

The multi-product newsvendor model with limited storage constraints

for Cloud kitchen

Rakchanok Thongkumpan
Assoc. Prof. Kannapha Amaruchkul



Overview

Introduction

Problem

Objectives

Scope



Methodology

Results

Conclusion

Suggestion

ธุรกิจด้านอาหารนั้น
ได้บุกครองจาก
โกรceriesอย่างหนัก

1 ใน 5

ร้านอาหารต้องปิดกิจการ
หรือลดขนาดลง

อีกทางเลือกหนึ่งคือปรับ
ตัวสู่ Cloud kitchen
ซึ่งสอดคล้องกับธุรกิจ
Food delivery ซึ่งมี
แนวโน้มเติบโตเฉลี่ย

31%

ต่อปี ในช่วง 2020-2025

Problems

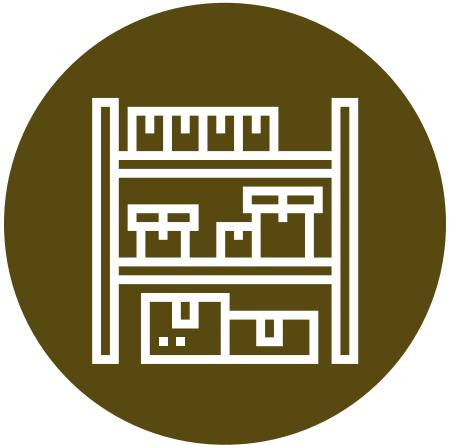
- เมนูในร้านอาหารที่หลากหลาย และ ปริมาณความต้องการที่ไม่แน่นอนใน แต่ละวัน
- Cloud kitchen ให้พื้นที่แต่ละร้านอย่าง จำกัดในการจัดเก็บวัตถุคง
- กำหนดการสั่งซื้อโดยอาศัยประสบการณ์ จากพนักงานเท่านั้น



Objective



ศึกษาปริมาณความต้องการเม뉴
อาหารแต่ละรายการ ให้มีค่าผิด
พลาดในการพยากรณ์น้อยที่สุด



ศึกษาข้อจำกัดในการจัดเก็บ
วัตถุดิบแต่ละชนิด เพื่อให้
กำหนดการสั่งซื้อได้เหมาะสม



ศึกษาแนวทางในการกำหนด
ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่จะ
ให้กำไรสูงสุด ลดปัญหาสินค้า^{ขาดมือ} และเหลือสินค้าจากการ
ขายน้อยที่สุด

Scope



- ✓ ศึกษาจายอดขายของร้านอาหารที่อยู่ใน Cloud kitchen แห่งหนึ่ง ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2019 – มกราคม 2022
- ✓ ศึกษาการสั่งซื้อวัตถุคุณภาพเบื้องต้นที่ใช้ในช่วงเดือนธันวาคม 2021 – มกราคม 2022
- ✓ ทดสอบกับยอดขายและการสั่งซื้อวัตถุคุณภาพจริงในช่วงเดือนธันวาคม 2021 – มกราคม 2022

METHODOLOGY



Clean data



- แปลงเมนูภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทย

- รวมเมนูที่ซ้ำ

- แยกเมนูเซ็ต

- ลบเมนูที่ไม่ได้ขายแล้ว

- ลบเมนูที่ไม่เกี่ยวข้อง

Demand Forecast



- ✓ SES
- ✓ Holt
- ✓ Holt-Winters
- ✓ fbprophet
- ✓ ARIMA
- ✓ XGBoost

Demand Forecast



	Menu		Method	RMSE	1	2	3	4	5	6	7	...	22	23	24	25	26	27	28	29	30	S.D.
0	หมูเด้งต้มยำ		arima	9.591	47	54	49	46	48	45	46	...	47	54	49	46	48	45	46	47	53	19.81
1	ก๋วยเตี๋ยวต้มยำเครื่องทะเล		holt	0.561	1	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.84
2	ข้าวซอยไก่		fbprophet	6.173	17	17	18	16	17	18	21	...	17	17	18	16	17	18	21	17	18	7.25
3	เล้งแซ่บ	holtwinter_multiplicative_damp	1.754	2	2	2	2	2	2	2	2	...	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3.22
4	ขنمจืนน้ำเงี้ยว		holt_damp	6.403	19	19	19	19	19	19	19	...	19	19	19	19	19	19	19	19	19	12.45
5	ต้มเลือดหมู		fbprophet	4.463	10	11	11	11	10	10	10	...	10	11	11	11	10	11	10	10	11	4.80
6	หมูต้มยำ		fbprophet	10.196	23	25	20	20	20	19	19	...	22	24	18	19	18	18	18	21	24	15.60
7	ต้มยำทะเล		xgb	4.456	3	3	3	3	3	3	3	...	3	3	2	2	3	3	3	3	3	9.22
8	ข้าวผัดพริกเผาทะเล		ses	2.133	4	4	4	4	4	4	4	...	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2.89
9	ข้าวผัดหมู		holt	4.513	9	9	9	9	9	9	9	...	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8.55
10	ยำวุ้นเส้นทะเล		holt	2.309	4	4	4	4	4	4	4	...	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.36
11	ยำเกี๊ยวกรอบ		xgb	4.548	3	3	3	3	3	3	3	...	3	3	3	3	3	2	3	3	3	7.89
12	หมูต้มยำคลุกซลิก		xgb	2.352	4	4	4	4	4	3	4	...	4	4	4	4	4	4	3	3	3	6.29
13	ต้มยำกุ้ง	holtwinter_additive	1.473	2	2	2	1	2	1	2	...	2	2	2	1	2	1	2	2	2	3.07	
14	ยำขนมจีนปลาทู	ses	1.613	3	3	3	3	3	3	3	3	...	3	3	3	3	3	3	3	3	1.97	
15	หมูจัมโบ้	ses	0.781	1	1	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.42
16	ต้มยำหมึกยัดไส้	ses	1.073	1	1	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.55
17	ต้มยำหมึก	fbprophet	2.706	5	5	5	5	6	5	5	5	...	5	6	5	6	5	6	5	5	6	3.44
18	ข้าวกะเพราหมู	holt	4.895	8	8	8	8	8	9	9	9	...	9	9	9	9	9	9	9	9	7.77	
19	ข้าวหมูผัดพริกแกงใต้	holtwinter_multiplicative	0.826	1	1	1	1	1	1	1	2	...	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.56
20	ต้มยำกุ้งแม่น้ำ	fbprophet	1.223	2	2	3	3	2	2	2	2	...	2	2	3	3	2	2	2	2	2	1.21
21	ข้าวนาพริกปลาทู	holtwinter_multiplicative_damp	1.186	1	2	2	1	1	1	1	1	...	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2.07
22	ลาภจิ้มหมู	holt_damp	0.831	1	1	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.19

23 rows × 34 columns

Newsvendor Model

Overage cost c_o = unit cost - unit salvage

Undarage cost c_u = selling price - unit cost + unit penalty

$$\text{Critical ratio} = \frac{c_o}{c_u + c_o}$$

For normal demand $D \sim N(\mu, \sigma)$

Order Quantity $x^* = F^{-1}(\text{critical ratio}, \mu, \sigma) = \mu + k\sigma$

where $k = \Phi^{-1}(\text{critical ratio})$



Newsvendor Model

$$\text{Standardizing} = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$\text{Expected lost sales} = \sigma L(z)$$

$$\text{where } L(z) = \phi(z) - z(1 - \Phi(z))$$

Expected sales = Expected demand - Expected lost sales

Expected leftover = Order quantity - Expected sales

Expected salvage = unit salvage x expected leftover

Expected penalty = unit penalty x expected lost sales

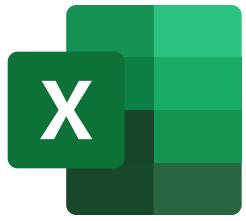
Expected revenue = Selling price x Expected sales

Expected cost = Order quantity x unit cost

Expected profit = Expected revenue + Expected salvage - Expected cost - Expected penalty



Mathematical programming Model



GRG Nonlinear

Input Parameter

m = จำนวนรายการวัตถุดิบที่ใช้

n = จำนวนเมนูอาหาร

D_j = ปริมาณความต้องการของเมนูอาหาร j (หน่วยบริโภค); $j = 1, 2, \dots, n$

R_i = น้ำหนักของวัตถุดิบ i ที่สามารถจัดเก็บได้ (kg); $i = 1, 2, \dots, m$

c_i = ต้นทุนต่อหน่วยของวัตถุดิบ i (THB/kg); $i = 1, 2, \dots, m$

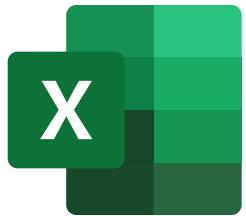
p_j = ราคาขายต่อหน่วยบริโภคของเมนูอาหาร j (THB/หน่วยบริโภค); $j = 1, 2, \dots, n$

g_j = ต้นทุนต่อหน่วยของเมนู j ที่ขาด (THB/หน่วยบริโภค); $j = 1, 2, \dots, n$

h_j = ต้นทุนต่อหน่วยบริโภคของเมนู j ที่เหลือเก็บข้ามวัน (THB/หน่วยบริโภค); $j = 1, 2, \dots, n$

a_{ij} = จำนวนหน่วย(น้ำหนัก) ของวัตถุดิบ i ที่ใช้ในเมนูอาหาร j หนึ่งหน่วยบริโภค (kg/หน่วยบริโภค); $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$

Mathematical programming Model



GRG Nonlinear

Decision Variables

x_j = จำนวนหน่วยบริโภคของเมนูอาหาร j ที่ทำ (หน่วยบริโภค); $j = 1, 2, \dots, n$

W_i = จำนวนหน่วยสั่งซื้อ (0.5 kg) ของวัตถุดิบ i ที่สั่งซื้อ; $i = 1, 2, \dots, m$

$V_i = 0.5W_i$ จำนวนหน่วย(น้ำหนัก) ของวัตถุดิบ i ที่สั่งซื้อ (kg); $i = 1, 2, \dots, m$

$S_j(x_j) = \min(x_j, D_j)$ ปริมาณเมนูอาหาร j ที่ขายได้; $j = 1, 2, \dots, n$

Objective: Maximize total profit

$$\max \sum_{j=1}^n E[p_j S_j(x_j) + (p_j - h_j)(x_j - S_j(x_j)) - g_j(D_j - S_j(x_j))] - \sum_{i=1}^m c_i V_i$$

Constraints

$$V_i = 0.5W_i \quad ; i = 1, 2, \dots, m$$

$$W_i \geq 0, \text{ integer} \quad ; i = 1, 2, \dots, m$$

$$V_i \geq \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \quad ; i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j \geq 0, \text{ integer} \quad ; j = 1, 2, \dots, n$$

$$V_i \leq R_i \quad ; i = 1, 2, \dots, m$$

Results

- Expected Profit
- Expected Revenue
- Expected Cost
- Measures Error



Order quantity

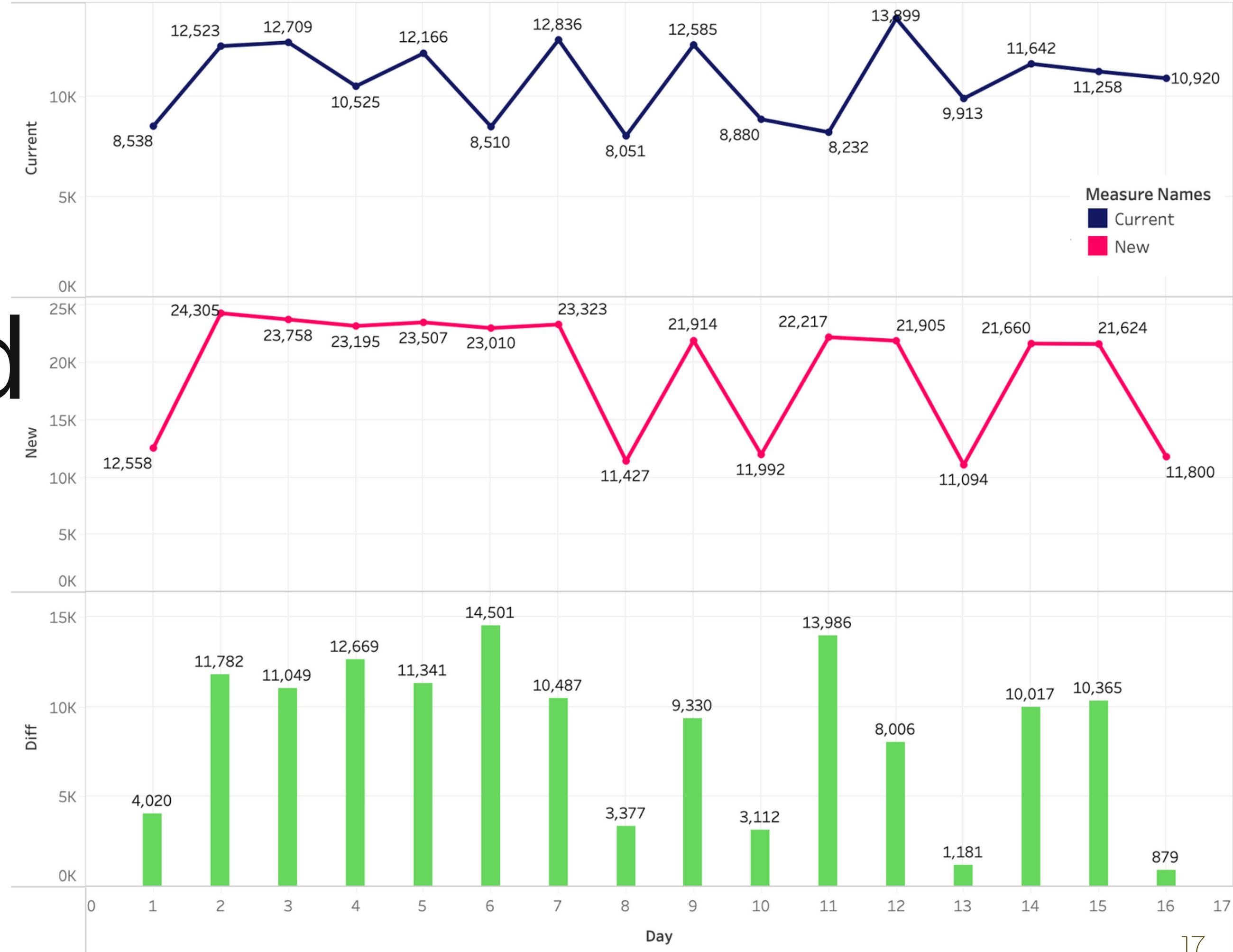
Day 1

Meat	New order quantity(kg)
ลูกชิ้นหมู	4.0
หมูเด้ง	4.5
หมูชิ้น	3.5
หมูสับ	3.5
ตับ	0.5
เลือดหมู	4.5
เลือดไก่	6.0
ซี่โครง	1.5
น่องไก่	4.0
กุ้ง	1.0
กุ้งแม่น้ำ	0.5
หมึกอาเจน	1.5
หมึกกล้วย	0.5
ลูกชิ้นปลา	0.5
เลี้ง	1.0
ปลาทู	2.5
Total	39.5



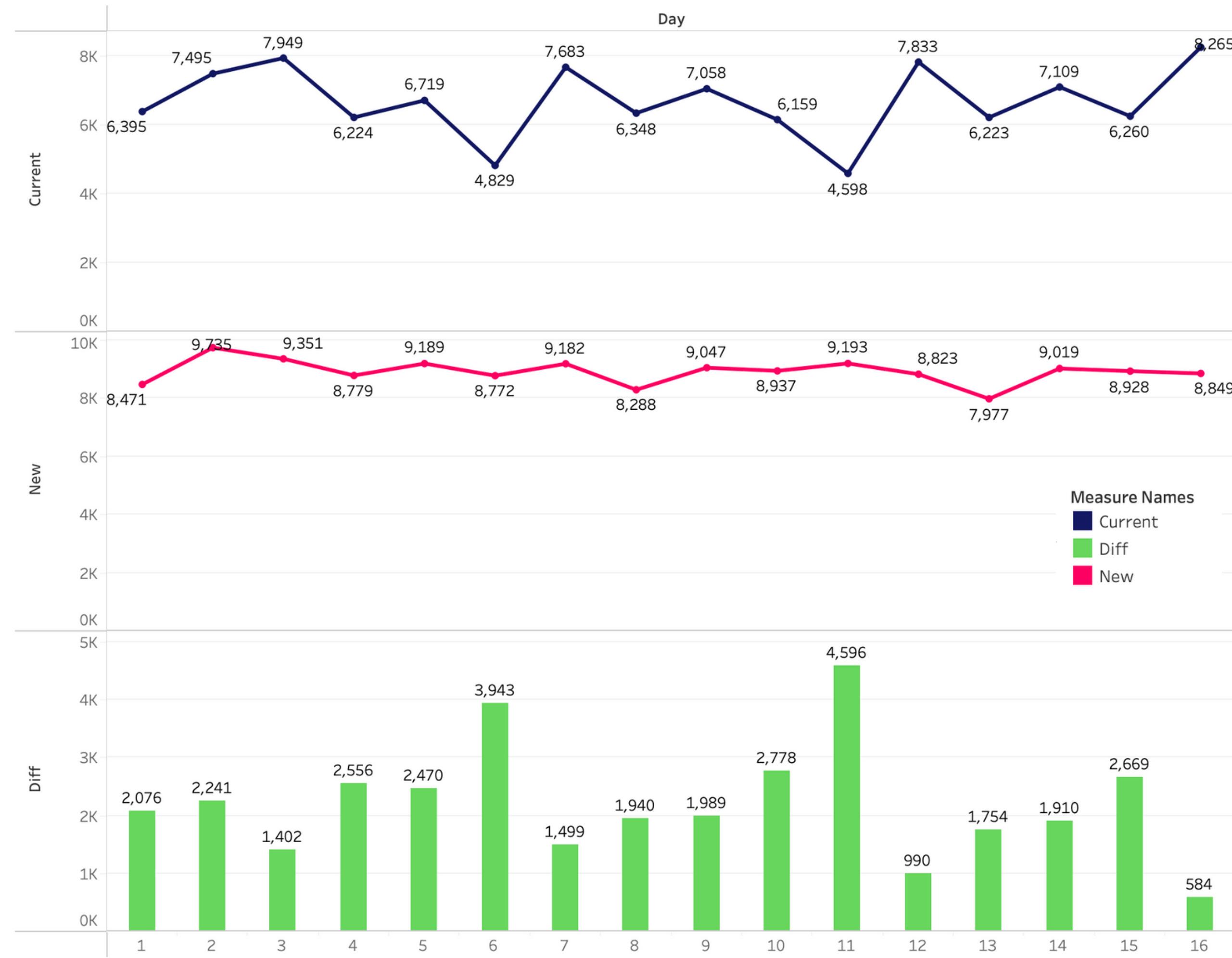
Expected profit

Current vs New policy



Expected revenue

Current vs New policy



Expected cost

Current vs New policy



Comparison

Current vs New policy

	Diff (baht/day)	%Change	
 Average Revenue	2,212.32	33.04	
 Average Cost	2,635.43	88.78	
 Average Profit	8,506.44	78.59	

MAPE, %

Measures Error

24.72

actual vs expected sales

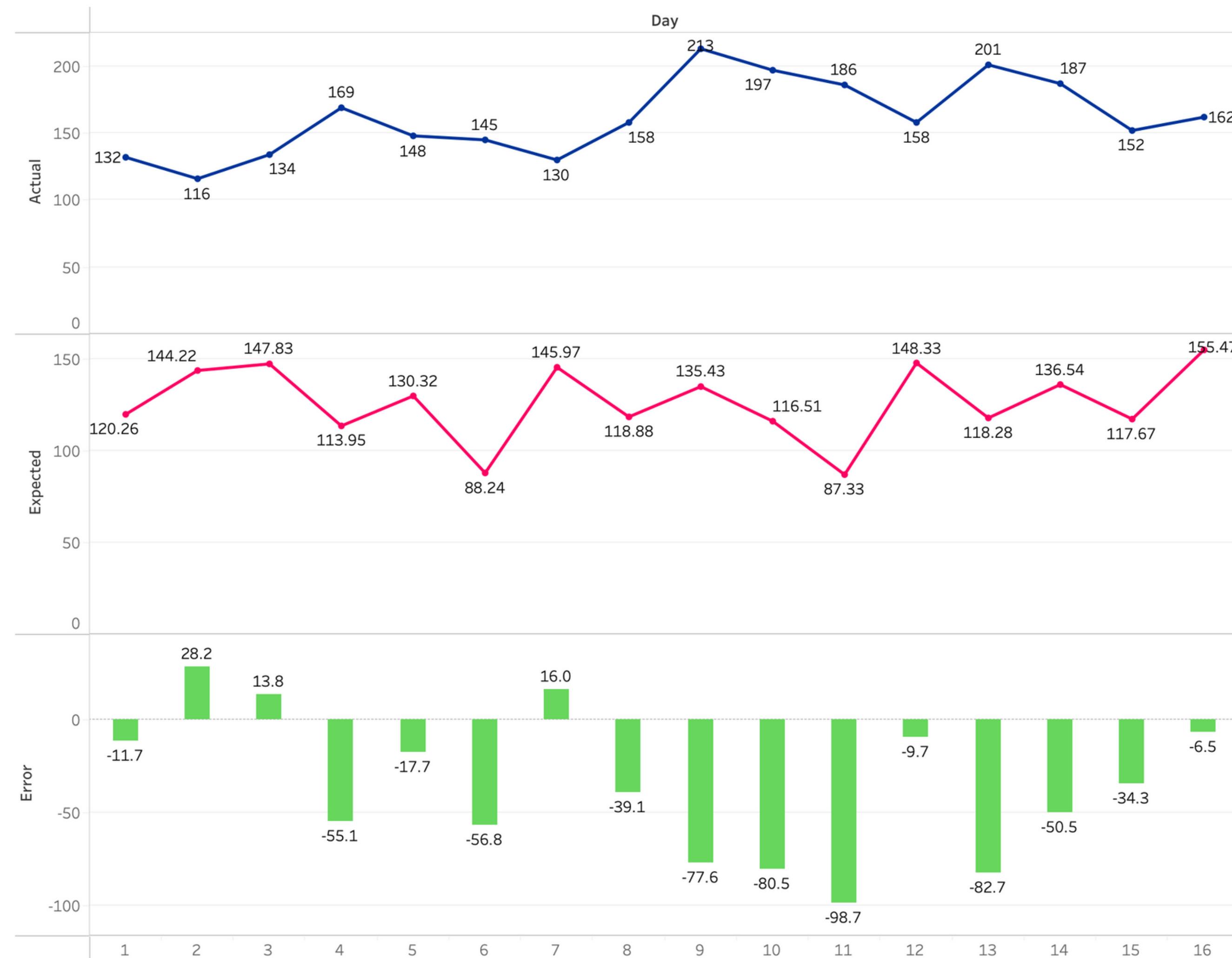


17.98

actual vs forecast revenue

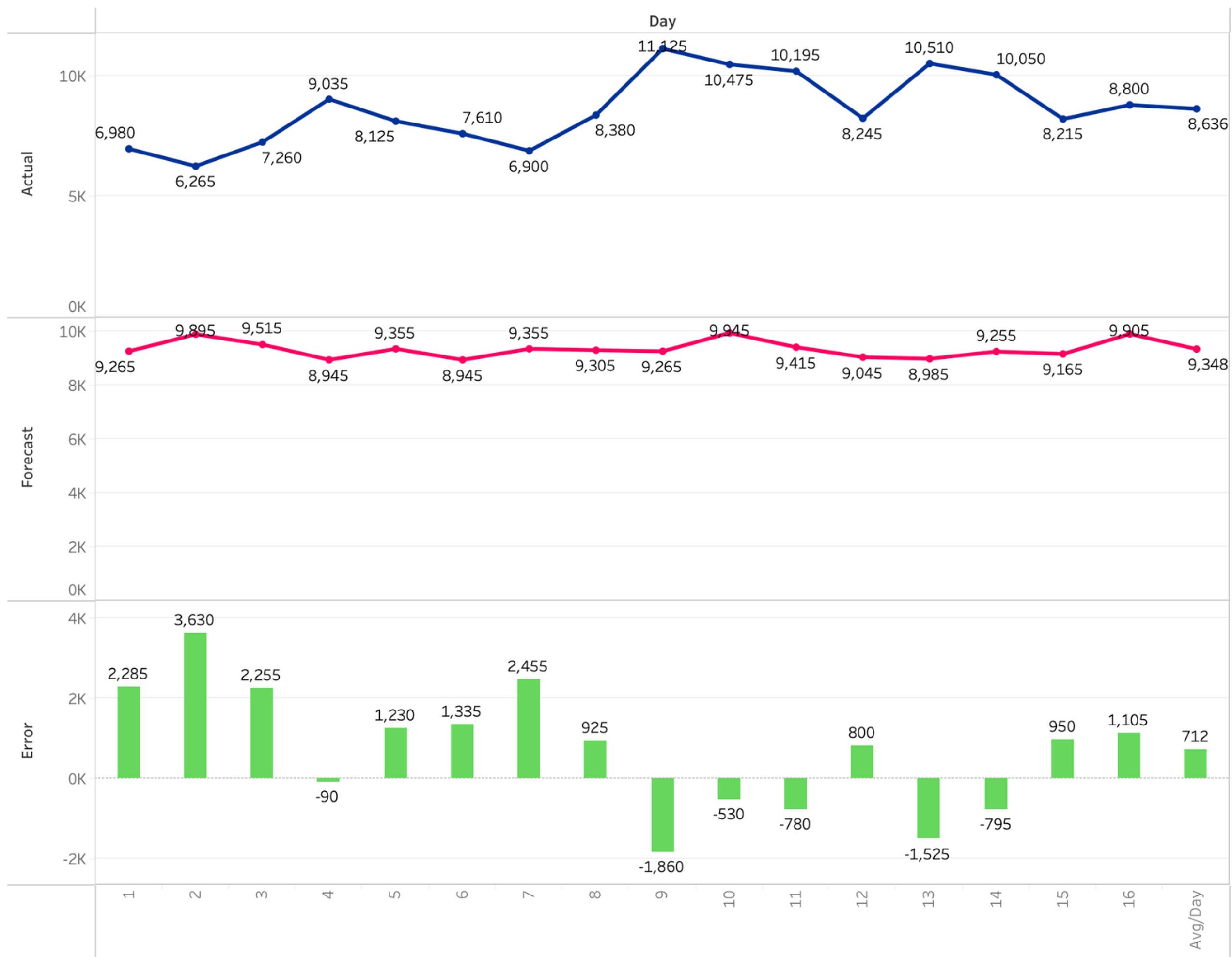
Daily sales

Actual vs Expected sales



Daily revenue

Actual vs Forecast



Measures Error

Actual vs forecast demand
of each menu

Avg all menu

4.28

RMSE

0.81

SMAPE

Menu	RMSE	SMAPE
หมูเด้งต้มยำ	23.06	0.59
กุ้ยเตี้ยวน้ำจิ้มเผือก	0.95	1.76
ข้าวซอยไก่	6.23	0.37
เล้งแซ่บ	2.06	0.64
ขนมจีนน้ำเงี้ยว	4.60	0.22
ต้มเลือดหมู	4.41	0.45
หมูต้มยำ	12.37	0.38
ต้มยำกะหล่ำ	5.15	0.72
ข้าวผัดพริกเผาทะล	2.72	0.84
ข้าวผัดหมู	6.12	0.34
ยำวุ้นเส้นกะหล	3.10	0.80
ยำเกี๊ยวกروب	4.26	0.76
หมูต้มยำขลุกขลิก	1.98	0.60
ต้มยำกุ้ง	2.27	0.98
ยำขนมจีนปลาทู	2.12	0.75
หมูจังโภ	0.97	1.59
ต้มยำหมึกยัดไส้	1.81	0.70
ต้มยำหมึก	2.80	0.63
ข้าวกะเพราหมู	5.84	0.43
ข้าวหมูผัดพริกแกงใต้	1.39	1.57
ต้มยำกุ้งแม่น้ำ	1.97	1.12
ข้าวหน้าพริกปลาทู	1.22	1.51
لوกจิ้มหมู	0.97	0.85

Suggestions

- หากมีข้อมูลช่วงวันหยุดมากขึ้น น่าจะทำให้โนเดลมีความแม่นยำและใกล้เคียงกับความต้องการจริงมากขึ้น
- ตัวเลขที่ได้จากโนเดลอาจยังไม่สะท้อนผลกำไรและต้นทุนที่แท้จริงได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากตัวโนเดลจะพิจารณาเป็นวันต่อวัน แต่ในความเป็นจริงยังมีข้อจำกัดอื่นที่ไม่เป็นไปตามโนเดลและมีผลต่อการคำนวณ
- สามารถนำปริมาณการสั่งซื้อที่ได้จากโนเดล มาเปรียบเทียบกับปริมาณการสั่งซื้อจากพนักงานเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจสั่งซื้อจริง ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการทำงานในแต่ละวันลงได้
- สามารถนำนโยบายการสั่งซื้อไปใช้ปรับกับร้านอาหารที่มีพื้นที่จำกัดลักษณะเดียวกันกับ cloud kitchen ได้ เช่น food trucks หรือ home kichen เป็นต้น





A white marble surface featuring a variety of fresh ingredients. In the top left, there's a bunch of green cilantro. To its right is a sprig of rosemary. In the bottom right corner, there are several basil leaves. A lime slice is positioned in the middle left, and another one is in the bottom right. A long red chili pepper runs vertically down the left side. A few garlic cloves are scattered at the bottom. Small red and black peppercorns are scattered across the surface. The overall composition is a flat-lay of cooking essentials.

Thank you!