

Using Genetic Algorithms for Solving Rectangular Packing Problems

吳奕樺、吳泰熙

E-mail: 9423705@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

Rectangular packing problems are frequently present in the industrial circle, for instance textile industry, glass industry, shoes leather industry, furniture manufacturing industry and steel shipbuilding industry...etc. This paper proposes a GA based algorithm, PGA, revised from the IBH algorithm appeared in the open literature for packing rectangle boxes with different sizes in material plate. The parallel genetic algorithm was developed using the placement policy of IBH, while adopting a new parallel mechanism allowing the data transmission during the several computer. The performance of PGA was verified by running several benchmarking problems and the results were reported.

Keywords : IBH ; GA ; PGA

Table of Contents

封面內頁	簽名頁	授權書	iii	中文摘要	iv	ABSTRACT	v	誌謝	vi	目錄	vii	圖目錄	x	表目錄	xi	第一章 緒論	1	1.1 研究背景與動機	1	1.2 研究目的與內容	2	1.3 研究假設與限制	2	1.4 研究方法與架構	3	第二章 文獻探討	6	2.1 方形物件排列問題	6	2.1.1 數學規劃模式	6	2.1.2 啟發式演算法	7	2.2 基因演算法	11	2.2.1 基本運算子	12	2.2.2 平行基因演算法	13	2.3 平行處理技術	14	2.3.1 個人電腦叢集	15	2.3.2 平行計算程式語言	15	2.3.3 平行基因演算法效能評估	16	2.4 文獻總結及研究方向	17	第三章 方形物件排列問題之求解	18	3.1 問題定義	18	3.2 基因演算法求解	19	3.2.1 預處理	19	3.2.2 母體產生	20	3.2.3 編碼	20	3.2.4 計算適合度函數	21	3.2.5 複製	23	3.2.6 交配	25	3.2.7 突變	26	3.2.8 精英策略	27	3.2.9 終止條件	27	3.2.10 基因演算流程	28	3.3 平行基因演算法求解	30	3.3.1 平行處理技術	30	3.3.2 平行程式效能分析	33	3.3.3 終止條件	34	第四章 演算結果與分析	35	4.1 平行處理運算環境	35	4.2 文獻例題說明	37	4.3 演算參數設定與例題說明	38	4.4 演算結果與分析	46	4.4.1 單原片執行結果與分析	46	4.4.2 多原片執行結果與分析	47	4.4.3 平行程式執行結果與分析	53	第五章 結論與建議	55	5.1 結論	55	5.2 建議	56	參考文獻	58	附錄	63	圖目錄	圖1.1 研究架構圖	5	圖2.1 左下優先置放邏輯	7	圖2.2 左下優先置放填補邏輯	8	圖2.3 Babu and Babu分片擺放圖	9	圖2.4 Wu分片擺放圖	9	圖2.5 IBH擺放法則流程圖	10	圖3.1 編碼	21	圖3.2 使用率定義	22	圖3.3 適合度函數值佔有比例	24	圖3.4 交配方法	25	圖3.5 突變過程	26	圖3.6 基因演算法運作流程圖	29	圖3.7 平行處理執行模式圖	32	圖3.8 加速因子表示圖	34	圖4.1 實驗室電腦叢集系統實景	35	圖4.2 單原片使用率比較圖	47	圖4.3 多原片平均使用率比較圖	52	圖4.4 多原片最佳使用率比較圖	52	圖4.5 多原片執行時間比較圖	53	表目錄	表3.1 適合度函數值	24	表4.1 平行處理運算環境	36	表4.2 基因演算法實驗參數	38	表4.3 實驗參數詳細結果一	40	表4.4 實驗參數詳細結果二	41	表4.5 參數在不同水準下使用率變化	42	表4.6 使用率變化之變異數分析	42	表4.7 本研究與國際範例題號對照表	43	表4.8 單原片資料表	43	表4.9 原片、分片編號表	44	表4.10 多原片資料表	45	表4.11 單原片實驗結果分析一	49	表4.12 單原片實驗結果分析二	50	表4.13 多原片實驗結果分析	51	表4.14 單原片問題效率與加速因子	54	表4.15 多原片問題效率與加速因子	54
------	-----	-----	-----	------	----	----------	---	----	----	----	-----	-----	---	-----	----	--------	---	-------------	---	-------------	---	-------------	---	-------------	---	----------	---	--------------	---	--------------	---	--------------	---	-----------	----	-------------	----	---------------	----	------------	----	--------------	----	----------------	----	-------------------	----	---------------	----	-----------------	----	----------	----	-------------	----	-----------	----	------------	----	----------	----	---------------	----	----------	----	----------	----	----------	----	------------	----	------------	----	---------------	----	---------------	----	--------------	----	----------------	----	------------	----	-------------	----	--------------	----	------------	----	-----------------	----	-------------	----	------------------	----	------------------	----	-------------------	----	-----------	----	--------	----	--------	----	------	----	----	----	-----	------------	---	---------------	---	-----------------	---	-------------------------	---	--------------	---	-----------------	----	---------	----	------------	----	-----------------	----	-----------	----	-----------	----	-----------------	----	----------------	----	--------------	----	------------------	----	----------------	----	------------------	----	------------------	----	-----------------	----	-----	-------------	----	---------------	----	----------------	----	----------------	----	----------------	----	--------------------	----	------------------	----	--------------------	----	-------------	----	---------------	----	--------------	----	------------------	----	------------------	----	-----------------	----	--------------------	----	--------------------	----

REFERENCES

2.2 基因演算法	11	2.2.1 基本運算子	12	2.2.2 平行基因演算法	13	2.3 平行處理技術	14	2.3.1 個人電腦叢集	15	2.3.2 平行計算程式語言	15	2.3.3 平行基因演算法效能評估	16	2.4 文獻總結及研究方向	17	第三章 方形物件排列問題之求解	18	3.1 問題定義	18	3.2 基因演算法求解	19	3.2.1 預處理	19	3.2.2 母體產生	20	3.2.3 編碼	20	3.2.4 計算適合度函數	21	3.2.5 複製	23	3.2.6 交配	25	3.2.7 突變	26	3.2.8 精英策略	27	3.2.9 終止條件	27	3.2.10 基因演算流程	28	3.3 平行基因演算法求解	30	3.3.1 平行處理技術	30	3.3.2 平行程式效能分析	33	3.3.3 終止條件	34	第四章 演算結果與分析	35	4.1 平行處理運算環境	35	4.2 文獻例題說明	37	4.3 演算參數設定與例題說明	38	4.4 演算結果與分析	46	4.4.1 單原片執行結果與分析	46	4.4.2 多原片執行結果與分析	47	4.4.3 平行程式執行結果與分析	53	第五章 結論與建議	55	5.1 結論	55	5.2 建議	56	參考文獻	58	附錄	63	圖目錄	圖1.1 研究架構圖	5	圖2.1 左下優先置放邏輯	7	圖2.2 左下優先置放填補邏輯	8	圖2.3 Babu and Babu分片擺放圖	9	圖2.4 Wu分片擺放圖	9	圖2.5 IBH擺放法則流程圖	10	圖3.1 編碼	21	圖3.2 使用率定義	22	圖3.3 適合度函數值佔有比例	24	圖3.4 交配方法	25	圖3.5 突變過程	26	圖3.6 基因演算法運作流程圖	29	圖3.7 平行處理執行模式圖	32	圖3.8 加速因子表示圖	34	圖4.1 實驗室電腦叢集系統實景	35	圖4.2 單原片使用率比較圖	47	圖4.3 多原片平均使用率比較圖	52	圖4.4 多原片最佳使用率比較圖	52	圖4.5 多原片執行時間比較圖	53	表目錄	表3.1 適合度函數值	24	表4.1 平行處理運算環境	36	表4.2 基因演算法實驗參數	38	表4.3 實驗參數詳細結果一	40	表4.4 實驗參數詳細結果二	41	表4.5 參數在不同水準下使用率變化	42	表4.6 使用率變化之變異數分析	42	表4.7 本研究與國際範例題號對照表	43	表4.8 單原片資料表	43	表4.9 原片、分片編號表	44	表4.10 多原片資料表	45	表4.11 單原片實驗結果分析一	49	表4.12 單原片實驗結果分析二	50	表4.13 多原片實驗結果分析	51	表4.14 單原片問題效率與加速因子	54	表4.15 多原片問題效率與加速因子	54
-----------	----	-------------	----	---------------	----	------------	----	--------------	----	----------------	----	-------------------	----	---------------	----	-----------------	----	----------	----	-------------	----	-----------	----	------------	----	----------	----	---------------	----	----------	----	----------	----	----------	----	------------	----	------------	----	---------------	----	---------------	----	--------------	----	----------------	----	------------	----	-------------	----	--------------	----	------------	----	-----------------	----	-------------	----	------------------	----	------------------	----	-------------------	----	-----------	----	--------	----	--------	----	------	----	----	----	-----	------------	---	---------------	---	-----------------	---	-------------------------	---	--------------	---	-----------------	----	---------	----	------------	----	-----------------	----	-----------	----	-----------	----	-----------------	----	----------------	----	--------------	----	------------------	----	----------------	----	------------------	----	------------------	----	-----------------	----	-----	-------------	----	---------------	----	----------------	----	----------------	----	----------------	----	--------------------	----	------------------	----	--------------------	----	-------------	----	---------------	----	--------------	----	------------------	----	------------------	----	-----------------	----	--------------------	----	--------------------	----

- 分析二 50 表4.13 多原片實驗結果分析 51 表4.14 單原片問題效率與加速因子 54 表4.15 多原片問題效率與加速因子 54 [參考文獻] [1] 田邦廷, 「長方體物件排列問題解法之研究」, 大葉大學工業工程學系碩士班碩士論文, 2002。
- [2] 吳泰熙、駱景堯、林東養, 「多尺寸方形排列問題啟發式解法之研究」, 工業工程學刊, 第17卷, 75-85, 2000。
- [3] 林東養, 「不規則物件排列問題解法之研究」, 大葉大學工業工程研究所碩士班碩士論文, 1998。
- [4] 何旭彬, 「對高速計算之我見」, 高速計算, 1995。
- [5] 徐德興, 「利用模擬退火演算法求解不規則物件排列及切割問題」, 大葉大學工業工程學系碩士班碩士論文, 2000。
- [6] 鄭守成, 「MPI 平行計算程式設計」, 國家高速電腦中心, 2001。
- [7] 楊朝棟, 「電腦之平行技術發展探析」, 電腦科技, 2000。
- [8] 張西亞、蔡佳璋、黃國展、李先知、周朝宜、鄭守成、陳敏、沈澄宇, 「科學計算應用之新寵:個人電腦叢集」, 高速運算, 2000。
- [9] Alba, E. and J. M. Troya, "Analyzing synchronous and Asynchronous parallel distributed genetic algorithms," *Future Generation Computer Systems*, 17, pp.451-465 (2001).
- [10] Babu, A.R. and R. Babu, "Effective nesting of rectangular parts in multiple rectangular sheets using genetic and heuristic algorithms," *International Journal of the Production Research*, 37, pp.1625-1643 (1999).
- [11] Beasley, J. E., "Algorithms for unconstrained two-dimensional guillotine cutting," *Journal of the Operational Research Society*, 36, 297-306 (1985).
- [12] Bianchini, R. and C. M. Brown, "Parallel Genetic Algorithms on Distributed-Memory Architectures," *Transputer Research and Applications*, 6, pp.67-82 (1993).
- [13] Biro, M. and E. Borors, "Network flows and non-guillotine cutting patterns," *European Journal of Operational Research*, 16, pp.215-221 (1984).
- [14] Dagli, C. H. and A. Hajakbari, "Simulated annealing approach for solving stock cutting problem," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, pp.221-223 (1990).
- [15] Dagli, C. H. and M. Y. Tatoglu, "An approach to two-dimensional cutting stock problem," *International Journal Production Research*, 25, pp.175-190 (1987).
- [16] Davies, R., and T. Voice, "Parallel Implementation of a Genetic Algorithm," *Control Eng. Practice*, 3, pp.11-19 (1995).
- [17] Dowsland, K. A. and W. Dowsland, "Packing problem," *European Journal of Operational Research*, 56, 2-14 (1992).
- [18] Erick, C. P., and D. E. Goldberg, "Efficient Parallel Genetic Algorithms: Theory and Practice," *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.*, 186, pp.221-238 (2000).
- [19] Gilmore, P. C. and R. E. Gomory, "A linear programming approach to the cutting stock problem (Part 1)," *Operations Research*, 9, 849-855 (1961).
- [20] Gilmore, P. C. and R. E. Gomory, "A linear programming approach to the cutting stock problem (Part 2)," *Operations Research*, 11, 863-888 (1963).
- [21] Goulimis, C., "Optimal solution for the cutting stock problem," *European Journal of Operational Research*, 44, 197-208 (1990).
- [22] Grefenstette, J. J., "Parallel Adaptive Algorithms for Function Optimization," *Tech Rep.No. cs-81-19*(1981).
- [23] Hamalainen, T., H. Klapuri, J. Saarinen, P. Ojala, and K. Kaski, "Accelerating Genetic Algorithm Computation in Tree Shaped Parallel Computer," *Journal of Systems Architecture*, 42, pp.19-36, (1996).
- [24] Henry, L. and W. N. Waggenspack Jr., "Practic & experience nesting of two-dimensional irregular parts using a shape reasoning heuristic," *Computer-Aided Design*, 29, 221-238 (1997).
- [25] Hopper, E. and B. C. H. Turton, "An empirical investigation of meta-heuristic and heuristic algorithms for a 2D packing problem," *European Journal of Operational Research*, 128, pp34-57, (2001).
- [26] Ismail, H. S. and K. K. B. Hon, "The nesting of 2-dimensional shapes using genetic algorithm," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture*, 209, 115-124 (1995).
- [27] Jakobs, S., "On genetic algorithms for the packing of polygons," *European Journal of Operational Research*, 88, pp165-181 (1996) [28] Kroger, B., "Guillotineable bin packing: A genetic approach," *European Journal of Operational Research*, 84, 645-661 (1996).
- [29] Lai K. K. and J. W. M. Chan, "Developing a simulated annealing algorithm for the cutting stock problem," *Computers ind. Engrg.*, 32, No.1, pp.115-127 (1997).
- [30] Leung T.W., C. K. Chan, and D. M. Troutt, "Application of a mixed simulated annealing-genetic algorithm heuristic for the two-dimensional orthogonal packing problem," *European Journal of Operational Research*, 145, pp.530 – 542 (2003).
- [31] Leung T.W., C. H. Yung, and D. M. Troutt, "Applications of genetic search and simulated annealing to the two-dimensional non-guillotine cutting stock problem," *Computer and Industrial Engineering*, 40, pp.201-214 (2001).
- [32] Liu, J. and L. Tandg, "A modified genetic algorithm for single machine scheduling," *Computers and Industrial Engineering*, 37, 43-46 (1999).
- [33] Murata, T., H. Ishibuchi and H. Tanaka, "Genetic algorithms for flow shop scheduling problems," *Computers Industrial Engineering*, 30, 1061-1071 (1996).

- [34] Pacheco, P. S., " Parallel Programming With MPI, " University of San Francisco, (1995).
- [35] Sena, G. A., D. Megherbi and G. Isern, " Implementation of a Par-allel Genetic Algorithm on a Cluster of Workstation:Traveling Salesman Problem, a Case Study, " Future Generation Computer Systems, 17, pp.477-488 (2001).
- [36] Stefan Jakobs, " On genetic algorithms for the packing of poly-gons, " European Journal of Operational Research, 88, pp.165-181(1996).
- [37] Tongchim, S. and C. Prabhas, " Parallel genetic algorithm with pa-rameter adaptation, " Information Processing Letters, 82, pp.47-54 (2002).
- [38] Wu, T. H., J. F. Chen, C. Y. Low, and P. T. Tang, " Nesting of two-dimensional parts in multiple plates using hybrid algorithm, " International Journal of the Production Research, 41, 3883-3900 (2003).
- [39] Yu G. S. and V. N. Patsuk, " A method of optimal lattice packing of congruent oriented polygons in the plane, " European Journal of Operational Research, 124, 204-216 (2000).