

# NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG KHÁM CHỮA BỆNH TỪ XA KẾT HỢP TRÍ TUỆ NHÂN TẠO PHÁT HIỆN SỚM VÀ HỖ TRỢ ĐIỀU TRỊ BỆNH ĐÁI THÁO ĐƯỜNG

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A TELEHEALTH MONITORING SYSTEM INTEGRATING IoT AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO ENABLE EARLY DETECTION AND TREATMENT OF DIABETES

Trần Xuân Kiên<sup>1\*</sup>, Trần Tuấn Trung<sup>2</sup>,  
Võ Thuỳ Trang<sup>3</sup>, Nguyễn Quốc Mạnh<sup>4</sup>, Ngô Đức Ngọc<sup>5</sup>

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.119>

## TÓM TẮT

Bài báo đề cập đến việc thiết kế, xây dựng hệ thống giám sát sức khỏe từ xa TeleHealth mang giám sát bệnh nhân từ xa dùng Internet kết nối thiết bị y tế vạn vật IoT, các thiết bị y tế đầu cuối được kết nối tới đám mây, đưa vào mô đun trí tuệ nhân tạo (AI) trực tuyến để phát hiện sớm và hỗ trợ bác sĩ điều trị bệnh đái tháo đường mọi lúc, mọi nơi, cho những bệnh nhân ở vùng sâu, vùng xa, người già tàn tật và người hạn chế vận động, các đơn vị biên giới hải đảo, ... Thiết bị đầu cuối đo tham số sức khỏe của các bệnh nhân hoạt động tin cậy, chính xác, sử dụng thuận tiện truyền từ xa về tới các trạm cơ sở thông qua tin nhắn SMS, từ trạm sẽ kết nối internet đến máy chủ trung tâm, qua đám mây tới các máy tính của bác sĩ hoặc điện thoại thông minh giúp theo dõi, chẩn đoán và điều trị. Bài báo trình bày về quá trình xây dựng bộ dữ liệu đái tháo đường, mô đun AI dùng cho phát hiện sớm đái tháo đường với tỉ lệ chính xác trên 90%, tạo nền tảng dữ liệu lớn bigdata về đái tháo đường, huyết áp, tim mạch, rối loạn chuyển hóa.

**Từ khóa:** TeleHealth, hệ thống giám sát bệnh nhân từ xa, thiết bị đầu cuối đo tham số sức khỏe, trí tuệ nhân tạo, phát hiện sớm, điều trị bệnh đái tháo đường.

## ABSTRACT

This paper outlines the development and implementation of a cutting-edge TeleHealth monitoring system that leverages the synergy of the Internet of Medical Things (IoMT) and advanced Artificial Intelligence (AI) technology. The system seamlessly connects terminal medical devices to cloud platforms, enabling real-time access for healthcare professionals, anytime and anywhere. This innovation particularly benefits patients in remote areas, disabled elderly individuals, people with limited mobility, and medical units situated in isolated regions, islands, and border areas etc. The terminal devices employed in this system exhibit precision and reliability in measuring patients' health parameters. These measurements are conveniently transmitted to a base station through SMS messages, subsequently linking to the Internet and routing through the cloud to a centralized server. From there, doctors gain access to the data on their computers, facilitating remote monitoring, diagnosis, and treatment. Furthermore, the paper details the establishment of a comprehensive dataset for public health and the creation of a big data platform focused on diabetes. Artificial intelligence is employed to enable early detection and treatment of diabetes, showcasing the potential for advanced analytics in improving healthcare outcomes.

**Keywords:** TeleHealth, remote patient monitoring system, health parameter measurement terminal, Artificial Intelligence, early detection, diabetes treatment.

<sup>1</sup>Viện Điện tử, Bộ Tổng Tham mưu, Bộ Quốc phòng

<sup>2</sup>Lớp 10A4, trường THPT Yên Hòa, Cầu Giấy, Hà Nội

<sup>3</sup>Lớp 10 Sinh, Trường THPT Chuyên Đại học Sư phạm Hà Nội

<sup>4</sup>Lớp 12 Văn, Trường THPT Chuyên Đại học Sư phạm Hà Nội

<sup>5</sup>Phòng khám INDICA, Hà Nội

\*Email: [txkien2003@gmail.com](mailto:txkien2003@gmail.com)

Ngày nhận bài: 26/12/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/02/2024

Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024

## 1. GIỚI THIỆU

TeleHealth được chia thành ba loại dịch vụ: Điều trị tương tác từ xa, kỹ thuật lưu trữ và chuyển tiếp (store-and-forward)

và giám sát bệnh nhân từ xa. Giám sát bệnh nhân từ xa còn được gọi là theo dõi bệnh nhân từ xa, đây là hướng nghiên cứu chưa có tại Việt Nam, do đó nhóm nghiên cứu triển khai

thực hiện. Bản chất của giám sát người bệnh từ xa là sử dụng các thiết bị để thu thập và gửi dữ liệu từ xa đến các nhà cung cấp dịch vụ y tế để chẩn đoán và điều trị. Theo Liên đoàn đái tháo đường (ĐTĐ) Thế giới có tới 537 triệu người mắc ĐTĐ. Mối nguy hiểm của bệnh ĐTĐ nằm ở các biến chứng. Người mắc tiểu đường có nguy cơ cao bị các biến chứng về tim mạch, suy thận, mù lòa, viêm loét chân phải cắt cụt [2, 3]. Phát hiện sớm bệnh ĐTĐ ở giai đoạn đầu giúp tiết kiệm chi phí y tế và giảm nguy cơ mắc các vấn đề sức khỏe phức tạp hơn. Bệnh ĐTĐ diễn tiến âm thầm, không triệu chứng, số người không được phát hiện và bị mắc rất lớn, gia tăng nhanh và trẻ hóa. Khi đã biến chứng thì chi phí điều trị rất cao, gây tổn thương rất trầm trọng. Cách tầm soát và phòng ngừa bệnh tiểu đường thông thường rất khó để mở rộng quy mô với chi phí rẻ. Do thiếu nhân lực y tế, người dân ở xa trung tâm y tế, phải xét nghiệm sinh hóa. Cả nước còn đến gần 5 triệu người chưa được phát hiện và tương lai quản lý và điều trị cho gần 7 triệu người mắc ĐTĐ. Với số lượng người dân chưa được phát hiện ĐTĐ lớn và còn tiếp tục gia tăng, vấn đề đặt ra là phải sàng lọc được số lượng lớn, chi phí rẻ, chính xác cho những người không thể đến các cơ sở y tế để làm các xét nghiệm sinh hóa, chỉ thông qua hoặc là kết quả xét nghiệm sinh hóa cũ (lần khám trước đó) hoặc dùng bằng máy đo đường huyết mao mạch (ĐHMM), máy cầm tay, giá thành rẻ, tiện sử dụng. Thêm nữa là làm chủ công nghệ phát triển hệ thống khám chữa bệnh từ xa để quản lý và điều trị, bởi vì theo thống kê cũng chỉ có 30% người bệnh điều trị hiệu quả. Chính vì vậy nhóm nghiên cứu lựa chọn thực hiện hướng nghiên cứu xây dựng hệ thống khám chữa bệnh từ xa kết hợp với trí tuệ nhân tạo phát hiện sớm và điều trị bệnh đái tháo đường. Hệ thống nghiên cứu thành công hỗ trợ chăm sóc sức khỏe nhân dân vùng sâu, vùng xa, người dân không phải di chuyển nhiều, cập nhật dữ liệu về sức khỏe, sàng lọc phát hiện bệnh từ sớm, giảm chi phí y tế cho xã hội và giảm số bệnh nhân đến thăm khám thường xuyên, giảm ca bệnh nặng do biến chứng, thực hiện thành công chuyển đổi số ngành y tế của nước nhà, đạt một tiêu chí quan trọng và gian khó trong 17 tiêu chí của Liên hiệp quốc về phát triển ổn định và bền vững đó là sức khỏe tốt và chất lượng cuộc sống được nâng cao.

Sàng lọc ĐTĐ theo quy định phải đến các trung tâm y tế, làm xét nghiệm sinh hóa thông qua lấy máu đường huyết tĩnh mạch (ĐHTM). Nhưng theo một nghiên cứu của Hàn Quốc [5] với độ tuổi từ 20 - 34 số người cần xét nghiệm sàng lọc để tìm ra một người mắc bệnh ĐTĐ từ thấp đến cao lần lượt là 17, 23, 26, 34, 34 và 48 đối với bệnh tăng huyết áp, béo bụng, rối loạn lipid máu, béo phì, tiền sử gia đình mắc bệnh tiểu đường và thừa cân hoặc béo phì. Việc sử dụng thêm các yếu tố nguy cơ ĐTĐ để xây dựng bộ dữ liệu học máy cho mô đun AI hỗ trợ bác sĩ ra quyết định xét nghiệm khẳng định phát hiện sớm bệnh ĐTĐ cũng là xu hướng mới đang được nghiên cứu và áp dụng trên thế giới và tại Việt Nam. Theo Quyết định số 5481/QĐ-BYT ngày 30/12/2020, căn cứ vào 5 yếu tố nguy cơ là BMI (cân nặng chia cho bình phương chiều cao), huyết áp, Cholesterol, tuổi, tiền sử gia đình mắc ĐTĐ để sàng lọc tìm ra người ĐTĐ, tức là người có

ĐHTM cao hơn ngưỡng quy định, như vậy khẳng định 5 yếu tố nguy cơ và đường huyết có liên quan mật thiết và tương hỗ lẫn nhau. Như vậy vấn đề đặt ra là liệu có thể có giải pháp người sàng lọc không phải đến xét nghiệm sinh hóa, chỉ thông qua các yếu tố nguy cơ, còn đường huyết thì có thể lấy giá trị đo lần trước đó, hoặc đo bằng máy đo ĐHMM cầm tay vẫn sàng lọc được người mắc tiền ĐTĐ và ĐTĐ. Để thực hiện được vấn đề này, nhóm nghiên cứu đề xuất một giải pháp là đi tìm một đại lượng đại diện cho 6 đầu vào gồm 5 yếu tố nguy cơ và đường huyết - gọi là mức độ ĐTĐ\_AI.

+ Với người đã làm xét nghiệm sinh hóa, sau một thời gian từ 1 đến 3 năm mới đi kiểm tra lại, đây là khoảng thời gian tương đối dài với những người bị béo phì, huyết áp cao và có tuổi vì trong thời gian đó có thể người đó đã bị mắc ĐTĐ. Để sàng lọc phát hiện sớm ĐTĐ không cần đến cơ sở y tế họ có thể sử dụng giá trị xét nghiệm ĐHTM lần khám cuối và 5 yếu tố nguy cơ cập nhật mới đưa vào mô đun AI (thông qua nhắn tin), từ trang web trực tuyến sẽ đưa ra kết quả là mức độ ĐTĐ\_AI, nếu giá trị vượt ngưỡng là cơ sở để chỉ định xét nghiệm khẳng định ĐTĐ.

+ Với người chưa làm xét nghiệm ĐHTM sẽ dùng kết quả xét nghiệm ĐHMM và 5 yếu tố nguy cơ để đưa ra mức độ ĐTĐ\_AI. Vấn đề là máy đo ĐHMM không chính xác, khi đó sẽ có hai trường hợp là giá trị ĐHMM (giá trị đo) cao hơn hoặc thấp hơn ĐHTM (giá trị thực tế).

- Nếu giá trị đo cao hơn thực tế thì giá trị mức độ ĐTĐ\_AI đương nhiên sẽ vượt giá trị ngưỡng, kết luận là phải đưa đi xét nghiệm khẳng định ĐTĐ.

- Nếu giá trị đo được nhỏ hơn giá trị thực tế, rất dễ bị bỏ sót không phát hiện người ĐTĐ. Nhóm nghiên cứu thực hiện xây dựng được mô đun AI với bộ dữ liệu ĐTĐ phù hợp để khi đưa giá trị ĐHMM có sai số cùng với 5 yếu tố nguy cơ mới cập nhật với mỗi người, thì mô đun AI đưa ra kết quả mức độ ĐTĐ\_AI vượt ngưỡng, tức là có được kết luận đưa đi xét nghiệm khẳng định ĐTĐ. Như vậy sẽ không bỏ sót bệnh nhân khi sàng lọc ĐTĐ.

Bài báo trình bày theo cấu trúc như sau: Mục 2 trình bày tổng thể về hệ thống khám chữa bệnh từ xa; Mục 3 trình bày về xây dựng các mô đun AI phát hiện sớm đái tháo đường; Mục 4. trình bày về đánh giá và kiểm chứng kết quả; Mục 5 là kết luận.

## 2. THIẾT KẾ TỔNG THỂ HỆ THỐNG KHÁM CHỮA BỆNH TỪ XA

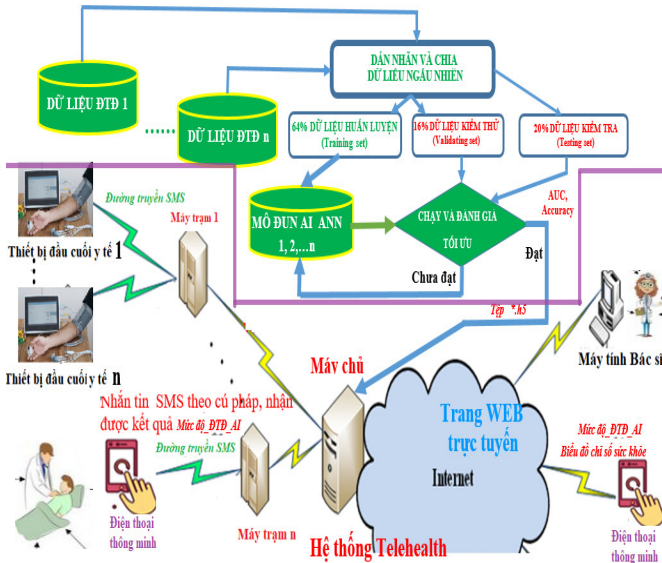
### 2.1. Tổng quan về hệ thống

Sau khi phân tích và tìm hiểu kỹ các công nghệ, nhóm nghiên cứu lựa chọn giải pháp sử dụng một trong 3 mảng của hệ thống Telehealth - khám chữa bệnh từ xa, đó là mảng giám sát bệnh nhân từ xa [3] (hình 1). Hệ thống giám sát người bệnh từ xa gồm:

- Các thiết bị y tế đầu cuối thu nhận tham số sức khỏe từ các bệnh nhân tại các vùng sâu vùng xa,....; các thiết bị thu thập thông tin mức trung gian; thiết bị trung tâm (máy chủ); các máy tính cá nhân, điện thoại thông minh theo dõi. Mô hình tổng quát đối với hệ thống giám sát người bệnh từ xa

như sau: Các thiết bị y tế đầu cuối đo các chỉ số đường huyết, đo axit uric, cholesterol, nhịp tim, huyết áp sẽ sử dụng tin nhắn điện thoại để gửi thông tin về máy trạm giúp bác sĩ theo dõi ĐHMM, huyết áp để điều trị ĐTĐ. Tại trung tâm (máy chủ) mô đun AI sau khi được học các bộ dữ liệu ở trên khi có dữ liệu đầu vào sẽ đưa ra kết quả là mức độ ĐTĐ\_AI, đây là một đại lượng đại diện cho liên quan giữa đường huyết và các tham số nguy cơ. Trong nghiên cứu này, mô đun AI trên máy chủ sàng lọc ĐTĐ của người kiểm tra như sau: Cập nhật bộ dữ liệu đầu vào mô đun AI gồm 6 tham số: Đường huyết (tin nhắn hoặc đo và tự động gửi thông tin), cholesterol (tin nhắn hoặc đo và tự động gửi tin), tiền sử gia đình ĐTĐ (cập nhật qua web), BMI (cập nhật qua web), huyết áp tâm trương (tin nhắn hoặc đo và tự động gửi tin), tuổi (cập nhật qua web).

- Chạy tự động mô đun AI đã được học với các bộ dữ liệu ĐTĐ trên máy chủ.
- Mô đun AI đưa ra kết quả mức độ ĐTĐ\_AI lên trang web trực tuyến.
- Các chỉ số sức khỏe của mỗi người kiểm tra, kết quả mức độ ĐTĐ\_AI của mô đun AI được hệ thống lưu trữ, xử lý, thống kê, dựng đồ thị (hình 2b).
- Tất cả các thông tin được đưa lên trang web và từ máy tính của các bác sĩ (hình 5) có thể truy cập, rất thuận lợi cho bác sĩ, người nhà bệnh nhân theo dõi mọi lúc, mọi nơi.

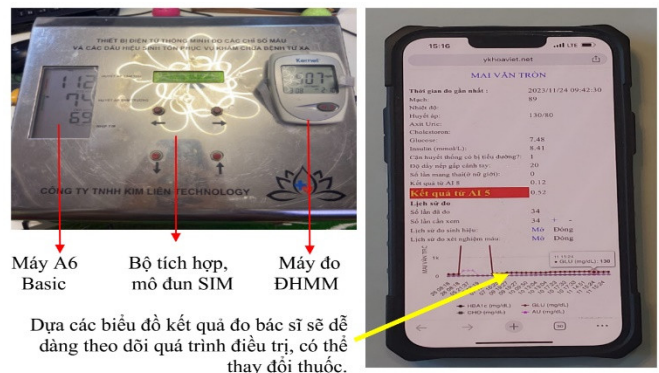


Hình 1. Hệ thống Telehealth và quy trình thiết kế AI

Các bệnh nhân có mức độ ĐTĐ\_AI cao hơn ngưỡng ở mức báo động (đã được đánh giá mắc các bệnh ĐTĐ, tiền ĐTĐ- nháy đỏ trên giao diện (hình 5) hỗ trợ bác sĩ ra quyết định xét nghiệm hằng định ĐTĐ, sau đó hỗ trợ điều trị, điều chỉnh thuốc cho các bệnh nhân, dù cách xa về địa lý. Với mức độ ĐTĐ\_AI trả lên trang web, nhân viên quản trị sẽ nhắn tin trả lời từng bệnh nhân (với bệnh nhân dùng điện thoại cell phone (không phải smart phone), còn nếu dùng smart phone thì truy cập trang web để xem kết quả. Như vậy ở vùng sâu vùng xa, người nghèo cũng được sàng lọc giúp tiết kiệm thời gian, kinh phí.

## 2.2. Thiết kế các thiết bị đầu cuối đo tham số sức khỏe của bệnh nhân

Thiết bị y tế đầu cuối sẽ đo và số hóa thông tin về huyết áp, nhịp tim thông qua việc đọc tín hiệu từ màn hình hiển thị của các thiết bị y tế. Như vậy sẽ đảm bảo lấy được thông tin chính xác từ các máy đo y tế chuẩn mà không phải can thiệp và chế tạo các máy y tế, đảm bảo tính pháp lý và giảm được giá thành. Huyết áp được đọc từ máy đo huyết áp, đường huyết, cholesterol được đo bởi máy đo MultiCheck, kết quả đo được số hóa và truyền về máy trạm bằng tin nhắn điện thoại thông qua mô đun SIM800, từ máy trạm truyền đến trung tâm, đảm bảo truyền được từ vùng sâu vùng xa, đường truyền dữ liệu được thông suốt và liên tục. Thiết bị thể hiện như trên hình 2.



Dựa các biểu đồ kết quả đo bác sĩ sẽ dễ dàng theo dõi quá trình điều trị, có thể thay đổi thuốc.

Hình 2. a) Thiết bị y tế đầu cuối; b) Giao diện web trên smartphone

Để mô đun AI chạy cho kết quả phát hiện sớm ĐTĐ chính xác cần xây dựng bộ dữ liệu ĐTĐ phù hợp và sau đó thực hiện dẫn nhãn cho bộ dữ liệu bởi các chuyên gia y tế. Nhóm nghiên cứu xây dựng 4 bộ dữ liệu ĐTĐ cho 4 mô đun AI để phát hiện sớm bệnh ĐTĐ. Các bộ dữ liệu trình bày tại bảng 1.

## 2.3. Dữ liệu của người da đỏ bản địa

Đây là bộ dữ liệu công bố trên mạng internet [1, 2] của người Mỹ da đỏ gồm 8 thông số đầu vào và 1 thông số đầu ra gồm 2 giá trị 0 - không bị bệnh ĐTĐ và 1 - bị bệnh ĐTĐ. Sau khi xây dựng mô đun AI và học bộ dữ liệu này thì khi chạy mô đun AI đưa ra kết quả không chính xác. Vì vậy, nhóm nghiên cứu đề xuất giải pháp và thực hiện tự xây dựng bộ dữ liệu của người Việt, vì các tham số sức khỏe của người Việt chắc chắn khác với các chủng tộc khác.

## 2.4. Xây dựng bộ dữ liệu người Việt 5 và 6 đầu vào, 1 đầu ra có giá trị từ 0,00 - 0,99

Hai bộ dữ liệu này gồm 5 và 6 tham số đầu vào và 1 tham số đầu ra. Biến kết quả phân loại đầu ra là từ 0,00 đến 0,99 xác định khả năng nguy cơ bị tiền tiểu đường, tiểu đường được dán nhãn nhờ chuyên gia bác sĩ. Nhóm xây dựng được bộ dữ liệu với 1597 dữ liệu. Cấu trúc dữ liệu như hàng 2 (5 đầu vào), hàng 3 (6 đầu vào) của bảng 1.

## 2.5. Xây dựng và sử dụng bộ dữ liệu người Việt nam 5 đầu vào, 3 lớp đầu ra

Bộ dữ liệu này tương tự như bộ dữ liệu số 2 nhưng có 3 đầu ra đầu ra 1 - đánh giá Bình thường, đánh giá có bệnh

Bảng 1. Các bộ dữ liệu ĐTD

Đầu vào	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Đầu ra
STT	Đường huyết lúc đói	Huyết áp tâm trương	Tiền sử gia đình ĐTD	BMI	Cholesterol	Tuổi	Số lần mang thai (nữ)	Độ dày nếp gấp da	Insulin máu lúc đói	Chuyên gia dân nhân
1	4,8	70	0	25	7,2	22				0,48
2	4,8	70	0	25	7,2	22				0
3	10,50	91,00	0,66	19,98			3,0	21,00	1,00	0,7

1 - Bộ dữ liệu ĐTD 6 đầu vào của Việt Nam (đầu ra từ 0,00 - 0,99)  
 2 - Bộ dữ liệu ĐTD 6 đầu vào của Việt Nam (đầu ra ba giá trị: 0 - Bình thường); 1 - Tiền ĐTD; 2 - ĐTD  
 3 - Bộ dữ liệu ĐTD gồm 8 đầu vào của Pima Indian

tiền ĐTD, đầu ra 3 đánh giá có bệnh ĐTD thay vì giá trị chạy từ 0,00 đến 0,99 như bộ số liệu 2, nhóm xây dựng được bộ dữ liệu với 1597 dữ liệu. Cấu trúc dữ liệu như hàng 1 của bảng 1.

### 3. XÂY DỰNG CÁC MÔ ĐUN AI PHÁT HIỆN SỚM ĐÁI THÁO ĐƯỜNG

#### 3.1. Module AI 8 đầu vào

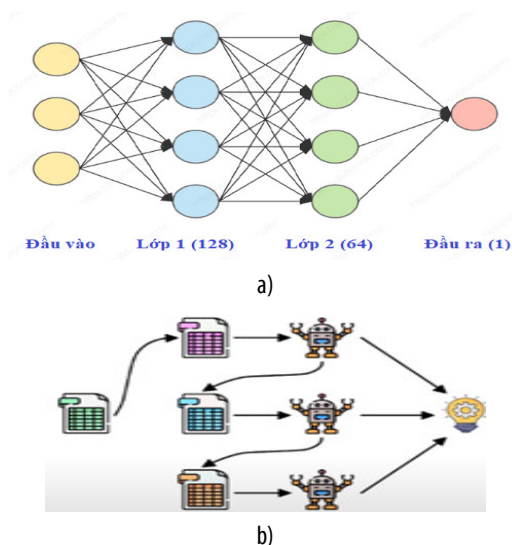
Mô đun được thiết kế dựa trên mạng nơ ron, bộ dữ liệu đầu vào gồm 1597 dữ liệu với 8 đầu vào như bảng 1, có 01 đầu ra. Nhóm đề tài xây dựng mạng nơ ron trên cơ sở Python và Keras. Dữ liệu học máy được lấy trong quá trình thực hiện nghiên cứu như đã trình bày ở trên. Các thuật toán được thực hiện trên Python.

#### 3.2. Module AI 5 và 6 đầu vào

Đoạn chương trình xây dựng mạng nơ ron trên Python và trên máy chủ, đầu vào là 5 và 6, đầu ra là 1, mạng có 2 lớp, lớp 1 có 128 phần tử, lớp 2 có 64 phần tử.

#### 3.3. Module AI 5 đầu vào thứ 2

Mô đun AI có 5 đầu vào, 3 đầu ra đó là Bình thường, Tiền ĐTD, ĐTD, 3 đầu ra có thể có 2 trạng thái là 0 hoặc 1. Mô đun có 2 lớp, lớp 1 gồm 128 phần tử, lớp 2 có 64 phần tử. Cấu trúc của mô đun như hình 3.

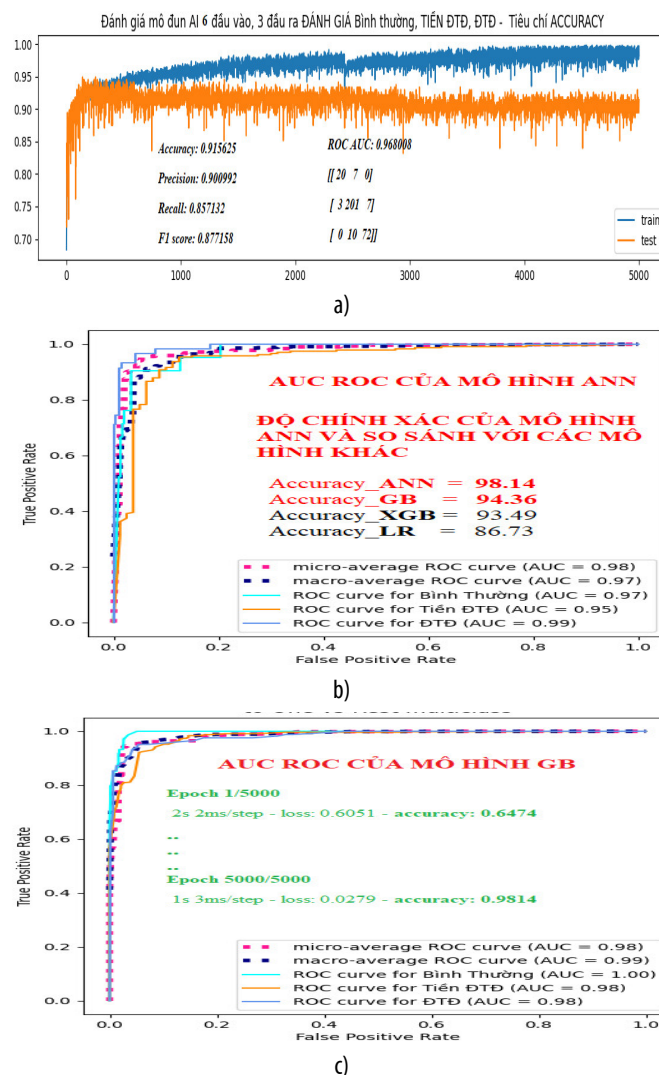


Hình 3. Cấu trúc mô hình học máy a) ANN, b) Gradient Boosting

Cấu trúc mạng nơ ron ANN đầu vào là 6, đầu ra là 1, mạng có 2 lớp, lớp 1 có 128 phần tử, lớp 2 có 64 phần tử. Kết quả vẽ đồ thị Loss và Accuracy sau 3000 epoch (hình 4a).

#### 3.4. Phân tích đánh giá mô đun AI

Đánh giá mô hình học máy 6 đầu vào, 3 đầu ra thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Đánh giá mô hình học máy

Từ hình 4 cho thấy, kết quả Accuracy trung bình là 0,91, càng về các epoch gần 5000 giá trị càng tiến tới gần bằng 1. Giá trị Precision là 0,91, thể hiện sự chuẩn xác của khả năng phát hiện các đánh giá dương, càng lớn thì thể hiện mô đun nhận các điểm dương càng chuẩn. Ma trận đánh giá với 320 dữ liệu được lấy ra ngẫu nhiên để kiểm tra cho thấy có 7/218 bỏ sót đánh giá tiền ĐTD, tỉ lệ bỏ sót tiền ĐTD là 3,2%. Có 7/79 trường hợp bỏ sót đánh giá ĐTD, tỉ lệ là 8,8%. Độ chính xác của các mô hình như sau: Accuracy\_ANN = 98,14; Accuracy\_GBM = 94,36; Accuracy\_XGB = 93,49; Accuracy\_LR = 86,73. Một đánh giá nữa là dựa vào đường cong ROC thể hiện tương quan giữa Precision và Recall khi thay đổi ngưỡng, diện tích dưới đường cong AUC thể hiện trên hình 4b,c. Với mô đun 3 đầu ra (bình thường, tiền ĐTD, ĐTD) đường cong ROC và AUC giữa từng đầu ra so với 2 đầu ra còn lại, trên hình 4b là mô hình ANN tương ứng là 0,97; 0,95; 0,98 và hình 5c với mô hình GB là 1,00; 0,98; 0,98. Tất cả các kết quả trên cho thấy bộ dữ liệu và mô hình học máy xây dựng là tối ưu.

**Thảo luận:** Các phương pháp học máy bao gồm ANN và GB có giá trị cao trong việc phân loại bệnh nhân bình thường và tiền ĐTD, ĐTD. Với GB có độ chính xác là 94,36, diện tích dưới đường cong là 0,97. Phương pháp ANN có độ chính xác là 98,14, diện tích dưới đường cong là 1,00. Cả hai phương pháp đều cho độ chính xác cao và đều được áp dụng trong dự án. Theo tiêu chuẩn đánh giá mô hình học máy được xây dựng tối ưu và bộ dữ liệu là phù hợp. Một yếu tố khẳng định chất lượng của mô hình học máy là kiểm chứng ĐTD\_AI với đánh giá của bác sĩ trên cùng những bộ dữ liệu của người kiểm tra thể hiện tại hình 5. So với sản phẩm Dr. Around for Diabetes của Tập đoàn Korea Telecom (Hàn Quốc) thì sản phẩm của dự án định lượng được mức độ ĐTD cho mỗi cá nhân người Việt Nam, thực hiện từ xa, không cần điện thoại thông minh vẫn thực hiện sàng lọc ĐTD được, dùng cả được ĐHMM và ĐHTM để sàng lọc. Làm chủ được tất cả hạ tầng, giá thành rẻ, quy mô có thể mở rộng trên toàn quốc.

**Hạn chế:** Kết quả đánh giá mô hình học máy và bộ dữ liệu ĐTD để phát hiện sớm ĐTD cho thấy vẫn còn tỉ lệ bỏ sót và nhầm lẫn nhỏ. Nhóm nghiên cứu sẽ khắc phục ngay trong thời gian tới.

**4. ĐÁNH GIÁ VÀ KIỂM CHỨNG KẾT QUẢ**

Với mỗi tham số của bệnh nhân sẽ được đưa đến chuyên gia đánh giá mức độ bệnh ĐTD từ 0,0 đến 1,0, cùng dữ liệu đó sẽ được đưa lên mạng để các mô đun AI phát hiện sớm bệnh ĐTD, kết quả thể hiện trên hình 5.

- Kết quả mô đun AI 5 đầu vào với bộ dữ liệu người Việt thực hiện đánh giá **mức độ ĐTD\_AI** (cột gần cuối) khi so với của bác sĩ (cột cuối cùng hình 5) sai khác nhỏ hơn 10%.

- Chạy mô đun AI khi giữ giá trị đường huyết (đây là giá định máy đo đường huyết mao mạch có sai số, giá trị đo nhỏ hơn giá trị thực tế, hoặc người kiểm tra sử dụng giá trị đường huyết tĩnh mạch từ lần khám trước đây để sàng lọc) và các tham số khác không đổi, tăng đầu vào huyết áp tâm trương, cholesterol, tuổi, BMI, tiền sử gia đình kết quả đưa ra **mức độ ĐTD\_AI** tăng và đưa ra cảnh báo cho người sàng lọc. Đây

là một ví dụ về giữ đường huyết lần khám trước, thay đổi một trong 5 yếu tố nguy cơ thì mô đun AI vẫn đưa ra kết quả cảnh báo khả năng người sàng lọc bị ĐTD.

STT	Họ và tên	Mã số	Giới tính	Điện thoại	Ngày giờ đo mới nhất	Kết quả đo										Kết quả ĐTD_AI	Kết quả ĐTD	Bác sĩ đánh giá mức độ ĐTD	Họ và tên
						BMI/Mgch	Huyết áp (mmHg)	Glucose (mmol/L)	Insulin (μmol/L)	Cholesterol (mg/dL)	Uric (mg/dL)	Cận huyết (có bị tiểu đường?)	Độ dày lớp mỡ cánh tay	Số lần mang thai (ở nhà gần)	Chỉ số ĐTD				
1	Nguyễn Trà Giang	04 31	Nữ	093	2023/11/24 10:09:38	25	95	110/80	12,6	11,01		0	25	2	0,92	0,81	ĐTD	0,84	Nguyễn Thị Trà Giang
2	Mai Văn	02 75	Nam	093	2023/11/24 09:42:30	22	89	130/80	7,48	8,41		1	20	0	0,12	0,52	Tiền ĐTD	0,50	Mai Văn Tiến
3	Bồ Hồng Việt	03 49	Nam	090	2023/11/24 09:51:24	23	85	110/70	6,66	4,81		1	20	0	0,7	0,46	Cận Tiền ĐTD	0,43	Bồ Hồng Việt
4	Bùi Công Hoàn	01 52	Nam	094	2023/11/24 10:09:07	30	81	127/87	10,06	5,31		0	35	0	0,96	0,68	Tiền ĐTD	0,7	Bùi Công Hoàn

Hình 5. Kết quả đánh giá bệnh ĐTD dùng mô hình học máy và của bác sĩ

Dưới đây là kết quả chạy mô đun AI 6 đầu vào, khi cho từng đầu vào thay đổi giá trị. Một trường hợp có đường huyết tĩnh mạch khi đói là 5,3mmol/L; x\_in=[5,3; 70; 0; 18; 4,8; 22], chưa bị ĐTD, MHHM đưa ra kết quả **ĐTD\_AI = 0,5**. Sau một thời gian bị mắc ĐTD, sàng lọc dùng kết quả lần khám trước, nhưng một trong các yếu tố nguy cơ đã có thay đổi thì mô hình học máy vẫn đưa ra kết quả người sàng lọc bị ĐTD, **ĐTD\_AI > 0,5**.

x_in=[5,3; 70; 0; 18; 4,8; 22] Khi chưa bị ĐTD_AI = [0,5001]	x_in=[5,3; 70; 0,66; 18; 4,8; 22] <b>phả hệ ĐTD 0 → 0,66</b> <b>ĐTD_AI = [0,509]</b>
x_in=[5,3; 75; 0; 25; 4,8; 22] <b>huyết áp 70 → 75</b> <b>ĐTD_AI = [0,514]</b>	x_in=[5,3; 70; 0; 18; 6,3; 22] <b>Cholesterol 4,8 → 6,3</b> <b>ĐTD_AI = [0,516]</b>
x_in=[5,3; 70; 0; 18; 4,8; 28] <b>tuổi 22 → 28</b> <b>ĐTD_AI = [0,50001]</b>	x_in=[5,3; 70; 0; 23; 4,8; 22] <b>BMI 18 → 23</b> <b>ĐTD_AI = [0,506]</b>

Thử nghiệm trường hợp trên khi dùng máy đo đường huyết cầm tay, với sai số đo là ±15% đo ĐHMM, nếu sai số đo là +15% thì giá trị đường huyết đưa vào mô hình là 6,09 mmol/L = 5,3 + 0,79 và đưa các yếu tố nguy cơ còn lại với giá trị mới x\_in=[6,09; 75; 0,66; 25; 6,2; 25], mô hình đưa ra **ĐTD\_AI = [0,61]**, sàng lọc bị tiền ĐTD và cần kiểm tra hằng định. Nếu sai số đo là -15% thì giá trị đường huyết đưa vào mô hình là 4,5mmol/L = 5,3 - 0,79 và x\_in=[4,5; 75; 0,66; 25; 6,2; 25]. Khi đó mô hình đưa ra **ĐTD\_AI = [0,51]**, kết quả đưa ra sàng lọc là tiền ĐTD, cần đưa đi khám hằng định, sàng lọc không bỏ sót.

Hệ thống Telehealth chạy tự động ổn định, thời gian thực, đồng bộ, quản lý được số lượng lớn bệnh nhân cần theo dõi. Ngoài tự động đo và phát hiện sớm ĐTD, hệ thống còn có ứng dụng trực tuyến phát hiện sớm bệnh ĐTD từ xa và điều trị bệnh ĐTD. Với mỗi cá nhân cần tầm soát ĐTD có thể vào trang web, cập nhật thông tin theo hướng dẫn (BMI, tuổi, tiền sử gia đình), sau đó đo đường huyết, huyết áp, rồi soạn tin nhắn và gửi vào số điện thoại máy trạm, trang web sẽ tự động đưa ra kết quả **mức độ**

**ĐTĐ\_AI**, giá trị này là cơ sở để hỗ trợ bác sĩ đưa ra chỉ định xét nghiệm khẳng định ĐTĐ.

## 5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày quá trình xây dựng Telehealth kết hợp với mô hình học máy trên web để hỗ trợ sàng lọc sớm ĐTĐ chính xác, từ xa, giá rẻ, quy mô lớn. Telehealth hỗ trợ điều trị người mắc bệnh ĐTĐ từ xa, tích hợp thiết bị y tế đầu cuối, tự động đưa dữ liệu về trung tâm qua tin nhắn SMS hỗ trợ sàng lọc, điều trị ĐTĐ. Telehealth + AI (ANN, GB,...), dựng các bộ dữ liệu ĐTĐ người Việt, trang web trực tuyến sàng lọc phát hiện sớm ĐTĐ qua ĐTĐ\_AI (đặc trưng cho tình trạng ĐTĐ) dùng ĐHTM, ĐHMM và 5 yếu tố nguy cơ với tỉ lệ bỏ sót thấp, thuận tiện, giá rẻ, quy mô lớn. Nghiên cứu giúp hỗ trợ, góp một phần nhỏ thực hiện sàng lọc phát hiện sớm ĐTĐ với quy mô lớn và giá thành rẻ cho một phần trong số 5 triệu người chưa được phát hiện, quản lý và điều trị một phần trong tổng số 7 triệu người mắc bệnh ĐTĐ tại Việt Nam. Hướng nghiên cứu tương lai đó là tiếp tục thử nghiệm đánh giá, nâng cao độ chính xác, thực hiện kiểm định thiết bị đo y tế đầu cuối, các máy trạm và hệ thống Telehealth, cho phép dùng thử nghiệm để kiểm tra và hoàn thiện.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Larabi-Marie-Sainte S, Aburahmah L, Almohaini R, Saba T., "Current techniques for diabetes prediction: review and case study," *Appl Sci*. 9(21):4604, 2019. DOI: 10.3390/app9214604.
- [2]. Victor Chang, Jozeene Bailey, Qianwen Ariel Xu, Zhili Sun, "Pima Indians diabetes mellitus classification based on machine learning (ML) algorithms," *Neural Comput Appl*. 1-17, 2022. DOI: 10.1007/s00521-022-07049-z.
- [3]. Industrial Property Official Gazette August 2023. *Remote health monitoring system based on IoT and smart electronics platform*. No. 63908/QĐ-SHTT. Application number 1-2023-02963.
- [4]. Kumar PS, Kumari AK, Mohapatra S, Naik B, Nayak J, Mishra M, "CatBoost ensemble approach for diabetes risk prediction at early stages," In *2021 1<sup>st</sup> Odisha international conference on electrical power engineering, communication and computing technology (ODICON)*, 1-6, Bhubaneswar, India, 2021. DOI: 10.1109/ODICON50556.2021.9428943.
- [5]. Kyoung Hwa Ha, Kyung Ae Lee, Kyung-Do Han, Min Kyong Moon, Dae Jung Kim, "Diabetes screening in South Korea: a new estimate of the number needed to screen to detect diabetes," *Korean J Intern Med*., 38(1): 93-100, 2023.
- [6]. Yilmaz N., Inan O., Uzer M.S., "A New Data Preparation Method Based on Clustering Algorithms for Diagnosis Systems of Heart and Diabetes Diseases," *J Med Syst* 38, 48, 2014. DOI: 10.1007/s10916-014-0048-7.
- [7]. Aiswarya Iyer, S. Jeyalatha, Ronak Sumbaly, "Diagnosis of Diabetes using classification mining techniques," *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process*, 5,1. DOI: 10.5121/ijdkp.2015.5101.
- [8]. V. Mareeswari, Saranya R, Mahalakshmi R, Preethi E., "Prediction of Diabetes Using Data Mining Techniques," *Research J. Pharm. and Tech.*, 10(4): 1098-1104. 2017. DOI: 10.5958/0974-360X.2017.00199.8

[9]. Md. Manowarul, "Machine learning based diabetes prediction and development of smart web application," *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, 2, 2021. DOI:10.1016/j.ijcce.2021.12.001.

[10]. Ahmed Nazin, Ahammed Rayhan, Islam Manowarul, Uddin Md Ashraf, Akhter Arnisha, Talukder Md. Alamin, Paul Bikash Kumar, "Machine Learning based Diabetes Prediction and Development of Smart Web Application," *International Journal of Cognitive Computing in Engineering* 2. 2021. DOI: 10.1016/j.ijcce.2021.12.001.

## AUTHORS INFORMATION

**Tran Xuan Kien<sup>1</sup>, Tran Tuan Trung<sup>2</sup>, Vo Thuy Trang<sup>3</sup>,  
Nguyen Quoc Manh<sup>4</sup>, Ngo Duc Ngoc<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Electronics, General Staff, Ministry of National Defence, Vietnam

<sup>2</sup>Class 10A4, Yen Hoa High School, Cau Giay, Hanoi, Vietnam

<sup>3</sup>Class 10 specializing in Biology, Hanoi National University of Education High School for Gifted Students, Vietnam

<sup>4</sup>Class 12 specialized in Literature, Hanoi National University of Education High School for Gifted Students, Vietnam

<sup>5</sup>INDICA Clinic, Hanoi, Vietnam