

# 客林：訂貨決策輔助專案

---

資管專題：陳廷旭、莊啟宏、黃洳喜、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



化妝品、保養品  
與香氛產品進口

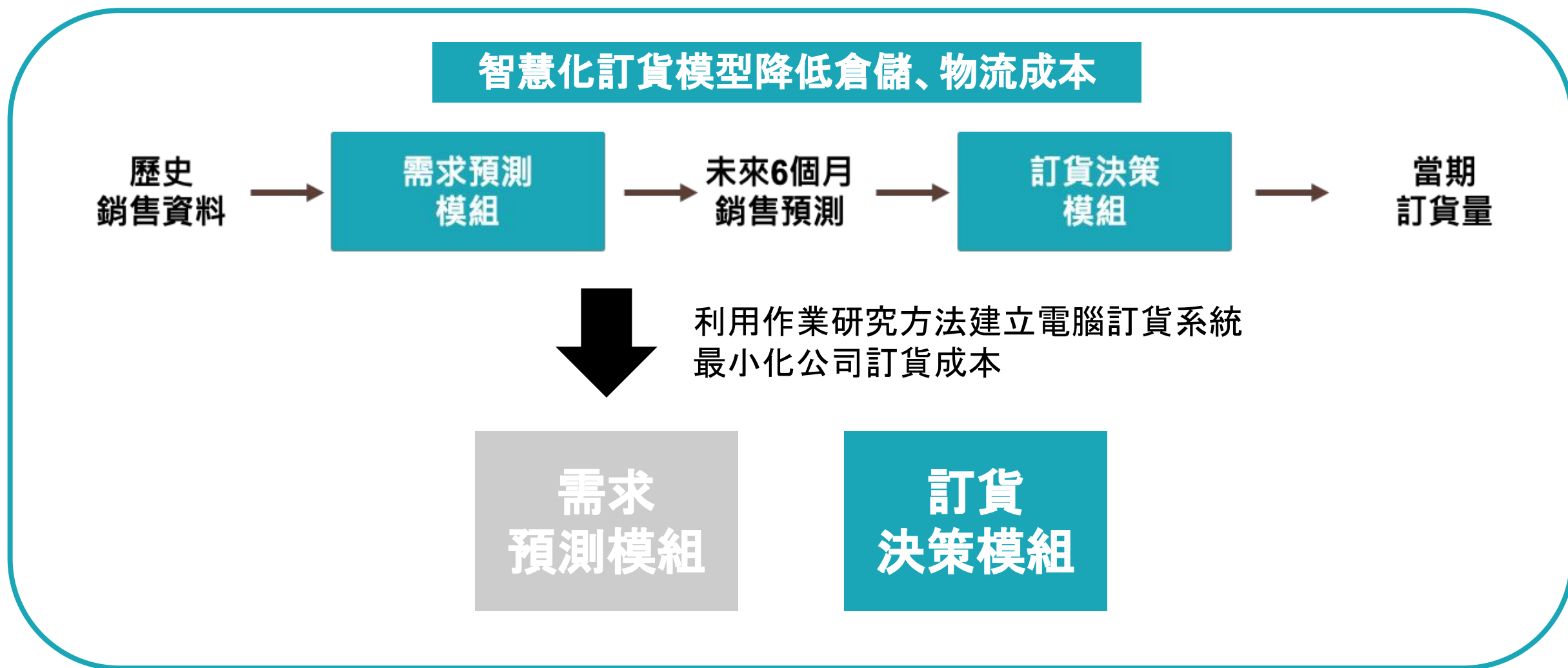
## 訂貨規劃對於公司總成本影響力大

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

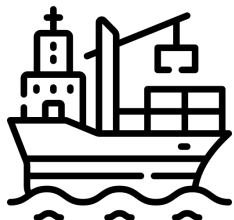
美妝美髮產品**受季節性因子(週年慶、年度促銷活動)影響大**，**銷售量變動劇烈**，而人工訂貨通常以經驗做決策，但卻容易因估計失誤而造成缺貨或存貨過多，進而產生多餘成本，影響公司營運效益。

# 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 成本 = 訂貨成本 + 存貨成本 + 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

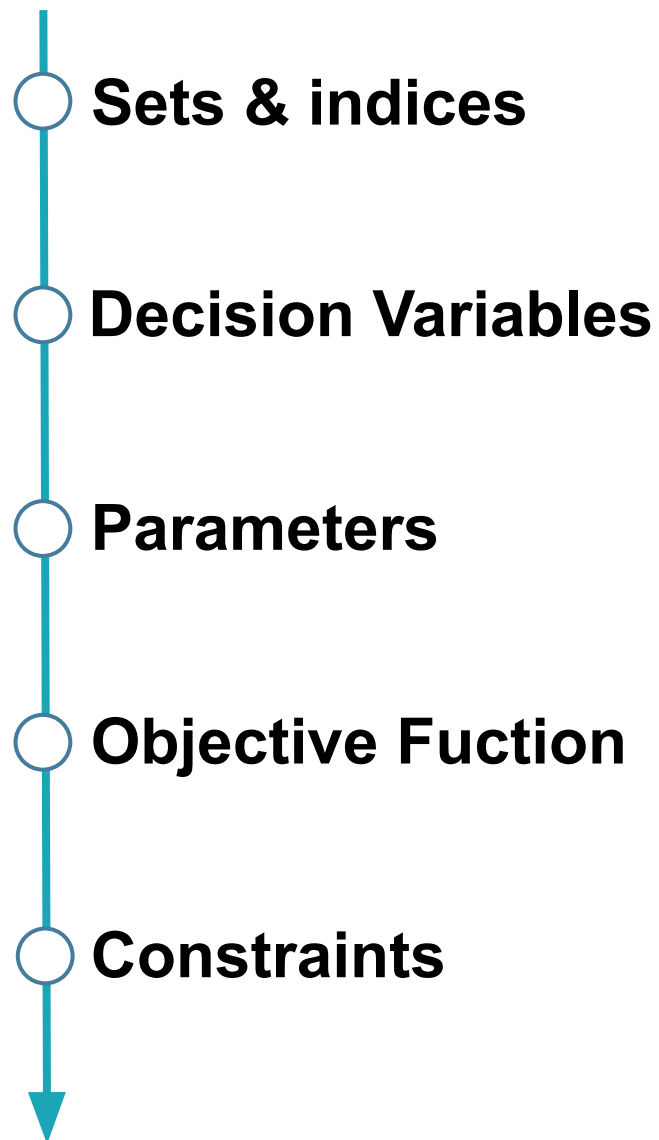
- 期初存貨: 調整後的上期期末存貨
- 到貨量: 訂貨計畫中下訂, 於本期可用之商品數
- 在途存貨: 非計畫中下訂, 於本期可用之商品數
- 需求量: 本期的商品需求

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: <i>package</i> )
$y_{ti}$	第 $t$ 期商品 $i$ 的「正」期末存貨 ( 單位: <i>package</i> )
$z_{ti}$	第 $t$ 期商品 $i$ 的「負」期末存貨 ( 單位: <i>package</i> )
$w_{tf}$	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 $w_{tf} = 0$

$\underbrace{y_{ti} - z_{ti}}$  當期末存貨 = 10:  $y_{ti} = 10, z_{ti} = 0$   
第 $t$ 期期末存貨 當期末存貨 = -10:  $y_{ti} = 0, z_{ti} = 10$

# 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 $R_{if} = 0$
$\beta_i$	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

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

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

存貨成本 = 存貨成本 x 期末正存貨數量

backorder 成本 = backorder 比例 x backorder 成本 x 期末負存貨數量

lost sales 成本 = (1 - backorder 比例) x lost sales 成本 x 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

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

$\forall t \in T, \forall i \in I$

# 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



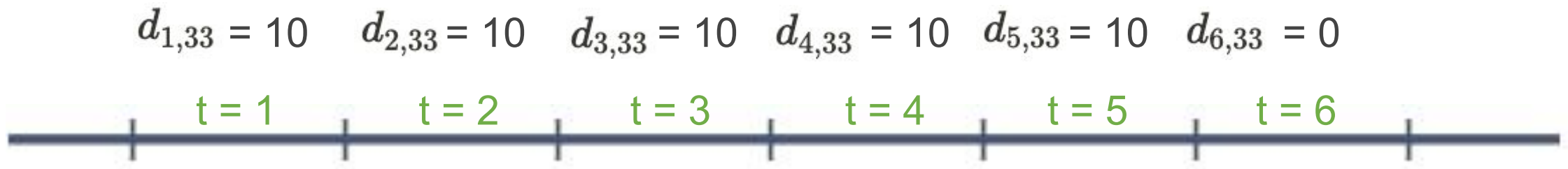
訂購時間	訂購商品	訂購數量	運送方式
1	17	3	快遞
1	17	5	空運
1	17	5	海運
1	33	13	快遞
2	17	5	空運
3	17	5	空運
3	17	5	海運
4	17	5	空運

# 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**

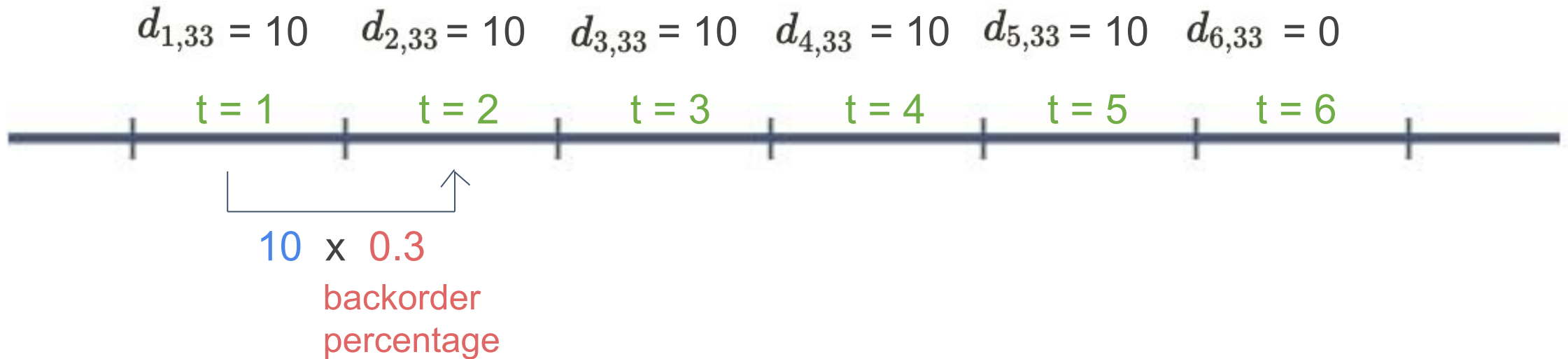
1. 計算每期當下缺少的商品 package 數
2. 每期選擇成本最低之運輸方式(考量各商品是否有該運輸方式)
3. 從最後一期回推，決定是否提前訂貨(考量存貨成本)
4. 計算訂貨量(考量各商品是否有該運輸方式)

# 啟發式演算法：範例商品33的進貨決策



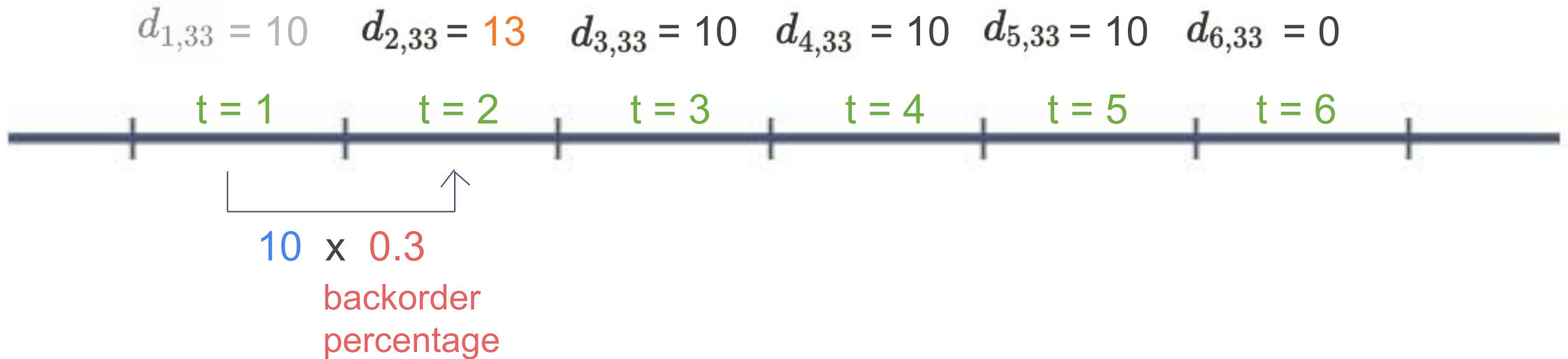
$d_{ti}$  第  $t$  期第  $i$  個商品的預期訂貨量

# 啟發式演算法：範例商品33的進貨決策



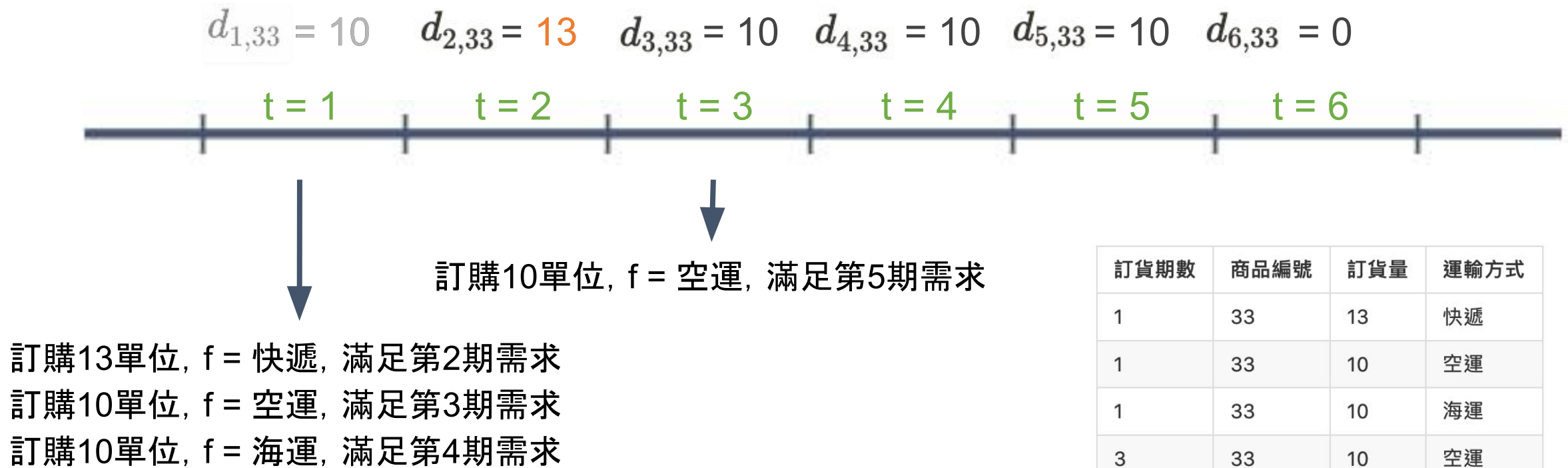
$d_{ti}$  第  $t$  期第  $i$  個商品的計畫訂貨量

# 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

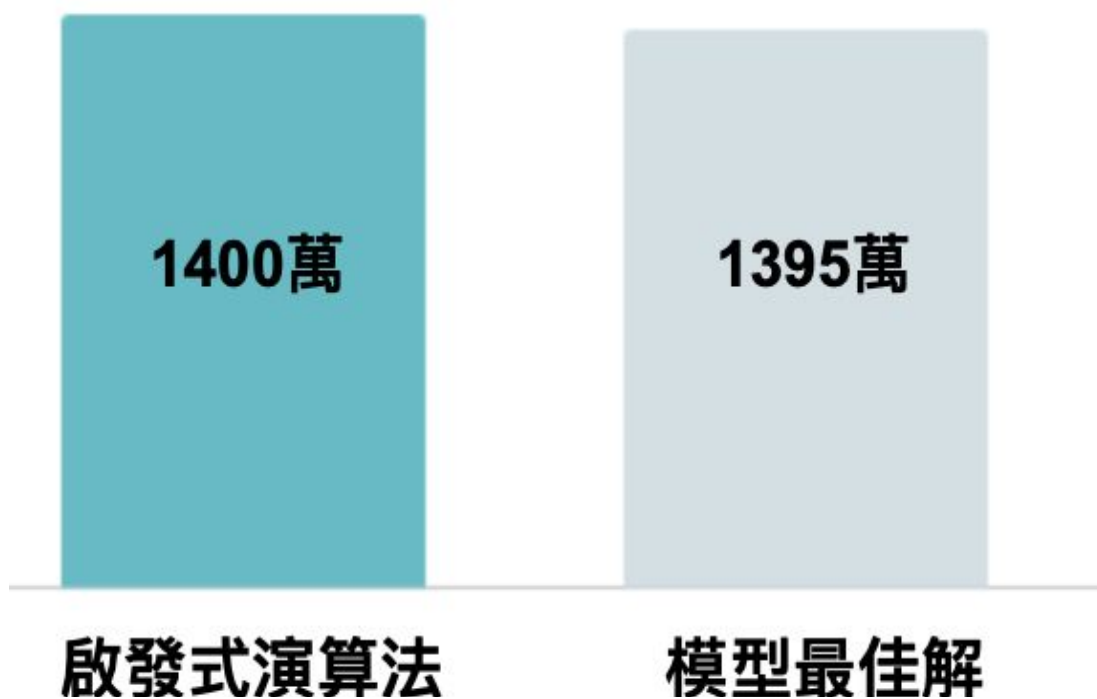
# 啟發式演算法：範例商品33的進貨決策



$d_{ti}$ : 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



相差0.35%

# 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

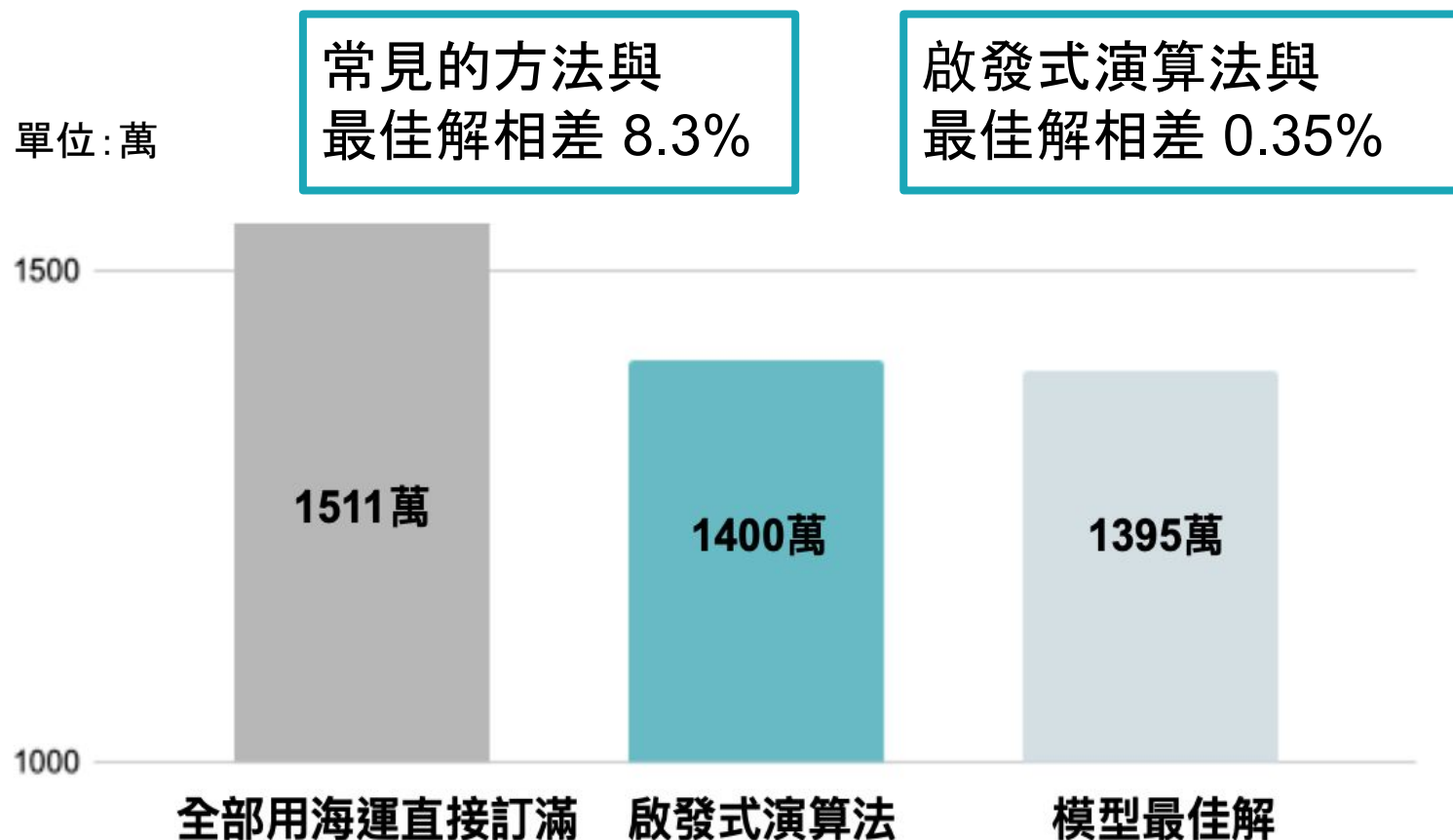


調整參數後

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▼	訂購數▼	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

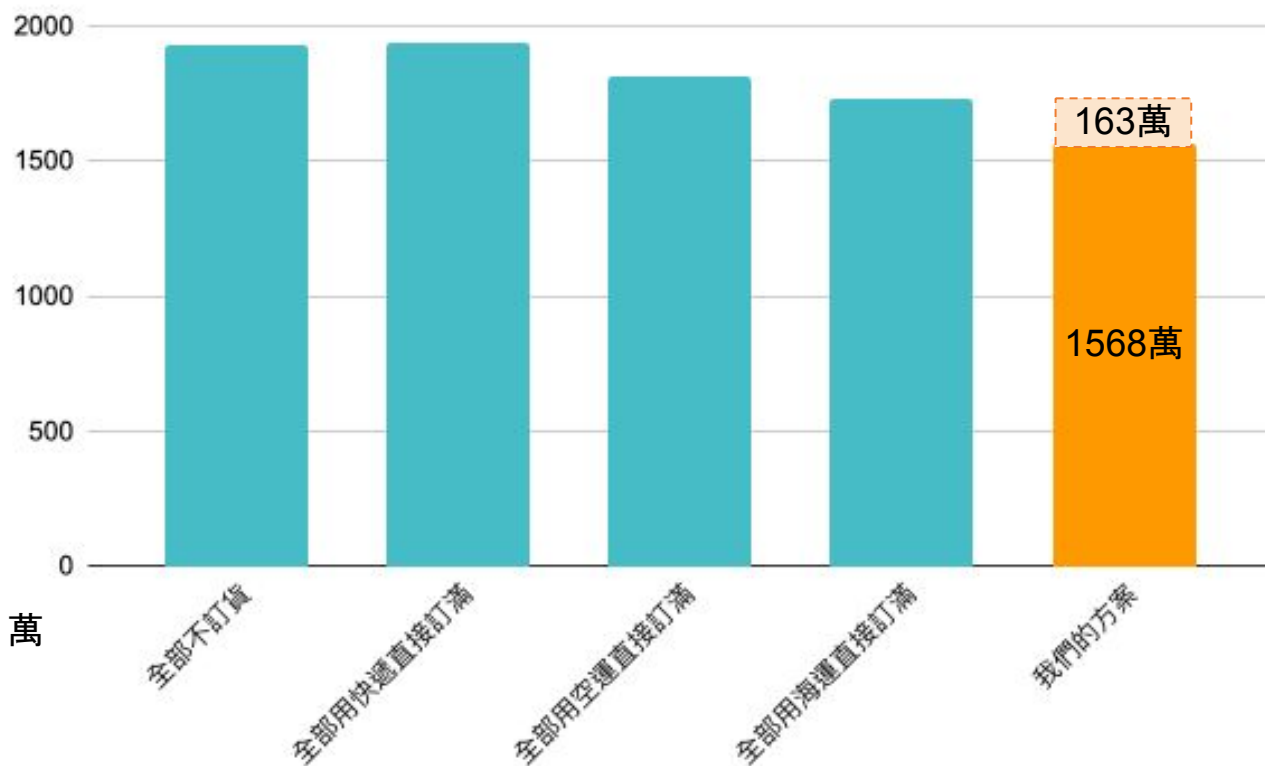
考量

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