ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH: CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

CHUYÊN NGÀNH: HỆ THỐNG THÔNG TIN

ĐỀ TÀI:

XÂY DỰNG HỆ THỐNG GỢI Ý MÓN ĂN DỰA TRÊN NGỮ CẢNH NGƯỜI DÙNG TẠI TP. ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn: **TS. LÊ THỊ MỸ HẠNH**
Sinh viên thực hiện: **TRƯƠNG XUÂN PHÚC**
Số thẻ sinh viên: **102220079**
Lớp**: 22T_DT1**

Đà Nẵng, 06/2026

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH: CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

CHUYÊN NGÀNH: HỆ THỐNG THÔNG TIN

ĐỀ TÀI:

XÂY DỰNG HỆ THỐNG GỢI Ý MÓN ĂN DỰA TRÊN NGỮ CẢNH NGƯỜI DÙNG TẠI TP. ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn: **TS. LÊ THỊ MỸ HẠNH**
Sinh viên thực hiện: **TRƯƠNG XUÂN PHÚC**
Số thẻ sinh viên: **102220079**
Lớp**: 22T_DT1**

Đà Nẵng, 06/2026

TÓM TẮT

Tên đề tài:

Xây dựng hệ thống gợi ý món ăn theo ngữ cảnh người dùng tại TP. Đà Nẵng

Sinh viên thực hiện: TRƯƠNG XUÂN PHÚC

Số thẻ SV: 102220079 Lớp: 22T_DT1

Giảng viên hướng dẫn: TS. Lê Thị Mỹ Hạnh

Đề tài "Xây dựng hệ thống gợi ý món ăn dựa trên ngữ cảnh người dùng tại TP. Đà Nẵng" hướng tới mục tiêu hỗ trợ người dùng lựa chọn món ăn phù hợp hơn với sở thích, bối cảnh bữa ăn và tình trạng sức khỏe cá nhân. Trên thế giới, các giải pháp hỗ trợ dinh dưỡng theo bệnh lý hiện nay chủ yếu dựa trên việc quét mã vạch của các thực phẩm đóng gói để đánh giá mức độ phù hợp. Phương pháp này hoàn toàn không tương thích với văn hoá ẩm thực Việt Nam – nơi các món ăn truyền thống có thành phần nguyên liệu vô cùng đa dạng và biến tấu linh hoạt. Trong khi đó các ứng dụng trong nước vẫn phụ thuộc vào cơ chế tra cứu thủ công và yêu cầu người dùng phải nhập liệu thông qua các biểu mẫu khá bất tiện.

Để giải quyết vấn đề trên, đồ án xây dựng một hệ thống gợi ý món ăn thông minh dựa trên nền tảng xử lý ngôn ngữ tự nhiên, tìm kiếm ngữ nghĩa, kết hợp dữ liệu món ăn đã chuẩn hóa và bộ quy tắc sức khỏe. Hệ thống cho phép người dùng tương tác trực tiếp qua các câu hỏi tự nhiên như "Người bị béo phì thì trưa nên ăn gì?" hoặc "Bị dị ứng tôm thì có thể ăn món nào?". Sau khi tiếp nhận truy vấn, hệ thống sẽ phân tích nhu cầu, đối chiếu với hồ sơ sức khỏe và trả về danh sách món ăn phù hợp. Với nhóm dị ứng, hệ thống ưu tiên loại trừ các nguyên liệu có nguy cơ cao, với nhóm bệnh lý, hệ thống điều chỉnh điểm xếp hạng và bổ sung cảnh báo dựa trên đặc điểm món ăn.

Kết quả triển khai là một hệ thống web với dữ liệu 479 món ăn Việt Nam, hỗ trợ các chức năng chính như gợi ý món ăn qua chatbot, quản lý hồ sơ sức khỏe, lưu món yêu thích, tìm kiếm món ăn trực tiếp, gợi ý địa điểm ăn uống và quản trị dữ liệu. Mỗi kết quả gợi ý được trình bày kèm lý do và lưu ý sức khỏe, giúp người dùng có thêm cơ sở tham khảo khi lựa chọn món ăn. Hệ thống đóng vai trò hỗ trợ và đưa ra cảnh báo mang tính tham khảo, không thay thế cho các chỉ định chuyên khoa của bác sĩ hoặc chuyên gia dinh dưỡng.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập – Tự do – Hạnh phúc

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ tên sinh viên: **Trương Xuân Phúc** Số thẻ sinh viên: **102220079**

Lớp: **22T_DT1** Khoa: **Công nghệ Thông tin**

Ngành: **Đặc thù – Hợp tác doanh nghiệp**

1. *Tên đề tài đồ án: Xây dựng hệ thống gợi ý món ăn theo ngữ cảnh người dùng tại TP. Đà Nẵng.*
2. *Đề tài thuộc diện:* ☐ *Có ký kết thỏa thuận sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện.*
3. *Các số liệu và dữ liệu ban đầu:* Không có.

Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:

- **Mở đầu:** Giới thiệu khái quát về bối cảnh hình thành đề tài, định hướng xây dựng hệ thống gợi ý món ăn theo ngữ cảnh người dùng.
- **Chương 1. Tổng quan bài toán:** Trình bày lý do chọn đề tài, mục tiêu nghiên cứu, phạm vi thực hiện, đối tượng, phương pháp nghiên cứu và cấu trúc tổng thể của báo cáo.
- **Chương 2. Cơ sở lý thuyết:** Trình bày các kiến thức lý thuyết được áp dụng trong đồ án, bao gồm LLM, RAG, vector embedding, pgvector và hệ thống gợi ý dựa trên ràng buộc quy tắc sức khoẻ.
- **Chương 3. Phương pháp đề xuất và Kiến trúc luồng hoạt động:** Phát biểu bài toán và trình bày kiến trúc hệ thống theo hai giai đoạn: chuẩn bị dữ liệu và luồng hoạt động gợi ý món ăn.
- **Chương 4. Phân tích và Thiết kế hệ thống:** Phân tích yêu cầu chức năng và phi chức năng, thiết kế hệ thống qua các sơ đồ ca sử dụng, hoạt động, tuần tự và cơ sở dữ liệu.
- **Chương 5. Triển khai và Đánh giá kết quả:** Trình bày công cụ phát triển, kết quả triển khai thực tế và đánh giá hệ thống.
- **Kết luận:** Tóm tắt các kết quả đạt được, phân tích các hạn chế và các phương hướng phát triển của đề tài.

4. *Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ):* **Không có**
5. *Họ tên người hướng dẫn*: **TS. Lê Thị Mỹ Hạnh**
6. *Ngày giao nhiệm vụ đồ án:* **……/……/2026**
7. *Ngày hoàn thành đồ án:* **……/……/2026**

Đà Nẵng, ngày ……, tháng ……, năm 2026

Trưởng Bộ môn ……. **Người hướng dẫn**

LỜI CẢM ƠN

Trước tiên, em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc và chân thành nhất tới các thầy cô trong Khoa Công nghệ Thông tin, cũng như toàn thể thầy cô Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng, những người đã tận tình giảng dạy, dìu dắt và tạo điều kiện thuận lợi cho em trong suốt quãng thời gian học tập tại trường.

Em đặc biệt gửi lời biết ơn sâu sắc tới Cô TS. Lê Thị Mỹ Hạnh, người hướng dẫn trực tiếp, đã luôn tận tình chỉ bảo, hỗ trợ và tạo mọi điều kiện giúp em hoàn thành đồ án tốt nghiệp này. Sự đồng hành và hướng dẫn tận tâm của Cô đã giúp em hoàn thiện từng bước công việc đúng tiến độ và tích lũy thêm nhiều kiến thức quý báu, góp phần quan trọng vào thành công của đồ án.

Sau cùng, em xin kính chúc quý thầy cô trong Khoa Công nghệ Thông tin, đặc biệt là Cô TS. Lê Thị Mỹ Hạnh, luôn mạnh khỏe, hạnh phúc và tiếp tục vững bước trên con đường truyền đạt tri thức, góp phần đào tạo nên những thế hệ sinh viên tài năng cho đất nước.

CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đồ án tốt nghiệp này là kết quả có được từ quá trình nghiên cứu, và làm việc độc lập của bản thân. Toàn bộ nội dung nghiên cứu, số liệu và kết quả trình bày trong báo cáo được thực hiện dưới sự hướng dẫn trực tiếp của TS. Lê Thị Mỹ Hạnh. Tôi xin cam kết các điều sau:

1. Nội dung đồ án là công trình nghiên cứu của riêng tôi, không sao chép từ bất kỳ nguồn nào mà không trích dẫn rõ ràng.
2. Mọi tài liệu tham khảo được sử dụng trong đồ án đều có nguồn gốc rõ ràng và được trích dẫn đúng quy định học thuật.
3. Tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm trước nhà trường về tính trung thực, chính xác của các nội dung được trình bày trong báo cáo này.

Sinh viên thực hiện

Trương Xuân Phúc

MỤC LỤC

NHẬN XÉT CỦA NGƯỜI HƯỚNG DẪN 3
NHẬN XÉT CỦA NGƯỜI PHẢN BIỆN 4
TÓM TẮT 5
NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP 6
LỜI CẢM ƠN 7
CAM ĐOAN 8
MỤC LỤC 9
DANH SÁCH CÁC BẢNG 12
DANH SÁCH CÁC HÌNH VẼ 13
MỞ ĐẦU 1
Chương 1: TỔNG QUAN BÀI TOÁN 2
1.1 Bối cảnh và lý do chọn đề tài 2
1.2 Mục tiêu đề tài 2
1.3 Phạm vi nghiên cứu 3
1.3.1 Phạm vi ban đầu và điều chỉnh trong quá trình thực hiện 3
1.3.2 Phạm vi thực hiện 4
1.4 Đối tượng nghiên cứu 5
1.5 Phương pháp nghiên cứu 5
1.6 Cấu trúc báo cáo 6
Chương 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT 7
2.1 Mô hình Ngôn ngữ Lớn (Large Language Models – LLM) 7
2.2 Tạo tăng cường truy xuất (Retrieval-Augmented Generation - RAG) 7
2.2.1 Kiến trúc RAG chuẩn 7
2.2.2 Cách hệ thống áp dụng RAG 8
2.2.3 Phân loại RAG và định vị hệ thống 9
2.3 Biểu diễn ngữ nghĩa bằng Vector Embedding 10
2.3.1 Khái niệm cơ bản 10
2.3.2 Độ tương đồng Cosine 10
2.3.3 Áp dụng trong hệ thống 10
2.4 Cơ sở dữ liệu Vector với pgvector 11
2.5 Hệ thống gợi ý dựa trên ràng buộc (Constraint-based Recommendation) 12
2.5.1 Tổng quan 12
2.5.2 Phân loại ràng buộc 12

2.5.3 Triển khai trong hệ thống 13
2.6 Xếp hạng lại kết quả (Knowledge-Augmented Reranking) 13
2.6.1 Định nghĩa 13
2.6.2 Hàm điểm tổng hợp 14
2.7 Hệ thống dựa trên quy tắc trong lĩnh vực y tế 15
2.7.1 Tổng quan 15
2.7.2 Knowledge Acquisition – Phương pháp xây dựng quy tắc 15
Chương 3: PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT VÀ KIẾN TRÚC LUỒNG XỬ LÝ 17
3.1 Phát biểu bài toán 17
3.2 Tổng quan phương pháp đề xuất 18
3.3 Luồng vận hành gợi ý món ăn của hệ thống 18
3.4 Giai đoạn chuẩn bị dữ liệu 19
3.4.1 Xây dựng và chuẩn hoá bộ dữ liệu món ăn 19
3.4.2 Xây dựng bộ quy tắc sức khoẻ 24
3.4.3 Nạp dữ liệu vào hệ thống 27
3.5 Giai đoạn xử lý yêu cầu người dùng 28
3.5.1 Đầu vào - Tiếp nhận yêu cầu người dùng 28
3.5.2 Bước 1: Phân tích ý định người dùng (Supervisor Agent) 29
3.5.3 Bước 2: Đối chiếu hồ sơ cá nhân và các quy tắc ràng buộc sức khoẻ 30
3.5.4 Bước 3: Lọc món không phù hợp 31
3.5.5 Bước 4: Chấm điểm ngữ nghĩa món ăn trong tập ứng viên an toàn 31
3.5.6 Bước 5: Xếp hạng theo các quy tắc ràng buộc sức khoẻ 32
3.5.7 Đầu ra - Sinh phản hồi, ghi nhật ký truy vấn và trả kết quả 34
Chương 4: PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG 35
4.1 Yêu cầu chức năng 35
4.1.1 Thực khách 35
4.1.2 Quản trị viên hệ thống 35
4.2 Yêu cầu phi chức năng 35
4.2.1 Tính hiệu năng 35
4.2.2 Tính bảo mật 35
4.2.3 Tính dễ sử dụng 35
4.3 Tác nhân 35
4.4 Thiết kế hệ thống 36
4.4.1 Sơ đồ phân rã chức năng 36
4.4.2 Sơ đồ ca sử dụng 37
4.4.3 Đặc tả ca sử dụng 40
4.4.4 Sơ đồ hoạt động 44
4.4.5 Sơ đồ tuần tự 49

4.4.6 Sơ đồ cơ sở dữ liệu 53
Chương 5: TRIỂN KHAI HỆ THỐNG VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ 60
5.1 Công cụ phát triển 60
5.2 Đánh giá thực nghiệm 61
5.2.1 Mục tiêu đánh giá 61
5.2.2 Tập dữ liệu kiểm thử 61
5.2.3 Các chỉ số đánh giá 61
5.2.4 Kết quả thực nghiệm 61
5.3 So sánh phương pháp và vai trò của các thành phần 62
5.4 Đánh giá trải nghiệm người dùng 63
5.4.1 Mục tiêu khảo sát 63
5.4.2 Thiết kế khảo sát 63
5.4.3 Kết quả khảo sát 64
5.5 Kết quả giao diện 65
5.5.1 Màn hình trang giới thiệu (Landing Page) 65
5.5.2 Màn hình đăng ký tài khoản 65
5.5.3 Màn hình đăng nhập 66
5.5.4 Màn hình thiết lập thông tin ban đầu 66
5.5.5 Màn hình chatbot gợi ý món ăn 67
5.5.6 Thông báo cảnh báo khi xung đột giữa yêu cầu người dùng và bệnh lý 67
5.5.7 Màn hình chi tiết kết quả gợi ý 68
5.5.8 Màn hình gợi ý quán ăn 68
5.5.9 Màn hình đánh giá kết quả món ăn gợi ý 69
5.5.10 Màn hình tra cứu món ăn 69
5.5.11 Màn hình quản lý danh sách món ăn yêu thích 70
5.5.12 Màn hình quản lý thông tin cá nhân 70
5.5.13 Màn hình quản trị: Màn hình Dashboard tổng quan 71
5.5.14 Màn hình quản trị: Quản lý món ăn 72
5.5.15 Màn hình quản trị: Quản lý trạng thái tài khoản người dùng 72
5.5.16 Màn hình quản trị: Nhật ký truy vấn 73
5.6 Đánh giá tổng quan hệ thống 73
5.6.1 Ưu điểm 73
5.6.2 Nhược điểm 74
5.6.3 Giới hạn đạo đức và phạm vi sử dụng của hệ thống 74
5.7 Kết luận chương 75
KẾT LUẬN 76
TÀI LIỆU THAM KHẢO 80
PHỤ LỤC 81

DANH SÁCH CÁC BẢNG

Bảng 1.1 Phạm vi thực hiện hệ thống 4
Bảng 2.1 Các thành phần RAG được triển khai trong hệ thống 8
Bảng 2.2: Phân loại ràng buộc trong hệ thống 13
Bảng 2.3: Bảng nội dung chuyển hoá tri thức sức khoẻ thành quy tắc gợi ý 16
Bảng 3.1: Nội dung dữ liệu món ăn sau khi tiền xử lý 21
Bảng 3.2: Bảng thống kê các quy tắc sức khoẻ trong hệ thống 24
Bảng 3.3: Các trường dữ liệu của một quy tắc sức khoẻ 25
Bảng 3.4: Các trường dữ liệu của một lời cảnh báo tương ứng quy tắc sức khoẻ 26
Bảng 3.5: Các thành phần của công thức tính điểm xếp hạng món ăn 32
Bảng 4.1: Đặc tả sử dụng "Đăng nhập" 40
Bảng 4.2: Đặc tả sử dụng "Khám phá món ăn" 40
Bảng 4.3: Đặc tả sử dụng "Hỏi đáp trợ lý Chatbot gợi ý món ăn" 41
Bảng 4.4: Đặc tả ca sử dụng "Quản lý hồ sơ sức khoẻ và sở thích cá nhân" 42
Bảng 4.5: Bảng tóm tắt một số ca sử dụng khác trong hệ thống 43
Bảng 4.6: Cấu trúc bảng *users* 54
Bảng 4.7: Cấu trúc bảng *user_health_profiles* 54
Bảng 4.8: Cấu trúc bảng *foods* 55
Bảng 4.9: Cấu trúc bảng *tags* 56
Bảng 4.10: Cấu trúc bảng *favorite_foods* 56
Bảng 4.11: Cấu trúc bảng *chat_threads* 56
Bảng 4.12: Cấu trúc bảng *chat_messages* 57
Bảng 4.13: Cấu trúc bảng *query_logs* 58
Bảng 4.14: Cấu trúc bảng *food_recommendation_feedbacks* 59
Bảng 5.1: Bảng kết quả thực nghiệm 61
Bảng 5.2: Bảng so sánh các phương pháp gợi ý 62
Bảng 5.3: Các tiêu chí đánh giá trải nghiệm người dùng 64
Bảng 5.4: Bảng kết quả khảo sát trải nghiệm người dùng 64

DANH SÁCH CÁC HÌNH VẼ

Hình 2.1: Kiến trúc RAG chuẩn 8
Hình 2.2 So sánh kiến trúc Naive RAG và Advanced RAG 9
Hình 2.3: Công thức tính độ tương đồng Cosine 10
Hình 3.1: Cấu trúc nội dung món ăn được embedding 28
Hình 3.2: Luồng xử lý và gợi ý món ăn 28
Hình 3.3: Cấu trúc schema phản hồi của Supervisor Agent 29
Hình 3.4: Cấu trúc nội dung câu hỏi người dùng khi embedding 32
Hình 4.1: Sơ đồ phân rã chức năng Thực khách 36
Hình 4.2: Sơ đồ phân rã chức năng Quản trị viên hệ thống 36
Hình 4.3: Sơ đồ ca sử dụng tổng quan 37
Hình 4.4: Sơ đồ ca sử dụng "Khám phá món ăn" 38
Hình 4.5: Sơ đồ ca sử dụng "Quản lý hồ sơ sức khoẻ và sở thích cá nhân" 38
Hình 4.6: Sơ đồ ca sử dụng "Quản lý món ăn" 39
Hình 4.7: Sơ đồ ca sử dụng "Quản lý người dùng" 39
Hình 4.8: Sơ đồ hoạt động "Khám phá món ăn" 44
Hình 4.9: Sơ đồ hoạt động "Hỏi đáp trợ lý Chatbot gợi ý món ăn" 45
Hình 4.10: Sơ đồ hoạt động "Quản lý hồ sơ cá nhân" 46
Hình 4.11: Sơ đồ hoạt động "Quản lý món ăn" 46
Hình 4.12: Sơ đồ hoạt động "Quản lý người dùng" 47
Hình 4.13: Sơ đồ hoạt động "Xem lịch sử truy vấn gợi ý món ăn" 48
Hình 4.14: Sơ đồ hoạt động "Xem Dashboard thống kê hệ thống" 48
Hình 4.15: Sơ đồ tuần tự "Khám phá món ăn" 49
Hình 4.16: Sơ đồ tuần tự "Hỏi đáp trợ lý Chatbot gợi ý món ăn" 50
Hình 4.17: Sơ đồ tuần tự "Quản lý hồ sơ cá nhân" 50
Hình 4.18: Sơ đồ tuần tự "Quản lý món ăn" 51
Hình 4.19: Sơ đồ tuần tự "Xem lịch sử truy vấn gợi ý món ăn" 51
Hình 4.20: Sơ đồ tuần tự "Quản lý người dùng" 52
Hình 4.21: Sơ đồ tuần tự "Xem Dashboard thống kê hệ thống" 52
Hình 4.22: Sơ đồ cơ sở dữ liệu hệ thống 53
Hình 5.1: Màn hình trang giới thiệu hệ thống 65
Hình 5.2: Màn hình đăng ký tài khoản 65
Hình 5.3: Màn hình đăng nhập 66
Hình 5.4: Màn hình thiết lập hồ sơ sức khoẻ lần đầu sau khi đăng ký 66
Hình 5.5: Màn hình chatbot gợi ý món ăn 67
Hình 5.6: Nội dung cảnh báo khi xung đột giữa yêu cầu người dùng và quy tắc sức khoẻ của hệ thống 67
Hình 5.7: Kết quả món ăn gợi ý được trả về 68
Hình 5.8: Màn hình gợi ý quán ăn 68
Hình 5.9; Màn hình người dùng đánh giá chất lượng món ăn được gợi ý 69
Hình 5.10: Màn hình tra cứu món ăn 69
Hình 5.11: Màn hình quản lý danh sách món ăn yêu thích 70

Hình 5.12: Màn hình quản lý thông tin cá nhân 70
Hình 5.13: Màn hình Dashboard tổng quan..... 71
Hình 5.14: Màn hình quản lý món ăn 72
Hình 5.15: Màn hình quản lý trạng thái tài khoản người dùng..... 72
Hình 5.16: Màn hình Nhật ký truy vấn..... 73

DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu/Chữ viết tắt	Diễn giải
AI	Artificial Intelligence – Trí tuệ nhân tạo
LLM	Large Language Model – Mô hình ngôn ngữ lớn
RAG	Retrieval-Augmented Generation – Truy xuất tăng cường sinh thành
NLP	Natural Language Processing – Xử lý ngôn ngữ tự nhiên
API	Application Programming Interface – Giao diện lập trình ứng dụng
REST	Representational State Transfer – Kiểu kiến trúc trao đổi dữ liệu
SQL	Structured Query Language – Ngôn ngữ truy vấn có cấu trúc
JSON	JavaScript Object Notation – Định dạng dữ liệu dạng đối tượng
UI/UX	User Interface / User Experience – Giao diện / Trải nghiệm người dùng
MMR	Maximal Marginal Relevance – Độ phù hợp biên cực đại
WAO	World Allergy Organization – Tổ chức Dị ứng Thế giới
NIAID	National Institute of Allergy and Infectious Diseases – Viện Dị ứng và Bệnh truyền nhiễm Quốc gia Hoa Kỳ
EAACI	European Academy of Allergy and Clinical Immunology – Học viện Dị ứng và Miễn dịch lâm sàng châu Âu

MỞ ĐẦU

Trong đời sống hằng ngày, lựa chọn món ăn phù hợp với tình trạng sức khỏe là một nhu cầu thiết thực, đặc biệt đối với những người mắc bệnh lý mãn tính, có dị ứng thực phẩm hoặc cần kiểm soát chế độ ăn uống. Tuy nhiên, việc xác định món ăn nào phù hợp, món nào nên hạn chế hoặc cần tránh không phải lúc nào cũng đơn giản, do món ăn thường có nhiều thành phần nguyên liệu, cách chế biến khác nhau và mức độ phù hợp còn phụ thuộc vào từng tình trạng sức khỏe cụ thể.

Bên cạnh đó, các công cụ tìm kiếm món ăn hiện nay chủ yếu hỗ trợ tra cứu theo tên món, từ khóa hoặc độ phổ biến. Những công cụ này chưa tập trung nhiều vào việc phân tích ngữ cảnh sức khỏe cá nhân, khẩu vị, nguyên liệu mong muốn của người dùng. Điều này đặt ra nhu cầu xây dựng một hệ thống có khả năng tiếp nhận yêu cầu bằng tiếng Việt tự nhiên, hiểu nhu cầu của người dùng và đưa ra gợi ý món ăn phù hợp hơn với từng trường hợp cụ thể.

Xuất phát từ thực tế đó, đồ án "Xây dựng hệ thống gợi ý món ăn dựa trên ngữ cảnh người dùng tại TP. Đà Nẵng" được thực hiện nhằm nghiên cứu và xây dựng một hệ thống gợi ý món ăn có xét đến các yếu tố như tình trạng sức khỏe, dị ứng thực phẩm, sở thích ăn uống, nguyên liệu và ngữ cảnh bữa ăn. Hệ thống hướng đến việc hỗ trợ người dùng lựa chọn món ăn một cách có cơ sở hơn thông qua danh sách gợi ý kèm lý do đề xuất và các cảnh báo cần lưu ý.

Trong phạm vi đồ án, hệ thống được triển khai dưới dạng ứng dụng web, kết hợp dữ liệu món ăn Việt Nam, hồ sơ sức khỏe người dùng, bộ quy tắc sức khỏe và kỹ thuật tìm kiếm ngữ nghĩa. Kết quả của đồ án là một hệ thống có khả năng gợi ý món ăn theo câu hỏi tự nhiên, quản lý hồ sơ cá nhân, lưu món ăn yêu thích, hỗ trợ tìm địa điểm quán ăn và cung cấp công cụ quản trị phục vụ theo dõi, cải thiện hệ thống.

Dù đã dành nhiều thời gian, tâm huyết và nỗ lực để hoàn thành đồ án một cách hoàn chỉnh nhất, song do những giới hạn nhất định về mặt thời gian và kinh nghiệm thực tế, đề tài khó tránh khỏi những điểm thiếu sót. Em rất mong nhận được sự cảm thông, chỉ dẫn và những ý kiến đóng góp quý báu từ các thầy cô để đồ án ngày càng được hoàn thiện hơn.

Chương 1: TỔNG QUAN BÀI TOÁN

1.1 Bối cảnh và lý do chọn đề tài

Trong bối cảnh chuyển đổi số và sự phát triển nhanh của trí tuệ nhân tạo, các ứng dụng hỗ trợ người dùng trong lĩnh vực sức khỏe, dinh dưỡng và đời sống hằng ngày ngày càng trở nên phổ biến. Tuy nhiên, bài toán lựa chọn món ăn phù hợp với tình trạng sức khỏe cá nhân vẫn còn nhiều khó khăn trong thực tế. Người mắc các bệnh lý như cao huyết áp, béo phì,... hoặc có dị ứng thực phẩm thường phải tự tra cứu từ nhiều nguồn khác nhau để xác định món nào nên ăn, món nào cần hạn chế hoặc cần tránh. Việc tra cứu thủ công này mất thời gian và chưa được cá nhân hóa theo khẩu vị, nguyên liệu, thời điểm bữa ăn hay tình trạng sức khỏe cụ thể của từng người.

Khảo sát các giải pháp hiện nay cho thấy các nền tảng tìm kiếm và đặt món trực tuyến chủ yếu hỗ trợ người dùng khám phá món ăn, nhà hàng, đánh giá và đặt món nhanh. Một số ứng dụng dinh dưỡng lại tập trung vào tra cứu thành phần thực phẩm, tính khẩu phần hoặc theo dõi năng lượng nạp vào. Các công cụ này có giá trị trong từng bối cảnh sử dụng riêng, nhưng chưa tập trung sâu vào bài toán gợi ý món ăn phổ biến tại Việt Nam theo bệnh lý, dị ứng và ngữ cảnh bữa ăn bằng tiếng Việt tự nhiên. Đặc biệt, các món ăn Việt Nam thường có thành phần nguyên liệu đa dạng, biến tấu linh hoạt theo từng vùng miền, cơ sở chế biến và công thức riêng biệt. Điều này khiến việc lựa chọn món ăn phù hợp với sức khỏe trở nên phức tạp hơn so với việc tìm kiếm theo tên món thông thường.

Xuất phát từ thực tiễn đó, đề tài "Hệ thống gợi ý món ăn theo ngữ cảnh người dùng tại TP. Đà Nẵng" được hình thành nhằm xây dựng một hệ thống hỗ trợ người dùng tìm kiếm và lựa chọn món ăn phù hợp hơn với sở thích, tình trạng sức khỏe cá nhân lấy những món ăn ở Đà Nẵng làm trọng tâm của tập dữ liệu.

1.2 Mục tiêu đề tài

Mục tiêu tổng quát của đề tài là xây dựng một hệ thống có khả năng tư vấn, đề xuất món ăn phù hợp với ngữ cảnh cụ thể của từng người dùng, trong đó ngữ cảnh người dùng được định nghĩa bao gồm:

- Tình trạng sức khoẻ: Các bệnh lý (cao huyết áp, béo phì,...) hoặc các trường hợp dị ứng thực phẩm (dị ứng động vật giáp xác, động vật thân mềm, sữa bò,...);
- Sở thích vị giác: Đậm đà, thanh đạm, cay, chua, ngọt, béo ngậy,...;
- Nguyên liệu ưa thích hoặc cần tránh: Thịt gà, tôm, nấm, rau xanh,...;
- Thời điểm và bối cảnh bữa ăn: Ăn sáng, ăn trưa, ăn tối, ăn no, ăn vặt,...

Để thực hiện hoá mục tiêu tổng quát trên, đề tài xác định các mục tiêu cụ thể cần hoàn thành bao gồm:

- Xây dựng luồng xử lý phân tích ý định từ câu hỏi tiếng Việt tự nhiên, cho phép người dùng đặt câu hỏi tự nhiên thay vì chọn từ danh sách cố định.
- Xây dựng hệ thống lọc và xếp hạng kết hợp: lọc cứng đối với nguyên liệu có nguy cơ dị ứng, tìm kiếm ngữ nghĩa bằng vector embedding và điều chỉnh điểm xếp hạng dựa trên bộ luật sức khỏe.
- Xây dựng hồ sơ sức khỏe người dùng để cá nhân hóa kết quả mà không cần nhập lại thông tin mỗi lần hỏi.
- Xây dựng giao diện hội thoại có lưu lịch sử, giúp người dùng tương tác tự nhiên với hệ thống trong quá trình tìm kiếm món ăn.
- Xây dựng trang quản trị cho phép quản trị viên cập nhật dữ liệu món ăn, theo dõi nhật ký truy vấn và các thông số của hệ thống.

Khác với các hướng gợi ý chỉ dựa trên từ khóa hoặc xu hướng phổ biến, đóng góp cốt lõi của đề tài nằm ở việc đề xuất một giải pháp gợi ý tích hợp. Hệ thống kết hợp tìm kiếm ngữ nghĩa với bộ luật sức khỏe trên nền tảng dữ liệu món ăn được chuẩn hoá, nhằm đưa ra kết quả gợi ý an toàn và phù hợp hơn với từng cá nhân. Rủi ro sức khoẻ được kiểm soát ổn định dựa trên hai cơ chế: với nhóm dị ứng, hệ thống ưu tiên loại trừ các nguyên liệu có nguy cơ cao; với nhóm bệnh lý, hệ thống sử dụng cơ chế điều chỉnh điểm xếp hạng và bổ sung cảnh báo dựa trên đặc điểm món ăn. Mỗi kết quả gợi ý được trình bày kèm lý do đề xuất nhằm giúp người dùng hiểu vì sao món ăn đó phù hợp hoặc cần lưu ý.

1.3 Phạm vi nghiên cứu

1.3.1 Phạm vi ban đầu và điều chỉnh trong quá trình thực hiện

Ban đầu, tên đề tài xác định phạm vi nghiên cứu tại TP. Đà Nẵng, với mục tiêu tập trung vào các đặc sản và món ăn tiêu biểu của địa phương. Tuy nhiên, trong quá trình thu thập và xây dựng tập dữ liệu, thực tế cho thấy số lượng món ăn mang đặc trưng riêng của Đà Nẵng chỉ chiếm khoảng 3% trong tổng quy mô bộ dữ liệu. Với số lượng hạn chế này, hệ thống không có đủ sự phong phú để kiểm chứng hiệu quả của hệ thống gợi ý dựa trên điều kiện sức khoẻ - vốn là mục tiêu chính của đề tài.

Để khắc phục, phạm vi dữ liệu đã được mở rộng, sử dụng các món ăn phổ biến tại Việt Nam làm nền tảng cho bài toán, trong đó các món đặc trưng tại Đà Nẵng vẫn được giữ lại như một tập con và lấy ngữ cảnh thực tế, thói quen ẩm thực cùng nhu cầu của người dùng tại TP. Đà Nẵng làm bối cảnh chính để triển khai và kiểm chứng thực nghiệm.

1.3.2 Phạm vi thực hiện

Bảng 1.1 Phạm vi thực hiện hệ thống

Khía cạnh	Phạm vi
Dữ liệu món ăn	479 món ăn Việt Nam, trong đó có 15 món được gán nhãn đặc sản Đà Nẵng. Mỗi món được chuẩn hóa theo các trường như tên món, mô tả, nguyên liệu chính, khóa nguyên liệu, nhãn đặc tính món ăn, hồ sơ vị, ngữ cảnh bữa ăn, ngữ cảnh sử dụng và vector embedding ngữ nghĩa.
Ngữ cảnh người dùng	Hỗ trợ các yếu tố gồm tình trạng sức khỏe, dị ứng thực phẩm, sở thích vị giác, nguyên liệu ưa thích hoặc cần tránh, loại món/cách chế biến, thời điểm bữa ăn và bối cảnh ăn uống.
Ràng buộc sức khoẻ	Trong phạm vi trình bày và đánh giá trọng tâm, hệ thống tập trung vào 6 nhãn sức khỏe gồm 3 bệnh lý: béo phì, cao huyết áp, viêm loét dạ dày; và 3 dị ứng: dị ứng động vật giáp xác, dị ứng động vật thân mềm, dị ứng sữa bò.
Cơ chế xử lý sức khoẻ	Với nhóm dị ứng, hệ thống ưu tiên loại trừ các món có nguyên liệu nguy cơ cao. Với nhóm bệnh lý, hệ thống chủ yếu sử dụng cơ chế điều chỉnh điểm xếp hạng và bổ sung cảnh báo dựa trên đặc điểm món ăn, thay vì loại bỏ tuyệt đối mọi món có yếu tố cần hạn chế.
Xử lý ngôn ngữ	Hỗ trợ câu hỏi tiếng Việt tự nhiên trong luồng gợi ý món ăn mới, bao gồm trích xuất bệnh lý, dị ứng, nguyên liệu, sở thích và ngữ cảnh bữa ăn để đề xuất danh sách món phù hợp.
Giới hạn hội thoại	Hệ thống tập trung vào truy vấn tìm kiếm/gợi ý món ăn mới. Các câu hỏi kiểm chứng một món cụ thể như "bị bệnh X có ăn được món A không?" hoặc các tình huống suy luận sâu về thành phần ẩn chưa phải là trọng tâm tối ưu trong phiên bản hiện tại.
Giới hạn y tế	Hệ thống chỉ đóng vai trò hỗ trợ tham khảo khi lựa chọn món ăn, không thay thế tư vấn từ bác sĩ hoặc chuyên gia

	dinh dưỡng. Các cảnh báo sức khỏe được xây dựng dựa trên dữ liệu và luật đã chuẩn hóa trong phạm vi đề tài.
Ngôn ngữ giao diện	Tiếng Việt
Nền tảng	Ứng dụng web, tương thích với trình duyệt trên desktop và thiết bị di động.

1.4 Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là bài toán gợi ý món ăn theo ngữ cảnh sức khỏe người dùng trong phạm vi dữ liệu món ăn phổ biến tại Việt Nam. Trọng tâm của đề tài là nghiên cứu cách biểu diễn món ăn, biểu diễn ngữ cảnh người dùng và kết hợp các ràng buộc sức khỏe vào quá trình tìm kiếm, lọc, xếp hạng và giải thích kết quả gợi ý.
Cụ thể, đề tài tập trung vào các nội dung nghiên cứu sau:

- Dữ liệu món ăn và phương pháp chuẩn hóa thông tin món ăn, bao gồm nguyên liệu, nhãn đặc tính, hồ sơ vị và ngữ cảnh bữa ăn.
- Ngữ cảnh người dùng, bao gồm bệnh lý, dị ứng thực phẩm, sở thích ăn uống, nguyên liệu mong muốn hoặc cần tránh.
- Phương pháp phân tích câu hỏi tiếng Việt tự nhiên để trích xuất nhu cầu gợi ý món ăn.
- Phương pháp tìm kiếm ngữ nghĩa và xếp hạng món ăn dựa trên độ phù hợp giữa truy vấn người dùng và dữ liệu món ăn.
- Cơ chế áp dụng bộ quy tắc sức khỏe nhằm lọc các món có nguy cơ không phù hợp và bổ sung cảnh báo cho người dùng.

1.5 Phương pháp nghiên cứu

Đề tài sử dụng kết hợp các phương pháp nghiên cứu sau:

- **Phương pháp nghiên cứu lý thuyết:** Đề tài nghiên cứu các kiến thức nền tảng liên quan đến hệ thống gợi ý, mô hình ngôn ngữ lớn, tìm kiếm ngữ nghĩa bằng vector embedding, cơ sở dữ liệu vector và hệ thống dựa trên quy tắc. Bên cạnh đó, đề tài khảo sát các tài liệu y khoa tham khảo liên quan đến một số bệnh lý và dị ứng thực phẩm để làm cơ sở xây dựng bộ quy tắc sức khỏe.
- **Phương pháp phân tích và thiết kế hệ thống:** Đề tài phân tích yêu cầu của hệ thống gợi ý món ăn theo ngữ cảnh sức khỏe, xác định các chức năng cần có đối với người dùng và quản trị viên, từ đó thiết kế kiến trúc hệ thống, cơ sở dữ liệu, luồng xử lý và giao diện tương tác.

- **Phương pháp xây dựng dữ liệu thực nghiệm:** Đề tài thu thập, chuẩn hóa và gán nhãn bộ dữ liệu món ăn Việt Nam. Mỗi món ăn được biểu diễn bằng các thông tin như nguyên liệu, nhãn đặc tính, hồ sơ vị, ngữ cảnh bữa ăn và vector ngữ nghĩa. Đồng thời, bộ quy tắc sức khỏe được biểu diễn dưới dạng cấu trúc dữ liệu để phục vụ quá trình lọc và xếp hạng.
- **Phương pháp thực nghiệm và đánh giá:** Đề tài triển khai hệ thống thử nghiệm và đánh giá thông qua các truy vấn kiểm thử liên quan đến bệnh lý, dị ứng và ngữ cảnh bữa ăn. Kết quả được xem xét dựa trên khả năng nhận diện ràng buộc sức khỏe, khả năng loại bỏ nguyên liệu không phù hợp, mức độ hợp lý của món ăn được gợi ý và thời gian phản hồi của hệ thống.
- **Phương pháp tham khảo tài liệu chuyên ngành:** Do đề tài có liên quan đến sức khỏe và dinh dưỡng, các quy tắc ban đầu được xây dựng dựa trên tài liệu y khoa tham khảo. Tuy nhiên, trong phạm vi đồ án, bộ quy tắc này chưa được thẩm định chính thức bởi chuyên gia lâm sàng; đây là một hạn chế và cũng là hướng phát triển tiếp theo của hệ thống.

1.6 Cấu trúc báo cáo

Báo cáo được cấu trúc như sau:

Chương 1: Tổng quan bài toán: Trình bày lý do chọn đề tài, mục tiêu nghiên cứu, phạm vi thực hiện, đối tượng, phương pháp nghiên cứu và cấu trúc tổng thể của báo cáo.

Chương 2: Cơ sở lý thuyết: Trình bày các kiến thức lý thuyết được áp dụng trong đồ án, bao gồm LLM, RAG, vector embedding, pgvector và hệ thống gợi ý dựa trên ràng buộc quy tắc sức khoẻ.

Chương 3: Phương pháp đề xuất và Kiến trúc luồng hoạt động: Phát biểu bài toán, trình bày kiến trúc hệ thống theo hai giai đoạn: chuẩn bị dữ liệu và luồng hoạt động gợi ý món ăn.

Chương 4: Phân tích và Thiết kế hệ thống: Phân tích yêu cầu chức năng và phi chức năng, thiết kế hệ thống qua các sơ đồ ca sử dụng, hoạt động, tuần tự và cơ sở dữ liệu.

Chương 5: Triển khai hệ thống và Đánh giá kết quả: Trình bày công cụ phát triển, kết quả triển khai thực tế và đánh giá hệ thống.

Kết luận: Tóm tắt các kết quả đạt được, phân tích các hạn chế và các phương hướng phát triển của đề tài.

Chương 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Mô hình Ngôn ngữ Lớn (Large Language Models – LLM)

Khái niệm: Mô hình ngôn ngữ lớn là các mô hình học sâu được huấn luyện trên lượng dữ liệu văn bản rất lớn, có khả năng mô hình hoá, xử lý và sinh ngôn ngữ tự nhiên. Kiến trúc nền tảng của nhiều mô hình ngôn ngữ hiện đại là Transformer [1], sử dụng cơ chế self-attention để biểu diễn mối quan hệ giữa các đơn vị ngôn ngữ trong chuỗi văn bản. Nhờ đó LLM có thể thực hiện nhiều tác vụ như phân loại ý định, trích xuất thông tin, tóm tắt, sinh văn bản và trả lời câu hỏi dựa trên ngữ cảnh được cung cấp.

Trong phạm vi đề tài, LLM được khai thác chủ yếu ở ba đặc điểm. Thứ nhất, mô hình có khả năng xử lý câu hỏi tiếng Việt tự nhiên, giúp người dùng không cần nhập truy vấn theo cấu trúc cố định. Thứ hai, mô hình có thể trích xuất thông tin có cấu trúc từ câu hỏi, chẳng hạn bệnh lý, dị ứng, nguyên liệu cần tránh, sở thích vị giác hoặc ngữ cảnh bữa ăn. Thứ ba, mô hình có thể sinh phản hồi bằng ngôn ngữ tự nhiên để giải thích kết quả gợi ý theo cách dễ hiểu hơn đối với người dùng.

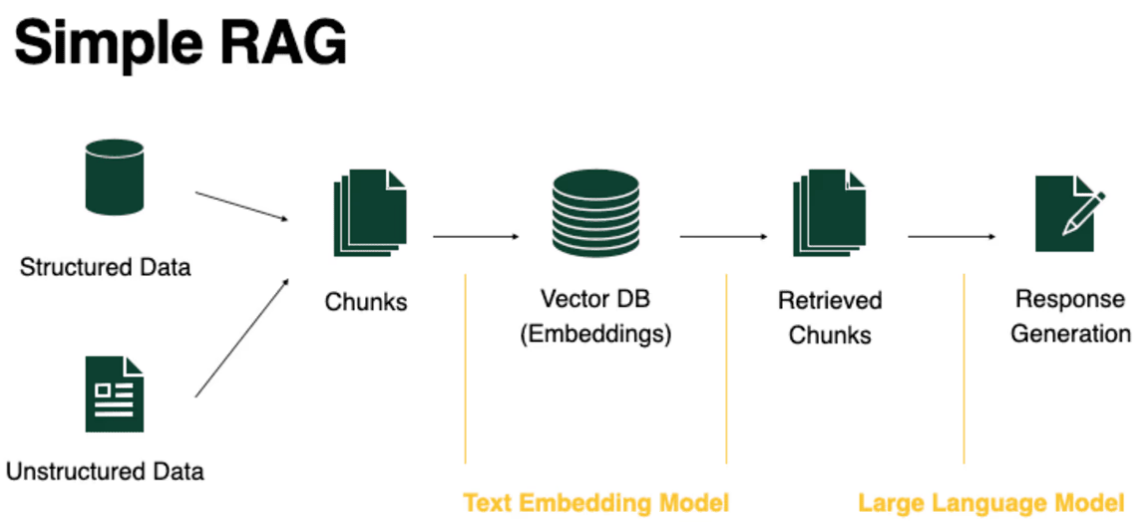
Tuy nhiên, LLM cũng tồn tại một số hạn chế như khả năng sinh thông tin không chính xác, phụ thuộc vào prompt, độ trễ khi gọi API và giới hạn quota của nhà cung cấp. Vì vậy, trong hệ thống đề xuất, LLM không được sử dụng như nguồn quyết định duy nhất cho khuyến nghị sức khỏe. Thay vào đó, kết quả phân tích từ LLM được đưa vào luồng xử lý có kiểm soát, kết hợp với dữ liệu món ăn đã chuẩn hóa, bộ luật sức khỏe, cơ chế lọc và xếp hạng để giảm rủi ro sinh kết quả không phù hợp.

Trong hệ thống, Gemini 2.5 Flash Lite được sử dụng trong luồng gợi ý món ăn để phân tích ý định truy vấn đầu vào và hỗ trợ sinh phần giải thích tự nhiên cho kết quả gợi ý. Các kết quả cần cấu trúc được yêu cầu trả về dưới dạng JSON theo schema định nghĩa trước, giúp hệ thống dễ dàng xử lý ở các bước tiếp theo.

2.2 Tạo tăng cường truy xuất (Retrieval-Augmented Generation - RAG)

2.2.1 Kiến trúc RAG chuẩn

Kiến trúc RAG chuẩn thường được tổ chức theo 2 pha chính: pha chuẩn bị dữ liệu và pha xử lý truy vấn. Ở pha chuẩn bị dữ liệu, dữ liệu nguồn có thể là dữ liệu có cấu trúc hoặc dữ liệu phi cấu trúc, được chia nhỏ thành các đoạn thông tin, chuyển đổi thành vector embedding và lưu vào cơ sở dữ liệu vector. Ở pha xử lý truy vấn, hệ thống truy xuất các đoạn thông tin liên quan từ cơ sở dữ liệu vector, sau đó cung cấp chúng làm ngữ cảnh bổ sung cho mô hình ngôn ngữ lớn để sinh phản hồi.



Hình 2.1: Kiến trúc RAG chuẩn

2.2.2 Cách hệ thống áp dụng RAG

Trong phạm vi đề tài, RAG được điều chỉnh cho bài toán gợi ý món ăn có yếu tố sức khỏe. Khác với RAG truyền thống thường truy xuất các đoạn văn bản từ kho tài liệu, hệ thống sử dụng cơ sở dữ liệu món ăn đã chuẩn hóa làm kho tri thức. Mỗi món ăn được biểu diễn bằng các thông tin như tên món, mô tả, nguyên liệu, nhãn đặc tính, hồ sơ vị, ngữ cảnh bữa ăn và vector embedding.

Bảng 2.1 Các thành phần RAG được triển khai trong hệ thống

Thành phần RAG	Triển khai thực tế
Cơ sở tri thức (Knowledge Base)	Cơ sở dữ liệu 479 món ăn Việt Nam, gồm mô tả món, nguyên liệu, nhãn món ăn, ngữ cảnh bữa ăn và vector embedding.
Khối truy xuất (Retriever)	Truy xuất món ăn ứng viên bằng độ tương đồng giữa vector biểu diễn truy vấn và vector biểu diễn món ăn, kết hợp với các điều kiện lọc theo nguyên liệu và ngữ cảnh.
Tăng cường (Augmentation)	Làm giàu truy vấn bằng thông tin sức khỏe, sở thích và bối cảnh người dùng; đồng thời bổ sung k món ăn hàng đầu, lý do và cảnh báo vào ngữ cảnh sinh phản hồi.
Khối sinh (Generator)	Mô hình ngôn ngữ lớn sinh phản hồi tự nhiên dựa trên danh sách món đã được lọc, xếp hạng và gắn cảnh báo.

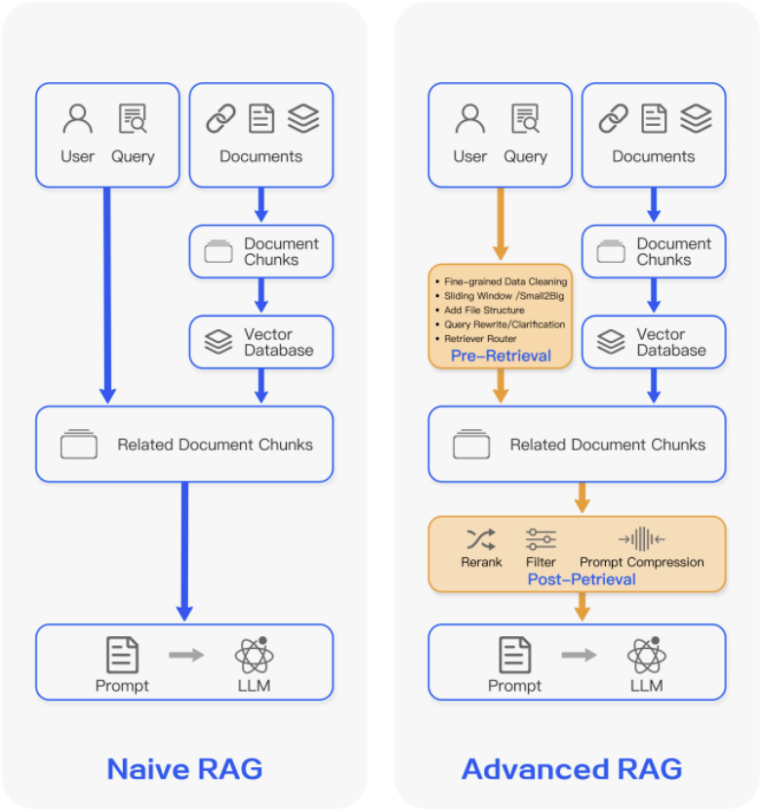
Điểm khác biệt so với RAG truyền thống là hệ thống không chỉ truy xuất dữ liệu rồi đưa trực tiếp cho mô hình ngôn ngữ sinh câu trả lời. Thay vào đó, các món ăn ứng viên phải đi qua bộ lọc ràng buộc sức khỏe và bước xếp hạng tăng cường tri thức trước khi được sử dụng để sinh phản hồi. Cách tiếp cận này giúp hệ thống kiểm soát tốt hơn các trường hợp liên quan đến dị ứng và bệnh lý, đồng thời giảm phụ thuộc vào khả năng suy luận tự do của LLM.

2.2.3 Phân loại RAG và định vị hệ thống

Các kiến trúc RAG có thể được phân loại thành ba cấp độ chính [3]: **Naive RAG, Advanced RAG và Modular RAG.**

Advanced RAG mở rộng kiến trúc cơ bản bằng cách bổ sung các bước xử lý trước và sau truy xuất. Ở giai đoạn tiền truy xuất, hệ thống có thể thực hiện làm sạch dữ liệu, biến đổi truy vấn, mở rộng truy vấn hoặc phân tách truy vấn để cải thiện chất lượng truy xuất. Ở giai đoạn hậu truy xuất, hệ thống có thể lọc, xếp hạng lại, nén ngữ cảnh hoặc chọn lọc thông tin trước khi đưa vào mô hình sinh.

Trong phạm vi đề tài, hệ thống được định vị gần với hướng **Advanced RAG**, kết hợp thêm các thành phần luật kiểm soát khác để tối ưu hoá cho bài toán gợi ý món ăn có điều kiện.



Hình 2.2 So sánh kiến trúc Naive RAG và Advanced RAG

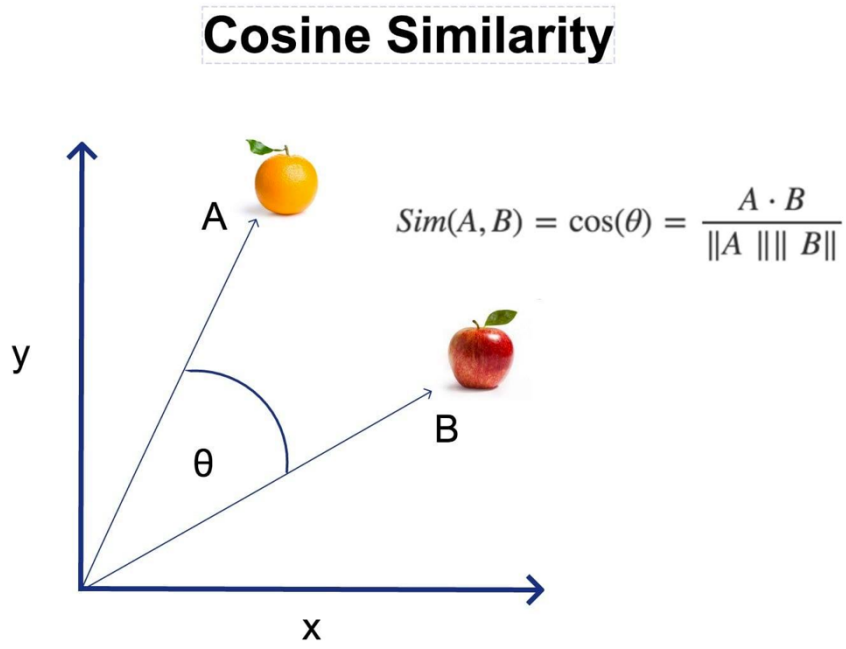
2.3 Biểu diễn ngữ nghĩa bằng Vector Embedding

2.3.1 Khái niệm cơ bản

Vector embedding là kỹ thuật ánh xạ các đối tượng như từ, câu, đoạn văn hoặc bản ghi dữ liệu sang không gian vector số thực nhiều chiều. Mục tiêu của embedding là biểu diễn thông tin ngữ nghĩa dưới dạng hình học, trong đó các đối tượng có nội dung hoặc ý nghĩa gần nhau thường có vector nằm gần nhau hơn trong không gian embedding. Nhờ đó, hệ thống có thể so sánh mức độ tương đồng giữa truy vấn của người dùng và dữ liệu món ăn không chỉ dựa trên từ khóa trùng khớp, mà còn dựa trên ý nghĩa tổng thể của nội dung.

2.3.2 Độ tương đồng Cosine

Độ tương đồng cosine là một trong những thước đo phổ biến để so sánh hai vector trong không gian embedding. Với hai vector A và B, độ tương đồng cosine được tính theo công thức:



Hình 2.3: Công thức tính độ tương đồng Cosine

Giá trị cosine nằm trong khoảng [-1, 1]. Giá trị càng gần 1 thể hiện hai vector càng có hướng gần nhau, tức là nội dung được biểu diễn có mức độ tương đồng ngữ nghĩa cao hơn. Trong bài toán gợi ý món ăn, độ tương đồng cosine được sử dụng để đo mức độ phù hợp giữa truy vấn người dùng và biểu diễn vector của từng món ăn.

2.3.3 Áp dụng trong hệ thống

Trong hệ thống, mô hình gemini-embedding-001 được sử dụng để sinh vector embedding 3072 chiều cho dữ liệu món ăn và truy vấn người dùng. Đối với dữ liệu món ăn,

mỗi món không được nhúng chỉ từ tên món, mà được chuyển thành một đoạn văn bản đại diện gồm tên món, mô tả, nguyên liệu chính, nhãn đặc tính món ăn, hồ sơ vị, bối cảnh bữa ăn và ngữ cảnh sử dụng. Cách biểu diễn này giúp vector của món ăn phản ánh nhiều khía cạnh hơn so với việc chỉ dựa trên tên món.

Quá trình nhúng dữ liệu được thực hiện theo hai vai trò khác nhau. Ở giai đoạn chuẩn bị dữ liệu, món ăn được nhúng với vai trò tài liệu truy xuất và lưu vào cơ sở dữ liệu dưới dạng vector. Ở giai đoạn xử lý truy vấn, câu hỏi của người dùng được phân tích và mở rộng thành câu truy vấn mở rộng trước khi sinh embedding. Câu truy vấn mở rộng kết hợp câu hỏi gốc với các tín hiệu đã trích xuất như bệnh lý, dị ứng, nguyên liệu mong muốn hoặc cần tránh, sở thích vị giác và ngữ cảnh bữa ăn. Mục tiêu là làm cho cấu trúc ngữ nghĩa của truy vấn gần hơn với cấu trúc biểu diễn của món ăn.

Sau khi có vector biểu diễn câu hỏi truy vấn, hệ thống tính độ tương đồng cosine giữa truy vấn và các món ăn ứng viên. Do tập dữ liệu hiện tại có quy mô 479 món, việc tính toán được thực hiện trực tiếp trong bộ nhớ trên tập ứng viên đã qua các bước lọc ràng buộc, thay vì sử dụng tìm kiếm lân cận gần nhất xấp xỉ (approximate nearest neighbor) trên toàn bộ cơ sở dữ liệu. Cách tiếp cận này giúp hệ thống ưu tiên các ràng buộc sức khỏe, đặc biệt là dị ứng thực phẩm, trước khi xếp hạng kết quả theo độ tương đồng ngữ nghĩa.

2.4 Cơ sở dữ liệu Vector với pgvector

pgvector là một extension của PostgreSQL cho phép lưu trữ và thao tác với dữ liệu vector ngay trong hệ quản trị cơ sở dữ liệu quan hệ. Extension này hỗ trợ các kiểu dữ liệu vector và các phép đo khoảng cách phổ biến như khoảng cách Euclidean, inner product và cosine distance. Nhờ đó, PostgreSQL có thể lưu trữ đồng thời dữ liệu quan hệ truyền thống và biểu diễn vector phục vụ tìm kiếm ngữ nghĩa.

Trong hệ thống, vector embedding của món ăn được lưu trong bảng foods bằng kiểu dữ liệu HALFVEC(3072). Kiểu HALFVEC giúp giảm dung lượng lưu trữ so với kiểu vector số thực 32-bit thông thường. Với bộ dữ liệu 479 món ăn, cách lưu trữ này giúp hệ thống quản lý embedding gọn hơn trong cùng cơ sở dữ liệu PostgreSQL, đồng thời vẫn đáp ứng đủ nhu cầu tính toán độ tương đồng trong phạm vi của đề tài. Mặc dù pgvector hỗ trợ truy vấn vector trực tiếp trong SQL, hệ thống hiện tại không sử dụng tìm kiếm lân cận gần nhất xấp xỉ trên toàn bộ cơ sở dữ liệu cho luồng gợi ý món ăn chính. Thay vào đó, hệ thống trước tiên áp dụng các điều kiện lọc theo nguyên liệu, dị ứng, tên món và ngữ cảnh, sau đó tính độ tương đồng Consine trực tiếp trong bộ nhớ trên tập món ăn ứng viên. Cách tiếp cận này phù hợp với quy mô dữ liệu hiện tại, đồng thời giúp việc

tích hợp các luật nghiệp vụ như lọc dị ứng, điều chỉnh điểm theo bệnh lý, ưu tiên ngữ cảnh bữa ăn và sinh dấu vết giải thích trở nên rõ ràng hơn.

Trong tương lai, khi số lượng món ăn tăng lớn hơn, hệ thống có thể tận dụng khả năng lập chỉ mục vector của pgvector để tối ưu tốc độ truy xuất. Khi đó, các điều kiện lọc sức khỏe và cơ chế xếp hạng lại cần được thiết kế kết hợp với truy vấn vector để vừa đảm bảo hiệu năng, vừa duy trì khả năng kiểm soát theo ràng buộc sức khỏe.

2.5 Hệ thống gợi ý dựa trên ràng buộc (Constraint-based Recommendation)

2.5.1 Tổng quan

Hệ thống gợi ý dựa trên ràng buộc là một nhánh của hệ thống gợi ý dựa trên tri thức (knowledge-based recommender systems), trong đó tri thức gợi ý được biểu diễn thông qua tập biến, thuộc tính và các ràng buộc nhằm xác định những phương án thỏa điều kiện [4]. Khác với lọc cộng tác (collaborative filtering), phương pháp này không phụ thuộc chủ yếu vào lịch sử hành vi người dùng mà dựa trên các yêu cầu và ràng buộc được định nghĩa tường minh. Theo Felfernig và Burke [4], hệ thống gợi ý dựa trên ràng buộc phù hợp với các miền bài toán phức tạp, nơi người dùng cần chỉ định yêu cầu cụ thể và hệ thống phải kiểm tra tính thỏa mãn của từng phương án trước khi đề xuất.

Trong bài toán gợi ý món ăn theo ngữ cảnh sức khỏe, cách tiếp cận này phù hợp vì hệ thống cần xử lý đồng thời nhiều điều kiện như dị ứng thực phẩm, bệnh lý, nguyên liệu cần tránh, khẩu vị và bối cảnh bữa ăn. Các nghiên cứu trong miền hệ thống gợi ý thực phẩm tốt cho sức khoẻ cũng cho thấy hệ thống gợi ý món ăn cần xem xét đồng thời sở thích cá nhân và tình trạng sức khỏe của người dùng [5]. Do đó, trong đề tài này, hệ thống gợi ý dựa trên ràng buộc được sử dụng như cơ sở lý thuyết cho lớp xử lý ràng buộc cứng và điều chỉnh thứ hạng đối với các ràng buộc mềm.

2.5.2 Phân loại ràng buộc

Trong phạm vi đề tài, các ràng buộc được chia thành 2 nhóm chính:

- **Ràng buộc cứng (Hard Constraint):** là các điều kiện bắt buộc phải thỏa mãn. Nếu một món ăn vi phạm ràng buộc cứng, món đó sẽ bị loại khỏi tập ứng viên trước khi xếp hạng. Nhóm này chủ yếu áp dụng cho các trường hợp có nguy cơ cao như dị ứng thực phẩm hoặc các trường hợp cần loại trừ theo quy tắc hệ thống.
- **Ràng buộc mềm (Soft Constraint):** là các điều kiện mang tính ưu tiên hoặc khuyến nghị. Nếu một món ăn vi phạm ràng buộc mềm, món đó không nhất thiết bị loại bỏ hoàn toàn mà sẽ bị giảm điểm xếp hạng hoặc được gắn cảnh báo. Nhóm này phù hợp với các bệnh lý mà khuyến nghị dinh dưỡng thường mang tính nên

hạn chế, điều chỉnh khẩu phần hoặc tăng mức độ thận trọng, thay vì loại trừ trong mọi trường hợp.

2.5.3 Triển khai trong hệ thống

Trong hệ thống đề xuất, các ràng buộc được tích hợp vào luồng gợi ý theo hai vai trò:

Thứ nhất, ràng buộc cứng được sử dụng để loại bỏ sớm các món ăn có nguy cơ không phù hợp, đặc biệt là các món chứa nguyên liệu liên quan đến dị ứng thực phẩm. Việc loại bỏ sớm giúp giảm khả năng một món có điểm tương đồng ngữ nghĩa cao nhưng không an toàn vẫn xuất hiện trong kết quả.

Thứ hai, ràng buộc mềm được sử dụng trong quá trình xếp hạng lại kết quả. Các đặc điểm món ăn không phù hợp với tình trạng sức khỏe, chẳng hạn món quá mặn đối với người cao huyết áp hoặc món nhiều dầu mỡ đối với người béo phì, sẽ làm giảm điểm xếp hạng. Ngược lại, các đặc điểm phù hợp như thanh đạm, dễ tiêu, giàu chất xơ hoặc hấp/luộc có thể được ưu tiên trong quá trình xếp hạng. Cách tiếp cận này giúp hệ thống tránh loại bỏ quá nhiều món ăn hợp lệ, đồng thời vẫn phản ánh được mức độ phù hợp về sức khỏe.

Bảng 2.2: Phân loại ràng buộc trong hệ thống

Loại	Điều kiện	Cơ chế
Ràng buộc cứng	Dị ứng thực phẩm hoặc các trường hợp cần loại trừ theo quy tắc hệ thống	Loại khỏi tập ứng viên dựa trên nguyên liệu/khóa nguyên liệu
Ràng buộc mềm	Bệnh lý hoặc khuyến nghị nên hạn chế	Giảm điểm xếp hạng và bổ sung cảnh báo

Việc phân loại ràng buộc giúp hệ thống cân bằng giữa kiểm soát rủi ro sức khoẻ và độ bao phủ kết quả. Các điều kiện có nguy cơ cao như dị ứng được xử lý bằng ràng buộc cứng để giảm rủi ro bỏ sót. Trong khi đó, các khuyến nghị bệnh lý thường mang tính tương đối nên được xử lý bằng ràng buộc mềm, giúp hạn chế hiện tượng lọc quá mức (over-filtering) khi số lượng món ăn ứng viên không lớn.

2.6 Xếp hạng lại kết quả (Knowledge-Augmented Reranking)

2.6.1 Định nghĩa

Knowledge-Augmented Reranking là kỹ thuật xếp hạng lại tập ứng viên đã được truy xuất bằng cách kết hợp điểm tương đồng ngữ nghĩa với tri thức miền ứng dụng (domain

knowledge) vào hàm điểm. Điều này giúp điều chỉnh thứ hạng theo ngữ cảnh người dùng mà mô hình embedding thuần không nắm bắt được.

2.6.2 Hàm điểm tổng hợp

Trong hệ thống, điểm cuối cùng của mỗi món ăn được tính bằng cách kết hợp điểm tương đồng ngữ nghĩa với các thành phần điều chỉnh dựa trên tri thức miền. Công thức **(1)** mô tả tổng quát công thức tính điểm đó:

$$\text{score} = \text{clip}\big(\text{cosine}(\text{s},\text{f}) + \Delta_{\text{tag}} + \Delta_{\text{role}}, [0,1]\big) \quad (1)$$

Trong đó:

$$cosine(q,f) = \frac{\vec{q} \,.\, \vec{f}}{\|\vec{q}\| \,\|\vec{f}\,\|}$$

- **Độ tương đồng Cosine – Điểm nền:** Đo mức độ tương đồng ngữ nghĩa giữa câu truy vấn đã được mở rộng với vector biểu diễn món ăn.
- **Tag adjustment – Điều chỉnh theo tính chất:**

$$\Delta_{tag} = tag_bonus \; - tag_penalty$$

tag_bonus: là điểm cộng khi món ăn có các đặc điểm phù hợp với sở thích hoặc khuyến nghị sức khoẻ, chẳng hạn món thanh đạm, dễ tiêu, giàu chất xơ hoặc phù hợp với bữa ăn được yêu cầu.

tag_penalty: là điểm trừ khi món ăn có các đặc điểm người dùng muốn tránh hoặc không phù hợp với bệnh lý chẳng hạn món quá mặn với người cao huyết áp, món cay/chua với người viêm loét dạ dày hoặc món nhiều dầu mỡ với người béo phì.

- **Meal role adjustment – điều chỉnh vai trò bữa ăn**

$$\Delta_{\boldsymbol{role}} \in [\, \mathbf{-0.08}, \mathbf{+0.08} \,]$$

Đây là thành phần điều chỉnh theo vai trò của món ăn trong bữa ăn. Ví dụ, khi

người dùng tìm món cho bữa chính, các món có khả năng tạo cảm giác no hoặc đóng vai trò chính sẽ được ưu tiên hơn so với những món ăn vặt hoặc món phụ.

2.7 Hệ thống dựa trên quy tắc trong lĩnh vực y tế

2.7.1 Tổng quan

Hệ thống dựa trên quy tắc là phương pháp biểu diễn tri thức dưới dạng các luật tường minh, thường có cấu trúc IF-THEN. Phần IF mô tả điều kiện cần kiểm tra, còn phần THEN mô tả hành động hoặc kết luận tương ứng. Khi các luật này được xây dựng từ tri thức chuyên gia và áp dụng trong một miền cụ thể, hệ thống có thể được xem là một dạng hệ chuyên gia.

Ưu điểm của phương pháp này là tính minh bạch, dễ kiểm chứng và không yêu cầu tập dữ liệu huấn luyện lớn. Mỗi quyết định có thể được truy vết về các luật đã kích hoạt, phù hợp với các bài toán có yêu cầu an toàn như dị ứng thực phẩm hoặc khuyến nghị dinh dưỡng theo bệnh lý. Tuy nhiên, hệ thống phụ thuộc nhiều vào chất lượng bộ luật và cần được cập nhật khi nguồn tri thức chuyên môn thay đổi.

2.7.2 Knowledge Acquisition – Phương pháp xây dựng quy tắc

Tri thức sức khỏe trong hệ thống được xây dựng theo hướng Knowledge Acquisition from Expert Sources, tức là trích xuất và chuẩn hóa khuyến nghị từ các nguồn có độ tin cậy như hướng dẫn lâm sàng, tài liệu y khoa và các nghiên cứu đã công bố. Cách tiếp cận này giúp bộ luật có nguồn gốc rõ ràng, có thể truy vết và phù hợp với yêu cầu minh bạch của một hệ thống học thuật.

Quy trình xây dựng quy tắc gồm ba bước chính. Thứ nhất, xác định nguồn tham chiếu phù hợp cho từng nhóm tình trạng sức khỏe, chẳng hạn dị ứng thực phẩm, cao huyết áp, viêm loét dạ dày hoặc béo phì. Thứ hai, trích xuất các nhóm nguyên liệu, đặc điểm món ăn hoặc phương pháp chế biến được khuyến nghị cần tránh, nên hạn chế hoặc nên ưu tiên. Thứ ba, ánh xạ các khuyến nghị này sang cấu trúc dữ liệu của hệ thống, bao gồm khóa nguyên liệu, nhãn món ăn và luật cảnh báo, để sử dụng trong quá trình lọc, xếp hạng và sinh giải thích.

Trong đề tài, các khuyến nghị được chuyển hóa thành hai loại ràng buộc. Ràng buộc cứng được áp dụng cho các trường hợp có nguy cơ cao, đặc biệt là dị ứng thực phẩm, trong đó món ăn chứa nguyên liệu gây dị ứng sẽ bị loại khỏi tập ứng viên. Ràng buộc mềm được áp dụng cho các bệnh lý hoặc khuyến nghị mang tính hạn chế tương đối, chẳng hạn món nhiều muối với người cao huyết áp, món cay/chua với người viêm loét dạ dày hoặc món nhiều dầu mỡ với người béo phì. Các trường hợp này chủ yếu được xử lý bằng cách giảm điểm xếp hạng và bổ sung cảnh báo thay vì loại bỏ tuyệt đối.

Bảng dưới đây tóm tắt cách hệ thống chuyển hóa tri thức sức khỏe thành quy tắc gợi ý.

Bảng 2.3: Bảng nội dung chuyển hoá tri thức sức khoẻ thành quy tắc gợi ý

Nhóm tình trạng	Nguồn tham chiếu	Tri thức trích xuất	Cách ánh xạ trong hệ thống
Dị ứng thực phẩm	NIAID Guidelines 2010 [6]; WAO DRACMA 2022 [8]	Các nhóm dị ứng chính như giáp xác, thân mềm, sữa bò.	Ràng buộc cứng: loại trừ món chứa nguyên liệu thuộc nhóm dị ứng
Cao huyết áp	ACC/AHA 2017 [9]	Hạn chế natri, thực phẩm nhiều muối, thực phẩm chế biến sẵn, chất béo bão hòa	Ràng buộc mềm: giảm điểm món có nhãn nhiều muối, chiên/rán, thịt chế biến sẵn
Viêm loét dạ dày	JSGE 2020 [10]	Hạn chế thực phẩm cay nóng, acid cao, nhiều dầu mỡ, đồ uống kích thích	Ràng buộc mềm: giảm điểm món cay, chua gắt, đồ uống kích thích
Béo phì	AHA/ACC/TOS 2013 [11]	Kiểm soát năng lượng, hạn chế món chiên, nhiều đường, nhiều chất béo	Ràng buộc mềm: giảm điểm món chiên giòn, nhiều đường, nhiều chất béo, ưu tiên món giàu chất xơ, đạm nạc, ít dầu

Chương 3: PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT VÀ KIẾN TRÚC LUỒNG XỬ LÝ

3.1 Phát biểu bài toán

Bài toán được giải quyết trong đồ án là gợi ý danh sách món ăn phù hợp với truy vấn ngôn ngữ tự nhiên và ngữ cảnh sức khỏe của người dùng. Người dùng có thể đặt câu hỏi bằng tiếng Việt tự nhiên, chẳng hạn "Tôi bị cao huyết áp, trưa nay nên ăn món gì ít mặn?" hoặc "Tôi dị ứng sữa bò, nên tránh món nào?". Hệ thống cần phân tích truy vấn, kết hợp với hồ sơ cá nhân và bộ luật sức khỏe để trả về danh sách món ăn phù hợp kèm lý do gợi ý.

Bài toán có thể được mô tả hình thức như sau:

Đầu vào (Input):

- Câu truy vấn ngôn ngữ tự nhiên của người dùng: q.
- Hồ sơ cá nhân P = { H, A, F } trong đó H là tập bệnh lý hoặc tình trạng sức khoẻ, A là tập dị ứng thực phẩm, F là tập sở thích ăn uống, nguyên liệu ưa thích.
- Cơ sở dữ liệu món ăn D = { f1, f2,…, fn }, trong đó mỗi món ăn được biểu diễn bởi tên món, mô tả, nguyên liệu, nhãn món ăn, ngữ cảnh bữa ăn và vector embedding.

Đầu vào (Input):

- Danh sách tối đa k = 5 món ăn { f1, f2,…, fk} được xếp hạng theo độ phù hợp kèm lý giải cụ thể cho từng kết quả

Ràng buộc cứng (Hard Constraints):

- Đối với nhóm dị ứng thực phẩm hoặc các nguyên liệu có nguy cơ cao, hệ thống ưu tiên loại bỏ các món chứa nguyên liệu thuộc nhóm cần tránh trước khi xếp hạng. Đây là nhóm ràng buộc không được ghi đè bởi sở thích cá nhân.

Ràng buộc mềm (Soft Constraints):

- Đối với các bệnh lý hoặc khuyến nghị mang tính hạn chế tương đối, hệ thống không loại bỏ tuyệt đối mọi món có yếu tố cần lưu ý, mà điều chỉnh điểm xếp hạng và bổ sung cảnh báo. Ví dụ, món quá mặn đối với người cao huyết áp hoặc món nhiều dầu mỡ đối với người béo phì sẽ bị giảm điểm và có thể được gắn lưu ý sức khỏe.

3.2 Tổng quan phương pháp đề xuất

Hệ thống gợi ý món ăn trong đề tài này được xây dựng theo hướng RAG có kiểm soát [3], gần với kiến trúc Advanced RAG đã trình bày ở Chương 2. Thay vì chỉ truy xuất dữ liệu rồi đưa trực tiếp cho mô hình ngôn ngữ sinh phản hồi, hệ thống bổ sung các bước phân tích truy vấn, lọc ràng buộc, xếp hạng lại và sinh cảnh báo sức khỏe trước khi trả kết quả cho người dùng:

- **Tiền truy xuất (Pre-retrieval):** Ở giai đoạn này câu hỏi tiếng Việt tự nhiên của người dùng được phân tích bằng mô hình ngôn ngữ lớn để trích xuất các thông tin có cấu trúc như bệnh lý, dị ứng, nguyên liệu mong muốn hoặc cần tránh, sở thích vị giác và bối cảnh bữa ăn. Các thông tin này được sử dụng để xây dựng truy vấn mở rộng trước khi sinh embedding, giúp biểu diễn truy vấn đầy đủ hơn so với việc nhúng trực tiếp câu hỏi ban đầu.
- **Xử lý món ăn ràng buộc sức khỏe (Health-Aware Candidate Processing):** Ở giai đoạn xử lý ứng viên, hệ thống áp dụng quy trình lọc theo ràng buộc sức khỏe. Với nhóm dị ứng, các món có nguyên liệu nguy cơ cao được ưu tiên loại khỏi tập ứng viên. Với nhóm bệnh lý, hệ thống chủ yếu sử dụng các ràng buộc mềm để điều chỉnh điểm xếp hạng và bổ sung cảnh báo, thay vì loại bỏ tuyệt đối mọi món có yếu tố cần hạn chế.
- **Hậu truy xuất (Post-retrieval):** Ở giai đoạn hậu truy xuất, các món ăn ứng viên được xếp hạng lại bằng hàm điểm tổng hợp, kết hợp độ tương đồng ngữ nghĩa với các tín hiệu như nhãn phù hợp, nhãn cần tránh, vai trò bữa ăn và mức độ thận trọng sức khỏe. Sau đó, hệ thống sinh lý do gợi ý và cảnh báo ngắn gọn để người dùng hiểu vì sao món ăn được đề xuất. Chi tiết về công thức tính toán và các trọng số xếp hạng sẽ được trình bày ở những phần tiếp theo.

Cách tiếp cận này giúp hệ thống kết hợp được ưu điểm của tìm kiếm ngữ nghĩa, khả năng hiểu ngôn ngữ tự nhiên của LLM và tính kiểm soát của bộ luật sức khỏe, phù hợp hơn với bài toán gợi ý món ăn có yếu tố bệnh lý và dị ứng.

3.3 Luồng vận hành gợi ý món ăn của hệ thống

Luồng gợi ý món ăn, hệ thống bao gồm 2 giai đoạn vận hành chính:

- **Giai đoạn chuẩn bị dữ liệu:** Xây dựng cơ sở dữ liệu món ăn, sinh vector embedding cho từng món và nạp quy tắc y tế vào hệ thống. Giai đoạn này chỉ chạy khi có cập nhật dữ liệu.
- **Giai đoạn xử lý yêu cầu người dùng:** Chịu trách nhiệm tiếp nhận truy vấn ngôn ngữ tự nhiên từ người dùng, xử lý qua nhiều bước và trả về danh sách món gợi ý kèm giải thích.

3.4 Giai đoạn chuẩn bị dữ liệu

3.4.1 Xây dựng và chuẩn hoá bộ dữ liệu món ăn

Dữ liệu món ăn là thành phần nền tảng của hệ thống gợi ý, vì toàn bộ quá trình tìm kiếm ngữ nghĩa, lọc theo ràng buộc sức khỏe và xếp hạng kết quả đều phụ thuộc trực tiếp vào chất lượng biểu diễn của từng món ăn. Trong đề tài, dữ liệu được xây dựng theo quy trình gồm bốn giai đoạn chính: thu thập dữ liệu, làm giàu dữ liệu, xử lý nhiễu và thống kê phân bố tập dữ liệu.

1. Thu thập dữ liệu

Dữ liệu món ăn ban đầu được thu thập từ Cookpad Việt Nam, một nền tảng chia sẻ công thức nấu ăn cộng đồng với lượng lớn công thức món Việt do người dùng đăng tải. Danh sách đầu vào của quá trình thu thập gồm 600 món ăn, quá trình thu thập tập trung vào các thông tin công khai như tên món, danh sách nguyên liệu, hình ảnh minh họa và hướng dẫn chế biến.

Kết quả sau quá trình thu thập được thống kê như sau:

Bảng 3.1: Thống kê số lượng món ăn qua các giai đoạn chuẩn bị dữ liệu

Giai đoạn	Số lượng món	Mô tả
Danh sách món ban đầu	600 món	Tập hợp tên các món ăn đặc trưng được cấu trúc hóa dưới dạng tệp tin JSON.
Danh sách món có dữ liệu	488 món	Các món tìm được nguyên liệu và quy trình chế biến từ nguồn dữ liệu thô.
Danh sách món không được tìm thấy	112 món	Các món không khai thác được thông tin hoặc thiếu dữ liệu thành phần trên các nguồn tham chiếu.
Danh sách món ăn sau khi làm sạch và chuẩn hóa	479 món	Tập dữ liệu làm sạch cuối cùng sau khi loại bỏ các bản ghi bị lỗi định dạng hoặc thiếu thông tin cốt lõi.

2. Làm giàu dữ liệu

Dữ liệu thô từ công thức nấu ăn chưa đủ để phục vụ luồng gợi ý theo ngữ cảnh sức khỏe. Vì vậy, hệ thống thực hiện bước làm giàu dữ liệu nhằm bổ sung các thông tin mô tả, phân loại nguyên liệu và gán nhãn món ăn.

Các trường được bổ sung bao gồm:

- **description:** mô tả ngắn về đặc điểm, cách chế biến và hương vị của món ăn, phục vụ cho bước sinh embedding ngữ nghĩa.
- **core_ingredients:** danh sách nguyên liệu chính của món ăn, được sử dụng trong quá trình lọc, tìm kiếm và sinh khóa nguyên liệu.
- **preprocessing_ingredients:** danh sách gia vị hoặc phụ liệu được tách riêng để tránh làm nhiễu danh sách nguyên liệu chính.
- **soft_tags:** các nhãn đặc tính tổng hợp của món ăn như phương pháp chế biến, kết cấu, nhóm thực phẩm, mức độ đậm vị hoặc đặc điểm dinh dưỡng.

Nhóm nhãn	Số lượng	Vai trò trong hệ thống
Vị chủ đạo	8	Mô tả khẩu vị chính món ăn
Nhiệt độ	3	Mô tả cảm giác khi dùng món ăn
Kết cấu	4	Mô tả đặc điểm cấu trúc món ăn
Dạng món	3	Phân biệt hình thức tổng quát của món
Phương pháp chế biến	12	Mô tả cách chế biến chính
Xuất xứ và danh mục	8	Mô tả nhóm ẩm thực
Bữa ăn và ngữ cảnh sử dụng	12	Thời điểm và hoàn cảnh dùng món
Dinh dưỡng và thành phần nổi bật	8	Ghi nhận đặc điểm dinh dưỡng hoặc nhóm nguyên liêu đáng chú ý
Tiêu hoá	4	Mô tả mức độ dễ chịu khi ăn

Bộ nhãn mô tả món ăn trong hệ thống gồm 62 nhãn hợp lệ, được chia thành các nhóm như vị chủ đạo, nhiệt độ và cảm giác, kết cấu, dạng món, phương pháp chế biến, xuất xứ/danh mục, bữa ăn, ngữ cảnh sử dụng, dinh dưỡng và tiêu hóa. Việc giới hạn nhãn trong danh sách cố định giúp dữ liệu nhất quán hơn, tránh tình trạng mỗi món được gán nhãn tự do theo nhiều cách khác nhau.

Sau bước làm giàu, một số nhãn trong soft_tags được phân tách thành các nhóm ngữ nghĩa riêng để phục vụ quá trình embedding và xếp hạng kết quả:

- **taste_profile:** hồ sơ vị giác của món ăn, ví dụ đậm đà, cay, chua, béo ngậy.
- **meal_context:** bữa ăn phù hợp, ví dụ ăn sáng, ăn trưa, ăn tối.
- **occasion_context:** bối cảnh sử dụng, ví dụ ăn no, ăn vặt, ấm bụng.

Quá trình phân loại kết hợp dựa trên danh sách nhãn cố định, có sự hỗ trợ từ LLM và kiểm tra thủ công đối với các trường hợp khó phân loại. Sau bước kiểm tra và làm sạch, bộ dữ liệu cuối cùng thu được gồm 479 món ăn Việt Nam và được sử dụng làm đầu vào cho bước nạp dữ liệu vào cơ sở dữ liệu.

Mỗi bản ghi món ăn sau khi hoàn tất tiền xử lý bao gồm các trường sau:

Bảng 3.2: Nội dung dữ liệu món ăn sau khi tiền xử lý

Thuộc tính	Kiểu	Mô tả
name	string	Tên món ăn
img_url	string	Đường dẫn ảnh
description	string	Mô tả tổng quan về món ăn
raw_ingredients	list[string]	Danh sách nguyên liệu gốc, có thể kèm định lượng
raw_instructions	string	Hướng dẫn chế biến món ăn
core_ingredients	list[string]	Danh sách nguyên liệu chính đã chuẩn hóa
preprocessing_ingredients	list[string]	Gia vị/phụ liệu được tách riêng trong bước xử lý dữ liệu
soft_tags	list[string]	Nhãn đặc tính món ăn
taste_profile	list[string]	Nhãn hương vị
meal_context	list[string]	Nhãn bữa ăn phù hợp
occasion_context	list[string]	Nhãn bối cảnh sử dụng

dining_context	string	Ngữ cảnh phục vụ: món ngoài quán, món nấu tại nhà hoặc cả hai trường hợp
core_ingredient_keys	list[string]	Khóa định danh nguyên liệu sinh từ alias rules, dùng cho lọc nguyên liệu
embedding	vector	Vector embedding 3072 chiều dùng cho tìm kiếm ngữ nghĩa

3. Xử lý nhiễu và làm sạch dữ liệu

Trong quá trình xây dựng dữ liệu, hệ thống xử lý ba nhóm nhiễu chính sau:

Thứ nhất là **nhiễu định lượng trong chuỗi nguyên liệu.** Dữ liệu công thức thường chứa định lượng và đơn vị đo như "2 con ếch", "100g mì lá tươi" hoặc "1 muỗng canh nước mắm". Các thành phần định lượng này không phù hợp để dùng trực tiếp trong lọc nguyên liệu, vì hệ thống cần nhận diện bản chất nguyên liệu thay vì số lượng. Do đó, chuỗi nguyên liệu được làm sạch để tách phần nguyên liệu chính ra khỏi định lượng và đơn vị đo.

Thứ hai là **nhiễu do thành phần phụ và nguyên liệu sơ chế**. Một món ăn trong danh sách nguyên liệu thu thập thì sẽ tồn tại những nguyên liệu sơ chế. Nếu đưa toàn bộ các thành phần này vào danh sách nguyên liệu chính, hệ thống có thể bị nhiễu khi lọc theo dị ứng hoặc bệnh lý. Vì vậy, dữ liệu được tách thành core_ingredients và preprocessing_ingredients. Trong tập dữ liệu hiện tại, có 69 món chứa danh sách preprocessing_ingredients. Điều này giúp danh sách core_ingredients tập trung hơn vào các nguyên liệu có ảnh hưởng lớn đến gợi ý và cảnh báo sức khỏe.

Thứ ba là **nhiễu do đồng nghĩa và cách gọi nguyên liệu khác nhau.** Trong tiếng Việt, cùng một nguyên liệu có thể có nhiều cách gọi khác nhau, ví dụ "thịt heo" và "thịt lợn", hoặc các biến thể như "tôm sú", "tôm đất", "tép khô". Để xử lý vấn đề này, hệ thống sử dụng bộ quy tắc alias gồm **65 quy tắc chuẩn hóa**, bao phủ 661 biến thể tên nguyên liệu và ánh xạ về 36 nhóm nguyên liệu. Khi nạp dữ liệu, mỗi nguyên liệu trong core_ingredients được chuyển thành core_ingredient_keys gồm các khóa dạng base:, canon: và group:. Các khóa này giúp hệ thống lọc nguyên liệu cần tránh ổn định hơn so với so khớp trực tiếp bằng chuỗi văn bản.

Ví dụ, các nguyên liệu như “tôm sú”, “tôm đất”, “tép khô” có thể được ánh xạ về khóa chuẩn liên quan đến nhóm giáp xác. Nhờ đó, khi người dùng có dị ứng động vật giáp xác, hệ thống có thể loại bỏ các món chứa những biến thể nguyên liệu tương ứng.

4. Phân bố và thống kê tập dữ liệu

Sau khi làm sạch và chuẩn hóa, tập dữ liệu cuối cùng gồm 479 món ăn Việt Nam. Trong thực tế, một món ăn có thể được xếp vào nhiều nhóm phân loại khác nhau. Các số liệu thống kê dưới đây thể hiện tỷ lệ phầm trăm dựa trên tần suất xuất hiện của từng nhãn so với tổng số 479 món ăn hiện có của hệ thống.

Phân bố theo bữa ăn:

Nhãn bữa ăn	Số món	Tỷ lệ
Ăn tối	364	76,0%
Ăn trưa	329	68,7%
Ăn chiều / xế	185	38,6%
Ăn sáng	120	25,1%
Ăn khuya	76	15,9%

Nhận xét: Dữ liệu tập trung chủ yếu vào các bữa chính như "Ăn tối" (76,0%) và "Ăn trưa" (68,7%), phản ánh đúng nhu cầu tìm kiếm ẩm thực thực tế của người dùng. Các bữa phụ ("Ăn sáng", "Ăn khuya") tuy chiếm tỷ trọng nhỏ hơn nhưng vẫn cung cấp đủ không gian mẫu, giúp hệ thống duy trì khả năng gợi ý linh hoạt cho mọi khung giờ trong ngày.

Phân bố theo ngữ cảnh sử dụng:

Nhãn ngữ cảnh	Số món	Tỷ lệ
Ăn no	310	64,7%
Ấm bụng	165	34,4%
Ăn vặt	133	27,8%
Mồi nhậu	51	10,6%
Tráng miệng	44	9,2%

Nhận xét: Ngữ cảnh "Ăn no" chiếm ưu thế (64,7%), tương đồng với tỷ lệ món ăn chính. Việc duy trì phân bố đa dạng ở các nhãn phụ như "Ấm bụng" (34,4%), "Ăn vặt" (27,8%) hay "Mồi nhậu" (10,6%) đóng vai trò quan trọng giúp thuật toán RAG mở rộng phạm vi tìm kiếm, đáp ứng chính xác các câu hỏi truy vấn mang tính cá nhân hóa cao.

Phân bố theo phương pháp chế biến:

Phương pháp chế biến	Số món	Tỷ lệ
Nướng	85	17,7%
Hấp / Luộc	81	16,9%
Chiên / Rán	77	16,1%
Xào	62	12,9%
Hầm / Ninh	49	10,2%
Gỏi / Nộm / Trộn	43	9,0%
Kho / Rim	36	7,5%
Cuốn / Gói	28	5,8%
Rang	12	2,5%
Cháo	10	2,1%
Súp	9	1,9%
Lẩu	6	1,3%

Nhận xét: Các phương pháp chế biến phân bố tương đối đồng đều (Nướng, Hấp/Luộc, Chiên/Rán dao động 16% - 17%). Sự cân bằng này là cơ sở dữ liệu then chốt để thuật toán thực thi các bộ luật y tế (Medical Rules). Chẳng hạn, tỷ lệ 16,9% món "Hấp/Luộc" đảm bảo hệ thống luôn có sẵn các lựa chọn thay thế an toàn cho nhóm thực khách mắc bệnh lý cần kiêng dầu mỡ.

Tổng quan, tỷ lệ phân bố đa nhãn cho thấy bộ 479 món ăn có cấu trúc hợp lý, bám sát thực tế và đủ độ đa dạng. Đây là tiền đề dữ liệu vững chắc để kiến trúc hệ thống hoạt động ổn định, đảm bảo cả trải nghiệm ẩm thực lẫn tính an toàn sức khỏe cho người dùng.

3.4.2 Xây dựng bộ quy tắc sức khoẻ

Bảng 3.3: Bảng thống kê các quy tắc sức khoẻ trong hệ thống

Nhóm	Số lượng	Ví dụ
Allergy	3	Dị ứng động vật giáp xác, dị ứng động vật thân mềm, dị ứng sữa.
Disease	3	Béo phì, Cao huyết áp, Viêm loét dạ dày

Nguồn tri thức và phương pháp chuyển hóa tri thức sức khỏe thành ràng buộc đã được trình bày ở Chương 2. Trong giai đoạn chuẩn bị dữ liệu, các tri thức này được mã hóa

thành bộ quy tắc có cấu trúc để hệ thống sử dụng trong quá trình lọc, xếp hạng và sinh cảnh báo.

Bộ quy tắc chính được lưu trong file tags_data.json và được đồng bộ vào bảng tags của cơ sở dữ liệu. Ở phiên bản hiện tại, hệ thống định nghĩa 6 nhãn sức khỏe, được phân thành 2 nhóm: Allergy và Disease. Các nhóm này phản ánh những loại ràng buộc khác nhau trong bài toán gợi ý món ăn, từ dị ứng thực phẩm, bệnh lý.



Hình 3.1: Cấu trúc JSON của nhãn bệnh lý

Mỗi nhãn sức khỏe được biểu diễn bằng các trường ràng buộc chính. Các trường này không chỉ mô tả nguyên liệu cần tránh, mà còn biểu diễn những đặc điểm món ăn nên hạn chế hoặc nên ưu tiên. Cách biểu diễn này giúp hệ thống xử lý linh hoạt cả hai loại ràng buộc: ràng buộc cứng đối với các trường hợp có nguy cơ cao như dị ứng, và ràng buộc mềm đối với các bệnh lý hoặc khuyến nghị mang tính hạn chế tương đối.

Bảng 3.4: Các trường dữ liệu của một quy tắc sức khoẻ

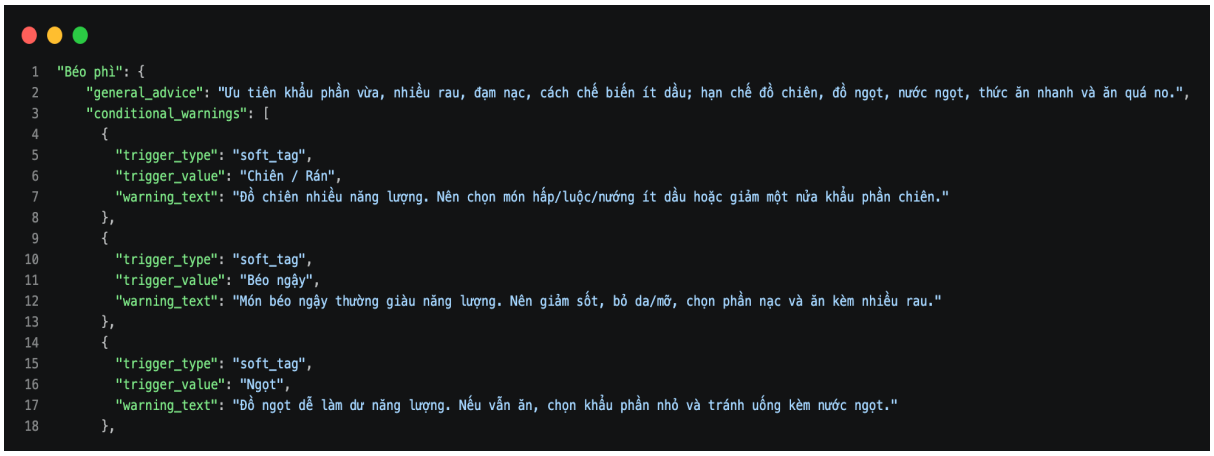
Trường dữ liệu	Vai trò	Chức năng
exclude_ingredient	Danh sách nguyên liệu cần loại trừ	Dùng cho hard filter, chủ yếu với dị ứng hoặc nguyên liệu nguy cơ cao

prefer_ingredient	Danh sách nguyên liệu nên ưu tiên	Dùng làm tín hiệu ưu tiên khi xếp hạng, không mang nghĩa điều trị
exclude_soft_tag	Nhãn món ăn cần hạn chế	Dùng để giảm điểm xếp hạng hoặc sinh cảnh báo
prefer_soft_tag	Nhãn món ăn nên ưu tiên	Dùng để cộng điểm hoặc ưu tiên trong quá trình xếp hạng

Bên cạnh file tags_data.json, hệ thống còn sử dụng file medical_advice_rules.json để lưu các lời khuyên và cảnh báo dạng văn bản tự nhiên. Mỗi nhãn sức khỏe có một general_advice mô tả nguyên tắc chung và danh sách conditional_warnings dùng để kích hoạt cảnh báo khi món ăn có một soft_tag nhất định.

Bảng 3.5: Các trường dữ liệu của một lời cảnh báo tương ứng quy tắc sức khoẻ

Trường dữ liệu	Vai trò
general_advice	Lời khuyên chung cho từng tình trạng sức khỏe
conditional_warnings	Danh sách cảnh báo có điều kiện
trigger_type	Nhãn món ăn cần Kiểu điều kiện kích hoạt cảnh báo, ví dụ soft_tag
trigger_value	Giá trị tag làm phát sinh cảnh báo
warning_text	Nội dung cảnh báo hiển thị trong kết quả gợi ý



```
"Béo phì": {
    "general_advice": "Ưu tiên khẩu phần vừa, nhiều rau, đạm nạc, cách chế biến ít dầu; hạn chế đồ chiên, đồ ngọt, nước ngọt, thức ăn nhanh và ăn quá no.",
    "conditional_warnings": [
      {
        "trigger_type": "soft_tag",
        "trigger_value": "Chiên / Rán",
        "warning_text": "Đồ chiên nhiều năng lượng. Nên chọn món hấp/luộc/nướng ít dầu hoặc giảm một nửa khẩu phần chiên."
      },
      {
        "trigger_type": "soft_tag",
        "trigger_value": "Béo ngậy",
        "warning_text": "Món béo ngậy thường giàu năng lượng. Nên giảm sốt, bỏ da/mỡ, chọn phần nạc và ăn kèm nhiều rau."
      },
      {
        "trigger_type": "soft_tag",
        "trigger_value": "Ngọt",
        "warning_text": "Đồ ngọt dễ làm dư năng lượng. Nếu vẫn ăn, chọn khẩu phần nhỏ và tránh uống kèm nước ngọt."
      },
```

Hình 3.2: Cấu trúc JSON của lời khuyên bệnh lý

Các cảnh báo này được sử dụng ở bước hậu xử lý nhằm giúp kết quả gợi ý dễ hiểu và có thêm ngữ cảnh sức khỏe. Ví dụ, khi người dùng dị ứng động vật giáp xác và món ăn có nhãn "Món nước", hệ thống có thể bổ sung cảnh báo về nguy cơ nước dùng được nấu từ tôm, cua hoặc hải sản. Như vậy, tags_data.json đóng vai trò cung cấp dữ liệu cho quá trình lọc và xếp hạng, trong khi medical_advice_rules.json hỗ trợ sinh cảnh báo và giải thích kết quả cho người dùng.

3.4.3 Nạp dữ liệu vào hệ thống

Quá trình nạp dữ liệu được thực hiện với ba nhóm tác vụ chính: đồng bộ bộ quy tắc sức khỏe, đồng bộ dữ liệu món ăn và tạo bổ sung vector embedding cho các món chưa có vector.

- **Bước 1: Đồng bộ quy tắc sức khỏe**
  Hệ thống đọc dữ liệu từ file tags_data.json và so sánh với bảng tags trong PostgreSQL. Nếu nhãn sức khỏe chưa tồn tại, hệ thống sẽ thêm mới; nếu có sự thay đổi tại các trường cấu hình (*tag_type, exclude_soft_tag, prefer_soft_tag, exclude_ingredient, prefer_ingredient*), bản ghi tương ứng sẽ được cập nhật. Cơ chế này giúp hiệu chỉnh bộ quy tắc linh hoạt qua tệp JSON mà không cần can thiệp vào mã nguồn luồng xử lý.
- **Bước 2: Đồng bộ dữ liệu món ăn**
  Với mỗi món ăn từ JSON nguồn, hệ thống trích xuất các thuộc tính đã chuẩn hóa (tên, mô tả, nguyên liệu, nhãn đặc tính, hồ sơ vị, ngữ cảnh bữa ăn/sự kiện). Từ danh sách **core_ingredients**, hệ thống áp dụng bộ quy tắc alias (gồm 65 quy tắc nền tảng và các cấu hình mở rộng từ quản trị viên) để sinh **core_ingredient_keys.** Các nguyên liệu được ánh xạ theo 3 cấp độ (**base**, **canon**, **group**) nhằm tối ưu hóa việc lọc theo ràng buộc sức khỏe hoặc dị ứng. Đặc biệt, nếu phát hiện thay đổi ở các trường ảnh hưởng đến nội dung **embedding**, hệ thống sẽ đặt giá trị **embedding** về NULL để đánh dấu cần sinh lại vector.
- **Bước 3: Tạo vector embedding**
  Sau khi đồng bộ dữ liệu món ăn, hệ thống có thể chạy bước tạo embedding cho các món chưa có vector. Với mỗi món có embedding bằng NULL, hàm build_food_embed_text() sẽ ghép các thông tin quan trọng của món ăn thành một đoạn văn bản đại diện, bao gồm tên món, mô tả, nguyên liệu chính, nhãn đặc tính, hồ sơ vị, bữa ăn phù hợp và ngữ cảnh sử dụng.

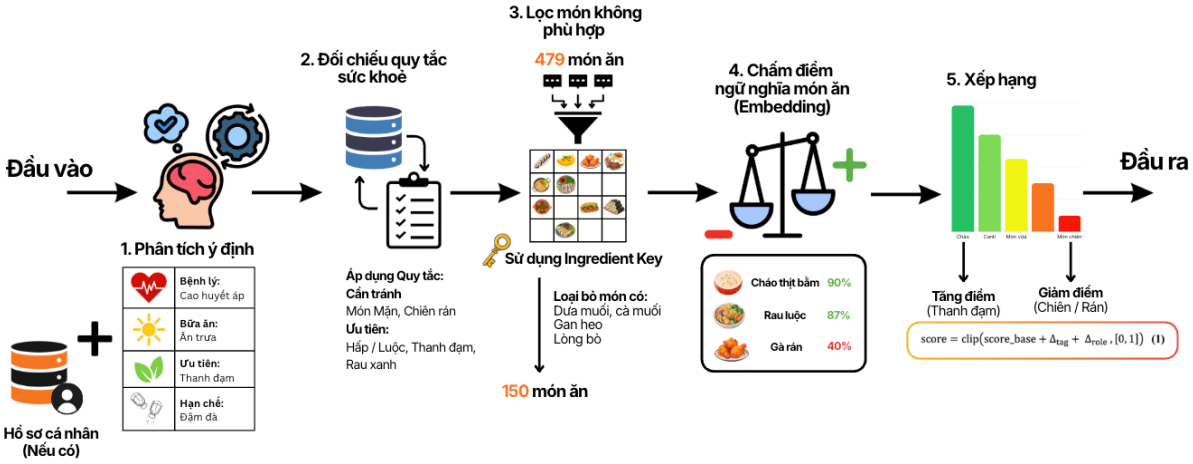
```python
def build_food_embed_text(food: Food) -> str:
    """
    Xây dựng văn bản đại diện cho món ăn để embedding.
    Phải đồng bộ với cách seed_service.py tạo embedding khi seed dữ liệu.
    """
    core_ingreds_str = ", ".join(food.core_ingredients) if food.core_ingredients else "Không có"
    soft_tags_str    = ", ".join(food.soft_tags)        if food.soft_tags        else "Không có"
    taste_str        = ", ".join(food.taste_profile)    if food.taste_profile    else "Không có"
    meal_str         = ", ".join(food.meal_context)     if food.meal_context     else "Không có"
    occasion_str     = ", ".join(food.occasion_context) if food.occasion_context else "Không có"

    return (
        f"Món ăn: {food.name}. "
        f"Mô tả: {food.description} "
        f"Nguyên liệu chính: {core_ingreds_str}. "
        f"Tính chất: {soft_tags_str}. "
        f"Hồ sơ vị: {taste_str}. "
        f"Bữa ăn phù hợp: {meal_str}. "
        f"Ngữ cảnh sử dụng: {occasion_str}."
    )

```

Hình 3.1: Cấu trúc nội dung món ăn được embedding

3.5 Giai đoạn xử lý yêu cầu người dùng



Hình 3.2: Luồng xử lý và gợi ý món ăn

3.5.1 Đầu vào - Tiếp nhận yêu cầu người dùng

Quy trình xử lý trực tuyến bắt đầu khi người dùng gửi yêu cầu gợi ý món ăn từ giao diện web hoặc chatbot. Đầu vào chính của hệ thống là câu truy vấn tiếng Việt tự nhiên, ví dụ: "Tôi bị cao huyết áp, buổi trưa nên ăn món gì ít mặn?" hoặc "Tôi bị béo phì, gợi ý món ăn sáng".

Ở bước này, hệ thống tiếp nhận câu hỏi hiện tại của người dùng, trạng thái sử dụng hồ sơ cá nhân. Nếu người dùng cho phép sử dụng hồ sơ cá nhân, hệ thống sẽ tải thêm các thông tin đã lưu như bệnh lý, dị ứng, khẩu vị và nguyên liệu ưa thích.

Mục tiêu của bước này là chuẩn bị đầy đủ dữ liệu đầu vào cho luồng gợi ý món ăn trước khi chuyển sang bước phân tích ý định và đối chiếu luật sức khỏe

3.5.2 Bước 1: Phân tích ý định người dùng (Supervisor Agent)

Sau khi tiếp nhận yêu cầu, hệ thống sử dụng một thành phần phân tích ý định gọi là Supervisor Agent. Trong phạm vi triển khai, Supervisor Agent là một lời gọi đến mô hình Gemini 2.5 Flash Lite, được cấu hình bằng system instruction và response_schema để trích xuất thông tin từ câu hỏi người dùng dưới dạng JSON có cấu trúc.

System instruction cung cấp cho mô hình danh sách nhãn sức khỏe hợp lệ, danh sách nhãn món ăn hợp lệ, danh sách nhóm món nền và các quy tắc phân loại. Mục tiêu của bước này là chuyển một câu hỏi tự nhiên thành các trường có thể xử lý trong luồng, bao gồm: **health_constraints, include_dishes, exclude_dishes, include_ingredients, exclude_ingredients, include_soft_tags và exclude_soft_tags**.

```
"properties": {
            "health_constraints": {
                "type": "ARRAY",
                "items": {"type": "STRING", "enum": valid_health_tags}
            },
            "include_dishes": {"type": "ARRAY", "items": {"type": "STRING"}},
            "exclude_dishes": {"type": "ARRAY", "items": {"type": "STRING"}},
            "include_ingredients": {"type": "ARRAY", "items": {"type": "STRING"}},
            "exclude_ingredients": {"type": "ARRAY", "items": {"type": "STRING"}},
            "include_soft_tags": {
                "type": "ARRAY",
                "items": {"type": "STRING", "enum": valid_soft_tags}
            },
            "exclude_soft_tags": {
                "type": "ARRAY",
                "items": {"type": "STRING", "enum": valid_soft_tags}
            },
            "analysis_note": {"type": "STRING"}
        },
```

Hình 3.3: Cấu trúc schema phản hồi của Supervisor Agent

Kết quả của bước phân tích ý định chưa được dùng trực tiếp để trả kết quả cho người dùng. Thay vào đó, dữ liệu JSON này được chuyển sang bước tiếp theo để hợp nhất với hồ sơ người dùng và bộ quy tắc sức khỏe trong hệ thống.

3.5.3 Bước 2: Đối chiếu hồ sơ cá nhân và các quy tắc ràng buộc sức khoẻ

Sau khi Supervisor Agent trích xuất thông tin có cấu trúc từ câu hỏi, hệ thống tiếp tục hợp nhất kết quả này với hồ sơ người dùng đã lưu trong cơ sở dữ liệu. Bước này được thực hiện theo logic xác định, không gọi LLM, nhằm đảm bảo các thông tin cá nhân đã khai báo trước đó được đưa vào quá trình gợi ý.

Các thông tin từ hồ sơ người dùng được hợp nhất như sau:

- health_conditions và allergies được gộp vào danh sách nhãn sức khỏe cần xét
- preferred_ingredients được gộp vào danh sách nguyên liệu người dùng ưu tiên
- taste_profile được gộp vào danh sách nhãn món ăn người dùng yêu thích.

Sau đó, hệ thống truy vấn bảng tags để lấy các quy tắc tương ứng với những nhãn sức khỏe đã nhận diện. Mỗi quy tắc có thể bao gồm nguyên liệu cần tránh, nguyên liệu nên ưu tiên, nhãn món ăn cần hạn chế và nhãn món ăn nên ưu tiên.

Hệ thống đồng thời kiểm tra xung đột giữa sở thích người dùng và ràng buộc sức khỏe. Ví dụ, nếu người dùng thích "tôm" nhưng hồ sơ có dị ứng giáp xác, nguyên liệu này sẽ bị loại khỏi danh sách ưu tiên và được ghi nhận là xung đột. Tương tự, nếu người dùng yêu cầu món "cay" trong khi có tình trạng viêm loét dạ dày, hệ thống sẽ đánh dấu đây là yêu cầu cần thận trọng.

Kết quả của bước này là một tập ràng buộc đã chuẩn hóa, bao gồm:

- **final_exclude_ings:** tập nguyên liệu cần loại trừ, kết hợp từ nguyên liệu người dùng không thích và nguyên liệu cần tránh theo quy tắc sức khỏe.
- **final_include_ings:** tập nguyên liệu người dùng ưu tiên sau khi đã loại bỏ các xung đột.
- **medical_exclude_tags** và **allergy_exclude_tags:** các nhãn món ăn cần hạn chế hoặc cảnh báo.
- **medical_prefer_tags** và **medical_prefer_ings:** các tín hiệu ưu tiên từ quy tắc sức khỏe.
- **warning_message:** cảnh báo được sinh theo rule khi phát hiện xung đột giữa sở thích và ràng buộc sức khỏe.

Đầu ra của bước này không phải là danh sách món ăn cuối cùng, mà là ngữ cảnh sức khỏe đã được chuẩn hóa để phục vụ cho các bước lọc an toàn, tìm kiếm ngữ nghĩa và xếp hạng ở phía sau.

3.5.4 Bước 3: Lọc món không phù hợp

Từ tập ràng buộc đã chuẩn hóa, hệ thống tiến hành lọc tập món ăn ban đầu để loại bỏ các món không phù hợp, tập trung vào hai cơ chế chính:

- **Lọc ràng buộc sức khỏe (Ràng buộc cứng):** Hệ thống phân biệt rõ giữa nguyên liệu cần tránh (do dị ứng hoặc bệnh lý) và nguyên liệu mong muốn. Nguyên liệu cần tránh được thiết lập là ràng buộc cứng để đảm bảo an toàn cho người dùng; bất kỳ món ăn nào chứa thành phần thuộc tập loại trừ này sẽ bị loại bỏ lập tức. Ngược lại, nguyên liệu mong muốn chỉ đóng vai trò là tín hiệu ưu tiên (soft constraint) trong giai đoạn xếp hạng, giúp hệ thống linh hoạt gợi ý các giải pháp thay thế phù hợp khi không có món ăn nào thỏa mãn hoàn toàn sở thích.
- **Chuẩn hóa dữ liệu lọc:** Quá trình lọc theo nguyên liệu được thực hiện trên trường core_ingredient_keys – tập hợp các khóa được sinh ra từ core_ingredients thông qua bộ quy tắc ánh xạ (alias rules). Cơ chế này đưa các cách gọi biến thể của nguyên liệu về một mã chuẩn hoặc nhóm chung, đảm bảo tính chính xác và loại bỏ triệt để các rủi ro sót dữ liệu so với phương pháp đối sánh chuỗi thô (raw string matching).

Sau khi hoàn thành bộ lọc sức khỏe, các điều kiện ngữ cảnh (bữa ăn, tên món, loại món) sẽ được áp dụng linh hoạt nhằm tối ưu hóa kết quả theo yêu cầu người dùng, đồng thời tránh hiện tượng tập dữ liệu rỗng. Đầu ra của giai đoạn này là tập món ăn ứng viên an toàn, sẵn sàng cho bước chấm điểm ngữ nghĩa ở giai đoạn sau.

3.5.5 Bước 4: Chấm điểm ngữ nghĩa món ăn trong tập ứng viên an toàn

Trên tập món ăn đã qua lọc, hệ thống tiến hành chấm điểm ngữ nghĩa để xác định mức độ phù hợp giữa truy vấn người dùng và từng món ăn.

Thay vì đưa trực tiếp câu hỏi gốc vào mô hình embedding, hệ thống xây dựng một truy vấn mở rộng bằng cách kết hợp câu hỏi ban đầu với các thông tin đã trích xuất như tên món mong muốn, nguyên liệu ưu tiên, nhãn đặc tính, hồ sơ vị và ngữ cảnh bữa ăn. Cấu trúc này được thiết kế gần với văn bản đại diện của món ăn đã được tạo ở giai đoạn offline.

Vector này được dùng để so sánh với embedding của từng món ăn bằng độ tương đồng cosine. Điểm thu được ở bước này là điểm nền ngữ nghĩa (score_base) cho từng món ăn ứng viên.

```python
enriched_parts = [f"Mô tả: {query}"]

if user_include_dishes:
    enriched_parts.append(f"Món ăn: {', '.join(user_include_dishes)}")
if all_prefer_ings:  # user + medical preferred ingredients
    enriched_parts.append(f"Nguyên liệu chính: {', '.join(all_prefer_ings)}")
if grouped_prefer_tags["soft_tags"]:
    enriched_parts.append(f"Tính chất: {', '.join(grouped_prefer_tags['soft_tags'])}")
if grouped_prefer_tags["meal_context"]:
    enriched_parts.append(f"Bữa ăn phù hợp: {', '.join(grouped_prefer_tags['meal_context'])}")

expanded_query = ". ".join(enriched_parts)
```

Hình 3.4: Cấu trúc nội dung câu hỏi người dùng khi embedding

Độ tương đồng cosine được sử dụng ở đây vì phương pháp này đo mức độ tương đồng về hướng giữa hai vector, thay vì phụ thuộc trực tiếp vào độ lớn của vector. Điều này phù hợp với bài toán tìm kiếm ngữ nghĩa, nơi mục tiêu là xác định món ăn có ý nghĩa gần với nhu cầu người dùng, không phải so sánh độ dài của mô tả văn bản. Nhờ đó, các truy vấn vẫn có thể khớp với những món có đặc điểm tương tự dù không trùng hoàn toàn từ khóa.

3.5.6 Bước 5: Xếp hạng theo các quy tắc ràng buộc sức khoẻ

Sau khi có điểm nền ngữ nghĩa, hệ thống tiếp tục điều chỉnh điểm bằng các tín hiệu sức khỏe và yếu tố ngữ cảnh khác. Quá trình tính toán này được thực hiện dựa trên công thức **(1)**, bao gồm các thành phần chính sau:

$$\text{score} = \text{clip}\left(\text{score_base} + \Delta_{\text{tag}} + \Delta_{\text{role}}, [0, 1]\right) \quad \textbf{(1)}$$

Bảng 3.6: Các thành phần của công thức tính điểm xếp hạng món ăn

Thành phần	Mô tả
score_base	Độ tương đồng Cosine giữa vector truy vấn và vector mô tả thông tin món ăn
Δ_{tag}	Thưởng/phạt dựa trên nhãn món ăn: thưởng nếu món có nhãn trùng ưu tiên, phạt nếu trùng nhãn cần tránh
Δ_{role}	Điều chỉnh vai trò bữa ăn: món chính được ưu tiên khi người dùng hỏi bữa trưa/tối, món phụ bị hạ điểm

Nhóm trọng số	Giá trị	Ý nghĩa
Thưởng sở thích khẩu vị	0.018	Cộng điểm khi món khớp sở thích khẩu vị người dùng
Thưởng ngữ cảnh bữa ăn	0.035	Cộng điểm khi món ăn phù hợp bữa ăn, mục đích bữa ăn sử dụng
Điều chỉnh vai trò món ăn	-0.08 đến +0.08	Ưu tiên món chính khi người dùng hỏi bữa chính
Thưởng đặc điểm sức khoẻ nên ưu tiên	0.014	Cộng nhẹ cho món có đặc điểm được khuyến khích
Phạt đặc điểm người dùng muốn tránh	0.035	Giảm điểm khi món có đặc điểm người dùng không mu
Phạt đặc điểm sức khoẻ cần hạn chế	0.045	Giảm điểm mạnh khi món có yếu tố cần tránh

Các trọng số trong hệ thống được thiết lập theo hướng thiết lập dựa trên quy tắc kinh nghiệm và được hiệu chỉnh trong quá trình kiểm thử trên các test case bệnh lý, dị ứng. Mục tiêu của việc chọn trọng số là giữ cho điểm tương đồng ngữ nghĩa vẫn đóng vai trò chính, trong khi các nhãn món ăn chỉ điều chỉnh thứ hạng kết quả. Vì vậy, các điểm thưởng được đặt ở mức nhỏ so với thang điểm cosine từ 0 đến 1, tránh trường hợp một món có nhiều nhãn phù hợp nhưng không thật sự gần với truy vấn vẫn được đẩy lên quá cao.

Đối với sở thích và khẩu vị người dùng, hệ thống cộng điểm ở mức 0.018 cho mỗi nhãn khớp nhằm phản ánh mức độ phù hợp cá nhân nhưng không làm lấn át điểm ngữ nghĩa. Các nhãn liên quan đến ngữ cảnh bữa ăn được cộng cao hơn, ở mức 0.035, vì các yêu cầu như "ăn sáng", "ăn trưa", "ăn tối" thường là ràng buộc ngữ cảnh rõ ràng trong truy vấn. Ngược lại, nhãn sức khỏe nên ưu tiên theo bệnh lý chỉ được cộng nhẹ ở mức 0.014 vì đây là tín hiệu khuyến nghị, không phải điều kiện bắt buộc.

Với các nhãn cần hạn chế theo sức khỏe, hệ thống áp dụng mức phạt 0.045, cao hơn điểm thưởng sở thích người dùng. Cách thiết kế này phản ánh nguyên tắc ưu tiên kiểm soát rủi ro: một món ăn phù hợp khẩu vị nhưng có đặc điểm cần thận trọng theo bệnh lý không nên được xếp hạng quá cao. Đồng thời, hệ thống đặt giới hạn tổng điểm thưởng và điểm phạt để tránh việc một nhóm nhãn chi phối hoàn toàn điểm xếp hạng cuối cùng.

Sau khi tính điểm, kết quả được sắp xếp giảm dần. Nếu người dùng yêu cầu nguyên liệu cụ thể, các món khớp nguyên liệu được ưu tiên lên trên cùng trước, sau đó mới xét điểm.

Trong phạm vi đồ án, các trọng số xếp hạng chưa được học tự động từ dữ liệu hoặc tối ưu bằng phương pháp tìm kiếm theo lưới (grid search). Thay vào đó, các trọng số được thiết lập ban đầu dựa trên kinh nghiệm triển khai và được hiệu chỉnh thủ công trong quá trình kiểm thử trên các test case bệnh lý, dị ứng. Việc hiệu chỉnh tập trung vào một số nguyên tắc: giữ độ tương đồng cosine làm điểm nền, tăng mức phạt đối với các nhãn mà quy tắc sức khỏe cần hạn chế, giữ điểm thưởng sức khỏe ở mức nhẹ và giới hạn tổng điểm thưởng/phạt để tránh làm sai lệch hoàn toàn điểm ngữ nghĩa.

3.5.7 Đầu ra - Sinh phản hồi, ghi nhật ký truy vấn và trả kết quả

Sau khi xác định được danh sách món ăn tối ưu, hệ thống tiến hành xây dựng lý do gợi ý và tổng hợp phản hồi thông qua hai giai đoạn:

- **Khởi tạo lý do theo mẫu:** Ban đầu, lý do gợi ý cho từng món ăn được sinh tự động dựa trên các tín hiệu hệ thống bao gồm: nguyên liệu trùng khớp, ngữ cảnh bữa ăn, nhãn đặc tính phù hợp và các cảnh báo sức khỏe liên quan.
- **Tối ưu hóa bằng tác nhân hậu xử lý:** Đối với truy vấn về bệnh lý hoặc dị ứng, hệ thống kích hoạt Post-processing Agent (sử dụng Gemini 2.5 Flash Lite). Agent tiếp nhận: truy vấn gốc, danh sách bệnh lý/dị ứng, danh sách 5 món ăn phù hợp, ghi chú truy xuất và quy tắc từ medical_advice_rules.json để sinh chuỗi ai_response, giúp cá nhân hóa và tự nhiên hóa lý do gợi ý của từng món ăn.

Cuối cùng, hệ thống đóng gói dữ liệu và trả về cho phía Frontend một cấu trúc phản hồi chuẩn hóa. Dữ liệu phản hồi sẽ bao gồm:

- Danh sách tối đa 05 món ăn phù hợp nhất.
- Lý do gợi ý chi tiết cho từng món.
- Phản hồi tư vấn tổng hợp từ AI.
- Các thông tin ràng buộc đã áp dụng và thông tin chi tiết của món ăn.

Chương 4: PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

4.1 Yêu cầu chức năng

4.1.1 Thực khách

1. Xác thực người dùng
- Đăng nhập
- Đăng ký tài khoản

2. Khám phá món ăn
- Tìm kiếm món ăn
- Xem chi tiết món ăn
- Đánh dấu món ăn yêu thích

3. Quản lý thông tin cá nhân

4. Hỏi đáp trợ lý Chatbot
- Hỏi đáp gợi ý món ăn bằng ngôn ngữ tự nhiên
- Đánh giá kết quả gợi ý
- Xem địa điểm quán ăn được gợi ý

4.1.2 Quản trị viên hệ thống

1. Quản lý món ăn

2. Quản lý tài khoản người dùng

3. Quản lý nhật ký truy vấn người dùng

4.2 Yêu cầu phi chức năng

4.2.1 Tính hiệu năng

- Hệ thống cần đảm bảo phản hồi đủ nhanh cho tương tác hội thoại.
- Có khả năng mở rộng bộ dữ liệu món ăn và bộ quy tắc sức khoẻ.

4.2.2 Tính bảo mật

- Người dùng phải đăng nhập trước khi sử dụng các chức năng chính.
- Mật khẩu được mã hóa và lưu trữ an toàn.
- Phân quyền người dùng rõ giữa các vai trò: Thực khách, Quản trị viên hệ thống.

4.2.3 Tính dễ sử dụng

- Giao diện tương thích hoàn toàn và tự động tối ưu giao diện trên cả màn hình desktop và mobile (Responsive UI)
- Giao diện trực quan, thân thiện, dễ sử dụng.

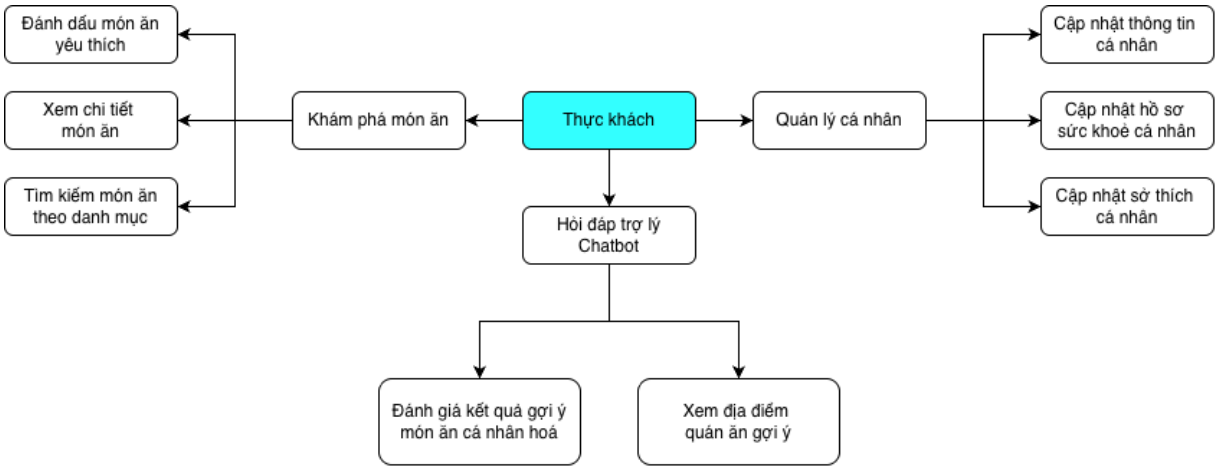
4.3 Tác nhân

Hệ thống có hai tác nhân chính:

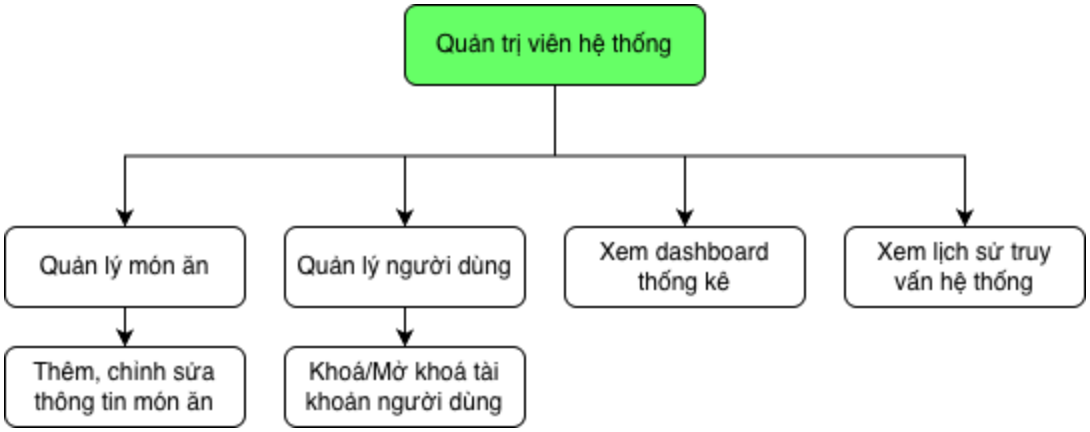
- Thực khách
- Quản trị viên hệ thống

4.4 Thiết kế hệ thống

4.4.1 Sơ đồ phân rã chức năng

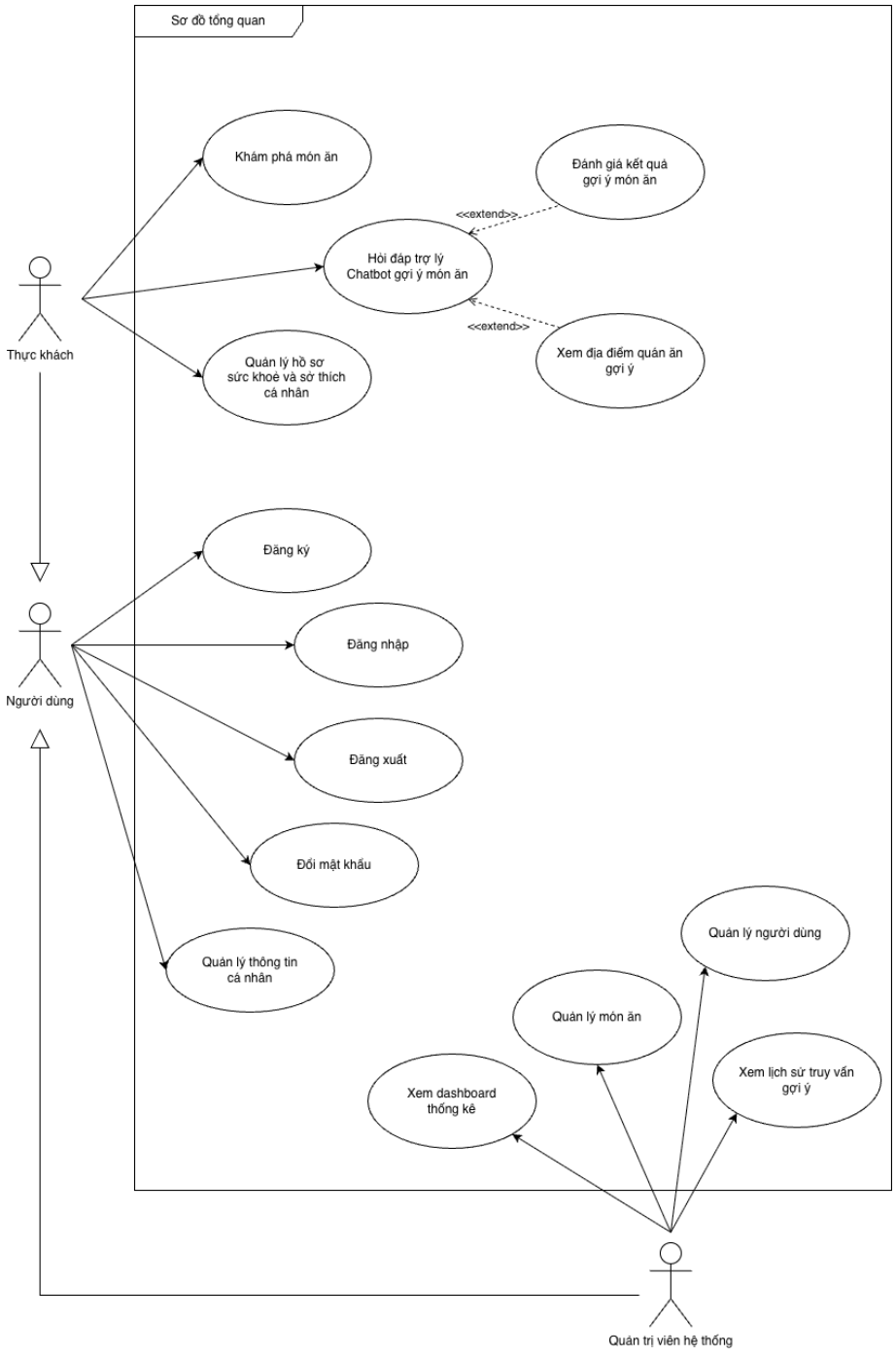


Hình 4.1: Sơ đồ phân rã chức năng Thực khách



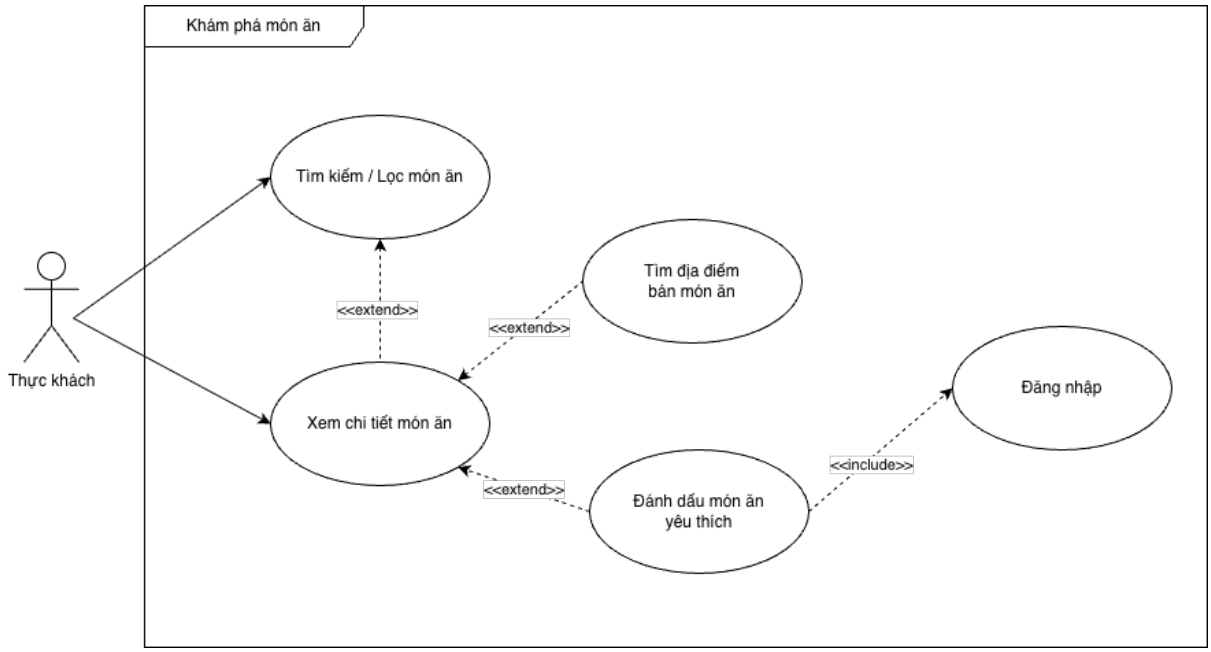
Hình 4.2: Sơ đồ phân rã chức năng Quản trị viên hệ thống

4.4.2 Sơ đồ ca sử dụng

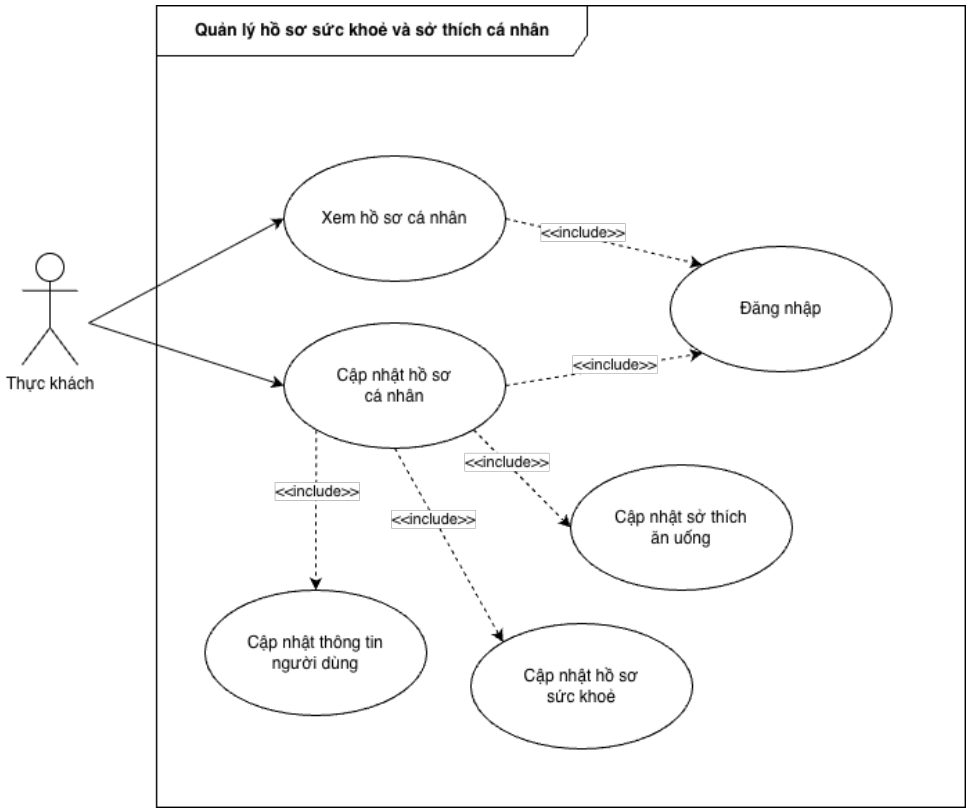


Hình 4.3: Sơ đồ ca sử dụng tổng quan

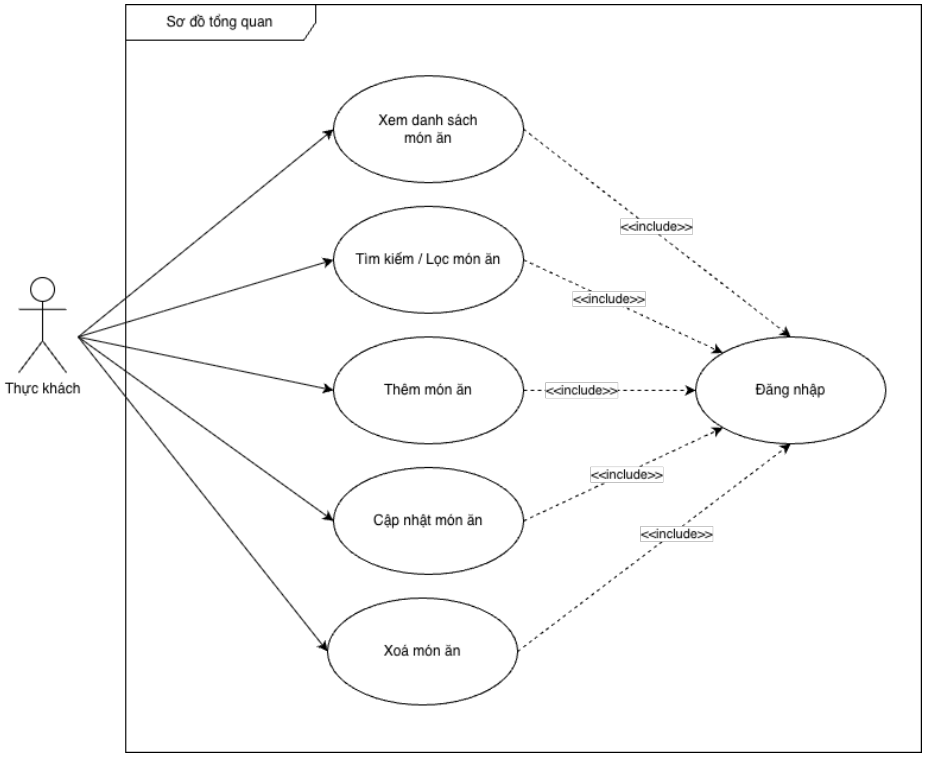
Ghi chú: Trong sơ đồ ca sử dụng tổng quan, chức năng **"Đăng nhập"** được biểu diễn như một ca sử dụng độc lập của tác nhân **Người dùng**. Đối với các chức năng yêu cầu xác thực, điều kiện đăng nhập được xem là tiền điều kiện thực hiện thay vì biểu diễn lặp lại bằng quan hệ **<<include>>**, nhằm giảm độ phức tạp và tăng tính dễ đọc của sơ đồ.



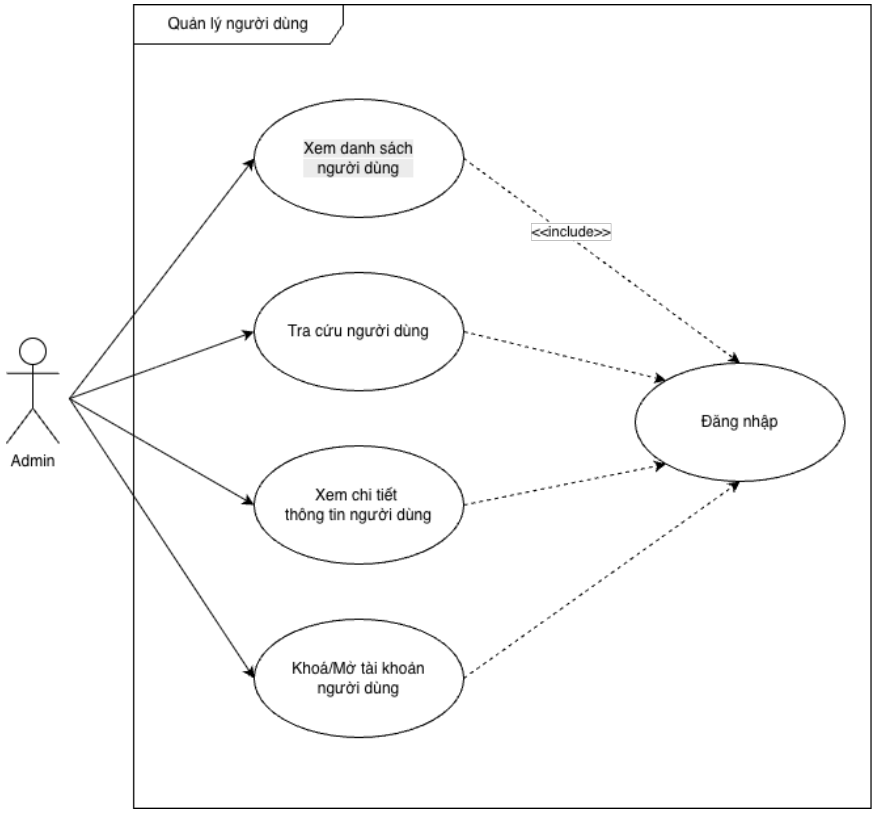
Hình 4.4: Sơ đồ ca sử dụng "Khám phá món ăn"



Hình 4.5: Sơ đồ ca sử dụng "Quản lý hồ sơ sức khoẻ và sở thích cá nhân"



Hình 4.6: Sơ đồ ca sử dụng "Quản lý món ăn"



Hình 4.7: Sơ đồ ca sử dụng "Quản lý người dùng"

4.4.3 Đặc tả ca sử dụng

Bảng 4.1: Đặc tả sử dụng "Đăng nhập"

Tên ca sử dụng	**Đăng nhập**
Tác nhân	Thực khách, Quản trị viên hệ thống
Mô tả	Cho phép người dùng đăng nhập hệ thống
Điều kiện kích hoạt	Người dùng chưa đăng nhập vào hệ thống, truy cập vào công cụ / đường link đăng nhập
Các bước thực hiện	Tại form đăng nhập, nhập email và mật khẩu
Kết quả	Nhấn nút login
Trường hợp lỗi	Hệ thống kiểm tra dữ liệu

Bảng 4.2: Đặc tả sử dụng "Khám phá món ăn"

Tên ca sử dụng	**Khám phá món ăn**
Tác nhân	Thực khách
Mô tả	Cho phép thực khách duyệt qua các danh mục món ăn, tìm kiếm món ăn cụ thể, xem thông tin chi tiết của món ăn, xem danh sách các quán ăn tại Đà Nẵng (tuỳ món) bán món đó và đánh dấu lưu lại món ăn yêu thích.
Điều kiện kích hoạt	Thực khách truy cập vào ứng dụng và mở chức năng màn hình "Khám phá món ăn"
Các bước thực hiện	1. Thực khách truy cập vào trang "Khám phá món ăn". 2. Hệ thống hiển thị giao diện tìm kiếm và các danh mục món ăn (ví dụ: bún, mì, cơm, món nước...). 3. Thực khách chọn một danh mục hoặc nhập từ khóa để thực hiện "Tìm kiếm món ăn theo danh mục". 4. Hệ thống truy xuất dữ liệu và hiển thị danh sách các món ăn tương ứng. 5. Thực khách nhấn vào một món ăn bất kỳ để "Xem chi tiết món ăn".

	6. Hệ thống hiển thị thông tin chi tiết của món ăn (mô tả, nguyên liệu, hình ảnh, tính chất). 7. (Tùy chọn <<extend>>) Thực khách nhấn "Xem danh sách địa điểm bán món ăn" để hệ thống hiển thị thông tin các quán ăn liên quan. 8. (Tùy chọn <<extend>>) Thực khách nhấn "Đánh dấu món ăn yêu thích".
Kết quả	Hệ thống hiển thị chính xác thông tin danh mục, chi tiết món ăn và địa điểm món ăn. Nếu thực khách thao tác lưu yêu thích thành công, món ăn sẽ được cập nhật vào danh sách yêu thích trong hồ sơ cá nhân của thực khách.
Trường hợp lỗi	1. Thiếu dữ liệu**:** Không tìm thấy món ăn nào trong danh mục hoặc từ khóa được chọn (Hệ thống hiển thị thông báo "Không tìm thấy món ăn phù hợp"). 2. Lỗi xác thực (<<include>> Đăng nhập): Thực khách nhấn "Đánh dấu món ăn yêu thích" nhưng chưa đăng nhập (Hệ thống chặn lại và điều hướng bắt buộc sang màn hình Đăng nhập). 3. Lỗi hệ thống: Mất kết nối mạng hoặc lỗi truy vấn cơ sở dữ liệu khi tải chi tiết món ăn.

Bảng 4.3: Đặc tả sử dụng "Hỏi đáp trợ lý Chatbot gợi ý món ăn"

Tên ca sử dụng	**Hỏi đáp trợ lý Chatbot gợi ý món ăn**
Tác nhân	Thực khách
Mô tả	Cho phép thực khách sử dụng ngôn ngữ tự nhiên để trò chuyện, hỏi đáp và nhận các đề xuất món ăn được cá nhân hóa chặt chẽ theo ngữ cảnh bữa ăn, sở thích và rào chắn sức khỏe.
Điều kiện kích hoạt	Thực khách truy cập vào ứng dụng và mở giao diện Chatbot.
Các bước thực hiện	1. Thực khách nhập câu hỏi/yêu cầu bằng văn bản (Ví dụ: "Tôi đang bị béo phì, thì trưa nay ăn gì?"). 2. Nhấn nút "Gửi" hoặc phím Enter. 3. Hệ thống (thông qua LLM) phân tích ý định, trích xuất các từ khóa về ngữ cảnh, sở thích và tình trạng bệnh lý, dị ứng. 4. Hệ thống thực thi Lọc cứng (Hard Filter), loại bỏ các món ăn chứa nguyên liệu vi phạm rào chắn bệnh lý.

	5. Hệ thống thực hiện tìm kiếm Vector và Chấm điểm trọng số (Scoring) để chọn ra 5 món ăn phù hợp nhất. 6. AI sinh câu trả lời bằng ngôn ngữ tự nhiên, giải thích lý do đề xuất và đính kèm Tín hiệu cảnh báo y khoa (Caution Signals) nếu cần. 7. Hệ thống hiển thị câu trả lời lên màn hình chat của thực khách. 8. (Tùy chọn <<extend>>) Thực khách nhấn "Xem danh sách quán ăn" để xem địa điểm bán món ăn được gợi ý. 9. (Tùy chọn <<extend>>) Thực khách nhấn icon Thumbs Up/Down để "Đánh giá kết quả".
Kết quả	Thực khách nhận được gợi ý món ăn phù hợp hơn với ngữ cảnh cá nhân, kèm lý do đề xuất và cảnh báo sức khỏe tham khảo khi món ăn có yếu tố cần lưu ý. Lịch sử trò chuyện được lưu lại để phục vụ các lượt hỏi đáp tiếp theo.
Trường hợp lỗi	1. Truy vấn lạc đề (Out-of-scope): Thực khách hỏi các vấn đề không liên quan đến ẩm thực Đà Nẵng. Hệ thống nhận diện ý định và phản hồi từ chối lịch sự, yêu cầu quay lại chủ đề món ăn. 2. Xung đột logic: Thực khách yêu cầu một món ăn vi phạm trực tiếp rào chắn y khoa (VD: Bị dị ứng tôm nhưng bắt buộc tìm món tôm). Chatbot cảnh báo rủi ro và từ chối gợi ý món đó, đề xuất món thay thế an toàn. 3. Lỗi API / Timeout: Phản hồi từ mô hình LLM bị nghẽn (Hệ thống hiển thị thông báo "Trợ lý đang bận, vui lòng thử lại sau").

Bảng 4.4: Đặc tả ca sử dụng "Quản lý hồ sơ sức khoẻ và sở thích cá nhân"

Tên ca sử dụng	**Quản lý hồ sơ sức khoẻ và sở thích cá nhân**
Tác nhân	Thực khách
Mô tả	Cho phép (nhưng không bắt buộc) thực khách thiết lập và cập nhật các thông tin cá nhân hóa bao gồm rào chắn y khoa (bệnh lý, dị ứng) và sở thích ăn uống (nguyên liệu, khẩu vị, cách nấu). Các dữ liệu này, nếu được cung cấp, sẽ đóng vai trò là tham số bổ trợ để hệ thống tự động tối ưu hóa thuật toán Chấm điểm (Scoring) và kích hoạt Lọc cứng (Hard Filter) nhằm mang lại kết quả gợi ý an toàn và đúng gu nhất.

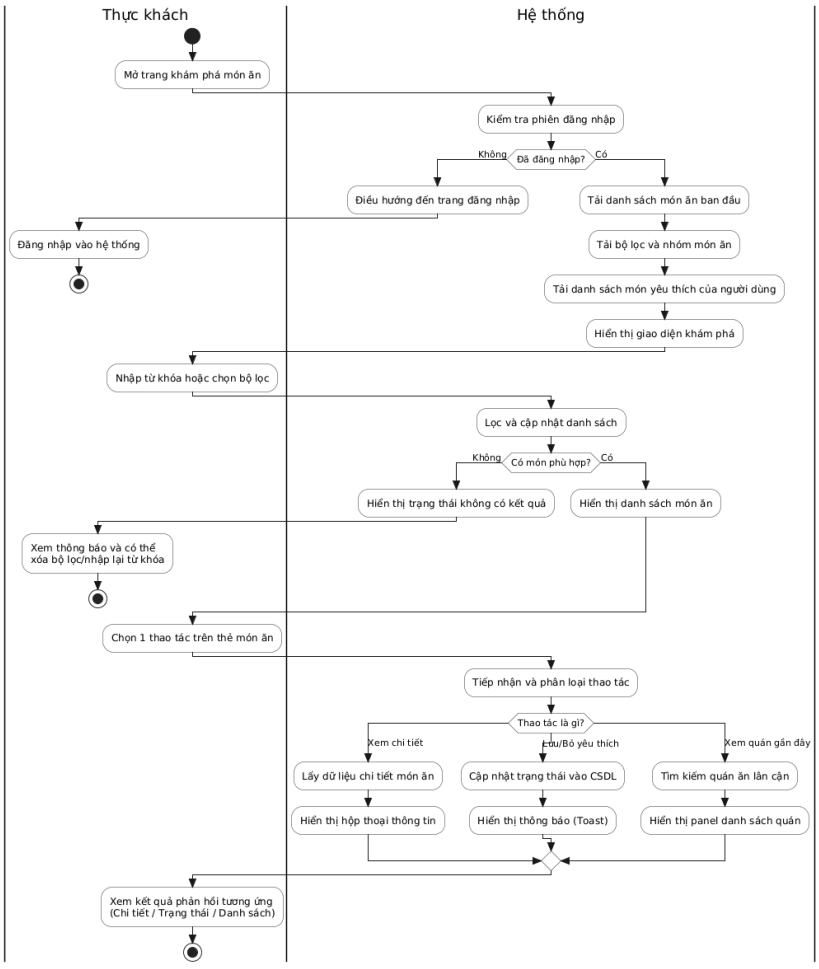
Điều kiện kích hoạt	Thực khách đã đăng nhập thành công vào hệ thống và truy cập vào giao diện "Hồ sơ sức khỏe & khẩu vị".
Các bước thực hiện	1. Thực khách truy cập vào trang "Hồ sơ sức khỏe & khẩu vị". 2. Hệ thống tải dữ liệu hiện tại của thực khách (nếu có) từ cơ sở dữ liệu và hiển thị trạng thái các thẻ tương ứng. 3. Thực khách thao tác chọn/bỏ chọn các thẻ thông tin theo 4 nhóm chính trên giao diện: - Bệnh lý và dị ứng: Cao huyết áp, Tiểu đường, Gout, Dị ứng động vật giáp xác... (phục vụ rào chắn an toàn). - Nguyên liệu yêu thích: Thịt bò, Thịt gà, Hải sản, Nấm... (phục vụ tăng điểm ưu tiên). - Khẩu vị yêu thích: Cay, Ngọt, Đậm đà, Thanh đạm... - Cách nấu yêu thích: Nướng, Hấp / Luộc, Chiên / Rán, Món nước... 4. Thực khách thay đổi thông tin và nhấn nút lưu để cập nhật thông tin hồ sơ. 5. Hệ thống tiếp nhận dữ liệu, cập nhật bản ghi vào cơ sở dữ liệu. 6. Hệ thống đồng bộ trạng thái lưu trữ (State) để luồng Chatbot AI nhận diện ngay lập tức trong các lượt hội thoại tiếp theo.
Kết quả	Hồ sơ được cập nhật thành công. Nếu thực khách Bật cơ chế sử dụng hồ sơ, ở các truy vấn sau đó, kể cả khi chỉ hỏi một câu ngắn gọn (Ví dụ: "Trưa nay ăn gì?"), hệ thống vẫn ngầm tự động trích xuất các nhãn dán từ hồ sơ này để loại bỏ món ăn nguy hiểm và đưa các món ăn hợp khẩu vị lên vị trí đầu. Ngược lại, nếu Tắt cơ chế này, hệ thống sẽ tạm bỏ qua các ràng buộc y khoa và sở thích cá nhân để đưa ra gợi ý tự do, khách quan dựa trên dữ liệu tổng quát.
Trường hợp lỗi	1. Lỗi máy chủ / Mất kết nối: Hệ thống không thể lưu dữ liệu thay đổi vào cơ sở dữ liệu (Hiển thị thông báo "Cập nhật thất bại, vui lòng kiểm tra lại kết nối").

Bảng 4.5: Bảng tóm tắt một số ca sử dụng khác trong hệ thống

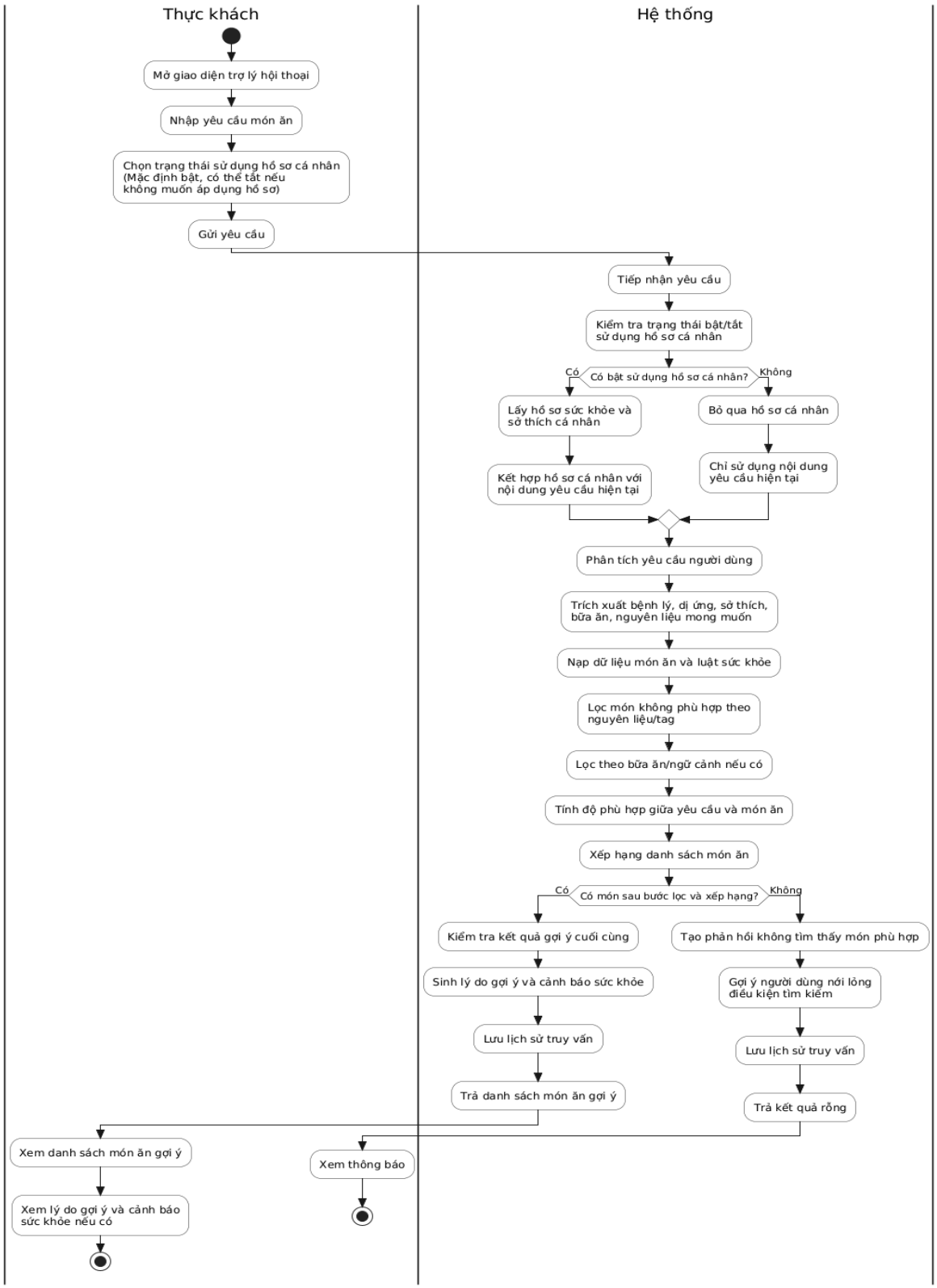
Tên ca sử dụng	Mô tả tóm tắt
Đăng ký / Đăng nhập / Đăng xuất	Cho phép thực khách và quản trị viên tạo tài khoản, xác thực danh tính để truy cập vào các chức năng cá nhân hóa và kết thúc phiên làm việc một cách an toàn.

Quản lý thông tin cá nhân	Cho phép thực khách xem và cập nhật các thông tin định danh cơ bản của tài khoản hệ thống.
Quản lý người dùng	Cho phép quản trị viên giám sát danh sách tài khoản đang hoạt động, thực hiện các thao tác quản lý trạng thái hoặc khóa/mở khóa (Block/Unblock) tài khoản khi vi phạm chính sách.
Quản lý món ăn	Cho phép quản trị viên cập nhật kho dữ liệu ẩm thực thông qua các thao tác thêm mới, chỉnh sửa, ẩn/xóa thông tin món ăn.
Xem lịch sử truy vấn gợi ý	Cho phép quản trị viên truy xuất lịch sử các câu hỏi của thực khách và kết quả phản hồi của Chatbot, phục vụ cho việc giám sát lỗi và đánh giá độ chính xác của mô hình AI.

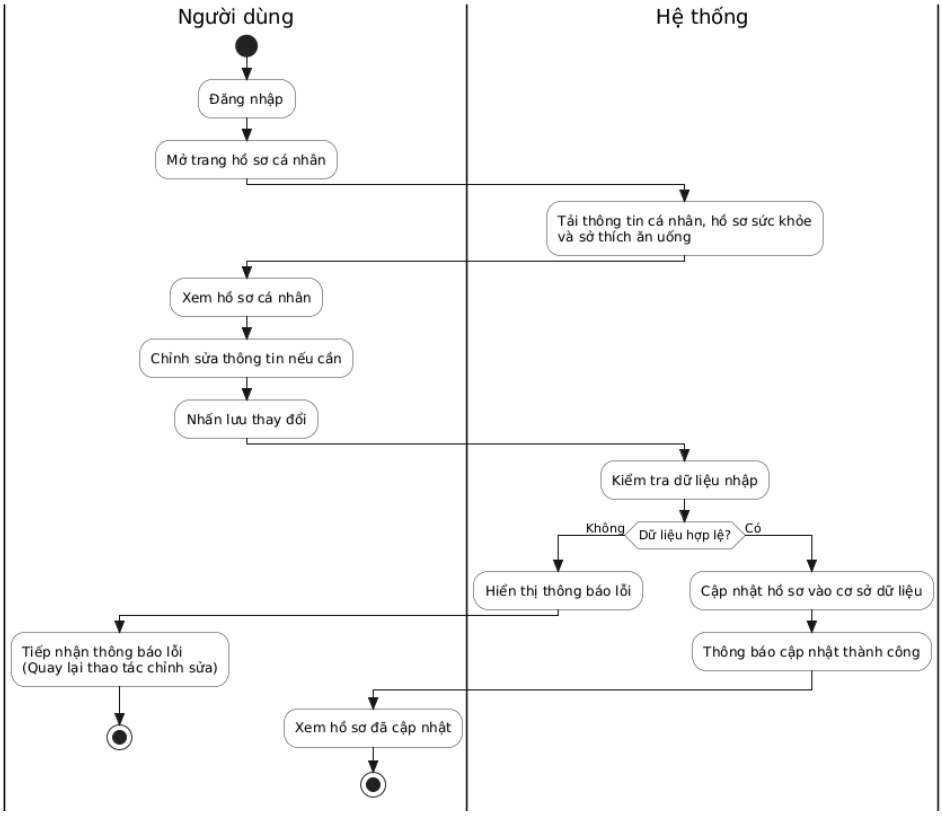
4.4.4 Sơ đồ hoạt động



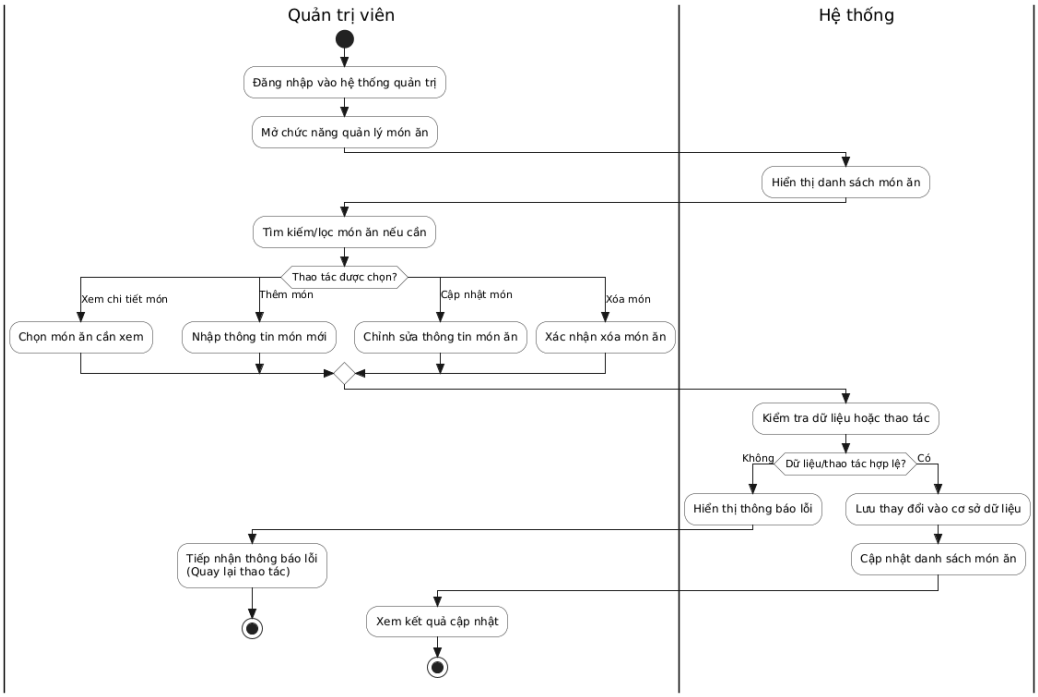
Hình 4.8: Sơ đồ hoạt động "Khám phá món ăn"



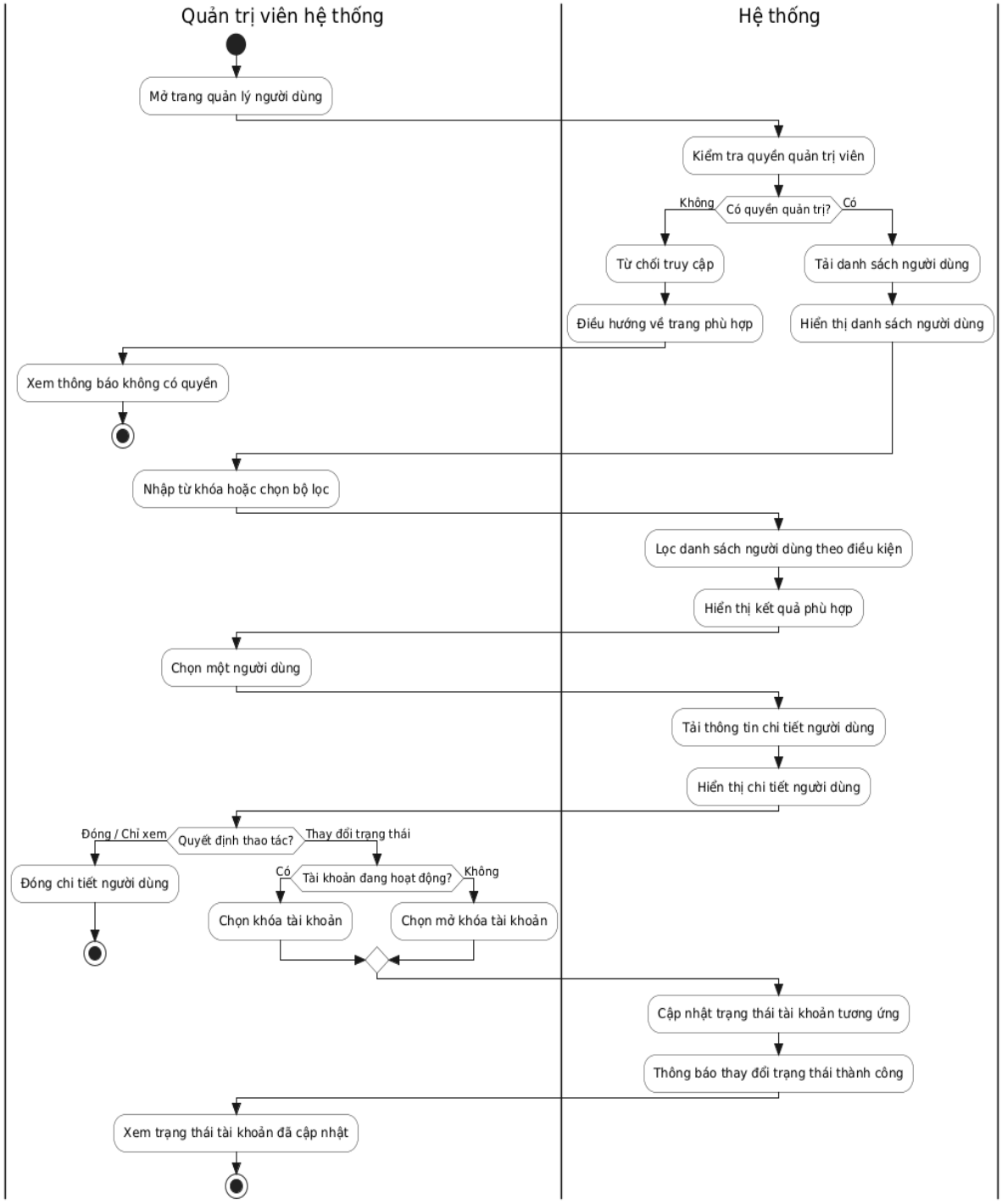
Hình 4.9: Sơ đồ hoạt động "Hỏi đáp trợ lý Chatbot gợi ý món ăn"



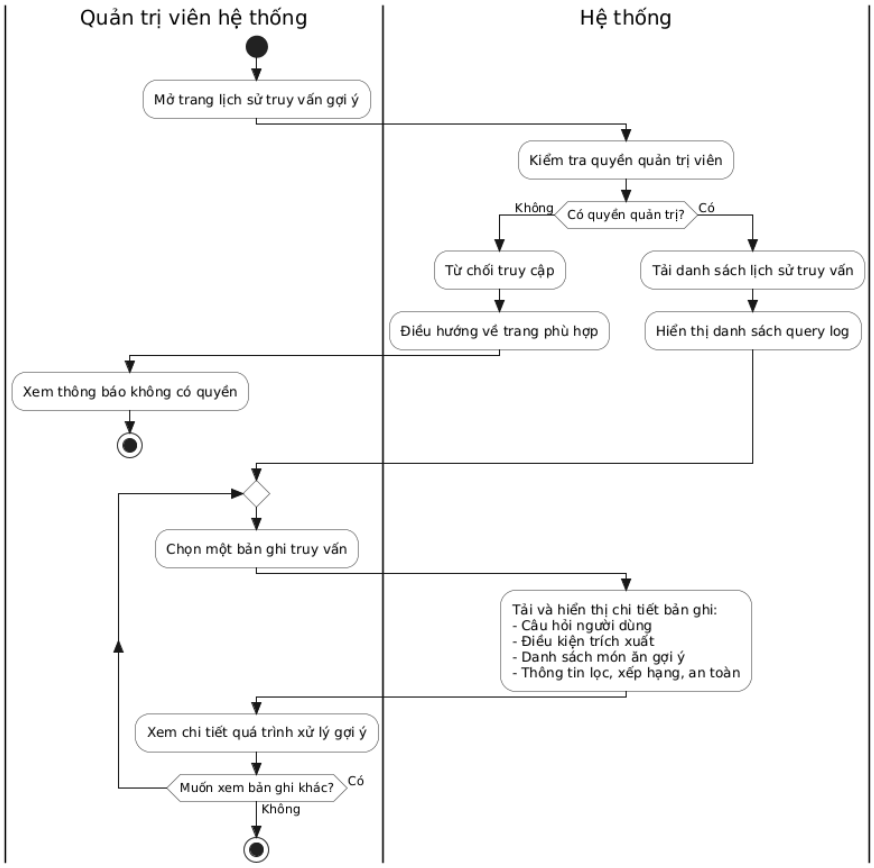
Hình 4.10: Sơ đồ hoạt động "Quản lý hồ sơ cá nhân"



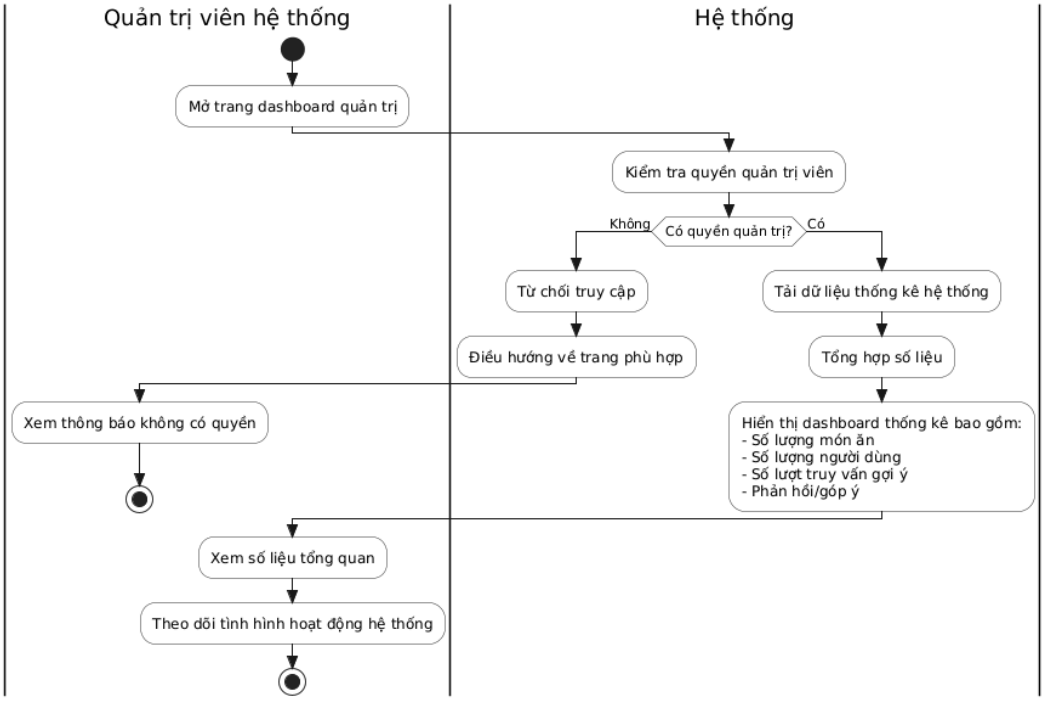
Hình 4.11: Sơ đồ hoạt động "Quản lý món ăn"



Hình 4.12: Sơ đồ hoạt động "Quản lý người dùng"

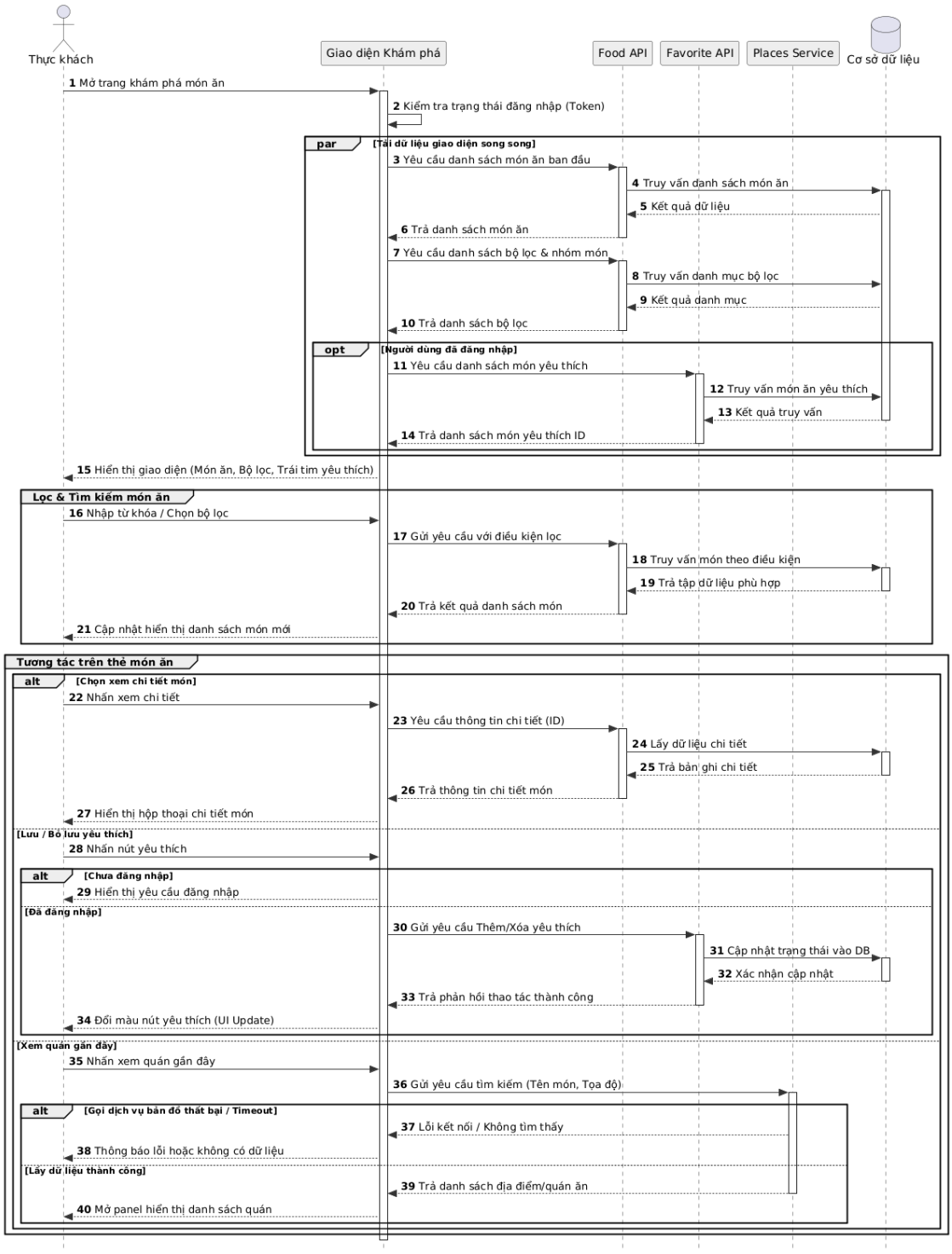


Hình 4.13: Sơ đồ hoạt động "Xem lịch sử truy vấn gợi ý món ăn"

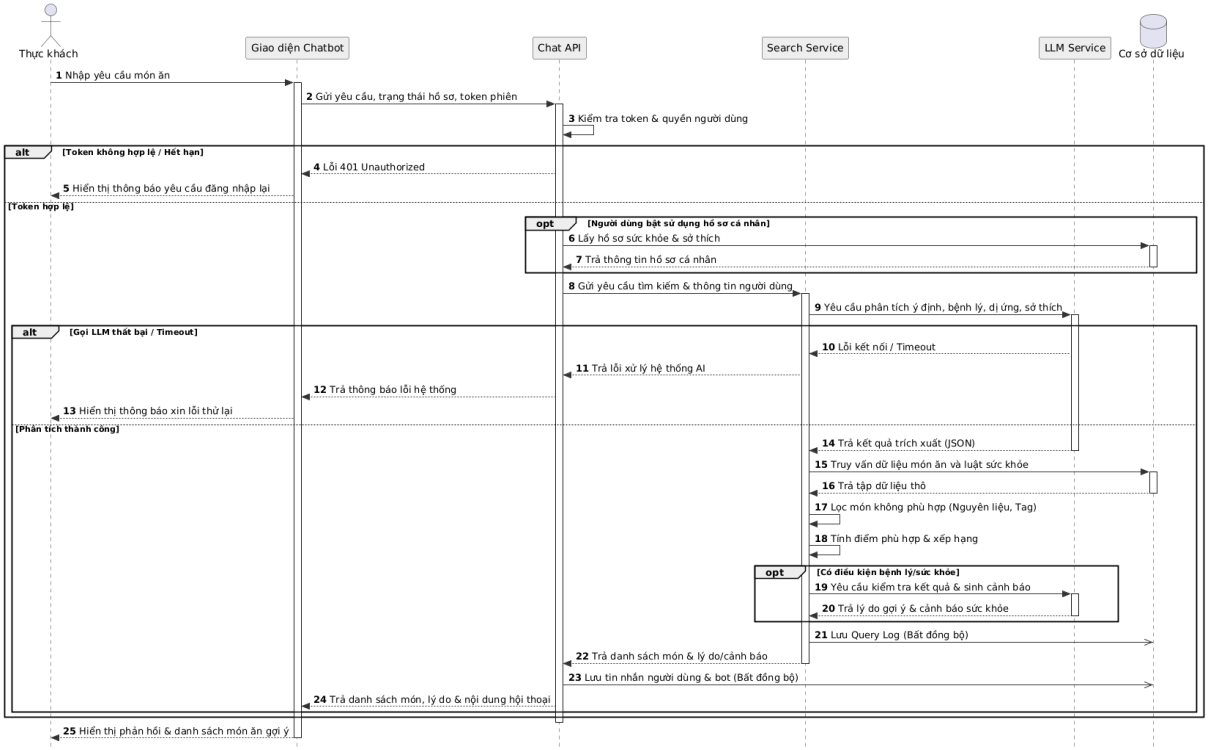


Hình 4.14: Sơ đồ hoạt động "Xem Dashboard thống kê hệ thống"

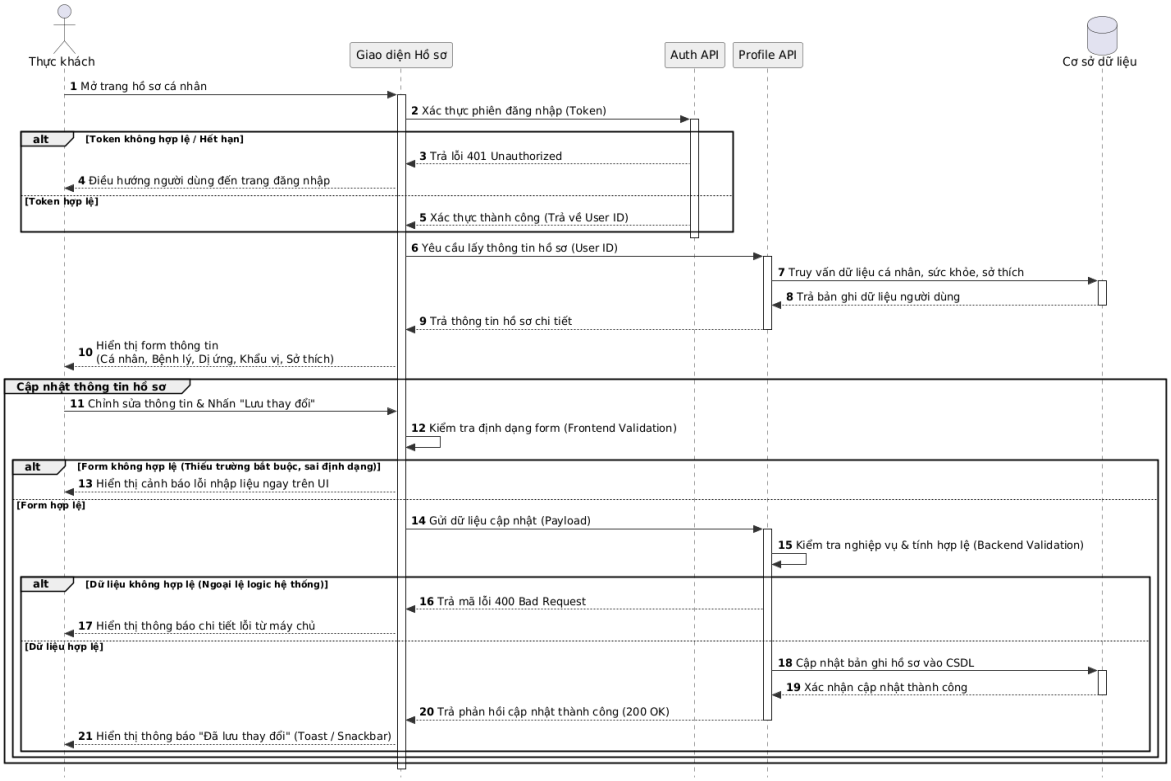
4.4.5 Sơ đồ tuần tự



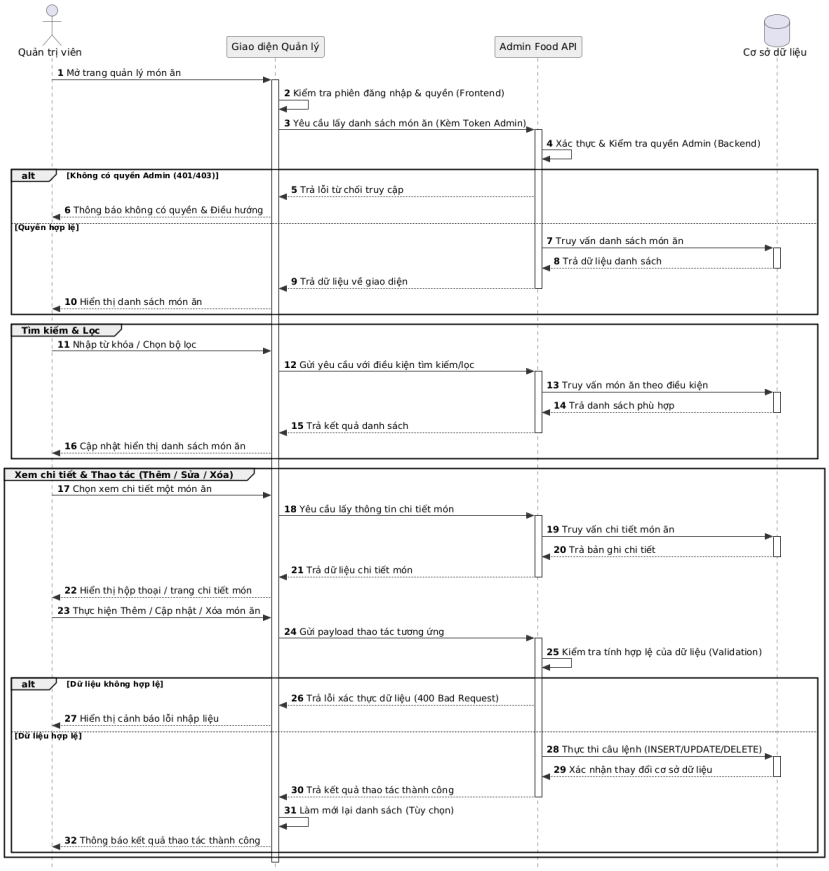
Hình 4.15: Sơ đồ tuần tự "Khám phá món ăn"



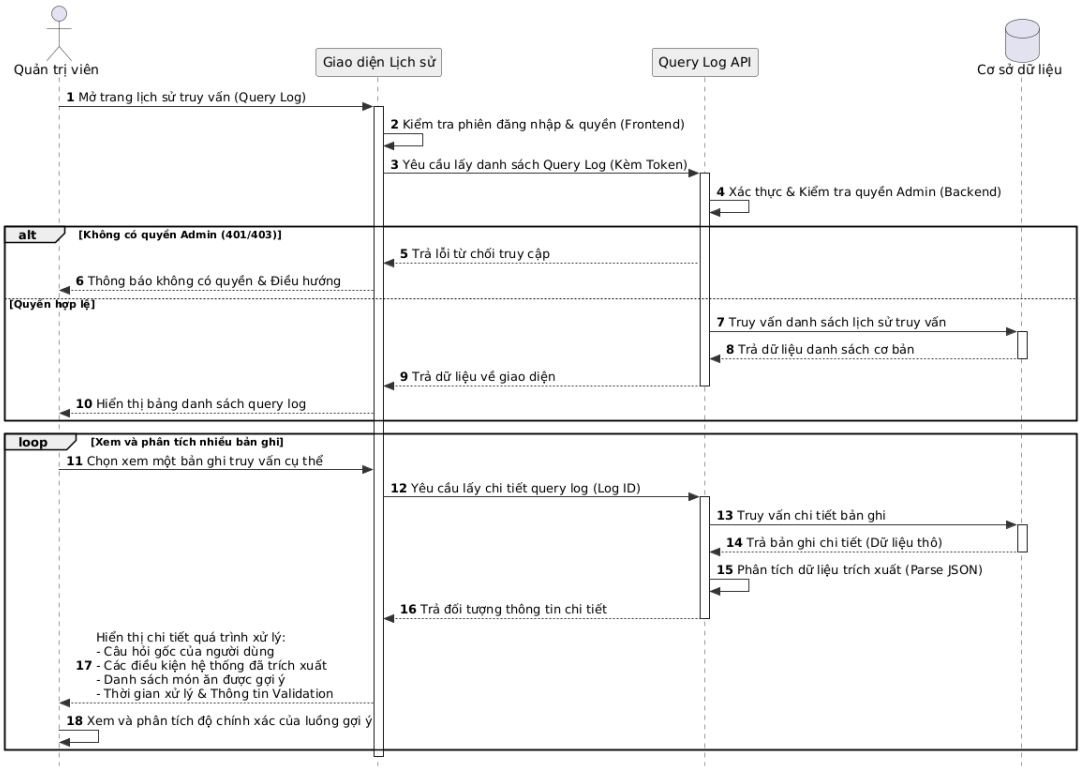
Hình 4.16: Sơ đồ tuần tự "Hỏi đáp trợ lý Chatbot gợi ý món ăn"



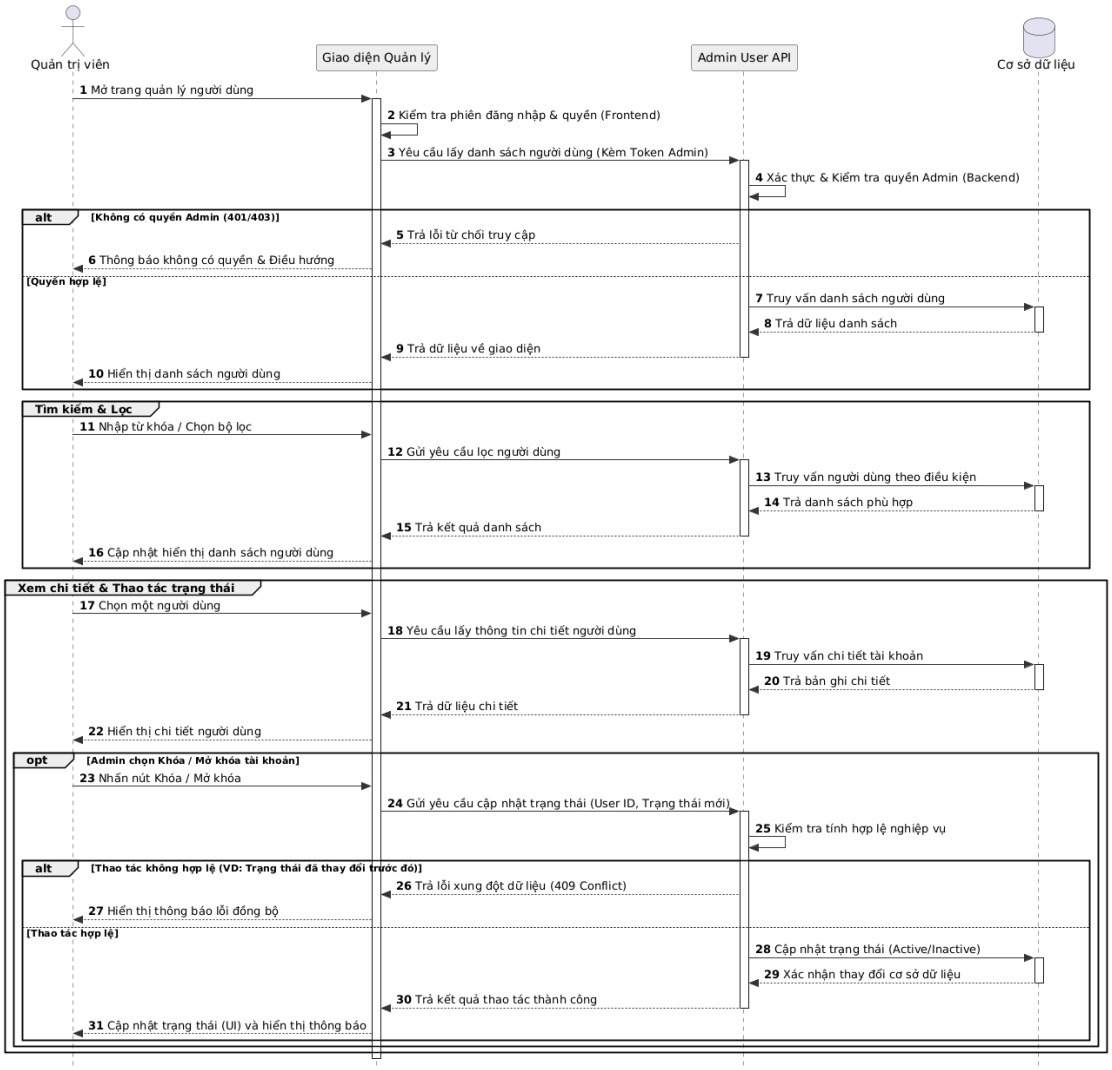
Hình 4.17: Sơ đồ tuần tự "Quản lý hồ sơ cá nhân"



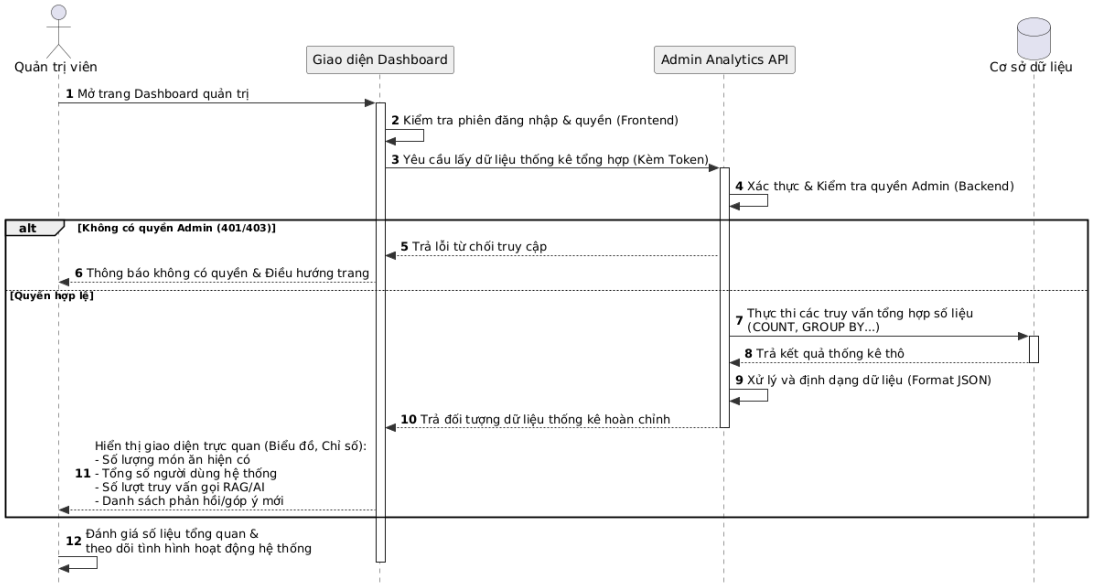
Hình 4.18: Sơ đồ tuần tự "Quản lý món ăn"



Hình 4.19: Sơ đồ tuần tự "Xem lịch sử truy vấn gợi ý món ăn"

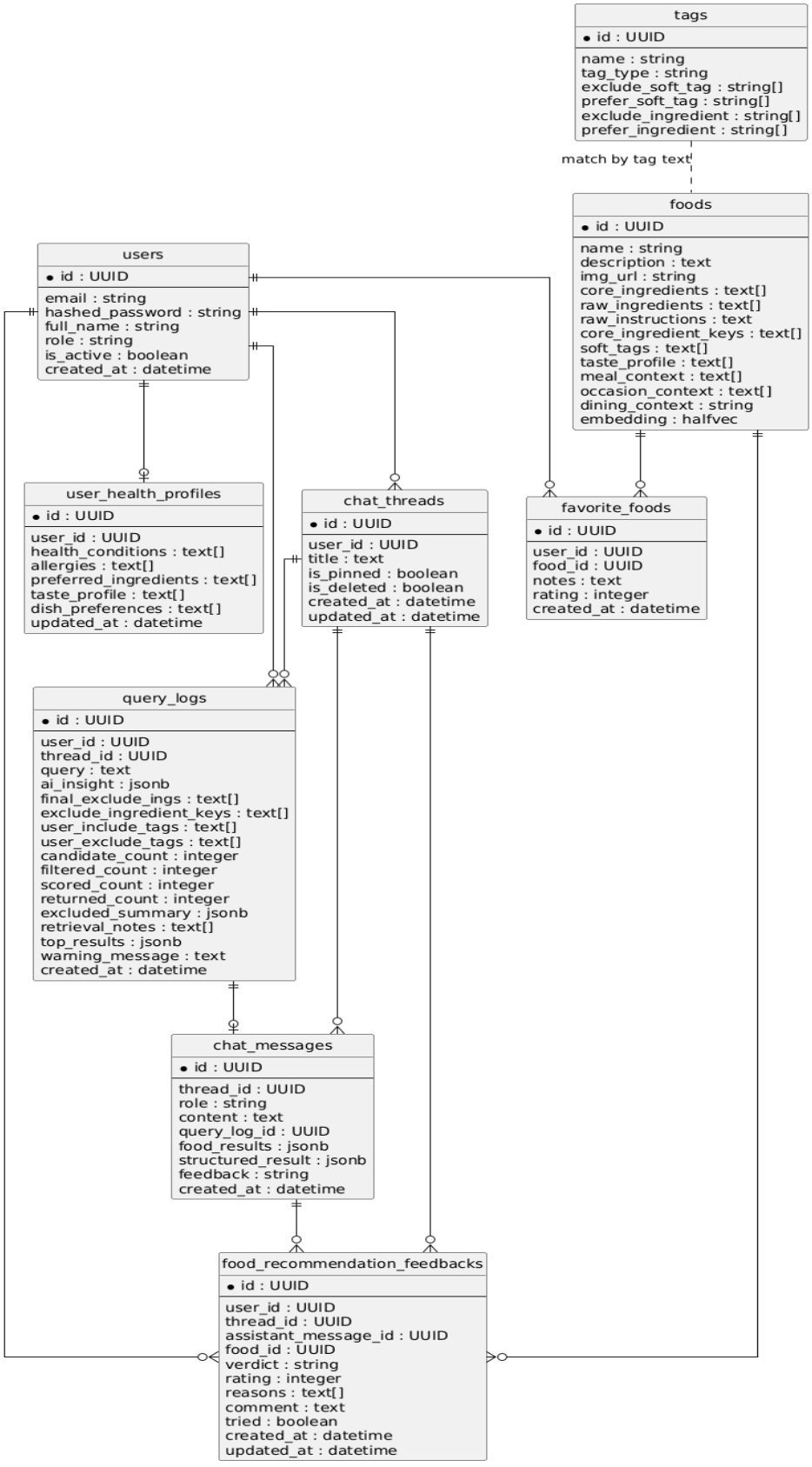


Hình 4.20: Sơ đồ tuần tự "Quản lý người dùng"



Hình 4.21: Sơ đồ tuần tự "Xem Dashboard thống kê hệ thống"

4.4.6 Sơ đồ cơ sở dữ liệu



Hình 4.22: Sơ đồ cơ sở dữ liệu hệ thống

Bảng 4.6: Cấu trúc bảng *users*

Tên	Kiểu dữ liệu	Mô tả	Ghi chú
id	uuid	Định danh người dùng	Khóa chính
email	string	Email đăng nhập của người dung	
hashed_password	string	Mật khẩu đã được mã hoá	
full_name	string	Họ tên người dùng	
role	string	Vai trò người dùng trong hệ thống	Thực khách, Quản trị viên hệ thống
is_active	boolean	Trạng thái hoạt động của tài khoảnnô	
created_at	datetime	Thời điểm tạo tài khoản	

Bảng 4.7: Cấu trúc bảng *user_health_profiles*

Tên	Kiểu dữ liệu	Mô tả	Ghi chú
id	uuid	Định danh hồ sơ sức khỏe	Khóa chính
user_id	uuid	Định danh người dùng sở hữu hồ sơ	Khoá ngoại
health_conditions	text[]	Danh sách bệnh lý hoặc triệu chứng của người dùng	
allergies	text[]	Danh sách dị ứng thực phẩm	
preferred_ingredients	text[]	Danh sách nguyên liệu yêu thích	
taste_profile	text[]	Danh sách khẩu vị yêu thích	
dish_preferences	text[]	Danh sách kiểu món hoặc cách chế biến yêu thích	

updated_at	datetime	Thời điểm cập nhật hồ sơ	

Bảng 4.8: Cấu trúc bảng *foods*

Tên	Kiểu dữ liệu	Mô tả	Ghi chú
id	uuid	Định danh món ăn	Khoá chính
name	string	Tên món ăn	
description	text	Mô tả món ăn	
img_url	string	Đường dẫn ảnh món ăn	
core_ingredients	text[]	Danh sách nguyên liệu chính	
raw_ingredients	text[]	Danh sách nguyên liệu có định lượng	
raw_instructions	text	Hướng dẫn chế biến món ăn	
core_ingredient_keys	text[]	Danh sách khóa chuẩn hóa của nguyên liệu	Dùng để lọc an toàn
soft_tags	text[]	Nhãn mô tả đặc điểm món ăn	
taste_profile	text[]	Hồ sơ vị của món ăn	
meal_context	text[]	Bữa ăn phù hợp	Ví dụ: Ăn sáng, Ăn tối
occasion_context	text[]	Ngữ cảnh sử dụng món ăn	Ví dụ: Ăn no, Ấm bụng
dining_context	string	Ngữ cảnh phục vụ món ăn	restaurant, home_cooked, both
embedding	halfvec(3072)	Vector embedding biểu diễn ngữ nghĩa món ăn	Dùng cho semantic search

Bảng 4.9: Cấu trúc bảng *tags*

Tên	Kiểu dữ liệu	Mô tả	Ghi chú
id	uuid	Định danh nhãn bệnh lý	Khóa chính
name	string	Tên bệnh lý, dị ứng	
tag_type	string	Loại nhãn	
exclude_soft_tag	string[]	Danh sách nhãn món ăn cần tránh	
prefer_soft_tag	string[]	Danh sách nhãn món ăn nên ưu tiên	
exclude_ingredient	string[]	Danh sách nguyên liệu cần loại trừ	
prefer_ingredient	string[]	Danh sách nguyên liệu nên ưu tiên	

Bảng 4.10: Cấu trúc bảng *favorite_foods*

Tên	Kiểu dữ liệu	Mô tả	Ghi chú
id	uuid	Định danh bản ghi món ăn yêu thích	Khóa chính
user_id	uuid	Người dùng lưu món ăn yêu thích	Khoá ngoại
food_id	uuid	Món ăn được lưu yêu thích	Khoá ngoại
notes	text	Ghi chú cá nhân của người dùng	
rating	integer	Điểm đánh giá món ăn	
created_at	datetime	Thời điểm lưu món ăn yêu thích	

Bảng 4.11: Cấu trúc bảng *chat_threads*

Tên	Kiểu dữ liệu	Mô tả	Ghi chú
id	uuid	Định danh cuộc hội thoại	Khóa chính

user_id	uuid	Người dùng sở hữu cuộc hội thoại	Khoá ngoại
title	string	Tiêu đề cuộc hội thoại	
is_pinned	boolean	Trạng thái ghim cuộc hội thoại	
is_deleted	boolean	Trạng thái xoá mềm cuộc hội thoại	
created_at	datetime	Thời điểm tạo cuộc hội thoại	
updated_at	datetime	Thời điểm cập nhật cuộc hội thoại	

Bảng 4.12: Cấu trúc bảng *chat_messages*

Tên	Kiểu dữ liệu	Mô tả	Ghi chú
id	uuid	Định danh tin nhắn	Khóa chính
thread_id	uuid	Cuộc hội thoại chứa tin nhắn	Khoá ngoại
role	string	Vai trò gửi tin nhắn	user, assis-tant
content	text	Nội dung tin nhắn	
query_log_id	uuid	Liên kết đến lịch sử truy vấn	Khoá ngoại
food_results	jsonb	Danh sách món ăn được gợi ý	Chỉ có ở tin nhắn assistant
structured_result	jsonb	Kết quả có cấu trúc của phản hồi	Dùng cho xử lý hội thoại
feedback	string	Phản hồi của người dùng với tin nhắn AI	
created_at	datetime	Thời điểm tạo tin nhắn	

Bảng 4.13: Cấu trúc bảng *query_logs*

Tên	Kiểu dữ liệu	Mô tả	Ghi chú
id	uuid	Định danh lịch sử truy vấn	Khóa chính
user_id	uuid	Người dùng thực hiện truy vấn	Khoá ngoại
thread_id	uuid	Hội thoại phát sinh truy vấn	Khoá ngoại
query	text	Nội dung truy vấn của người dùng	
ai_insight	jsonb	Điều kiện được AI/hệ thống trích xuất	
final_exclude_ings	text[]	Danh sách nguyên liệu loại trừ cuối cùng	
exclude_ingredient_keys	text[]	Danh sách khóa nguyên liệu bị loại trừ	
user_include_tags	text[]	Danh sách tag người dùng muốn ưu tiên	
user_exclude_tags	text[]	Danh sách tag người dùng muốn loại trừ	
candidate_count	integer	Số lượng món ứng viên ban đầu	
filtered_count	integer	Số lượng món sau bước lọc	
scored_count	integer	Số lượng món được tính điểm	
returned_count	integer	Số lượng món trả về cho người dùng	
excluded_summary	jsonb	Tóm tắt món hoặc điều kiện bị loại	
retrieval_notes	text[]	Ghi chú quá trình truy xuất/gợi ý	
top_results	jsonb	Danh sách kết quả món ăn tốt nhất	
warning_message	text	Cảnh báo tổng quát nếu có	Có thể rỗng

created_at	datetime	Thời điểm tạo lịch sử truy vấn	

Bảng 4.14: Cấu trúc bảng *food_recommendation_feedbacks*

Tên	Kiểu dữ liệu	Mô tả	Ghi chú
id	uuid	Định danh phản hồi món ăn gợi ý	Khóa chính
user_id	uuid	Người dùng gửi phản hồi	Khoá ngoại
thread_id	uuid	Hội thoại chứa món ăn được gợi ý	Khoá ngoại
assistant_message_id	uuid	Tin nhắn assistant chứa món ăn được phản hồi	Khoá ngoại
food_id	uuid	Món ăn được phản hồi	Khoá ngoại
verdict	string	Kết luận phản hồi của người dùng	
rating	integer	Điểm đánh giá món ăn	
reasons	text[]	Danh sách lý do phản hồi	
comment	text	Bình luận bổ sung của người dùng	
tried	boolean	Người dùng đã thử món hay chưa	
created_at	datetime	Thời điểm tạo phản hồi	
updated_at	datetime	Thời điểm cập nhật phản hồi	

Chương 5: TRIỂN KHAI HỆ THỐNG VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

5.1 Công cụ phát triển

Ngôn ngữ và Frameword được sử dụng:

Backend:

- Python 3.11: ngôn ngữ lập trình chính cho toàn bộ phía máy chủ.
- FastAPI: framework xây dựng RESTful API bất đồng bộ, hỗ trợ khai báo schema tự động qua Pydantic và sinh tài liệu OpenAPI tích hợp.
- Uvicorn: ASGI server triển khai ứng dụng FastAPI.
- SQLAlchemy (Async): ORM bất đồng bộ để tương tác với cơ sở dữ liệu PostgreSQL.

Frontend:

- Next.js 15 (App Router): framework React hỗ trợ Server-Side Rendering và tối ưu hiệu năng tải trang.
- React 19: thư viện xây dựng giao diện người dùng theo mô hình component.
- TypeScript: ngôn ngữ định kiểu tĩnh giúp phát hiện lỗi sớm trong quá trình phát triển.
- Material UI (MUI): bộ thư viện component giao diện theo chuẩn Material Design.
- Framer Motion: thư viện xử lý animation và chuyển tiếp giao diện.
- Zod: thư viện validation schema cho form và dữ liệu đầu vào.

Cơ sở dữ liệu: PostgreSQL kết hợp với extension pgvector — lưu trữ dữ liệu quan hệ (người dùng, món ăn, nhật ký truy vấn) và vector nhúng 3072 chiều phục vụ tìm kiếm ngữ nghĩa.

Dịch vụ AI:

- Google Cloud Vertex AI: nền tảng truy cập các mô hình Gemini qua Google GenAI SDK (vertexai=True).
- Gemini 2.5 Flash Lite (gemini-2.5-flash-lite): mô hình ngôn ngữ lớn dùng cho phân tích ý định, trích xuất ràng buộc sức khỏe và sinh giải thích tư vấn.
- Gemini Embedding 001 (gemini-embedding-001): mô hình nhúng văn bản tạo vector 3072 chiều cho dữ liệu món ăn và truy vấn người dùng.
- SerpAPI: provider chính để tìm kiếm địa điểm quán ăn, truy vấn dữ liệu Google Maps.

Quản lý mã nguồn: Git/Github

Triển khai: Docker / Docker Compose để đóng gói và triển khai ứng dụng dưới dạng container, đảm bảo tính nhất quán giữa môi trường phát triển và sản xuất.

5.2 Đánh giá thực nghiệm

5.2.1 Mục tiêu đánh giá

Để đánh giá định lượng chất lượng gợi ý của hệ thống, nhóm sử dụng các chỉ số Top-5 Accuracy, Precision@5 và Recall@5 trên tập test case gồm các nhóm bệnh lý và dị ứng thực phẩm trọng tâm. Mục tiêu là kiểm tra xem hệ thống có đưa được món phù hợp vào danh sách Top-5 hay không, đồng thời đánh giá mức độ phù hợp của toàn bộ kết quả được trả về.

5.2.2 Tập dữ liệu kiểm thử

Tập đánh giá gồm 99 test case, bao gồm 54 test case bệnh lý và 45 test case dị ứng thực phẩm. Các nhóm bệnh lý gồm Béo phì, Cao huyết áp, Viêm loét dạ dày. Các nhóm dị ứng gồm Dị ứng sữa bò, Dị ứng động vật giáp xác và Dị ứng động vật thân mềm.

5.2.3 Các chỉ số đánh giá

Để đo lường hiệu quả của hệ thống, thực nghiệm sử dụng 3 chỉ số phổ biến trong bài toán gợi ý, giới hạn ở 5 kết quả đầu tiên (Top-5).

Với từng test case, mỗi món trong Top-5 được gán nhãn relevant = 1 nếu phù hợp với ràng buộc sức khỏe/dị ứng, và relevant = 0 nếu không phù hợp. Tập kết quả chuẩn (ground truth relevant count) được xác định dựa trên số món thoả mãn kỳ vọng trong phạm vi cơ sở dữ liệu đánh giá.

- **Top-5 Accuracy:** Đánh giá khả năng hệ thống trả về *ít nhất một* kết quả đúng.

Top-5 Accuracy = 1 (nếu 1 trong Top-5 có ít nhất một món phù hợp), ngược lại bằng 0.

- **Precision@5 (Độ chuẩn xác tại Top-5):** Đo lường tỷ lệ món ăn thực sự phù hợp trên tổng số 5 món được hệ thống gợi ý.

Precision@5 = Số món phù hợp trong Top-5 / 5

- **Recall@5 (Độ bao phủ tại Top-5):** Đo lường tỷ lệ món ăn phù hợp mà hệ thống tìm được so với tổng số món ăn phù hợp thực tế có trong tập dữ liệu chuẩn

Recall@5 = Số món phù hợp trong Top-5 / Tổng số món phù hợp trong ground truth

5.2.4 Kết quả thực nghiệm

Bảng 5.1: Bảng kết quả thực nghiệm

Bộ test	Số case	Top-5 Accuracy	Precision@5 Macro	Recall@5 Macro
3 nhóm bệnh lý	54	88.9%	80%	88%
3 nhóm dị ứng	45	100%	92.4%	92.4%
Tổng chung	99	93.9%	85.6%	90%

Nhận xét kết quả:

Kết quả cho thấy hệ thống đạt Top-5 Accuracy tổng thể 93.9%, nghĩa là phần lớn truy vấn đều có ít nhất một món phù hợp xuất hiện trong Top-5 kết quả. Nhóm dị ứng thực phẩm đạt kết quả cao hơn nhóm bệnh lý, với Top-5 Accuracy 100.0% và Precision@5 đạt 92.4%. Điều này phản ánh đặc thù của bài toán dị ứng: các ràng buộc thường có tính loại trừ rõ ràng theo nguyên liệu như tôm, cua, mực,….

Đối với nhóm bệnh lý, Precision@5 đạt 80.0% và Recall@5 đạt 88.0%. Kết quả này thấp hơn nhóm dị ứng do tiêu chí phù hợp của bệnh lý phức tạp hơn, phụ thuộc vào cách chế biến, khẩu phần, ngữ cảnh bữa ăn và mức độ rủi ro của món ăn. Ví dụ, cùng là món cơm hoặc món nước, mức độ phù hợp có thể thay đổi tùy thành phần, lượng dầu mỡ, độ mặn, độ cay hoặc tinh bột.

Nhìn chung, kết quả định lượng cho thấy hệ thống có khả năng đưa ra gợi ý phù hợp trong Top-5 ở mức tốt, đặc biệt với các ràng buộc dị ứng thực phẩm. Tuy nhiên, hệ thống vẫn cần tiếp tục cải thiện việc xếp hạng các món trong nhóm bệnh lý để tăng Precision@5, tức là giảm số món cần cảnh báo hoặc chỉ phù hợp khi điều chỉnh khẩu phần.

Hạn chế:

Việc gán nhãn relevant được thực hiện dựa trên tiêu chí y tế/dinh dưỡng đã định nghĩa trong bộ test. Với nhóm dị ứng, một phần nhãn được hỗ trợ bởi luật kiểm tra nguyên liệu, sau đó rà soát lại các trường hợp nghi ngờ. Với nhóm bệnh lý, nhãn được đánh giá thủ công do mức độ phù hợp phụ thuộc nhiều vào ngữ cảnh và cách chế biến thực tế. Do đó, kết quả phản ánh chất lượng hệ thống trên tập test demo, chưa đại diện đầy đủ cho mọi tình huống ăn uống ngoài thực tế.

5.3 So sánh phương pháp và vai trò của các thành phần

Để đánh giá vai trò của các thành phần trong hệ thống, đề tài so sánh phương pháp đề xuất với các cấu hình đơn giản hơn như tìm kiếm từ khóa, tìm kiếm ngữ nghĩa thuần và tìm kiếm ngữ nghĩa kết hợp bộ quy tắc sức khỏe. Việc so sánh nhằm làm rõ vì sao luồng gợi ý đề xuất cần kết hợp nhiều bước xử lý để vừa hiểu được nhu cầu người dùng, vừa kiểm soát các ràng buộc sức khỏe và giải thích kết quả gợi ý.

Bảng 5.2: Bảng so sánh các phương pháp gợi ý

Cấu hình so sánh	Hiểu truy vấn tự nhiên	Kiểm soát ràng buộc sức khỏe	Giải thích kết quả	Chất lượng kết quả gợi ý
Tìm kiếm từ khóa	Thấp, phụ thuộc từ khóa trùng khớp	Thấp, không có luật sức khỏe	Không hỗ trợ	Trung bình thấp

Tìm kiếm ngữ nghĩa	Khá, hiểu truy vấn tự nhiên	Thấp, chưa kiểm soát theo bệnh lý/dị ứng	Hạn chế	Trung bình
Tìm kiếm ngữ nghĩa và bộ quy tắc sức khoẻ	Khá, hiểu truy vấn tự nhiên	Khá, có lọc và tăng/giảm điểm theo bộ quy tắc	Có hỗ trợ	Khá
Phương pháp đề xuất	Khá tốt, có phân tích ý định và làm giàu truy vấn	Khá, kết hợp lọc, giảm điểm và sinh cảnh báo nguy cơ	Có lý do và cảnh báo sức khỏe	Khá tốt

Nhận xét:

Kết quả so sánh cho thấy tìm kiếm từ khóa chỉ phù hợp với các truy vấn đơn giản, khi người dùng nhập đúng tên món hoặc nguyên liệu. Tìm kiếm ngữ nghĩa cải thiện khả năng xử lý câu hỏi tự nhiên, nhưng nếu đứng riêng lẻ thì chưa kiểm soát tốt các ràng buộc sức khỏe. Khi kết hợp thêm bộ quy tắc sức khoẻ (rule-based), hệ thống có thể loại bỏ hoặc giảm điểm các món có yếu tố cần hạn chế. Phương pháp đề xuất mở rộng thêm bước phân tích ý định, làm giàu truy vấn, xếp hạng theo ngữ cảnh và sinh giải thích, nên phù hợp hơn với bài toán gợi ý món ăn theo ngữ cảnh sức khỏe.

5.4 Đánh giá trải nghiệm người dùng

5.4.1 Mục tiêu khảo sát

Bên cạnh đánh giá thực nghiệm bằng test case, đề tài thực hiện thêm khảo sát người dùng nhằm đánh giá trải nghiệm sử dụng hệ thống trong bối cảnh thực tế. Mục tiêu của khảo sát là ghi nhận cảm nhận của người dùng về mức độ phù hợp của món ăn được gợi ý, độ dễ hiểu của lý do gợi ý, tính hữu ích của các lưu ý sức khỏe, mức độ rõ ràng của giao diện và mức độ hài lòng chung khi sử dụng hệ thống.

Khảo sát này không nhằm thay thế đánh giá y khoa chuyên môn, mà tập trung vào góc nhìn người dùng đối với khả năng hỗ trợ tham khảo của hệ thống trong quá trình lựa chọn món ăn.

5.4.2 Thiết kế khảo sát

Khảo sát được thực hiện thông qua Google Form sau khi người dùng trải nghiệm hệ thống web. Người tham gia được yêu cầu thử một số truy vấn gợi ý món ăn trong phạm vi hệ thống hỗ trợ, chẳng hạn các tình huống liên quan đến dị ứng thực phẩm hoặc một số bệnh lý phổ biến. Sau khi xem danh sách món ăn, lý do gợi ý và các lưu ý sức khỏe, người dùng đánh giá hệ thống theo thang đo 5 mức.

Các tiêu chí bao gồm:

Bảng 5.3: Các tiêu chí đánh giá trải nghiệm người dùng

Tiêu chí	Nội dung đánh giá
Mức độ phù hợp của món ăn	Các món được gợi ý có phù hợp với yêu cầu trong câu hỏi hay không
Độ dễ hiểu của lý do gợi ý	Lý do gợi ý món ăn có rõ ràng, dễ hiểu hay không
Tính hữu ích của lưu ý sức khỏe	Các cảnh báo/lưu ý sức khỏe có giúp người dùng cân nhắc khi lựa chọn món ăn hay không
Mức độ rõ ràng của giao diện	Giao diện có dễ quan sát, dễ thao tác và dễ theo dõi kết quả hay không
Mức độ hài lòng chung	Cảm nhận tổng thể của người dùng sau khi trải nghiệm hệ thống

Thang điểm đánh giá gồm 5 mức: 1 – hoàn toàn không đồng ý, 2 - không đồng ý, 3 – bình thường, 4 - đồng ý, 5 – hoàn toàn đồng ý. Ngoài các câu hỏi định lượng, biểu mẫu cũng bổ sung câu hỏi mở để người dùng ghi nhận nhận xét hoặc đề xuất cải thiện.

5.4.3 Kết quả khảo sát

Kết quả khảo sát được tổng hợp từ các phản hồi hợp lệ của người dùng sau khi trải nghiệm hệ thống. Với mỗi tiêu chí, đề tài tính điểm trung bình và tỷ lệ phản hồi tích cực, trong đó phản hồi tích cực được xác định là các đánh giá từ mức 4 trở lên.

Bảng 5.4: Bảng kết quả khảo sát trải nghiệm người dùng

Tiêu chí	Điểm trung bình	Tỷ lệ phản hồi tích cực
Mức độ phù hợp món ăn	3.88	76%
Độ dễ hiểu của lý do gợi ý	4.28	88%
Tính hữu ích của lưu ý sức khoẻ	3.72	64%
Mức độ rõ ràng của giao diện	4.44	92%
Mức độ hài lòng chung	4.04	80%

Nhìn chung, hệ thống ghi nhận mức độ hài lòng tổng thể đạt 80%, một kết quả khả quan và phản ánh đúng thực tế quá trình thử nghiệm.

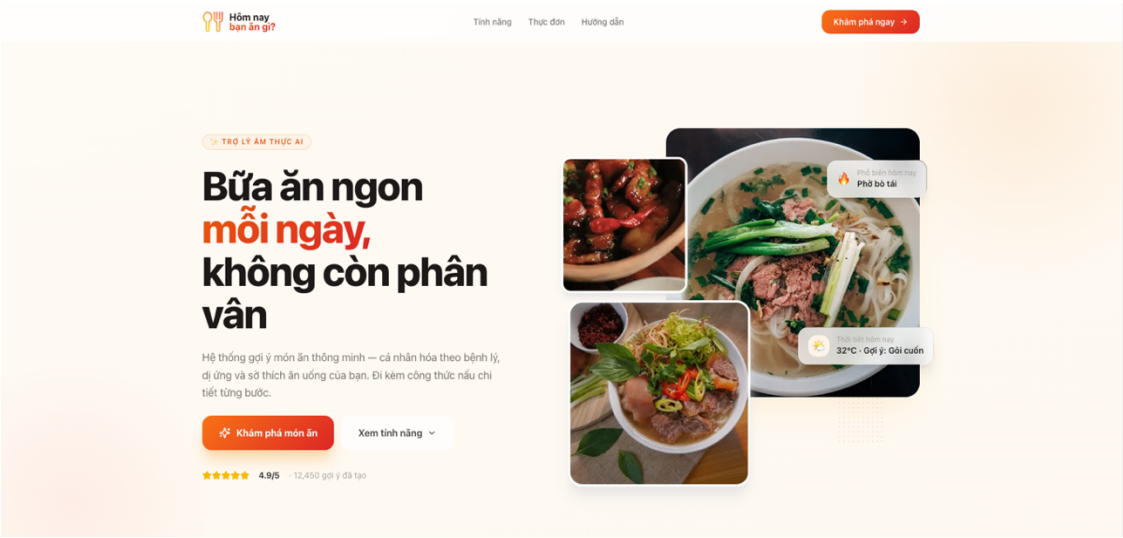
Điểm sáng lớn nhất của hệ thống nằm ở giao diện hiển thị trực quan (92%) và khả năng giải thích lý do gợi ý bằng ngôn ngữ tự nhiên dễ hiểu (88%). Thuật toán lọc cũng chứng minh được hiệu quả khá tốt khi đạt 76% ở tiêu chí mức độ phù hợp của món ăn.

Tuy nhiên, đúng như giới hạn đã đặt ra từ đầu, tiêu chí về cảnh báo sức khỏe nhận được đánh giá ở mức vừa phải (64%). Điều này là hoàn toàn hợp lý bởi các dữ liệu y tế hiện tại mới dừng ở mức tham khảo dựa trên nguyên liệu, thiếu vắng các chỉ số định lượng dinh dưỡng chuyên sâu để tạo ra mức độ tin cậy tuyệt đối cho người dùng.

5.5 Kết quả giao diện

5.5.1 Màn hình trang giới thiệu (Landing Page)

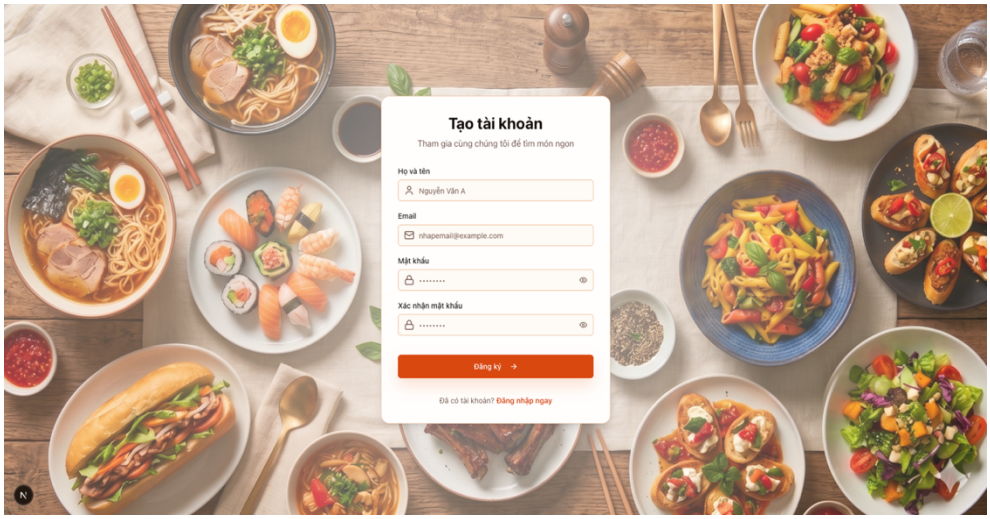
Màn hình trang giới thiệu tổng quan hệ thống và cung cấp các lối truy cập nhanh đến chức năng đăng nhập, đăng ký.



Hình 5.1: Màn hình trang giới thiệu hệ thống

5.5.2 Màn hình đăng ký tài khoản

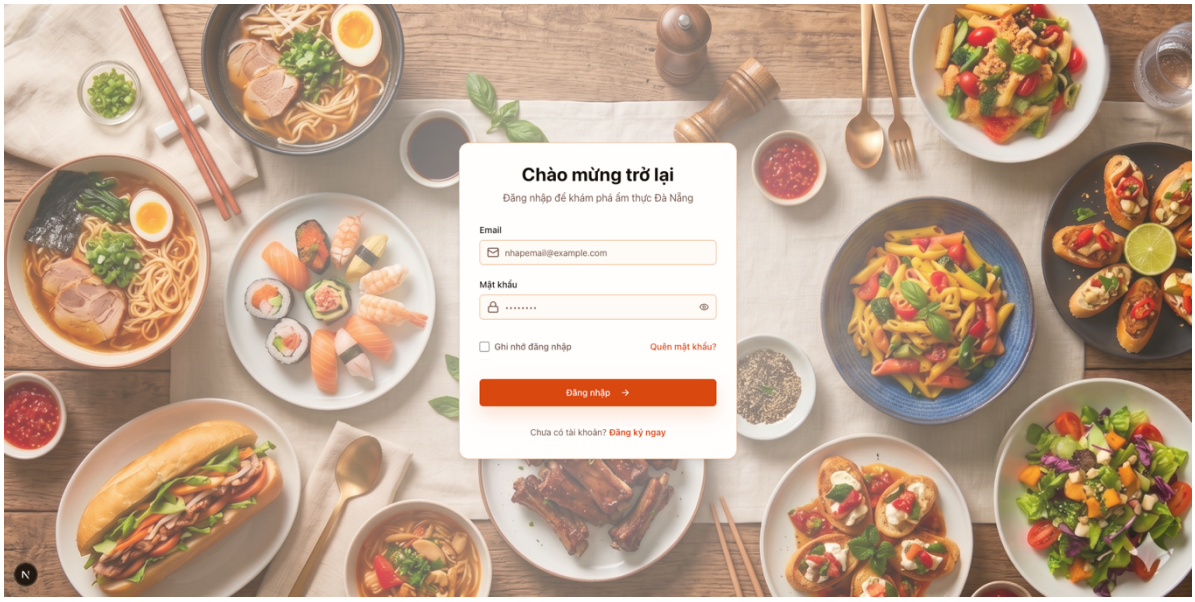
Màn hình đăng ký cho phép người dùng tạo tài khoản mới để sử dụng các chức năng cá nhân hóa như lưu hồ sơ sức khỏe, lưu món ăn yêu thích và theo dõi lịch sử trò chuyện.



Hình 5.2: Màn hình đăng ký tài khoản

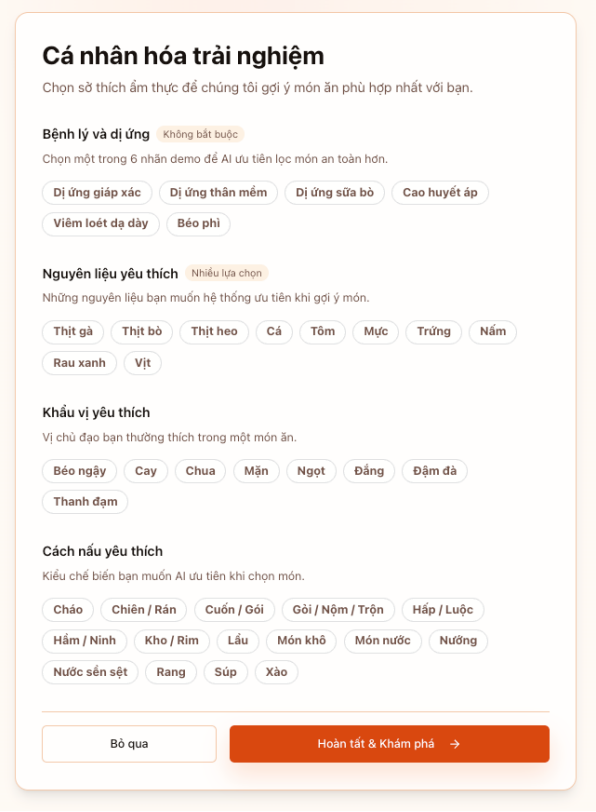
5.5.3 Màn hình đăng nhập

Màn hình đăng nhập hỗ trợ người dùng truy cập vào hệ thống bằng tài khoản đã đăng ký. Sau khi đăng nhập, người dùng có thể sử dụng các chức năng cá nhân hóa theo hồ sơ riêng.



Hình 5.3: Màn hình đăng nhập

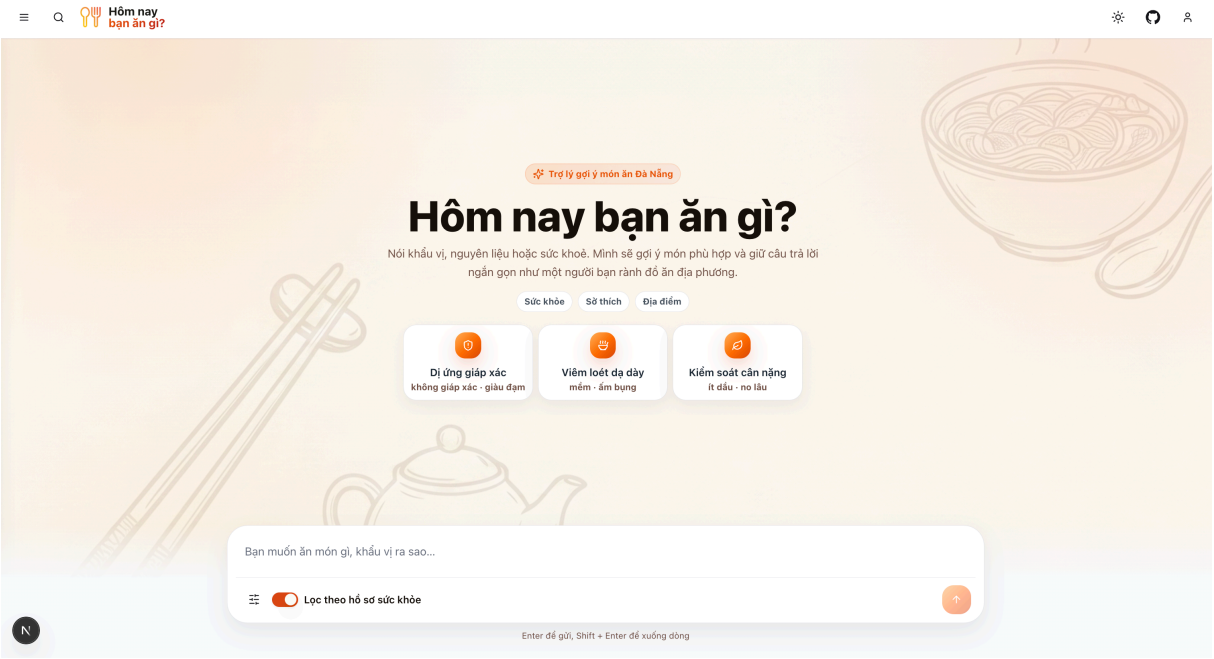
5.5.4 Màn hình thiết lập thông tin ban đầu



Hình 5.4: Màn hình thiết lập hồ sơ sức khoẻ lần đầu sau khi đăng ký

Màn hình này cho phép người dùng thiết lập hồ sơ cá nhân ban đầu, bao gồm tình trạng sức khỏe, dị ứng thực phẩm, khẩu vị, nguyên liệu yêu thích và kiểu món ưa thích. Các thông tin này được sử dụng để cá nhân hóa kết quả gợi ý món ăn.

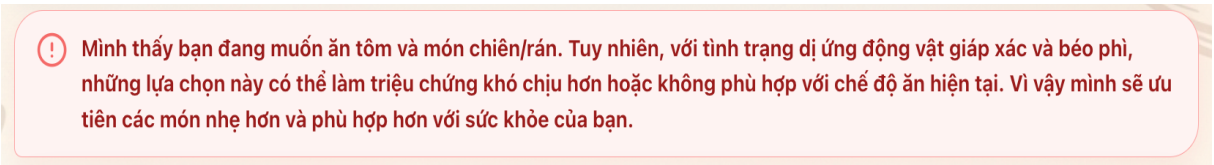
5.5.5 Màn hình chatbot gợi ý món ăn



Hình 5.5: Màn hình chatbot gợi ý món ăn

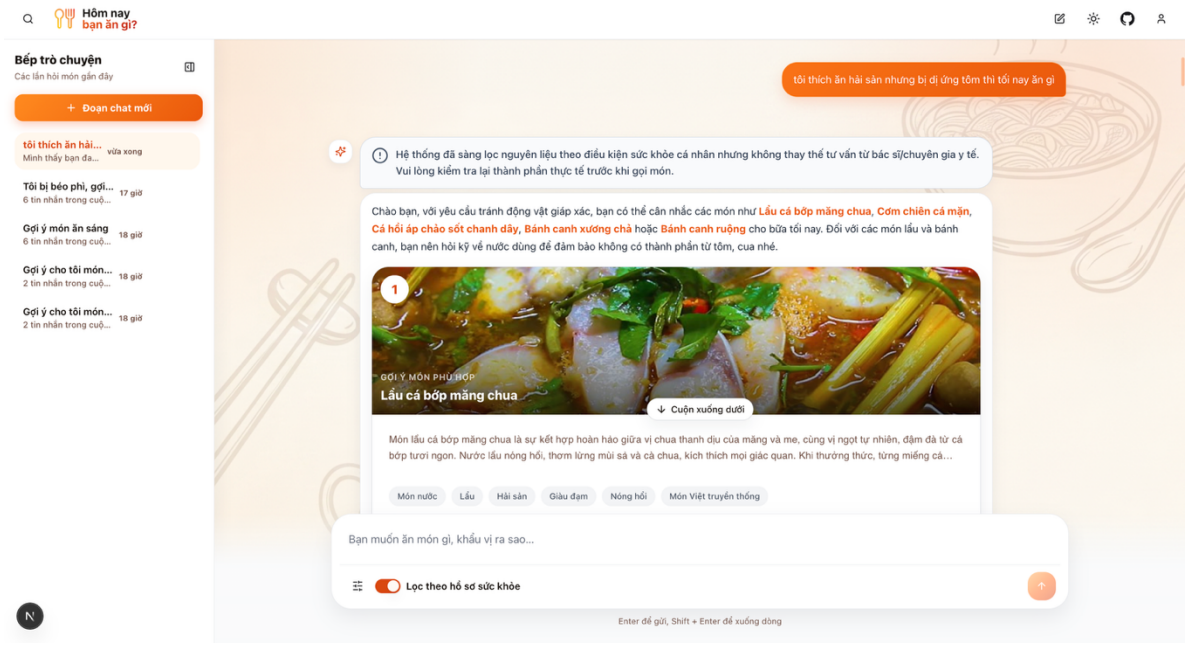
Màn hình chatbot cho phép người dùng nhập yêu cầu bằng tiếng Việt tự nhiên để nhận gợi ý món ăn. Hệ thống phân tích câu hỏi, đối chiếu với hồ sơ sức khỏe và trả về danh sách món ăn phù hợp kèm lý do gợi ý.

5.5.6 Thông báo cảnh báo khi xung đột giữa yêu cầu người dùng và bệnh lý



Hình 5.6: Nội dung cảnh báo khi xung đột giữa yêu cầu người dùng và quy tắc sức khoẻ của hệ thống

5.5.7 Màn hình chi tiết kết quả gợi ý

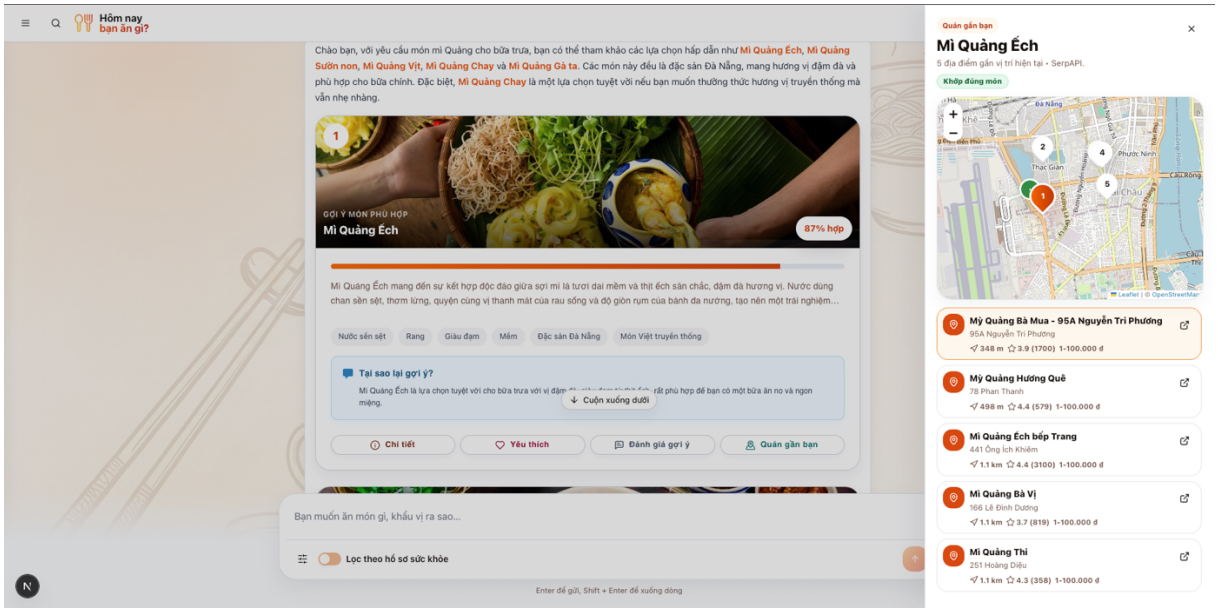


Hình 5.7: Kết quả món ăn gợi ý được trả về

Màn hình này hiển thị chi tiết các món ăn được hệ thống đề xuất, bao gồm tên món, hình ảnh, mô tả, nguyên liệu chính, điểm phù hợp, lý do gợi ý và các cảnh báo sức khỏe.

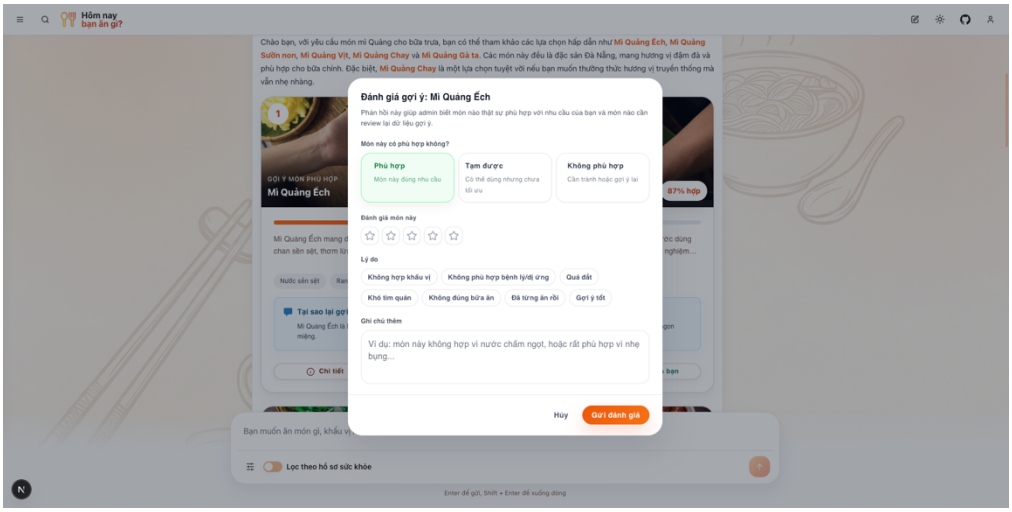
5.5.8 Màn hình gợi ý quán ăn

Màn hình gợi ý quán ăn hiển thị các địa điểm ăn uống liên quan đến món được chọn, kèm thông tin như tên quán, địa chỉ, khoảng cách, đánh giá và vị trí trên bản đồ.



Hình 5.8: Màn hình gợi ý quán ăn

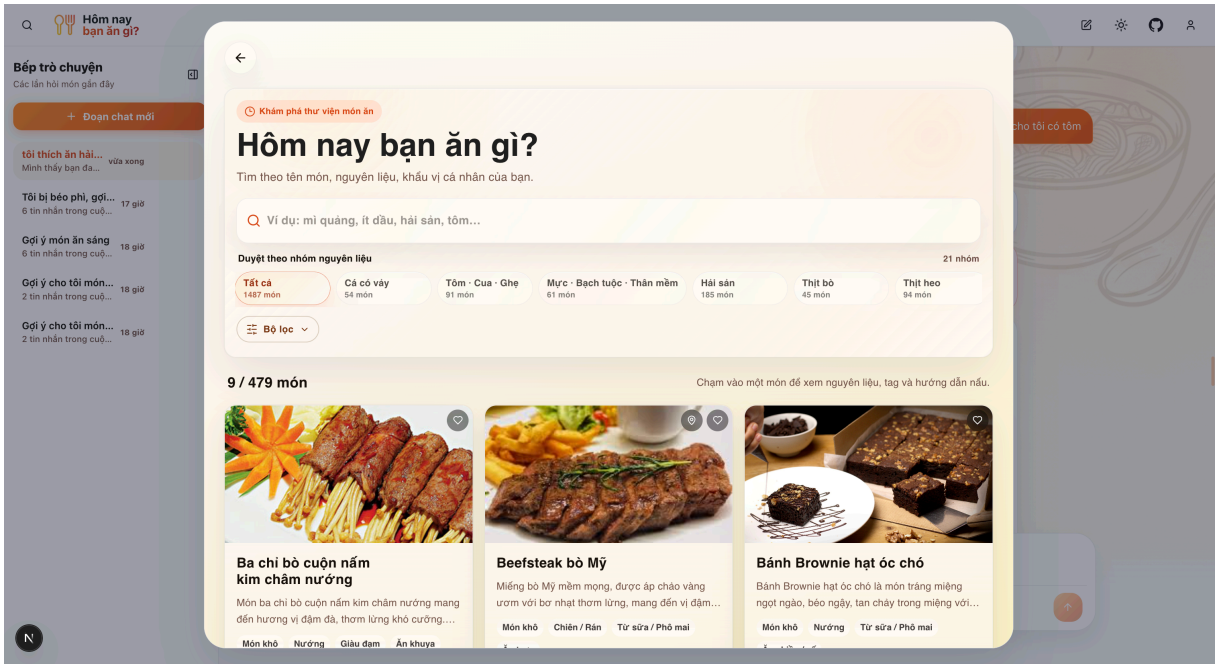
5.5.9 Màn hình đánh giá kết quả món ăn gợi ý



Hình 5.9; Màn hình người dùng đánh giá chất lượng món ăn được gợi ý

Màn hình này cho phép người dùng phản hồi về chất lượng món ăn được gợi ý, chẳng hạn mức độ phù hợp, lý do hài lòng hoặc chưa hài lòng và ghi chú bổ sung. Dữ liệu phản hồi được dùng để theo dõi và cải thiện hệ thống.

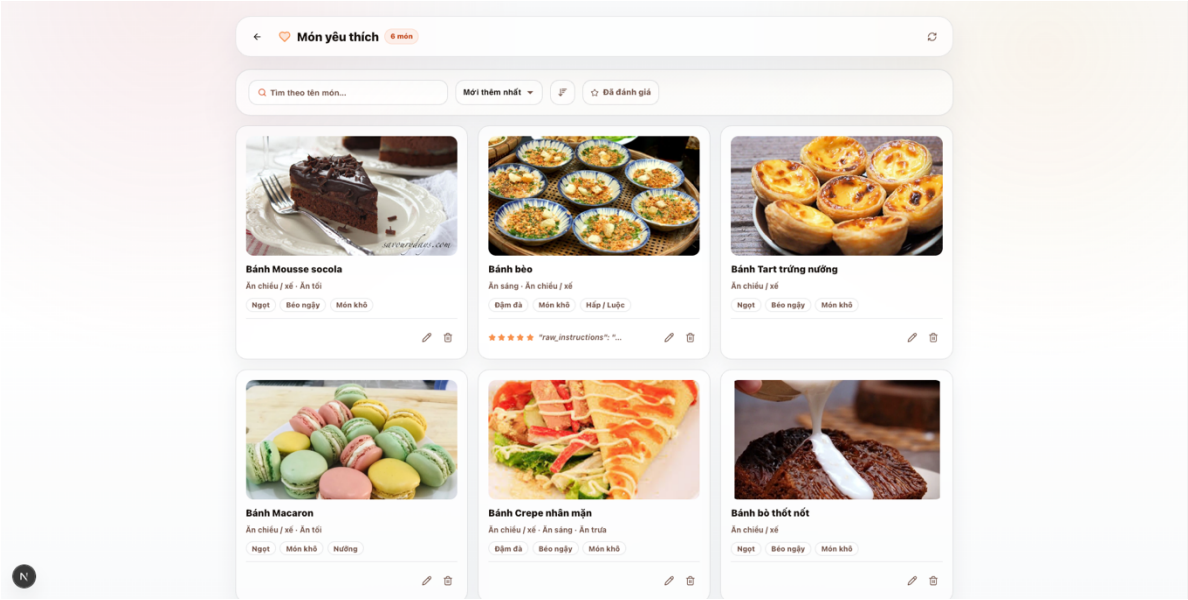
5.5.10 Màn hình tra cứu món ăn



Hình 5.10: Màn hình tra cứu món ăn

Màn hình tra cứu món ăn cho phép người dùng tìm kiếm món ăn trực tiếp theo tên món, nguyên liệu hoặc yêu cầu cụ thể. Kết quả hiển thị danh sách món ăn phù hợp cùng các thông tin mô tả cơ bản.

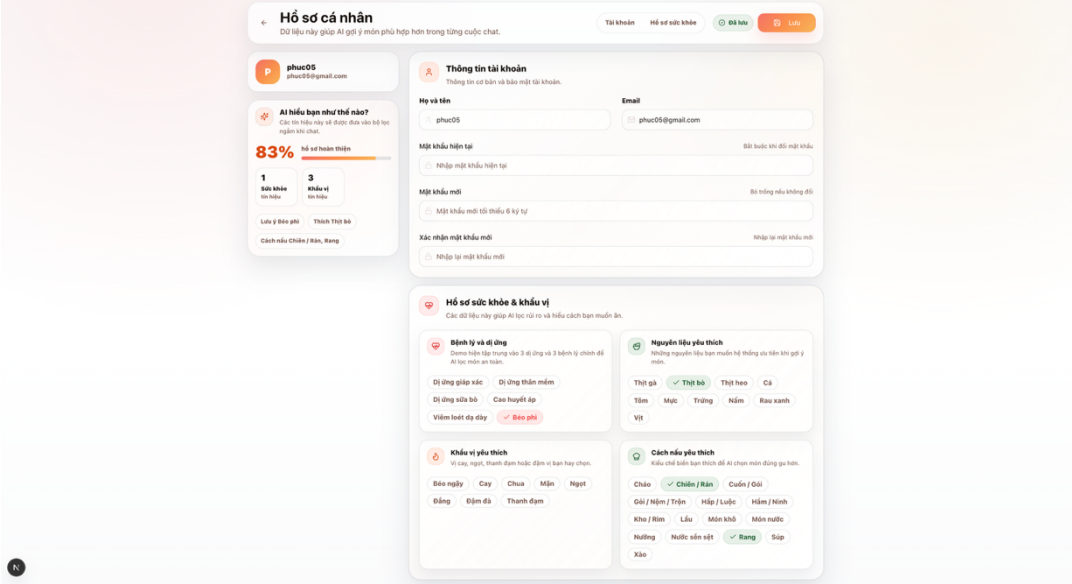
5.5.11 Màn hình quản lý danh sách món ăn yêu thích



Hình 5.11: Màn hình quản lý danh sách món ăn yêu thích

Màn hình này hiển thị các món ăn mà người dùng đã lưu vào danh sách yêu thích, giúp người dùng dễ dàng xem lại, quản lý và truy cập nhanh các món phù hợp với sở thích cá nhân.

5.5.12 Màn hình quản lý thông tin cá nhân

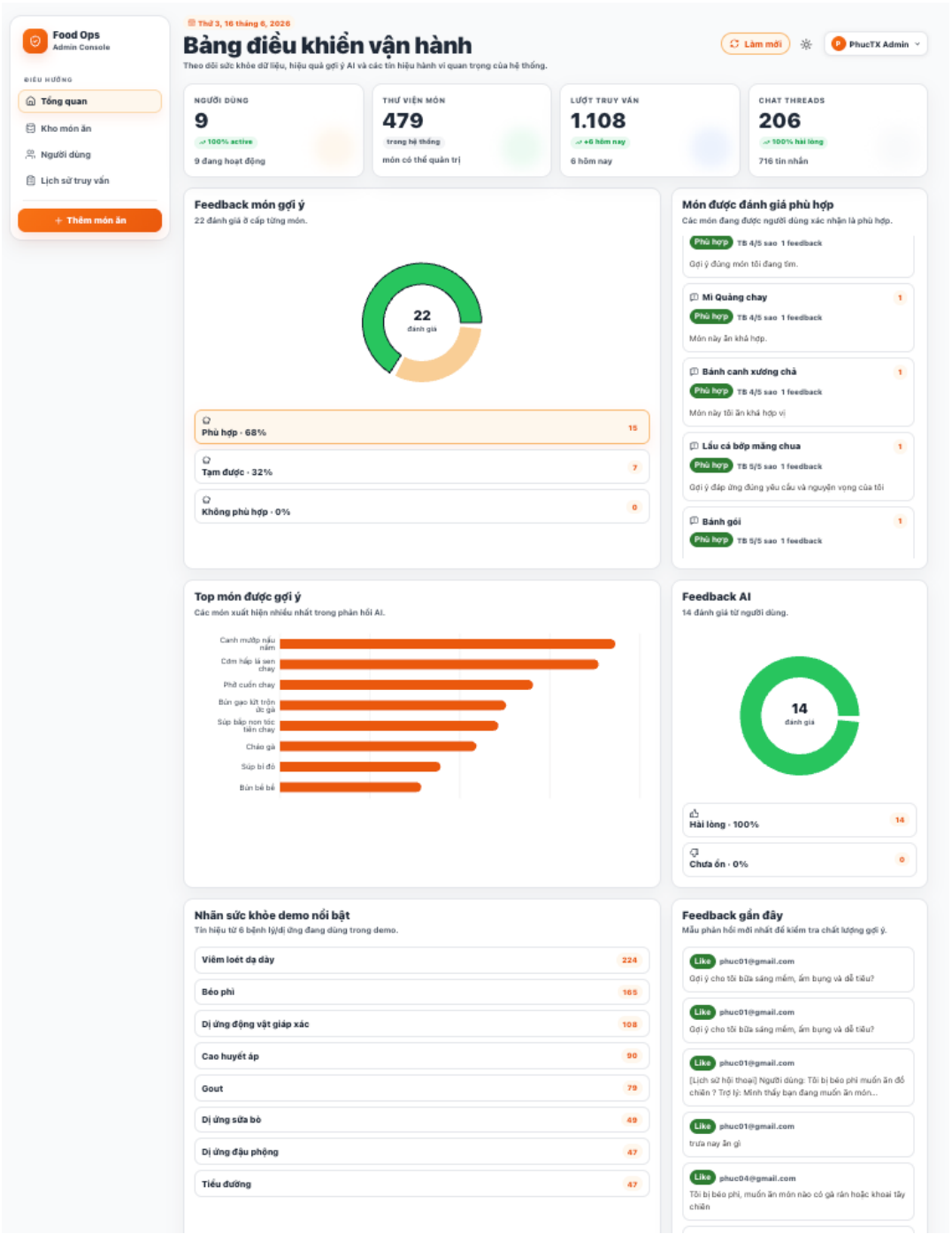


Hình 5.12: Màn hình quản lý thông tin cá nhân

Màn hình này cho phép người dùng cập nhật thông tin cá nhân, tình trạng sức khỏe, dị ứng, khẩu vị, nguyên liệu yêu thích và kiểu món ưa thích. Các thông tin này là cơ sở để hệ thống cá nhân hóa kết quả gợi ý.

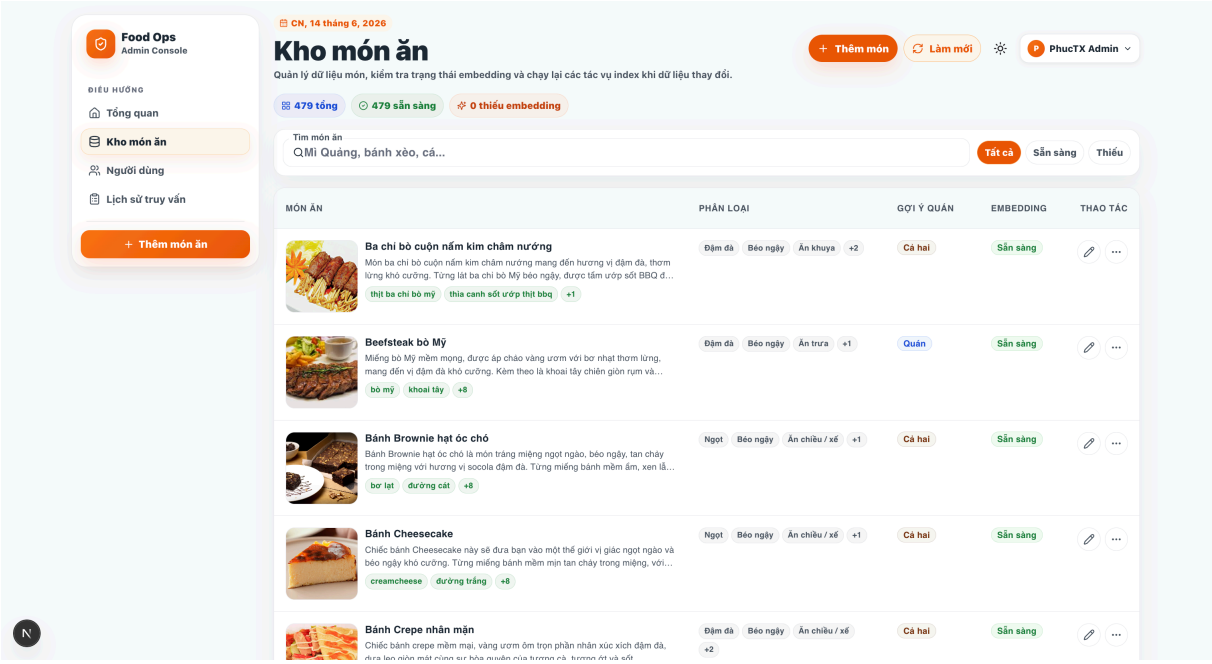
5.5.13 Màn hình quản trị: Màn hình Dashboard tổng quan

Dashboard tổng quan cung cấp các thống kê chính về hoạt động của hệ thống, như số lượng người dùng, món ăn, truy vấn, phản hồi và các món được gợi ý nhiều. Màn hình này hỗ trợ quản trị viên theo dõi tình trạng vận hành chung.



Hình 5.13: Màn hình Dashboard tổng quan

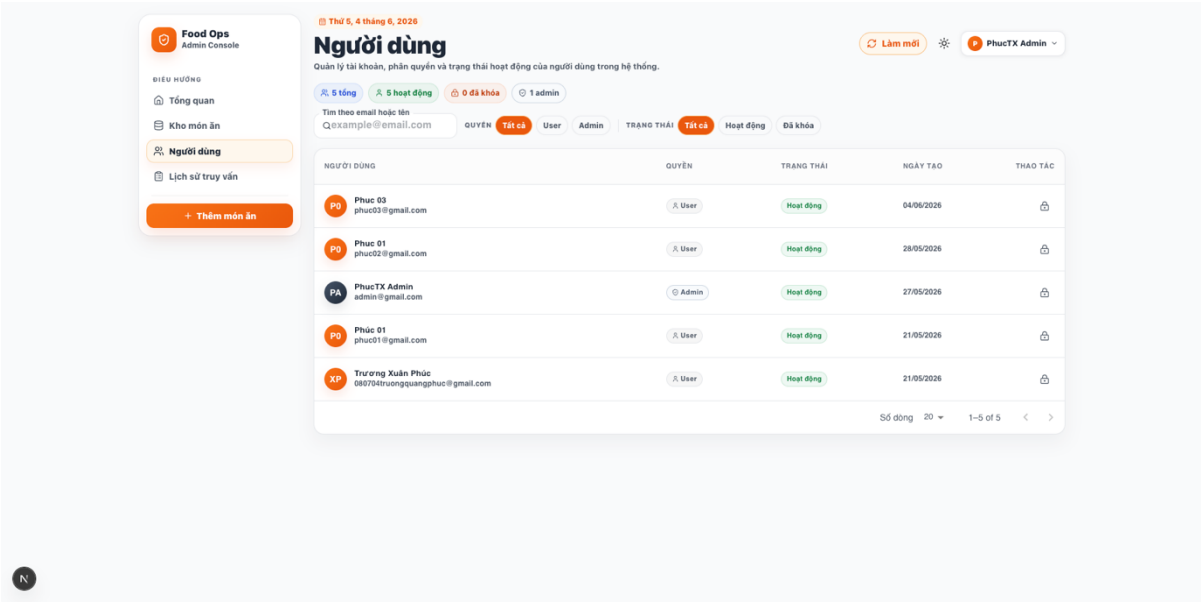
5.5.14 Màn hình quản trị: Quản lý món ăn



Hình 5.14: Màn hình quản lý món ăn

Màn hình quản lý món ăn cho phép quản trị viên thêm, sửa, xóa và cập nhật thông tin món ăn, bao gồm tên món, mô tả, nguyên liệu, nhãn phân loại, hình ảnh và dữ liệu liên quan đến tìm kiếm ngữ nghĩa.

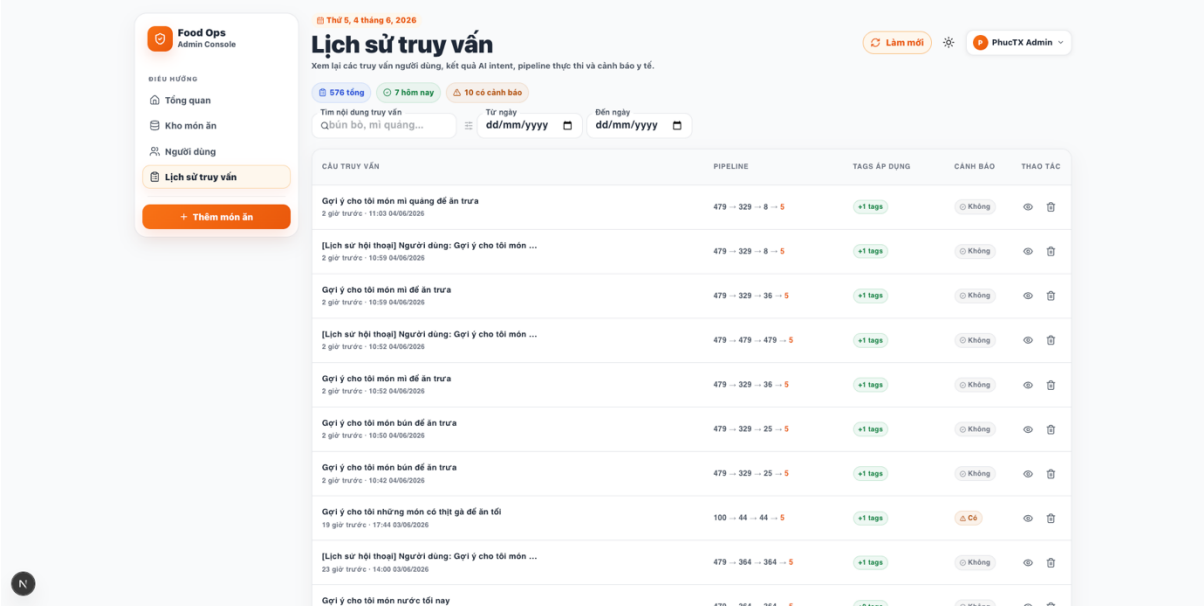
5.5.15 Màn hình quản trị: Quản lý trạng thái tài khoản người dùng



Hình 5.15: Màn hình quản lý trạng thái tài khoản người dùng

Màn hình này hỗ trợ quản trị viên theo dõi danh sách tài khoản người dùng, vai trò, trạng thái hoạt động và thực hiện các thao tác quản lý như khóa hoặc kích hoạt tài khoản khi cần thiết.

5.5.16 Màn hình quản trị: Nhật ký truy vấn



Hình 5.16: Màn hình Nhật ký truy vấn

Màn hình nhật ký truy vấn hiển thị lịch sử các yêu cầu tìm kiếm/gợi ý, các ràng buộc đã áp dụng, kết quả trả về và thông tin truy vết quá trình xử lý. Đây là công cụ hỗ trợ phân tích lỗi và cải thiện chất lượng gợi ý.

5.6 Đánh giá tổng quan hệ thống

5.6.1 Ưu điểm

- **Giao diện thân thiện:** Hệ thống có giao diện web trực quan, hỗ trợ tìm kiếm món ăn, hội thoại, quản lý hồ sơ sức khỏe, món yêu thích và lịch sử truy vấn.
- **Hỗ trợ truy vấn tiếng Việt tự nhiên:** Người dùng có thể đặt câu hỏi theo cách diễn đạt thông thường, không cần nhập đúng tên món.
- **Có cơ chế kiểm soát sức khỏe:** Hệ thống kết hợp lọc cứng theo nguyên liệu cần tránh và giảm điểm/cảnh báo với các yếu tố nên hạn chế.
- **Kết quả có giải thích:** Mỗi món ăn được gợi ý kèm lý do và cảnh báo sức khỏe nếu có.
- **Tích hợp gợi ý địa điểm:** Hệ thống hỗ trợ tìm địa điểm ăn uống gần người dùng và hiển thị trên bản đồ.

5.6.2 Nhược điểm

- **Dữ liệu món ăn còn hạn chế:** Bộ dữ liệu hiện có 479 món, chưa bao phủ đầy đủ món vùng miền, món ăn kiêng và các biến thể chế biến.
- **Bộ quy tắc sức khỏe chưa được chuyên gia thẩm định:** Các quy tắc dựa trên tài liệu y khoa tham khảo, nhưng chưa được xác nhận bởi chuyên gia dinh dưỡng hoặc bác sĩ.
- **Chưa có dữ liệu dinh dưỡng định lượng:** Hệ thống chưa có các chỉ số như năng lượng, natri, đường, chất béo hoặc protein cho từng món.
- **Gợi ý địa điểm còn phụ thuộc dữ liệu bên ngoài:** Độ khớp giữa món ăn và quán ăn thực tế chưa luôn ổn định.
- **Chưa cá nhân hóa sâu theo lịch sử tương tác:** Dữ liệu yêu thích, phản hồi và lịch sử truy vấn chưa được khai thác đầy đủ để học sở thích dài hạn.
- **Chatbot chưa hoàn thiện toàn bộ luồng ý định:** Hệ thống tập trung tốt nhất vào luồng gợi ý món ăn mới; các luồng khác cần phát triển thêm.
- **Trọng số xếp hạng chưa được tối ưu tự động:** Các trọng số hiện tại được hiệu chỉnh thủ công trong quá trình kiểm thử, chưa được tối ưu về mặt thuật toán hoặc học từ dữ liệu người dùng.

5.6.3 Giới hạn đạo đức và phạm vi sử dụng của hệ thống

Do hệ thống có liên quan đến yếu tố sức khỏe và dinh dưỡng, kết quả gợi ý món ăn chỉ được xem là thông tin hỗ trợ tham khảo, không thay thế cho tư vấn, chẩn đoán hoặc phác đồ điều trị của bác sĩ và chuyên gia dinh dưỡng. Các cảnh báo sức khỏe trong hệ thống được xây dựng dựa trên bộ dữ liệu món ăn, bộ quy tắc sức khỏe và các tài liệu tham khảo trong phạm vi đồ án, chưa được thẩm định lâm sàng chính thức bởi chuyên gia y tế.

Bên cạnh đó, hệ thống vẫn có nguy cơ đưa ra gợi ý chưa phù hợp trong một số trường hợp, chẳng hạn dữ liệu món ăn thiếu thông tin thành phần, nguyên liệu thực tế thay đổi theo quán ăn hoặc cách chế biến, mô hình ngôn ngữ lớn phân tích sai ý định người dùng, hoặc bộ quy tắc sức khỏe chưa bao phủ đầy đủ mọi tình huống. Đặc biệt với các trường hợp dị ứng thực phẩm nặng hoặc bệnh lý nghiêm trọng, người dùng cần kiểm tra lại thành phần thực tế và tham khảo ý kiến chuyên gia trước khi sử dụng kết quả gợi ý.

Vì vậy, hệ thống được định vị là công cụ hỗ trợ lựa chọn món ăn có cảnh báo sức khỏe, không phải hệ thống tư vấn y khoa tự động. Trong các phiên bản tiếp theo, bộ quy tắc sức khỏe cần được rà soát bởi chuyên gia dinh dưỡng hoặc bác sĩ lâm sàng để nâng cao độ tin cậy và tính an toàn khi ứng dụng trong thực tế.

5.7 Kết luận chương

Chương này đã trình bày quá trình triển khai và đánh giá hệ thống gợi ý món ăn theo ngữ cảnh sức khỏe người dùng. Hệ thống đã hiện thực hóa các chức năng cốt lõi như phân tích truy vấn tiếng Việt, đối chiếu hồ sơ sức khỏe, lọc món không phù hợp, tìm kiếm ngữ nghĩa, xếp hạng kết quả, sinh lý do gợi ý, gợi ý địa điểm ăn uống và quản trị hệ thống.

Kết quả cho thấy hệ thống có khả năng hỗ trợ người dùng lựa chọn món ăn phù hợp hơn với sở thích, bối cảnh bữa ăn và một số ràng buộc sức khỏe. Tuy nhiên, hệ thống vẫn còn hạn chế về quy mô dữ liệu, dữ liệu dinh dưỡng định lượng, thẩm định chuyên gia, độ chính xác gợi ý địa điểm và khả năng cá nhân hóa dài hạn.

KẾT LUẬN

1. Kết quả đạt được

Sau quá trình nghiên cứu và triển khai, đồ án đã xây dựng được hệ thống gợi ý món ăn theo ngữ cảnh sức khỏe người dùng. Hệ thống kết hợp mô hình ngôn ngữ lớn, tìm kiếm ngữ nghĩa và bộ quy tắc sức khỏe có kiểm soát nhằm hỗ trợ người dùng lựa chọn món ăn phù hợp hơn với sở thích, bối cảnh bữa ăn, bệnh lý và dị ứng thực phẩm.
Các kết quả chính đạt được bao gồm:

- Xây dựng hệ thống web hoàn chỉnh gồm tầng máy chủ sử dụng FastAPI, cơ sở dữ liệu PostgreSQL tích hợp pgvector và giao diện người dùng sử dụng Next.js. Hệ thống hỗ trợ tìm kiếm món ăn, gợi ý qua hội thoại, quản lý hồ sơ sức khỏe và lưu lịch sử truy vấn.
- Xây dựng quy trình xử lý gợi ý gồm 5 bước: phân tích ý định, đối chiếu hồ sơ cá nhân và luật sức khỏe, lọc món không phù hợp, chấm điểm ngữ nghĩa, xếp hạng theo ràng buộc sức khỏe.
- Xây dựng bộ dữ liệu 479 món ăn Việt Nam, trong đó mỗi món được chuẩn hóa các thông tin như tên món, mô tả, nguyên liệu chính, nhãn đặc tính, hồ sơ vị, ngữ cảnh bữa ăn và vector ngữ nghĩa 3072 chiều.
- Xây dựng bộ quy tắc sức khỏe cho các nhóm bệnh lý, dị ứng dựa trên tài liệu y khoa tham khảo. Các quy tắc được biểu diễn dưới dạng nguyên liệu cần tránh, nguyên liệu nên ưu tiên, nhãn món ăn cần hạn chế và nhãn món ăn nên ưu tiên.
- Triển khai cơ chế lọc và xếp hạng có kiểm soát: các nguyên liệu cần tránh được xử lý bằng lọc cứng, trong khi các yếu tố nên hạn chế theo bệnh lý được xử lý bằng cơ chế giảm điểm và cảnh báo.
- Tích hợp mô hình gemini-embedding-001 để biểu diễn truy vấn và món ăn dưới dạng vector, giúp hệ thống có thể tìm kiếm theo ngữ nghĩa thay vì chỉ dựa trên từ khóa chính xác.
- Tích hợp cơ chế cảnh báo khi phát hiện xung đột giữa sở thích người dùng và ràng buộc sức khỏe, giúp người dùng hiểu vì sao một số yêu cầu không được ưu tiên.
- Tích hợp chức năng gợi ý địa điểm ăn uống gần người dùng thông qua dữ liệu địa điểm, hiển thị trên bản đồ tương tác với các thông tin như khoảng cách và địa chỉ.
- Xây dựng trang quản trị hỗ trợ quản lý món ăn, theo dõi nhật ký truy vấn, thống kê phản hồi người dùng và phục vụ quá trình cải thiện chất lượng gợi ý.

2. Những vấn đề chưa giải quyết

Mặc dù hệ thống đã hoàn thành các chức năng chính của bài toán gợi ý món ăn theo ngữ cảnh sức khỏe, vẫn còn một số hạn chế cần tiếp tục cải thiện trong các phiên bản sau.

- **Bộ dữ liệu món ăn còn giới hạn về quy mô và độ bao phủ**
  Hệ thống hiện sử dụng 479 món ăn Việt Nam, trong đó số lượng món đặc trưng theo từng vùng miền, món ăn kiêng chuyên biệt và các biến thể chế biến thực tế vẫn còn hạn chế. Điều này làm giảm khả năng gợi ý đa dạng, đặc biệt trong các trường hợp người dùng có nhiều ràng buộc sức khỏe đồng thời.
- **Bộ quy tắc sức khoẻ chưa được thẩm định bởi chuyên gia lâm sàn**
  Các quy tắc hiện tại được xây dựng dựa trên tài liệu y khoa tham khảo và quá trình rà soát thủ công, nhưng chưa trải qua bước xác nhận chính thức bởi bác sĩ hoặc chuyên gia dinh dưỡng. Vì vậy, hệ thống chỉ nên được xem là công cụ hỗ trợ tham khảo, không thay thế cho tư vấn y tế chuyên nghiệp.
- **Hệ thống chưa có dữ liệu dinh dưỡng định lượng cho từng món ăn**
  Việc đánh giá món ăn hiện chủ yếu dựa trên nguyên liệu và các nhãn thuộc tính định tính. Hệ thống chưa có các chỉ số dinh dưỡng định lượng chi tiết như năng lượng, natri, đường, chất béo, chất xơ hoặc chất đạm, nên chưa thể đáp ứng chính xác các yêu cầu khắt khe về dinh dưỡng cụ thể của người dùng.
- **Hệ thống chưa khai thác sâu lịch sử tương tác để cá nhân hoá dài hạn**
  Mặc dù hệ thống có lưu món yêu thích, lịch sử truy vấn và phản hồi người dùng, các dữ liệu này chưa được sử dụng đầy đủ để điều chỉnh thứ hạng gợi ý theo thời gian. Vì vậy, kết quả hiện chủ yếu cá nhân hóa theo hồ sơ sức khỏe và truy vấn hiện tại, chưa học sâu từ hành vi dài hạn của từng người dùng.
- **Chưa xử lý tốt trường hợp người dùng yêu cầu số lượng gợi ý cụ thể**
  Hệ thống hiện được thiết kế với mục tiêu trả về danh sách gợi ý ngắn, thường là tối đa 5 món phù hợp nhất để người dùng dễ xem và lựa chọn. Tuy nhiên, khi người dùng yêu cầu số lượng kết quả lớn hơn, chẳng hạn "gợi ý 20 món", hệ thống chưa có cơ chế phân trang, mở rộng số lượng kết quả hoặc điều chỉnh cách trình bày phù hợp. Điều này khiến hệ thống chưa đáp ứng tốt các nhu cầu tìm kiếm danh sách món ăn quy mô lớn. Trong các phiên bản tiếp theo, cần bổ sung cơ chế tùy chỉnh số lượng kết quả, phân trang và kiểm soát độ đa dạng khi trả về nhiều món hơn.
- **Chưa tái sử dụng dữ liệu phản hồi để cải thiện mô hình gợi ý**
  Hệ thống hiện đã cho phép người dùng đánh giá kết quả gợi ý món ăn, chẳng hạn như mức độ phù hợp, lý do hài lòng hoặc chưa hài lòng, ghi chú bổ sung. Tuy

nhiên các dữ liệu này mới được lưu trữ để phục vụ theo dõi và phân tích, chưa được sử dụng để huấn luyện lại mô hình, điều chỉnh trọng số xếp hạng hoặc cải thiện bộ quy tắc gợi ý. Vì vậy, chất lượng gợi ý hiện chưa thể tự động cải thiện dựa trên phản hồi thực tế của người dùng trong quá trình vận hành.

- **Chưa tối ưu sâu về mặt thuật toán**

  Hệ thống hiện sử dụng mô hình embedding có sẵn và cơ chế xếp hạng dựa trên các trọng số được thiết lập thủ công trong quá trình triển khai. Đề tài chưa thực hiện tối ưu có hệ thống đối với mô hình biểu diễn ngữ nghĩa, thuật toán xếp hạng và các tham số điều chỉnh điểm. Vì vậy, chất lượng gợi ý vẫn còn phụ thuộc vào cấu hình hiện tại và có thể tiếp tục được cải thiện trong các nghiên cứu tiếp theo.

3. Hướng phát triển

Từ các hạn chế còn tồn tại, hệ thống có thể được tiếp tục phát triển theo các hướng sau:

- **Mở rộng và chuẩn hóa bộ dữ liệu món ăn**

  Hệ thống hiện mới có 479 món ăn, chưa bao phủ đầy đủ các món đặc thù vùng miền, món ăn kiêng, món theo chế độ bệnh lý và các biến thể chế biến phổ biến trong thực tế. Trong tương lai, bộ dữ liệu cần được mở rộng cả về số lượng món, độ đa dạng nguyên liệu, phương pháp chế biến, vùng miền và ngữ cảnh sử dụng. Song song đó, cần tiếp tục hoàn thiện bộ quy tắc chuẩn hóa nguyên liệu và alias rule để nhận diện tốt hơn các cách gọi khác nhau của cùng một nguyên liệu, đặc biệt đối với các nhóm dị ứng thực phẩm.

- **Thẩm định và hoàn thiện bộ quy tắc sức khỏe**

  Các quy tắc sức khỏe hiện tại được xây dựng dựa trên tài liệu y khoa tham khảo và quá trình rà soát thủ công, nhưng chưa được xác nhận chính thức bởi chuyên gia dinh dưỡng hoặc bác sĩ lâm sàng. Trong tương lai, hệ thống cần có sự tham gia của chuyên gia để kiểm tra tính chính xác, mức độ phù hợp và phạm vi áp dụng của từng quy tắc. Việc thẩm định này sẽ giúp tăng độ tin cậy của hệ thống, đồng thời điều chỉnh các quy tắc còn quá nghiêm ngặt, chưa đủ chi tiết hoặc chưa phù hợp với thực tế tư vấn dinh dưỡng.

- **Bổ sung dữ liệu dinh dưỡng định lượng cho từng món ăn**

  Hệ thống hiện chủ yếu đánh giá món ăn dựa trên nguyên liệu và nhãn mô tả, chưa có các chỉ số dinh dưỡng định lượng như năng lượng, natri, đường, chất béo, chất xơ hoặc protein. Do đó, trong các phiên bản tiếp theo, cần bổ sung dữ liệu dinh dưỡng cho từng món ăn hoặc từng khẩu phần ăn. Việc này giúp hệ thống đánh giá chính xác hơn các yêu cầu như "ít muối", "ít đường", "ít năng lượng" hoặc "giàu đạm", thay vì chỉ suy luận gián tiếp từ nhãn món ăn.

- **Cải thiện chất lượng xếp hạng và độ đa dạng kết quả**
  Khi người dùng có nhiều ràng buộc sức khỏe, danh sách món phù hợp thường bị thu hẹp và dễ tập trung vào một vài nhóm món tương tự nhau. Hệ thống có thể bổ sung cơ chế đa dạng hóa kết quả để danh sách gợi ý cuối cùng bao phủ nhiều loại món, cách chế biến, hương vị và ngữ cảnh bữa ăn hơn, thay vì chỉ tối ưu theo điểm phù hợp cao nhất.
- **Nâng cao chức năng gợi ý địa điểm ăn uống**
  Kết quả tìm quán hiện phụ thuộc vào dữ liệu từ dịch vụ tìm kiếm bên ngoài, trong khi nhiều quán ăn tại Việt Nam không đặt tên theo món hoặc không có dữ liệu thực đơn rõ ràng. Hướng phát triển phù hợp là xây dựng cơ sở dữ liệu quán ăn riêng, liên kết giữa món ăn và địa điểm bán thực tế, hoặc tích hợp thêm các nguồn dữ liệu ẩm thực nội địa để tăng độ khớp giữa món gợi ý và địa điểm bán.
- **Cá nhân hóa theo lịch sử tương tác người dùng**
  Các dữ liệu như món người dùng đã lưu, phản hồi sau khi gợi ý, truy vấn lặp lại và hành vi lựa chọn món có thể được sử dụng để điều chỉnh thứ hạng kết quả. Nhờ đó, hệ thống không chỉ cá nhân hóa theo hồ sơ sức khỏe tĩnh, mà còn học dần từ sở thích thực tế của từng người dùng theo thời gian.
- **Hoàn thiện chatbot và mở rộng khả năng giải thích**
  Kiến trúc chatbot hiện đã có nền tảng để mở rộng nhiều loại ý định, nhưng luồng được hoàn thiện tốt nhất vẫn là gợi ý món ăn mới. Trong tương lai, hệ thống cần phát triển thêm các luồng như kiểm tra một món cụ thể có phù hợp với bệnh lý hay không, hỏi thông tin dinh dưỡng, gợi ý thay thế nguyên liệu, tìm quán ăn và xây dựng thực đơn theo ngày hoặc theo tuần. Bên cạnh đó, có thể nghiên cứu đồ thị tri thức thực phẩm - sức khỏe để mô hình hóa quan hệ giữa món ăn, nguyên liệu, chất dinh dưỡng, bệnh lý và khuyến nghị dinh dưỡng, từ đó nâng cao khả năng giải thích của hệ thống.
- **Khai thác dữ liệu phản hồi để cải thiện hệ thống gợi ý**
  Trong các phiên bản tiếp theo, hệ thống cần sử dụng dữ liệu phản hồi của người dùng để điều chỉnh và cải thiện chất lượng gợi ý. Các phản hồi như đánh giá sao, lựa chọn phù hợp/không phù hợp, lý do phản hồi và ghi chú người dùng có thể được dùng để cập nhật trọng số xếp hạng, phát hiện lỗi trong bộ quy tắc sức khỏe, bổ sung alias nguyên liệu còn thiếu hoặc xây dựng bộ dữ liệu huấn luyện cho các mô hình gợi ý trong tương lai. Điều này giúp hệ thống có khả năng học từ quá trình sử dụng thực tế thay vì chỉ dựa trên dữ liệu và quy tắc được xây dựng ban đầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, J. Uszkoreit, L. Jones, A. N. Gomez, Ł. Kaiser, and I. Polosukhin, "Attention is all you need," in Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), vol. 30, pp. 5998–6008, 2017. [Trực tuyến]. Có sẵn tại: https://arxiv.org/abs/1706.03762 [Truy cập: 15/06/2026].

[2] P. Lewis, E. Perez, A. Piktus, F. Petroni, V. Karpukhin, N. Goyal, H. Küttler, M. Lewis, W.-T. Yih, T. Rocktäschel, S. Riedel, and D. Kiela, "Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks," in Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), vol. 33, pp. 9459–9474, 2020. [Trực tuyến]. Có sẵn tại: https://arxiv.org/abs/2005.11401 [Truy cập: 15/06/2026].

[3] Y. Gao, Y. Xiong, X. Gao, K. Jia, J. Pan, Y. Bi, Y. Dai, J. Sun, M. Wang, and H. Wang, "Retrieval-augmented generation for large language models: A survey," arXiv preprint arXiv:2312.10997, 2023. [Trực tuyến]. Có sẵn tại: https://arxiv.org/abs/2312.10997 [Truy cập: 15/06/2026].

[4] A. Felfernig and R. Burke, "Constraint-based recommender systems: Technologies and research issues," in Proc. 10th Int. Conf. Electronic Commerce (ICEC '08), Innsbruck, Austria, 2008, pp. 17–26. [Trực tuyến]. Có sẵn tại: https://doi.org/10.1145/1409540.1409544 [Truy cập: 15/06/2026].

[5] T. N. T. Tran, M. Atas, A. Felfernig, and M. Stettinger, "An overview of recommender systems in the healthy food domain," Journal of Intelligent Information Systems, vol. 50, pp. 501–526, 2018. [Trực tuyến]. Có sẵn tại: https://doi.org/10.1007/s10844-017-0469-0 [Truy cập: 15/06/2026].

[6] J. A. Boyce et al., "Guidelines for the diagnosis and management of food allergy in the United States: Report of the NIAID-sponsored expert panel," Journal of Allergy and Clinical Immunology, vol. 126, no. 6, Suppl., pp. S1–S58, 2010. [Trực tuyến]. Có sẵn tại: https://doi.org/10.1016/j.jaci.2010.10.007 [Truy cập: 15/06/2026].

[7] R. Pawankar, G. W. Canonica, S. T. Holgate, and R. F. Lockey, Eds., WAO White Book on Allergy: Update 2013, World Allergy Organization, Milwaukee, WI, USA, 2013. [Trực tuyến]. Có sẵn tại: https://allergypaais.org/wp-content/themes/twentytwentyone/pdf/WhiteBook2-2013-v8.pdf. [Truy cập: 15/06/2026].

[8] C. Venter et al., "DRACMA guideline update — Diagnosis and rationale for action against cow's milk allergy," World Allergy Organization Journal, vol. 15, no. 1, p. 100613, 2022. [Trực tuyến]. Có sẵn tại: https://doi.org/10.1016/j.waojou.2021.100613 [Truy cập: 15/06/2026].

[9] P. K. Whelton et al., "2017 ACC/AHA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults," Hypertension, vol. 71, no. 6, pp. e13–e115, 2018. [Trực tuyến]. Có sẵn tại: https://doi.org/10.1161/HYP.0000000000000065 [Truy cập: 15/06/2026].

[10] K. Satoh et al., "Evidence-based clinical practice guidelines for peptic ulcer disease 2020," Journal of Gastroenterology, vol. 56, no. 4, pp. 303–322, 2021. [Trực tuyến]. Có sẵn tại: https://doi.org/10.1007/s00535-021-01769-0 [Truy cập: 15/06/2026].

[11] M. D. Jensen et al., "2013 AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults," Circulation, vol. 129, no. 25, Suppl. 2, pp. S102–S138, 2014. [Trực tuyến]. Có sẵn tại: https://doi.org/10.1161/01.cir.0000437739.71477.ee [Truy cập: 15/06/2026].

PHỤ LỤC

1. Mã nguồn dự án

Frontend Repository: https://github.com/TX-Phuc-d8m7/gtp26-frontend.git

Backend Repository: https://github.com/TX-Phuc-d8m7/gtp26-backend.git

2. Tài liệu thuyết trình

Slide thuyết trình: https://canva.link/b8c4zjvkh701c2z

Báo cáo: https://drive.google.com/drive/folders/graduation-thesis-documents