客林:訂貨決策輔助專案

資管專題:陳廷旭、莊啟宏、黃迦喜、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，相較於其他如人事成本、店租成本等，因 **商品成本之於其他成本之變動性大，且數量可觀，故訂貨規劃可大幅影響總成本**，需求性強。

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**，以人工做訂貨決策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。

智慧化訂貨模型降低倉儲、物流成本

歷史銷售資料 → 需求預測模組 → 未來6個月銷售預測 → 訂貨決策模組 → 當期訂貨量

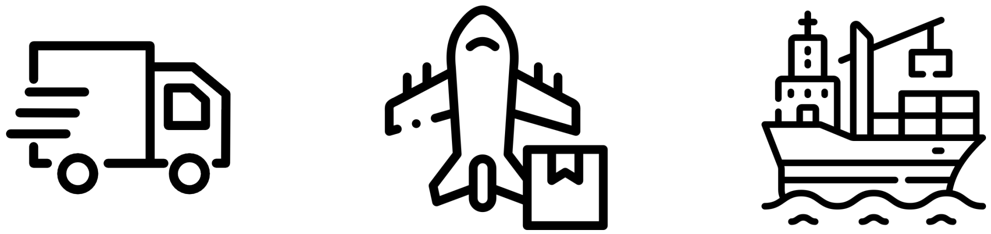
自動化系統建立
最小化公司訂貨成本

需求預測模組

訂貨決策模組

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

- 單位進貨成本
- 單位商品運費
- 運費固定成本

- Backorder
- Lost Sales

訂貨規則 Constraints

期末存貨 = 期初存貨 + 在途存貨 + 到貨數 - 需求量

- **期初存貨**：上期剩下存貨加上回流的需求量
- **在途存貨**：訂貨計畫前之訂單此期送達的存貨
- **到貨數**：訂貨計畫中下訂於此期抵達之存貨
- **需求量**：由需求預測模型預測之此期購買量

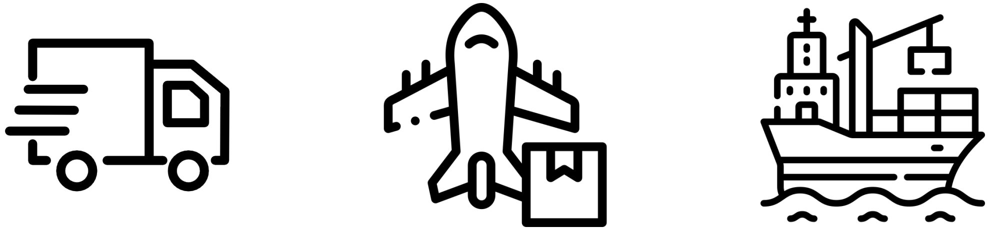
各商品只能透過允許的運輸方式訂貨

各商品最大訂購量不超過該商品的需求與存貨差額

訂貨數量需以Package為單位訂貨

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

訂貨成本：
- 單位進貨成本
- 單位商品運費
- 運費固定成本

缺貨成本：
- Backorder
- Lost Sales

訂貨規則 Constraints

期末存貨 = 期初存貨 + 在途存貨 + 到貨數 - 需求量

- **期初存貨**：上期剩下存貨加上回流的需求量
- **在途存貨**：訂貨計畫前之訂單此期送達的存貨
- **到貨數**：訂貨計畫中下訂於此期抵達之存貨
- **需求量**：由需求預測模型預測之此期購買量

各商品只能透過允許的運輸方式訂貨

各商品最大訂購量不超過該商品的需求與存貨差額

訂貨數量需以Package為單位訂貨

數學模型：架構

- Sets & indices
- Decision Variables
- Parameters
- Objective Fuction
- Constraints

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 $t = 1, \ldots, 6$
I 所有商品的集合	$i \in I$ 代表編號為 i 商品 $i = 1, \ldots, 96$
F 所有運輸方式的集合	$f \in F$ 代表lead time為 f 期的運輸方式 $f = 1$為快遞；$f = 2$為空運；$f = 3$為海運

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訂購的$package$數量
y_{ti}	第t期商品i的期末存貨（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$w_{tf} = 0$
v_{ti}	若第t期商品i的期末存貨的正負為正，則$v_{ti} = 1$；若期末存貨為負，則$v_{ti} = 0$

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:$package$);$\forall t = 1, 2$
I_{0i}	商品i在第0期的期末存貨(單位:$package$)
D_{ti}	商品i在第t期的需求(單位:$package$)
M_i	商品i每$package$的進貨價格
C_i^o	商品i每$package$的存貨成本
C_i^b	商品i每$package$的$backorder$缺貨成本
C_i^l	商品i每$package$的$lost\ \ sales$缺貨成本
G_{if}	商品i每$package$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
R_{if}	商品i是否存在運輸方式f的二元參數。若有,則$R_{if} = 1$;若無,則$R_{if} = 0$
β_i	商品i的$backorder$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

$$\min \underbrace{\sum_{t\in T}\sum_{i\in I}\sum_{f\in F}(M_i + G_{if})x_{tif} + \sum_{t\in T}\sum_{f\in F} K_f w_{tf}}_{\text{訂貨成本}}$$

$$+ \sum_{t\in T}\sum_{i\in I} \underbrace{v_{ti}(C_i^o y_{ti})}_{\text{存貨成本}} + \underbrace{(1-v_{ti})(-\beta_i C_i^b y_{ti} - (1-\beta_i) C_i^l y_{ti})}_{\text{缺貨成本}}$$

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 + 可能要支付固定成本	
若期末存貨為正(v=1)	存貨成本 = 存貨成本 x 期末存貨數量
若期末存貨為負(v=0)	backorder成本 = 缺貨比例 x 缺貨成本 x 期末存貨數量
	lost sales成本 = (1-缺貨比例) x 退訂成本 x 期末存貨數量

數學模型：Constraints

- 第一期期末存貨平衡式

$$y_{1,i} = I_{0i} + Q_{1,i} - D_{1,i} \qquad \forall i \in I$$

- 第二期期末存貨平衡式

$$y_{2,i} = \underbrace{v_{1,i} y_{1,i} + (1 - v_{1,i})(\beta_i y_{1,i})}_{\text{第二期期初存貨}} + Q_{2,i} + x_{1,i,1} - D_{2,i} \qquad \forall i \in I$$

數學模型：Constraints

- 第三期期末存貨平衡式

$$y_{3,i} = \underbrace{v_{2,i}y_{2,i} + (1 - v_{2,i})(\beta_i y_{2,i})}_{\text{第三期期初存貨}} + x_{2,i,1} + x_{1,i,2} - D_{3,i} \qquad \forall i \in I$$

- 其它期數（第四、五、六期）期末存貨平衡式

$$y_{ti} = \underbrace{v_{t-1,i}y_{t-1,i} + (1 - v_{t-1,i})(\beta_i y_{t-1,i})}_{\text{第}t\text{期期初存貨}} + x_{t-1,i,1} + x_{t-2,i,2} + x_{t-3,i,3} - D_{ti}$$

$$\forall t = 4, 5, 6,\ \forall i \in I$$

數學模型：Constraints

- 每個商品的總訂購量不超過該商品需求與存貨的差額

$$\sum_{t\in T}\sum_{f\in F} x_{tif} \leq \underbrace{max\{\sum_{t\in T} D_{ti} - I_{0i} - \sum_{t=1}^{2} Q_{ti} + 1,\ 0\}}_{\text{商品}i\text{總訂購量的最大上限}} \qquad \forall i \in I$$

- 每個商品只能透過允許的運輸方式訂貨

$$\sum_{t\in T} x_{tif} \leq R_{if} \cdot \underbrace{max\{\sum_{t\in T} D_{ti} - I_{0i} - \sum_{t=1}^{2} Q_{ti} + 1, 0\}}_{\text{商品}i\text{總訂購量的最大上限}} \qquad \forall i \in I,\ \forall f \in F$$

數學模型：Constraints

- 二元變數w：每期運費固定成本支付與否

$$\sum_{i \in I} x_{tif} \leq w_{tf} \cdot \underbrace{\sum_{i \in I} \underbrace{(max\{\sum_{t' \in T} D_{t'i} - I_{0i} - \sum_{t'=1}^{2} Q_{t'i} + 1, 0\})}_{\text{商品}i\text{總訂購量的最大上限}}}_{\text{全部商品總訂購量最大上限}} \quad \forall t \in T, \forall f \in F$$

- 二元變數v：各商品期末存貨的正負情形（缺貨與否）

$$y_{ti}(v_{ti} - 0.5) \geq 0 \qquad \forall t \in T, \forall i \in I$$

數學模型：Constraints

- 變數x是非負整數

$$x_{tif} \in \mathbb{N} \cup \{0\} \qquad \forall t \in T, \forall i \in I, \forall f \in F$$

- 變數w與變數v皆是二元變數

$$w_{tf} \in \{0,1\} \qquad \forall t \in T, \forall f \in F$$
$$v_{ti} \in \{0,1\} \qquad \forall t \in T, \forall i \in I$$

電腦模型：架構與結果

資料前處理	統一度量單位	Pandas
目標式設定	setObjective()	Gurobi
限制式設定	addConstr()	Gurobi
最佳化求解	optimize()	Gurobi
資料後處理	to_excel()	

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

電腦模型：調整參數測試

把存貨成本變成0

訂購時間	訂購商品	訂購數量	運送方式
1	82	8	快遞
1	82	5	空運
1	82	12	海運
2	82	13	空運
3	82	12	海運

訂購時間	訂購商品	訂購數量	運送方式
1	82	9	快遞
1	82	5	空運
1	82	36	海運

將海運變動成本調高

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
3	17	5	空運
3	17	5	海運

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
2	17	5	空運
3	17	5	空運
4	17	5	空運

電腦模型：調整參數測試

把空運成本提高成10,000倍

訂購時間	訂購商品	訂購數量	運送方式
1	33	13	快遞
1	33	10	空運
1	33	20	海運

訂購時間	訂購商品	訂購數量	運送方式
1	33	23	快遞
1	33	20	海運

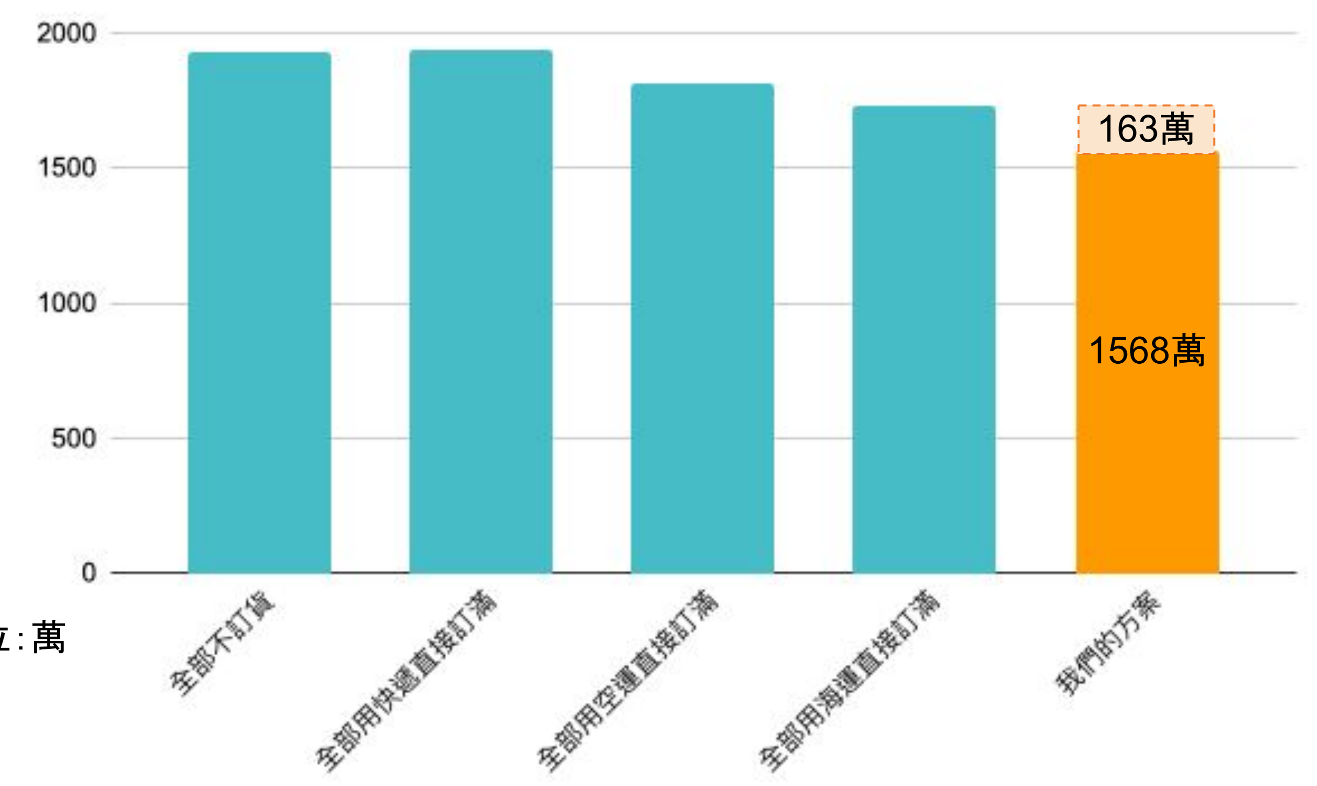
將快遞和空運設為不可行

訂購時間	訂購商品	訂購數量	運送方式
1	82	8	快遞
1	82	12	海運
2	82	5	快遞
3	82	12	海運
4	82	13	快遞

訂購時間	訂購商品	訂購數量	運送方式
1	82	22	海運
2	82	12	海運
3	82	13	海運

模型成果

與其他baseline方法的總成本比較



單位:萬

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