

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HCM
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ SINH VIÊN NĂM 2022

Tên đề tài tiếng Việt:

< THIẾT KẾ VÀ HIỆN THỰC THIẾT BỊ ĐO NỒNG ĐỘ GLUCOSE KHÔNG XÂM LẤN TRONG MÁU >

Tên đề tài tiếng Anh:

< DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A NONINVASIVE GLUCOSE MONITORING DEVICE >

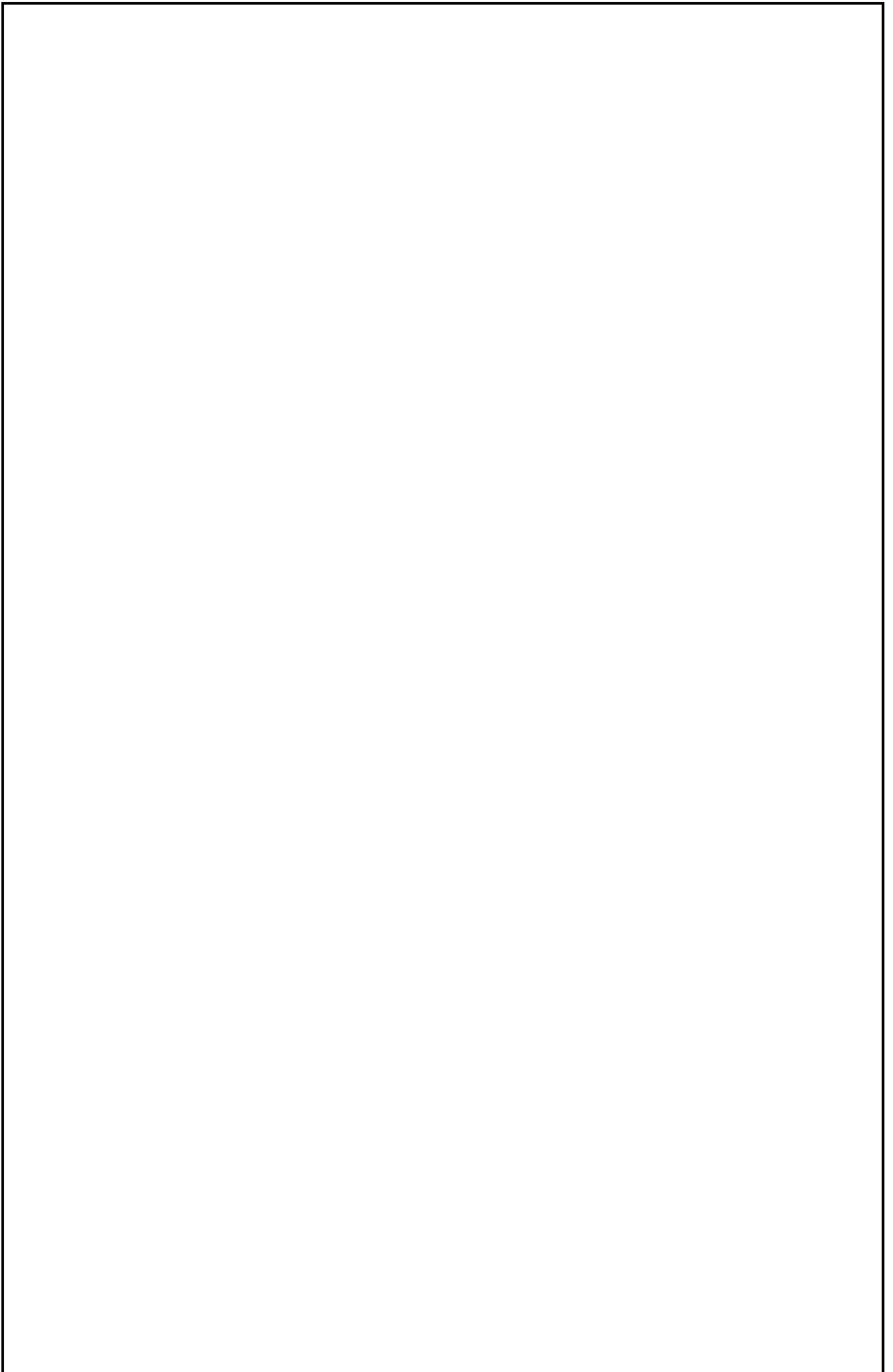
Khoa: Kỹ thuật Máy tính

Thời gian thực hiện: 06 tháng

Cán bộ hướng dẫn:

TT	Họ và tên, MSSV	Chịu trách nhiệm	Điện thoại	Email
1	Ngô Hoàng Huy	Chủ nhiệm	0966428574	18520838@gm.uit.edu.vn
2	Huỳnh Bá Anh Quân	Tham gia	0945717513	18520136@gm.uit.edu.vn

Thành phố Hồ Chí Minh – Tháng 02/2022





ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HCM
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

Ngày nhận hồ sơ

Mã số đề tài

(Do CQ quản lý ghi)

BÁO CÁO TỔNG KẾT

Tên đề tài tiếng Việt:

< THIẾT KẾ VÀ HIỆN THỰC THIẾT BỊ ĐO NỒNG ĐỘ GLUCOSE KHÔNG XÂM LẤN TRONG MÁU >


Tên đề tài tiếng Anh:

< DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A NONINVASIVE GLUCOSE MONITORING DEVICE >

Ngày 28 tháng 6 năm 2022

Cán bộ hướng dẫn


(Họ tên và chữ ký)

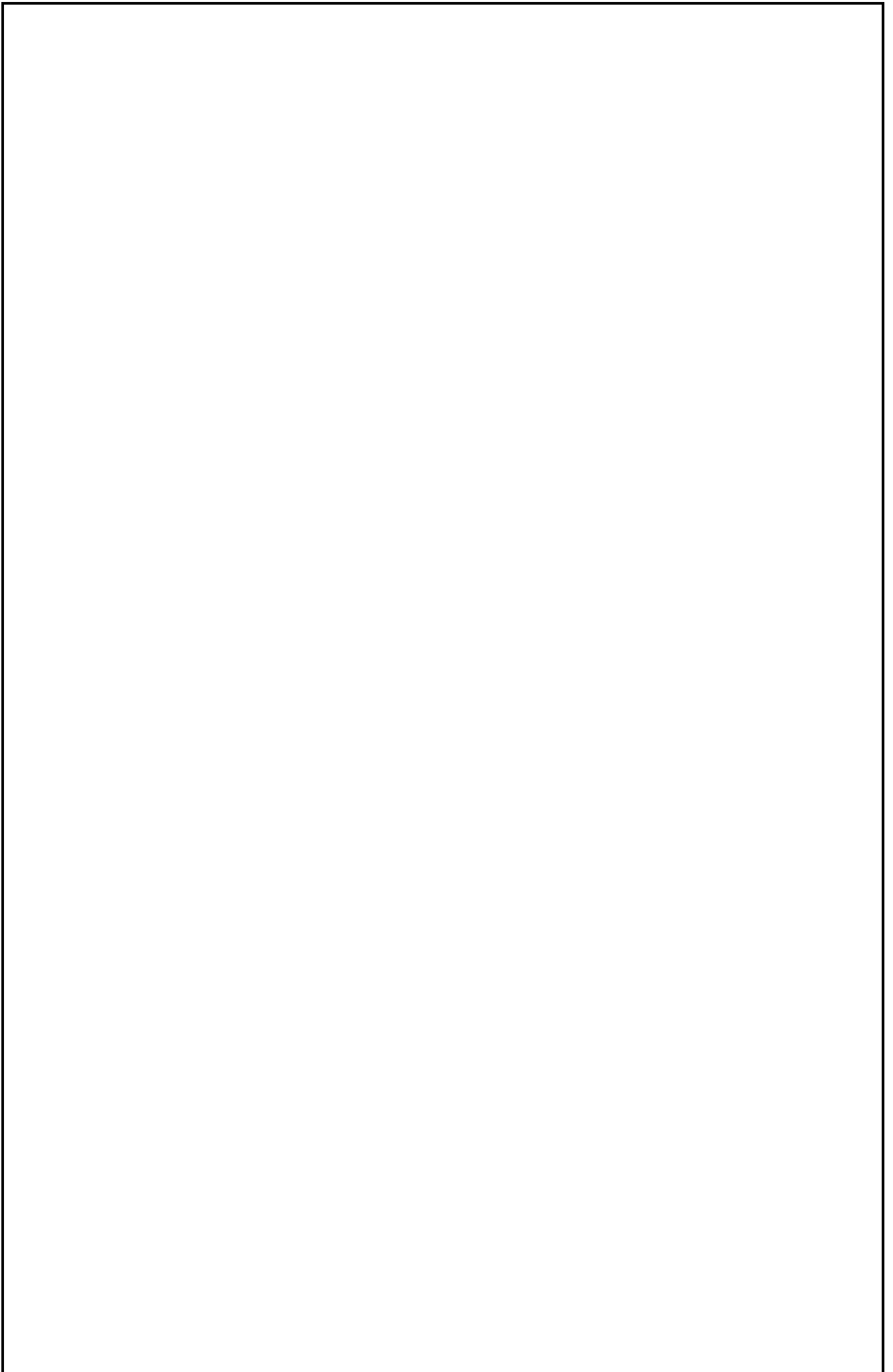

Phạm Quốc Hùng

Ngày 28 tháng 6 năm 2022

Sinh viên chủ nhiệm đề tài

(Họ tên và chữ ký)


Ngô Hoàng Huy



THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: **THIẾT KẾ VÀ HIỆN THỰC THIẾT BỊ ĐO NỒNG ĐỘ GLUCOSE KHÔNG XÂM LẤN TRONG MÁU**
- Chủ nhiệm: **Ngô Hoàng Huy**
- Cơ quan chủ trì: **Khoa Kỹ Thuật Máy Tính – Trường Đại học Công Nghệ Thông Tin- Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh**
- Thời gian thực hiện: **6 tháng**

2. Mục tiêu

2.1. Lý do chọn đề tài

- Hiện tại, phương pháp phổ biến để đo lượng đường huyết trong máu là trích máu trực tiếp. Phương pháp này gây đau đớn, tốn chi phí cho những lần theo dõi vì lượng đường huyết thay đổi liên tục vào các khoảng thời gian trong ngày. Bên cạnh đó, vết thương hở đối với người bệnh tiểu đường rất khó lành, nếu như không cẩn thận có thể dẫn đến trường hợp nhiễm trùng máu và hoại tử vết thương, trang thiết bị và chi phí tương đối đắt đỏ.
- Vì thế, một số phương pháp không xâm lấn được ra đời để giải quyết vấn đề này. Nhóm nhận thấy rằng phương pháp đo lượng đường huyết không xâm lấn có thể phát hiện được lượng đường trong máu mà không gây ra vết thương hở, kiểm soát được lượng đường huyết và dễ dàng theo dõi. Tuy nhiên, việc phát triển một công nghệ mới sẽ đi đôi với nhiều thách thức và khó khăn trong quá trình phổ biến sản phẩm đến tay người dùng.

2.2. Mục tiêu tổng quan

- Đề tài tập trung nghiên cứu, tìm hiểu, thiết kế và thực thi hệ thống định lượng không xâm lấn nồng độ glucose sử dụng cảm biến quang, cụ thể ở đây là NIR. Hệ thống được tích hợp Cloud Computing để gửi các thông số đo được cho bác sĩ từ đó có thể chẩn đoán được trình trạng của bệnh nhân và đưa ra chế độ ăn uống, chế độ tập luyện phù hợp. Việc tích hợp Cloud Computing vào hệ thống sẽ giúp các bác sĩ có thể theo dõi

bệnh nhân từ xa liên tục nhằm đưa ra những biện pháp kịp thời giúp bệnh nhân có thể điều trị bệnh tiểu đường tại nhà, tránh việc áp lực lên các cơ sở y tế.

2.3. Mục tiêu cụ thể

- Hoàn thiện được mô hình từ phần mềm tới phần cứng đề ra theo mục tiêu ban đầu là dự đoán được nồng độ Glucose.
- Thiết kế được máy đo không xâm lấn, dự đoán được tương đối nồng độ glucose trong máu của người bệnh và tính nguyên vẹn.
- Thiết bị nhỏ gọn và các thành phần phần cứng có giá thành rẻ hơn so với các thiết bị trên thị trường.
- Tỷ lệ dự đoán của mô hình máy học có độ chính xác khoảng 65%.

3. Tính mới và sáng tạo

3.1. Phân tích hiện trạng

3.1.1. Tình hình nghiên cứu trong nước

- Hiện tại chưa có các công trình nghiên cứu hay sản phẩm liên quan đến đo nồng độ Glucose trong máu không xâm lấn tại Việt Nam.

3.1.2. Tình hình nghiên cứu quốc tế

- Hiện tại trên thế giới có khá nhiều các sản phẩm đo không xâm lấn ví dụ như:
 - FreeStyle Libre của Abbott (Hoa Kỳ): Thiết bị này đo nồng độ Glucose trong dịch kẽ ở các tế bào dưới da, thiết bị đặt cảm biến của máy sau cánh tay để đo và hiện kết quả.
 - GlucoTrack của Integrity Application (Israel): Thiết bị được kẹp vô dái tai, dùng dây nối cũng máy đo để hiện thị kết quả, nguyên lý hoạt động dựa trên công nghệ sóng siêu âm, điện từ và nhiệt.
 - C8 Medisensor Glucose Detector của C8 Medisensors (Hoa Kỳ): Thiết bị được phát triển dựa trên quang phổ Raman, được đo tại phần da đầu ngón tay và màu sắc được tạo ra từ quang phổ Raman sẽ giúp xác định cấu trúc của phần từ Glucose.

3.2. Phân tích các công nghệ

- Có rất nhiều kỹ thuật được sử dụng trong đo không xâm lấn bao gồm:
 - Quang phổ trở kháng: Phổ trở kháng được tính bằng tỷ số giữa dòng điện bơm vào và điện áp đo được. Các đặc tính điện sau đó được trích xuất từ dữ liệu trở kháng bằng cách sử dụng mô hình điện tương đương của vật liệu đang nghiên cứu.
 - Quang phổ Raman: là một kỹ thuật phân tích hóa học không phá hủy, cung cấp thông tin chi tiết về cấu trúc hóa học, pha và đa hình, độ tinh thể và tương tác phân tử. Nó dựa trên sự tương tác của ánh sáng với các liên kết hóa học trong vật liệu, ít chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ và nước và tính đặc hiệu cao.
 - Phép đo phân cực: là một phương pháp đo quang học khác thích hợp để xác định glucose trong chất lỏng. Kỹ thuật này tận dụng khả năng quay quang học của glucose đối với ánh sáng phân cực, điều này phụ thuộc vào nồng độ, bước sóng, độ dài đường truyền, nhiệt độ và giá trị pH.
 - Quang phổ sóng siêu âm: là công nghệ được thiết lập tốt với không gây hại nhiều cho tế bào mô, thâm nhập lâu dưới da hoặc tế bào tuy nhiên độ chính xác hạn chế và công nghệ đo lường còn kém.
- Đề tài mà nhóm thực hiện sẽ sử dụng chủ yếu công nghệ Near Infrared Spectroscopy (cảm biến quang học cận hồng ngoại). Ưu điểm của công nghệ này là dải bước sóng tương đối phổ biến đối với các loại cảm biến trên thị trường, cường độ tín hiệu của dải bước sóng tỉ lệ thuận với số phần tử glucose trong mẫu, là nền tảng của nhiều phương pháp, kỹ thuật đang được sử dụng ngày nay. Tuy nhiên, mức độ tán xạ của công nghệ này tương đối cao, và tín hiệu phản xạ tương đối yếu do đó yêu cầu độ phức tạp cao hơn của mô hình máy học.

3.3. Tính mới và sáng tạo của đề tài

- Đề tài đã áp dụng khác nhiều kiến thức tổng hợp vô hệ thống bao gồm các công nghệ lý thuyết về hóa học, hệ thống nhúng, và mô hình máy học Machine Learning. Trong tương lai có thể tích hợp mô hình IOT cho hệ thống để theo dõi người bệnh từ xa.
- Nhóm đã tìm hiểu về những lý thuyết hóa học liên quan đến chuyển động các phân tử glucose trong máu khi có ánh sáng chiếu qua.

- Kiểm chứng cơ sở lý thuyết dựa trên các cảm biến được chọn lựa trên thị trường.
- Ngoài ra, đề tài còn sử dụng các mô hình máy học cơ bản để dự đoán được nồng độ glucose trong máu thông qua nhưng mẫu thu được từ hệ thống.
- Cuối cùng, hệ thống được thực hiện một cách hoàn toàn tự động, giúp hỗ trợ tối đa cho người dùng sử dụng.

4. Tóm tắt kết quả nghiên cứu

4.1. Đặc tả kỹ thuật

- Mô hình sử dụng nguồn 12V cho cả vi xử lý và nguồn phát Halogen.
- Nguồn của halogen được điều khiển bởi một mạch nguồn ổn áp dòng, giúp duy trì sự ổn định nguồn dòng cho đèn, từ đó công suất và hiệu năng đèn được sử dụng tối ưu nhất.
- Sử dụng giao tiếp I2C cho cảm biến và màn hình.
- Mô hình hoạt động tốt hơn khi trong bóng tối, tránh nhiễu từ ánh sáng môi trường.
- Hệ thống sử dụng mô hình máy học Linear Regression để tiến hành dự đoán nồng độ Glucose dựa trên dữ liệu thu thập được từ cảm biến.

4.2. Thiết kế hệ thống

- Sơ đồ khối của hệ thống được mô tả trong Hình 7.1
- Sơ đồ giải thuật của hệ thống được thể hiện ở Hình 7.2
- Cách thức hoạt động của hệ thống
 - Ban đầu, khi người dùng đặt tay vô hệ thống, Raspberry Pi sẽ tiến hành bắt tín hiệu (0 hoặc 1) để điều khiển relay bật tắt đèn. Khi mạch nguồn ổn áp thì sẽ cấp nguồn cho đèn đảm bảo sự ổn định luồng sáng chiếu qua đầu ngón tay. Halogen được điều khiển tự động.
 - Sau đó hệ thống sẽ thu được những tín hiệu quang học từ những đầu ngón tay từ dải bước sóng đã được chọn lựa từ 2 cảm biến được thiết kế.
 - Những tín hiệu thu được từ cảm biến sẽ được xử lý và lưu lại dưới dạng dữ liệu chuẩn. từ đó đưa vô mô hình máy học được chuẩn bị sẵn để dự đoán, định lượng nồng độ Glucose.
 - Cuối cùng giá trị sẽ được hiển thị trên màn hình OLED để người dùng xem kết quả.
- Sự liên kết giữa các khối.

- Hệ thống được chia thành 2 phần chính:
 - Nguồn phát: bao gồm mạch nguồn ổn áp, đèn halogen để chiếu sáng, 2 cảm biến AS7341, AS7263 dùng để thu thập tín hiệu, dữ liệu và Relay sử dụng cảm biến điện dung để liên kết với phần còn lại của hệ thống.
 - Thu nhận tín hiệu, xử lý, định lượng: Được sử dụng để chuyển đổi tín hiệu thu được từ 2 cảm biến AS7341, AS7263 dưới dạng dữ liệu, xử lý và áp dụng vào mô hình máy học để dự đoán nồng độ glucose và in ra màn hình OLED.

4.3. Thiết kế chi tiết

- Mô hình hệ thống cụ thể bao gồm:

- Sơ đồ chân phần nguồn phát

Bảng 4.1 Sơ đồ chân kết nối của nguồn phát

Raspberry Pi	Cảm ứng điện dung	Relay	Nguồn 12V	Mạch nguồn ổn áp dòng	Đèn Halogen
3.3V	VCC				
GND	GND	GND			
GPIO27	IN				
GPIO17		IN			
5V		VCC			
		COM	OUT+	IN+	
			OUT-	IN-	
		NC		OUT+	VCC
				OUT-	GND

- Sơ đồ chân kết nối phần thu nhận tín hiệu, xử lý, định lượng, và xuất kết quả

Bảng 4.2. Sơ đồ chân kết nối giữa AS7341 và RaspberryPi

Raspberry Pi	AS7341
3.3V	3.3V
GND	GND
SCL (GPIO03)	SCL
SDA (GPIO02)	SDA

Bảng 4.3. Sơ đồ chân kết nối giữa AS7263 và RaspberryPi

Raspberry Pi	AS7263
3.3V	3.3V
GND	GND
SCL (GPIO03)	SCL
SDA (GPIO02)	SDA

Bảng 4.4. Sơ đồ chân OLED kết nối RaspberryPi

Raspberry Pi	OLED
3.3V	3.3V
GND	GND
SCL (GPIO03)	SCL
SDA (GPIO02)	SDA

- Hình ảnh cụ thể cho mô hình: Hình 7.3

4.4. Kết quả nghiên cứu

4.4.1. Thực nghiệm

- Tập dữ liệu của nhóm bao gồm 265 hàng, 14 cột sẽ tổng hợp toàn bộ tín hiệu mà cảm biến trả và kết quả của máy đo xâm lấn ACCU-CHEK.
- Toàn bộ tập dữ liệu mà nhóm sử dụng đều được chia thành 2 tập dữ liệu nhỏ ngẫu nhiên bao gồm: Tập train (chiếm 80% dữ liệu) và tập test (chiếm 20% dữ liệu). Nhóm thực hiện training và test mô hình trên Google Colab.
- Để tiền xử lý dữ liệu, nhóm chọn phương pháp “Điều chỉnh tỉ lệ” (Rescale Data) để chuẩn hóa dữ liệu vì dữ liệu của các cột và hàng có giá trị khác nhau về mặt độ lớn.
- Sau đó nhóm tiến hành training Model dựa trên 3 thuật toán chính là Support Vector Regression (SVR), K-Nearest Neighbors (KNN), Multiple Linear Regression (MLR).
- Kết quả thực nghiệm mô hình Support Vector Regression (SVR) tương đối cao, cao nhất là 62.78% trong các tập test khác nhau. Hình 7.4 sẽ thể hiện quá trình training mô hình và hình 7.5 sẽ vẽ biểu đồ khoảng cách giữa điểm test và điểm predict dựa trên bước sóng 810nm.
- Kết quả thực nghiệm mô hình K-Nearest Neighbors (KNN) là cao nhất 70.77%. Tuy nhiên mô hình KNN có khả năng bị Overfitting Model rất cao vì khoảng cách của các điểm test và điểm predict gần như là trùng nhau và không có khoảng cách chênh lệch. Hình 7.6 sẽ thể hiện quá trình training mô hình và hình 7.7 sẽ vẽ biểu đồ khoảng cách giữa điểm test và điểm predict dựa trên bước sóng 810nm.
- Kết quả thực nghiệm mô hình Multiple Linear Regression (MLR) là cao nhất 73.34%. Do đó nhóm lựa chọn mô hình này là mô hình chính của hệ thống và

tiến hành lưu model. Hình 7.8 sẽ thể hiện quá trình training mô hình. Hình 7.9 sẽ vẽ biểu đồ khoảng cách giữa điểm test và điểm predict dựa trên bước sóng 810nm.

- Kiểm thử mô hình dự đoán

Tiến hành dự đoán với input mới của 10 tình nguyện viên. Ta có giá trị như sau:

Bảng 4.5. Input mới để kiểm thử

Bước sóng	415	445	480	515	555	590	630	680	730	760	810	860	910
Giá trị	2	1	2	1	2	2	5	6	12	11	12	10	22
	2	1	1	1	2	2	3	4	14	15	15	11	21
	2	1	2	1	2	1	3	4	14	15	14	11	20
	2	1	2	1	2	2	4	5	19	20	23	18	29
	2	2	2	2	2	2	4	7	24	22	25	23	36
	2	2	3	2	3	3	7	8	14	13	17	15	34
	2	1	2	1	2	2	6	6	12	11	11	9	18
	2	1	2	1	2	1	5	4	13	12	14	13	18
	1	1	0	1	2	1	2	3	8	9	8	6	15
	1	1	2	1	2	1	3	4	15	10	10	6	19

Bảng 4.5 thể hiện kết quả dự đoán ngẫu nhiên so với kết quả được kiểm định bằng máy đo xâm lấn ACCU-CHEK với sự tham gia của 10 tình nguyện viên.

Bảng 4.6. So sánh kết quả của hệ thống và mẫu chuẩn của 10 tình nguyện viên

STT	Giá trị đường huyết dự đoán của hệ thống	Giá trị đường huyết của máy ACCU-CHEK	Sai số giữa hệ thống và máy ACCU-CHEK
1	114.6 mg/dL	115 mg/dL	0.35%
2	117 mg/dL	126 mg/dL	7.14%
3	106.1 mg/dL	104 mg/dL	2.02%
4	120 mg/dL	100 mg/dL	20%
5	140.9 mg/dL	144 mg/dL	2.15%
6	118.9 mg/dL	129 mg/dL	7.82%
7	112.5 mg/dL	133 mg/dL	15.4%
8	109.4 mg/dL	106 mg/dL	3.21%
9	107.1 mg/dL	98 mg/dL	9.28%
10	102.5 mg/dL	96 mg/dL	6.77%

Theo kết quả từ bảng 4-3 nhóm thấy sai số giữa thiết bị đã thiết kế không xâm lấn so với thiết bị đo xâm lấn ACCU-CHEK:

- Cao nhất: 20%
- Thấp nhất: 0.35%
- Trung bình: 7.41 %
- Sau khi lựa chọn được mô hình tối ưu nhất, nhóm sử dụng mô đun Pickle để lưu model lại. Sử dụng lệnh “ pickle.dump” để tiến hành lưu model. Sau khi chuyển qua máy tính nhúng sử dụng câu lệnh “ pickle.load” để tiến hành tải lại mô hình đã được lựa chọn. Từ đó đưa ra dự đoán cho input mới và xuất kết quả ra màn hình OLED.

4.4.2. Kết quả

- Sau 6 tháng thực hiện đề tài, nhóm đã xây dựng và hoàn thiện được hệ thống từ phần mềm tới phần cứng với chức năng đo nồng độ đường huyết trong máu như đã yêu cầu.
- Hệ thống gặp nhiều tương đối nhiều đối với ánh sáng ngoài trời, do đó nhóm đã sử dụng một hộp đen để đựng toàn bộ phần cứng để hạn chế nhiều hết sức có thể.
- Từ những dữ liệu thu thập được từ hệ thống, nhóm đã tìm ra khoảng bước sóng từ 730 nm – 910 nm là khoảng ảnh hưởng tới nồng độ Glucose cao nhất. Khi chiếu ánh sáng trong khoảng bước sóng này thì phần tử Glucose ảnh hưởng, chuyển động mạnh mẽ nhất, từ đó làm nền tảng để thu thập dữ liệu và dự đoán nồng độ Glucose trong máu.
- Trong quá trình thiết kế, việc đảm bảo về khoảng cách cố định và cường độ sáng của hệ thống được nhóm chú trọng và dành rất nhiều thời gian để cải thiện vì lý do khi điều này tối ưu và cố định nhất có thể thì tín hiệu thu được từ 2 cảm biến cũng cố định, không thay đổi sau mỗi lần đo, từ đó dễ dàng trong việc chuẩn hóa và đưa vào mô hình máy học. Từ đó có kết quả chính xác cao hơn khi dự đoán nồng độ.
- Để thực hiện điều này, nhóm đã cố gắng sắp xếp các thiết bị phần cứng một cách gọn gàng và cố định nhất để chất lượng mẫu sau mỗi lần đo và tích lũy là cùng một điều kiện, không thay đổi về khoảng cách hay cường độ sáng của nguồn.
- Ngoài ra nhóm đã sử dụng một cảm ứng điện dung và relay với mục đích tự động hóa hệ thống, chỉ khi vị trí tay của người dùng đúng tư thế thì hệ thống mới hoạt động. Từ đó dễ dàng tiếp cận với người dùng, chỉ cần chạm tay đúng chỗ là có thể đo được.

- Về mô hình máy học, nhóm đã cố gắng đo và tích lũy nhiều mẫu chất lượng nhất có thể, bên cạnh đó đã tiến hành sử dụng khá nhiều những mô hình máy học và lựa chọn ra mô hình tốt nhất.
- Từ quá trình xây dựng phần cứng tới training mô hình máy học, nhóm thu được kết quả 5 bước sóng theo thứ tự lần lượt là 810nm, 760nm, 730nm, 860 nm và 910 nm có ảnh hưởng lớn nhất trong quá trình tính toán các mô hình Machine Learning và tỉ lệ dự đoán của mô hình, điều này cũng đúng khi đối chiếu với dải bước sóng cận hồng ngoại là dải ảnh hưởng tới nồng độ Glucose nhiều nhất.
- Hệ thống có bản báo cáo chi tiết về quá trình làm và kịch bản xây dựng hệ thống.
- Tỉ lệ dự đoán đúng của mô hình tương đối cao khoảng 73.34% (Mô hình Multiple Linear Regression)

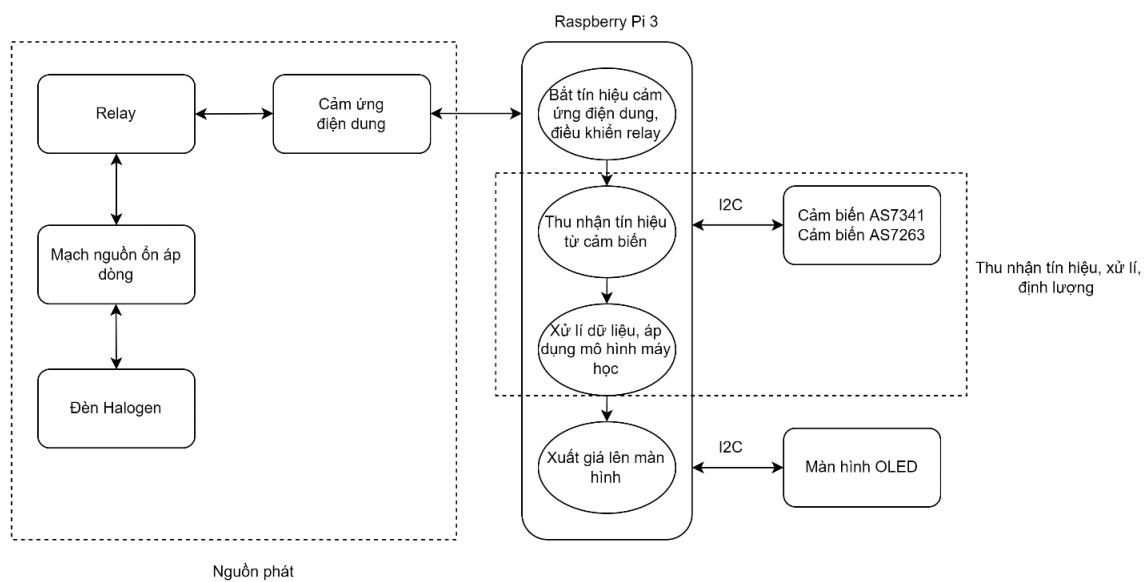
5. Tên sản phẩm

- One touch blood glucose measure device (Thiết bị đo đường huyết một chạm).

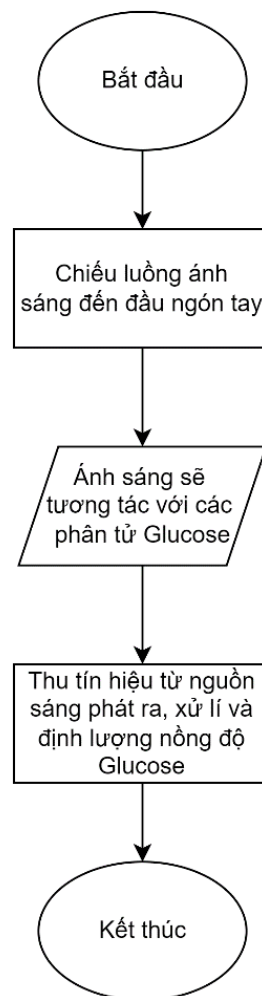
6. Hiệu quả, phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu và khả năng áp dụng

- Mô hình hiện tại phù hợp cho việc đo đường huyết trực tiếp và riêng lẻ cho từng khoảng thời gian khác biệt trong ngày.
- Tuy nhiên mô hình chưa lưu lại được lịch sử những kết quả đã đo do đó không thể theo dõi trong một quá trình dài như một tuần, một tháng hay một năm.
- Tương lai thiết bị có thể tích hợp mô hình IOT để theo dõi, kiểm soát lượng đường của bệnh nhân từ xa, từ đó có thể hỗ trợ các bác sĩ có thể điều trị, chuẩn đoán bệnh từ xa cho từng bệnh nhân mà không cần phải khám trực tiếp.
- Mô hình hệ thống được tích hợp Cloud Computing để theo dõi bệnh nhân.

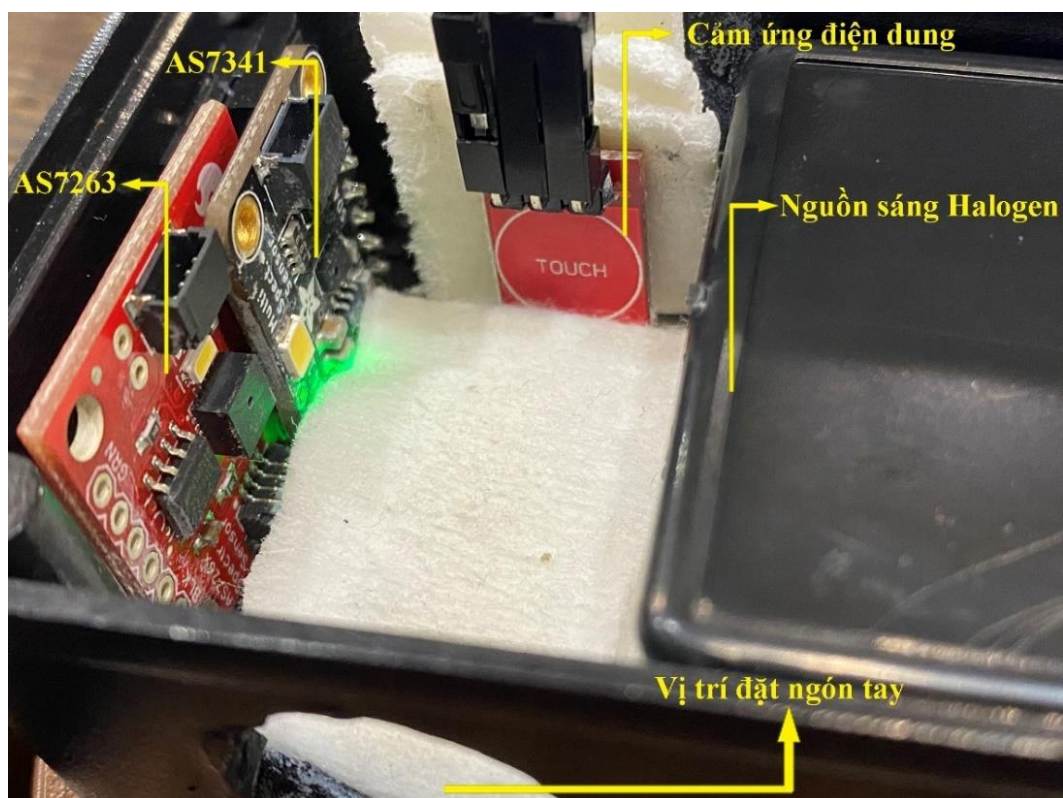
7. Hình ảnh, sơ đồ minh họa chính



Hình 7.1. Sơ đồ hệ thống



Hình 7.2. Sơ đồ giải thuật của hệ thống



Hình 7.3. Hình ảnh cụ thể của mô hình thực tế


```
#Training model
linear = svm.SVR(kernel = 'linear')
linear.fit(x_train, y_train)

SVR(kernel='linear')

#Model Evaluation

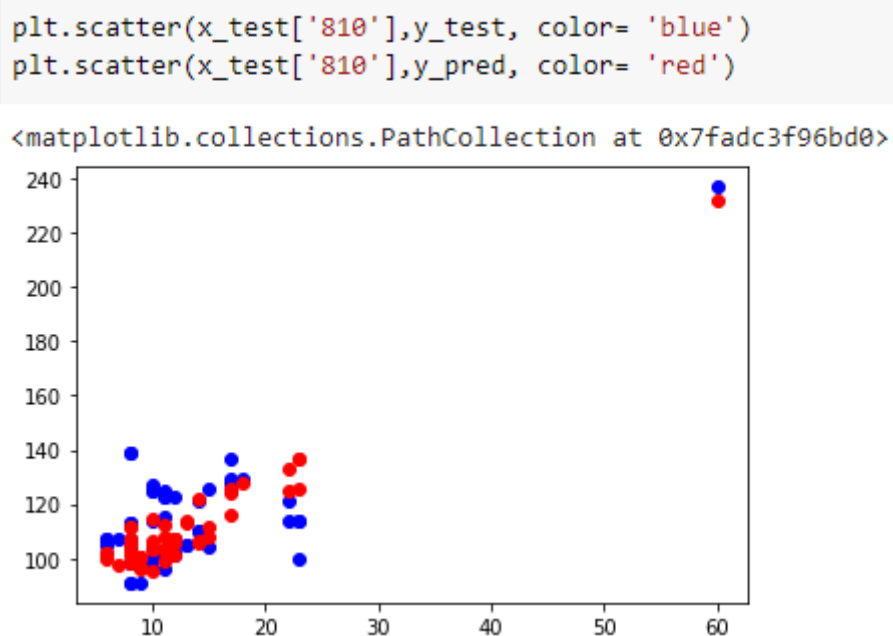
y_pred = linear.predict(x_test)
print(y_pred)

[106.06873053 101.98589348 96.01982331 95.60663756 111.87643405
 104.32728893 112.47957242 103.49564875 96.90001855 106.3175126
 100.83881164 106.9002652 106.09961985 116.34779542 106.58148022
 136.62024582 111.98382615 128.06874411 121.80032605 106.05106479
 103.28488949 101.98589348 103.71971148 108.21909849 132.72348849
 100.44301108 123.90341597 108.24757543 97.7569869 103.28488949
 99.77617834 114.54005795 114.18182304 112.95435576 125.50407006
 231.88663123 103.71971148 106.93126003 103.69148144 124.99220499
 98.4317903 106.93126003 136.62024582 105.07347367 101.46144128
 106.87714382 102.99089541 106.92855658 106.3786808 125.37405118
 111.87643405 98.93714237 101.36803842]

# Accuracy Score
r2_score(y_test, y_pred)

0.6278082752410135
```

Hình 7.4. Tỷ lệ dự đoán mô hình SVR của tập dữ liệu



Hình 7.5. So sánh điểm test và điểm predict của mô hình SVR với tập dữ liệu

Trong đó Chấm đỏ: Điểm predict, Chấm xanh: Điểm test

```
#Training model
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
knn = KNeighborsClassifier()
knn.fit(x_train, y_train)
```

```
KNeighborsClassifier()
```

```
#Model Evaluation
y_pred = knn.predict(x_test)
print(y_pred)
```

```
[103 113  97 107 237 106 100 139 104 105  91 128 128 100 106  92 100  97
 115 123  98  97 126 105 129  91 106 106 106 105 100 129  92 102 105 127
 125 102 127 123  92 110 127 106 113 104 128 106 127 106  92 105 125]
```

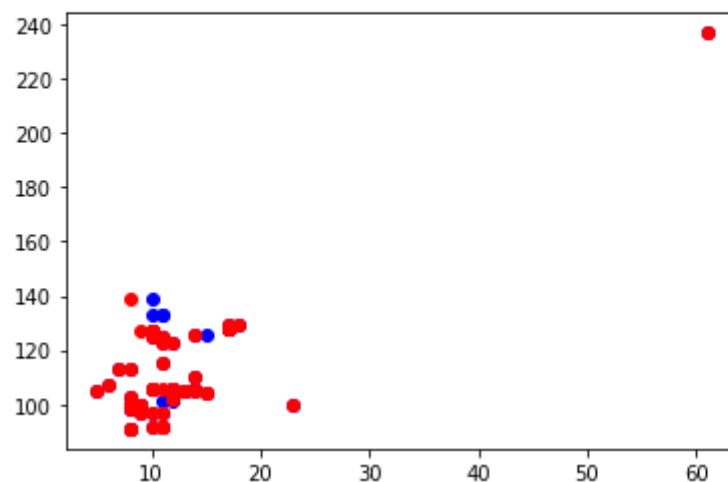
```
# Accuracy Score
r2_score(y_test, y_pred)
```

```
0.7077764350544558
```

Hình 7.6. Tỷ lệ dự đoán mô hình KNN của tập dữ liệu

```
plt.scatter(x_test['810'], y_test, color= 'blue')
plt.scatter(x_test['810'], y_pred, color= 'red')
```

```
<matplotlib.collections.PathCollection at 0x7f89e5b2ba10>
```



Hình 7.7. So sánh điểm test và điểm predict của mô hình KNN với tập dữ liệu

Trong đó Chấm đỏ: Điểm predict, Chấm xanh: Điểm test

```
from sklearn.linear_model import LinearRegression
ml = LinearRegression()
ml.fit(x_train,y_train)
```

```
LinearRegression()
```

```
y_pred = ml.predict(x_test)
```

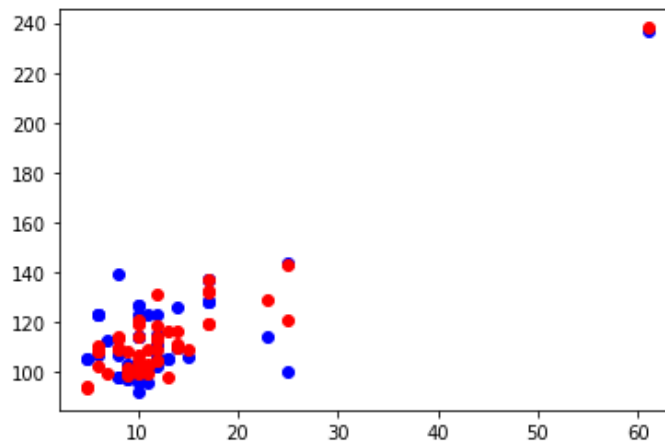
```
from sklearn.metrics import r2_score
r2_score(y_test, y_pred)
```

```
0.7334333573135411
```

Hình 7.8. Tỷ lệ dự đoán mô hình MLR của tập dữ liệu

```
plt.scatter(x_test['810'],y_test, color= 'blue')
plt.scatter(x_test['810'],y_pred, color= 'red')
```

```
<matplotlib.collections.PathCollection at 0x7f133fd43610>
```



Hình 7.7. So sánh điểm test và điểm predict của mô hình MTR với tập dữ liệu

Trong đó Chấm đỏ: Điểm predict, Chấm xanh: Điểm test

Cơ quan Chủ trì
(ký, họ và tên, đóng dấu)

Chủ nhiệm đề tài
(ký, họ và tên)

Huy
Ngô Hoàng Huy

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: THIẾT KẾ VÀ HIỆN THỰC THIẾT BỊ ĐO NỒNG ĐỘ GLUCOSE KHÔNG XÂM LẤN TRONG MÁU
- Mã số:
- Chủ nhiệm: Ngô Hoàng Huy
- Thành viên tham gia: 2
- Cơ quan chủ trì: Trường Đại học Công nghệ Thông tin.
- Thời gian thực hiện: 6 tháng

2. Mục tiêu:

- Hoàn thiện được mô hình từ phần mềm tới phần cứng đề ra theo mục tiêu ban đầu là dự đoán được nồng độ Glucose.
- Thiết kế được máy đo không xâm lấn, dự đoán được tương đối nồng độ glucose trong máu của người bệnh và tính nguyên vẹn.
- Thiết bị nhỏ gọn và các thành phần phần cứng có giá thành rẻ hơn so với các thiết bị trên thị trường.
- Tỷ lệ dự đoán của mô hình máy học có độ chính xác khoảng 65%.

3. Tính mới và sáng tạo:

- Đề tài đã áp dụng khác nhiều kiến thức tổng hợp vô hệ thống bao gồm các công nghệ lý thuyết về hóa học, hệ thống nhúng, và mô hình máy học Machine Learning. Trong tương lai có thể tích hợp mô hình IOT cho hệ thống để theo dõi người bệnh từ xa.
- Nhóm đã tìm hiểu về những lý thuyết hóa học liên quan đến chuyển động các phân tử glucose trong máu khi có ánh sáng chiếu qua.
- Kiểm chứng cơ sở lý thuyết dựa trên các cảm biến được chọn lựa trên thị trường.
- Ngoài ra, đề tài còn sử dụng các mô hình máy học cơ bản để dự đoán được nồng độ glucose trong máu thông qua nhưng mẫu thu được từ hệ thống.
- Cuối cùng, hệ thống được thực hiện một cách hoàn toàn tự động, giúp hỗ trợ tối đa cho người dùng sử dụng.

4. Tóm tắt kết quả nghiên cứu:

- Sau 6 tháng thực hiện đề tài, nhóm đã xây dựng và hoàn thiện được hệ thống từ phần mềm tới phần cứng với chức năng đo nồng độ đường huyết trong máu như đã yêu cầu.
- Hệ thống gặp nhiều tương đối nhiều đối với ánh sáng ngoài trời, do đó nhóm đã sử dụng một hộp đen để đựng toàn bộ phần cứng để hạn chế nhiều hết sức có thể.
- Từ những dữ liệu thu thập được từ hệ thống, nhóm đã tìm ra khoảng bước sóng từ 730 nm – 910 nm là khoảng ảnh hưởng tới nồng độ Glucose cao nhất. Khi chiếu ánh sáng trong khoảng bước sóng này thì phân tử Glucose ảnh hưởng, chuyển động mạnh mẽ nhất, từ đó làm nền tảng để thu thập dữ liệu và dự đoán nồng độ Glucose trong máu.
- Trong quá trình thiết kế, việc đảm bảo về khoảng cách cố định và cường độ sáng của hệ thống được nhóm chú trọng và dành rất nhiều thời gian để cải thiện vì lý do khi điều này tối ưu và cố định nhất có thể thì tín hiệu thu được từ 2 cảm biến cũng cố định, không thay đổi sau mỗi lần đo, từ đó dễ dàng trong việc chuẩn hóa

và đưa vô mô hình máy học. Từ đó có kết quả chính xác cao hơn khi dự đoán nồng độ.

- Để thực hiện điều này, nhóm đã cố gắng sắp xếp các thiết bị phần cứng một cách gọn gàng và cố định nhất để chất lượng mẫu sau mỗi lần đo và tích lũy là cùng một điều kiện, không thay đổi về khoảng cách hay cường độ sáng của nguồn.
- Ngoài ra nhóm đã sử dụng một cái relay với mục đích tự động hóa hệ thống, chỉ khi vị trí tay của người dùng đúng tư thế thì hệ thống mới hoạt động. Từ đó dễ dàng tiếp cận với người dùng, chỉ cần chạm tay đúng chỗ là có thể đo được.
- Về mô hình máy học, nhóm đã cố gắng đo và tích lũy nhiều mẫu chất lượng nhất có thể, bên cạnh đó đã tiến hành sử dụng khá nhiều những mô hình máy học và lựa chọn ra mô hình tốt nhất.
- Từ quá trình xây dựng phần cứng tới training mô hình máy học, nhóm thu được kết quả 5 bước sóng theo thứ tự lần lượt là 810nm, 760nm, 730nm, 860 nm và 910 nm có ảnh hưởng lớn nhất trong quá trình tính toán các mô hình Machine Learning và tỉ lệ dự đoán của mô hình, điều này cũng đúng khi đối chiếu với dải bước sóng cận hồng ngoại là dải ảnh hưởng tới nồng độ Glucose nhiều nhất.
- Hệ thống có bản báo cáo chi tiết về quá trình làm và kịch bản xây dựng hệ thống.
- Tỉ lệ dự đoán đúng của mô hình tương đối cao khoảng 73.34% (Mô hình Multiple Linear Regression).

5. Tên sản phẩm:

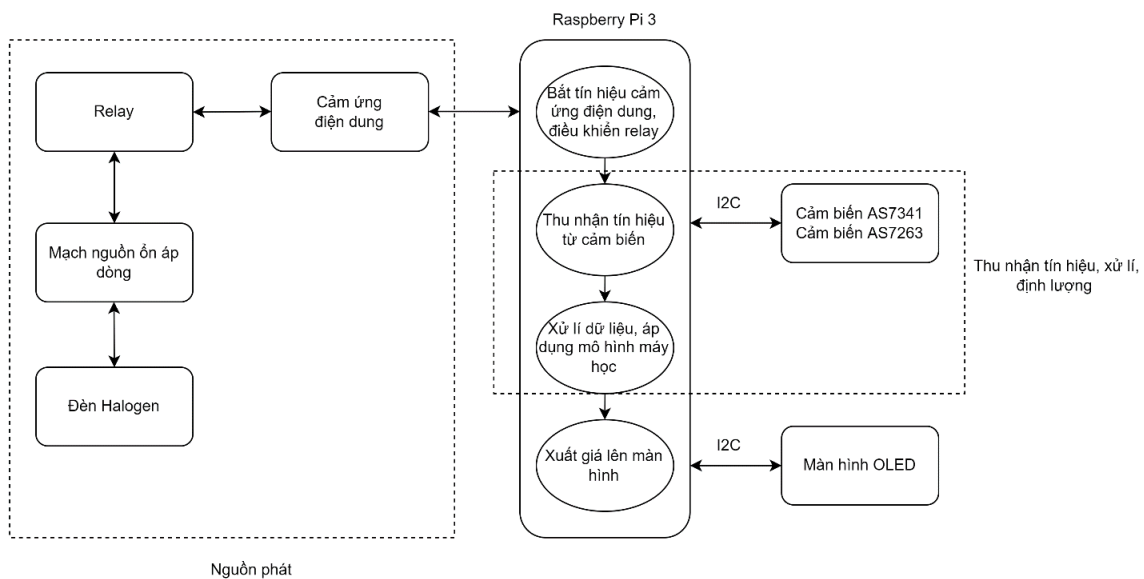
- One touch blood glucose measure device (Thiết bị đo đường huyết một chạm).

6. Hiệu quả, phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu và khả năng áp dụng:

- Mô hình hiện tại phù hợp cho việc đo đường huyết trực tiếp và riêng lẻ cho từng khoảng thời gian khác biệt trong ngày.
- Tuy nhiên mô hình chưa lưu lại được lịch sử những kết quả đã đo do đó không thể theo dõi trong một quá trình dài như một tuần, một tháng hay một năm.

- Tương lai thiết bị có thể tích hợp mô hình IOT để theo dõi, kiểm soát lượng đường của bệnh nhân từ xa, từ đó có thể hỗ trợ các bác sĩ có thể điều trị, chuẩn đoán bệnh từ xa cho từng bệnh nhân mà không cần phải khám trực tiếp.
- Mô hình hệ thống được tích hợp Cloud Computing để theo dõi bệnh nhân.

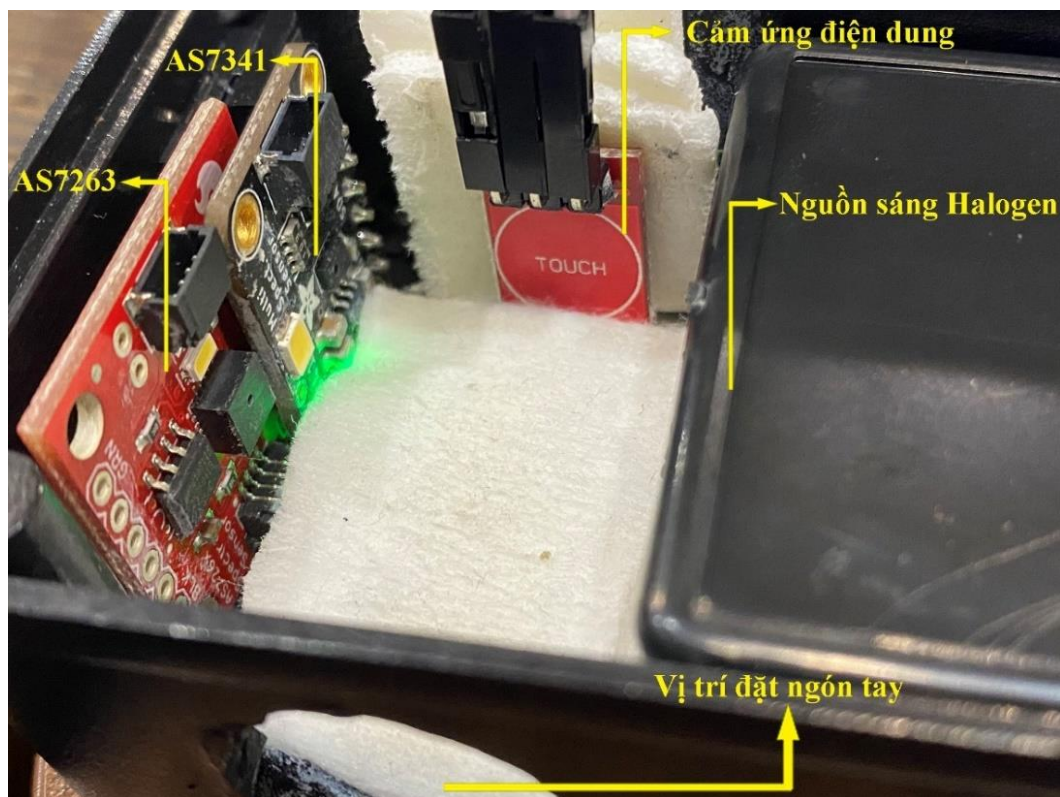
7. Hình ảnh, sơ đồ minh họa chính



Hình 7.1. Sơ đồ hệ thống



Hình 7.2. Sơ đồ giải thuật của hệ thống



Hình 7.3. Hình ảnh cụ thể của mô hình thực tế

Cơ quan Chủ trì
(ký, họ và tên, đóng dấu)

Chủ nhiệm đề tài
(ký, họ và tên)

Huy
Ngô Hoàng Huy



THUYẾT MINH ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP SINH VIÊN 2021

A. THÔNG TIN CHUNG

A1. Tên đề tài

- Tên tiếng Việt (IN HOA): THIẾT KẾ VÀ HIỆN THỰC THIẾT BỊ ĐO NỒNG ĐỘ GLUCOSE KHÔNG XÂM LẤN TRONG MÁU
- Tên tiếng Anh (IN HOA): DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A NONINVASIVE GLUCOSE MONITORING DEVICE

A2. Thời gian thực hiện

..06.. tháng (kể từ khi được duyệt).

A3. Tổng kinh phí

(Lưu ý tính nhất quán giữa mục này và mục B8. Tổng hợp kinh phí đề nghị cấp)

Tổng kinh phí: ...6.. triệu đồng, gồm

- Kinh phí từ Trường Đại học Công nghệ Thông tin: ..6.. triệu đồng

A4. Chủ nhiệm

Họ và tên: Ngô Hoàng Huy

Ngày, tháng, năm sinh: 26/09/2000 . Giới tính (Nam/Nữ): Nam

Số CMND: 231267303 ; Ngày cấp: 08/05/2015 ; Nơi cấp: Gia Lai

Mã số sinh viên: 18520838

Số điện thoại liên lạc: 0966428574

Đơn vị (Khoa): Kỹ Thuật Máy Tính

Số tài khoản: 0531002580542 Ngân hàng: Vietcombank Chi nhánh Đông Sài Gòn

A5. Thành viên đề tài

TT	Họ tên	MSSV	Khoa
1	Ngô Hoàng Huy	18520838	KTMT
2	Huỳnh Bá Anh Quân	18520136	KTMT

B. MÔ TẢ NGHIÊN CỨU

B1. Giới thiệu về đề tài

Bệnh tiểu đường hay đái tháo đường (Diabetes Mellitus) là một tình trạng bệnh lý xảy ra khi cơ thể không thể tự điều chỉnh được lượng đường trong máu. Có ba loại bệnh tiểu đường: loại 1, loại 2 và tiểu đường thai kỳ. Bệnh tiểu đường loại 1 là một tình trạng khi cơ thể không thể sản xuất bất kỳ insulin nào được sử dụng để điều chỉnh lượng đường trong máu. Insulin là một chất cần thiết cho cơ thể con người để chuyển hóa glucose thành năng lượng. Insulin chia ra 3 loại: Tác dụng tức thời (Lispro, Aspart, Glulisine); Tác dụng ngắn (Regular, Novolin, Velosulin); Tác dụng trung bình (NPH); Tác dụng dài (Insulin glargine, Insulin detemir, Insulin degludec); Hỗn hợp (Humulin 70/30, Novolin 70/30, Novolog 70/30, Humulin 50/50, Humalog mix 75/25). Bệnh tiểu đường loại 2 xảy ra khi cơ thể không sản xuất đủ insulin hoặc đang tạo ra insulin bị cơ thể đẩy lùi. Điều này thường xảy ra ở những người trên 40 tuổi. Số ca mắc bệnh tiểu đường loại 2 đang tăng nhanh trên toàn thế giới nhanh hơn loại 1. Tiểu đường thai kỳ được xem là tiểu đường xuất hiện sau tuần thứ 24 của thai kỳ. Nguyên nhân thường do tình trạng kháng insulin xảy ra trong thai kì. Bệnh có thể được phát hiện sớm và có phương pháp điều trị cụ thể nếu thai phụ thường xuyên đi khám thai định kì. Bệnh tiểu đường thai kì khiến thai nhi có thể bị dị tật, thai to, dễ sảy thai và khó sinh.

Tiểu đường đang trở thành một căn bệnh nguy hiểm và đáng báo động. Có 415 triệu người trưởng thành mắc bệnh tiểu đường và con số này dự kiến sẽ tăng lên 642 triệu vào năm 2040[1].

Ở Việt Nam, khoảng hơn 3,5 triệu người Việt đang mắc bệnh tiểu đường theo báo cáo của Hiệp hội tiểu đường thế giới IDF Diabetes Atlas. Tỷ lệ người mắc tiểu đường tăng nhanh và ngày càng trẻ hóa. Dự kiến số người mắc tiểu đường tại Việt Nam sẽ tăng lên gần 6.1 triệu vào năm 2030. Theo kết quả điều tra năm 2015 của Bộ Y tế, 68,9% người tăng đường huyết chưa được phát hiện. Chỉ có 28,9% người bệnh tiểu đường được theo dõi tại cơ sở y tế Đây thực sự là thiếu sót lớn về sự chênh lệch giữa nhu cầu theo dõi đường huyết và việc cung cấp dịch vụ chăm sóc sức khỏe ở các cơ sở y tế[2].

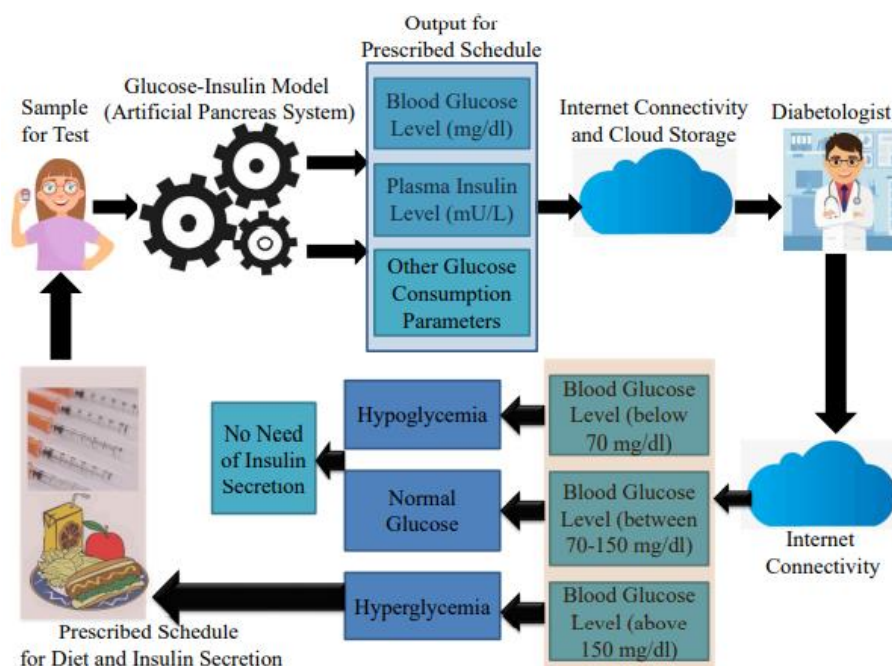
Phương pháp theo dõi đường huyết phổ biến ở hiện tại là phương pháp trích xuất máu gây đau đớn, tốn chi phí cho những lần theo dõi vì lượng đường huyết thay đổi liên tục vào các khoảng thời gian trong ngày. Bên cạnh đó, vết thương hở đối với người bệnh tiểu đường rất khó lành, nếu như không cẩn thận có thể dẫn đến trường hợp nhiễm trùng máu và hoại tử vết thương, trang thiết bị và chi phí tương đối đắt đỏ. Những lí do này gây khó

khăn trong việc theo dõi đường huyết thường xuyên. Vì thế, một số phương pháp không xâm lấn được ra đời để giải quyết vấn đề này. Phương pháp đo lường đường huyết không xâm lấn có thể phát hiện được lượng đường trong máu mà không gây ra vết thương hở. Có rất nhiều phương pháp để phát hiện đường huyết không xâm lấn, có thể được chia thành phương pháp quang học (optical methods), phương pháp bước sóng ngắn (microwave methods) và phương pháp điện hóa (electrochemical methods). Tuy nhiên, việc phát triển một công nghệ mới sẽ đi đôi với nhiều thách thức và khó khăn trong quá trình phổ biến sản phẩm đến tay người dùng. Đề tài hướng tới việc nghiên cứu thiết kế và hiện thực một thiết bị đo glucose không xâm lấn với chi phí thấp và độ chính xác cao phục vụ trong y tế cũng như tại nhà cho các bệnh nhân tiểu đường.

B2. Mục tiêu, nội dung, kế hoạch nghiên cứu

B2.1 Mục tiêu

Đề tài tập trung nghiên cứu, tìm hiểu, thiết kế và thực thi hệ thống định lượng không xâm lấn nồng độ glucose sử dụng cảm biến quang, cụ thể ở đây là NIR. Hệ thống được tích hợp Cloud Computing để gửi các thông số đo được cho bác sĩ từ đó có thể chẩn đoán được trình trạng của bệnh nhân và đưa ra chế độ ăn uống, chế độ tập luyện phù hợp. Việc tích hợp Cloud Computing vào hệ thống sẽ giúp các bác sĩ có thể theo dõi bệnh nhân từ xa liên tục nhằm đưa ra những biện pháp kịp thời giúp bệnh nhân có thể điều trị bệnh tiểu đường tại nhà, tránh việc áp lực lên các cơ sở y tế.



Hình 1: Mô hình hệ thống được tích hợp Cloud Computing để theo dõi bệnh nhân[3]

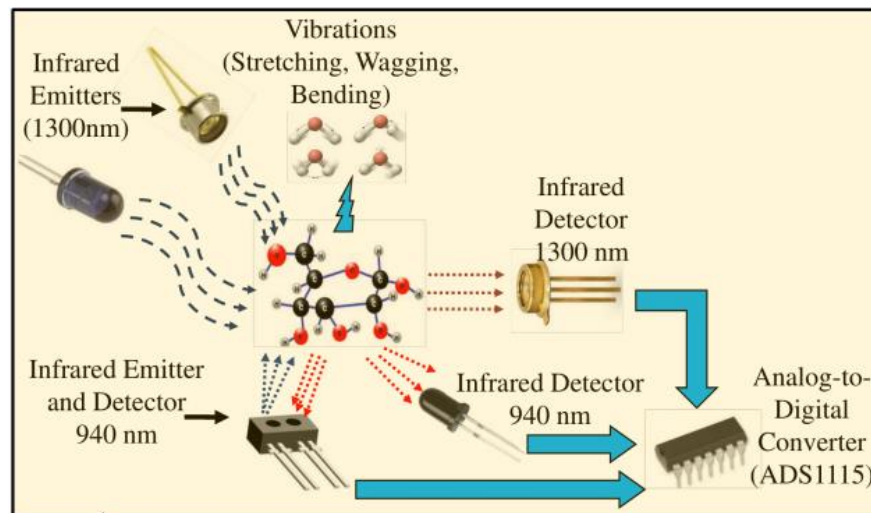
Đặt ra những cải tiến so với những sản phẩm đã có trên thị trường.

- Thiết bị gọn nhẹ với độ chính xác cao.
- Khả năng theo dõi đường huyết liên tục và theo dõi trên hệ thống web, app.
- Sử dụng các linh kiện tối ưu về giá để sản phẩm có giá thành hợp lý.

B2.2 Nội dung và phương pháp nghiên cứu

Nội dung 1: Phương pháp thực hiện

Sơ đồ kiến trúc của hệ thống:



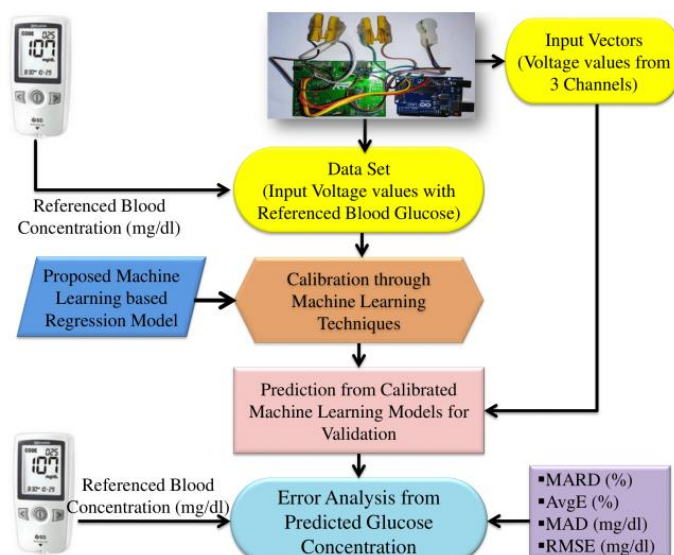
Hình 2: Kiến trúc của hệ thống[3]

Theo định của bước sóng quang phổ glucose trong vùng NIR được nghiên cứu[4]. Có thể sử dụng 3 kênh trong đó gồm 3 bộ phát và 3 bộ thu với 3 trong số các bước sóng định (645, 860, 940, 1100 và 1300nm). Sử dụng càng nhiều kênh sẽ làm tăng khả năng kết hợp với mô hình máy học đồng thời giúp kết quả đạt độ chính xác cao hơn. Các bộ dò sẽ có bộ lọc ánh sáng bên ngoài và được lót đệm để không bị ảnh hưởng bởi mồ hôi. Bộ dò sẽ được nối với bộ ADC được tích hợp trong vi điều khiển. ADC để chuyển đổi dữ liệu (tính bằng Volt) từ tất cả các kênh thành các khung ở dạng thập phân. Mỗi khung bao gồm các giá trị đầu ra của bộ dò ở dạng thập phân tương ứng với một mẫu. Các khung được thu thập, xử lý và hiệu chuẩn này sẽ được sử dụng để thiết kế mô hình hồi quy hoặc phân loại được tối ưu hóa để đo lường chính xác. Việc định lượng glucose sẽ được thực hiện thông qua mô hình máy học. Các giá trị nồng độ glucose được sử dụng trong phạm vi nghiên cứu này từ 40 đến 250 mg/dL và được xác định bởi vector y , với một hàng và n cột (với n là số mẫu có thể thu được – trung bình có thể đạt 40 mẫu). Cường độ ánh sáng dữ liệu liên kết với 3 bước sóng tối ưu được biểu diễn dưới dạng ma trận X với 3 hàng và khoảng 40 cột đại diện cho các điểm dữ liệu cho mỗi thử nghiệm và lặp lại mỗi thử nghiệm 10 lần. Hai mô hình học máy khác nhau có thể phù hợp với đề tài đó là Multiple Linear

Regression (MLR), Support Vector Machine (SVM). Mỗi mô hình được huấn luyện bằng phương pháp 10-fold cross validation (10-fold CV) bằng cách sử dụng dữ liệu từ 9 tập đầu tiên (training set), và hiệu suất của mô hình được đánh giá trên tập thứ 10 (validation set)[5]. Quá trình này được lặp lại cho đến khi mỗi tập đều là tập dự đoán. Dự đoán trung bình tính chính xác từ 10 bộ xác nhận khác nhau cho mỗi giá trị của tham số. Kết quả trung bình là sau đó được diễn giải để chọn giá trị tốt nhất của tham số dẫn đến kết quả phù hợp nhất với tập dữ liệu. Sau khi hiệu suất của mỗi mô hình được cải thiện bằng cách tìm ra thông số tối ưu, 2 mô hình được so sánh để xác định mô hình tốt nhất. Giá trị glucose cuối cùng sẽ được lưu trữ trên cloud nhằm dễ dàng truy xuất thông qua Internet giúp ích cho việc giao tiếp giữa bệnh nhân và bác sĩ.

Nội dung 2: Nội dung thực hiện

- Lấy mẫu các dung dịch nước glucose (tính bằng mg/dl) từ máu của các tình nguyện viên tham gia đo xâm lấn, đồng thời lấy mẫu từ hệ thống (tính bằng Volt). Thành lập Data Set từ các mẫu đo được. Nếu tình hình không cho phép việc lấy mẫu xâm lấn, ta sẽ dùng các máy đo không xâm lấn trên thị trường để lấy mẫu chuẩn.
- Dùng mô hình máy học để tìm ra mối liên hệ giữa kết quả thu được của hệ thống và kết quả xâm lấn (hoặc sản phẩm không xâm lấn trên thị trường).



Hình 3: Quy trình định lượng glucose[3]

- Sau khi máy được học các Data Set, ta có thể dùng mô hình máy học này để định lượng Glucose từ giá trị hệ thống trả về để cho kết quả gần với mẫu chuẩn nhất.

Nội dung 3: Phương pháp dự kiến đánh giá hệ thống

- Đánh giá mô hình máy học bằng các thông số
 - ✓ AvgE(%): sai số trung bình hoặc sai lệch giữa giá trị ước tính và giá trị tham chiếu.
 - ✓ mARD(%): độ chênh lệch giữa tương đối và tuyệt đối.
 - ✓ MAD(mg/dl): độ lệch tuyệt đối.
 - ✓ RMSE(mg/dl): căn bậc hai sai số.
- Chuẩn hoá kết quả thu được bằng cách sử dụng phân tích lưới Clake[6] để xem các giá trị thu được có nằm trong khoảng chấp nhận được hay không. Quá trình hiệu chuẩn được thực hiện 24 giờ trước khi thử nghiệm thực tế của hệ thống.
- Cuối cùng, ta đánh giá khả năng đáp ứng thời gian thực của hệ thống.

B2.3 Kế hoạch nghiên cứu.

Nội dung 1: Các khái niệm liên quan đến bệnh tiểu đường, phương pháp điều trị, các sản phẩm đang có trên thị trường

- Nội dung: Tìm hiểu về các khái niệm liên quan đến bệnh tiểu đường, các phương pháp điều trị, ưu nhược điểm của từng phương pháp, các sản phẩm đang có trên thị trường.
- Phương pháp thực hiện: Tìm kiếm tài liệu, đọc, hiểu và phân tích.
- Kết quả dự kiến: Báo cáo trên file word.

Nội dung 2: Thiết kế sơ đồ nguyên lý và phần cứng

- Nội dung: Dựa trên nguyên lý về phản xạ ánh sáng, bước sóng phù hợp để nhận biết phân tử glucose, từ đó thiết kế ra sơ đồ nguyên lý thích hợp và lựa chọn phần cứng đáp ứng nhu cầu của đề tài.
- Phương pháp thực hiện: Tìm kiếm các thiết bị phần cứng phổ biến trên thị trường, xác định các thông số phù hợp trong việc định lượng nồng độ Glucose. Từ đó tiến hành vẽ sơ đồ nguyên lý của hệ thống.
- Kết quả dự kiến: Vẽ được sơ đồ nguyên lý của hệ thống.

Nội dung 3: Nghiên cứu mô hình máy học

- Nội dung: Tìm hiểu về các mô hình máy học, đặc biệt liên quan đến Linear Regression và Support Vector Machine để xử lý tín hiệu được đưa ra từ hệ thống, từ đó đưa lên Cloud để lưu trữ thông tin người dùng.
- Phương pháp thực hiện: Tìm kiếm tài liệu, đọc hiểu các thuật toán và chạy thử từng mô hình dựa trên tập dữ liệu (trên ứng dụng Google Colab) có sẵn sau đó đánh giá, so sánh chất lượng, từ đó chọn ra mô hình phù hợp và hiệu suất cao nhất.
- Kết quả dự kiến: Chọn được mô hình phù hợp với hệ thống.

Nội dung 4: Hiện thực hóa hệ thống định lượng nồng độ Glucose trong máu

- Nội dung: Hoàn thành phần cứng của hệ thống dựa trên sơ đồ nguyên lý và các thiết bị sở hữu, kết hợp với mô hình máy học.
- Phương pháp thực hiện: Kết nối các thiết bị phần cứng theo sơ đồ nguyên lý, kiểm tra và sửa lỗi (nếu có).
- Kết quả dự kiến: Hoàn chỉnh thiết bị, kiểm tra chức năng như đã được đặt ra ở mục tiêu.

B3. Kết quả dự kiến

- Hoàn thành báo cáo trên file word, powerpoint về quá trình tìm hiểu và thực thi đề tài.
- Xây dựng được thiết bị cả về phần cứng và phần mềm, kiểm tra chức năng như kế hoạch đề ra ban đầu.
- Về phần cứng: hoàn thiện hệ thống phần cứng để đáp ứng mục tiêu của đề tài.
- Về phần mềm: xây dựng giao diện hiển thị các số liệu đo đường huyết được lưu trong cơ sở dữ liệu để các bác sĩ có thể dễ dàng truy cập và theo dõi từ xa theo thời gian thực.

B4. Tài liệu tham khảo

- [1] S. Haxha and J. Jhoja, "Optical Based Noninvasive Glucose Monitoring Sensor Prototype," *IEEE Photonics Journal*, vol. 8, no. 6, p. 2, Dec. 2016, doi: 10.1109/JPHOT.2016.2616491.
- [2] "Tình hình đái tháo đường," *Kiến thức về bệnh đái tháo đường*. <http://daithaoduong.kcb.vn/tinh-hinh-dai-thao-duong/> (accessed Oct. 27, 2021).
- [3] P. Jain, A. M. Joshi, and S. P. Mohanty, "iGLU: An Intelligent Device for Accurate Noninvasive Blood Glucose-Level Monitoring in Smart Healthcare," *IEEE Consumer Electron. Mag.*, vol. 9, no. 1, pp. 35–42, Jan. 2020, doi: 10.1109/MCE.2019.2940855.

[4] W. Yang, N. Liao, H. Cheng, Y. Li, X. Bai, and C. Deng, "Determination of NIR informative wavebands for transmission non-invasive blood glucose measurement using a Fourier transform spectrometer," *AIP Advances*, vol. 8, no. 3, p. 035216, Mar. 2018, doi: 10.1063/1.5017169.

[5] "Non-Invasive Glucose Monitoring Using Optical Sensor and Machine Learning Techniques for Diabetes Applications | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore." <https://ieeexplore.ieee.org/document/9427517> (accessed Nov. 25, 2021).

[6] W. L. Clarke, D. Cox, L. A. Gonder-Frederick, W. Carter, and S. L. Pohl, "Evaluating clinical accuracy of systems for self-monitoring of blood glucose," *Diabetes Care*, vol. 10, no. 5, pp. 622–628, Oct. 1987, doi: 10.2337/diacare.10.5.622.

Ngày 28 tháng 06 năm 2022

Giảng viên hướng dẫn

(Ký và ghi rõ họ tên)



Phạm Quê Hùng

Ngày 28 tháng 06 năm 2022

Chủ nhiệm đề tài

(Ký và ghi rõ họ tên)



Ngô Hoàng Hùng