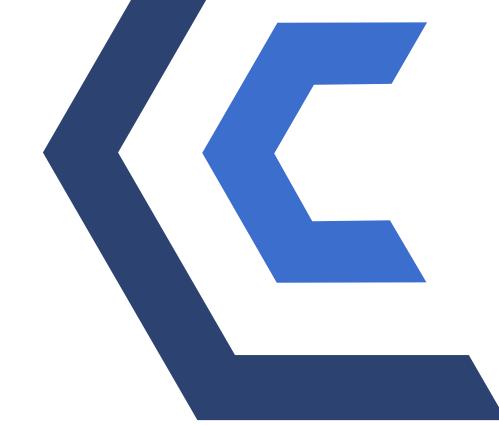


ỨNG DỤNG SARIMA, LSTM ĐỂ DỰ BÁO NHU CẦU VÀ TỐI ƯU QUYẾT ĐỊNH NHẬP HÀNG

GVHD: PGS. TS. Hồ Trung Thành

Mã học phần: 251MI1701

Thành viên



| STT | HỌ VÀ TÊN | MSSV | ĐÁNH GIÁ |
|-----|------------------|------------|----------|
| 1 | TRẦN NGUYỄN HƯNG | K224111393 | 100% |
| 2 | BÙI LÊ HỒNG ÁNH | K224111380 | 100% |
| 3 | HỒ TIẾN ĐẠT | K224111384 | 100% |
| 4 | ĐOÀN CAO KIÊN | K224111396 | 100% |
| 5 | ĐẶNG ĐỨC MẠNH | K224111404 | 100% |



Nội dung

Tổng quan đồ án

Chương 1. Cơ sở lý thuyết

Chương 2. Chuẩn bị dữ liệu

Chương 3. Kết quả thực nghiệm & đánh giá

Chương 4. Trực quan hóa và thảo luận

Chương 5. Kết luận & hướng phát triển



TỔNG QUAN ĐỒ ÁN

Tổng quan đồ án

MỤC TIÊU KINH DOANH

- Đánh giá tăng trưởng doanh thu & sản lượng theo sản phẩm.
- Hỗ trợ ra quyết định nhập hàng chính xác, giảm tồn kho & thiếu hàng.

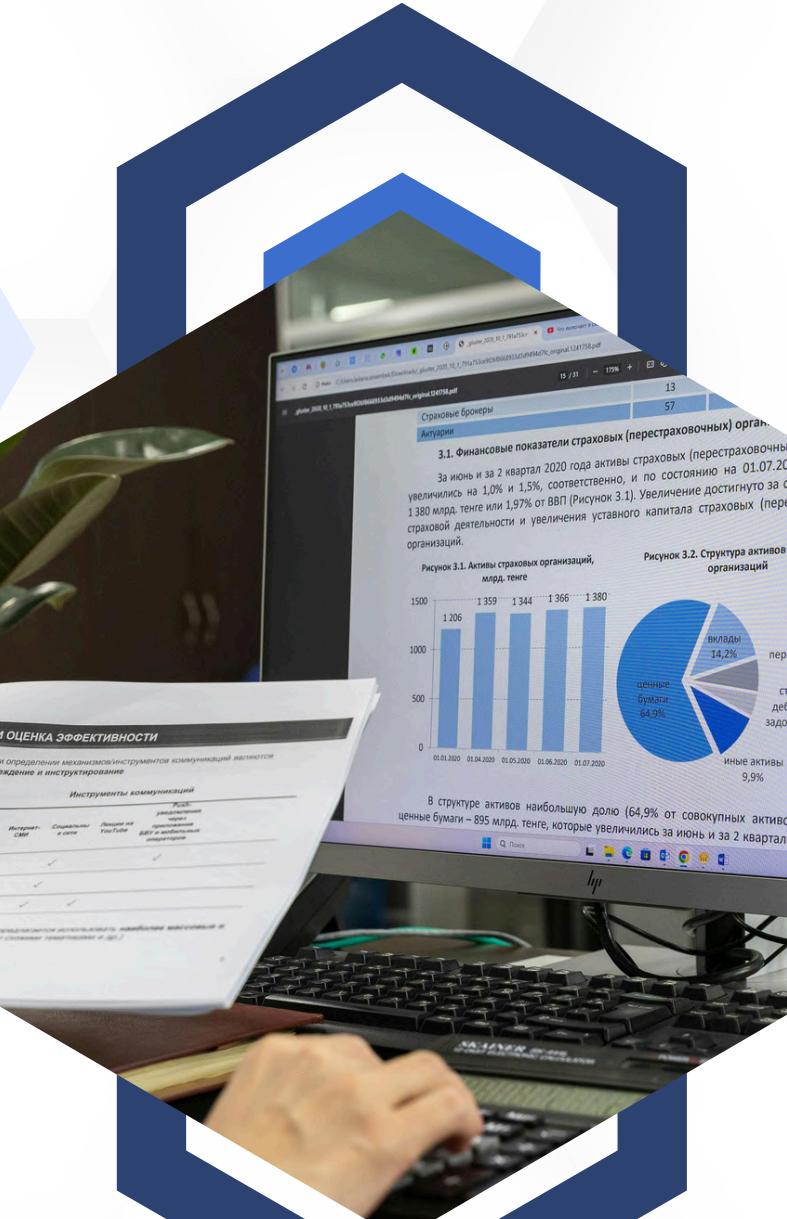
CÂU HỎI NGHIÊN CỨU

- Sản phẩm nào tăng trưởng hoặc suy giảm từng tháng?
- Nhu cầu thay đổi ra sao trong thời gian tới? Doanh nghiệp cần làm gì?
- Có biến động không và cần tận dụng như thế nào?

GIÁ TRỊ MANG LẠI

- Tối ưu kế hoạch nhập hàng
- Giảm chi phí tồn kho, tăng vòng quay hàng hóa
- Hỗ trợ ra quyết định chiến lược về sản phẩm, marketing, nguồn cung ứng
- Tăng khả năng cạnh tranh nhờ đón đầu xu hướng

Tổng quan đồ án

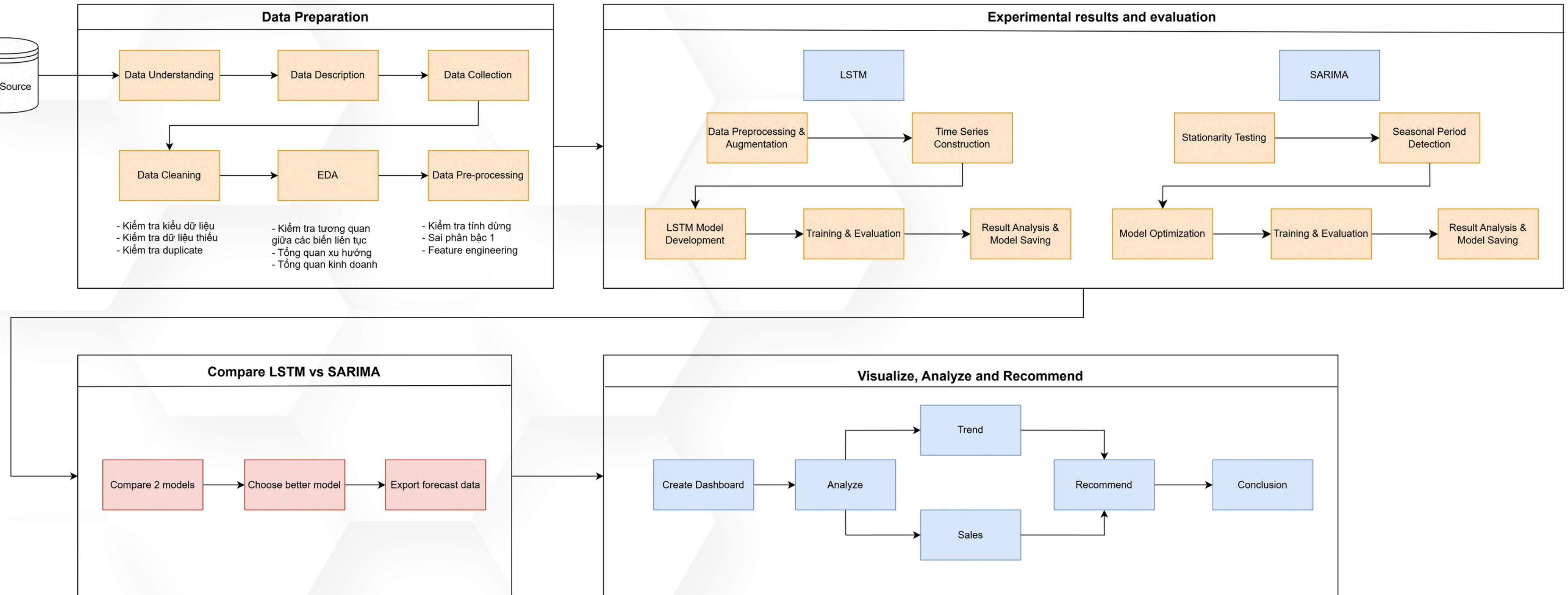


Quy trình thực hiện:

- **EDA:** Hiểu, mô tả và khám phá dữ liệu giao dịch.
- **Tiền xử lý:** Làm sạch, xử lý thiếu, chuẩn hóa, tạo dữ liệu đầu vào cho mô hình.
- **Mô hình hóa:** Xây dựng và so sánh SARIMA & LSTM dự báo nhu cầu. Đánh giá hiệu suất mô hình bằng RMSE, MAE, MAPE.
- **Đánh giá:** So sánh mô hình qua các chỉ số RMSE, MAE, MAPE.
- **Trực quan hóa & Đề xuất:** Trực quan kết quả phân tích bằng dashboard trong Power BI, rút ra insight và chiến lược nhập hàng tối ưu.

Tổng quan đồ án

Quy trình thực hiện:



Hình 1: Quy trình thực hiện đồ án

CHƯƠNG 1

Cơ sở lý thuyết

1. Dự báo nhu cầu và yếu tố tác động

Định nghĩa

- Ước lượng nhu cầu sản phẩm/dịch vụ trong tương lai dựa trên dữ liệu lịch sử, xu hướng và hành vi khách hàng.

Mục đích

- Lập kế hoạch sản xuất, cung ứng, tồn kho.
- Giảm rủi ro & chi phí, tăng hiệu quả vận hành.
- Dự báo doanh thu, lợi nhuận, hỗ trợ ra quyết định.

Các yếu tố tác động đến nhu cầu

- Thu nhập & giá cả: Quyết định sức mua và mức chi tiêu.
- Khuyến mãi & chính sách: Ảnh hưởng đến hành vi mua sắm.
- Tâm lý & thị hiếu: Bị chi phối bởi xu hướng và văn hóa xã hội.
- Mùa vụ & thời gian: Tác động bởi lễ Tết, thời tiết, sự kiện đặc biệt.
- Công nghệ & Marketing: Thúc đẩy nhu cầu qua đổi mới sản phẩm và quảng bá.



2. Các phương pháp dự báo chuỗi thời gian

Các mô hình dự báo

- SARIMA: Mô hình thống kê truyền thống, mô tả xu hướng & mùa vụ bằng tham số $(p,d,q)(P,D,Q)s$.
- LSTM: Mạng học sâu xử lý chuỗi dài, học mối quan hệ phi tuyến.

Feature Engineering

- Rolling Stats: Trung bình & độ lệch chuẩn luân phiên – làm mượt dữ liệu.
- Time-based: Ngày, tháng, cuối tuần – nắm bắt tính chu kỳ.
- Lag Features: Sử dụng giá trị trong quá khứ (lag 1, lag 7...).
- Frequency-domain: Phân tích chu kỳ ẩn bằng FFT.
- Decomposition: Tách thành xu hướng, mùa vụ, phần dư.

Chỉ số đánh giá mô hình

- MAE: Sai số trung bình tuyệt đối – dễ hiểu, trực quan.
- MSE: Nhấn mạnh sai số lớn – phổ biến trong huấn luyện mô hình.
- RMSE: Giữ đơn vị gốc, phản ánh sai số trung bình thực tế.
- MAPE: Sai số trung bình theo %, dễ so sánh giữa các mô hình.

.....
.....
.....

CHƯƠNG 2

Chuẩn bị dữ liệu

1. Tổng quan dữ liệu đầu vào

Nguồn dữ liệu:

- Dữ liệu được trích xuất từ hệ thống giao dịch bán hàng từ 09/2023 – 09/2024 của một công ty bán lẻ thiết bị điện tử gồm khoảng 20.000 giao dịch.

Cấu trúc dữ liệu:

- Khách hàng: Mã ID, tuổi, giới tính, thành viên thân thiết.
- Sản phẩm: Loại sản phẩm, SKU, giá, đánh giá.
- Giao dịch: Ngày mua, số lượng, giá trị đơn hàng, phương thức thanh toán, trạng thái đơn hàng.
- Vận chuyển: Hình thức giao hàng, sản phẩm phụ đi kèm (add-ons).

Kiểu dữ liệu:

- Numerical: Total Price, Unit Price, Quantity, Age, Rating.
- Categorical: Gender, Product Type, Payment Method, Loyalty Member.
- Datetime: Purchase Date (dùng cho phân tích theo thời gian).

2. Làm sạch dữ liệu & EDA

Xử lý dữ liệu

- “Gender”: xóa 1 giá trị null
- “Add-ons Purchased”: giữ nguyên 24% giá trị null
- Xóa dữ liệu bị trùng lặp
- Chuyển Purchase Date sang datetime

Kiểm tra tương quan

- Unit Price và Total Price: tương quan dương
- Quantity và Total Price: tương quan dương
- Unit Price và Rating: tương quan âm nhẹ

Kết quả khám phá ban đầu

- Doanh thu Smartphone tăng đột biến từ 01/2024 và duy trì ở mức cao ở các tháng sau nhưng biến động mạnh.
- Laptop, Tablet, Smartwatch cùng tăng nhẹ đầu năm rồi giữ xu hướng ổn định.
- Headphones gần như không biến động, duy trì mức thấp xuyên suốt giai đoạn.
- Doanh thu các nhóm sản phẩm ổn định sau giai đoạn tăng trưởng mạnh đầu năm 2024.

3. Tiền xử lý dữ liệu

Bước 1: Chuẩn hóa và tạo chuỗi thời gian

- Chuyển dữ liệu sang tần suất tuần (resample weekly).
- Gán giá trị 0 cho tuần không giao dịch → phản ánh nhu cầu bị gián đoạn.
- Gom nhóm theo tuần và loại sản phẩm → nhận biết chu kỳ tiêu thụ riêng của từng nhóm.

Bước 2: Xử lý ngoại lai và kiểm tra tính dừng

- Phát hiện outlier bằng IQR, xử lý bằng clip để giảm nhiễu.
- Kiểm định ADF & KPSS → chuỗi gốc không dừng → sai phân bậc 1 → chuỗi dừng ($d=1$).

Bước 3: Xây dựng đặc trưng (Feature Engineering)

- Thời gian: năm, tháng, tuần, ngày trong tuần, is_weekend.
- Lag features: lag_1-lag_26 (Ảnh hưởng tuần trước).
- Rolling features: rolling_mean & rolling_std (4, 12, 26 tuần) → xu hướng ngắn/trung/dài hạn.
- pct_change: tốc độ thay đổi % giữa các tuần.
- Fourier features: sin/cos ($k=1-3$) → mô hình hóa mùa vụ 52 tuần.
- DropNA sau khi tạo đặc trưng.

Bước 4: Hoàn thiện dữ liệu đầu vào

- Dữ liệu đã sạch, ổn định, đạt tính dừng, phản ánh rõ xu hướng – chu kỳ – biến động.
- Sẵn sàng cho giai đoạn Modeling (SARIMA & LSTM).

CHƯƠNG 3

Kết quả thực nghiệm và đánh giá

3. Thực nghiệm mô hình

3.1. Thực nghiệm mô hình

1. SARIMA

Bước 1: Xây dựng các hàm hỗ trợ SARIMA

- **split_time_series_data()**: Tỷ lệ chia mặc định: 80% train, 20% test
- **find_optimal_seasonal_period()**: Tìm được chu kỳ mùa vụ tối ưu (Chỉ số s) của mô hình từng loại sản phẩm: Phân tích ACF (Autocorrelation Function), Seasonal Decomposition, PSD (Power Spectral Density) cuối cùng sử dụng cơ chế voting để chọn chu kỳ tốt nhất.
- **find_optimal_sarima_params()**: Tìm bộ tham số tối ưu cho mô hình từng sản phẩm
 - Kiểm tra nhiều tổ hợp tham số (p, d, q, P, D, Q, m)
 - Giới hạn: max_p=3, max_q=3, max_P=2, max_Q=2
 - Sử dụng cross-validation để đánh giá
- **evaluate_model_performance()**: Tính toán MAE, RMSE, MAPE
- **plot_forecast_results()**: Vẽ biểu đồ kết quả dự báo

Bước 2: Xây dựng mô hình SARIMA cho từng sản phẩm

- **build_sarima_models_for_all_products()**: Tổng hợp các hàm đã xây dựng ở bước 1 chạy tìm bộ tham số tối ưu cho từng sản phẩm và in kết quả, trực quan hoá kết quả của mô hình tốt nhất.

3. Thực nghiệm mô hình

3.1. Thực nghiệm mô hình

2. LSTM

Bước 1: Tiền xử lý & Tăng cường dữ liệu

- Log-transform & chuẩn hóa dữ liệu (MinMaxScaler).
- Tăng cường dữ liệu bằng nhiễu ngẫu nhiên augment để giảm overfitting.

Bước 2: Chuẩn bị dữ liệu chuỗi thời gian

- Chuyển dữ liệu thành chuỗi 52 tuần liên tiếp để dự đoán tuần kế tiếp.
- Tạo các tensor (X_{seq} , y_{seq}) bằng PyTorch – phù hợp với yêu cầu mô hình LSTM.
- Chia dữ liệu theo từng loại sản phẩm để mô hình học được đặc trưng riêng.

Bước 3: Xây dựng mô hình LSTM

- Cấu trúc: 2 lớp LSTM (256 hidden units, dropout = 0.3) + 2 lớp Fully Connected (ReLU).

Bước 4: Huấn luyện & đánh giá

- Tối ưu bằng Adam + ReduceLROnPlateau để tự động giảm learning rate khi loss dừng cải thiện.
- Chia dữ liệu 80% train – 20% test theo thứ tự thời gian.
- Huấn luyện riêng từng sản phẩm (Tablet, Laptop, Smartphone, Smartwatch, Headphones).
- Thực hiện đánh giá qua các chỉ số MSE, RMSE, MAE, MAPE

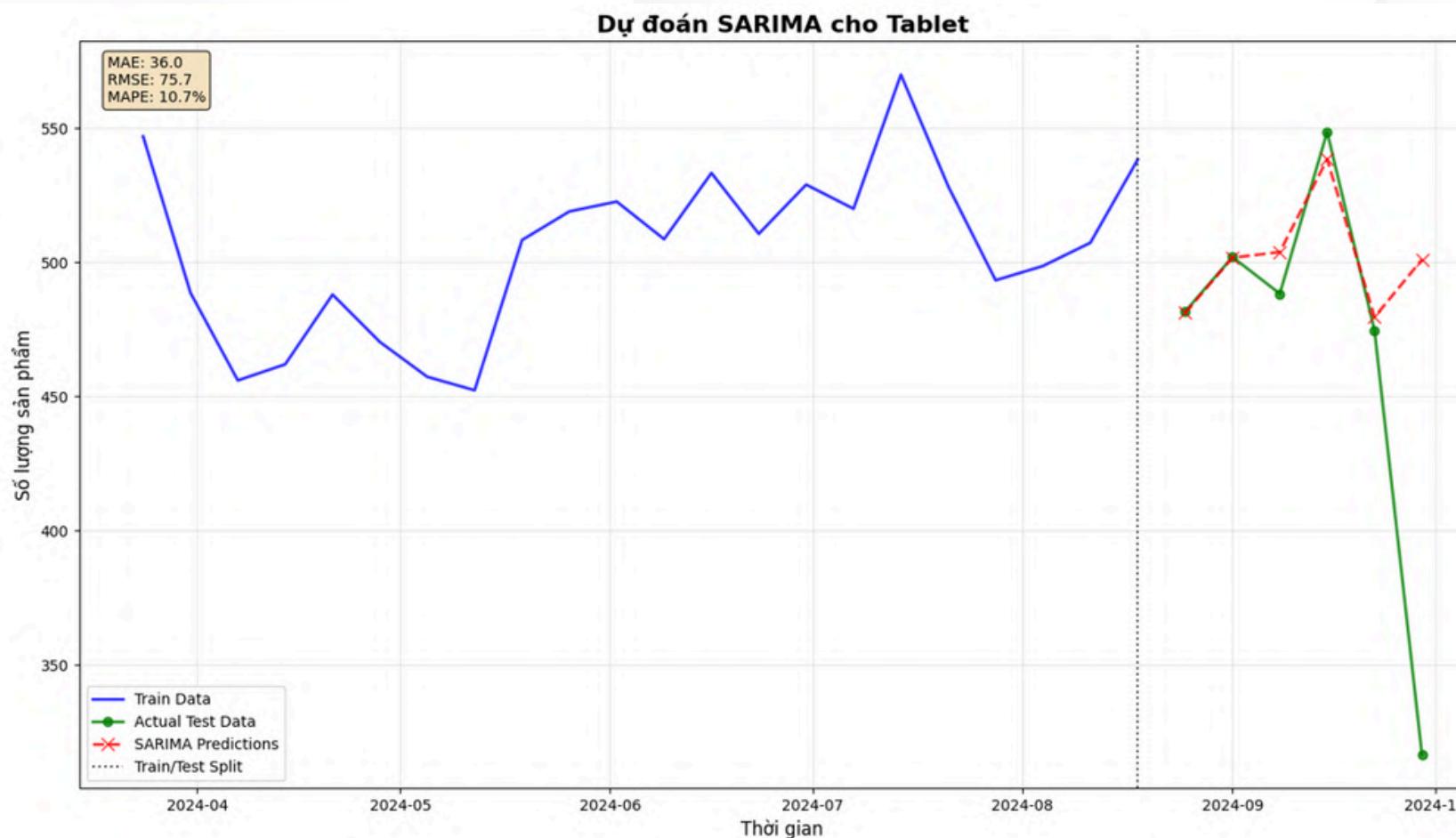
3. Thực nghiệm mô hình

3.2. Đánh giá mô hình SARIMA

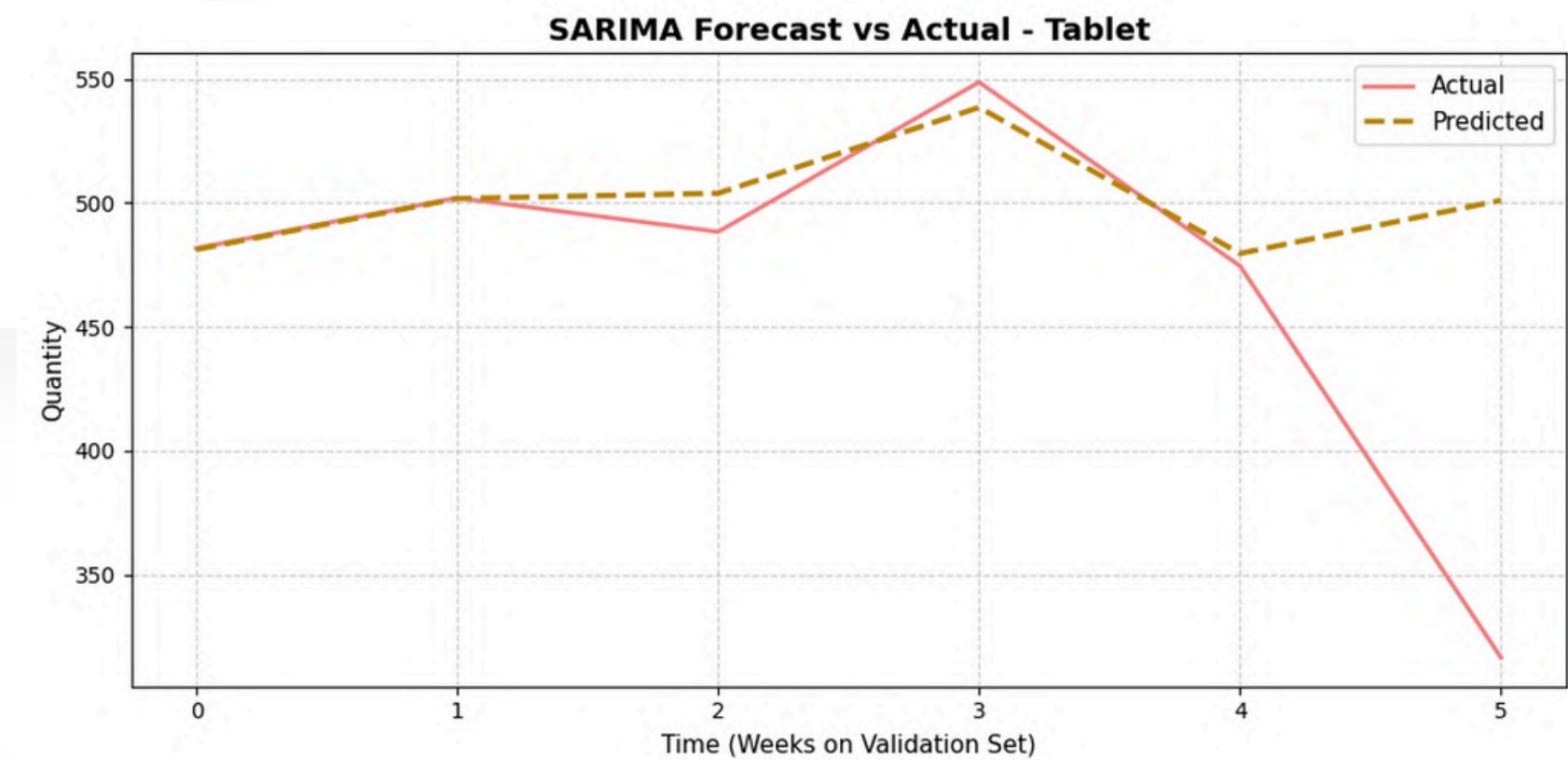
1. Tablet

ARIMA(2, 1, 0)x(0, 1, 0, 4)

MAE: 35.99 RMSE: 75.69 MAPE: 10.75%



Hình 3.1: Biểu đồ dự đoán cho Tablet



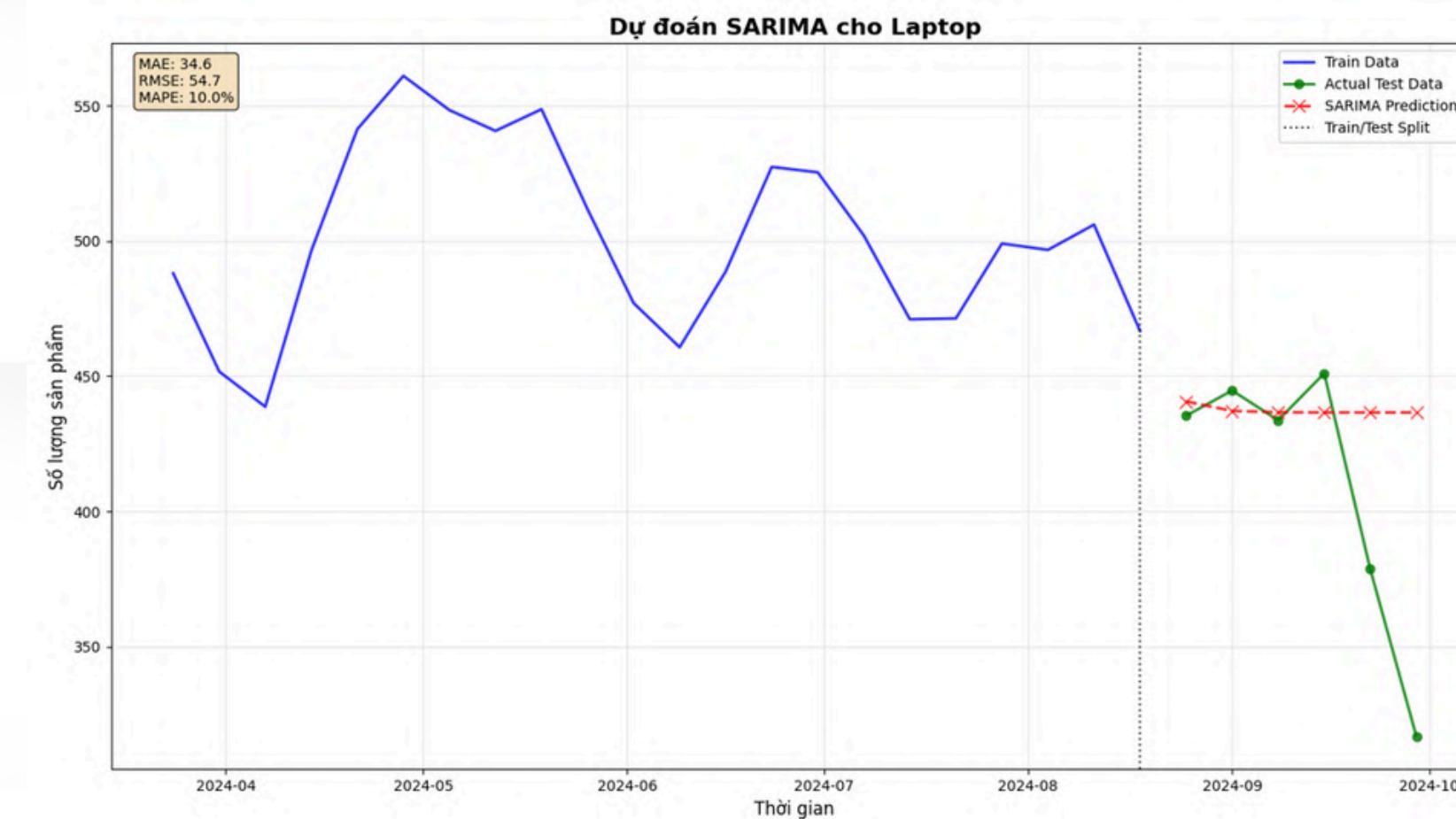
Hình 3.2: Biểu đồ so sánh với dữ liệu thực tế Tablet

3. Thực nghiệm mô hình

3.2. Đánh giá mô hình SARIMA

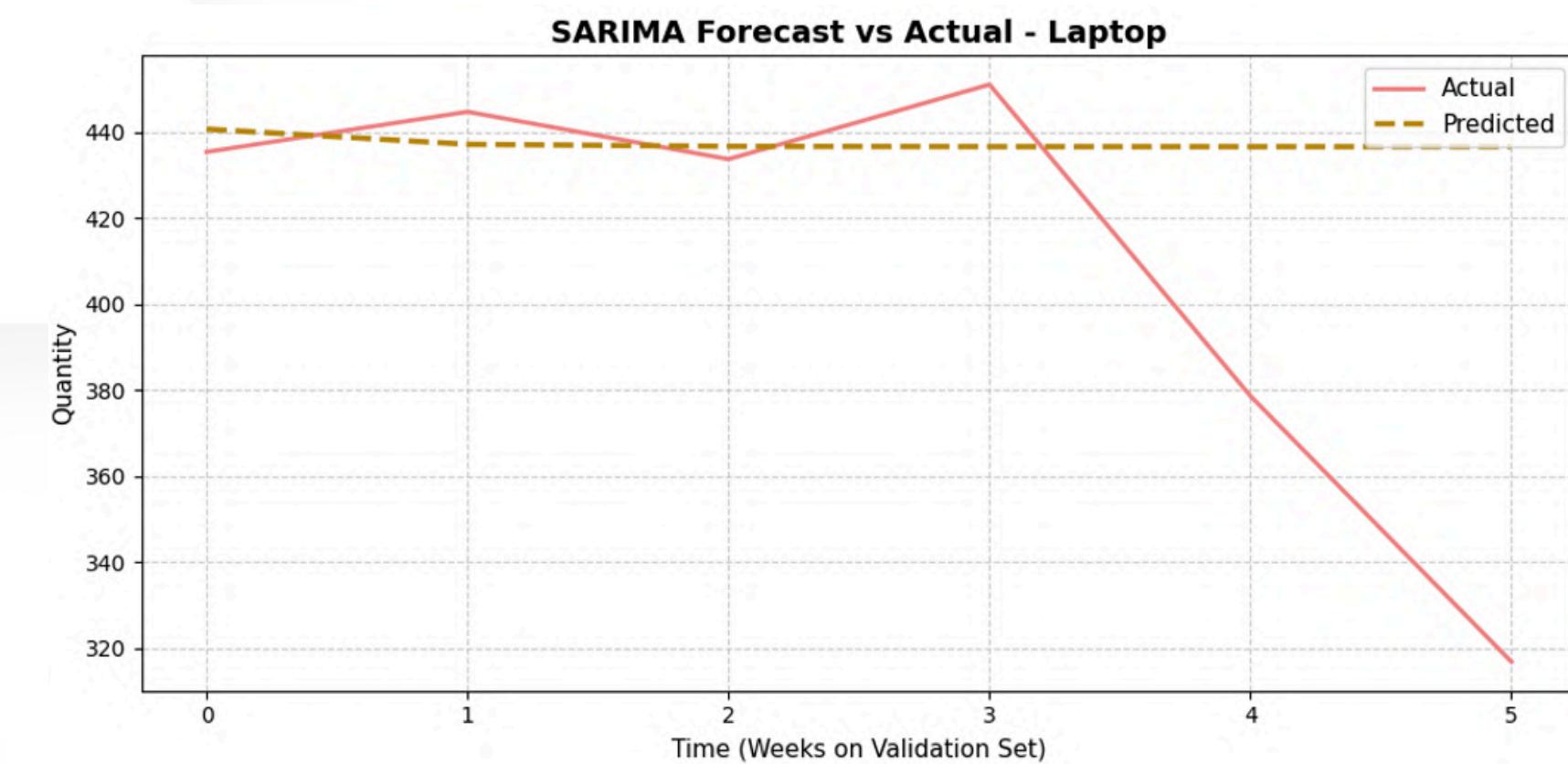
2. Laptop

ARIMA(1, 1, 1)x(0, 0, 0, 9)



Hình 3.3: Biểu đồ dự đoán cho Laptop

MAE: 34.65 RMSE: 54.75 MAPE: 9.98%



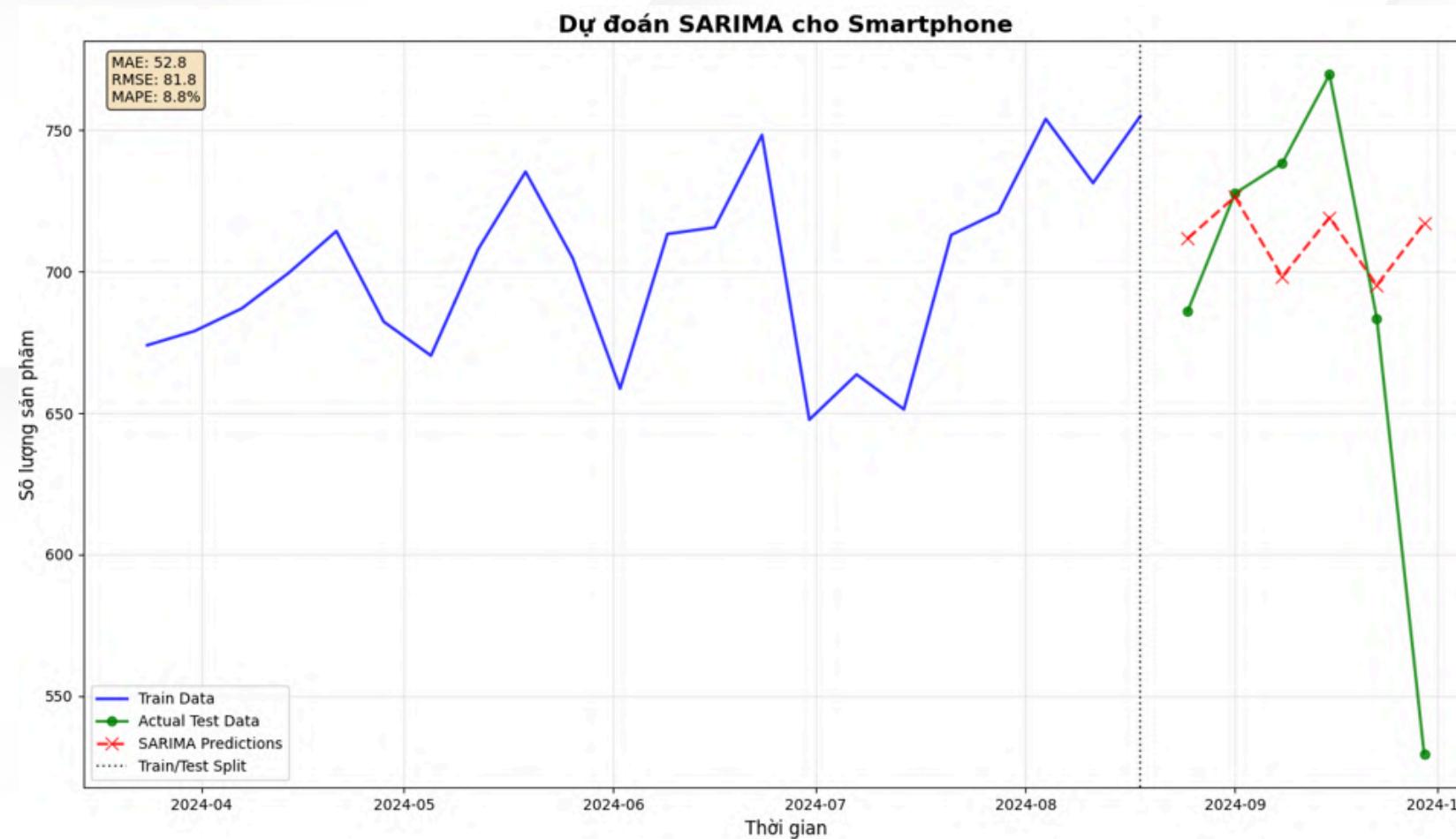
Hình 3.4: Biểu đồ so sánh với dữ liệu thực tế Laptop

3. Thực nghiệm mô hình

3.2. Đánh giá mô hình SARIMA

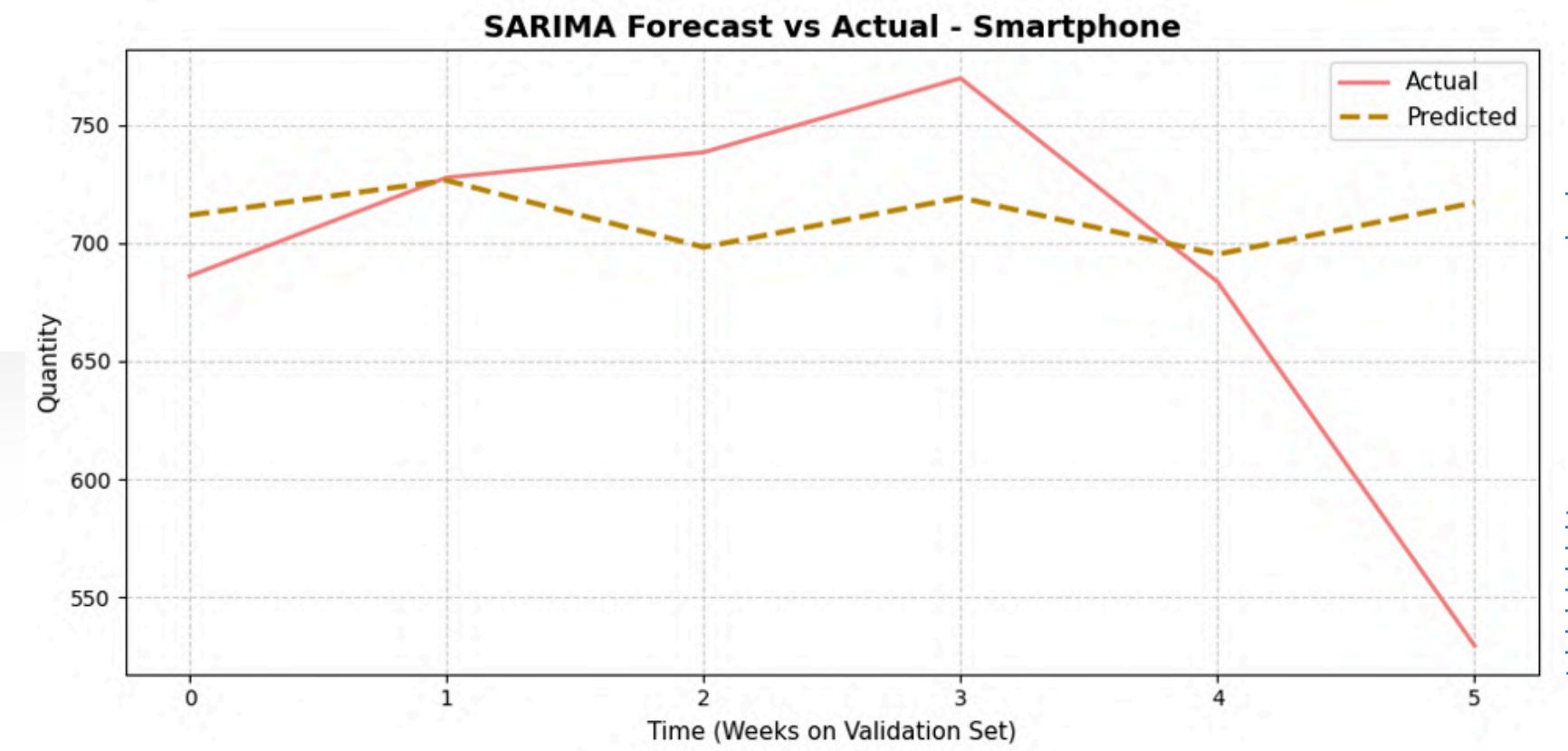
3. Smartphone

ARIMA(2, 1, 2)x(0, 0, 0, 9)



Hình 3.5: Biểu đồ dự đoán cho Smartphone

MAE: 52.78 RMSE: 81.75 MAPE: 8.83%



Hình 3.6: Biểu đồ so sánh với dữ liệu thực tế Smartphone

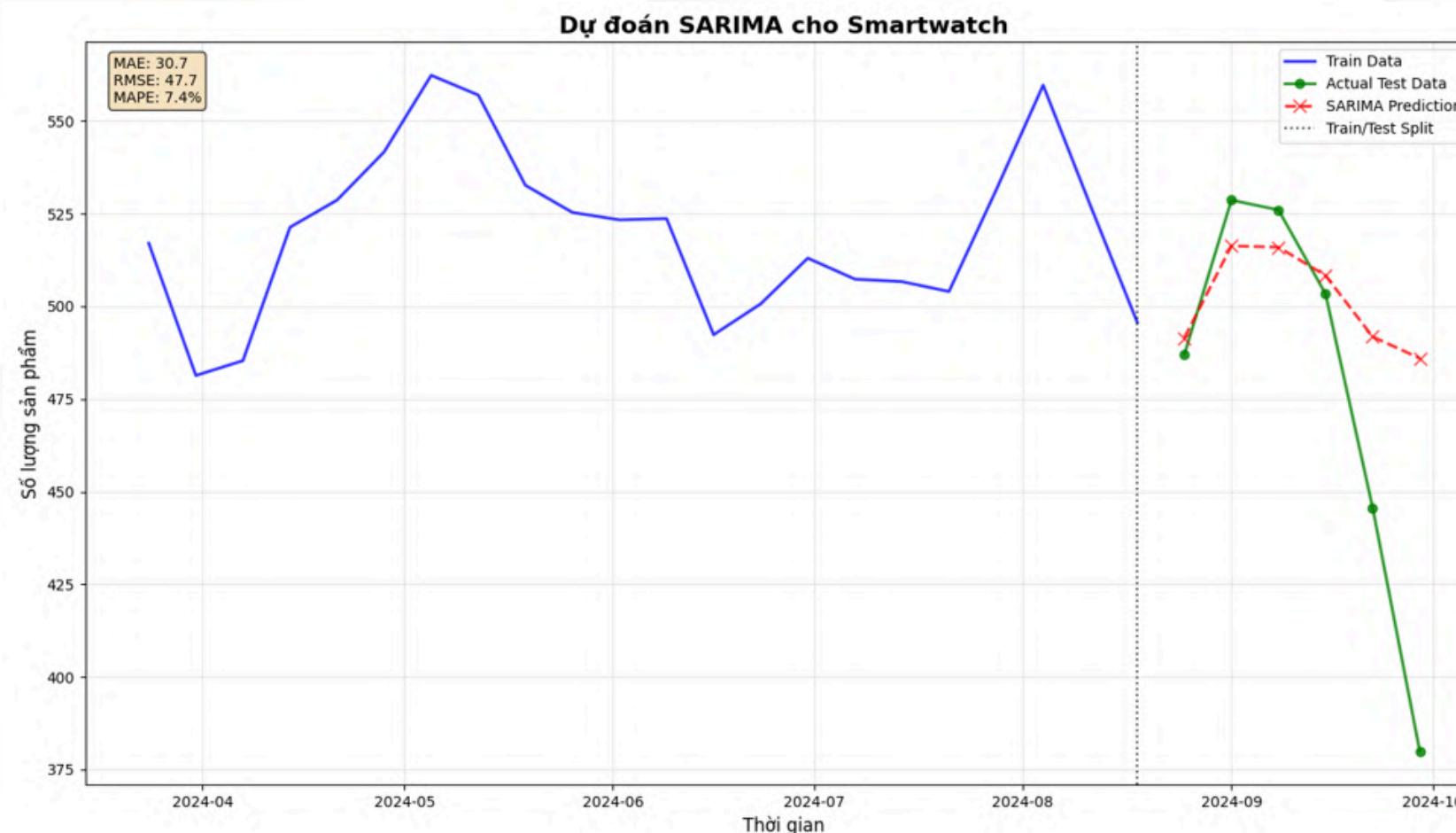
3. Thực nghiệm mô hình

3.2. Đánh giá mô hình SARIMA

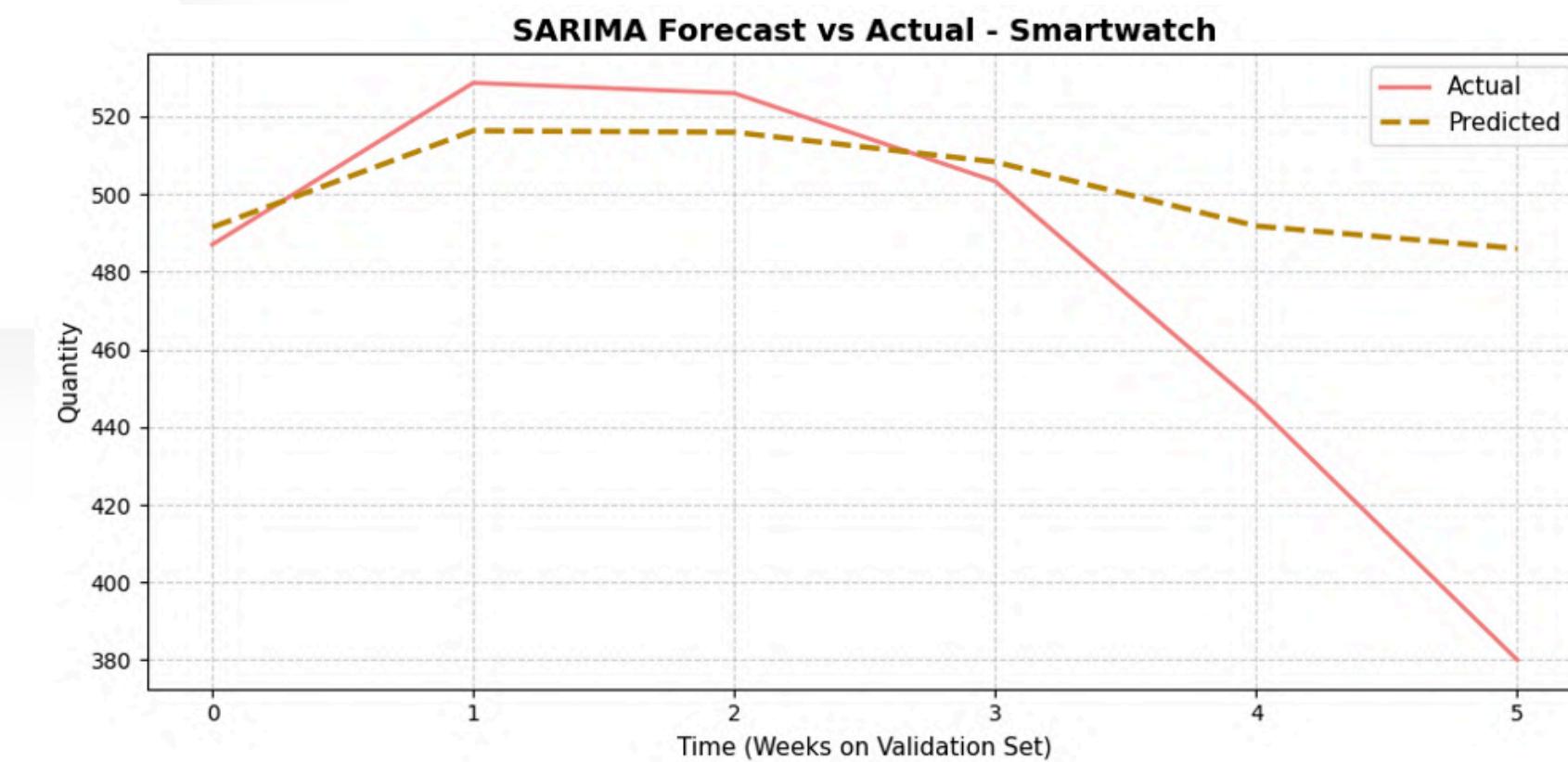
4. Smartwatch

ARIMA(2, 1, 2)x(1, 0, 0, 12)

MAE: 30.66 RMSE: 47.72 MAPE: 7.40%



Hình 3.7: Biểu đồ dự đoán cho Smartwatch



Hình 3.8: Biểu đồ so sánh với dữ liệu thực tế Smartwatch

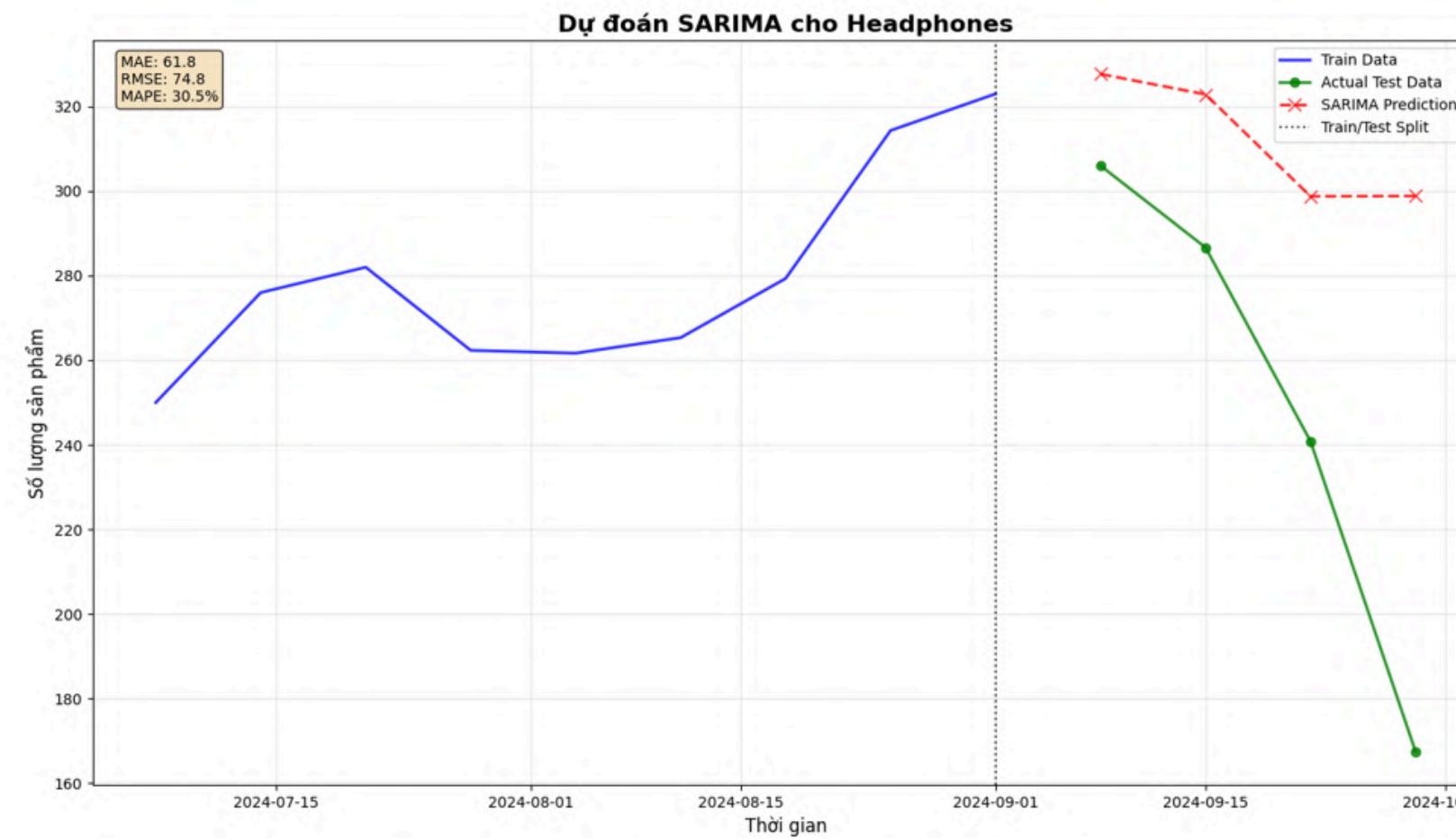
3. Thực nghiệm mô hình

3.2. Đánh giá mô hình SARIMA

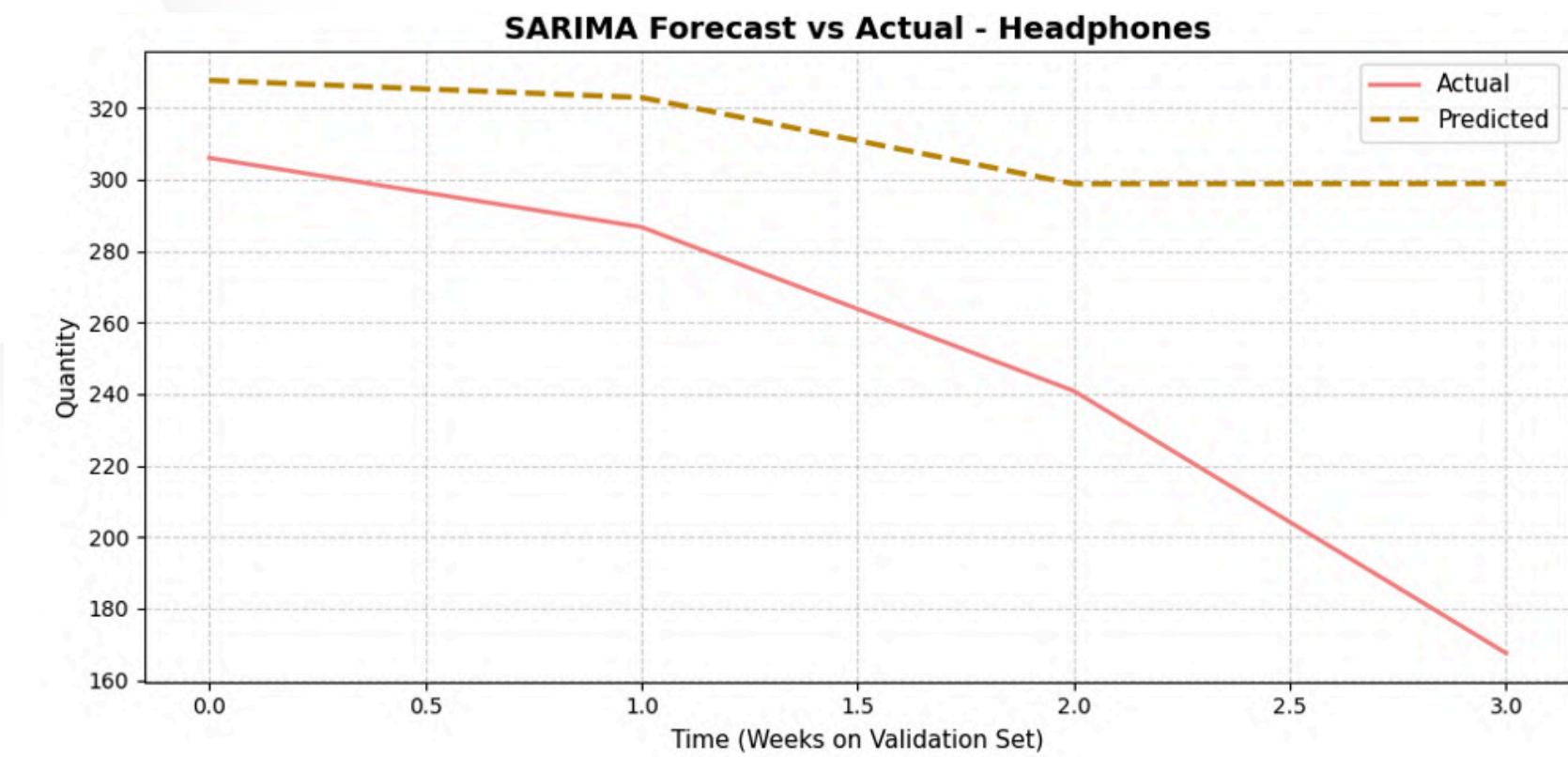
5. Headphones

ARIMA(0, 1, 2)x(0, 0, 1, 4)

MAE: 61.79 RMSE: 74.81 MAPE: 30.55%



Hình 3.9: Biểu đồ dự đoán cho Headphones



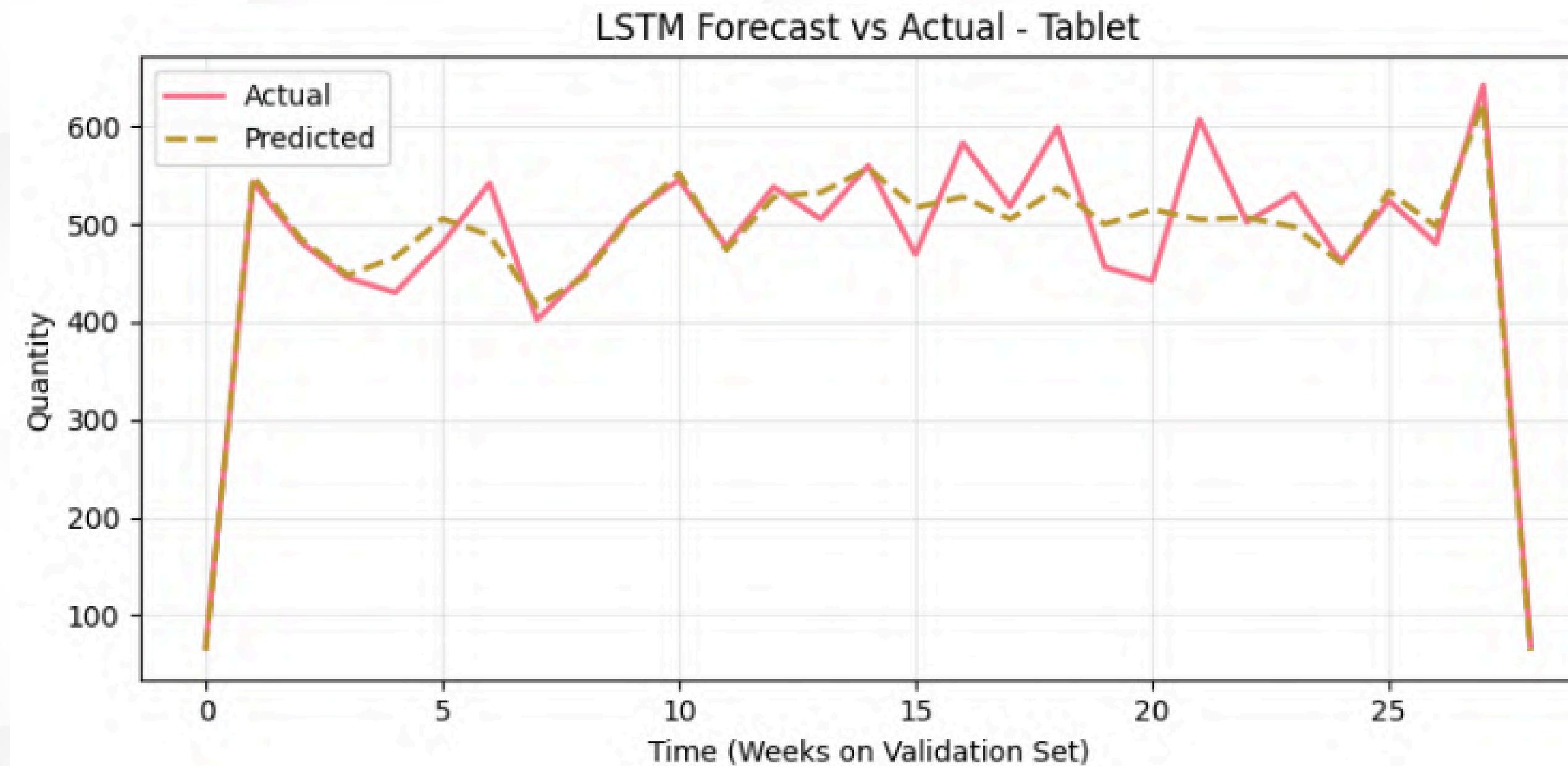
Hình 3.10: Biểu đồ so sánh với dữ liệu thực tế Headphones

3. Thực nghiệm mô hình

3.3. Đánh giá mô hình LSTM

1. Tablet

MSE = 482.13, RMSE = 21.96, MAE = 17.54 và MAPE = 4.32%



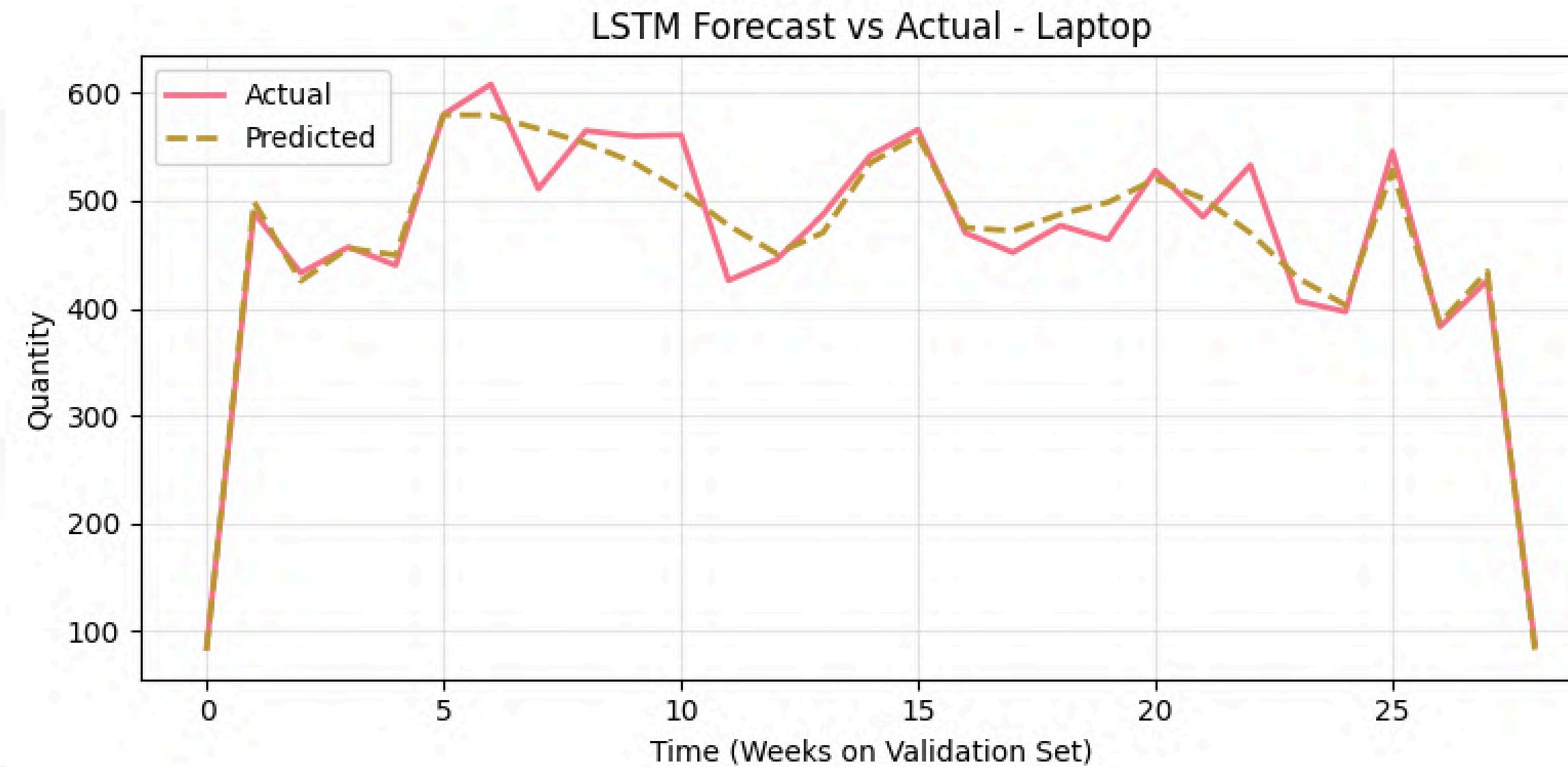
Hình 3.11: LSTM Dự đoán sản phẩm Tablet so với thực tế

3. Thực nghiệm mô hình

3.3. Đánh giá mô hình LSTM

2. Laptop

MSE = 604.11, RMSE = 24.58, MAE = 17.59 và MAPE = 3.83%



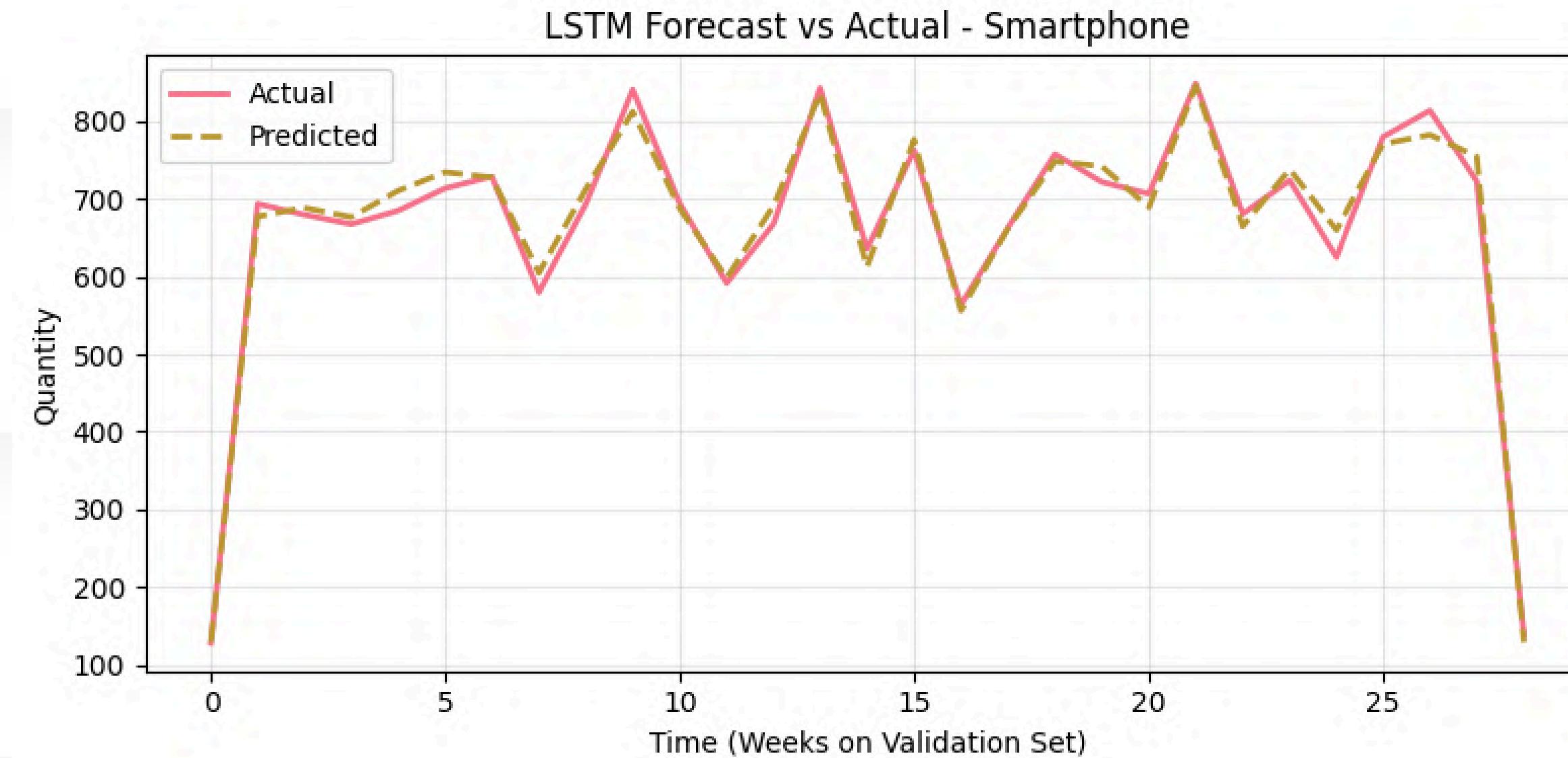
Hình 3.12: LSTM Dự đoán sản phẩm Laptop so với thực tế

3. Thực nghiệm mô hình

3.3. Đánh giá mô hình LSTM

3. Smartphone

MSE = 326.10, RMSE = 18.06, MAE = 15.19 và MAPE = 2.38%



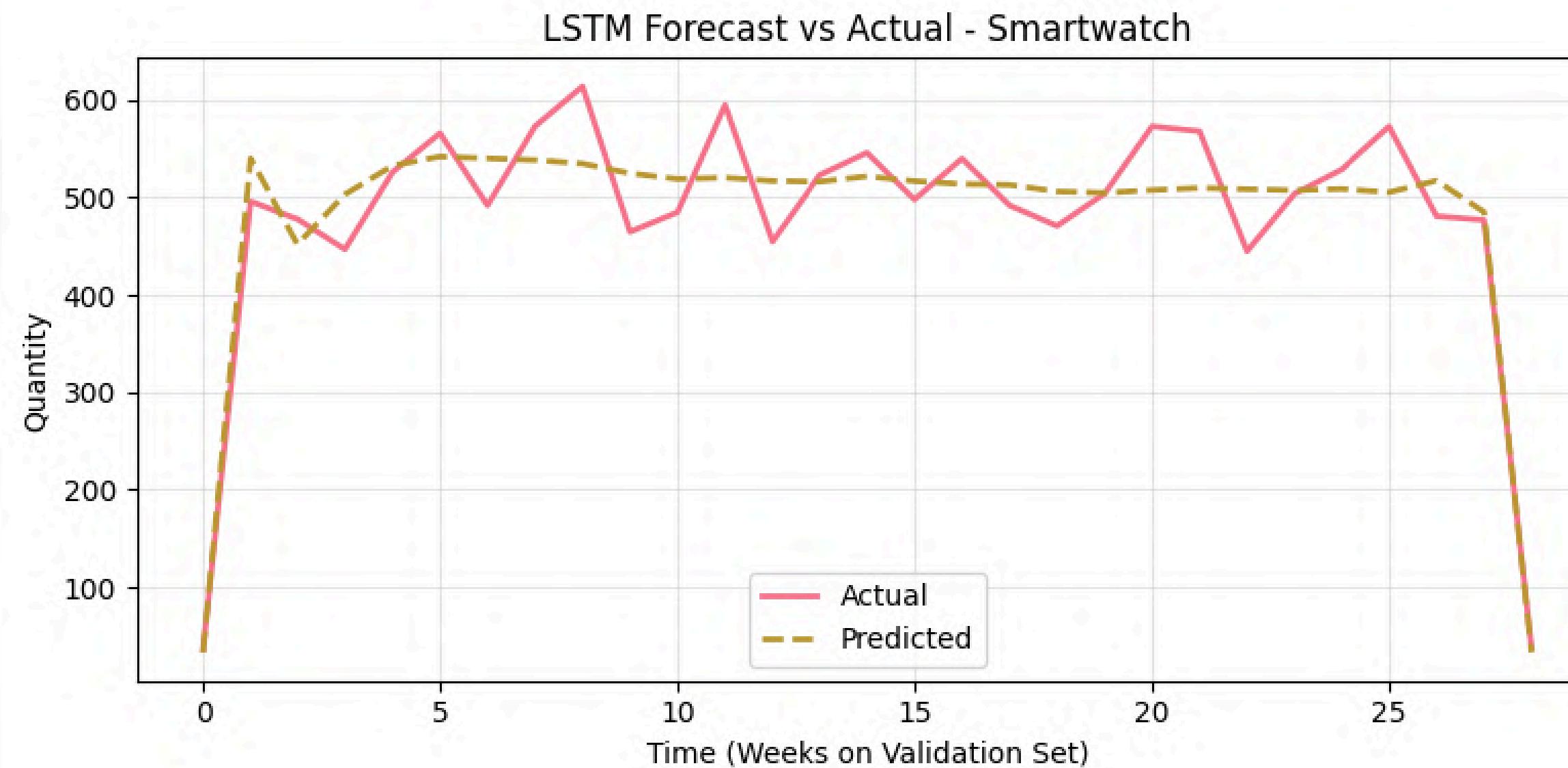
Hình 3.13: LSTM Dự đoán sản phẩm Smartphone so với thực tế

3. Thực nghiệm mô hình

3.3. Đánh giá mô hình LSTM

4. Smartwatch

MSE = 1786.02, RMSE = 42.26, MAE = 34.92 và MAPE = 7.42%.



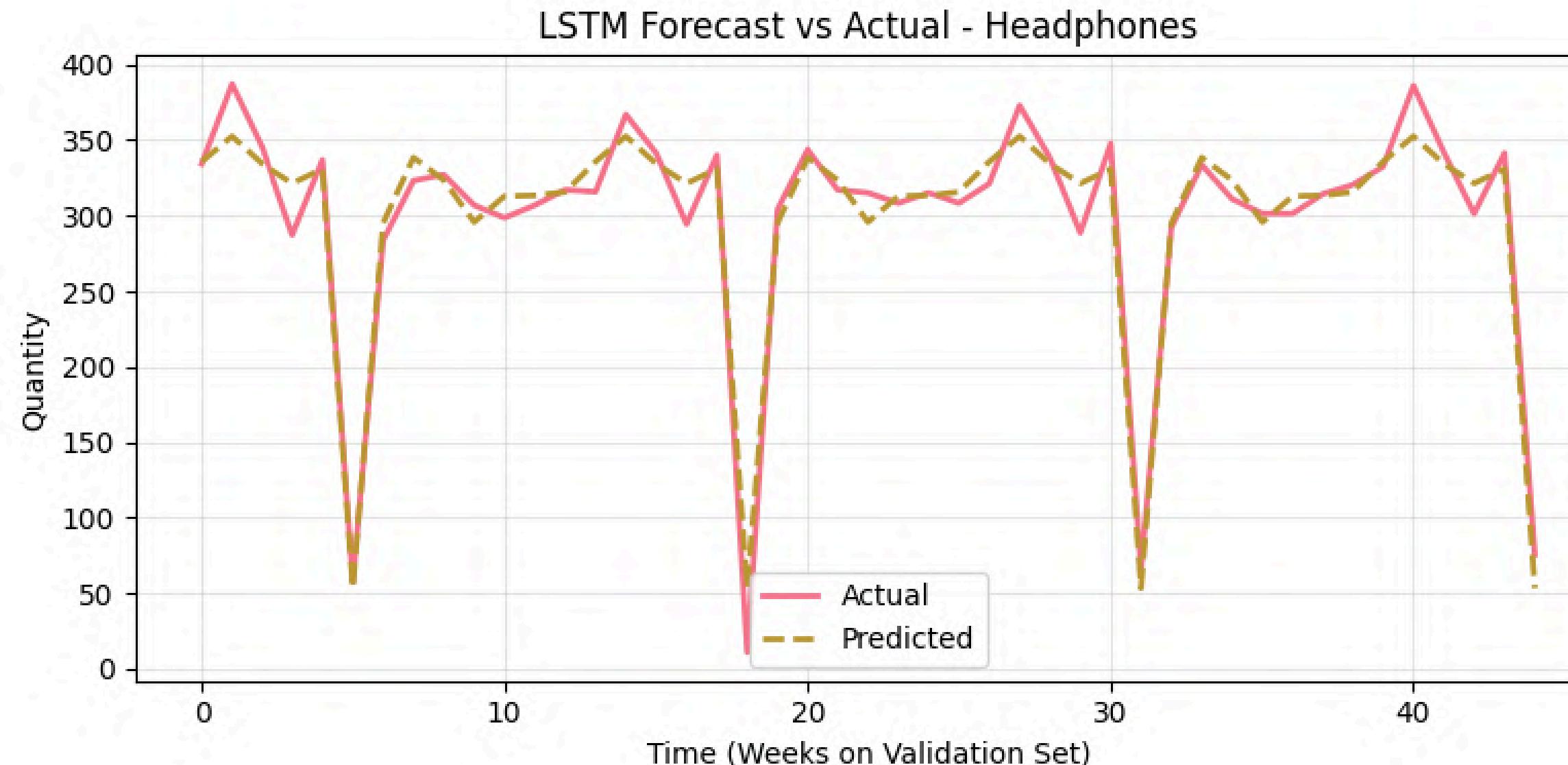
Hình 3.14: LSTM Dự đoán sản phẩm Smartwatch so với thực tế

3. Thực nghiệm mô hình

3.3. Đánh giá mô hình LSTM

5. Headphones

MSE = 263.91, RMSE = 16.25, MAE = 12.66 và MAPE = 13.15%

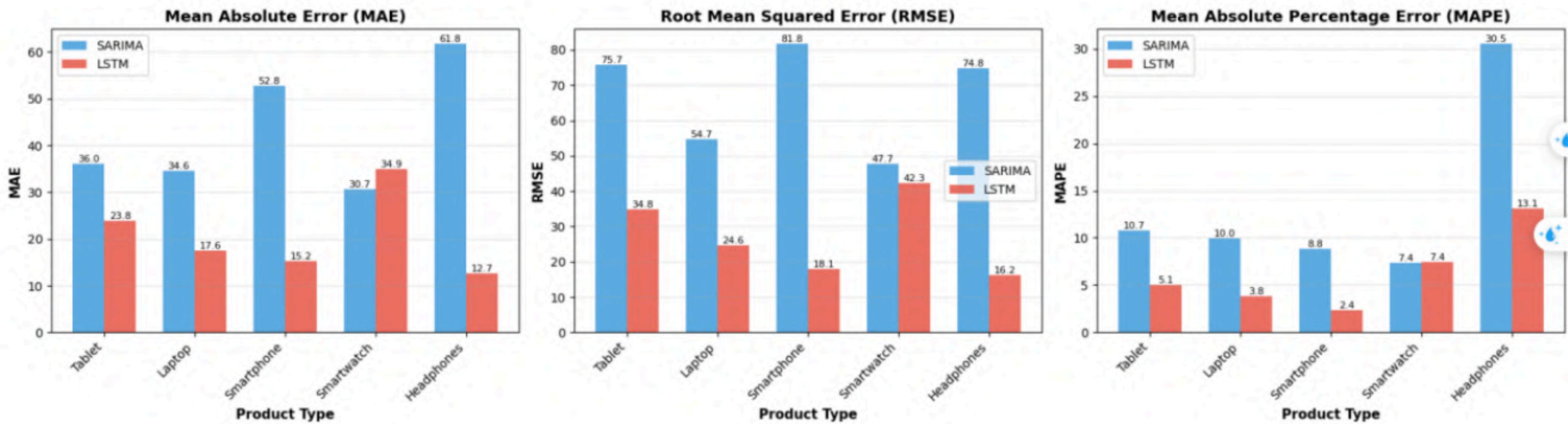


Hình 3.15: LSTM Dự đoán sản phẩm Headphone so với thực tế

3. Thực nghiệm mô hình

3.4. Kết quả mô hình và phân tích so sánh

So sánh tổng quan hiệu suất mô hình



Hình 3.17: Các chỉ số đánh giá mô hình của SARIMA và LSTM

CHƯƠNG 4

Trực quan hóa và thảo luận

4. Trực quan hóa và thảo luận

4.1 Trực quan hóa bằng Dashboard

| | |
|--|--|
| Avg Monthly Revenue Growth Rate | Tỷ lệ phần trăm tăng trưởng trung bình doanh thu giữa các tháng. |
| Avg Monthly Revenue | Doanh thu trung bình mỗi tháng |
| Total Revenue | Tổng doanh thu bao gồm mặt hàng chính và mặt hàng phụ đi kèm. |
| Total Orders | Tổng số đơn hàng. |
| Avg Order Value | Doanh thu trung bình từ mỗi đơn hàng. |

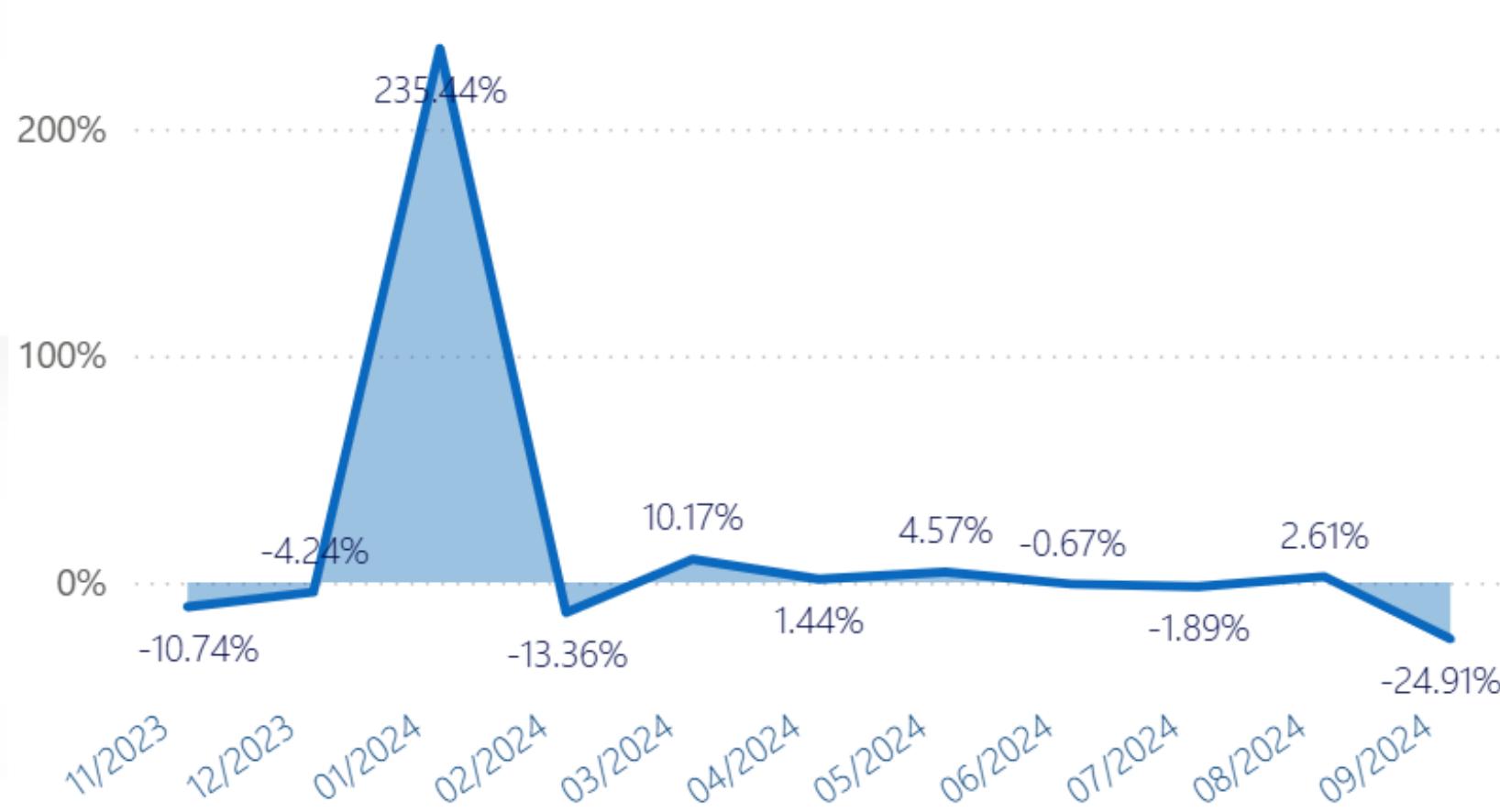
Bảng 4.1: Các chỉ số chính (Key metrics)

4. Trực quan hóa và thảo luận

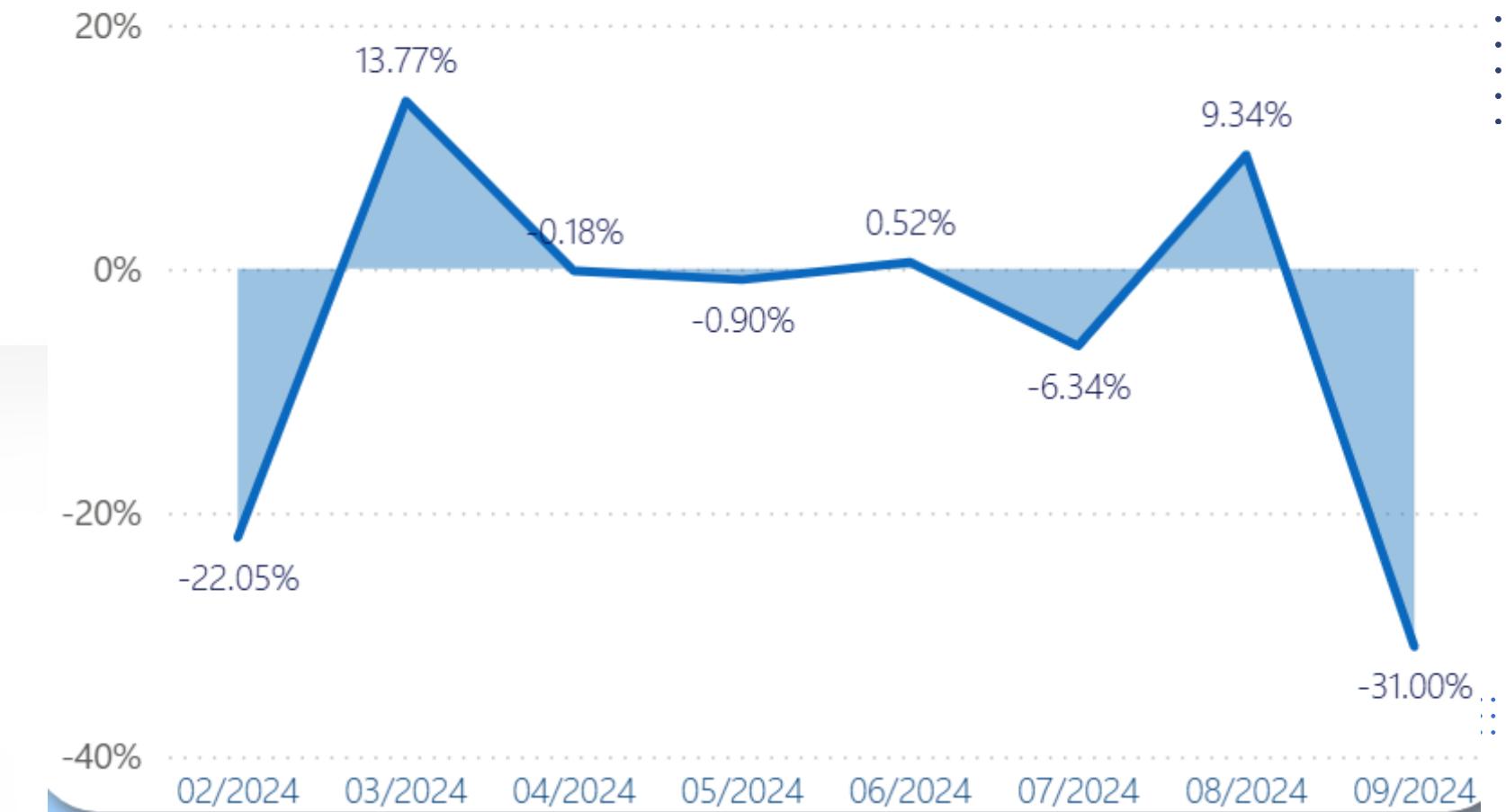
4.2 Phân tích tình hình kinh doanh

1. Xu hướng

Monthly Revenue Growth



Monthly Revenue Growth

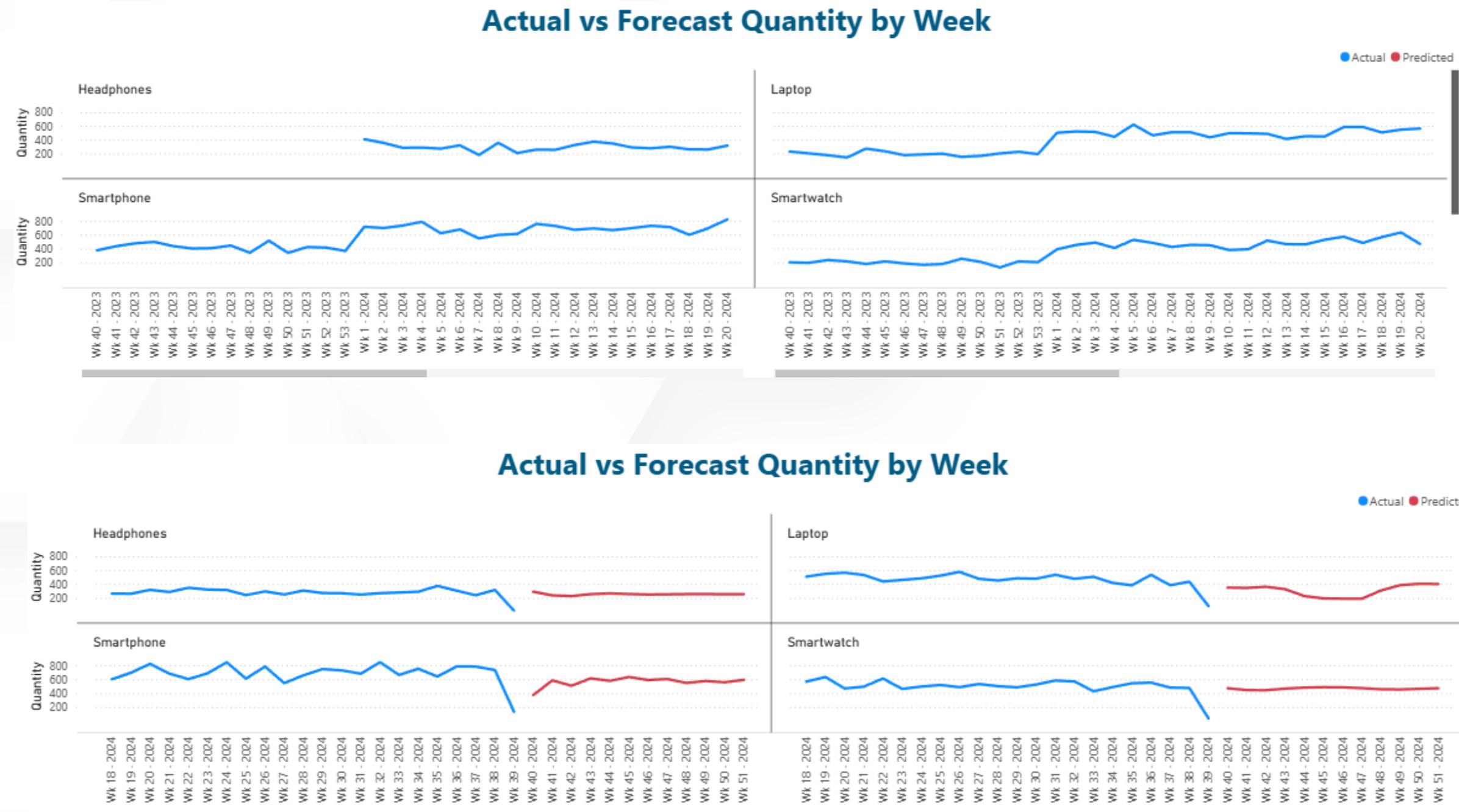


Hình 4.1: Biểu đồ tăng trưởng doanh thu theo tháng của tất cả sản phẩm và Headphones

4. Trực quan hóa và thảo luận

4.2 Phân tích tình hình kinh doanh

1. Xu hướng



Hình 4.2: Biểu đồ số lượng sản phẩm tiêu thụ thực tế so với dự báo theo tuần

4. Trực quan hóa và thảo luận

4.2 Phân tích tình hình kinh doanh

2. Tình hình kinh doanh

Kết quả kinh doanh

| | |
|---------------------------------------|-----------------|
| Tổng doanh thu | \$64.85M |
| Tổng đơn hàng | 20.000 |
| Giá trị trung bình mỗi đơn hàng (AOV) | \$5.430 |

Quantity by Month & Product type

| Month | Headphones | Laptop | Smartphone | Smartwatch | Tablet | Total |
|---------|------------|--------|------------|------------|--------|-------|
| 09/2023 | | 186 | 342 | 198 | 297 | 1023 |
| 10/2023 | | 918 | 2047 | 923 | 1139 | 5027 |
| 11/2023 | | 839 | 1821 | 823 | 827 | 4310 |
| 12/2023 | | 857 | 1717 | 852 | 926 | 4352 |
| 01/2024 | 1461 | 2246 | 3228 | 1988 | 2262 | 11185 |
| 02/2024 | 1139 | 2091 | 2518 | 1926 | 2208 | 9882 |
| 03/2024 | 1294 | 2091 | 3117 | 1925 | 2270 | 10697 |
| 04/2024 | 1285 | 2250 | 2976 | 2213 | 2024 | 10748 |
| 05/2024 | 1282 | 2268 | 3065 | 2443 | 2172 | 11230 |
| 06/2024 | 1292 | 2194 | 3116 | 2135 | 2166 | 10903 |
| 07/2024 | 1205 | 2160 | 2928 | 2298 | 2357 | 10948 |
| 08/2024 | 1314 | 1996 | 3225 | 2298 | 2269 | 11102 |
| 09/2024 | 911 | 1488 | 2560 | 1609 | 1736 | 8304 |

Bảng 4.2: Báo cáo doanh thu từng tháng theo nhóm sản phẩm

4. Trực quan hóa và thảo luận

4.2 Phân tích tình hình kinh doanh

2. Tình hình kinh doanh

Seasonality Index

| Year | Month | Sales | SS Index |
|------|-----------|--------------|----------|
| 2023 | September | 489,974.41 | 0.09 |
| 2023 | October | 2,356,303.47 | 0.44 |
| 2023 | November | 2,103,322.95 | 0.39 |
| 2023 | December | 2,014,209.48 | 0.37 |
| 2024 | January | 6,756,367.63 | 1.25 |
| 2024 | February | 5,853,844.98 | 1.08 |
| 2024 | March | 6,449,322.10 | 1.19 |
| 2024 | April | 6,542,227.21 | 1.21 |
| 2024 | May | 6,841,061.44 | 1.27 |
| 2024 | June | 6,795,323.18 | 1.26 |
| 2024 | July | 6,667,146.72 | 1.23 |
| 2024 | August | 6,841,251.75 | 1.27 |
| 2024 | September | 5,137,210.01 | 0.95 |

Bảng 4.3: Chỉ số mùa vụ từng tháng

Add-ons quantity by Product Type

| Product Type | Accessory | Impulse | None | Warranty |
|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Headphones | 1848 | 1883 | 864 | 1785 |
| Laptop | 3574 | 3699 | 1727 | 3593 |
| Smartphone | 4875 | 4944 | 2369 | 4807 |
| Smartwatch | 3495 | 3613 | 1731 | 3462 |
| Tablet | 3701 | 3766 | 1792 | 3682 |
| Total | 10048 | 10234 | 4868 | 9975 |

Bảng 4.4: Số lượng sản phẩm phụ của từng loại sản phẩm chính

4. Trực quan hóa và thảo luận

4.3 Khuyến nghị

1. Chiến lược nhập hàng

Mục tiêu: Xây dựng chiến lược nhập hàng chủ động, linh hoạt theo nhóm sản phẩm:

Mục đích: Tối ưu tồn kho - Giảm chi phí giữ hàng - Đảm bảo nguồn cung trong giai đoạn tăng trưởng

NHÓM BIẾN ĐỘNG MẠNH:

- Dự báo ngắn hạn (**1-3 tuần**).
- Nhập hàng linh hoạt, duy trì tồn kho an toàn ~**10%**.
- Thỏa thuận với nhà cung cấp để **giao hàng nhanh** (3-4 ngày) khi **nhu cầu tăng đột biến**.

NHÓM CÓ MÙA VỤ:

- Dự báo trung hạn (**1-3 tháng**)
- Nhập theo lô lớn trước mùa vụ **1-2 tháng**
- Tận dụng **chiết khấu cao**, chuẩn bị hàng cho cao điểm
- Sau mùa vụ: **xả kho mẫu cũ, tránh tồn đọng**

NHÓM ỔN ĐỊNH:

- Nhập **thận trọng, theo kế hoạch marketing**
- **Đặt hàng ít nhưng thường xuyên** để giảm chi phí lưu kho
- Chỉ tăng nhập khi có **chiến dịch kích cầu cụ thể**
- Nếu doanh số giảm liên tục → **ngừng nhập & thanh lý**.

4. Trực quan hóa và thảo luận

4.3 Khuyến nghị

2. Chiến lược kinh doanh

HIỆU SUẤT TỔNG THỂ

- Duy trì tăng trưởng bền vững qua **chiến dịch nhận diện dài hạn.**
- **Remarketing ~ Email automation** để dữ tương tác.
- **Tăng giá trị đơn hàng** bằng combo, ưu đãi mua hàng, miễn phí vận chuyển

PHÂN TÍCH THEO SP

- **Nhóm chủ lực:** quảng cáo hiệu suất cao + review KOL/KOC trên Facebook, Tiktok, YouTube.
- **Nhóm tốt:** Laptop, Smartphone
- **Nhóm yếu:** Tablet, Headphone → cần thúc đẩy bằng flash sale, combo, chiến dịch nhắm vào tính năng.

THỜI GIAN VÀ MÙA VỤ

- **Doanh thu đỉnh:** Tháng 9 và 11 → triển khai **Back to school & Black Friday.**
- **Thời điểm thấp:** Tháng 2 & 3 → tập trung CT giữ chân KH.
- **Chiến lược tổng thể:** linh hoạt theo mùa, tối ưu ngân sách quảng cáo.

CHƯƠNG 5

Kết luận và hướng phát triển

5.1 Kết luận

Nhóm đã hoàn thiện quy trình phân tích & dự báo doanh số mặt hàng điện tử (2023–2024) theo hướng khoa học dữ liệu: xử lý dữ liệu → xây dựng chuỗi thời gian → chọn mô hình → huấn luyện & đánh giá → trực quan hóa.

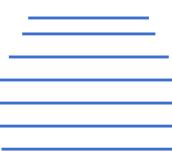
SARIMA:

- Tốt với dữ liệu có mùa vụ, xu hướng tuyến tính, ổn định, dễ giải thích.

- **Kết quả:** LSTM vượt trội về độ chính xác; SARIMA ổn định và minh bạch hơn.
- **Ứng dụng thực tiễn:** hỗ trợ doanh nghiệp dự báo nhu cầu – lập kế hoạch nhập hàng, sản xuất, quản lý tồn kho hiệu quả.
- **Hạn chế:** quy mô dữ liệu và phạm vi dự báo còn giới hạn.
- **Kết luận:** khẳng định tính khả thi và tiềm năng của học máy trong dự báo chuỗi thời gian doanh nghiệp.

LSTM:

- Mạnh trong việc học quan hệ phi tuyến, phụ thuộc dài hạn, chính xác cao hơn ở nhóm sản phẩm biến động phức tạp.



5.2 Hướng nghiên cứu tiếp theo

Mục tiêu: Nâng cao độ chính xác mô hình & mở rộng phạm vi ứng dụng thực tế.

Hướng kỹ thuật:

- Thử nghiệm mô hình nâng cao: GRU, Transformer, Hybrid (SARIMA + LSTM).
- Kết hợp mô hình truyền thống & học sâu → khai thác tốt đặc tính tuyến tính & phi tuyến.

Mở rộng dữ liệu:

- Bổ sung biến ngoại sinh: marketing, giá bán, thời tiết, sự kiện,...
- Giúp mô hình phản ánh tốt hơn yếu tố ảnh hưởng đến nhu cầu.

Phát triển công cụ hỗ trợ:

- Xây dựng dashboard dự báo tự động theo kỳ để theo dõi xu hướng & ra quyết định nhanh.

Mở rộng ứng dụng:

- Phân tích hành vi khách hàng, nhu cầu theo khu vực, tối ưu phân phối.
- Kết hợp dữ liệu bán hàng & tương tác khách hàng → xây dựng chiến lược khuyến mãi, tồn kho & trải nghiệm mua sắm hiệu quả hơn.

THANK YOU FOR LISTENING