

THIẾT KẾ VÀ ĐÁNH GIÁ HỆ DINH DƯỠNG CHUYÊN SÂU EATCLEAN KẾT HỢP TRÍ TUỆ NHÂN TẠO

DESIGN AND EVALUATION OF AN AI-INTEGRATED INTENSIVE EATCLEAN NUTRITION SYSTEM

Nguyễn Thị Thành^{1,*}, Vũ Văn Dũng¹, Thân Thị Thương¹,
Nguyễn Đăng Quang¹, Nguyễn Nguyên Giáp¹,
Trần Quang Duy¹, Dư Tạ Mạnh Hùng¹, Trịnh Hải Quân¹

DOI: <https://doi.org/10.57001/huic5804.2025.321>

TÓM TẮT

Trong bối cảnh chuyển đổi số y tế và nhu cầu chăm sóc sức khỏe cá nhân hóa gia tăng, nghiên cứu này phát triển hệ thống bác sĩ AI hỗ trợ dinh dưỡng theo mô hình EatClean. Hệ thống gồm: thiết bị đeo thu thập dữ liệu thể trạng thời gian thực; mô hình AI (KNN, Random Forest, CNN, LSTM, hybrid recommender, Reinforcement Learning) phân tích dữ liệu, nhận diện món ăn, dự báo nhu cầu năng lượng và đề xuất thực đơn cá nhân hóa; nền tảng tư vấn trực tuyến kết nối chuyên gia dinh dưỡng. Ứng dụng triển khai trên web và di động, giúp người dùng quản lý chế độ ăn linh hoạt, hiệu quả. Đánh giá ban đầu cho thấy hệ thống cải thiện sự hài lòng, hỗ trợ điều chỉnh lối sống và có tiềm năng ứng dụng trong chăm sóc dinh dưỡng cộng đồng, bệnh viện thông minh tại Việt Nam.

Từ khóa: Eatclean, hệ thống dinh dưỡng chuyên sâu, bác sĩ AI.

ABSTRACT

In the context of digital transformation in healthcare and the growing demand for personalized healthcare, this study develops an AI-powered doctor system based on the EatClean model to support nutrition. The system includes: wearable devices that collect real-time physiological data; AI models (KNN, Random Forest, CNN, LSTM, hybrid recommender systems, and Reinforcement Learning) that analyze data, recognize food items, predict energy needs, and propose personalized meal plans; and an online consultation platform that connects users with nutrition experts. The application is deployed on both web and mobile platforms, enabling users to manage their diets flexibly and effectively. Initial evaluations indicate that the system improves user satisfaction, supports lifestyle adjustments, and shows strong potential for application in community nutrition care and smart hospitals in Vietnam.

Keywords: Eatclean, intensive nutrition system, AI doctor.

¹Khoa Điện - Tự động hóa, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật công nghiệp

*Email: ntthanh.ddt@uneti.edu.vn

Ngày nhận bài: 19/5/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/6/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/9/2025

1. GIỚI THIỆU

Trong những thập kỷ gần đây, chăm sóc sức khỏe không còn chỉ tập trung vào điều trị bệnh lý mà đã mở rộng sang hướng tiếp cận dự phòng, trong đó dinh dưỡng đóng vai trò trung tâm [1, 2]. Các nghiên cứu đã chứng minh rằng chế độ ăn uống hợp lý như chế độ Địa Trung Hải [2] hay chế độ ăn ít carbohydrate [3] có khả năng cải thiện sức khỏe tổng thể, kiểm soát cân nặng và làm giảm nguy cơ mắc các bệnh mạn tính như tim mạch, tiểu đường và béo phì, đặc biệt ở nhóm người cao tuổi [4]. Đồng thời, sự phát triển của lĩnh vực "dinh dưỡng cá nhân hóa" (personalized nutrition) với sự hỗ trợ từ phân tích chuyển hóa (metabolomics) đang ngày càng khẳng định tầm quan trọng của can thiệp dinh dưỡng dựa trên đặc điểm sinh học riêng biệt [5].

Sự bùng nổ của trí tuệ nhân tạo (AI), công nghệ đeo thông minh và dữ liệu lớn (Big Data) đang tạo ra một bước ngoặt trong mô hình "chăm sóc sức khỏe cá nhân hóa" [6, 8]. Các thuật toán học máy có khả năng phân tích khối lượng dữ liệu khổng lồ từ cảm biến sinh học, thiết bị di động, hồ sơ sức khỏe điện tử và dữ liệu gen để dự đoán nhu cầu dinh dưỡng, phát hiện xu hướng bất thường trong hành vi ăn uống và từ đó đưa ra khuyến nghị phù hợp [8, 10, 13, 21]. Các thiết bị đeo thông minh, bao gồm cảm biến nhịp tim, đo nồng độ glucose, cảm biến chuyển động và thiết bị theo dõi giấc ngủ, đã được cải tiến đáng kể về độ chính xác và tính liên tục trong theo dõi [7, 9, 26, 27].

Mô hình tương tác người - máy (human-in-the-loop) đang nổi lên như một chiến lược hiệu quả nhằm kết hợp lợi thế của trí tuệ nhân tạo và chuyên môn của con người. Trong đó, hệ thống AI đảm nhiệm vai trò phân tích và đề xuất khẩu phần cá nhân hóa, trong khi chuyên viên dinh dưỡng kiểm chứng và điều chỉnh khuyến nghị dựa trên

yếu tố dị ứng, bệnh nền, thói quen và văn hóa của từng cá nhân [12, 13, 17, 18, 29]. Điều này đặc biệt quan trọng trong bối cảnh chăm sóc dinh dưỡng lâm sàng - nơi mà tính chính xác, độ tin cậy và tính thích ứng là những yêu cầu tiên quyết.

Tuy nhiên, hiện nay phần lớn các hệ thống hỗ trợ dinh dưỡng còn tồn tại nhiều hạn chế, như khả năng phản hồi theo thời gian thực, mức độ cá nhân hóa sâu, khả năng tích hợp thiết bị và kết nối liên ngành [13, 20, 31]. Các nền tảng hiện có như hệ thống đề xuất thực đơn bằng học sâu [15], ứng dụng theo dõi bệnh nhân ung thư sau điều trị [16] và hệ thống tư vấn chế độ ăn kiêng tự động [14] đã mang lại những kết quả ban đầu nhưng vẫn chưa đạt được mức độ triển khai rộng rãi trong cộng đồng.

Do đó, nghiên cứu này đề xuất một mô hình tích hợp gồm ba thành phần chính: (1) thiết bị đeo theo dõi dinh dưỡng chuyên sâu tích hợp cảm biến sinh học; (2) hệ thống bác sĩ AI sử dụng mạng nơ-ron sâu để phân tích dữ liệu sinh học và hành vi ăn uống nhằm đưa ra khẩu phần tối ưu; và (3) nền tảng tư vấn trực tuyến phối hợp cùng chuyên viên dinh dưỡng nhằm hỗ trợ người dùng mọi lúc, mọi nơi. Mô hình hướng tới mục tiêu hiện thực hóa "Chăm sóc dinh dưỡng 4.0", nơi người dùng có thể chủ động kiểm soát chế độ ăn uống, nhận được tư vấn y tế chính xác và cá nhân hóa theo thời gian thực [19, 22, 25].

Thông qua việc xây dựng, triển khai và đánh giá hệ thống, nghiên cứu không chỉ cung cấp bằng chứng về hiệu quả ứng dụng AI trong chăm sóc dinh dưỡng, mà còn góp phần hình thành nền tảng cho các hệ thống y tế thông minh - phù hợp với mục tiêu chuyển đổi số y tế quốc gia trong kỷ nguyên hậu COVID-19 [6, 20, 28].

2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG DINH DƯỠNG CHUYÊN SÂU EATCLEAN KẾT HỢP TRÍ TUỆ NHÂN TẠO

2.1. Cơ sở lý thuyết

2.1.1. Dinh dưỡng cá nhân hóa và vai trò trong chăm sóc sức khỏe

Dinh dưỡng cá nhân hóa (Personalized Nutrition) là xu hướng nổi bật trong y học hiện đại, nhằm xây dựng chế độ ăn tối ưu theo đặc điểm sinh học, sức khỏe và hành vi lối sống từng cá nhân [17]. Khác với khuyến nghị dinh dưỡng đại trà, mô hình này điều chỉnh khẩu phần dựa trên dữ liệu thời gian thực như BMI, BMR, bệnh lý nền, yếu tố di truyền, hoạt động thể chất và tâm lý xã hội [18]. Nhiều nghiên cứu cho thấy dinh dưỡng cá nhân hóa không chỉ cải thiện hiệu quả điều trị các bệnh mãn tính như tiểu đường, tim mạch, ung thư mà còn hỗ trợ phòng ngừa sớm rối loạn chuyển hóa và giảm chi phí y tế cộng đồng [19, 20].

2.1.2. Trí tuệ nhân tạo trong hỗ trợ ra quyết định dinh dưỡng

Trí tuệ nhân tạo (AI) trong y tế đang đạt nhiều tiến bộ, đặc biệt trong phân tích dữ liệu sức khỏe phức tạp và hỗ trợ quyết định lâm sàng. Các mô hình học máy (ML) và học sâu (DL) khai thác dữ liệu lớn từ hồ sơ bệnh án, chỉ số sinh học, hành vi ăn uống để xây dựng hệ thống dự đoán và khuyến nghị dinh dưỡng [21]. ML truyền thống (SVM, Random Forest, KNN) được dùng phân loại thể trạng và phân nhóm người dùng theo mục tiêu dinh dưỡng (tăng cơ, giảm cân, điều trị bệnh...) [22]. Mạng nơ-ron tích chập (CNN) hỗ trợ nhận diện món ăn, phân tích thành phần dinh dưỡng từ hình ảnh [23]. Mạng hồi tiếp (RNN, LSTM) dự đoán nhu cầu năng lượng theo chuỗi hành vi vận động và tiêu dùng, điều chỉnh thực đơn thời gian thực [24]. Học tăng cường (Reinforcement Learning) tối ưu khẩu phần ăn dài hạn qua phản hồi người dùng, hướng đến cải thiện sức khỏe bền vững [25]. Các hệ thống AI không chỉ dựa trên dữ liệu định lượng mà còn học và thích nghi với sở thích, hành vi, điều kiện văn hóa - xã hội - kinh tế cá nhân, từ đó nâng cao mức độ cá nhân hóa trong chăm sóc dinh dưỡng.

2.1.3. Hệ thống cảm biến sinh học và đo lường trong dinh dưỡng

Các cảm biến sinh học (biomedical sensors) giữ vai trò then chốt trong hệ thống chăm sóc dinh dưỡng thời gian thực. Cảm biến lực (Loadcell) đo khối lượng cơ thể, tính toán BMI và theo dõi thay đổi trọng lượng [26]. Cảm biến nhịp tim PPG (Photoplethysmography) đánh giá tuần hoàn và mức độ vận động, hỗ trợ điều chỉnh thực đơn phù hợp [27]. Thiết bị đeo (wearables) ghi nhận lượng calo tiêu hao, chất lượng giấc ngủ, mức vận động và đồng bộ với hồ sơ sức khỏe cá nhân [28]. Sự kết hợp giữa cảm biến sinh học và AI tạo nên hệ thống theo dõi dinh dưỡng liên tục, không xâm lấn và hiệu quả.

2.1.4. Mô hình bác sĩ ảo và hệ thống chuyên viên trực tuyến

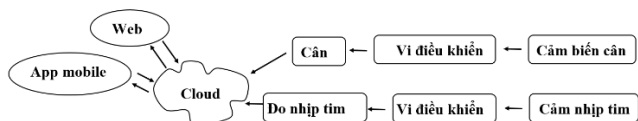
Trong hệ thống chăm sóc sức khỏe thông minh, mô hình bác sĩ ảo (AI-doctor) kết hợp chuyên viên tư vấn trực tuyến đang trở thành xu hướng chủ đạo. AI đảm nhiệm thu thập, xử lý dữ liệu và đề xuất giải pháp, còn con người đóng vai trò điều phối, hiệu chỉnh và tương tác tự nhiên [29]. Mô hình human-in-the-loop này được chứng minh hiệu quả với các ứng dụng yêu cầu độ chính xác và mức độ tương tác cao [30]. Bên cạnh đó, nền tảng web và ứng dụng di động giúp chuyên viên theo dõi dữ liệu sức khỏe từ xa, tư vấn trực tuyến và đồng hành liên tục cùng bệnh nhân trong quá trình điều chỉnh lối sống.

2.1.5. Tích hợp hệ thống IoT - AI - Mobile Health

Sự hội tụ của Internet of Things (IoT), trí tuệ nhân tạo và ứng dụng y tế di động (mHealth) tạo ra một hệ sinh thái chăm sóc sức khỏe thông minh, trong đó dinh dưỡng là một trụ cột quan trọng [31]. Các thành phần kết nối qua mạng không dây, API mở, hệ thống dữ liệu phi tập trung (cloud + local) và công cụ phân tích thời gian thực giúp đảm bảo tính liên tục, chính xác và hiệu quả trong tư vấn dinh dưỡng.

2.2. Thiết kế phần cứng hệ thống

Hệ thống chăm sóc dinh dưỡng thông minh được thiết kế như một nền tảng tích hợp đa lớp gồm: **tầng thu thập dữ liệu cảm biến, tầng xử lý trí tuệ nhân tạo (AI layer), và tầng giao tiếp người dùng (UI/UX layer)**. Các tầng này được kết nối bằng kiến trúc client-server với cơ chế trao đổi dữ liệu thời gian thực (real-time synchronization) qua API RESTful. Hình 1 là mô tả chi tiết từng lớp công nghệ.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc hệ thống

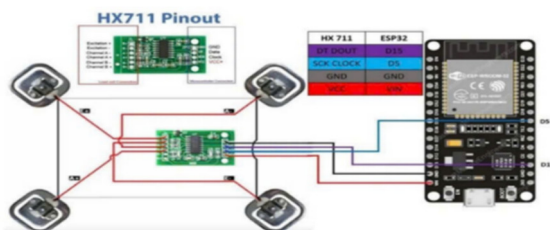
2.2.1. Phần cứng đo lường sinh học (Biomedical IoT Layer)

Hệ thống phần cứng được xây dựng nhằm thu thập các chỉ số sinh học phục vụ cho phân tích dinh dưỡng. Cấu trúc bao gồm:

Load Cell 50kg + Module HX711: Cảm biến lực Loadcell được mắc theo cấu trúc cầu Wheatstone để đo khối lượng cơ thể chính xác. Module HX711 thực hiện khuếch đại tín hiệu và chuyển đổi ADC 24-bit, đảm bảo độ phân giải cao khi truyền dữ liệu về ESP32 (hình 2).



(a)



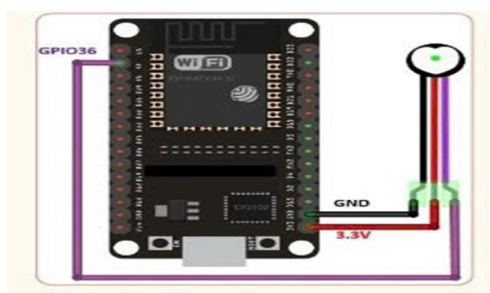
(b)

Hình 2. Cảm biến cân nặng (a) và sơ đồ đấu nối mạch cân (b)

Cảm biến PPG (HW-827): Dùng phương pháp quang học đo nhịp tim dựa trên phản xạ ánh sáng từ mạch máu, cho phép đánh giá tình trạng tim mạch và mức độ vận động (hình 3).



(a)



(b)

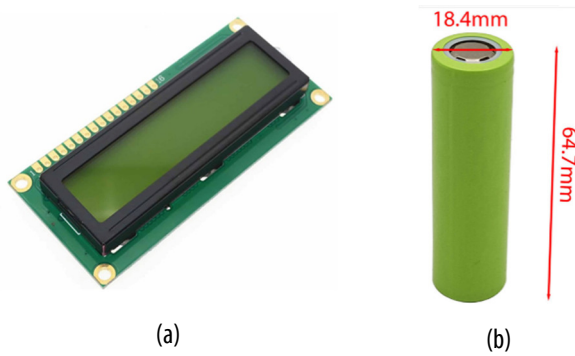
Hình 3. Cảm biến đo nhịp tim (a) và Sơ đồ đấu nối mạch đo nhịp tim

Vi điều khiển ESP32: Là bộ xử lý trung tâm, sử dụng lõi xử lý Xtensa LX6 dual-core, tốc độ lên đến 240MHz, hỗ trợ Wi-Fi + Bluetooth. ESP32 thu nhận dữ liệu cảm biến, xử lý sơ bộ, mã hóa và truyền đến máy chủ qua HTTP hoặc MQTT (hình 4).



Hình 4. Vi điều khiển ESP32

Ngoài ra hệ thống còn có **Màn hình LCD 1602 I2C** để hiển thị dữ liệu BMI, BMR, nhịp tim từ đó người dùng theo dõi tại chỗ, với giao tiếp I2C giúp tiết kiệm chân giao tiếp và năng lượng. **Pin 18650 Li-ion** để cấp nguồn di động cho toàn bộ hệ thống, đảm bảo hoạt động liên tục ít nhất 24 giờ với một lần sạc.



Hình 5. Màn hình LCD 1602 I2C (a), và Pin 18650 Li-ion (b)

2.2.2. Hệ thống trí tuệ nhân tạo (AI Engine Layer)

Cấu trúc trí tuệ nhân tạo của hệ thống được phân làm 3 phần:

Phần thứ nhất là trung tâm xử lý trí tuệ nhân tạo (AI Engine), nó đóng vai trò trung tâm trong hệ thống chăm sóc dinh dưỡng thông minh, thực hiện phân tích chỉ số sinh học, phân loại thể trạng, đề xuất thực đơn cá nhân hóa, dự báo nhu cầu năng lượng và điều chỉnh chế độ ăn theo hành vi thực tế. Hai thuật toán học máy được sử dụng: K-Nearest Neighbors (KNN), phân loại thể trạng dựa trên khoảng cách Euclidean giữa đặc trưng người dùng và dữ liệu huấn luyện; và Random Forest (RF), kết hợp nhiều cây quyết định nhằm tăng độ chính xác, giảm overfitting và xử lý dữ liệu phi tuyến [34, 35]. Dữ liệu đầu vào gồm:

- **Chỉ số sinh học:** BMI, BMR, tỷ lệ mỡ cơ thể, lượng nước, chiều cao, cân nặng.
- **Nhân khẩu học:** tuổi, giới tính.
- **Hành vi dinh dưỡng:** tần suất ăn sáng, lượng nước uống/ngày, thói quen ăn vặt.

Từ đó đầu ra sẽ được gán nhãn:

Nhãn phân loại: ['Underweight', 'Normal', 'Overweight', 'Obese', 'Athlete', 'Chronic Patient'].

Với chỉ số BMI được tính theo công thức (1) sau [32]:

$$BMI = \frac{m}{l^2} \tag{1}$$

Trong đó: m là cân nặng (kg); l là chiều cao (m)

Phần thứ hai là học sâu (Deep Learning - DL): Thuật toán học sâu dùng để nhận diện món ăn từ hình ảnh (nếu hệ thống tích hợp camera), ước lượng thành phần dinh dưỡng (carb, protein, fat, calories), dự đoán nhu cầu calo và năng lượng tiêu hao cá nhân theo chuỗi thời gian. Học sâu ta sử dụng 2 thuật toán: CNN (Convolutional Neural Network) để xử lý ảnh món ăn → trích xuất đặc trưng thị giác → phân loại tên món ăn và định lượng dinh dưỡng

và RNN / LSTM (Long Short-Term Memory) để dự đoán nhu cầu calo cá nhân theo lịch sử ăn uống - vận động trong chuỗi thời gian.

Các đặc trưng đầu vào của thuật toán:

- + *Hình ảnh món ăn* (từ camera tích hợp hoặc tải lên app).
- + *Chuỗi dữ liệu dinh dưỡng hàng ngày:* [lượng calo tiêu thụ], [lượng vận động], [trạng thái thể chất].

Đầu ra sẽ là:

- + Tên món ăn, khối lượng ước lượng, thành phần dinh dưỡng (gram + kcal).
- + Dự đoán calo cần thiết cho ngày tiếp theo.

Mô hình kiến trúc CNN:

Input Image → Convolution Layer → ReLU → MaxPooling → FC Layer → Softmax

Hệ thống gợi ý khẩu phần ăn (Recommendation System): Đề xuất thực đơn cá nhân hóa phù hợp với thể trạng, bệnh nền, sở thích ăn uống và hành vi tiêu dùng thực phẩm. Hệ thống gợi ý kết hợp (Hybrid Recommendation System) gồm: Collaborative Filtering sử dụng trong Khai thác dữ liệu người dùng tương tự để gợi ý món ăn (sở thích cộng đồng) và Content-Based Filtering dùng phân tích đặc trưng dinh dưỡng món ăn (chất béo, calo, thành phần...) để gợi ý theo nhu cầu cá nhân. Hệ thống sử dụng dữ liệu đầu vào gồm: lịch sử lựa chọn thực đơn, hồ sơ sức khỏe (thể trạng, giới tính, nhu cầu calo), và đánh giá món ăn (rating hoặc từ chối). Dựa trên đó, AI tạo danh sách món ăn gợi ý cho từng bữa (sáng, trưa, tối) và xây dựng thực đơn cá nhân hóa cho 7 ngày. Ví dụ: Nếu người dùng từng chọn “cơm gạo lứt, cá hấp, rau luộc”, hệ thống sẽ gợi ý “súp yến mạch, thịt ức gà hấp” thay vì món nhiều dầu/mỡ [36, 37].

Phần thứ ba là học tăng cường (Reinforcement Learning - RL) sử dụng trong tối ưu hóa kế hoạch dinh dưỡng lâu dài thông qua cơ chế phản hồi (feedback loop) từ người dùng và chuyên viên dinh dưỡng. Mô hình học bao gồm: **Agent** là AI đề xuất thực đơn và chế độ ăn uống, **Environment** là người dùng, trạng thái sức khỏe thay đổi, và **Reward** là mức độ hài lòng, chỉ số sức khỏe cải thiện, phản hồi chuyên viên [38].

Kỹ thuật học sử dụng **Q-Learning / DQN (Deep Q-Network)** trong lập bảng phần thưởng và dẫn học chính sách ăn uống tối ưu qua chuỗi thời gian với **Reward Function** được tính theo công thức (2) sau [33]:

$$R_t = \alpha \times \Delta S_{health} + \beta \times S_{user_satisfaction} + \gamma \times C_{expert_feedback} \tag{2}$$

Trong đó: ΔS_{health} là mức cải thiện thể trạng, $S_{user_satisfaction}$ là mức độ hài lòng người dùng, $C_{expert_feedback}$ là ghi nhận điều chỉnh từ chuyên viên.

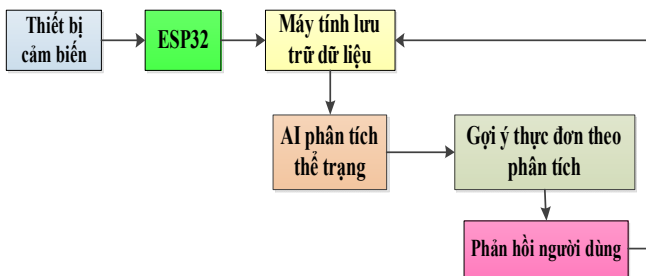
Từ đó AI không chỉ đề xuất tốt ở thời điểm hiện tại mà còn thích nghi theo thời gian và cá nhân hóa sâu hơn cho từng hành vi và lối sống.

Bảng 1. Vai trò các thuật toán AI trong hệ thống

Thành phần AI	Thuật toán sử dụng	Chức năng chính
Phân loại thể trạng	KNN, Random Forest	Phân nhóm người dùng
Nhận diện món ăn	CNN	Xử lý ảnh, trích xuất thông tin dinh dưỡng
Dự đoán nhu cầu năng lượng	LSTM	Dự báo theo chuỗi
Gợi ý thực đơn	Hybrid Recommender	Khẩu phần cá nhân hóa
Tối ưu hóa kế hoạch ăn uống	RL (Q-Learning, DQN)	Tự học và cải tiến thực đơn

2.2.3 Nguyên lý hoạt động của hệ thống

Hệ thống chăm sóc dinh dưỡng thông minh vận hành theo một chu trình khép kín, liên tục và phản hồi động, đảm bảo tính cá nhân hóa - thích nghi - thời gian thực. Quy trình được tổ chức thành năm giai đoạn chính, mỗi giai đoạn đảm nhận một nhiệm vụ cụ thể trong chuỗi chăm sóc dinh dưỡng, sơ đồ cấu trúc hoạt động hệ thống như hình 6.

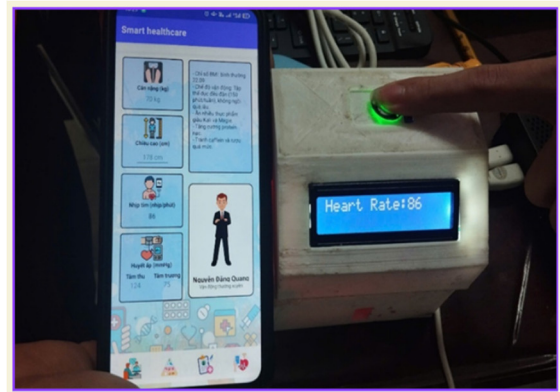
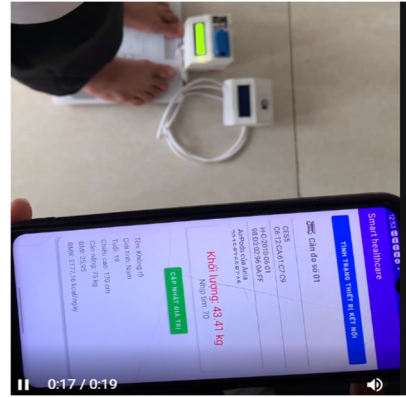


Hình 6. Sơ đồ cấu trúc hoạt động hệ thống

Giai đoạn 1: Thu thập và xử lý dữ liệu đầu vào (Data Acquisition & Preprocessing)

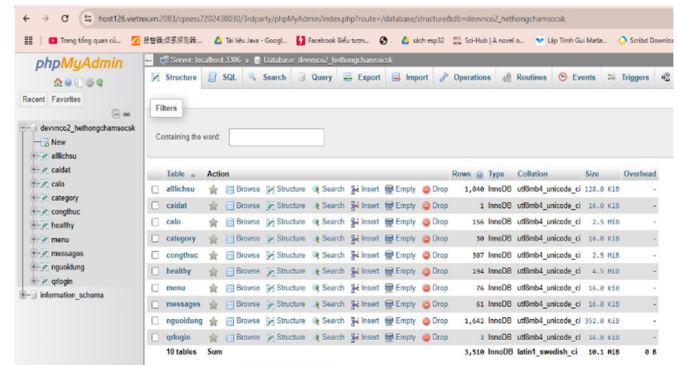
Người dùng tương tác với thiết bị phần cứng để đo và cập nhật các chỉ số sinh học. Các dữ liệu được thu thập bao gồm:

- **Dữ liệu sinh học:** cân nặng, chỉ số BMI, nhịp tim, tỷ lệ mỡ cơ thể, lượng nước, chu vi vòng bụng (hình 7).
- **Thông tin cá nhân:** độ tuổi, giới tính, mức độ vận động, bệnh lý nền.
- **Hành vi ăn uống:** thông qua ứng dụng mobile/web, người dùng nhập dữ liệu món ăn, thời gian ăn, khẩu phần, mức độ hài lòng...



Hình 7. Hình ảnh cận sinh học và thiết bị đo nhịp tim khi thực hiện lấy thông số

Tín hiệu từ cảm biến (cân nặng, nhịp tim) được đọc bởi ESP32, xử lý sơ bộ (lọc nhiễu, chuyển đổi tín hiệu), và sau đó được mã hóa theo định dạng JSON để gửi qua Wi-Fi đến máy chủ backend. Dữ liệu đầu vào được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu SQL để phục vụ các giai đoạn xử lý tiếp theo (hình 8).



Hình 8. Hình ảnh xây dựng cơ sở dữ liệu lưu trữ cho trang web

Giai đoạn 2: Phân tích thể trạng và phân loại người dùng (User Profiling & Classification)

AI nhận dữ liệu sinh học đã tiền xử lý và sử dụng các mô hình học máy (KNN, Random Forest) để phân loại người dùng vào một trong các nhóm thể trạng: Gầy (Underweight), bình thường (Normal), thừa cân (Overweight), béo phì (Obese), vận động viên (Athlete),

người có bệnh nền (Chronic patient). Mỗi nhóm sẽ được gán với bộ quy tắc đề xuất dinh dưỡng riêng, bao gồm mức calo tiêu chuẩn/ngày, tỉ lệ chất dinh dưỡng (carbohydrate, protein, fat), khuyến nghị món ăn và hạn chế thực phẩm (hình 9).

Hình 9. Hình ảnh hiển thị, tính toán, đề xuất lượng kcal/ngày

Ví dụ: Nhóm "béo phì" có thực đơn ưu tiên thực phẩm giàu chất xơ, ít tinh bột nhanh, nhiều nước; nhóm "vận động viên" được khuyến nghị tăng protein và calo.

Giai đoạn 3: Gợi ý thực đơn cá nhân hóa (Personalized Diet Recommendation)

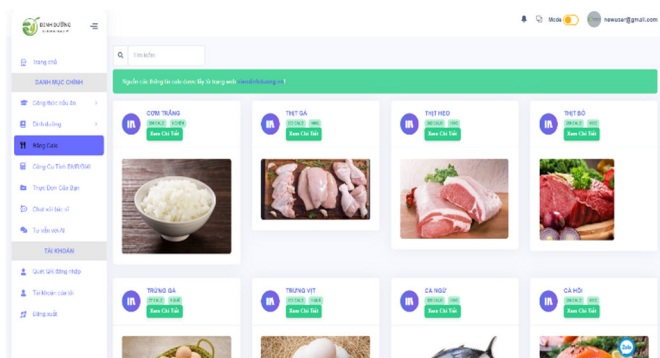
Dựa trên hồ sơ người dùng, AI triển khai hệ thống khuyến nghị thực đơn theo hai hướng:

- Thứ nhất, **ngắn hạn** (bữa ăn hiện tại / trong ngày): dựa trên trạng thái sinh học tức thời và hành vi gần nhất.
- Thứ hai, **dài hạn** (kế hoạch 7 ngày - 30 ngày): dựa trên lịch sử sức khỏe, mục tiêu sức khỏe (giảm cân, tăng cơ, kiểm soát đường huyết...).

Công cụ đề xuất sử dụng **Hybrid Recommender System**, kết hợp:

- **Content-based filtering:** dựa vào thành phần dinh dưỡng của món ăn
- **Collaborative filtering:** học từ dữ liệu và phản hồi của người dùng có hồ sơ tương đồng.

Đầu ra là một danh sách món ăn và thực đơn gợi ý, có thể tùy chỉnh lựa chọn theo khẩu vị, văn hóa vùng miền, hoặc chi phí với hơn 700 món ăn khác nhau (hình 10).

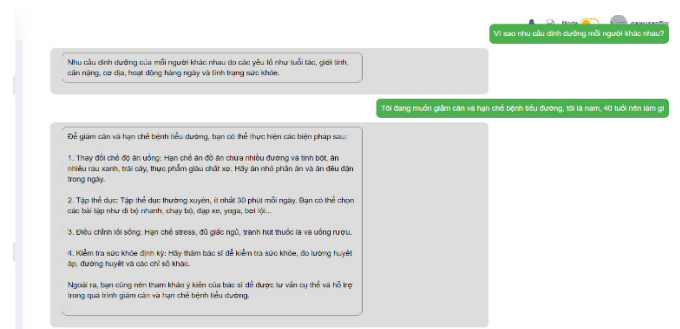


Hình 10. Hình ảnh gợi ý thực đơn và chỉ số calol của món ăn

Giai đoạn 4: Tư vấn và phản hồi qua hệ thống chuyên viên (Human-in-the-loop Feedback)

Sau khi nhận được gợi ý từ hệ thống AI, người dùng có thể: Trao đổi với chuyên viên dinh dưỡng qua nền tảng web/mobile (chat, gọi video, tin nhắn) và có thể gửi phản hồi về khẩu phần, cảm nhận, tình trạng cơ thể sau bữa ăn. Các chuyên viên có quyền điều chỉnh khẩu phần ăn, giải thích logic đề xuất của AI và đưa ra lời khuyên sâu hơn dựa trên kinh nghiệm lâm sàng, bệnh lý cá nhân hoặc yếu tố văn hóa. Phản hồi từ người dùng và chuyên viên được lưu trữ để cải thiện mô hình AI trong tương lai.

Người dùng có thể dùng đến AI để xin sự hỗ trợ nhanh chóng và tiện dụng, chính xác lên đến hơn 90%. AI có thể đọc được 3 loại thông tin đầu vào: văn bản, hình ảnh, giọng đọc và cũng cho ra 2 loại thông tin đầu ra là văn bản và giọng đọc (hình 11).



Hình 11. Hình ảnh màn hình giao tiếp giữa người dùng với chuyên viên dinh dưỡng

Giai đoạn 5: Tự học và điều chỉnh qua thời gian (Adaptive Learning & Optimization)

Hệ thống AI liên tục học từ dữ liệu mới thông qua cơ chế **học tăng cường (Reinforcement Learning)**:

- Đo lường hiệu quả thực đơn thông qua các chỉ số sức khỏe thay đổi và cảm nhận chủ quan người dùng.
- Điều chỉnh thực đơn để tối ưu hóa các chỉ số như: mức năng lượng, cảm giác no, hiệu suất vận động, chỉ số đường huyết...
- Ghi nhận các món ăn bị từ chối hoặc không phù hợp để loại bỏ khỏi danh sách gợi ý.

Sau 1 - 2 tuần, hệ thống có thể tự điều chỉnh theo sở thích và hiệu quả thực tế, giúp AI "hiểu" người dùng ngày càng chính xác hơn.

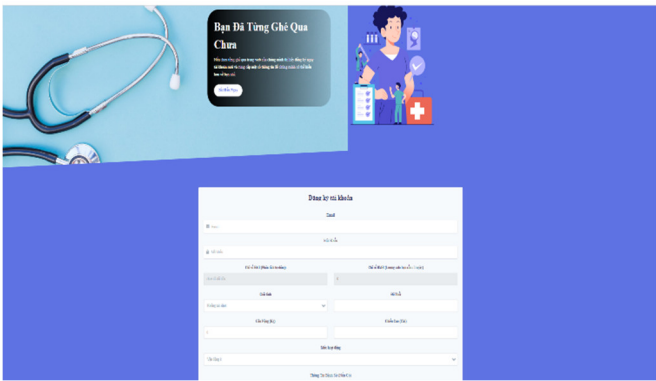
2.3. Thiết kế giao diện web và xây dựng mobile app trên Android Studio

2.3.1. Thiết kế giao diện Web

Giao diện người dùng của hệ thống chăm sóc dinh dưỡng chuyên sâu được phát triển nhằm đảm bảo tính

trực quan, dễ sử dụng và thân thiện với người dùng, đặc biệt là các đối tượng có kiến thức công nghệ hạn chế như người cao tuổi hoặc bệnh nhân mãn tính. Trang web được xây dựng với cấu trúc đa lớp, bao gồm:

- **Giao diện người dùng (Front-end):** sử dụng HTML5, CSS3, JavaScript kết hợp với thư viện Bootstrap để tạo bố cục phản hồi (responsive layout) và tối ưu hiển thị trên nhiều thiết bị (hình 12).

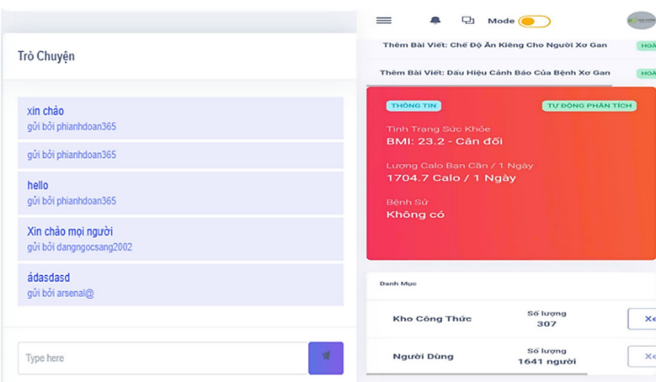


Hình 12. Hình ảnh giao diện khi mới bắt đầu trang web

- **Giao diện quản trị (Admin Panel):** được thiết kế riêng dành cho chuyên viên tư vấn và quản lý hệ thống để theo dõi dữ liệu người dùng, xử lý các truy vấn tư vấn, điều chỉnh thực đơn và phân tích thông tin sức khỏe (hình 13).

TÊN BÀI VIẾT	TRANG TRẠH	TRAO TÁC
Nhu Cầu Năng Lượng Và Các Chất Dinh Dưỡng Dành Cho Nữ	Hoạt Động	Thêm Bài Viết
Dinh Dưỡng Và Sức Khỏe Phụ Nữ	Hoạt Động	Thêm Bài Viết
Những Lưu Ý Về Dinh Dưỡng Ở Phụ Nữ	Hoạt Động	Thêm Bài Viết
6 Sứ Mệnh: Phân Múi Mỡ Phụ Nữ Đầu Cấp	Hoạt Động	Thêm Bài Viết
Chế Độ Ăn Uống, Làm Việc Cho Phụ Nữ Giảm Nguy Cơ	Hoạt Động	Thêm Bài Viết
Tập Tạ Giúp Phụ Nữ Giảm Cân Như Thế Nào	Hoạt Động	Thêm Bài Viết

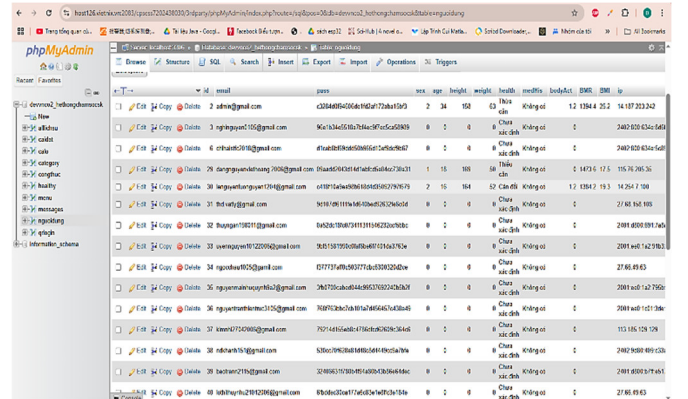
Hình 13. Hình ảnh giao diện quản trị



Hình 14. Giao diện hiển thị chỉ số BMI và BMR của cá nhân khi đăng nhập vào hệ thống

Giao diện web gồm các **chức năng chính**: Đăng ký / đăng nhập tài khoản người dùng, nhập dữ liệu cá nhân (chiều cao, cân nặng, chỉ số sinh học...), hiển thị chỉ số sức khỏe (BMI, BMR, tỷ lệ cơ - mỡ...), xem thực đơn cá nhân hóa được đề xuất bởi AI, tư vấn trò chuyện với chuyên viên qua chatbot hoặc khung chat thật, xem công thức nấu ăn, mẹo dinh dưỡng, ưu lịch sử bữa ăn và theo dõi tiến trình cải thiện sức khỏe (hình 14).

Hệ thống **cơ sở dữ liệu MySQL** được xây dựng để lưu trữ thông tin người dùng, thực đơn, lịch sử tương tác và dữ liệu sinh học. Giao thức **API RESTful** được triển khai để liên kết phần mềm web với mô hình AI (trí tuệ nhân tạo) và hệ thống tư vấn (hình 15).

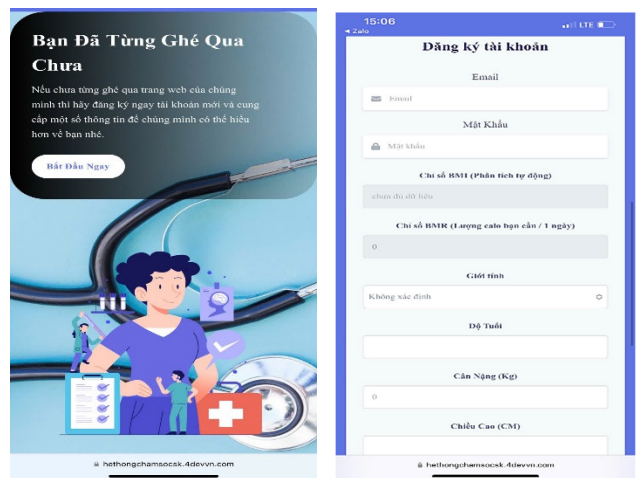


Hình 15. Bảng lưu trữ dữ liệu thông tin người dùng

Đặc biệt, hệ thống có tích hợp **OpenAI API (ChatGPT)** để hỗ trợ trả lời nhanh các câu hỏi liên quan đến dinh dưỡng và sức khỏe, giúp người dùng nhận được thông tin tức thì và đáng tin cậy.

2.3.2. Phát triển ứng dụng di động (Mobile App)

Song song với giao diện web, nhóm nghiên cứu đã phát triển ứng dụng mobile app trên nền tảng Android Studio (hình 16), nhằm hỗ trợ người dùng có thể truy cập hệ thống mọi lúc mọi nơi qua thiết bị di động.



Hình 16. Hình ảnh giao diện phần đăng nhập

Ứng dụng được xây dựng bằng ngôn ngữ **Java và XML**, hoạt động trên hệ điều hành **Android 8.0 trở lên**, với các chức năng tương tự như bản web, bao gồm: Đăng nhập và đồng bộ hóa dữ liệu cá nhân với tài khoản web, nhận thông báo nhắc nhở ăn uống, uống nước, tập thể dục, truy cập nhanh thực đơn hằng ngày, khẩu phần dinh dưỡng theo AI, đo lường và theo dõi các chỉ số sức khỏe thông qua kết nối Bluetooth với phần cứng cảm biến (cân đo, nhịp tim... trò chuyện trực tuyến với chuyên viên qua nền tảng tích hợp như hình 17.



Hình 17. Giao diện chính của hệ thống

Thiết kế giao diện theo chuẩn **Material Design**, đảm bảo tính hiện đại, mượt mà và dễ tương tác. Dữ liệu giữa ứng dụng mobile và server được đồng bộ thông qua **Firestore** hoặc **API HTTP (Retrofit)**, đảm bảo cập nhật theo thời gian thực.

Việc phát triển đồng thời cả **web và mobile app (link: <https://hethongchamsocsk.4devvn.com/>)** không chỉ nâng cao khả năng tiếp cận của hệ thống tới nhiều nhóm người dùng khác nhau, mà còn góp phần hiện thực hóa mô hình **chăm sóc sức khỏe đa nền tảng**, giúp cá nhân hóa toàn diện quá trình tư vấn dinh dưỡng dựa trên dữ liệu liên tục được thu thập và phân tích.

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Hệ thống được triển khai thử nghiệm trong 12 tuần trên 150 người dùng tình nguyện, độ tuổi từ 18 đến 60, tại hai khu vực: thành thị (Hà Nội) và bán đô thị (Hưng Yên). Người tham gia được cung cấp thiết bị đo, tài khoản truy cập ứng dụng, và được hướng dẫn sử dụng hệ thống.

Trong suốt quá trình, hệ thống thu thập dữ liệu chỉ số sinh học, hành vi ăn uống và phản hồi định kỳ qua bảng hỏi.

Các chỉ số hệ thống đánh giá:

- Độ chính xác phân loại thể trạng (so sánh với đánh giá của chuyên gia dinh dưỡng).
- Mức độ hài lòng của người dùng (theo thang Likert 5 mức).
- Tỷ lệ tuân thủ khẩu phần (trước và sau 8 tuần sử dụng hệ thống).
- Chỉ số sinh lý (BMI, huyết áp, vòng bụng) trước và sau can thiệp.

Kết quả định lượng thu được sau 12 tuần thử nghiệm:

- Độ chính xác phân loại thể trạng: 92%, kiểm định bằng confusion matrix với chuyên gia.
- Mức độ hài lòng trung bình: 4,4/5; nhóm từ 25 - 45 tuổi có mức hài lòng cao nhất (4,6).
- Tỷ lệ tuân thủ khẩu phần: Tăng từ 51% lên 86% sau 8 tuần (tăng 35%).
- Chỉ số sinh lý: BMI trung bình giảm 1,3 ($p < 0,01$), vòng bụng giảm 2,4cm; huyết áp tâm thu giảm nhẹ ở nhóm béo phì.

Phân tích paired sample t-test cho thấy sự cải thiện có ý nghĩa thống kê về BMI ($p < 0,01$) và tuân thủ khẩu phần ($p < 0,005$). Mức độ hài lòng có tương quan thuận trung bình với mức tuân thủ ($r = 0,62$), cho thấy trải nghiệm tích cực góp phần duy trì hành vi lành mạnh. Người dùng đánh giá cao tính linh hoạt và khả năng gợi ý món ăn phù hợp. Một số ý kiến đề xuất bổ sung kho thực đơn theo vùng miền, cải tiến nhận diện ảnh món ăn và cải thiện tốc độ phản hồi giao diện. Nhóm nghiên cứu ghi nhận các vấn đề về độ trễ dữ liệu cảm biến trong điều kiện sử dụng ngoài trời. Nhìn chung, kết quả cho thấy hệ thống có hiệu quả thực tế, phù hợp với hành vi người dùng Việt Nam, đồng thời cung cấp bằng chứng ban đầu về khả năng ứng dụng AI trong chăm sóc dinh dưỡng cộng đồng.

Dù đạt được những kết quả khả quan, hệ thống vẫn tồn tại một số hạn chế cần khắc phục trong tương lai: **Chất lượng và tính nhất quán của dữ liệu đầu vào:** Một số người dùng nhập dữ liệu thủ công hoặc gửi ảnh món ăn thiếu ánh sáng, dẫn đến sai lệch khi phân tích bằng AI; **Khả năng nhận diện thực phẩm bằng hình ảnh chưa ổn định:** Thuật toán CNN dễ bị ảnh hưởng bởi ánh sáng môi trường, góc chụp, khiến việc phân tích thành phần dinh dưỡng không chính xác; **Giới hạn về thiết bị cảm biến:** Các cảm biến PPG và loadcell có sai số khi hoạt động trong môi trường thực tế (nhiệt độ

cao, rung động...); **Thiếu đối chứng lâm sàng sâu:** Nghiên cứu chưa bao gồm nhóm đối chứng độc lập, hạn chế khả năng khẳng định hiệu quả vượt trội của hệ thống.

Từ kết quả đạt được với các tồn tại nhóm nghiên cứu cũng đã đưa ra hướng phát triển trong giai đoạn tiếp theo như sau: **Chuẩn hóa dữ liệu đầu vào**, xây dựng bộ công cụ nhập dữ liệu bán tự động (ví dụ: chatbot, nhận dạng giọng nói) và huấn luyện người dùng đầu kỳ; **Tối ưu mô hình CNN**, áp dụng các kỹ thuật tăng cường dữ liệu (data augmentation), sử dụng mô hình thị giác tiên tiến như EfficientNet, Vision Transformer để tăng độ chính xác nhận diện món ăn; **Mở rộng tích hợp cảm biến y sinh**, kết nối thêm cảm biến đo đường huyết, huyết áp, oxy máu nhằm mở rộng tính năng theo dõi sức khỏe toàn diện; **Phát triển mô hình AI cá thể hóa sâu hơn**, kết hợp dữ liệu gen, hồ sơ bệnh lý điện tử (EHR) và hành vi tiêu dùng để tăng mức độ cá nhân hóa; **Tiến hành nghiên cứu lâm sàng có nhóm đối chứng**, đảm bảo tính xác thực khoa học của các kết quả. Các hướng đi này nhằm hướng đến một hệ thống bác sĩ AI dinh dưỡng hoàn chỉnh, có thể áp dụng thực tiễn tại bệnh viện, trung tâm dinh dưỡng và cộng đồng.

4. KẾT LUẬN

Nội dung bài báo xây dựng mô hình hệ thống Bác sĩ AI hỗ trợ chăm sóc dinh dưỡng thông minh, tích hợp cảm biến sinh học, trí tuệ nhân tạo, học sâu và tư vấn trực tuyến. Hệ thống thu thập, phân tích dữ liệu sức khỏe cá nhân liên tục, đưa ra khuyến nghị dinh dưỡng cá nhân hóa, thích nghi theo thời gian thực và học từ phản hồi người dùng. Áp dụng nguyên lý human-in-the-loop, hệ thống đảm bảo độ tin cậy, linh hoạt trong tư vấn, hỗ trợ người dùng cải thiện sức khỏe chủ động, bền vững. Kết quả thử nghiệm trên 150 người dùng trong 3 tháng cho thấy độ chính xác phân loại thể trạng đạt 92%, mức hài lòng người dùng đạt 88%, chỉ số tuân thủ chế độ ăn tăng 35% so với trước can thiệp. Kết quả này khẳng định tính khả thi và hiệu quả cao trong ứng dụng AI cho chăm sóc dinh dưỡng cá nhân hóa tại Việt Nam, với tiềm năng mở rộng áp dụng tại cơ sở y tế, trung tâm dinh dưỡng và cộng đồng. Tuy vẫn còn một số hạn chế như sai số dữ liệu đầu vào, giới hạn cảm biến và thiếu nhóm đối chứng lâm sàng, hệ thống đã chứng minh tính khả thi và tiềm năng ứng dụng rộng rãi. Trong tương lai, việc mở rộng mô hình AI cá thể hóa, tích hợp dữ liệu chuyên sâu và tiến hành nghiên cứu đối chứng sẽ giúp hoàn thiện và nâng cao hiệu quả của hệ thống trong chăm sóc sức khỏe cộng đồng và lâm sàng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. World Health Organization, *Healthy Diet*. WHO Fact Sheet, 2020.
- [2]. R. Estruch, et al., "Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet," *New England Journal of Medicine*, 368, 1279-1290, 2013.
- [3]. G. D. Foster, et al., "A randomized trial of a low-carbohydrate diet for obesity," *NEJM*, 348, 2082-2090, 2003.
- [4]. K. L. Tucker, K. M. Buranapin, "Nutrition and aging in developing countries," *J. Nutr.*, 131, 2417S-2423S, 2001.
- [5]. J. G. Bundy, et al., "Metabolomic profiling for personalized nutrition," *Nature*, 579, 242-248, 2020.
- [6]. E. Topol, *The Patient Will See You Now: The Future of Medicine is in Your Hands*. Basic Books, 2015.
- [7]. M. J. M. Chowdhury, et al., "Wearable biosensors: An overview of materials, algorithms, and future prospects," *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 13, 187-202, 2020.
- [8]. Y. Li, et al., "Artificial Intelligence in Nutrition: A Review," *Nutrients*, 13, 10, 3531, 2021.
- [9]. J. Heikenfeld, et al., "Wearable sensors: modalities, challenges, and prospects," *Lab on a Chip*, 18, 217-248, 2018.
- [10]. M. Patel, et al., "Mobile health technology and personalized nutrition," *Journal of Diabetes Science and Technology*, 15, 2, 405-413, 2021.
- [11]. C. L. Ventola, "Mobile devices and apps for health care professionals: uses and benefits," *Pharmacy and Therapeutics*, 39, 5, 356-364, 2014.
- [12]. A. Holzinger, et al., "Interactive machine learning: experimental evidence for the human-in-the-loop paradigm," *Brain Informatics*, 3, 263-274, 2016.
- [13]. H. Zhang, et al., "Challenges and opportunities in AI-powered dietary recommendation systems," *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, 3, 2, 145-158, 2022.
- [14]. M. Delahanty, et al., "An automated diet coaching system for diabetes management," *JMIR Diabetes*, 4, 2, e12271, 2019.
- [15]. S. Ge, Y. Xu, Y. Xu, "Personalized meal recommendation using deep learning," *ACM Health Informatics*, 1, 3, 25-38, 2020.
- [16]. A. Goyal, et al., "Mobile health interventions for cancer survivors: A systematic review," *Journal of Cancer Survivorship*, 15, 2, 216-229, 2021.
- [17]. J. Ordovas, et al., "Personalized nutrition and health," *BMJ*, 361, 2018.
- [18]. Y. Li, et al., "Personalized dietary recommendations: integrating data from wearables, sensors and genetics," *Nutrients*, 13, 3, 2021.
- [19]. M. Zeevi, et al., "Personalized nutrition by prediction of glycemic responses," *Cell*, 163, 5, 1079-1094, 2015.
- [20]. G. Wang, et al., "Precision nutrition: the science of individualizing health interventions," *Trends in Food Science & Technology*, 99, 2020.

- [21]. M. Esteva, et al., "A guide to deep learning in healthcare," *Nature Medicine*, 25, 24-29, 2019.
- [22]. A. Goyal, et al., "AI-based classification of obesity levels," *IEEE Access*, 7, 123180-123192, 2019.
- [23]. H. Kagaya, et al., "Food detection and recognition using convolutional neural network," *ACM Multimedia*, 2014.
- [24]. X. Xiao, et al., "Prediction of dietary intake using LSTM networks," *IEEE BHI*, 2021.
- [25]. S. Reddy, et al., "RL-Diet: Reinforcement learning for personalized diet planning," *arXiv preprint arXiv:2003.04559*, 2020.
- [26]. L. Pantelopoulou, N. Bourbakis, "Wearable sensors for health monitoring," *IEEE TSMC-C*, 40, 1, 1-12, 2010.
- [27]. S. Tamura et al., "Development of PPG-based heart monitoring for wearables," *IEEE EMBS*, 2019.
- [28]. C. Wang, et al., "Mobile health for obesity: A systematic review," *JMIR mHealth and uHealth*, 2020.
- [29]. A. Holzinger, et al., "Interactive machine learning: human-in-the-loop," *Brain Informatics*, 3, 2, 2016.
- [30]. M. T. Ribeiro, et al., "Why should I trust you?": Explaining the predictions of any classifier," *KDD*, 2016.
- [31]. S. Islam, et al., "The role of IoT in personalized healthcare," *IEEE IoT Journal*, 6, 5, 2019.
- [32]. World Health Organization, *Obesity: Preventing and managing the global epidemic: Report of a WHO consultation* (WHO Technical Report Series No. 894). Geneva: World Health Organization, 2000.
- [33]. I. Coyne, I. Hallström, M. Söderbäck, "Revisiting the pediatric patient experience: A framework for measuring quality," *Journal of Child Health Care*, 20, 4, 421-433, 2016.
- [34]. Y. Zhang, Z. Liu, et al., "A real-time AI-assisted wearable nutrition monitoring system: From meal recognition to metabolic prediction," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 2024.
- [35]. L. Chen, et al., "Personalized Nutrition with AI: Integrating Hybrid Recommender Systems and Metabolic Profiling," *Nutrients*, 15, 3, 724, 2023.
- [36]. A. Kumar, S. Ghosh, "AI-Based Dietary Guidance: Challenges and Applications in Large-Scale Community Health," *Journal of Biomedical Informatics*, 142, 104352, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2023.104352>
- [37]. T. T. Nguyen, et al., "Deep Learning Framework for Automated Nutrient Estimation from Food Images in Real-World Environments," *Pattern Recognition Letters*, 172, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2023.05.012>
- [38]. R. Wang, et al., "Smart Nutrition Platforms: Advances in AI-driven Personalized Diets using Wearable Sensors and Cloud Analytics," *Nature Digital Medicine*, 8, 1, 2025.

AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Thi Thanh, Vu Van Dung, Than Thi Thuong,
Nguyen Dang Quang, Nguyen Nguyen Giap, Tran Quang Duy,
Du Ta Manh Hung, Trinh Hai Quan**

Faculty of Electrical - Automation Engineering, University of Economics -
Technology for Industries, Vietnam