



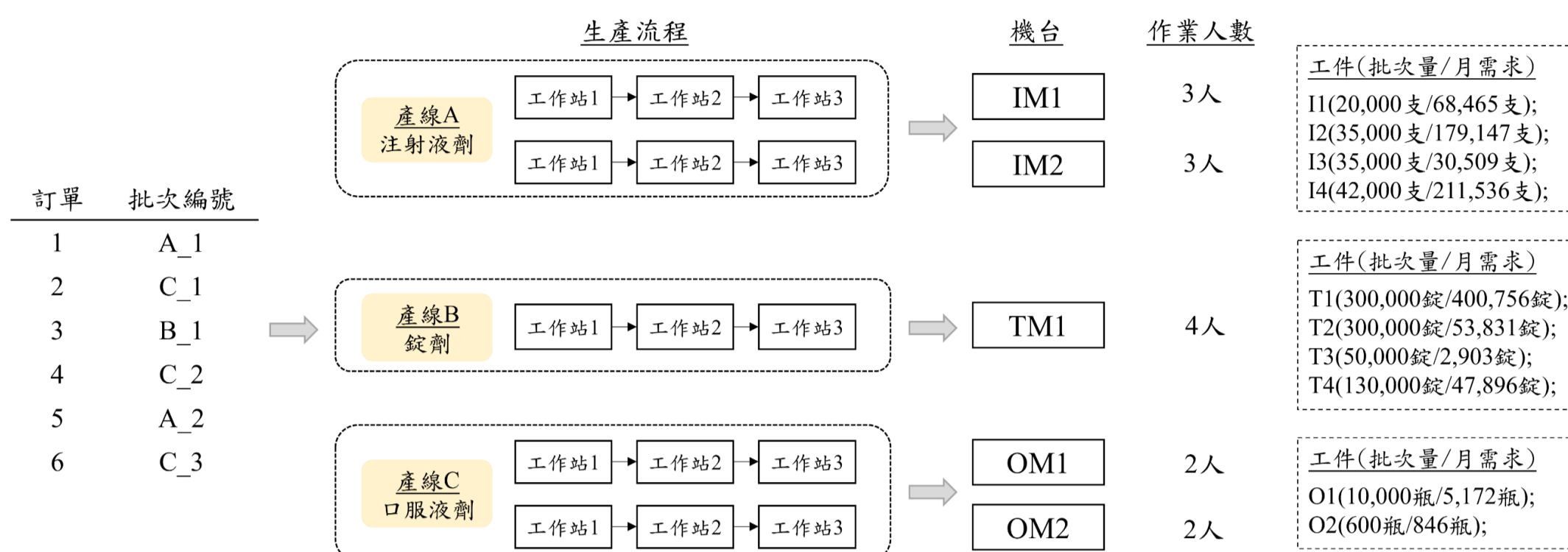
考量多資源限制之製藥工廠平行機排程研究

The Parallel Machine Scheduling Problem in Pharmaceutical Manufacturing with Multi-Resource Constraints

編號: B1_2 指導老師: 吳政翰 教授 專題生: 陳郁昕 游凱翔 李侑誠

研究動機與目的

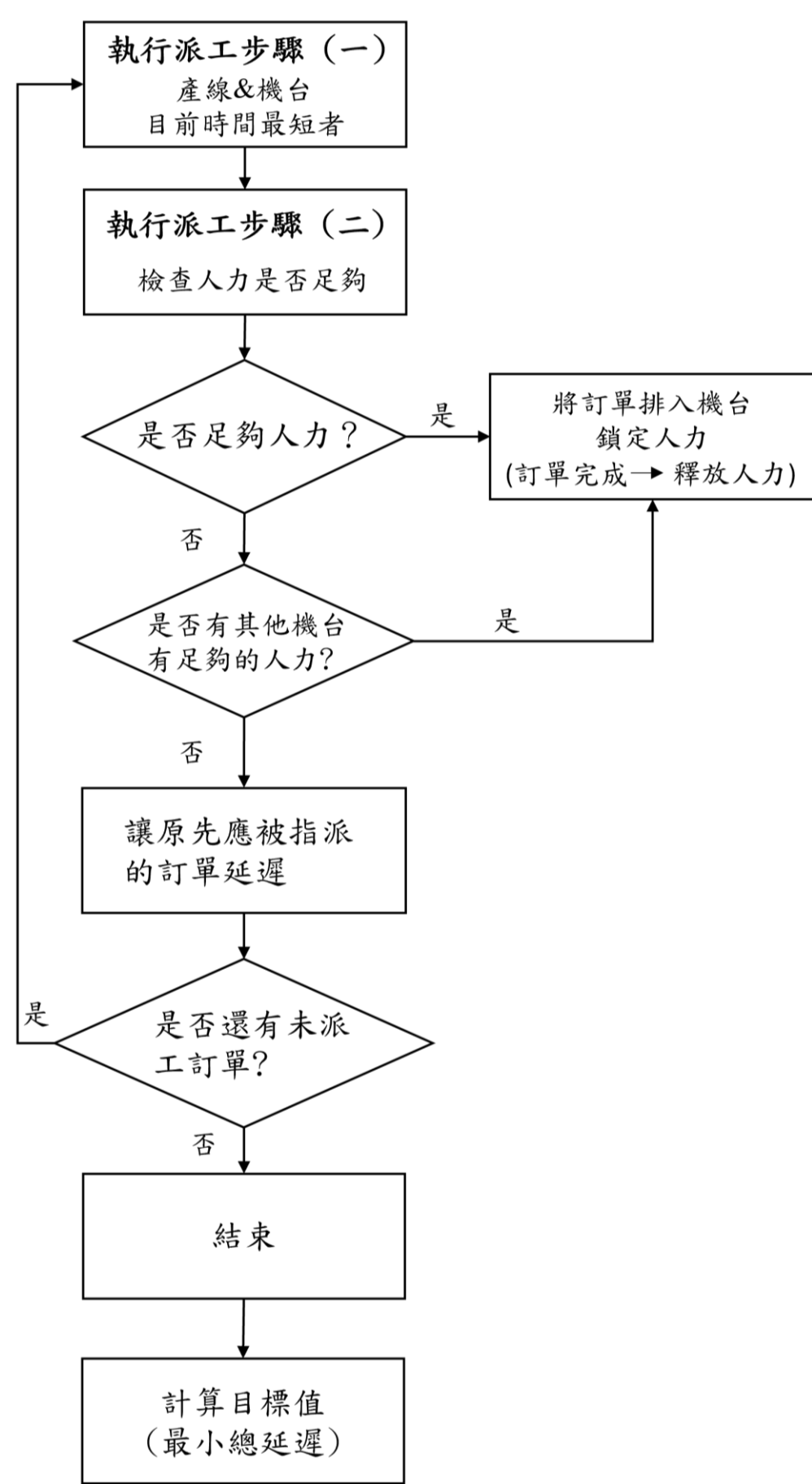
藥廠排程常依賴經驗，在人力不足、具資格人員需跨線共用時，容易造成延誤。本研究針對多產線與資格限制，導入派工法則、粒子群演算法(PSO)與蒲公英演算法(DA)，並結合變動鄰域搜尋法(VNS)強化搜尋能力。透過比較各方法在人力配置與排程下的表現，提供藥廠在有限人力條件下提升調度效率、降低延誤風險的參考。



研究方法

本研究聚焦於藥廠的人力與訂單排程協調，強調持證人員在多批次與多產線間的有效調度。由於人力需跨產線共享，必須確保符合資格，否則將導致部分機台停擺。系統因此在批次排序後，依人力資格矩陣檢查人員可用性，再行分配，以兼顧生產效率與資源限制。

人力檢查與訂單指派流程



Step1: 確認機台人力需求與可用人員

建立人力資格矩陣，以對應可操作機台的人員，並確認各機台所需人力是否足夠。

人員	可操作機台(機台共5台)
Op1	IM1、TM1、OM2
Op2	IM2、TM1、OM1
Op3	IM1、OM2
Op4	IM1、OM1
Op5	IM1、IM2、TM1
Op6	IM2、TM1
Op7	IM2、OM1、OM2

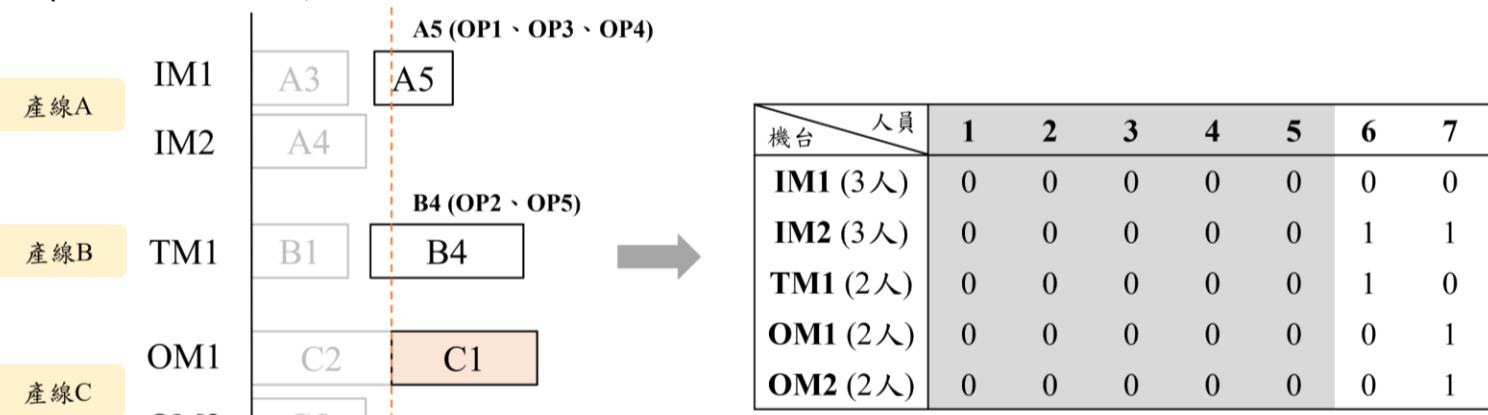
人力資格矩陣

$$q_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{人員 } i \text{ 有資格操作 } j \text{ 機台} \\ 0, & \text{人員 } i \text{ 沒有資格操作 } j \text{ 機台} \end{cases}$$

	Op1	Op2	Op3	...	OpN
A_1	0	1	0	...	1
A_2	1	1	0	...	0
A_3	0	0	0	...	1
B_1	0	0	1	...	0
B_2	0	0	1	...	0
C_1	1	0	0	...	1
C_2	0	0	0	...	0
C_3	0	0	1	...	1

Step2: 指派訂單指派與人力檢查

指派訂單時須檢查各線人力占用；如OP7雖具資格但人力不足，則需待人力釋放後才能啟動。



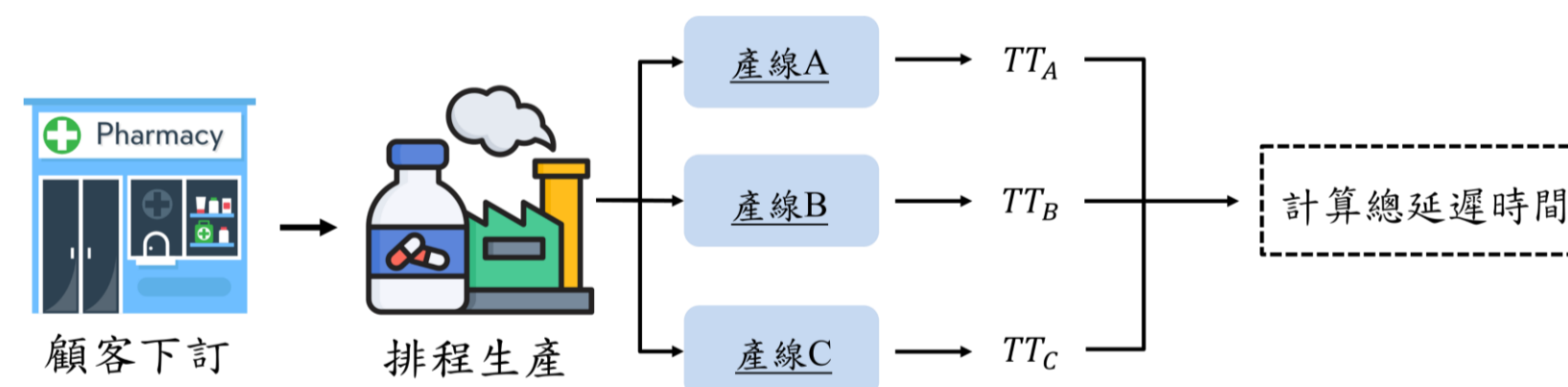
評估指標

目標: 最小化總延遲時間(小時)

$$T_{l,j} = \max(0, C_{l,j} - d_{l,j}), l \in \{A, B, C\}$$

$$TT_A = \sum_{j \in J_A} T_{A,j}, TT_B = \sum_{j \in J_B} T_{B,j}, TT_C = \sum_{j \in J_C} T_{C,j}$$

$$TT_{total} = TT_A + TT_B + TT_C$$



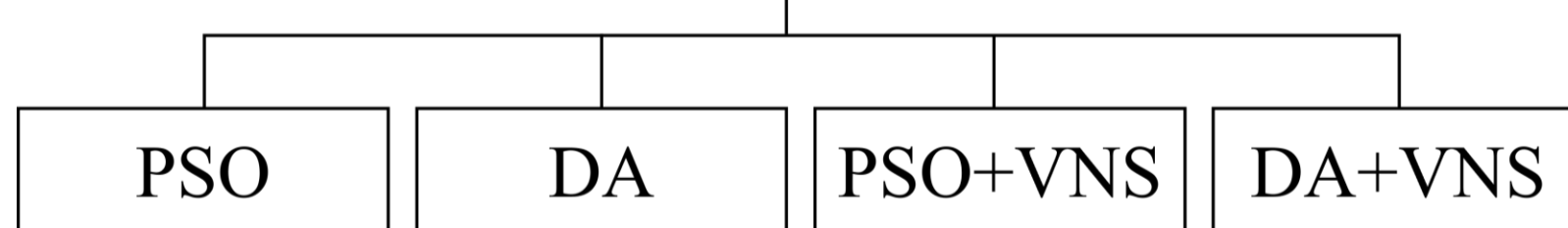
靜態規則

- SPT (Shortest Processing Time, 最短處理時間)
- LPT (Longest Processing Time, 最長處理時間)
- EDD (Earliest Due Date, 最早交期)

動態規則

- MS (Minimum Slack, 最小鬆弛時間)
- COVERT (Cost Over Time, 成本/時間比)
- CR (Critical Ratio, 臨界比率)
- ATC (Apparent Tardiness Cost, 顯示延遲成本)

演算法



研究結果

◆派工法則結果

問題規模	交期	SPT	EDD	LPT	MS	CR	COVERT	ATC
大問題	緊湊	0 / 2.4 / 21.33%	0 / 2.4 / 21.33%	2 / 3 / 18.56%	0 / 3 / 22.66%	0 / 4.2 / 22.87%	0 / 5.8 / 30.32%	3 / 2.2 / 10.88%
	中等寬鬆	0 / 3.4 / 33.92%	0 / 3.4 / 33.92%	0 / 7 / 136.40%	0 / 3.2 / 34.55%	0 / 3.2 / 34.55%	0 / 5.2 / 39.50%	4 / 1.2 / 2.29%
	寬鬆	0 / 3.8 / 18.08%	2 / 2.4 / 14.48%	0 / 7 / 54.19%	0 / 3.6 / 18.97%	0 / 4 / 19.04%	0 / 6 / 27.76%	3 / 1.6 / 1.20%
中問題	緊湊	0 / 3.2 / 27.07%	2 / 2.4 / 13.78%	0 / 7 / 208.21%	0 / 7 / 27.05%	0 / 4 / 26.93%	0 / 6 / 33.41%	3 / 1.6 / 12.59%
	中等寬鬆	0 / 3.0 / 31.55%	2 / 1.6 / 5.13%	0 / 7 / 110.58%	0 / 4 / 34.63%	0 / 4.4 / 34.03%	0 / 4.4 / 46.32%	3 / 2 / 6.17%
	寬鬆	0 / 3.4 / 45.05%	1 / 1.8 / 10.10%	0 / 7 / 205.97%	0 / 3.6 / 46.93%	0 / 4 / 48.03%	0 / 5.8 / 79.77%	4 / 1.2 / 0.78%

◆第一名次數 / 平均排名 / 偏差率(%)

◆演算法結果

問題規模	交期	PSO	DA	改良 PSO+VNS	改良 DA+VNS
大問題	緊湊	0 / 3.2 / 7.09%	0 / 3.8 / 9.36%	0 / 2 / 1.28%	5 / 1 / 0%
	中等寬鬆	0 / 3.2 / 27.01%	0 / 3.8 / 41.13%	1 / 1.8 / 1.13%	4 / 1.2 / 0.38%
	寬鬆	0 / 3.6 / 64.46%	0 / 3.4 / 5.18%	2 / 1.6 / 0.41%	3 / 1.4 / 0.12%
中問題	緊湊	0 / 3.4 / 35.18%	0 / 3.6 / 25.55%	1 / 1.8 / 4.18%	4 / 1.2 / 2.60%
	中等寬鬆	0 / 3.6 / 5.69%	0 / 3.4 / 5.03%	2 / 1.6 / 1.71%	3 / 1.4 / 0.49%
	寬鬆	0 / 3.8 / 61.42%	0 / 3.2 / 14.75%	1 / 1.8 / 2.73%	4 / 1.2 / 0.13%

結論與未來方向

本研究提出混合式演算法解決多產線與人力資格限制的複雜製藥排程問題。實驗顯示，改良 DA+VNS 能穩定取得最佳或近似最佳解，偏差率近乎0，整體表現顯著優於 ATC，證實其具備高效且穩健的求解能力。未來可整合兩階段排程與深度強化學習，以提升在動態環境下的調度效能。