

利用系統模擬於物流倉儲系統結合 AGV 之應用探討

Exploring the Application of System Simulation in Warehouse Management System Combined with AGV

學生：林于廷、楊宸瑄、蔡敏云

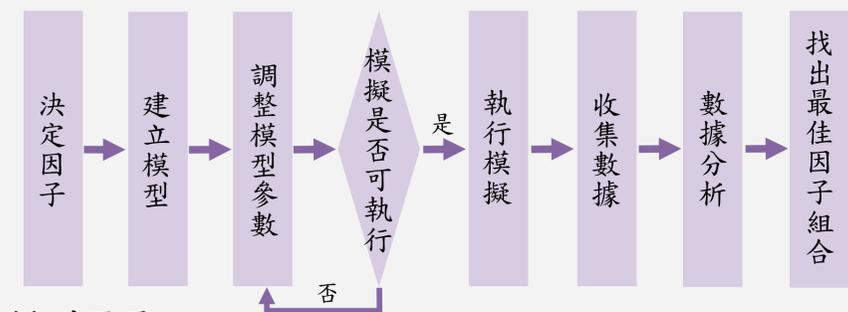
指導老師：任恒毅

研究動機與目的

在資源有限的情況下，物流業者除了考慮導入自動化設備的成本，也需考量將自動化設備運用在不同作業環境中效果。本研究使用 FlexSim 模擬自動導引車 (AGV) 在有無自動化倉儲系統 (AS/RS) 的環境中，使用不同派車法則與車輛數量的組合，並利用統計分析手法分析整體作業效率與成本效益的影響，確定最具經濟效益的因子組合，為物流中心提供合理的導入依據，提升作業流程的準確性與效率。

研究方法

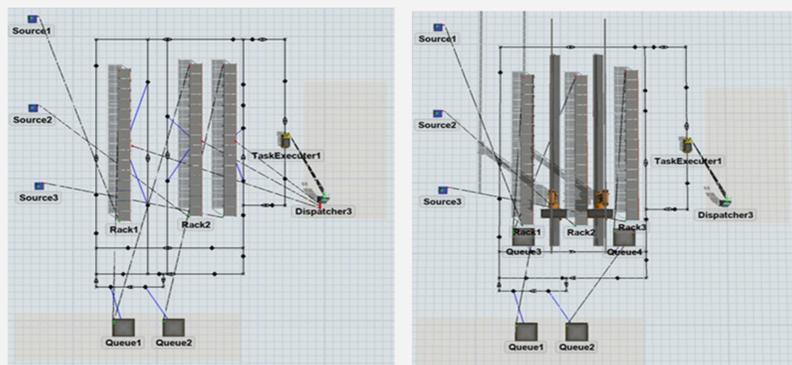
研究流程



模型因子

派車法則	AGV 車數 (台)	有無 AS/RS
最早可用法則	1	有 AS/RS
最短路徑法則	2	無 AS/RS
最大等候線法則	3	
	4	
	5	
	6	

環境設定



模型環境-無 AS/RS

模型環境-有 AS/RS

本研究模擬在不同因子組合下，隨機產生 120 個貨物於不同貨架上，並利用調度器依不同派車法則設定，指派 AGV 從搬運貨物到指定存放區 (Queue1、Queue2)。

- ◆ 無 AS/RS 的環境，藉由調度器指派 AGV 到貨架旁的上車點進行搬運
- ◆ AS/RS 的環境，先透過 AS/RS 將貨物搬運至貨架旁的暫存區 (Queue3、Queue4)，再藉由調度器指派 AGV 到暫存區進行搬運

研究結果

派車法則 \ 車數	無 AS/RS					
	總完工時間 (秒)					
	1 台	2 台	3 台	4 台	5 台	6 台
最早可用法則	13142.42	6639.15	4482.1	3618.09	3360.78	3360.78
最短路徑法則	13150.17	6624.5	4450.18	3495.18	3342.3	3342.3
最大等候線法則	5972.62	3245.55	2661.8	2558.76	2558.92	2577.99

派車法則 \ 車數	有 AS/RS					
	總完工時間 (秒)					
	1 台	2 台	3 台	4 台	5 台	6 台
最早可用法則	5837.29	2967.15	2787.4	2791.54	2807.24	2816.73
最短路徑法則	5837.63	2967.38	2787.99	2792.13	2807.92	2817.4
最大等候線法則	10904.73	5478.7	5022.12	5070.55	5087.97	5074.4

無 AS/RS

- ◆ 總完工時間隨 AGV 台數增加而下降
- ◆ 最早可用及最短路徑法則最佳車數為 5 台，最大等候線為 4 台

有 AS/RS

- ◆ 搭配三台 AGV 皆花費時間最少

有、無 AS/RS

- ◆ 最早可用及最短路徑法則之總時長差不多
- ◆ 最早可用及最短路徑法則，搭配 AS/RS 可大幅減少總時長
- ◆ 最大等候線法則，搭配 AS/RS 反而會增加總時長

T 檢定-AS/RS 是否顯著影響每次的平均搬運時間

- ◆ 利用 F 檢定進行有無 AS/RS 之母體變異數檢定。結果 P 值為極小值所以 T 檢定假設兩母體的變異數不相同

	無 AS/RS	有 AS/RS
平均(秒)	41.01	35.49
P(T<=t)雙尾	0.00	

- ◆ T 檢定結果 P 值為極小值，即有無使用 AS/RS 對平均搬運時間有顯著影響

- ◆ 藉由平均數可以看出使用 AS/RS 的平均搬運時間較少

結論

- ◆ 若工廠需求穩定、預期長期運作，確定加入 AS/RS，可選擇 3 台 AGV 並搭配最早可用或最短路徑法則，來提升揀貨效率與收益
- ◆ 若為短期運作，則建議將 AGV 車輛數降至 2 台，避免初期投入資金過多，造成工廠過大的經濟壓力。
- ◆ 若維持沒有 AS/RS 的環境，則建議使用 4 台 AGV 配合最大等候線法則，使用 5 台 AGV 以上完工時間反而增加。

ANOVA 分析 - 檢定有 AS/RS 搭配不同因子組合每一次平均搬運時間

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
派車法則	2	148541	74270.4	924.03	0.000
車輛數	4	1264	315.9	3.93	0.004
派車法則*車輛數	8	283	35.3	0.44	0.898
Error	1785	143473	80.4		
Total	1799	293560			

- ◆ 派車法則及車輛數的 P 值皆 < 0.05，表這兩種因子的不同皆會對平均搬運時間有顯著的影響
- ◆ 車輛數目之 F 值較派車法則小，表車輛數影響平均時間的程度較低
- ◆ 交互作用之 P 值 > 0.05，表因子交互作用不顯著，說明兩個因子對目標變數的影響是獨立的

Tukey 事後檢定 - 確定派車法則和車輛數的最佳組合

Tukey Pairwise Comparisons: 派車法則

派車法則	N	Mean	Grouping
3	600	42.8896	A
2	600	23.6214	B
1	600	23.6168	B

- ◆ 派車法則 3 的平均遠大於其他派車法則。為了縮短搬運時間，應避免使用派車法則 3

Tukey Pairwise Comparisons: 車輛數

車輛數	N	Mean	Grouping
2	360	31.7034	A
6	360	29.7459	B
5	360	29.7309	B
4	360	29.5951	B
3	360	29.4375	B

- ◆ 車輛數為 2 平均搬運時間顯著高於其他車輛數。為了縮短搬運時間，應避免使用 2 輛車，建議選擇使用平均時間最少的 3 台車

經濟效益評估

根據最佳因子組合，假設某工廠每日運行 8 小時的工廠，由 2 台增至 3 台 AGV 一天可以多揀貨一批貨物。且設定工廠一年的工作日為 250 天，每一貨物的利潤為 \$10，並使用效益成本比 (BCR) 公式 = 年收益 / 年成本，得出由 2 台增加至 3 台 AGV 的經濟效益：

- ◆ 第一年 BCR < 1，總成本高於收益，不具經濟效益
- ◆ 後續年份之 BCR > 1，在後續年份使用 3 台 AGV 的總成本會低於收益