HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



Dương Bảo Anh

XÂY DỰNG HỆ KHUYẾN NGHỊ HỖ TRỢ KHÁCH HÀNG SỬ DỤNG CÁC DỊCH VỤ NGÂN HÀNG

Chuyên ngành : Hệ thống thông tin

Mã số: 8.48.01.04

TÓM TẮT ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ

HÀ NỘI - 2025

Đề án tốt nghiệp được hoàn thành tại:

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Người hướng dẫn khoa học: TS. Nguyễn Duy Phương

(Ghi rõ học hàm, học vị)

Phản biện 1: ……

Phản biện 2: ……

Đề án tốt nghiệp sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm đề án tốt nghiệp thạc sĩ tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Vào lúc: ..... giờ ..... ngày ..... tháng .... năm .....

Có thể tìm hiểu đề án tốt nghiệp tại:

- Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Trong bối cảnh ngành tài chính – ngân hàng đẩy mạnh chuyển đổi số, nhu cầu cá nhân hóa dịch vụ và tối ưu hóa trải nghiệm khách hàng trở nên đặc biệt quan trọng. Sự đa dạng của các sản phẩm ngân hàng khiến nhiều khách hàng, nhất là những người ít hiểu biết tài chính, gặp khó khăn trong việc lựa chọn dịch vụ phù hợp.

Các hệ thống khuyến nghị đã chứng minh hiệu quả trong việc phân tích hành vi, dự đoán nhu cầu và cung cấp đề xuất cá nhân hóa. Những phương pháp như Content – based Filtering, Collaborative Filtering và đặc biệt là mô hình lai Hybrid giúp cải thiện độ chính xác và độ bao phủ, đồng thời phù hợp với đặc thù dữ liệu ngân hàng. Song song với đó, hệ chuyên gia dựa trên luật vẫn đóng vai trò quan trọng nhờ khả năng giải thích minh bạch – yêu cầu thiết yếu trong lĩnh vực tài chính.

Từ nhu cầu thực tiễn và định hướng nghiên cứu này, đề tài "Xây dựng hệ khuyến nghị hỗ trợ khách hàng sử dụng các dịch vụ ngân hàng" được lựa chọn nhằm phát triển một hệ thống gợi ý thông minh, giúp khách hàng

nhanh chóng tìm được sản phẩm phù hợp và hỗ trợ ngân hàng nâng cao hiệu quả phục vụ trong quá trình chuyển đổi số.

Nội dung đề án được tổ chức thành ba chương:

Chương 1: Giới thiệu về hệ khuyến nghị

Chương 2: Hệ khuyến nghị các dịch vụ ngân hàng

Chương 3: Xây dựng ứng dụng

2. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu

Hệ khuyến nghị là một kỹ thuật quan trọng của TTNT, hỗ trợ phân tích thông tin và đưa ra gợi ý cá nhân hóa cho người dùng, đặc biệt hữu ích trong ngành ngân hàng nhằm giúp khách hàng lựa chọn sản phẩm phù hợp. Ba hướng tiếp cận phổ biến gồm: hệ thống dựa trên luật với các quy tắc rõ ràng, hệ thống khuyến nghị dựa trên dữ liệu như Content – based và Collaborative Filtering, và mô hình lai kết hợp ưu điểm của cả các phương pháp trên. Trong bối cảnh yêu cầu minh bạch cao của lĩnh vực tài chính, việc tích hợp hệ luật và hệ khuyến nghị trở thành hướng nghiên cứu tiềm năng, cũng là trọng tâm của đề tài.

3. Mục đích nghiên cứu

Đề tài xây dựng mô hình khuyến nghị lai giúp khách hàng chọn dịch vụ ngân hàng phù hợp, bằng cách phân tích dữ liệu giả lập, kết hợp hệ luật với CBF/CF để tạo gợi ý cá nhân hóa – có khả năng giải thích, triển khai nguyên mẫu bằng Python/Flask và đánh giá hiệu quả trên dữ liệu giả lập.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Khách hàng cá nhân có nhu cầu sử dụng dịch vụ ngân hàng và mô hình hệ khuyến nghị hỗ trợ họ lựa chọn dịch vụ phù hợp.

Phạm vi nghiên cứu: Tập trung vào các dịch vụ tài chính thiết yếu như mở tài khoản, gửi tiết kiệm, vay tiêu dùng, thẻ tín dụng, đầu tư phổ thông và ngân hàng số. Dữ liệu được xây dựng dạng giả lập và hệ thống được phát triển dưới dạng mô hình thử nghiệm.

5. Phương pháp nghiên cứu

Đề tài áp dụng các bước: nghiên cứu tài liệu, xây dựng dữ liệu giả lập, triển khai mô hình hybrid (RB + CBF + CF), phát triển ứng dụng web kiểm chứng và đánh giá hiệu quả bằng MAE, RMSE, NDCG.

NỘI DUNG

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU VỀ HỆ KHUYẾN NGHỊ

1.1. Tổng quan về hệ khuyến nghị

1.1.1. Khái niệm hệ khuyến nghị

Hệ khuyến nghị là công nghệ AI phân tích hành vi và sở thích người dùng để đưa ra đề xuất cá nhân hóa. Trong ngân hàng, nó gợi ý sản phẩm như thẻ, vay, tiết kiệm hay bảo hiểm, giúp cá nhân hóa dịch vụ, nâng cao tiếp thị và giữ chân khách hàng, trở thành phần quan trọng của ngân hàng số.

1.1.2. Phân loại hệ khuyến nghị

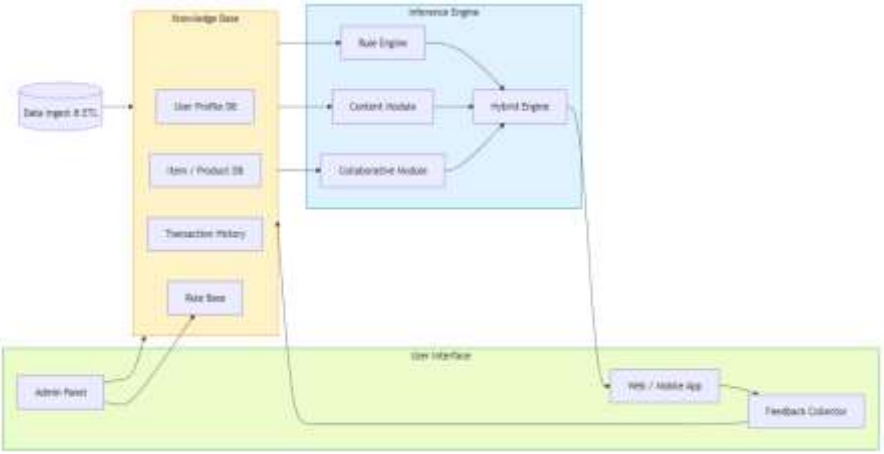
Hệ khuyến nghị có bốn loại chính:

- **Rule – based (RB):** dựa trên tập luật IF – THEN, minh bạch, dễ giải thích, phù hợp ngân hàng, nhưng khó mở rộng và không tự học.
- **Content – based Filtering (CBF):** dựa trên sự tương đồng hồ sơ người dùng – sản phẩm, hiệu quả với dữ liệu ít, dễ giải thích nhưng dễ chuyên biệt hóa, không khai thác hành vi cộng đồng.

- **Collaborative Filtering (CF):** khai thác hành vi người dùng, hiệu quả khi có dữ liệu lớn, nhưng gặp cold–start, sparsity và khó giải thích.
- **Hybrid:** kết hợp RB, CBF và CF, tận dụng ưu điểm từng phương pháp, tăng độ chính xác, bao phủ và minh bạch, phù hợp tài chính – ngân hàng.

1.1.3. Cấu trúc tổng thể của hệ khuyến nghị

Một hệ khuyến nghị hoàn chỉnh thường bao gồm ba thành phần chính: kho tri thức, bộ suy diễn và giao diện người dùng, phối hợp để thu thập dữ liệu, xử lý, phân tích và sinh ra các gợi ý phù hợp với từng người dùng.



Hình 1.1: Cấu trúc tổng thể của hệ khuyến nghị

1.2. Tổng quan về dịch vụ ngân hàng

Ngân hàng hiện đại cung cấp đa dạng dịch vụ cá nhân, từ tiết kiệm, vay vốn, đầu tư, thẻ tín dụng, mở tài khoản, ngân hàng số, thanh toán đến bảo hiểm, với hệ khuyến nghị giúp gợi ý sản phẩm phù hợp, phân loại rủi ro và tối ưu trải nghiệm người dùng, từ đó nâng cao hiệu quả tiếp cận và mức độ hài lòng của khách hàng.

1.2.1. Phân loại nhu cầu và hành vi người dùng

Khách hàng cá nhân có nhu cầu và hành vi tài chính đa dạng, chịu ảnh hưởng bởi thu nhập, độ tuổi, nghề nghiệp và khả năng tiếp cận công nghệ. Hệ khuyến nghị cần xây dựng hồ sơ người dùng phản ánh mục tiêu tài chính, phân khúc khách hàng và hành vi tiêu dùng, từ đó gợi ý sản phẩm phù hợp, tối ưu trải nghiệm và nâng cao độ chính xác trong dự đoán nhu cầu,

1.2.2. Vai trò của hệ khuyến nghị trong lĩnh vực tài chính – ngân hàng

Hệ khuyến nghị giúp cá nhân hóa trải nghiệm khách hàng, đề xuất sản phẩm phù hợp và giúp ngân hàng tối ưu kinh doanh, tiếp thị, phân phối dịch vụ và ra quyết định chiến lược.

1.3. Mô hình khuyến nghị trong lĩnh vực tài chính – ngân hàng

Các hệ khuyến nghị ngân hàng sử dụng dữ liệu khách hàng để cá nhân hóa dịch vụ, đồng thời đảm bảo bảo mật. Rule-based cho gợi ý minh bạch theo luật; CBF dựa trên đặc trưng sản phẩm và hồ sơ người dùng; CF học từ hành vi cộng đồng; còn mô hình lai kết hợp các phương pháp để tăng độ chính xác và phù hợp cho nhiều nhóm khách hàng.

1.4. Kết luận chương 1

Chương 1 trình bày cơ sở lý thuyết về hệ khuyến nghị trong ngân hàng, các phương pháp RB, CBF, CF, Hybrid, ưu nhược điểm, phân tích hành vi người dùng và sản phẩm để xây dựng hồ sơ khách hàng, đồng thời giới thiệu cấu trúc hệ thống và vai trò của mô hình trong cải thiện trải nghiệm và tối ưu kinh doanh.

CHƯƠNG 2: HỆ KHUYẾN NGHỊ CÁC DỊCH VỤ NGÂN HÀNG

2.1. Phân tích người dùng

Người dùng cá nhân ngân hàng đa dạng về độ tuổi, thu nhập, nghề nghiệp và mức độ chấp nhận rủi ro, dẫn đến nhu cầu và hành vi tài chính khác nhau. Phân tích đặc điểm, hành vi sử dụng dịch vụ và phân khúc điển hình giúp xây dựng hồ sơ khách hàng, làm cơ sở cho hệ thống khuyến nghị cá nhân hóa, nâng cao hiệu quả tư vấn và trải nghiệm.

2.2. Nguồn dữ liệu và đặc điểm

Hệ thống khuyến nghị dùng dữ liệu mô phỏng ngân hàng gồm hồ sơ khách hàng, danh mục sản phẩm và lịch sử giao dịch. Dữ liệu được lưu trên PostgreSQL, chuẩn hóa để truy xuất và huấn luyện các mô hình CBF, CF, Hybrid, hỗ trợ gợi ý cá nhân hóa, đánh giá mô hình và bảo vệ quyền riêng tư.

2.3. Phân tích yêu cầu hệ thống khuyến nghị

Phân tích yêu cầu hệ thống khuyến nghị gồm chức năng và phi chức năng. Chức năng bao gồm quản lý thông

tin khách hàng, sinh gợi ý cá nhân hóa dựa trên hồ sơ và lịch sử giao dịch, đồng thời giải thích lý do gợi ý. Phi chức năng đảm bảo độ chính xác cao, hiệu năng nhanh, khả năng mở rộng, tích hợp với nền tảng ngân hàng số và giao diện thân thiện. Xác định chi tiết các yêu cầu này giúp hệ thống hoạt động hiệu quả, đáp ứng nghiệp vụ và nâng cao trải nghiệm khách hàng.

2.4. Thiết kế kiến trúc hệ thống khuyến nghị

Hệ thống được thiết kế theo mô hình bốn lớp gồm giao diện người dùng, bộ xử lý dữ liệu, bộ khuyến nghị tích hợp RB, CBF, CF theo cơ chế hybrid, cùng kho tri thức lưu trữ hồ sơ khách hàng, sản phẩm và lịch sử tương tác, đảm bảo tính module, dễ mở rộng và bảo trì.

2.5. Phương pháp ước lượng và dự đoán

Hệ thống khuyến nghị kết hợp RB, CBF, CF và mô hình Adaptive Hybrid, tối ưu hóa cá nhân hóa, độ chính xác và khả năng giải thích cho cả khách hàng mới và khách hàng có lịch sử giao dịch.

2.6. Kết luận chương 2

Chương 2 đã phân tích đặc điểm và hành vi khách hàng, xây dựng dữ liệu mô phỏng, xác định yêu cầu hệ

thống và thiết kế kiến trúc module hóa. Các phương pháp gợi ý RB, CBF, CF và Hybrid được kết hợp để tối ưu hóa độ chính xác, khả năng cá nhân hóa và mức độ giải thích, tạo nền tảng vững chắc cho triển khai, đánh giá mô hình và xây dựng giao diện trong Chương 3.

CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG ỨNG DỤNG

3.1. Nền tảng và công cụ triển khai

3.1.1. Các công nghệ và thư viện sử dụng

Hệ thống sử dụng:

- Python & Flask: triển khai mô hình, API và giao diện web
- PostgreSQL: quản lý dữ liệu khách hàng, sản phẩm, giao dịch.
- Pandas, Numpy, Scikit – learn: tiền xử lý dữ liệu, xây dựng đặc trưng, tính TF – IDF, cosine similarity, lọc cộng tác.
- Precision@K, NDCG, MAE, RMSE: đánh giá chất lượng gợi ý.
- HTML, CSS, Bootstrap: hiển thị giao diện người dùng.

3.1.2. Cơ sở lựa chọn công nghệ

Các công nghệ được lựa chọn dựa trên tính ổn định, khả năng phân tích dữ liệu mạnh mẽ, dễ triển khai tích hợp và mở rộng; Python, PostgreSQL, Flask cùng các thư viện Pandas, Numpy, scikit – learn cho phép xây dựng

hệ khuyến nghị nhẹ, hiệu quả, dễ tích hợp vào ngân hàng số và hỗ trợ các thuật toán RB, CBF, CF và Hybrid.

3.2. Xây dựng tập dữ liệu mẫu

Hệ thống khuyến nghị sử dụng tập dữ liệu mô phỏng gồm ba thành phần chính: hồ sơ khách hàng, danh mục sản phẩm, lịch sử giao dịch, phản ảnh đặc trưng nghiệp vụ ngân hàng bán lẻ.

3.2.1. Hồ sơ khách hàng (Customers)

- 1000 hồ sơ với các thuộc tính: customer_id, goal, segment, age, income, term, digital_user, prefer_mobile, location, occupation.
- Dữ liệu sinh theo quy luật nghiệp vụ, phản ánh hành vi thực tế và phân khúc khách hàng.

3.2.2. Danh mục sản phẩm ngân hàng (Products)

- Bao gồm các nhóm sản phẩm: thanh toán, tiết kiệm, tín dụng, bảo hiểm, ngân hàng số.
- Trường dữ liệu: product_id, product_name, product_type, goal, target_segment, term_min/max, income_min/max, interest_rate, fee, rating, digital_support, features, risk_level, collateral_required, channel.

- Phản ánh đặc tính nghiệp vụ và phục vụ cho các mô hình RB, CBF, CF.

3.2.3. Lịch sử giao dịch (Transactions)

- Mỗi bản ghi gồm: customer_id, product_id, amount, channel, frequency, rating.
- Sinh theo ba cơ chế: sản phẩm chính, gợi ý bán chéo, và bổ sung ngẫu nhiên để đảm bảo ma trận đủ mật độ.
- Hỗ trợ huấn luyện CF, Hybrid và cung cấp tín hiệu đánh giá mô hình (Precision@K, NDCG, MAE, RMSE)

Tập dữ liệu này tạo nền tảng để huấn luyện, đánh giá và kiểm định hệ thống khuyến nghị.

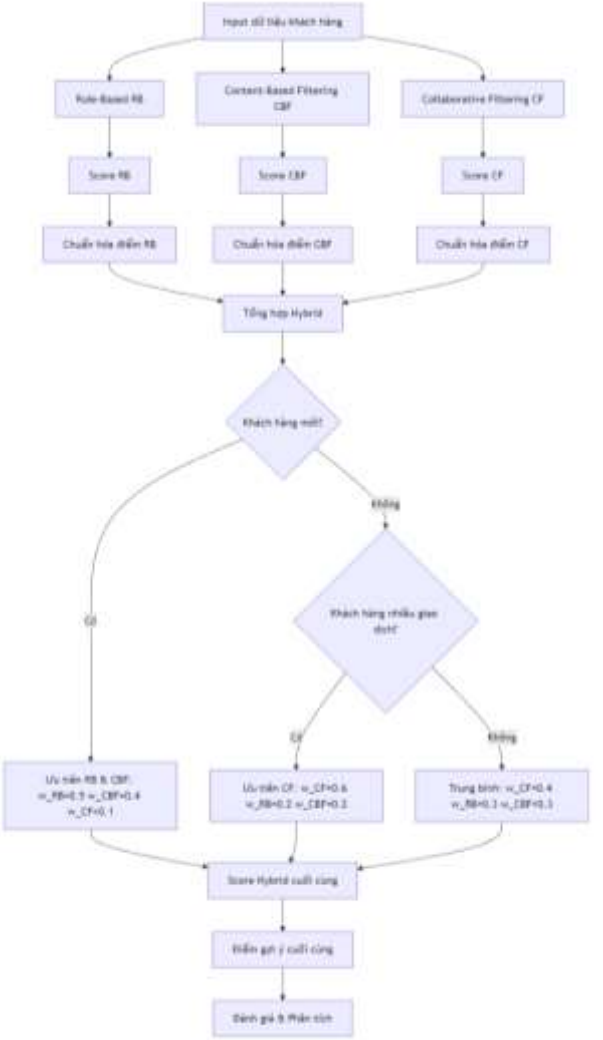
3.3. Xử lý và huấn luyện dữ liệu

Quá trình huấn luyện được thực hiện qua bốn bước chính:

3.3.1. Tiền xử lý dữ liệu

Dữ liệu khách hàng, sản phẩm và giao dịch được chuẩn hóa, xây dựng ma trận người dùng – sản phẩm, giới hạn rating [1 – 5], và chia tập huấn luyện/kiểm tra 80/20 để huấn luyện mô hình khuyến nghị.

3.3.2. Huấn luyện mô hình khuyến nghị



Hình 3.1: Pipeline huấn luyện mô hình Hybrid

3.3.3. Đánh giá mô hình

Bảng 3.1: Kết quả đánh giá mô hình

Mô hình	Precision@5	NDCG@5	MAE	RMSE
RB	0.1296	0.3106	1.089	1.359
CBF	0.1298	0.3065	1.300	1.584
CF	0.0362	0.0611	0.885	1.047
Hybrid	0.1308	0.3084	0.86	1.022

Kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình Hybrid cho hiệu năng toàn diện, duy trì độ chính xác xếp hạng (Precision@5, NDCG@5) tương đương các mô hình đơn lẻ nhưng cải thiện đáng kể chất lượng dự đoán (MAE, RMSE), chứng tỏ phù hợp với gợi ý sản phẩm cá nhân hóa trong tài chính.

3.4. Phát triển giao diện ứng dụng

Giao diện Flask kết nối mô hình khuyến nghị với người dùng, hỗ trợ hai nhóm chức năng chính.

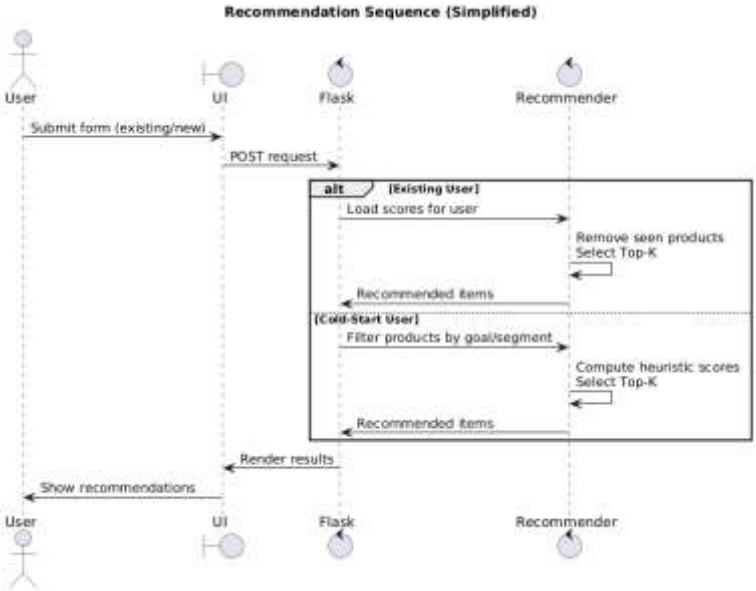
3.4.1. Gợi ý cho khách hàng hiện hữu

Hệ thống sử dụng dự đoán từ mô hình Hybrid, sắp xếp sản phẩm theo điểm phù hợp, loại bỏ sản phẩm đã đăng ký, hiển thị top 5 sản phẩm cho khách hàng.

3.4.2. Gợi ý cho khách hàng mới

Người dùng nhập thông tin cơ bản; hệ thống áp dụng Rule – based và Content – based để tính điểm phù hợp và cung cấp giải thích minh bạch cho từng gợi ý.

3.4.3. Luồng xử lý tổng thể



Hình 3.2: Sơ đồ trình tự của hệ thống gợi ý

3.5. Thử nghiệm và đánh giá hệ thống

3.5.1. Kết quả thử nghiệm

Hệ thống thử nghiệm trên bộ dữ liệu mô phỏng gồm 1000 khách hàng và hơn 30 sản phẩm/dịch vụ ngân hàng. Kết quả:

- Precision@5 ≈ 13%: phản ánh mức độ phù hợp giữa Top – 5 sản phẩm gợi ý và sản phẩm khách hàng quan tâm.
- Sai số dự đoán đánh giá sản phẩm: MAE ≈ 0.86, RMSE ≈ 1.02
- Thời gian phản hồi trung bình: dưới 0.005s cho mỗi yêu cầu gợi ý.

3.5.2. Đánh giá và phân tích

Kết quả thử nghiệm cho thấy mô hình Hybrid hoạt động ổn định, cải thiện cold-start và cho gợi ý khá chính xác. Tuy nhiên, CF kém hiệu quả và Precision còn thấp do dữ liệu mô phỏng thưa. Tương lai có thể mở rộng bằng cách bổ sung dữ liệu thực và áp dụng mô hình học sâu.

3.6. Kết luận chương 3

Chương 3 trình bày xây dựng hệ thống khuyến nghị ngân hàng với dữ liệu mô phỏng, huấn luyện mô hình RB, CBF, CF tích hợp thành Hybrid và giao diện Flask. Thực nghiệm cho thấy Hybrid gợi ý chính xác, ổn định, phù hợp hồ sơ khách hàng, đồng thời hệ thống đáp ứng hiệu năng, mở rộng, làm cơ sở triển khai thực tế và mở rộng sau này.

KẾT LUẬN

1. Kết luận.

Đề án đã nghiên cứu, thiết kế và xây dựng thành công một hệ thống khuyến nghị dịch vụ ngân hàng, dựa trên sự kết hợp giữa các kỹ thuật truyền thống và hiện đại trong lĩnh vực Recommender Systems. Hệ thống được thiết kế theo hướng đơn giản, linh hoạt, dễ triển khai, đồng thời đảm bảo tính cá nhân hóa – yếu tố quan trọng hàng đầu trong việc nâng cao trải nghiệm người dùng và tối ưu hóa hiệu quả kinh doanh của ngân hàng.

Trên cơ sở dữ liệu mô phỏng gồm hồ sơ khách hàng, danh mục sản phẩm ngân hàng và lịch sử tương tác, đề án đã áp dụng các kỹ thuật khuyến nghị phổ biến: Rule – based Filtering, Content – based Filtering, Collaborative Filtering, và mô hình Hybrid Recommendation. Hệ thống cũng được triển khai dưới dạng ứng dụng web sử dụng Python – Flask, cho phép nhập thông tin khách hàng và hiển thị gợi ý theo thời gian thực, kết hợp giải thích lý do đề xuất.

Thử nghiệm mô hình trên tập dữ liệu giả lập cho thấy Hybrid có kết quả tốt nhất. Điều này cho thấy việc

kết hợp ưu điểm của từng mô hình (RB + CB + CF) giúp tăng chất lượng gợi ý và cải thiện khả năng các nhân hóa. Mô hình CF đơn lẻ cho kết quả thấp, phản ánh đúng bản chất: dữ liệu ít, thưa, hành vi người dùng giống nhau chưa đủ rõ ràng để CF hoạt động hiệu quả. Trong khi đó, các thành phần RB và CB bổ sung thông tin ý định và mô tả sản phẩm, giúp cải thiện đáng kể hiệu năng của Hybrid Model.

Thêm vào đó, hệ thống đã:

- Xây dựng được pipeline xử lý dữ liệu, gồm bước làm sạch, chuẩn hóa, mã hóa văn bản (TF – IDF).
- Tạo được cơ chế gợi ý cho cả khách hàng mới (cold – start) bằng cách kết hợp rule – based và content – based.
- Phát triển ứng dụng web hiển thị gợi ý, điểm số dự đoán và lý do khuyến nghị, giúp mô hình có thể vận dụng trong thực tiễn.

Nhìn chung, đề án đã đạt được các mục tiêu đề ra: thiết kế mô hình, xây dựng dữ liệu, triển khai thuật toán,

đánh giá hiệu suất và tạo nguyên mẫu hệ thống hoàn chỉnh.

2. Hạn chế.

Mặc dù hệ thống đã vận hành ổn định và đạt độ chính xác tương đối, vẫn còn những hạn chế nhất định:

- Dữ liệu mô phỏng: do không sử dụng dữ liệu ngân hàng thật, mức độ chính xác và tính đại diện còn hạn chế. Hành vi khách hàng mô phỏng không phản ánh đầy đủ các yếu tố thực tế như khả năng tài chính, rủi ro, hành vi chi tiêu.
- Mô hình CF còn đơn giản: Sử dụng phương pháp cosine similarity và biểu diễn ma trận thưa (sparse matrix) ở mức cơ bản, chưa áp dụng các mô hình CF hiện đại như Matrix Factorization hoặc Neural Collaborative Filtering.
- Chưa tối ưu phần giải thích: Hiện tại hệ thống chỉ hiển thị lý do đơn giản, chưa có module giải thích trực quan bằng biểu đồ hoặc mô hình XAI.
- Giao diện demo còn đơn giản, chưa tích hợp xác thực người dùng, chưa mô phỏng được nhiều kịch bản thực tế.

3. Hướng phát triển.

Dựa trên các hạn chế và yêu cầu từ thực tiến ngành tài chính – ngân hàng, hệ thống có thể được mở rộng theo một số hướng sau:

- Mở rộng dữ liệu và tăng tính thực tiễn: Sử dụng dữ liệu thật đã ẩn danh, bổ sung thông tin giao dịch chi tiết, điểm tín dụng và hành vi tài chính để nâng cao độ chính xác của mô hình.
- Nâng cấp mô hình Collaborative Filtering: ứng dụng các thuật toán hiện đại như Matric Factorization, BPR, hoặc Neural Collaborative Filtering nhằm cải thiện chất lượng dự đoán.
- Phát triển mô hình lai thông minh hơn bằng cách tự động hóa việc điều chỉnh trọng số giữa các mô hình thành phần thông qua các kỹ thuật học trọng số hoặc meta – learning.
- Tăng cường khả năng giải thích: cung cấp lý do gợi ý rõ ràng hơn, kết hợp các dạng biểu đồ và mô hình giải thích nhằm nâng cao tính minh bạch và độ tin cậy.

- Triển khai trên môi trường thực tế: đóng gói hệ thống thành API hoặc microservice để tích hợp với ngân hàng số, đồng thời hỗ trợ cập nhật mô hình theo thời gian thực.

4. Kết luận chung

Đề án hoàn thành việc xây dựng một nguyên mẫu hệ thống khuyến nghị dịch vụ ngân hàng dựa trên sự kết hợp giữa kỹ thuật học máy và tri thức nghiệp vụ. Kết quả thử nghiệm cho thấy mô hình Hybrid mang lại hiệu quả tốt nhất, đặc biệt phù hợp với bối cảnh dữ liệu hạn chế và yêu cầu cá nhân hóa cao của ngân hàng.

Hệ thống có thể vận dụng trong thực tiễn khi được mở rộng dữ liệu và nâng cấp thuật toán. Những hướng phát triển đã đề xuất sẽ giúp hoàn thiện mô hình, nâng cao độ chính xác, khả năng giải thích và mở rộng ttinhs ứng dụng trong bối cảnh ngân hàng số hiện đại.