

客林：訂貨決策輔助專案

資管專題：陳廷旭、莊啟宏、黃泇喜、鍾秉瀚、江采嬪、黃容

目錄

- 專案說明
- 概念模型
- 數學模型
- 電腦模型
- 結論

10/10 APOTHECARY: 零售品項廣，智慧化訂貨模型需求強勁



APOTHECARY

化妝品、保養品
與香氛產品進口

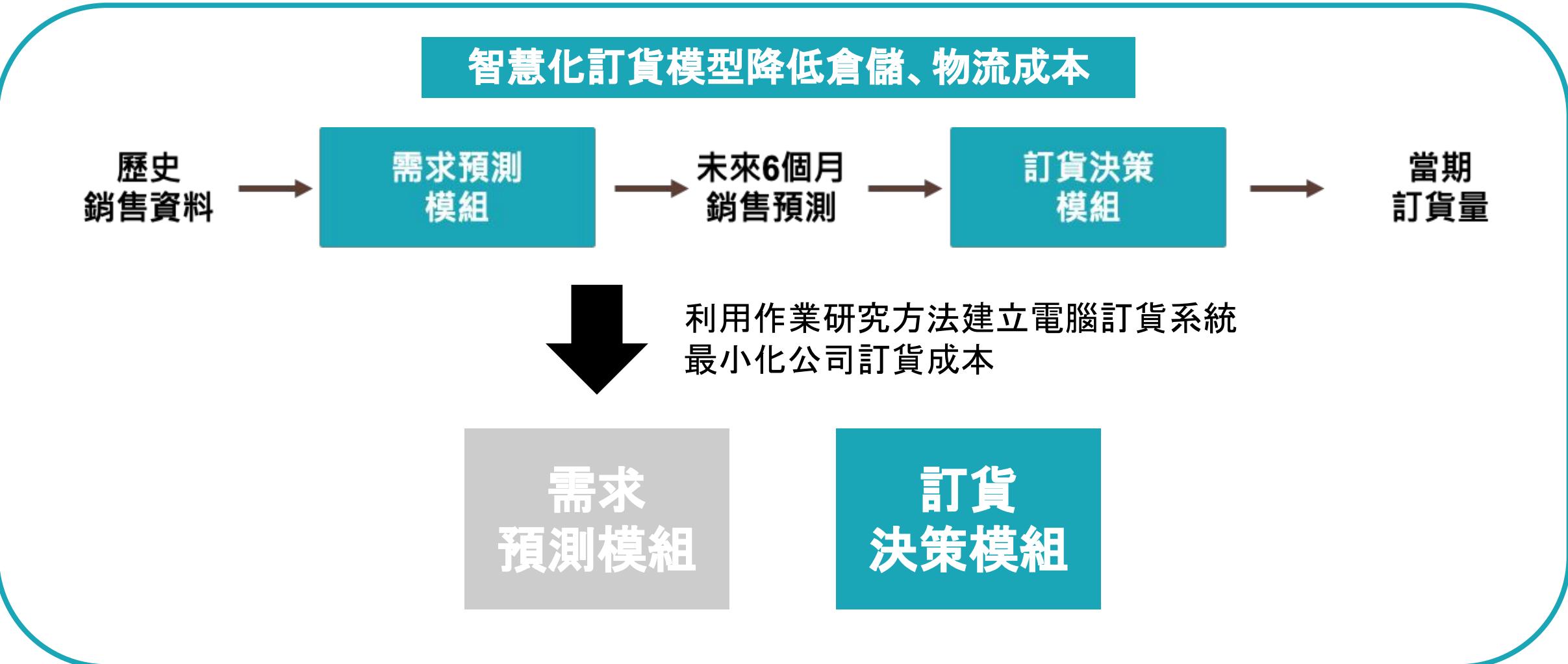
訂貨規劃對於公司總成本影響力大

化妝品零售業具有商品品數多、訂貨貨源廣之特性，相較其他人事成本、店租成本等，商品成本的變動性大、且數量可觀，因此商品的訂貨規劃對總成本的影響巨大。

產業特性因素，人工訂貨決策不易

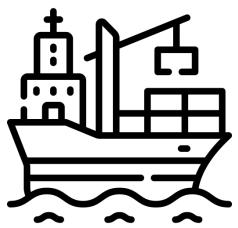
美妝美髮產品受季節性因子(週年慶、年度促銷活動)影響大，銷售量變動劇烈，而人工訂貨通常以經驗做決策，但卻容易因估計失誤而造成缺貨或存貨過多，進而產生多餘成本，影響公司營運效益。

10/10 APOTHECARY: 零售品項廣，智慧化訂貨模型需求強勁



決策變數 Decision Variables

每期每種商品各自要用快遞 / 空運 / 海運訂多少貨



目標函數 Objective Functions

$\min \text{ 成本} = \text{訂貨成本} + \text{存貨成本} + \text{缺貨成本}$

單位商品運費

運費固定成本

backorder成本

lost sales成本

訂貨規則 Constraints

1. 期末存貨 = 期初存貨 + 到貨量 + 在途存貨 - 需求量

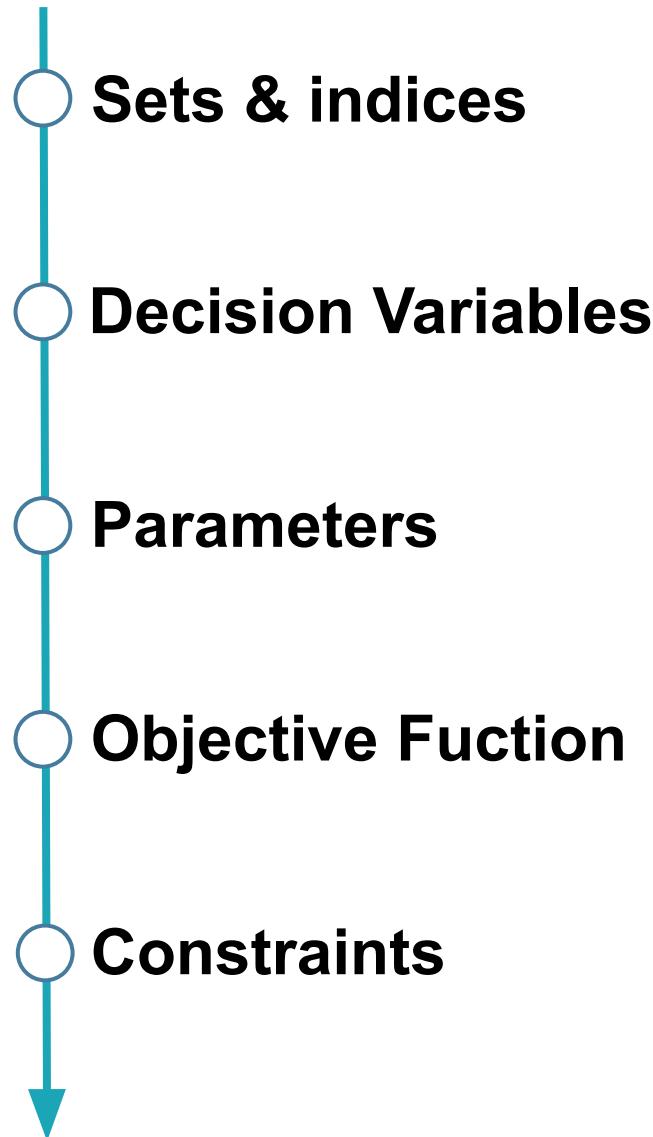
- **期初存貨**: 調整後的上期期末存貨
- **到貨量**: 訂貨計畫中下訂, 於本期可用之商品數
- **在途存貨**: 非計畫中下訂, 於本期可用之商品數
- **需求量**: 本期的商品需求

2. 各商品只能透過可用的運輸方式訂貨

3. 各商品每期最大訂購量不超過該商品需求與存貨差額

4. 訂貨數量需以 package 為單位訂貨

數學模型: 架構



數學模型: Sets & Indices

T 所有期數的集合

$t \in T$ 代表整個訂貨計畫中的第 t 期； $T = \{1, \dots, 6\}$

I 所有商品的集合

$i \in I$ 代表編號為 i 的商品； $I = \{1, \dots, 96\}$

F 所有運輸方式的集合

$f \in F$ 代表第 f 種運輸方式； $F = \{1, \dots, 3\}$

$f = 1$ 代表快遞， $f = 2$ 代表空運， $f = 3$ 代表海運

數學模型: Decision Variables

變數	敘述
x_{tif}	第 t 期商品 i 利用運輸方式 f 的訂貨量 (單位: package)
y_{ti}	第 t 期商品 i 的「正」期末存貨 (單位: package)
z_{ti}	第 t 期商品 i 的「負」期末存貨 (單位: package)
w_{tf}	若第 t 期有利用運輸方式 f 訂購任何商品，則 $w_{tf} = 1$ ；若無，則 $w_{tf} = 0$

$$\underbrace{y_{ti} - z_{ti}}_{\text{第 } t \text{ 期期末存貨}} \quad \begin{array}{l} \text{當期末存貨} = 10: \quad y_{ti} = 10, z_{ti} = 0 \\ \text{當期末存貨} = -10: \quad y_{ti} = 0, z_{ti} = 10 \end{array}$$

數學模型: Parameters

參數	敘述
Q_{ti}	商品 i 在第 t 期可用的在途存貨 (單位: <i>package</i>)
I_i^0	商品 i 在第 0 期的期末存貨 (單位: <i>package</i>)
D_{ti}	商品 i 在第 t 期的需求量 (單位: <i>package</i>)
M_i	商品 i 每 <i>package</i> 的進貨價格
C_i^o	商品 i 每 <i>package</i> 的存貨成本
C_i^b	商品 i 每 <i>package</i> 的 <i>backorder</i> 缺貨成本
C_i^l	商品 i 每 <i>package</i> 的 <i>lost sales</i> 缺貨成本
G_{if}	商品 i 每 <i>package</i> 利用運輸方式 f 的單位成本
K_f	利用運輸方式 f 的固定成本
L_f	運輸方式 f 的 <i>lead time</i>
R_{if}	商品 i 是否存在運輸方式 f 。若有，則 $R_{if} = 1$ ；若無，則 $R_{if} = 0$
β_i	商品 i 的 <i>backorder</i> 比例

數學模型: Objective Function

目標: 最小化總成本, 包含訂貨成本、存貨成本、缺貨成本三個部分

$$\min \underbrace{\sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \sum_{f \in F} (M_i + G_{if}) x_{tif} + \sum_{t \in T} \sum_{f \in F} K_f w_{tf}}_{\text{訂貨成本}} + \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \left(\underbrace{C_i^o y_{ti}}_{\text{存貨成本}} + \underbrace{\beta_i C_i^b z_{ti} + (1 - \beta_i) C_i^l z_{ti}}_{\text{缺貨成本}} \right)$$

訂貨成本 = (每個商品單位進貨成本 + 單位運輸成本) \times 進貨包數 + 固定成本

存貨成本 = 存貨成本 \times 期末正存貨數量

backorder 成本 = backorder 比例 \times backorder 成本 \times 期末負存貨數量

lost sales 成本 = (1 - backorder 比例) \times lost sales 成本 \times 期末負存貨數量

數學模型: Constraints

- 初始化第0期期末存貨

$$y_{0,i} = \max\{I_i^0, 0\} \quad \forall i \in I$$

$$z_{0,i} = \max\{-I_i^0, 0\} \quad \forall i \in I$$

- y_{ti} 為非負

$$y_{ti} \geq 0 \quad \forall t \in T, \forall i \in I$$

- z_{ti} 非負

$$z_{ti} \geq 0 \quad \forall t \in T, \forall i \in I$$

數學模型: Constraints

- 每期期末存貨平衡式

$$\underbrace{y_{ti} - z_{ti}}_{\text{第}t\text{期期末存貨}} = \underbrace{y_{t-1,i} - \beta z_{t-1,i}}_{\text{第}t\text{期期初存貨}} + \underbrace{\sum_{f \in F \text{ & } L_f < t} x_{t-L_f, i, f} + Q_{ti} - D_{ti}}_{\text{第}t\text{期的到貨量}}$$
$$\forall t \in T, \forall i \in I$$

數學模型: Constraints

- 每個商品在每期的訂購量不能超過該商品總需求與第0期期末存貨的差額

$$x_{tif} \leq R_{if} w_{tf} \cdot \max\left\{\sum_{t' \in T} (D_{t'i} - Q_{t'i}) - I_i^0 + 1, 0\right\}$$
$$\forall t \in T, \forall i \in I, \forall f \in F$$

數學模型: Constraints

- 每個商品的訂購數為非負整數

$$x_{tif} \in \mathbb{Z}_+ \quad \forall t \in T, \forall i \in I, \forall f \in F$$

- w_{tf} 是二元變數:

$$w_{tf} \in \{0, 1\} \quad \forall t \in T, \forall f \in F$$

電腦模型：架構與結果



輸出進貨的結果於 `result.xlsx`

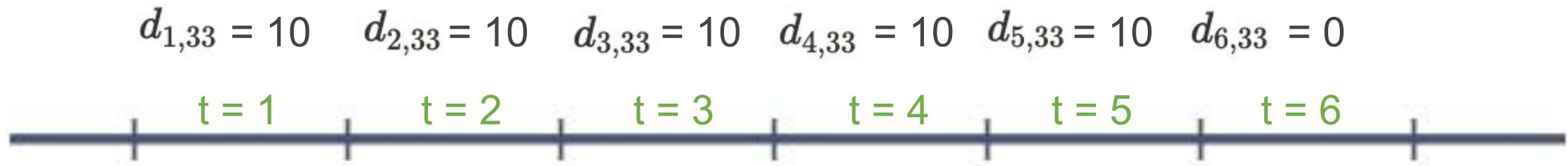
訂購時間	訂購商品	訂購數量	運送方式
1	17	3	快遞
1	17	5	空運
1	17	5	海運
1	33	13	快遞
2	17	5	空運
3	17	5	空運
3	17	5	海運
4	17	5	空運

啟發式演算法：描述

演算法精神：每期需求都要被滿足（第一期除外），每期可能只選擇一種運輸方式

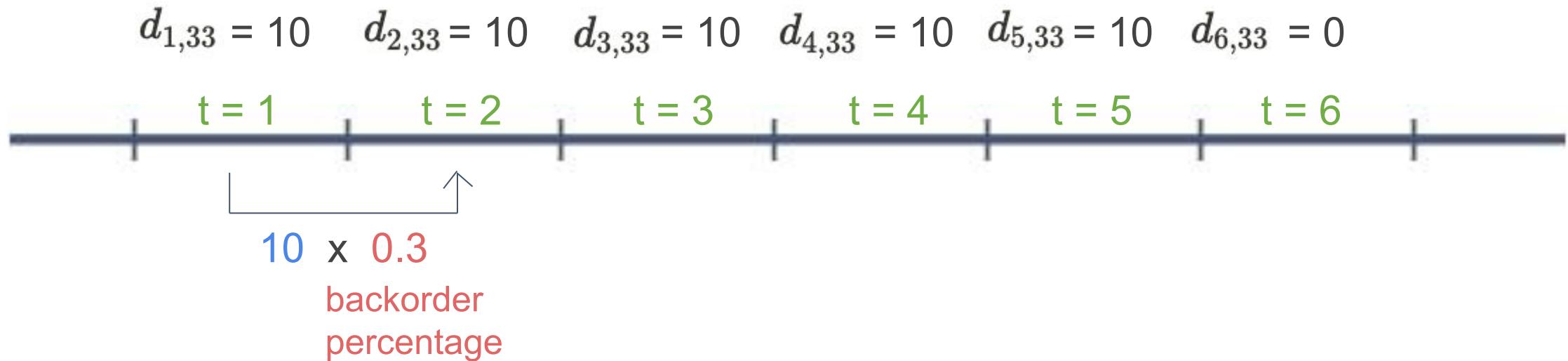
1. 計算每期當下缺少的商品 package 數
2. 每期選擇成本最低之運輸方式（考量各商品是否有該運輸方式）
3. 從最後一期回推，決定是否提前訂貨（考量存貨成本）
4. 計算訂貨量（考量各商品是否有該運輸方式）

啟發式演算法：範例商品33的進貨決策



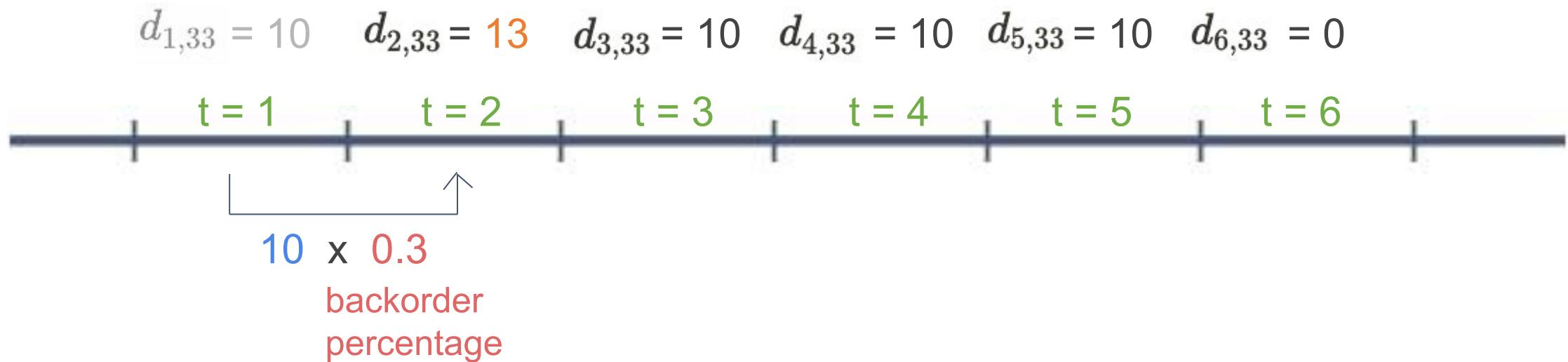
d_{ti} 第 t 期第 i 個商品的預期訂貨量

啟發式演算法：範例商品33的進貨決策



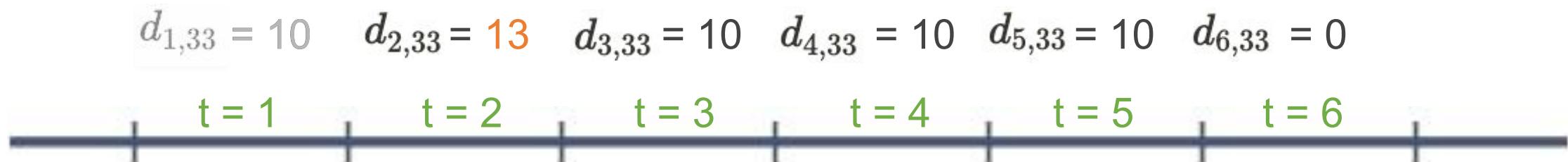
d_{ti} 第 t 期第 i 個商品的計畫訂貨量

啟發式演算法：範例商品33的進貨決策



d_{ti} 第 t 期第 i 個商品的計畫訂貨量

啟發式演算法：範例商品33的進貨決策



訂購10單位, $f =$ 空運, 滿足第5期需求

訂購13單位, $f =$ 快遞, 滿足第2期需求
訂購10單位, $f =$ 空運, 滿足第3期需求
訂購10單位, $f =$ 海運, 滿足第4期需求

訂貨期數	商品編號	訂貨量	運輸方式
1	33	13	快遞
1	33	10	空運
1	33	10	海運
3	33	10	空運

d_{ti} : 第 t 期第 i 個商品的計畫訂貨量

輸出至 result.csv

啟發式演算法：成果



參數調整：把空運成本提高成10,000倍

調整參數前

訂貨期間	訂貨項目	訂貨數量	運送方式
1	6	1	海運
3	6	1	空運
3	6	1	海運



調整參數後

訂貨期間	訂貨項目	訂貨數量	運輸方式
1	6	1	海運
3	6	1	海運
4	6	1	快遞

我們的總成本（萬）	gurobi的總成本（萬）	相差
1401	1398	0.22%

參數調整：不能選擇海運運輸

調整參數前

訂貨期間	訂貨項目	訂貨數量	運輸方式
1	6	1	海運
3	6	1	空運
3	6	1	海運

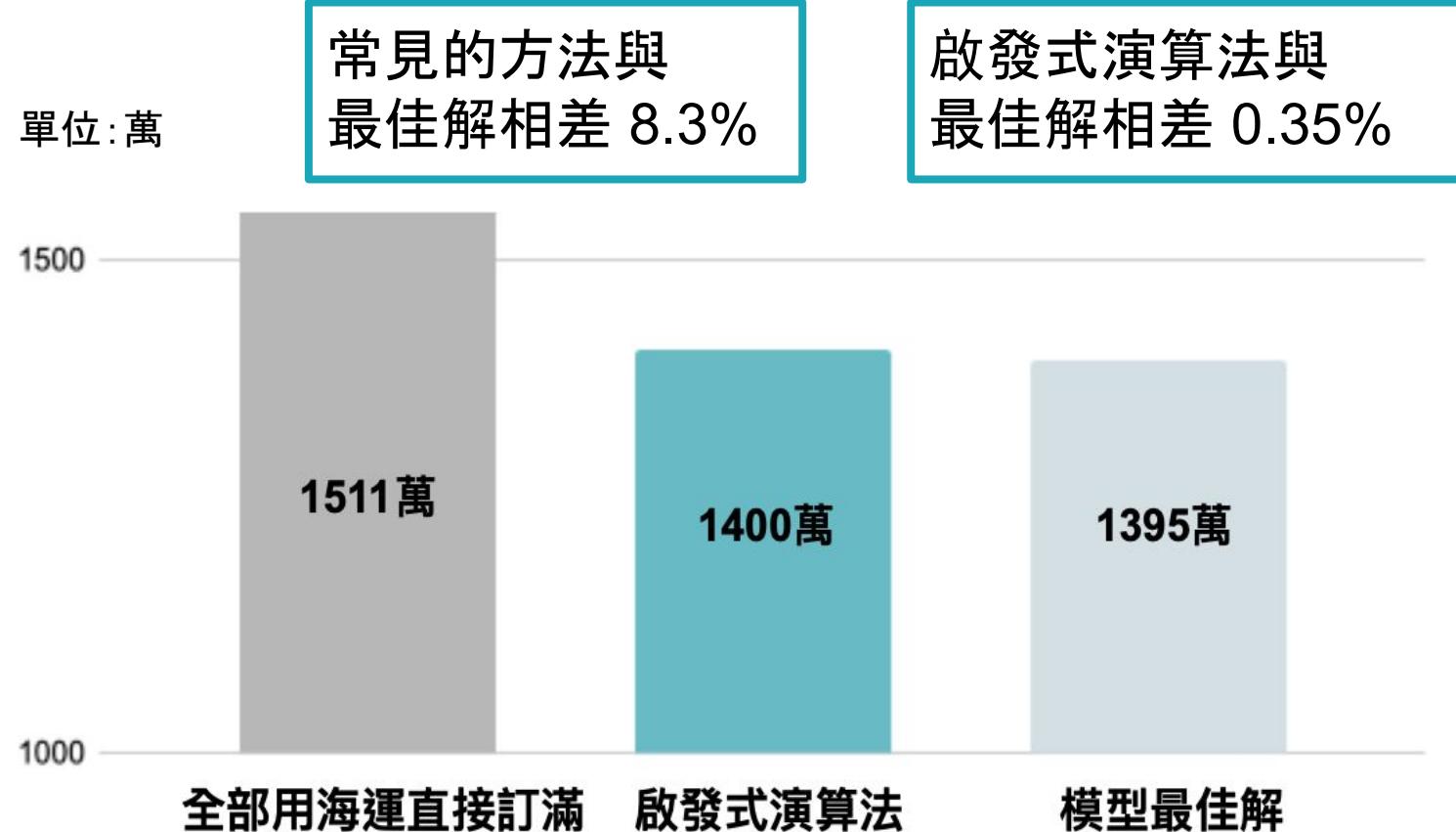


調整參數後

訂貨期間	訂貨項目	訂貨數量	運輸方式
3	6	1	快遞
4	6	1	快遞
5	6	1	快遞

我們的總成本（萬）	gurobi的總成本（萬）	相差
1405	1400	0.38%

結論：啟發式演算法接近最佳解



before:

1	6	1	海運
3	6	1	空運
3	6	1	海運

海運設為不可行:

訂購時▼ 訂購商▼ 訂購號▼ 運送方▼

3	6	1	快遞
4	6	1	快遞
5	6	1	快遞

結論

名詞表

運輸方式

到貨量

需求量

訂貨量

每期

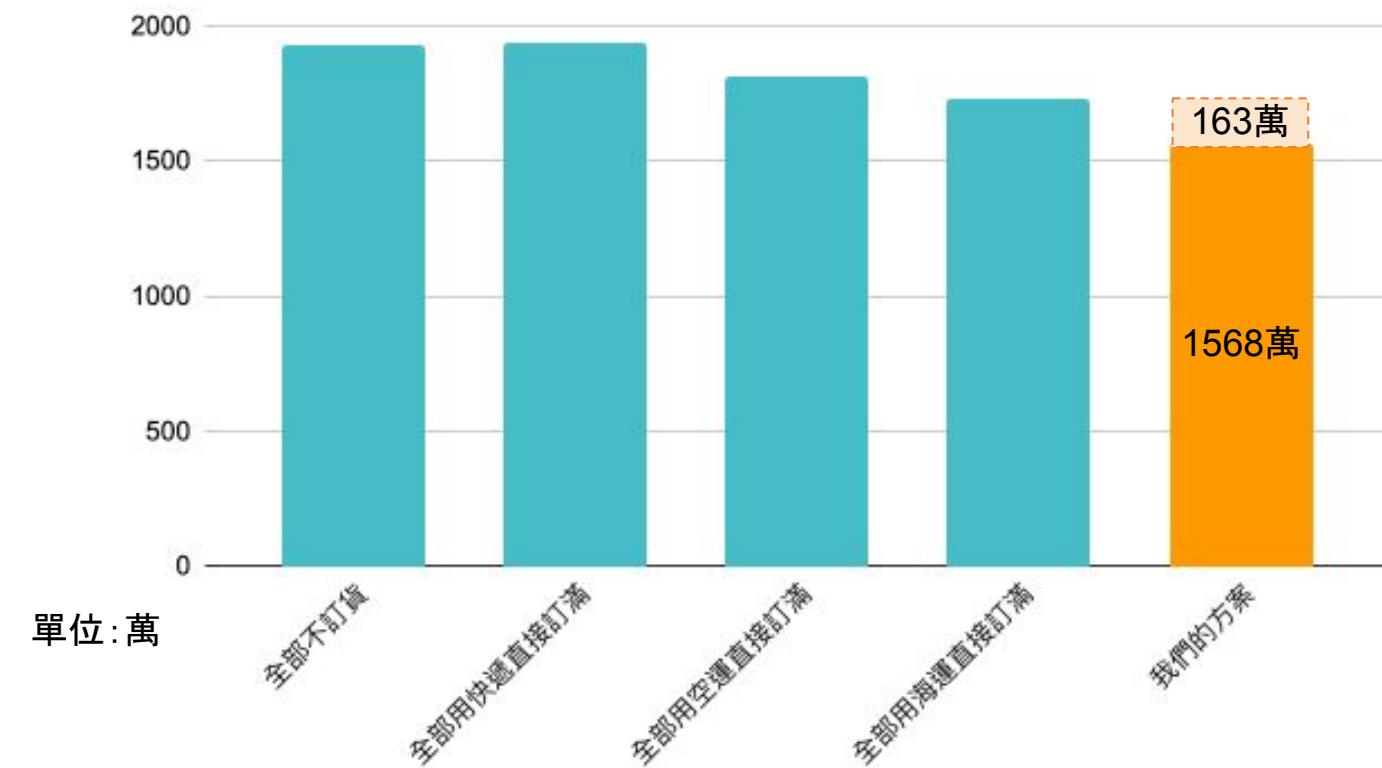
考量

期末存貨

期初存貨

模型成果

與其他baseline方法的總成本比較



比起naive的方法最少可節省9%成本

因此我們判斷此模型確實能夠比
幫助客林在存貨控制達到成本價低
的效果