第一章　緒論

1.1 公司背景介紹：

A 交通有限公司成立於民國 85 年，初期運送南北貨物以及公司行號的報關貨物，近年為因應顧客需求，提供冷凍、冷藏、常溫、空調等全溫層的配送服務，而車種多為雙溫共配為主;提供的車型種類近年來也不斷增加，包含 3.5 T、6.5T、8T、11T、17T、26T、46T，再有車箱式、歐翼式、全拖式將近 200 輛的自有營運車輛，為客戶提供專車或共配服務;在台灣的南北一共設有 12 處的物流中心，其中以基隆市、新北市、桃園市、嘉義縣、台南市、 高雄市為其主要的重點經營據點；服務的客戶十分多元，包含連鎖食品業、手搖飲品廠商、超商、各式食品、醫藥產業、成衣服飾等，承攬各式行業類別；以純運送為主，沒有提供倉儲的服務，先行到顧客指定的倉儲載貨，再將貨物配送到各需求點。

1.2 與國外相似產業公司比較：

- 採訪公司優勢：
    1. 運輸服務單純-僅提供配送服務，沒有倉儲設施等服務，可以減少像是建置倉儲設施成本以及儲貨成本等。
    2. 多樣化車種-包含 3.5 T、6.5T、8T、11T、17T、26T、46T，再有車箱式、歐翼式、全拖式，多樣的車行可以貼合顧客不同的需求。
    3. 自有車輛近 200 輛-若有緊急需求發生，較能彈性化調度車輛，以面對突發狀況。
    4. 全溫層設備-不只可滿足一般常溫貨物配送，也可擴大客群，服務對配送過程溫度有要求的客戶。
    5. 安全監控-利用 GPS、超速警告等設備即時監控車輛，減少送貨過程發生意外的機率。
- 面臨挑戰：

    國外與所採訪公司一樣是提供運輸服務的大型公司，像是 MAERSK、APL、RYDER 等，與採訪公司不同的地方是，除了主要提供的運送服務，他們整合了其他供應鏈區塊的服務，像是倉儲管理、供應鏈上的整體物料配送服務，以支援客戶整體供應鏈，為客戶提供更完善的服務。相較於上述公司，採訪公司提供的服務較為單一，往後有可能會因為其所提供的服務較少，面臨客戶流失的問題，如何有效率統整其他供應鏈區塊增加服務內容，是 A 交通有限公司所面臨的挑戰。增加服務內容。

1.3 研究動機與目的：

經過採訪後，了解 A 交通有限公司所服務的客群十分多元，其中在對 B 連鎖速食業的服務上，在安排路線路順方面，一直以來是以人工安排來決定，除了耗費人力成本外，此種方法亦無法有效的最佳化路線，降低距離、時間成本；而 B 連鎖速食業除了有週期性三天一配的定期送貨需求外，亦有當店家明天有缺貨需求時，A 交通有限公司要能在隔天及時安排路線為該店家進行補貨，想探討如

何安排路線能使定期送貨路線，以及補貨路線達到最佳化。

第二章　現行狀況與面臨之問題

2.1 現行狀況：

A 交通有限公司在對 B 連鎖速食業配送服務方面，利用配有全溫層的專車進行送貨，以滿足食材保鮮需求；各店家的卸貨區大小不同，所以對於車種的安排也是需考量的問題；由於尖峰時段店家內的工作人員，無法與配送人員進行點貨、收貨作業，所以限定其進貨時間為離峰時段的早上 8 點到 11 點；而在路線安排方面，使用人工經驗法則的方式安排所有配貨店家，滿足所有店家定期配貨需求；而由於定期配貨量固定，店家無法準確預估三天內的總需求量，所以在下次定期配貨前，可能會有缺貨問題，而缺貨店家會向附近店家進行臨時調貨解決缺貨問題。

2.2 面臨問題：

1. 路線安排由人工經驗法則決定配送路線-耗費人力成本以及其路線並無法確保為最佳化結果。

   解決方案：

   建議建立模型，目標為最小化總距離成本。

2. 當因為無法準確預估三天的總需求量，而發生缺貨問題，原先 B 連鎖速食業利用向附近店家進行調貨來解決，但此方法會造成各店家都需配置一車輛以進行調貨，一方面建置成本高昂，另一方面店家多位於鬧區，可能並無多餘空間可以供車輛停放，再加上無法保證附近其他店家有多餘的存貨量可滿足其調貨需求，所以希望交由 A 交通有限公司為他們也提供補貨方面的服務。

   解決方案：

   建議用建立模型方式，將須補貨店家與當天的配貨店家重新進行路線規劃，目標為最小化總距離成本。

第三章　數學模組建立

3.1 環境限制：

(1) 派遣車型限制：

依照店家的卸貨區一共有三種大小，決定三種派遣車型。3.5T 車型(小車)的材積為 250；10.5T 車型(中車)的材積為 500；21T 車型(大車)的材積為 750。

(2) 容量限制：

每個路線的總需求量不能大於該車的車容量。

(3) 須滿足各店家定期配貨量：

由於三天一配，須在三天內滿足完所有 41 間店家的定期配貨量。每間店家三天必須配貨一次，且只由一台車進行配貨。

(4) 不定期補貨需求：

若店家通知有補貨需求，需在隔天到該店家進行補貨。

(5) 時間窗限制：

配貨時間限制在早上 8 點到 11 點，一共三個小時。

(6) 車型限制：

車型大小要小於其配送店家的卸貨區大小。卸貨區為 3.5T 大小的需求點，只得由小車送貨；卸貨區為 10.5T 大小的需求點，可由小車或中車送貨；卸貨區大小為 21T 的需求點，三種車都可以停放，因此可由任一種車型送貨。

(7) 基於員工公平對待限制：

3.5T 車型所配送的店家限制為 2；10.5T 車型所配送的店家限制為 3；21T 車型所配送的店家限制為 4。

(8) 車輛要先到 B 連鎖速食業的倉儲(DC)進行載貨：

從 A 交通有限公司停車區(O)出發，要先行開到 B 連鎖速食業的倉儲(DC)進行載貨，再運至各店家。

(9) 車輛要返回 A 交通有限公司停車區(O)：

完成當天配貨的所有店家後，直接返回 A 交通有限公司停車區(O)，不會經過 DC。

3.2 階段一──基本配貨路線安排

- 本問題包含如下的前提假設：

1. 在 DC 以及每個顧客點裝卸貨的時間為 10～15 分鐘的亂數；每個顧客點的需求量為 100～150 個商品單位的亂數。
2. 每日每種車型的發車數量相同。
3. 由於假設每日各車型的發車數量相同，再加上員工公平對待的限制下，將總車輛數假設為 5 台，其中小車、中車、大車的數量分別為 2 台、2 台、1 台，以車型 1、車型 2、車型 3 表示。但由於店家總數為 41，因此某天的 21T 車型只需配送 3 間店家。
4. 道路為均質道路，不考慮路面顛簸、維修封路與道路壅塞等問題。
5. 距離資料以及點與點之間的行駛時間資料皆是由 Google Map 計算。
6. 在本模型中，擁有三種不同大小的車型，由於此三種車型的派車成本幾乎相同，因此不再另外計入目標式的成本考慮。
7. 由於本模型是為了三天的周期而建置，每天發車數為 5 台，每台車三天內的路線皆不相同，總共有 15 條路線，為了方便限制式的建置，因此將總數為 5 台的車輛數擴張成 15 台，將相同的車輛在不同天所行駛的路線，當作是另一台相同車型的車輛行駛，所以車型一以及車型二各有 6 台車輛，車型三有 3 台車輛。

- 決策變數：

1. $x_{ij}^{pv}\begin{cases}1\text{：第 p 天時，車輛 v 在經過需求點 i 後，即抵達需求點 j}\\ 0\text{：其他}\end{cases}$
2. ti_i^{pv} ： 第 p 天時，車輛 v 抵達並開始服務需求點 i 的時間

- 參數：

1. d_{ij}：車輛由需求點 i 至需求點 j 的距離
2. de_i：需求點 i 的需求數量
3. t_{ij}：車輛由需求點 i 至需求點 j 所需要的時間
4. s_i：在需求點 i 的服務時間
5. y_{ca_v}：第 v 輛車的車容量
6. M_{ij}^p：為一大數，其值為 Max$\{180+s_i+t_{ij}-0{,}0\}$

- 符號說明：

1. N：經過之點的集合，其中 0 代表 O，1 代表 DC，2～42 表 41 個需求點
2. A：所有路線的集合
3. i：顧客 i=0,1,……,43(其中 0 表 O，1 表 DC)
4. j：顧客 j=0,1,……,43(其中 0 表 O，1 表 DC)
5. P：天數的集合
6. p：天數編號，0 代表週期中的第一天，1 代表第二天，2 代表第三天
7. V：車輛的集合
8. v：車輛編號，其中 0～5 表小車，6～11 表中車，12～14 表大車

- 目標式可表示如下：

$$(0)\qquad \text{Min.}\quad \sum_{p\in P}\sum_{v\in V}\sum_{i\in N}\sum_{j\in N} x_{ij}^{pv} d_{ij}$$

目標式(0)表示總配貨距離最小化。

- 根據問題定義的限制，可將限制式分為以下幾部分介紹：

A. 路網結構限制

$$(1)\qquad \sum_{p\in P}\sum_{v\in V} x_{ij}^{pv} \le 1 \qquad \forall\ i\in N\backslash\{0,1\}, j\in N$$

$$(2)\qquad \sum_{k\in N} x_{ki}^{pv} = \sum_{j\in N} x_{ij}^{pv} \qquad \forall\ p\in P, v\in V, i\in N$$

$$(3)\qquad \sum_{p\in P}\sum_{v\in V}\sum_{j\in N} x_{ij}^{pv} = 1 \qquad \forall\ i\in N\backslash\{0,1\}$$

$$(4)\qquad \sum_{p\in P}\sum_{v\in V}\sum_{j=2}^{42} x_{0j}^{pv} = 0$$

$$(5)\qquad \sum_{p\in P}\sum_{v\in V} x_{10}^{pv} = 0$$

限制式(1)表示每個(i, j)路段只會發生經過或不經過的情況，若為有經過的情形，也只能由一台 v 經過。

限制式(2)表示全部共 43 個點，若有車輛流入 i 點，則必也有車輛從 i 點流出，且流入的數量與流出的總數相同。

限制式(3)表示每個需求點(i=2～42)都必須經過一次，且只由一台 v 經過。

限制式(4)與限制式(5)分別表示車輛由 O(i=0)派出，只能抵達需求點(j=2～42)；另外，車輛也不得從 DC(i=1)派出至 O(j=0)。

B. 總車輛數限制

$$(6-1) \qquad \sum_{v=0}^{5} x_{01}^{pv} = 2 \qquad \forall\ p \in P$$

$$(6-2) \qquad \sum_{v=6}^{11} x_{01}^{pv} = 2 \qquad \forall\ p \in P$$

$$(6-3) \qquad \sum_{v=12}^{14} x_{01}^{pv} = 1 \qquad \forall\ p \in P$$

$$(7-1) \qquad \sum_{v=0}^{5} \sum_{j \in N} x_{1j}^{pv} = 2 \qquad \forall\ p \in P, j \in N \backslash \{0,1\}$$

$$(7-2) \qquad \sum_{v=6}^{11} \sum_{j \in N} x_{1j}^{pv} = 2 \qquad \forall\ p \in P, j \in N \backslash \{0,1\}$$

$$(7-3) \qquad \sum_{v=12}^{14} \sum_{j \in N} x_{1j}^{pv} = 1 \qquad \forall\ p \in P, j \in N \backslash \{0,1\}$$

$$(8-1) \qquad \sum_{v=0}^{5} \sum_{i \in N} x_{i0}^{pv} = 2 \qquad \forall\ p \in P, i \in N \backslash \{0,1\}$$

$$(8-2) \qquad \sum_{v=6}^{11} \sum_{i \in N} x_{i0}^{pv} = 2 \qquad \forall\ p \in P, i \in N \backslash \{0,1\}$$

$$(8-3) \qquad \sum_{v=12}^{14} \sum_{i \in N} x_{i0}^{pv} = 1 \qquad \forall\ p \in P, i \in N \backslash \{0,1\}$$

限制式(6)、限制式(7)、限制式(8)分別表示每天都要有 2 台小車、2 台中車以及 1 台大車，必須<u>從 O(i=0)發出至 DC(j=1)➔(6)</u>，另外也必須<u>從</u>

DC(i=1)出發至需求點(j=2～42)➔(7)，最後必須從某一需求點(i=2～42)回到 O(i=0)➔(8)，不能有車輛沒有被指派或沒有回到 O。

C. 車容量限制

$$(9) \quad \sum_{i\in N} de_i \quad \le \quad \sum_{v\in V} y_{ca_v}$$

$$(10) \quad \sum_{p\in P}\sum_{i\in N}\sum_{j\in N} x_{ij}^{pv} de_i \quad \le \quad y_{ca_v} \qquad \forall\ v\in V$$

限制式(9)表每個需求點 i 的需求量總和不得大於所有車輛的車容量總和。

限制式(10)則表示在第 p 天，對於每一輛 v 來說，其行駛路線上需求點 i 的需求量總和，不得超過其車容量限制。

D. 車型限制

$$(11) \quad \sum_{p\in P}\sum_{v=6}^{14}\sum_{j\in N} x_{ij}^{pv} \quad = \quad 0 \qquad \forall\ i\in\{13,32,35,37,38,40\}$$

$$(12) \quad \sum_{p\in P}\sum_{v=12}^{14}\sum_{j\in N} x_{ij}^{pv} \quad = \quad 0 \qquad \forall\ i \in\{3,6,9,19,21,23,26,27,33,34\}$$

限制式(11)表示，根據公司資料顯示，某些特定 i 點的卸貨區大小為 3.5T，只能容納最小型車停放，因此中型車與大型車不得經過此些需求點 i，因此其x_{ij}^{pv}的總和必須為 0。

而限制式(12)則表示某些特定 i 點的卸貨區大小為 10.5T，可容納中小型車停放，但不得停放大型車，因此大型車在此些 i 點的x_{ij}^{pv}總和必須為 0。

E. 時間窗限制

$$(13) \quad 0 \quad \le \quad ti_i^{pv} \quad \le \quad 180 \qquad \forall\ p,v,i$$

$$(14) ti_i^{pv} + s_i + t_{ij} - ti_j^{pv} \le M_{ij}^p\left(1 - x_{ij}^{pv}\right) \qquad \forall\ p,v,(i,j)\in A$$

限制式(13)表示每一天對於每台 v 而言，開始服務需求點 i 的時間不可以超出三小時(=180 分鐘)。

限制式(14)表示每天，對每一台 v 以及經過的所有路線而言，都必須符合時間窗限制。

F. 公平性限制

$$(15-1) \quad \sum_{p\in P}\sum_{i\in N}\sum_{j\in N} x_{ij}^{pv} \quad = \quad 4 \quad \forall\ v\in\{0,1,2,3,4,5\}$$

$$(15-2) \quad \sum_{p\in P}\sum_{i\in N}\sum_{j\in N} x_{ij}^{pv} \quad = \quad 5 \quad \forall\ v\in\{6,7,8,9,10,11\}$$

$$(15-3) \qquad \sum_{p\in P}\sum_{i\in N}\sum_{j\in N} x_{ij}^{pv} \quad = \quad 6 \quad \forall \ v \in \{12,13\}$$

$$(15-4) \qquad \sum_{p\in P}\sum_{i\in N}\sum_{j\in N} x_{ij}^{pv} \quad = \quad 5 \qquad \forall \ v \in \{14\}$$

限制式(15)是為了每條路線的公平性所建立，每條小車的路線只能經過 2 個需求點，再加上經過 O 以及 DC 的路段，因此總路段數必須等於 4→(15-1)；而每條中車路線只能經過 3 個需求點，總路段數必須等於 5→(15-2)；每條大車路線只能經過 4 個需求點，總路段數必須等於 6→(15-3)。

但是因為本問題中只有 41 個需求點，而在此種限制下，每天會經過 14 個點，則在某一天會缺少 1 個可以經過的點，因此，我們將一台大車某天的路線所需經過的點減少為 3 個，總路段數必須等於 5→(15-4)。

G. 變數限制

$$(16) \qquad x_{ij}^{pv} \quad \in \quad \{0,1\} \qquad \forall \ i,j \in N, v = 1,\ldots,V$$

限制式(16)表示對各路線(i,j)以及所有車輛 v 而言，x_{ij}^{pv}為一個二元變數。

- 程式執行結果：

將參數資料輸入數學模型所得到的結果為：Total Path: 794

- 車型 1 路線：

第一天 0→1→23→37→0、0→1→5→40→0

第二天 0→1→15→35→0、0→1→13→2→0

第三天 0→1→38→42→0、0→1→32→3→0

- 車型 2 路線：

第一天 0→1→17→31→34→0、0→1→19→26→24→0

第二天 0→1→21→20→9→0、0→1→14→10→18→0

第三天 0→1→33→41→36→0、0→1→22→25→6→0

- 車型 3 路線：

第一天 0→1→4→12→30→16→0

第二天 0→1→7→27→28→8→0

第三天 0→1→29→39→11→0

```
Day1:
車型 1 :
0->1
1->23
23->37
37->0
0->1
1->5
5->40
40->0
車型 2 :
0->1
1->17
17->31
31->34
34->0
0->1
1->19
19->26
24->0
26->24
車型 3 :
0->1
1->4
4->12
12->30
16->0
30->16
```

```
Day2:
車型 1 :
0->1
1->15
15->35
35->0
0->1
1->13
2->0
13->2
車型 2 :
0->1
1->21
9->0
20->9
21->20
0->1
1->14
10->18
14->10
18->0
車型 3
0->1
1->7
7->27
8->0
27->28
28->8
```

```
Day3:
車型 1 :
0->1
1->38
38->42
42->0
0->1
1->32
3->0
32->3
車型 2
0->1
1->33
33->41
36->0
41->36
0->1
1->22
6->0
22->25
25->6
車型 3 :
0->1
1->29
11->0
29->39
39->11
```

3.3 階段二──配貨點與補貨點路線安排

- 本階段問題的前提假設大致上與階段一相同，但有額外新增幾點限制：

(1) 每個需求點都有固定的配貨日，由於在配完貨的當天以及隔天發生缺貨的機率較小，因此予以忽略，假設缺貨的情形只會發生在配完貨的兩天之後，也就是在固定配貨日的前一天。

(2) 發生缺貨情形的需求點，其缺貨數量不超過 20 單位，而缺貨量為 0～20 的亂數。

(3) 缺貨店家數量不列入公平性考量

本階段模型目標設定為在滿足配貨和補貨需求的同時最小化成本，以距離作為成本計算的依據，也就是最小化總配送距離。

使用的決策變數有：

(1) $x_{ij}^{v}\begin{cases}1\text{：車輛 v 在經過需求點 i 後，即抵達需求點 j} \\ 0\text{：其他}\end{cases} \quad \forall v \in V^p$

(2) ti_i^v ：車輛 v 抵達並開始服務需求點 i 的時間， $\forall v \in V^p$

- 參數：

(1) d_{ij}：車輛由需求點 i 至需求點 j 的距離

(2) de_i：需求點 i 的需求數量

(3) e_i^p：需求點 i 在第 p 天的缺貨數量

(4) t_{ij}：車輛由需求點 i 至需求點 j 所需要的時間

(5) s_i：在需求點 i 的服務時間

(6) y_{ca_v}：第 v 輛車的車容量

(7) M_{ij}：為一大數，其值為 $\text{Max}\{180 + s_i + t_{ij} - 0{,}0\}$

- 符號說明：

(1) P：天數的集合

(2) p：天數編號，0 代表週期中的第一天，1 代表第二天，2 代表第三天，

3 代表週期中第一天

(3) S^p：第 p 天的固定配貨點之集合，其中 0 代表 O，1 代表 DC，2～42 表 41 個需求點，$\forall p \in P$

(4) N^p：第 p 天的固定配貨點以及補貨點之集合，為S^p和S^{p+1}之總和，其中 0 代表 O，1 代表 DC，2～42 表 41 個需求點，$\forall p \in P$

(5) A：所有路線的集合

(6) i：顧客 i=0,1,……,42(其中 0 表 O，1 表 DC)，

(7) j：顧客 j=0,1,……,42(其中 0 表 O，1 表 DC)

(8) V^p：第 p 天使用的車型之集合，$\forall p \in P$

(9) v：車輛編號，其中 0～5 表小車，6～11 表中車，12～14 表大車

- 於第 p 天同時進行配送和補貨時，目標式可表示如下：

(0) $$\text{Min.} \quad \sum_{v \in V^p} \sum_{i \in N^p} \sum_{j \in N^p} x_{ij}^v d_{ij}$$

目標式(0)表示總配貨距離最小化。

- 根據問題定義的限制，可將限制式分為以下幾部分介紹：

A. 路網結構限制

(1) $$\sum_{v \in V^p} x_{ij}^v \le 1 \quad \forall\ i \in N^p \backslash \{0,1\}, j \in N^p$$

(2) $$\sum_{k \in N^p} x_{ki}^v = \sum_{j \in N^p} x_{ij}^v \quad \forall\ v \in V^p, i \in N^p$$

(3) $$\sum_{v \in V^p} \sum_{j \in N^p} x_{ij}^v = 1 \quad \forall\ i \in N^p \backslash \{0,1\}$$

(4) $$\sum_{v \in V^p} \sum_{j=2}^{|N^p|} x_{0j}^v = 0$$

(5) $$\sum_{v \in V^p} x_{10}^v = 0$$

限制式(1)表示第 p 天的(i, j)路段只會發生經過或不經過的情況，若為有經過的情形，也只能由一台 v 經過。

限制式(2)表示第 p 天會經過的需求點 i，若有車輛流入 i 點，則必也有車輛從 i 點流出，且流入的數量與流出的總數相同。

限制式(3)表示第 p 天的每個需求點都必須經過一次，且只由一台 v 經過。

限制式(4)與限制式(5)分別表示車輛不能由 O(i=0)直接派出至需求點(j=2～42)；另外，車輛也不得從 DC(i=1)派出至 O(j=0)。

B. 總車輛數限制

$$(6-1)\qquad \sum_{v=0}^{5} x_{01}^{v} \quad = \quad 2 \qquad \forall\ v \in V^{p}$$

$$(6-2)\qquad \sum_{v=6}^{11} x_{01}^{v} \quad = \quad 2 \qquad \forall\ v \in V^{p}$$

$$(6-3)\qquad \sum_{v=12}^{14} x_{01}^{v} \quad = \quad 1 \qquad \forall\ v \in V^{p}$$

$$(7-1)\qquad \sum_{v=0}^{5} \sum_{j \in N^{p}} x_{1j}^{v} \quad = \quad 2 \qquad \forall\ j \in N^{p} \backslash \{0,1\}, v \in V^{p}$$

$$(7-2)\qquad \sum_{v=6}^{11} \sum_{j \in N^{p}} x_{1j}^{pv} \quad = \quad 2 \qquad \forall\ j \in N^{p} \backslash \{0,1\}, v \in V^{p}$$

$$(7-3)\qquad \sum_{v=12}^{14} \sum_{j \in N^{p}} x_{1j}^{v} \quad = \quad 1 \qquad \forall\ j \in N^{p} \backslash \{0,1\}, v \in V^{p}$$

$$(8-1)\qquad \sum_{v=0}^{5} \sum_{i \in N^{p}} x_{i0}^{v} \quad = \quad 2 \qquad \forall\ i \in N^{p} \backslash \{0,1\}, v \in V^{p}$$

$$(8-2)\qquad \sum_{v=6}^{11} \sum_{i \in N^{p}} x_{i0}^{v} \quad = \quad 2 \qquad \forall\ i \in N^{p} \backslash \{0,1\}, v \in V^{p}$$

$$(8-3)\qquad \sum_{v=12}^{14} \sum_{i \in N^{p}} x_{i0}^{v} \quad = \quad 1 \qquad \forall\ i \in N^{p} \backslash \{0,1\}, v \in V^{p}$$

限制式(6)、限制式(7)、限制式(8)分別表示在第 p 天要有 2 台小車、2 台中車以及 1 台大車，必須<u>從 O(i=0)發出至 DC(j=1)➔(6)</u>，另外也必須<u>從 DC(i=1)出發至第 p 天的需求點(N^p)➔(7)，最後必須從某一第 p 天的需求點(N^p)回到 O(i=0)➔(8)</u>，不能有車輛沒有被指派或沒有回到 O。

C. 車容量限制

$$(9)\quad \sum_{i \in S^{p}} de_{i} + \sum_{i \in S^{p+1}} e_{i}^{p} \ \leq \ \sum_{v \in V^{p}} y_{ca_{v}}$$

$$(10)\quad \sum_{i \in S^{p}} \sum_{j \in N^{p}} x_{ij}^{v}\, de_{i} \ + \sum_{i \in S^{p+1}} \sum_{j \in N^{p}} x_{ij}^{v}\, e_{i}^{p} \quad \leq \quad y_{ca_{v}} \quad \forall\ v \in V^{p}$$

限制式(9)表在第 p 天，配貨點與補貨點的需求量總和不得大於該天所有車輛的車容量總和。

限制式(10)則表示在第 p 天，對於每一輛 v 來說，其行駛路線上需求點 i 的需求量和補貨量總和，不得超過其車容量限制。

D. 車型限制

$$(11)\quad \sum_{v=6}^{14}\sum_{j\in N^p} x_{ij}^v = 0 \qquad \forall\ i\in\{13,32,35,37,38,40\}, v\in V^p$$

$$(12)\quad \sum_{v=12}^{14}\sum_{j\in N^p} x_{ij}^v = 0 \qquad \forall\ i\in\{3,6,9,19,21,23,26,27,33,34\}, v\in V^p$$

限制式(11)表示，根據公司資料顯示，某些特定 i 點的卸貨區大小為 3.5T，只能容納最小型車停放，因此中型車與大型車不得經過此些需求點 i，因此其x_{ij}^v的總和必須為 0。

而限制式(12)則表示某些特定 i 點的卸貨區大小為 10.5T，可容納中小型車停放，但不得停放大型車，因此大型車在此些 i 點的x_{ij}^v總和必須為 0。

E. 時間窗限制

$$(13)\quad 0 \le ti_i^v \le 180 \qquad \forall\ v\in V^p, i\in N^p$$

$$(14)\quad ti_i^v + s_i + t_{ij} - ti_j^v \le M_{ij}\left(1 - x_{ij}^{pv}\right) \quad \forall\ v\in V^p,\ i\in N^p, j\in N^p$$

限制式(13)表示在第 p 天，對於每台 v 而言，開始服務需求點 i 的時間不可以超出三小時(=180 分鐘)。

限制式(14)表示在第 p 天，對每一台 v 以及經過的所有路線而言，都必須符合時間窗限制。

F. 公平性限制

$$(15-1)\quad \sum_{i\in S^p}\sum_{j\in N^p} x_{ij}^v = 4 \qquad \forall\ v\in\{0,1,2,3,4,5\}\cap V^p$$

$$(15-2)\quad \sum_{i\in S^p}\sum_{j\in N^p} x_{ij}^v = 5 \qquad \forall\ v\in\{6,7,8,9,10,11\}\cap V^p$$

$$(15-3)\quad \sum_{i\in S^p}\sum_{j\in N^p} x_{ij}^v = 6 \qquad \forall\ v\in\{12,13\}\cap V^p$$

$$(15-4)\quad \sum_{i\in S^p}\sum_{j\in N^p} x_{ij}^v = 5 \qquad \forall\ v\in\{14\}\cap V^p$$

限制式(15)是在不考慮補貨的情形下，對於固定配貨點路線的公平性所建立，每條小車的路線只能經過 2 個配貨點，再加上經過 O 以及 DC 的路段，因此總路段數必須等於 4→(15-1)；而每條中車路線只能經過 3 個配貨點，總路段數必須等於 5→(15-2)；每條大車路線只能經過 4 個配貨點，總路段數必須等於 6→(15-3)。

但是因為本問題中只有 41 個需求點，而在此種限制下，每天會經過 14 個點，則在第三天時會缺少 1 個可以經過的點，因此，我們將大車第三

<u>天的路線所需經過的點減少為 3 個，總路段數必須等於 5→(15-4)</u>。

G. 變數限制

$$(16) \qquad x_{ij}^{v} \quad \in \quad \{0,1\} \qquad \forall\ i,j \in N^{p}, v = V^{p}$$

限制式(16)表示對各路線(i,j)以及所有車輛 v 而言，x_{ij}^{v}為一個二元變數。

- 程式執行結果：

首先輸入發生缺貨情形的需求點，以及各點的缺貨量：

```
Day1:
The total number of the shortage nodes: 5
The shortage nodes & The shortage quantity: 5 5
The shortage nodes & The shortage quantity: 17 18
The shortage nodes & The shortage quantity: 19 8
The shortage nodes & The shortage quantity: 30 2
The shortage nodes & The shortage quantity: 37 4
Day2:
The total number of the shortage nodes: 7
The shortage nodes & The shortage quantity: 8 10
The shortage nodes & The shortage quantity: 9 2
The shortage nodes & The shortage quantity: 15 9
The shortage nodes & The shortage quantity: 18 9
The shortage nodes & The shortage quantity: 21 15
The shortage nodes & The shortage quantity: 35 6
The shortage nodes & The shortage quantity: 13 10
Day3:
The total number of the shortage nodes: 4
The shortage nodes & The shortage quantity: 42 8
The shortage nodes & The shortage quantity: 6 9
The shortage nodes & The shortage quantity: 29 5
The shortage nodes & The shortage quantity: 33 12
```

將參數資料輸入此數學模型後，所得到的結果為：

```
Total Path: 823
```

```
Day1:
車型 1 :
0->1
1->35
15->21
21->37
24->0
35->15
37->24
0->1
1->13
13->23
23->40
40->0
車型 2 :
0->1
1->17
17->31
18->0
31->34
34->18
```

```
0->1
1->19
5->26
8->0
19->5
26->8
車型 3 :
0->1
1->4
4->12
9->30
12->9
16->0
30->16
```

```
Day2:
車型 1 :
0->1
1->13
2->0
13->2
0->1
1->15
15->35
35->0
車型 2 :
0->1
1->7
7->27
27->28
28->0
```

```
0->1
1->33
6->10
10->14
14->18
18->0
33->6
車型 3 :
0->1
1->42
8->0
9->29
20->9
21->8
29->21
42->20
```

```
Day3:
車型 1 :
0->1
1->42
37->0
38->37
42->38
0->1
1->32
3->0
32->3
車型 2 :
0->1
1->22
6->0
22->25
25->6
```

```
0->1
1->19
5->29
11->39
19->5
29->11
30->0
39->30
車型 3 :
0->1
1->33
17->41
33->17
36->0
41->36
```

以下為所得到的路線，路線中標註紅字者為補貨的需求點。

- 車型 1 路線：

第一天 0→1→35→15→21→37→24→0、0→1→13→23→40→0

第二天 0→1→13→2→0、0→1→15→35→0

第三天 0→1→42→38→37→0、0→1→32→3→0

- 車型 2 路線：

第一天 0→1→17→31→34→18→0、0→1→19→5→26→8→0