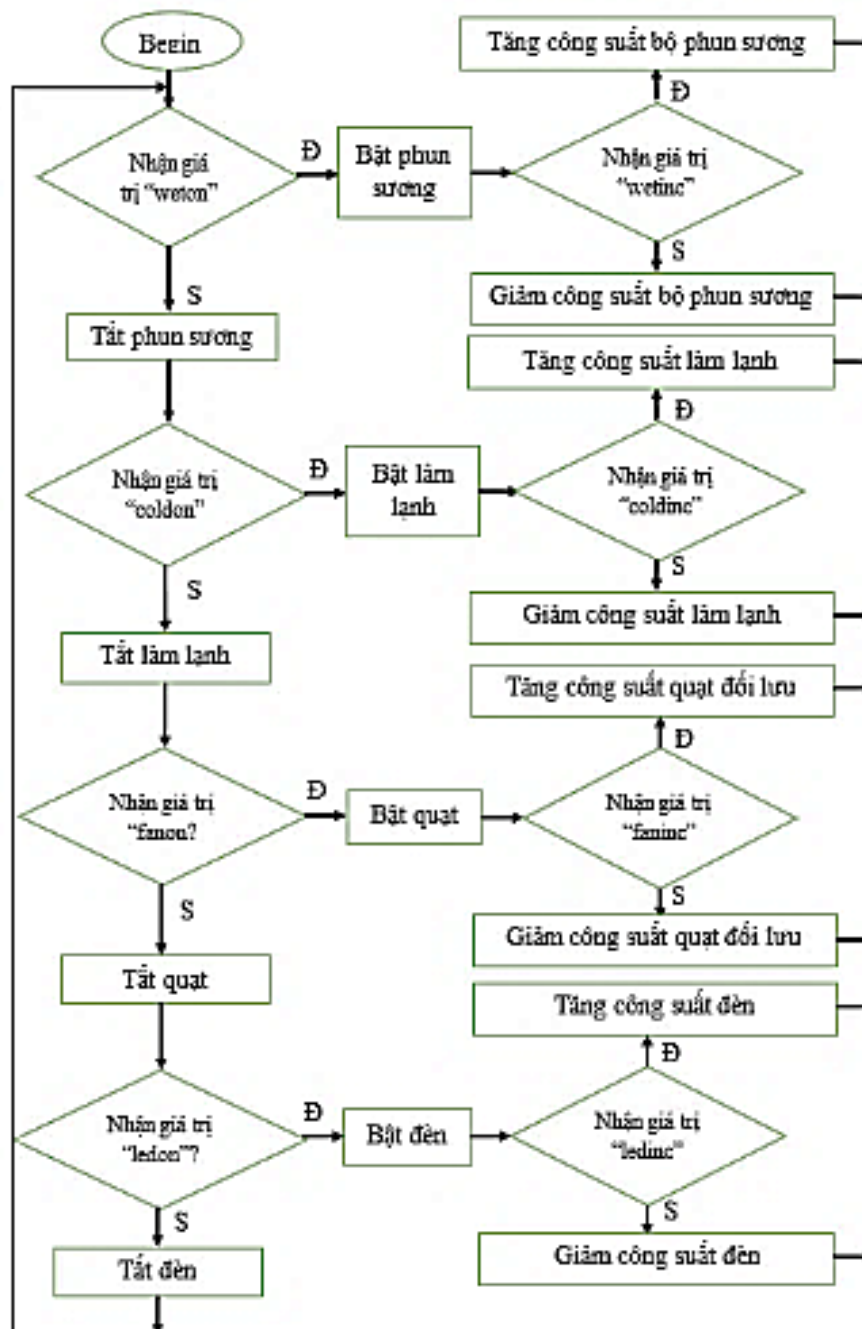
#### 3.4.1 Lưu đồ giải thuật chương trình Auto



Hình 13. Lưu đồ giải thuật chương trình Auto

Ở chế độ Auto, ESP32 sẽ kiểm tra thời gian hiện thời thông qua server ntp, nếu thời gian là 8 giờ đến 17 giờ thì ESP32 sẽ kiểm tra tiếp xem giá trị ánh sáng đo được đã thích hợp hay chưa để tăng giảm công suất cho phù hợp, nếu thời gian ở ngoài khoảng từ 8 giờ đến 17 giờ thì đèn sẽ tắt. Tương tự với các thiết bị chấp hành khác sẽ kiểm tra nhiệt độ, độ ẩm, CO2 xem đã thích hợp chưa để tăng giảm công suất bộ làm lạnh, bộ phun sương, quạt đối lưu cho thích hợp.

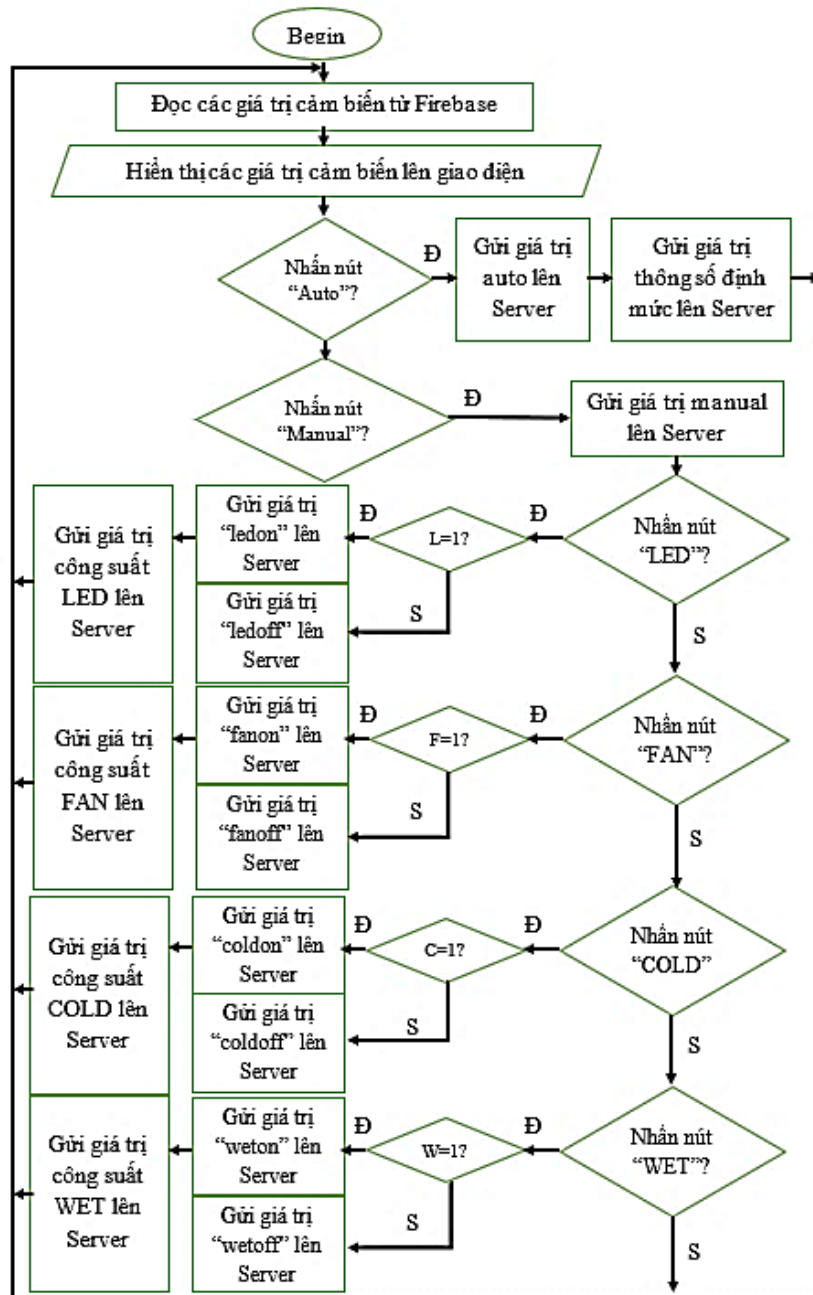
### 3.4.2 Lưu đồ giải thuật chương trình Manual



Hình 14. Lưu đồ giải thuật chương trình Manual

Ở chế độ Manual, ESP32 sẽ đọc lệnh điều khiển từ Server, nếu lệnh điều khiển là weton thì ESP32 sẽ điều khiển bật phun sương, wetoff sẽ điều khiển tắt phun sương, tương tự với các thiết bị chấp hành còn lại.

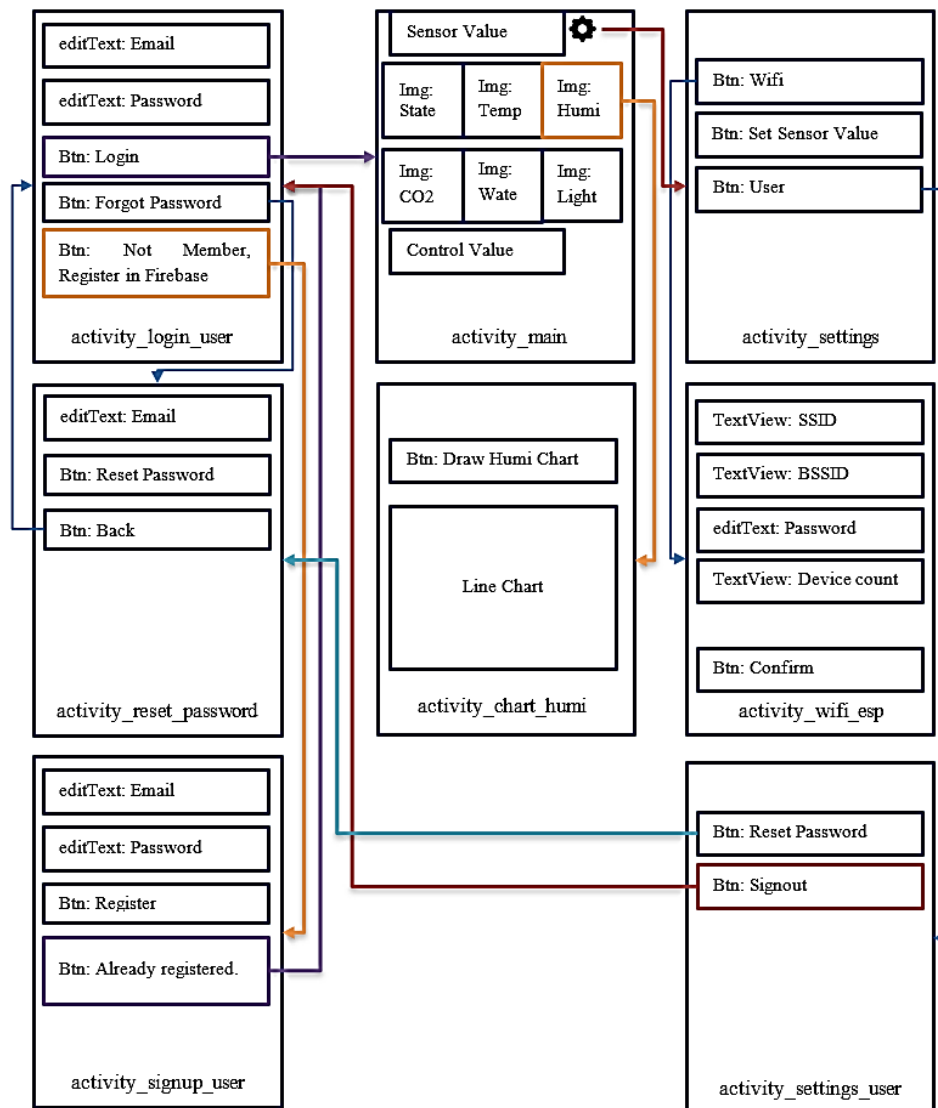
### 3.4.3 Lưu đồ giải thuật cho App Mobile



Hình 15. Lưu đồ giải thuật cho App Mobile

App sẽ đọc các giá trị cảm biến từ Server sau đó hiển thị lên màn hình. App có các nút điều khiển: Chế độ, Điều khiển Phun sương, Điều khiển Làm lạnh, Điều khiển quạt, Điều khiển đèn. Khi bấm nút Chế độ sẽ chuyển đổi qua lại giữa chế độ Auto và Manual và gửi lên giá trị chế độ tương ứng lên Server. Tương tự bấm nút điều khiển các thiết bị chấp hành sẽ gửi lên Server giá trị điều khiển on/off tương ứng.

### 3.4.4 Sơ đồ liên kết giữa các màn hình của App



Hình 16. Sơ đồ liên kết giữa các màn hình của App

## 4 KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

### 4.1 Mô hình trồng nấm linh chi

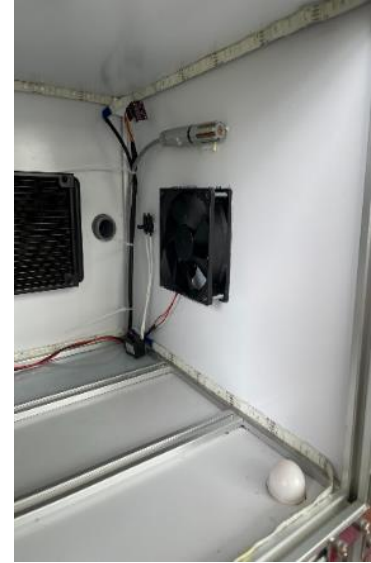
Mô hình dạng tủ cao có kích thước 40x35x60cm, được đóng khung bằng nhôm. Kết cấu tủ gồm 2 tầng: 1 tầng để trồng nấm, trồng tối đa 5 phôi nấm và 1 tầng để các thiết bị. Mô hình bao gồm hệ thống đường ống tạo âm, phun sương, hệ thống làm lạnh, thiết bị chứa nước, đèn chiếu sáng và quạt thông hơi.



Hình 17. Mặt trước của mô hình



Hình 18. Mặt hông bên trái của mô hình



Hình 19. Vị trí đặt các cảm biến



Hình 20. Mặt sau của mô hình



Hình 21. Mặt hông bên phải của mô hình

## 4.2 App điều khiển mô hình

Các dữ liệu thu thập được từ môi trường sẽ hiển thị đầy đủ trên màn hình chính của ứng dụng. Tiếp theo, chế độ điều khiển sẽ được chọn thông qua ứng dụng với hai chế độ: Auto (tự động), Manual (bằng tay). Cuối cùng, các thiết bị chấp hành đang tạm ngừng hay đang hoạt động với công suất bao nhiêu % cũng đều hiển thị trên màn hình. Ngoài ra, điều kiện môi trường mà cảm biến thu thập được sẽ được đánh giá mức độ khi so sánh với giá trị ngưỡng mà chúng tôi đã đặt để phù hợp với điều kiện trồng nấm. (Hình 22)

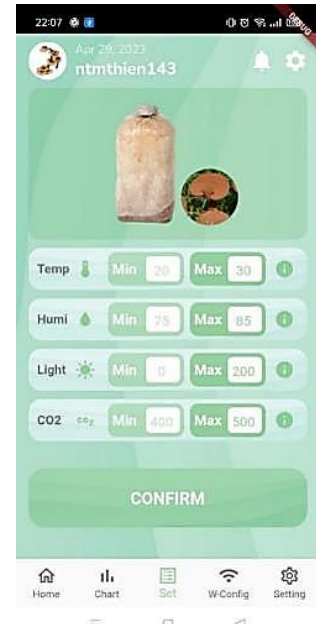




Hình 22. Màn hình chính hiển thị thông số môi trường



Hình 23. Màn hình vẽ biểu đồ cho các thông số môi trường



Hình 24. Màn hình đặt giá trị ngưỡng cho các thông số môi trường

Biểu đồ thông số môi trường ở Hình 23 thể hiện các thông số nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, CO2, giúp hiển thị trực quan các thay đổi về môi trường sau mỗi 45 phút. Thông qua biểu đồ này, chúng tôi có thể theo dõi các thay đổi của môi trường, phát hiện ra các xu hướng và biến đổi. Từ đó có thể đưa ra các quyết định hợp lý cho môi trường trồng nấm mang lại hiệu quả cao.

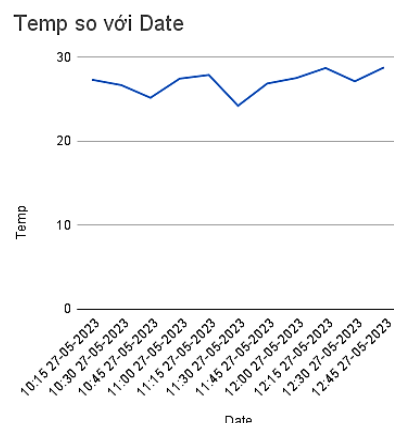
## 5 ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

### 5.1 Độ chính xác

Các thiết bị cảm biến trong mô hình trả về số liệu chính xác so với khi sử dụng các cảm biến bên ngoài để kiểm tra độ chính xác. So sánh khi đo nhiệt độ giữa cảm biến AM2315 và cảm biến SHT30 trong cùng một khoảng thời gian:



Hình 25. Biểu đồ giá trị nhiệt độ lấy từ AM2315

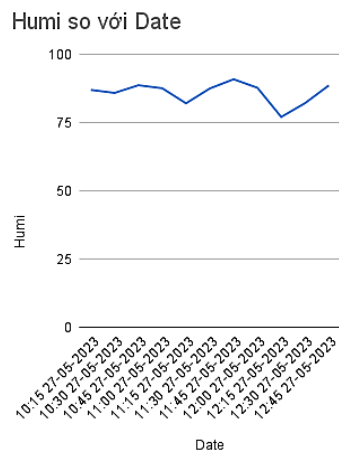


Hình 26. Biểu đồ giá trị nhiệt độ bên ngoài từ SHT30

So sánh khi đo độ ẩm giữa cảm biến AM2315 và cảm biến SHT30 trong cùng một khoảng thời gian:



Hình 27. Biểu đồ giá trị độ ẩm lấy từ AM2315

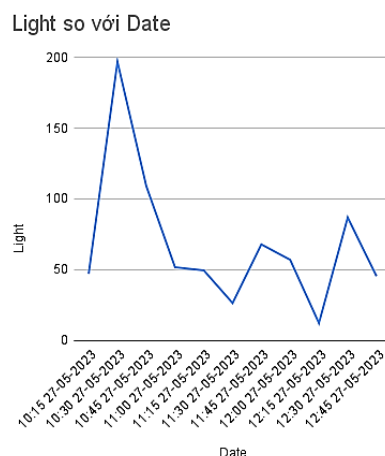


Hình 28. Biểu đồ giá trị độ ẩm bên ngoài từ SHT30

So sánh khi đo cường độ ánh sáng giữa cảm biến BH1750 và cảm biến BH1750FVI trong cùng một khoảng thời gian:



Hình 29. Biểu đồ giá trị cường độ ánh sáng lấy từ BH1750



Hình 30. Biểu đồ giá trị cường độ ánh sáng bên ngoài từ BH1750FVI

Kết quả so sánh cho thấy giá trị môi trường đo được từ cảm biến bên trong mô hình xấp xỉ giá trị đo được từ cảm biến bên ngoài. Giá trị này sẽ được đo tại nhiều thời điểm để đảm bảo tính chính xác của kết quả đo, từ đó điều khiển các thiết bị chấp hành phù hợp.

## 5.2 Độ hiệu quả

So sánh giữa trồng nấm linh chi bên trong mô hình và môi trường bên ngoài:  
Sau 1 tuần:



Hình 31. Nấm linh chi trồng trong mô hình sau 1 tuần



Hình 32. Nấm linh chi trồng bên ngoài sau 1 tuần

Sau 2 tuần:



Hình 33. Nấm linh chi trồng trong mô hình sau 2 tuần



Hình 34. Nấm linh chi trồng bên ngoài sau 2 tuần

Sau 4 tuần:



Hình 35. Nấm linh chi trồng trong mô hình sau 4 tuần



Hình 36. Nấm linh chi trồng bên ngoài sau 4 tuần

Sau 5 tuần:



Hình 37. Nấm linh chi trồng trong mô hình sau 5 tuần



Hình 38. Nấm linh chi trồng bên ngoài sau 5 tuần

Tới gian đoạn thu hoạch:



Hình 39. Nấm linh chi trồng trong mô hình đến giai đoạn thu hoạch



Hình 40. Nấm linh chi trồng bên ngoài đến giai đoạn thu hoạch

Sau 1,5 tháng nấm trồng trong mô hình đã thu hoạch được, nấm phát triển tương đối đều, màu đẹp tuy nhiên thời gian thu hoạch lại chậm hơn trồng bên ngoài 5 ngày, nấm trồng bên trong mô hình cũng có cuống ngắn hơn, tai nấm nhỏ hơn so với nấm trồng bên ngoài, bù lại nấm trồng trong mô hình phát triển đều hơn và có tai nấm đẹp hơn so với nấm trồng trong môi trường bên ngoài. Vì vậy, độ hiệu quả của mô hình chưa cao nhưng ở mức tạm chấp nhận được khi triển khai trồng nấm linh chi.

## 6 KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày về Mô hình trồng nấm linh chi thông minh ứng dụng. Phần cứng được sử dụng là Module ESP32 cùng với các thiết bị cảm biến, chấp hành tương ứng và các phần mềm bao gồm Arduino IDE, kết hợp với Android Studio cho lập trình ứng dụng. Kết quả mà bài báo đạt được là mô hình thông minh được điều khiển thông qua ứng dụng điện thoại hoặc điều khiển tự động giúp người nông dân tiết kiệm thời gian, công sức và quản lý, kiểm soát dễ dàng việc trồng nấm linh chi đồng thời đảm bảo các thông số vật lý môi trường ở mức phù hợp nhất để góp phần nâng cao năng suất, chất lượng nấm linh chi, nâng cao hiệu quả kinh tế.

Hướng phát triển mà mô hình có thể thực hiện:

- Nghiên cứu và thu thập thông tin về nấm linh chi: Nghiên cứu các loại nấm linh chi khác nhau, tính chất dinh dưỡng, đặc tính sinh trưởng, cách trồng và điều kiện môi trường phát triển tối ưu của từng loại.

- Tìm hiểu và nâng cao kỹ thuật bằng các công nghệ mới trong việc trồng nấm linh chi: Tìm hiểu và áp dụng các công nghệ mới như IoT, trí tuệ nhân tạo (AI), tự động hóa (Automation), máy học (Machine Learning) trong quá trình trồng nấm linh chi để có thể giám sát thêm các điều kiện chủ quan của nấm như nấm mốc, sâu bệnh từ đó tìm ra giải pháp nâng cao hiệu suất và chất lượng nấm.
- Cải tiến mô hình: Mở rộng qui mô từ mô hình trồng trong nhà thành một nhà trồng nấm hay một trang trại. Việc mở rộng qui mô tương đương sử dụng các thiết bị chấp hành và cảm biến mang tính công nghiệp hơn. Điều này đòi hỏi phải thiết kế lại mô hình cho phù hợp với từng quy mô.

Ngoài ra, kết quả nghiên cứu của bài báo này cũng sẽ mang lại nhiều lợi ích cho các nhà nghiên cứu khác, bao gồm:

- Cung cấp thông tin và nền tảng để phát triển và tối ưu hóa các mô hình trồng nấm linh chi thông minh khác.
- Giúp tăng hiểu biết về cách sử dụng công nghệ IoT trong các mô hình trồng nấm. Họ có thể sử dụng kinh nghiệm này để phát triển các mô hình trồng nấm khác sử dụng công nghệ mới nhất.
- Phát triển các sản phẩm từ nấm linh chi với chất lượng cao hơn và giá thành thấp hơn.
- Khuyến khích sự phát triển và ứng dụng các công nghệ mới trong nông nghiệp và sản xuất nông sản. Đưa ra các giải pháp mới cho việc trồng các loại cây trồng khác, giúp tăng năng suất và chất lượng sản phẩm.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Paschal U.C và cộng sự, An Internet of Things (IoT) based smart agriculture monitoring system for enhanced productivity in a controlled farm environment, 2022.
- [2] Akram Ahmed và cộng sự, IoT-based smart irrigation system for efficient agricultural water management, 2019.
- [3] Jiu Li Chong và cộng sự, Internet of Things (IoT)-Based Environmental Monitoring and Control System for Home-Based Mushroom Cultivation, 2022.
- [4] N. N. Son, Tổng quan về IoT, Hồ Chí Minh, 2022.
- [5] Sở Khoa học và Công nghệ TPHCM, Quy trình nuôi trồng và sản xuất nấm linh chi, 2018.

YSC5.F124

## CẤU TRÚC BỘ ĐIỀU KHIỂN KÉP BAO GỒM MÔ HÌNH TIỂU NÃO MỜ TỰ TỔ CHỨC SỬ DỤNG HÀM LIÊN THUỘC GAUSSIAN XÉP CHỒNG VÀ MẠNG LƯỚI HỌC TẬP CẢM XÚC CỦA NÃO CHO HỆ THỐNG ROBOT SONG SONG

LÊ TÔNG TÂN HÒA<sup>1\*</sup>, NGÔ THANH QUYỀN<sup>1</sup>, NGUYỄN VĂN THỌ<sup>1</sup>, LÂM BÌNH MINH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Khoa công nghệ Điện, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

*\* letongtanhoa78@gmail.com*

**Tóm tắt.** Hệ thống robot song song được áp dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như y tế, sản xuất, vận chuyển, ... Tuy nhiên, việc điều khiển một hệ thống phi tuyến bất kỳ luôn gặp trở ngại lớn bởi luôn có thành phần bất định tồn tại trong các hệ thống đó. Điều đó khiến cho mô hình toán của hệ thống rất khó xác định. Bài báo này đề xuất bộ điều khiển sử dụng cấu trúc tự tổ chức cho hệ thống Robot 2 bậc song song của hãng Quanser. Robot có hai động cơ sẽ điều khiển bốn thanh, bao gồm hai thanh gắn trực tiếp vào động cơ và hai thanh bị động. Bộ điều khiển đề xuất là sự kết hợp giữa mặt trượt và hai hệ thống con hoạt động độc lập song song bao gồm brain emotional learning network (BEL), cerebellar model articulation controller network (CMAC). Bộ điều khiển đề xuất được áp dụng vào hệ thống đã mô tả ở trên nhằm kiểm nghiệm tính xác thực giữa lý thuyết và thực tế thông qua nhiều kết quả mô phỏng và thực nghiệm.

**Từ khóa.** Kỹ thuật tự tổ chức, bộ điều khiển mô hình tiểu não, điều khiển thích nghi, bộ điều khiển học tập cảm xúc não.

### DOUBLE CONTROLLER STRUCTURE INCLUDES A SELF-ORGANIZING EMOTIONAL FUZZY MODEL ARTICULATION CONTROLLER BASED OVERLAPPING GAUSSIAN MEMBERSHIP FUNCTION BRAIN EMOTIONAL LEARNING NETWORK FOR PARALLEL ROBOT SYSTEM

**Abstract.** Parallel robotic systems are applied in many different fields such as medicine, manufacturing, transportation, etc. However, controlling any nonlinear system is always a big obstacle because those systems always have problems with uncertainty components. That makes the mathematical model of the system very difficult to determine. This paper proposes a controller using a self-organizing structure for Quanser's 2 DOF parallel robot system. A robot with 2 motors will control 4 connecting rods, of which 2 are directly attached to the engine and 2 are passive. The proposed controller is a combination of sliding surface generator and two independent parallel subsystems including a brain-emotional learning (BEL) network, and a cerebellar model articulation control network (CMAC). The proposed controller is applied to the Robot described above to test the authenticity between theory and reality through many simulations and experimental results.

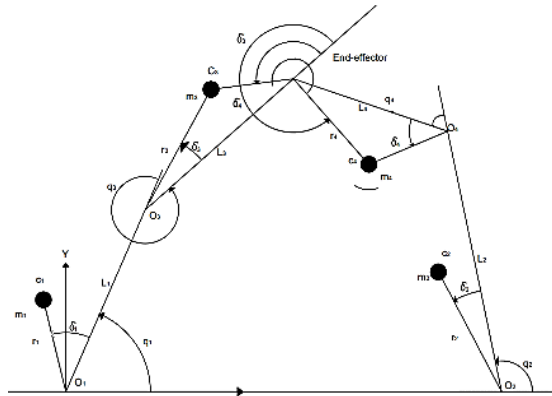
**Keywords.** Self-organizing technique, cerebellar model articulation controller, adaptive control, brain emotional learning network (BEL).

## 1 GIỚI THIỆU

Điều khiển hệ thống phi tuyến được coi là nhiệm vụ quan trọng trong kỹ thuật điều khiển. Đặc biệt, bộ điều khiển cần xử lý được tính phi tuyến của hệ thống để kiểm soát được hiệu quả [1], [2]. Tuy nhiên, mô hình toán học cho tính chất phi tuyến gặp nhiều khó khăn và đồng thời cũng làm giảm chất lượng của bộ điều khiển [3], [4]. Vì vậy, bộ điều khiển dựa trên mạng nơ ron nhân tạo đã phát triển nhanh chóng các để đạt được tốc độ hội tụ nhanh và khả năng đáp ứng linh hoạt [5]. Đối với các hệ thống thực tế, bộ điều khiển

cần đáp ứng nhanh để xử lý tình huống một cách hiệu quả. Một số bộ điều khiển dựa trên mạng nơ ron đã cải thiện chất lượng điều khiển [6]. Ngoài ra, bộ điều khiển có thể sử dụng mạng nơ ron kết hợp mạng học tập cảm xúc của não và mạng chức năng tự tổ chức [7]. Tuy nhiên, việc bổ sung như vậy chỉ cho phép thêm hoặc xóa mỗi lần một nơ-ron nên cần có một phương pháp hiệu quả hơn. Ngoài ra, Huynh và các cộng sự đã xây dựng một cấu trúc tự tổ chức để điều khiển các hệ thống phi tuyến [8], [9]. Trong nghiên cứu này, các tác giả đã thêm hoặc loại bỏ nhiều trọng số trong mỗi chu kỳ lặp. Bằng kết quả thực nghiệm, tác giả nhận thấy rằng bộ điều khiển học tập cảm xúc của não mạng (BEL) có hiệu suất tốt hơn trong điều khiển bám vì tính chất cấu trúc kép của nó. Trong nghiên cứu [9], hai kênh trong BEL chia sẻ trọng số và cùng cấu trúc mạng. Các tác giả cũng sử dụng CMAC, một mạng nơ ron kênh đơn đã được sử dụng rộng rãi trong hệ thống điều khiển robot [10]. Vì vậy, việc sử dụng cấu trúc mạng CMAC để cải thiện BEL và kết hợp tính toán nhằm nâng cao chất lượng điều khiển trong hệ phi tuyến là một lựa chọn có tiềm năng phát triển. Dựa vào nhận định trên, nghiên cứu này đề xuất một mạng nơ ron tự tổ chức mới gọi là bộ điều khiển tự tổ chức khớp nối mô hình tiểu não cảm xúc (SOEDNN), kết hợp mạng CMAC và bộ điều khiển học tập cảm xúc của não (BELC). Đặc biệt, cấu trúc tự tổ chức được tích hợp vào mạng để xuất để xác định khi nào tạo ra một lớp mới hoặc xóa một lớp trọng số. Để đảm bảo chất lượng bền vững của hệ thống, các quy tắc học tập của CMAC và bộ điều khiển bền vững được dựa trên hàm Lyapunov. Dựa trên mạng mới này, nghiên cứu này ứng dụng vào hệ thống robot hai bậc song song nhằm kiểm nghiệm tính xác thực giữa thực tế và lý thuyết đề ra. Phần còn lại của bài viết được tổ chức như sau. Phần II giới thiệu mô hình toán học của đối tượng. Phần III trình bày lý thuyết về mô hình SOEDNN. Phần IV mô tả quá trình thực nghiệm giải thuật SOEDNN. Phần V là kết quả thực nghiệm. Phần VI là phần kết của nghiên cứu này.

## 2 MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA ĐỐI TƯỢNG



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc robot song song hai bậc

Hình 1 thể hiện sơ đồ cấu trúc của một robot song song hai bậc. Phương trình động lực học của cánh tay robot được mô tả như sau :

$$\mathbf{M}(\mathbf{q}')\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{C}(\mathbf{q}', \dot{\mathbf{q}})\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{B}_m\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{g}(\mathbf{q}') = \mathbf{K}_\tau \mathbf{I}_m \quad (1)$$

$$\mathbf{q}' = \sigma(\mathbf{q}) \quad (2)$$

Trong đó  $\mathbf{q}' = (q_1, q_2, q_3, q_4)^T$  là tọa độ tổng quát của các khớp robot và  $\mathbf{q} = (q_1, q_2)^T$  là hai khớp điều khiển;  $\mathbf{q}', \dot{\mathbf{q}}, \ddot{\mathbf{q}} \in R^n$  lần lượt là các vector vị trí, vận tốc và gia tốc khớp;  $\mathbf{M}(\mathbf{q}') \in R^{2 \times 2}$  là ma trận của mô men quán tính;  $\mathbf{C}(\mathbf{q}', \dot{\mathbf{q}}) \in R^{2 \times 2}$  đại diện cho lực hướng tâm và hiệu ứng Coriolis;  $\mathbf{B}_m = (b_{m1}, b_{m2})$ , trong đó  $b_{mi}$  ( $i = 1, 2$ ) biểu thị độ nhớt của động cơ thứ  $i$ ;  $\mathbf{g}(\mathbf{q}') \in R^{2 \times 1}$  là vector trọng lực;  $\mathbf{I}_m$  ( $i = 1, 2$ ) là dòng điện phản ứng của động cơ thứ  $i$ ;  $\mathbf{K}_\tau = \text{diag}(K_{\tau 1}, K_{\tau 2})$  là hằng số đặc trưng cho sự biến đổi cơ điện giữa dòng điện và mômen.

Mối liên hệ giữa  $\mathbf{q}'$  và  $\mathbf{q}$  được thể hiện qua  $\sigma(\mathbf{q})$  có thể biểu diễn bằng phương trình sau :

$$q_4 = \arctan \left[ \frac{\pm \sqrt{A^2(q_1, q_2) + B^2(q_1, q_2) - C^2(q_1, q_2)}}{C(q_1, q_2)} \right] + \arctan \left[ \frac{B(q_1, q_2)}{A(q_1, q_2)} \right] - q_2 \quad (3)$$

$$q_3 = \arctan \left[ \frac{\mu(q_1, q_2) + L_4 \sin(q_2 + q_4)}{\lambda(q_1, q_2) + L_4 \sin(q_2 + q_4)} \right] - q_1 \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 A(q_1, q_2) &= 2L_4 \lambda(q_1, q_2) \\
 B(q_1, q_2) &= 2L_4 \mu(q_1, q_2) \\
 C(q_1, q_2) &= L_3^2 - L_4^2 - \lambda^2(q_1, q_2) - \mu^2(q_1, q_2) \\
 \lambda(q_1, q_2) &= L_2 \cos(q_2) - L_1 \cos(q_1) + L_5 \\
 \mu(q_1, q_2) &= L_2 \sin(q_2) - L_1 \sin(q_1)
 \end{aligned}$$

Ta có ma trận mô-men quán tính:

$$M'(q') = \begin{bmatrix} m_{11} & 0 & m_{13} & 0 \\ 0 & m_{22} & 0 & m_{24} \\ m_{31} & 0 & m_{33} & 0 \\ 0 & m_{42} & 0 & m_{44} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$m_{11} = m_1 \tau_1^2 + m_3 (L_1^2 + \tau_3^2 + 2L_1 \tau_3 \cos(q_3 + \delta_3)) + J_1 + J_3$$

$$m_{13} = m_{31} = m_3 (\tau_3^2 + L_1 \tau_3 \cos(q_3 + \delta_3)) + J_3$$

$$m_{22} = m_2 \tau_2^2 + m_4 (\tau_2^2 + \tau_4^2 + L_2 \tau_4 \cos(q_4 + \delta_4)) + J_2 + J_4$$

$$m_{24} = m_{42} = m_4 (\tau_3^2 + L_2 \tau_4 \cos(q_4 + \delta_4)) + J_4$$

$$m_{33} = m_3 \tau_3^2 + J_3$$

$$m_{44} = m_4 \tau_4^2 + J_4$$

Lực hướng tâm được biểu diễn là:

$$C'(q', \dot{q}') = \begin{bmatrix} h_1 \dot{q}_3 & 0 & h_1 (\dot{q}_1 + \dot{q}_3) & 0 \\ 0 & h_2 \dot{q}_4 & 0 & h_2 (\dot{q}_2 + \dot{q}_4) \\ -h_1 \dot{q}_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -h_2 \dot{q}_2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$h_1 = -m_3 L_1 \tau_3 \sin(q_3 + \delta_3)$$

$$h_2 = -m_4 L_2 \tau_4 \sin(q_4 + \delta_4)$$

$$g'(q') = 9.81 \times \begin{bmatrix} (m_1 \tau_1 + m_3 L_1) \cos(q_1 + \delta_1) + m_3 \tau_3 \cos(q_1 + q_3 + \delta_3) \\ (m_2 \tau_2 + m_4 L_2) \cos(q_2 + \delta_2) + m_4 \tau_4 \cos(q_2 + q_4 + \delta_4) \\ m_3 \tau_3 \cos(q_1 + q_3 + \delta_3) \\ m_4 \tau_4 \cos(q_2 + q_4 + \delta_4) \end{bmatrix} \quad (7)$$

Trong đó,  $\rho(q') \in \mathbb{R}^{4 \times 2}$  là thành phần đạo hàm của  $\sigma(q)$  với giá trị tốt nhất của  $q$  và  $\dot{\rho}(q', \dot{q}') \in \mathbb{R}^{4 \times 2}$  là thành phần đạo hàm của  $\rho(q')$ .  $M(q') = \rho^T(q') M'(q') \rho(q') + J_m$ ;  $J_m = \text{diag}(J_{m1}, J_{m2})$  và  $J_{mi}$  ( $i = 1, 2$ ) là các ma trận quán tính của động cơ thứ  $i$ .  $C(q', \dot{q}') = \rho^T(q') C'(q') \rho(q') + M'(q') \dot{\rho}(q')$  và  $g(q') = \rho^T(q') g'(q')$ .

Trong hệ thống phi tuyến, phương trình vector trạng thái của hệ cánh tay robot được biểu diễn:

$$\ddot{q}(t) = f(\underline{x}(t)) + G(\underline{x}(t))u(t) + l(\underline{x}(t)) \quad (8)$$

Trong đó  $\ddot{q}(t) \in R^k$  là ngõ ra của hệ thống;  $\underline{x}(t) = [x^T(t) \ \dot{x}^T(t) \ \dots \ x^{(n-1)T}(t)]$  là các vector trạng thái;  $f(\underline{x}(t)) \in R^k$  là hàm danh định trong hệ thống phi tuyến;  $G(\underline{x}(t)) \in R^k$  là hàm số khuếch đại ngõ vào thể hiện là  $G(\underline{x}(t)) \in R^{k \times k}$ ; hàm bất định  $l(\underline{x}(t)) = [l_1(\underline{x}(t)), l_2(\underline{x}(t)), \dots, l_n(\underline{x}(t))]^T \in R^k$ ; ngõ ra của bộ điều khiển được biểu thị ở dạng  $u(t) = [u_1(t) \ u_2(t), \dots, u_k(t)]^T \in R^k$ .

Sai số bám  $e(t) \in R^k$  được biểu diễn theo công thức:  $e(t) = q_d(t) - q(t)$ , trong đó  $q_d(t)$  là giá trị mong muốn trừ cho giá trị phản hồi là  $q(t)$ . Sai số bám của hệ thống được định nghĩa như sau:

$$\underline{e}(t) = [e^T \ \dot{e}^T, \dots, e^{(n-1)T}]^T \quad (9)$$

Mặt trượt của hệ thống được cho như sau:

$$s(t) = e^{(n-1)}(t) + K_1 e^{(n-2)}(t) + \dots + K_{n-1} e(t) + K_n \int_0^t e(t) dt \quad (10)$$

$$\begin{aligned}
 \dot{s}(t) &= e^{(n)}(t) + K_1 e^{(n-1)}(t) + \dots + K_n e(t) \\
 &= \ddot{q}(t) - f_0(x(t)) - g_0 u(t) - l(x(t), t) + K^T e(t)
 \end{aligned} \quad (11)$$

Với  $K = [K_n \ K_{n-1} \ \dots \ K_1]^T$  là hệ số khuếch đại của tín hiệu phản hồi.



Trên thực tế, công thức (8) đã mô tả về các hàm danh định của hệ thống và hàm số khuếch đại. Do đó các hàm  $f(\underline{x}(t))$ ,  $G(\underline{x}(t))$  rất khó được xác định chính xác do sai số với nhiều nguyên nhân khác nhau như độ nhớt thay đổi, hệ số ma sát thay đổi, ngoại lực tác động vào. Để giải quyết vấn đề này, ta xem như giá trị của  $f_0(\underline{x}(t))$ ,  $G_0(\underline{x}(t))$  là thành phần danh định không thay đổi và  $l(\underline{x}(t), t)$  là tổng các thành phần bất định chưa biết theo thời gian trong mô hình. Từ đó ta có thể viết lại phương trình (8) như sau:

$$\ddot{\underline{q}}(t) = f_0(\underline{x}(t)) + G_0 \underline{u}(t) + l(\underline{x}(t), t) \quad (12)$$

Nếu  $f_0(\underline{x}(t))$ ,  $G_0$  và  $l(\underline{x}(t))$  được biết chính xác trong điều kiện lý tưởng

$$f(\underline{x}(t)) = -M^{-1}(q)[C(q, \dot{q})\dot{q} + g(q)] \quad (13)$$

$$G(\underline{x}(t)) = M^{-1}(q) \quad (14)$$

$$l(\underline{x}(t)) = -M^{-1}(q)K_\tau I_m \quad (15)$$

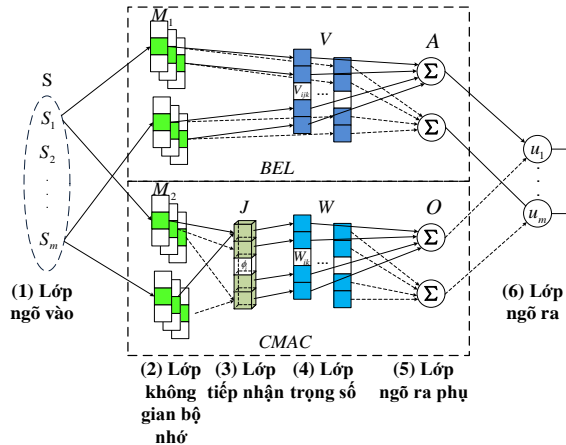
Suy ra bộ điều khiển lý tưởng thu được như sau:

$$\tau_{REWNN} = G_0^{-1} [\ddot{\underline{q}}_d - f_0(\underline{x}) - l(\underline{x}, t) + K^T \underline{e} + \rho \text{sgn}[s(t)]] \quad (16)$$

Trong đó  $\rho \text{sgn}[s(\underline{e}(t))]$  là luật học của mặt trượt và  $\rho > 0$ ; Sai số  $\underline{e}$  được mặt trượt  $s$  xử lí như sau:

$$\dot{s}(t) = G_0[\tau_{REWNN} - \tau_{controller}] - \rho \text{sgn}[s(t)] \quad (17)$$

### 3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN SOEDNN



Hình 2. Cấu trúc của mạng thần kinh SOEDNN đề xuất

Hình 2 mô tả cấu trúc của mạng thần kinh kép. Một cách tổng quát, đây là một sự giao thoa trao đổi giá trị sau không gian bộ nhớ. Các giá trị xuất ra từ không gian bộ nhớ được kết hợp, trao đổi với nhau ở lớp tiếp nhận và lớp trọng số làm gia tăng khả năng kháng nhiễu cũng như độ phức tạp của hệ thống. Cấu trúc mạng neural kép bao gồm lớp ngõ vào (1), lớp bộ nhớ liên kết (2) cho cả hai kênh BEL và CMAC, lớp tiếp nhận (3) của CMAC, lớp trọng số (4) kênh BEL (V) và CMAC (W), lớp ngõ ra phụ (5) và ngõ ra của cấu trúc mạng (6).

#### 3.1 Cấu trúc mạng SOEDNN

Chi tiết của các lớp được mô tả như sau:

##### 3.1.1 Lớp ngõ vào S:

Ngõ vào của mạng là tín hiệu mặt trượt, là  $S = [q_1, q_2, \dots, q_n]^T$ .

##### 3.1.1.1 Kênh BEL:

**Lớp không gian bộ nhớ (M1):** Lớp này bao gồm  $n_b$  khối trong BEL. Mỗi khối là một hàm Gaussian cơ bản được định nghĩa như sau:

$$\xi_{ij}(I_i) = T(I_i, c_{ij}, v_{ij})$$

$$= \exp\left(-\frac{(I_i - c_{ij})^2}{2 \cdot v_{ij}^2}\right) \quad (18)$$

Trong đó  $I_i$  biểu thị ngõ vào thứ  $i$  của mạng.  $\xi_{ij}(I_i)$  là giá trị hiện tại,  $c_{ij}$  là khoảng cách trung bình và  $v_{ij}$  là phương sai ở trạng thái hiện tại.  $\Xi$  là ma trận khối của BEL và được định nghĩa là:

$$\Xi = [\xi_{11} \dots \xi_{1n_b} \dots \xi_{l1} \dots \xi_{ln_b}]^T \in R^{ln_b} \quad (19)$$

**Lớp tiếp nhận:** Không sử dụng.

**Lớp trọng số (V):**  $v_{ijk}$  được xác định là trọng số của ngõ ra thứ  $i$ , ngõ vào thứ  $j$  của khối thứ  $k$  trong BEL.

**Lớp ngõ ra phụ (A):**  $a_i$  là ngõ ra thứ  $i$  của BEL và được định nghĩa như sau:

$$a_i = \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^{n_b} v_{ijk} \eta_{ij} \quad (20)$$

### 3.1.1.2 Kênh CMAC:

**Lớp không gian bộ nhớ (M2):** này bao gồm  $n_k$  khối trong CMAC. Mỗi khối là một hàm Gaussian cơ bản được định nghĩa như sau:

$$\begin{aligned} f_{ij}(I_i) &= T(I_i, m_{ij}, v_{ij}) \\ &= \exp\left(-\frac{(I_i - m_{ij})^2}{2 \cdot z_{ij}^2}\right) \end{aligned} \quad (21)$$

Trong đó  $I_i$  biểu thị ngõ vào thứ  $i$  của mạng.  $\eta_{ij}(I_i)$  là giá trị hiện tại,  $m_{ij}$  là khoảng cách trung bình và  $z_{ij}$  là phương sai ở trạng thái hiện tại.

**Lớp tiếp nhận (J):** Lớp này bao gồm các trường tiếp nhận được tính bằng cách lấy tích của các giá trị ở lớp mờ hóa tương ứng trước đó và được định nghĩa:

$$\phi_j = \prod_{i=1}^l f_{ij} \quad (22)$$

$\Phi$  là ma trận khối của CMAC và được định nghĩa là:

$$\Phi = [\phi_1 \dots \phi_2 \dots \phi_{n_k}]^T \in R^{n_k} \quad (23)$$

**Lớp trọng số (W):**  $w_{ijk}$  được xác định là trọng số của ngõ ra thứ  $i$ , ngõ vào thứ  $j$  của khối thứ  $k$  trong CMAC.

**Lớp ngõ ra phụ (O):**  $o_i$  là ngõ ra thứ  $j$  của CMAC và được định nghĩa như sau:

$$o_i = \sum_{j=1}^{n_k} w_{ijk} \phi_j \quad (24)$$

### 3.1.2 Lớp ngõ ra (T):

$a$  và  $o$  là hai vecto ngõ ra:

$$a = [a_1, a_2, \dots, a_n]^T = V^T \Xi \quad (25)$$

$$o = [o_1, o_2, \dots, o_n]^T = W^T \Phi \quad (26)$$

Trong đó  $n$  là kích thước ngõ ra. Giá trị cuối cùng của mạng neural kép được xác định như sau:

$$u = a - o = V^T \Xi - W^T \Phi \quad (27)$$

## 3.2 Cấu trúc tự tổ chức

Trong cấu trúc SOEDNN còn có cấu trúc tự động cập nhật các tham số hàm Gaussian. Cấu trúc tự cập nhật sẽ cập nhật tham số hiện hành tại lớp không gian bộ nhớ nếu giá trị ngõ vào nằm trong giới hạn. Ngược lại, nó sẽ tạo ra một lớp mới và hình thành lên một siêu khối. Để duy trì sự ổn định và cấu trúc của mạng thì cấu trúc tự tổ chức cũng sẽ tự giảm số lớp hiện hành.

Khoảng cách trung bình  $DM_k$  được tính như sau:

$$DM_k = \|I - m_k\|_2 \quad (28)$$

Với  $m_k = [m_{1k}, \dots, m_{ik}, \dots, m_{n_k k}]^T$

Phương pháp xác định để thêm một lớp mới :

$$\hat{k} = \arg \min_{1 \leq k \leq n_k} DM_k \quad (29)$$

Nếu  $\max_i DM_{\hat{k}} > K_g$  thì một lớp mới được tạo ra với  $K_g$  là giá trị giới hạn cho trước. Nếu như giá trị mới của ngõ vào lớn hơn giá trị hiện tại thì sẽ tạo ra một lớp mới :

$$n_k(t+1) = n_k(t) + 1 \quad (30)$$

Với  $n_k(t)$  là số lớp hiện tại ở thời điểm  $t$ . Các giá trị ngẫu nhiên sẽ được tạo ra ở lớp trọng số mới bao gồm cả giá trị trung bình và giá trị phương sai ban đầu.

$$m_{in_k} = I_i \quad (31)$$

$$z_{in_k} = z_{i\hat{k}} \quad (32)$$

Với  $I_i$  là ngõ vào mới,  $z_{i\hat{k}}$  là hằng số được xác định trước.

Để duy trì cấu trúc của mạng, cấu trúc tự cập nhật sẽ phải xem xét đến việc giảm số lớp. Để giảm số lớp thành phần thứ  $k$  của ngõ ra thứ  $j$  được xác định như sau :

$$MM_{jk} = v_{jk}/o_j \quad (33)$$

Tìm giá trị lớn nhất của ngõ ra thứ  $n$  tương ứng với thành phần nhỏ nhất là :

$$\hat{k} = \arg \min_{1 \leq k \leq n_k} \max_{1 \leq j \leq m} MM_{jk} \quad (34)$$

Nếu  $MM_{jk} \leq K_c$ , khi đó lớp thứ  $k$  phải bị xóa với  $K_c$  là giá trị giới hạn cho trước.

### 3.3 Luật học của mạng SOEDNN

SOEDNN là một cấu trúc mạng ổn định bởi các luật cập nhật và bộ điều khiển bền vững đều thiết kế dựa trên lý thuyết ổn định Lyapunov. Các luật cập nhật kênh BEL của SOEDNN được định nghĩa như sau :

$$\Delta v = \alpha [\Xi \times \max(0, d - b)] \quad (35)$$

$$d = \gamma \times S + \mu \times u_{SOEB} \quad (36)$$

Trong đó  $\alpha$  là tốc độ học của mạng,  $d$  bao gồm ngõ vào  $S$  và ngõ ra  $u_{SOEB}$  của BEL. Luật cập nhật kênh BEL được định nghĩa như sau :

$$v(t + 1) = v(t) + \Delta v \quad (37)$$

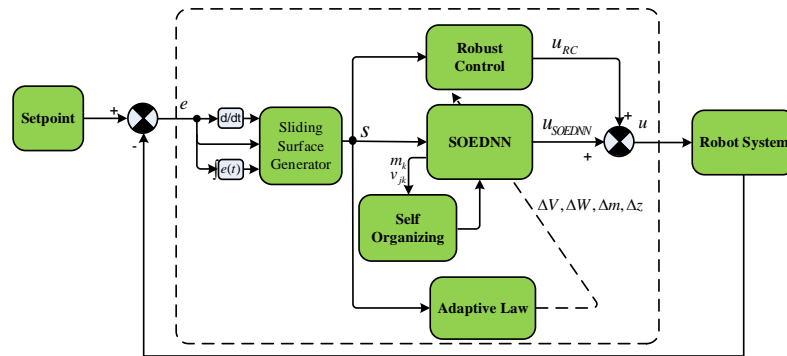
Để có được hiệu suất tốt hơn, các tham số được cập nhật bởi lý thuyết phân tích ổn định Lyapunov. Các luật cập nhật chi tiết của  $w, m, z$  được mô tả trong Mục IV.

$$w(t + 1) = w(t) + \Delta w \quad (38)$$

$$m(t + 1) = m(t) + \Delta m \quad (39)$$

$$z(t + 1) = z(t) + \Delta z \quad (40)$$

## 4 BỘ ĐIỀU KHIỂN SOEDNN CHO ROBOT SONG SONG HAI BẬC



Hình 3. Cấu trúc tổng quan bộ điều khiển SOEDNN cho robot song song hai bậc

Hình 3 mô tả tổng quan về bộ điều khiển SOEDNN, bộ điều khiển gồm 3 phần: một mặt trượt, một bộ điều khiển SOEDNN và một bộ điều khiển bền vững. Các sai số ngõ vào của hệ thống được xử lý bởi mặt trượt, sau đó được đưa vào các hệ thống SOEDNN và bộ điều khiển bền vững để khởi tạo các giá trị điều khiển. Theo cấu trúc bộ điều khiển đề xuất, ngõ vào  $S$  của mạng SOEDNN là tín hiệu ngõ ra liên tục từ mặt trượt :  $S = [s_1, s_2]^T$ . Đồng thời, các luật học của bộ điều khiển bền vững  $\tau_{RC}$  là ngõ ra của mặt trượt. Giá trị ngõ ra của bộ điều khiển đề xuất như sau :

$$\tau_{SOEDNN} = \tau_{REWNN} + \tau_{RC} \quad (41)$$

Giả sử rằng  $\tau_{SOEDNN}^*$  là ngõ ra lý tưởng của mạng SOEDNN để tìm kiếm  $\tau_{REWNN}$  của mặt trượt. Lúc đó ta có thể viết  $\tau_{REWNN}$  như sau :

$$\tau_{REWNN} = \tau_{SOEDNN}^* + \varepsilon = V^{*T} \hat{\xi} - W^{*T} \Phi^* + \varepsilon \quad (42)$$

Tuy nhiên, trong thực tế lại không có được các thông số lí tưởng như vậy. Do đó, đề xuất khác được đưa ra bằng cách tính xấp xỉ của ngõ ra :

$$\tau_{controller} = \tau_{BENN} + \tau_{RC} = \hat{V}^T \hat{\Xi} - \hat{W}^T \hat{\Phi} + u_{RC} \quad (43)$$

Ta có  $\tilde{V} = V^* - \hat{V}$ ,  $\tilde{\Xi} = \Xi^* - \hat{\Xi}$ ,  $\tilde{W} = W^* - \hat{W}$ ,  $\tilde{\Phi} = \Phi^* - \hat{\Phi}$ , từ đó ta sẽ có ngõ ra mạng neural kép :

$$\tilde{\tau}_{SOEDNN} = \tau_{SOEDNN}^* - \tau_{controller} = \tilde{V}^T \hat{\Xi} - \tilde{W}^T \Phi^* - \hat{W}^T \tilde{\Phi} + \varepsilon - u_{RC} \quad (44)$$

Ta phải khai triển chuỗi Taylor để chuyển đổi hàm phi tuyến thành hàm tuyến tính :

$$\tilde{\Phi} = \begin{bmatrix} \tilde{\phi}_1 \\ \vdots \\ \tilde{\phi}_d \\ \vdots \\ \tilde{\phi}_{n_d} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left( \frac{\partial \phi_1}{\partial m} \right)^T \\ \vdots \\ \left( \frac{\partial \phi_d}{\partial m} \right)^T \\ \vdots \\ \left( \frac{\partial \phi_{n_d}}{\partial m} \right)^T \end{bmatrix}_{m=\hat{m}} (m^* - \hat{m}) + \begin{bmatrix} \left( \frac{\partial \phi_1}{\partial z} \right) \\ \vdots \\ \left( \frac{\partial \phi_k}{\partial z} \right) \\ \vdots \\ \left( \frac{\partial \phi_{n_k}}{\partial z} \right) \end{bmatrix}_{z=\hat{z}} (z^* - \hat{z}) + O_{t1} \equiv \Phi_m \tilde{m} + \Phi_z \tilde{z} + O_t \quad (45)$$

Trong đó  $\left[ \left( \frac{\partial \phi_d}{\partial m} \right) \right]$  và  $\left[ \left( \frac{\partial \phi_d}{\partial z} \right) \right]$  được định nghĩa như sau :

$$\left[ \frac{\partial \phi_d}{\partial m} \right] = \left[ 0, \dots, 0, \frac{\partial d}{\partial m_{1d}}, \dots, \frac{\partial \phi_d}{\partial m_{n_d}}, 0, \dots, 0 \right] \quad (46)$$

$$\left[ \frac{\partial \phi_d}{\partial z} \right] = \left[ 0, \dots, 0, \frac{\partial \phi_d}{\partial z_{1d}}, \dots, \frac{\partial d}{\partial z_{n_d}}, 0, \dots, 0 \right] \quad (47)$$

Trong đó  $\tilde{m} = m^* - \hat{m}$ ,  $\tilde{z} = z^* - \hat{z}$ ,  $O_t$  là một vectơ với các số hạng bậc cao. Ta có :

$$\Phi^* = \hat{\Phi} + \tilde{\Phi} = \hat{\Phi} + \Phi_m \tilde{m} + \Phi_z \tilde{z} + O_t \quad (48)$$

Để đảm bảo tính ổn định của hệ thống, các quy tắc cập nhật của SOEDNN phải tuân theo lý thuyết ổn định Lyapunov. Toàn bộ quy tắc cập nhật của kênh CMAC được thiết kế như sau :

$$\Delta w = -\eta_w \text{hat} \Phi s^T(t) \quad (49)$$

$$\Delta m = \eta_m \Phi_m^T \hat{W} s^T(t) \quad (50)$$

$$\Delta z = \eta_z \Phi_z^T \hat{W} s^T(t) \quad (51)$$

Bộ điều khiển bền vững được thiết kế như sau :

$$\tau_{RC} = (2R^2)^{-1} [(I + \Xi^2)R^2 + I] s^T \quad (52)$$

Hàm Lyapunov của cấu trúc này có dạng :

$$L(s(t), \tilde{V}, \tilde{W}, \tilde{m}, \tilde{z}) = \frac{1}{2} [s^T(t) g_0^{-1} s(t) + \text{tr} [\tilde{W}^T \eta_W^{-1} \tilde{W}] + \text{tr} [\tilde{V}^T \alpha^{-1} \tilde{V}] + \tilde{m}^T \eta_m^{-1} \tilde{m} + \tilde{z}^T \eta_z^{-1} \tilde{z}] \quad (53)$$

Lấy đạo hàm của hàm Lyapunov, ta có :

$$\begin{aligned} \dot{L}(s(t), \tilde{V}, \tilde{W}, \tilde{m}, \tilde{z}) &= s^T(t) g_0^{-1} \dot{s}(t) + \text{tr} [\tilde{V}^T \alpha^{-1} \dot{\tilde{V}}] + \text{tr} [\tilde{W}^T \eta_W^{-1} \dot{\tilde{W}}] + \tilde{m}^T \eta_m^{-1} \dot{\tilde{m}} + \tilde{z}^T \eta_z^{-1} \dot{\tilde{z}} \\ &= s^T(t) g_0^{-1} \dot{s}(t) - \text{tr} [\tilde{V}^T \alpha^{-1} \dot{\tilde{V}}] - \text{tr} [\tilde{W}^T \eta_W^{-1} \dot{\tilde{W}}] - \tilde{m}^T \eta_m^{-1} \dot{\tilde{m}} - \tilde{z}^T \eta_z^{-1} \dot{\tilde{z}} \\ &= s^T(t) (\tilde{V}^T \hat{\Xi} - \tilde{W}^T \hat{\Phi} - \hat{W}^T (\Phi_m \tilde{m} + \Phi_z \tilde{z}) - u_{RC} + \theta) \\ &\quad - \text{tr} [\tilde{V}^T \alpha^{-1} \dot{\tilde{V}}] - \text{tr} [\tilde{W}^T \eta_W^{-1} \dot{\tilde{W}}] - \tilde{m}^T \eta_m^{-1} \dot{\tilde{m}} - \tilde{z}^T \eta_z^{-1} \dot{\tilde{z}} \\ &\leq -\text{tr} [\tilde{W} (s(t) \hat{\Phi} + \eta_W^{-1} \hat{W})] - \tilde{m} [s^T(t) \hat{W} \Phi_m + \eta_m^{-1} \hat{m}] \\ &\quad - \tilde{z} [s^T(t) \hat{W} \Phi_z + \eta_z^{-1} \hat{z}] + s^T(t) \tilde{V} \hat{\Xi} + s^T(t) (\theta - u_{RC}) \end{aligned} \quad (54)$$

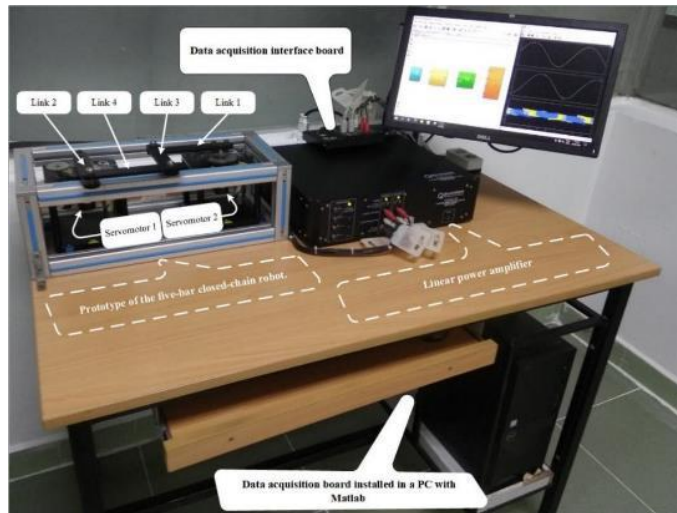
Thay các phương trình (49) đến (52) vào phương trình (54), ta có :

$$\dot{L}(s(t), \tilde{V}, \tilde{W}, \tilde{m}, \tilde{z}) \leq -\frac{1}{2} s^T(t) s(t) + \frac{1}{2} \lambda^2 \theta^2 + \frac{1}{2} \tilde{V}^T \tilde{V} \quad (55)$$

Lấy tích phân phương trình (55) từ  $t=0$  đến  $t=T$ , ta được :

$$L(T) - L(0) = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \int_0^T s_i^2(t) dt + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \lambda_i^2 \int_0^T \theta_i^2(t) dt + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \int_0^T \tilde{\vartheta}_i^2(t) dt \quad (56)$$

## 5 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH



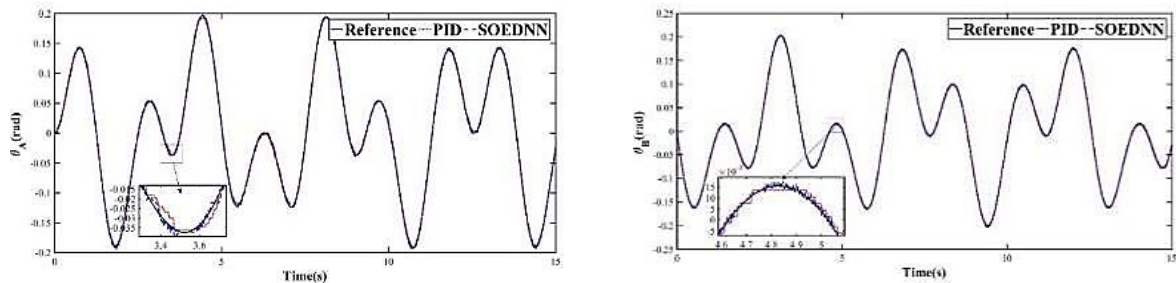
Hình 4. Cấu trúc tổng quan bộ điều khiển SOEDNN cho robot song song hai bậc

Hình 4 mô tả thiết bị dùng để thực hiện thí nghiệm trong nghiên cứu. Mô hình robot song song hai bậc tự do được sử dụng trong thí nghiệm gồm có hai động cơ servo, mỗi động cơ có tốc độ tối đa 6000v/phút, cùng với đó là Encoder trên mỗi động cơ servo có độ phân giải là 4096 xung/vòng, tỉ số truyền là 70 n/a. Board NI\_PICE\_6351 được cài đặt trong PC và được sử dụng để thu thập và truyền tín hiệu điều khiển từ máy tính cho robot thông qua phần mềm Matlab Simulink và Quanser Quarc. Cấu hình các tham số của mạng SOEDNN được thống kê trong Bảng 1. Trong đó  $n_b, n_k$  lần lượt là số lượng ngõ vào của mạng;  $c, m, v, z$  là các tham số của hàm Gaussian;  $\alpha$  là tốc độ học.

Bảng 1. Cấu hình tham số mạng SOEDNN

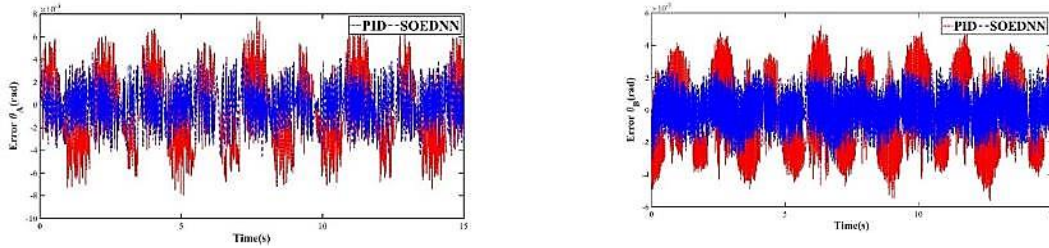
	BEL	CMAC
$n_b$ và $n_k$	11	11
$\alpha$	0.1	0.1
$n_m$ và $n_z$	0.1	0.1
$c$ và $m$	(-1 1)	(-1 1)
$v$ và $z$	1	1

Hình 5 biểu diễn ngõ ra của hai góc ứng với các bộ điều khiển PID, SOEDNN. Hình 7 thể hiện các sai số bám quỹ đạo của các bộ điều khiển PID, SOEDNN. Hình 8 thể hiện quỹ đạo thực tế của hệ thống ứng với PID, SOEDNN.



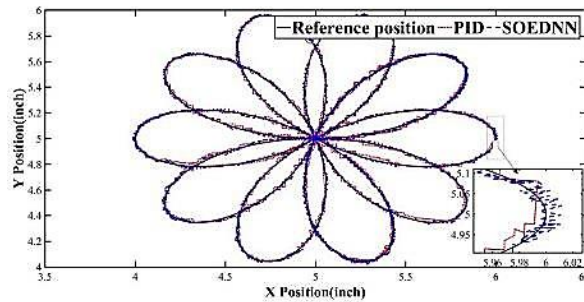
Hình 5. Ngõ ra  $\theta_A$  và  $\theta_B$  ứng với các bộ điều khiển PID, SOEDNN

Nhìn vào hình 5 có thể thấy kết quả của hai bộ điều khiển SOEDNN và PID tương đối tốt. Nhưng ở các góc có sự khác biệt rõ rệt khi PID không thể đáp ứng tốt với quỹ đạo cho trước.



Hình 6. Sai số bám quỹ đạo  $e_A$  và  $e_B$  ứng với các bộ điều khiển PID, SOEDNN

Nhìn vào Hình 6 có thể thấy sai số bám của SOEDNN nhỏ hơn ( $1.03e-05$  đối với  $e_A$  và  $3.85e-06$  đối với  $e_B$ ) so với PID là  $-5.18e-04$  đối với  $e_A$  và  $-3.91e-04$  đối với  $e_B$ .



Hình 7. Quỹ đạo thực tế của hệ thống ứng với các bộ điều khiển PID, SOEDNN

Với kết quả thực nghiệm ở trên có thể nói rằng, SOEDNN tốt hơn so với PID. Nói khác, nhược điểm ở PID được cải thiện hơn. Bởi, hệ thống đề xuất được kế thừa các ưu điểm của hai hệ thống CMAC và BEL mang đến sự ổn định và hội tụ tốt hơn so với phương pháp so sánh.

Bảng 2. Tham số chi tiết của PID so với SOEDNN

		PID	SOEDNN
$\theta_A$ (deg)	$e_A$	$-5.18e-04$	$1.03e-05$
	$MAX e_A$	$7.78e-03$	$5.08e-03$
$\theta_B$ (deg)	$e_B$	$-3.91e-04$	$3.85e-06$
	$MAX e_B$	$5.26e-03$	$2.95e-03$

Bảng 2 đã đưa ra được các thông số chi tiết của bộ điều khiển PID so với SOEDNN đề xuất. Các thông số thể hiện rõ được sự phát triển các giai đoạn của bộ điều khiển. Sai số của SOEDNN đạt giá trị rất tốt ở hai góc  $\theta_A$  và  $\theta_B$  là  $1.03e-05$  và  $3.85e-06$ . Điều đó có nghĩa, hệ thống luôn theo sát với quỹ đạo đã cho trước. Tuy bộ điều khiển PID vẫn đáp ứng được yêu cầu và sai số tạo ra ở hai góc  $\theta_A$  và  $\theta_B$  là  $-5.18e-04$  và  $-3.91e-04$  nhưng điều đó vẫn chưa đủ để khiến cho chất lượng điều khiển tốt hơn. SOEDNN được chứng thực giữa lý thuyết và thực nghiệm hoàn toàn phù hợp với hệ thống robot hai bậc song song. Điều đó đã được thể hiện bởi các thông số. Cấu trúc mạng đề xuất có khả năng kiểm soát và điều khiển hệ thống với độ chính xác cao. Điều này chứng tỏ rằng SOEDNN có mức độ tin cậy cao đối với các hệ thống phi tuyến.

## 6 KẾT LUẬN

Bài báo này kiểm chứng lý thuyết về một cấu trúc mạng tự tổ chức dựa vào CMAC và tích hợp thêm thành phần BEL. Ngoài những ưu điểm đã được thể hiện ở phần V, SOEDNN còn mang trong mình những điểm đáng chú ý. Cấu trúc mạng này sử dụng một nơ-ron mạng nhân tạo để mô phỏng trong quá trình học tập của đối tượng điều khiển, giúp bộ điều khiển nắm bắt và ước lượng được các thành phần bất định phức tạp trong hệ thống phi tuyến. Bằng cách áp dụng ưu điểm của các hệ thống, SOEDNN có khả năng tự học và tự biến đổi theo thời gian. Điều này cho phép bộ điều khiển thích ứng với các thay đổi của hệ thống và tối ưu hóa hiệu suất khi hoạt động. Triển vọng nghiên cứu và phát triển của cấu trúc mạng SOEDNN là một

khía cạnh quan trọng. Dựa vào những ưu điểm đã được thể hiện trong phần kết quả thực nghiệm, SOEDNN có thể phù hợp các hệ thống khác như động cơ AC, động cơ servo, robot di động, ... Nhìn chung, SOEDNN không chỉ phù hợp với hệ thống robot song song mà còn có thể phù hợp với các hệ thống phi tuyến bởi độ tin cậy và hiệu suất đã được thể hiện trong thực nghiệm trên.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Z. Chen, F. Huang, W. Chen, J. Zhang, W. Sun, J. Chen, J. Gu, and S. Zhu, “RBFNN-based adaptive sliding mode control design for delayed nonlinear multilateral tele-robotic system with cooperative manipulation,” *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, pp. 1–1, 2019.
- [2] D. Zhou, M. Shi, F. Chao, C.-M. Lin, L. Yang, C. Shang, and C. Zhou, “Use of human gestures for controlling a mobile robot via adaptive cmac network and fuzzy logic controller,” *Neurocomputing*, vol. 282, pp. 218 – 231, 2018.
- [3] F. Chao, D. Zhou, C. Lin, L. Yang, C. Zhou, and C. Shang, “Type-2 fuzzy hybrid controller network for robotic systems,” *IEEE Transactions on Cybernetics*, pp. 1–15, 2019.
- [4] W. Fang, F. Chao, C.-M. Lin, L. Yang, C. Shang, and C. Zhou, “An improved fuzzy brain emotional learning model network controller for humanoid robots,” *Frontiers in Neurorobotics*, vol. 13, p. 2, 2019. [Online]. Available: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnbot.2019.00002>.
- [5] T. Huynh, C. Lin, T. Le, H. Cho, T. T. Pham, N. Le, and F. Chao, “A new self-organizing fuzzy cerebellar model articulation controller for uncertain nonlinear systems using overlapped gaussian membership functions,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, pp. 1–1, 2019.
- [6] F. Chao, Z. Zhu, C. Lin, H. Hu, L. Yang, C. Shang, and C. Zhou, “Enhanced robotic hand-eye coordination inspired from human-like behavioral patterns,” *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, vol. 10, no. 2, pp. 384–396, June 2018.
- [7] Q. Wu, C. Lin, W. Fang, F. Chao, L. Yang, C. Shang, and C. Zhou, “Selforganizing brain emotional learning controller network for intelligent control system of mobile robots,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 59 096– 59 108, 2018.
- [8] T. Huynh, T. Le, and C. Lin, “Self-organizing recurrent wavelet fuzzy neural network-based control system design for MIMO uncertain nonlinear systems using TOPSIS method,” *Int. J. Fuzzy Syst.*, vol. 21, no. 2, pp. 468–487, 2019.
- [9] C. Lin, R. Ramarao, and S. H. Gopalai, “Self-organizing adaptive fuzzy brain emotional learning control for nonlinear systems,” *Int. J. Fuzzy Syst.*, vol. 21, no. 7, pp. 1989–2007, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s40815-019-00698-8>.
- [10] W. Fang, F. Chao, L. Yang, C.-M. Lin, C. Shang, C. Zhou, and Q. Shen, “A recurrent emotional cmac neural network controller for vision-based mobile robots,” *Neurocomputing*, vol. 334, pp. 227 – 238, 2019.

YSC5.F125

## KHẢO SÁT HIỆU NĂNG MÔ HÌNH THU HOẠCH NĂNG LƯỢNG VÔ TUYẾN TRONG MẠNG CHUYỂN TIẾP HAI CHIỀU SỬ DỤNG KỸ THUẬT PHÂN CHIA THEO THỜI GIAN VÀ ĐA TRUY CẬP PHI TRỰC GIAO

ĐÀO THỊ THU THUY<sup>1\*</sup>, NGUYỄN ĐỖ NHẬT HUY<sup>1</sup>, ĐINH TRÍ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\*daothithuthuy@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Bài báo khảo sát xác suất dừng của mô hình mạng chuyển tiếp hai chiều có thu hoạch năng lượng vô tuyến sử dụng kỹ thuật phân chia theo thời gian và giao thức đa truy cập phi trực giao. Mô hình gồm hai nguồn và một thiết bị chuyển tiếp giải mã-và-chuyển tiếp ở chế độ bán song công với kênh truyền Rayleigh fading. Quá trình truyền nhận tín hiệu và biểu thức toán học của xác suất dừng của hai nguồn được phân tích. Bên cạnh đó, phương pháp mô phỏng Monte-Carlo được sử dụng để khảo sát xác suất dừng của hệ thống theo tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu, tỉ lệ phân chia thời gian và các thông số khác để thấy được ảnh hưởng của các thông số này lên hiệu năng của hệ thống. Kết quả cho thấy xác suất dừng giảm khi tỉ lệ công suất tín hiệu trên nhiễu tăng và tùy theo vị trí của thiết bị chuyển tiếp có thể xác định được hệ số phân bố công suất để tăng tính công bằng trong quá trình truyền nhận thông tin của hai nguồn.

**Từ khóa.** Thu hoạch năng lượng vô tuyến, Mạng hợp tác hai chiều, Đa truy cập phi trực giao.

### PERFORMANCE ANALYSIS OF AN ENERGY HARVESTING MODEL IN A TWO-WAY RELAY NETWORK USING TIME SPLITTING AND NON-ORTHOGONAL MULTIPLE ACCESS TECHNIQUES.

**Abstract.** In this article, we investigate the wireless power transfer harvesting of a two-way relay network using time splitting and non-orthogonal multiple access techniques. The model used in the article consists of two sources and a decode-and-forward (DF) relay in a half-duplex mode with Rayleigh fading channel. The signal transmission process and the mathematical expression of the outage probability of two sources are analyzed. In addition, the Monte-Carlo simulation method is used to investigate the outage probability of the system according to the signal-to-noise ratio, time division ratio and other parameters to see the influence of these parameters. The results show that the outage probability decreases as the signal-to-noise ratio increases. Besides depending on the location of the relay, the power allocation factor can be determined to increase the fairness of the two sources.

**Keywords.** Energy Harvesting, Two-Way Relay Network, Non-Orthogonal Multiple Access.

## 1 GIỚI THIỆU

Ngày nay, ứng dụng truyền không dây ngày càng phát triển và yêu cầu về nguồn năng lượng để duy trì hoạt động của các thiết bị cũng ngày càng tăng. Việc sử dụng nguồn năng lượng thông thường như pin để cung cấp điện cho các thiết bị này không chỉ tốn kém mà còn tiềm ẩn những rủi ro khi phải thay thế pin khi nó cạn kiệt. Để giải quyết vấn đề này, phương pháp thu thập năng lượng tái tạo đã được áp dụng. Ngoài việc tận dụng các nguồn năng lượng xanh như gió, mặt trời, tín hiệu vô tuyến (RF) có thể được coi là một nguồn năng lượng tiềm năng hiện có trong môi trường xung quanh chúng ta [1]. Phương pháp thu hoạch năng lượng vô tuyến và truyền tín hiệu đồng thời rất phù hợp cho các hệ thống IoT có nguồn tài nguyên hạn chế và nguồn năng lượng thấp [2]. Đồng thời để tăng hiệu năng truyền thông giúp mở rộng vùng phủ sóng, tăng độ lợi phân tập không gian, các mạng vô tuyến hợp tác hai chiều được nghiên cứu nhiều trong các năm gần đây [3]. Đồng thời kết hợp kỹ thuật đa truy cập phi trực giao (NOMA) để hỗ trợ truyền thông giúp tăng tính

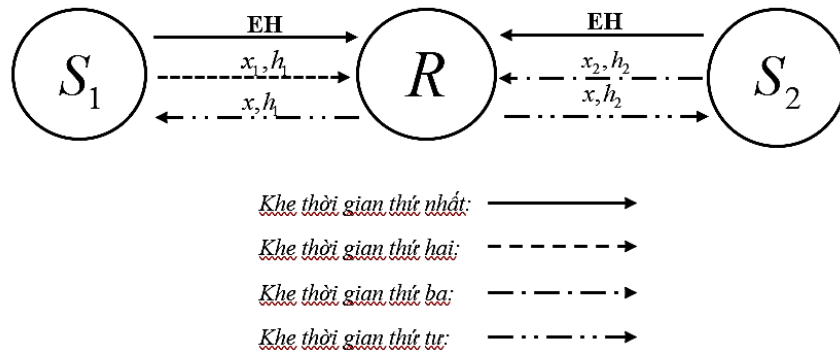


công bằng giữa các thiết bị nhận ở gần và ở xa và tăng dung lượng hệ thống [4]. NOMA trong mạng hợp tác hai chiều gồm NOMA đường xuống và NOMA đường lên. Trong NOMA đường xuống [5], tại nguồn phát tổng hợp các tín hiệu bằng mã hóa xếp chồng với tỉ lệ công suất truyền khác nhau, phân bổ công suất cao hơn cho thiết bị có điều kiện kênh truyền yếu (hay ở xa nguồn phát) và công suất thấp hơn cho các thiết bị thu có điều kiện kênh truyền tốt hơn (hay ở gần nguồn phát hơn). Các thiết bị thu sẽ sử dụng kỹ thuật triệt can nhiễu tuần tự để giải mã tín hiệu.

Có hai phương pháp thu hoạch năng lượng vô tuyến là phân chia theo năng lượng và phân chia theo thời gian [6]. Trong bài [7] phân tích mô hình mạng hợp tác hai chiều có thu hoạch năng lượng theo phương pháp phân chia theo năng lượng và sử dụng kỹ thuật mã hóa mạng số.

Tiếp theo các xu hướng nghiên cứu trên với mục đích nâng cao hiệu năng mạng, tăng tính công bằng cho các thiết bị thu và dùng nguồn năng lượng xanh. Trong bài báo này các tác giả đề xuất mô hình thu hoạch năng lượng vô tuyến trong mạng hợp tác hai chiều sử dụng phương pháp phân chia theo thời gian và sử dụng kỹ thuật NOMA đường xuống tại thiết bị chuyển tiếp. Quá trình truyền nhận tín hiệu và xác suất dùng của của hai nguồn được phân tích và sử dụng mô phỏng để đánh giá hiệu năng của mô hình theo các thông số của hệ thống.

## 2 MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU



Hình 1. Mô hình hệ thống

Mô hình hệ thống gồm hai nguồn ( $S_1, S_2$ ) và một thiết bị chuyển tiếp ( $R$ ). Hai nguồn ( $S_1, S_2$ ) truyền tín hiệu  $x_1, x_2$  tương ứng cho nhau thông qua  $R$  và không có đường truyền trực tiếp giữa hai nguồn. Khoảng cách chuẩn hóa từ  $S_1, S_2$  đến  $R$  lần lượt là  $d_1, d_2$  với  $d_1 + d_2 = 1$ . Giả sử nguồn  $S_1$  gần thiết bị chuyển tiếp hơn nguồn  $S_2$  nghĩa là  $d_1 < d_2$ . Công suất phát của hai nguồn bằng nhau được kí hiệu là  $P$ . Hệ thống hoạt động ở chế độ bán song công với môi trường kênh truyền Rayleigh fading. Hệ số kênh truyền giữa hai nguồn và chuyển tiếp là  $h_1$  và  $h_2$  tương ứng. Độ lợi kênh truyền  $|h_i|^2$  với  $i = \{1, 2\}$  có hàm mật độ xác suất và hàm phân bố xác suất như sau:  $f(x) = \frac{1}{\lambda_i} e^{-x/\lambda_i}, F(x) = 1 - e^{-x/\lambda_i}$  với  $\lambda_i = d_i^{-\beta}$  và  $\beta$  là hệ số mũ suy hao đường truyền.

Quá trình truyền nhận tín hiệu diễn ra trong bốn khe thời gian được mô tả trong Hình 2. Trong khe thời gian đầu chuyển tiếp thu hoạch năng lượng từ hai nguồn, hai khe thời gian tiếp theo chuyển tiếp lần lượt nhận và giải mã tín hiệu từ hai nguồn và ở khe thời gian cuối cùng chuyển tiếp sử dụng kỹ thuật NOMA để truyền tín hiệu thu được về hai nguồn với công suất phát đã thu được trong khe thời gian thứ nhất. Trong bài báo này giả sử thời gian của ba khe thời gian đầu bằng nhau và  $\alpha$  (với  $0 < \alpha < 1/3$ ) là hệ số phân chia khe thời gian.

$\alpha T$	$\alpha T$	$\alpha T$	$(1-3\alpha)T$
$S_1 \xrightarrow{EH} R$	$S_1 \xrightarrow{x_1} R$	$S_2 \xrightarrow{x_2} R$	$R \xrightarrow{x} S_1, S_2$
$S_2 \xrightarrow{EH} R$			
T			

Hình 2. Sơ đồ thu hoạch năng lượng và truyền nhận tín hiệu của mô hình

## 2.1 Quá trình thu hoạch năng lượng và truyền nhận dữ liệu

- **Khe thời gian thứ nhất:** Năng lượng thu hoạch được của chuyển tiếp từ hai nguồn lần lượt là:

$$E_1 = \eta P |h_1|^2 \alpha T. \quad (1)$$

$$E_2 = \eta P |h_2|^2 \alpha T. \quad (2)$$

Trong đó  $\eta$  là hệ số chuyển đổi năng lượng ( $0 < \eta < 1$ ).

Từ công thức (1) và (2) ta có tổng năng lượng thu tại chuyển tiếp là:

$$E = E_1 + E_2 = \eta P |h_1|^2 \alpha T + \eta P |h_2|^2 \alpha T = \eta P \alpha T (|h_1|^2 + |h_2|^2). \quad (3)$$

- **Khe thời gian thứ hai:** Tín hiệu nhận được và tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu để giải mã tín hiệu  $x_1$  được tại chuyển tiếp lần lượt là:

$$y_{R_1} = \sqrt{P} h_1 x_1 + n_R. \quad (4)$$

$$\gamma_{Rx1} = \frac{P |h_1|^2}{N_0} = \gamma |h_1|^2. \quad (5)$$

Trong đó  $\gamma = \frac{P}{N_0}$ ,  $n_R$  là nhiễu trắng với giá trị trung bình bằng 0 và phương sai  $N_0$ .

- **Khe thời gian thứ ba:** Tín hiệu nhận được và tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu để giải mã tín hiệu  $x_2$  được tại chuyển tiếp lần lượt là:

$$y_{R_2} = \sqrt{P} h_2 x_2 + n_R. \quad (6)$$

$$\gamma_{Rx2} = \frac{P |h_2|^2}{N_0} = \gamma |h_2|^2. \quad (7)$$

- **Khe thời gian thứ tư:** Thiết bị chuyển tiếp  $R$  dùng năng lượng thu được trong khe thời gian thứ nhất để truyền tín hiệu thu được ở hai khe thời gian thứ 2 và thứ 3 về hai nguồn. Công suất phát của thiết bị chuyển tiếp là:

$$P_R = \frac{E}{(1-3\alpha)T} = \frac{\eta \alpha T P (|h_1|^2 + |h_2|^2)}{(1-3\alpha)T} = \underbrace{\frac{\eta \alpha}{1-3\alpha}}_{\rho} P (|h_1|^2 + |h_2|^2) = \rho P (|h_1|^2 + |h_2|^2) \quad (8)$$

Thiết bị chuyển tiếp sử dụng kỹ thuật NOMA đường xuống nên sẽ phân chia công suất lớn hơn cho nguồn ở xa và công suất nhỏ hơn cho nguồn ở gần. Tín hiệu  $x_1$  được truyền từ  $R$  tới nguồn xa  $S_2$  với công suất  $a_1 P_R$  và tín hiệu  $x_2$  được truyền từ  $R$  tới nguồn gần  $S_1$  với công suất  $a_2 P_R$ . Trong đó  $a_1, a_2$  là hệ số phân chia công suất với  $a_1 + a_2 = 1$  và  $a_1 > a_2$  [8].

Tín hiệu nhận được tại nguồn  $S_1$ :

$$y_{S_1} = \sqrt{a_1 P_R} h_1 x_1 + \sqrt{a_2 P_R} h_1 x_2 + n_S. \quad (9)$$

Trong đó  $n_S$  là nhiễu trắng với giá trị trung bình bằng 0 và phương sai  $N_0$ .

Theo nguyên lý xử lý tín hiệu của kỹ thuật NOMA, nguồn  $S_1$  sẽ giải mã tín hiệu  $x_1$  trước do công suất truyền của tín hiệu này lớn hơn và xem  $x_2$  là nhiễu. Tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu để giải mã tín hiệu  $x_1$  là:

$$\gamma_{S_1x_1} = \frac{a_1 P_R |h_1|^2}{a_2 P_R |h_1|^2 + N_0} = \frac{a_1 \rho \gamma (|h_1|^2 + |h_2|^2) |h_1|^2}{a_2 \rho \gamma (|h_1|^2 + |h_2|^2) |h_1|^2 + 1}. \quad (10)$$

Sau khi giải mã  $x_1$  nguồn  $S_1$  sẽ trừ đi thành phần chứa  $x_1$  trong công thức (9), sau đó  $x_2$  được giải mã. Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu để giải mã tín hiệu  $x_2$  là:

$$\gamma_{S_1x_2} = \frac{a_2 P_R |h_1|^2}{N_0} = a_2 \rho \gamma (|h_1|^2 + |h_2|^2) |h_1|^2. \quad (11)$$

Tín hiệu nhận được tại  $S_2$ :

$$y_{S_2} = \sqrt{a_1 P_R} h_2 x_1 + \sqrt{a_2 P_R} h_2 x_2 + n_S. \quad (12)$$

Nguồn  $S_2$  sẽ giải mã tín hiệu  $x_1$ . Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu để giải mã tín hiệu  $x_1$  là:

$$\gamma_{S_2x_1} = \frac{a_1 P_R |h_2|^2}{a_2 P_R |h_2|^2 + N_0} = \frac{a_1 \rho \gamma (|h_1|^2 + |h_2|^2) |h_2|^2}{a_2 \rho \gamma (|h_1|^2 + |h_2|^2) |h_2|^2 + 1}. \quad (13)$$

## 2.2 Phân tích xác suất dừng của hệ thống

### 2.2.1 Xác suất dừng tại nguồn $S_1$

Hiện tượng dừng hoạt động tại nguồn  $S_1$  xảy ra khi  $R$  không giải mã được  $x_2$  hoặc  $R$  giải mã được  $x_2$  nhưng  $S_1$  không giải mã được  $x_1$  và  $S_1$  giải mã được  $x_1$  nhưng không giải mã được  $x_2$ . Và thiết bị không giải mã được tín hiệu khi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu nhỏ hơn giá trị ngưỡng  $\gamma_T$ . Xác suất dừng của nguồn  $S_1$  như sau:

$$OP_{S_1} = \Pr[\gamma_{Rx_2} < \gamma_T] + \Pr[\gamma_{Rx_2} \geq \gamma_T, \gamma_{S_1x_1} < \gamma_T] + \Pr[\gamma_{Rx_2} \geq \gamma_T, \gamma_{S_1x_1} \geq \gamma_T, \gamma_{S_1x_2} < \gamma_T]. \quad (14)$$

$$OP_{S_1} = \Pr[\gamma |h_2|^2 < \gamma_T] + \Pr[\gamma |h_2|^2 \geq \gamma_T, \frac{a_1 \rho \gamma (|h_1|^2 + |h_2|^2) |h_1|^2}{a_2 \rho \gamma (|h_1|^2 + |h_2|^2) |h_1|^2 + 1} < \gamma_T] + \quad (15)$$

$$+ \Pr[\gamma |h_2|^2 \geq \gamma_T, \frac{a_1 \rho \gamma (|h_1|^2 + |h_2|^2) |h_1|^2}{a_2 \rho \gamma (|h_1|^2 + |h_2|^2) |h_1|^2 + 1} \geq \gamma_T, a_2 \rho \gamma (|h_1|^2 + |h_2|^2) |h_1|^2 < \gamma_T]$$

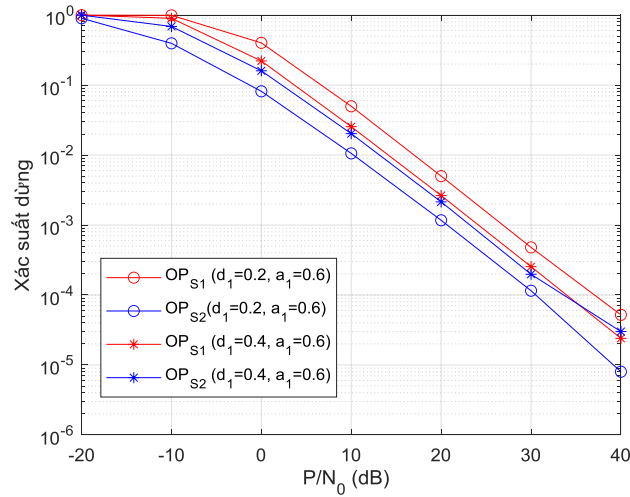
### 2.2.2 Xác suất dừng tại nguồn $S_2$

Hiện tượng dừng hoạt động tại nguồn  $S_2$  xảy ra khi  $R$  không giải mã được  $x_1$  hoặc  $R$  giải mã được  $x_1$  nhưng  $S_2$  không giải mã được  $x_1$ . Xác suất dừng của nguồn  $S_1$  như sau:

$$\begin{aligned} OP_{S_2} &= \Pr[\gamma_{Rx_1} \leq \gamma_T] + \Pr[\gamma_{Rx_1} > \gamma_T; \gamma_{S_2x_1} \leq \gamma_T] \\ &= \Pr[\gamma |h_1|^2 \leq \gamma_T] + \Pr[\gamma |h_1|^2 > \gamma_T; \frac{a_1 \rho \gamma (|h_1|^2 + |h_2|^2) |h_2|^2}{a_2 \rho \gamma (|h_1|^2 + |h_2|^2) |h_2|^2 + 1} \leq \gamma_T] \end{aligned} \quad (16)$$

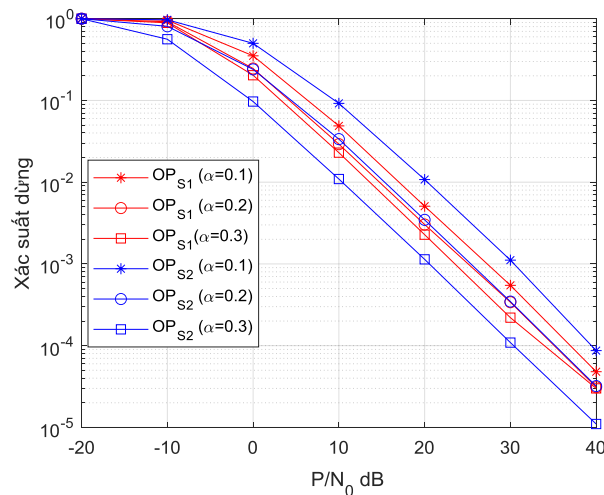
### 3 MÔ PHỎNG VÀ NHẬN XÉT

Trong tất cả các hình các thông số mô phỏng được chọn như sau:  $\beta = 3$ ,  $\gamma_T = 1$ ,  $d_2 = 1 - d_1$ ,  $a_2 = 1 - a_1$ ,  $\eta = 0.8$ . Đường màu đỏ là xác suất dừng của nguồn  $S_1$  và đường màu xanh là xác suất dừng của nguồn  $S_2$ .



Hình 3. Xác suất dừng của hai nguồn theo  $P/N_0$  với 2 giá trị khoảng cách  $d_1 = \{0.2, 0.4\}$

Hình 3 biểu diễn xác suất dừng của hai nguồn theo tỉ lệ công suất phát trên nhiễu  $P/N_0$  (dB) với hệ số phân chia thời gian  $\alpha = 0.25$  (nghĩa là bốn khe thời gian bằng nhau),  $d_1 = \{0.2, 0.4\}$  và  $a_1 = 0.6$ . Quan sát Hình 3 ta thấy xác suất dừng của cả hai nguồn đều giảm khi  $P/N_0$  tăng và ở vùng  $P/N_0 < 0$  dB độ giảm của xác suất dừng nhỏ hơn so với vùng  $P/N_0 > 0$  dB. Xác suất dừng của nguồn  $S_2$  nhỏ hơn của xác suất dừng của nguồn  $S_1$ . Khi chọn hệ số phân bố công suất phù hợp tùy theo khoảng cách giữa thiết bị chuyển tiếp và các nguồn, thì xác suất dừng của hai nguồn sẽ ít chênh lệch hơn có nghĩa là tăng tính công bằng cho người dùng ở gần và người dùng ở xa.



Hình 4. Xác suất dừng của hai nguồn theo  $P/N_0$  với  $\alpha = \{0.1, 0.2, 0.3\}$

Hình 4 biểu diễn xác suất dừng của hai nguồn theo  $P/N_0$  (dB) với  $d_1 = 0.4$ ,  $a_1 = 0.6$  và các hệ số phân chia thời gian thay đổi  $\alpha = \{0.1, 0.2, 0.3\}$ . Quan sát Hình 4 ta thấy cũng như hình 3, xác suất dừng của hai nguồn

cùng giảm khi  $P/N_0$  tăng. Bên cạnh đó giá trị  $\alpha$  thay đổi cũng ảnh hưởng đến xác suất dừng của hệ thống, với bộ thông số đã chọn thì  $\alpha$  càng tăng thì xác suất dừng của hai nguồn càng giảm. Tuy nhiên ảnh hưởng của  $\alpha$  đến xác suất dừng của nguồn  $S_2$  nhiều hơn so với nguồn  $S_1$ . Khi hệ số  $\alpha$  quá nhỏ thì thời gian thu thập năng lượng ít dẫn đến năng lượng để phát tín hiệu trong khe thời gian thứ 4 sẽ nhỏ. Tuy nhiên  $\alpha$  không vượt quá  $1/3$  để đảm bảo tồn tại khe thời gian thứ tư để truyền tín hiệu từ thiết bị chuyển tiếp về hai nguồn.

#### 4 KẾT LUẬN

Bài báo đã được thực hiện khảo sát về mô hình mạng chuyển tiếp hai chiều sử dụng thu hoạch năng lượng vô tuyến và kỹ thuật phân chia theo thời gian, kết hợp với giao thức đa truy cập phi trực giao. Đánh giá xác suất dừng của hệ thống và ảnh hưởng của các yếu tố như tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu, tỉ lệ phân chia thời gian đã được thực hiện. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng xác suất dừng giảm khi tỉ lệ công suất tín hiệu trên nhiễu tăng. Đồng thời, nhờ phân tích vị trí của thiết bị chuyển tiếp, ta có thể tìm được hệ số phân bố công suất thích hợp để đảm bảo tính công bằng trong quá trình truyền nhận thông tin từ hai nguồn tín hiệu. Từ những kết quả này, ta có thể nhận thấy tầm quan trọng của việc cân nhắc tỉ lệ phân chia khe thời gian và tỉ lệ phân chia công suất theo vị trí của thiết bị chuyển tiếp trong mô hình mạng chuyển tiếp hai chiều. Điều này cung cấp thông tin quan trọng để thiết kế và tối ưu hóa hiệu suất của hệ thống truyền thông không dây sử dụng thu hoạch năng lượng vô tuyến và kỹ thuật phân chia theo thời gian cùng giao thức đa truy cập phi trực giao. Các kết quả này có thể đóng góp vào việc phát triển các hệ thống truyền thông không dây hiệu quả và đáng tin cậy trong tương lai.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] I. Ahmed, M. M. Butt, C. Psomas, A. Mohamed, I. Krikidis, and M. Guizani, "Survey on energy harvesting wireless communications: Challenges and opportunities for radio resource allocation," *Computer Networks*, vol. 88, pp. 234-248, 2015.
- [2] M. A. Hossain, R. M. Noor, K.-L. A. Yau, I. Ahmady, and S. S. Anjum, "A survey on simultaneous wireless information and power transfer with cooperative relay and future challenges," *IEEE access*, vol. 7, pp. 19166-19198, 2019.
- [3] P. N. Son and T. T. Duy, "A new approach for two-way relaying networks: improving performance by successive interference cancellation, digital network coding and opportunistic relay selection," *Wireless Networks*, vol. 26, no. 2, pp. 1315-1329, 2020.
- [4] T. Đ. Hưng, V. M. Hào, Đ. T. T. Thủy, N. T. Luân, and P. T. Tín, "Nâng cao hiệu năng mạng hợp tác hai chiều dùng noma và lựa chọn chuyển tiếp," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, vol. 57, pp. 45-52, 2022.
- [5] L. Dai, B. Wang, Y. Yuan, S. Han, I. Chih-Lin, and Z. Wang, "Non-orthogonal multiple access for 5G: solutions, challenges, opportunities, and future research trends," *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 9, pp. 74-81, 2015.
- [6] H. N. Huy, N. T. Hải, Đ. T. T. Thủy, N. T. Luân, and P. T. Tín, "Thu thập năng lượng trong mạng hợp tác đa truy cập phi trực giao có đường truyền trực tiếp," in *Hội nghị Khoa học trẻ lần 3 năm 2021 (YSC2021) – IUH, HCM 2021*, pp. 213-220: Đại học Công nghiệp Tp Hồ Chí Minh.
- [7] Nguyễn Linh Tâm, Đỗ Ngọc Thanh, and Đ. T. T. Thủy, "Phân tích xác suất dừng của mạng hợp tác hai chiều có thu hoạch năng lượng vô tuyến và kỹ thuật mã hóa mạng số," in *Hội nghị Khoa học trẻ lần 4 năm 2022 (YSC2022) Đại học Công nghiệp Tp Hồ Chí Minh, Ho Chi Minh city, Vietnam., 2022*, pp. 170-177.

- [8] X. Wang, M. Jia, I. W.-H. Ho, Q. Guo, and F. C. Lau, "Exploiting full-duplex two-way relay cooperative non-orthogonal multiple access," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 67, no. 4, pp. 2716-2729, 2018.

## NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO ĐỒNG HỒ NƯỚC THÔNG MINH

TRẦN QUÝ HỮU<sup>1\*</sup>, LẠI THANH THÁI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

\* *tranquyhuu@iuh.edu.vn*

**Tóm tắt.** Bài báo này đề cập đến việc nghiên cứu, thiết kế và chế tạo một chiếc đồng hồ nước thông minh để giám sát lưu lượng nước tiêu thụ hàng tháng. Để thực hiện đề tài này, chúng tôi đã sử dụng phương pháp khảo sát bằng bảng câu hỏi để xác định nhu cầu của thị trường, hiểu rõ các tính năng cần có của một chiếc đồng hồ nước thông minh. Tiếp theo, chúng tôi sử dụng phương pháp mô hình hóa để kiểm thử và cải tiến mô hình thiết kế. Với mô hình thiết kế đã được hoàn thiện, chúng tôi tiến hành chế tạo một mẫu thiết bị giám sát nước thông minh. Tiếp theo, chúng tôi sử dụng phương pháp lập trình nhúng để kết nối, điều khiển các thiết bị với Internet. Thiết bị được giám sát và điều khiển thông qua Wep/App sử dụng trên máy vi tính và các thiết bị di động cầm tay. Cuối cùng, sau khi chiếc đồng hồ nước thông minh đã được chế tạo và hoàn thiện, chúng tôi tiến hành phân tích, đánh giá rút kinh nghiệm. Những kết quả thu được từ những phân tích này giúp chúng tôi điều chỉnh, cải thiện hiệu quả nghiên cứu. Sản phẩm hoạt động ổn định và có tính ứng dụng cao.

**Từ khóa.** Đồng hồ nước thông minh, nước, lập trình nhúng.

### RESEARCH, DESIGN, AND MANUFACTURE OF SMART WATER METER

**Abstract.** This paper deals with the research, design, and manufacture of a smart water meter to monitor monthly water consumption. To carry out this topic, we used the survey method by questionnaire to determine the needs of the market, understand the necessary features of a smart water meter. Next, we use the modeling approach to test and improve the design model. With the design model completed, we proceed to manufacture a smart water monitoring device. Next, we use embedded programming methods to connect and control devices to the Internet. The device is monitored and controlled via Wep/App used on computers and handheld mobile devices. Finally, after the smart water meter has been built and completed, we conduct analysis and evaluation. The results obtained from these analyzes help us to adjust and improve the research efficiency. The product works stably and has high applicability.

**Keywords.** Smart water meter, water, embedded programming.

### 1 GIỚI THIỆU

Xuất phát từ tình hình thực tế hiện nay, việc đọc giá trị khối lượng nước tiêu thụ của các hộ dân sử dụng nguồn nước máy theo từng tháng, chủ yếu là làm thủ công (nhân viên thu tiền nước đến từng nhà hộ dân ghi số liệu hoặc nhờ các hộ dân đọc và gửi qua tin nhắn, zalo, ...). Vì vậy, cần thiết phải có một thiết bị để đo lưu lượng nước sử dụng, tính cước phí tự động, cập nhật các số liệu trên các ứng dụng giám sát, giúp thuận tiện cho việc sử dụng, thanh toán tiền nước. Bài báo này trình bày việc nghiên cứu, thiết kế và thi công đồng hồ nước thông minh sử dụng các cảm biến, vi xử lý, xây dựng các ứng dụng android dành cho người dùng và đơn vị quản lý theo dõi nhiều người dùng có đăng ký. Mục tiêu của đề tài là giúp các hộ gia đình có thể dễ dàng thống kê, giám sát lượng nước tiêu thụ hàng ngày, hàng tháng, hàng năm để từ đó có thể kiểm soát và đưa ra các phương án sử dụng một cách hiệu quả và tiết kiệm nhất. Hỗ trợ cho các đơn vị quản lý cung cấp nước có thể quản lý người dùng một cách hiệu quả, tiết kiệm tối đa chi phí và công sức.

## 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1 Module thu phát wifi ESP8266-12E Ai - Thinker

ESP8266-12E là một chip tích hợp cao, hỗ trợ kết nối mạng wifi được thiết kế phù hợp cho nhu cầu của các ứng dụng IoT.

#### Thông số kỹ thuật [1]

- Điện áp hoạt động: 3.0 ~ 3.6VDC
- Dòng điện hoạt động: trung bình ~80mA
- Giao tiếp: UART/ADC/GPIO/PWM
- SPI Flash: 32Mbit
- Chân I/O: 9
- Cổng nối tiếp: 300 ~ 4608000 bps
- Wifi protocols: 802.11 b/g/n
- Dải tần số: 2.4GHz – 2.5GHz (2400M – 2483.5M)
- Nhiệt độ làm việc: -20 ~ 85 độ C



Hình 1. Module thu phát wifi ESP8266-12E AI – Thinker

### 2.2 Module cảm biến lưu lượng nước YF-S201C DN15

Cảm biến hoạt động dựa trên cánh quạt nước và cảm biến Hall bên trong, khi chảy qua van, nước làm quay rotor. Bằng cách này, chúng ta có thể quan sát sự thay đổi tốc độ của động cơ. Sự thay đổi này được tính là đầu ra dưới dạng tín hiệu xung bởi cảm biến hiệu ứng Hall từ đó chúng ta có thể đo tốc độ dòng chảy.

#### Chức năng 3 dây ngõ ra: [2]

- Màu đỏ: nguồn: 3 - 24V
- Dây đen: GND.
- Dây vàng: tín hiệu.

#### Thông số kỹ thuật: [2]

- Điện áp làm việc: 3 - 24V
- Dòng tiêu thụ: < 15mA.
- Áp lực lưu lượng tối đa: 1.75Mpa
- Lưu lượng đo: 1 - 30 (L/min)
- Sai số:  $\pm 3\%$





Hình 2. Cảm biến lưu lượng nước YF-S201 DN15

**Công thức tính lưu lượng nước:** [2]

$$Q = F / c \quad (1)$$

Trong đó:

- F: Tần số (Hz)
- Q: Lưu lượng (L/min)
- c: Hệ số được tính toán và lựa chọn theo thực nghiệm.

### 2.3 Giới thiệu phần mềm

Chức năng chính của ứng dụng là giám sát lưu lượng nước tiêu thụ từ xa thông qua cảm biến đo lưu lượng nước. Ngoài ra ứng dụng còn có các chức năng khác như: quản lý thông tin cá nhân của người dùng, tính cước phí tự động. Hệ thống bao gồm ứng dụng: dành cho người dùng và đơn vị quản lý theo dõi nhiều người dùng có đăng ký. Phần mềm chạy trên hệ điều hành Android và được lập trình bằng ngôn ngữ Java.

### 2.4 Giới thiệu về Android Studio

Để lập trình ứng dụng chạy trên nền tảng Android cần phải thông qua trình biên dịch Android Studio.

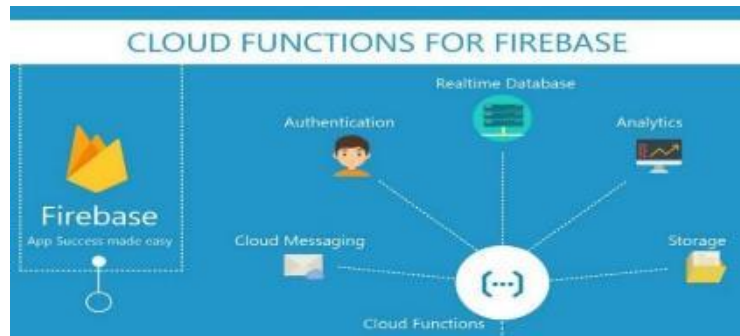


Hình 3. Android Studio IDE

Android Studio là phần mềm hỗ trợ lập trình các ứng dụng chạy trên nền tảng Android như: smartphone, smartwatch, smart TV, .... Android Studio hỗ trợ các công cụ viết code, debugger, ... trong đó có trình giả lập các thiết bị Android cho phép các lập trình viên có thể phát triển ứng dụng từ đơn giản đến phức tạp một cách nhanh chóng.

### 2.5 Giới thiệu về Firebase

**Firestore** là dịch vụ cơ sở dữ liệu hoạt động trên nền tảng đám mây (Cloud). Kèm theo đó là hệ thống máy chủ cực kỳ mạnh mẽ của Google. Chức năng chính là giúp người dùng lập trình ứng dụng bằng cách đơn giản hóa các thao tác với cơ sở dữ liệu. Đặc biệt, còn là dịch vụ đa năng và bảo mật cực tốt. Firebase hỗ trợ các nền tảng như: Android, IOS và Web.



Hình 4. Các dịch vụ hỗ trợ của firebase

**Realtime Database:** là một cloud hosted database hỗ trợ đa nền tảng: Android, IOS và Web. Tất cả dữ liệu sẽ được lưu trữ bằng định dạng JSON dữ liệu sẽ được cập nhật liên tục thời gian thực [3]

```

brilliant-fire-3159
├── users
│   └── users
│       ├── b797bdd4-a193-4029-9e72-a112153686c1
│       │   ├── -KI2GLhviWk0jUgx_8_Y
│       │   │   ├── fieldName: "messageField"
│       │   │   └── text: "this is my first message"
│       │   ├── -KI2GliD5al5axiWmP5G
│       │   │   ├── fieldName: "messageField"
│       │   │   └── text: "this is my second message"
│       │   ├── -KI2H0sKk5A6Ny1plBly
│       │   │   ├── fieldName: "messageField"
│       │   │   └── text: "this is my third message"
│       │   ├── -KI2H2ro0LBJo-0zdQo3
│       │   └── -KI2q6KfuQFR-Dd577-v
│       └── bfb79e3c-7f3c-49d6-bea7-3f940ecfcfe0
    
```

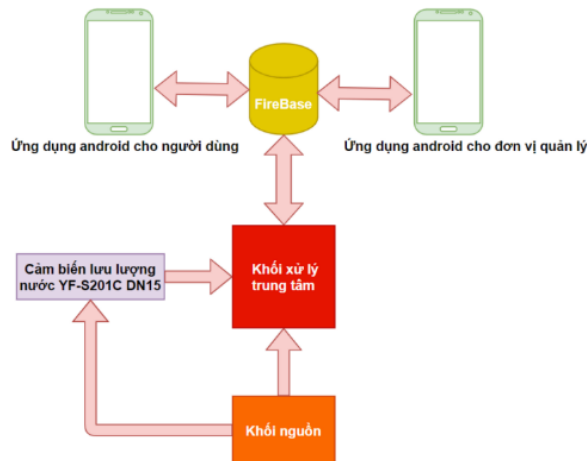
Hình 5. Dữ liệu của Firebase Realtime Database

### 3 THIẾT KẾ HỆ THỐNG

#### 3.1 Giới thiệu

Phần cứng sẽ thu thập dữ liệu từ cảm biến lưu lượng nước và gửi dữ liệu này lên Firebase Realtime Database. Mỗi đơn vị quản lý khi sử dụng hệ thống sẽ được cấp một ID riêng, các đơn vị quản lý sẽ tiến hành cấp phát phần cứng, tạo tài khoản và cấp ID cho người dùng thuộc đơn vị quản lý của mình, ID đơn vị quản lý cấp cho người dùng cũng chính là ID của phần cứng. Đơn vị quản lý sẽ quản lý được tất cả thông tin của người dùng thông qua ứng dụng quản lý và có quyền cho phép hoặc không cho phép người dùng sử dụng dịch vụ giám sát khi vi phạm các điều kiện sử dụng của đơn vị quản lý đặt ra. Ứng dụng dành cho đơn vị quản lý sẽ tự động tính tiền dựa trên tổng lưu lượng nước mà người dùng sử dụng trong mỗi tháng. Mỗi người dùng cũng sẽ được cấp một ID và mật khẩu riêng (được đơn vị quản lý cung cấp) để đăng nhập vào ứng dụng dành cho người dùng, người dùng có thể thông qua ứng dụng giám sát từ xa thông tin lưu lượng nước đã sử dụng theo tháng hoặc ngày, đồng thời xem được mức phí tiêu thụ dựa trên lưu lượng nước.

### 3.2 Sơ đồ khối của hệ thống



Hình 6. Sơ đồ khối của hệ thống

Khối xử lý trung tâm: ESP8266-12E

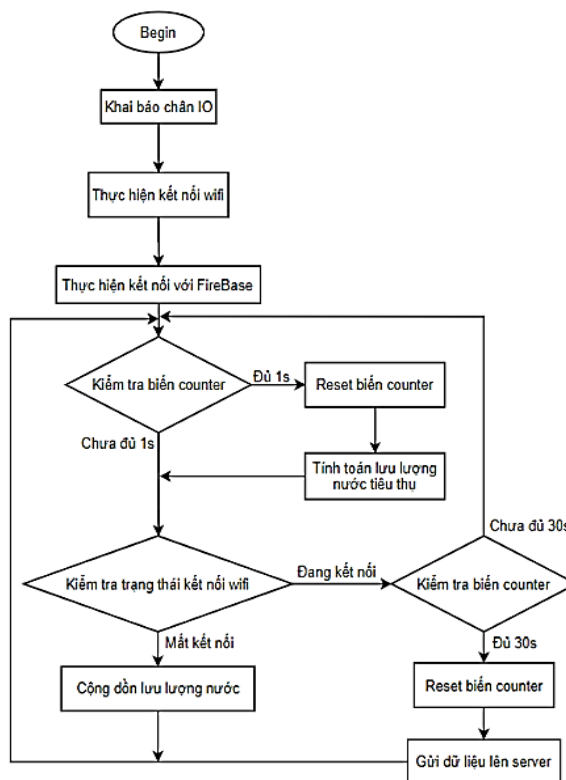
Khối nguồn:

- Nguồn chính: Adapter 5V-2A cấp nguồn cho phần cứng đồng thời sạc cho nguồn phụ.
- Nguồn phụ: Pin 18650 (4.2V) thông qua module tăng áp lên 5V cung cấp cho phần cứng khi mất điện.

Cảm biến: YF-S201C DN15 dùng để đọc lưu lượng nước.

Firebase: Server lưu trữ dữ liệu.

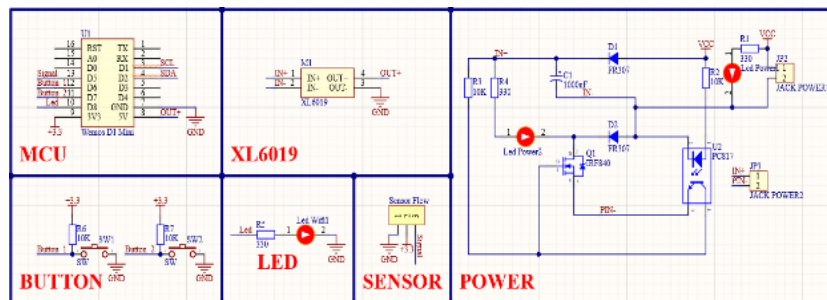
### 3.3 Lưu đồ giải thuật phần cứng



Hình 7. Lưu đồ giải thuật phần cứng

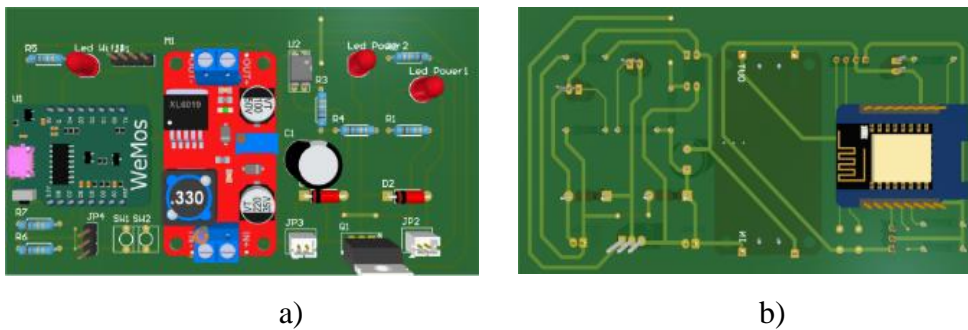
### 3.4 Thiết kế phần cứng

#### 3.4.1 Sơ đồ nguyên lý phần cứng



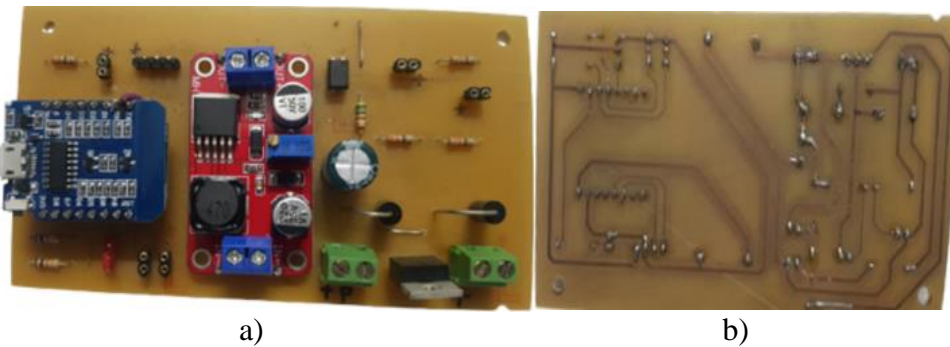
Hình 8. Sơ đồ nguyên lý phần cứng

#### 3.4.2 Thiết kế mạch

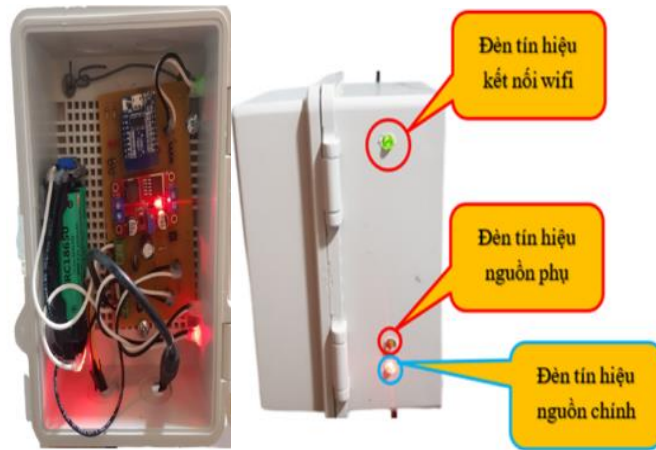


Hình 9 a) Mặt trước mạch mô phỏng 3D b) Mặt sau mạch mô phỏng 3D

#### 3.4.3 Mạch thực tế



Hình 10. a) Mặt trước mạch thực tế b) Mặt sau mạch thực tế



Hình 11. Phần cứng thực tế

### 3.5 Thiết kế ứng dụng

#### 3.5.1. Tổng quan ứng dụng



Hình 12. Tổng quan giao diện ứng dụng

Chức năng chính của ứng dụng là giám sát lưu lượng nước tiêu thụ theo ngày, tháng và tính toán tiền tiêu thụ theo lưu lượng nước. Đồng thời ứng dụng có thể quản lý được danh sách các người dùng trong hệ thống.

#### 3.5.2 Các chức năng của ứng dụng

##### 3.5.2.1 Chức năng danh cho đơn vị quản lý

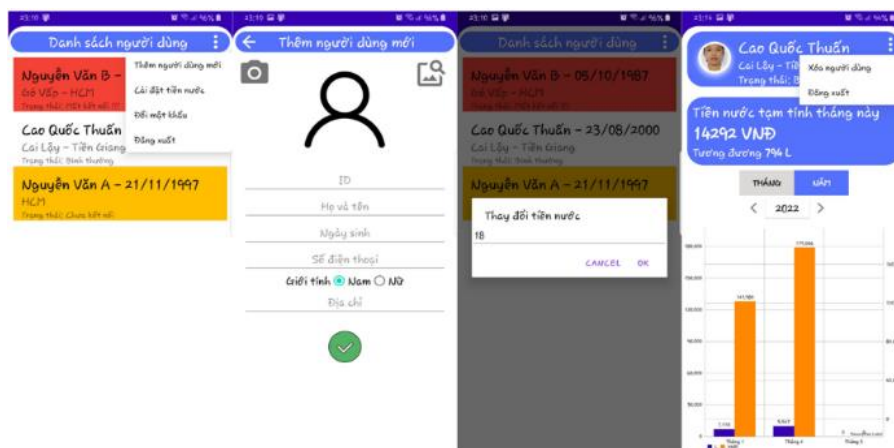


Hình 13. Chức năng giám sát danh sách người dùng

Khi sử dụng chế độ dành cho đơn vị quản lý, đơn vị quản lý có thể giám sát được danh sách các người dùng trong hệ thống, các thông số về chi số nước, các thông tin đi kèm theo với từng người dùng cũng như trạng thái hoạt động của từng thiết bị.

Các trạng thái hoạt động của thiết bị:

- Bình thường: Thiết bị đang kết nối và hoạt động bình thường.
- Mất kết nối: Thiết bị đang bị mất kết nối, có thể do mất kết nối wifi hoặc một ngoại lệ khác làm cho thiết bị mất hoạt động.
- Chưa kết nối: Đã có tài khoản được người quản lý tạo lưu trữ trên server nhưng thiết bị phần cứng chưa được thiết lập và kết nối vào hệ thống lưu trữ đám mây.



Hình 14. Các chức năng khác

Chế độ cho đơn vị quản lý sẽ có thêm các tính năng khác như: Thay đổi tiền nước (Tiền/Lit), thêm người dùng, xóa người dùng.



Hình 15. Chức năng giám sát lưu lượng nước tiêu thụ

Ứng dụng có thể giám sát lưu lượng nước đã được tiêu thụ theo tháng hoặc theo năm, đồng thời tính được số tiền dựa trên lượng nước đã tiêu thụ.



Hình 16. Chức năng giám sát thông tin người dùng

Ứng dụng có thể giám sát được các thông tin các nhân cơ bản của người dùng và ID của thiết bị đi kèm.

### 3.5.2.2 Chức năng dành cho người dùng

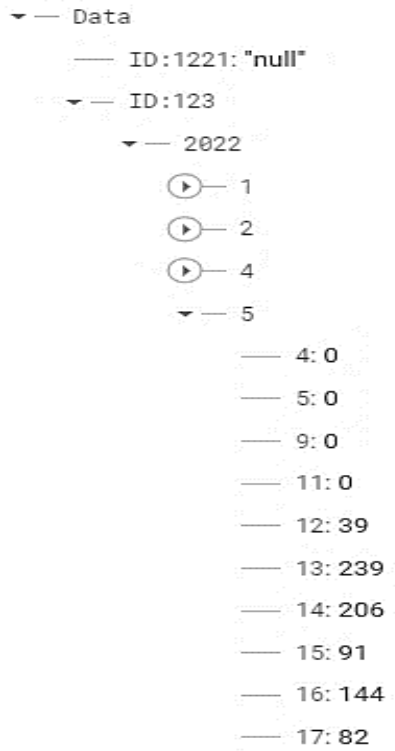
Chế độ dành cho người dùng cũng có những chức năng cơ bản như giám sát lưu lượng nước, tiền dựa trên lưu lượng nước đã tiêu thụ, giám sát các thông tin các nhân cơ bản cũng như trạng thái hoạt động của thiết bị.

## 4 THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

### 4.1 Thực nghiệm



Hình 17. Lắp đặt phần cứng vào thực tế

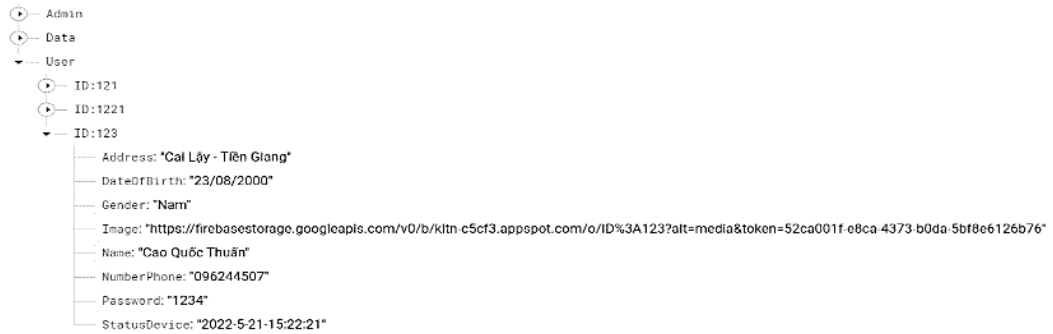


Hình 18. Dữ liệu lưu lượng nước



Hình 19. Hiện thị lưu lượng nước trên ứng dụng

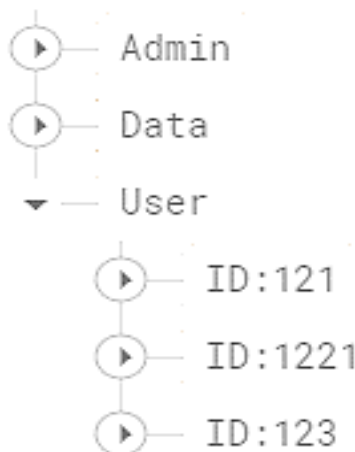




Hình 20. Dữ liệu người dùng



Hình 21. Hiển thị dữ liệu người dùng trên ứng dụng



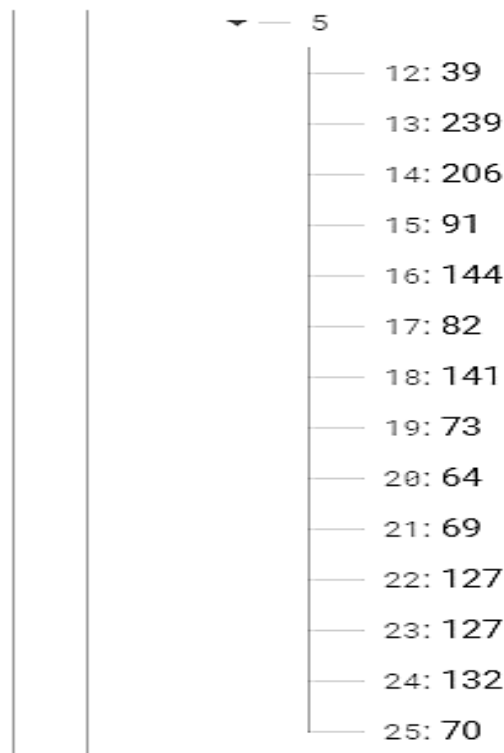
Hình 22. Danh sách các ID được lưu trữ



Hình 23. Danh sách người dùng được hiển thị trên ứng dụng

#### 4.1 Đánh giá kết quả

Kết quả đo sau 13 ngày chạy thử nghiệm:



Hình 24. Dữ liệu phân cứng thu thập được



Hình 25. Dữ liệu được hiển thị trên ứng dụng



Hình 26. Dữ liệu nước đo được từ thực tế

Dữ liệu thực tế đo được từ đồng hồ đo nước trong vòng 13 ngày:

- Ngày 12/05 dữ liệu đồng hồ nước là: 1901
- Ngày 25/05 dữ liệu đồng hồ nước là: 1918

Như vậy trong vòng 13 ngày đồng hồ nước đo được lượng nước sử dụng khoảng 1700L nước tương đương  $1,7m^3$ .

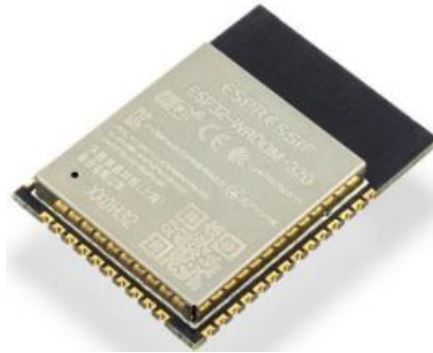
Ứng dụng đo được lưu lượng nước tiêu thụ trong 13 ngày là 1604L nước tương đương  $1,6m^3$ .

Vậy độ chính xác của thiết bị là:  $\frac{1600}{1700} \times 100 \approx 94.12\%$ .

#### 4.2 Cải thiện và nâng cấp

- Đã thay thế vi điều khiển ESP8266 bằng ESP32 nhằm:
  - Cải thiện tính ổn định và nâng cao tốc độ xử lý dữ liệu
  - Tăng khả năng kết nối mạng đáng kể
  - Cải thiện được 70% hiệu suất

- Giúp tiết kiệm hơn 50% điện năng tiêu thụ

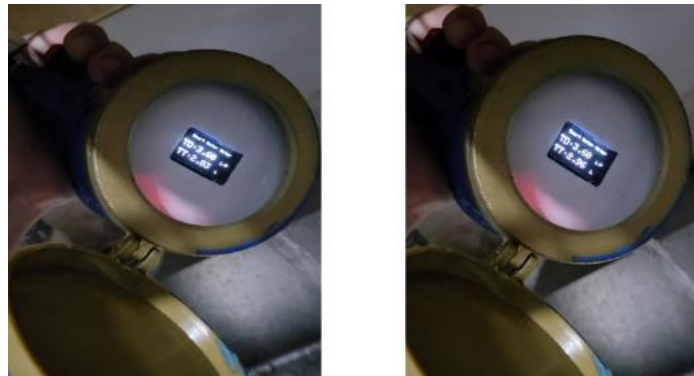


Hình 27. Vi điều khiển ESP32

- Đã thay đổi ngoại hình của sản phẩm nhỏ gọn hơn, tiêu thụ điện năng ít hơn, dễ dàng lắp đặt, bảo trì hay sửa chữa:

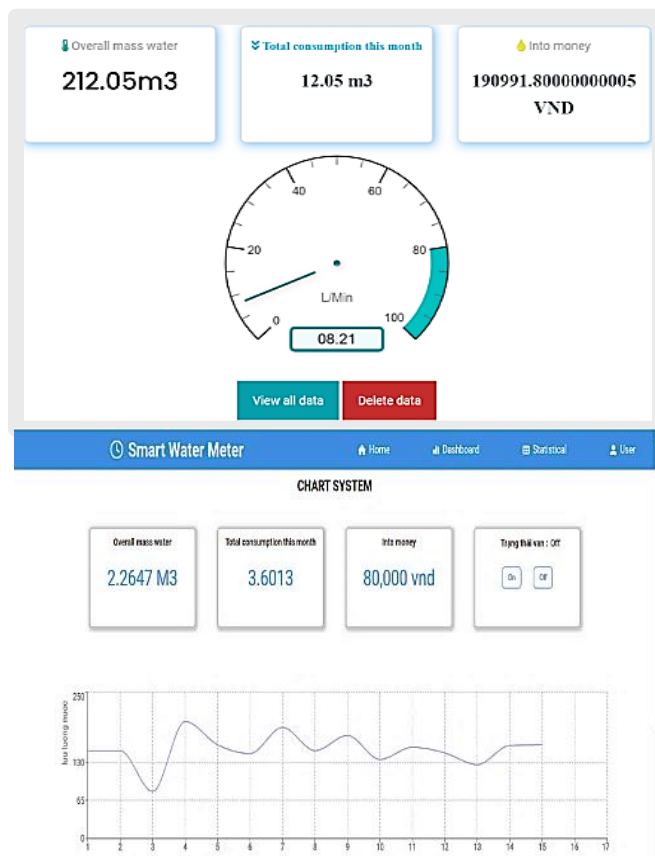


Hình 28 Đồng hồ nước thông minh sau khi được cải tiến



Hình 29 Đồng hồ nước thông minh cải tiến hoạt động

- Nâng cấp giao diện web, app nhằm tối giản và thân thiện với người dùng hơn, đồng thời bổ sung 1 số tính năng mới như khóa/mở nước từ xa...



Hình 30 Web được update và cập nhật dữ liệu liên tục

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Datasheet ESP8266-12E, <https://components101.com/sites/default/files/2021-09/ESP12E-Datasheet.pdf>
- [2] Datasheet YF-S201C DN15, [https://www.danomsk.ru/upload/iblock/43d/193917\\_3b664efb7b37f7ae8ea1eea40978a265.pdf](https://www.danomsk.ru/upload/iblock/43d/193917_3b664efb7b37f7ae8ea1eea40978a265.pdf)
- [3] Firebase Realtime Database, <<https://firebase.google.com/docs/database>>

YSC5.F127

## THIẾT KẾ, THI CÔNG VÀ ĐIỀU KHIỂN TAY MÁY SONG SONG HAI BẬC TỰ DO CẢI TIẾN ĐỂ BỐC TÁCH VÀ SẮP XẾP HÀNG HOÁ TRONG QUẢN LÝ CHUỖI CUNG ỨNG

TRẦN QUỐC THỊNH<sup>1</sup>, NGUYỄN MINH CƯỜNG<sup>1</sup>, BÙI THÀNH ĐẠT<sup>1</sup>, NGUYỄN THANH TÙNG<sup>1</sup>,  
NGUYỄN VĂN THỌ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\* [nguyenvantho@iuh.edu.vn](mailto:nguyenvantho@iuh.edu.vn)

**Tóm tắt.** Bài báo này đề xuất và thiết kế robot song song 2 bậc tự do cho các ứng dụng gấp thả vật như bốc xếp hàng hóa trong quản lý chuỗi cung ứng. Mô hình toán học cùng với các thông số động học của robot được đưa ra và hiệu chỉnh nhằm tăng độ chính xác định vị của cơ cấu tác động cuối. Bên cạnh việc thiết kế cơ khí, hệ thống điện, bộ điều khiển dùng PLC Q02UCPU và module QD75MH4 thuộc dòng Q của hãng Mitsubishi và giao diện điều khiển trực quan cũng được thiết kế và thực hiện để cho phép người dùng dễ dàng thao tác và vận hành. Quỹ đạo của robot cũng được thiết kế nhằm tối ưu không gian làm việc và hoạt động hay độ hiệu quả của hệ thống. Các kết quả thực nghiệm cho thấy tay máy cải tiến có tính ổn định cao, khả năng hoạt động hiệu quả trong thời gian dài, đáng tin cậy trong thực hiện các nhiệm vụ cần sự chính xác.

**Từ khóa.** Robot song song, robot SCARA hai bậc tự do, PLC, động học, điểm kỳ dị.

### DESIGN, CONSTRUCTION AND CONTROL OF AN ADVANCED 2-DOF PARALLEL ROBOT FOR SORTING/PICKING GOODS IN THE SUPPLY CHAIN AND LOGISTICS

**Abstract.** This paper proposes and designs 2-DOF parallel robot for pick-and-place applications such as picking and dropping goods in supply chain management. The mathematical model along with the kinematic parameters of the robot are derived and adjusted to increase the positioning accuracy of the end-effector. Besides mechanical design, electrical system, controller using PLC Q02UCPU and QD75MH4 module of Mitsubishi's Q series and intuitive control interface are also designed and implemented to allow users to easily operate. The trajectory of the robot is also designed to optimize the working space and operation or efficiency of the system. Experimental results show that the improved manipulator has high stability, the ability to operate effectively for a long time, and is reliable in performing tasks requiring accuracy.

**Keywords.** parallel robot, 2-DOF SCARA robot, PLC, kinematic, singularity.

### 1 GIỚI THIỆU

Robot gấp thả sản phẩm (Pick-and-Place Robot) là loại robot được sử dụng phổ biến trong các dây chuyền sản xuất, chế tạo. Việc gấp thả sản phẩm của robot này có cơ chế lặp đi lặp lại liên tục rất nhiều lần với tốc độ nhanh vì thế loại robot này đã và đang là một công cụ vô cùng cần thiết trong các dây chuyền đóng gói sản phẩm. Robot gấp thả sản phẩm có rất nhiều loại, tuy nhiên nếu chúng ta sử dụng loại robot nối tiếp có cơ cấu mở rộng cánh tay ra bằng tải thì sẽ chiếm diện tích lớn và chi phí gia công sẽ cao hơn. Vì vậy, robot song song sẽ là giải pháp phù hợp và thiết thực nhất. Robot này được lắp đặt ngược lên trên để các khâu rơi xuống dưới, qua đó chúng ta sẽ tiết kiệm không gian hơn và tốc độ di chuyển của các tay máy cũng được cải thiện hơn. Quá trình nghiên cứu sẽ tìm hiểu và xây dựng cơ cấu cơ khí phù hợp cho mô hình, kế đến sẽ tiến hành lập trình và điều khiển cho robot này, cuối cùng sẽ phân tích và điều chỉnh nhằm áp dụng mô hình này vào thực tế. Qua đó giúp loại robot này có thể ứng dụng tốt hơn vào lĩnh vực quản lý chuỗi cung ứng.

Bài báo này tập trung nghiên cứu và cải tiến loại robot có 2 khớp xoay với hệ thống dẫn động bên ngoài lấy ý tưởng dựa trên robot Delta được nghiên cứu bởi giáo sư Reymond Clavel [1]. Với thiết kế hình bình hành cho các cánh tay máy, robot loại này có cơ cấu tác động cuối (End - Effector) được thiết kế phục vụ cho mục đích gắp thả sản phẩm trên các băng chuyền một cách nhẹ nhàng và linh động nhất. Thực tế theo các nghiên cứu đã và đang được triển khai trên thế giới, loại robot đề tài đang nghiên cứu có tên là Diamond [2]. Robot Diamond có hai hoặc một cơ cấu hình bình hành tùy thuộc vào mục đích và yêu cầu sử dụng. Ngoài ra, Hermes Giberti và các cộng sự đã sử dụng các xi-lanh khí nén cho loại robot này [3]. Tuy nhiên, nếu chúng ta áp dụng cơ cấu khí nén trên robot thì cơ cấu này không thực sự tối ưu về không gian và khối lượng của robot, ngoài ra cơ cấu này cũng không mang tính thẩm mỹ cao. Qua đó, khớp xoay được điều khiển bằng động cơ là sự lựa chọn hoàn hảo được nhiều chuyên gia đồng thuận. Trên cơ sở lý thuyết này, nhiều nghiên cứu trên thế giới đã được công bố để hiệu chỉnh, tối ưu cho hệ thống 2 trục song song này. Tuy nhiên các nghiên cứu trên chỉ đều là loại robot phẳng, không gian làm việc của robot chỉ có hai chiều. Chính vì lý do đó, hướng phát triển đề xuất là thiết kế thêm 1 bậc tự do ở phần trên của mô hình để robot có thể di chuyển theo đầy đủ 3 trục trong không gian dựa theo chế độ làm việc (-+) mà Alexandre Figielski và các cộng sự đã đề cập trong bài viết của mình [4]. Hướng phát triển này sẽ giúp robot có thể vận hành thoải mái để ứng dụng vào mục đích bóc tách và sắp xếp hàng hóa trong quản lý chuỗi cung ứng. Bên cạnh đó, đề tài cũng có thể áp dụng thêm một số phương pháp hiệu chỉnh, tối ưu dựa trên các loại robot khác như robot SCARA 2 bậc tự do của Nguyễn Hoàng Dũng và các cộng sự [5], hiệu chỉnh PID bằng hệ mờ [6] hay tính toán động học của robot song song bất đối xứng nhóm 3URS [7].

Nghiên cứu này sẽ là một cải tiến đáng được công nhận để nâng cấp cánh tay từ hai bậc tự do lên ba bậc tự do từ đó sẽ tăng phạm vi hoạt động phù hợp cho môi trường sản xuất yêu cầu vùng làm việc lớn hơn. Hơn thế nữa, đề tài nghiên cứu này sẽ là một tư liệu tham khảo đáng giá cho các nghiên cứu chi tiết, cụ thể hơn sau này. Các thiết kế này sẽ bổ sung cho các nghiên cứu về hiệu chỉnh, tối ưu hệ thống và giảm thiểu chi phí gia công sản xuất sau này. Bố cục của bài báo được trình bày như sau: Phần 2 giới thiệu về mô hình toán của robot; Phần 3 sẽ trình bày về quá trình thiết kế và thi công cho robot; Phần 4 là quá trình thiết kế và lập trình điều khiển cho robot; Phần 5 là quá trình kiểm tra và đánh giá mô hình robot đã thiết kế; và Phần 6 là kết luận.

## 2 MÔ HÌNH TOÁN ROBOT

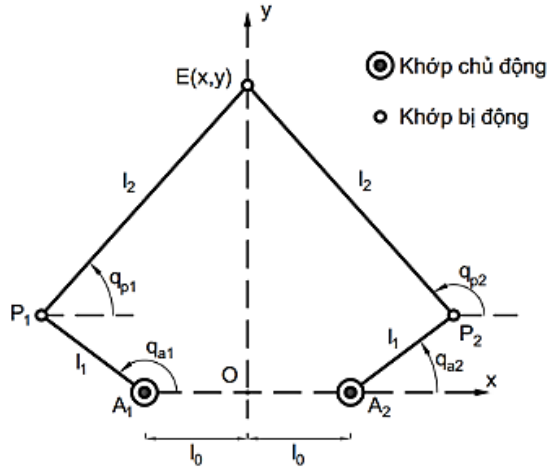
Mô hình toán robot mô tả mối quan hệ đầu vào và đầu ra đặc tả các thành phần của robot. Trong bài báo này, mô hình toán sẽ bao gồm phân tích động học, hoạch định quỹ đạo và tối ưu không gian làm việc.

### 2.1 Phân tích động học

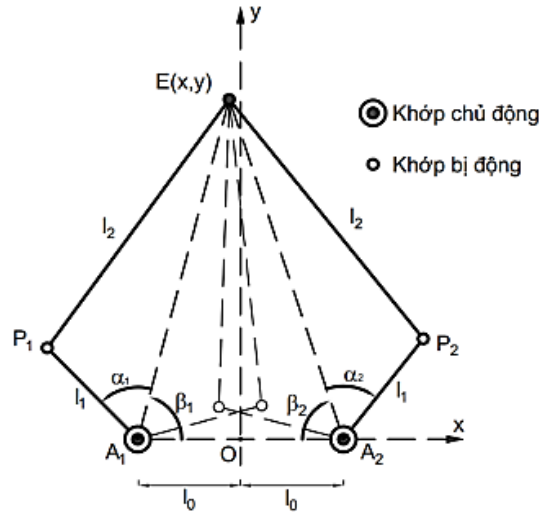
Quá trình phân tích động học sẽ phân tích chuyển động của robot trong hệ tọa độ cố định khi không xét đến các lực và moment gây ra chuyển động. Cụ thể, động học mô tả mối quan hệ giữa các vị trí khớp với vị trí và hướng của khâu tác động cuối. Động học bao gồm động học thuận và động học ngược. Ngoài ra, phần này cũng sẽ phân tích động học kỳ dị để quá trình thiết kế được tối ưu hơn.

#### 2.1.1 Động học thuận

Bài toán động học thuận cho phép mô tả vị trí và hướng đi của khâu tác động cuối khi biết tất cả các biến khớp của tay máy.



Hình 1. Động học thuận



Hình 2. Động học nghịch

Bài toán động học thuận cho biết vị trí của  $E(x,y)$  trong hệ tọa độ  $Oxy$  khi biết trước các góc  $q_{a1}$  và  $q_{a2}$ . Dựa vào Hình 1 và các nghiên cứu của Lê Tiên Dũng và các cộng sự [8], ta xác định được:

$$E_x = -l_0 + l_1 \cos q_{a1} + l_2 \cos q_{p1} \quad (1)$$

$$E_x = l_0 + l_1 \cos q_{a2} + l_2 \cos q_{p2} \quad (2)$$

$$E_y = l_1 \sin q_{a1} + l_2 \sin q_{p1} \quad (3)$$

$$E_y = l_1 \sin q_{a2} + l_2 \sin q_{p2} \quad (4)$$

Trong đó  $q_{p1}$  và  $q_{p2}$  được tính thông qua các góc  $\varphi$ :

$$\varphi_1 = \varphi_3 = \cos^{-1} \left( \frac{\sqrt{m^2+n^2}}{2l_2} \right) \quad (5)$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1} \left( \frac{n}{m} \right) \quad (6)$$

$$m = 2l_0 + l_{21}(\cos q_{a2} - \cos q_{a1}) \quad (7)$$

$$n = l_1 |\sin q_{a1} - \sin q_{a2}| \quad (8)$$

Có 2 trường hợp cho  $q_{p1}$  và  $q_{p2}$ :

Đối với cơ cấu hướng lên:

$$q_{p1} = \varphi_1 + \varphi_2 \quad (9)$$

$$q_{p2} = \pi - \varphi_3 + \varphi_2 \quad (10)$$

Đối với cơ cấu hướng xuống:



$$q_{p1} = 2\pi - \varphi_1 + \varphi_2 \quad (11)$$

$$q_{p2} = \pi + \varphi_2 + \varphi_3 \quad (12)$$

### 2.1.2 Động học nghịch

Ngược lại với động học thuận, bài toán động học nghịch cho trước vị trí và hướng của khâu tác động cuối từ đó xác định được giá trị các biến khớp của tay máy. Bài toán động học nghịch tính toán giá trị các góc  $q_{a1}$  và  $q_{a2}$  từ vị trí của khâu tác động cuối  $E(x,y)$ . Các công thức cho động học ngược khi biết trước tọa độ của cơ cấu tác động cuối như mô tả trên Hình 2.2 sẽ là:

$$q_{a1} = \beta_1 \pm \alpha_1 \quad (13)$$

$$q_{a2} = \pi - \beta_2 \pm \alpha_2 \quad (14)$$

Trong đó:

$$\alpha_1 = \cos^{-1} \left( \frac{l_1^2 + ((l_0+x)^2 + y^2) - l_2^2}{2l_1\sqrt{(l_0+x)^2 + y^2}} \right) \quad (15)$$

$$\alpha_2 = \cos^{-1} \left( \frac{l_1^2 + ((l_0-x)^2 + y^2) - l_2^2}{2l_1\sqrt{(l_0-x)^2 + y^2}} \right) \quad (16)$$

$$\beta_1 = \tan^{-1} \left( \frac{y}{l_0+x} \right) \quad (17)$$

$$\beta_2 = \tan^{-1} \left( \frac{y}{l_0-x} \right) \quad (18)$$

Do đó kết quả cho các công thức (13) và (14) sẽ có 4 trường hợp:

$$q_{a1} = \beta_1 + \alpha_1, \quad q_{a2} = \pi - \beta_2 - \alpha_2 \quad (19)$$

$$q_{a1} = \beta_1 - \alpha_1, \quad q_{a2} = \pi - \beta_2 + \alpha_2 \quad (20)$$

$$q_{a1} = \beta_1 - \alpha_1, \quad q_{a2} = \pi - \beta_2 - \alpha_2 \quad (21)$$

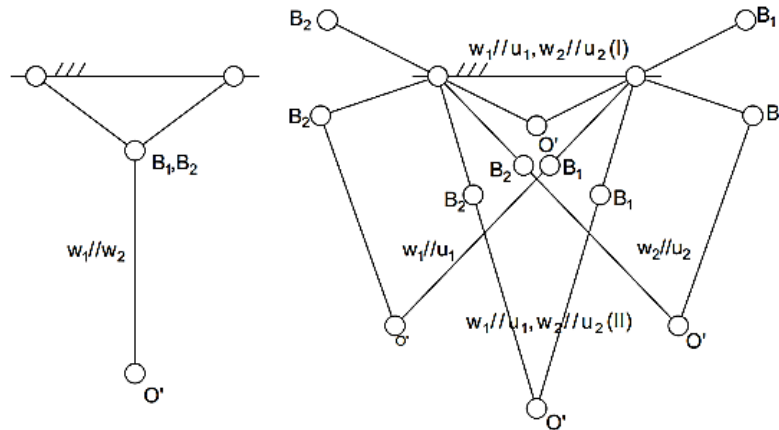
$$q_{a1} = \beta_1 + \alpha_1, \quad q_{a2} = \pi - \beta_2 + \alpha_2 \quad (22)$$

Từ đây tùy theo bố trí thiết bị mà ta sẽ có từng công thức cụ thể chính xác cho từng trường hợp. Các công thức này cũng được sử dụng trong một nghiên cứu khác về bộ điều khiển song song phẳng 5 thanh [9].

### 2.1.3 Động học kỳ dị

Các điểm kỳ dị trong không gian làm việc của các cấu trúc động học mạch kín hay các robot song song là vấn đề thu hút rất nhiều sự quan tâm, nghiên cứu vì nó là nguyên nhân dẫn đến mất khả năng điều khiển chuyển động do sự thay đổi đột ngột về số bậc tự do của cơ cấu nếu rơi vào cấu hình kỳ dị.

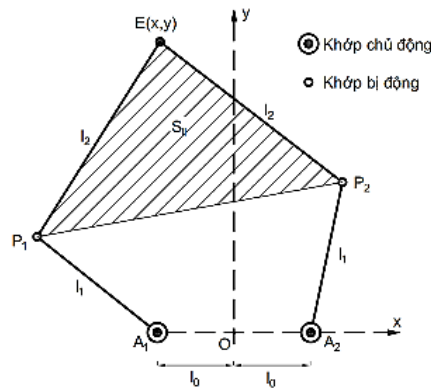
Theo đó, điểm kỳ dị sẽ xuất hiện khi vector trục cánh tay gần  $u_i$  song song với vector trục cánh tay xa  $w_i$  và (hoặc) vector của hai trục cánh tay xa song song nhau  $w_1 // w_2$ .



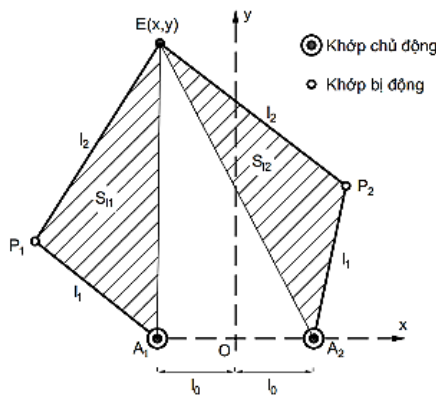
Hình 3. Các tư thế xuất hiện điểm kỳ dị

Về nghiên cứu các điểm kỳ dị, nghiên cứu của Qizhi Meng và hai cộng sự cũng có kết quả tương tự [10]. Tuy nhiên cũng có một cách định nghĩa khác dựa trên ma trận Jacobian của Lê Tiến Dũng thuộc Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng và cộng sự đã được đề cập ở trên [8]. Theo đó có 3 loại của điểm kỳ dị tương ứng với các trường hợp khi xét  $\det[J_a]$  và  $\det[J_e]$ . Một số hình ảnh về điểm kỳ dị trong nghiên

cứu này được liệt kê dưới đây



Hình 4a. Điểm kì dị xảy ra khi  $S_{11}$  hoặc  $S_{12} = 0$



Hình 4b. Điểm kì dị xảy ra khi  $S_{11} = 0$

Hình 4 Các trường hợp xảy ra điểm kì dị khi xét  $det[J_a]$  và  $det[J_e]$

### 2.2 Hoạch định quỹ đạo

Quỹ đạo là đường đi khi có xét đến yếu tố thời gian, vận tốc hoặc gia tốc. Mục đích của việc hoạch định quỹ đạo là tạo ra các tín hiệu ngõ vào tham chiếu cho bộ điều khiển chuyển động nhằm đảm bảo Robot chuyển động theo quỹ đạo mong muốn. Việc hoạch định quỹ đạo có thể được thực hiện trong không gian khớp hoặc không gian làm việc.

Chúng ta có thể sử dụng quỹ đạo vận tốc hình thang (LSPB: Linear Segment with Parabolic Blend) để hoạch định quỹ đạo điểm tới điểm cho một trục động cơ, sau đó chúng ta sẽ sử dụng tính năng nội suy có sẵn trong phần mềm GX Works2 để kiểm soát quỹ đạo của robot. Theo đó, hàm số của quỹ đạo LSPB được thể hiện như dưới đây:

$$q(t) = \begin{cases} q_i + \frac{1}{2} \ddot{q}_c t^2, & 0 \leq t \leq t_c \\ q_i + \ddot{q}_c t \left( t - \frac{t_c}{2} \right), & t_c < t \leq t_f - t_c \\ q_f - \frac{1}{2} \ddot{q}_c (t_f - t)^2, & t_f - t_c < t \leq t_f \end{cases} \quad (23)$$

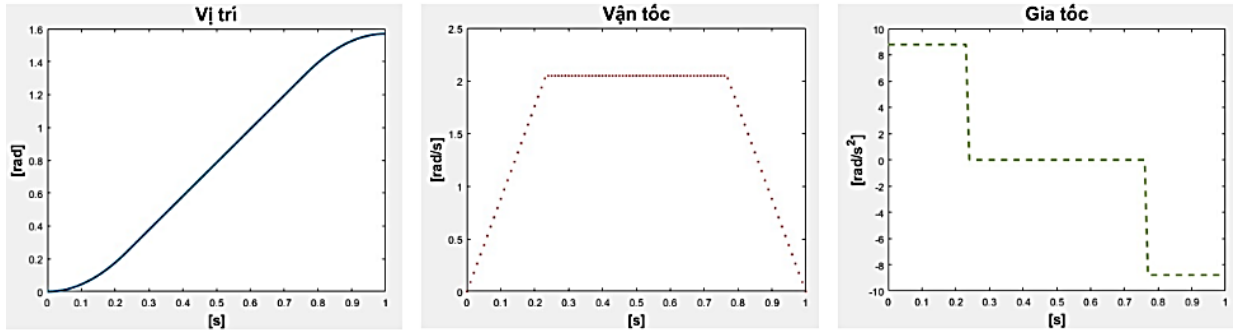
Trong đó,

$$t_c = \frac{t_f}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{t_f^2 \ddot{q}_c - 4(q_f - q_c)}{\ddot{q}_c}} \quad (24)$$

Chọn:

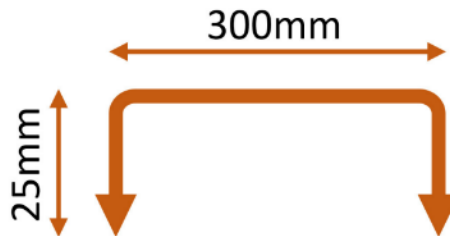
$$|\ddot{q}_c| \geq \frac{4|q_f - q_i|}{t_f^2} \quad (25)$$

Khi đó dấu “=” xảy ra khi và chỉ khi quỹ đạo vận tốc là hình tam giác.



Hình 5. Ví dụ quỹ đạo LSPB

Ở đây, quỹ đạo chuyển động của mô hình được dựa theo chu kỳ máy tiêu chuẩn của một robot gấp thả. Theo Cornelius J. Barnard và các cộng sự, quỹ đạo gấp thả được lựa chọn là dạng chữ U ngược đi lên 25mm sau đó đi ngang 350mm và đi xuống 25mm [11]. Tuy nhiên đề tài này chỉ sử dụng quỹ đạo gấp thả với chiều dài ngang là 300mm được mô tả như Hình 6. Đây được gọi là một chu kỳ máy hoàn chỉnh của robot gấp và thả.



Hình 6. Chu kỳ máy tiêu chuẩn

### 2.3 Tối ưu không gian làm việc

Để tối ưu chuyển động, theo nghiên cứu của Tian Huang và các cộng sự, kết quả cho thấy một số yếu tố hiệu chỉnh tối ưu cho hệ thống có thể kể đến như là giới hạn hình học, giới hạn góc quay [12]. Bên cạnh đó, bài nghiên cứu cũng đã đề xuất một số hiệu chỉnh về kích thước của mô hình nhằm tối ưu không gian hoạt động lần lượt là khoảng cách hai trục động cơ  $2e$ , độ dài của vùng làm việc  $b$  so với kích thước trục gần  $l_1$  và khoảng cách trục động cơ đến trung điểm của đoạn thẳng nối hai động cơ phải lớn hơn giá trị  $e_{min}$

$$e \geq e_{min} \quad (26)$$

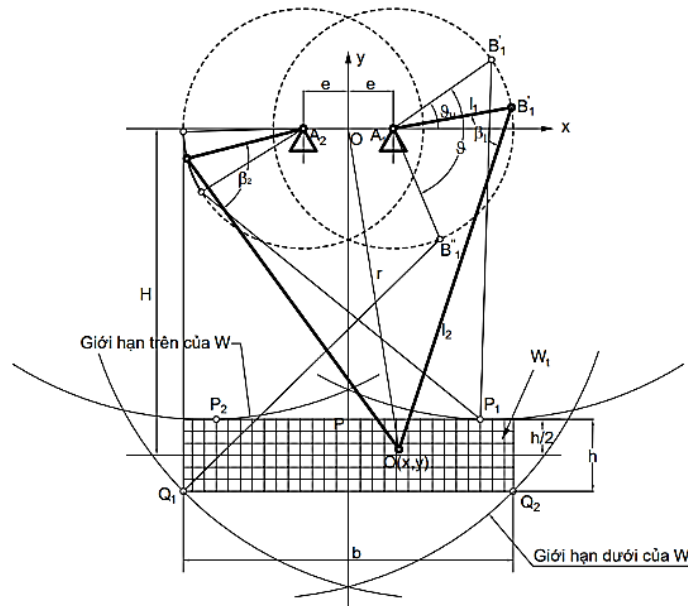
Và đảm bảo được độ dài của vùng làm việc  $b$

$$\frac{b}{2} = e + l_1 \quad (27)$$

Mặt khác ta cũng cần phải đảm bảo về khoảng cách của độ dài từ điểm giữa hai trục động cơ đến tâm của không gian làm việc  $H$  với độ cao không gian làm việc  $h$  và chiều dài các trục gần  $l_1$ , trục xa  $l_2$  theo công thức:

$$\sqrt{(H + h)^2 + \left(\frac{b}{2} + e\right)^2} - l_2 - l_1 < 0, l_2 - l_1 - H < 0 \quad (28)$$

Tương tự, một nghiên cứu khác của Tian và các cộng sự nhằm tối ưu thiết kế với các thông số ràng buộc về không gian làm việc với kích thước tay máy, các chỉ số đảm bảo hệ thống hoạt động hiệu quả,... [13]. Nghiên cứu này cũng đã tính toán các công thức giúp chúng ta lựa chọn kích thước của mô hình theo các quy ước: Góc giới hạn trên  $\theta_u$  tính từ trục x, góc quay tối đa  $\theta$ , kích thước trục ngắn  $l_1$ , kích thước trục dài  $l_2$ , khoảng cách  $H$  từ tâm vùng làm việc đến trục tọa độ O, độ cao vùng làm việc  $h$ , chiều dài vùng làm việc  $b$ , khoảng cách từ tâm tọa độ O đến trục động cơ  $e$ . Các đơn vị được thể hiện như Hình 7 dưới đây:



Hình 7. Không gian làm việc

Các công thức tính toán cho các số liệu sẽ là

$$H = l_2 + \frac{h}{2} - l_1 \sin \theta_u \quad (29)$$

$$A \sin(\theta - \theta_u) + B \cos(\theta - \theta_u) + C = 0 \quad (30)$$

Trong đó các giá trị A, B, C lần lượt là

$$A = -2 \left( H + \frac{h}{2} \right) l_1 \quad (31)$$

$$B = 2 \left( \frac{b}{2} + e \right) l_1 \quad (32)$$

$$C = \left( \frac{b}{2} + e \right)^2 + \left( \frac{h}{2} + H \right)^2 + l_1^2 - l_2^2 \quad (33)$$

Bên cạnh đó để tối ưu hóa thì chúng ta cũng cần phải xét đến tỉ lệ giữa không gian làm việc và khối lượng máy  $\delta$ , đơn vị này thường được lấy ở mức 1,1 đến 1,2.

$$1 \leq \delta \leq \frac{b}{2(e + l_1)} \quad (34)$$

Và góc hợp bởi trục cánh tay gần và trục cánh tay xa  $[\beta]$  phải được lấy trong mức  $35^\circ - 40^\circ$  theo công thức sau:

$$(l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2 \cos[\beta]) - \left(H - \frac{h}{2}\right)^2 \leq 0 \quad (35)$$

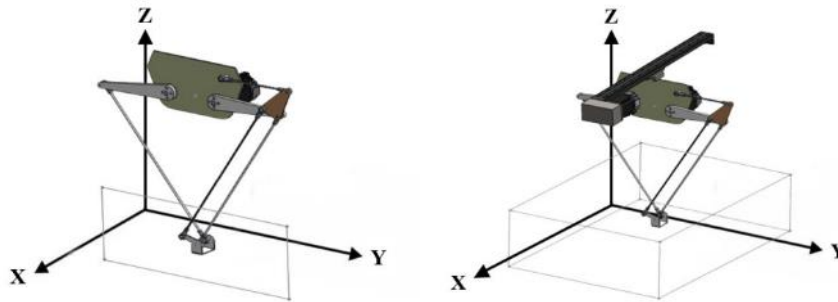
$$\left(\frac{b}{2} + e\right)^2 + \left(\frac{h}{2} + H\right)^2 - (l_1^2 + l_2^2 + 2l_1l_2 \cos[\beta]) \leq 0 \quad (36)$$

Như vậy, sau khi đã tính toán, giới hạn và hiệu chỉnh tối ưu, dưới đây là bảng thông số dự kiến của mô hình:

Bảng 1. Thông số được lựa chọn

Khoảng cách trục đến tâm tọa độ ( $l_0$ )	70 mm
Độ dài khâu chủ động ( $l_1$ )	200 mm
Độ dài khâu bị động ( $l_2$ )	400 mm
Góc giới hạn trên ( $\theta_u$ )	30 độ
Góc quay tối đa ( $\theta$ )	120 độ
Độ dài vùng làm việc (b)	550 mm
Độ cao vùng làm việc (h)	100 mm
Độ rộng vùng làm việc (giới hạn vít-me)	360 mm

Dựa theo hình dáng ban đầu ta có thể thấy vùng làm việc của loại robot song song 2 bậc tự do hạn chế hơn hẳn robot Delta của Critian Szep và các cộng sự đã nghiên cứu [14]. Do đó, việc cải tiến thêm một trục giúp cho robot mở rộng phạm vi hoạt động. Hình 8 mô tả sự biến đổi của không gian làm việc từ hoạt động trong hệ trục Oxy sang hoạt động trong hệ trục Oxyz.

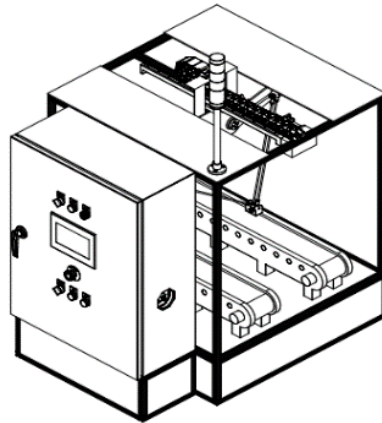


Hình 8. Không gian 2D và 3D

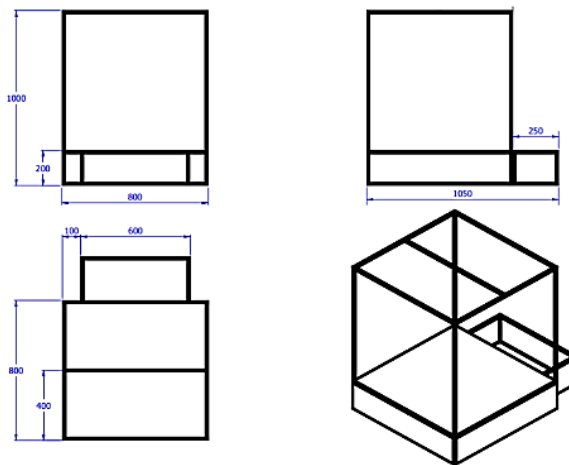
### 3 THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG

#### 3.1 Thiết kế cơ khí

Phần cơ khí được chia thành 2 phần: tay máy và trục vít-me. Tay máy sẽ chuyển động xoay với 2 trục động cơ trong khi đó trục vít-me có cơ cấu chuyển động tịnh tiến. Khung mô hình được phác thảo trên phần mềm SolidWorks, kích thước của khung sẽ là 800x800x1000 mm.



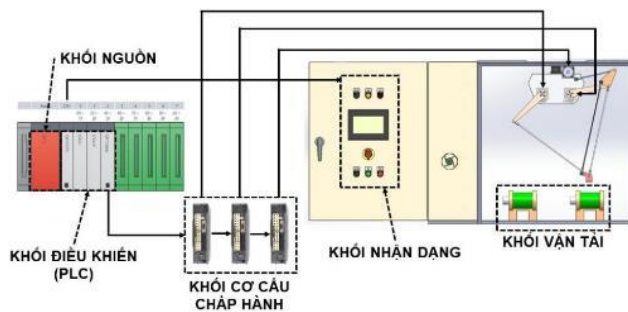
Hình 9. Bản vẽ mô hình 3D



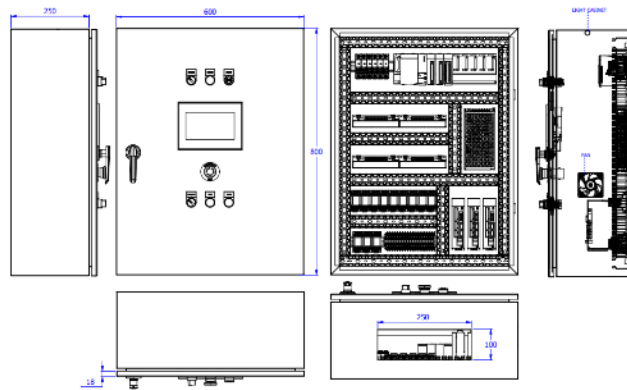
Hình 10. Phác thảo khung mô hình

### 3.2 Thiết kế phần điện

Phần điện được thiết kế dựa trên cơ sở lý thuyết gồm 5 khối chức năng chính đó là: khối nguồn, khối cơ cấu chấp hành, khối điều khiển, khối nhận dạng, khối vận tải. Phần layout tủ được thiết kế dựa trên phần mềm AutoCad để dễ dàng sắp xếp thiết bị hơn. Với các tiêu chuẩn cơ bản của một tủ điện công nghiệp, dây kích cỡ 1.5mm làm dây động lực và dây kích cỡ 0.75mm làm dây điều khiển.



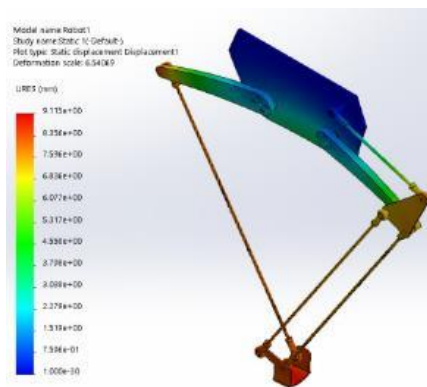
Hình 11. Sơ đồ khối phần điện



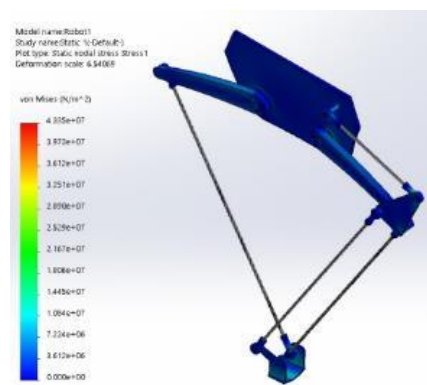
Hình 12. Layout tủ điện

### 3.3 Mô phỏng sức bền

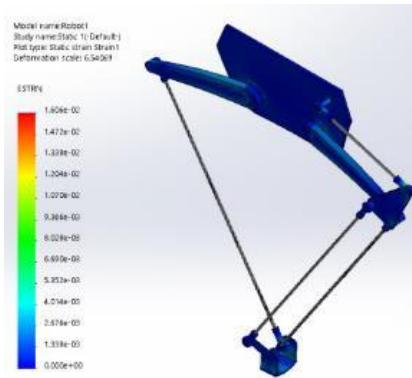
Việc phân tích độ bền của cơ cấu giúp xác định kịp thời các vị trí chịu nhiều áp lực nhất [15]. Mô hình được mô phỏng qua 2 phần mềm là SolidWorks (Hình 13) và phần mềm Ansys (Hình 14), cả hai đều cho ra cùng một kết quả đó là cơ cấu tác động cuối là nơi chịu nhiều biến dạng nhất. Tuy nhiên, mô phỏng Ansys lại cho kết quả khâu bị động có xu hướng bị uốn cong. Đây có thể được coi là sự khác nhau giữa việc thiết lập thông số của các phần mềm.



Hình 13a. Mô phỏng chuyển vị

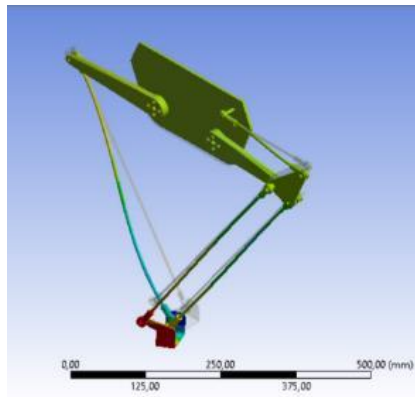


Hình 13b. Mô phỏng ứng suất

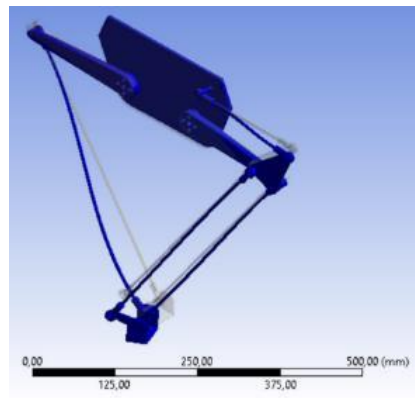


Hình 13c. Mô phỏng biến dạng

Hình 13. Mô phỏng trên phần mềm SolidWorks

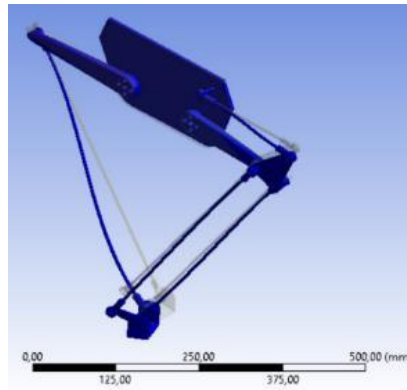


Hình 14a. Mô phỏng chuyển vị



Hình 14b. Mô phỏng ứng suất





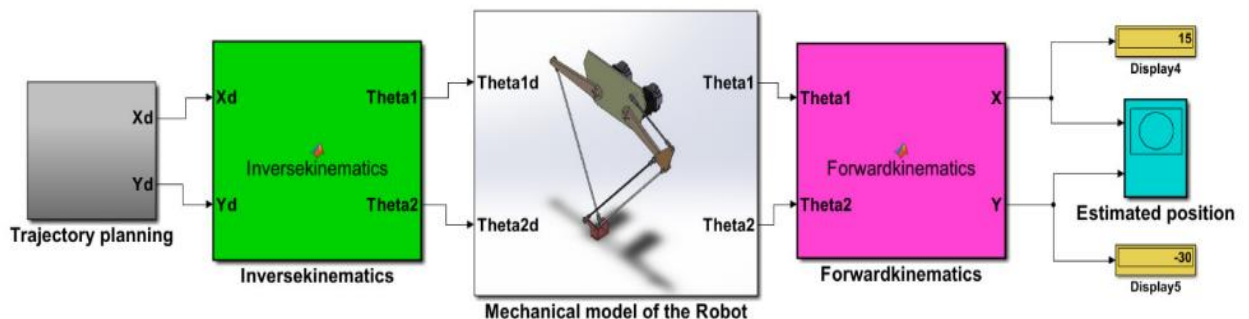
Hình 14c. Mô phỏng biến dạng

Hình 14. Mô phỏng trên phần mềm Ansys

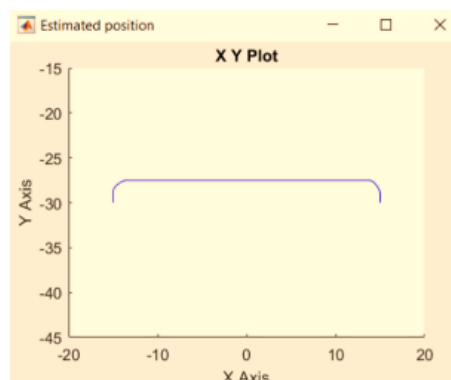
Theo kết quả mô phỏng ở các Hình 13 và Hình 14, mô hình bị biến dạng nhiều nhất ở phần cơ cấu tác động cuối. Lý giải cho vấn đề này là vì đây là nơi chịu lực nhiều nhất của cơ cấu [16]. Bên cạnh đó, các khâu của tay máy cũng có xu hướng cong dần xuống khi ta càng tác dụng lực vào cơ cấu tác động cuối.

### 3.4 Mô phỏng quỹ đạo

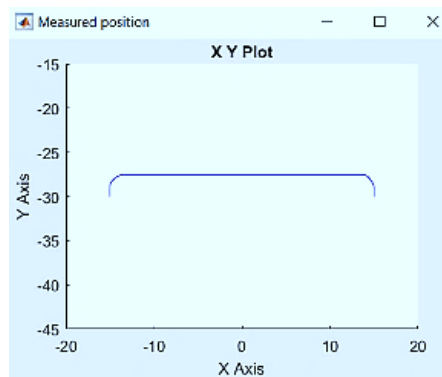
Sau khi đã tính toán, thiết kế mô hình, phần mềm Matlab Simulink sẽ được sử dụng để kiểm tra các công thức động học, quỹ đạo được hoạch định và tính hiệu quả của mô hình. Để điều khiển được trên Matlab, đầu tiên cần mô hình tay máy 3D đơn giản trên phần mềm SolidWorks, sau đó ta sẽ liên kết mô hình này với các khối chức năng của Matlab. Ngoài ra, việc lập trình để điều khiển trên mô phỏng cần sử dụng các khối Function để tạo ra các quỹ đạo khác nhau. Quá trình kiểm tra giữa mô phỏng và tính toán sẽ sử dụng các khối Scope và các giá trị góc quay cũng như tọa độ các khớp.



Hình 15. Sơ đồ Matlab Simulink



Hình 16a. Quỹ đạo tính toán



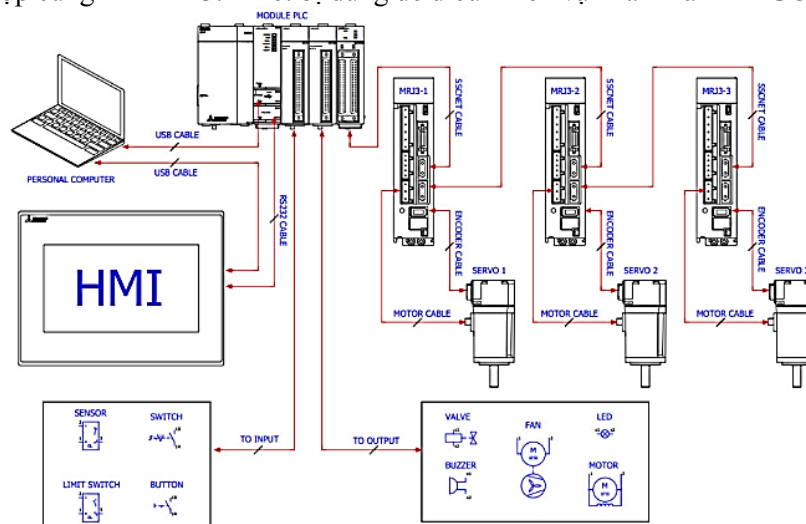
Hình 16b. Quỹ đạo mô phỏng

Hình 16. Kết quả hoạch định quỹ đạo trong Matlab Simulink

## 4 ĐIỀU KHIỂN

### 4.1 Lựa chọn thiết bị

Bên cạnh việc thiết kế cơ khí, hệ thống điện, bộ điều khiển được lựa chọn sử dụng là PLC Q02UCPU và module điều khiển vị trí QD75MH4 để điều khiển 3 động cơ Servo. Hệ thống Servo và Driver bao gồm MR-J3 10B kết hợp cùng HF-KP13. Thiết bị dùng để điều khiển vận hành là HMI GOT Simple GS2107.



Hình 17. Sơ đồ kết nối các thiết bị

### 4.2 Cài đặt thông số

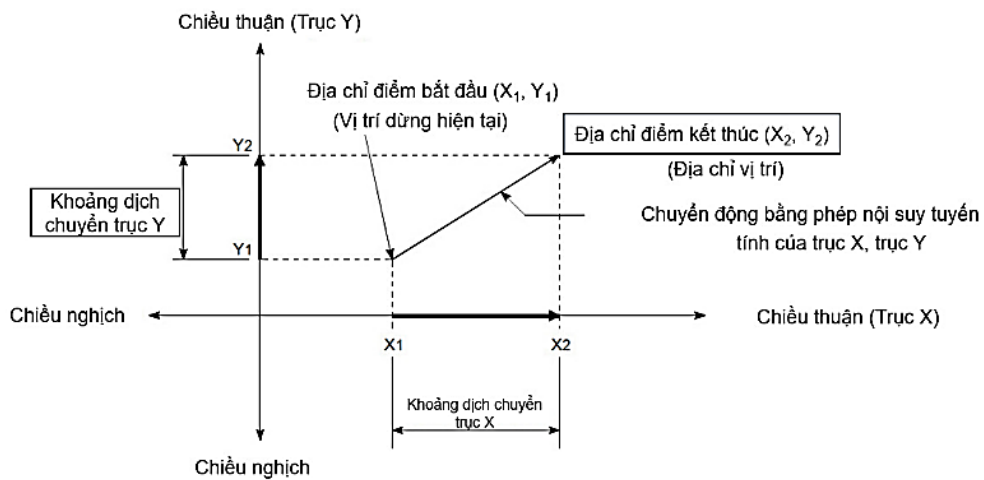
Hệ thống động cơ Servo được hoạt động trên mạng cáp quang SSCNET. Do đó, cần kết nối dây SSCNET thông qua ngõ CN1 giữa các Driver Servo và module QD75MH4. Ở phần mềm, chọn loại Driver là MR-J3-B. Trên phần cứng, thực hiện xoay núm vặn đánh số thứ tự từ 1 → 3 để chia thành 3 trục riêng biệt. Để cài đặt thông số cho Servo, vào Intelligent Function Module → QD75MH4 → Parameter. Trong phần này cần quan tâm đến các thông số như Hình 18:

Item	Axis #1	Axis #2	Axis #3	Axis #4
<b>Basic parameters 1</b>	<b>Set according to the machine and applicable motor when system is started up.(This parameter</b>			
Unit setting	0:mm	0:mm	0:mm	3:pulse
No. of pulses per rotation	262144 pulse	262144 pulse	262144 pulse	20000 pulse
Movement amount per rotation	400.0 um	400.0 um	1200.0 um	20000 pulse
Unit magnification	1:x1 Times	1:x1 Times	1:x1 Times	1:x1 Times
<b>Basic parameters 2</b>	<b>Set according to the machine and applicable motor when system is started up.</b>			
Speed limit value	200000.00 mm/min	200000.00 mm/min	2000.00 mm/min	200000 pulse/s
Acceleration time 0	500 ms	500 ms	500 ms	1000 ms
Deceleration time 0	500 ms	500 ms	500 ms	1000 ms
M code ON signal output timing	1:AFTER Mode	1:AFTER Mode	1:AFTER Mode	0:WITH Mode
<b>OPR basic parameters</b>	<b>Set the values required for carrying out OPR control.(This parameter become valid when the PLC</b>			
OPR method	0:Near-point Dog Method	0:Near-point Dog Method	0:Near-point Dog Method	0:Near-point Dog Method
OPR direction	1:Reverse Direction(Address Decrease Direction)	0:Forward Direction(Address Increase Direction)	1:Reverse Direction(Address Decrease Direction)	0:Forward Direction(Address Increase Direction)
OP address	0.0 um	0.0 um	0.0 um	0 pulse
OPR speed	30.00 mm/min	30.00 mm/min	400.00 mm/min	1 pulse/s
Creep speed	10.00 mm/min	10.00 mm/min	150.00 mm/min	1 pulse/s
OPR retry	1:Retry OPR with limit switch	1:Retry OPR with limit switch	1:Retry OPR with limit switch	0:Do not retry OPR with limit switch

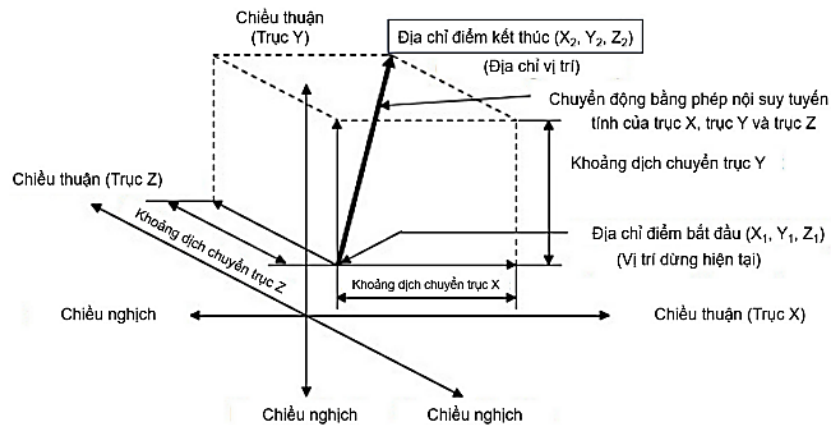
Hình 18. Các thông số cài đặt Servo cơ bản

### 4.3 Thuật toán nội suy

Nội suy có thể được hiểu đơn giản là một quá trình để ta có thể suy luận ra được một giá trị nằm giữa 2 giá trị đã biết trước. Ở đây, nhóm sử dụng thuật toán nội suy tuyến tính 3 trục và nội suy tuyến tính 2 trục. Nội suy tuyến tính 3 trục giúp cho cả 3 trục động cơ đều chạy đồng thời ở cùng thời điểm với các tốc độ phù hợp theo thuật toán. Qua đó, mô hình có thể hoạt động nhanh và hiệu quả hơn. Tương tự với nội suy tuyến tính 2 trục. Một phép chạy nội suy yêu cầu phải có tọa độ các điểm đầu và các điểm cuối của các trục. Bên cạnh đó, chúng ta cũng cần phải cài tốc độ, M code, thời gian chờ cho một trục tham chiếu để các trục còn lại nội suy theo và vị trí gốc ban đầu của các trục. Sau khi đã có đủ yếu tố, chúng ta chỉ cần gọi lệnh nội suy, khi đó trục tham chiếu sẽ được dùng để tính toán tốc độ cho các trục còn lại.



Hình 19. Nội suy tuyến tính 2 trục



Hình 20. Nội suy tuyến tính 3 trục

#### 4.4 Giao diện điều khiển và giám sát

Đối với nghiên cứu này, giao diện điều khiển trực tiếp là HMI như Hình 21 sẽ được lắp đặt trực tiếp trên tủ điện giúp người vận hành dễ dàng thao tác và kiểm tra. Giao diện bao gồm các chức năng thay đổi ngôn ngữ, hệ thống lỗi cung cấp các mã lỗi và cảnh báo đi kèm với chức năng reset lỗi nhanh chóng. Các chế độ điều khiển được cài đặt là JOG, POS, HOME với 2 vai trò khác nhau là quản lý và nhân viên. Bên cạnh đó, giao diện cũng cung cấp thêm các thông tin cơ bản về mô hình, bản vẽ, thông số kỹ thuật, hướng dẫn sử dụng và cập nhật thời gian thực.



Hình 21a. Giao diện đăng nhập



Hình 21b. Giao diện điều khiển



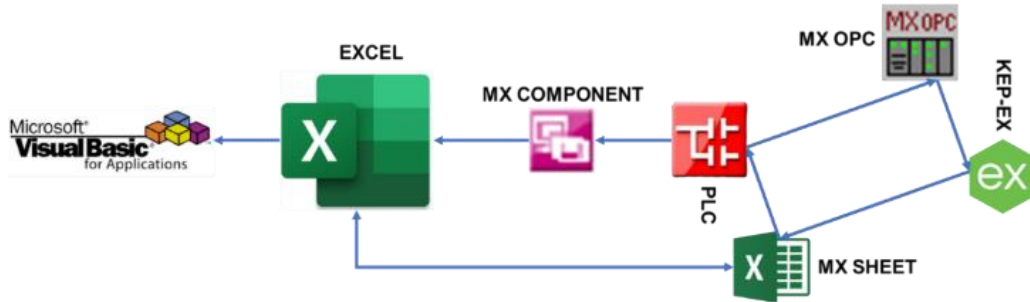
Hình 21c. Giao diện báo lỗi



Hình 21d. Giao diện hướng dẫn sử dụng

Hình 21. Giao diện HMI

Ngoài giao diện HMI, hệ thống còn có thể điều khiển thông qua phần mềm Excel. Đây có thể xem là một hệ thống SCADA như Axel Daneels và Wayne Salter đã đề cập trong nghiên cứu của họ [17]. Giao diện trên Excel sẽ giúp người vận hành kiểm soát các thông số vị trí, tốc độ, lịch sử đăng nhập và các mã lỗi, cảnh báo hiện hành. Để kết nối với HMI, PLC cần phải có các kết nối trung gian với phần mềm MX OPC và KEPServerEX. Ngoài ra, để theo dõi các thông số, phần mềm MX Component sẽ kết nối PLC với MX Sheet để chuyển dữ liệu từ PLC vào Excel. Hình 23 mô tả các kết nối được sử dụng.



Hình 22. Truyền thông giữa PLC và Excel

**SYSTEM CONTROL AND MONITORING INTERFACE ON EXCEL**

ON SERVO
OFF SERVO
RESET SERVO
HOME SERVO
RUN POS 1
RUN POS 2
STOP POS

Date and time	Num	Staff name	Error number			Warning number			Speed			Position		
			Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 1	Axis 2	Axis 3
2023/05/31 14 20:07:11			0	0	0	0	0	0	1509	5780	0	15115	-1504	-139762
2023/05/31 14 20:07:12			0	0	0	0	0	0	3835	2245	54820	10816	1268	84048
2023/05/31 14 20:07:13			0	0	0	0	0	0	2910	4055	54773	1478	-5347	8601
2023/05/31 14 20:07:14			0	0	0	0	0	0	2910	4055	54773	-462	-12332	101593
2023/05/31 14 20:07:15			0	0	0	0	0	0	684	6164	54649	-1128	-10165	90126
2023/05/31 14 20:07:16			0	0	0	0	0	0	472	4762	54791	-42	-423	-4870
2023/05/31 14 20:07:17			0	0	0	0	0	0	472	4762	54791	-735	-7408	-85230
2023/05/31 14 20:07:18			0	0	0	0	0	0	5433	2545	0	1190	-14485	-153104
2023/05/31 14 20:07:19			0	0	0	0	0	0	2242	3081	54867	1137	-9931	-92952
2023/05/31 14 20:07:20			0	0	0	0	0	0	2242	3081	54867	4949	-4703	162
2023/05/31 14 20:07:21			0	0	0	0	0	0	4450	2670	54754	12399	232	91825
2023/05/31 14 20:07:22			0	0	0	0	0	0	6638	557	54595	13969	1172	114882
2023/05/31 14 20:07:23			0	0	0	0	0	0	6638	557	54595	2600	218	21383
2023/05/31 14 20:07:24			0	0	0	0	0	0	5758	396	54696	5647	388	-53642
2023/05/31 14 20:07:25			0	0	0	0	0	0	1609	5780	0	14852	516	139767
2023/05/31 14 20:07:26			0	0	0	0	0	0	3835	2245	54820	12145	-490	-103052
2023/05/31 14 20:07:27			0	0	0	0	0	0	3835	2245	54820	5611	4315	-9655
2023/05/31 14 20:07:28			0	0	0	0	0	0	2910	4055	54773	589	-10766	81794
2023/05/31 14 20:07:29			0	0	0	0	0	0	684	6164	54649	-1347	-12138	107614

Hình 23. Giao diện điều khiển và giám sát trên Excel

Giao diện hiện tại có thể được nâng cấp lên thành một hệ thống SCADA. Điều này có thể được thực hiện bằng cách lắp đặt thêm các module mạng như QJ61BT11N, QJ71EIP71,... để tạo ra kết nối mạng giữa các thiết bị ngoại vi, giúp cho hệ thống có thể truyền thông và quản lý được nhiều thiết bị cùng một lúc.

Bên cạnh đó, công nghệ IoT cũng có thể được áp dụng để điều khiển hệ thống từ xa thông qua mạng wifi hoặc internet. Với công nghệ này, người dùng có thể sử dụng điện thoại di động hoặc máy tính để điều khiển các màn hình HMI, giúp cho việc quản lý và giám sát hệ thống trở nên thuận tiện và hiệu quả hơn. Tất cả những cải tiến này sẽ giúp cho hệ thống trở nên thông minh, linh hoạt và tiết kiệm thời gian, chi phí cho người dùng.

## 5 KIỂM TRA VÀ ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH

Kiểm tra hệ thống là rất quan trọng đối với sự chính xác trong quá trình hoạt động của robot. Trong môi trường công nghiệp, yêu cầu về vấn đề an toàn luôn được đặt lên hàng đầu, vì lẽ đó quá trình hiệu chỉnh sẽ cung cấp các thông số giúp cho chủ đầu tư và khách hàng có thể biết về các chức năng và ứng dụng của robot này cũng như sự sai lệch của nó. Ngoài ra, kiểm tra hệ thống là bắt buộc đối với nhà thiết kế vì đó là các định mức về sự an toàn, chính xác để có thể được cấp phép phục vụ cho con người mà không gây tổn hại đến người vận hành.

Quá trình kiểm tra robot sẽ chú trọng vào các thông số sau đây: Tải trọng (Payload), tốc độ (Speed), độ chính xác (Accuracy), độ tin cậy lặp lại (Repeatability), độ bền (Durability).

Dựa trên sai số cơ khí và độ rung lắc khi hoạt động. Đề tài này đề xuất sử dụng thang đo thẳng sai số 0.5mm đối với cơ cấu vít-me và thang đo góc sai số 0.5mm đối với 2 trục cánh tay máy. Đơn vị xung sẽ được sử dụng để chạy JOG và đơn vị vòng/phút để chạy Position (POS). Bảng sau cung cấp các thông số cơ bản để tính toán:

Bảng 2. Thông số tính toán

	Trục 1 (xoay)	Trục 2 (xoay)	Trục 3 (tịnh tiến)
Số xung của 1 vòng động cơ (A) (xung/vòng)	262144	262144	262144
Khoảng dịch chuyển của 1 vòng động cơ (D)	360 (độ/vòng)	360 (độ/vòng)	12 (mm/vòng)
Tỉ lệ hộp số (T)	1/15	1/15	1/1
Số xung của 1 vòng hộp số (B) (xung/vòng)	3932160	3932160	262144

Khi chạy POS, cần nhập vào MR Configurator 2 khoảng cách cần dịch chuyển đơn vị là xung. Từ đó, khoảng cách dịch chuyển đơn vị là mm và góc sẽ được tính thông qua công thức:

$$C = \frac{B}{D} \quad (37)$$

Qua đó, ta có khoảng cách dịch chuyển của các trục sẽ là:

- Trục 1 và 2:

$$C_{1,2} = 10922.67 \text{ (xung/độ)} \quad (38)$$

- Trục 3:

$$C_3 = 21845.33 \text{ (xung/mm)} \quad (39)$$

Sau khi đã tính toán trên máy, ta có thể đo đạc trên cơ cấu cơ khí bằng thang đo thẳng và thang đo góc để kiểm tra độ chính xác của cơ cấu.

Khi chạy JOG, cần nhập vào MR Configurator2 tốc độ của động cơ đơn vị là vòng/phút. Sau đó ta cần phải đo thời gian cần để cơ cấu di chuyển từ vị trí này đến vị trí cần xét rồi kiểm tra với các công thức. Số vòng quay trong 1 giây sẽ được tính toán sau đó so sánh với thời gian bấm giờ thực tế ở cùng khoảng cách để kiểm tra độ chính xác.

Kiểm nghiệm sức bền (Durability) được sử dụng để kiểm tra hệ thống có hoạt động hiệu quả trong thời gian dài hay không. Ở đây, mô hình sẽ được hoạt động liên tục trong thời gian 20 giờ liên tục trong 2 ngày liên tục. Đây được gọi là kiểm tra không tải (Dry run) mục đích để đảm bảo mô hình có thể hoạt động trong thời gian dài phù hợp với yêu cầu của môi trường công nghiệp.

Độ tin cậy lặp lại và độ chính xác (Repeatability and Accuracy) được thực hiện theo chu trình như sau: Thử nghiệm chạy Position theo 4 cấp tốc độ khác nhau với thời gian cho mỗi lần chạy là 25 phút. Theo đó, kết quả sẽ bao gồm các thông số về số chu kì lặp lại, tốc độ, vị trí cơ cấu tác động cuối, độ sai lệch của cơ cấu tác động cuối.

Bảng 3. Kết quả kiểm tra độ lệch

Tốc độ	Độ sai lệch điểm 1	Số chu kì
200 mm/phút	$\pm 0,75$ mm	75
500 mm/phút	$\pm 1,50$ mm	120
800 mm/phút	$\pm 4,45$ mm	150
1200 mm/phút	$\pm 8,50$ mm	167

## 6 KẾT LUẬN

Sau thời gian nghiên cứu, thiết kế và lắp đặt mô hình, đề tài đã tương đối hoàn thiện. Về phần thiết kế, các thông số động học, điểm kỳ dị và không gian làm việc đã được tối ưu giúp quá trình lắp ráp vật được thực hiện nhanh chóng, hiệu quả. Cơ cấu tác động cuối dễ dàng tháo lắp giúp robot đa chức năng hơn. Về phần lập trình và điều khiển, thuật toán nội suy được đề xuất là một thuật toán phù hợp có thể áp dụng vào dây chuyền bóc tách và sắp xếp hàng hóa. Hệ thống hiển thị, điều khiển và giám sát trên HMI và Excel thể hiện

được các giá trị tốc độ, vị trí của các động cơ qua đó giúp người vận hành dễ dàng theo dõi. Bên cạnh đó, quá trình mô phỏng và kiểm tra đã cải thiện các chỉ số của robot. Cụ thể, mô hình có tính ổn định cao, khả năng hoạt động hiệu quả trong thời gian dài, đáng tin cậy. Độ sai lệch của mô hình trong ứng dụng gấp thả vật là chấp nhận được. Bảng 4 cung cấp các thông số chi tiết của mô hình sau quá trình thiết kế và lắp đặt hoàn chỉnh.

Bảng 4. Thông số kỹ thuật mô hình

Số trục	3 trục, tất cả được điều khiển đồng thời		
Lắp đặt	Treo ngược		
Tải trọng	1kg cho tất cả		
Điện áp cung cấp	220 VAC-50 Hz		
Dòng điện tiêu thụ	1.1 A		
Tủ điều khiển	Tủ đơn		
Độ dài khâu 1 ( $l_1$ )	200 mm		
Độ dài khâu 2 ( $l_2$ )	400 mm		
Khoảng cách giữa 2 tâm trục động cơ ( $2l_0$ )	140 mm		
Phạm vi hoạt động	Trục 1	-90 độ → +30 độ	
	Trục 2	+150 độ → +270 độ	
	Trục 3	360 mm	
Tầm với ngang	600 mm (tính từ mỗi trục)		
Hành trình dọc	594 mm		
Phương pháp điều khiển	AC Servo, điều khiển nội suy tuyến tính 3 trục		
Độ tin cậy lặp lại	Tốc độ	Độ tin cậy lặp lại	Số chu kì
	200 mm/phút	±0.75 mm	75
	500 mm/phút	±1.50 mm	120
	800 mm/phút	±4.45 mm	150
	1200 mm/phút	±8.50 mm	167
Độ chính xác	Trục 1	Trục 2	Trục 3
	±0.55 mm	±0.55 mm	±0.36 mm
Tính toán điểm	Vị trí tuyệt đối bằng encoder cho tất cả trục		
Thắng	Thắng điện từ của động cơ Servo		
Hộp số	Tỉ lệ 1:15 (2 trục tay máy)		
Khối lượng	7.7kg (bao gồm động cơ, trục vít-me và hộp số)		

Nghiên cứu có nhiều triển vọng ứng dụng và hướng nghiên cứu mở rộng. Theo đó, để tăng độ chính xác của mô hình, có thể nghiên cứu và phát triển kết cấu cơ khí mới hoặc cải tiến kết cấu hiện tại. Hướng đến mô hình phân loại sản phẩm có ứng dụng đồng bộ tốc độ giữa cơ cấu gấp - thả vật và băng tải, để có thể truy bắt vật từ trên băng tải mà không cần dùng để tăng hiệu suất làm việc của mô hình (Tracking) là một hướng nghiên cứu mới. Ngoài ra, thay đổi bộ điều khiển như sử dụng những loại PLC khác hoặc vi xử lý mới cũng là một hướng nghiên cứu tiềm năng. Kết hợp công nghệ thị giác máy tính giúp tăng tính thông minh của mô hình. Thay đổi thuật toán với các mô hình điều khiển hiện đại hơn như Fuzzy Logic hoặc Neutral Network. Kết hợp hệ thống SCADA, IoT giám sát và điều khiển từ xa là một hướng phát triển giúp cho mô hình trở nên thông minh và dễ dàng quản lý hơn. Bên cạnh đó còn có nhiều hướng nghiên cứu khác có thể được đề xuất để mở rộng đề tài này giúp cho mô hình hoạt động hiệu quả hơn và đáp ứng được nhiều yêu cầu của các ứng dụng trong thực tế.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Reymond Clavel, "DELTA, a fast robot with parallel geometry," in Proc of the 18th International Symposium on Industrial Robots, New York, Springer-Verlag, 1988, pp. 91-100.

- [2] Tian Huang, Meng Li, Zhanxiao. Li, "A 2-DOF translational parallel robot with revolute joints," CN patent 1355087, 2001.
- [3] Hermes Giberti, Steven Chatterton, Simone Cinquemani, "Kinematic Optimization of a Parallel Manipulator 5R 2-dof Driven by Pneumatic Cylinders," Dipartimento di Meccanica, Politecnico di Milano, Italy, 2009.
- [4] Alexandre Figielski, Ilian A. Bonev, Pascal Bigras, "Towards development of a 2-DOF Planar Parallel Robot with optimal workspace use," in 2007 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, IEEE, 2007, pp. 1562-1566.
- [5] Nguyễn Hoàng Dũng, Nguyễn Khánh Trân, Đái Tiến Trung và Phan Hoài Loan, "Điều khiển cánh tay robot SCARA hai bậc tự do dựa trên giải thuật PID mờ," Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, tập 58, số 2A, pp. 22-31, 2022.
- [6] Lê Minh Thành, Nguyễn Chiến Thắng, Nguyễn Chí Ngôn, "Chỉnh định bộ điều khiển PID bằng hệ mờ áp dụng cho robot Delta ba bậc tự do," TNU Journal of Science and Technology, tập 227, số 02, pp. 44-53, 2022.
- [7] Phạm Thành Long, Lê Thị Thu Thủy, "Mô hình và lời giải số cho bài toán động học robot song song bất đối xứng nhóm 3URS," TNU Journal of Science and Technology, tập 200, số 07, pp. 113-117, 2019.
- [8] Le Tien Dung, Hee-Jun Kang and Young-Shick Ro, "Kinematic and singularity analysis of symmetrical 2 DOF parallel manipulators," in 2012 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST), IEEE, 2012, pp. 1-4.
- [9] Le Tien Dung, Hee-Jun Kang and Doan Quang Vinh, "A method for optimal kinematic design of five-bar planar parallel manipulators," in 2013 International Conference on Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS), IEEE, 2013, pp. 7-11.
- [10] Qizhi Meng, Fugui Xie, Xin-Jun Liu, "V2: A novel two degree-of-freedom parallel manipulator designed for pick-and-place operations," IEEE international conference on robotics and biomimetics (ROBIO), pp. 1320-1327, 2017.
- [11] Cornelius J. Barnard, Sébastien Briot, Stéphane Caro, "Trajectory generation for high speed pick and place robots," in Proceedings of the ASME 2012 11th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis, Nantes, 2012.
- [12] Tian Huang, Songtao Liu, Jiangping Mei and Derek G. Chetwynd, "Optimal design of a 2-DOF pick-and-place parallel robot using dynamic performance indices and angular constraints," Mechanism and Machine Theory, vol. 70, pp. 246-253, 2013.
- [13] Tian Huang, Zhanxian Li, Meng Li, Derek G. Chetwynd, Clement M. Gosselin, "Conceptual Design and Dimensional Synthesis of a Novel 2-DOF Translational Parallel Robot for Pick-and-Place Operations," Journal of Mechanical Design, vol. 126, no. 3, pp. 449-455, 2004.
- [14] Cristian Szep, Sergiu Stan, Vencel Csibi, "Design, workspace analysis and inverse kinematics problem of Delta," Mechanika, vol. 17, no. 3, pp. 296-299, 2011.
- [15] Khelifi Cherif, Mouhammed Ouali, Fateh Ferroudji, L. Adjilout, "Modeling and Stactic Analysis of an Areogenerator Savonious Cracked by Using SolidWorks/CosmosWorks Software," Applied Mechanics and Materials, Vols. 446-447, pp. 744-750, 2014.
- [16] C. C. Hong, Cheng-Long Chang, Chien-Yu Lin, "Static structural analysis of great five-axis turning-milling complex CNC," Engineering Science and Technology, an Internation Journal, vol. 19, no. 4, pp. 1971-1984, 2016.
- [17] Axel Daneels, Wayne Salter, "What is SCADA ?," trong Internation Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, Trieste, 1999.



YSC5.F128

## ỨNG DỤNG LOGIC MỜ TRÊN NỀN TẢNG RASPBERRY TRONG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐÈN GIAO THÔNG THÔNG MINH

NGUYỄN ANH VINH<sup>1\*</sup>, KIỀU TRUNG TÂM<sup>1</sup>, NGUYỄN ĐỨC SỰ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\* [nguyenanhvinh@iuh.edu.vn](mailto:nguyenanhvinh@iuh.edu.vn)

**Tóm tắt.** Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu xây dựng mô hình điều khiển đèn giao thông thông minh. Trong hệ thống này, một server đếm số lượng xe chạy theo hướng tới đèn xanh và theo hướng tới đèn đỏ tại một giao lộ dựa vào hình ảnh camera. Dựa vào thông tin về số lượng xe nhận được từ server, giải thuật logic mờ viết bằng ngôn ngữ Python trên board Raspberry Pi cho phép bộ điều khiển xác định được lượng thời gian tối ưu cho từng tín hiệu đèn giao thông xanh, đỏ và vàng tại giao lộ. Kết quả mô phỏng trên phần mềm ảo Virtual Environment chạy trên python cho thấy giải thuật mờ điều khiển tín hiệu giao thông hoạt động hiệu quả hơn phương pháp định thời cố định. Bên cạnh đó, mô hình điều khiển đèn giao thông đạt được rất trực quan, dễ mở rộng.

**Từ khóa.** Đèn giao thông thông minh, logic mờ, xử lý ảnh, Raspberry pi.

### APPLICATION OF FUZZY LOGIC ON RASPBERRY PLATFORM ON SMART TRAFFIC LIGHT CONTROL SYSTEM

**Abstract.** In this paper, we study and build a smart traffic light control model. In this system, a server counts the number of vehicles traveling towards a green light and towards a red stop at an intersection by using camera images. Based on the information about the vehicles number sent by the server, the fuzzy logic algorithm written in Python language on the Raspberry Pi board allows the controller to determine the optimal amount of time for each green, red, and yellow traffic light signal at the intersection. The simulation results on the Virtual Environment software running on python show that the fuzzy algorithm to control traffic signals is more efficient than the fixed timing method. Besides, the traffic light control model is very intuitive and easy to expand.

**Keywords.** Smart traffic light, fuzzy logic, image processing, Raspberry pi.

## 1 GIỚI THIỆU

Với sự phát triển vượt bậc của khoa học kỹ thuật ngày nay, khái niệm thành phố thông minh (Smart City) xuất hiện dựa trên nền tảng tiến bộ của khoa học công nghệ, đặc biệt lĩnh vực công nghệ thông tin, trí tuệ nhân tạo. Kèm theo đó xuất hiện nông nghiệp thông minh, nhà thông minh và giao thông thông minh cũng không ngoại lệ. Giao thông thông minh ra đời nhằm giải quyết tình trạng giao thông ở các thành phố lớn, đông dân cư và đã và đang được quan tâm nghiên cứu rất nhiều [1-4].

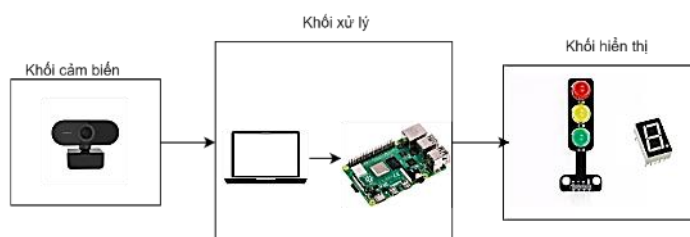
Phần lớn tín hiệu giao thông hoạt động theo cách sử dụng chu kỳ đỏ-xanh cố định cho cả hai làn, dẫn đến sự thiếu hiệu quả khi có sự tương phản đáng kể về lưu lượng giao thông giữa các làn đường [2-4]. Ùn tắc giao thông phát sinh do lưu lượng phương tiện trên tuyến đường đông đúc. Điều này dẫn đến những tác động không mong muốn đối với sức khỏe, tâm lý con người và môi trường, đó là chưa kể đến việc lãng phí thời gian và nhiên liệu. Do đó, trong bài báo này, chúng tôi sẽ xây dựng mô hình tín hiệu đèn giao thông sử dụng thuật toán logic mờ trên raspberry. Chương trình của chúng tôi sẽ đánh giá số lượng phương tiện đứng yên ở đèn đỏ và số lượng phương tiện đang đi tới trong thời gian đèn xanh để xác định khoảng thời gian kéo dài lý tưởng cho đèn xanh.

Nội dung còn lại của bài báo được bố trí như sau. Tiếp theo phần giới thiệu là phần xây dựng hệ thống. Các kết quả thực nghiệm được trình bày kế đó. Sau cùng, kết luận và một số hướng phát triển cho bài báo được đưa ra.

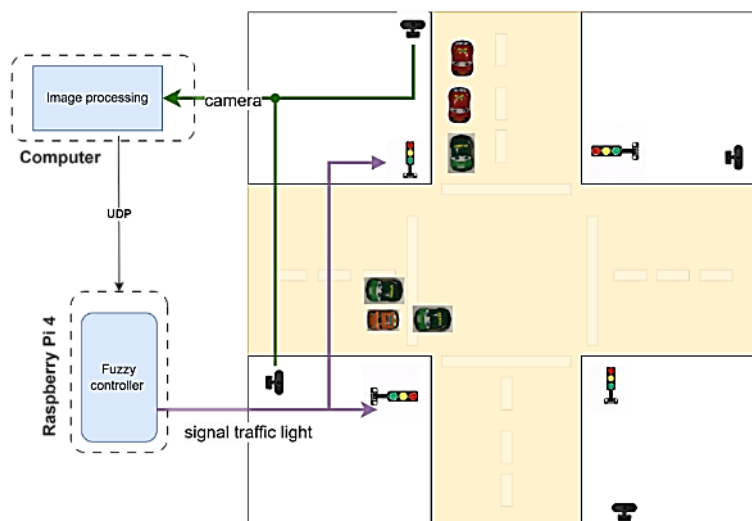
## 2 PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

### 2.1 Tổng quan hệ thống

Hệ thống điều khiển mờ tín hiệu đèn giao thông được minh họa ở Hình 1. Hệ thống gồm ba phần: khối cảm biến, khối xử lý và khối hiển thị được kết nối như Hình 1.a. Trong đó, chúng tôi sử dụng board Raspberry Pi 4 và máy tính làm bộ xử lý. Máy tính đóng vai trò xử lý thứ cấp thực hiện nhận tín hiệu hình ảnh vào từ webcam chuyển sang dạng tín hiệu phù hợp để chuyển tới Board Raspberry Pi. Tới lượt mình, board Raspberry Pi thực hiện các tác vụ xử lý trung tâm các tín hiệu nhận được. Tín hiệu ngõ ra được dùng để hiển thị trạng thái đèn giao thông.



a. Sơ đồ kết nối hệ thống



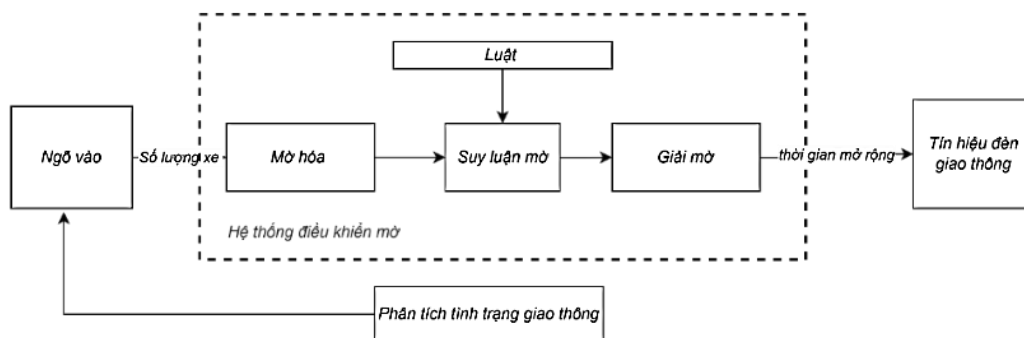
b. Sơ đồ bố trí phần cứng

Hình 1. Hệ thống giám sát và điều khiển đèn giao thông thông minh

Chúng tôi xây dựng một mô hình đèn giao thông tại ngã tư và bố trí các thiết bị phần cứng như Hình 1.b. Bên dưới là các chức năng của hệ thống:

- Camera có chức năng thu thập hình ảnh xe từ các làn đường gửi về computer
- Computer có nhiệm vụ tiếp nhận hình ảnh từ camera sau đó sử dụng xử lý ảnh để đếm số lượng xe
- Raspberry Pi 4 nhận số lượng xe từ computer, dùng giải thuật logic mờ để tính toán thời gian mở rộng tín hiệu đèn phù hợp
- Đèn giao thông có chức năng hiển thị trạng thái

Hình 2 cho thấy cách thức hệ thống hoạt động. Đầu tiên hệ thống sẽ phân tích hình giao thông sau đó sẽ thu thập dữ liệu đầu vào là số lượng xe ở các làn đường. Dữ liệu sau đó được đưa vào hệ thống mờ để xử lý đưa ra quyết định có nên mở rộng thời gian đèn xanh hay không. Từ đó điều chỉnh tín hiệu đèn giao thông hiện tại.

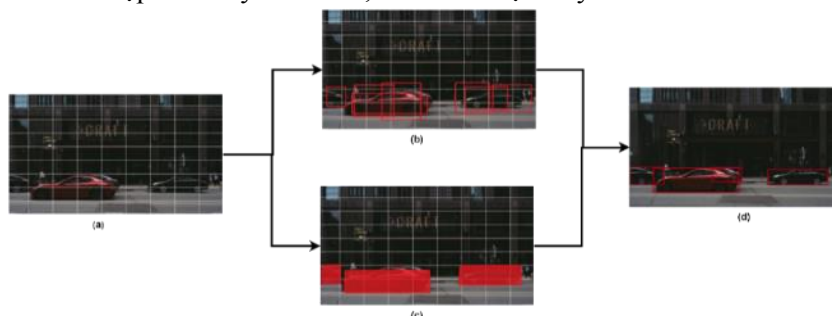


Hình 2. Cách hoạt động của hệ thống [1]

Bên trong hệ thống điều khiển mờ chính Hình 2 là thuật toán mờ bao gồm các bước: làm mờ, suy luận mờ (ra quyết định với cơ sở quy tắc mờ), giải mờ và đầu ra rõ nét để điều khiển tín hiệu đèn giao thông. Camera thực hiện thu hình ảnh đưa vào computer xử lý, nhận diện xe để đếm số lượng xe trên các làn đường. Hệ thống sử dụng Raspberry Pi 4 làm bộ điều khiển trung tâm, Computer là bộ điều khiển thứ cấp tiếp nhận hình ảnh từ Camera. Tiếp theo, chúng tôi sẽ trình bày việc thiết kế các mô-đun nhận diện xe, mô-đun điều khiển mờ.

## 2.2 Mô-đun nhận diện và đếm số lượng xe

Thuật toán nhận dạng đối tượng là chức năng của thị giác máy tính liên quan đến việc xác định và định vị các đối tượng trong hình ảnh hoặc video. Yolo (“You only look once”) là một thuật toán thực sự hiệu quả về điều đó, nó lần đầu tiên được mô tả trong bài báo năm 2015 của Joseph Redmon và cộng sự. Yolo sử dụng mạng thần kinh tích chập để xử lý hình ảnh, nó có tốc độ xử lý nhanh và chính xác [5].

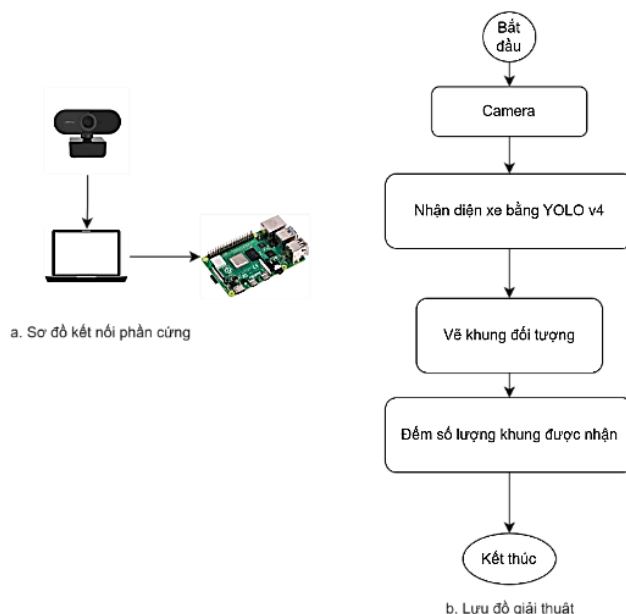


Hình 3. Thuật toán YOLO để nhận dạng đối tượng xe. [5]

Trình tự các bước nhận dạng đối tượng theo phương pháp YOLO được thể hiện trong Hình 3 Sau khi hình ảnh được lưu lại bằng webcam, ở Hình 3a ảnh vào sẽ được chia thành các ô lưới 5x5. Sau đó dự đoán khung giới hạn và điểm tin cậy của đối tượng (Hình 3b). Xây dựng bản đồ xác suất với điểm tin cậy cho từng lớp (Hình 3c). Cuối cùng là nhận diện đối tượng và phân loại chúng (Hình 3d). Các thư viện được sử dụng gồm cho mô-đun nhận dạng xe gồm:

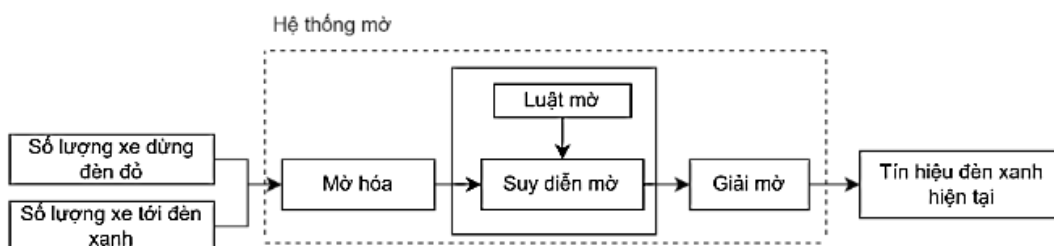
- cnn\_model - thư viện học máy và học sâu
- yolov4 - thư viện nhận dạng xe.
- OpenCV - Thư viện Computer Vision để đọc hình ảnh.

Sơ đồ phần cứng hệ thống nhận diện đếm xe thể hiện ở Hình 4a. Ở đây webcam sẽ thu nhận hình ảnh và đưa hình ảnh vào máy tính đếm số lượng xe. Số lượng xe đếm được sau đó được đưa vào giải thuật trên raspberry xử lý. Chi tiết về giải thuật được trình bày ở mục tiếp theo.



Hình 4. Mô-đun nhận dạng đếm xe

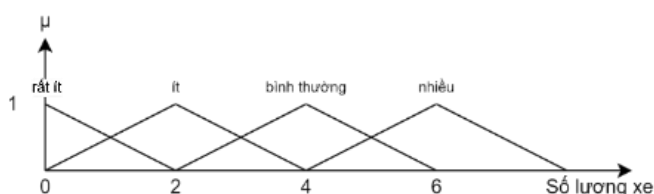
### 2.3 Mô-đun điều khiển mờ điều khiển tín hiệu đèn giao thông



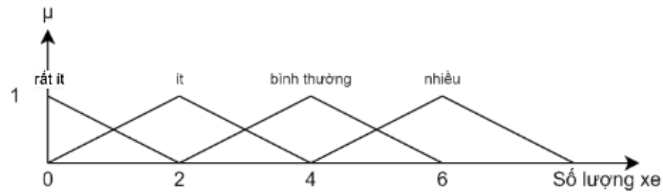
Hình 5. Hệ thống điều khiển mờ tín hiệu đèn giao thông

Bài báo đề xuất thiết kế hệ thống điều khiển tín hiệu đèn giao thông sử dụng logic mờ dựa trên Raspberry. Dựa vào Hình 5, ta có thể thấy hệ thống được xây dựng dựa vào các ngõ vào và ra. Ngõ vào chính là số lượng xe dừng đèn đỏ và số lượng xe tới đèn xanh. Ngõ vào được đưa vào hệ thống mờ xử lý, sau đó đưa ra quyết định để điều khiển tín hiệu đèn xanh hiện tại.

Đầu tiên để thiết kế bộ điều khiển mờ, trước hết cần phải mờ hóa các giá trị ngõ vào/ra của hệ thống. Với giá trị ngõ vào sẽ được lấy từ số lượng xe đếm được từ camera. Vì là xây dựng một mô hình nên số lượng xe sẽ lấy các giá trị tương đối từ 0 đến 8. Vì vậy giá trị ngõ vào sẽ nằm trong phạm vi này. Lựa chọn biến ngôn ngữ và biểu diễn dưới dạng hàm liên thuộc Hình 6 và Hình 7.

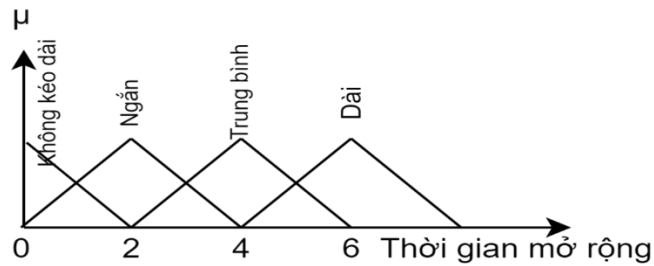


Hình 6. Số lượng xe đang đến đèn xanh



Hình 7. Số lượng xe đang đợi đèn đỏ

Đối với hệ thống mờ của điều khiển tín hiệu đèn giao thông, có 2 giá trị ngõ vào đó là số lượng xe đang tới đèn xanh và số lượng xe đợi đèn đỏ. Giá trị ngõ ra sẽ là thời gian mở rộng được chia ra thành 4 tập mờ như Hình 8.



Hình 8. Thời gian mở rộng.

Bảng 1. Luật điều khiển cho bộ điều khiển mờ tín hiệu đèn giao thông

		<b>Xe đến</b>			
		<b>Rất ít</b>	<b>Ít</b>	<b>Bình thường</b>	<b>Nhiều</b>
<b>Xe đợi</b>	<b>Rất ít</b>	không kéo dài	ngắn	trung bình	dài
	<b>Ít</b>	không kéo dài	không kéo dài	ngắn	trung bình
	<b>Bình thường</b>	không kéo dài	không kéo dài	không kéo dài	ngắn
	<b>Nhiều</b>	không kéo dài	không kéo dài	không kéo dài	không kéo dài

Sau khi đã mờ hóa các giá trị vào/ra thì tiếp theo sẽ chọn luật điều khiển cho bộ điều khiển mờ, luật điều khiển cho bộ điều khiển mờ điều khiển tín hiệu đèn giao thông biểu diễn ở Bảng 1. Chúng tôi đã sử dụng thư viện Skfuzzy của SciPy để lập trình bộ điều khiển mờ bằng ngôn ngữ lập trình Python và chạy trên Raspberry pi 4.

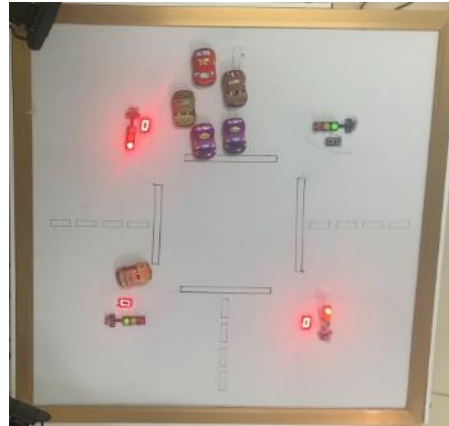
### 3 KẾT QUẢ

#### 3.1 Mô hình đèn giao thông ngã tư

Hình 9 là mô hình đèn giao thông thông minh mà nhóm đã xây dựng và hoàn thiện theo ý tưởng mô hình ở Hình 1.



a. Mô hình thực tế



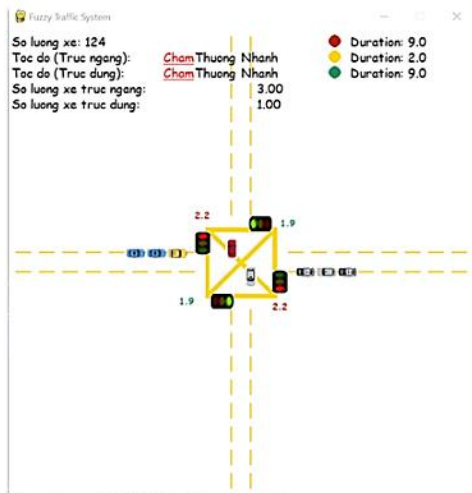
b. Minh họa hệ thống hoạt động

Hình 9. Mô hình đèn giao thông thực tế

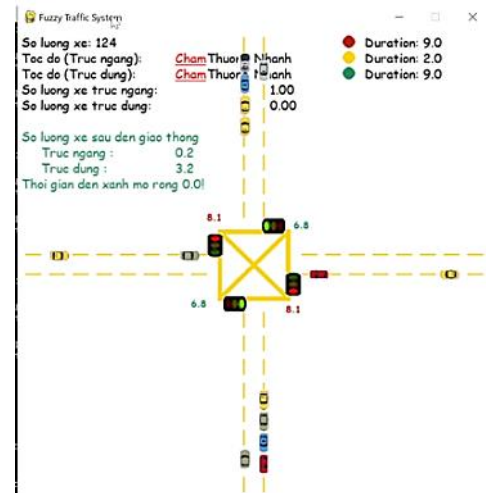
Trong mô hình, có 2 camera được đặt cách giao lộ ở theo hướng xe tới đèn xanh và tới dừng đèn đỏ. Thực tế số lượng camera có thể tăng để tăng độ chính xác. Hình ảnh thu được từ camera được gửi về một server để xử lý và đếm số lượng xe theo các hướng đã nêu gửi về bộ điều khiển mờ. Trên mỗi trụ, 3 led đơn xanh, đỏ, vàng thể hiện tín hiệu điều khiển với khoảng thời gian sáng tương ứng quan sát qua một led 7 đoạn.

### 3.2 Kết quả mô phỏng cho giải thuật dùng Virtual Environment python

Chúng tôi sử dụng phần mềm mô phỏng Virtual Environment python [5] như hình 10 để đánh giá so sánh phương pháp sử dụng logic mờ với phương pháp cố định.



a. Đèn giao thông cố định



b. Đèn giao thông sử dụng logic mờ

Hình 10. Giao diện mô phỏng Virtual Environment python

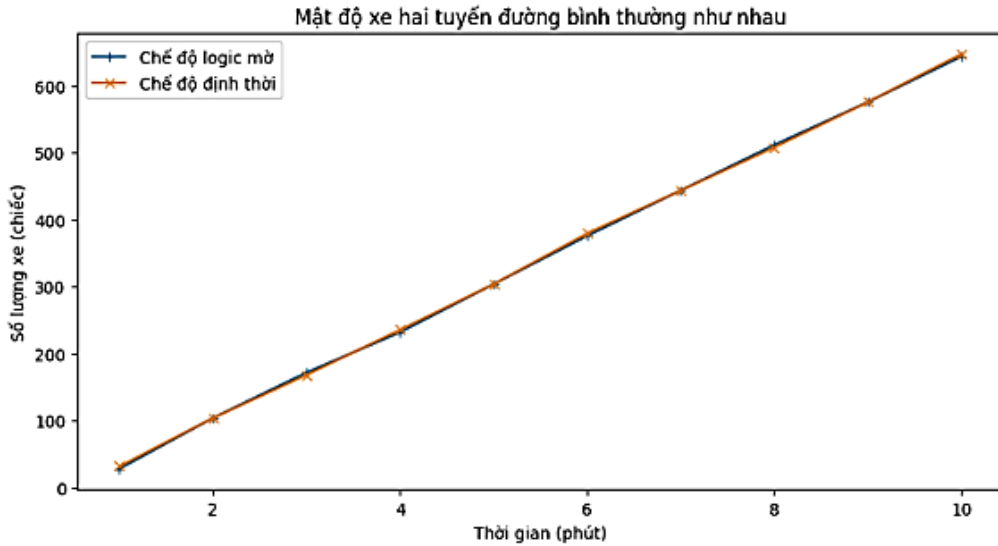
Hình 10 thể hiện giao diện so sánh và đánh giá giữa đèn giao thông dùng logic mờ và dùng phương pháp cố định. Giao diện gồm hiển thị tổng số lượng xe qua giao lộ; có thể điều chỉnh tốc độ xe trên đường. Mục đích mô phỏng nhằm so sánh số xe qua giao lộ cùng một thời điểm từ đó đánh giá độ tắc nghẽn giữa hai phương pháp trên. Thời gian đèn trong mô phỏng được cài đặt với các thông số 9s đèn xanh, 2s đèn vàng, 9s đèn đỏ.

### 3.2.1 Mật độ xe giữa các làn đường bình thường

Bảng 2. Số lượng xe khi mật độ xe bình thường

Đơn vị: chiếc

Phương pháp	Thời gian (phút)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Logic mờ	28	104	172	232	304	376	444	512	576	644
Định thời	32	104	168	236	304	380	444	508	576	648



Hình 11. Biểu đồ so sánh hai phương pháp khi mật độ xe bình thường

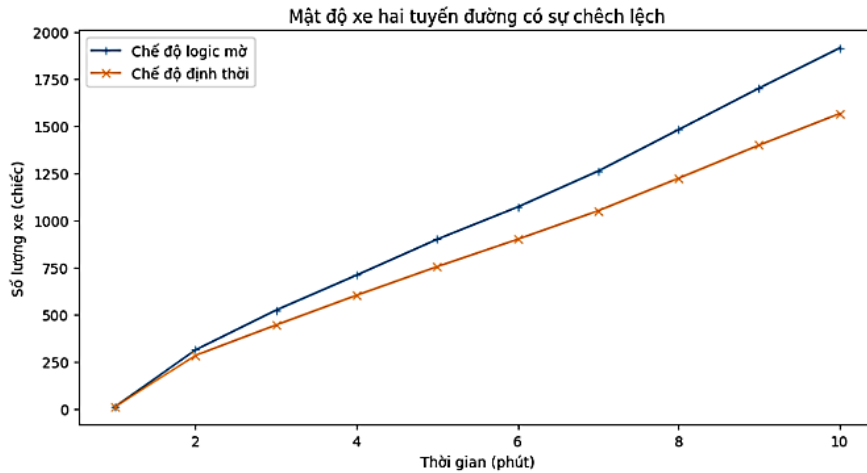
Bảng 2 so sánh số lượng xe phương tiện qua giao lộ của hai phương pháp trên là như nhau khi mật độ xe bình thường. Điều này được thể hiện rõ qua biểu đồ Hình 11, cho thấy không có sự khác nhau giữa hai phương pháp khi mà mật độ xe bình thường.

### 3.2.2 Mật độ xe giữa các làn đường có sự chênh lệch

Bảng 3. Số lượng xe khi mật độ xe giữa các làn đường chênh lệch lớn

Đơn vị: chiếc

Phương pháp	Thời gian (phút)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Logic mờ	12	313	524	710	900	1071	1262	1482	1702	1915
Định thời	12	284	445	603	755	900	1051	1224	1400	1567



Hình 12. Biểu đồ so sánh hai phương pháp khi mật độ xe giữa các làn đường chênh lệch lớn

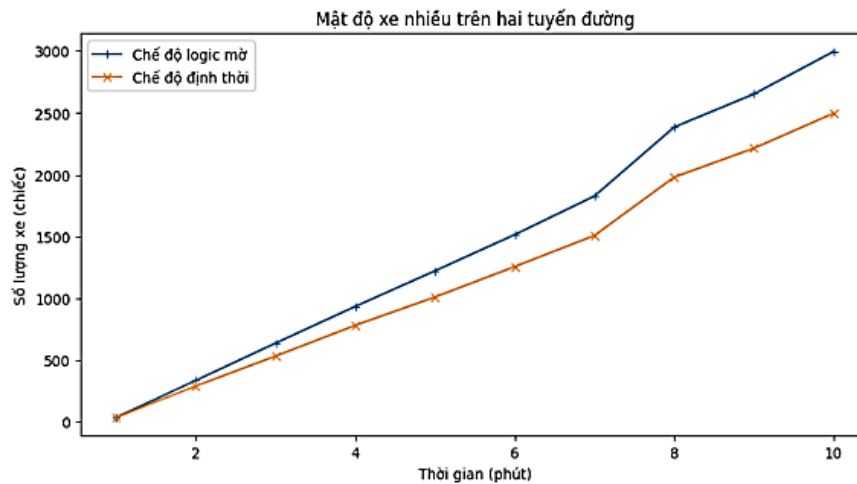
Bảng 3 cho thấy số lượng phương tiện trên các tuyến đường tăng lên khi mà mật độ xe các tuyến đường có sự chênh lệch. Qua đó cũng thấy sự khác nhau giữa hai phương pháp. Ở Hình 12, ta có thể nhận ra sự chênh lệch số lượng của hai phương pháp theo thời gian, số lượng xe của phương pháp logic mờ nhỉnh hơn 1,2 lần so với phương pháp định thời vào phút thứ 10.

### 3.2.1 Mật độ xe giữa các làn đường là rất nhiều

Bảng 4. Số lượng xe khi mật độ xe trên các làn đường là rất nhiều

Đơn vị: chiếc

Phương pháp	Thời gian (phút)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Logic mờ	36	335	637	934	1222	1515	1827	2385	2653	2997
Định thời	36	290	532	781	1010	1256	1508	1980	2214	2497



Hình 13. Biểu đồ so sánh hai phương pháp khi mật độ xe trên các làn đường là nhiều

Bảng 4 cho thấy số lượng phương tiện trên các tuyến đường tăng lên khi mà mật độ xe các tuyến đường là rất nhiều. Qua đó cũng thấy sự khác nhau giữa hai phương pháp. Ở Hình 13, ta có thể nhận ra sự chênh lệch số lượng xe của hai phương pháp theo thời gian, số lượng xe của phương pháp dùng logic mờ hơn 1,2 lần so với phương pháp định thời vào phút thứ 10.



### 3.3 Thực nghiệm trên phần cứng

Sau khi hệ thống logic mờ điều khiển đèn giao thông được xây dựng xong. Nhóm đã tiến hành kiểm tra hệ thống và kiểm tra sự tác động của các số xe tới đèn xanh và đợi đèn đỏ đối với tín hiệu giao thông về việc mở rộng thời gian đèn. Nhằm đánh giá sự chênh lệch giữa số lượng xe giữa hai làn đường sẽ quyết định thế nào đến thời gian mở rộng đèn xanh. Kết quả được thể hiện ở Bảng 3.4. Nếu có sự chênh lệch số lượng xe giữa đèn xanh và đèn đỏ càng nhiều thì thời gian mở rộng càng lớn hoặc càng nhỏ. Mặc khác, khi thời gian cả hai tuyến đường đèn xanh, đèn đỏ cùng có số lượng xe tương đương nhau thì thời gian mở rộng sẽ từ ngắn đến trung bình.

Bảng 5. Kết quả thời gian mở rộng đối với số lượng khác nhau

Số lượng xe đến đèn xanh	Số lượng xe dừng đèn đỏ	Thời gian mở rộng (giây)
0	0	0,67
0	2	0,67
0	4	0,67
0	6	0,67
2	0	2
2	2	2
2	4	0,67
2	6	0,67
4	0	4
4	2	4
4	4	2
4	6	2
6	0	6
6	2	4
6	4	4
6	6	2

## 4 KẾT LUẬN

Từ các kết quả mô phỏng, thực nghiệm đánh giá trên phần cứng ta có thể rút ra được kết luận cho đề tài sử dụng logic mờ điều khiển tín hiệu đèn giao thông. Khi mà mật độ xe giữa các làn đường là lớn thì phương pháp logic mờ thực sự hiệu quả khi giải quyết được tắc nghẽn, tăng sự lưu thông trên đường. Về hiệu quả của phương pháp, trong tương lai có thể áp dụng vào thực tế. Thứ nhất, về “sự mờ” của số lượng xe và lựa chọn quyết định mở rộng. Thứ hai, phương pháp điều khiển có nguyên lý rất đơn giản kết hợp kinh nghiệm xử lý thông tin của cảnh sát giao thông. Cuối cùng nó có thể giảm tắc nghẽn giao thông và tránh thời gian lãng phí thời gian đèn xanh trên đường vắng.

Một hướng phát triển của bài báo trong tương lai là mở rộng mô hình cho trường hợp xe chuyển động. Hướng phát triển tiếp theo là nâng cấp phương pháp nhận diện xe chính xác hơn nhờ vào các cảm biến, các công nghệ tiên tiến, hiện đại hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Mohanaselvi and B. Shanpriya, *Application of fuzzy logic to control traffic*, AIP Conference Proceedings, 2019.
- [2] H. T. T. Hà, K. A. Tuấn và L. V. Lâm, *Ứng dụng logic mờ xây dựng hệ thống điều khiển tín hiệu đèn giao thông thông minh*, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Quốc gia lần thứ IX Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công nghệ thông tin (FAIR'9), Cần Thơ, 4-5/8/2016, DOI: 10.15625/vap.2016.00097
- [3] N. C. Ngôn, *Nghiên cứu thiết kế hệ thống đèn giao thông thông minh*, Tạp chí Khoa học 2010:15b 56-63, pp. 56-63, 2010.
- [4] P. M. K. Pandey, J. Alam and H. Ahmed, *Intelligent Traffic Light Control System for Isolated Intersection Using Fuzzy Logic*, Advances in Communication and Control Systems 2013 (CAC2S 2013), DIT University, Dehradun, India, 2013.
- [5] P. Đ. Khánh. [Online]. Available: <https://phamdinhhkhanh.github.io>.

YSC5.F129

## HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN XE LĂN QUA SÓNG NÃO ỨNG DỤNG MÔ HÌNH AI HUẤN LUYỆN BẰNG GIẢI THUẬT NADAM

ĐỖ THANH TRÚC<sup>1</sup>, NGUYỄN BÁ SONG<sup>1</sup>, NGUYỄN ANH HIẾU<sup>1</sup>, CAO VĂN KIÊN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\*caovankien@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Bài báo đề xuất ứng dụng đọc sóng não vào điều khiển xe lăn hỗ trợ người khuyết tật di chuyển xe bằng suy nghĩ. Hệ thống được cấu tạo bởi ba thành phần là bộ xử lý tín hiệu bằng máy tính nhúng Raspberry Pi, bộ điều khiển xe lăn sử dụng vi điều khiển STM32 và cảm biến đọc tín hiệu sóng não NeuroSky Mindwave Mobile. NeuroSky Mindwave Mobile thu thập tín hiệu sóng não từ con người đưa vào mô hình AI xuất ra tín hiệu điều khiển xe lăn di chuyển. Sử dụng ngôn ngữ Python trong bộ xử lý với vai trò thu thập, phân tích dữ liệu bằng thư viện TensorFlow huấn luyện mô hình nơ ron với phương pháp học có giám sát với thuật toán Nadam. Giải thuật Nadam giúp quá trình học máy được cải thiện trong việc tối ưu hóa điều hướng không gian tìm kiếm, đẩy nhanh quá trình hội tụ, từ đó tín hiệu ra tiệm cận với tín hiệu điều khiển mong muốn. Sau cùng là việc điều khiển các cơ cấu chấp hành để có thể điều hướng đi của xe lăn.

**Từ khóa.** TensorFlow, NeuroSky, tín hiệu sóng não, học có giám sát, Nadam.

### CONTROLLING A WHEELCHAIR THROUGH BRAINWAVES USING AN AI MODEL TRAINED BY THE NADAM ALGORITHM

**Abstract.** Applying brain waves to wheelchair control to help disabled people move their vehicles with their thoughts. The device is composed of three components: signal processor using Raspberry Pi, controller using STM32 microcontroller and signal transmitter via NeuroSKy Mindwave Mobile. Use NeuroSky Mindwave Mobile as a sensor to collect brainwave signals from humans then send to the processor. Use the Python programming language in the processor with role of data collection and analysis using TensorFlow technology trained by supervised learning method of neural networks and the Nadam algorithm. Help to improve the machine learning process in optimizing search space navigation, accelerate convergence, so that the output signal is close to the input control signal. Finally, control the actuators to be able to navigate the wheelchair.

**Keywords.** TensorFlow, Brainwave signals, NeuroSky, Supervised learning, Nadam.

### 1 GIỚI THIỆU

Trong hàng trăm năm nay, điều khiển đồ vật hoặc máy móc bằng suy nghĩ là một giấc mơ đang được chuyển từ khoa học viễn tưởng sang khoa học và công nghệ [1] [2]. Có nhiều công nghệ đã được phát triển để hỗ trợ người tàn tật nhưng vẫn còn hạn chế, đặc biệt là đối với những bệnh nhân bị liệt tứ chi [3]. Trong đó Brain Computer Interface (BCI) là một công nghệ sử dụng sóng não của một người để điều khiển một vật thể bên ngoài, nó hoạt động như một trung gian giữa não và một thiết bị. Có nhiều loại nghiên cứu về BCI được xem là có thể giúp ích cho người khuyết tật, chẳng hạn như xe lăn điều khiển bằng suy nghĩ. BCI nhận trách nhiệm thu tín hiệu điện não từ não người và chuyển tín hiệu đó thành điều khiển chuyển động cho xe lăn. Tuy nhiên, khi ứng dụng sóng não để điều khiển xe lăn, xe lăn cần nhiều thời gian hơn để di chuyển do tín hiệu không ổn định trong khoảng đáp ứng thời gian do các loại sóng não khác nhau của con người được tạo ra. Cho đến nay, một số phương pháp áp dụng để điều khiển xe đã được đề xuất.

Vào năm 2013, Agneev Guin đã xây dựng hệ thống BCI để điều khiển xe lăn thông qua LabVIEW. Nghiên cứu này cung cấp cho con người và máy móc một phương thức giao tiếp dễ dàng và phương thức điều khiển thời gian thực từ việc dịch sóng não và nháy mắt thành các lệnh điều khiển thiết bị di chuyển [4]. Tuy nhiên phương pháp này yêu cầu người dùng phải đạt trạng thái tinh thần luôn ổn định, bên cạnh đó tính chính xác của các tín hiệu điều khiển chưa được rõ ràng.

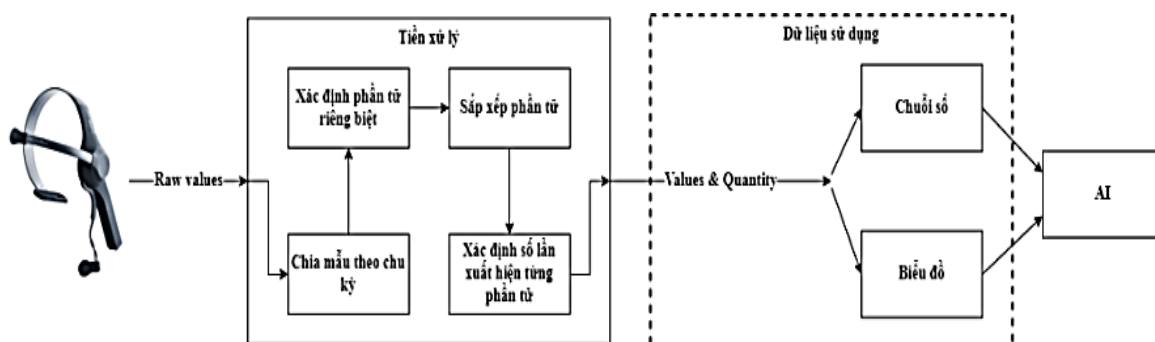
Brice Rebsamen, 2006 đã xây dựng hệ thống BCI điều khiển xe lăn dựa trên P300 với thời gian phản hồi khoảng vài giây kết hợp hệ thống hướng dẫn đường Path Guidance thông qua hệ thống EEG 15 kênh [2]. Hay hệ thống BCI điều khiển xe lăn bằng Phát hiện tín hiệu nháy mắt được William C Francis công bố nghiên cứu năm 2021. Bằng phương pháp thu nhận tín hiệu thông qua Think Gear ASIC Module (TGAM), một cảm biến đọc sóng não của NeuroSky. Việc điều khiển được thực hiện bằng cách hiển thị các lựa chọn điều khiển nhấp nháy trong vài giây, khi hệ thống nhận được tín hiệu nháy mắt thì chức năng điều khiển được chọn. Nếu chức năng không được chọn, hệ thống sẽ cung cấp các lựa chọn tiếp theo thứ tự [1].

Tại bài báo này, chúng tôi đề xuất một công nghệ mới đó là ứng dụng AI huấn luyện bằng giải thuật Nadam vào việc điều khiển xe lăn bằng sóng não. Các tín hiệu về sự tập trung (Attention) từ người dùng sẽ được thu nhận và phân tích thông qua mô hình AI để xác định tín hiệu điều khiển xe lăn. Phương pháp này cung cấp cho người dùng một hệ thống điều khiển có tính chính xác và thời gian đáp ứng điều khiển nhanh.

## 2 MÔ TẢ HỆ THỐNG

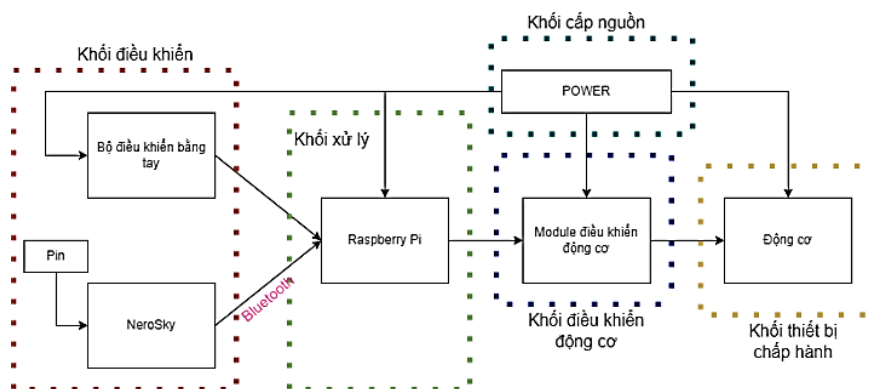
Nghiên cứu này nhằm cung cấp thêm giải pháp tối ưu cho việc điều khiển xe lăn bằng việc phân tích tín hiệu sóng não được tạo bởi con người và thu thập qua công cụ hỗ trợ NeuroSky Mobile, sau đó tiến hành đưa vào quá trình học máy có giám sát. Tất cả dữ liệu được lập thành bảng cho các thí nghiệm trong các phần sau của bài báo.

Thiết bị NeuroSky Mobile hỗ trợ phân tích trạng thái sóng não của con người với hai kiểu tín hiệu là mức độ thư giãn và mức độ tập trung. Sau khi đạt được các trạng thái nhất định cho bốn loại tín hiệu: Tiến, Lùi. Các tập dữ liệu thông qua quá trình tiền xử lý để đạt điều kiện ổn định và giảm nhiễu chuẩn bị cho bước học máy. Quá trình trên được mô tả qua sơ đồ khối hệ thống ở Hình 1.



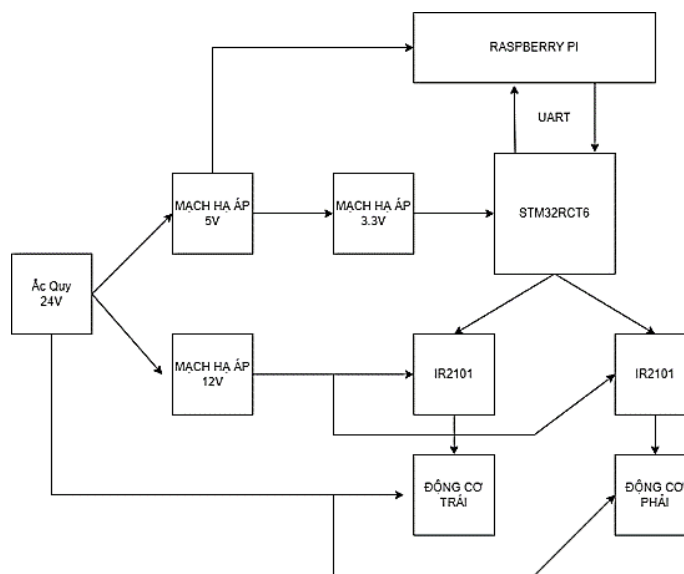
Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống thu thập và xử lý tín hiệu sóng não

Sau quá trình thu thập dữ liệu và xử lý thì song song thiết kế phần cứng để điều khiển động cơ xe lăn. Vì hệ thống chủ yếu xử lý bằng AI nên cần một thiết bị nhúng để xử lý đó là Raspberry pi, đồng thời là một module điều khiển động cơ nên chúng tôi quyết định sử dụng STM32RCT6 là vi điều khiển cho mạch với các thành phần khác bên trong như IR2101, IRF3205...



Hình 2. Sơ đồ hệ thống phần cứng

Và toàn bộ quá trình phát triển ý tưởng về hệ thống phần cứng của chúng tôi được biểu diễn thông qua Hình 2 và Hình 3, ta có chức năng từng khối sau. Đầu tiên về khối điều khiển: Ta có 2 cách điều khiển độc lập, 1 là điều khiển bằng tay thông qua bộ điều khiển, 2 là điều khiển bằng sóng não thông qua thiết bị NeroSky giao tiếp bằng bluetooth. Thứ hai là khối xử lý: Đây là khối xử lý tín hiệu nhận được tín hiệu điều khiển. Nếu điều khiển bằng sóng não thì dữ liệu thu được sẽ xử lý bằng AI đã được học có giám sát. Khối này sẽ sử dụng Raspberry Pi cho nền tảng nhúng code AI một cách dễ dàng và hiệu quả nhất. Thứ 3 là khối điều khiển động cơ (Mạch cầu H) : Module sẽ nhận tín hiệu điều khiển từ khối xử lý, 2 khối giao tiếp với nhau thông qua UART. Module có chức năng điều khiển xung PWM để tăng giảm tốc độ động cơ tùy ý. Module sử dụng chip STM32F103RCT6 và 1 số chip nhỏ khác để điều khiển tốc độ động cơ. Thứ 4 là khối thiết bị chấp hành bao gồm 2 động cơ 24V điều khiển 2 bánh xe lăn. Cuối cùng là khối cấp nguồn, khối này bao gồm 2 ắc quy 12V nối song song tạo thành nguồn 24V sẽ cấp toàn bộ nguồn cho các thiết bị bao gồm khối xử lý, khối điều khiển động cơ và động cơ.



Hình 3. Sơ đồ module điều khiển động cơ

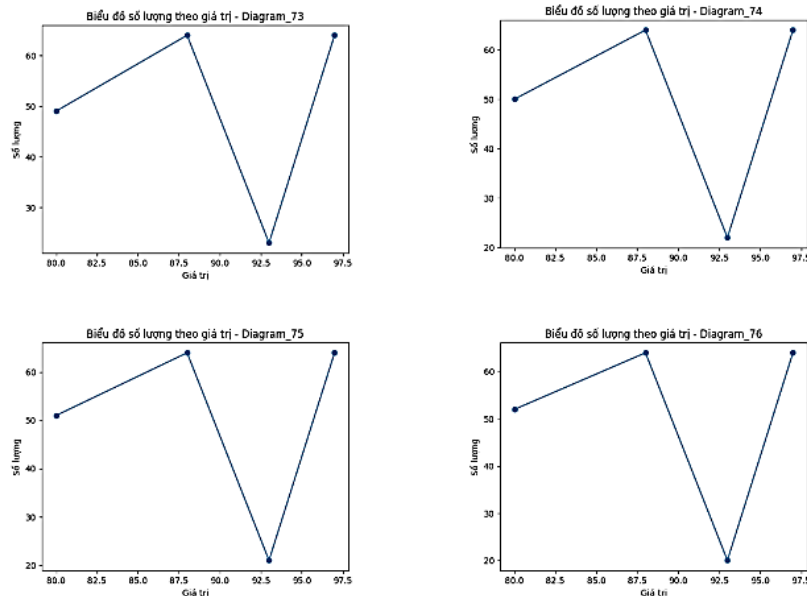
### 3 MÔ TẢ PHƯƠNG PHÁP

Bắt đầu phương pháp với việc thu thập tập dữ liệu mẫu cho 2 dạng tín hiệu bằng thiết bị hỗ trợ. Người thu thập sẽ được đeo thiết bị NeuroSky Mobile với 2 phần cảm biến được đặt ở trán và ở dái tai. Sau đó kích hoạt và kết nối Bluetooth giữa thiết bị đến máy tính. Công cụ sẽ được kích hoạt và bắt đầu thu thập mức độ tập trung như ở Hình 4.



	Quantity					Values				
0	27	67	62	44	0	67	74	81	87	0
1	26	67	62	45	0	67	74	81	87	0
2	25	67	62	46	0	67	74	81	87	0
3	24	67	62	47	0	67	74	81	87	0
4	23	67	62	48	0	67	74	81	87	0
5	22	67	62	49	0	67	74	81	87	0
6	21	67	62	50	0	67	74	81	87	0
7	20	67	62	51	0	67	74	81	87	0
8	19	67	62	52	0	67	74	81	87	0
9	18	67	62	53	0	67	74	81	87	0
10	17	67	62	54	0	67	74	81	87	0
11	16	67	62	55	0	67	74	81	87	0
12	15	67	62	56	0	67	74	81	87	0
13	14	67	62	57	0	67	74	81	87	0
14	13	67	62	58	0	67	74	81	87	0
15	12	67	62	59	0	67	74	81	87	0
16	11	67	62	60	0	67	74	81	87	0
17	10	67	62	61	0	67	74	81	87	0
18	9	67	62	62	0	67	74	81	87	0
19	8	67	62	63	0	67	74	81	87	0
20	7	67	62	64	0	67	74	81	87	0
21	6	68	62	64	0	67	74	81	87	0

Hình 5. Bảng mô dữ liệu thu thập được sau bước tiền xử lý



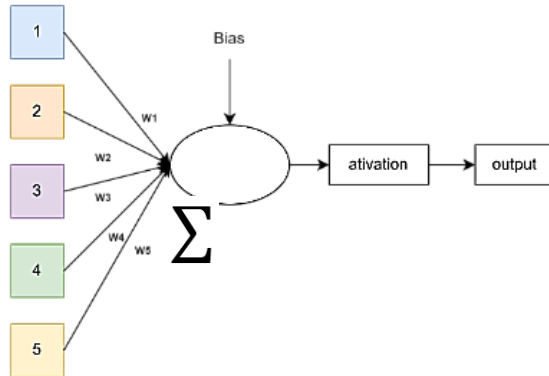
Hình 6. Biểu đồ thể hiện trạng thái tín hiệu sóng não dựa trên tần số xuất hiện của từng phần tử theo chuỗi tịnh tiến

Dựa trên việc học có giám sát cho các tập giá trị tịnh tiến trong một chu kỳ. Với định mức ngưỡng riêng biệt cho hai tín hiệu. Mức độ tập trung cao 80 - 100 để điều khiển xe lăn ở trạng thái tiến. Mức độ tập trung vừa trong khoảng 40 - 60 sẽ là trạng thái lùi. Sau khi được sắp xếp và phân ngưỡng, bước gán nhãn trước khi học máy dựa trên bảng 1.

Bảng 1. Bảng gán nhãn cho quá trình học máy

Trạng thái điều khiển	Nhãn
Tiến	1
Lùi	2
Bình thường	0

Sử dụng thư viện TensorFlow tạo ra lớp mạng nơ-ron từ module Keras xây dựng sơ đồ luồng dữ liệu như hình 6 với 10 ngõ vào là chuỗi Quantity và chuỗi Values ở bước tiền xử lý.



Hình 7. Sơ đồ luồng dữ liệu

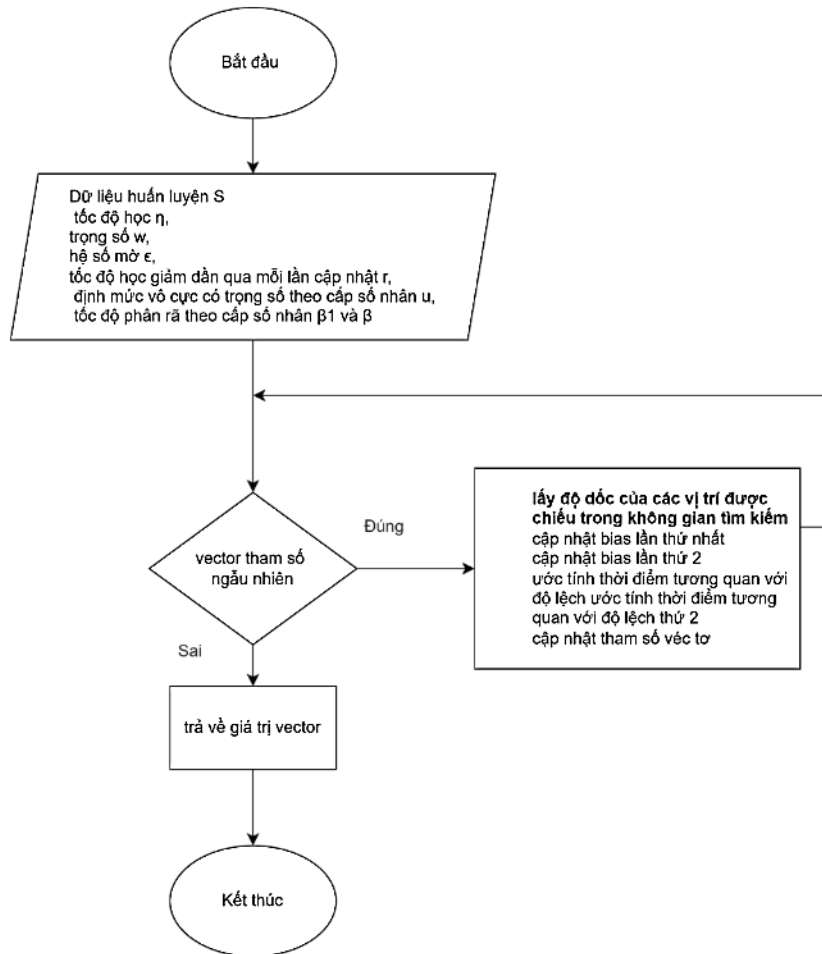
Các hàm kích hoạt được sử dụng trong mô hình này được thể hiện ở Bảng 2 nhằm tác động đến ngõ ra dựa trên tổng số đầu vào để tăng giá trị hiệu suất phân loại [5]. Từ đó đưa ra trạng thái điều khiển xe lăn.

Bảng 2. Bảng các hàm kích hoạt

Tên hàm	Phương trình hàm
Tanh	$\frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$
Sigmoid	$\frac{1}{1 + e^{-x}}$
Linear	$Ax + b$

Thuật toán tối ưu là đa dạng, nhưng thông qua các thực nghiệm dựa trên các tập cơ sở dữ liệu khác nhau, đưa ra kết quả là thuật toán Adam và SGD mang tính tối ưu hơn [7]. Đồng thời, sự ra đời của giải thuật Nadam dựa trên tiền đề là Adam, thực đẩy tính hội tụ cho ra khả năng học tối ưu hơn [6]. Thuật toán Nadam sử dụng công thức cập nhật trọng số ở công thức (3.3) và sơ đồ giải thuật như Hình 7.

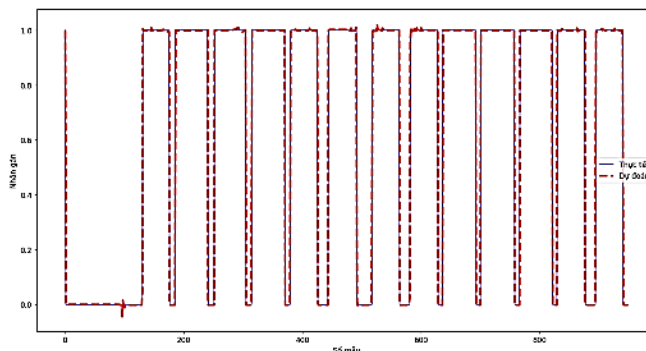
$$\theta_{t+1} = \theta_t - \frac{\eta}{\sqrt{\hat{v}_t + \epsilon}} \left( \beta_1 \hat{m} + \frac{(1-\beta_t)g_t}{1-\beta_1^t} \right) \quad (3.3)$$



Hình 8. Sơ đồ giải thuật Nadam

#### 4 MÔ TẢ THỰC NGHIỆM

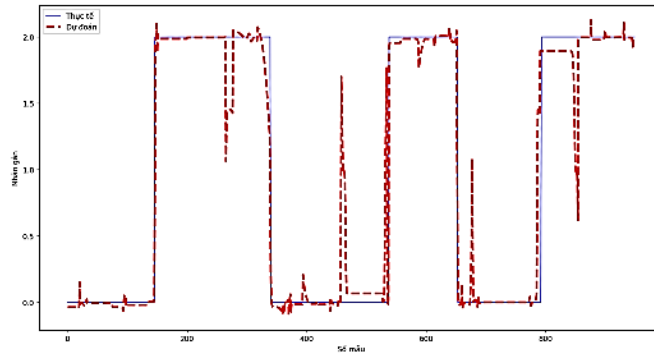
Thực nghiệm lần 1, nhận dạng tín hiệu điều khiển trạng thái đi thẳng trong chu kỳ 3 giây với tập dữ liệu gồm 950 mẫu, qua quá trình học máy có giám sát với hàm kích hoạt “tanh” ở lớp thứ nhất và thứ hai, hàm kích hoạt “linear” ở lớp cuối cùng. Tỉ số lỗi theo chuẩn MSE đặt ra với các nhãn dán và dự đoán cho ra giá trị như hình 9.



Hình 9. Biểu đồ so sánh quá trình chẩn đoán của học máy cho tín hiệu tiến

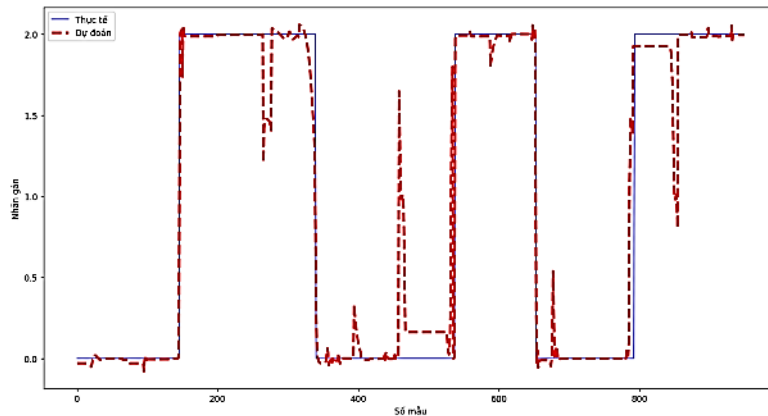
Thực nghiệm lần 2, nhận dạng tín hiệu điều khiển trạng thái đi lùi với các thông số như thực nghiệm lần 1, cho ra được kết quả như hình 10.





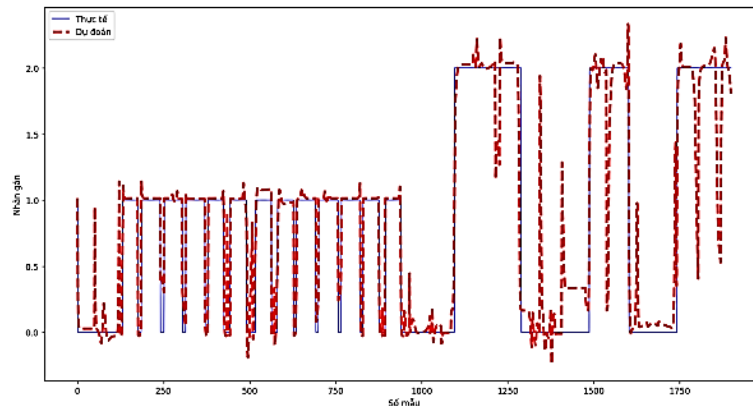
Hình 10. Biểu đồ so sánh quá trình chẩn đoán của học máy cho tín hiệu lùi

Thực nghiệm lần 3, nhận dạng tín hiệu điều khiển trạng thái lùi trong chu kỳ 3 giây với tập dữ liệu gồm 950 mẫu, qua quá trình học máy có giám sát với hàm kích hoạt “sigmoid” ở lớp thứ nhất và thứ hai, hàm kích hoạt “linear” ở lớp cuối cùng. Tỉ số lỗi theo chuẩn MSE đặt ra với các nhãn dân và dự đoán cho ra giá trị như hình 11.



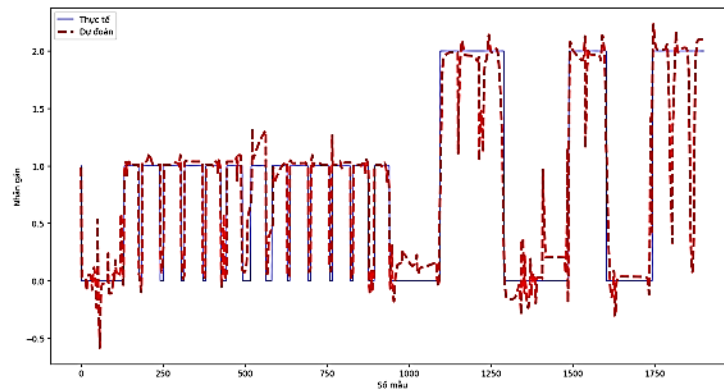
Hình 11. Biểu đồ so sánh quá trình chẩn đoán của học máy cho tín hiệu lùi lần 2

Thực nghiệm lần 4, tích hợp quá trình nhận dạng hai tín hiệu trên cùng một module. Tập dữ liệu hơn 1500 mẫu với 3 trạng thái “tiến”, “lùi”, “bình thường”. Thông số được điều chỉnh như thực nghiệm lần thứ nhất. Cho ra kết quả như hình 12.



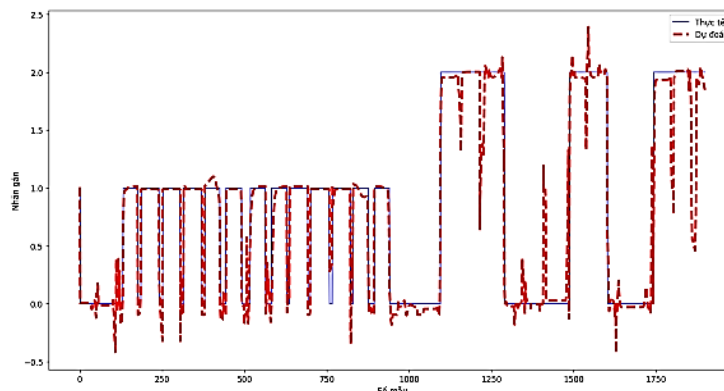
Hình 12. Biểu đồ so sánh quá trình chẩn đoán của học máy cho tín hiệu điều khiển

Thực nghiệm lần 5, tích hợp quá trình nhận dạng hai tín hiệu trên cùng một module. Tập dữ liệu hơn 1500 mẫu với 3 trạng thái “tiền”, “lùi”, “bình thường”. Thông số được điều chỉnh như thực nghiệm lần thứ ba. Cho ra kết quả như hình 13.



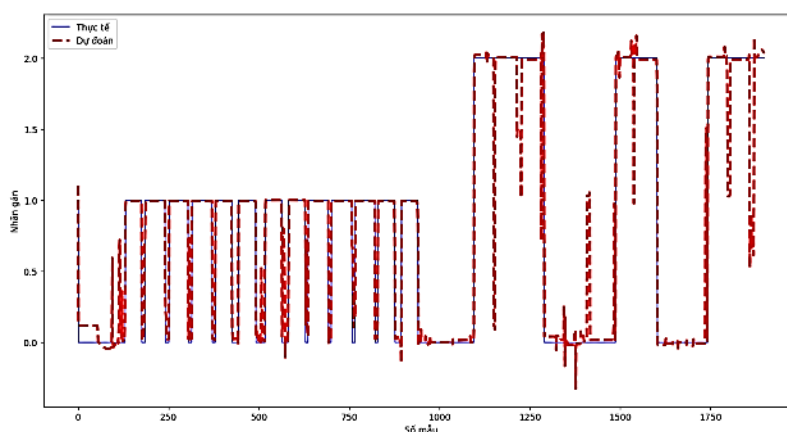
Hình 13. Biểu đồ so sánh quá trình chẩn đoán của học máy cho tín hiệu điều khiển lần thứ 2

Thực nghiệm lần 6, nhận dạng tín hiệu điều với tập dữ liệu hơn 1500 mẫu, qua quá trình học máy có giám sát với hàm kích hoạt “sigmoid” ở lớp thứ nhất, “tanh” ở thứ hai và hàm kích hoạt “linear” ở lớp cuối cùng. Tỉ số lỗi theo chuẩn MSE đặt ra với các nhãn dán và dự đoán cho ra giá trị như hình 14.



Hình 14. Biểu đồ so sánh quá trình chẩn đoán của học máy cho tín hiệu điều khiển lần thứ 3

Thông số thực nghiệm của lần thứ 3 mang lại kết quả gần với mong muốn nhất. Chúng tôi đã thử một thực nghiệm cuối cùng với số lần học máy là 10000 lần. Kết quả theo chuẩn “MSE” có tỉ lệ loss = 0.05 và biểu đồ so sánh ở hình 15.



Hình 15. Biểu đồ so sánh quá trình chẩn đoán của học máy cho tín hiệu điều khiển lần thứ 4

Dưới đây là bảng tổng hợp các thông số trong quá trình huấn luyện.

Bảng 3. Bảng tổng kết quá trình học máy

Số lần thực nghiệm	Lớp ẩn thứ nhất	Lớp ẩn thứ 2	lớp ẩn thứ 3	Số mẫu	epochs
1	tanh	tanh	linear	950	1000
2	tanh	tanh	linear	950	1000
3	sigmoid	sigmoid	linear	950	1000
4	tanh	tanh	linear	>1500	1000
5	sigmoid	sigmoid	linear	>1500	1000
6	sigmoid	tanh	linear	>1500	1000
7	tanh	tanh	linear	>1500	10000

Chuẩn đánh giá chất lượng MSE được sử dụng trong bài báo này để đánh giá mức độ học của quá trình và phần trăm sai số giữa các nhãn so với dự đoán. Sau các thử nghiệm thực tế kết quả thu được như bảng 4 với số lần hit là số lần chuẩn đoán đúng dựa trên kết quả sau chuẩn đoán và được so sánh với nhãn gán lúc ban đầu. Qua đó, thấy được sự gia tăng độ chính xác được cải thiện hơn so với các bài báo đã được tham khảo trước đó.

Bảng 4. Bảng kết quả mức độ dự đoán chính xác của quá trình huấn luyện

Số lần thực nghiệm	Số mẫu	Số lần hit	Phần trăm chính xác (%)
1	950	943	99
2	950	924	97
3	950	927	97
4	1900	1,831	96
5	1900	1,804	94
6	1900	1,832	96
7	1900	1,862	98

## 5. KẾT LUẬN

Giả thuyết đưa ra hình thức điều khiển dựa trên hai mức độ trạng thái “tập trung” và “thư giãn” của người đeo thiết bị, đồng thời mong muốn thời gian xử lý được thúc đẩy nhanh hơn. Vì tính tương quan giữa trạng thái “tập trung” và “thư giãn” nên các thí nghiệm ở bài báo này chỉ xoay quanh việc thu thập mức độ tập

trung và nhận biết tín hiệu để đưa ra trạng thái điều khiển mong muốn. Kết quả thu được là độ chính xác cao > 95 %. Với thời gian lấy mẫu là 3 giây cho một chu kì tín hiệu điều khiển và tốc độ dự đoán trong 2-3 giây, kết quả đạt được thời gian phản hồi là 5-6 giây cho một tín hiệu điều khiển xe lăn. Tổng quan về tính tối ưu đã được cải thiện và tốc độ xử lý nằm ở mức trung bình.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] W. C. Francis, C. Umayal, and G. Kanimozhi, “Brain-computer interfacing for wheelchair control by detecting voluntary eye blinks,” *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 9, no. 2, pp. 521–537, Jun. 2021, doi: 10.52549/ijeel.v9i2.2749.
- [2] B. Rebsamen et al., “A brain-controlled wheelchair based on P300 and path guidance,” in *Proceedings of the First IEEE/RAS-EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, 2006, BioRob 2006, 2006*, pp. 1101–1106. doi: 10.1109/BIOROB.2006.1639239.
- [3] N. Sahat, A. Alias, and F. M. Yassin, “Wheelchair controlled by human brainwave using brain-computer interface system for paralyzed patient,” *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 10, no. 6, pp. 3032–3041, Dec. 2021, doi: 10.11591/eei.v10i6.3200.
- [4] Agneev G and Bikash B, “Brain Controlled Wheelchair using LabVIEW,” 2013, doi: 10.13140/RG.2.1.4303.7686.
- [5] F. Ertam and G. Aydn, “Data Classification with Deep Learning using Tensorflow.”
- [6] T. T. H. Le, J. Kim, and H. Kim, “An Effective Intrusion Detection Classifier Using Long Short-Term Memory with Gradient Descent Optimization,” in *2017 International Conference on Platform Technology and Service, PlatCon 2017 - Proceedings, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Mar. 2017*. doi: 10.1109/PlatCon.2017.7883684.
- [7] E. Hassan, M. Y. Shams, N. A. Hikal, and S. Elmougy, “The effect of choosing optimizer algorithms to improve computer vision tasks: a comparative study,” *Multimed Tools Appl*, May 2022, doi: 10.1007/s11042-022-13820-0.

YSC5.F130

## XÂY DỰNG HỆ THỐNG QUẢN LÝ TÀI SẢN THÔNG MINH DỰA TRÊN IOT VÀ RFID

TRẦN HỒNG VINH<sup>1\*</sup>, ĐINH DUY KHANG<sup>1</sup>, NGUYỄN TẤN NAM<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

*\*tranhongvinh@iuh.edu.vn*

**Tóm tắt.** Bài báo đề xuất một hệ thống quản lý tài sản thông minh mới dựa trên IOT và công nghệ RFID, kết hợp với ứng dụng dành cho thiết bị di động, giúp các nhà quản lý kho hợp lý hóa hoạt động và tối ưu hóa quy trình làm việc của họ. Sử dụng hệ thống quản lý tài sản thông minh của nhóm tác giả, người quản lý kho dễ dàng truy cập thông tin theo thời gian thực về trạng thái của kho, bao gồm vị trí, thông tin và tình trạng sẵn có của từng mặt hàng, có thể được theo dõi và quản lý thông qua ứng dụng di động. Tóm lại, hệ thống quản lý tài sản thông minh là một công cụ mạnh mẽ dành cho các nhà quản lý kho cải thiện năng suất và tối đa hóa lợi nhuận.

**Từ khóa.** IoT, RFID, quản lý kho hàng, ứng dụng di động, quản lý hàng tồn kho.

### BUILD SMART ASSET MANAGEMENT SYSTEM BASED ON IOT AND RFID

**Abstract.** The article propose a new smart asset management system based on IoT and RFID technology, combined with a mobile app, that can help managers in Warehouses streamline their operations and optimize their workflow. With using the author's intelligent asset management system, warehouse managers easily access real-time information about the status of the inventory, including the location, information, and availability of each item, which can be monitored and managed through the mobile app. In short, the author's intelligent asset management system is a powerful tool for warehouse managers looking to streamline operations. them, improving productivity and maximizing profits.

**Keywords.** IoT, RFID, Warehouse management, mobile app, inventory management.

### 1 GIỚI THIỆU

Việc quản lý tài sản thông minh dựa trên công nghệ Internet of Things (IoT) và Radio Frequency Identification (RFID) đã trở thành xu hướng mới trong thời đại công nghệ 4.0 hiện nay. Nó cung cấp một giải pháp toàn diện cho việc giám sát và quản lý tài sản hiệu quả, từ việc giảm thiểu các sai sót trong quá trình đếm kiểm tài sản đến việc tối ưu hóa việc sử dụng tài sản. Chẳng hạn, việc sử dụng công nghệ này giúp doanh nghiệp có thể: Theo dõi vị trí của các tài sản trong thời gian thực để tối ưu hóa việc sử dụng chúng, đưa ra các cảnh báo và thông báo để giảm thiểu các rủi ro liên quan đến tài sản như mất mát, trộm cắp hoặc hỏng hóc, nâng cao hiệu quả quản lý tài sản bằng cách đặt lịch bảo dưỡng và sửa chữa định kỳ. Tuy nhiên, việc triển khai công nghệ này cũng đặt ra nhiều thách thức, bao gồm chi phí đầu tư ban đầu, độ tin cậy của hệ thống và việc tích hợp với hệ thống quản lý tài sản hiện có. Trong bài báo này, chúng tôi sẽ trình bày cách mà công nghệ IoT và RFID có thể được áp dụng vào quản lý tài sản thông minh. Chúng tôi sẽ giới thiệu ngắn gọn về công nghệ này và đề cập đến các lợi ích và thách thức của việc sử dụng công nghệ này. Ngoài ra, chúng tôi sẽ đưa ra các giải pháp và kế hoạch triển khai thực tế để giúp các doanh nghiệp áp dụng công nghệ này một cách hiệu quả nhất.

## 2 PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

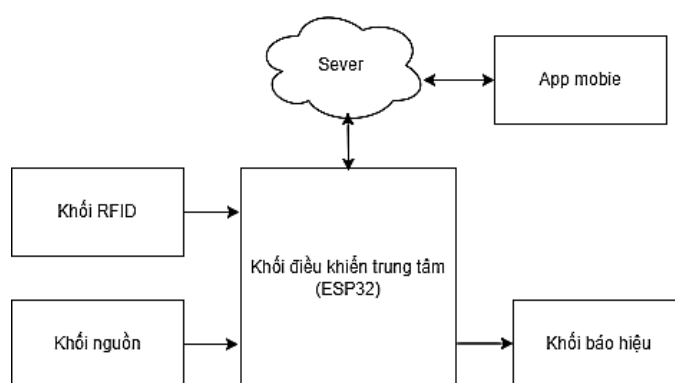
### 2.1 Đối tượng cụ thể mà hệ thống quản lý

Đối tượng cụ thể mà hệ thống quản lý là hàng hóa trong kho. Hệ thống sẽ giúp người dùng theo dõi và quản lý thông tin về hàng hóa, bao gồm việc nhập hàng, xuất hàng và kiểm kê hàng. Thông qua việc sử dụng các thẻ RFID, họ có thể gắn thẻ cho mỗi mục hàng và theo dõi chính xác vị trí và trạng thái của từng mục hàng trong kho.

Với hệ thống này, người dùng có thể quản lý nhiều loại hàng hóa khác nhau, bao gồm sản phẩm công nghiệp, hàng hóa văn phòng, linh kiện, thiết bị y tế hoặc bất kỳ loại hàng hóa nào khác mà họ cần quản lý. Họ có thể định nghĩa thông tin chi tiết cho mỗi mục hàng, chẳng hạn như tên hàng, mã số, thông số kỹ thuật, ngày sản xuất, hạn sử dụng và vị trí trong kho.

Hệ thống này sẽ giúp tăng tính chính xác và hiệu quả trong việc quản lý hàng hóa, đồng thời cung cấp thông tin liên tục và báo cáo về tình trạng tồn kho, lịch sử nhập xuất hàng và các chỉ số quan trọng khác.

### 2.2 Sơ đồ khối và chức năng

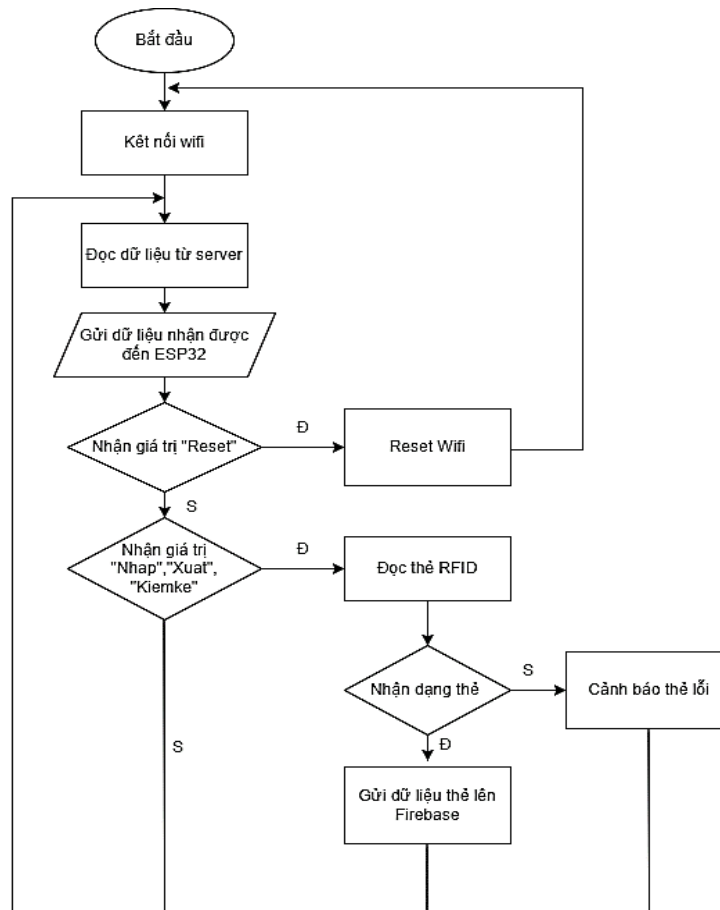


Hình 1. Sơ đồ khối

### Chức năng

- Khối ESP32: Là bộ não của hệ thống, giao tiếp với toàn thể các khối của hệ thống và điều khiển các khối thực hiện các yêu cầu hệ thống đặt ra.
- Khối nguồn: Sử dụng nguồn 5V, cung cấp nguồn cho toàn mạch.
- Khối RFID: Sử dụng module RFID để lấy dữ liệu nhập xuất sản phẩm.
- Khối báo hiệu: Phát tín hiệu mỗi khi quét thẻ.
- Sever: nhận, xử lý và lưu trữ thông tin xuất nhập sản phẩm
- App(SmartPhone): Thực hiện các chức năng mỗi khi người dùng yêu cầu và cung cấp các thông tin cần thiết cho họ.

### 2.3 Lưu đồ giải thuật hệ thống



Hình 2. Lưu đồ giải thuật của hệ thống

## 2.4 Cách thức hoạt động của hệ thống

**Bước 1:** Cấu hình lại wifi (Trong trường hợp thay đổi tên và mật khẩu kết nối wifi).

Esp32 chuyển sang chế độ phát sóng wi-fi. App mobile kết nối vào sóng wi-fi của Esp32 cần cấu hình. Khi đã kết nối thành công, ta sẽ gửi thông tin về mật khẩu của mạng wi-fi đang kết nối trên điện thoại đến Esp32. Sau khi Esp32 nhận được thông tin tài khoản và mật khẩu của mạng wi-fi thì sẽ lưu lại để lần sau dùng tiếp. Lúc này wifi sẽ được kết nối với Esp32. Nếu thành công thì sẽ có thông báo và có thể bắt đầu thực hiện các chức năng khác.

**Bước 2:** Bắt đầu quá trình nhập, xuất, kiểm hàng.

Đầu tiên người dùng sẽ bắt đầu thêm sản phẩm cần quản lý(hình ảnh, giá tiền, thẻ loại,..), lúc này sản phẩm đó sẽ được lưu ở danh sách sản phẩm trên điện thoại, nhưng do chưa nhập hàng nên số lượng sản phẩm sẽ bằng 0.

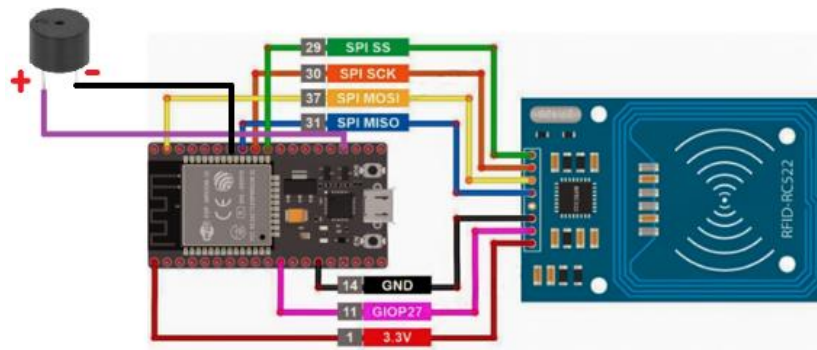
Sau khi đã thêm sản phẩm vào thì người dùng sẽ chọn chế độ nhập hàng, lúc này những sản phẩm đã được thêm trước đó sẽ hiển thị lên cho người dùng chọn, người dùng sẽ chọn sản phẩm sau đó quét thẻ. Sản phẩm sẽ được lưu kèm với thẻ RFID và được nhập vào trong kho đồng thời sẽ lưu lại lịch sử nhập hàng.

Tương tự với chế độ xuất hàng thì khi người dùng chọn chế độ này thì chỉ cần quét thẻ thì điện thoại sẽ hiển thị thông tin của sản phẩm đi kèm với thẻ đó lên cho người dùng biết, nếu đúng là sản phẩm cần xuất kho thì người dùng chỉ cần xác nhận thì sản phẩm sẽ được xóa khỏi kho đồng thời sẽ lưu lại lịch sử xuất hàng.

Với chế độ kiểm kê sản phẩm: Khi người dùng muốn kiểm kê sản phẩm của mình có bị thiếu sót hay bị đánh tráo gì không thì chỉ cần chọn chế độ kiểm kê và quét thẻ. Thẻ được quét sẽ được so sánh với dữ liệu thẻ trong kho hàng. Nếu trong dữ liệu trong kho hàng còn thẻ đó thì tức là sản phẩm đang còn tồn tại, ngược lại thì sản phẩm đó không còn trong kho hàng.

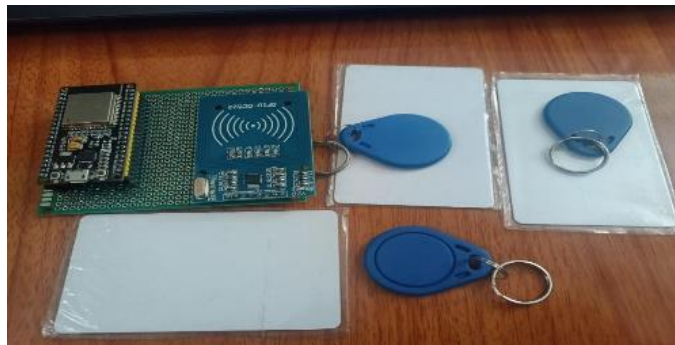
### 3 THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

#### Sơ đồ kết nối phần cứng



Hình 3. Sơ đồ kết nối phần cứng

#### Sản phẩm thực tế



Hình 4. Mạch thực tế

### 4 THIẾT KẾ PHẦN MỀM

#### 4.1 Yêu cầu của hệ thống

Hệ thống gồm 2 phần: đọc và ghi thẻ RFID và app mobile.

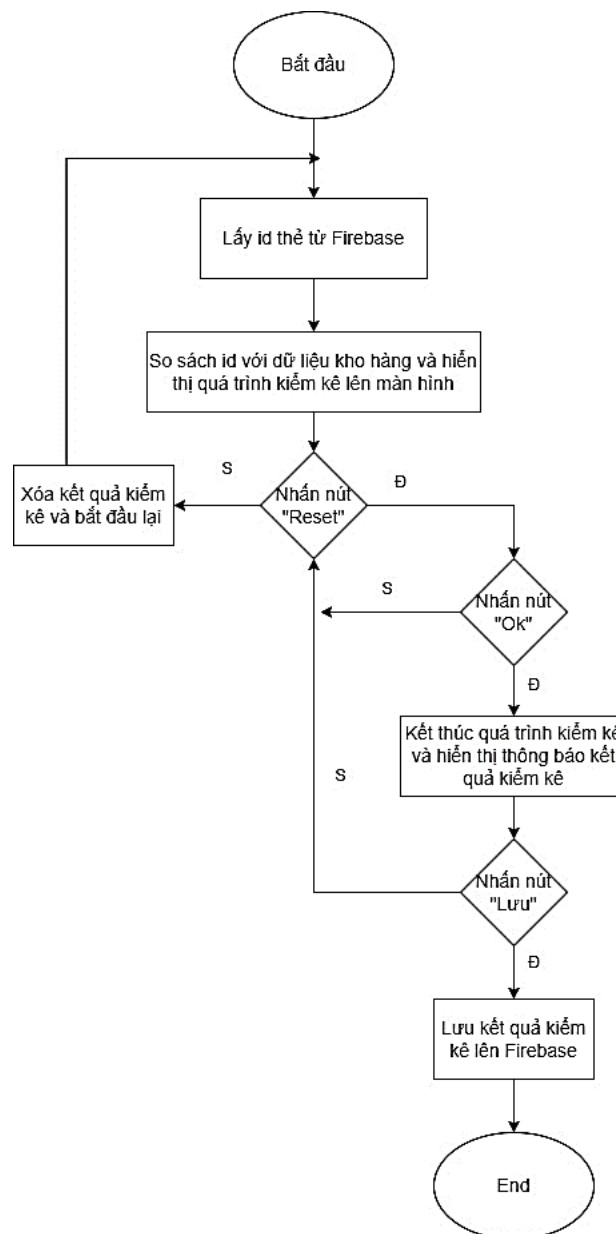
Đọc và ghi thẻ RFID: Được sử dụng trong các chế độ nhập, xuất, kiểm kê hàng hoá.

App mobile:

- Quản lý nhập, xuất, kiểm hàng hoá bằng hình thức quét thẻ RFID.
- Dữ liệu được đưa lên app mobile để dễ dàng quản lý.
- Lưu trữ lịch sử nhập, xuất, kiểm hàng.
- Quản lý trực tiếp thông tin hàng hoá trên điện thoại.
- Thay đổi kết nối mạng của hệ thống trực tiếp trên điện thoại.

#### 4.2 Lưu đồ giải thuật các chức năng chính của phần mềm





Hình 5. Lưu đồ giải thuật kiểm kê hàng

## 5 KẾT QUẢ THỰC HIỆN

Nhóm tác giả sử dụng Firebase Authentication: Dịch vụ xác thực người sử dụng và quản lý quyền truy cập. Với dịch vụ này người dùng sẽ đăng kí tài khoản bằng gmail, sau đó Firebase xác nhận việc đăng kí tài khoản của họ bằng cách gửi link liên kết đến tài khoản gmail của họ. Và để đăng nhập vào app được thì người sử dụng có thể truy cập bằng gmail mà họ đã tạo trước đó.

Chọn chế độ nhập hàng và lịch sử nhập hàng: Người dùng sẽ chọn chế độ nhập hàng để khi quét thẻ hàng thì sản phẩm đó sẽ được lưu vào trong kho hàng. Bên cạnh đó sẽ lưu trữ lại lịch sử nhập hàng để dễ dàng quản lý.

Người dùng sẽ quét lần lượt từng thẻ, lúc này đầu đọc thẻ sẽ nhận và gửi id của thẻ lên cơ sở dữ liệu để định danh cho thẻ này là sản phẩm này.

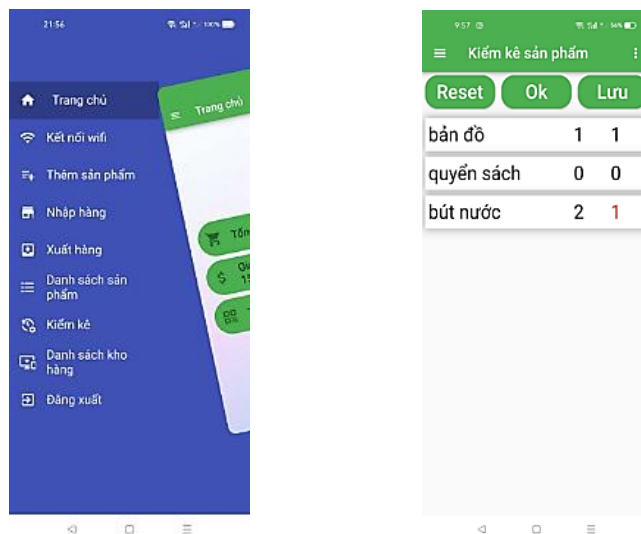
Ngoài ra, người sử dụng cũng có thể xem lại lịch sử nhập hàng theo ngày tháng năm và vị trí của hàng mà người nhập đã chọn trước.

Người dùng sẽ quét lần lượt từng thẻ, lúc này đầu đọc thẻ sẽ nhận và gửi id của thẻ lên cơ sở dữ liệu, sau đó app sẽ nhận id đó để tìm kiếm sản phẩm trong kho, nếu trong kho có sản phẩm đó thì sẽ hiển thị lên app cho người dùng biết và khi người dùng xuất hàng thì sản phẩm đó sẽ được xuất khỏi kho. Đồng thời người sử dụng cũng có thể xem lại lịch sử xuất hàng theo ngày tháng năm.

Chọn chế độ kiểm hàng và lịch sử kiểm hàng: Người dùng sẽ chọn chế độ kiểm hàng để khi quét thẻ hàng thì sản phẩm đó sẽ được so sánh với sản phẩm trong kho hàng, nếu là một thì sẽ xác nhận sản phẩm đó còn trong kho hàng. Ví dụ: ngày hôm nay nhập 10 sản phẩm vào kho mà kiểm kê quét thẻ chỉ nhận được 9 sản phẩm thì 1 sản phẩm đã bị đánh tráo mất hoặc hư hại.

Sau khi quét thẻ sẽ ấn OK để xem kết quả kiểm kê, ở đây là do nhóm tác giả đã cố tình quét thiếu 1 thẻ là cây bút nên nó sẽ hiện mặt hàng bị thiếu.

Những kết quả false sẽ báo rằng kiểm kê bị thiếu hàng và khi ta ấn vô thì sẽ xem được mặt hàng bị thiếu khi kiểm kê.



Hình 6. Menu những chức năng chính và kiểm kê sản phẩm

## 6 KẾT LUẬN

Trong bài báo này nhóm tác giả đã hoàn thành ứng dụng với các chức năng cần thiết để quản lý kho hàng thông qua điện thoại kết hợp với công nghệ RFID. Đối với phần cứng, hệ thống chạy khá tốt, ít xảy ra trục trặc, đầu đọc thẻ RFID RC522 chỉ đọc thẻ ở khoảng cách ngắn nên còn hạn chế nhiều. Đối với phần mềm, sau quá trình kiểm thử và đánh giá, ứng dụng đã chạy ổn định và đáp ứng được yêu cầu của người dùng. Tuy nhiên, để nâng cao chất lượng và tính năng của ứng dụng, các thành phần của hệ thống vẫn cần được hoàn thiện và tối ưu hóa về chức năng trong thời gian tới. Điều này giúp hệ thống đáp ứng tốt hơn với các nhu cầu thực tế và mang lại giá trị tốt nhất cho người dùng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] SATO, "Giải pháp quản lý tài sản bằng RFID," 2019. [Online]. Available: <https://satoasiapacific.com/vi/solution/giai-phap-quan-ly-tai-san-bang-rfid-asetra/>.
- [2] ANNINHSO, "Quản lý kho hàng bằng công nghệ RFID một cách thông minh, hiệu quả," VIET DUC TRI GROUP, [Online]. Available: <https://anninhso.com/quan-ly-kho-hang-bang-cong-nghe-rfid-mot-cach-thong-minh-hieu-qua/>. [Accessed 2022].
- [3] VNAPPTECH, "Quản lý kho tích hợp công nghệ RFID," VNAPPTECH, [Online]. Available: <https://quanlykhorfid.blogspot.com/2014/06/phan-mem-quan-ly-kho-rfid.html>. [Accessed 20 6 2014].
- [4] ITG, "Công nghệ RFID trong quản lý kho," [Online]. Available: <https://itgtechnology.vn/cong-nghe-rfid-trong-quan-ly-kho/>. [Accessed 11 3 2022].

[5] Smartid, "Giải pháp quản lý kho tự động ứng dụng công nghệ nhận dạng RFID," CÔNG TY TNHH SMARTID, [Online]. Available: <https://smartid.com.vn/giai-phap-quan-ly-kho-tu-dong-ung-dung-cong-nghe-nhan-dang-rfid.html>.

YSC5.F131

## THIẾT KẾ HỆ THỐNG IOT GIÁM SÁT VÀ CẢNH BÁO SỰ CỐ CHO HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC - ÁP DỤNG CHO NHÀ MÁY SẢN XUẤT NƯỚC TINH KHIẾT

LÊ QUỐC THỊNH<sup>1</sup>, NGUYỄN LÊ CHÂU TUẤN<sup>1</sup>, TRẦN MINH HỒNG<sup>1</sup>, NGUYỄN VĂN LÀNH<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\*nguyenvanlanh@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Vai trò của nước rất quan trọng trong cuộc sống hằng ngày. Vì vậy, đảm bảo chất lượng nước trong sản xuất là rất cần thiết. Tuy nhiên, các hệ thống xử lý nước hiện nay thường gặp phải những hạn chế và bất cập trong quá trình giám sát và phát hiện sự cố. Đồng hồ đo áp suất là thiết bị thiết yếu được lắp đặt trong hệ thống xử lý nước để giám sát và kiểm soát áp suất của quá trình xử lý nước đầu vào. Hệ thống xử lý nước trong quá trình hoạt động thường gặp phải sự cố dẫn đến áp suất nước thay đổi đột ngột làm gián đoạn và giảm hiệu suất sản xuất. Do đó, để đảm bảo chất lượng nước được sản xuất, việc phát triển một hệ thống giám sát và cảnh báo sự cố có vai trò quan trọng. Để giải quyết vấn đề trên, bài báo đề xuất việc thiết kế và xây dựng một hệ thống IoT sử dụng các thuật toán nhận dạng Hough Circle Transform, Hough Lines, medianBlur trong xử lý ảnh và dựa trên nền tảng IoT để giám sát và cảnh báo sự cố trong hệ thống xử lý nước. Hệ thống này được xây dựng trên nền tảng Webserver và IoT sử dụng ngôn ngữ Python và dùng giao thức truyền dữ liệu không dây. Dữ liệu thu thập từ camera được truyền về bộ xử lý Jetson nano để phân tích và nhận dạng. Sau đó dữ liệu được gửi lên Webserver và hiển thị cho người dùng. Giao diện người dùng hiển thị biểu đồ thời gian thực, đưa ra cảnh báo về tình trạng áp suất hoạt động, có thể truy xuất hình ảnh và video cho quá trình giám sát từ xa thiết bị đo. Cuối cùng, mô hình và kết quả thực nghiệm được trình bày để kiểm chứng hoạt động hiệu quả của hệ thống đề xuất.

**Từ khóa.** Hệ thống giám sát, Jetson nano, IoT, xử lý ảnh, học máy, xử lý nước.

### IOT SYSTEM DESIGN OF MONITORING AND WARNING FOR WATER TREATMENT SYSTEMS – APPLIED TO WATER PRODUCTION PLANT

**Abstract.** The role of water is very important in daily life. Therefore, ensuring water quality in production is essential. However, current water treatment systems often face limitations and inadequacies in the process of monitoring and detecting problems. Pressure gauges are essential equipment installed in water treatment systems to monitor and control the pressure of inlet water treatment. Water treatment systems during operation often encounter problems resulting in sudden changes in water pressure, disrupting and reducing production efficiency. Therefore, to ensure the quality of the water produced, it is important to develop an incident monitoring and warning system. To solve the above problem, the article proposes the design and construction of an IoT system using the recognition algorithms Hough Circle Transform, Hough Lines, medianBlur in image processing and based on IoT platform for monitoring and warning of problems in the water treatment system. The system uses a camera to record images of the pressure gauge and then send data to the Jetson Nano to analyze, process and read the identification results and then transmit the data to the webserver via the HTTP protocol. The user interface displays a real-time chart, gives an alert about the state of operating pressure, there is a live video for the monitoring and remote monitoring of the measuring device. The process of identifying and reading pressure gauge results is grouped using image processing algorithms: Hough Circle Transform, Hough Lines, Gaussian Blur. Finally, the experimental model and results are presented to verify the effective operation of the proposed system.

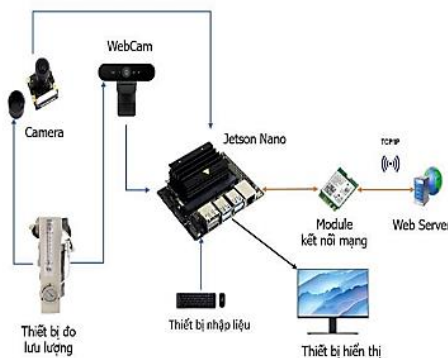
**Keywords.** Remote monitoring system, Jetson Nano, IoT, image processing, pressure gauge.

## 1 GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, sự phát triển nhanh chóng của mạng lưới vạn vật kết nối internet (Internet of Things-IoT) đã tạo ra những tiềm năng vô cùng lớn trong việc ứng dụng các hệ thống giám sát và cảnh báo sự cố trong các lĩnh vực khác nhau [1-4]. Trong lĩnh vực xử lý nước, việc giám sát và cảnh báo sự cố là một yếu tố quan trọng để đảm bảo chất lượng nước tinh khiết sản xuất từ các nhà máy. Nhà máy sản xuất nước tinh khiết là một hệ thống phức tạp gồm nhiều quá trình xử lý như lọc, khử trùng, và các bước xử lý hóa học khác để loại bỏ các tạp chất và vi khuẩn có hại. Tuy nhiên, trong quá trình vận hành, các sự cố mất điện, lỗi thiết bị đo, thiết bị bơm không hoạt động,... có thể xảy ra và ảnh hưởng đến chất lượng nước sản xuất, làm giảm hiệu suất sản xuất. Do đó, nghiên cứu này tập trung xây dựng một hệ thống IoT giám sát và đọc kết quả đồng hồ đo áp suất từ xa thông qua camera, gửi cảnh báo sự cố cho hệ thống xử lý nước, áp dụng cho nhà máy sản xuất nước tinh khiết. Đã có các nghiên cứu và ứng dụng thuật toán xử lý ảnh để cập trong các tài liệu [5-9]. Tuy nhiên các nghiên cứu này chưa ứng dụng cho hệ thống xử lý nước. Hệ thống này được thiết kế để theo dõi, đọc kết quả liên tục thông số áp suất thay đổi trên mặt đồng hồ. Khi phát hiện bất thường hoặc vượt ngưỡng cho phép, hệ thống sẽ đưa ra cảnh báo gửi lên Web Server thông qua giao diện người dùng. Ngoài ra giao diện còn hiển thị được biểu đồ Realtime, video giám sát hệ hình ảnh đồng hồ đo hiển thị trực tiếp tiện cho việc theo dõi từ xa. Với việc áp dụng hệ thống IoT sử dụng công nghệ xử lý ảnh vào hệ thống giám sát, đọc kết quả đồng hồ áp từ xa và cảnh báo sự cố, chúng tôi hy vọng rằng nhà máy sản xuất nước tinh khiết có thể nâng cao hiệu suất và giúp cải thiện hiệu quả về độ chính xác của quá trình giám sát, đồng thời giảm thiểu rủi ro sự cố và giảm bớt sự phụ thuộc vào nhân viên kỹ thuật có mặt tại nhà máy.

## 2 THIẾT KẾ HỆ THỐNG

Sơ đồ khối hệ thống giám sát và cảnh báo cho hệ thống xử lý nước được thể hiện ở Hình 1 như sau:



Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống giám sát và cảnh báo cho nhà máy nước

Hệ thống sử dụng Jetson Nano Developer làm bộ xử lý trung tâm kết nối giữa các camera và phần mềm Web Server. Jetson Nano Developer sẽ nhận nhiệm vụ xử lý ảnh, nhận diện và đọc kết quả đồng hồ áp, sau đó gửi kết quả đọc được kèm hình video đem giám sát hệ thống đo lên Web Server thông qua giao thức truyền dữ liệu gọi là HTTP, đồng thời, giao diện giám sát điều khiển cũng hiển thị kết quả cảnh báo về trạng thái hoạt động của đồng hồ đo áp suất, biểu đồ Realtime ghi lại kết quả áp suất đo đạt của đồng hồ áp theo thời gian thực.

### 2.1 Phương pháp nhận diện đồng hồ áp

Để nhận diện dữ liệu từ đồng hồ áp, phương pháp Hough Circle Transform đã tham khảo tài liệu [7] và [10]. Quá trình nhận diện được minh họa trong các hình (2-4) như sau, bao gồm các bước:

1. Bước chụp ảnh: Một ảnh của đồng hồ áp được chụp bằng camera.
2. Bước đọc ảnh: Ảnh được đọc và chuyển đổi sang ảnh xám, sau đó làm mờ và điều chỉnh kích thước.
3. Bước xác định vòng tròn: Sử dụng thuật toán Hough Circle Transform trong thư viện OpenCV để xác định tọa độ tâm và bán kính của vòng tròn trong ảnh.
4. Bước tìm đường viền: Áp dụng phép biến đổi Hough Circle để phát hiện đường viền mặt đồng hồ.

5. Bước chia vòng tròn: Vòng tròn được chia thành 36 phần và được đánh số từ 0 đến 36, với mỗi góc có khoảng cách là 10 độ.

Qua việc sử dụng phương pháp Hough Circle Transform, nhóm nghiên cứu đã thành công trong việc nhận diện đồng hồ áp. Bằng cách xác định tọa độ tâm và bán kính của vòng tròn, kết hợp với phép biến đổi Hough circle, nhóm đã có thể phát hiện và xác định được đường viền mặt đồng hồ. Qua việc chia vòng tròn thành các phần và gắn số, nhóm đã tạo ra một phương pháp nhận diện dữ liệu chính xác và hiệu quả từ đồng hồ áp [6] , [7].



Hình 2. Ảnh minh họa kết quả dùng thuật toán tìm ra các vòng tròn [9]



Hình 3. Kết quả trước và sau khi dùng thuật toán Hough Circle Transform

Kết quả cho thấy giới hạn tìm kiếm từ 35% đến 49% của bán kính đạt kết quả tương đối tốt. Sau khi xác định tọa độ trung tâm và bán kính, thuật toán sẽ sử dụng màu xanh lá cây để vẽ các đường tròn và điểm đỏ nhỏ để đánh dấu tâm của chúng. Tiếp theo, nhóm nghiên cứu sẽ vẽ các đường thẳng từ tâm của các vòng tròn, mỗi đường có khoảng cách 10 độ, và gắn số từ 0 đến 36 trên vòng tròn được phát hiện, chia thành 36 phần bằng nhau [7].

Trong quá trình nhận diện đường thẳng từ hình ảnh, nhóm nghiên cứu đã sử dụng hai phương pháp của Hough Transform, đó là HoughLines và HoughLinesP. Trong thực nghiệm, nhóm đã áp dụng phương pháp HoughLinesP [7].

Ý tưởng của phương pháp Hough Transform là biến đổi mỗi điểm cạnh trong bản đồ cạnh thành các đường thẳng có thể đi qua điểm đó. Các đường thẳng tương ứng được tạo ra trong không gian Hough, và các vùng mà có sự cắt nhau nhiều nhất trong không gian Hough được coi là các đường thẳng thực tế trong bản đồ cạnh [7].

Phương pháp này sử dụng một vector để lưu trữ thông số (x - bắt đầu, y - bắt đầu, x - kết thúc, y - kết thúc) của các đường thẳng được phát hiện. Chỉ các đường thẳng gần giống với bán kính của một hình tròn được chọn, trong khi tất cả các đường thẳng khác nằm ngoài vùng chọn bị loại bỏ. Sau đó, chỉ số trên đồng hồ được tìm thấy và góc giữa đường chỉ số và đường tham chiếu được tính toán. Số lượng đường thẳng phát hiện sẽ thay đổi tùy thuộc vào ngưỡng được áp dụng.



Hình 4. Sử dụng thuật toán HoughLinesP để phát hiện đường thẳng trên kim đồng hồ

## 2.2 Kỹ thuật thu thập, xử lý, nhận diện và lưu trữ dữ liệu

a) Thu thập, xử lý và nhận diện dữ liệu:

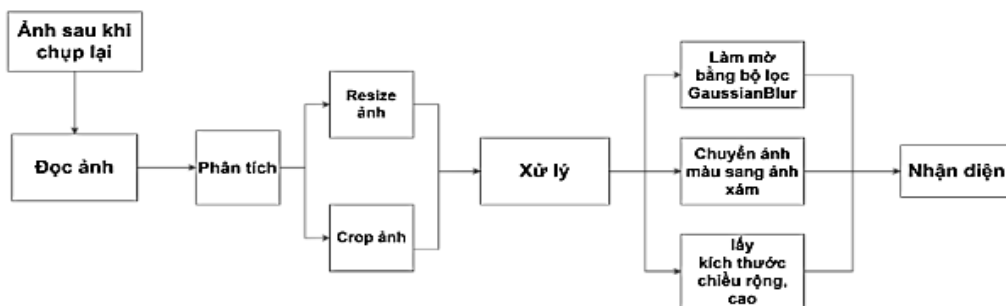
Quá trình thu thập, xử lý và nhận diện dữ liệu được trình bày tóm tắt trong sơ đồ hình 5&6. Dữ liệu hình ảnh đồng hồ áp được thu thập bằng cách sử dụng camera và chuyển vào Jetson Nano để xử lý. Jetson Nano đóng vai trò làm trung tâm xử lý, thực hiện việc đọc và phân tích dữ liệu hình ảnh.

Quá trình xử lý dữ liệu ảnh bao gồm việc làm mờ, chuyển đổi sang ảnh xám, thay đổi kích thước và cắt ảnh để đảm bảo chất lượng. Điều này đảm bảo loại bỏ nhiễu và vùng biên không rõ trong ảnh.

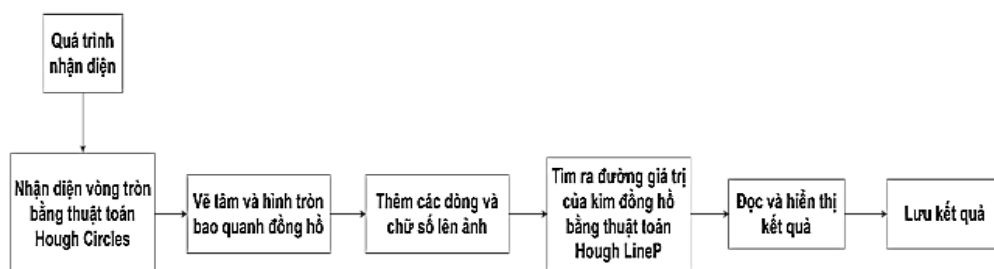
b) Lưu trữ dữ liệu:

Kết quả sau khi nhận diện đồng hồ áp được lưu trữ trong file "Data.Json" để dễ dàng truyền tải dữ liệu lên Webserver. "Data.Json" là một tệp dữ liệu có định dạng JSON (JavaScript Object Notation) được sử dụng để lưu trữ và truyền tải dữ liệu giữa các ứng dụng.

File "Data.Json" được sử dụng để lưu trữ cấu hình, thông tin người dùng, sản phẩm hoặc bất kỳ loại dữ liệu nào có cấu trúc key-value. Ngoài ra, nó còn được sử dụng làm bộ nhớ cache hoặc truyền dữ liệu giữa các ứng dụng.



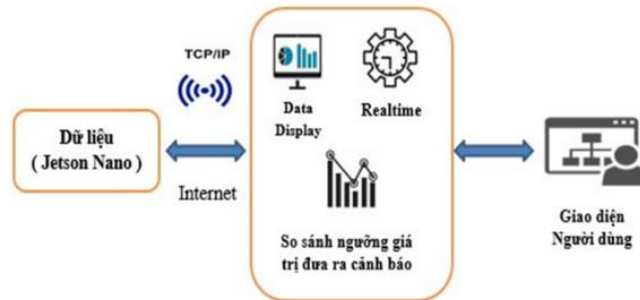
Hình 5. Sơ đồ tổng quát quá trình thu thập, xử lý và nhận diện



Hình 6. Sơ đồ tổng quát quá trình thu thập, xử lý và nhận diện

### 2.3 Thiết kế giao diện người dùng

Thiết kế giao diện Web bằng phần mềm Visual Studio Code và được minh họa trong sơ đồ Hình 7. Giao diện Web Server được xác định và triển khai trên Web thông qua lập trình front-end bằng HTML, CSS và JavaScript. Người dùng có thể truy cập vào giao diện này qua trình duyệt và tận hưởng trải nghiệm tương tác trực quan. Giao diện Web Server cung cấp chức năng hiển thị dữ liệu, tương tác với các thành phần và giám sát hoạt động trên Web. Việc lập trình front-end đảm bảo trải nghiệm người dùng tốt, sự thẩm mỹ và tương thích trên các thiết bị và trình duyệt khác nhau.



Hình 7. Sơ đồ tổng quát hoạt động của khối giao diện người dùng

## 3 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Sau quá trình phân tích, tính toán và thiết kế hệ thống, cùng với việc tìm hiểu cách thức nhận diện đồng hồ áp và lưu lượng kế, tiến hành thi công phần cứng cho mô hình. Việc này bao gồm lắp ráp và cài đặt phần cứng IoT sử dụng Board mạch Jetson Nano.

### 3.1 Mô hình thực nghiệm

Mô hình thực nghiệm hoàn chỉnh bao gồm hệ thống khung đỡ, mô hình Jetson Nano Developer và mô hình hệ thống bơm đo áp suất, lưu lượng nước. Mô hình phần cứng được trình bày trong Hình 8 (a-c) như sau:



(a) Mô hình Jetson Nano Developer

(b) Mô hình hệ thống bơm đo áp suất, lưu lượng nước



(c) Bản dựng phần khung cho toàn bộ mô hình

Hình 8. Mô hình phần cứng thực nghiệm



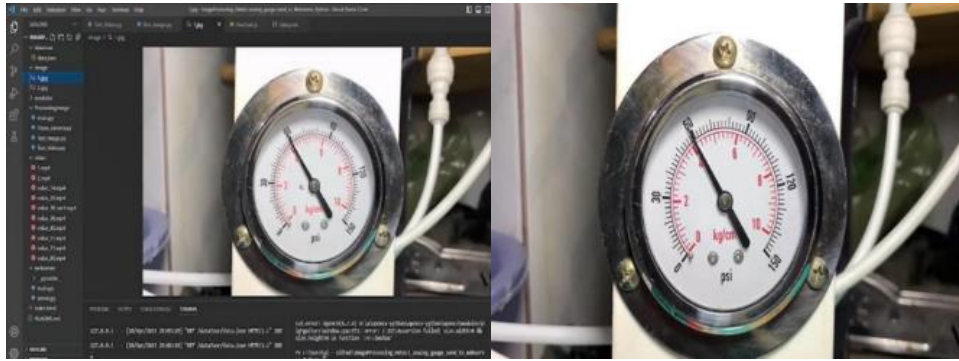
### 3.2 Thực nghiệm nhận diện và đọc kết quả đồng hồ đo áp suất

Để nhận diện và đọc kết quả đồng hồ áp, nhóm tiến hành thu thập, xử lý và nhận diện dữ liệu, sau đó lưu trữ dữ liệu vào file data.Json. Chương trình Web Server sẽ sử dụng các API từ file data.Json để hiển thị kết quả đồng hồ áp. File này được sử dụng để lưu trữ và cập nhật số liệu đồng hồ áp liên tục trong quá trình chạy.

Thực nghiệm nhận diện và đọc kết quả đồng hồ áp:

a) Nhận diện bằng ảnh tĩnh:

- Bước 1: Chụp hình ảnh đồng hồ áp và lưu lại được minh họa trên hình 9.



Hình 9. Ảnh đồng hồ áp được chụp lại từ video

- Bước 2: Khởi chạy chương trình test hình ảnh sử dụng file hình ảnh đã lưu. Thông số yêu cầu sẽ được nhập vào terminal.

Mã lệnh chương trình như sau:

```
import cv2
import numpy as np
import time
def avg_circles(circles, b):
    avg_x=0
    avg_y=0
    avg_r=0
    for i in range(b):
        avg_x = avg_x + circles[0][i][0]
        avg_y = avg_y + circles[0][i][1]
        avg_r = avg_r + circles[0][i][2]
    avg_x = int(avg_x/(b))
    avg_y = int(avg_y/(b))
    avg_r = int(avg_r/(b))
    return avg_x, avg_y, avg_r
def dist_2_pts(x1, y1, x2, y2):
    #print np.sqrt((x2-x1)^2+(y2-y1)^2)
    return np.sqrt((x2 - x1)**2 + (y2 - y1)**2)
def calibrate_gauge(filename,folder_path):
    img = cv2.imread(folder_path + "/" + filename + ".jpg")
    height, width = img.shape[:2]
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY) #convert to gray
```

Nhập thông số yêu cầu vào Terminal được thực hiện bởi đoạn mã lệnh sau:

Mã lệnh chương trình:

Folder name inside this file's folder: image

Filename without extension .jpg: 1

For image file:1-calibration.jpg

Min angle (lowest possible angle of dial) - in degrees: 42.3

Max angle (highest possible angle) - in degrees: 312

Min value: 0

Max value: 150

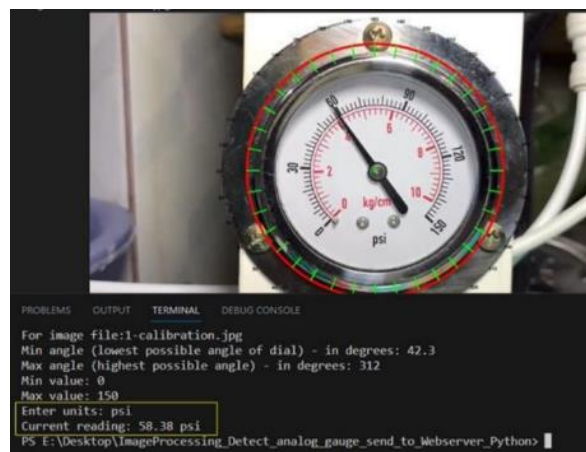
Enter units: psi

Current reading: 58.38 psi

Kết quả: chương trình sẽ tạo ra một file ảnh đã xác định các thông số của đồng hồ áp và hiển thị kết quả đọc giá trị lên terminal được thể hiện trên các hình 10 & 11. Giá trị kết quả đọc dùng xử lý ảnh là 58.38psi so với giá trị thực tế là 60psi.



Hình 10. Ảnh đồng hồ được hệ thống tạo ra

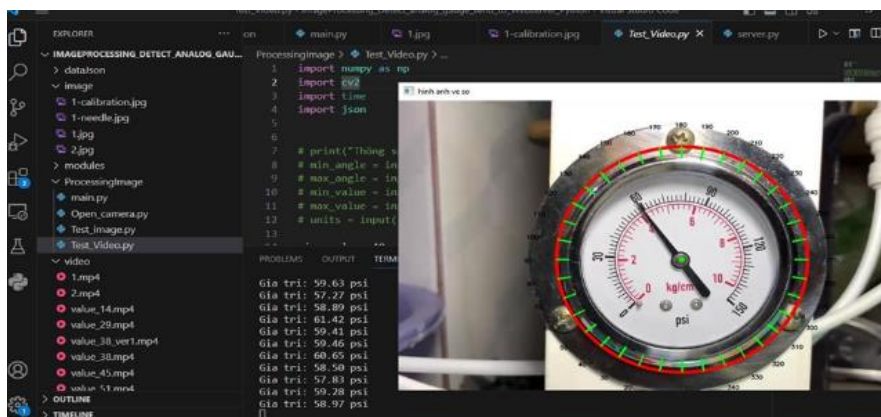


Hình 11. Kết quả đọc giá trị đồng hồ áp được hiển thị lên terminal

b) Nhận diện bằng video:

Trước khi khởi chạy video để kiểm thử, nhóm đã nhập các thông số cho 4 dòng lệnh, gồm `min_angle = 40`, `max_angle=305`, `min_value=0` và `max_value=150`. Quá trình xác định các thông số này tương tự như quá trình kiểm thử ảnh tĩnh.

Kết quả: chạy chương trình ta có kết quả như hình 12. Từ kết quả này, nhận thấy giá trị đồng hồ áp hiển thị liên tục lên terminal bằng nhận dạng xử lý ảnh gần đúng với giá trị đọc thực tế là 60psi.



Hình 12. Nhận diện và đọc kết quả đồng hồ áp bằng video hiển thị trên terminal

Các thông số như góc quay và thang giá trị đồng hồ áp ảnh hưởng đến kết quả đọc dùng xử lý ảnh. Do đó, độ chính xác của kết quả sẽ tăng lên khi các thông số được nhập chính xác.

Kết quả đọc đồng hồ áp dùng xử lý ảnh qua nhiều lần làm thực nghiệm được trình bày như Bảng 1.

Từ Bảng 1 cho thấy độ chênh lệch giữa kết quả đọc dùng xử lý ảnh so với giá trị thực tế nhỏ nhất là 0.16 psi và lớn nhất là 0.95psi. Sai số (%) giữa kết quả đọc dùng xử lý ảnh so với giá trị thực tế nhỏ nhất là 0.14%, lớn nhất là 5.42% và sai số trung bình là 1.46%.

Bảng 1. So sánh giữa kết quả đọc đồng hồ áp dùng xử lý ảnh so với giá trị đọc thực tế

Các thực nghiệm	Giá trị đọc thực tế (psi)	Giá trị đọc dùng xử lý ảnh(psi)	Độ chênh lệch (psi)	Sai số(%)	Mức cảnh báo áp suất
1	5	4.84	0.16	3.20	Áp suất thấp
2	12	11.35	0.65	5.42	Áp suất thấp
3	23	22.64	0.36	1.57	Áp suất thấp
4	30	29.30	0.7	2.33	Bình thường
5	44	43.72	0.28	0.64	Bình thường
6	51	50.05	0.95	1.86	Bình thường
7	63	62.81	0.19	0.30	Bình thường
8	85	84.25	0.75	0.88	Bình thường
9	94	93.44	0.56	0.60	Bình thường
10	106	105.79	0.21	0.20	Áp suất cao
11	111	110.84	0.16	0.14	Áp suất cao
12	120	119.56	0.44	0.37	Áp suất cao

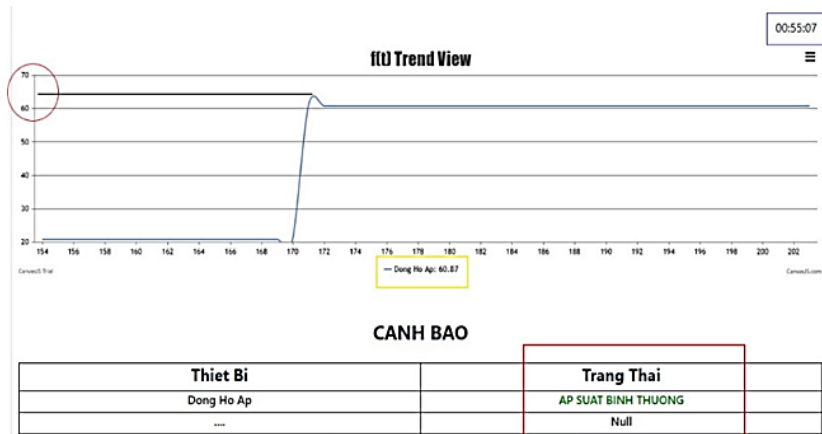
### 3.3 Thực nghiệm kết quả gửi dữ liệu và hiển thị của Web Server

Giao diện được thiết kế nhằm đáp ứng nhu cầu cơ bản của người dùng thông qua các tính năng sau: hiển thị thời gian thực giờ, biểu đồ Realtime để giám sát áp suất, kết quả đọc áp suất, cảnh báo áp suất hoạt động, video ghi lại hình ảnh của đồng hồ áp, và khả năng bật/tắt camera và lưu trữ hình ảnh.

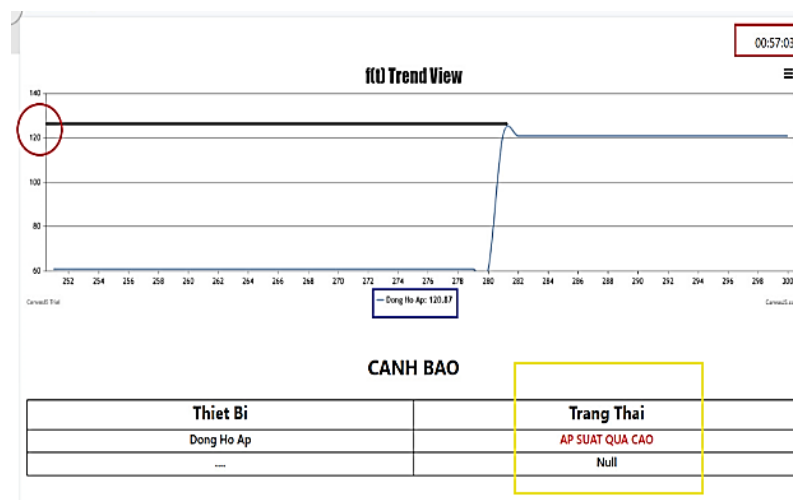
#### a) Thiết lập cảnh báo và biểu đồ Realtime

Thực hiện thiết lập các ngưỡng hoạt động cho đồng hồ áp và sử dụng dữ liệu từ file Data.Json để so sánh và cảnh báo khi giá trị áp suất vượt quá ngưỡng. Trong quá trình thực nghiệm, sử dụng video quay đồng hồ áp để kiểm tra chương trình. Kết quả cảnh báo và biểu đồ Realtime được thể hiện trên hình 13(a-c).

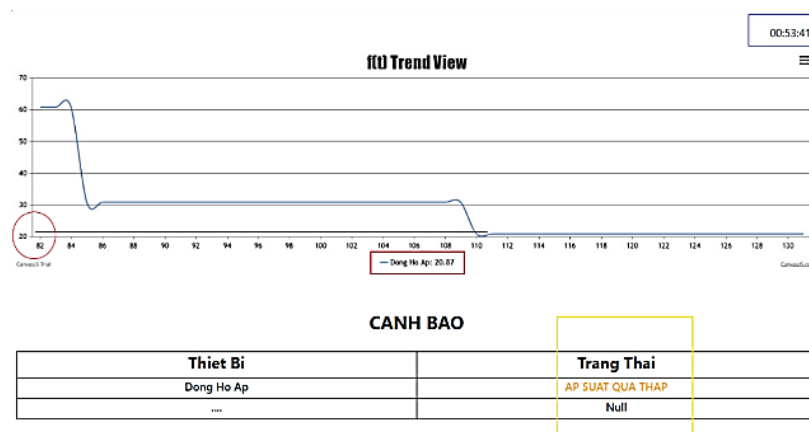
Khi giá trị áp suất trong khoảng bình thường (30psi đến 100psi), kết quả cảnh báo và biểu đồ Realtime sẽ hiển thị giá trị tương ứng. Khi áp suất quá cao (>100psi) hoặc quá thấp (<30psi), kết quả cảnh báo và giá trị áp suất được hiển thị trên giao diện web.



(a) Trường hợp áp suất bình thường



(b) Trường hợp áp suất quá cao



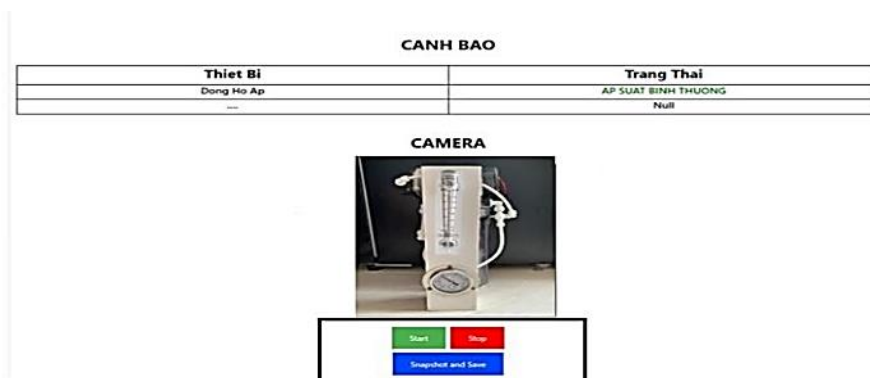
(c) Trường hợp áp suất quá thấp

Hình 13. Kết quả hiển thị lên Web Server trong 3 trường hợp giám sát

**b) Truy xuất video và hình ảnh từ Web Server**

Dữ liệu hình ảnh từ đồng hồ áp và lưu lượng kế được ghi lại bởi webcam và chuyển đến Jetson Nano. Dữ liệu này sau đó được truyền lên Web Server để hiển thị video trực tiếp trên giao diện người dùng thể hiện

ở Hình 14. Người dùng có thể từ xa giám sát hệ thống đồng hồ, điều khiển webcam bằng các nút "Start" và "Stop", và lưu lại hình ảnh tại thời điểm cần thiết bằng cách nhấn "Snapshot and save".



Hình 14. Giao diện hiển thị video trực tiếp hệ thống đo

## 4 KẾT LUẬN

Bài báo trình bày giải pháp xây dựng một hệ thống IoT giúp giám sát và đọc kết quả đồng hồ đo áp suất từ xa thông qua camera, gửi cảnh báo sự cố cho hệ thống xử lý nước, áp dụng cho nhà máy sản xuất nước tinh khiết. Hệ thống bao gồm phần cứng Jetson Nano Developer, camera, webcam, phần cứng hệ thống bơm đo áp suất, lưu lượng nước và các thiết bị ngoại vi khác. Sử dụng nền tảng công nghệ IoT kết hợp với xử lý ảnh nhận diện dùng các giải thuật Hough Circle Transform, Hough Lines, Gaussian Blur và đọc kết quả đồng hồ áp gửi lên Web Server thông qua giao thức HTTP và internet. Từ kết quả thực nghiệm, cho thấy độ chênh lệch giữa kết quả đọc dùng xử lý ảnh so với giá trị thực tế nhỏ nhất là 0.16 psi và lớn nhất là 0.95psi. Sai số (%) giữa kết quả đọc dùng xử lý ảnh so với giá trị thực tế nhỏ nhất là 0.14% , lớn nhất là 5.42% và sai số trung bình là 1.46%. Thông qua các kết quả kiểm chứng này, hệ thống hoạt động khá ổn, nhận diện và đọc kết quả khá chính xác, có sai số thấp trong mức cho phép. Hệ thống đưa ra cảnh báo khi áp suất nước nằm ngoài phạm vi hoạt động bình thường bằng hình ảnh trực quan. Giao diện người dùng hiển thị đầy đủ các thông số theo yêu cầu. Trong tương lai, hướng phát triển hệ thống toàn diện hơn như có thể áp dụng công nghệ AI cũng như mô hình Deep Learning để tăng tính nhận dạng đối tượng tốt hơn, phát triển hệ thống giám sát toàn diện mà không chỉ dừng lại ở việc giám sát đồng hồ áp.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. N. Văn, L. H. Lân, T. N. Tú and L. H. Nam, Nghiên cứu đề xuất giải pháp IoT linh hoạt với mạng truyền thông vô tuyến và cảm biến đo lường, điều khiển, 2023. [Online]. Available: [https://doi.org/10.31276/VJST.65\(1\).32-37](https://doi.org/10.31276/VJST.65(1).32-37).
- [2] A. Alavi, Internet of things-enabled smart cities: State-of-the-art and future trends, in Internet of things-enabled smart cities: State-of-the-art and future trends, pp. 589-606, 2018.
- [3] I. Mashal, in Choices for interaction with things on internet and underlying issues, pp. 68-90, 2015.
- [4] T. Y. a. Y. Sasaki, Comparison with HTTP and MQTT on required network resources for IoT, in International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC), pp. 1-6, 2016.
- [5] Li, X., Yin, P., Duan, C., & Zhi, Y., Analog gauge reader based on image recognition, In Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1650, No. 3, p. 32-51, 2020.
- [6] S. J. K. Pedersen, Circular Hough transform, 2007.
- [7] S. K. S. G. M. N. Shreya Adsul, Reading Analog Gauges Using Open CV for Hazardous Area Applications, Special Issue VIT Campus, pp. 39-42, 2021.
- [8] S. K. Y. .. H. S. L. S. J. a. D. S. D. Lee, Automatic Reading Analog gauge with Handheld device, 2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2020.

- [9] Okokpujie, K., Noma-Osaghae, E., John, S., & Ajulibe, A, An improved iris segmentation technique using circular Hough transform, In IT Convergence and Security, Volume 2, pp. 203-211, 2018.
- [10] Tài liệu Dự án kỹ thuật, 2022.

YSC5.F132

## NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC PHÂN BỐ CÔNG SUẤT TRONG LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI DỰA TRÊN PHƯƠNG PHÁP BACKWARD/FORWARD CẢI TIẾN

PHẠM QUỐC KHANH<sup>1\*</sup>, CHÂU MINH THUYỀN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\*phamquockhanh@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Tính toán phân bố công suất trong hệ thống điện là công việc thường xuyên trong vận hành hệ thống điện. Lưới điện phân phối có đặc thù là hệ thống có nhiều phụ tải, thanh cái và công suất thay đổi liên tục theo thời gian nên việc tính toán phân bố công suất cho hệ thống này gặp nhiều khó khăn. Trong nhiều phương pháp được đề xuất để giải bài toán phân bố công suất thì thuật toán Backward/Forward tỏ ra có hiệu quả hơn cả khi có thời gian tính toán nhanh khi không sử dụng phương pháp giải lặp với ma trận tổng trở có kích thước lớn. Tuy nhiên, với giả định rằng điện áp thanh cái là bằng điện áp định mức đã làm cho kết quả phân bố công suất có độ chính xác không cao. Bài báo đề xuất áp dụng phương pháp Backward/Forward cải tiến nhằm xác định giá trị điện áp đến một sai số đủ nhỏ chấp nhận được. Kết quả này giúp cho việc phân bố công suất trên đường dây phân phối chính xác cao hơn so với phương pháp Backward/Forward ban đầu. Hiệu quả của thuật toán cải tiến được đề xuất được chứng minh qua kết quả phân bố lưới điện 33 nút IEEE.

**Từ khóa.** Phân bố công suất, lưới điện phân phối, phương pháp Backward/Forward.

### ENHANCED POWER FLOW ACCURACY IN DISTRIBUTED ELECTRIC NETWORK BASED ON IMPROVED BACKWARD/FORWARD METHODS

**Abstract.** Power flow (PF) in a power system is a routine task in power system operation. The distribution network is characterized by a system with many loads, busbars and capacity that change continuously over time, so calculating the power flow for this system is difficult. Among many proposed methods to solve the PF problem, the Backward/Forward algorithm proves to be more effective when it comes to fast computation time when not using the iterative solution method with a large impedance matrix. However, with the assumption that the busbar voltage is equal to the nominal voltage, the power distribution results are not accurate. This paper proposes to apply the improved Backward/Forward method to determine the voltage value to an acceptable small enough error. This result makes the power distribution on the distribution line more accurate than the original Backward/Forward method. The efficiency of the proposed improved Backward/Forward method is demonstrated through the PF of the IEEE 33 bus.

**Keywords.** Power flow, distribution network, Backward/Forward method.

### 1 GIỚI THIỆU

Tính toán phân bố công suất (PBCS) là một nhiệm vụ quan trọng điều khiển hệ thống điện vì nó cho biết được điện áp tại các nút phụ tải và công suất chạy trên mỗi đường dây truyền tải điện [1]. Kết quả của tính toán PBCS cho phép ghi nhận được nhiều thông tin quan trọng về hệ thống điện. Tính toán PBCS được sử dụng trực tiếp hoặc gián tiếp trong một số ứng dụng hệ thống điện khác nhau như tính toán lắp đặt các máy phát điện phân tán (Distributed Generator – DG) [2][3], xác định vị trí và dung lượng khi lắp đặt các thiết bị truyền tải điện xoay chiều linh hoạt (Flexible AC Transmission Systems – FACT) [4][5], tính toán điều độ kinh tế (Economic Dispatch – ED) [6][7], tái cấu trúc lưới điện và nhiều ứng dụng khác. Về lý thuyết, các thông tin dựa trên tính PBCS có thể được ghi nhận dựa trên hệ thống cảm biến gắn thêm vào hệ thống

điện. Tuy nhiên, với việc phải bỏ ra một chi phí cực lớn cho hệ thống phần cứng đo lường và hệ thống truyền tải thông tin thì các phương pháp PBCS luôn được ưu tiên sử dụng.

Một số phương pháp tính toán PBCS khác nhau được đề xuất và sử dụng để tính toán điện áp và công suất trong cả lưới điện phân phối và lưới điện truyền tải. Một số phương pháp tính toán PBCS được đề xuất bao gồm phương pháp Backward/Forward [8][9], phương pháp dòng điện phụ tải trực tiếp (Direct Load Flow – DLF), phương pháp Newton Raphson [10], phương pháp Gauss Seidel [11]. Các phương pháp tính toán PBCS này đều có điểm mạnh riêng của nó. Việc vận dụng phương pháp nào còn tùy vào cấu trúc từng hệ thống điện khác nhau. Ví dụ phương pháp Newton Raphson chủ yếu thực hiện trên lưới điện truyền tải (LĐTT), còn phương pháp Backward/Forward thường ứng dụng trong lưới điện phân phối hình tia (LĐPP). Các phương pháp tính toán PBCS được sử dụng trong LĐTT có thể không ứng dụng hiệu quả trong LĐPP do tỷ lệ điện trở trên điện kháng đường dây khá cao. Một số cải tiến của phương pháp giải lặp trong tính toán PBCS cho LĐTT được đề xuất cho LĐPP; Tuy nhiên, với đặc thù số lượng các nút tải quá lớn sẽ làm cho việc giải lặp các ma trận sẽ mất rất nhiều thời gian.

Phương pháp Backward/Forward được áp dụng thành công trong việc tính toán PBCS cho LĐPP bởi sự giảm thiểu tính toán khi chỉ tính một lần cho công suất truyền trên các nhánh (Backward) và một lần cho điện áp (Forward). Tuy nhiên, việc yêu cầu xác định được nút cuối lưới cho mỗi lần tính toán trên một nhánh dây đồng thời đi kèm với giả thuyết điện áp trong tính toán Backward là điện áp danh định cũng làm cho độ chính xác của phương pháp này giảm xuống. Một số phương pháp Backward/Forward cải tiến được đề xuất nhằm cải thiện độ phức tạp và độ chính xác của phương pháp Backward/Forward như là gom các nút tải tại các nhánh thành các cụm nút tải nhằm đơn giản số lượng tính toán [8], hoặc kết hợp với khái niệm tìm kiếm theo chiều sâu (depth search concepts) [12]. Các phương pháp cải tiến đã hy sinh tính linh hoạt và dễ thay đổi của LĐPP để giảm thời gian tính toán. Điều này cho phép giải nhanh bài toán PBCS nhưng lại phát sinh các yêu cầu mới về trình độ ứng dụng tính toán thông minh.

Nhằm cải thiện độ chính xác của kết quả tính toán và giải quyết vấn đề yêu cầu xác định nhánh cuối lưới sau mỗi lần lặp của phương pháp Backward/Forward, bài báo đề xuất phương pháp Backward/Forward cải tiến trong tính toán PBCS cho LĐPP hình tia. Để giải quyết vấn đề phải xác định nhánh cuối lưới sau mỗi lần lặp. Phương pháp xác định thứ tự nhánh được đề xuất theo hướng từ nút nguồn đến xuống các nút tải, việc xác định nút cuối lưới được thay bằng tính toán các nhánh dây theo thứ tự từ cao xuống thấp. Với việc chỉ tính toán một lần cho các đường dây thay vì tính toán mỗi lần cho một nhánh, với số lượng đường dây càng nhiều thì thời gian tính toán được giảm đi rất lớn. Để giải quyết vấn đề sai số lớn khi sử dụng điện áp định mức tại mỗi nút khi tính toán PBCS, phương pháp Backward/Forward được ứng dụng vài lần với quy ước từ lần thứ 2 trở đi sẽ sử dụng kết quả giá trị điện áp của quá trình Forward thay cho giá trị điện áp định mức như thông thường. Cách làm này cho phép tận dụng độ chính xác của phương pháp giải lặp mà không cần phải xây dựng ma trận hệ thống điện. Từ đó giảm được thời gian tính toán.

Kết quả tính toán của phương pháp PBCS Backward/Forward cải tiến được kiểm tra tính hiệu quả thông qua việc tính toán PBCS cho lưới điện IEEE 33 nút. Hiệu quả tính toán được phân tích và đánh giá dựa trên việc so sánh các kết quả thu được với kết quả tính toán PBCS bằng phương pháp Backward/Forward cơ bản và phương pháp giải lặp Newton Raphson được công bố trong nghiên cứu [11].

Phần còn lại của bài báo bao gồm phần trình bày đặc điểm của LĐPP hình tia trong phần 2, phần 3 trình bày về phương pháp tính toán PBCS cho LĐPP hình tia dựa trên phương pháp Backward/Forward cải tiến được đề xuất. Phần 4 trình bày kết quả tính toán PBCS cho LĐPP IEEE 33 nút và phần 5 là phần kết luận.

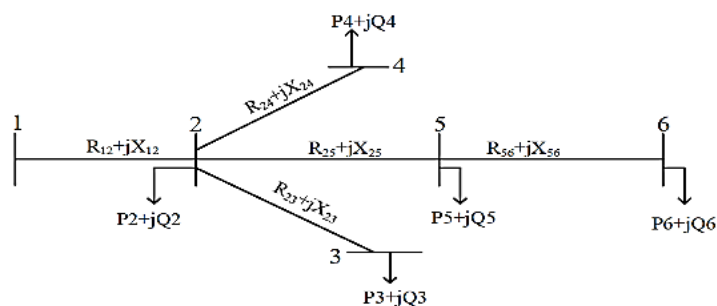
## 2 LĐPP HÌNH TIA

Nhằm giảm chi phí đầu tư cho các thiết bị bảo vệ và đơn giản hóa thủ tục trong vận hành lưới điện công suất nhỏ cung cấp trực tiếp đến khách hàng có công suất tiêu thụ vừa và nhỏ như hộ gia đình, LĐPP thường được vận hành dưới dạng hình tia. Lưới điện hình tia là hệ thống điện chỉ có một nguồn cấp chính. Từ nguồn cấp, nhiều đường dây chính được tỏa ra hướng đến các phụ tải. Các đường dây phụ được đấu nối từ đường dây chính đến các nhóm phụ tải khác trong hệ thống điện. Nguyên tắc chính là mỗi phụ tải được cấp nguồn từ một đường dây nhất định và không có một vòng kín nào xuất hiện trên hệ thống điện trên. Hình cho thấy cấu hình cơ bản của một LĐPP hình tia với nút 1 là nút nguồn.

Cấu trúc hình tia với chỉ một đường cấp điện đến một nút cụ thể sẽ giúp giảm dòng điện ngắn mạch khi có sự cố. Kết quả là giảm chi phí mua sắm các thiết bị bảo vệ và giảm chi phí đầu tư ban đầu. Tuy nhiên, với việc chỉ có một đường đi của năng lượng điện từ nguồn đến phụ tải, nên khi có sự cố trên một đường dây



thì tất cả các nút phía sau đường dây bị mất điện. Do đó, độ tin cậy cung cấp điện của LDPP hình tia không cao.

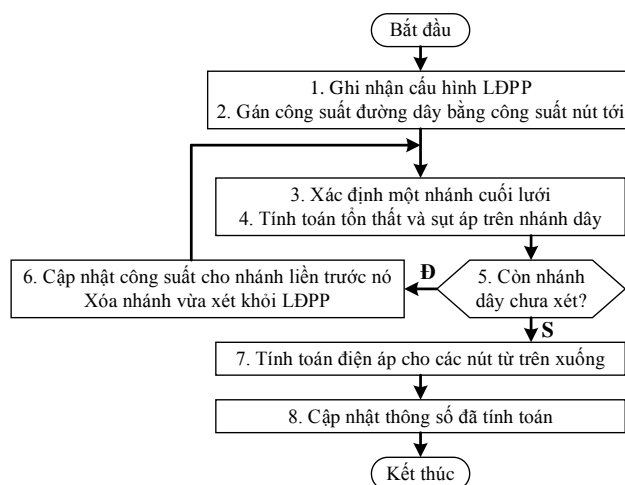


Hình 1. Cấu hình cơ bản của một LDPP hình tia

### 3 PHƯƠNG PHÁP BACKWARD/FORWARD CẢI TIẾN TRONG TÍNH TOÁN PBCS TRONG LDPP

#### 3.1 Phương pháp Backward/Forward cơ bản

Xét một LDPP như thể hiện trong Hình, phương pháp Backward/Forward trong tính toán PBCS được thực thi với hai giai đoạn: Tính toán công suất trên các nhánh từ nhánh cuối cùng tính lên cho đến nhánh trên cùng (nhánh kết nối nguồn phát điện) và tính toán điện áp tại các nút từ nút nguồn phát điện đến nút cuối cùng của các nhánh dây.



Hình 2. Lưu đồ chương trình Backward/Forward trong tính toán PBCS cho LDPP

Lưu đồ chương trình tính toán PBCS theo phương pháp Backward/Forward được trình bày trong Hình . Chương trình được thực hiện thông qua các bước như sau:

**Bước 1:** Ghi nhận thông số cấu hình của LDPP cần tính toán. Các thông số chính của một LDPP trong tính toán PBCS bao gồm điện trở và điện kháng trên các nhánh dây, công suất tác dụng và công suất phản kháng của phụ tải tại các nút, và điện áp tại nút nguồn của LDPP.

**Bước 2:** Gán công suất chạy trên các nhánh bằng công suất tại nút cuối nhánh của chính nhánh đó. Nếu gọi  $n$  là nút cuối trên nhánh dây  $m-n$ , công suất tác dụng và công suất phản kháng trên chạy trên đường dây  $m-n$  được gán theo công suất tại nút  $n$  như thể hiện trong (1) và (2).

$$P_{m,n} = P_n \quad (1)$$

$$Q_{m,n} = Q_n \quad (2)$$

**Bước 3:** Xác nhận nhánh cuối lưới cho LDPP. Nhánh cuối lưới là nhánh mà chỉ còn một phụ tải gắn phía sau của nó và không còn nhánh dây nào phía sau. Để dễ hình dung, nhánh 5-6, nhánh 2-3, và nhánh 2-4 là các nhánh cuối lưới trong cấu hình như trong Hình.

**Bước 4:** Tính toán tổn thất công suất tác dụng, công suất phản kháng và sụt áp trên đường dây cuối lưới vừa tìm được trong bước 4. Giả sử nhánh cuối lưới là nhánh dây  $m-n$  có công suất chạy từ nút  $m$  đến nút  $n$ . Tổn thất công suất tác dụng ( $\Delta P_{m,n}$ ), tổn thất công suất phản kháng ( $\Delta Q_{m,n}$ ) và sụt áp trên đường dây được xác định lần lượt theo phương trình (3), (4), và (5) với  $R_{m,n}$  và  $X_{m,n}$  lần lượt là điện trở, điện kháng đường dây và  $V_{dm}$  là điện áp định mức của đường dây. Sau khi thực hiện các phương trình này, nhánh vừa xét được ẩn đi và

$$\Delta P_{m,n} = R_{m,n} \cdot \frac{P_{m,n}^2 + Q_{m,n}^2}{V_{dm}^2} \quad (3)$$

$$\Delta Q_{m,n} = X_{m,n} \cdot \frac{P_{m,n}^2 + Q_{m,n}^2}{V_{dm}^2} \quad (4)$$

$$\Delta U_{m,n} = \frac{P_{m,n} \cdot R_{m,n} + Q_{m,n} \cdot X_{m,n}}{V_{dm}} \quad (5)$$

**Bước 5:** Kiểm tra điều kiện dừng giai đoạn Backward: Giai đoạn Backward sẽ được dừng lại khi các nhánh dây đã tính toán tổn thất công suất và sụt áp theo bước 4. Nếu như thỏa mãn điều kiện dừng, chương trình sẽ nhảy sang bước 7 để thực hiện giai đoạn Forward. Ngược lại, chương trình sẽ tiếp tục thực hiện giai đoạn Backward với nhánh cuối lưới tiếp theo trong cấu hình thu được sau bước 4.

**Bước 6:** Cập nhật công suất cho nhánh dây liền trước đó. Ngoài việc mang công suất cấp cho phụ tải đặt tại cuối nhánh, công suất của các nhánh dây phía sau cũng chạy trên các dây của nhánh liền trước đó. Do đó, công suất chạy trên nhánh dây liền trước được thêm vào phần công suất cấp cho các nhánh dây phía sau. Để dễ hình dung, giả định rằng chúng ta vừa tính toán các thông số  $\Delta P_{5,6}, \Delta Q_{5,6}$  cho nhánh cuối lưới 5-6. Nhánh liền trước nó sẽ là nhánh 2-5 và công suất chạy trên nhánh này sẽ được xác định lần lượt theo phương trình (6) và (7). Sau khi cập nhật thông số cho nhánh 2-5 thì nhánh 5-6 bị xóa, và một cấu hình LĐPP mới xuất hiện và thực hiện lại các tính toán PBCS khi nhảy lại thực hiện bước 3. Vòng lặp này sẽ kết thúc khi toàn bộ các nhánh trên LĐPP được xác định thông qua vòng lặp bước 3-4-5-6.

$$P_{2,5} = P_{2,5} + P_{5,6} + \Delta P_{5,6} \quad (6)$$

$$Q_{2,5} = Q_{2,5} + Q_{5,6} + \Delta Q_{5,6} \quad (7)$$

**Bước 7:** Thực hiện cập nhật giá trị điện áp nút từ nút nguồn đến nút cuối LĐPP. Giả sử nhánh cuối lưới là nhánh dây  $m-n$  có công suất chạy từ nút  $m$  đến nút  $n$ . Điện áp tại nút cuối  $n$  được tính toán từ điện áp tại nút trước nó (nút  $m$ ) và sụt áp trên nhánh dây  $\Delta U_{m,n}$  như thể hiện trong phương trình (8).

$$U_n = U_m - \Delta U_{m,n} \quad (8)$$

**Bước 8:** Cập nhật lại các thông số LĐPP. Sau quá trình tính toán Backward cho công suất chạy trên các nhánh và tính toán Forward cho điện áp các nút, thông số của LĐPP được cập nhật. Chương trình sẽ kết thúc sau quá trình cập nhật kết thúc.

### 3.2 Phương pháp Backward/Forward cải tiến

Nhận thấy phương pháp Backward/Forward có khả năng tính toán nhanh PBCS trên LĐPP khi chỉ tính toán cho một lượt tính từ nút cuối đến nút đầu cho công suất và tổn thất công suất và một lượt tính toán điện áp nút từ nút nguồn đến nút cuối. Tuy nhiên, trong quá trình tính toán luôn phải thực hiện việc xác định nhánh nào là nhánh cuối lưới tại bước 3 cho mỗi nhánh dây. Điều này làm tăng thời gian thực thi thuật toán. Mặt khác, việc sử dụng giá trị điện áp định mức để tính tổn thất công suất và sụt áp cũng làm giảm độ chính xác của các giá trị trong bài toán PBCS.

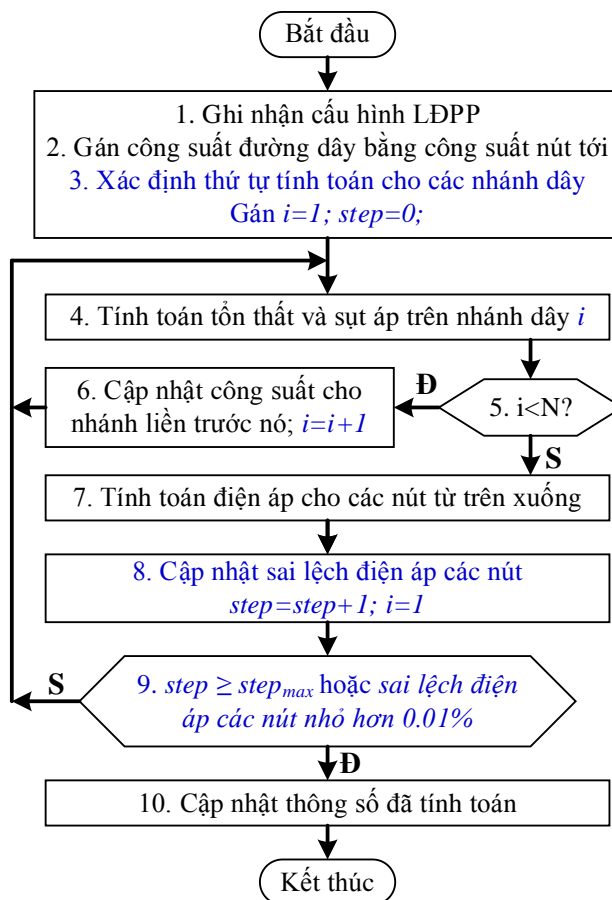
Để giải quyết vấn đề này, bài báo đề xuất phương pháp xác định thứ tự nhánh dây thay vì xác định nhánh cuối lưới như đề xuất trong bước 3. Việc xác định này chỉ cần thực hiện một lần ban đầu và bước 3 trong lưu đồ được loại bỏ. Các nhánh được đánh số từ nhỏ đến lớn. Nhánh nào nằm gần nút nguồn hơn thì số nhỏ hơn và ngược lại. Để dễ hình dung có thể lấy LĐPP như trong Hình làm ví dụ. Kết quả đánh số được thể hiện như trong Bảng 6 bên dưới.

Để nhận thấy rằng với cách đánh số như trong Bảng 6, khi thực hiện tính toán Backward với quy ước tính từ nhánh có số lớn ngược về số nhỏ thì nhánh được sử dụng luôn là nhánh cuối lưới theo quy ước như trong

bước 3 ở lưu đồ thuật toán Backward/Forward. Ngược lại, khi tính toán điện áp nút thì thứ tự tính toán được chuyển thành từ nhỏ đến lớn.

Bảng 6. Kết quả đánh số thứ tự tính toán PBCS cho LĐPP mẫu

Từ nút	Đến nút	Thứ tự tính toán
1	2	1
2	5	2
5	6	3
2	3	4
2	4	5



Hình 3. Lưu đồ chương trình Backward/Forward cải tiến trong tính toán PBCS cho LĐPP

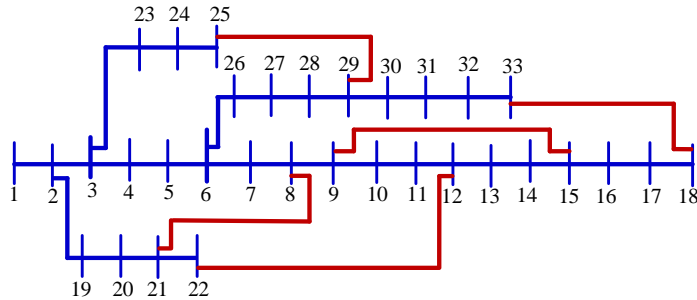
Bài báo đề xuất phương pháp thực hiện phương pháp Backward/Forward nhiều lần đồng thời với việc thay giá trị điện áp định mức bằng kết quả điện áp tại nút đầu nhánh của lần lặp trước đó. Điều kiện dừng chương trình lặp này là các giá trị điện áp của các lần lặp liên tiếp sai khác nhau không quá 0.01% điện áp định mức.

Kết quả của hai bổ sung này sẽ làm thay đổi lưu đồ và chương trình của phương pháp tính toán PBCS dựa trên phương pháp Backward/Forward. Lưu đồ phương pháp Backward/Forward cải tiến được đề xuất trong bài báo được thể hiện như trong hình 3. Các sửa đổi so với phương pháp Backward/Forward cơ bản được thể hiện bằng chữ màu xanh.

## 4 KẾT QUẢ THỰC THI CHƯƠNG TRÌNH PBCS ĐƯỢC ĐỀ XUẤT

### 4.1 Lưới điện phân phối chuẩn IEEE 33 nút

Để minh chứng cho hiệu quả của phương pháp tính toán PBCS dựa trên phương pháp Backward/Forward cải tiến được đề xuất, lưới điện phân phối IEEE 33 nút chuẩn được sử dụng. Lưới điện phân phối IEEE 33 nút chuẩn được sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu về lưới điện phân phối. Hình 4 biểu diễn cấu trúc lưới điện phân phối IEEE 33 nút chuẩn với 5 nhánh màu đỏ các đường dây dự phòng. Lưới điện này bao gồm 33 nút điện áp với nút nguồn là nút số 1 và 32 nhánh dây (màu xanh) kết nối giữa 33 nút.



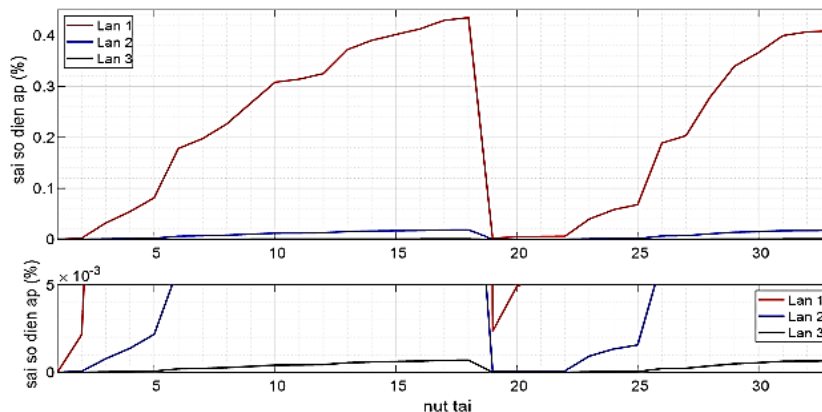
Hình 4. Cấu trúc lưới điện phân phối IEEE 33 nút chuẩn

### 4.2 Kết quả tính toán PBCS cho LĐPP được đề xuất

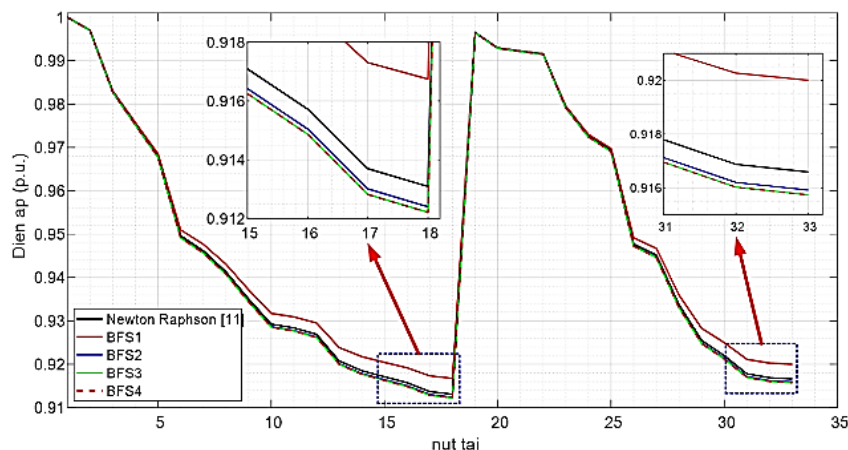
Sau khi thực thi chương trình tính toán PBCS cho LĐPP IEEE 33 nút, kết quả sai số điện áp các nút tải được thể hiện như trong Hình 5. Sau 3 lần lặp Backward/Forward thì sai số điện áp lớn nhất của một nút tải là 0.0007%. Đây là sai số điện áp qua mỗi lần lặp của nút 18. Kết quả này thỏa mãn điều kiện sai số điện áp lớn nhất của tất cả các nút sau mỗi lần lặp dưới 0.01 %. Tùy vào từng điều kiện LĐPP mà tiêu chuẩn này có thể thay đổi cho phù hợp.

Kết quả tính toán PBCS cho ra điện áp tại các nút trong LĐPP được thể hiện như trong Hình 6. Trong hình này, đường màu đen (Newton Raphson [11]) chính là kết quả thu được khi áp dụng tính toán PBCS cho LĐPP sử dụng phương pháp giải lặp Newton Raphson. Kết quả này được trình bày trong nghiên cứu [11]. Đường màu đỏ trong Hình 6 thể hiện kết quả sử dụng phương pháp Backward/Forward một lần lặp. Dựa vào kết quả thu được có thể thấy rằng phương pháp Backward/Forward cơ bản cho sai số điện áp nút khá cao. Cuối cùng, qua mỗi lần lặp thì điện áp nút cũng hội tụ lại với nhau. Như trên hình có thể thấy rằng điện áp nút tải sau lần thực hiện thứ 3 thì hầu như không đổi.

Các kết quả sai số điện áp nút và điện áp nút tải cho thấy rằng phương pháp PBCS cho LĐPP dựa trên thuật toán Backward/Forward cải tiến đã cho ra kết quả tốt hơn so với phương pháp Backward/Forward cơ bản và kết quả này tương tự với kết quả thực thi bằng phương pháp lặp được đề xuất trong nghiên cứu [11]. Điều này chứng tỏ rằng phương pháp tính toán PBCS được đề xuất cho ra hiệu quả cao trong khi vẫn giữ được ưu điểm là giảm thiểu tính toán phức tạp dựa trên ma trận.



Hình 5. Kết quả sai số điện áp các nút qua các lần lặp



Hình 6. Kết quả tính toán điện áp tại các nút tải sau các lần lặp

#### 4 KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất phương pháp tính toán PBCS cho LDPP dựa trên thuật toán Backward/Forward cải tiến kết hợp với việc xác định nhánh cuối lưới dựa trên đánh số thứ tự nhánh từ nút nguồn đến nút tải. Kết quả là nâng cao hiệu quả tính toán điện áp nút từ đó nâng cao độ chính xác khi tính toán công suất chạy trên các đường dây. Việc giải lặp có làm thời gian tính toán tăng lên vài lần so với phương pháp Backward/Forward cơ bản nhưng tính đơn giản của phương pháp Backward/Forward cơ bản vẫn được giữ nguyên. Điều này là rất hữu ích khi số lượng nút phụ tải tăng lên. Kết quả tính toán PBCS được thực hiện dựa trên phần mềm Matlab đã chứng minh được hiệu quả đã đề cập ở trên. LDPP luôn đối mặt với vấn đề mất cân bằng pha gây ra bởi các phụ tải một pha của các hộ gia đình. Do đó, nhằm nâng cao hiệu quả tính toán phân bố công suất trên LDPP hình tia thì phương pháp tính toán được đề xuất sẽ hướng đến bài toán PBCS cho LDPP không cân bằng, và đó là hướng nghiên cứu mở rộng trong tương lai của bài báo.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] W. Wei, J. Wang, and L. Wu, "Distribution Optimal Power Flow With Real-Time Price Elasticity," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 33, no. 1, pp. 1097–1098, Jan. 2018, doi: 10.1109/TPWRS.2017.2691558.
- [2] G. Manikanta, A. Mani, H. P. Singh, and D. K. Chaturvedi, "Simultaneous Placement and Sizing of DG and Capacitor to Minimize the Power Losses in Radial Distribution Network," 2019, pp. 605–618.
- [3] M. S. Sujatha, V. Roja, and T. Nageswara Prasad, "Multiple DG Placement and Sizing in Radial Distribution System Using Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization," 2019, pp. 21–36.
- [4] N. A. B. Salim and J. Maika, "Optimal allocation of FACTS device to improve voltage profile and power loss using evolutionary programming technique," in 2016 IEEE Region 10 Conference (TENCON), Nov. 2016, pp. 1208–1215. doi: 10.1109/TENCON.2016.7848203.
- [5] H. I. Shaheen, G. I. Rashed, and S. J. Cheng, "Application of differential evolution algorithm for optimal location and parameters setting of UPFC considering power system security," European Transactions on Electrical Power, vol. 19, no. 7, pp. 911–932, Oct. 2009, doi: 10.1002/etep.270.
- [6] D. Chaudhary and B. Kumar, "Cost optimized Hybrid Genetic-Gravitational Search Algorithm for load scheduling in Cloud Computing," Applied Soft Computing, vol. 83, p. 105627, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.asoc.2019.105627.

- [7] R. A. El-Sehiemy, R. M. Rizk-Allah, and A.-F. Attia, "Assessment of hurricane versus sine-cosine optimization algorithms for economic/ecological emissions load dispatch problem," *International Transactions on Electrical Energy Systems*, vol. 29, no. 2, p. e2716, Feb. 2019, doi: 10.1002/etep.2716.
- [8] S. Ouali and A. Cherkaoui, "An Improved Backward/Forward Sweep Power Flow Method Based on a New Network Information Organization for Radial Distribution Systems," *Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 2020, pp. 1–11, Jan. 2020, doi: 10.1155/2020/5643410.
- [9] B. S. Adusumilii and B. K. Kumar, "Backward/Forward Sweep based Power Flow Analysis of Distribution Systems under Uncertainty using New Affine Arithmetic Division," in *2020 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT)*, Feb. 2020, pp. 1–5. doi: 10.1109/ISGT45199.2020.9087718.
- [10] K. A. Birt, J. J. Graffy, J. D. McDonald, and A. H. El-Abiad, "Three phase load flow program," *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. 95, no. 1, pp. 59–65, Jan. 1976, doi: 10.1109/T-PAS.1976.32077.
- [11] V. Rangavalli, "Analysis of IEEE 33, 34 and 69 Bus Systems using Gauss Seidel," *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, vol. 10, no. 6, pp. 3867–3871, Jun. 2022.
- [12] S. Kawambwa, R. Mwifunyi, D. Mnyanghwalu, N. Hamisi, E. Kalinga, and N. Mvungi, "An improved backward/forward sweep power flow method based on network tree depth for radial distribution systems," *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, vol. 8, no. 1, p. 7, Dec. 2021, doi: 10.1186/s43067-021-00031-0.

YSC5.F133

## MÁY LỌC KHÔNG KHÍ THÔNG MINH SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ LTE

TRẦN QUÝ HỮU<sup>1\*</sup>, HOÀNG QUANG MINH<sup>1</sup>, TRẦN THIÊN TUỜNG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\*tranquyhUU@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Với sự phát triển mạnh mẽ của các công nghệ lọc không khí, một trong những công nghệ lọc tiên tiến và hiệu quả nhất hiện nay là công nghệ lọc tĩnh điện. Bài báo này tập trung vào nghiên cứu, phân tích và chế tạo một thiết bị lọc không khí dựa trên công nghệ lọc tĩnh điện, truyền nhận dữ liệu bằng công nghệ SIM 4G LTE. Đầu tiên, chúng tôi sử dụng các cảm biến để đo các chỉ số của các nồng độ bụi mịn PM2.5, PM10, SO<sub>2</sub>, ..., sử dụng Air Quality Index (AQI) để tính toán và xác định các nồng độ đo được có đang vượt ngưỡng cho phép hay không? Tiếp theo, quạt hút và màng lọc tĩnh điện sẽ được tự động kích hoạt khi các chỉ số của các nồng độ đo được vượt ngưỡng cho phép. Chúng tôi sử dụng vi xử lý ARM STM32F103C8T6 để xử lý và gửi dữ liệu lên Module SIM 4G thông qua Firebase theo thời gian thực. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, mô hình lọc tĩnh điện kết hợp với công nghệ LTE hoạt động ổn định, hiệu quả trong không gian khoảng 6m<sup>2</sup>.

**Từ khoá.** Module SIM 4G, ô nhiễm không khí, nồng độ PM2.5, nồng độ PM10, AQI, máy lọc không khí, tĩnh điện, công nghệ lọc tĩnh điện.

## INTELLIGENT AIR PURIFIER UTILIZING LTE TECHNOLOGY

**Abstract.** With significant advancements in air purification technologies, electrostatic filtration has emerged as one of the most advanced and efficient filtration methods available today. This article focuses on the research, analysis, and manufacturing of an air purifier based on electrostatic filtration technology, incorporating data transmission using Fourth-Generation Long Term Evolution Subscriber Identity Module (4G LTE SIM) technology. Initially, sensors are employed to measure indicators such as fine dust concentrations (PM2.5, PM10), SO<sub>2</sub>, and others. The Air Quality Index (AQI) is then utilized to calculate and determine the measured concentrations, assessing whether they exceed the threshold limits. Subsequently, the exhaust fan and electrostatic filter are automatically activated when the measured concentrations surpass the permissible threshold. To process and transmit data in real-time, we employ the ARM STM32F103C8T6 processor, which sends the data to the 4G SIM Module through Firebase. Experimental results demonstrate that the combination of the electrostatic filter model and LTE technology operates effectively and consistently within an approximate space of 6m<sup>2</sup>.

**Keywords.** 4G SIM, air pollution, PM2.5 concentration, PM10 concentration, AQI, air purifier, electrostatic, electrostatic filtration technology.

### 1 GIỚI THIỆU

Trong thời hiện đại ngày nay, công nghệ đã và đang phát triển với tốc độ biến chuyển từng giây đồng hồ. Đồng thời còn đóng vai trò khó có thể thay thế trong cuộc sống hiện tại của mỗi chúng ta. Các mạng về công nghệ, đặc biệt có thể lấy vài ví dụ như là: công nghệ Điện tử, Công nghệ thông tin và Viễn thông, ... đã làm biến chuyển một cách liên tục đối với cuộc sống của nhân loại, theo một hướng hiện đại hơn nhiều. Hơn hết, hành động áp dụng các công nghệ hiện có vào trong cuộc sống hiện tại của con người đã giúp đem tới vô vàn tiện ích cùng lợi ích đến với cuộc sống của chúng ta. Có thể nói, một công nghệ đang được coi là gần như dẫn đầu trong sự tiên tiến hiện nay là công nghệ truyền dữ liệu bằng SIM 4G/LTE. Công nghệ này cơ bản là sự kết nối của những thiết bị, máy móc, đồ vật bằng môi trường kết nối dẫn truyền là mạng internet di động, cho phép chúng sở hữu khả năng trao đổi dòng dữ liệu và điều khiển qua lại lẫn nhau. Với

SIM 4G/LTE, cuộc sống của chúng ta sẽ trở nên thêm nhiều tiện lợi, cùng chính xác hơn và khả năng để kết nối tốt hơn.

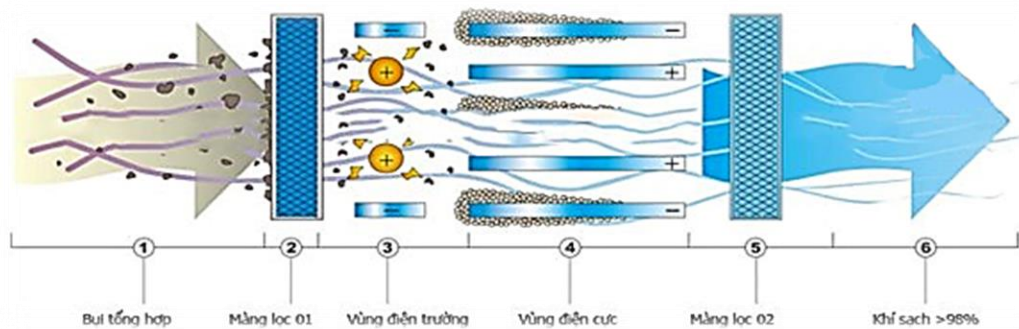
Tuy nhiên, tình trạng không khí đang ô nhiễm dần là một vấn đề đáng lo ngại với cuộc sống hiện tại của con người. Hiện nay, ở một số đô thị lớn trên toàn cầu nói chung và đất nước Việt Nam nói riêng, tình trạng không khí đang ô nhiễm dần do bụi rất phổ biến. Hơn hết, không khí đang ô nhiễm ở mức độ nguy cấp và được đánh giá là đạt độ cao lớn nhất trong các năm gần đây. Vấn đề này đang ảnh hưởng tới sức khỏe của con người, là nguyên nhân của những bệnh tới đường hô hấp, ung thư, và tác động không hề nhỏ tới không gian sống của nhân loại.

Những máy lọc không khí thông thường có mặt tại thị trường hiện tại khá đồ sộ và không dễ để sử dụng đối với đại đa số những người tiêu dùng. Bài báo này nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống lọc không khí thông minh dùng phương pháp tĩnh điện kết hợp với công nghệ Internet vạn vật (IoT), hiển thị và giám sát qua website.

## 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1 Lọc tĩnh điện

Bộ lọc không khí bằng phương pháp tĩnh điện sử dụng tĩnh điện nhằm giữ những hạt bụi trong không khí. Tĩnh điện sẽ làm cho những hạt bụi tích điện, những hạt bụi trong không khí từ đó dần bị hút khỏi không khí và bám vào thành của hệ thống lọc khí vì các tấm thu bên trong máy lọc không khí sẽ xảy ra hiện tượng hút trái dấu điện tích rồi chúng được rũ phía trên lớp lọc [3] [4]



Hình 1. Sơ đồ lọc bụi bằng sử dụng tĩnh điện

### 2.2 Mạng 4G LTE

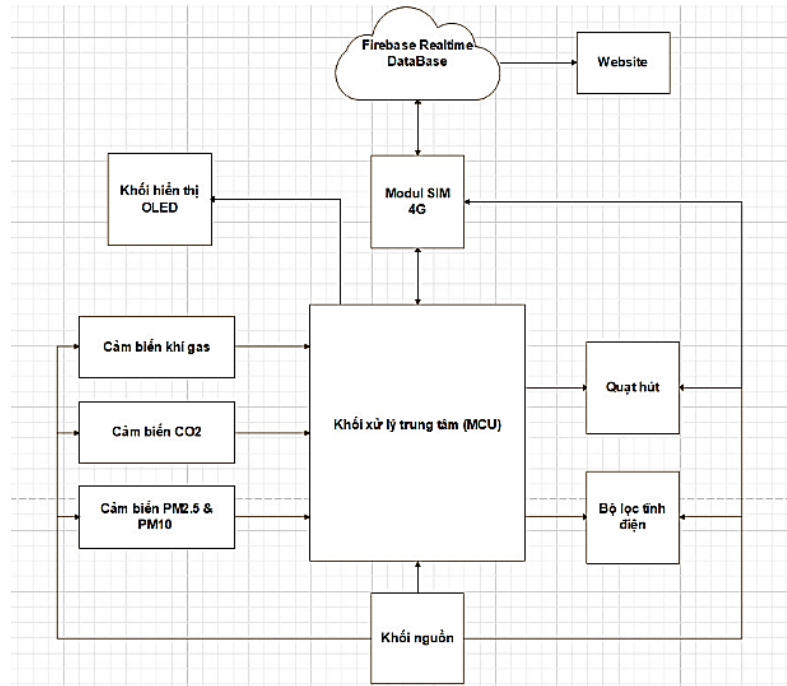
Mạng 4G LTE (Long-Term Evolution) là một công nghệ truyền thông di động cao cấp và sử dụng rộng rãi nhất trên toàn cầu. Với sự nhanh chóng của việc truyền tải dữ liệu cùng hạn chế về độ trễ và giúp hỗ trợ nhiều người dùng cùng lúc, mạng 4G LTE đã chuyển biến thành công nghệ truyền nhận dữ liệu di động rộng rãi trên thế giới.



Hình 2. Mạng 4G LTE

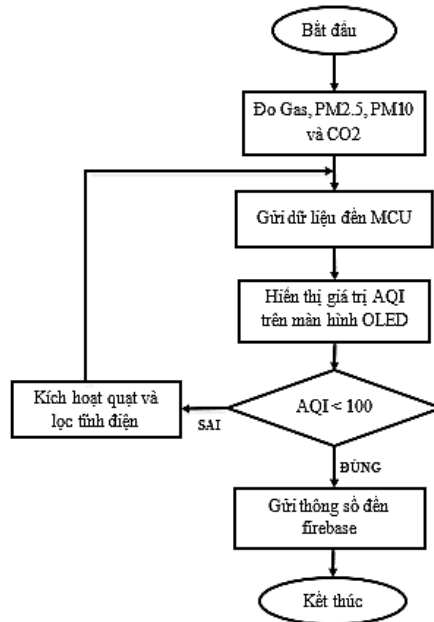


### 3 SƠ ĐỒ KHỐI CỦA HỆ THỐNG

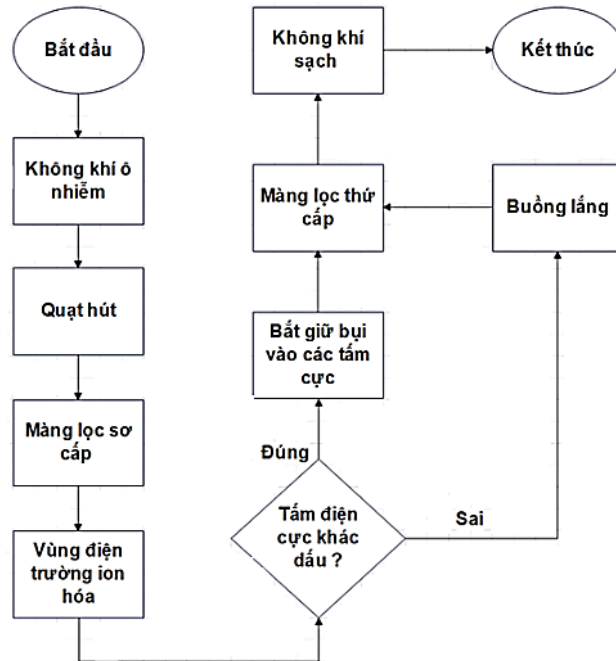


Hình 3. Sơ đồ khối hệ thống

### 4 LƯU ĐỒ GIẢI THUẬT



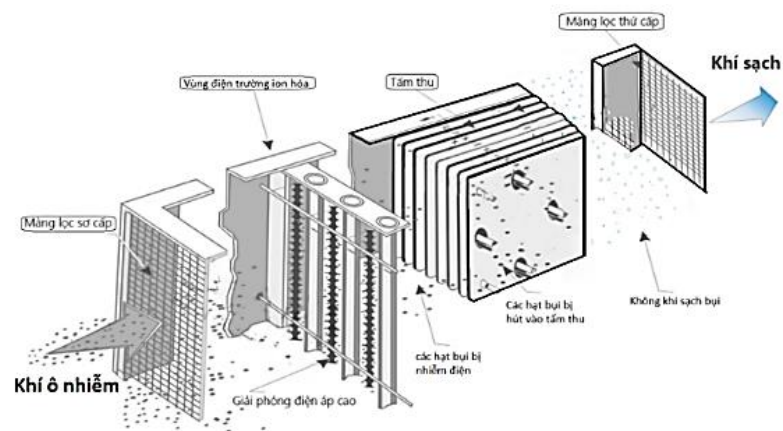
Hình 4. Lưu đồ giải thuật quá trình hoạt động của máy lọc



Hình 5. Lưu đồ giải thuật quá trình lọc tĩnh điện

## 5 THIẾT KẾ HỆ THỐNG

### 5.1 Bộ lọc bụi tĩnh điện



Hình 6. Cấu tạo bộ lọc tĩnh điện

### 5.2 Vi điều khiển STM32F103C8T6

STM32F103C8T6 Blue Pill là một board phát triển MCU dựa trên chip STM32F103C8T6 của STMicroelectronics. Đây là board phổ biến cho dự án IoT (Internet of Things) nhờ vào tính linh hoạt, hiệu năng tốt, giá thành thấp và hỗ trợ đa dạng các công cụ phát triển và lập trình.



Hình 7. Kit vi điều khiển STM32F103C8T6

### 5.3 Module 4G SIMCOM A7670C-LASS

Module 4G SIMCOM A7670C-LASS là một module truyền thông di động được phát triển bởi SIMCOM. Được xây dựng dựa theo 4G LTE, module này sở hữu việc liên kết tức thì và tốc độ cao, ổn định trong các “ứng dụng IoT (Internet of Things)”.



Hình 8. SIM 4G A7670C-LASS.

### 5.4 Chip thời gian thực DS3231



Hình 9. Chip DS3231

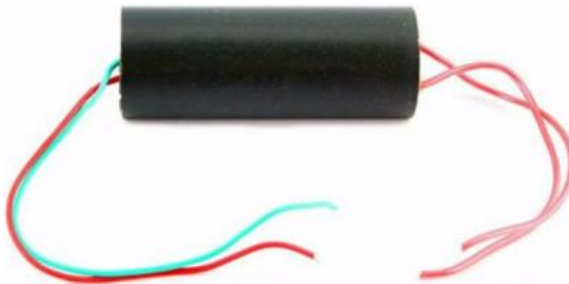
## 5.5 Màn hình OLED



Hình 10. Màn hình hiển thị OLED

## 5.6 Module Tăng Áp Kích Điện 50KV

Module tăng áp kích điện 50KV là một module điện tử được thiết kế để tăng điện áp đầu vào lên đến mức độ cao, đạt được điện áp đầu ra 50KV. Module tăng áp này sử dụng nguyên lý của biến áp cực bộ (flyback transformer) để tạo ra tín hiệu điện áp cao từ điện áp đầu vào thấp hơn.



Hình 11. Module tăng áp

## 5.7 Quạt hút bụi



Hình 12. Quạt tản nhiệt 12V

## 5.8 Các loại cảm biến

### 5.8.1 Cảm biến bụi Nova PM SDS011



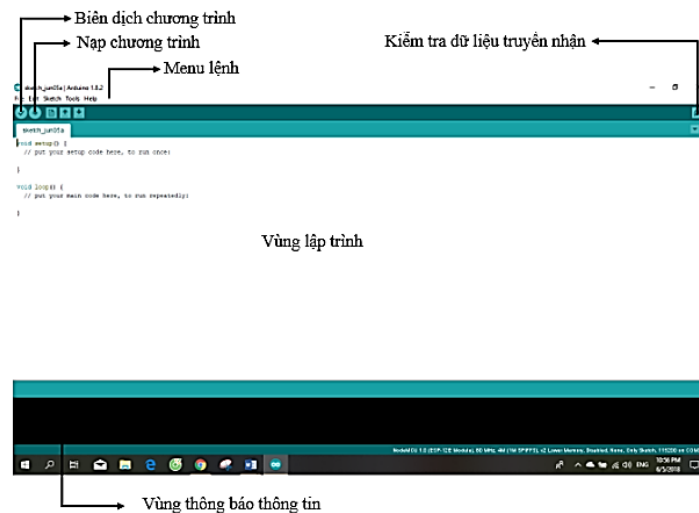
Hình 13. Cảm biến bụi Nova PM SDS011

### 5.8.2 Cảm biến khí H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> - MQ-135



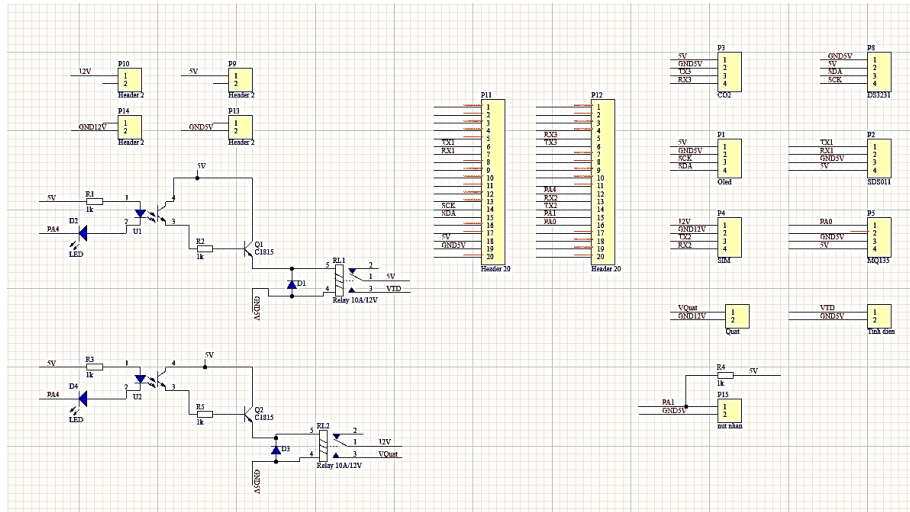
Hình 14. Linh kiện cảm biến khí H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> (MQ135)

## 5.9 Phần mềm lập trình

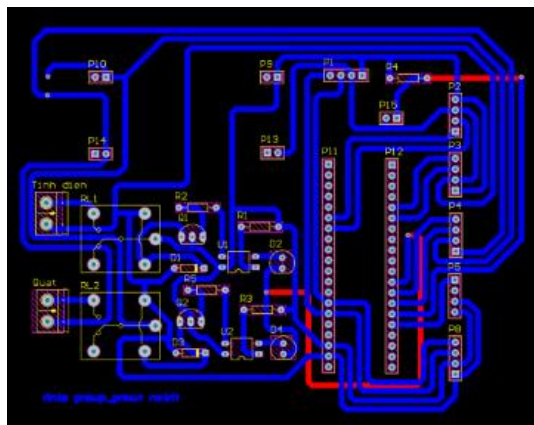


Hình 15. Giao diện làm việc của phần mềm Arduino IDE

### 5.10 Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ mạch in

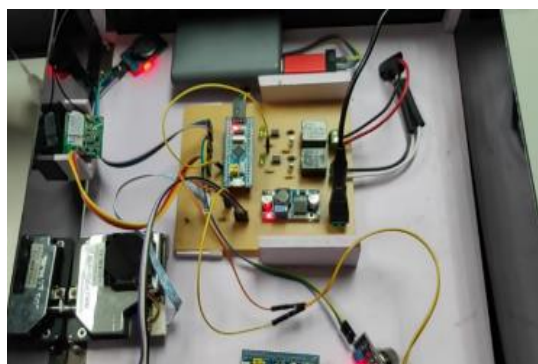


Hình 16. Sơ đồ nguyên lý



Hình 17. Mạch in của nghiên cứu

### 5.11 Mạch hoàn chỉnh sau khi in



Hình 18. Mạch bên trong máy lọc

## 6 THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

### 6.1 Thử nghiệm lọc không khí

#### 6.1.1 Phương pháp thực nghiệm

Để kiểm tra hiệu quả của mô hình lọc không khí, chúng tôi tiến hành thử nghiệm đơn giản trong một căn phòng kín. Để tiến hành, ta sẽ đặt mô hình lọc tĩnh điện trong căn phòng kín có diện tích  $6m^2$ . Sau đó, chúng ta thổi khói khắp phòng và quan sát để xem bao lâu thì không khí trở lại như lúc ban đầu.



Hình 19. Phòng thực nghiệm lọc

Trước khi thử nghiệm, chúng ta sẽ đo lường chỉ số không khí trong phòng bằng cách sử dụng cảm biến để đo chỉ số bụi và chất gây ô nhiễm khác. Sau đó, chúng ta sẽ bật máy lọc không khí và để nó hoạt động trong vòng vài phút để lấy mẫu.

Chỉ số không khí trong phòng hiện tại:

- Pm 2.5 = 20.
- Pm 10 = 37.



Hình 20. Chỉ số không khí trước khi vào thực nghiệm

Sau khi máy lọc đã hoạt động đủ lâu, chúng ta sẽ thả khói khắp phòng và đợi một thời gian để khói phân tán. Sau khi khói đã phân tán đủ lâu, chúng ta sẽ đo lường lại chất lượng không khí trong phòng bằng cách dùng cảm biến.

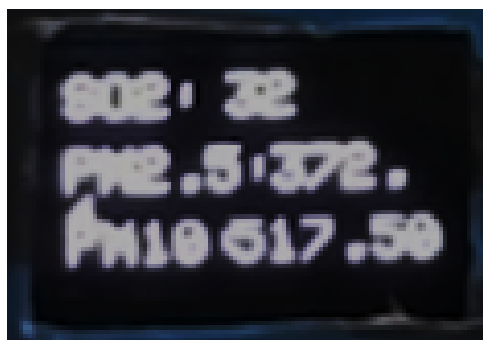
So sánh kết quả đo lường giữa trước và sau khi sử dụng máy lọc không khí, chúng ta sẽ đánh giá được hiệu quả của máy lọc trong việc loại bỏ các hạt bụi và chất gây ô nhiễm khác. Nếu máy lọc hoạt động hiệu quả, chúng ta sẽ quan sát thấy rằng chất lượng của không khí trong căn phòng được cải thiện và không khí trở lại như lúc ban đầu trong một thời gian ngắn.

### 6.1.2 Kết quả thực nghiệm

Sau khi máy lọc đã hoạt động đủ lâu, chúng ta sẽ thả khói khắp phòng và đợi một thời gian để khói phân tán. Sau khi khói đã phân tán đủ lâu, chúng ta sẽ đo lường lại chỉ số không khí trong phòng.

Chỉ số không khí khi phòng có khói thuốc lá:

- Pm 2.5 = 372.
- Pm 10 = 517.



Hình 21. Chỉ số không khí trong phòng khi có khói (bắt đầu lúc 14 giờ 37 phút)

Khi không bật máy lọc thì sau 1 giờ 38 phút không khí trở lại mức an toàn.

Chỉ số không khí sau 1 giờ 38 phút:

- Pm 2.5 = 21.
- Pm 10 = 29.



Hình 22. Chất lượng không khí sau 1 giờ 38 phút khi không bật máy lọc

Cho thả khói vào phòng một lần nữa, khi bật máy lọc thì sau 40 phút chất lượng không khí trong phòng đã trở về mức an toàn.



Hình 23. Bắt đầu lúc 16 giờ 20 phút

Chỉ số không khí sau khi bật máy lọc được 37 phút:

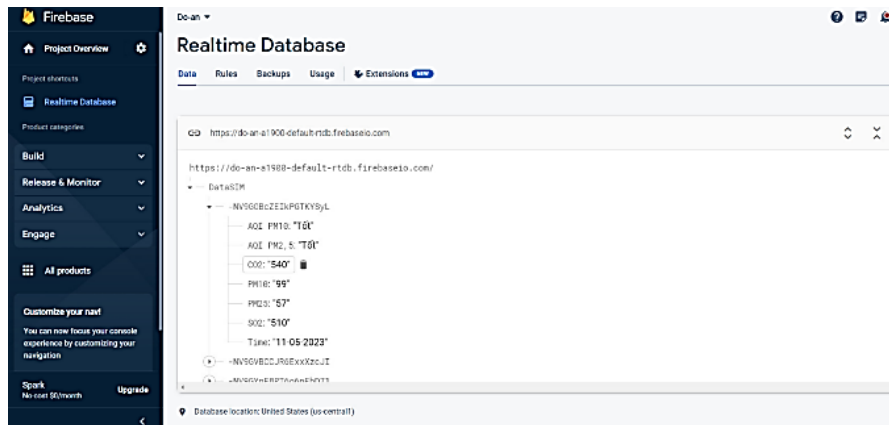


- Pm 2.5 = 28.
- Pm 10 = 31.



Hình 24. Chất lượng không khí sau khi bật máy lọc 37 phút

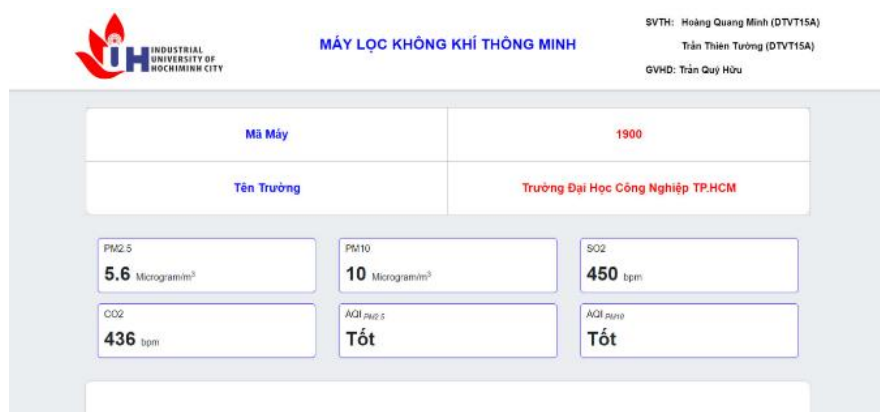
## 6.2 Gửi dữ liệu lên web sever



Hình 25. Dữ liệu trên Firebase

## 6.3 Hình ảnh hoàn thiện của nghiên cứu

### 6.3.1 Về phần web

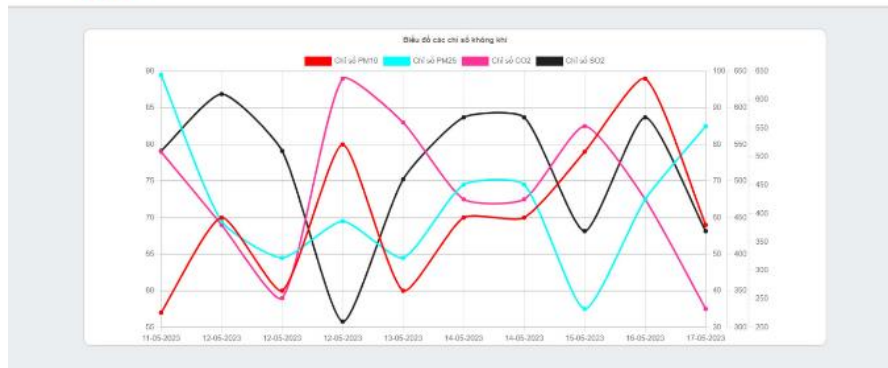


Hình 26. Thông tin đo được



MÂY LỌC KHÔNG KHÍ THÔNG MINH

SVTH: Hoàng Quang Minh (DVT15A)  
Trần Thiên Tường (DVT15A)  
GVHD: Trần Quý Hữu



Hình 27. Biểu đồ chất lượng không khí



MÂY LỌC KHÔNG KHÍ THÔNG MINH

SVTH: Hoàng Quang Minh (DVT15A)  
Trần Thiên Tường (DVT15A)  
GVHD: Trần Quý Hữu

Thời gian cập nhật	PM25	PM10	CO2	SO2
11-05-2023	57	99	540	510
12-05-2023	70	59	440	610
12-05-2023	60	49	340	510
12-05-2023	80	59	640	210
13-05-2023	60	49	580	490

Showing 1 to 5 of 10 results

Previous 1 2 Next

On Off

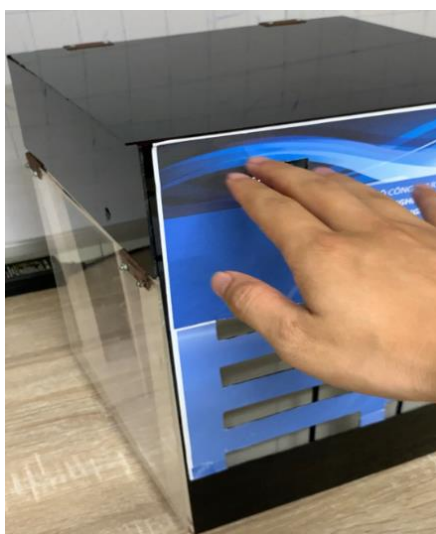
Hình 28. Lịch sử đo được

### 6.3.2 Về mô hình

Hình ảnh hoàn thiện của sản phẩm:



Hình 29. Mặt trước của mô hình



Hình 30. Mặt bên của mô hình

## 6.4. Đánh giá kết quả của nghiên cứu

### 6.4.1 Nhận định

Mô hình hoạt động đúng yêu cầu

Lọc không khí hoạt động ổn định, lọc nhanh hơn so với các máy lọc chỉ dùng màng hepa, các chỉ số như PM2.5 và PM10 tương đương với máy đo chuyên dụng.

### 6.4.2. Điểm mạnh

Sử dụng công nghệ lọc tĩnh điện và chi phí lắp đặt tương đối rẻ so với các máy lọc tĩnh điện khác trên thị trường.

Hệ thống có web để theo dõi chỉ số không khí trong phòng.

Ứng dụng công nghệ 4G tốc độ cao và tránh lãng phí tài nguyên.

Có tính năng tự động hóa (tự động lọc không khí khi nồng độ vượt ngưỡng quy định).

### 6.4.3. Hạn chế

Chưa thể điều khiển bằng web.

Khi giao tiếp có độ trễ nhất định.

## 7 KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

### 7.1 Kết luận

Chúng tôi đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công hệ thống lọc không khí thông minh. Mô hình có khả năng loại bỏ được bụi mịn. Có giá thành rẻ hơn và dễ dàng sử dụng hơn các máy lọc bụi cùng công nghệ. Công nghệ 4G giúp tránh lãng phí tài nguyên, đóng vai trò quan trọng các ứng dụng của thành phố thông minh. Mô hình có tính thẩm mỹ, dễ dàng quan sát theo dõi chỉ số không khí trong nhà, có khả năng tự động hóa.

### 7.2 Hướng phát triển

Tích hợp điều khiển trên web.

Đo nhiều loại chất ô nhiễm khác như SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ...

Bổ sung thêm nhiều chức năng khác cho web như hẹn giờ, gửi thông báo khi không khí vượt ngưỡng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Ngọc Đăng, Bùi Sĩ Lý, Nguyễn Thị Thanh Trâm, “Đánh giá chất lượng môi trường không khí thành phố Hà Nội theo chỉ số chất lượng không khí,” Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Thành phố Hà Nội, 2014.
- [2] Nguyễn Văn Long, “Nghiên cứu thiết kế hệ thống đo ô nhiễm không khí (pm10, sox, nox),” Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội, 2018.
- [3] Trần Tâm Minh, “Thiết kế mạch điều khiển cho hệ thống lọc bụi tĩnh điện,” 2004.
- [5] Trần Thị Đình Thảo, “Lọc bụi tĩnh điện,” Trường đại học Công nghiệp Thực phẩm Tp.HCM, 2016.
- [4] Vũ Bá Trung, “Nghiên cứu phương pháp xử lý, lọc bụi trong công nghiệp. Đi sâu vào hệ thống lọc bụi tĩnh điện cho hệ thống nghiền than,” 2019.
- [6] A. S. B. M. T. F. K. A. Abdaoui A, A Modular IoT Platform for Real-Time Indoor Air Quality Monitoring. Sensors (Basel)., 2018.
- [7] D. S. Ashwin Makwana, A Survey On MQTT: A Protocol of internet of things (IoT), Charotar University of Science and Technology, 2017.
- [8] P. P. J. E. M. T. S. Antar Shaddad Abdul-Qawy, The Internet of Things (IoT): An Overview, India: College of Engineering and Technology, Kakatiya University, Warangal, 2015.
- [9] P. A. P. T. Ms. Neha R. Laddha, A Review on Serial Communication by UART International Journal of Advanced Research in Computer, 2013.
- [10] T. Singh, Design and Simulation of I2C Protocol International Journal for Research in Applied, Science & Engineering Technology (IJRASET), 2014.
- [11] M. S. P. G. Boggia G, On the Evaluation of the NB-IoT Random Access Procedure in Monitoring Infrastructures., 2019.
- [12] A. D. Moore, Electrostatics, Electrostatic Applications, 1997.
- [13] A. J. K. J. M. C. Jen-Shih Chang, Handbook of Electrostatic Processes, Taylor & Francis, 2018.
- [14] S. H. Voldman, Fundamentals of Electrostatic Discharge, Wiley, 2012.

YSC5.F134

## THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG QUẢN LÝ HỢP ĐỒNG ĐẤU THẦU SỬ DỤNG BLOCKCHAIN

NGUYỄN VĂN DUY\*, NGUYỄN TRƯỜNG VŨ, NGUYỄN TRỌNG KHANG,  
NGUYỄN ĐÌNH KHÔI

*Khoa Công nghệ Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

\* *nguyenvanduy@iuh.edu.vn*

**Tóm tắt.** Trong bối cảnh nền kinh tế số đang phát triển mạnh, việc sử dụng các nền tảng công nghệ như website và ứng dụng di động để quản lý hồ sơ đấu thầu đã trở thành xu hướng của nhiều quốc gia, trong đó có Việt Nam. Để tăng tính minh bạch, độ tin cậy và bảo mật trong quản lý hồ sơ đấu thầu, chúng tôi đề xuất một thiết kế hệ thống quản lý hồ sơ đấu thầu sử dụng blockchain trên cả nền tảng website và ứng dụng di động. Thiết kế của chúng tôi bao gồm kiến trúc hệ thống, cách thức quản lý truy cập và phân quyền, đặc tính của các khối dữ liệu và cách sử dụng blockchain để tăng tính bảo mật và tính toàn vẹn của dữ liệu trên cả nền tảng website và ứng dụng di động. Chúng tôi triển khai và thử nghiệm hệ thống của mình trên cả hai nền tảng và đánh giá hiệu suất của nó. Kết quả cho thấy rằng hệ thống quản lý hồ sơ đấu thầu sử dụng blockchain trên nền tảng website và ứng dụng di động có tính bảo mật cao, độ tin cậy và khả năng kiểm tra và xác minh dữ liệu nhanh chóng và đáng tin cậy hơn so với các phương pháp truyền thống.

**Từ khóa.** Blockchain, đấu thầu, đấu thầu sử dụng block chain, smart contract.

### BUILDING A BIDDING SYSTEM USING BLOCK CHAIN

**Abstract.** In the context of the economy The number is thriving, the use of technology platforms such as website and mobile application to manage bidding documents has become a trend of many countries, including Vietnam. In order to increase transparency, reliability and security in bidding records, we propose a design of bidding management system to use blockchain on both website and mobile application platforms. Our design includes system architecture, access management and decentralization, characteristics of data blocks and how to use blockchain to increase the security and integrity of data on the platform. Website and mobile application. We deploy and test our system on both platforms and evaluate its performance. The results showed that the bidding record management system used Blockchain on the website and mobile application platform is highly secure, reliability and ability to check and verify data quickly and reliable. More than traditional methods.

**Keywords.** Blockchain, bidding, bidding using block chain, smart contract.

### 1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thời đại hiện nay, công nghệ đang phát triển rất mạnh mẽ và đóng vai trò rất quan trọng trong đời sống của con người. Trong số đó, công nghệ blockchain được coi là một trong những xu hướng công nghệ tiên tiến nhất trong thế giới số. Blockchain là một công nghệ được sử dụng để lưu trữ và chia sẻ dữ liệu một cách an toàn và minh bạch. Nó không chỉ được sử dụng trong lĩnh vực tài chính, mà còn được áp dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp khác.

Trong bối cảnh đó, nhóm rất hứng thú với đề tài nghiên cứu về thiết kế và xây dựng hệ thống quản lý hợp đồng đấu thầu sử dụng blockchain. Đây là một đề tài rất thú vị và có tính ứng dụng cao, đáp ứng nhu cầu của các tổ chức và cá nhân trong việc quản lý các hợp đồng đấu thầu một cách chính xác và minh bạch.

Với những kiến thức em đã học được trong quá trình đào tạo, nhóm tin rằng sẽ có thể hoàn thành tốt đề tài này và đóng góp một phần nhỏ vào sự phát triển của công nghệ blockchain cũng như việc tăng cường tính minh bạch và trung thực trong quản lý hợp đồng đấu thầu.

Đấu thầu là quá trình lựa chọn nhà thầu để ký kết và thực hiện hợp đồng cung cấp dịch vụ tư vấn, dịch vụ phi tư vấn, mua sắm hàng hóa, xây lắp, lựa chọn nhà đầu tư để ký kết và thực hiện hợp đồng dự án đầu tư theo hình thức đối tác công tư, dự án đầu tư có sử dụng đất trên cơ sở đảm bảo cạnh tranh, công bằng, minh bạch và hiệu quả kinh tế.

Để đáp ứng nhu cầu cũng như tính minh bạch của các dự án đấu thầu, việc bảo mật thông tin lưu trữ, ngăn chặn các thay đổi bất hợp pháp đang là một vấn đề hết sức cần thiết. Vì vậy chúng tôi đã đề xuất một hệ thống quản lý hợp đồng đấu thầu áp dụng công nghệ blockchain nhằm giúp cho các nhà thầu thuận tiện hơn trong các giao dịch trực tuyến và an tâm hơn trong việc lưu trữ, bảo quản hồ sơ hợp đồng.

## 2 THIẾT KẾ HỆ THỐNG

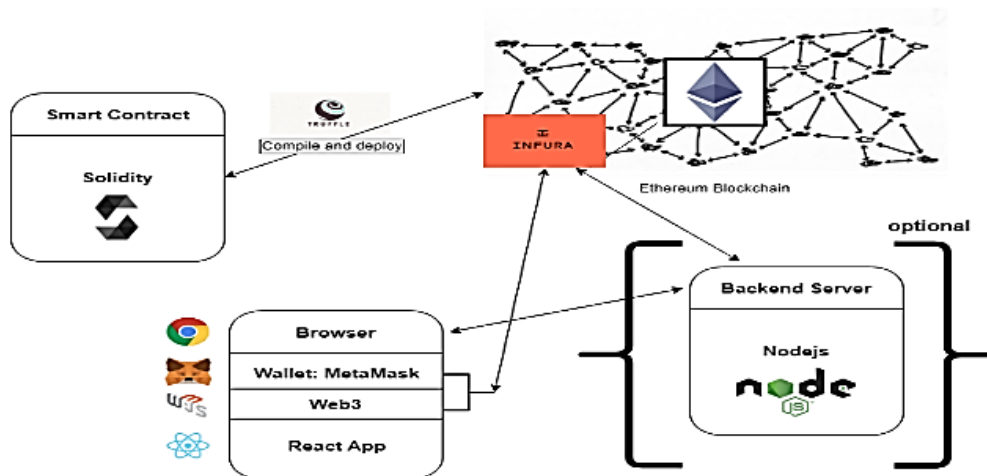
### 2.1 Khái niệm

#### 2.1.1 BlockChain [1]

Blockchain là một công nghệ lưu trữ và truyền tải dữ liệu phi tập trung, có tính chất an toàn và bảo mật cao. Giải pháp đề xuất sử dụng blockchain nhằm cải thiện tính toàn vẹn, minh bạch và công khai trong quá trình đấu thầu. Hệ thống quản lý hồ sơ đấu thầu sử dụng blockchain sẽ được xây dựng dựa trên một mạng lưới phân tán, các thông tin về quá trình đấu thầu sẽ được lưu trữ và truy xuất trên các khối thông tin (block), không thể sửa đổi hay xóa bỏ. Mục đích của giải pháp là tăng tính minh bạch, công khai và đảm bảo tính toàn vẹn của quá trình đấu thầu.

Block chain được coi là một công nghệ đáng tin cậy và an toàn, và được áp dụng rộng rãi trong các lĩnh vực khác nhau như tài chính, y tế, bảo hiểm, đấu thầu, giáo dục.

#### 2.1.2 Smart Contract [1][4][5][6]



Hình 1. Sơ đồ Smart Contract

Để triển khai smart contract trên blockchain, ta cần sử dụng ngôn ngữ lập trình Solidity và một số công cụ hỗ trợ như Truffle framework và Ganache để phát triển và kiểm thử smart contract. Các bước để triển khai smart contract như sau:

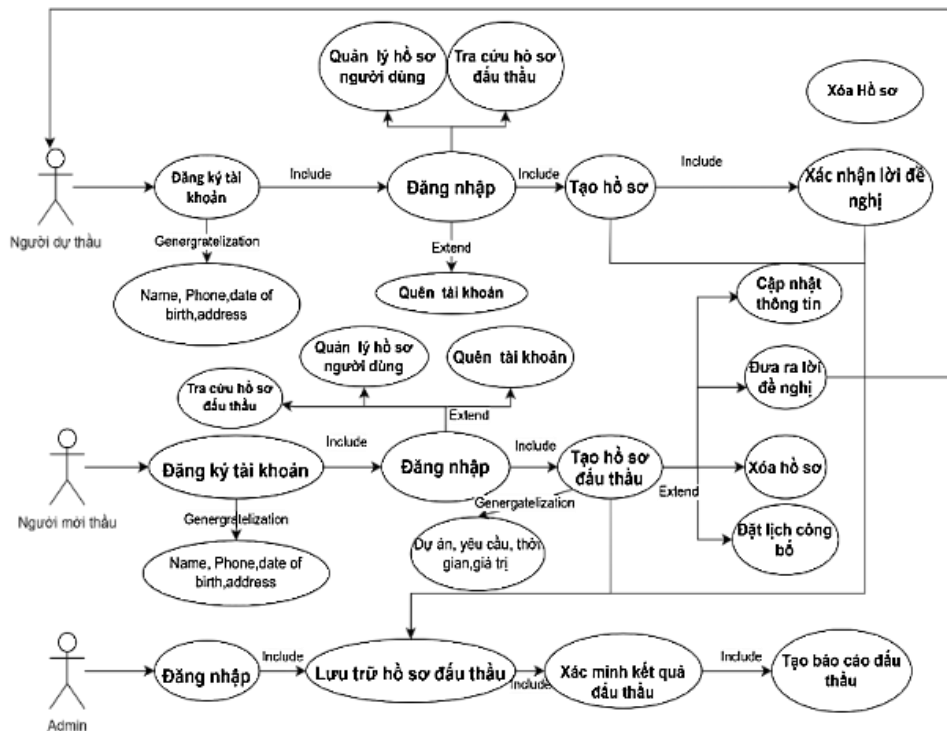
- Định nghĩa các hàm và biến trong smart contract.
- Viết mã Solidity cho smart contract và lưu trữ trong tệp .sol.
- Sử dụng Truffle framework để tạo ra các tệp cần thiết để triển khai smart contract trên mạng lưới blockchain, bao gồm các tệp như migrations và truffle-config.

- Kiểm tra smart contract bằng cách sử dụng Ganache để tạo ra một mạng lưới blockchain địa phương và triển khai smart contract trên đó. Ganache cung cấp cho ta các tài khoản và khối để kiểm tra tính đúng đắn của smart contract.
- Triển khai smart contract lên mạng lưới blockchain thực tế bằng cách sử dụng Geth. Trước khi triển khai smart contract, ta cần phải đảm bảo rằng các node trong mạng lưới đã được đồng bộ hóa và sẵn sàng cho việc triển khai smart contract.

Sau khi triển khai smart contract thành công, ta có thể tương tác với nó thông qua các trang web và app để thực hiện các giao dịch đấu thầu và quản lý hồ sơ đấu thầu trên blockchain.

### 2.3 Các tính năng chính của hệ thống

- Use case: Đăng ký tài khoản
- Use case: Đăng nhập
- Use case: Tạo hồ sơ đấu thầu
- Use case: Lưu trữ hồ sơ đấu thầu
- Tên use case: Tra cứu hồ sơ đấu thầu
- Use case: Đưa ra lời đề nghị cho hồ sơ đấu thầu
- Use case: Xác nhận lời đề nghị
- Tên use case: Tạo báo cáo đấu thầu
- Tên use case: Xác minh kết quả đấu thầu
- Tên use case: Cập nhật thông tin hồ sơ đấu thầu
- Tên use case: Xóa hồ sơ đấu thầu
- Tên use case: Quản lý tài khoản người dùng
- Use case: Đặt lịch công bố kết quả đấu thầu
- Tên use case: Chấp nhận lời đề nghị



Hình 2. Sơ đồ Use Case hệ thống

## 2.4 Các lợi ích hệ thống mang lại

Tăng tính minh bạch và công khai: thông tin về quá trình đấu thầu sẽ được lưu trữ trên các khối thông tin (block), không thể sửa đổi hay xóa bỏ, giúp đảm bảo tính minh bạch và công khai của quá trình đấu thầu. Đảm bảo tính toàn vẹn và không thể sửa đổi của dữ liệu: thông tin về quá trình đấu thầu được mã hóa, lưu trữ trên các khối thông tin (block), không thể sửa đổi hay xóa bỏ. Điều này đảm bảo tính toàn vẹn, không thể bị can thiệp của dữ liệu.

Giảm thiểu tham nhũng, hối lộ và gian lận: thông tin về quá trình đấu thầu được lưu trữ và truy xuất trên các khối thông tin (block), không thể sửa đổi hay xóa bỏ. Hệ thống giúp giảm thiểu tham nhũng, hối lộ và gian lận trong quá trình đấu thầu.

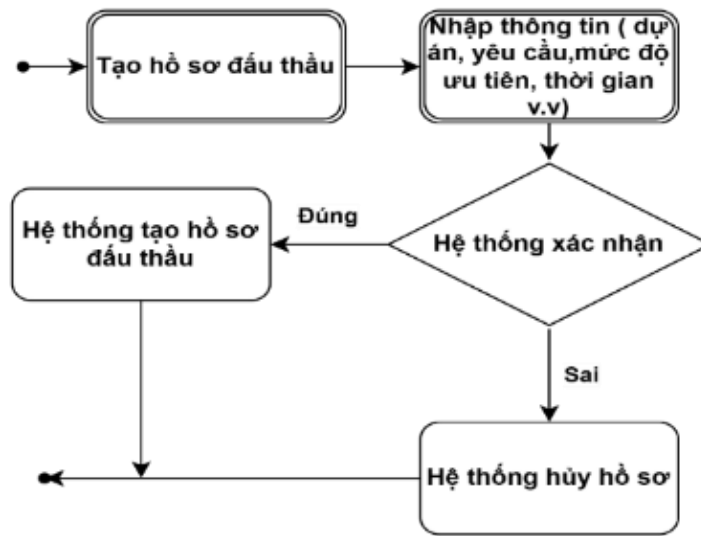
Giảm thiểu thời gian và chi phí: hệ thống sử dụng blockchain cung cấp các công cụ để quản lý và kiểm soát dữ liệu, giúp đảm bảo tính chính xác và độ tin cậy của thông tin trong quá trình đấu thầu. Nhờ đó, quá trình đấu thầu có thể được thực hiện nhanh hơn và tiết kiệm chi phí.

## 2.5 So sánh ưu và nhược điểm

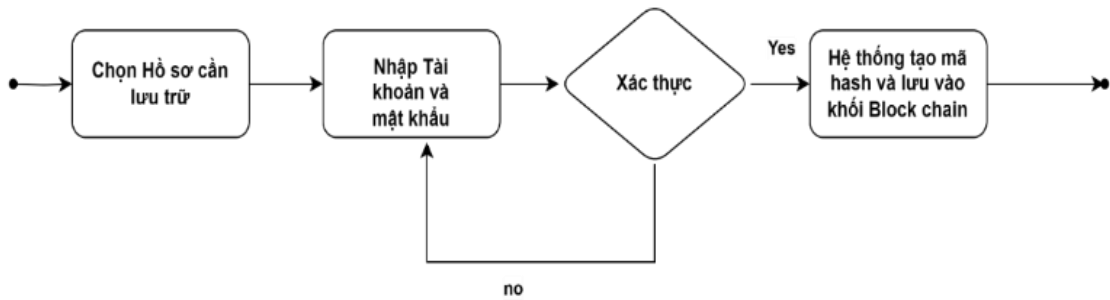
Các loại hình quản lý dữ liệu	Ưu điểm	Nhược điểm
Blockchain	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cải thiện độ chính xác của dữ liệu.</li> <li>- Khó làm giả, minh bạch, độ bảo mật cao.</li> <li>- Hình thức lưu trữ hồ sơ phi tập trung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tốn chi phí.</li> <li>- Tốc độ giao dịch vẫn còn kém.</li> </ul>
Database	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Giảm thiểu sự trùng lặp thông tin xuống mức thấp nhất, đảm bảo thông tin có tính nhất quán và toàn vẹn dữ liệu.</li> <li>- Đảm bảo dữ liệu có thể được truy xuất bằng nhiều cách khác nhau.</li> <li>- Nhiều người có thể sử dụng một cơ sở dữ liệu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phải đảm bảo tính chủ quyền của dữ liệu, vì khi sử dụng có tính chất chia sẻ cao.</li> <li>- Bảo mật quyền khai thác thông tin.</li> <li>- Bảo đảm vấn đề tranh chấp dữ liệu khi xảy ra.</li> <li>- Khi gặp các trục trặc sự cố thì phải đảm bảo vấn đề an toàn dữ liệu, không bị mất dữ liệu.</li> </ul>
Cloud	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cung cấp không gian lưu trữ khổng lồ giúp tiết kiệm chi phí.</li> <li>- Cho phép truy cập mọi lúc mọi nơi, linh hoạt và nhanh chóng.</li> <li>- Sao lưu và khôi phục dễ dàng, không lãng phí tài nguyên.</li> <li>- Dễ dàng triển khai.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoàn toàn phụ thuộc vào internet.</li> <li>- Quyền kiểm soát bị hạn chế.</li> <li>- Có thể gây ra các vấn đề như bị đánh cắp thông tin nghiêm trọng.</li> <li>- Dữ liệu dễ bị tấn công.</li> <li>- Có thể gặp vấn đề về hỗ trợ</li> </ul>



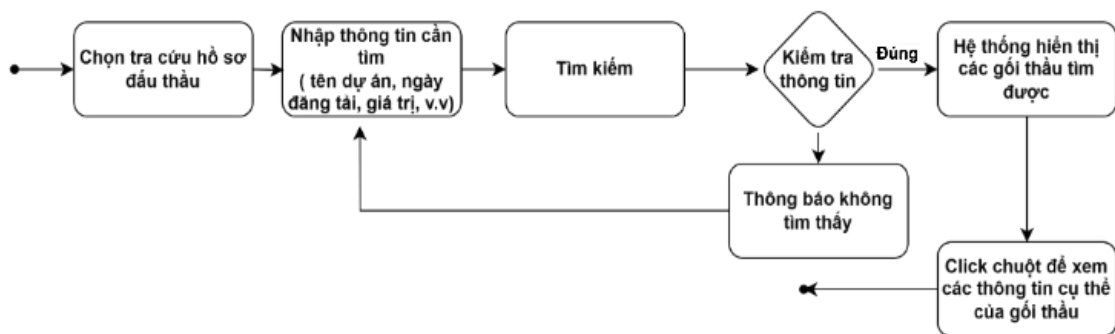
## 2.6 Sơ đồ chức năng hệ thống



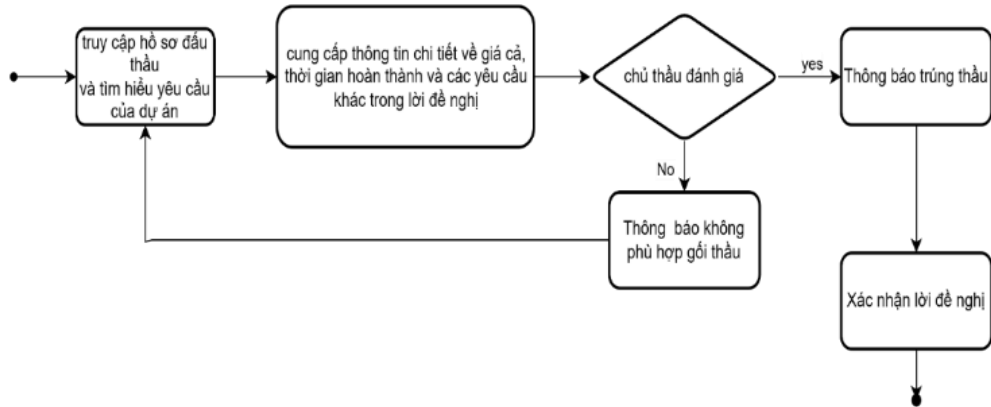
Hình 3. Use Case Tạo hồ sơ đấu thầu



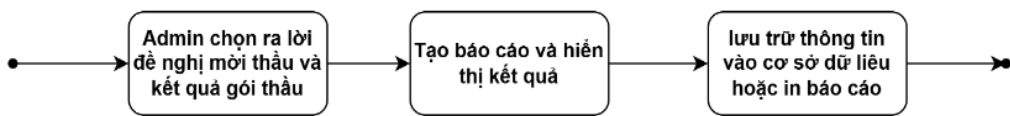
Hình 4. Use Case Lưu trữ hồ sơ



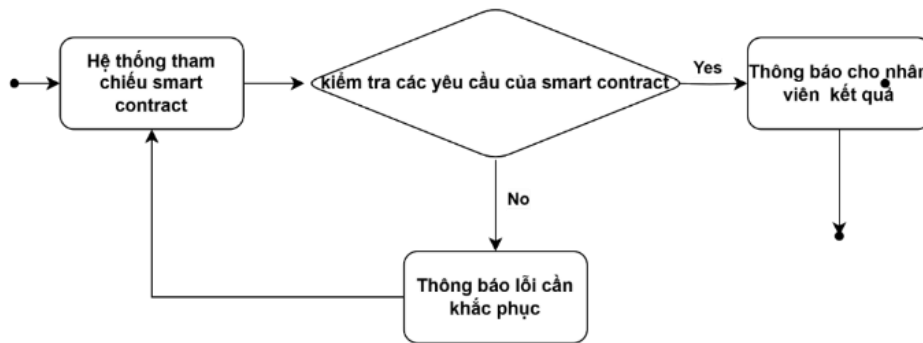
Hình 5. Use case Tra cứu hồ sơ đấu thầu



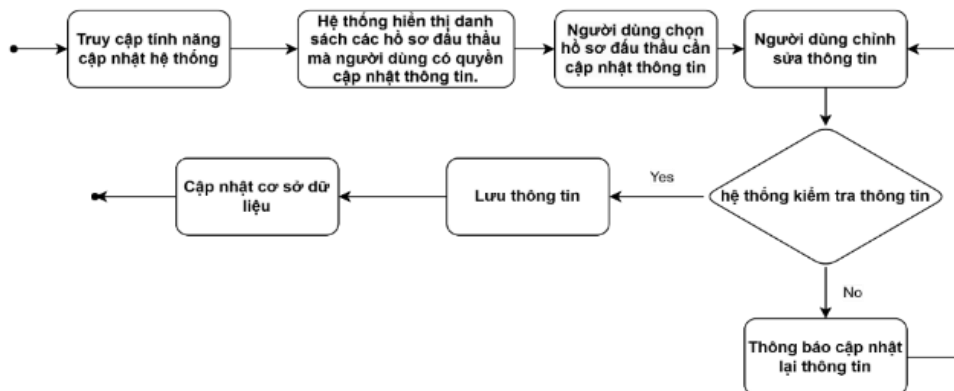
Hình 6. Use case Xác nhận lời đề nghị



Hình 7. Use Case Tạo báo cáo đấu thầu



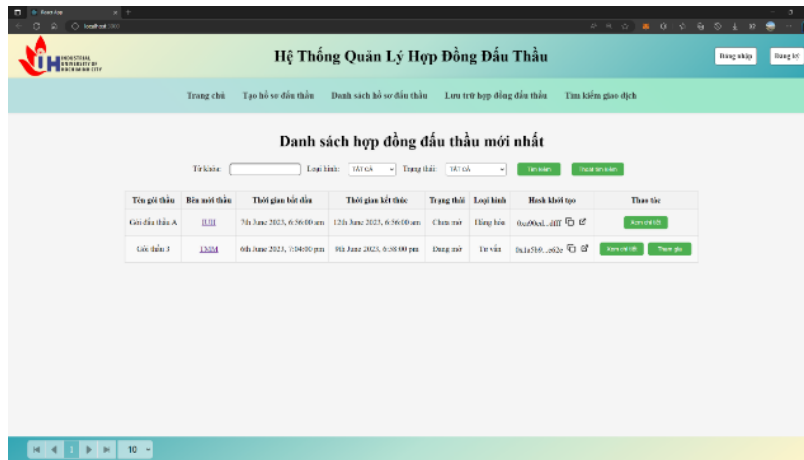
Hình 8. Use case Xác minh kết quả đấu thầu



Hình 9. Use case Cập nhật thông tin hồ sơ đấu thầu

### 3 KẾT QUẢ VÀ THỰC NGHIỆM

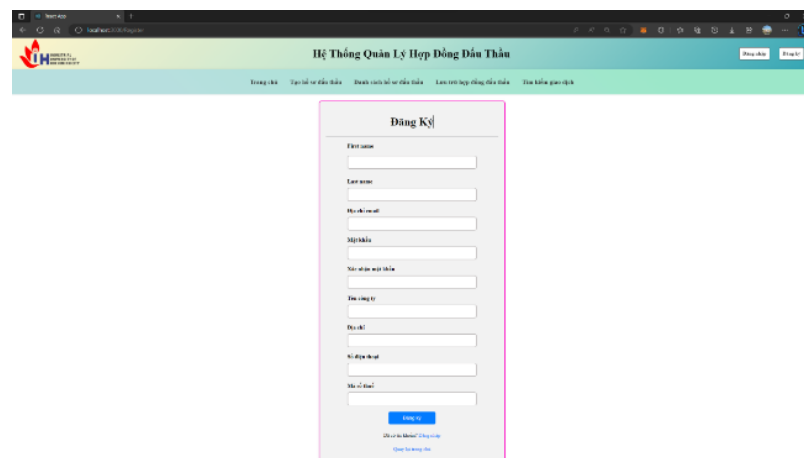
#### 3.1 Thực nghiệm phía người dùng đăng nhập web



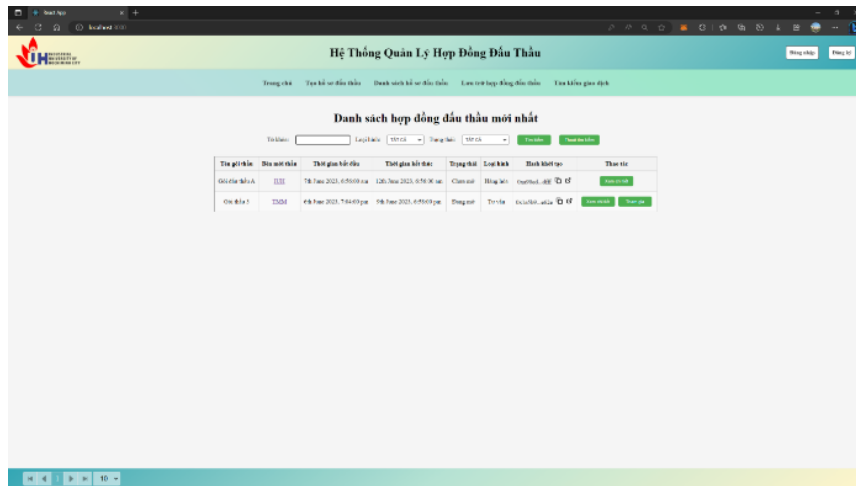
Hình 10. Giao diện tổng quan hệ thống



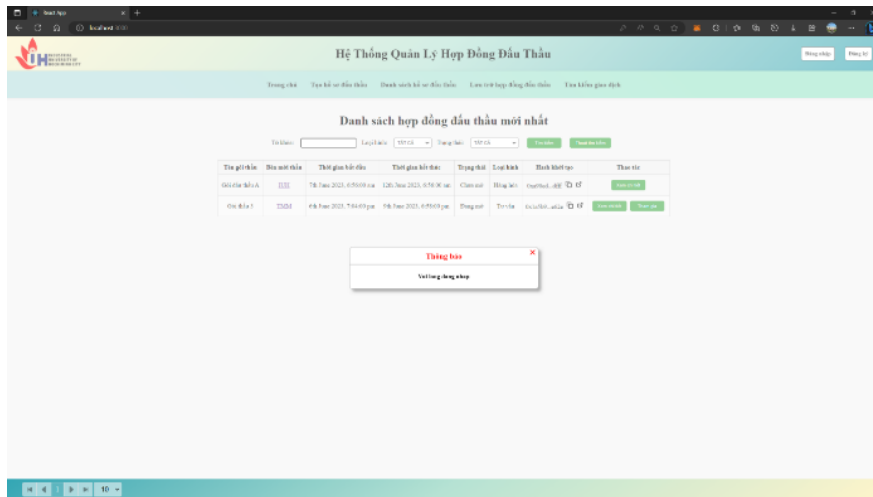
Hình 11. Giao diện đăng nhập hệ thống



Hình 12. Giao diện đăng ký hệ thống

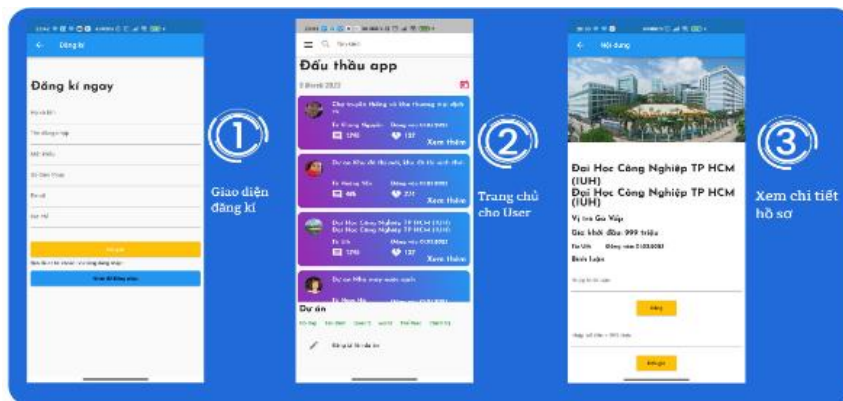


Hình 13. Thông tin hợp đồng đầu thầu mới nhất

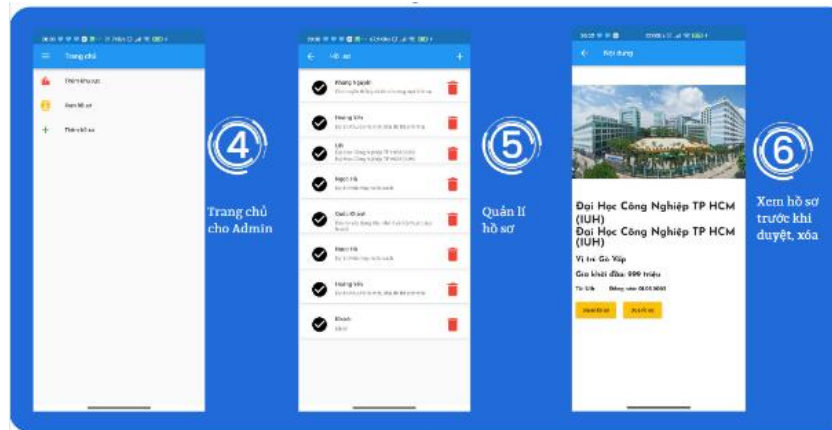


Hình 14. Thông Báo đăng nhập để xem thông tin

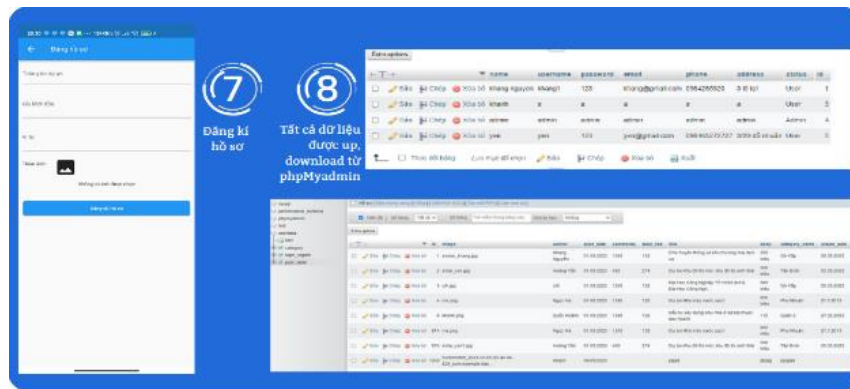
### 3.2 Thực nghiệm phía người dùng đăng nhập App



Hình 15. Giao diện các bước đăng ký, đăng nhập vào App



Hình 16. Giao diện dành cho Admin trên App



Hình 17. Giao diện đăng ký hồ sơ trên App

### 3.3 Kết quả đạt được

Hệ thống hoạt động tương đối ổn định đảm bảo được các mục tiêu đã đề ra như:

- Hai bên trong hợp đồng có thể đưa ra các cam kết thông qua blockchain mà không cần phải biết về danh tính hay tin tưởng lẫn nhau.
- Họ có thể đảm bảo rằng nếu các điều kiện của hợp đồng không được thỏa mãn, hợp đồng sẽ không được thực thi.

Ngoài ra, việc sử dụng hợp đồng thông minh loại bỏ nhu cầu đối với các bên trung gian, giúp đảm đáng kể chi phí hoạt động.

## 4 KẾT LUẬN

Blockchain là nền tảng hiện đại có tính minh bạch và bảo mật cao, có thể vận dụng vào đa số các lĩnh vực khoa học và công nghệ, đề tài được nhóm nghiên cứu thực hiện và sẽ không ngừng phát triển biến đề tài nhằm mục đích thực tế hơn và áp dụng vào cuộc sống.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Chương, Công nghệ blockchain là gì? Tổng quan về nền tảng Blockchain, vol. 12, no. 1, pp. 234-778, 2002.
- [2] A. Alpher and J. P. N. Fotheringham-Smythe, Frobnication revisited, Journal of Foo, vol. 13, no. 1, pp. 234-778, 2003.
- [3] Konrad Hinsen, what is the blockchain, pp. 92-95, 2017.
- [4] Maher Alharby and Aad van Moorsel, Blockchain-Based smart contracts: a systematic mapping study, ser. Graduate Texts in Mathematics. Springer, 1989.

- [5] K. Christidis and M. Devetsikiotis, Blockchains and smart contracts for the internet of things IEEE Access, vol. 4, pp. 2292-2303, 2016.
- [6] V. Morabito, Smart contracts and licensing in Business Innovation Through Blockchain, pp. 101- 124, Springer, 2017.
- [7] Milgrom, Paul R. and Weber, Robert J. (1982), “A Theory of Auctions and Competitive Bidding,” Econometrica, vol. 50, 1089-1122.

## ĐÁNH GIÁ ĐÁP ỨNG CỦA ESP32 VÀ ESP8266

NGUYỄN VĂN MINH TIẾN<sup>1</sup>, PHẠM CÔNG DUY<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Khoa Công nghệ Điện, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

\* *nguyenvanminhtien.ltp21@gmail.com*

**Tóm tắt.** Chính phủ Việt Nam khuyến khích ứng dụng công nghệ cao cho nền nông nghiệp. Vì vậy, công nghệ kết nối vạn vật (IoT) đã được ứng dụng vào lĩnh vực này đầu tiên là việc giám sát nhiệt độ và độ ẩm không khí, kế đến là giám sát điện năng tiêu thụ để hỗ trợ nhà nông tăng năng suất cây trồng và tiết kiệm điện cho vụ mùa bội thu. Hiện tại, ESP8266 hỗ trợ cho giải pháp này và gần đây ESP32 được thương mại sau ESP8266. Để tạo những sản phẩm chất lượng tốt và giá thành thấp, nhóm nghiên cứu đề xuất công việc đánh giá đáp ứng ESP32 và ESP8266 cho việc giám sát nhiệt độ và độ ẩm không khí, cũng như điện năng tiêu thụ cho vụ mùa. Kết quả chỉ ra hiệu quả của giải pháp đề xuất. Đây là một giải pháp hữu ích cho giáo dục và công ty khởi nghiệp trong nông nghiệp 4.0

**Từ khóa.** ESP32, ESP8266, IoT, nông nghiệp 4.0.

### PERFORMANCE EVALUATION OF ESP32 ANH ESP8266

**Abstract.** The Vietnamese government encourages the application of high technology to agriculture. Therefore, IoT technology has been applied in this field, first to monitor air temperature and humidity, and then to monitor power consumption to support farmers to increase energy. yield and save electricity for a bountiful crop. Currently, ESP8266 supports this solution and recently ESP32 is commercialized after ESP8266. In order to create products of good quality and low cost, the research team proposes the work of evaluating the ESP32 and ESP8266 responses for monitoring the air temperature and humidity, as well as the power consumption for the crop. The results show the effectiveness of the proposed solution. This is a useful solution for education and startups in agriculture 4.0.

**Keywords.** ESP32, ESP8266, IoT, Agriculture 4.0.

## 1 GIỚI THIỆU

Chính phủ Việt Nam khuyến khích ứng dụng công nghệ cao cho nền nông nghiệp. Vì vậy công nghệ kết nối vạn vật (IoT) đã được ứng dụng vào lĩnh vực này. Trong số những thông số từ IoT mang lại của việc giám sát nhiệt độ và độ ẩm không khí; năng lượng điện là những không số cơ bản để tăng năng suất cây trồng và tiết kiệm điện mà giúp vụ mùa bội thu. Hiện tại ESP8266 được ứng dụng cho những giải pháp này, ESP32 được thương mại sau ESP8266. ESP8266 là một chip của Espressif Systems có tích hợp công nghệ Wi-Fi với đặc tính giá rẻ, tương thích với nhiều nền tảng. Module sơ khai nhất của ESP8266 là ESP-01. Còn ESP32 là một hệ thống vi điều khiển trên chip (SoC) giá rẻ của Espressif Systems, nhà phát triển của ESP8266 SoC. Nó là sự kế thừa của SoC ESP8266 và có cả hai biến thể lõi đơn và lõi kép của bộ vi xử lý 32-bit Xtensa LX6 của Tensilica với Wi-Fi và Bluetooth tích hợp. Nhiều công trình nghiên cứu về ESP8266 và ESP32 như sau đây.

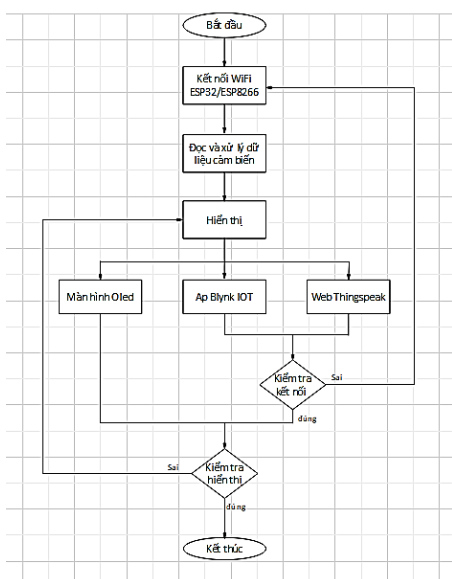
Nhóm tác giả [1] tiếp cận nông nghiệp 4.0 để nâng cao năng suất cây trồng và các phương thức canh tác phi truyền thống. Tiếp cận này cho việc giám sát sự phát triển của cây trồng, dinh dưỡng, ghi nhãn sức khỏe và sự hợp tác giữa nông dân, người hái, người đóng gói, người vận chuyển, nhà phân phối, nhà kho và người tiêu dùng cuối cùng. Nhóm tác giả [2] giới thiệu kiến trúc BIPES. Một trong những tính năng chính của nó là hoàn toàn dựa trên công nghệ HTML5 tiêu chuẩn. Đối với các thiết bị mục tiêu, BIPES tạo mã Python có thể được thực thi trên nhiều loại thiết bị, bao gồm các mô-đun chi phí thấp, chẳng hạn như ESP8266 cho đến các máy tính x86 hiệu suất cao. Giải pháp này tạo công cụ nguồn mở và kế thừa hệ sinh

thái Python. Nhóm tác giả [3] trình bày việc thực hiện một hệ thống giám sát mực nước và chất lượng nước tích hợp với công nghệ IoT để theo dõi thời gian thực của hệ thống hai bể chứa. Kết quả của công trình này là cung cấp một giải pháp quản lý nước đơn giản, rẻ tiền để xác định lượng nước lãng phí và chất lượng nước qua thiết bị di động. Nhóm tác giả [4] đề xuất một hệ thống định vị nguồn âm thanh thời gian thực được triển khai trên bộ vi điều khiển ESP32. Kết quả đã chứng minh rằng, bất chấp những hạn chế về phần cứng, hệ thống có thể ước tính DOA của nguồn âm bằng thông rộng với độ chính xác tương đối tốt. Công việc trong tương lai sẽ tập trung vào việc kết hợp nhiều thiết bị ESP32 trong một hệ thống phân tán để ước tính vị trí tuyệt đối của các nguồn âm thanh trong không gian được giám sát. Nhóm tác giả [5] đề xuất tạo một chiết áp chi phí thấp dành cho người bắt đầu dự án và giáo dục đã được thiết kế cho các phép đo điện hóa, đặc biệt là các phép đo Von kế tuần hoàn. Nhóm tác giả [6] đã phân tích hiệu suất của mô-đun ESP32-S2 như một thiết bị có khả năng ước tính khoảng cách bằng công nghệ Wi-Fi FTM được triển khai theo tiêu chuẩn IEEE 802.11-2016. Nhóm tác giả [7] phát triển hệ thống Arduino và ứng dụng WPF được phát triển theo tiêu chuẩn cao và cung cấp tất cả các chức năng cần thiết trong thông số kỹ thuật. Công việc nghiên cứu đã chứng minh rằng dịch vụ IIoT cung cấp một nghiên cứu điển hình mạnh mẽ về việc triển khai các công nghệ đột phá của Công nghiệp 4.0 cho Viện Chế tạo Vật liệu. Nhóm tác giả [8] đã thiết kế và thực thi một đồng hồ đo năng lượng thông minh dựa trên IoT có thể được triển khai trong các hộ gia đình và các ngành công nghiệp để đo mức tiêu thụ điện ở cấp thiết bị mà không làm gián đoạn hoạt động hiện tại của các thiết bị và không cần đi dây lại phức tạp. Nhóm nghiên cứu [9], sinh viên Hoàng Công Thành và Nhà hướng dẫn khoa học Tiến sĩ Đoàn Hữu Chức thực hiện khóa luận tốt nghiệp đại học, Hệ chính quy ngành điện tử viễn thông vào năm 2019 với khóa luận giám sát nhiệt độ độ ẩm và điều khiển thiết bị điện qua internet dùng module ARDUINO ESP8266.

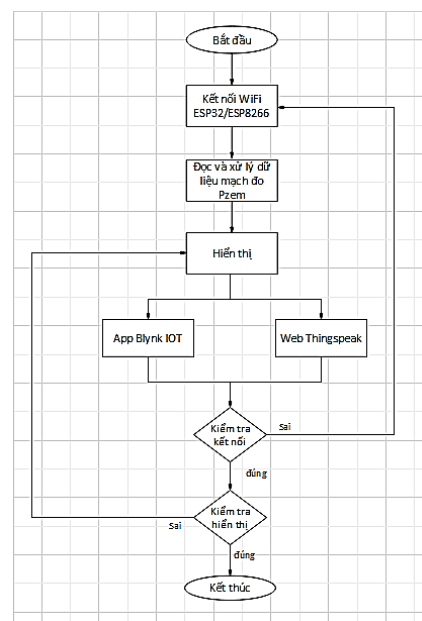
Để tạo những sản phẩm chất lượng tốt và giá thành thấp, nhóm nghiên cứu đề xuất công việc đánh giá đáp ứng ESP32/8266 cho giám sát nhiệt độ và độ ẩm không khí; năng lượng điện. Kết quả chỉ ra ESP32 có đáp ứng tốt hơn so với ESP8266. Giải pháp hữu ích cho giáo dục và công ty khởi nghiệp trong nền công nghiệp thứ 4.

## 2 THỰC HIỆN

Để đánh giá đáp ứng của ESP32 và ESP8266 được thực hiện qua hai thí nghiệm. Thí nghiệm 1 trình bày đo nhiệt độ và độ ẩm dựa trên cảm biến SHT30 Temperature Humidity gửi dữ liệu về ESP32 và ESP8266 và sử dụng đồng hồ đo HCT-1 làm chuẩn đo đã được thương mại. Thí nghiệm 2 trình bày đo điện năng dựa trên mạch đo điện năng AC UART PZEM-004T gửi dữ liệu về ESP32 và ESP8266 và sử dụng Ampe kim KYORITSU 2017 (K2017) để làm chuẩn đo đã được thương mại.



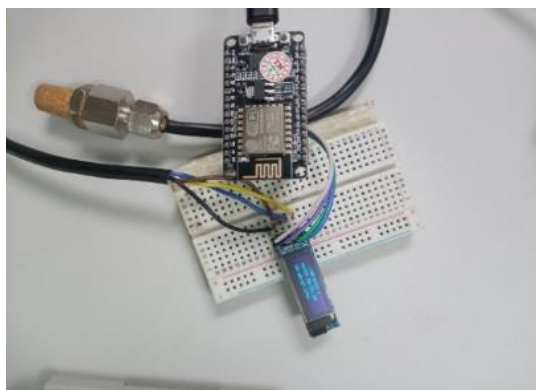
Hình 1. Lưu đồ thể hiện đo nhiệt độ và độ ẩm



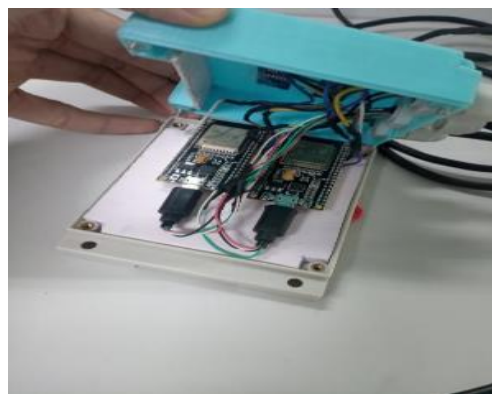
Hình 2. Lưu đồ thể hiện đo điện năng



### 3 KẾT QUẢ



(a) Thí nghiệm đo nhiệt độ và độ ẩm dựa trên cảm biến SHT30 và ESP8266



(b) Thí nghiệm đo nhiệt độ và độ ẩm dựa trên cảm biến SHT30 và ESP32/ESP8266



(c) Thí nghiệm đo nhiệt độ và độ ẩm dựa trên cảm biến SHT30 và ESP32/ESP8266 trong hộp

Hình 3. Thí nghiệm đo nhiệt độ và độ ẩm

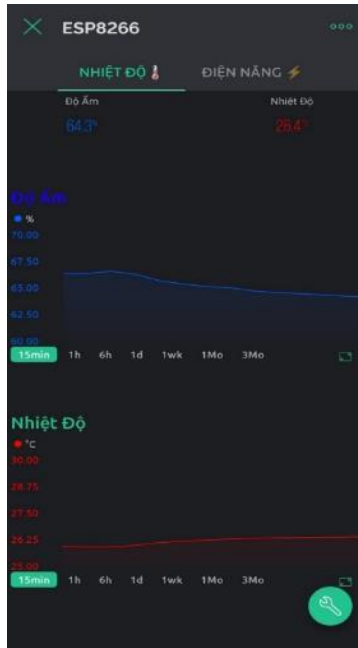


(a) Thí nghiệm đo điện năng AC UART PZEM-004T và ESP8266



(b) Thí nghiệm đo điện năng AC UART PZEM-004T và ESP32

Hình 4. Thí nghiệm đo điện năng 1 pha



(a) Dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm lên Blynk từ ESP8266



(b) Dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm lên Blynk từ ESP32

Hình 5. Dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm lên App Blynk

Blynk là một nền tảng IoT giúp đơn giản hóa việc kết nối, quản lý và giám sát các thiết bị IoT từ xa thông qua internet. Nhờ đó việc gửi dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm lên Blynk giúp chúng ta quan sát từ xa dễ dàng và tiện lợi hơn. Blynk sẽ lưu trữ những giá trị nhiệt độ và độ ẩm được gửi lên hạn chế mất và dễ dàng phân tích dữ liệu. Qua đó chúng ta dễ dàng quan sát sự khác nhau của ESP32 và ESP8266.



(a) Dữ liệu điện năng Blynk từ ESP8266



(b) Dữ liệu điện năng Blynk từ ESP32

Hình 6. Dữ liệu điện năng Blynk

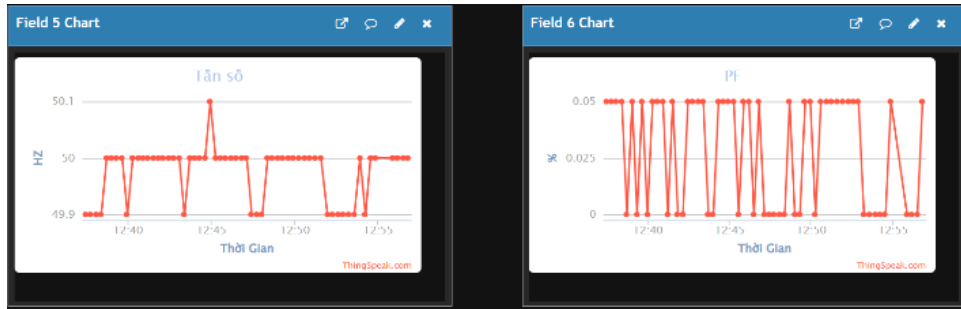
Blynk là một nền tảng IoT giúp đơn giản hóa việc kết nối, quản lý và giám sát các thiết bị IoT từ xa thông qua internet. Nhờ đó việc gửi dữ liệu điện năng lên Blynk giúp chúng ta quan sát từ xa dễ dàng và tiện lợi hơn. Blynk sẽ lưu trữ những giá trị điện năng được gửi lên hạn chế mất và dễ dàng phân tích dữ liệu. Qua đó chúng ta dễ dàng quan sát sự khác nhau của ESP32 và ESP8266.



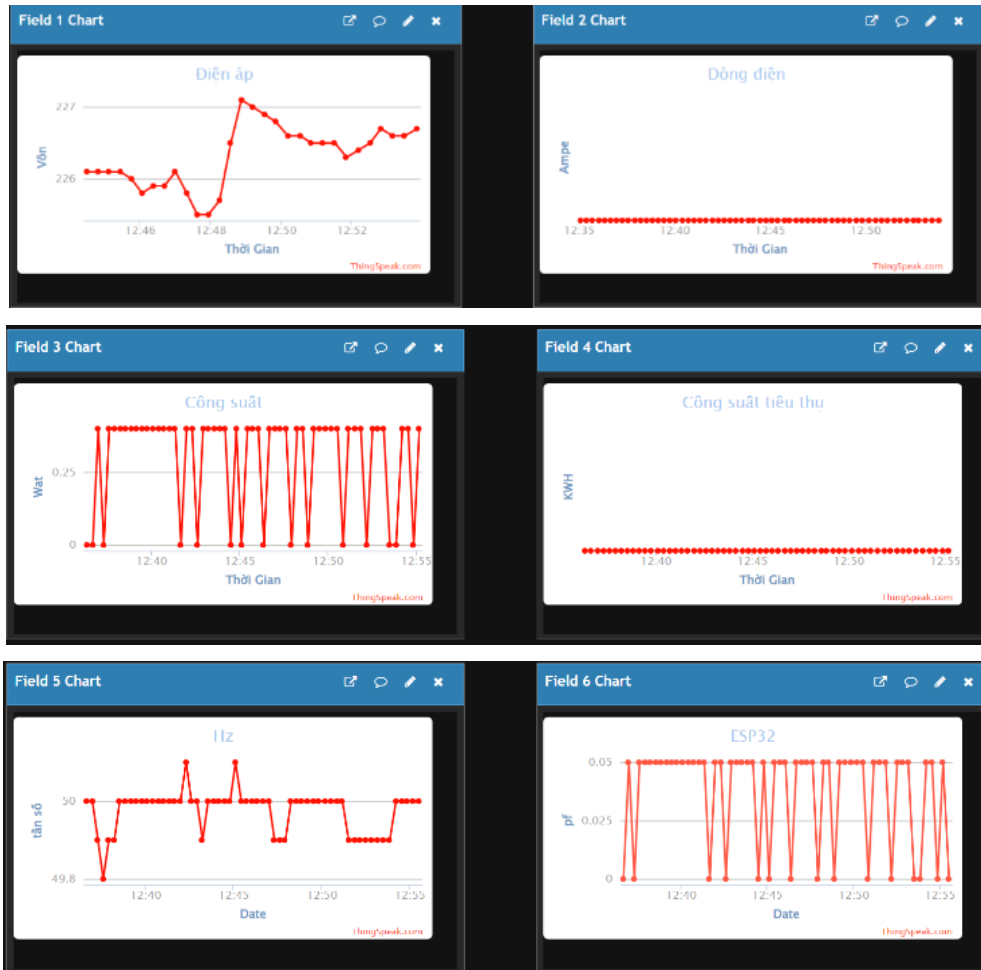
Hình 7. Dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm qua ThingSpeak của ESP32 và ESP8266

Thingspeak là một nền tảng mà chúng ta có thể trực quan hóa và phân tích dữ liệu trên đám mây. Chủ yếu thingspeak được sử dụng trong các dự án IoT cần phân tích để theo dõi những thay đổi về giá trị cảm biến trên đám mây. Vì vậy việc gửi các giá trị nhiệt độ và độ ẩm lên Thingspeak giúp chúng ta dễ dàng quan sát và phân tích dữ liệu. Lưu trữ các dữ liệu nhận được và trực quan hóa dữ liệu trên màn hình. Giúp chúng ta dễ dàng so sánh sự khác nhau giữa ESP8266 và ESP32.





(a) Dữ liệu điện năng qua ThingSpeak của ESP8266



(b) Dữ liệu điện năng qua ThingSpeak của ESP32

Hình 8. Dữ liệu điện năng qua ThingSpeak của ESP8266 và ESP32

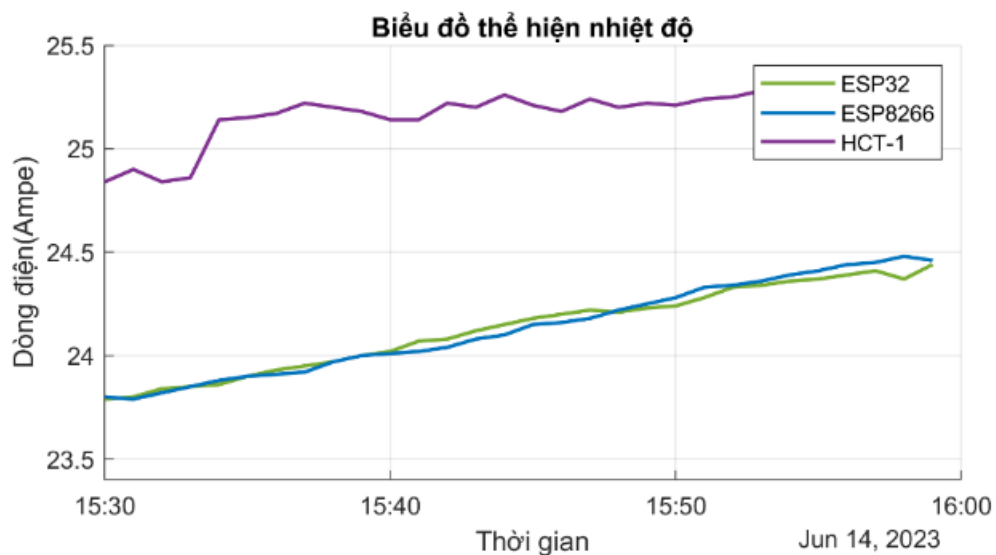
Thingspeak là một nền tảng mà chúng ta có thể trực quan hóa và phân tích dữ liệu trên đám mây. Chủ yếu thingspeak được sử dụng trong các dự án IoT cần phân tích để theo dõi những thay đổi về giá trị cảm biến trên đám mây. Vì vậy việc gửi các giá trị điện năng lên Thingspeak giúp chúng ta dễ dàng quan sát và phân tích dữ liệu. Lưu trữ các dữ liệu nhận được và trực quan hóa dữ liệu trên màn hình. Giúp chúng ta dễ dàng so sánh sự khác nhau giữa ESP8266 và ESP32.

Bảng 1. Dữ liệu thí nghiệm đo nhiệt độ và độ ẩm

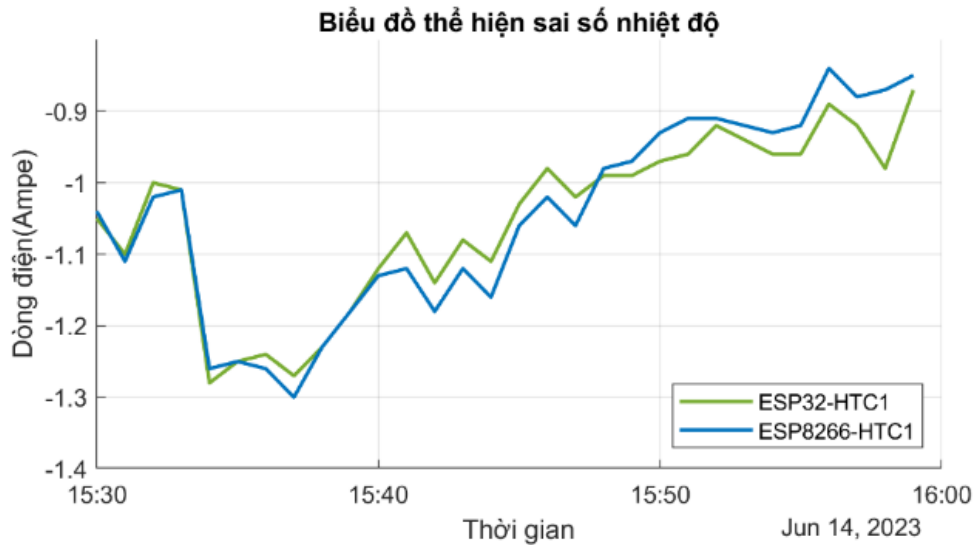
Time	ESP32		ESP8266		Clock HUMIDITY		SAI SỐ			
	T (°C)	H (%)	T (°C)	H (%)	T (°C)	H (%)	ESP32		ESP8266	
	T (°C)	H (%)	T (°C)	H (%)	T (°C)	H (%)	T (°C)	H (%)	T (°C)	H (%)
3h30	23.79	57.62	23.8	60.55	24.84	58.5	-1.05	-0.88	-1.04	2.05
3h31	23.8	57.7	23.79	60.52	24.9	58.55	-1.1	-0.85	-1.11	1.97
3h32	23.84	57.82	23.82	59.73	24.84	58.2	-1	-0.38	-1.02	1.53
3h33	23.85	58.42	23.85	60.07	24.86	57.5	-1.01	0.92	-1.01	2.57
3h34	23.86	56.73	23.88	60.49	25.14	58.2	-1.28	-1.47	-1.26	2.29
3h35	23.9	57.17	23.9	59.9	25.15	59.22	-1.25	-2.05	-1.25	0.68
3h36	23.93	57.2	23.91	59.5	25.17	58.32	-1.24	-1.12	-1.26	1.18
3h37	23.95	57.17	23.92	59.62	25.22	58.2	-1.27	-1.03	-1.3	1.42
3h38	23.97	57.24	23.97	59.7	25.2	57.52	-1.23	-0.28	-1.23	2.18
3h39	24	57.58	24	59.68	25.18	58.2	-1.18	-0.62	-1.18	1.48
3h40	24.02	57.83	24.01	60.54	25.14	57.8	-1.12	0.03	-1.13	2.74
3h41	24.07	57.31	24.02	59.76	25.14	58	-1.07	-0.69	-1.12	1.76
3h42	24.08	57.21	24.04	59.58	25.22	57.62	-1.14	-0.41	-1.18	1.96
3h43	24.12	57.13	24.08	59.57	25.2	57.8	-1.08	-0.67	-1.12	1.77
3h44	24.15	57.39	24.1	59.78	25.26	57.76	-1.11	-0.37	-1.16	2.02
3h45	24.18	57.18	24.15	59.58	25.21	57.83	-1.03	-0.65	-1.06	1.75
3h46	24.2	57.45	24.16	59.83	25.18	57.8	-0.98	-0.35	-1.02	2.03
3h47	24.22	56.87	24.18	59.41	25.24	57.76	-1.02	-0.89	-1.06	1.65
3h48	24.21	57.47	24.22	59.83	25.2	57.53	-0.99	-0.06	-0.98	2.3
3h49	24.23	57.39	24.25	59.7	25.22	57.42	-0.99	-0.03	-0.97	2.28
3h50	24.24	57.18	24.28	59.36	25.21	57.3	-0.97	-0.12	-0.93	2.06
3h51	24.28	57.45	24.33	59.29	25.24	57.24	-0.96	0.21	-0.91	2.05
3h52	24.33	57.47	24.34	59.33	25.25	56.9	-0.92	0.57	-0.91	2.43
3h53	24.34	56.91	24.36	59.19	25.28	56.93	-0.94	-0.02	-0.92	2.26
3h54	24.36	56.86	24.39	59.12	25.32	56.89	-0.96	-0.03	-0.93	2.23
3h55	24.37	56.87	24.41	59.24	25.33	56.92	-0.96	-0.05	-0.92	2.32
3h56	24.39	56.73	24.44	58.97	25.28	56.85	-0.89	-0.12	-0.84	2.12
3h57	24.41	56.8	24.45	58.78	25.33	56.82	-0.92	-0.02	-0.88	1.96
3h58	24.37	56.77	24.48	59.06	25.35	56.84	-0.98	-0.07	-0.87	2.22
3h59	24.44	56.83	24.46	58.84	25.31	56.94	-0.87	-0.11	-0.85	1.9

Bảng 2. Dữ liệu thí nghiệm đo điện năng

Time	ESP32		ESP8266		AMPE KIM KYORITSU		SAI SỐ			
	Voltage (V)	Current (A)	Voltage (V)	Current (A)	Voltage (V)	Current (A)	ESP32		ESP8266	
	Voltage (V)	Current (A)	Voltage (V)	Current (A)	Voltage (V)	Current (A)	Voltage (V)	Current (A)	Voltage (V)	Current (A)
3h30	224.2	0.15	224.5	0.13	223.1	0.18	1.1	-0.03	1.4	-0.05
3h31	224.1	0.16	224.7	0.14	223.2	0.16	0.9	0	1.5	-0.02
3h32	224.4	0.19	224.5	0.16	223.4	0.17	1	0.02	1.1	-0.01
3h33	224.6	0.15	224.7	0.15	223.5	0.17	1.1	-0.02	1.2	-0.02
3h34	224.7	0.16	224.8	0.14	223.4	0.18	1.3	-0.02	1.4	-0.04
3h35	224.5	0.18	224.5	0.17	223.4	0.16	1.1	0.02	1.1	0.01
3h36	224.6	0.19	224	0.2	223.3	0.17	1.3	0.02	0.7	0.03
3h37	224.5	0.15	224.8	0.17	223.2	0.16	1.3	-0.01	1.6	0.01
3h38	224.5	0.17	225	0.15	223.2	0.18	1.3	-0.01	1.8	-0.03
3h39	224.3	0.18	224.6	0.14	223.3	0.19	1	-0.01	1.3	-0.05
3h40	224.3	0.15	224.7	0.17	223.4	0.19	0.9	-0.04	1.3	-0.02
3h41	224.4	0.14	224.9	0.2	223.3	0.18	1.1	-0.04	1.6	0.02
3h42	224.7	0.16	225.1	0.22	223.2	0.17	1.5	-0.01	1.9	0.05
3h43	224.5	0.16	225.2	0.17	223.5	0.16	1	0	1.7	0.01
3h44	224.4	0.15	225.3	0.2	223.2	0.15	1.2	0	2.1	0.05
3h45	224	0.14	225.1	0.16	223.3	0.15	0.7	-0.01	1.8	0.01
3h46	224.3	0.17	224.9	0.14	223.4	0.16	0.9	0.01	1.5	-0.02
3h47	224.2	0.19	224.7	0.16	223.4	0.17	0.8	0.02	1.3	-0.01
3h48	224.3	0.18	224.5	0.19	223.4	0.16	0.9	0.02	1.1	0.03
3h49	224.2	0.16	224.6	0.16	223.2	0.15	1	0.01	1.4	0.01
3h50	224.5	0.16	224.7	0.13	223.1	0.18	1.4	-0.02	1.6	-0.05
3h51	224.6	0.14	224.8	0.14	223.2	0.19	1.4	-0.05	1.6	-0.05
3h52	224.5	0.15	225	0.15	223.2	0.17	1.3	-0.02	1.8	-0.02
3h53	224.6	0.16	224.7	0.13	223.3	0.18	1.3	-0.02	1.4	-0.05
3h54	224.8	0.17	224.7	0.11	223.4	0.17	1.4	0	1.3	-0.06
3h55	224.6	0.18	224.8	0.14	223.4	0.16	1.2	0.02	1.4	-0.02
3h56	224.4	0.15	225	0.15	223.2	0.16	1.2	-0.01	1.8	-0.01
3h57	224.6	0.18	224.7	0.16	223.3	0.15	1.3	0.03	1.4	0.01
3h58	224.8	0.16	224.9	0.14	223.4	0.16	1.4	0	1.5	-0.02
3h59	224.6	0.17	224.6	0.16	223.5	0.17	1.1	0	1.1	-0.01

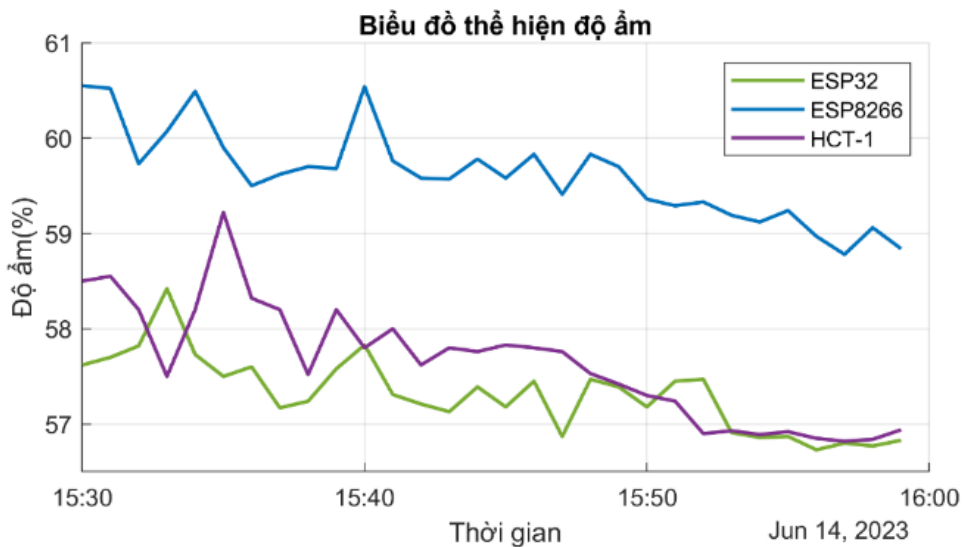


(a) Biểu đồ so sánh nhiệt độ esp32, esp8266 và đồng hồ đo HCT1

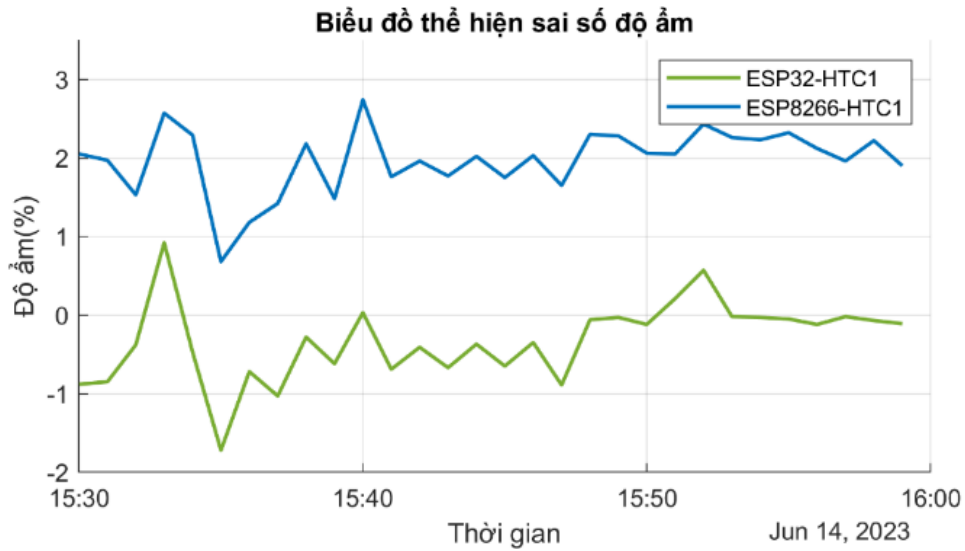


(b) Biểu đồ thể hiện sai số nhiệt độ của ESP32 và ESP8266 so với đồng hồ đo HCT-1  
 Hình 9. Biểu đồ đánh giá đáp ứng nhiệt độ

Biểu đồ thể hiện giá trị nhiệt độ của 3 thiết bị đo: ESP32, ESP8266 và đồng hồ đo HCT-1. Qua các giá trị ở biểu đồ trên cho chúng ta thấy sai số đo của ESP32 thấp hơn ESP8266 vì vậy EPS32 đáp ứng tốt hơn ESP8266 dựa trên các giá trị đã đo ở trên.

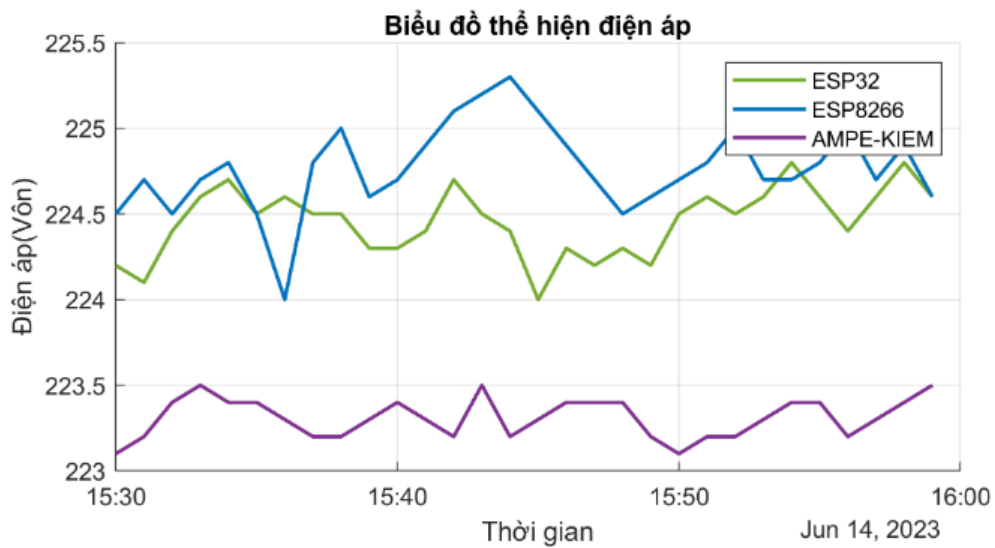


(a) Biểu đồ so sánh độ ẩm esp32, esp8266 và đồng hồ HCT-1



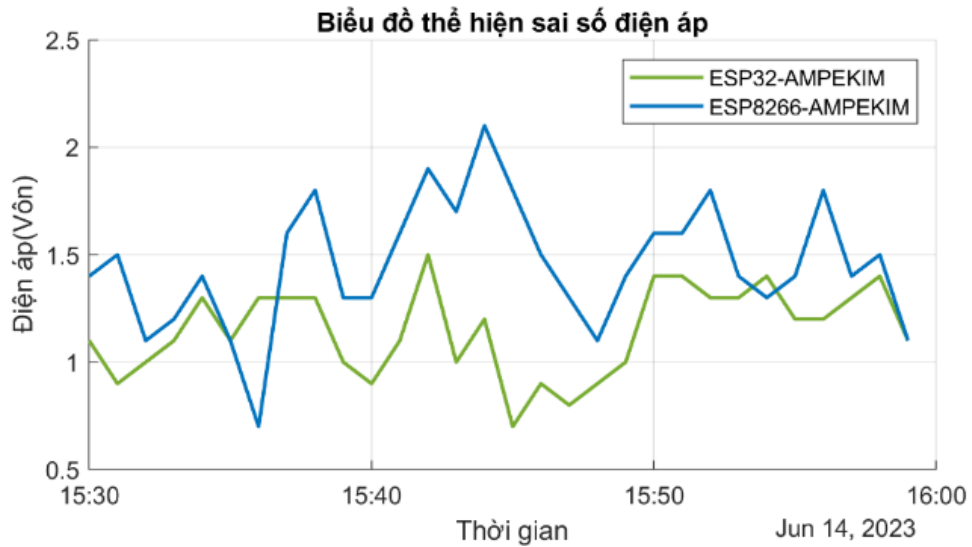
(b) Biểu đồ thể hiện sai số độ ẩm của ESP32 và ESP8266 so với đồng hồ đo HCT-1  
 Hình 10. Biểu đồ đánh giá đáp ứng độ ẩm

Biểu đồ thể hiện giá trị độ ẩm của 3 thiết bị đo: ESP32, ESP8266 và đồng hồ đo HCT-1. Qua các giá trị ở biểu đồ trên cho chúng ta thấy sai số đo ESP32 thấp hơn ESP8266 vì vậy EPS32 đáp ứng tốt hơn ESP8266 dựa trên các giá trị đã đo ở trên.



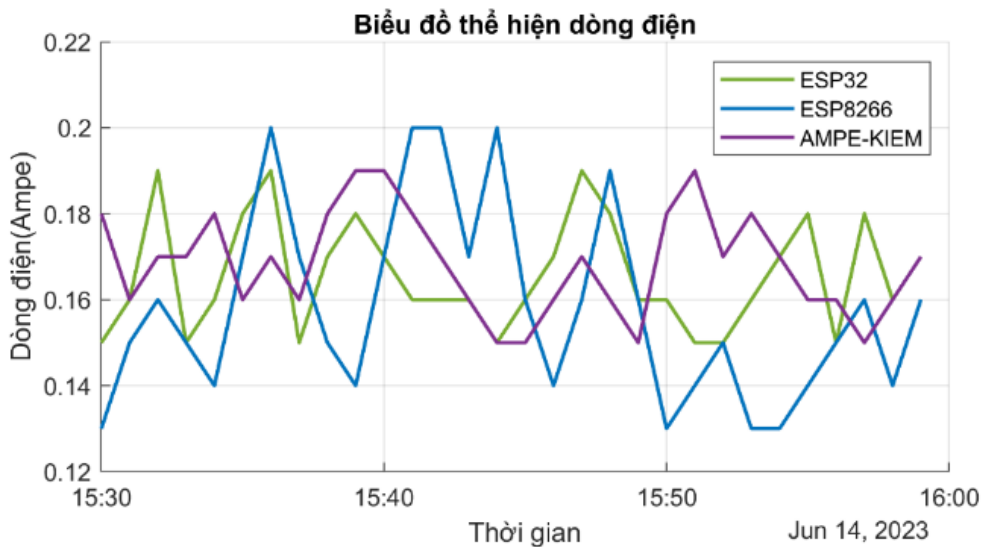
(a) Biểu đồ so sánh điện áp esp32,esp8266 với ampe kim



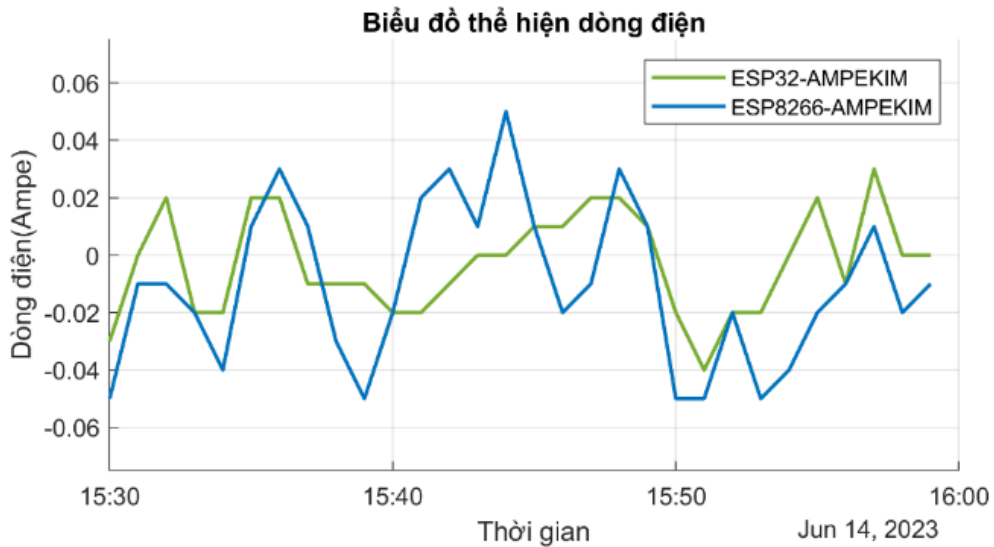


(b) Biểu đồ thể hiện sai số điện áp của ESP32 và ESP8266 so với đồng đo Ampe kim  
 Hình 11. Biểu đồ đánh giá điện áp

Biểu đồ thể hiện giá trị điện áp của 3 thiết bị đo: ESP32, ESP8266 và đồng hồ đo Ampe kim. Qua các giá trị ở biểu đồ trên cho chúng ta thấy sai số đo của ESP32 thấp hơn ESP8266 vì vậy EPS32 đáp ứng tốt hơn ESP8266 dựa trên các giá trị đã đo ở trên.



(a) Biểu đồ so sánh dòng điện esp32,esp8266 với ampe kim



(b) Biểu đồ thể hiện sai số dòng điện của ESP32 và ESP8266 so với đồng hồ đo Ampe kim  
 Hình 12. Biểu đồ đánh giá dòng điện

Biểu đồ thể hiện giá trị dòng điện của 3 thiết bị đo: ESP32, ESP8266 và đồng hồ đo Ampe kim. Qua các giá trị ở biểu đồ trên cho chúng ta thấy sai số đo ESP32 thấp hơn ESP8266 vì vậy EPS32 đáp ứng tốt hơn ESP8266 dựa trên các giá trị đã đo ở trên.

#### 4 KẾT LUẬN

Qua việc nghiên cứu, thực hiện và đánh giá đáp ứng qua dữ liệu ở các bảng số liệu ở phần kết quả. Nhóm nghiên cứu đã tìm ra được ESP32 hoạt động ổn định, chính xác ít sai số hơn so với ESP8266 dựa vào các giá trị dữ liệu trên biểu so sánh đánh giá ESP.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Meghna Raja, Shashank Gupta, Vinay Chamolab, Anubhav Elhenceb, Tanya Garga, Mohammed Atiquzzamanc, Dusit Niyatod, A survey on the role of Internet of Things for adopting and promoting Agriculture 4.0, Vol 187, August 2021.
- [2] A. Junior, L. Goncalves, G. Caurin, G. Tamanaka, A. Hernandez, R. Aroca, BIPES: Block Based Integrated Platform for Embedded Systems, Vol. 8, November 2020, pp. 197955 - 197968.
- [3] Samuel C.Olisa, Christopher N.Asiegbu, Juliet E.Olisa, Bonaventure O.Ekengwu, Abdulhakim A.Shittu, Martin C.Eze, Smart two-tank water quality and level detection system via IoT, Vol. 7, No. 8, August 2021.
- [4] Germán Fabregat, Jose A. Belloch, José M. Badía, Maximo Cobos, Design and Implementation of Acoustic Source Localization on a Low-Cost IoT Edge Platform, IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, Vol. 67, No. 12, December 2020, pp. 3547 - 3551.
- [5] Isa Anshoria, Ghani Faliq Mufiddina, Iqbal Fawwaz Ramadhana, Eduardus Ariasena, Suksmandhira Harimurtia, Henke Yunkinsc, Cepi Kurniawand, Design of smartphone-controlled low-cost potentiostat for cyclic voltammetry analysis based on ESP32 microcontroller, Sensing and Bio-Sensing Research Volume 36, June 2022.
- [6] Valentín Barral Vales, Omar Campos Fernández, Tomás Domínguez-Bolaño, Carlos J. Escudero, José A. García-Naya, Fine Time Measurement for the Internet of Things: A Practical Approach Using ESP32, IEEE Internet of Things Journal, Vol. 9, No. 19, October 2022, pp. 18305 - 18318.

[7] Victor Chang, Craig Martin, An industrial IoT sensor system for high-temperature measurement, *Computers and Electrical Engineering*, Vol. 95, October 2021.

[8] Shishir Muralidhara, Niharika Hegde, Rekha PM, An internet of things-based smart energy meter for monitoring device-level consumption of energy, *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 87, October 2020.

[9] Hoàng Công Thành, Đoàn Hữu Chức, Giám sát nhiệt độ độ ẩm và điều khiển thiết bị điện qua internet dùng module ARDUINO ESP8266, Khóa luận tốt nghiệp đại học, Hệ chính quy ngành Điện tử viễn thông, 2019.

YSC5.F136

## PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU LẮP ĐẶT NGUỒN ĐIỆN PHÂN TÁN DỰA TRÊN THUẬT TOÁN WILD HORSE OPTIMIZER

TRỊNH HỮU TRƯỜNG<sup>1</sup>, NGUYỄN THANH THUẬN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Khoa Công nghệ Điện, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

*\*nguyenthanhthuan@iuh.edu.vn*

**Tóm tắt.** Bài báo này áp dụng thuật toán tối ưu Wild horse optimizer (Tối ưu hóa ngựa hoang dã - WHO) để xác định vị trí và công suất của nguồn điện phân tán (DG) trên lưới điện phân phối. Mục tiêu của bài toán là giảm tổn thất công suất và xem xét các ràng buộc kỹ thuật bao gồm giới hạn điện áp các nút và khả năng mang tải của các đường dây trong hệ thống. Thuật toán tối ưu WHO dựa trên hành vi đời sống xã hội của ngựa hoang. Thuật toán được áp dụng trên lưới điện phân phối 33 nút. Hiệu quả của thuật toán WHO cho bài toán được so sánh với PSO và một số thuật toán tối ưu khác. Kết quả thu được chứng minh hiệu quả của thuật toán WHO cho bài toán này.

**Từ khóa.** Thuật toán tối ưu Wild horse optimizer, tổn thất công suất, nguồn điện phân tán.

## DISTRIBUTED GENERATIONS INSTALLATION OPTIMIZATION METHOD BASED ON WILD HORSE OPTIMIZATION ALGORITHM

**Abstract.** This paper applies the Wild horse optimization algorithm (WHO) to determine the location and capacity of the distributed generations (DG) on the distribution electric network. The objective of the problem is to reduce power loss and consider technical constraints including voltage limits of nodes and load carrying capacity of lines in the system. The WHO algorithm is based on the social life behavior of wild horses. The algorithm is applied on a 33-node distribution electric network. The efficiency of WHO algorithm for the problem is compared with PSO and some other optimization algorithms. The obtained results prove the effectiveness of WHO algorithm for this problem.

**Keywords.** Wild horse optimization algorithm, power loss, distributed generations.

### 1 GIỚI THIỆU

Nhu cầu năng lượng tăng nhanh cùng với môi trường thay đổi đã khiến cho việc lắp đặt các nguồn điện phân tán (distributed generations - DG) ngày càng phổ biến hơn [1]. DG là nguồn năng lượng nhỏ nằm gần các phụ tải. Các nguồn điện phân tán hiện nay bao gồm điện mặt trời, tuabin gió, thủy điện nhỏ, pin nhiên liệu và một số nguồn điện khác [2]. Việc lắp đặt DG mang đến nhiều lợi ích, như là giảm tải khí nhà kính, cung cấp nguồn điện dự phòng, cải thiện cấu hình điện áp ... [3]. Nhưng việc giảm tổn thất công suất là lợi ích được xem xét nhiều nhất của việc lắp đặt DG [4]. Tuy có nhiều lợi ích nhưng nếu lắp đặt DG không chính xác sẽ gây nên tổn thất có thể lớn hơn khi không lắp DG [5]. Vì vậy, bài toán tối ưu lắp đặt DG cần xem xét kỹ lưỡng.

Bài toán tối ưu hóa lắp đặt DG là bài toán phi tuyến. Bài toán này có nhiều phương pháp giải quyết, trong đó việc sử dụng các thuật toán tối ưu là phương pháp được dùng phổ biến. Các thuật toán tối ưu này khá đa dạng và thường mô phỏng các tập quán của loài vật, con người hay thậm chí là các hiện tượng vật lý. Các thuật toán được áp dụng để tìm kiếm cực trị của hàm mục tiêu. Ngoài bài toán lắp đặt DG ra thì các thuật toán được áp dụng trong rất nhiều bài toán khác, ví dụ như bài toán OPF (optimal power flow) [6], bài toán cấu hình lại mạng phân phối DNR (distribution network reconfiguration) [7]. Các ví dụ sơ lược về các thuật toán áp dụng cho bài toán lắp đặt DG được trình bày sau đây. Thuật toán GA (Genetic Algorithm) được phát triển sớm và được sử dụng khá nhiều [8][9]. Thuật toán IWD (Intelligent Water Drop) là thuật toán

mô phỏng hiện tượng vật lý của giọt nước [10]. Thuật toán MTLBO (Modified Teaching – Learning Based Optimization) là thuật toán mô phỏng hành vi của con người [11]. Tuy nhiên, loại thuật toán mô phỏng theo hành vi của loài vật là phong phú nhất. Có thể liệt kê một số thuật toán sau đây: thuật toán ACSA (Adaptive Cuckoo Search) [12], thuật toán SSA (Salp Swarm Algorithm) [13], thuật toán ALO (Ant Lion Optimization Algorithm) [14][15], thuật toán FA (Firefly Algorithm) [16][17]. Trong nghiên cứu này đã sử dụng thuật toán đó là PSO (Particle Swarm Optimization) [18][19] [20].

Thuật toán WHO được công bố vào năm 2021 [21]. Thuật toán này dựa vào tập tính của ngựa hoang dã. Các con ngựa được chia thành 3 loại, đó là ngựa giống (ngựa đầu đàn), ngựa cái và ngựa con. Thuật toán đã dựa vào hành vi kiếm ăn, hành vi giao phối riêng biệt ngựa và sự lãnh đạo của ngựa đầu đàn. Thuật toán đã có một số cải tiến để giải quyết các vấn đề mà các giải thuật trước đó còn hạn chế. Do vậy, thuật toán WHO được chọn để giải bài toán lắp đặt DG.

## 2 MÔ HÌNH BÀI TOÁN

Bài toán xác định vị trí và công suất DG có thể bao gồm những mục tiêu và ràng buộc khác nhau. DG được chọn là loại DG phát công suất tác dụng chẳng hạn như hệ thống pin mặt trời. Mục tiêu tối thiểu tổn thất công suất được coi như mục tiêu hàng đầu [22]. Mục tiêu này cũng được áp dụng vào bài toán.

### 2.1 Hàm mục tiêu

Hàm mục tiêu được xác định là giảm thiểu tổng tổn thất công suất tác dụng. Tổng tổn thất công suất trên đường dây từ nút  $h$  đến nút  $t$  được xác định theo công thức (1):

$$P_{h,t}^{Loss} = \frac{P_{h,t}^2 + Q_{h,t}^2}{V_t} R_{h,t} \quad (1)$$

Trong đó,  $P_{h,t}^{Loss}$  là tổn thất công suất từ nút  $h$  đến nút  $t$ .  $Q_{h,t}$ ,  $P_{h,t}$  là công suất phản kháng và tiêu thụ trên nhánh  $h, t$ .  $V_t$  là điện thế tại nút  $t$ .  $R_{h,t}$  là điện trở trên nhánh  $h,t$ .

Tổng tổn thất công suất được tính theo công thức (2):

$$\sum P_{Loss} = \sum_{bri=1}^{Nbr} P_{bri}^{Loss} \quad (2)$$

Trong đó,  $bri$  là nhánh thứ  $i$ ,  $Nbr$  là tổng số nhánh,  $P_{bri}^{Loss}$  là tổn thất công suất nhánh  $i$ .

Hàm mục tiêu là:

$$FF_{obj} = Min(\sum P_{Loss}) \quad (3)$$

### 2.2 Các ràng buộc

#### Ràng buộc điện áp nút

Ràng buộc điện áp nút xác định theo công thức (3):

$$V_{min} \leq V_{busj} \leq V_{max} \quad (4)$$

Trong đó,  $V_{busj}$  là biên độ điện áp nút  $j$ .  $[V_{min}, V_{max}]$  là giới hạn điện áp cho phép.

$$V_{min} = 0.95 p.u$$

$$V_{max} = 1.05 p.u$$

#### Giới hạn công suất DG

Công suất DG có giới hạn theo công thức (4):

$$P_{min}^{DG} \leq P_{DG} \leq P_{max}^{DG} \quad (5)$$

Trong đó:  $P_{DG}$  là công suất của DG.  $[P_{min}^{DG}, P_{max}^{DG}]$  là giới hạn công suất của DG.

#### Khả năng mang tải của đường dây

Mỗi đường dây có kích thước đã được xác định. Khả năng mang tải dựa vào dòng định mức của đường dây trên các nhánh:

$$I_{bri} \leq I_{ri} \quad (6)$$

Trong đó,  $I_{ri}$  là dòng định mức trên nhánh  $i$ .  $I_{bri}$  là dòng chạy trên nhánh  $i$ .

Với  $I_{bri}$  được xác định như sau:

$$I_{bri} = \frac{\sqrt{P_{bfi}^2 + Q_{bfi}^2}}{\sqrt{3}V_{bfi}} \quad (7)$$

Trong đó,  $P_{bfi}$ ,  $Q_{bfi}$  là công suất tiêu thụ và phản kháng đầu đường dây nhánh  $i$ .  $V_{bfi}$  là điện áp cuối đường dây của nhánh  $i$

### 3 ÁP DỤNG THUẬT TOÁN WHO

Thuật toán WHO áp dụng theo cách thức di chuyển, cách thức giao phối của ngựa hoang dã và tầm ảnh hưởng của các cá thể đầu đàn [21]. Một nhóm ngựa hoang dã thường bao gồm ngựa giống, ngựa cái và ngựa con. Ngựa con trước khi đến tuổi dậy thì chúng sẽ rời nhóm và tham gia vào các nhóm khác. Sự ra đi này nhằm ngăn không cho các con ngựa hoang dã có cùng huyết thống giao phối với nhau. Các bước khi áp dụng thuật toán WHO được trình bày dưới đây.

#### Bước 1: Khởi tạo

Quần thể ban đầu được khởi tạo ngẫu nhiên theo công thức (8):

$$H(i) = rand(1, nd)(ubh - lbh) + lbh \quad (8)$$

Trong đó,  $H(i)$  là vị trí của cá thể.  $nd$  là số lượng biến, với  $ndg$  nguồn phân tán  $nd = 2ndg$  ( $nd$  biến là số lượng DG,  $nd$  biến còn lại là công suất của các DG).  $ubh$ ,  $lbh$  lần lượt là giới hạn trên và giới hạn dưới của các biến.

Giới hạn trên và dưới có giá trị khác nhau xác định theo công thức (9):

$$ubh = [ubh_1, ubh_2, \dots, ubh_{2nd}], lbh = [lbh_1, lbh_2, \dots, lbh_{2nd}] \quad (9)$$

Trong đó,  $ubh_1$  đến  $ubh_{nd}$  là giới hạn trên của nút.  $ubh_{n+1}$  đến  $ubh_{2nd}$  là giới hạn trên của công suất của các DG.  $lbh_1$  đến  $lbh_{nd}$  là giới hạn dưới của nút đặt DG, giá trị này bằng 2 (nút số 1 là nút nguồn).  $lbh_{n+1}$  đến  $lbh_{2nd}$  là giới hạn dưới công suất của các DG, giá trị này bằng 0.

Số cá thể đầu đàn (ngựa giống) được ký hiệu là  $NLH$ .

#### Bước 2: Tính toán hàm mục tiêu

Mỗi cá thể được tính toán giá trị hàm mục tiêu theo biểu thức (3).

#### Bước 3: Cập nhật vị trí mới của các cá thể

Vị trí mới mỗi cá thể ngựa hoang dã được xác định theo 3 hành vi của chúng, bao gồm: hành vi kiếm ăn, hành vi giao phối và sự lãnh đạo chỉ huy của con ngựa đầu đàn (ngựa giống).

Hành vi kiếm ăn (gặm cỏ): Mỗi con ngựa hoang dã đều gặm cỏ theo nhóm xung quanh vị trí của ngựa giống. Phương trình (10) thể hiện cách thức di chuyển của ngựa với bán kính khác nhau quanh ngựa giống.

$$H_{inew}^j = 2T \cos(2\pi GT)(L^j - H_{icur}^j) + L^j \quad (10)$$

Trong đó,  $T$  là cơ chế thích ứng,  $G$  số ngẫu nhiên trong khoảng  $[-2, 2]$ ,  $L^j$  là vị trí cá thể đầu đàn (ngựa giống).  $H_{icur}^j$ ,  $H_{inew}^j$  lần lượt là vị trí hiện tại và vị trí mới của ngựa.

Hành vi giao phối: Như đã trình bày ở trên, ngựa con khi gần đến tuổi dậy thì sẽ rời nhóm có cha mẹ của chúng và tham gia vào nhóm mới. Để phỏng theo hành vi này, giả sử một con ngựa con rời nhóm  $i$ , một con ngựa con khác rời nhóm  $j$  và cùng tham gia vào một nhóm tạm thời. Và để mô phỏng hành vi giao phối riêng biệt này, giả sử 2 con ngựa trên có một con là ngựa đực và một con là ngựa cái. Hai con ngựa này sau khi giao phối khi đến tuổi trưởng thành sẽ sinh ra một con ngựa con, và con ngựa con này sẽ tham gia vào nhóm khác là nhóm  $m$ . Như vậy cá thể mới được xác định như sau:

$$H_m^p = Mean(H_i^q + H_j^z) \quad (11)$$

Trong đó,  $H_m^p$  là vị trí ngựa  $p$  từ nhóm  $m$  rời nhóm và thế chỗ cho ngựa có cha mẹ là ngựa rời nhóm  $i$  và  $j$  đã đến thời gian dậy thì.  $H_i^q$  là ngựa con  $q$  thuộc nhóm  $i$  rời nhóm, đến tuổi trưởng thành thì giao phối với ngựa  $z$  có vị trí  $H_j^z$  (là ngựa rời nhóm  $j$ ).

Lãnh đạo nhóm: Ngựa đầu đàn sẽ đưa nhóm đến khu vực có nước uống (mục tiêu). Các con ngựa đầu đàn sẽ tranh giành mục tiêu này, để nhóm có lợi thế nhất sẽ uống nước ở đó, còn các nhóm khác chỉ được sử

dụng khi nhóm có lợi thế nhất rời đi. Các con ngựa đầu đàn đưa nhóm đến mục tiêu, tuy nhiên nếu có nhóm khác có lợi thế hơn thì nhóm đó phải rời đi nhường chỗ cho nhóm có lợi thế hơn.

$$L_{new} = \begin{cases} 2T \cos(2\pi GT)(WP - L_{icur}) + WP & \text{ khi } R > 0.5 \\ 2T \cos(2\pi GT)(WP - L_{icur}) - WP & \text{ khi } R \leq 0.5 \end{cases} \quad (12)$$

Trong đó,  $L_{new}$  là vị trí mới của ngựa giống,  $WP$  là vị trí chứa nước uống,  $T$  là cơ chế thích ứng,  $L_{icur}$  là vị trí hiện tại của ngựa giống,  $R$  là số ngẫu nhiên có phân bố đều trong khoảng  $[0,1]$ ,  $G$  số ngẫu nhiên trong khoảng  $[-2,2]$ ,  $\pi$  là số pi có giá trị gần đúng là 3.14.

Sau khi tính toán vị trí mới của ngựa và ngựa giống, hàm mục tiêu được tính lại. Giá trị tốt nhất được lưu lại cùng với cá thể của nó (được cập nhật lại là cá thể ngựa giống (ngựa đầu đàn)).

**Bước 4: Kiểm tra giới hạn các biến điều khiển**

Giới hạn trên và dưới của nút và công suất DG được xác định và kiểm tra theo công thức từ (13) đến (15):

$$M_p = H(i) > ubh \quad (13)$$

$$M_m = H(i) < lbh \quad (14)$$

$$H(i) = H(i)(\sim (M_p + M_m)) + ubh \times M_p + lbh \times M_m \quad (15)$$

**Bước 5: Kiểm tra điều kiện dừng tìm kiếm**

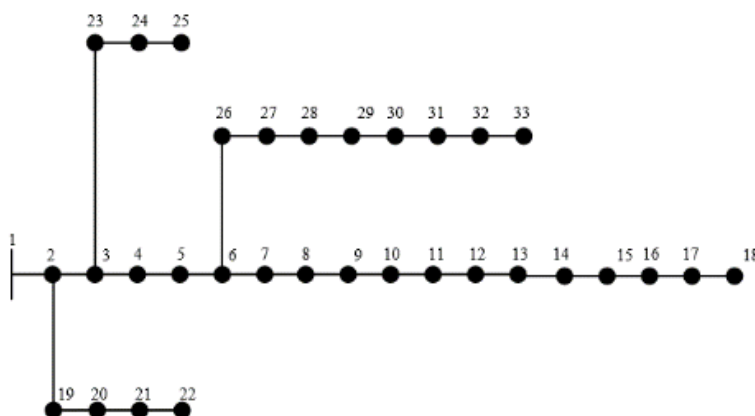
Nếu  $vl < Max\_vl$ , tăng số vòng lặp  $vl = vl + 1$  và lặp lại bước 2 để thực hiện tiếp tục, ngược lại thì dừng thuật toán và xuất kết quả tìm kiếm. Khi đó  $G_{best}$  là kết quả của bài toán.

**4 KẾT QUẢ TÍNH TOÁN**

Thuật toán WHO được dùng để tìm vị trí và công suất nguồn phân tán cho lưới điện phân phối 33 nút (Hình 1). Kết quả tính được so sánh với kết quả của PSO. Cả hai thuật toán được chạy trên Matlab, với máy tính có CPU 1.6 GHz và RAM 12 GB. Số lượng DG được lắp trên lưới phân phối 33 nút được giả sử là 3. Dân số tính toán là 30 với số vòng lặp 500. Hai thuật toán được so sánh trong 50 lần chạy độc lập.

Sau khi chạy phân bố công suất cho lưới 33 nút khi chưa có DG, kết quả tổn thất công suất là 202.68632 kW và điện áp nhỏ nhất có độ lớn là 0.91308 p.u. Khi lắp 3 DG được đặt tại nút 30, 24 và 14, tổn hao công suất tiêu thụ giảm xuống 71.45991 kW so với ban đầu là 202.68632 kW. Điện áp nhỏ nhất tăng lên đáng kể từ 0.91308 p.u lên 0.96865 p.u. Cấu hình điện áp cũng được cải thiện sau khi lắp thêm DG (Hình 2).

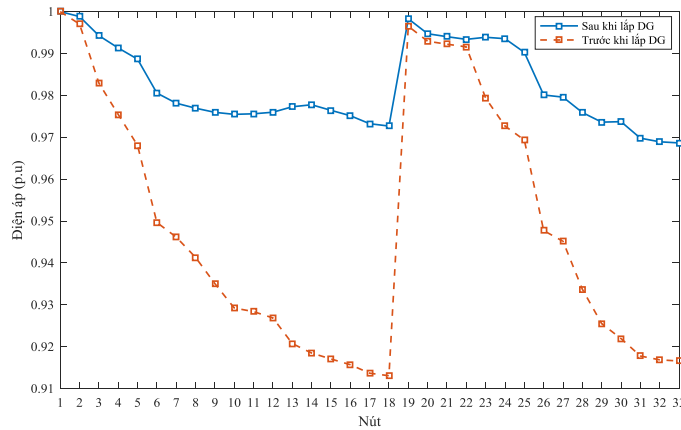
Kết quả sau khi chạy tối ưu của hai thuật toán WHO và PSO ở Bảng 2 thể hiện rằng giá trị tối ưu của hai phương pháp không lệch nhau nhiều. Tuy nhiên, nếu so sánh giá trị thì thuật toán WHO vẫn tốt hơn thuật toán PSO với sai số là  $5.5422 \times 10^{-12}$ . Về các giá trị lớn nhất, trung bình, nhỏ nhất, độ lệch chuẩn hàm mục tiêu của WHO là tốt hơn PSO. Thời gian chạy chương trình của PSO thì nhanh hơn thời gian chạy của WHO.



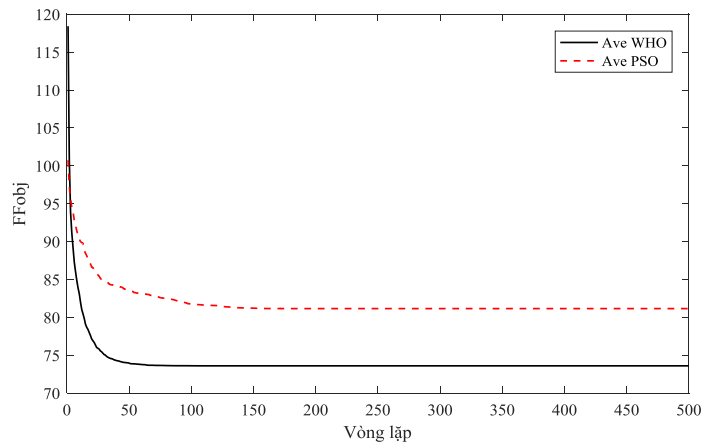
Hình 1. Sơ đồ lưới phân phối 33 nút

Bảng 1. Kết quả lắp đặt 3 DG tối ưu cho mạng 33 nút

Mục	Chưa lắp DG	WHO	PSO
Công suất DG (MW) (nút lắp đặt)	-	1.07144 (30)	0.754 (14)
		1.09944 (24)	1.0994 (24)
		0.753966 (14)	1.0714 (30)
Tổng công suất DG	-	2.924846	2.9248
$\Delta P$ (kW)	202.68632	71.459912525448175	71.459912525453717
Vmin (p.u)	0.91308	0.96865	0.9687



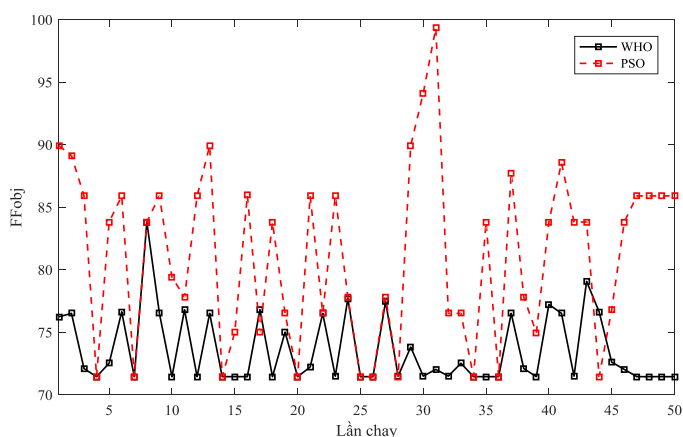
Hình 2. Điện áp trước và sau khi lắp DG



Hình 3. Giá trị trung bình của WHO và PSO trong mỗi vòng lặp

Giá trị trung bình 50 lần chạy của thuật toán WHO và PSO được trình bày ở Hình 3. Kết quả cho thấy độ hội tụ của thuật toán WHO tốt hơn PSO. Giá trị tối ưu mỗi lần chạy được thể hiện ở Hình 4. Giá trị tối ưu của PSO giao động mạnh hơn và thường cao hơn so với WHO. Kết quả này thể hiện rằng WHO có hiệu quả tốt hơn so với PSO.





Hình 4. Giá trị tối ưu trong mỗi lần chạy

Kết quả WHO được so sánh với các thuật toán trước đây được trình bày ở Bảng 3. Tổng thất công suất được bởi thuật toán WHO nhỏ hơn FWA, ACSA, HAS và SSA.

Bảng 2. So sánh kết quả giữa Coot và PSO

Mục	Max	Min	Ave	Std	Time (s)
WHO	83.8258	71.459912525448175	73.5981	2.8662	2480.013792
PSO	99.3375	71.459912525453717	81.1529	7.0046	2237.157258

Bảng 3. So sánh hiệu quả giữa WHO với một số thuật toán khác

Mục	WHO	FWA [23]	ACSA [12]	HSA [24]	SSA [25]
Công suất DG (MW) (nút lắp đặt)	1.07144 (30)	0.5897 (14)	0.7798 (14)	0.1070 (18)	0.7536 (33)
	1.09944 (24)	0.1895 (18)	1.1251 (24)	0.5724(17)	1.1004 (23)
	0.753966 (14)	1.0146 (32)	1.3496 (30)	1.0426 (33)	1.0706 (29)
Tổng công suất DG	2.924846	1.7936	3.2545	1.7256	2.9246
$\Delta P$ (kW)	71.45991	88.68	74.26	96.76	71.45
Vmin (p.u)	0.96865	0.9680	0.9778	0.9670	0.9686

## 5 KẾT LUẬN

Bài báo đã áp dụng thuật toán WHO cho bài toán lắp đặt DG. Hàm mục tiêu được xem xét là tối thiểu tổn thất công suất, đi kèm với đó là cải thiện cấu hình điện áp. WHO được áp dụng để giải bài toán của lưới phân phối 33 nút. Sau khi chạy WHO cho bài toán, tổn thất công suất giảm và điện áp tại các nút đã tăng lên. Kết quả của WHO so với PSO thể hiện rằng thuật toán WHO có hiệu quả cao hơn. Kết quả của việc áp dụng WHO so với các nghiên cứu trước đây và thuật toán PSO, cho thấy thuật toán WHO đáp ứng tốt cho bài toán lắp đặt DG trên lưới phân phối. Trong nghiên cứu chỉ xét đến một mục tiêu là giảm tổn thất công suất, đối với các nghiên cứu trong tương lai có thể mở rộng bài toán thành bài toán đa mục tiêu, ứng dụng DG có đặc tính thay đổi theo thời gian và một số bài toán khác.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] R. A. Ufa, Y. Y. Malkova, V. E. Rudnik, M. V. Andreev, and V. A. Borisov, "A review on distributed generation impacts on electric power system," Int. J. Hydrogen Energy, vol. 47, no. 47, pp. 20347–20361, 2022, doi: 10.1016/j.ijhydene.2022.04.142.

- [2] A. Lakum and V. Mahajan, "Optimal placement and sizing of multiple active power filters in radial distribution system using grey wolf optimizer in presence of nonlinear distributed generation," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 173, no. May, pp. 281–290, 2019, doi: 10.1016/j.epsr.2019.04.001.
- [3] V. Vita and T. Alimardan, "The Impact of Distributed Generation in the Distribution Networks ' Voltage Profile and Energy Losses," 2015, doi: 10.1109/EMS.2015.46.
- [4] T. T. Tran, K. H. Truong, and D. N. Vo, "Stochastic fractal search algorithm for reconfiguration of distribution networks with distributed generations," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 11, no. 2, pp. 389–407, 2020, doi: 10.1016/j.asej.2019.08.015.
- [5] L. D. Arya, A. Koshti, and S. C. Choube, "Distributed generation planning using differential evolution accounting voltage stability consideration," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 42, no. 1, pp. 196–207, 2012, doi: 10.1016/j.ijepes.2012.04.011.
- [6] K. Teeparthi and D. M. Vinod Kumar, "Multi-objective hybrid PSO-APO algorithm based security constrained optimal power flow with wind and thermal generators," *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 20, no. 2, pp. 411–426, 2017, doi: 10.1016/j.jestch.2017.03.002.
- [7] H. Hizarci, O. Demirel, and B. E. Turkay, "Distribution network reconfiguration using time-varying acceleration coefficient assisted binary particle swarm optimization," *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 35, p. 101230, 2022, doi: 10.1016/j.jestch.2022.101230.
- [8] O. D. Montoya, W. Gil-González, and C. Orozco-Henao, "Vortex search and Chu-Beasley genetic algorithms for optimal location and sizing of distributed generators in distribution networks: A novel hybrid approach," *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 23, no. 6, pp. 1351–1363, 2020, doi: 10.1016/j.jestch.2020.08.002.
- [9] M. H. Moradi and M. Abedini, "A combination of genetic algorithm and particle swarm optimization for optimal DG location and sizing in distribution systems," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 34, no. 1, pp. 66–74, 2012, doi: 10.1016/j.ijepes.2011.08.023.
- [10] D. Rama Prabha, T. Jayabarathi, R. Umamageswari, and S. Saranya, "Optimal location and sizing of distributed generation unit using intelligent water drop algorithm," *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 11, pp. 106–113, 2015, doi: 10.1016/j.seta.2015.07.003.
- [11] J. A. Martín García and A. J. Gil Mena, "Optimal distributed generation location and size using a modified teaching-learning based optimization algorithm," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 50, no. 1, pp. 65–75, 2013, doi: 10.1016/j.ijepes.2013.02.023.
- [12] T. T. Nguyen, A. V. Truong, and T. A. Phung, "A novel method based on adaptive cuckoo search for optimal network reconfiguration and distributed generation allocation in distribution network," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 78, pp. 801–815, 2016, doi: 10.1016/j.ijepes.2015.12.030.
- [13] S. Mirjalili, A. H. Gandomi, S. Zahra, and S. Saremi, "Salp Swarm Algorithm : A bio-inspired optimizer for engineering design problems," *Adv. Eng. Softw.*, vol. 0, pp. 1–29, 2017, doi: 10.1016/j.advengsoft.2017.07.002.
- [14] E. S. Ali, S. M. Abd Elazim, and A. Y. Abdelaziz, "Ant Lion Optimization Algorithm for optimal location and sizing of renewable distributed generations," *Renew. Energy*, vol. 101, pp. 1311–1324, 2017, doi: 10.1016/j.renene.2016.09.023.

- [15] D. P. R. P., V. R. V.C., and G. M. T., “Ant Lion optimization algorithm for optimal sizing of renewable energy resources for loss reduction in distribution systems,” *J. Electr. Syst. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 663–680, 2018, doi: 10.1016/j.jesit.2017.06.001.
- [16] N. Khuan, S. R. A. Rahim, M. H. Hussain, A. Azmil, and S. A. Azmi, “Integration of distributed generation and compensating capacitor in radial distribution system via firefly algorithm,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 16, no. 1, pp. 67–73, 2019, doi: 10.11591/ijeecs.v16.i1.pp67-73.
- [17] M. M. Othman, W. El-khattam, Y. G. Hegazy, and A. Y. Abdelaziz, “Electrical Power and Energy Systems Optimal placement and sizing of voltage controlled distributed generators in unbalanced distribution networks using supervised firefly algorithm,” *Int. J. Electr. POWER ENERGY Syst.*, vol. 82, pp. 105–113, 2016, doi: 10.1016/j.ijepes.2016.03.010.
- [18] M. Pesaran H.A., M. Nazari-Heris, B. Mohammadi-Ivatloo, and H. Seyedi, “A hybrid genetic particle swarm optimization for distributed generation allocation in power distribution networks,” *Energy*, vol. 209, p. 118218, 2020, doi: 10.1016/j.energy.2020.118218.
- [19] D. B. Prakash and C. Lakshminarayana, “Multiple DG Placements in Distribution System for Power Loss Reduction Using PSO Algorithm,” *Procedia Technol.*, vol. 25, no. Raerest, pp. 785–792, 2016, doi: 10.1016/j.protcy.2016.08.173.
- [20] R. Djidimbélé, B. P. Ngoussandou, D. K. Kidmo, Kitmo, M. Bajaj, and D. Raidandi, “Optimal sizing of hybrid Systems for Power loss Reduction and Voltage improvement using PSO algorithm: Case study of Guissia Rural Grid,” *Energy Reports*, vol. 8, no. May, pp. 86–95, 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2022.06.093.
- [21] I. Naruei and F. Keynia, *Wild horse optimizer: a new meta-heuristic algorithm for solving engineering optimization problems*, vol. 38, no. 0123456789. Springer London, 2022. doi: 10.1007/s00366-021-01438-z.
- [22] M. A. Nezhadpashaki, F. Karbalaeei, and S. Abbasi, “Optimal placement and sizing of distributed generation with small signal stability constraint,” *Sustain. Energy, Grids Networks*, vol. 23, p. 100380, 2020, doi: 10.1016/j.segan.2020.100380.
- [23] A. Mohamed Imran, M. Kowsalya, and D. P. Kothari, “A novel integration technique for optimal network reconfiguration and distributed generation placement in power distribution networks,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 63, pp. 461–472, 2014, doi: 10.1016/j.ijepes.2014.06.011.
- [24] R. S. Rao, K. Ravindra, K. Satish, and S. V. L. Narasimham, “Power loss minimization in distribution system using network reconfiguration in the presence of distributed generation,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 28, no. 1, pp. 317–325, 2013, doi: 10.1109/TPWRS.2012.2197227.
- [25] K. S. Sambaiah and T. Jayabarathi, “Optimal reconfiguration and renewable distributed generation allocation in electric distribution systems,” *Int. J. Ambient Energy*, vol. 42, no. 9, pp. 1018–1031, 2021, doi: 10.1080/01430750.2019.1583604.

YSC5.F137

## ĐIỀU KHIỂN VÀ GIÁM SÁT TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ AC SERVO BẰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PID THÍCH NGHI DỰA TRÊN MẠNG HÀM CƠ SỞ XUYÊN TÂM

NGUYEN TIEN HOANG<sup>1</sup>, PHUNG TRUNG NHAN<sup>1</sup>, BUI THI CAM QUYNH<sup>1\*</sup>,  
NGUYEN VAN THO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\* buithicamquynh@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Động cơ AC servo đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng công nghiệp do có độ chính xác và đáp ứng nhanh. Tuy nhiên, sự hiện diện của các yếu tố bất định hoặc các thay đổi không biết trước trong thông số hệ thống do nhiễu, sự thay đổi tải, ... đã làm giảm hiệu quả trong điều khiển tốc độ động cơ. Do đó, một yêu cầu cấp thiết được đặt ra là các thông số bộ điều khiển cần phải được hiệu chỉnh ứng với các thay đổi trên. Bài báo này đề xuất một phương pháp điều khiển tốc độ động cơ AC servo sử dụng bộ điều khiển PID thích nghi dựa trên mạng hàm cơ sở xuyên tâm (RBF). Bộ điều khiển này là sự kết hợp giữa bộ điều khiển PID truyền thống và mạng hàm cơ sở xuyên tâm (RBF) cùng với mặt trượt (Sliding Surface). Bộ điều khiển được áp dụng để điều khiển tốc độ động cơ AC servo thông qua biến tần, Card NI My RIO 1900 kết hợp với các phần mềm mô phỏng như Matlab/Simulink, Labview nhằm kiểm nghiệm tính hiệu quả giữa lý thuyết đã đề ra và thực tế. Cuối cùng, thông qua kết quả thực nghiệm cho thấy tính hiệu quả của bộ điều khiển đề xuất với sự thay đổi của các tham số bất định và nhiễu ngoài.

**Từ khóa.** Động cơ AC servo, bộ điều khiển PID, mạng hàm cơ sở xuyên tâm, mặt trượt.

## CONTROL AND MONITOR SPEED FOR AC SERVO MOTOR BY THE ADAPTIVE PID CONTROLLER BASED ON THE RADIAL BASIS FUNCTION NETWORKS

**Abstract.** AC servo motors are widely used in various industrial applications due to their high accuracy and response speed. However, the uncertainties and unpredictable variations in system parameters due to noise, load changes, etc. has reduced the efficiency in motor speed control. Therefore, it is essential for the controller to be able to adjust its parameters to adapt to these changes. This paper proposes a PID controller tuned by a radial basis function (RBF) neural network for speed control of AC servo motors. The proposed controller combines a traditional PID controller, an RBF neural network, and a sliding surface. The proposed controller is applied to control an AC servo motor through a variable frequency drive and NI My RIO 1900 card combined with simulation software such as Matlab/Simulink, Labview to validate the accuracy of the theoretical approach in practice. Finally, the experimental results demonstrate the effectiveness of the proposed controller with the change of uncertain parameters and external noise.

**Keywords.** AC servo motor, PID controller, Radial Basis Function neural network, Sliding Surface.

### 1 GIỚI THIỆU

Mô hình động lực học của hệ thống AC servo có tính phi tuyến tính cao và bao gồm các yếu tố không chắc chắn do nhiễu hoặc tải biến thiên [1]. Để giải quyết những vấn đề này, một số kỹ thuật điều khiển thông minh đã được áp dụng để điều khiển các hệ thống truyền động của động cơ AC servo nhằm mục đích điều khiển với hiệu suất cao. Bộ điều khiển mạng thần kinh dựa trên backstepping cho các hệ thống phi tuyến chưa biết lần đầu tiên được đề xuất bởi Y. Zhang và các cộng sự [2]. Bên cạnh đó, Y. Li và các cộng sự đã đề xuất một bộ điều khiển backstepping bền vững và thích nghi sử dụng mạng thần kinh hàm cơ sở xuyên tâm (RBFNN) [3]. Điều khiển thích nghi mạng thần kinh cho các hệ thống phi tuyến MIMO không chắc chắn cũng đã được đề xuất trong [4]. Trong [5], D. Wang và J. Hung đã đề xuất phương pháp điều khiển

backstepping thích nghi mạng thần kinh RBF (RBFNN\_ABC) để điều khiển các hệ thống phi tuyến không chắc chắn. Chan và Wang cũng đã đề xuất một bộ điều khiển chế độ trượt cho từ thông rôto và mô-men xoắn bằng cách sử dụng hai biến điều khiển độc lập; tuy nhiên, thuật toán điều khiển của họ dựa trên mô hình đối tượng [6]. Lin và các cộng sự đã phát triển một bộ ước lượng thời hằng rôto dựa trên hệ thống thích nghi mô hình tham chiếu và thiết kế một bộ điều khiển tốc độ bền vững bằng cách sử dụng bộ quan sát độ không chắc chắn neural mờ; tuy nhiên, quy trình thiết kế này quá phức tạp [7].

Bài báo "Điều khiển và giám sát tốc độ động cơ AC servo dựa trên bộ điều khiển PID thích nghi dựa trên mạng hàm cơ sở xuyên tâm" tập trung vào việc áp dụng phương pháp điều khiển tốc độ động cơ AC servo hiệu quả dựa trên sự kết hợp giữa bộ điều khiển PID (Proportional Integral Derivative) sử dụng mặt trượt (Sliding Surface) và mạng hàm cơ sở xuyên tâm (Radial Basic Function). Bài báo trình bày chi tiết về bộ điều khiển PID và các thuật toán điều chỉnh được sử dụng để điều khiển tốc độ động cơ AC servo. Ngoài ra, bài báo cũng trình bày về mạng hàm cơ sở xuyên tâm và cách sử dụng nó để cải thiện hiệu suất điều khiển. Bằng cách kết hợp bộ điều khiển PID, mạng hàm cơ sở xuyên tâm và mặt trượt, phương pháp điều khiển tốc độ động cơ AC servo đề xuất trong bài báo có khả năng cải thiện đáng kể độ chính xác và độ ổn định của hệ thống điều khiển. Bộ điều khiển PID thích nghi dựa trên mạng hàm cơ sở xuyên tâm đã kế thừa được những ưu điểm của các bộ điều khiển như: Tính ổn định và bền vững ngay cả khi có nhiễu hoặc thông số hệ thống thay đổi theo thời gian của bộ điều khiển trượt [8], khả năng xấp xỉ tốt hơn với các chức năng cơ bản, khả năng học nhanh hơn, kích thước mạng tốt hơn, độ bền cao của mạng thần kinh hàm cơ sở xuyên tâm đối với các yếu tố bất định hoặc thay đổi không biết trước [9], và có thời gian phản hồi nhanh, hiệu suất ổn định cao, độ tin cậy cao của bộ PID truyền thống.

Trong nghiên cứu này đối tượng được chọn để kiểm chứng giải thuật là động cơ AC Servo. Bộ điều khiển PID truyền thống được so sánh với bộ điều khiển PID hiệu chỉnh bằng mạng hàm cơ sở xuyên tâm để điều khiển đối tượng theo thời gian. Để kiểm tra khả năng tự hiệu chỉnh thông số của bộ điều khiển sử dụng giải thuật đề xuất, các thông số của tải và động cơ được thí nghiệm qua 2 trường hợp thay đổi. Kết quả cho thấy rằng với những thay đổi của các yếu tố bên ngoài như (tải, nhiễu, etc...) thì bộ điều khiển PID truyền thống không thể tự động điều chỉnh các tham số để phù hợp với các thay đổi đó. Điều này dẫn đến hiệu suất và tính chính xác của đối tượng không được như mong muốn. Còn với bộ điều khiển PID thích nghi dựa trên cơ sở mạng xuyên tâm RBF, bài báo cũng đưa ra các kết quả thực nghiệm để chứng minh tính hiệu quả của phương pháp đề xuất. Bố cục của bài báo bao gồm những phần sau: Phần 2 sẽ trình bày về mô hình toán của đối tượng; Phần 3 sẽ đề xuất phương pháp thiết kế bộ điều khiển; kết quả mô phỏng để đánh giá chất lượng bộ điều khiển sẽ được trình bày trong Phần 4; Phần 5 sẽ là kết quả chạy thực nghiệm để so sánh và đánh giá với kết quả mô phỏng; và cuối cùng là Kết luận đánh giá trong Phần 6.

## 2 MÔ TẢ ĐỐI TƯỢNG

Đối tượng điều khiển được sử dụng là động cơ 3 pha không đồng bộ - loại hai cực 400W 50Hz (AC Servo). Phương trình động lực học của động cơ được mô tả như sau:

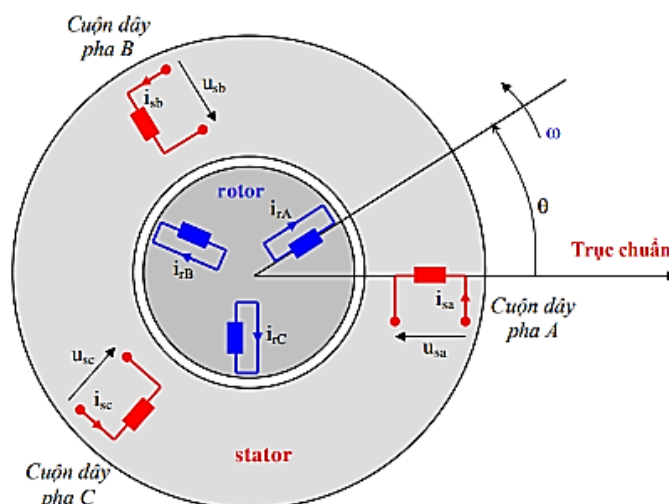
$$J \frac{d\omega(t)}{dt} = T_e - T_L - B\omega(t) \quad (1)$$

trong đó  $B$  là hệ số ma sát,  $J$  là mô-men quán tính,  $T_L$  là mô-men tải,  $\omega(t)$  là tốc độ động cơ,  $T_e$  là mô-men điện từ được tính như sau:

$$T_e = K_t i_{qs}^* \quad (2)$$

$$K_t = \frac{3}{2} n_p \frac{L_m^2}{L_r} i_{ds}^* \quad (3)$$

trong đó  $K_t$  là hằng số mô-men,  $i_{qs}^*$  là dòng mô-men lệnh,  $i_{ds}^*$  là dòng từ thông lệnh,  $n_p$  là số cặp cực,  $L_m$  là điện cảm tương hỗ trên mỗi pha,  $L_r$  là điện cảm roto trên mỗi pha.



Hình 1. Mô hình đơn giản động cơ không đồng bộ ba pha

Từ (1) ta có thể rút ra phương trình động lực học của hệ thống có dạng:

$$\dot{\omega}(t) = \frac{-B}{J} \omega(t) + \frac{K_t}{J} u(t) - \frac{T_L}{J} \quad (4)$$

trong đó  $u(t) = i_{qs}^*(t)$  là tín hiệu điều khiển.

Hệ thống truyền động của động cơ 3 pha không đồng bộ có thể được viết ở dạng sau :

$$\dot{\omega}(t) = f(x) + g(x)u(t) + L(x) \quad (5)$$

trong đó  $f(x) = \frac{-B}{J} \omega(t)$ ;  $g(x) = \frac{K_t}{J}$ ;  $L(x) = -\frac{T_L}{J}$ .

### 3 THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN

#### 3.1 Thiết kế mặt trượt

Phương pháp điều khiển trượt là một phương pháp đơn giản và hiệu quả để điều khiển các hệ thống phi tuyến [13]. Để thiết kế thành phần điều khiển trượt, chúng ta cần hiểu rõ về các thông số của mô hình và giới hạn của các yếu tố bất định trong mô hình. Mọi quỹ đạo trạng thái của hệ thống bên ngoài mặt trượt sẽ được đưa về mặt trượt và duy trì một cách bền vững.

Định nghĩa tín hiệu sai lệch :

$$e(t) = \omega_d(t) - \omega(t) \quad (6)$$

trong đó,  $\omega_d(t)$  là tín hiệu đặt,  $\omega(t)$  là tín hiệu phản hồi.

Một cách tổng quát, mặt trượt được định nghĩa:

$$s = e^{(n-1)} + k_{n-1}e^{(n-2)} + \dots + k_2\dot{e} + k_1e \quad (7)$$

trong đó  $k_1, \dots, k_{n-1}$ , là các hệ số được chọn trước sao cho đa thức đặc trưng của phương trình vi phân  $\Delta(s) = s^{n-1} + k_{n-1}s^{n-2} + \dots + k_2s + k_1$  là đa thức Hurwitz (có tất cả các nghiệm với phần thực âm)

Đặc tính động học sai số:

$$(s^{n-1} + k_{n-1}s^{n-2} + \dots + k_2s + k_1)E(s) = 0 \quad (8)$$

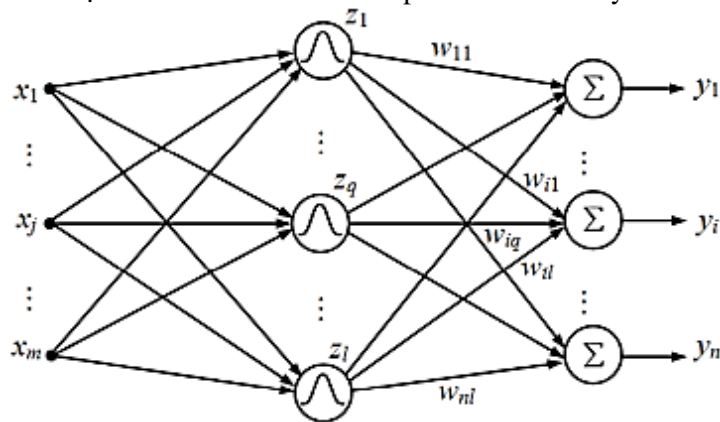
Khi đó các nghiệm của phương trình đặc trưng của hệ đều nằm bên trái mặt phẳng phức, nên  $e(t)$  sẽ tiến tới 0 khi  $t$  tiến tới  $\infty$ . Phương trình  $s=0$  xác định một mặt cong S trong không gian  $n$  chiều gọi là mặt trượt (sliding surface) S.

Mặt trượt được xây dựng dựa trên bậc của mô hình đối tượng. Để loại bỏ hiện tượng dao động quanh mặt trượt khi biên độ của luật điều khiển trượt thay đổi lớn, hàm trượt có thể được chọn như sau [10]:

$$s(t) = e(t) + k \int e(t) dt \quad (9)$$

### 3.2 Mạng thần kinh hàm cơ sở xuyên tâm RBF

Mạng thần kinh hàm cơ sở xuyên tâm RBF là một trường hợp đặc biệt của mạng truyền thẳng hai lớp (Hình 2), trong đó: hàm tổng ngõ vào và hàm kích hoạt của tế bào thần kinh ở lớp ẩn là hàm cầu và hàm mũ, hàm tổng ngõ vào và hàm kích hoạt của tế bào thần kinh ở lớp ra là các hàm tuyến tính.



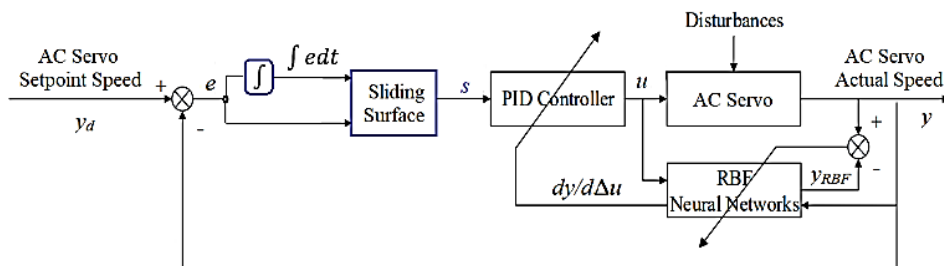
Hình 2. Mạng thần kinh hàm cơ sở xuyên tâm RBF

Vec tơ ngõ vào  $X$  của mạng thần kinh RBF có dạng :

$$X = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n]^T \quad (10)$$

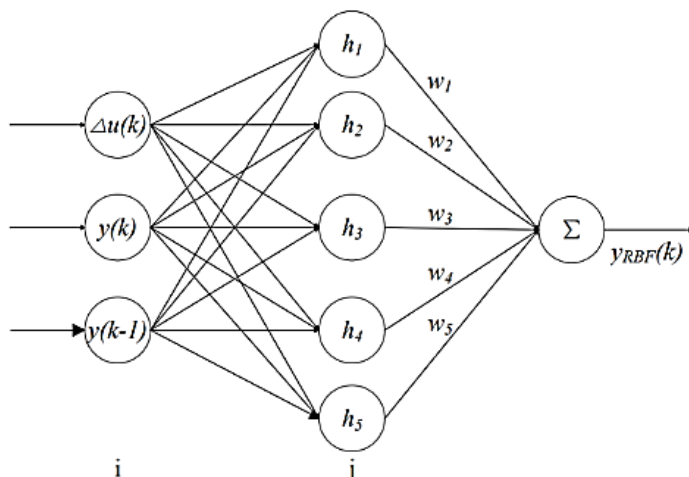
Do mạng thần kinh RBF là một trường hợp đặc biệt của mạng truyền thẳng nên hoàn toàn có thể áp dụng thuật toán lan truyền ngược để huấn luyện mạng.

Một bộ điều khiển PID cải tiến dựa trên mạng thần kinh RBF được đề xuất. Với phương pháp này, các tham số điều khiển được điều chỉnh thích ứng theo động lực học của động cơ không đồng bộ ba pha. Sơ đồ của bộ điều khiển được hiển thị trong Hình 3.



Hình 3. Cấu trúc của bộ điều khiển PID thích nghi dựa trên mạng thần kinh RBF

Người ta đã chứng minh rằng mạng RBF có khả năng xấp xỉ bất kỳ hàm liên tục nào với độ chính xác tùy ý. Tốc độ học được tăng lên rất nhiều và tránh được vấn đề tối thiểu cục bộ [11]. Cấu hình mạng thần kinh RBF cho hệ thống điều khiển AC servo được hiển thị trong Hình 4.



Hình 4. Cấu trúc của mạng thần kinh hàm cơ sở xuyên tâm RBF được sử dụng

Phương trình hàm Gaussian tại tế bào thần kinh thứ  $j$ :

$$h_j = \exp\left[-\frac{\|x-c_j\|^2}{2b_j^2}\right], \quad (j=1,2,3,\dots,m) \quad (11)$$

Vector tâm của tế bào thần kinh thứ  $j$ :

$$C_j = [c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{ji}, \dots, c_{jn}]^T, \quad (i=1,2,3,\dots,n) \quad (12)$$

Độ lệch hàm cơ sở :

$$B = [b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_m]^T \quad (13)$$

trong đó  $b_j$  là độ lệch của hàm cơ sở nút thứ  $j$  ( $b_j > 0$ )

Vec tơ trọng số của mạng:

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_m]^T \quad (14)$$

Ngõ ra của mạng thần kinh hàm cơ sở xuyên tâm:

$$y_{RBF}(t) = W^T h = w_1 h_1 + w_2 h_2 + w_3 h_3 + \dots + w_m h_m \quad (15)$$

Các tham số mạng thần kinh được điều chỉnh dựa trên bình phương sai số tối thiểu :

$$E = \frac{1}{2} (y - y_{RBF})^2 = \frac{1}{2} (y - \sum_{j=1}^m w_j h_j)^2 = \frac{1}{2} \left( y - \sum_{j=1}^m w_j \cdot \exp\left[-\frac{\|x-c_j\|^2}{2b_j^2}\right] \right)^2 \quad (16)$$

Áp dụng phương pháp suy giảm độ dốc để cập nhật trọng số của lớp ra:

$$\frac{\partial E(k)}{\partial w_j} = \frac{\partial E(k)}{\partial y_{RBF}} \cdot \frac{\partial y_{RBF}}{\partial w_j} = [y(k) - y_{RBF}(k)] \cdot h_j(k) \quad (17)$$

$$\Delta w_j(k) = -\eta \frac{\partial E(k)}{\partial w_j} \quad (18)$$

$$w_j(k) = w_j(k-1) + \Delta w_j(k) + \alpha [w_j(k-1) - w_j(k-2)] \quad (19)$$

Tương tự, độ lệch của hàm cơ sở được cập nhật bởi công thức:

$$\frac{\partial E(k)}{\partial b_j} = \frac{\partial E(k)}{\partial y_{RBF}} \cdot \frac{\partial y_{RBF}}{\partial h_j} \cdot \frac{\partial h_j}{\partial b_j} = [y(k) - y_{RBF}(k)] \cdot w_j(k) \cdot h_j(k) \cdot \frac{\|x - C_j(k)\|^2}{b_j^3(k)} \quad (20)$$

$$\Delta b_j(k) = -\eta \frac{\partial E(k)}{\partial b_j} \quad (21)$$

$$b_j(k) = b_j(k-1) + \Delta b_j(k) + \alpha [b_j(k-1) - b_j(k-2)] \quad (22)$$

Tâm của hàm cơ sở được cập nhật bởi công thức:

$$\frac{\partial E(k)}{\partial c_{ij}} = \frac{\partial E(k)}{\partial y_{RBF}} \cdot \frac{\partial y_{RBF}}{\partial h_j} \cdot \frac{\partial h_j}{\partial c_{ij}} = [y(k) - y_{RBF}(k)] \cdot w_j(k) \cdot h_j(k) \cdot \frac{x_i - c_{ij}(k)}{b_j^2(k)} \quad (23)$$

$$\Delta c_{ij}(k) = -\eta \frac{\partial E(k)}{\partial c_{ij}} \quad (24)$$

$$c_{ij}(k) = c_{ij}(k-1) + \Delta c_{ij}(k) + \alpha [c_{ij}(k-1) - c_{ij}(k-2)] \quad (25)$$

trong đó  $\eta$  là tốc độ học;  $\alpha$  là hệ số mô-men.

Thông số Jacobian được xác định bởi mạng thần kinh RBF:



$$\frac{\partial y_{RBF}(k)}{\partial x_i} = \sum_{j=1}^m \frac{\partial y_{RBF}}{\partial h_j} \cdot \frac{\partial h_j}{\partial x_i} = \sum_{j=1}^m w_j(k) \cdot h_j(k) \cdot \left[ -\frac{x_i - c_{ij}(k)}{b_j^2(k)} \right] \quad (26)$$

Với  $x_1 = \Delta u(t)$ :

$$\frac{\partial y(k)}{\partial \Delta u(t)} \approx \frac{\partial y_{RBF}(k)}{\partial \Delta u(t)} = \frac{\partial y_{RBF}(k)}{\partial x_1} = \sum_{j=1}^m w_j(k) \cdot h_j(k) \cdot \left[ \frac{c_{1j}(k) - x_1}{b_j^2(k)} \right] \quad (27)$$

### 3.3 Bộ điều khiển PID thích nghi được cập nhật theo mạng hàm cơ sở xuyên tâm RBF

Bộ điều khiển PID (Proportional-Integral-Derivative) là một bộ điều khiển phản hồi tự động được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng điều khiển tự động để điều chỉnh các thông số đầu vào của hệ thống. Bộ điều khiển PID sử dụng phản hồi từ tín hiệu đầu ra của hệ thống để điều chỉnh tín hiệu đầu vào và đưa hệ thống về trạng thái cân bằng.

Phương trình vi phân mô tả hiệu chỉnh PID [12] là:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (28)$$

Độ biến thiên ngõ ra của bộ điều khiển:

$$\Delta u(n) = K_p \Delta e(n) + K_i e(n) + K_d \Delta(\Delta e(n)) \quad (29)$$

Trong đó :

$$e(n) = y_d(n) - y(n) \quad (30)$$

$$\Delta e(n) = e(n) - e(n-1) \quad (31)$$

$$\Delta(\Delta e(n)) = \Delta e(n) - \Delta e(n-1) = e(n) - 2e(n-1) + e(n-2) \quad (32)$$

Thay vào biểu thức tính độ biến thiên ngõ ra của bộ điều khiển:

$$\Delta u(n) = K_p [e(n) - e(n-1)] + K_i e(n) + K_d [e(n) - 2e(n-1) + e(n-2)] \quad (33)$$

Tín hiệu ngõ ra của mạng thần kinh xuyên tâm RBF là các tín hiệu sử dụng để hiệu chỉnh các giá trị  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  sao cho hệ thỏa đạt được chất lượng tối ưu.

$$E(n) = \frac{1}{2} [e(n)]^2 = \frac{1}{2} [y_d(n) - y(n)]^2 \quad (34)$$

Các tham số của bộ điều khiển PID được điều chỉnh dựa trên phương pháp suy giảm độ dốc với các công thức sau:

Hệ số  $K_p$ :

$$\Delta K_p(n) = -\mu_{kp} \frac{\partial E(n)}{\partial K_p} = -\mu_{kp} \frac{\partial E(n)}{\partial y} \cdot \frac{\partial y}{\partial \Delta u} \cdot \frac{\partial \Delta u}{\partial K_p} = \mu_{kp} e(n) \cdot \frac{\partial y}{\partial \Delta u} \cdot [e(n) - e(n-1)] \quad (35)$$

$$K_p(n) = K_p(n-1) + \Delta K_p(n) \quad (36)$$

Hệ số  $K_i$ :

$$\Delta K_i(n) = -\mu_{ki} \frac{\partial E(n)}{\partial K_i} = -\mu_{ki} \frac{\partial E(n)}{\partial y} \cdot \frac{\partial y}{\partial \Delta u} \cdot \frac{\partial \Delta u}{\partial K_i} = \mu_{ki} e(n) \cdot \frac{\partial y}{\partial \Delta u} \cdot e(n) \quad (37)$$

$$K_i(n) = K_i(n-1) + \Delta K_i(n) \quad (38)$$

Hệ số  $K_d$ :

$$\Delta K_d(n) = -\mu_{kd} \frac{\partial E(n)}{\partial K_d} = -\mu_{kd} \frac{\partial E(n)}{\partial y} \cdot \frac{\partial y}{\partial \Delta u} \cdot \frac{\partial \Delta u}{\partial K_d} = \mu_{kd} e(n) \cdot \frac{\partial y}{\partial \Delta u} \cdot [e(n) - 2e(n-1) + e(n-2)] \quad (39)$$

$$K_d(n) = K_d(n-1) + \Delta K_d(n) \quad (40)$$

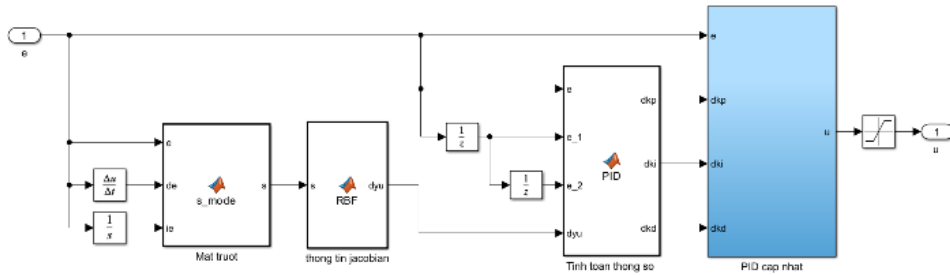
Trong đó thông số Jacobian  $\frac{\partial y}{\partial \Delta u}$  được xác định bởi mạng thần kinh RBF.

Ngõ ra của bộ điều khiển:

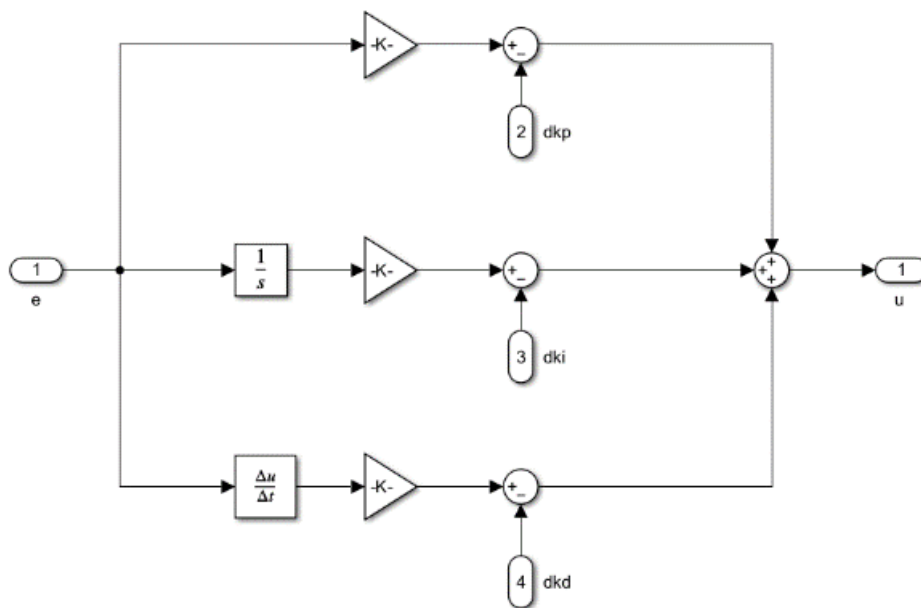
$$u(n) = u(n-1) + \Delta u(n) \quad (41)$$

## 4 KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

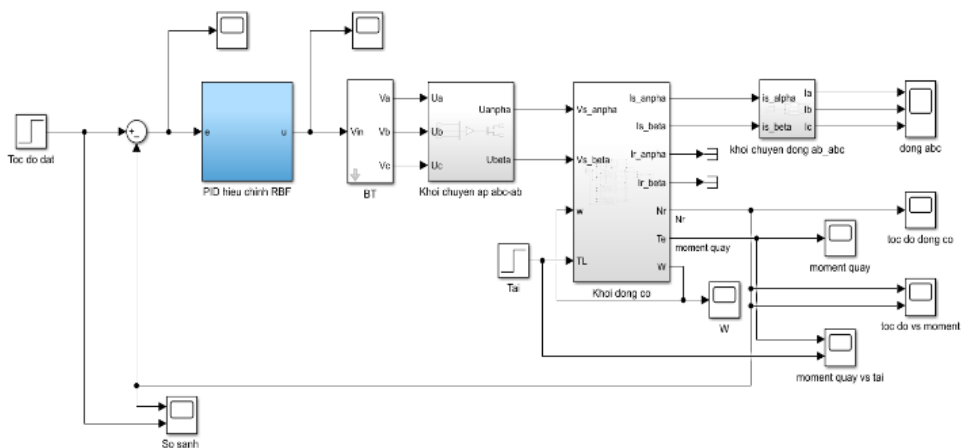
### 4.1 Mô hình hóa mô phỏng hệ thống trên Matlab



Hình 5. Bộ điều khiển PID hiệu chỉnh bằng mạng thần kinh RBF



Hình 6. Bộ PID cập nhật thông số

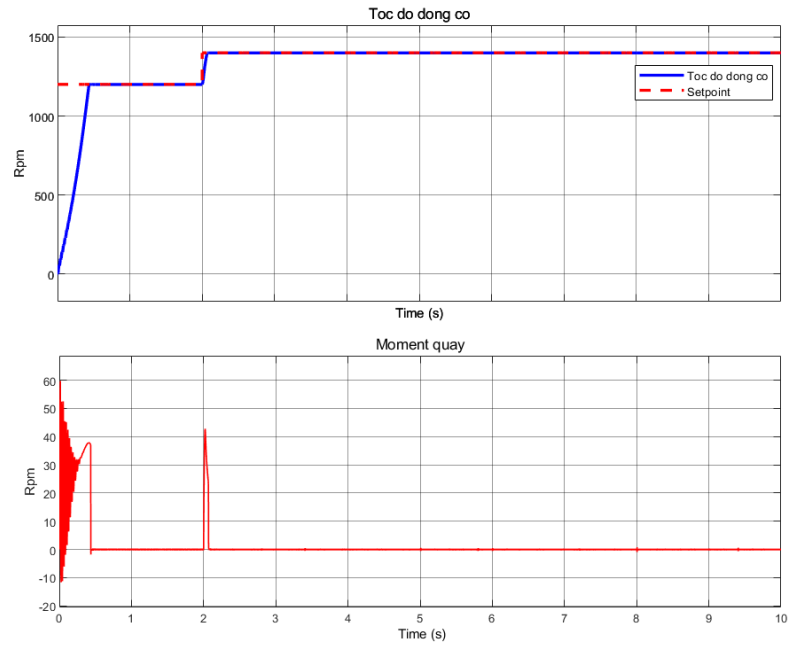


Hình 7. Sơ đồ khối mô hình

## 4.2 Kết quả mô phỏng

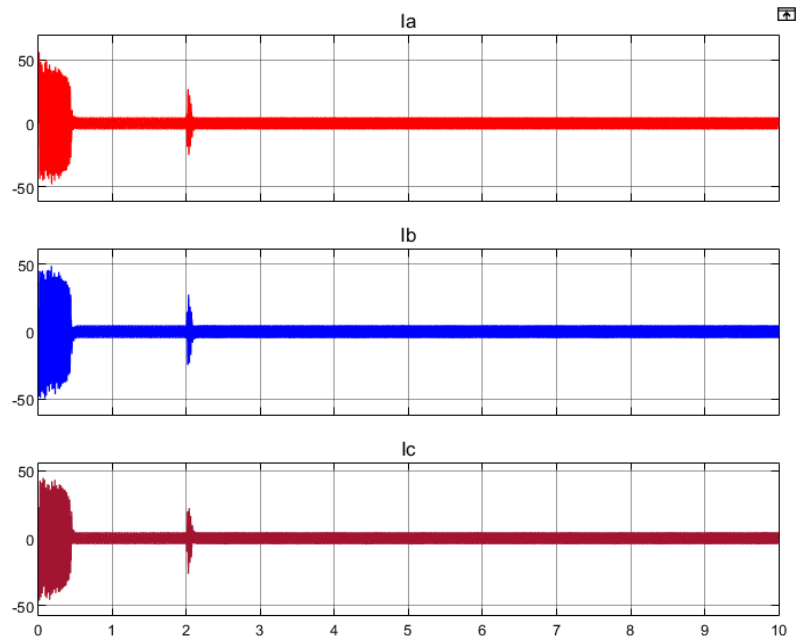
a) Mô phỏng chạy không tải

- Tốc độ và mô-men động cơ:



Hình 8. Tốc độ và mô-men động cơ chạy không tải

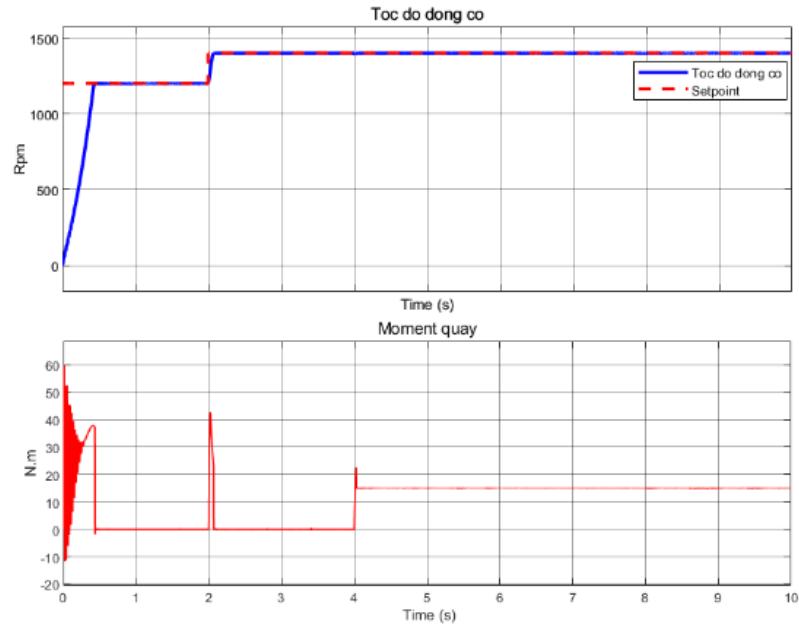
- Dòng điện



Hình 9. Dòng điện động cơ chạy không tải

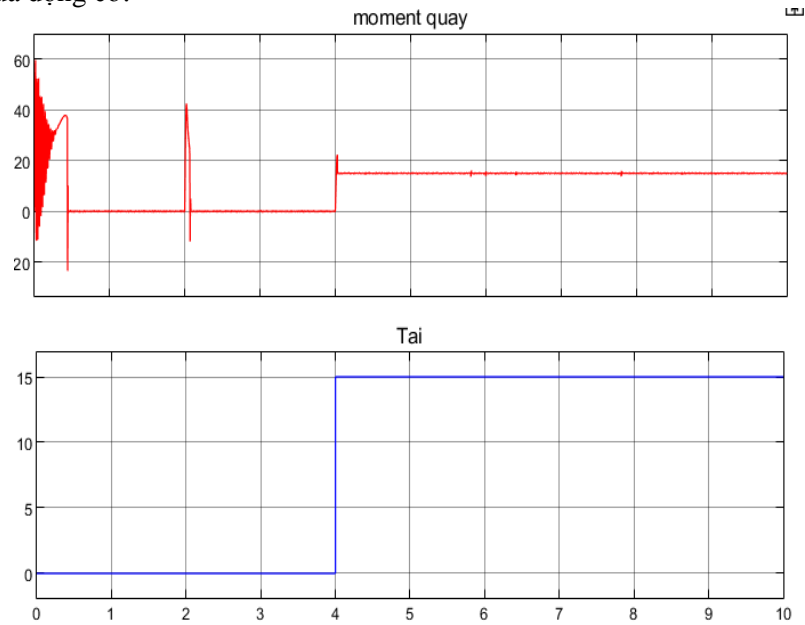
b) Mô phỏng chạy có tải

- Tốc độ và mô-men của động cơ:



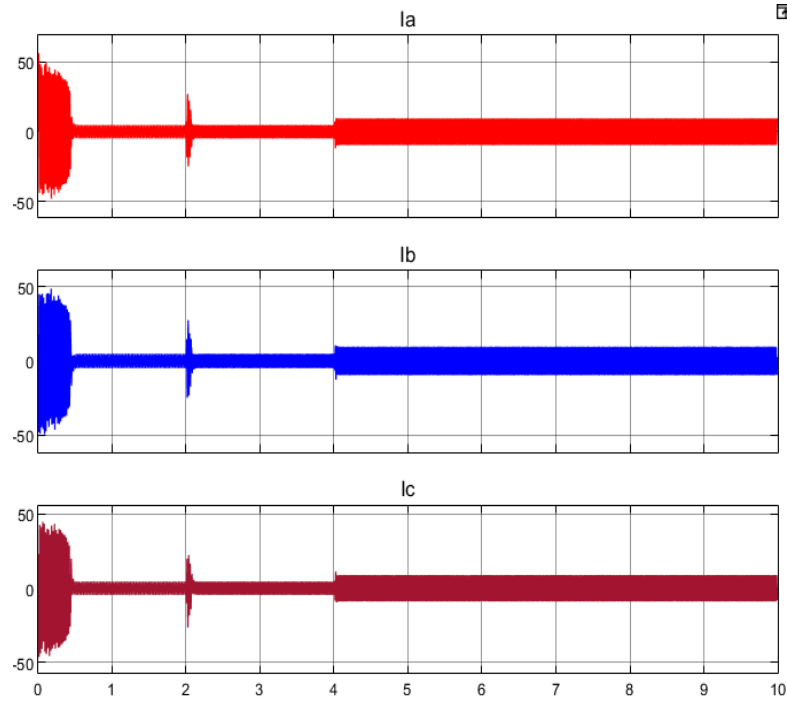
Hình 10. Tốc độ và mô-men động cơ chạy với tải thay đổi

- Tải và mômen của động cơ:



Hình 11. Tải và mô-men động cơ

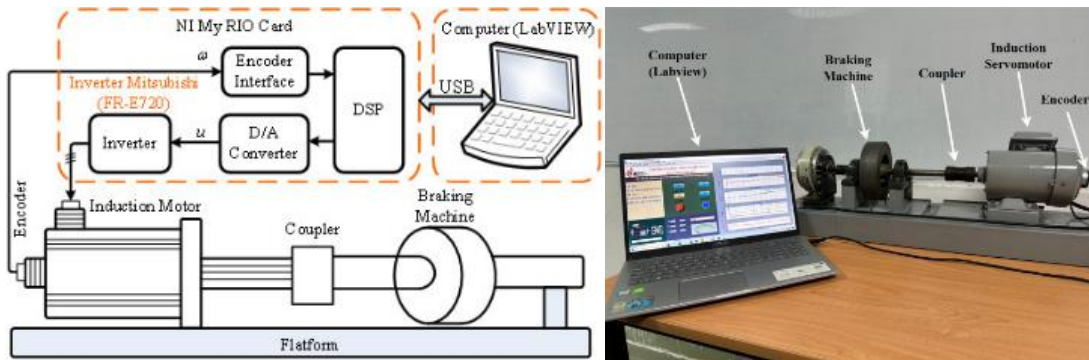
- Dòng điện:



Hình 12. Dòng điện động cơ khi tải thay đổi

## 5 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH

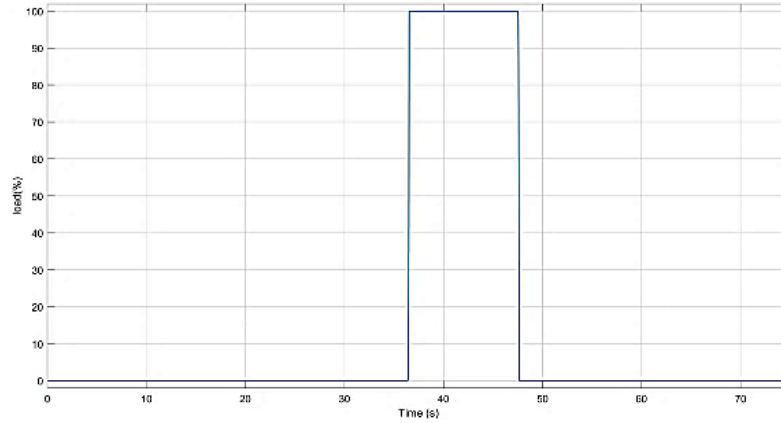
Trong phần này, hệ thống điều khiển đề xuất được áp dụng cho điều khiển theo dõi tốc độ động cơ AC servo. Ngoài ra để thấy rõ tính ưu việt của giải thuật đề xuất, bộ điều khiển PID thủ công được đưa ra để so sánh.



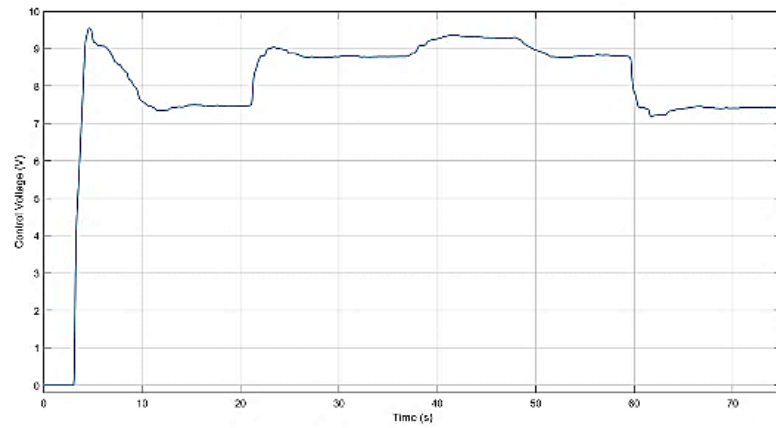
Hình 13. Hệ thống điều khiển truyền động cho động cơ AC servo

Hình 14. Mô hình thí nghiệm thực tế

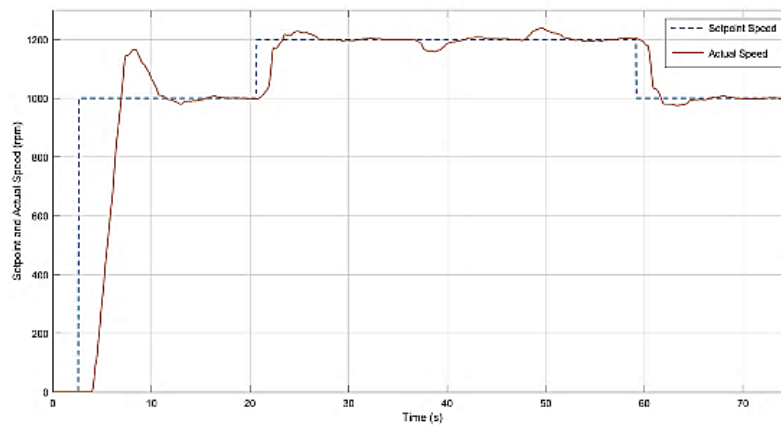
### 5.1 Kết quả thực nghiệm với PID



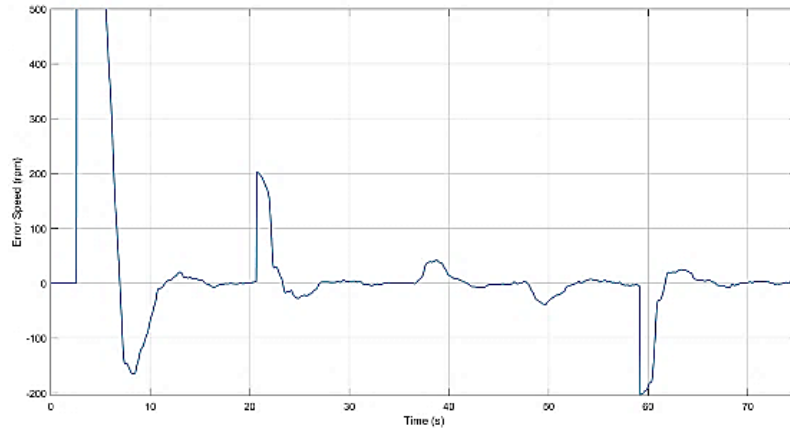
a)



b)



c)



d)

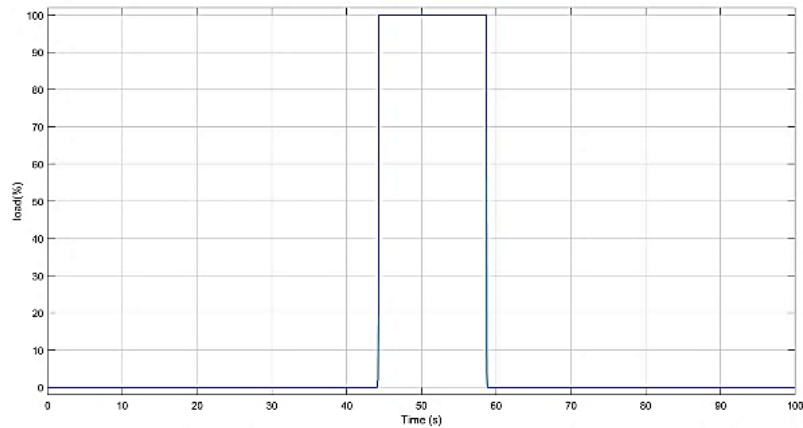
Hình 15. Kết quả thực nghiệm của bộ điều khiển PID

a) Tải, b) Điện áp điều khiển, c) Tốc độ đặt và Tốc độ thực, d) Sai số tốc độ

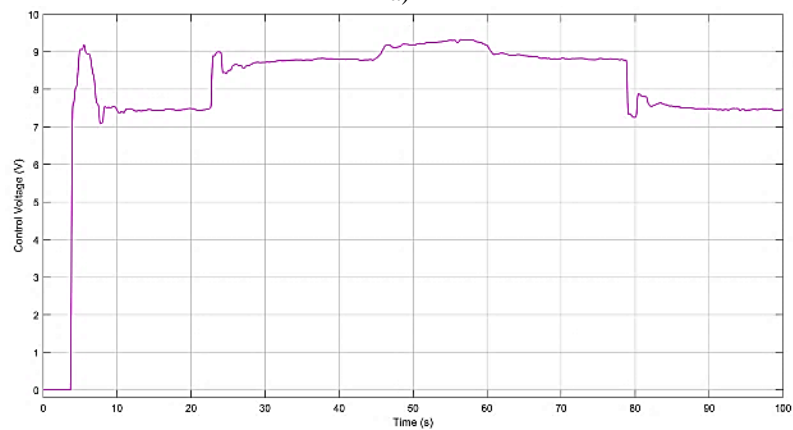
Nhận xét với bộ điều khiển PID truyền thống:

- Tốc độ ổn định khi chạy động cơ với setpoint ban đầu, nhưng khi thay đổi setpoint các hệ số của bộ điều khiển không còn tối ưu nữa làm giảm chất lượng điều khiển.
- Đáp ứng tiêu chí điều khiển với tải thay đổi.

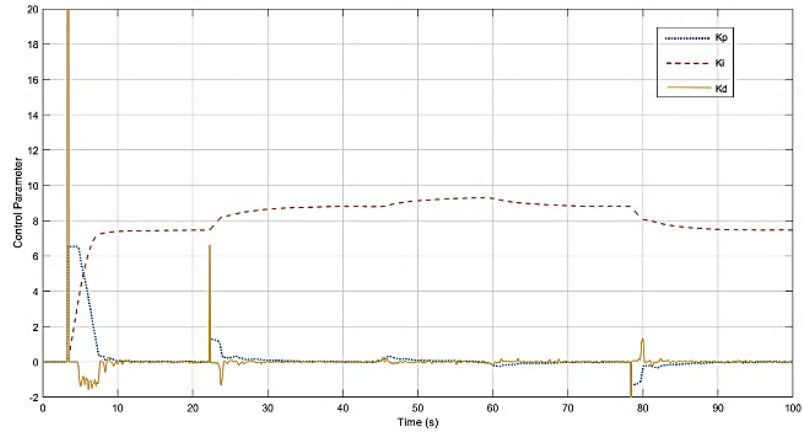
## 5.2 Kết quả thực nghiệm với PID thích nghi RBF



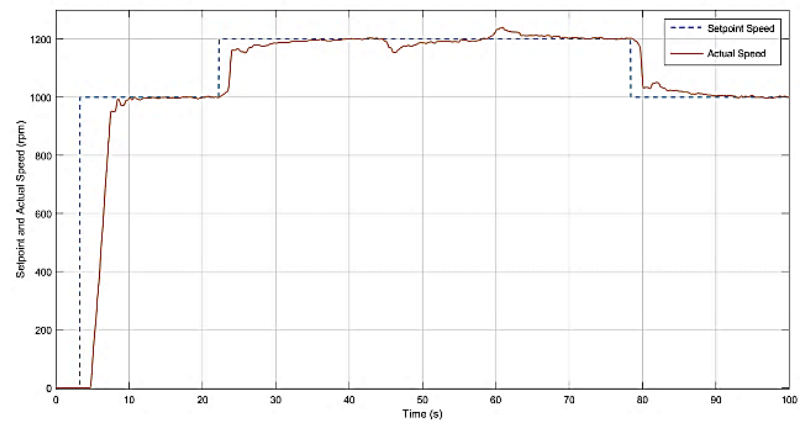
a)



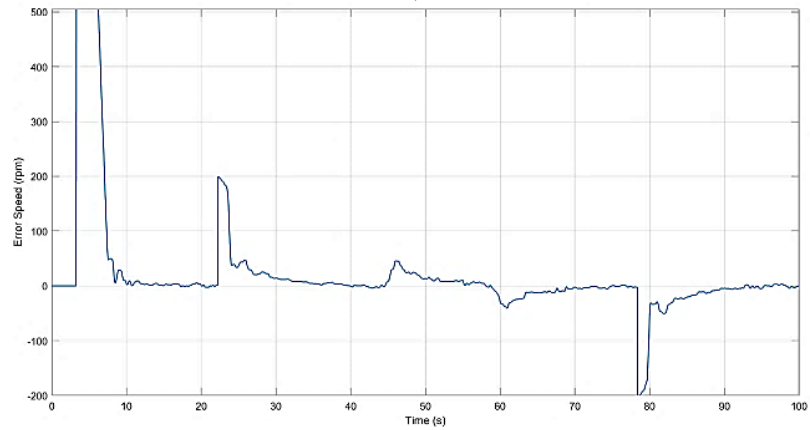
b)



c)



d)



e)

Hình 16. Kết quả thực nghiệm của bộ điều khiển PID thích nghi RBF

a) Tải, b) Điện áp điều khiển, c) Các thông số  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ , d) Tốc độ đặt và Tốc độ thực, e) Sai số tốc độ

Nhận xét với bộ điều khiển PID thích nghi RBF:

- Tốc độ ổn định, khi thay đổi setpoint thì các hệ số của bộ điều khiển thích nghi với setpoint mới nhanh và ổn định, độ chính xác cao.
- Đáp ứng chất lượng điều khiển với tải thay đổi.
- Các hệ số  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  thay đổi thích nghi phù hợp với quy luật giảm sai số bám.



Bảng 1. So sánh chất lượng đáp ứng của hai bộ điều khiển PID truyền thống và PID hiệu chỉnh bằng mạng hàm cơ sở xuyên tâm RBF

Chi tiêu	Thay đổi tốc độ		Thay đổi tải	
	PID	PID-RBF	PID	PID-RBF
Độ vọt lố (%)	16.4	0	3.1	3.25
Thời gian tăng (s)	2.25	2.3	1.1	1
Thời gian xác lập (s)	8.1	5.6	4.1	4.5
Sai số xác lập (%)	0.1	0.1	0.1	0.1

## 6 KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày bộ điều khiển PID thích nghi dựa trên mạng hàm cơ sở xuyên tâm (RBF), đóng góp được thêm giải thuật để điều khiển các hệ thống phi tuyến, có thể ứng dụng để điều khiển robot, con lắc đơn, các hệ thống băng tải, thang máy cần ổn định tốc độ.

Theo như kết quả đã thực hiện và quan sát, các thông số của bộ điều khiển PID thích nghi có thể tự động hiệu chỉnh và cập nhật online khi có thay đổi thông số hệ thống (thay đổi tải, tốc độ động cơ) để thỏa mãn chỉ tiêu chất lượng điều khiển. Bộ điều khiển đề xuất đã hiệu chỉnh các thông số bộ điều khiển PID đạt được mục tiêu thích ứng với các thay đổi về tốc độ và thay đổi tải, làm tăng hiệu quả trong điều khiển tốc độ động cơ.

Ưu điểm của phương pháp này là có thiết kế đơn giản và hiệu chỉnh trực tiếp các thông số trong tình huống chưa biết trước, không mất thời gian để huấn luyện mạng như phương pháp offline và dễ dàng đáp ứng được các chỉ tiêu chất lượng điều khiển. Còn với bộ điều khiển PID thủ công, có nhược điểm là khi thay đổi setpoint thì bộ thông số  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  không còn tối ưu nữa (thậm chí có thể mất ổn định), vì vậy phải xác định bộ thông số một lần nữa.

Tuy nhiên, do việc tìm được hệ số học phù hợp cho hệ thống còn phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của người điều khiển nên giải thuật cần một quãng thời gian chạy và thử sai. Trong nghiên cứu tiếp theo, phương pháp sử dụng hệ số học thích nghi được sử dụng để cập nhật các hệ số học trong bộ điều khiển. Điều này sẽ rút ngắn thời gian hiệu chỉnh bộ điều khiển ban đầu, giúp người dùng dễ dàng sử dụng hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Wei and W. Yaonan, An adaptive fuzzy control for AC servo system, *Proceedings of the Fifth International Conference on Electrical Machines and Systems*, vol. 2, no. 1, pp. 782-786, 2001.
- [2] Y.Zhang, P.Y.Peng and Z.P.Jiang, Stable Neural Controller Design for Unknown Nonlinear Systems Using Backstepping, *Transactions on Neural Networks*, vol. 11, no. 6, pp. 1347-1360, November 2000.
- [3] Y.Li, S.Qiang, X.Zhuang, and O.Kaynak, Robust and Adaptive Backstepping Control for Nonlinear Systems Using RBF Neural Networks, *Transactions on Neural Networks*, vol. 15, no. 3, pp. 693-701, May 2004.
- [4] S.S.Ge and C.Wang, Adaptive Neural Control of Uncertain MIMO Nonlinear Systems, *Transactions on Neural Networks*, vol. 15, no. 3, pp. 674-692, may 2004.
- [5] D.Wang and J.Hung, Neural Network-Based Adaptive Surface Control for a Class of Uncertain Nonlinear Systems in Strict-Feedback Form, *Transactions on Neural Networks*, vol. 16, no. 1, pp. 195-202, January 2005.
- [6] C.C.Chan and H.Q.Wang, New scheme of sliding-mode control for high performance induction motor drives, *Elect. Power Applications*, vol. 143, no. 3, pp. 177—185, May 1996.
- [7] F.J.Lin, R.J.Wai, C. H. Lin and D. C. Liu, Sensorless Induction Motor Drive with Neuro-Fuzzy Observer for Uncertainty Estimation, *Transactions on Industrial Electronics*, vol. 47, no. 2, pp. 356-367, April 2000.
- [8] P.Hou, X.Wang and Y.Sheng, Research on Flux-Weakening Control System of Interior Permanent Magnet Synchronous Motor Based on Fuzzy Sliding Mode Control, *2019 Chinese Control And Decision Conference*, 2019.

- [9] G.A.Montazer, D.Giveki, M.Karami and H.Rastegar, Radial Basis Function Neural Networks: A Review, *Computer Reviews Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 52-74, 2018.
- [10] U.Y.Huh and J.H.Lee, Modified Sliding Mode Speed Control Scheme for AC Servo Motors, *Industrial Electronics*, vol. 2, no.3, pp. 730-735, 1995.
- [11] X.Kong, X.Chen, and J.Guan, Design of PID Controller Based on Radial Basis Function Neural Network for Steam Generator Level Control, *Control and Information Technology*, vol. 16, no. 5, pp. 15-26, 2016.
- [12] Q.Guo and D.Jiang, Research on PID Control for Motion of Rehabilitation Robot, *International Conference on Control Engineering and Communication Technology*, pp. 394-397, 2012.
- [13] S.Suklabaidya, K.Lochan, and B.K.Roy, Sliding mode and adaptive sliding mode control approaches of two link flexible manipulator, *Advances in robotics*, vol. 2 , no. 58, pp. 1-6, 2015.
- [14] J.Duan, S.Wang and L.Sun, Backstepping Sliding Mode Control Of A Permanent Magnet Synchronous Motor Based, *Electrical Engineering and Automation*, vol. 12, no. 21, pp. 1-13, 2022.

YSC5.F138

## NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ BỘ SẠC NHANH CHO XE ĐIỆN ỨNG DỤNG VI ĐIỀU KHIỂN TMS320F28379D

HỒ CÔNG TRÌNH<sup>1</sup>, TRẦN TẤN TÀI<sup>1\*</sup>, VÕ NGỌC HUYỀN TRÂM<sup>1</sup>,  
NGUYỄN HOÀI PHONG<sup>1</sup>, CHÂU MINH THUYỀN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
\*trantantai@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Xe điện (EV) đang trở nên phổ biến hơn do những lợi ích về môi trường và kinh tế của chúng. Tuy nhiên, một trong những thách thức chính mà xe điện phải đối mặt là thời gian sạc lâu và số lượng trạm sạc còn hạn chế. Bài báo này trình bày nghiên cứu, thiết kế bộ sạc nhanh cho xe điện sử dụng vi điều khiển TMS320F28379D. Bộ sạc nhanh bao gồm bộ chỉnh lưu, bộ chuyển đổi tăng áp PFC và bộ chuyển đổi DC-DC cách ly. Bộ điều khiển kiểm soát dòng điện sạc, dòng điện lưới và quá trình sạc bằng các kỹ thuật xử lý tín hiệu số thực hiện trên vi điều khiển TMS320F28379D. Bộ sạc nhanh có thể sạc cho pin xe điện 36 V, nâng cao hệ số công suất đầu vào và đảm bảo an toàn trong quá trình hoạt động. Hiệu suất của bộ sạc được đánh giá bằng kết quả mô phỏng và thực nghiệm.

**Từ khóa.** Xe điện, sạc nhanh, nâng cao hệ số công suất.

### RESEARCH AND DESIGN FAST CHARGER FOR ELECTRIC VEHICLES USING TMS320F28379D MICROCONTROLLER

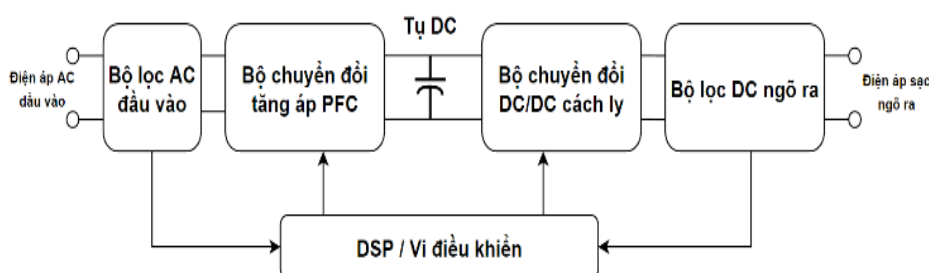
**Abstract.** Electric vehicles (EVs) are becoming more popular due to their environmental and economic benefits. However, one of the main challenges facing electric vehicles is the long charging time and the limited number of charging stations. This paper presents the research and design of a fast charger for electric vehicles using the TMS320F28379D microcontroller. The fast charger consists of a rectifier, a PFC boost converter and an isolated DC-DC converter. The controller controls the charging current, grid current and charging process using digital signal processing techniques implemented on the TMS320F28379D microcontroller. The fast charger can charge 36V electric vehicle batteries, improving the input power factor and ensuring safety during operation. The performance of the charger is evaluated by simulation and experimental results.

**Keywords.** Electric vehicles (EVs), Fast charge, Power factor correction (PFC).

## 1 GIỚI THIỆU

Ngoài những ý nghĩa tích cực về mặt môi trường, các phương tiện sử dụng điện có những ưu điểm vượt trội hơn so với động cơ truyền thống. Chúng có momen lớn, khả năng tăng tốc tốt, hiệu suất chuyển đổi năng lượng cao hơn từ 2 - 5 lần so với động cơ đốt trong [1], cộng với việc chi phí nhiên liệu và bảo dưỡng cũng thấp hơn do có ít các thành phần chuyển động trên xe. Điều đó cho thấy vận hành một chiếc xe điện mang lại rất nhiều lợi ích cũng như tiết kiệm nhiều khoản chi phí khác nhau. Pin lưu trữ (thường là Lithium-Ion) chắc chắn là thành phần quan trọng nhất của xe điện, vì chi phí, trọng lượng cũng như độ tin cậy và phạm vi lái của xe bị ảnh hưởng mạnh bởi các đặc tính pin [2], [3]. Ngoài ra, pin phải được quản lý và đặc biệt là sạc lại đúng cách để khai thác tối đa công suất và duy trì tuổi thọ của pin. Một trong những hạn chế của nó là phạm vi hoạt động và mất nhiều thời gian để sạc pin điện hơn so với các phương tiện truyền thống. Đối với thị trường đầy hứa hẹn này, công nghệ sạc nhanh nhận được nhiều sự quan tâm cao từ cả nhà sản xuất và giới học thuật, trong đó bộ chuyển đổi công suất đóng vai trò không thể thiếu trong hệ thống sạc. Bộ sạc chậm thường hoạt động ở mức 0.1-0.2C, trong khi tốc độ sạc nhanh thường đạt mức 1-2C [9].

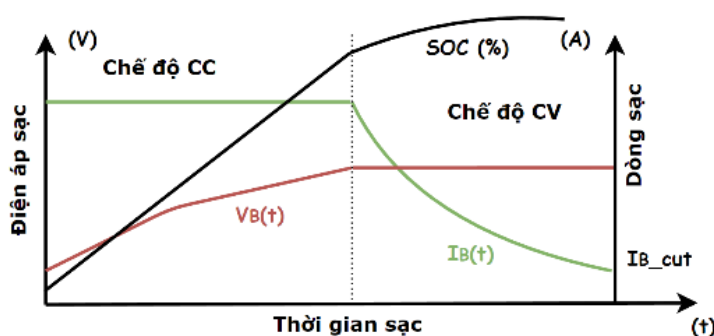
Cấu trúc của một bộ sạc cơ bản bao gồm một bộ chuyển đổi AC-DC có hiệu chỉnh hệ số công suất (PFC), tiếp theo là bộ chuyển đổi DC-DC và bộ lọc đầu ra, như Hình 1. Bộ sạc nhanh về cơ bản là một bộ nguồn cung cấp điện AC/DC được điều khiển, lấy điện từ lưới điện AC 1 pha hoặc 3 pha chuyển đổi thành dòng điện DC phù hợp để nạp cho pin. Công suất sạc cho các bộ pin trên xe điện từ vài trăm kW đến vài trăm nghìn kW nên ảnh hưởng của bộ chuyển đổi đối với lưới điện rất đáng kể. Do đó, đầu vào của bộ chuyển đổi thường được hiệu chỉnh hệ số công suất nhằm tránh tổn thất điện năng và tối ưu các thành phần cấp nguồn. Điều này có thể thực hiện bằng cách sử dụng cầu chỉnh lưu kết hợp với mạch PFC tích cực. Mục tiêu của nó là điều chỉnh sao cho dòng điện đầu vào cùng pha và bám theo dạng hình sin của điện áp đầu vào, từ đó nâng hệ số công suất lên gần bằng 1 và giảm độ méo dạng hài THD gần về 0. Tiếp theo là các bộ chuyển đổi DC-DC, đa số các bộ chuyển đổi nguồn cho ứng dụng sạc pin này sử dụng một máy biến áp cao tần để cách ly với EMI đầu vào, bảo vệ nguồn và tải khi có sự cố, tăng hiệu suất. Một đặc điểm nữa là tỉ lệ chuyển đổi cao hơn các bộ chuyển đổi DC-DC thông thường, không bị giới hạn bởi tỉ lệ chu kỳ D.



Hình 1. Cấu trúc chung của các bộ chuyển đổi cho ứng dụng sạc Pin

Quá trình sạc nhanh cho pin lithium-ion được đặc trưng bởi hai giai đoạn chính: dòng điện không đổi (CC) và điện áp không đổi (CV), như thể hiện trong Hình 2. Pin được sạc bằng dòng điện không đổi cho đến khi điện áp đạt đến mức định trước. Từ thời điểm này, điện áp được giữ không đổi trong khi dòng điện giảm dần cho đến khi dung lượng pin được nạp đầy 100% [10]. Do đó, giai đoạn đầu ra của bộ sạc phải có khả năng hoạt động dưới dạng nguồn dòng hoặc nguồn điện áp và được triển khai thông qua giai đoạn chuyển đổi DC-DC.

Bài báo trình bày thiết kế, mô phỏng và điều khiển một bộ chuyển đổi AC-DC cho ứng dụng sạc nhanh trên xe điện sử dụng bộ pin 36V, công suất 150W. Cấu hình được đề xuất bao gồm một bộ chuyển đổi PFC AC/DC truyền thống và bộ chuyển đổi DC/DC Thuận 2 khóa, các trạng thái sạc và điều khiển công suất chuyển đổi được thực hiện trên bộ xử lý tín hiệu số TMS320F28379D.

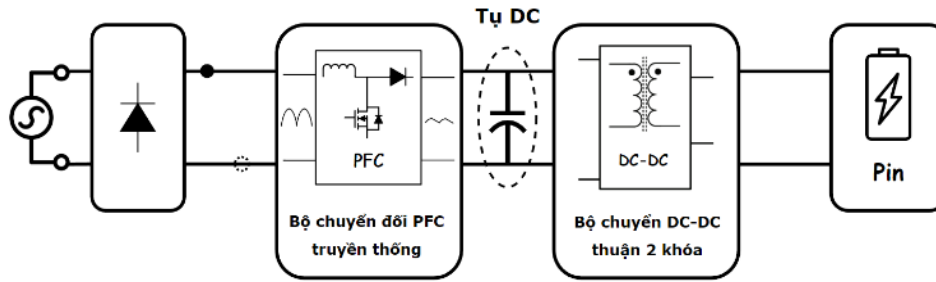


Hình 2. Các chế độ sạc nhanh của pin Lithium-ion

## 2 BỘ CHUYỂN ĐỔI PFC TRUYỀN THỐNG VÀ THUẬN 2 KHÓA

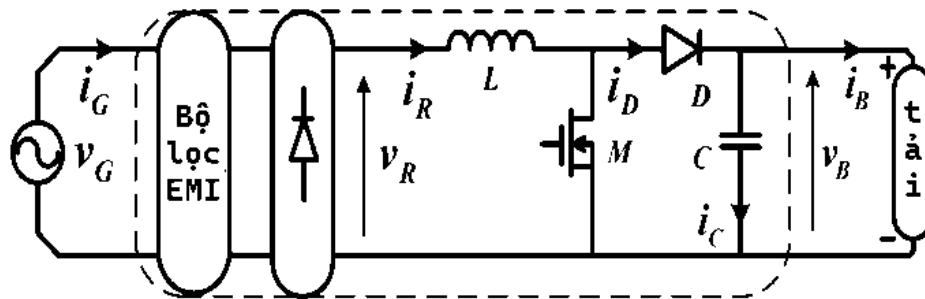
Bộ chuyển đổi tăng áp PFC phía trước, theo sau là bộ chuyển đổi thuận hai khóa là tổ hợp được đề xuất sử dụng. Bộ chuyển đổi PFC phía trước được sử dụng vì nó làm giảm sóng hài dòng điện giảm với hiệu chỉnh hệ số công suất. Bộ điều chỉnh PFC tích cực sử dụng công tắc bán dẫn và các phần tử lưu trữ năng lượng (cuộn cảm và/ hoặc tụ điện) để định hình dòng điện đầu vào sao cho nó có dạng điện áp đầu vào trong khi cung cấp điện áp đầu ra có thể điều chỉnh. Với nhiều ưu điểm và tính ứng dụng cao, đây là loại PFC phổ

biến nhất được sử dụng trong các bộ nguồn hiện nay. Thiết kế chi tiết của bộ chuyển đổi tăng áp PFC được mô tả trong [4]. Cấu trúc bộ chuyển đổi được thể hiện trong Hình 3.



Hình 3. Cấu hình được đề xuất sử dụng cho bộ sạc

## 2.1 Cấu hình và tính toán thiết kế bộ chuyển đổi PFC truyền thống



Hình 4. Sơ đồ khối bộ chuyển đổi tăng áp PFC

Hình 4 cho thấy sơ đồ khối của bộ chuyển đổi tăng áp PFC trong bộ sạc pin EV. Mối quan hệ giữa điện áp AC đầu vào và điện áp ngõ ra:

$$\frac{V_o}{V_{IN}} = \frac{1}{1-d} \quad (1)$$

Dòng điện đầu vào trung bình [6]:

$$I_{L,avg} = \frac{P_o}{V_{AC,MIN}} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \quad (2)$$

Dòng điện trung bình qua đi-ốt [6]:

$$I_{D,avg} = \frac{P_o}{V_o} \quad (3)$$

Dòng điện đỉnh qua cuộn cảm:

$$I_{L,pk} = \left( \frac{\sqrt{2}P_o}{V_{AC,MIN}} \right) \cdot \left( 1 + \frac{\% ripple}{2} \right) \quad (4)$$

Cuộn cảm đầu vào và tụ lọc ngõ ra:

$$L = \frac{1}{\% ripple} \cdot \frac{V_{AC,MIN}^2}{P_o} \left( 1 - \frac{\sqrt{2}V_{AC,MIN}}{V_o} \right) \cdot T \quad (5)$$

$$C_o = \frac{P_o}{2\pi \cdot f_{line} \cdot \Delta V_o \cdot V_o} \quad (6)$$

Trong đó:

$V_o$  : Điện áp một chiều ngõ ra

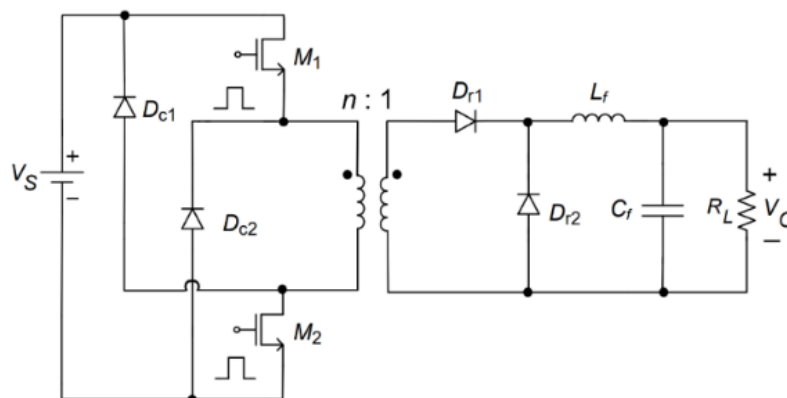
$\Delta V_o$  : Độ gợn điện áp ngõ ra

- $V_m$  : Điện áp đầu vào
- $P_o$  : Công suất ngõ ra
- $V_{AC}$  : Điện áp xoay chiều đầu vào
- %Ripple : Độ gợn dòng điện qua cuộn cảm
- $f_{line}$  : Tần số nguồn điện xoay chiều đầu vào

## 2.2 Cấu hình và tính toán thiết kế bộ chuyển đổi thuận 2 khóa

Bộ chuyển đổi thuận 2 khóa được mô tả trong Hình 5. Hai khóa bán dẫn MOSFET  $M_1$  và  $M_2$ . Hai diốt khử từ  $D_{C1}$  và  $D_{C2}$  được kết nối qua nguồn điện áp đầu vào và cuộn sơ cấp máy biến áp. Hai diốt  $D_{r1}$ ,  $D_{r2}$  ở phía thứ cấp máy biến áp là diốt chỉnh lưu. Phương pháp này sử dụng hai diốt khử từ để đặt lại lõi của máy biến áp.

Hai khóa bán dẫn được điều khiển đóng cắt đồng thời. Sau đó, hai diốt khử từ  $D_{C1}$  và  $D_{C2}$  được phân cực thuận và đưa năng lượng từ hóa trong máy biến áp trở lại nguồn điện áp đầu vào  $V_s$ . Các diốt kẹp kết nối các cực cổng của công tắc  $M_1$  và  $M_2$  với nguồn  $V_s$ . Do đó, ngay cả khi điện áp thoát của các công tắc phía trên  $V_s$  tăng lên một chút cũng khiến các diốt tiến hành kẹp chúng bằng với  $V_s$  [7].



Hình 5. Bộ chuyển đổi thuận 2 khóa

Việc đặt lại lõi máy biến áp rất quan trọng để vận hành an toàn bộ chuyển đổi Forward hai khóa. Nếu lõi không được đặt lại hoàn toàn, ngày càng nhiều năng lượng sẽ được tích lũy trong lõi máy biến áp trong các chu kỳ chuyển mạch tiếp theo, làm cho lõi bão hòa và dẫn đến hỏng bộ chuyển đổi [7]. Do đó, có một giá trị tối đa cho phép của hệ số chu kỳ làm việc  $D_{r,max} = 0.5$  mà người ta nên tránh để đảm bảo bộ chuyển đổi hoạt động an toàn.

Hàm truyền điện áp DC có thể có giá trị lớn nhất và nhỏ nhất sau [7]:

$$[M(D)]_{\max} = \frac{V_{O,\max}}{V_{in}} \quad (7)$$

$$[M(D)]_{\min} = \frac{V_{O,\min}}{V_{in}} \quad (8)$$

Tỷ số vòng dây của máy biến áp [7]:

$$n = \frac{\eta_c \cdot D_{r,\max}}{[M(D)]_{\max}} \quad (9)$$

Dòng điện đỉnh chạy qua cuộn sơ cấp máy biến áp [7]:

$$I_{P,\max} = \frac{I_{Dr1}}{n} \quad (10)$$

Dòng điện đỉnh qua cuộn cảm từ hóa được giả định là 10% dòng điện đỉnh của cuộn sơ cấp [7]:

$$\Delta I_{Lmag} = 10\% I_{P,max} \quad (11)$$

Giá trị điện cảm nhỏ nhất của cuộn cảm từ hóa sơ cấp máy biến áp [7]:

$$L_{mag} \geq \frac{D_{r,min} \cdot V_o}{f \cdot \Delta I_{Lmag}} \quad (12)$$

Tỉ lệ chu kỳ chuyển mạch:

$$D_{r,max} = \frac{n \cdot [M(D)]_{max}}{\eta_c} \quad (13)$$

$$D_{r,min} = \frac{n \cdot [M(D)]_{min}}{\eta_c} \quad (14)$$

Dòng điện qua hai đi-ốt chỉnh lưu:

$$I_{Dr1} = I_{Dr2} = I_o + \Delta I_o \quad (15)$$

Dòng điện qua hai đi-ốt kẹp:

$$I_{DC1} = I_{DC2} = \Delta I_{Lmag} \quad (16)$$

Bộ lọc ngõ ra:

$$L_{f,min} \geq \frac{V_o(1 - D_{r,min})}{\Delta i_o \cdot f} \quad (17)$$

$$C_f \geq \frac{1 - D_{r,min}}{2f \cdot R_{Cf}} \quad (18)$$

Trong đó:

$V_o$  : Điện áp ngõ ra

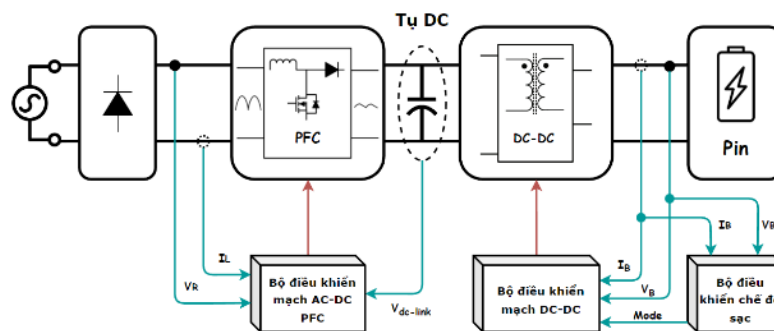
$I_o$  : Dòng điện ngõ ra

$V_m$  : Điện áp đầu vào

$\eta_c$  : Hiệu suất máy biến áp

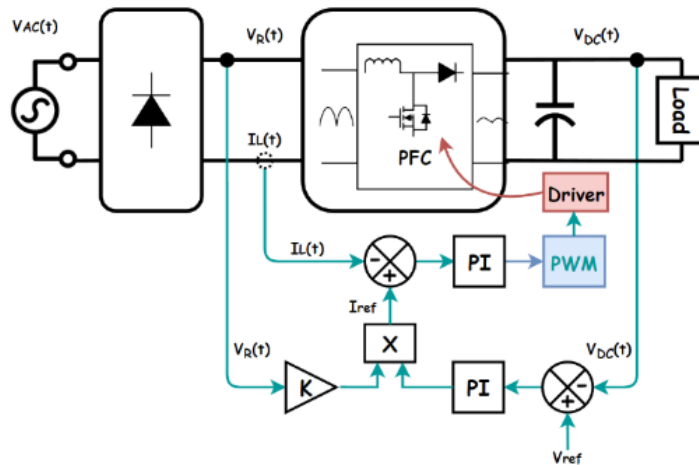
### 3 THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN

Bộ điều khiển bao gồm 2 phần chính: Điều khiển cho phần biến đổi PFC AC-DC, điều khiển cho phần biến đổi DC-DC. Trong đó phần điều khiển DC-DC bao gồm bộ điều khiển công suất sạc cho pin. Cấu trúc tổng quát bộ điều khiển được thể hiện trong Hình 6.



Hình 6. Cấu trúc tổng quát bộ điều khiển của mô hình

### 3.1 Cấu trúc bộ điều khiển PFC AC/DC



Hình 7. Cấu trúc bộ điều khiển mạch PFC

Bộ chuyển đổi đảm bảo điện áp đầu ra duy trì không đổi bất chấp sự thay đổi của điện áp đầu vào hoặc tải. Bên cạnh đó, nó làm cho dòng điện đầu vào bám theo sự thay đổi của điện áp đầu vào, với trạng thái dòng điện có cùng pha và cùng dạng sóng hình sin. Theo cách này, một vòng điều khiển sẽ không đáp ứng được yêu cầu của toàn hệ thống. Thông thường phương pháp xử lý là sử dụng bộ điều khiển kép. Vòng ngoài hoạt động như vòng điều khiển điện áp và vòng trong là vòng điều khiển dòng điện. Vòng ngoài duy trì điện áp đầu ra không đổi, trong khi vòng bên trong đảm bảo dòng điện đầu vào của hệ thống theo dõi hình dạng của điện áp đầu vào. Đầu ra của vòng lặp bên ngoài được gửi đến vòng lặp bên trong dưới dạng đầu vào. Cấu trúc điều khiển hệ thống được thể hiện trong Hình 7.

Sau khi lấy mẫu, điện áp đầu ra  $V_{DC}$  được so sánh với điện áp tham chiếu  $V_{ref}$ , giá trị sai số điện áp được gửi đến bộ điều khiển PI của vòng điều khiển điện áp, trong đó  $V_{DC}$  và  $V_{ref}$  được cân bằng bằng thuật toán điều khiển tương ứng, để điện áp đầu ra  $V_{DC}$  có thể duy trì ổn định. Giá trị đầu ra của bộ điều khiển PI vòng điện áp được nhân với  $V_R$ , là giá trị của điện áp đầu vào. Vì hình dạng của giá trị điện áp đầu vào là hình sin sau đã qua chỉnh lưu, nên chúng ta thu được tín hiệu có dạng sóng hình sin chỉnh lưu. Ta đặt tín hiệu  $I_{ref}$  này làm tham chiếu của dòng điện qua cuộn cảm  $I_L$ , sai số gửi vào bộ điều khiển PI vòng lập dòng điện. Bằng thuật toán tương ứng,  $I_L$  và  $I_{ref}$  cũng được điều chỉnh gần bằng nhau. Như vậy chúng ta có thể giữ cho dòng điện đầu vào cùng pha với điện áp đầu vào và đạt được mục tiêu hiệu chỉnh hệ số công suất.

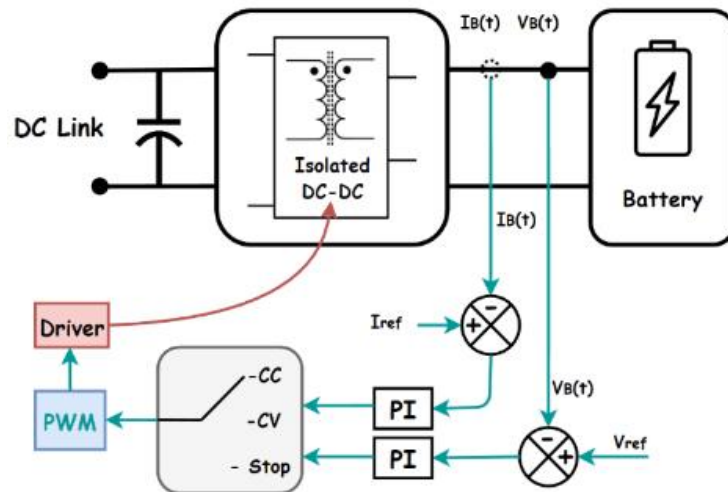
### 3.2 Cấu trúc bộ điều khiển DC/DC và trạng thái sạc

Mô hình sử dụng bộ chuyển đổi thuận 2 khóa vận hành ở chế độ CCM, cấu trúc này có 2 khóa được điều khiển ngắt đồng thời với nhau nên chỉ dùng một tín hiệu điều khiển. Như đã được đề cập, mô hình sử dụng chế độ CC/CV để sạc cho pin, vậy sẽ cần đến 2 vòng điều khiển riêng biệt nhau, một vòng điều khiển điện áp và một vòng điều khiển dòng điện. Bộ điều khiển PI được sử dụng để điều chỉnh điện áp và dòng điện sạc cho pin.

Ở đây, tại mỗi thời điểm chỉ có một vòng lặp hoạt động, tương ứng với mỗi chế độ sạc khác nhau. Điều này được thực hiện bởi một bộ điều khiển chế độ sạc, được thể hiện như Hình 8.

Ở chế độ CC, dòng điện sạc  $I_b$  được đặt ở một giá trị định mức. Khi điện áp pin  $V_b$  đạt đến giá trị tối đa, bộ điều khiển chuyển sang chế độ CV. Trong chế độ CV, dòng điện sạc giảm dần đến khi nó đạt được một giá trị xác định trước  $I_{b\_cut}$ , pin xem như đã được sạc đầy, ta chuyển trạng thái sang chế độ nghỉ.

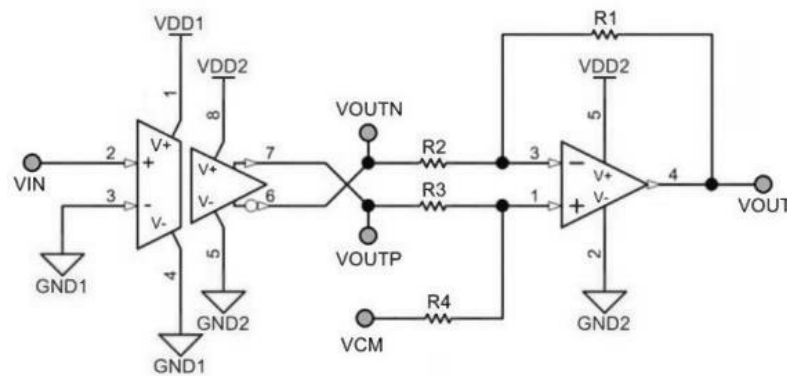




Hình 8. Cấu trúc bộ điều khiển mạch DC/DC và trạng thái sạc

### 3.3 Thiết kế mạch cảm biến

Để điều khiển các giá trị dòng điện và điện áp như mong muốn, ta cần sử dụng các mạch cảm biến để lấy các tín hiệu hồi tiếp từ mạch công suất. Để đạt được sự tuyến tính của tín hiệu cũng như an toàn, bộ cảm biến được thiết kế cách ly với phần công suất bằng cách sử dụng các opamp cách ly và một mạch khuếch đại vi sai để lấy một ngõ ra duy nhất [8], được thể hiện như Hình 9.  $V_o$  và  $V_{in}$  có quan hệ như sau:



Hình 9. Cấu trúc mạch cảm biến áp

$$VOUT = VOUTP \times \frac{R4}{R3} - VOUTN \times \frac{R1}{R2} + VCM \quad (19)$$

Đối với dòng điện, ta sử dụng IC cảm biến dòng ACS712, ưu điểm của nó là ít các thành phần đi kèm, đảm bảo sự tuyến tính và cách ly do nó sử dụng cảm biến từ Hall [11]. Bằng cách này, điện áp và dòng điện có thể được điều chỉnh thành mức điện áp ADC thích hợp, đối với vi điều khiển TMS320F287379D là 3,3V.

## 4 KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

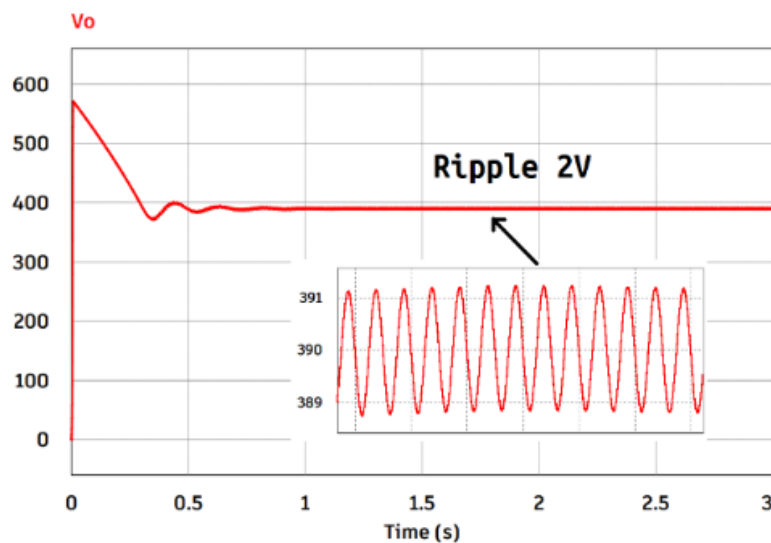
Bộ chuyển đổi được thiết kế với thông số như sau:

Bảng 1. Thông số bộ chuyển đổi được mô phỏng

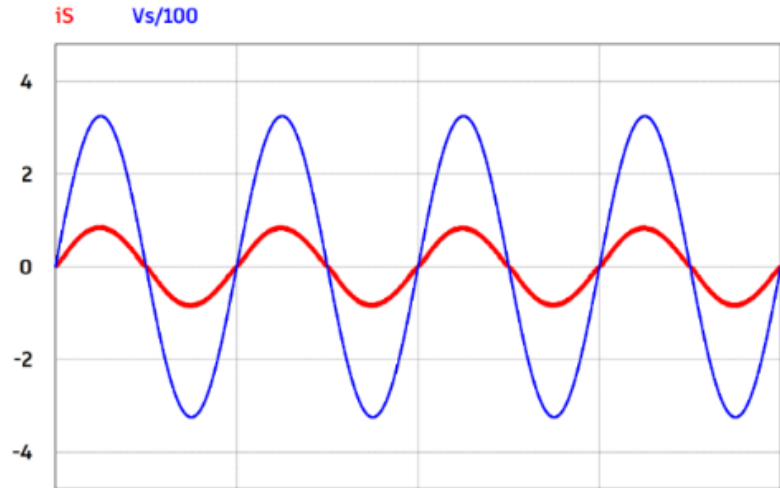
<b>Thông số</b>	<b>Giá trị</b>
Điện áp ngõ vào	230 VAC
Tần số lưới	50 Hz
Cuộn lọc PFC	6 mH
Tụ DC bus	470 uF
Điện áp DC bus	390 V
Tần số chuyển mạch	50 kHz
Tỉ số biến áp	3.159 : 1
Cuộn lọc DC-DC	5 mH
Tụ lọc đầu ra	1000 uF
Điện áp ngõ ra	32 – 42V
Công suất ngõ ra	150 W

Trong Hình 11 và 12, có thể thấy rằng điện áp và dòng điện đầu vào cùng pha với nhau, với hệ số công suất phân tích trong một chu kỳ gần lớn hơn 0.99, độ méo dạng hài được duy trì dưới 5%. Điện áp ngõ ra trên tụ DC bus của bộ chuyển đổi PFC được thể hiện ở Hình 10.

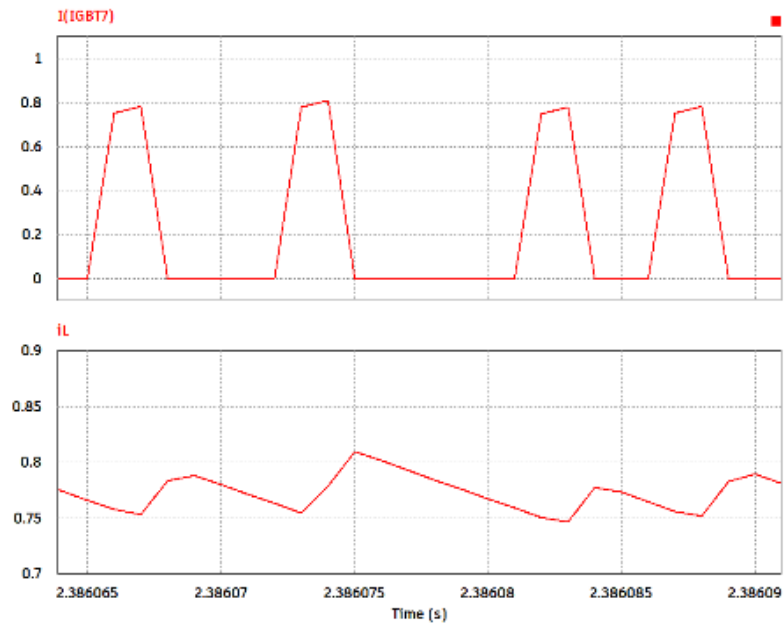
Đáp ứng dòng điện 3.3A và điện ngõ ra 42V của bộ chuyển đổi DC/DC ở hai trạng thái sạc CC và CV qua bộ điều khiển PI được thể hiện trong Hình 15, 16.



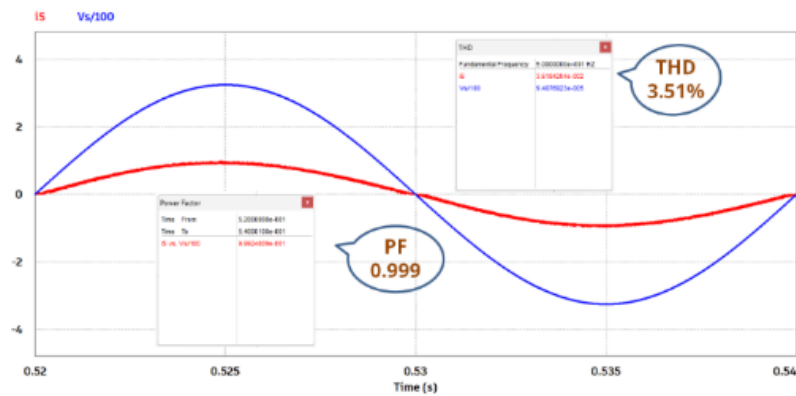
Hình 10. Điện áp ngõ ra của bộ chuyển đổi AC/DC PFC [100V/div]



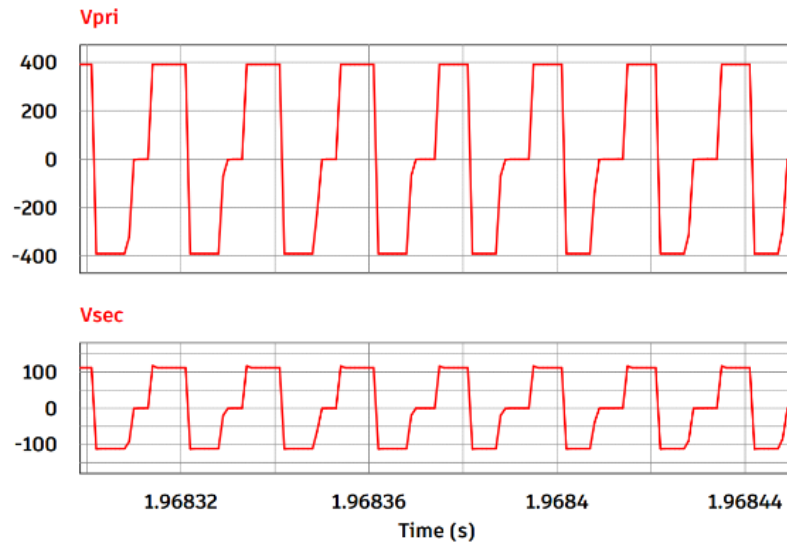
Hình 11. Điện áp đầu vào  $V_s$  [200V/div] và dòng điện đầu vào  $i_S$  [2V/div]



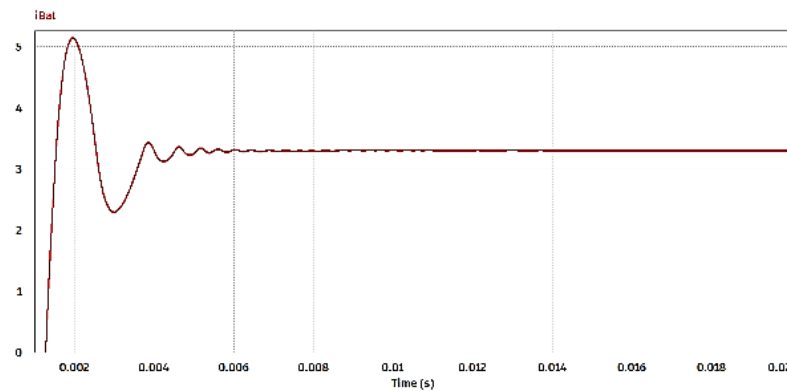
Hình 12. Dòng điện qua MOSFET (trên) và dòng điện qua cuộn cảm mạch PFC (dưới)



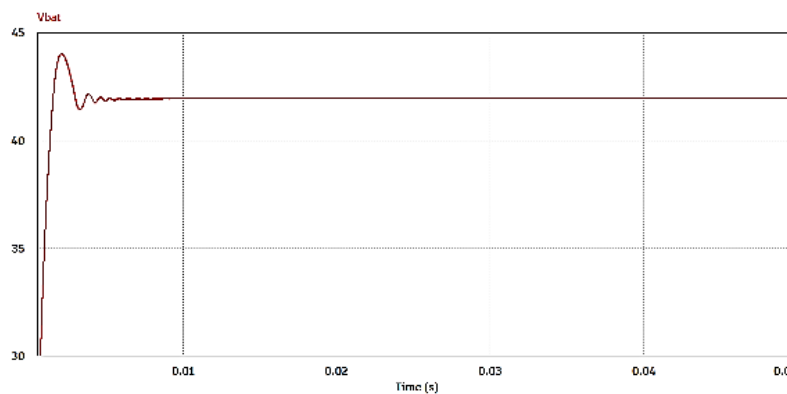
Hình 13. THD của dòng điện và hệ số công suất đầu vào được phân tích trong 1 chu kì



Hình 14. Điện áp trên cuộn sơ cấp (trên) và cuộn thứ cấp (dưới) máy biến áp [200v/div] [100v/div]



Hình 15. Dòng điện ngõ ra của bộ chuyển đổi DC/DC [1v/div]

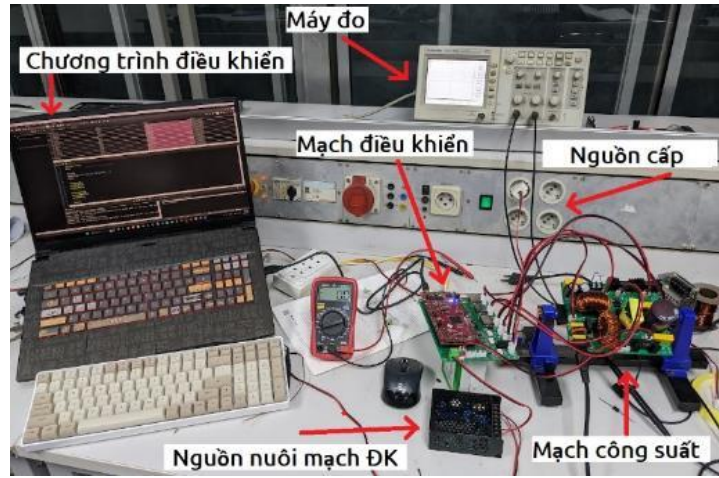


Hình 16. Điện áp ngõ ra của bộ chuyển đổi DC/DC [5v/div]

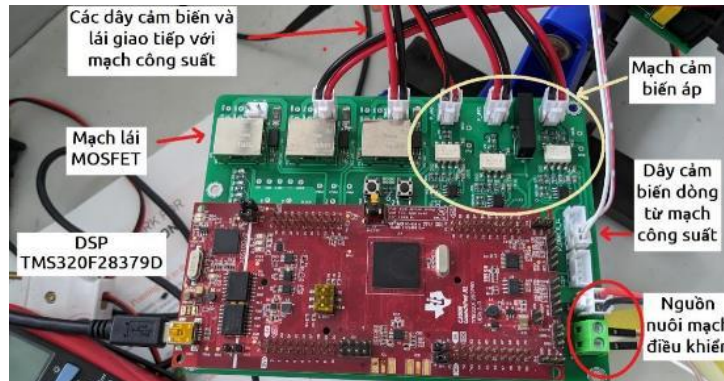
## 5 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Bộ chuyển đổi tăng áp PFC được tích hợp với bộ chuyển đổi thuận DC-DC hai khóa. Để sạc trên mô hình pin thực tế, ta cần xác định nhiều thông số liên quan như nhiệt độ pin, nội trở, tuổi thọ thực tế và bảo đảm cân bằng điện áp trên các tế bào pin, điều này nằm ngoài phạm vi nghiên cứu của bài báo nên mô hình thực nghiệm được thực hiện trên tải trở có công suất tương đương. Mô hình thực nghiệm và mạch điều khiển được hiển thị trong Hình 17 và 18. Cả hai giai đoạn của bộ chuyển đổi đều được điều khiển bởi các DSP

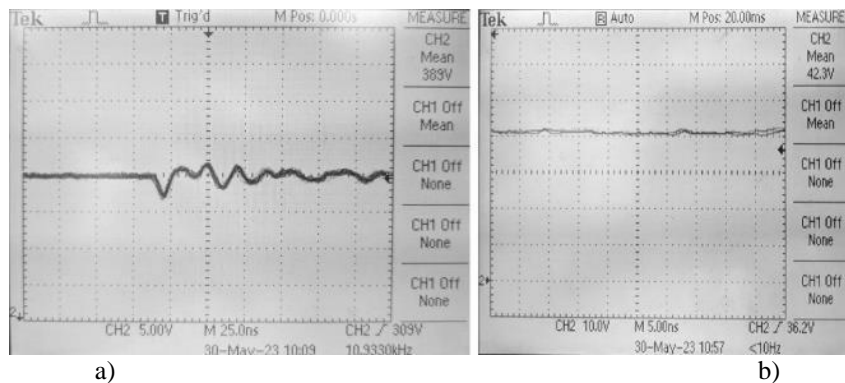
TMS320F28379D với hai bộ điều khiển độc lập. Hình 19 hiển thị điện áp trên tụ DC và điện áp sạc ngõ ra, điện áp trên cuộn thứ cấp máy biến áp được thể hiện trong Hình 20.



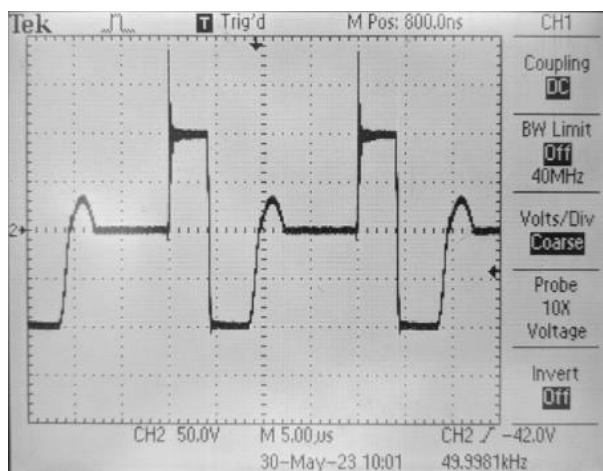
Hình 17. Mô hình thực nghiệm



Hình 18. Mạch điều khiển sử dụng DSP TMS320F28379D



Hình 19. (a) Điện áp trên tụ DC 389V [5V/div], (b) Điện áp sạc ngõ ra 42.3V [10V/div]



Hình 20. Điện áp trên cuộn thứ cấp biến áp cách ly [50V/div]

## 5 KẾT LUẬN

Trong bài báo đã trình bày thiết kế của một bộ chuyển đổi ứng dụng cho việc sạc nhanh cho pin lithium-ion với công suất thấp < 200W, cấu trúc được đề xuất sử dụng bao gồm một bộ chuyển đổi PFC AC/DC truyền thống kết hợp với một bộ chuyển đổi thuận hai khóa DC/DC cách ly. Qua kết quả mô phỏng cho thấy điện áp đầu ra của bộ chuyển đổi tăng áp PFC được giữ cố định ở 390V với độ gợn nhỏ hơn 1%, dòng điện đầu vào được hiệu chỉnh với hệ số công suất được duy trì trên 0.99 và độ méo dạng hài THD nhỏ hơn 5%. Từ đáp ứng ngõ ra của bộ chuyển đổi DC/DC với vòng kín cho thấy bộ chuyển đổi hoàn toàn phù hợp cho các ứng dụng sạc nhanh pin lithium-ion và xe điện nói riêng.

Từ mô hình có sẵn, các hướng phát triển tiềm năng có thể thực hiện trong thời gian tới như giám sát các đặc tính của Pin trong quá trình tiêu thụ và nạp nhiên liệu như SOC, SOH.... Triển khai các thuật toán, phương pháp điều khiển sạc tối ưu, điều khiển thông minh nhằm tối ưu hóa và đảm bảo tuổi thọ pin cao hơn.

Từ nghiên cứu này, sẽ làm cơ sở cho các nghiên cứu về pin và sạc pin như thiết kế những hệ thống với công suất lớn hơn từ vài kW đến vài trăm kW, nghiên cứu ứng dụng những bộ chuyển đổi tối ưu với hiệu suất cao hơn, tích hợp các công nghệ sạc không dây vào bộ chuyển đổi nhằm mang lại nhiều tiện ích hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] U.S. Department of Energy, All-Electric Vehicles \*\*\*\*\*[Online]. Available: <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>
- [2] Kennedy, B., Patterson, D., & Camilleri, S. (2000). Use of lithium-ion batteries in electric vehicles. \*Journal of Power Sources\*, \*90\*(2), 156-162.
- [3] Gitzendanner, R., Puglia, F., Martin, C., Carmen, D., Jones, E., & Eaves, S. (2004). High power and high energy lithium-ion batteries for under-water applications. \*Journal of power sources\*, \*136\*(2), 416-418.
- [4] Umanand, L., & Bhat, S. R. (1992). \*Design of magnetic components for switched mode power converters\*. Wiley Eastern.
- [5] Nguyen, C. L., & Lee, H. H. (2015) Robust and unity input power factor control scheme for electric vehicle battery charger. The Transactions of the Korean Institute of Power Electronics, 20(2), 182-192
- [6] Infineon Technologies North America (IFNA) Corp. (2013) CCM PFC Boost Converter Design. V1.0 DN 2013-01.
- [7] M. K. Kazimierczuk, (2008) Pulse-Width Modulated DC-DC Power Converters. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.

- [8] Texas Instruments Incorporated. (2022) Application Brief Interfacing a Differential Output (Isolated) Amp to a Single-Ended Input ADC.
- [9] Kuperman, A., Levy, U., Goren, J., Zafranski, A., & Savernin, A. (2011, July). Modeling and control of the PFC stage for a 50 kW EV fast battery charger. In *\*Proceedings of the World Congress on Engineering\** (Vol. 2, pp. 5-9).
- [10] Lin, C. H., Chen, C. L., Lee, Y. H., Wang, S. J., Hsieh, C. Y., Huang, H. W., & Chen, K. H. (2008, August). Fast charging technique for Li-Ion battery charger. In *\*2008 15th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems\** (pp. 618-621). IEEE.
- [11] Allegro. Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor.

YSC5.F139

## NGHIÊN CỨU, CHẾ TẠO MÔ HÌNH PHÂN TÍCH CÁC THÔNG SỐ ĐIỆN ỨNG DỤNG CẢM BIẾN HALL VÀ BỘ XỬ LÝ TÍN HIỆU SỐ DSP TMS320F28379D

TRẦN MINH TẤN<sup>1</sup>, NGUYỄN HOÀI PHONG<sup>1\*</sup>,  
NGUYỄN PHAN DUY KHANG<sup>1</sup>, CHÂU MINH THUYỀN<sup>1</sup>, TRẦN TẤN TÀI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\*nguyenhoaiiphong@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Bài báo trình bày thiết kế "Bộ phân tích các thông số điện sử dụng cảm biến cảm ứng từ Hall và DSP xử lý tín hiệu số TMS320F28379D". Thiết bị phân tích này ứng dụng công nghệ cảm biến từ trường để tăng độ chính xác và khả năng chống nhiễu, kết hợp với bộ xử lý tín hiệu số TMS320F28379D của hãng Texas Instrument giúp đáp ứng khả năng tính toán theo thời gian thực của các bộ biến đổi công suất tần số cao. Đồng thời đạt được các tiêu chuẩn yêu cầu về độ tin cậy, tính ổn định và tích hợp truyền thông giao tiếp nối tiếp với máy tính. Kết quả đo đạc thực nghiệm, kiểm chứng trên tải tuyến tính tối đa 5 kW cho thấy độ tuyến dòng điện và điện áp lớn hơn 98%. Công suất, tần số, hệ số công suất và THD lớn hơn 95% phù hợp với tiêu chuẩn IEC 62053-22 : 2003 cho thiết bị phân tích điện năng.

**Từ khóa.** Bộ xử lý tín hiệu số DSP, cảm biến cảm ứng từ Hall, phân tích thông số điện.

## RESEARCH AND DESIGN MODEL FOR ANALYZING ELECTRICAL PARAMETERS USING HALL SENSORS AND DIGITAL SIGNAL PROCESSOR TMS320F28379D

**Abstract.** The article presents the design of a "Hall-effect sensor-based power parameter analyzer and DSP signal processing system using TMS320F28379D." The device utilizes magnetic field sensor technology to increase accuracy and noise immunity, combined with Texas Instrument TMS320F28379D digital signal processor to meet real-time computing requirements for high-frequency power conversion. Additionally, it achieves reliability, stability, and integrated serial communication standards with computers. The experimental results on a linear load of up to 5 kW demonstrate current and voltage linearity of over 98%. Power, frequency, power factor, and Total Harmonic Distortion exceeding 95% comply with the IEC 62053-22:2003 standard for power parameter analyzers.

**Keywords.** The Digital Signal Processor (DSP), Hall-effect sensor, analysis of electrical parameters.

### 1 GIỚI THIỆU

Trên thị trường hiện nay về bộ đo lường thông số điện, có rất nhiều sản phẩm của công ty thiết kế sản xuất bộ đo lường thông số điện. Nhu cầu sử dụng thiết bị phân tích thông số điện của thể truyền thông IoT là rất lớn. Do khi các thiết bị được giao tiếp qua nhiều chuẩn đầu ra sẽ giúp cho người dùng dễ dàng sử dụng qua nhiều thiết bị như LCD, máy tính, wifi [1-4] ... để quản lý các thông số điện như dòng điện, điện áp, sóng hài, độ lệch pha, các dạng công suất của tải và phát hiện kịp thời những sự cố trong quá trình vận hành sản xuất. Nhưng hiện nay phần lớn các thiết bị này được nhập từ nước ngoài do đó giá thành cao do sử dụng những linh kiện chuyên dụng của hãng sản xuất, các thiết kế được sản xuất dưới dạng sản phẩm, không tách rời các bộ phận với nhau gây khó khăn cho việc chủ động sửa chữa cũng như công nghệ chế tạo [5-6]. Trong nước đã có những nghiên cứu thiết kế cảm biến đo lường với giá thành thấp nhưng những thiết kế này mắc phải những vấn đề như sai số đo lường lớn, độ tin cậy không cao [7-8].

Để giải quyết bài toán này, gần đây các bộ đo lường điện sử dụng cảm biến từ trường để đo dòng điện và điện áp với độ tin cậy cao cũng như khả năng chống nhiễu cùng với sự kết hợp với bộ xử lý tín hiệu số cao cấp của hãng TI cải thiện khả năng tính toán theo thời gian thực với độ chính xác cao. Với những ưu điểm



trên có thể thay thế những bộ đo lường điện truyền thống vì những bộ truyền thống này khả năng đo lường với độ chính xác không cao, không có cổng giao tiếp truyền thông đa dạng khó khăn trong việc quản lý. Do đó, bài báo đề xuất phương án sử dụng chế tạo mô hình phân tích các thông số điện cảm biến Hall kết hợp với bộ xử lý tín hiệu số DSP TMS320F28379D. Thiết kế đo lường thông số điện theo tiêu chuẩn IEEE 1459-2000 [16].

Mô hình được thiết kế với điện áp 3 pha 380V, tần số 50 Hz, tiêu chuẩn Việt Nam. Bài báo trình bày như sau: Phần II Cơ sở lý thuyết, Phần III Cấu hình hoạt động mạch cảm biến, Phần IV Giải thuật xử lý, Phần V Thực nghiệm kiểm chứng và phần VI Kết luận. Cơ sở lý thuyết về mô hình toán phân tích các thông số điện được giải thích ngắn gọn trong phần tiếp theo.

## 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Tiêu chuẩn IEEE 1459 về định nghĩa về đo lường các thông số điện ở hình dạng sin và không sin, một pha và nhiều pha, các trường hợp cân bằng và không cân bằng được đưa ra [16]

- Điện áp hiệu dụng: 
$$U_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U_m^2 \sin^2(\omega t) d\omega t}$$
 (1)

$$U_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{\sum_{K=1}^N (U_K)^2}{N}}$$
 (2)

- Dòng điện hiệu dụng: 
$$I_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2(\omega t) d\omega t}$$
 (3)

$$I_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{\sum_{K=1}^N (I_K)^2}{N}}$$
 (4)

- Công suất biểu kiến: 
$$S = U_{\text{rms}} \cdot I_{\text{rms}}$$
 (5)

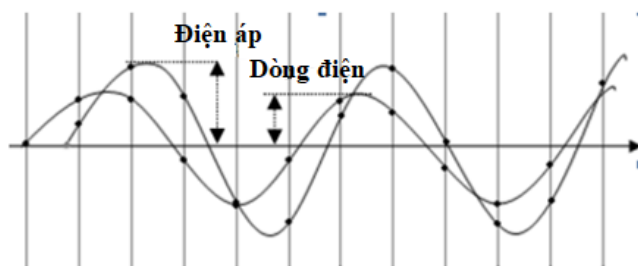
- Công suất tác dụng: 
$$P = \frac{1}{T} \int P(t) dt$$
 (6)

$$P = \frac{\sum_{K=1}^N (U_K \cdot I_K)}{N}$$
 (7)

- Công suất phản kháng: 
$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$
 (8)

- Hệ số công suất: 
$$PF = \frac{P}{S}$$
 (9)

Trong đó,  $U_K$  và  $I_K$  lần lượt là các mẫu điện áp và dòng điện lấy cùng một thời điểm. Nếu thời gian lấy mẫu của tín hiệu dòng điện và điện áp không được đồng bộ sẽ dẫn đến việc tính toán các giá trị công suất không còn chính xác. Các mẫu giá trị được đồng bộ thể hiện trong Hình 1.



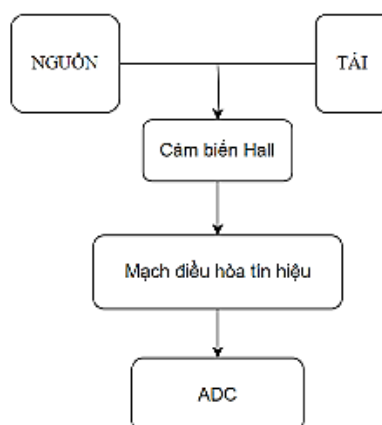
Hình 1. Ví dụ đồng bộ thời gian lấy mẫu ở hai tín hiệu điện áp và dòng điện

Cấu hình hoạt động của mô hình đo lường thông số điện được giải thích trong phần tiếp theo.

### 3 CẤU HÌNH HOẠT ĐỘNG

Mô hình thiết kế với mức điện áp và dòng điện với giá trị biên độ lần lượt là 311V, 15A tần số 50Hz Hình 2 cho thấy sơ đồ khối cơ bản về mô hình đo lường thông số điện. Nó bao gồm các bộ phận sau:

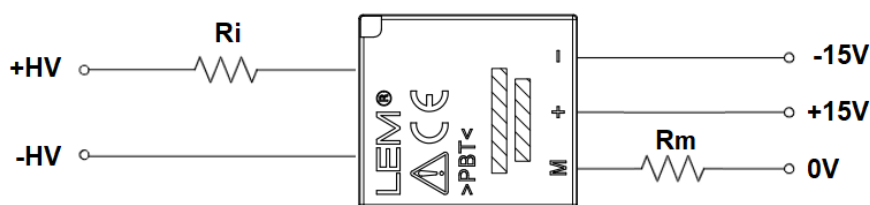
- Mạch cảm biến Hall
- Mạch điều hòa tín hiệu



Hình 2. Sơ đồ khối hệ thống đo lường thông số điện

#### 3.1 Mạch cảm biến điện áp

Trong bài báo này, bộ chuyển đổi điện áp LV 25-P từ LEM được chọn vì nó mang lại độ chính xác cao, tuyến tính rất tốt (sai số < 0.2%), sở hữu băng thông rộng (0-500V) và có khả năng chống nhiễu cao [11]. Sơ đồ bộ chuyển đổi điện áp LV 25-P được đưa ra trong Hình 3.



Hình 3. Cấu hình hoạt động của LV25-P

Trong đó  $R_i$  là điện trở đầu vào sơ cấp và  $R_m$  là điện trở đầu ra thứ cấp. Mức điện áp DC-link được đặt làm chuẩn. Do đó, biên độ của điện áp DC-link được tính như sau:

$$V_{dc\_link} = \sqrt{2} \cdot U_{rms} \quad (10)$$

Dạng sóng đầu ra của bộ chuyển đổi này phải khớp với phạm vi của tín hiệu tương tự sang kỹ thuật số (ADC) được sử dụng bởi DSP TMS320F28379D. Theo bảng dữ liệu của bộ chuyển đổi điện áp, tỷ lệ chuyển đổi của bộ chuyển đổi điện áp. Mục tiêu chính là thu nhỏ mức điện áp đầu vào xuống mức điện áp ngõ vào của DSP. Với dòng điện RMS sơ cấp, bằng cách áp dụng Định luật Ohm:

$$R_i = \frac{V_{dc\_link}}{I_{PN}} \quad (11)$$

Vì giá trị điện trở  $R_i$  được không có sẵn trong kho điện trở nên chọn nhiều điện trở mắc nối tiếp để thay thế. Do đó, dòng điện danh nghĩa sơ cấp mới:

$$I_{PN} = \frac{V_{dc\_link}}{R_i} \quad (12)$$

Dòng điện danh định mới này  $I_{PN}$  vẫn nằm trong giá trị thông số kỹ thuật nhỏ hơn 10mA. Công suất tổn hao trên mỗi điện trở tối đa  $P_d$  có thể được tính bằng cách sử dụng biểu thức sau:

$$P_d = I^2 \cdot R \quad (13)$$

Thiết kế được tiếp tục ở phía thứ cấp của bộ chuyển đổi điện áp. Dựa trên tỷ lệ chuyển đổi từ biểu dữ liệu là  $N_p/N_s = 2500:1000$ , dòng điện RMS thứ cấp  $I_{SN}$  được xác định lúc dòng điện RMS sơ cấp  $I_{PN}$  được tính bằng cách sau:

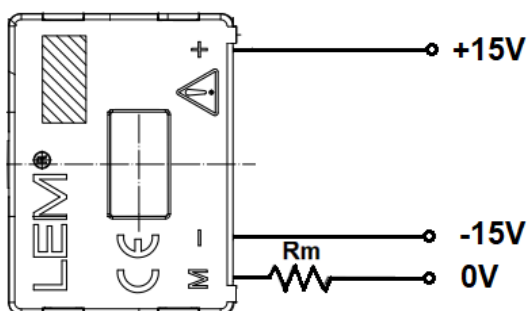
$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_{SN}}{I_{PN}} \quad (14)$$

Điện áp ra chân M lúc này được tính như sau:

$$V_M = I_{SN} \cdot R_M \quad (15)$$

### 3.2 Mạch cảm biến dòng điện

Mặc khác, cảm biến dòng điện được thiết kế dựa trên sự chuyển đổi dòng điện đầu vào thành giá trị dòng điện ở đầu ra tỷ lệ thuận với nhau. Bộ chuyển đổi dòng điện LA 25-P được thực hiện trong bài báo này vì nó có những ưu điểm giống như bộ chuyển đổi điện áp LV 25-P [12]. Theo thông số kỹ thuật của LA 25-P, cầu hình kết nối được đề xuất được minh họa trong Hình 4.



Hình 4. Cấu hình hoạt động của LA 25-P

Dựa trên cấu hình kết nối này, để tăng khả năng cảm biến dòng điện được chính xác, bài báo đề xuất quấn nhiều vòng xung quanh LA 25-P. Với tỉ lệ chuyển đổi là 1:1000, khi đó dòng điện thứ cấp được tính như sau:

$$\frac{I_{PN}}{I_{SN}} = \frac{1000}{1} \quad (16)$$

Giá trị của điện trở đo  $R_m$  có thể được xác định bằng cách áp dụng định luật Ohm ở phía thứ cấp. Chọn  $R_m$  theo khuyến cáo của nhà sản xuất. Điện áp ngõ ra lúc này được tính như sau:

$$V_M = I_{SN} \cdot R_M \quad (17)$$

### Mạch điều hòa tín hiệu

Với điện áp đầu ra  $V_M$  này bài báo sử dụng các mạch khuếch đại Opamp nhằm đưa tín hiệu về với điện áp có biên độ từ (0-3V) tương ứng với giá trị đọc về DSP 12 bit (0 - 4095).

Với điện áp đầu vào  $V_{in} = V_M = 3,3V$ , mong muốn đầu ra  $V_{out}$  là dưới 1,5V. Đầu tiên chọn  $R_2 = 1k\Omega$  áp dụng công thức mạch khuếch đại đảo:

$$V_{out} = -\frac{R_2}{R} \cdot V_{in} \quad (18)$$

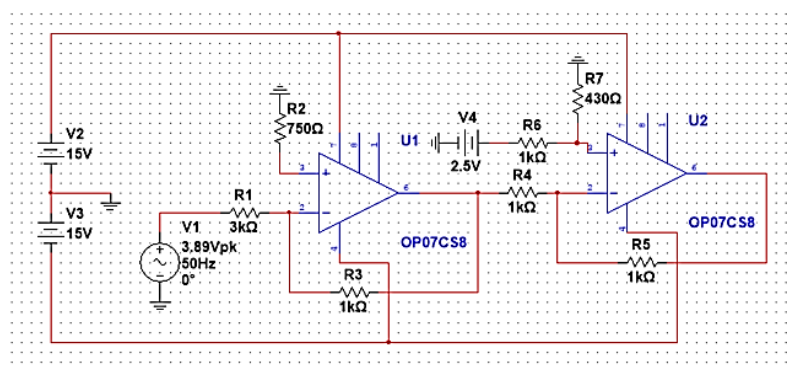
Để điều chỉnh offset, bài báo sử dụng kết hợp giữa IC AMS1117-5.0V và IC MCP1525T-I/TT REF với điện áp ngõ ra  $V_{out} = 2.5V$  để phân áp.

Với mong muốn nâng điểm 0 lên đến 1.5V từ điện áp đầu vào  $V_2 = 2,5V$  để DSP có thể đọc được, thiết kế sử dụng mạch khuếch đại vi có công thức sau:

$$V_{out} = V_2 \left[ \frac{(R_3 + R_1).R_4}{(R_4 + R_2).R_1} \right] - V_1 \cdot \left( \frac{R_3}{R_1} \right) \quad (19)$$

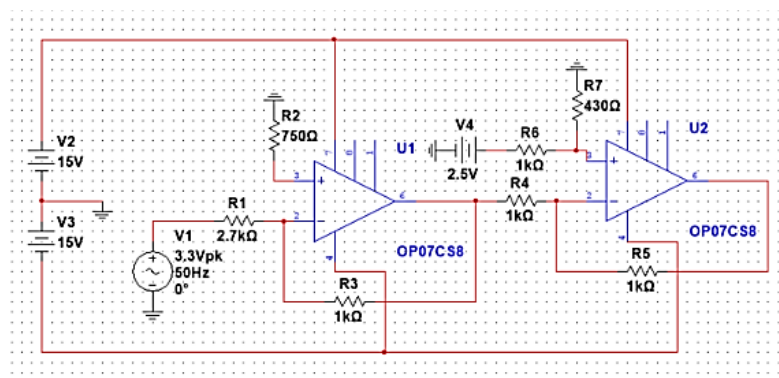
### 3.4 Kết quả mô phỏng mạch điều hòa tín hiệu

Việc mô phỏng mạch điều hòa tín hiệu được thực hiện bằng phần mềm NI Multisim 14.0. Mô hình được phát triển dựa trên dữ liệu được tính toán ở phần trên. Dạng sóng tín hiệu đầu ra của LV 25 P là  $V_m = 3,89$  V trong giá trị biên độ. Mô hình được mô phỏng trong Hình 5.



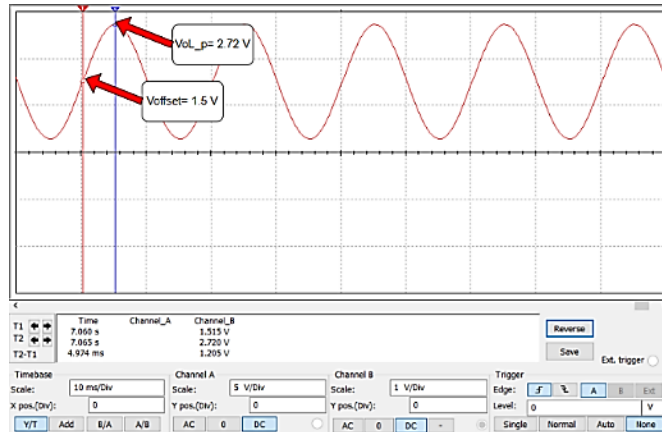
Hình 5. Mô phỏng mạch điều hòa cảm biến điện áp

Dạng sóng tín hiệu đầu ra của LA 25-NP là  $V_m = 3,3$  V trong giá trị biên độ. Mô hình được mô phỏng trong Hình 6.

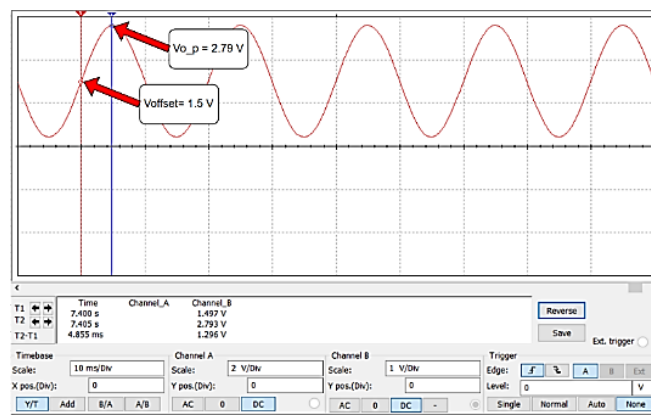


Hình 6. Mô phỏng mạch điều hòa cảm biến dòng điện

Hình 7 và Hình 8 hiển thị dạng sóng đầu ra của mạch điều hòa tín hiệu được mô phỏng trong phần mềm NI Multisim của mạch trong Hình 5 và Hình 6.



Hình 7. Dạng sóng tín hiệu ngõ ra mạch cảm biến điện áp



Hình 8. Dạng sóng tín hiệu ngõ ra mạch cảm biến dòng điện

Mạch bảo vệ DSP được thiết kế để bảo vệ mạch khỏi quá dòng và quá điện áp. Bài báo sử dụng diốt zener được đặt trước ngõ vào ADC của DSP, thường là sử dụng diốt zener được sử dụng bằng với điện áp ADC có thể đọc là 3.3V. Do đó, mạch DSP được bảo vệ chống quá điện áp và bảo vệ mạch khỏi sự cố.

#### 4 THI CÔNG MẠCH CẢM BIẾN

Với những thông số được tính toán ở trên nguyên lí mạch cảm biến được thiết kế mạch nguyên lí trên phần mềm Altium Design.



Hình 9. Mạch cảm biến điện áp và dòng điện sau khi thi công

Bộ xử lý tín hiệu số (DSP): để tính toán các thông số điện từ tín hiệu điện áp và dòng điện, bộ điều khiển tính hiệu số TMS320F28379D được sử dụng. Bộ vi điều khiển được thiết kế với cấu trúc lõi kép (dual-core architecture) 32-bit gồm một lõi C28x chuyên xử lý tín hiệu và một lõi ARM Cortex-M3 cho xử lý hệ thống, quản lý hệ thống bộ nhớ và giao tiếp ngoại vi. Lõi C28x xử lý tín hiệu đến 300 MIPS (Milion Instruction Per Second) với bộ nhớ lệnh 256-bit và một bộ nhớ dữ liệu 128-bit, giúp xử lý nhanh các tính năng như bộ

chia, bộ nhân, bộ lọc và định dạng số học với độ chính xác cao. Ngoài ra TMS320F28379D trang bị bộ nhớ flash lên đến 1MB và bộ nhớ Ram lên đến 2048 KB. DSP còn hỗ trợ các cổng giao tiếp ngoại vi như Ethernet, USB, CAN, I2C, SCI, PWM và ADC. DSP này có tính năng mô phỏng thời gian thực. Chính vì thế DSP TMS320F28379D ứng dụng vào nhiều lĩnh vực như hình ảnh thiết bị y tế được kết nối mạng, điều khiển dòng điện, xử lý tín hiệu âm thanh và hình ảnh,...

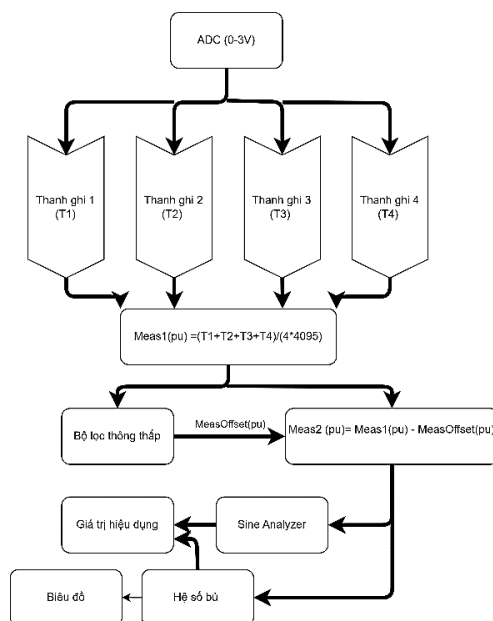
## 5 GIẢI THUẬT XỬ LÝ

Bộ điều khiển DSP TMS320F28379D được sử dụng để tính toán các thông số điện. Ba chân ADC được sử dụng cho 3 pha dòng điện và ba chân cho tín hiệu điện áp 3 pha. Với sự hỗ trợ của cổng UART được trang bị trên DSP, dữ liệu được truyền đến máy tính và giải thuật được lập trình trên phần mềm code composer Studio. Lưu đồ của chương trình DSP được thể hiện trong Hình 12. Tín hiệu đầu vào đã cho được lấy mẫu ở 10 kHz. Các giá trị lấy mẫu đó được đọc và lưu trữ tại các thanh ghi tương ứng được gán cho chúng. Mỗi một ADC sẽ được đọc qua ba thanh ghi. Bằng cách sử dụng các phương trình toán học 1, giá trị hiệu dụng của tín hiệu được tính toán từ các mẫu đọc được từ cảm biến.

$$X_{RMS} = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 + \dots + X_n^2}{n}} ; f_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} f(t)^2 dt} \quad (20)$$

Trong đó:

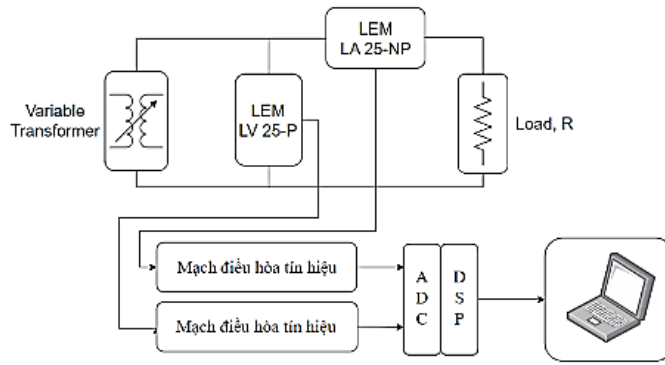
- $X_{RMS}$  : là giá trị hiệu dụng của tín hiệu cần phân tích theo chu kỳ
- $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ : là các mẫu tín hiệu đọc được từ cảm biến
- $n$ : là tổng số mẫu phân tích
- $f_{RMS}$ : là giá trị hiệu dụng tín hiệu dạng sóng không theo chu kỳ
- $T_1, T_2$ : là thời gian lấy mẫu



Hình 10. Giải thuật xử lý trong DSP

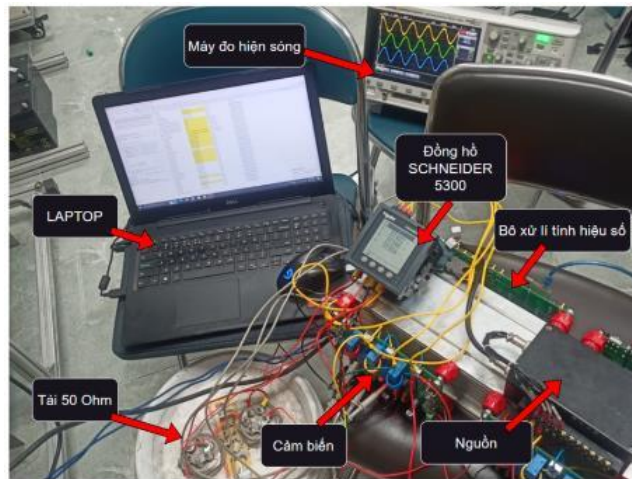
## 6 THỰC NGHIỆM KIỂM CHỨNG

Cấu trúc đo lường các thông số điện với tải được triển khai qua sơ đồ thể hiện trong Hình 11.



Hình 11. Sơ đồ đấu nối mô hình phân tích thông số điện

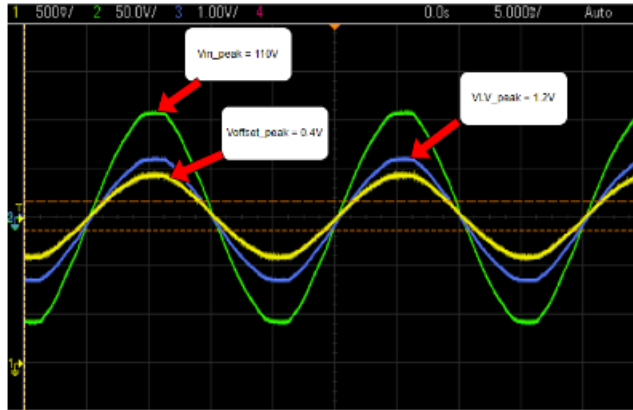
Trong quy trình thử nghiệm này, máy biến áp ba pha được sử dụng để tạo ra dạng sóng điện áp xoay chiều đóng vai trò là điện pha hình sin của lưới điện. Cảm biến điện áp và cảm biến dòng điện được kết nối theo cấu hình nối tiếp song song như minh họa trong Hình 12. Để tạo ra dòng điện, tải trở 50 Ohm được mắc nối tiếp. Điện áp xoay chiều được tăng dần từ 0V cho đến giá trị cực đại là 220V.



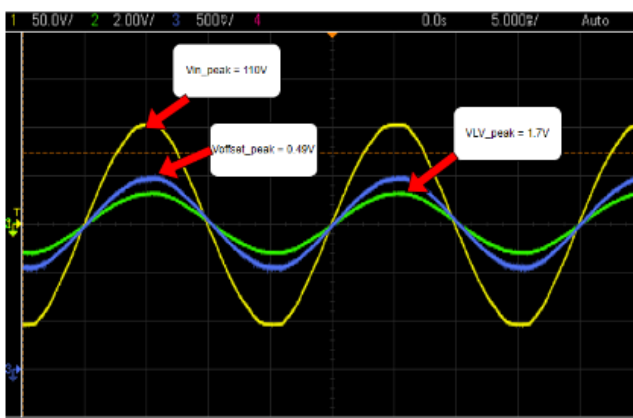
Hình 12. Thực hiện đo kiểm chứng với tải trở 3 pha 50  $\Omega$

Như trong Hình 13 và Hình 14, các dạng sóng được hiển thị trên máy hiện sóng (oscilloscope). Dạng sóng màu xanh lá thể hiện dạng sóng điện áp đầu vào của mô hình. Dạng sóng điện áp đầu ra có màu vàng và dạng sóng dòng điện màu xanh dương được tạo ra từ mạch điều hòa tín hiệu được dịch mức 1.5V. Điều kiện này đạt được bằng cách áp dụng mạch khuếch đại vi sai. Như đã đề cập trước đây, ADC cho DSP TMS320F28379D chỉ có thể đọc giá trị điện áp tương tự từ 0V cho đến giới hạn tối đa là 3V.

Cả hai dạng sóng điện áp đầu vào và điện áp sau cảm biến đều có hình dạng, tần số, và góc pha như nhau. Đối với tín hiệu dòng điện ngõ vào mạch cảm biến, các thiết bị đo dòng điện hiện có trong phòng thí nghiệm chưa đáp ứng được độ chính xác cao nên bài báo đề xuất sử dụng dạng sóng điện áp đầu vào để so sánh. Vì mô hình thí nghiệm trên tải thuần trở nên dạng sóng dòng điện và điện áp có cùng hình dạng và góc pha như nhau. Có thể thấy được dạng sóng dòng điện ngõ ra của cảm biến có hình dạng và góc lệch pha như tín hiệu điện áp ngõ vào.

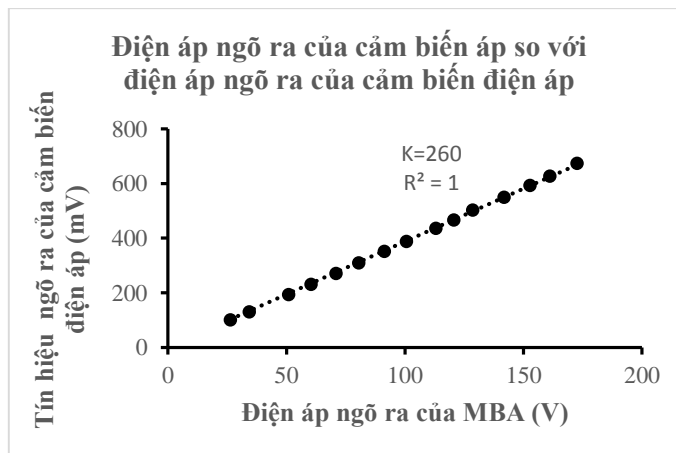


Hình 13. Dạng sóng ngõ ra của cảm biến điện áp



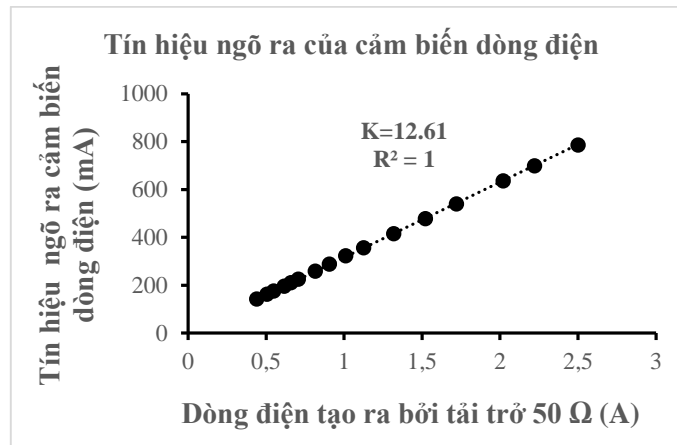
Hình 14. Dạng sóng ngõ ra của cảm biến dòng điện

Ngoài ra, độ tuyến tính của dạng sóng tín hiệu đầu ra được chỉ định là một khía cạnh quan trọng khác cần tính đến khi thiết kế một mạch đo tốt. Dựa trên kết quả thu được từ quy trình thử nghiệm, nó chứng minh rằng nguyên mẫu của mạch đo được đề xuất có thể cho độ tuyến tính tốt như được thể hiện trong Hình 15 và Hình 16.



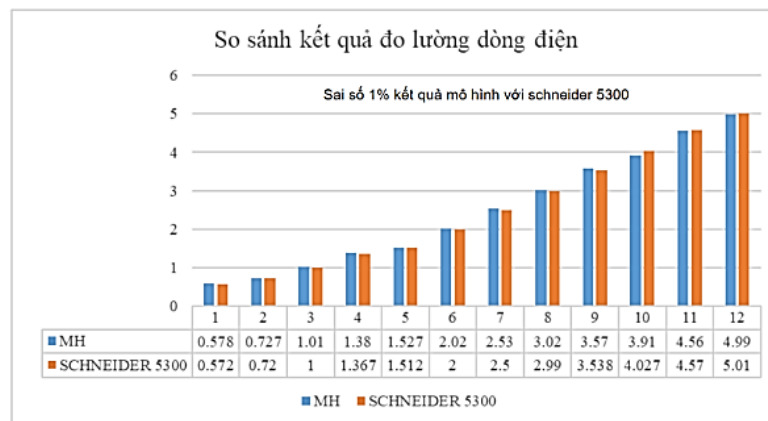
Hình 15. Độ tuyến tính cảm biến điện áp



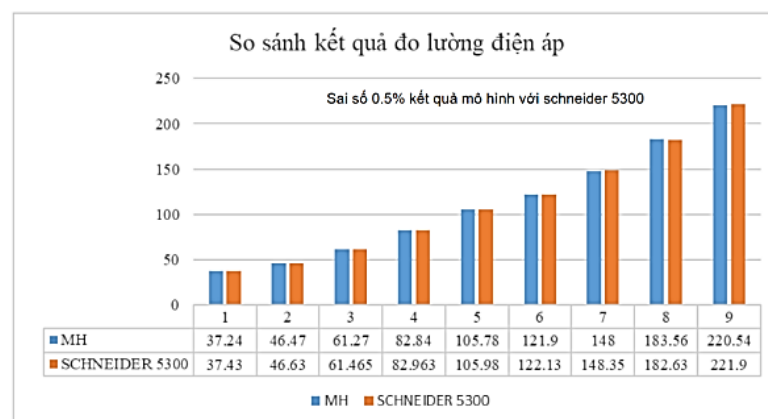


Hình 16. Độ tuyến tính cảm biến dòng điện

Khi thực hiện phân tích các thông số điện trên phần mềm CCS, bài báo nhận được một số kết quả đáng chú ý. Đầu tiên, qua việc phân tích tín hiệu số ADC, xác định được các giá trị như điện áp, dòng điện, công suất tác dụng, công suất biểu kiến, hệ số công suất. Đặc biệt hơn chúng có thể xem được dạng sóng đầu vào ở thời gian thực. Dựa vào các thông số này có thể xem được các thông số trực tiếp trên phần mềm CCS với độ chính xác cao. Mà không cần thông qua các thiết bị đo lường bên ngoài.



Hình 17. So sánh kết quả đo lường dòng điện



Hình 18. So sánh kết quả đo lường điện áp

## 7 KẾT LUẬN

Bài báo đã tiến hành nghiên cứu về việc sử dụng cảm biến cảm ứng từ Hall kết hợp với bộ xử lý tín hiệu số DSP TMS320F28379D trong việc phân tích thông số điện. Qua quá trình nghiên cứu và thiết kế, bài báo

đã có những kết quả đáng chú ý về tiềm năng và ứng dụng của công nghệ này trong lĩnh vực điện tử công suất nói chung và thiết kế mạch cảm biến nói riêng.

Mô hình phân tích các thông số điện sử dụng cảm biến cảm ứng từ Hall đã cho thấy khả năng đo chính xác và đáng tin cậy của LV25-P và LA25-P. Cảm biến cảm ứng từ Hall có khả năng đo được các thông số điện như dòng điện, điện áp với độ chính xác <1% và khả năng đáp ứng nhanh. Kết hợp với bộ xử lý tín hiệu số DSP TMS320F28379D của hãng TI giúp đáp ứng khả năng tính toán theo thời gian thực của các bộ biến đổi công suất tần số cao. Đồng thời đạt được các tiêu chuẩn yêu cầu về độ tin cậy, tín ổn định và tích hợp truyền thông giao tiếp nối tiếp với máy tính thông qua cổng truyền thông UART tích hợp trên DSP. Kết quả đo đạc thực nghiệm, kiểm chứng trên tải tuyến tính 5 kW cho thấy độ tuyến dòng điện và điện áp tăng so với các thiết bị đo truyền thống với độ chính xác lên đến 98%; cũng như độ chính xác tính toán các thông số công suất, tần số, hệ số công suất lớn hơn 95%. Mô hình đã thấy rằng việc xử lý và phân tích dữ liệu từ cảm biến trở nên đơn giản và hiệu quả hơn bao giờ hết.

Tuy nhiên, trong quá trình nghiên cứu, bài báo cũng nhận thấy một số thách thức và hạn chế của mô hình này. Việc hiểu rõ về đặc tính và hiệu suất của cảm biến cảm ứng từ Hall, cũng như việc lập trình và cấu hình bộ xử lý tín hiệu số DSP TMS320F28379D đòi hỏi kiến thức chuyên môn và kỹ thuật cao. Khả năng đáp ứng tần số cao còn hạn chế do việc thiết kế mạch chưa được tốt. Trong tương lai, có thể phát triển thêm về mặt thiết kế nhằm giảm giá thành cũng như tăng hiệu suất của mạch. Bằng cách sử dụng nguồn xung thay vì sử dụng nguồn tuyến tính như hiện tại. Sử dụng nhiều loại cảm biến khác như AMC, HCPL,... cũng có khả năng tương tự nhằm giảm giá thành nhằm mục đích thương mại hóa mô hình. Bên cạnh đó, mô hình được sử dụng làm mạch cảm biến cho các mô hình chuyển đổi công suất như bộ chuyển đổi nguồn DC-DC, DC-AC, AC-AC. Ngoài ra, cảm biến đo thông số điện các loại tải phi tuyến như ứng dụng trong mạch lọc tích cực (HAPF),...

Trong nghiên cứu này cho thấy khả năng ứng dụng rộng rãi của mô hình trong các lĩnh vực điện tử công suất. Cảm biến cảm ứng từ Hall kết hợp với bộ xử lý tín hiệu số DSP TMS320F28379D có thể được áp dụng trong các hệ thống đo lường, phân tích, điều khiển năng lượng và nhiều lĩnh vực khác. Sự linh hoạt và đa dạng của công nghệ này mở ra nhiều cơ hội mới để cải thiện hiệu suất trong các ứng dụng về điện tử công suất.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Rabbani, P. Jain, P. Kumar, S. K. Mishra and A. Kumar, "Smart Energy Metering And Billing System", *International Journal Of Engineering Sciences & Research Technology*, June 2019, ISSN 2277-9655.
- [2] A. U. Adoghe, V. O. Matthews, P. A. Amaize, ... O. Ayo, "Design and Implementation of a Single-Phase Energy Meter with SMS Controlled and Monitored Recharge Capability", *Journal of Energy and Power Engineering*, october, 2016.
- [3] G. Tong1, X. Liu1, X. Li1, ... L Liu, "Research on Three-Phase Electronic Multifunctional Energy Meter", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, 349, 042098.
- [4] J.Varela-Aldás , S.Silva and G.Palacios-Navarro, "IoT-Based Alternating Current Electrical Parameters Monitoring System", *Energies*, 2022, 15, 6637.
- [5] Texas Instruments, "Single-Phase Electric Meter With Isolated Energy Measurement," TIDU455A datasheet, Nov. August.2014 [Revised January. 2002].
- [6] ST, "STPM32, STPM33, STPM34," DS10272A datasheet, Rev 12 - July 2022
- [7] N.D.Đình, "Voltage measurement techniques", *Vietnam Power Electronics Community*, 03/10/2019.
- [8] Đ. H. Hải và P. T. H. Anh, "Thiết Kế hệ thống đo thông số cơ bản của mạng điện hạ thế trong phòng thí nghiệm", *Đại học Hàng hải Việt Nam*, 04/2016.
- [9] T. Q. Cường, "Thiết kế và thi công hệ thống giám sát và điều khiển hộ tiêu thụ một pha qua mạng không dây", *Tạp chí khoa học, Trường Đại học Tiền Giang*, số 09/2020.

- [10] J.Liu, A. Sanli, Y. Wang and C. Liu, “Error Compensation of Closed Loop Hall Effect Current Sensors”, *Aachen, Germany, September 26-28, 2012*.
- [11] LEM, “Voltage Transducer LV 25-P”, LV 25-P datasheet, 20 - November 2012.
- [12] LEM, “Current Transducer LA 25-P”, LA 25-P datasheet, 13 – November 2014.
- [13] Texas Instruments, “TMS320F2837xD Dual-Core Microcontrollers”, Technical Reference Manual datasheet, September 2019.
- [14] Texas Instruments, “TMS320F2837xD Dual-Core Microcontrollers”, TMS320F2837xD datasheet, February 2021.
- [15] P. Pawaskar, P. Chawande, and S. Jadhav, “Design and implementation of low-cost three-phase energy meter,” 2016 IEEE Int. Conf. Recent Trends Electron. Inf. Commun. Technol. RTEICT 2016 - Proc., pp. 296–300, 2017.
- [16] Jacques L Willems, “The IEEE standards 1459:What and Why?” Applied Measurements For Power Systems (AMPS), 2010 IEEE conference, pp.41-46, Sept 2010.

YSC5.F140

## NGHIÊN CỨU, ỨNG DỤNG KỸ THUẬT ĐIỀU CHẾ VECTOR KHÔNG GIAN ĐỂ GIẢM ĐIỆN ÁP COMMON MODE CHO BỘ NGHỊCH LƯU BA PHA BA BẬC HÌNH T

NGUYỄN NGỌC QUỲNH<sup>1</sup>, NGUYỄN THỊ NGỌC HÂN<sup>1</sup>, TRẦN TẤN TÀI<sup>1\*</sup>,  
CHÂU MINH THUYÊN<sup>1</sup>, NGUYỄN HOÀI PHONG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Điện, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\*trantantai@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của các ứng dụng năng lượng tái tạo, việc nghiên cứu về các bộ nghịch lưu càng trở nên quan trọng. Những ưu điểm của bộ nghịch lưu đa bậc có thể kể đến như: chất lượng điện áp ngõ ra tốt, cấu trúc đơn giản dễ điều khiển, thường được ứng dụng rộng rãi trong các ứng dụng có công suất vừa và nhỏ. Tuy nhiên, vẫn tồn tại một số nhược điểm như: trong quá trình hoạt động, bộ nghịch lưu sản sinh ra điện áp common mode lớn đây là nguyên nhân lớn nảy sinh ra nhiều vấn đề giảm chất lượng điện đầu ra, nhiễu EMI, làm hỏng ổ bi của động cơ. Trong bài báo này, một nghiên cứu về các giải thuật điều chế vector không gian để giảm điện áp common mode cho bộ nghịch lưu ba pha ba bậc hình T. Bên cạnh đó, phân tích trạng thái hoạt động của mạch và mô hình toán của bộ nghịch lưu ba pha ba bậc hình T. Ngoài ra, so sánh các giải thuật điều chế vector không gian đưa ra các ưu nhược điểm của từng thuật toán để giảm điện áp commonmode. Kết quả được kiểm chứng dựa trên phần mềm điện tử công suất PLECS.

**Từ khóa.** Giảm điện áp common mode, nghịch lưu ba pha ba bậc hình T, điện áp common mode ...

## RESEARCH AND APPLICATION OF SPACE VECTOR MODULATION TECHNIQUE TO COMMON MODE VOLTAGE REDUCTION FOR THREE-LEVEL T-TYPE INVERTER

**Abstract.** Nowadays, with the rapid development of renewable energy applications, the study of inverters becomes more and more important. The advantages of multi-level inverters can be mentioned as: good output voltage quality, simple structure, easy to control, often widely applied in small and medium capacity applications. However, there are still some disadvantages such as: during operation, the inverter produces a large common mode voltage, which is a major cause of many problems with output power quality reduction, EMI noise, damage the motor's ball bearing. In this paper, a study on spatial vector modulation algorithms to reduce common mode voltage for three-level t-type inverter. Besides, state analysis. circuit operation and mathematical model of a three-level t-type inverter er. In addition, comparing spatial vector modulation algorithms gives advantages and disadvantages of each algorithm to reduce commonmode voltage. Verified results based on PLECS. power electronics software.

**Keywords.** Common-Mode voltage reduction, common-Mode, three-level T-type inverte.

### 1 GIỚI THIỆU

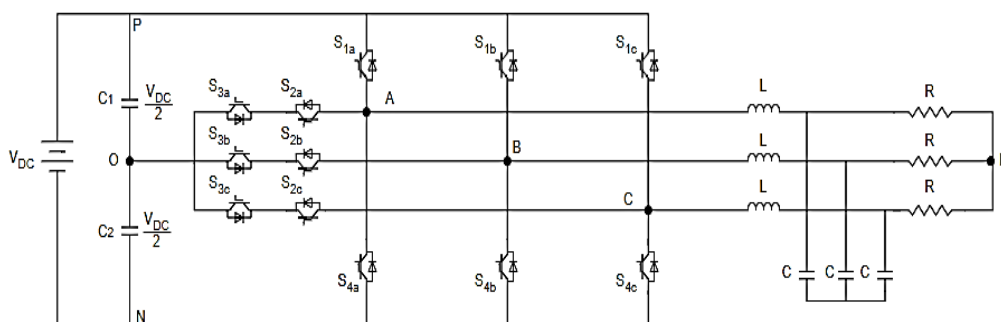
Trong những năm gần đây, với sự phát triển mạnh mẽ của các ứng dụng về nguồn năng lượng tái như hệ thống phát điện bằng năng lượng mặt trời (PV) [1], hệ thống tua-bin gió [2], các bộ biến tần trung thế [3] .v.v. Việc nghiên cứu các bộ nghịch lưu ngày càng trở nên quan trọng [4]. Thông thường, các bộ nghịch lưu 2 bậc được sử dụng như một giải pháp. Tuy nhiên, nghịch lưu 2 bậc thường có các bộ lọc có kích thước lớn, tần số chuyển mạch thấp và chất lượng điện áp ngõ ra còn thấp là những mặt hạn chế của cấu hình này.

Để giảm thiểu những nhược điểm trên, nghịch lưu đa bậc được sử dụng. Các cấu hình nghịch lưu đa bậc truyền thống có thể kể đến như sau: cấu hình nghịch lưu diode kẹp (NPC) [5] và nghịch lưu ghép tầng (CHB) [6]. Các cấu hình kể trên sử dụng nhiều linh kiện thụ động sẽ làm tăng kích thước và chi phí cho hệ thống điện. So với các cấu hình nghịch lưu đa bậc truyền thống trên thì cấu hình nghịch lưu ba bậc hình T [7] sử dụng các khóa bán dẫn hai chiều để tạo liên kết giữa tâm của điện áp ngõ vào và ngõ ra. Nghịch lưu ba bậc hình T kết hợp các ưu điểm của nghịch lưu hai bậc và nghịch lưu đa bậc như: nguyên lý hoạt động đơn giản, tổn hao chuyển mạch và tổn hao dẫn thấp và chất lượng điện áp đầu ra tốt [8 - 9]. Do đó, nghịch lưu ba pha ba bậc hình T được sử dụng trong rộng rãi trong các ứng dụng yêu cầu công suất vừa và nhỏ. Một nhược điểm còn tồn tại của các phương pháp điều chế độ rộng xung (PWM) truyền thống là giá trị điện áp common mode khá cao [10 - 11] sẽ gây ra một số vấn đề không mong muốn. Trong các ứng dụng về điều khiển động cơ, điện áp common mode là nguyên nhân chính tạo ra điện áp trên các trục động cơ và dòng điện qua vòng bi của động cơ [12] và chính các nguyên nhân đó làm giảm tuổi thọ của động cơ. Ngoài ra, điện áp common mode còn gây ra nhiễu điện từ (EMI) ảnh hưởng đến các thiết bị điện tử đặt gần bộ nghịch lưu [13 - 15]. Do đó, điện áp common mode được sinh ra bởi các bộ nghịch lưu phải được quan tâm và những phương pháp giảm điện áp common mode thật sự quan trọng và cần thiết cho một bộ nghịch lưu. Một phương pháp điều chế sử dụng những vector zero, vector trung bình và vector lớn để tổng hợp vector điện áp tham chiếu đã được đề xuất trong tài liệu [16] và cường độ điện áp common mode được giới hạn trong phạm vi một phần sáu điện áp một chiều.

Trong bài báo này, một sơ đồ điều chế vector không gian giảm điện áp common mode cho bộ nghịch lưu ba pha ba bậc hình T được đề xuất. Cấu trúc bài báo được chia thành 5 phần: 1) giới thiệu tổng quan về bài báo, 2) trình bày cấu trúc bộ nghịch lưu ba pha ba bậc hình T, 3) trình bày giải thuật PWM để giảm điện áp common mode, 4) kết quả mô phỏng, 5) kết luận.

## 2 CẤU TRÚC BỘ NGHỊCH LƯU BA PHA BA BẬC HÌNH T

Cấu tạo của bộ nghịch lưu ba pha ba bậc hình T gồm có 3 nhánh, mỗi nhánh gồm có 4 khóa bán dẫn được biểu diễn như Hình 1



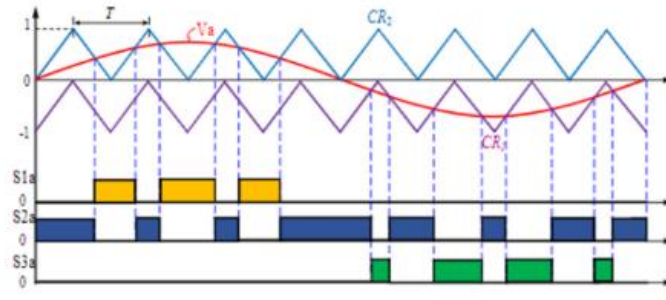
Hình 1. Cấu trúc bộ nghịch lưu ba pha ba bậc hình T

Khi kích hoạt trạng thái khóa  $S_{1x}$ ,  $S_{2x}$  (a, b, c) thì điện áp ngõ ra  $V_{xO}$  đạt được giá trị  $+V_{DC}/2$ . Tương tự như vậy, khi kích hoạt trạng thái khóa  $S_{2x}$ ,  $S_{3x}$  thì được nối với điểm trung tính ("O") của nguồn với ngõ ra. Vì vậy, điện áp ngõ ra  $V_{xO}$  bằng không. Và cuối cùng điện áp ngõ ra  $V_{xO}$  đạt giá trị  $-V_{dc}/2$  khi kích hoạt trạng thái khóa  $S_{3x}$ ,  $S_{4x}$ .

Bảng 1. Trạng thái các khóa của bộ nghịch lưu ba pha ba bậc hình T (x = a, b, c)

Trạng thái khóa				Điện áp ngõ ra
$S_{x1}$	$S_{x2}$	$S_{x3}$	$S_{x4}$	
ON	ON	OFF	OFF	$V_{dc}/2$
OFF	ON	ON	OFF	0
OFF	OFF	ON	ON	$-V_{dc}/2$

Phương pháp PWM truyền thống điều khiển cho mạch nghịch lưu đa bậc sử dụng ba tín hiệu tham chiếu có dạng sine và hai sóng mang tần số cao. Xung kích cho các khóa bán dẫn được thể hiện dưới hình 2 dưới đây.



Hình 2. Phương pháp PWM truyền thống cho bộ nghịch lưu truyền thống đa bậc

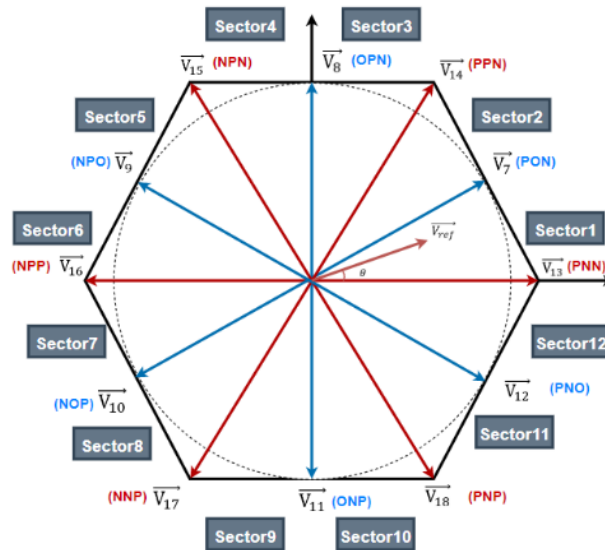
### 3 GIẢI THUẬT PWM ĐỂ GIẢM ĐIỆN ÁP COMMON-MODE CHO BỘ NGHỊCH LƯU BA PHA BA BẬC HÌNH T

Điện áp common mode do bộ nghịch lưu ba pha đa bậc gây ra bởi các giá trị điện áp đầu ra và có thể tính bằng

$$V_{CM} = \frac{V_{AO} + V_{BO} + V_{CO}}{3} \quad (1)$$

Ở đây  $V_{AO}, V_{BO}, V_{CO}$  là điện áp ra ba pha.

Trong bài viết này đề xuất một sơ đồ SVM cho bộ nghịch lưu ba pha ba bậc hình T và với sơ đồ vector không gian được hiển thị trong Hình 3. Trong đó ta chỉ sử dụng các vector lớn, vector trung bình và vector không để có thể giới hạn điện áp common mode trong khoảng  $1/6V_{dc}$  đến  $-1/6V_{dc}$ , và đảm bảo chất lượng điện áp ngõ ra ổn định, hiệu suất cao.



Hình 3. Sơ đồ vector không gian được đề xuất

Giả sử vector điện áp tham chiếu  $\vec{V}_{ref}$  nằm trong Khu vực 1, vector lớn  $\vec{V}_{13}$ , vector trung bình  $\vec{V}_7$ , và vector 0  $\vec{V}_0$  được tổng hợp thành vector áp tham chiếu. Theo nguyên tắc cân bằng volt-second ta được.

$$\vec{V}_{ref}Ts = \vec{V}_{13}T1 + \vec{V}_7T2 + \vec{V}_0 * T0 \quad (2)$$

Trong đó, vector điện áp  $\vec{V}_{13}, \vec{V}_7, \vec{V}_0$  và  $\vec{V}_{ref}$  được hiển thị bằng

$$\begin{cases} \vec{V}_{13} = \frac{2}{3}Vdc \\ \vec{V}_7 = \frac{1}{\sqrt{3}}Vdc \cdot e^{j\frac{\pi}{6}} \\ \vec{V}_0 = 0 \\ \vec{V}_{ref} = V_{ref} \cdot e^{j\theta} \end{cases} \quad (3)$$

Thời gian của các vector lớn ( $\vec{V}_{13}$ ), vector trung bình ( $\vec{V}_7$ ), và vector không ( $\vec{V}_0$ ) có thể được tính như sau:

$$\begin{cases} T1 = m\sqrt{3}T\sin(\frac{\pi}{6} - \theta) \\ T2 = 2m\sin(\theta) \\ T0 = Ts - T1 - T2 \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó T1, T2, T0 lần lượt là thời gian của các vector lớn ( $\vec{V}_{13}$ ), vector trung bình ( $\vec{V}_7$ ) và vector không ( $\vec{V}_0$ ). Ts là chu kì chuyển đổi trong thời gian  $0 \leq \theta < \frac{\pi}{6}$ , m là tỷ số điều chế, có thể được định nghĩa là

$$m = \frac{\sqrt{3}V_{ref}}{V_{dc}} \quad (5)$$

Độ lớn cực đại của vector điện áp tham chiếu  $\vec{V}_{ref}$  bằng độ dài của vector trung bình và được thể hiện như sau:

$$V_{ref,max} = \frac{V_{dc}}{\sqrt{3}} \quad (6)$$

Thay thế công thức số (6) và công thức số (5) ta tìm được tỷ số điều chế lớn nhất là

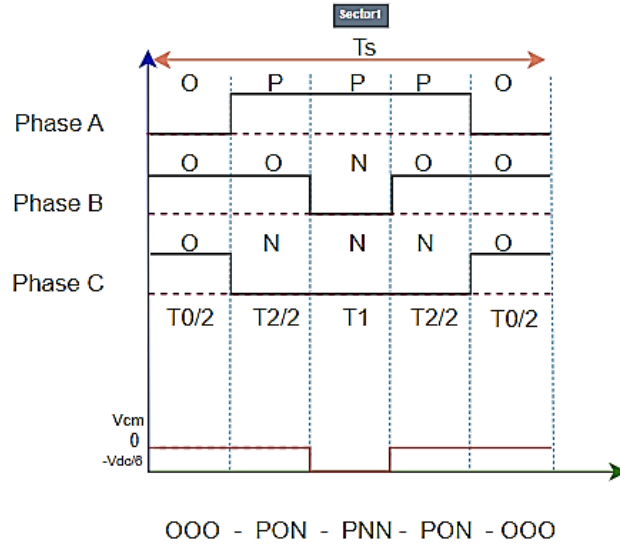
$$m_{max} = 1 \quad (7)$$

Giá trị RMS lớn nhất của giữa hai điện áp trên dây được tính bằng :

$$V_{d,max} = \sqrt{3} \cdot \left( \frac{V_{ref,max}}{\sqrt{2}} \right) = 0.707 \cdot V_{dc} \quad (8)$$

Có thể thấy rằng việc sử dụng sơ đồ được đề xuất cũng giống với phương pháp SVM thông thường. Mặc dù không sử dụng các vector nhỏ để tổng hợp vector điện áp tham chiếu, thì các liên kết điện áp không bị ảnh hưởng nhiều.

Trình tự chuyển đổi được chọn trong Khu vực 1 là [OOO] – [PON] – [PNN] – [PON] – [OOO], và thời gian chuyển đổi trạng thái của pha A, B, C được hiển thị trong Hình 4:



Hình 4. Trình tự chuyển mạch ở Khu vực 1

Có thể thấy rằng độ rộng xung dương của pha A và độ rộng xung âm của pha C có thời gian dừng là như nhau.

Khi vector điện áp tham chiếu  $\vec{V}_{ref}$  nằm trong Khu vực 2, vector lớn  $\vec{V}_{14}$ , vector trung bình  $\vec{V}_7$ , và vector không  $\vec{V}_0$  được tổng hợp thành vector tham chiếu. Theo nguyên tắc cân bằng volt-second.

$$\vec{V}_{ref} T_s = \vec{V}_{14} T_1 + \vec{V}_7 T_2 + \vec{V}_0 * T_0 \quad (9)$$

Trong đó, vector điện áp  $\vec{V}_{14}$ ,  $\vec{V}_7$ ,  $\vec{V}_0$  và  $\vec{V}_{ref}$  được hiển thị bằng

$$\begin{cases} \vec{V}_{13} = \frac{2}{3} V_{dc} \\ \vec{V}_7 = \frac{1}{\sqrt{3}} V_{dc} \cdot e^{j\frac{\pi}{6}} \\ \vec{V}_0 = 0 \\ \vec{V}_{ref} = V_{ref} \cdot e^{j\theta} \end{cases} \quad (10)$$

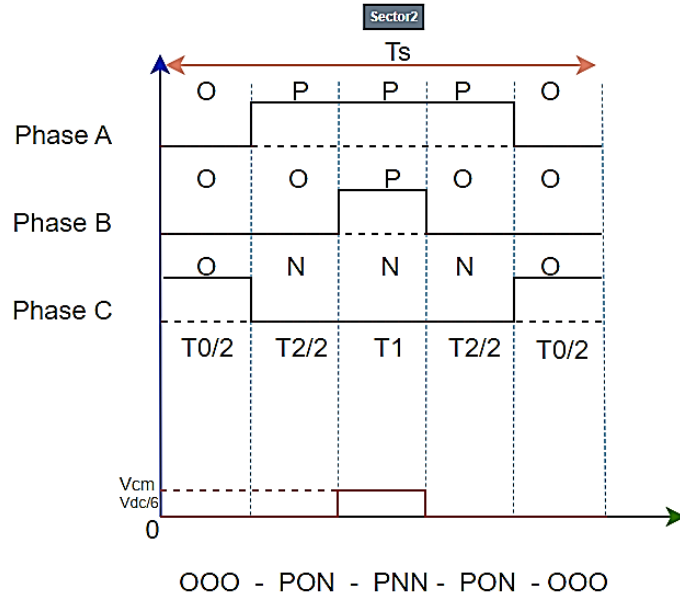
Thời gian của các vector lớn ( $\vec{V}_{13}$ ), vector trung bình ( $\vec{V}_7$ ), và vector không ( $\vec{V}_0$ ) có thể được tính như sau:

$$\begin{cases} T_1 = m\sqrt{3}T_s \sin\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) \\ T_2 = 2m \sin\left(\frac{\pi}{3} - \theta\right) \\ T_0 = T_s - T_1 - T_2 \end{cases} \quad (11)$$

Ở đây chu kỳ chuyển đổi trong khoảng  $\frac{\pi}{6} \ll \theta < \frac{\pi}{3}$ .

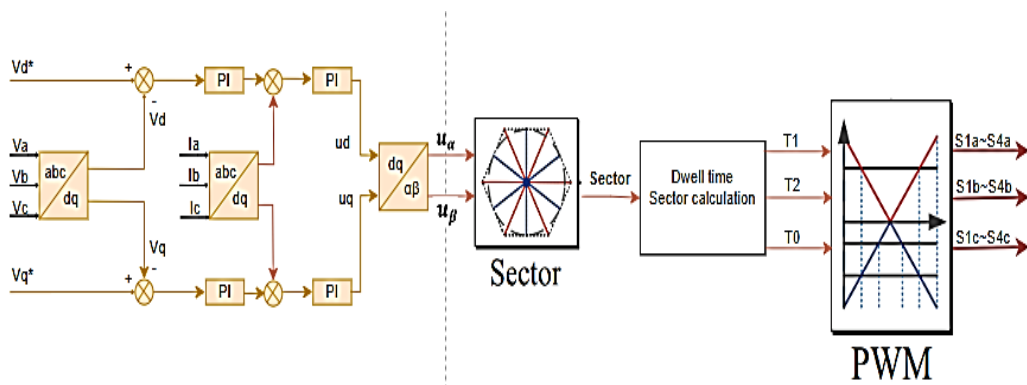
Trình tự chuyển đổi được chọn trong Khu vực 2 là [OOO] – [PON] – [PPN] – [PON] – [OOO], và thời gian chuyển đổi trạng thái của pha A, B, C được hiển thị trong Hình 5.





Hình 5. Trình tự chuyển mạch ở Khu vực 2

Sơ đồ điều khiển tổng quát của bộ nghịch lưu ba pha ba bậc hình T được hiển thị trong Hình 6.



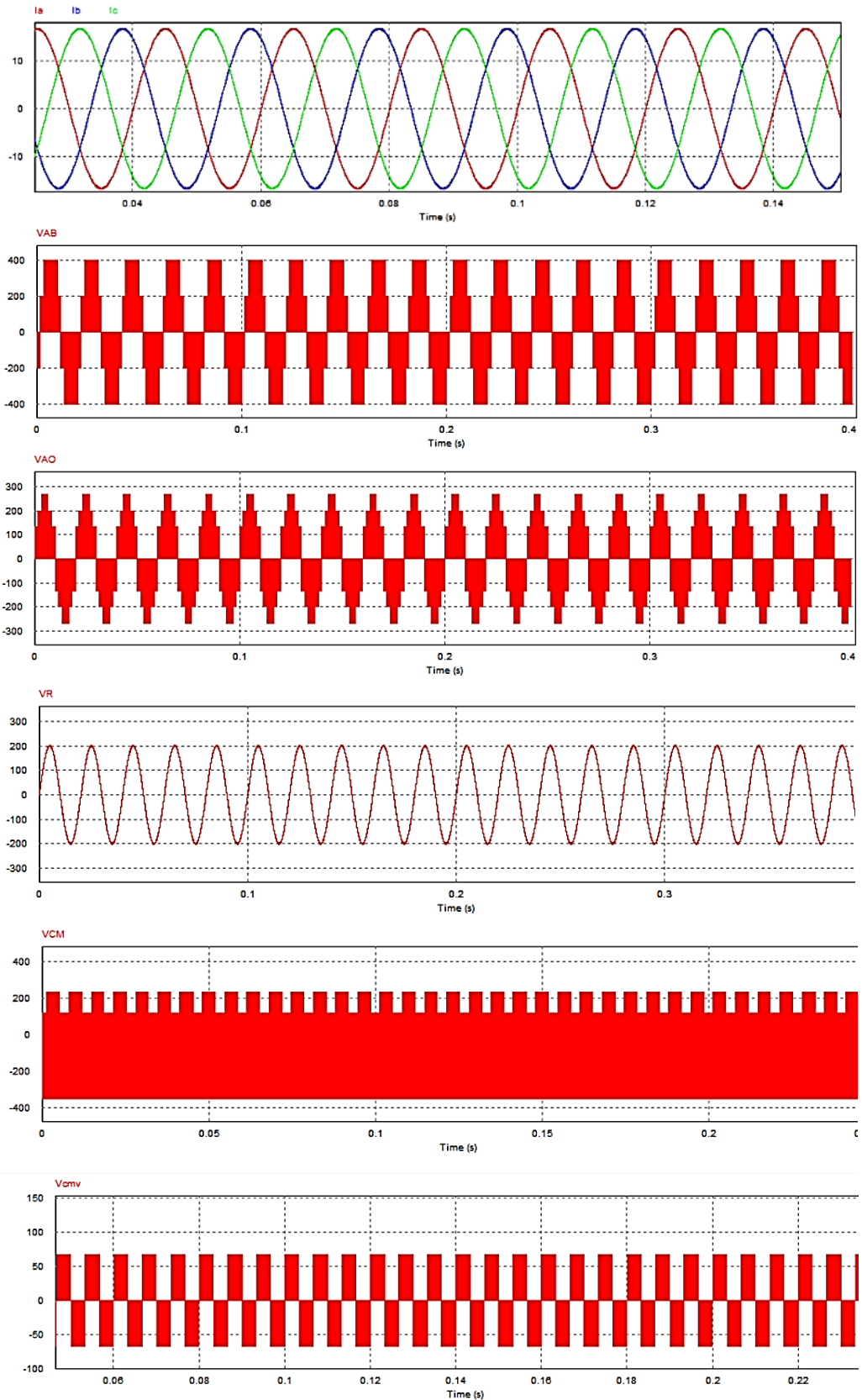
Hình 6. Sơ đồ điều khiển của bộ nghịch lưu ba pha ba bậc hình T

#### 4 KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Để kiểm chứng giải thuật giảm điện áp common-mode cho bộ nghịch lưu ba pha ba bậc hình T được trình bày trong phần III, nhóm nghiên cứu tiến hành mô phỏng và thực nghiệm dựa trên phần mềm PSIM với các thông số sau:

Bảng 2. Các thông số trong mô phỏng PSIM

Thông số các thành phần		Giá trị
Điện áp ngõ vào	Vdc	400VDC
Điện áp ngõ ra	Vo	115 VRMS
Tần số ngõ ra	fo	50Hz
Tần số sóng mang	fs	12.5 KHz
Tỉ số điều chế	m	0.866
Tụ điện	C1 = C2	2200 $\mu$ F
Mạch lọc RC	Lf và Cf	2 mH và 10 $\mu$ F
Tải trở	Rt	12 $\Omega$



Hình 7. Kết quả mô phỏng giải thuật giảm điện áp common-mode cho bộ nghịch lưu ba pha ba bậc hình T. Từ trên xuống dưới theo thứ tự là: dòng điện 3 pha ( $i_a$ ,  $i_b$ ,  $i_c$ ), điện áp dây ( $V_{AB}$ ), điện áp cực ( $V_{AO}$ ), điện áp trên tải ( $V_R$ ), điện áp common-mode trước khi giải thuật ( $V_{CM}$ ) và điện áp common-mode ( $V_{cmv}$ ) khi sử dụng giải thuật

Với kết quả được biểu diễn ở Hình 7, có thể thấy rằng khi sử dụng giải thuật PWM bằng vector lớn, vector trung bình và vector không được trình bày ở trên, thì điện áp common-mode luôn được giới hạn trong phạm vi  $1/6V_{dc}$  đến  $-1/6V_{dc}$  so với điện áp common mode khi chưa có giải thuật PWM.

Mạch nghịch lưu trên tạo ra ba bậc điện áp + 200V, 0V và -200V ở ngõ ra, được thể ở dạng sóng VAO trong Hình 7.

Với điện áp ngõ vào là 400Vdc và chỉ số điều chế là 0.866, điện áp ngõ ra trên tải được tính toán gần bằng 115VRMS, và dòng điện ngõ ra có giá trị hiệu dụng 11.95A được biểu diễn bằng dạng sóng VR và ia, ib, ic trên Hình 7.

## 5 KẾT LUẬN

Bài viết này trình bày giải thuật PWM điều khiển cho mạch nghịch lưu ba pha ba bậc hình T nhằm mục đích giảm điện áp common-mode. Nguyên lý hoạt động, lý thuyết để giảm điện áp common-mode đã được trình bày và kiểm chứng qua các kết quả mô phỏng dưới sự hỗ trợ của phần mềm PSIM. Cấu hình và giải thuật cho bộ nghịch lưu hình T đã được phân tích phù hợp với các ứng dụng yêu cầu công suất vừa và nhỏ.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] U. M. Choi, F. Blaabjerg, and K. B. Lee, "Control strategy of two capacitor voltages for separate MPPTs in photovoltaic systems using neutral-point-clamped inverters," IEEE Trans. Ind Appl., vol. 51, no. 4, pp. 3295-3303, July/Aug. 2015
- [2] J. S. Lee and K. B. Lee, "Open-switch fault tolerance control for a three-level NPC/T-type rectifier in wind turbine systems," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 62, no. 2, pp. 1012-1021, Feb. 2015.
- [3] C. Xia, G. Zhang, Y. Yan, X. Gu, T. Shi, and X. He, "Discontinuous space vector PWM strategy of neutral-point-clamped three-level inverters for output current ripple reduction," IEEE Trans. Power Electron., vol. 32, no. 7, pp. 5109-5121, July 2017.
- [4] D. T. Do and M. K. Nguyen, "Three-level quasi-switched boost Ttype inverter: analysis, PWM control, and verification," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 65, no. 10, pp. 8320 –8329, Oct. 201
- [5] Q. Song, W. Liu, Q. Yu, X. Xie, and Z. Wang, "A neutral-point potential balancing algorithm for three-level NPC inverters using analytically injected zero-sequence voltage," in Proc. IEEE Applied Power Electronics Conf., vol. 1, 2003, pp. 228–233
- [6] M. Malinowski, K. Gopakumar, J. Rodriguez, and M. A. Peérez, "A survey on cascaded multilevel inverters," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 57, no. 7, pp. 2197–2206, Jul. 2010
- [7] Ghasem Hosseini Aghdam, "Optimised active harmonic elimination technique for three-level T-type inverters," IET Power Electron., vol. 8, no. 11, pp. 425-433, jun. 201
- [8] H. Xiao and S. Xie, "Transformerless split-inductor neutral point clamped three-level PV grid-connected inverter," IEEE Trans. Power Electron., vol. 27, no. 4, pp. 1799–1808, Apr. 2012
- [9] M. Schweizer and J. W. Kolar, "Design and implementation of a highly efficient 3-level T-type converter for low-voltage applications,
- [10] Nho-Van Nguyen, Tam-Khanh TuNguyen, Hong-Hee Lee, "A Reduced Switching Loss PWM Strategy to Eliminate Common Mode Voltage in Multilevel Inverters", 27 IEEE Transactions on Power Electronics, PTC'05, vol. 30, no. 10, pp. 1–15, Oct. 2015.
- [11] Nho-Van Nguyen, Tam-Khanh Tu Nguyen, Hong-Hee Lee, "Eliminated Common-Mode Voltage Pulsewidth Modulation to Reduce Output Current Ripple for Multilevel Inverters", IEEE Transactions on Power Electronics, PTC'05, vol. 31, issue. 8, pp. 1–15, Aug. 2016.

- [12] U. T. Shami and H. Akagi, "Experimental discussion on a shaft end-to-end voltage appearing in an inverter-driven motor," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 24, no. 6, pp. 1532–1540, Jun. 2009
- [13] J. Shang and Y. W. Li, "A space-vector modulation method for common mode voltage reduction in current-source converters," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 29, no. 1, pp. 374–385, Jan. 2014.
- [14] Z. Liu, Z. Zheng, S. D. Sudhoff, C. Gu, and Y. Li, "Reduction of common mode voltage in multiphase two-level inverters using SPWM with phase-shifted carriers," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 31, no. 9, pp. 6631–6645, Sep. 2016
- [15] X. Chen, D. Xu, F. Liu, and J. Zhang, "A novel inverter-output passive filter for reducing both differential- and common-mode  $dv/dt$  at the motor terminals in PWM drive systems," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 54, no. 1, pp. 419–426, Feb. 2007.
- [16] J. S. Lee and K. B. Lee, "New modulation techniques for a leakage current reduction and a neutral-point voltage balance in transformerless photovoltaic systems using a three-level inverter," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 29, no. 4, pp. 1720–1732, Apr. 2014.

YSC5.F141

## QUY HOẠCH MỞ RỘNG LƯỚI ĐIỆN SỬ DỤNG GIẢI THUẬT NGỰA BIỂN

BÙI NGUYỄN ĐỨC HUY<sup>1</sup>, DƯƠNG THANH LONG<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công Nghệ điện, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\*duongthanhlng@iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Quy hoạch mở rộng lưới điện (TEP) là một vấn đề phức tạp, hỗn hợp phi tuyến tính với kích cỡ lớn. Trong đó, vấn đề tìm vị trí và số lượng đường dây mới cần lắp đặt thêm trên lưới sao cho chi phí đầu tư là nhỏ nhất đang trở thành thách thức đối với các nhóm nghiên cứu. Trong nghiên cứu này, một kỹ thuật metaheuristic tối ưu mới được đề xuất để giải bài toán quy hoạch mở rộng hệ thống truyền tải. Kỹ thuật này được biết đến là giải thuật tối ưu Sea-horse (SHO). Phương pháp đề xuất được thử nghiệm trên các mô hình Graver's 6 bus và IEEE 24 bus trong hai trường hợp có hoặc không có thay đổi công suất máy phát. Các kết quả đạt được của phương pháp SHO được so sánh với các phương pháp khác đã chỉ ra rằng SHO có kết quả tốt hơn nhiều thuật toán khác. Vì vậy, SHO cũng là một trong những thuật toán hiệu quả và đáng tin cậy để giải bài toán TEP.

**Từ khóa.** Quy hoạch mở rộng lưới, giải thuật ngựa biển, chi phí đầu tư.

### STATIC TRANSMISSION EXPANSION PLANNING USING SEA-HORSE OPTIMIZER ALGORITHM

**Abstract.** Transmission expansion planning (TEP) is a large-scale, complex mixed integer nonlinear programming problem. In which, the problem of finding location and number of new lines should be added to the network for minimum investment costs is a challenge for the search groups. In this study, a new optimization metaheuristic technique is proposed for solving the static transmission expansion planning problem. This technique is known as the Sea-horse optimizer (SHO). The proposed method is tested on the models Graver's 6 bus and IEEE 24 bus system on two cases with or without generation resizing. The results obtained of the suggested SHO approach compared with other methods in the literature have shown that the SHO has better results than many other algorithms. Thus, the proposed SHO is also one of the effective and reliable algorithms to solve TEP problem.

**Keywords.** Transmission Expansion Planning, Sea-horse optimizer, minimum investment costs.

### 1 GIỚI THIỆU

Năng lượng nói chung đóng vai trò quan trọng đối với sự phát triển của đất nước. Hiện nay với sự gia tăng của dân số, phát triển của công nghiệp dẫn tới sự gia tăng phụ tải nên gây ra nhiều thách thức đối với ngành năng lượng nói chung và ngành điện nói riêng. Bên cạnh sự gia tăng của phụ tải thì với sự tham gia của nguồn năng lượng tái tạo vào hệ thống điện lại phát sinh thêm nhiều vấn đề mới. Một trong số đó là sự không đáp ứng được của hệ thống truyền tải điện hiện hữu. Để giải quyết vấn đề trên thì nghiên cứu về quy hoạch mở rộng lưới điện là cần thiết và trở một chủ đề nổi bật trong các nghiên cứu gần đây.

TEP là một trong những bài toán kinh điển trong hệ thống điện, mà nhiệm vụ của bài toán này là lập kế hoạch mở rộng với nhiều trường hợp khác nhau để đáp ứng được nhu cầu phụ tải trong tương lai. Với tất cả các trường hợp trong kế hoạch mở rộng của hệ thống điện, đều xét tới yếu tố then chốt và quan trọng nhất đó chính là xác định số lượng và vị trí các đường dây truyền tải mới cần để đưa vào hệ thống điện nhằm mở rộng khả năng truyền tải của hệ thống điện để đáp ứng nhu cầu của phụ tải ngày càng tăng sao cho chi phí đầu tư là thấp nhất.

Nhìn chung, bài toán TEP được chia thành quy hoạch mở rộng lưới điện tĩnh (STEP) và quy hoạch mở rộng lưới điện động (DTEP). Bài toán STEP là xác định vị trí và số lượng đường dây truyền tải mới sẽ được thêm vào mạng cho đến thời điểm lập kế hoạch [1], bài toán DTEP tìm câu trả lời cho câu hỏi ở đâu, bao nhiêu và khi nào đường dây mới sẽ được thêm vào hệ thống điện [2].

Để tìm ra lời giải tốt nhất cho bài toán TEP, các nhà nghiên cứu đã áp dụng rất nhiều thuật toán nhưng nhìn chung có hai cách tiếp cận chính để giải quyết bài toán TEP: toán học và heuristic. Với cách tiếp cận toán học được công bố đầu tiên bởi Graver's vào năm 1970 sử dụng linear programming approach [4], sử dụng dynamic programming [5], branch and bound algorithm (B&B) [6], interactive methods [20], imulated annealing [21], hierarchical decomposition [22], Fuzzy systems [23], Benders Decomposition (BD) [7], còn với thuật toán heuristic được tạo ra để giải quyết một loại vấn đề, trong khi các thuật toán meta-heuristic có thể giải quyết tối ưu được nhiều loại vấn đề khác nhau một cách đáng tin cậy: constructive heuristic algorithm (CHA) [3,8], Artificial Bee Colony (ABC) [9], tabu search algorithms (TS) [10], Forensic Based Investigation Optimization algorithms (FBIO) [11], discrete particle swarm optimization algorithm (PSO) [12], Mosquitoes Behavior Based (MOX) [19], Chaos Optimal Algorithm (COA) [25], Social spider algorithm (SS) [26] are the meta-heuristic algorithms used in TEP [11], bên cạnh các thuật toán ở trên có một phương pháp khác gọi thuật toán lai/sửa đổi hoặc cải tiến: Modified Grey Wolf Optimization Algorithm (MGWO) [13], Improved Genetic Algorithm (IGA) [14], Hybridization of DE and PBILc (DE-PBILc) [2], heuristic and meta-heuristic (CHA+PSO) [24].

Thông thường, các phương pháp nêu trên đã được áp dụng và giải quyết thành công bài toán TEP, tuy nhiên, TEP là một bài toán phi tuyến tính có kích cỡ lớn nên không phải tất cả các thuật toán tối ưu đều có thể áp dụng để giải quyết vấn đề trên. Trong bài báo này, Sea-horse Optimizer (SHO) một thuật toán tối ưu mới, tìm kiếm diện rộng, lấy cảm hứng từ tự nhiên để giải quyết bài toán tối ưu. Thuật toán này có ba giai đoạn để cập nhật giá trị cho một quần thể dựa theo hành vi của ngựa biển. Thuật toán trên được sử dụng để giải quyết vấn đề STEP dựa trên mô hình DC với hai trường hợp thử nghiệm là có thay đổi và không thay đổi kích thước máy phát. Sự khác biệt và đóng góp của nghiên cứu này so với các nghiên cứu về TEP trong tài liệu có thể được liệt kê như sau:

- Trong bài nghiên cứu này, lần đầu tiên Sea-horse Optimizer (SHO) được áp dụng và giải quyết thành công bài toán STEP.
- Các bài toán TEP sử dụng SHO đã được triển khai thành công để tìm lời giải tối ưu trên hệ thống thử nghiệm Graver's 6 bus và IEEE 24 bus với trường hợp thay đổi và không cần thay đổi kích thước máy phát.
- SHO được so sánh với các phương pháp khác để chứng minh hiệu quả của SHO đối với bài toán TEP.

Phần còn lại của bài báo này được tổ chức như sau: Trong phần 2, mô tả mô hình toán học của bài toán TEP. Phần 3 trình bày tổng quan về Sea-horse Optimizer và ứng dụng của nó cho bài toán TEP. Phần 4 trình bày kết quả phân tích và so sánh. Cuối cùng, phần 5 trình bày nhận xét, kết luận và các công việc tiếp theo trong tương lai.

## 2 MÔ HÌNH TOÁN CỦA TEP

Có hai mô hình cơ bản cho bài toán TEP đó là mô hình AC và mô hình DC, độ phức tạp và chính xác là hai điểm khác nhau cơ bản của hai mô hình trên. Trong bài nghiên cứu này, mô hình DC được sử dụng vì ít phức tạp hơn và cung cấp độ chính xác có thể chấp nhận được.

### 2.1 Hàm mục tiêu

Mô hình toán của hàm mục tiêu nhằm tối thiểu chi phí đầu tư được mô tả như sau [8,13]:

$$\text{Min } F_{\text{inv}} = C_t = \sum_{ij} C_{ij} n_{ij} \quad (1)$$

Với  $C_t$  là tổng chi phí đầu tư,  $C_{ij}$  là chi phí đầu tư của đường dây từ bus  $i$  tới bus  $j$ ,  $n_{ij}$  là số lượng đường dây đầu tư giữa bus  $i$  và bus  $j$ .

## 2.2 Ràng buộc

Phương trình cân bằng công suất cho công suất tác dụng được biểu diễn như một ràng buộc đẳng thức trong bài toán TEP. Ngoài ra các ràng buộc khác chủ yếu là các ràng buộc bất đẳng thức giữa công suất của máy phát, số lượng đường dây và dòng công suất trên nhánh, các phương trình này có thể được biểu diễn như sau [8,17]:

$$F + G - D = 0 \quad (2)$$

$$f_{ij} - B_{ij}(n_{ij}^0 + n_{ij})\theta_{ij} = 0 \quad (3)$$

Phương trình (2) thể hiện sự cân bằng năng lượng trong mỗi nút. Ràng buộc này là mô hình hóa định luật Kirchhoff trong mạng DC tương đương. Tương tự, phương trình (3) là biểu thức của định luật Kirchhoff về điện áp, tại đó F là công suất chạy trên đường dây, G là công suất thực của máy phát, D là giá trị tải,  $f_{ij}$  là công suất chạy trên nhánh từ bus i tới bus j,  $B_{ij}$  là tổng trở của đường dây từ bus i tới bus j,  $n_{ij}^0$  số lượng đường dây ban đầu giữa bus i và bus j,  $n_{ij}$  là số lượng đường dây mới giữa bus i và bus j,  $\theta_{ij}$  góc điện áp giữa bus i và bus j.

$$0 \leq G_i \leq \bar{G}_i \quad (4)$$

$$0 \leq n_{ij} \leq \bar{n}_{ij} \quad \forall (i, j) \in \Omega \quad (5)$$

$$|f_{ij}| \leq (n_{ij}^0 + n_{ij}) f_{ij}^- \quad (6)$$

Ràng buộc về công suất tại máy phát được mô tả ở phương trình (4), số đường dây tối đa giữa bus i và bus j được mô tả ở phương trình (5), dòng công suất tối đa tương ứng với mỗi nhánh được mô tả ở (6), tại đó  $G_i$  là công suất máy phát tại bus i,  $\bar{G}_i$  là công suất máy phát tối đa tại bus i,  $n_{ij}$  là số lượng đường dây mới giữa bus i và bus j,  $\bar{n}_{ij}$  là số lượng đường dây mới tối đa có thể thêm vào giữa bus i và bus j,  $f_{ij}$  là công suất trên nhánh giữa bus i và bus j,  $f_{ij}^-$  là công suất tối đa trên nhánh giữa bus i và bus j.

## 3 PHƯƠNG PHÁP ĐỀ NGHỊ

Trong bài báo này, SHO là một phương pháp meta-heuristic mới và lần đầu tiên được ứng dụng trong các nghiên cứu TEP và được sử dụng để giải bài toán STEP. SHO là một thuật toán meta-heuristic dựa trên tự nhiên để tìm giải pháp tối ưu cho các bài toán phi tuyến tính liên tục với độ chính xác và hiệu suất cao do Shijie Zhao, Tianran Zhang, Shilin Mal và Mengchen Wang công bố vào năm 2022 [15]. Mỗi thuật toán meta-heuristic đều có những ưu điểm về độ bền, hiệu suất và không gian tìm kiếm. Do đó, cần phải tìm hiểu thuật toán meta-heuristic nào tốt hơn trong việc giải quyết hiệu quả vấn đề TEP, đó là mục đích chính của nghiên cứu này.

SHO được lấy cảm hứng từ hành vi của loài ngựa biển, là một loại cá nhỏ sống chủ yếu ở vùng nước ấm. Có ba giai đoạn cơ bản trong hành vi của ngựa biển: đầu tiên dựa trên hành vi di chuyển, thứ hai dựa trên hành vi săn mồi, cuối cùng dựa trên hành vi sinh sản. Tương tự như các meta-heuristics hiện có khác, SHO cũng bắt đầu từ khởi tạo quần thể ban đầu, quá trình khởi tạo không gian tìm kiếm và toàn bộ quần thể có thể được biểu thị như sau:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} \end{bmatrix} i \times j \quad (7)$$

Tại đó X là quần thể ngựa biển,  $x_{ij}$  là giá trị của biến thứ j tương ứng với cá thể ngựa biển thứ i, i là số lượng cá thể ngựa biển trong quần thể, and j là số lượng biến.

Vị trí của ngựa biển trong hành vi di chuyển được mô tả như sau:

$$X_{new}^1(t+1) = \begin{cases} X_i(t) + Levy(\lambda)((X_{elite}(t) - X_i(t)) * x * y * z + X_{elite}(t)), & r_1 > 0 \\ X_i(t) + rand * l * \beta_t * (X_i(t) - \beta_t * X_{elite}), & else \end{cases} \quad (8)$$

Tại đó  $X_{new}^1$  là vị trí ngựa biển trong hành vi di chuyển, Levy là hàm bay được mô tả ở [27]  $X_{elite}$  là cá thể ngựa biển tốt nhất,  $r_1 = randn()$ .

Vị trí của ngựa biển trong hành vi săn mồi thể được mô tả như sau:

$$X_{new}^2(t+1) = \begin{cases} \alpha * (X_{elite} - rand * X_{new}^1(t) + (1 - \alpha) * X_{elite}, & r_2 > 0.1 \\ (1 - \alpha) * (X_{new}^1(t) - rand * X_{elite}) + \alpha * X_{new}^1(t), & else \end{cases} \quad (9)$$

Tại đó  $X_{new}^2$  là vị trí của ngựa biển trong hành vi săn mồi,  $\alpha$  là hàm giảm tuyến tính phụ thuộc vào số lần lặp,  $r_2$  là số ngẫu nhiên trong khoảng  $[0,1]$ .

Vị trí của ngựa biển trong hành vi sinh sản được mô tả như sau:

$$fathers = X_{sort}^2(1: \frac{i}{2}) \quad (10)$$

$$mothers = X_{sort}^2(\frac{i}{2} + 1: i) \quad (11)$$

$$X_i^{offspring} = r_3 * X_i^{father} + (1-r_3) * X_i^{mother} \quad (12)$$

Tại đó  $fathers$  là quần thể ngựa biển cha,  $mothers$  là quần thể ngựa biển mẹ,  $X_i^{offspring}$  là quần thể ngựa biển con được sinh ra dựa trên quần thể cha và mẹ,  $r_3$  là số ngẫu nhiên giữa  $[0,1]$ .

Hàm thích nghi (fitness) của thuật toán được mô tả như sau:

$$FF = F_{inv} + K_g \cdot \sum G_{pen} + K_b \cdot \sum F_{pen} \quad (13)$$

Với:

$$G_{pen} = \begin{cases} 0, & \text{if } 0 \leq G_i \leq \bar{G}_i \\ G_i - \bar{G}_i, & \text{else} \end{cases} \quad (14)$$

$$F_{pen} = \begin{cases} 0, & \text{if } 0 \leq f_{ij} \leq \bar{f}_{ij} \\ f_{ij} - \bar{f}_{ij}, & \text{else} \end{cases} \quad (15)$$

Tương ứng phương trình (13) là hàm thích nghi của giải thuật, phương trình (14) là giá trị phạt tương ứng nếu giá trị máy phát vượt quá ngưỡng cho phép, tương tự phương trình (15) là giá trị phạt công suất trên nhánh vượt quá mức cho phép. Tại đó  $K_g$  và  $K_b$  là hệ số phạt tương ứng với giá trị phạt của công suất máy phát, công suất trên nhánh và được đặt với giá trị là  $10^6$ ,  $G_i$ ,  $\bar{G}_i$  tương ứng là công suất của máy phát tại nút  $i$  và công suất tối đa tại nút  $i$ ,  $f_{ij}$  và  $\bar{f}_{ij}$  là công suất giữa 2 nút  $i,j$  và công suất tối đa giữa 2 nút  $i,j$ .

Các bước áp dụng giải thuật SHO vào bài toán TEP được trình bày bên dưới cùng với sơ đồ quy trình thực hiện được trình bày trong hình 1:

**Bước 1:** Khởi tạo quần thể ban đầu sử dụng phương trình (7)

**Bước 2:** Tính giá trị thích nghi của quần thể ban đầu theo phương trình (13)-(15).

**Bước 3:** Chọn cá thể ngựa biển tốt nhất trong quần thể tương ứng với giá trị thích nghi nhỏ nhất làm  $X_{elite}$

**Bước 4:** Vị trí mới của ngựa biển được tính toán dựa trên hành vi di chuyển sử dụng phương trình (8).

**Bước 5:** Vị trí mới của ngựa biển được tính toán dựa trên hành vi săn mồi sử dụng phương trình (9).

**Bước 6:** Tính giá trị thích nghi tương ứng với các cá thể ngựa biển mới được tạo ra sử dụng phương trình (13)-(15).

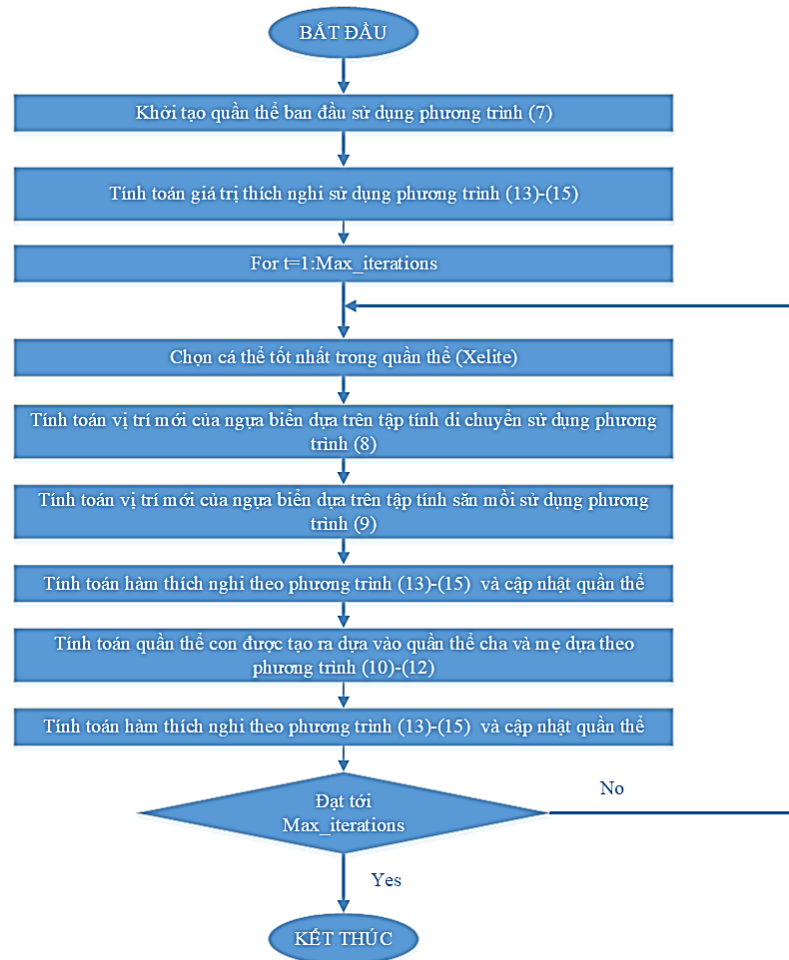
**Bước 7:** Vị trí mới của ngựa biển được cập nhật dựa trên hành vi sinh sản sử dụng phương trình (10)-(12).

**Bước 8:** Tính giá trị thích nghi tương ứng với các cá thể ngựa biển con mới được tạo ra sử dụng phương trình (13)-(15).

**Bước 9 :** Kiểm tra tiêu chí dừng: lặp lại các bước từ 3 đến 8 cho đến khi đạt đến số lần lặp tối đa.

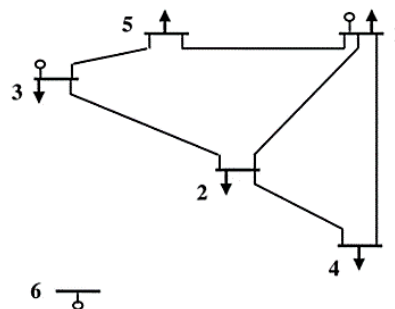


## 4 MÔ PHỎNG VÀ KẾT QUẢ



Hình 1. Sơ đồ quy trình thực hiện

Phần này trình bày hiệu quả của thuật toán SHO được mô tả trong phần trước. Bài toán STEP được giải quyết bằng cách sử dụng mô hình dòng điện DC. Được phát triển trên phần mềm MATLAB và tính toán trào lưu công suất bằng phần mềm MATPOWER 8.0b1 [17] với hai mô hình thử nghiệm là mô hình thử nghiệm Graver's 6 bus và IEEE 24 bus tại mỗi mô hình có hai kịch bản là thay đổi và không thay đổi kích thước máy phát. Để đánh giá hiệu quả của thuật toán SHO, kết quả của SHO sẽ được so sánh với kết quả đã công bố của các phương pháp khác trong các nghiên cứu trước. Chi phí đầu tư tối ưu thu được bằng cách sử dụng thuật toán SHO được đề xuất với quần thể gồm 100 cá thể và 100 lần lặp lại.



Hình 2. Hệ thống Graver's 6-bus [4]

### 4.1 Hệ Thống Garver's 6 Bus

Hệ thống Garver [4] được sử dụng để thử nghiệm cho bài toán TEP trong mô hình thử nghiệm đầu tiên. Tổng cộng, hệ thống này có 6 nút, 3 máy phát, 6 nhánh, 15 nhánh ứng viên và tổng tải là 760 MW. Dữ liệu cần thiết của hệ thống có thể được tìm thấy trong [18]. Số lượng đường dây mới tối đa tại mỗi điểm ưu tiên là 4. Kết quả mô phỏng của hai trường hợp nghiên cứu sẽ được thể hiện trong Bảng 1.

**\* Trường hợp 1**

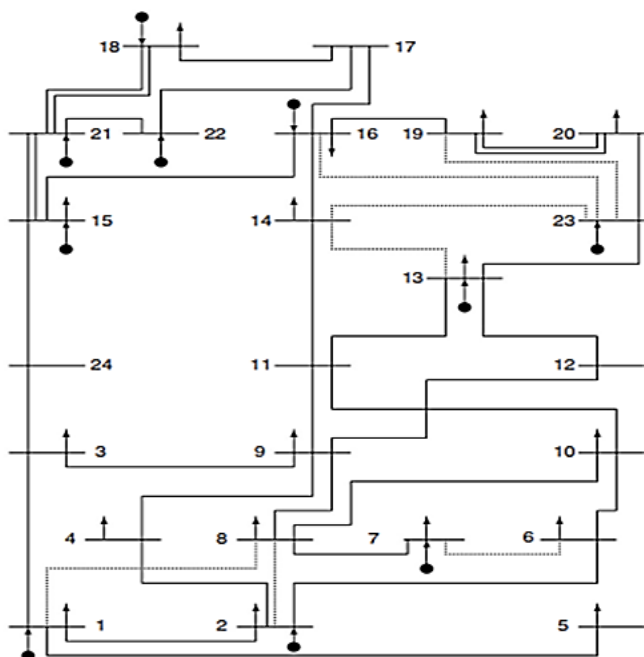
Trong trường hợp này, máy phát không thay đổi kích thước, vì vậy giá trị của tải và máy phát là 760MW. Chi phí đầu tư tối ưu được tìm thấy bởi SHO là 200.000 \$ với đường dây cần xây dựng là  $n_{2-6}=4; n_{3-5}=1; n_{4-6}=2$ , tổng cộng 7 đường dây. Đường cong hội tụ của trường hợp này được hiển thị trong Hình 4. Chi phí đầu tư tối ưu được tìm thấy bởi thuật toán SHO 200.000 \$ bằng với phương pháp ABC [9] là 200.000 và MOX [19] là 200.000.

**\* Trường hợp 2**

Bảng 1. Kết quả của hệ thống Graver's 6 bus

Kết quả	Không mở rộng máy phát	Mở rộng máy phát
Kết quả tốt nhất (\$)	200,000	110,000
Đường dây cần đầu tư tương ứng	$n_{2-6} = 4, n_{3-5} = 1, n_{4-6} = 2$	$n_{3-5} = 1, n_{4-6} = 3$
Tổng cộng	7 đường	4 đường

Máy phát có thay đổi kích thước và tổng công suất tối đa có thể lên đến 1110MW là vấn đề được xem xét trong trường hợp này. Tương ứng chi phí đầu tư tối ưu tìm được bởi SHO là 110.000 \$ với đường dây cần xây dựng  $n_{3-5}=1; n_{4-6}=3$ , tổng cộng 4 đường dây cần đầu tư. Đường cong hội tụ của trường hợp này được thể hiện trong Hình 4. Chi phí đầu tư tối ưu được tìm thấy bởi thuật toán SHO là 110.000 \$ bằng với phương pháp CHA [8] là 110.000 \$ và ABC [9] là 110.000 \$.



Hình 3. Hệ thống IEEE 24 bus[8]

## 4.2 Hệ Thống IEEE 24 Bus

Trong thử nghiệm thứ hai hệ thống IEEE 24 bus được sử dụng để thử nghiệm cho bài toán STEP. Tổng cộng, hệ thống này có 24 nút, 10 máy phát, 38 nhánh, 41 nhánh ứng viên và tổng tải là 8550 MW. Dữ liệu của hệ thống có thể được tìm thấy trong [8,16]. Số lượng đường dây kéo thêm mới tối đa tại mỗi đường ưu tiên là 3. Kết quả mô phỏng của hai nghiên cứu điển hình sẽ được trình bày trong Bảng 2.

### \* Trường hợp 1

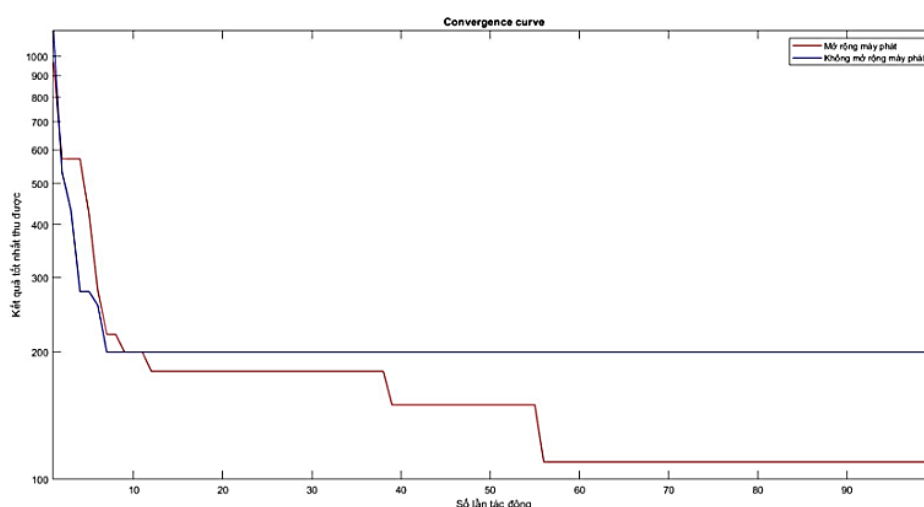
Máy phát không thay đổi công suất được xem xét trong trường hợp này, vì vậy giá trị của tải và nguồn phát tối đa là 8550MW. Chi phí đầu tư tối ưu tìm được bằng thuật toán SHO là 390.000.000 \$ với tổng cộng 12 đường dây cần đầu tư tương ứng là:  $n_{1-5}=1$ ;  $n_{3-24}=1$ ;  $n_{6-10}=1$ ;  $n_{7-8}=2$ ;  $n_{14-16}=1$ ;  $n_{15-24}=1$ ;  $n_{16-17}=2$ ;  $n_{16-19}=1$ ;  $n_{17-18}=2$ . Đường cong hội tụ của trường hợp này được thể hiện trong Hình 5. Chi phí đầu tư tối ưu được tìm thấy bởi thuật toán SHO là 390.000.000 \$ tốt hơn phương pháp DA [16] là 454.000.000 \$ và CHA [8] là 438.000.000 \$ và bằng với ABC [9] là 390.000.000 \$, MOX [19] là 390.000.000 \$.

### \* Trường hợp 2

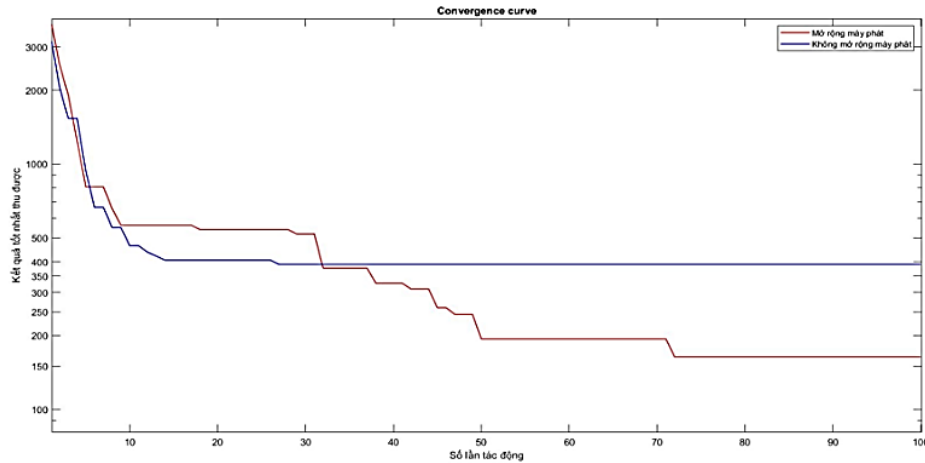
Trong trường hợp này, máy phát có thay đổi kích thước, nên giá trị của tải tối đa của nguồn phát là 10215MW. Chi phí đầu tư tối ưu tìm được bằng thuật toán SHO là 164.000.000 \$ với đường dây cần kéo thêm là  $n_{6-10}=1$ ;  $n_{7-8}=2$ ;  $n_{10-12}=1$ ;  $n_{11-13}=1$ , tổng cộng 5 đường dây. Đường cong hội tụ của trường hợp này được thể hiện trong Hình 5. Chi phí đầu tư tối ưu do thuật toán SHO tìm thấy là 164.000.000 USD tốt hơn so với thuật toán DA [16] là 224.000.000 \$.

Bảng 2. Kết quả của hệ thống IEEE 24 bus

Kết quả	Không mở rộng máy phát	Mở rộng máy phát
Kết quả tốt nhất (\$)	390,000,000	164,000,000
Đường dây cần đầu tư tương ứng	$n_{1-5} = 1$ ; $n_{3-24} = 1$ ; $n_{6-10} = 1$ ; $n_{7-8} = 2$ ; $n_{14-16} = 1$ ; $n_{15-24} = 1$ ; $n_{16-17} = 2$ ; $n_{16-19} = 1$ ; $n_{17-18} = 2$	$n_{6-10} = 1$ ; $n_{7-8} = 2$ ; $n_{10-12} = 1$ ; $n_{11-13} = 1$
Tổng cộng	12 đường	5 đường



Hình 4. Đường cong chi phí của hệ thống Graver's 6 bus ( $10^3$  \$)



Hình 5. Đường cong chi phí của hệ thống IEEE 24 bus (106 \$)

## 5 KẾT LUẬN

Bài báo này đề xuất một cách tiếp cận bài toán STEP bằng cách sử dụng thuật toán SHO, đây là một phương pháp meta-heuristic mới và lần đầu tiên được ứng dụng trong các nghiên cứu TEP. Để đánh giá hiệu quả của phương pháp đề xuất, SHO đã được áp dụng cho 2 mô hình thử nghiệm là hệ thống Graver's 6 bus và IEEE 24 bus với 2 trường hợp nghiên cứu sử dụng mô hình DC. Kết quả của nghiên cứu này được so sánh với kết quả thu được bằng cách sử dụng các phương pháp khác trong tài liệu và cho thấy chi phí đầu tư giảm tối đa 64,000,000 \$ đối với hệ thống IEEE 24 bus trường hợp không mở rộng máy phát và giảm 60,000,000 \$ đối với trường hợp mở rộng máy phát. Kết quả cho thấy SHO là một trong những phương pháp tối ưu meta-heuristic cho kết quả tốt trong việc giải bài toán TEP.

### KÍ HIỆU:

$C_t$ : Tổng chi phí đầu tư

$C_{ij}$ : Chi phí kéo thêm đường dây từ bus  $i$  tới bus  $j$

$F$ : Công suất thực chạy trên đường dây

$G$ : Công suất thực tại máy phát

$G_i$ : Công suất thực tại máy phát thứ  $i$

$\bar{G}_i$ : Công suất tối đa của máy phát thứ  $i$

$D$ : Giá trị tải

$f_{ij}$ : Công suất thực chạy giữa bus  $i$  và bus  $j$

$\bar{f}_{ij}$ : Công suất thực tối đa chạy giữa bus  $i$  và bus  $j$

$B_{ij}$ : Tổng trở của đường dây từ bus  $i$  tới bus  $j$

$n_{ij}^0$ : Số đường dây ban đầu giữa bus  $i$  tới bus  $j$

$n_{ij}$ : Số đường dây được thêm vào giữa bus  $i$  tới bus  $j$

$\bar{n}_{ij}$ : Số đường dây tối đa được thêm vào giữa bus  $i$  và bus  $j$

$\theta_{ij}$ : Góc điện áp giữa bus  $i$  và bus  $j$

$\Omega$ : Tổ hợp các đường dây ứng viên

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Meisam Mahdavi, Hassan Monsef, Review of Static Transmission Expansion Planning, *JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING*, Vol. 1 No. 1, 2011 pp. 11-18, December 2011.

[2] Edgar G. Morquecho, Santiago P. Torres, Nelson E. Matute, Fabian Astudillo-Salinas, Julio C. Lopez, Wilfredo C. Flores, AC Dynamic Transmission Expansion Planning using a Hybrid Optimization Algorithm, *2020 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe)*, October 26-28, 2020.

- [3] M.J. Rider, A.V. Garcia and R. Romero, Power system transmission network expansion planning using AC model, *IET Gener. Transm. Distrib.*, 1, (5), Vol. 1, No. 5, pp. 731–742, 2007.
- [4] LEN L. GARVER, Transmission Network Estimation Using Linear Programming, *IEEE Trans Power Appl. Syst.* vol. PAS-89, no. 7, pp. 1688–1697, Sept./ Oct. 1970.
- [5] Y. P. Dusonchet, Ahmed El-Abiad, TRANSMISSION PLANNING USING DISCRETE DYNAMIC OPTIMIZING, *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-92, No. 4, pp. 1358 – 1371, July 1973.
- [6] Stephen T.Y. Lee, Kenneth L. Hicks, Esteban Hnyilicza, TRANSMISSION EXPANSION BY BRANCH-AND-BOUND INTEGER PROGRAMMING WITH OPTIMAL COST- CAPACITY CURVES IEEE, *Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-93, No. 5, pp. 1390 – 1400, September 1974.
- [7] Yunhao Li, Jianxue Wang, Tao Ding, Clustering-based chance-constrained transmission expansion planning using an improved benders decomposition algorithm, *IET Gener. Transm. Distrib.*, Vol. 12 Iss. 4, pp. 935-946, 19th October 2017.
- [8] R. Romero, C. Rocha, J.R.S. Mantovani and I.G. Sanchez, Constructive heuristic algorithm for the DC model in network transmission expansion planning, *IEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution.*, Vol. 152, No. 2, pp. 277 – 282, March 2005.
- [9] Chandrakant Rathore, Ranjit Roy, Utkarsh Sharma, Jay Patel, Artificial Bee Colony Algorithm Based Static Transmission Expansion Planning, *2013 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability*, 17 June 2013.
- [10] Ramon A. Gallego, Rubén Romero, and Alcir J. Monticelli, Tabu Search Algorithm for Network Synthesis, *IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS*, Vol. 15, No. 2, pp. 490 – 495, May 2000
- [11] Ahmet Ova , Erdi Dogan , Sevki Demirbas, Transmission Expansion Planning Using A Noval Meta-Heuristic Method, *INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH*, A. Ova et al., Vol.12, No.4, pp. 1988-2001, December 2022.
- [12] Yi-Xiong Jin, Hao-Zhong Cheng , Jian-yong Yan , Li Zhang, New discrete method for particle swarm optimization and its application in transmission network expansion planning, Vol. 77, No. 3-4, Pages 227-233, March 2007.
- [13] Ashish Khandelwal, Annapurna Bhargava, Ajay Sharma, Harish Sharma, Modified Grey Wolf Optimization Algorithm for Transmission Network Expansion Planning Problem, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43, pages 2899–2908, 2018.
- [14] Edson Luiz da Silva, Hugo Alejandro Gil, and Jorge Mauricio Areiza, Transmission Network Expansion Planning Under an Improved Genetic Algorithm, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 15, No. 3, pp. 1168 – 1174, August 2000.
- [15] Zhao, S., Zhang, T., Ma, S. et al., Sea-horse optimizer: a novel nature-inspired meta-heuristic for global optimization problems, *Appl Intell* 53, 11833–11860 (2023).
- [16] R. Fang and D. J. Hill, A new strategy for transmission expansion in competitive electricity markets, *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 18, no. 1, pp. 374–380, Feb 2003.
- [17] R. D. Zimmerman, C. E. Murillo-Sanchez (2022). *MATPOWER (Version 8.0b1)*, [Software]. Available: <https://matpower.org>

- [18] R. Romero, A. Monticelli, A. Garcia and S. Haffner, Test systems and mathematical models for transmission network expansion planning, *IEE Proc-Gener Transm Distrib*, Vol. 149, No. 1, pp. 27 – 36, January 2002.
- [19] Chandrakant Rathore, Ranjit Roy, Shubham Raj, Ankit Kumar Sinha, Mosquitoes-behaviour based (MOX) evolutionary algorithm in static transmission network expansion planning, *2013 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability*, pp. 1006-1011, 17 June 2013.
- [20] A. Ekwue and B. Cory, Transmission system expansion planning by interactive methods, *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. PAS-103, no. 7, pp. 1583–1591, Jul. 1984.
- [21] R. Romero, R. A. Gallego, and A. Monticelli, Transmission system expansion planning by simulated annealing, *IEEE Trans. Power Systems*, vol. 11, pp. 364-369, Feb. 1996.
- [22] R. Romero and A. Monticelli, A hierarchical decomposition approach for transmission network expansion planning, *IEEE Trans. Power Appl. Syst.* vol. 9, no. 1, pp. 373-380, Feb. 1994.
- [23] A.S. Sousa and E.N. Asada, Combined heuristic with fuzzy systems to transmission system expansion planning, *Elect. Power Syst. Res*, vol. 81, no. 1, pp 123-128, Jan. 2011.
- [24] P. V. Gomes and J. T. Saraiva, Static transmission expansion planning using Heuristic and metaheuristic techniques, *2015 IEEE Eindhoven PowerTech*, pp. 1–6, 2015.
- [25] Qu G., Cheng H., Yao L., Ma Z. & Zhu Z., Transmission surplus capacity based power transmission expansion planning, *Electric Power Research*, Vol. 80 (1), pp. 19 – 27, 2010.
- [26] M.S. El-bages, W.T. Elsayed, Social spider algorithm for solving the transmission expansion planning problem, *Electric Power Systems Research*, Vol. 143, pp. 235-243, February 2017.
- [27] Mantegna RN, Fast, accurate algorithm for numerical simulation of levy stable stochastic processes, *Phys Rev E* 49(5):4677– 4683, 1994

YSC5.F142

## SELF- DRIVING ROBOT FOR GOODS TRANSPORTATION IN WAREHOUSE

HOANG DINH KHOI<sup>1</sup>, PHAN QUOC BUU<sup>1</sup>, NGUYEN VAN TRUNG<sup>1</sup>, NGUYEN VAN DUNG<sup>1</sup>,  
PHAN ANH HAO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Electrical Engineering Technology, Industrial University of Ho Chi Minh City  
hoangdinhkhai@iuh.edu.vn, pquocbuu@gmail.com*

**Abstract.** In the field of warehouse management and cargo transportation, the development of autonomous robots has become one of the highlights in the 21<sup>st</sup> century. With the increasing cost of labors and transportation time, the use of robots to replace humans in transporting goods becomes more and more popular. The goal of our research project is to develop an autonomous robot to control and monitor the transportation of goods in the warehouse. The designed requirements include autonomous driving in complex environments, obstacle avoidance, human-machine interface for communication, and warehouse management to optimize the transporting process. Our work utilizes LIDAR and SLAM for accurate self-localization and 2D map creation. AMCL ensures precise localization within known maps, while DWA enables obstacle avoidance during movement. The control system, based on ROS and computer technology, allows remote monitoring using smart devices. The advantage of our robot is the capability of operating autonomously while still being able to avoid dynamic obstacle on-the-fly. In addition, the robot is also integrated with warehouse management systems to optimize the process of transporting goods and reduce costs.

**Keywords.** autonomous driving, transporting goods, warehouse, obstacle avoidance, ROS, intelligent devices.

## ROBOT TỰ HÀNH VẬN CHUYỂN HÀNG HÓA TRONG KHO XƯỞNG

**Tóm tắt.** Trong lĩnh vực quản lý và vận chuyển hàng hóa trong kho xưởng, sự phát triển của robot tự hành đang trở thành một trong những điểm sáng của thế kỷ 21. Với chi phí nhân công và thời gian vận chuyển ngày càng tăng, việc sử dụng robot để thay thế con người trong việc vận chuyển hàng hóa đang trở nên phổ biến hơn. Bài báo nghiên cứu đưa ra một phương án điều khiển và kiểm soát hoạt động vận chuyển hàng hóa trong kho xưởng bằng cách sử dụng robot tự hành. Các yêu cầu của hệ thống bao gồm: tự động di chuyển và vận chuyển hàng hóa, tránh vật cản, di chuyển linh hoạt trong môi trường phức tạp, giao tiếp với hệ thống thông tin và quản lý kho để tối ưu hóa quá trình vận chuyển hàng hóa. Hệ thống định vị sử dụng LIDAR và giải thuật SLAM, tránh né vật cản với thuật toán Dynamic Window Approaching. Hệ thống điều khiển giám sát sử dụng máy tính và ROS và có thể được giám sát từ xa bằng thiết bị thông minh. Điểm khác biệt của hệ thống là khả năng tích hợp với hệ thống quản lý kho để tối ưu hóa quá trình vận chuyển hàng hóa và giảm thiểu chi phí. Hệ thống cũng có thể cập nhật dữ liệu về trạng thái của hàng hóa và vị trí của robot để giúp quản lý kho xưởng đưa ra quyết định nhanh chóng và chính xác.

**Từ khóa.** Robot tự hành, vận chuyển hàng hóa, kho xưởng, tránh vật cản, điều khiển giám sát, ROS, thiết bị thông minh.

### 1 INTRODUCTION

Nowadays, with the development of e-commerce and the increasing demand for goods transportation, warehouses face numerous challenges in effectively managing goods and meeting customer needs. Therefore, the utilization of robots and automated vehicles for transporting and storing goods in warehouses emerges as a solution to address the present-day warehouse requirements.

To fulfill the requirements for automatic transportation of goods and human communication, robots need to move autonomously by gathering information from the environment, while also being capable of obstacle avoidance, processing, and determining more suitable alternative routes. Additionally, robots should autonomously determine their position on the map and move accordingly upon receiving commands from humans.

This paper aims to investigate a system that enables robots to automatically avoid obstacles, such as humans or moving and static objects obstructing their path. Consequently, the robot can provide an alternative route to reach the designated location. The article focuses on solving the challenges of automatic obstacle avoidance, autonomous navigation, and robot positioning on a 2D space map. Moreover, the robot possesses the ability to autonomously carry out tasks as per user requests. Specifically, in this context, the robot can automatically deliver goods in a warehouse upon request. Furthermore, the robot can interact with users through an HDMI touch screen, facilitating communication.

## 2 RELATED WORK

The development of autonomous robots for warehouse management and cargo transportation has garnered significant attention in recent years due to its potential to revolutionize logistics operations. Several researchers have explored various aspects of autonomous robot systems to address the escalating challenges in this domain. In the pursuit of autonomous navigation and obstacle avoidance, Hugh et al. [1] proposed a novel approach that allows simultaneous localization and mapping using LIDAR-based perception and SLAM techniques. Their work demonstrates promising results in achieving accurate self-localization and constructing detailed 2D maps of the environment, essential components for autonomous robot control.

To tackle the issue of precise localization within known maps, Fox et al. [2] introduced the Adaptive Monte Carlo Localization (AMCL) method. By employing particle filters and probabilistic algorithms, AMCL has proven to be effective in providing reliable localization even in complex environments. Another significant aspect in autonomous warehouse robots is human-machine communication. In this context, Berg et al. [3] provide a comprehensive human-machine interface review that facilitates intuitive and seamless interactions between human operators and autonomous robots. Additionally, several studies have focused on integrating warehouse management systems with autonomous robots to optimize goods transportation processes. Konstantinidis et al. [4] proposed a collaborative system that integrates robot controllers with a centralized warehouse management system, allowing efficient coordination and task allocation. Their work has demonstrated substantial improvements in workflow efficiency and cost reduction.

While these works contribute to various aspects of autonomous robot systems, our research project aims to offer a comprehensive solution that combines precise self-localization, dynamic obstacle avoidance, and remote monitoring capabilities through a robust control system based on the Robot Operating System (ROS) and computer technology. Our robot's unique advantage lies in its ability to autonomously operate while dynamically avoiding obstacles in real-time, coupled with seamless integration with warehouse management systems for enhanced optimization of goods transportation processes.

## 3 ROBOT SYSTEM OVERVIEW

The components and overall structure of the robot show in Figure 1. For the hardware components of the robot, we have selected the central controller mini-PC Lenovo Thinkcentre M75q, which is equipped with a laser sensor to facilitate map creation. The robot's motion system is driven by two DC servo motors, specifically the JGB37-545 model, which are controlled by the H-bridge driver board CC\_Smart CC\_SHB12. The lifting mechanism, on the other hand, utilizes a step motor controlled by a microstep driver board TB6600. To control both the motion and lifting systems, we employ an Arduino Mega 2650 board, which interfaces with two control boards. Throughout operation, the Arduino board communicates with the central PC via ROS. Additionally, control signals from the HC-05 Bluetooth board and data from sensors such as the Rplidar S2, as well as limit switches, are transmitted to the central PC for processing. Subsequently, the processed signals are sent back to the Arduino board through ROS, which then generates the necessary control signals for the robot's actuation mechanism.



To facilitate interaction with the robot, we utilize an HDMI interface to display relevant information about the robot. Users can utilize the display screen to make requests for the robot to perform tasks. Moreover, to ensure that the robot has sufficient power to operate for extended periods, we employ a high-performance 24V lithium-ion battery pack. Additionally, a voltage regulator circuit is implemented to step down the voltage from 24V to 20V, which powers the central mini PC, and from 24V to 12V, which powers the DC servo motors.

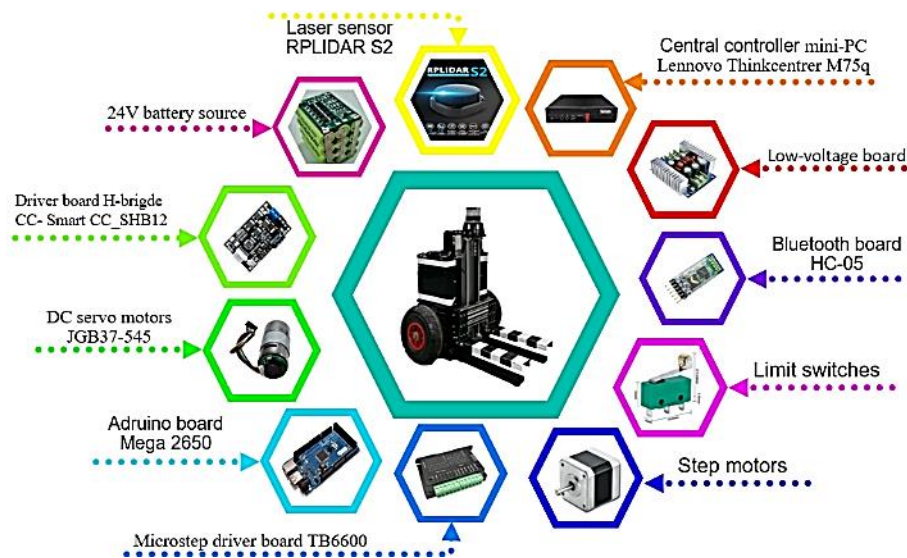


Figure 1. Overview of autonomous robots for warehouse goods transportation

By incorporating these specific hardware components and establishing seamless communication between the various control boards and the central PC, our robot is equipped with the necessary capabilities to carry out tasks efficiently and effectively. The combination of robust hardware, advanced control systems, and user-friendly interaction interfaces contributes to the overall success and functionality of the autonomous transportation robot.

### 3.1 Robot Operating System- ROS [5]

ROS is an open-source operating system that is crucial in the field of robotics and automation. It provides a standard development platform, supports the development of complex applications, offers distributed features, supports reuse, supports testing and simulation, and has a large development community. Using ROS allows developers to quickly, easily, efficiently build robotic and automation applications contributing greatly to the progress of this field. Simply put, ROS is an environment that can link algorithms, hardware, software, and packages to control robots for autonomous movement.

### 3.2 Navigation stack [6]

The main aim of the ROS navigation package is to move a robot from the start position to the goal position, without making any collision with the environment. The ROS Navigation package comes with an implementation of several navigation related algorithms which can easily help implement autonomous navigation in the mobile robots.

The user only needs to feed the goal position of the robot and the robot odometry data from sensors such as wheel encoders, IMU, and GPS, along with other sensor data streams such as laser scanner data or 3D point cloud from sensors like Kinect. The output of the Navigation package will be the velocity commands which will drive the robot to the given goal position.



Figure 2. General block diagram of the navigation stack package

The navigation stack assumes that the robot is configured in a particular manner in order to run. The diagram above in Figure 2 shows an overview of this configuration. The white components are required components that are already implemented, the gray components are optional components that are already implemented, and the blue components must be created for each robot platform.

### 3.3 Global\_planner

Global\_planner is a part of an autonomous control system used in applications such as autonomous vehicles, robotic systems, unmanned aerial vehicles, and similar systems. It functions to create a global motion plan based on information about the task's purpose and constraints in the environment.

Global\_planner is typically built on linear or nonlinear planning algorithms, depending on the purpose and complexity of the application. It can calculate an optimal trajectory based on criteria such as distance, time, cost, safety, and other special requirements of the task. Global\_planner is often integrated with other components of the autonomous control system such as local planner, perception system, and motion controller to create a complete system for controlling autonomous vehicles or robots in the environment.

Some popular algorithms used in global planner include A\* algorithm [7], Dijkstra's algorithm [8] and their advanced versions. Dijkstra is a basic pathfinding algorithm, while A\* is an improved version of Dijkstra's algorithm, it also has the ability to find optimized paths for robots. A\* assigned one more value to the nodes on top of those used in Dijkstra algorithm with a heuristic function,  $h(X)$  to estimate the distance between the goal point and the nodes. This heuristic function can be a Euclidian distance method or Manhattan distance method. With the combination of the heuristic function and the original cost function,  $g(X)$  obtained from the Dijkstra algorithm, the new cost function  $f(X)$  is generated. The equation is shown in (1).

$$f(X) = g(X) + h(X) \quad (1)$$

### 3.4 Local\_planner

The local\_planner package is used to control the robot's movement based on a local motion plan. It provides several popular robot motion control algorithms such as DWA (Dynamic Window Approach) [9], Eband (Elastic Band) [10], and Trajectory Rollout [11].

The DWA algorithm is used to search for the robot's local motion options and select the best option based on future prediction and risk assessment. This algorithm is using the dynamics of the robot to do the planning. It will sample the velocities of the robot and compute multiple approximations of trajectories in an interval of time. The approximation of trajectories will result in a 2D search space. The trajectories in the search space are based on 3 criteria, circular trajectories, dynamic window, and admissible velocities. For the robot to reach the goal with the trajectories planned, the velocity vector is computed at a certain time interval and passed to the robot. This velocity vector which is determined by the translational and rotational velocity of the robot is known as circular trajectories. Moreover, admissible velocity is the

velocity that the robot able to move safely and stop before colliding the obstacles. Next, the trajectories in the search space will be reduced to the dynamic window based on the acceleration limit of the robot. The dynamic window,  $V_d$  only contain velocities that are reachable by the robot within the time interval. Hence the resultant search space,  $V_r$  is the combination of these three criteria.

The Eband algorithm uses a layer of elasticity to predict the robot's future and adjusts the motion plan based on changes in the environment. The Trajectory Rollout algorithm generates a set of local motion options based on the global motion plan, and the best option is selected based on risk assessment and accuracy.

The local\_planner package also supports features to control the robot's movement along curves and linear speed, allowing the robot to move smoothly and efficiently. It also provides functions to help the robot avoid obstacles and respond quickly to unexpected situations.

### 3.5 Global\_costmap & Local\_costmap

The navigation stack uses two costmaps to store information about obstacles in the world. One costmap is used for global planning, meaning creating long-term plans over the entire environment, and the other is used for local planning and obstacle avoidance. There are some configuration options that are required for both costmaps to follow, and some is set on each map individually.

Global\_costmap is a detailed map of the environment surrounding the robot, created from sensor information and the environment map. It provides information about large objects in the environment, such as walls, objects, windows, and restricted or prohibited areas. The global costmap is used to generate a global motion plan for the robot, ensuring that it does not collide with any objects in the environment.

Local\_costmap is a smaller map of the environment surrounding the robot, continuously updated based on sensor information and the robot's speed. It helps the robot identify smaller objects, such as bottles, cartons, and moving objects like pedestrians, bicycles, or dogs. Local costmap provides the robot with information about the local environment, helping it move safely and efficiently in areas with many small objects.

Both types of costmaps are used by the ROS robot control system to create a safe and efficient motion plan. The global costmap is used to generate a global motion plan for the robot, while the local costmap is used to generate a local motion plan for the robot. When using both types of costmaps, the robot can move flexibly and safely in complex environments.

### 3.6 AMCL algorithm (Adaptive Monte Carlo Localization)

The AMCL [12] package implements the localization function based on probability. It is an improvement of basic Monte Carlo Localization (MCL). The MCL is aimed to match the LiDAR data and the grid occupancy map and to predict the localization in the grid occupancy map with highest probability based on the LiDAR data (shown in Figure 3).

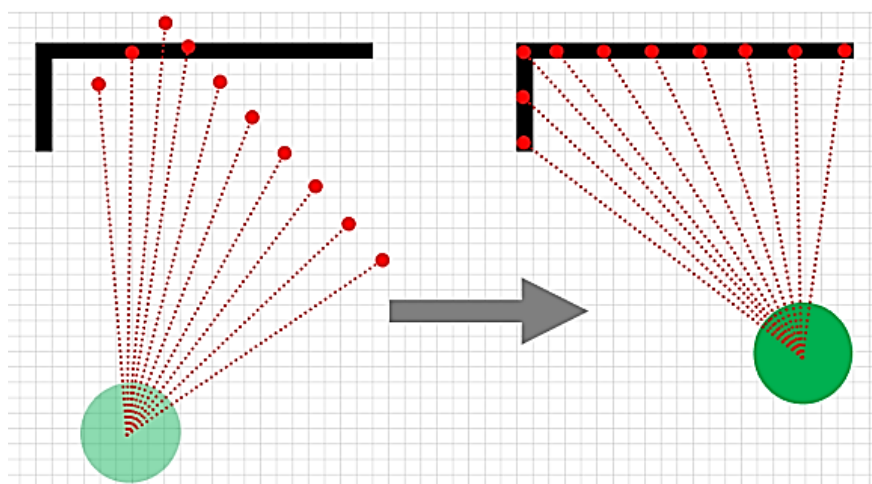


Figure 3. The Illustration of How MCL Algorithm Localizes

Basic MCL will first randomly generate a bunch of particles and predict the movement of the particles based on the odometry motion model. Then, update the weights of each particle based on the beam

measurement model and replace the low weighted particles with the copies of high-weighted particles. Then compute the weighted mean and covariance of the resampled particle set to obtain the estimation of the robot's state.

However, important particles may be lost after frequently copying high-weighted particles. To solve this problem, random particles are added flexibly under certain conditions. Random samples will only be added when the short-term likelihood is worse than the long-term. In short, a sudden measurement likelihood decay will induce an increase in the number of random samples. The AMCL package in the navigation stack implements the AMCL approach. An initial pose is required by the AMCL node to give an initial Gaussian distribution. The orange pose arrays in Figure 3 indicate the probability of the robot's pose. After providing the initial pose, scattered pose arrays will appear around the robot. They will gradually cluster during movement. The comparison of frame transforms for fake\_localization, assuming no odometry drift so that the map and odometry frame always coincide, and for AMCL is shown in Figure 4. The AMCL package will publish the frame transforms from odometry to map to correct the actual position.

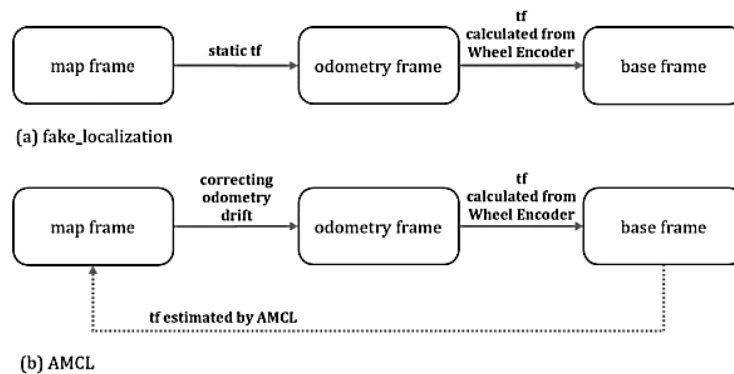


Figure 4. The Frame Transformations for Fake\_localization and AMCL

### 3.7 Map\_server

In the ROS (Robot Operating System) robot control system, map\_server is a software package used to create and manage the robot's environment map. Map server provides an interface to obtain map data from various sources, such as maps created manually or through sensors like Lidar or Kinect.

Map server also allows for the storage and retrieval of created maps. It can create two-dimensional or three-dimensional environment maps, depending on the type of sensor being used. The map is stored as a file, allowing for transmission and sharing between different systems.

## 4 ROBOT DESIGN

### 4.1 Mechanical design

The robot is designed in the likeness of a forklift, featuring two main wheels for movement and two auxiliary wheels for support. Its frame is constructed with a sturdy multilayered structure, which not only facilitates the installation of electrical equipment but also ensures stability during movement. The cargo lifting system integrated into the robot enables it to possess full functionality akin to that of a conventional forklift. Thanks to its compact design, the robot is capable of maneuvering through small and narrow spaces with ease. The specifications of the robot frame include a length dimension of 725mm, a width dimension of 300mm, a height dimension of 632mm, and a lift dimension of 480mm. This carefully engineered design enables the robot to operate effectively within the constraints of a warehouse environment, providing efficient and reliable transportation of goods.



Figure 5. Robot transports goods in the warehouse

#### 4.1.1 Central Processing Unit

To ensure that the robot can meet processing power and speed requirements, we need a board with sufficient processing power to run complex control algorithms. Additionally, to reduce the size and increase the flexibility of the product, we have chosen a compact integrated processor, the mini PC Lenovo ThinkCentre M75q.



Figure 6. Central controller (Mini PC ThinkCentrer M75q)<sup>1</sup> and Rplidar Laser Sensor S2<sup>2</sup>

#### 4.1.2 Laser sensor

The RPLIDAR S2 is a type of Lidar sensor designed to detect and measure distances to objects in the surrounding space and generate a spatial map. The Lidar will help the vehicle determine the distance to objects in its surroundings, avoid collisions, and build a 2D or 3D map of a space, enabling robotic or automation systems to move easily.

The RPLIDAR S2 is an efficient and convenient Lidar sensor, making it easier and more effective to develop autonomous robots. Therefore, we chose the RPLIDAR S2, as shown in Figure 6.

<sup>1</sup> Mini PC Source: <https://www.vuugo.com/lenovo-desktop-11A4000MUS.html>

<sup>2</sup> RPLIDAR Source: <https://www.elfadistelec.dk/en/rplidar-s2-portable-laser-scanner-ip65-30m-slamtec-s2/p/30266776>

## 4.2 Electronic devices

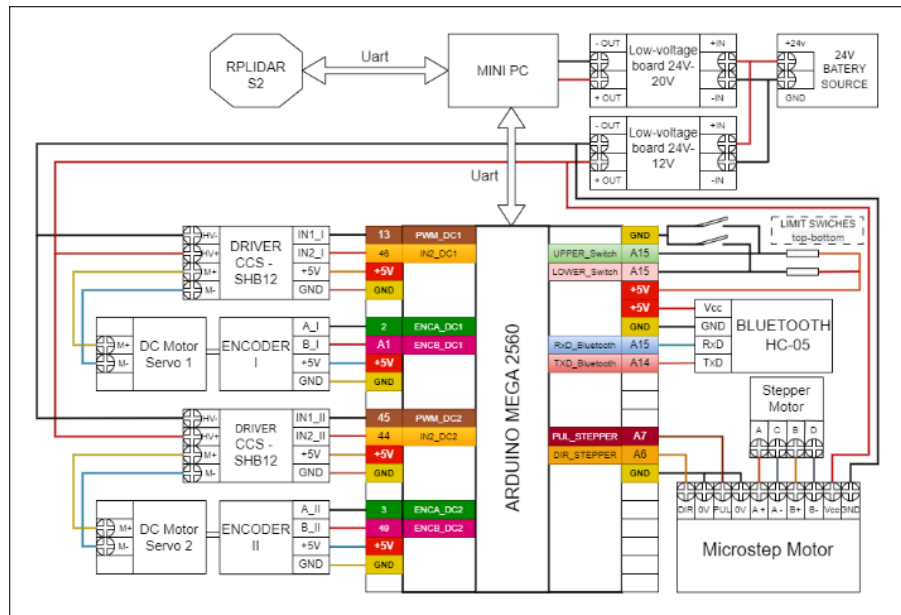


Figure 7. The overall connection diagram of electrical devices

In Figure 7, the diagram shows us the complete electrical device connections for the robot to operate.

### 4.2.1 Arduino board

Using Arduino to control motors and electronic devices is one of the most popular applications in the robotics and automation community. We can use Arduino to control DC motors and stepper motors. At the same time, we can receive signals from limit switches and encoders to monitor and collect peripheral data. We can connect it to wireless controllers via the HC-05 Bluetooth module and connect it to ROS by roserial [9].



Figure 8. Arduino board Mega 2650<sup>3</sup>

### 4.2.2 Driver board and bluetooth board

To control the movement of the robot, we transmit Bluetooth signals through the HC-05 board, which is then processed by the Arduino board. The Arduino board will execute the program and transmit signals to driver H-bridge CC- Smart CC\_SHB12 to control the motors.

<sup>3</sup> Arduino Mega 2650 Source: <https://hshop.vn/products/arduino-mega-2560adk>

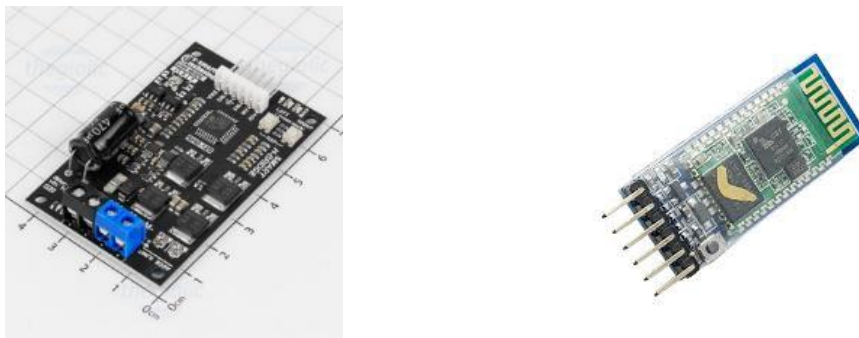


Figure 9. Driver board H-bridge Smart CC\_SHB12<sup>4</sup> and Bluetooth board HC-05<sup>5</sup>

#### 4.2.3 Microstep driver board

To control the lifting system of the robot, we transmit Bluetooth signals through the HC-05 board, which is then processed by the Arduino board. The Arduino board will execute the program and transmit signals to microstep driver board TB6600 to control the lifting system of the robot.



Figure 10. Microstep driver board TB6600

#### 4.3 Controlling the robot via Bluetooth by RC Bluetooth app

Arduino is connected to the HC-05 Bluetooth module through the USART connection. We can control the robot's movement forward, backward, left, and right, as well as control the lifting system of the robot. In addition, the Bluetooth controller also allows us to control the speed of the robot.

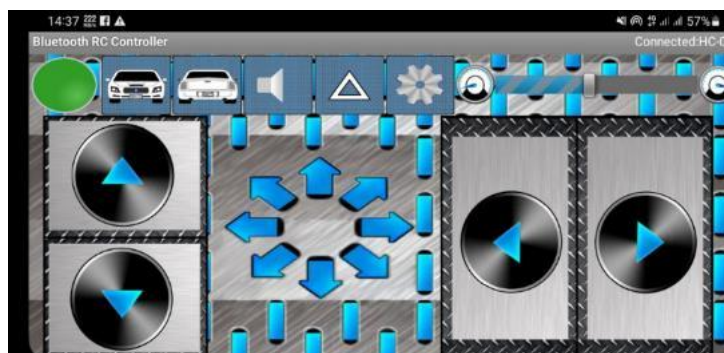


Figure 11. App used for bluetooth control

<sup>4</sup> Driver board H-bridge Smart CC- SHB12 Source: <https://www.thegioic.com/ccs-shb12-mach-cau-h-12a-300w>

<sup>5</sup> Bluetooth board HC-05 Source: <https://www.dientuspider.com/san-pham/bluetooth/module-bluetooth-hc05-118.html>

#### 4.4 Create map (mapping)

To enable the robot to operate autonomously, we need to first build a 2D map that provides environmental data, both static and dynamic objects, which ROS provides us with a package called "gmapping". The robot will then use the Navigation Stack and the pre-built map to allow the Navigation Stack algorithm to provide parameters such as the destination coordinate, the coordinate of static obstacles, and any sudden appearance of an object detected by the Lidar sensor. The algorithm then provides a suitable solution for avoiding obstacles. For gmapping, the package requires data from odometry and a laser range-finder sensor. Therefore, we will use the Rplidar S2 sensor to collect data and transmit it to the odometry in the form of laser range-finder data. Here are the steps to build a map using the Rplidar S2 sensor:

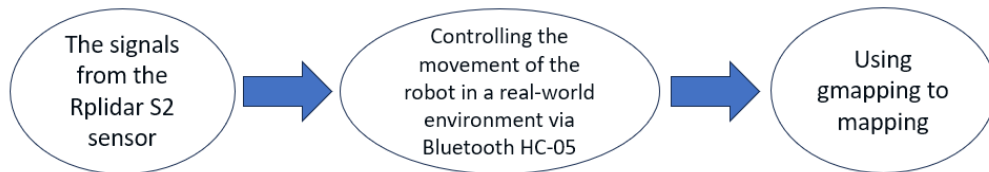


Figure 12. Block diagram of the mapping steps

Figure 12 illustrates the steps involved in mapping, and the result is the 2D map of the real-world environment shown in Figure 13.

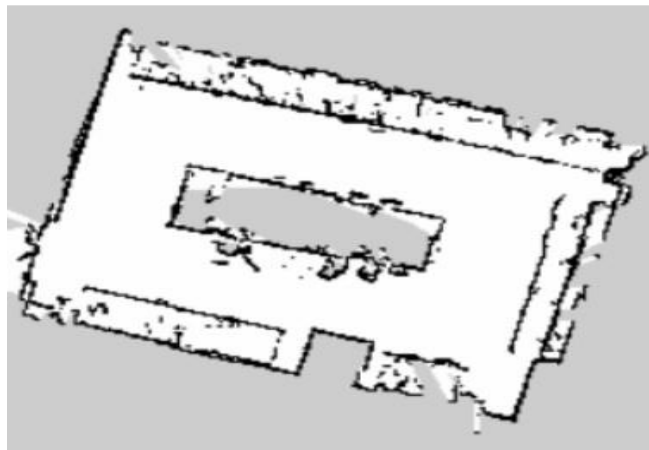


Figure 13. 2D map of the real-world environment

## 5 EXPERIMENTAL RESULTS

Through the process of building the robot model, setting up the ROS operating system environment on the central computer, configuring and programming the necessary nodes during operation, and transmitting and receiving signals from the Matlab control interface, we will conduct practical operation and verification to adjust the parameters and identify the advantages and disadvantages of the system.

### 5.1 Autonomous navigating and avoiding dynamic obstacles

During the practical operation, when the robot was directed to a specific location on the previously scanned map, it was able to autonomously navigate and generate the optimal path while following the designated route. When encountering obstacles on the path, the robot was able to quickly generate a new path, which could change depending on the distance of the static or moving obstacles that the LIDAR sensors detected and obstructed the robot's movement.



- **Autonomous path planning from point A to point B**

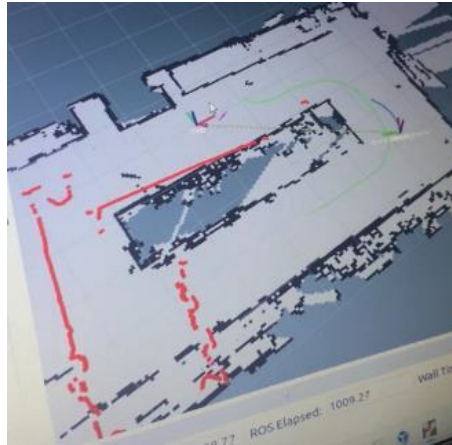


Figure 14. Autonomous path planning for robots

- **Avoiding static and dynamic obstacles on the path**



Figure 15. Experimental environment

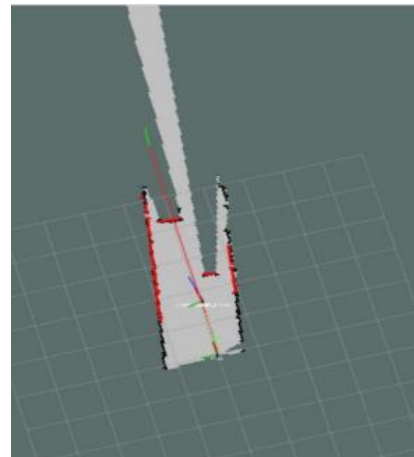


Figure 16. The map in Rviz can detect static obstacles and autonomously plan the robot's path

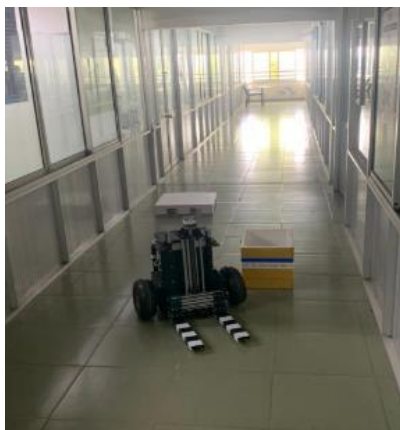


Figure 17. The robot can autonomously avoid static obstacles



Figure 18. In the case of moving obstacles

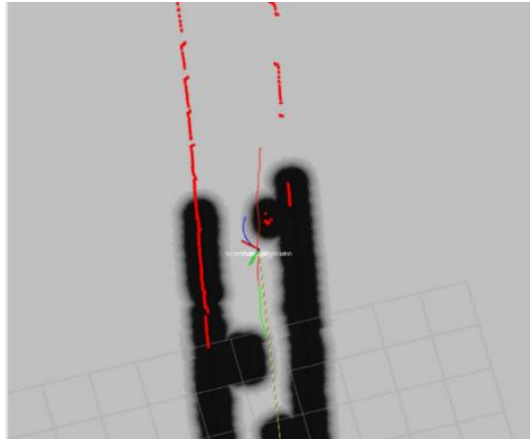


Figure 19. The robot autonomously plans and moves along a new path when encountering moving obstacles

## 5.2 Handling delivery and reception of goods

The robot can accurately arrive at the predetermined position to pick up the goods and deliver the goods to the requested location. During the transportation process, the robot moves stably and flexibly.



Figure 20. Robot with the goods on pallet

## 6 CONCLUSION AND FUTURE WORK

### 6.1 Conclusion

The creation of a visually appealing and user-friendly 2D spatial map has been highly successful. The robot demonstrates commendable performance in terms of localization and navigation within the real-world environment. However, we did encounter some map-related issues in instances where the connection signal between the robot and the control computer was weak. Despite this occasional challenge, the robot exhibits a stable ability to maneuver and avoid obstacles in narrow spaces, displaying an acceptable margin of error. During its movements, we have observed that the robot is capable of detecting obstacles at distances of up to 30 meters, enabling it to promptly respond to unexpected events. Furthermore, the robot showcases impressive endurance, allowing it to operate continuously for extended periods and deliver consistently high work efficiency. This overall performance highlights the robot's reliability and suitability for fulfilling its designated tasks.

## 6.2 Future work

We utilized an HDMI screen as an interactive interface for the robot within the real-world warehouse environment. Moving forward, our plan entails constructing a comprehensive robot management interface to facilitate users in engaging with the robot in a more intuitive manner. Additionally, we will dedicate our efforts to developing additional algorithms and supplementary programs that enhance the robot's capability to navigate intelligently and adapt flexibly, enabling it to handle unforeseen situations with greater agility. Furthermore, we intend to incorporate additional devices, such as cameras, to directly monitor the robot's operational processes. These advancements will significantly contribute to optimizing the robot's performance and overall efficiency within the warehouse setting.

## REFERENCES

- [1] Durrant-Whyte, Hugh, and Tim Bailey. "Simultaneous localization and mapping: part I." *IEEE robotics & automation magazine* 13.2 (2006): 99-110.
- [2] Fox, Dieter, Wolfram Burgard, Frank Dellaert, and Sebastian Thrun. "Monte carlo localization: Efficient position estimation for mobile robots." *Aaai/iaai* 1999, no. 343-349 (1999): 2-2.
- [3] Berg, Julia, and Shuang Lu. "Review of interfaces for industrial human-robot interaction." *Current Robotics Reports* 1 (2020): 27-34.
- [4] Konstantinidis, Fotios K., Vasiliki Balaska, Symeon Symeonidis, Spyridon G. Mouroutsos, and Antonios Gasteratos. "AROWA: An autonomous robot framework for Warehouse 4.0 health and safety inspection operations." In *2022 30th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)*, pp. 494-499. IEEE, 2022.
- [5] ROS. Wiki, "Robot Operating System Wiki"—Wikipedia. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Robot\\_Operating\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Robot_Operating_System)
- [6] N.T.R. Wiki, "Setup and Configuration of the Navigation Stack on a Robot"—ROSWIKI. [Online]. Available: <http://wiki.ros.org/navigation/Tutorials/RobotSetup>
- [7] Looi, Chen Zheng, and Danny Wee Kiat Ng. "A study on the effect of parameters for ROS motion planer and navigation system for indoor robot." *International Journal of Electrical and Computer Engineering Research* 1.1 (2021): 29-36.
- [8] Zhang, Zhanying, and Ziping Zhao. "A multiple mobile robots path planning algorithm based on A-star and Dijkstra algorithm." *International Journal of Smart Home* 8.3 (2014): 75-86.
- [9] Fox, Dieter, Wolfram Burgard, and Sebastian Thrun. "The dynamic window approach to collision avoidance." *IEEE Robotics & Automation Magazine* 4.1 (1997): 23-33.
- [10] Aizat, Muhammad, Ahmad Azmin, and Wan Rahiman. "A Survey on Navigation Approaches for Automated Guided Vehicle Robots in Dynamic Surrounding." *IEEE Access* 11 (2023): 33934-33955.
- [11] Bertsekas, D. "Rollout algorithms for constrained dynamic programming." *Lab. for Information and Decision Systems Report* 2646 (2005).
- [12] Wang, Yifan. *A Ros-Based Toy-Car Detect-And-Place Domestic Robot*. Diss. MS thesis, Dept. Mech. Eng., Cal Poly Pomona, Pomona, CA, USA, 2021.
- [13] R. R. Wiki, "ROSSERIAL ," – ROSWIKI. [Online]. Available:<http://wiki.ros.org/rosserial>

YSC5.F143

## THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÔ HÌNH HỆ THỐNG CĂN CHỈNH BAO 25KG TRƯỚC KHI MAY

NGUYỄN MINH KHÔI<sup>1</sup>, HOÀNG VĂN ĐỨC<sup>1</sup>, NGUYỄN XUÂN HIỆP<sup>1</sup>, ĐẶNG NGỌC HÙNG<sup>1</sup>,  
TRẦN MINH NHẬT<sup>1</sup>, NGUYỄN ĐÌNH PHƯƠNG<sup>1</sup>, NGUYỄN VŨ TRUNG KIÊN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

\*19504901.kien@student.iuh.edu.vn

**Tóm tắt.** Hiện nay, các cơ sở sản xuất nông nghiệp đều mong muốn nâng cao năng suất, chất lượng đầu ra và giảm chi phí nhân công. Do đó việc cải tiến một hệ thống sản xuất trở nên tự động là hết sức cần thiết. Với mô hình hệ thống căn chỉnh bao hoàn toàn tự động của chúng tôi không chỉ đáp ứng việc cải thiện năng suất, chất lượng, tính thẩm mỹ cho sản phẩm mà còn có thể mang lại sự an toàn cho người vận hành. Khâu căn chỉnh gồm có hai mô đun là mô đun kẹp mở miệng bao và mô đun kéo bao. Cả hai mô đun này đều được liên kết với nhau rồi kết nối đến một PLC tổng bằng công nghệ CC-Link. Hệ thống có thể đạt được suất cao nhất cho quá trình căn chỉnh bao là khoảng 250 bao/giờ và được thiết kế cho việc phù hợp với 2 loại bao được ưa chuộng nhất cho việc chứa gạo, cám, bột là 25kg và 50kg. Và để có thể đáp ứng nhu cầu vận hành, chúng tôi đã thiết kế, lập trình nhiều chế độ điều khiển như điều khiển tự động, điều khiển bằng tay độc lập, song song và điều khiển các cơ cấu chấp hành, tinh chỉnh thông số cho động cơ, kiểm tra bản vẽ... đều phải thông qua màn hình HMI nhằm đảm bảo an toàn cho người sử dụng.

**Từ khoá.** Hệ thống căn chỉnh bao, PLC, màn hình HMI.

## DESIGNING AND MANUFACTURING SYSTEM ALIGNING BAG 25KG BEFORE SEWING

**Abstract.** Currently, agricultural production facilities are eager to improve productivity, output quality and reduce labor costs. Therefore, it is necessary to improve a production system to become automatic. Our fully automatic bag alignment system model cannot only improve productivity, it cannot only improve the productivity, quality, and aesthetics of the product, but also can bring safety to the operator. The bag alignment module consists of two modules, the bag opening clamp module and the bag pull module. Both of these modules are interconnected and then connected to a main PLC using CC-Link technology. The system can achieve the highest throughput for bag alignment of nearly 250 bags/hour and it can accommodate the two most common types of bags for rice, bran, and flour storage of 25kg and 50kg. To be able to meet the operating needs, we have designed and programmed several control modes such as automatic control, independent manual control, parallel manual control and modify parameters for the engine, checking drawings... all must go through the HMI screen to ensure the safety of the user.

**Keywords.** Automatic bagging system, PLC, HMI screen.

### 1 GIỚI THIỆU

Khâu căn chỉnh bao là một giai đoạn không thể thiếu trong một hệ thống đóng gói bao tự động. Khách hàng thường bị thu hút bởi các sản phẩm có tính thẩm mỹ, độ hoàn thiện cao, vì vậy khâu căn chỉnh bao trước khi may được các doanh nghiệp sản xuất chú trọng thiết kế, chế tạo cẩn thận, cải thiện hệ thống để tạo ra được một sản phẩm chất lượng cao nhất [1][2]. Và “Thiết Kế Và Chế Tạo Hệ Thống Căn Chỉnh Bao 25kg Trước Khi May” là nghiên cứu với mong muốn thiết kế, chế tạo ra một mô hình có thể mô phỏng một chuỗi các cơ cấu vận hành căn chỉnh bao gần giống với thực tế tại các cơ sở sản xuất. Đó là cơ sở để các nhà đầu tư dựa vào để phát triển hệ thống riêng cho mình trong sản xuất sản phẩm. Đồng thời nhìn nhận để đưa ra các đề xuất, biện pháp hợp lý để cải thiện một hệ thống sản xuất trong thực tế.

## 2 TỔNG QUAN VỀ THIẾT BỊ ĐIỆN

### 2.1 Giới thiệu về PLC

PLC được viết tắt bởi từ Programmable Logical Controller (nghĩa là Bộ điều khiển Logic khả trình). Với mỗi PLC thì phải nạp chương trình vào bộ nhớ của PLC, để nó có thể thực hiện chức năng được lập trình sẵn.



Hình 1. PLC MELSEC iQ-R Series

PLC được sử dụng cho hệ thống bao gồm các module sau:

- R64P POWER: Bộ nguồn cấp cho PLC
- R04ENCPU: CPU chính
- R16MTCPU : Motion CPU điều khiển Servo
- RX42C4: Module ngõ vào
- RY42NT2P: Module ngõ ra
- RJ61BT11: Module CC-link
- AJSBTB1-32TD: Module I/O CC-link

### 2.2 Hệ thống Servo

Hệ thống Servo là một hệ thống truyền động điều khiển hồi tiếp vòng kín, nhận tín hiệu và thực hiện một cách nhanh chóng, chính xác theo lệnh từ PLC.

Hệ thống Servo của đề tài bao gồm:

- Động cơ Servo HG-KR23: điều khiển tốc độ tốt, trơn tru, chính xác do có cảm biến encoder để phản hồi tín hiệu
- Driver MR – J4W3 – 222B: dùng để kết nối với nhiều động cơ servo, nhận phản hồi của encoder, điều khiển servo quay theo yêu cầu của người vận hành.



Hình 2. Driver điều khiển và động cơ Servo

### 2.3 Màn hình HMI

HMI là từ viết tắt của Human Machine Interface, có nghĩa là thiết bị giao tiếp giữa người vận hành với hệ thống

Hệ thống sử dụng màn hình HMI GOT 2000 GT 27 của Mitsubishi với thông số kỹ thuật:

- Kích thước màn hình lớn 8.4’’ inch
- Màn hình cảm ứng: TFT Color LCD
- Độ phân giải SVGA: 800 x 600 px hoặc VGA: 640×480px, 65.536 màu.
- Điện áp cung cấp: 24V DC



Hình 3. màn hình HMI GOT 2000 GT 27

### 2.4 Bộ kết nối truyền thông CC-Link

CC-Link được viết tắt bởi từ Control & Communication Link (nghĩa là Điều khiển & Truyền thông), là một hệ thống gồm các mô đun riêng, ví dụ như mô đun I/O, mô đun chức năng thông minh, được kết nối thông qua một cáp chuyên biệt, cho phép mô đun CPU kiểm soát các mô đun khác.

Các ưu điểm của việc truyền thông CC-Link:

- Tối ưu dây kết nối
- Nếu có một thiết bị trong trạm bị lỗi thì hệ thống vẫn có thể hoạt động bình thường, do đó có thể luôn đảm bảo một hệ thống có thể vận hành liên tục.
- Có thể tự động cho các hệ thống hoạt động trở khi mà các thiết bị lỗi đã được khắc phục lỗi.

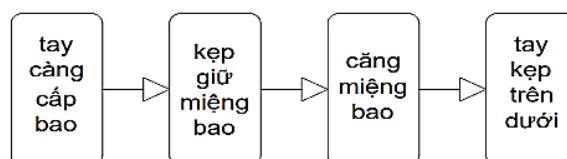
Trong hệ thống này, thiết bị kết nối CC-Link đến mô đun RJ61BT11 của PLC là AJ65SBTB1-32DT



Hình 4. Thiết bị AJ65SBTB1-32DT

## 3. MÔ TẢ HỆ THỐNG

### 3.1 Sơ đồ khối

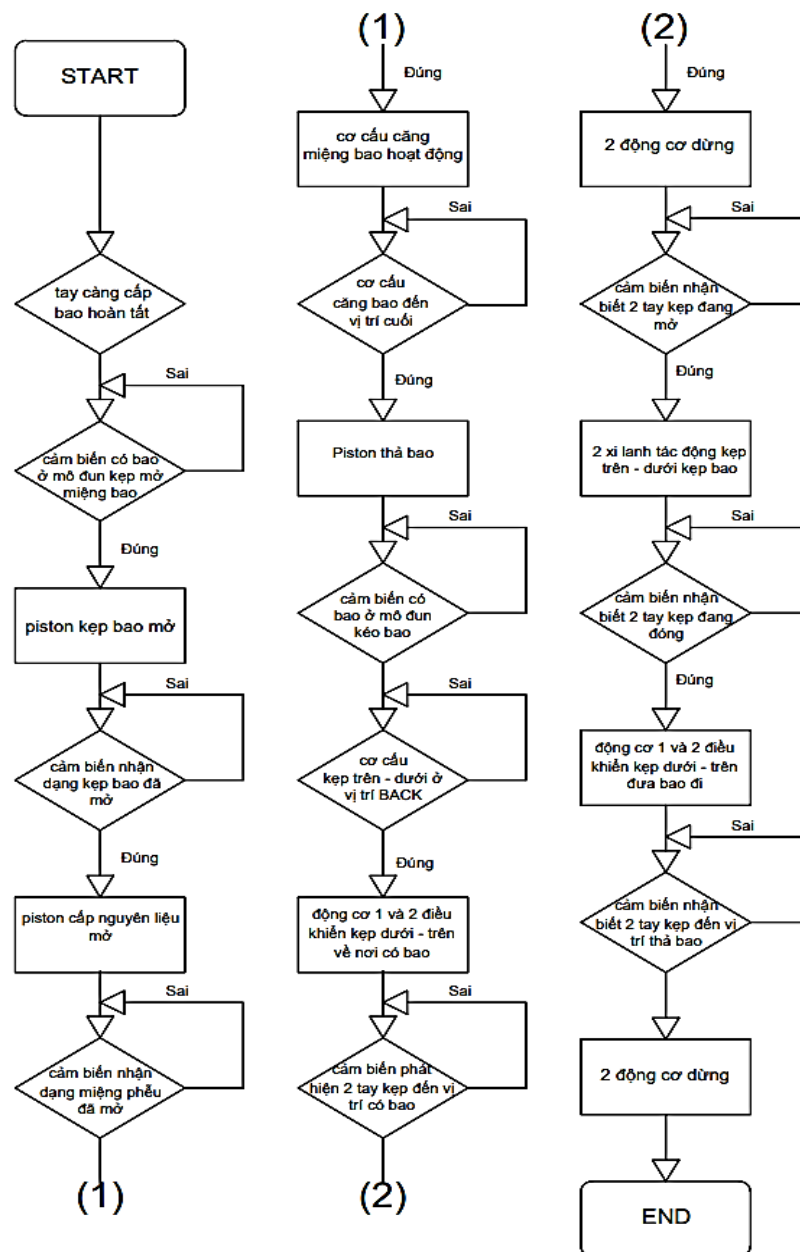


Hình 5. Sơ đồ khối của hệ thống

Hệ thống bao gồm:

- Khối tay cào cấp bao: khối có nhiệm vụ chuyển giao từ trạm cấp bao đến khu vực kẹp mở miệng bao.
- Khối kẹp giữ miệng bao: bao gồm các cơ cấu kẹp giữ bao lơ lửng để tiến hành các bước căng miệng và cấp xả phôi.
- Khối căng miệng bao: với các cơ cấu giúp miệng bao được mở to để cấp phôi.
- Khối tay kẹp trên - dưới: khối này, hai tay kẹp trên và dưới có nhiệm vụ đưa bao đến nơi làm việc tiếp theo.

### 3.2 Lưu đồ giải thuật



Hình 6. Lưu đồ giải thuật của hệ thống

### 3.3 Nguyên lý hoạt động của hệ thống

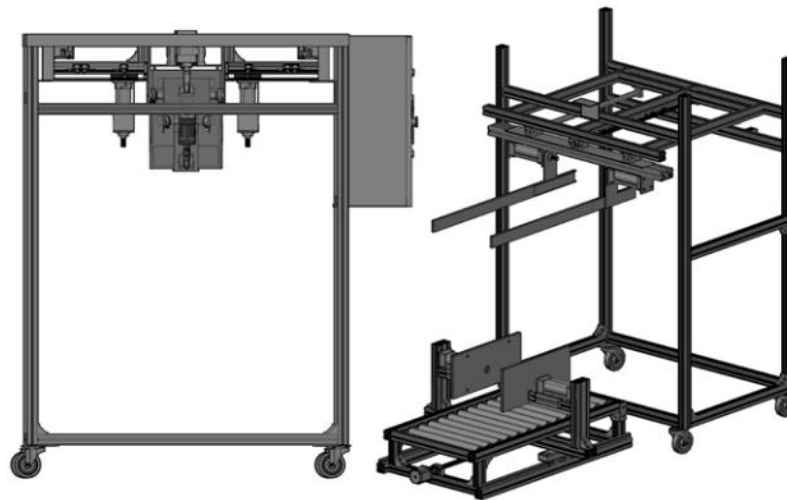
Sau khi tay cào đưa bao từ mô đun cấp bao sang mô đun kẹp và giữ bao, cảm biến nhận biết đã có bao, lúc này cơ cấu kẹp miệng bao sẽ giữ bao lơ lửng và miệng bao được mở ra để được cấp phôi. Sau khi bao

đã có phôi, miệng bao sẽ được căng ngang và đến lúc bao rút xuống bằng chuyển con lăn, 2 tay kẹp sẽ đi đến và kéo bao tiếp tục đến trạm tiếp theo.

## 4 THIẾT KẾ MÔ HÌNH

### 4.1 Thiết kế mô hình

Chúng tôi sử dụng phần mềm AutoCad Mechanical để thiết kế bản vẽ mô hình hệ thống và thể hiện trong Hình 7 gồm: mô hình kẹp và giữ miệng bao (hình bên trái), và mô hình kéo và may bao (hình bên phải) [3][4]



Hình 7. Bản vẽ 3D của mô hình

### 4.2 Mô tả mô hình

Phần khung của mô hình được lắp ráp chủ yếu bởi các thanh nhôm định hình với giá thành rẻ nhưng mang lại sự chắc chắn, thẩm mỹ cao, dễ dàng tháo ráp, vận chuyển, thay thế linh kiện.

Ở các cơ cấu chuyển động vị trí, mô hình được trang bị các thanh trục vít-me. Việc dùng vít-me kết hợp với động cơ Servo là một lựa chọn tối ưu cho việc di chuyển chính xác vị trí, đồng thời có thể dễ dàng tính toán, điều khiển tốc độ của các cơ cấu trên trục vít-me phù hợp với yêu cầu.

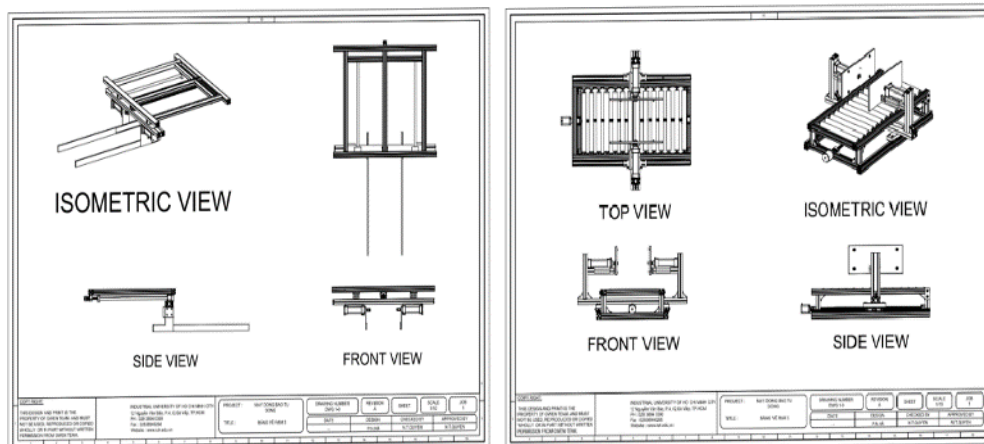


Hình 8. Tay kẹp dưới và tay kẹp trên dưới sự tác động của trục vít-me

Băng chuyển các con lăn quán tính để tay kẹp trên và dưới có thể kéo bao một cách dễ dàng. Mỗi con lăn có đường kính là 48 mm, khoảng cách giữa 2 con lăn là 3.5 cm đủ nhỏ để có thể thực thi nhiệm vụ với các loại bao chứa dạng bột, tránh trường hợp chùng bao giữa các khe hở.

Đồng thời, việc thiết kế cũng đã tính toán tới trường hợp kích thước bao sẽ thay đổi từ 61 cm – 68 cm khi chứa phôi (tùy vào từng loại phôi). Do đó, độ rộng giữa 2 tay kẹp dưới phải được tính toán kỹ, và chiều cao của từng loại bao chứa phôi sẽ được giải quyết bằng thay thế cơ khí dễ dàng ở phần tay kẹp trên.





Hình 9. Bản vẽ 2D tay kẹp trên - tay kẹp dưới

## 5 LẬP TRÌNH HỆ THỐNG VÀ THIẾT KẾ GIAO DIỆN HMI

### 5.1 Phần mềm được sử dụng

- GX Works3: Lập trình PLC Mitsubishi
- GT Designer3: Thiết kế giao diện điều khiển HMI
- MT Developer2: Cấu hình Driver và lập trình Động cơ Servo
- MR Configurator2: Cài đặt, sửa lỗi, điều khiển chạy thử các chế độ trên servo, đọc thông số trong lúc hệ thống Servo đang hoạt động.

### 5.2 Ngôn ngữ lập trình

Các loại ngôn ngữ lập trình được sử dụng để lập trình cho hệ thống:

- Ngôn ngữ SFC để lập trình hệ thống Servo[5], là ngôn ngữ ít được sử dụng, tuy nhiên với phần mềm MT Developer 2 thì đây là ngôn ngữ lập trình duy nhất mà Hệ thống Servo của Mitsubishi hỗ trợ.
- Ngôn ngữ Script để lập trình phân đăng nhập ID và Password của HMI.
- Ngôn ngữ Ladder để lập trình PLC. Mục đích sử dụng ngôn ngữ Ladder để lập trình PLC thay vì các ngôn ngữ khác bởi vì ngôn ngữ Ladder là ngôn ngữ được sử dụng rộng rãi trên toàn Châu Á cho mục đích lập trình PLC, nó dễ hiểu, dễ sử dụng và dễ chuyển giao phương pháp lập trình cho bộ phận bảo trì khi hệ thống gặp lỗi [6][7][8][9].

### 5.3 Công thức toán học để điều khiển động cơ Servo

Với Hệ thống Servo, việc sử dụng điều khiển động cơ Servo bằng xung để có thể mang lại tính chính xác nhờ sự phản hồi vị trí của Encoder về Driver [10][11].

Phương pháp thay đổi tốc độ động cơ Servo để tác động lên trục vít me:

Ta có công thức:

$$v = x * \frac{d}{n}$$

Trong đó:

n (xung/vòng) là số xung của động cơ trên một vòng quay, với giá trị là 4194930 được quy định bởi nhà sản xuất

v (mm/s) là tốc độ di chuyển của tay kẹp

x là độ dịch chuyển tay kẹp di chuyển khi vít me quay được 1 vòng với tay kẹp dưới là 20mm và tay kẹp trên là 10mm

Với 3 thông số v, x và n, ta tính được thông số d (xung/s) là số xung của động cơ trên giây. Sự tính toán được lập trình trên GX Works 3 và giá trị d sẽ được chuyển vào thanh ghi ảo của Servo trên phần mềm MT Developer2.

Từ sự thay đổi giá trị d thì vận tốc của tay kẹp trên được thay đổi theo ý muốn của người vận hành.

### 5.4 Thiết kế giao diện HMI

Để có thể dễ dàng điều khiển hệ thống, an toàn trọng việc vận hành máy thì việc thiết kế ra giao diện HMI là điều cần thiết.



Hình 10. Giao diện HMI màn hình chính của Hệ thống căn chỉnh bảo  
Sau khi đọc kĩ thông báo an toàn, nhấn “Continue” thì sẽ cửa đăng nhập sẽ hiện ra.



Hình 11. Bảng thông báo và sửa số đăng nhập

Khi người vận hành đã đăng nhập đúng ID và Password, màn hình HMI sẽ chuyển đến giao diện chọn chế độ để điều khiển cho hệ thống, với các chế độ điều khiển tự động và điều khiển bằng tay.



Hình 12. Bảng chọn chế độ điều khiển hệ thống

### 5.4.1 Chế độ điều khiển tự động

Đầu tiên, người vận hành phải chọn cấp tốc độ cho Servo sau đó nhận Run SV để PLC kích hoạt động cơ Servo, sau đó nhấn Run để toàn hệ thống hoạt động. Ta có thể nhấn Pause để dừng hoặc Stop End để các cơ cấu chấp hành về vị trí ban đầu.



Hình 13. Giao diện điều khiển ở chế độ tự động

### 5.4.2 Chế độ điều khiển bằng tay

Chế độ điều khiển bằng tay có 3 giao diện điều khiển: 1 giao diện cho mô đun kẹp giữ bao và 2 giao diện cho mô đun kéo bao.

Với màn hình giao diện Chế độ điều khiển bằng tay của mô đun kẹp giữ bao, người vận hành sẽ chạm vào các nút hoặc công tắc lên màn hình để tác động lên từng cơ cấu để điều khiển theo mong muốn của mình.



Hình 14. Giao diện điều khiển chế độ bằng tay cho mô đun kẹp và giữ bao

Ngược lại chế độ điều khiển độc lập là khi người vận hành muốn điều khiển các cơ cấu kẹp trên và dưới một cách riêng biệt không tác động lẫn nhau. Cả 2 chế độ điều khiển bằng tay của mô đun kéo bao đều có thể thay đổi tùy ý tốc độ di chuyển của 2 tay kẹp trên và dưới.



Hình 15. Giao diện điều khiển chế độ bằng tay của mô đun kéo bao

## 6 KẾT QUẢ

Nhờ xây dựng bản vẽ thiết kế mô hình trên phần mềm vẽ 3d AutoCad cho nên mô hình có sự chính xác, chắc chắn trong quá trình gia công, đạt được các yêu cầu thực thi khi vận hành thực tế.



Hình 16. Mô hình thực tế



Hình 17. Chi tiết các cơ cấu của mô hình

Với việc điều khiển thông qua màn hình HMI thì người vận hành được đảm bảo các tiêu chuẩn về an toàn, thể hiện tính chuyên nghiệp trong quá trình làm việc, khi có lỗi hệ thống sẽ được thông báo trên giao diện làm việc, các số liệu về lỗi, số lượng bao đều được lưu trữ, ghi chép lại đầy đủ.



Hình 18. Điều khiển hệ thống thông qua màn hình HMI

Khi thay đổi tốc độ động cơ thì thời gian căn chỉnh bao sẽ thay đổi, kết quả thực hiện được thể hiện qua bảng sau.

Tốc độ thực hiện của mỗi mô đun	Mô đun Kẹp và giữ bao			Mô đun Kéo bao		
	Slow	Normal	Fast	30 mm/s	60 mm/s	80 mm/s
Thời gian thực hiện (giây)	16	12	8	16	8	6

Từ bảng kết quả trên, nếu người vận hành chọn tốc độ hoạt động ở mức cao, Fast và 80mm/s, thì hệ thống căn chỉnh bao có thể đạt năng suất 4 bao/phút và 257 bao/giờ.

Trong quá trình thực hiện công việc, nếu xảy ra lỗi rớt bao hệ thống sẽ báo lỗi và ngừng hoạt động. Đến khi vấn đề đã được xử lý thì sau 3 giây, hệ thống sẽ tiếp tục hoạt động, điều này mang lại sự an toàn để người khắc phục lỗi.

## 7 KẾT LUẬN

Trong bài báo này, quá trình xây dựng mô hình, lập trình hệ thống, năng suất đầu ra đã được trình bày. Có thể thấy, mô hình thực tế và các chế độ điều khiển đã được lập trình của hệ thống có thể đáp ứng được nhu cầu vận hành của người sử dụng. Tuy nhiên, do sự hạn chế về cơ khí cho nên mô hình chỉ phù hợp với loại bao 25kg và năng suất đầu ra không thật sự cao. Khắc phục hai vấn đề trên đồng thời mở rộng thêm nhiều tính năng cho hệ thống như tùy chỉnh số lượng bao thực hiện, sử dụng thuật toán xử lý ảnh nhận biết lỗi đang là hướng phát triển mà nhóm hướng đến trong tương lai.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Paul Whelan, Automated packing system-a systems engineering approach, Transactions on Industrial Electronics, vol. 26, no. 5, pp. 555-566, September 1996.
- [2] S.Chen, S.Brahma, J.Mackay, C.Cao and N.Aliakbarian, The role of smart packaging system in food supply chain, Journal of Food Science, vol. 85, no.3, pp. 511-853, March 2020
- [3] T.M.Sang, D.P.Vinh, N.H.Khai, L.M.Khang and T.Q.Huy, Thiết kế và chế tạo máy đóng gói sản phẩm dạng nằm ngang, Tạp chí khoa học và công nghệ Đại học Đà Nẵng, vol. 21, no. 4, pp.105-110, April 2023.

- [4] L.T.Chanh, T.Q.Bao and N.H.Cuong, Thiết kế hệ thống gọt vỏ trái chanh tự động, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, vol. 59, no. 3(A), pp. 25-31, 2023.
- [5] H.V.Tung, L.V.Vui, P.C.Tinh, D.Q.Trong, N.V.Binh and N.D.Quang, Nghiên cứu ứng dụng AC Servo Mitsubishi trong điều khiển chuyển động khớp robot công nghiệp, Tạp chí khoa học và công nghệ, no. 10, pp. 29-32, 2020
- [6] Alhade A. Algitta, Mustafa S., Ibrahim F., Abdalruof N. and Yousef M., Automated Packaging Machine Using PLC, International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, vol. 2, no. 5, pp. 282-288, May 2015.
- [7] Sun Jian, Lu Peng, Fu Yaqiong, Liu Ruixiang and Chen Le, The implementation and application of programming port communication between industry PC and Mitsubishi FX series PLC, 2008 3rd International Conference on Intelligent System and Knowledge Engineering, vol. 1, no. 1, pp. 1324-1327, December 2008.
- [8] Muhammad Rezaputra and Muhammad Cahyono, Perancangan Sistem Kontrol Otomatis Press Roll Berbasis PLC Mitsubishi Type-Q Pada Building Tire Machine, Indonesian Journal of Engineering and Technology, vol. 3, no. 2, pp. 92-101, April 2021.
- [9] H.P.Logreira, R.Zamoura Musa and J.B.Perez, Programación de Controladores Lógicos (PLC) mediante Ladder y Lenguaje de Control Estructurado (SCL) en MATLAB, Revista Facultad de Ingeniería, vol. 24, no. 39, pp. 109-119, 2015.
- [10] Zou Zong Liu., Fang Lin Luo and M.A. Rahman, Robust and precision motion control system of linear-motor direct driver for high-speed X-Y table positioning mechanism, Transactions on Industrial Electronics, vol. 52, no. 5, pp. 1357-1363, October 2005.
- [11] Pham Dang Phuoc, Thiết kế và chế tạo mô hình máy phay CNC 2D, Tạp chí khoa học và công nghệ, no. 3 (38), 2010.

**KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TRẺ LẦN 5 NĂM 2023**  
**YSC2023 TRI THỨC TRẺ TRONG KỶ NGUYÊN SỐ**  
**LĨNH VỰC ĐIỆN – ĐIỆN TỬ**  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

---

**NHÀ XUẤT BẢN**  
**ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP HỒ CHÍ MINH**  
12 Nguyễn Văn Bảo – P. 4 – Q. Gò Vấp – TPHCM  
**ĐT:** (028) 3894 0390 – 816  
**Email:** nhaxuatban@iuh.edu.vn

*Chịu trách nhiệm xuất bản:* PHẠM TRUNG KIÊN

*Biên tập:* LÊ THỊ TIÊU NHI

*Sửa bản in:* ĐOÀN THANH ĐIỀN

*Trình bày bìa:* VĂN SANG

*Đối tác liên kết:* Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

**ISBN: 978-604-920-196-7**

---

In 60 cuốn khổ 20 × 28 cm theo Quyết định xuất bản số: 28/QĐ-NXBĐHCN ngày 15/11/2023 với xác nhận đăng ký xuất bản số 2882-2023/CXBIPH/2-14/ĐHCNTPHCM ngày 23/08/2023. In tại Xưởng in NXB Đại học Công nghiệp TPHCM, nộp lưu chiểu tháng 12/2023.