รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรณิกา ศิลานนท์. 2542. การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการจัดสมดุลของสายการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จารุทัศน์ วงษ์สันต์. 2544. MATLAB สำหรับแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์. 2541. การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยนนท์ ศรีสุภินานนท์. 2537. การออกแบบผังโรงงานเพื่อเพิ่มผลผลิต. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ณพงศ์ ตันตนาตระกูล. 2542. การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดไม่เท่ากัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล. 2540. เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบผังโรงงาน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิภพ เล้าประจง. 2534. การจัดหาทำเลที่ตั้งและการวางผังโรงงานด้วยคอมพิวเตอร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

มนัส สังวรศิลป์ และ วรรัตน์ ภัทรอมกุล. 2543. คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: อินโฟเพรส.

วราภรณ์ จิรเกษมสุข. 2544. การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงานที่มีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากัน ด้วยการกำหนดรูปร่างลักษณะแผนกที่แน่นอน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันวิสาข์ นิ่มมะโน. 2544. การประยุกต์ใช้ฟัซซี่เจนเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบฟัซซี่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิวพล วุฒิพงศ์ประเสริฐ. 2544. การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุธรรม ศรีเกษม, เมธินทร์ ทรงชัยกุล และ สง่า ศรีศุภปรีดา. (ม.ป.ป.). MATLAB เพื่อการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์. ปทุมธานี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต.

สมศักดิ์ ตรีสัตย์. 2535. การออกแบบและวางผังโรงงาน. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

ภาษาอังกฤษ

Arapoglu, R.A., Norman, B.A., and Smith A.E. 2001. Locating input and output points infacilities design-Acomparison of constructive, evolutionary, and exact methods. IEEE. Vol.5 No.3:192-203.

Bramlette, M.F. 1989. Initialization, mutation and selection methods in genetic algorithms for function optimization. Proc. third Int. Conf. on Genetic Algorithm. 100-107.

Chan, K.C., and Tansri, H. 1994. A study of genetic crossover operations on the facility layout problems. Computers Industrial Engineering. Vol.26 No.3: 537-550.

Chapman, S.J. 2002. MATLAB Programming for Engineers. Second edition. Canada. Books/Cole.

Chen, C.W., and Sha, D.Y. 1999. A design approach to the multi-objective facility layout problem. International Journal Production Research. Vol.37 No.5:1175-1196.

Chu, P.C., and Beasley, J.E. 1997. A genetic algorithm for the generalized assignment problem. Computer Operation Research. Vol.24 No.1:17-23.

Coello, C.A. and Christiansen, A.D. (n.d.). MOSES: A multiobjective optimization tool for engineering design. Tulane University, LA, USA.

Dweiri, F. 1999. Fuzzy development of crisp activity relationship charts for facilities layout. Computers & Industrial Engineering. 36:1-16

Fonseca, C.M. and Flemmimg, P.J. (n.d.). Genetic algorithms for multiobjective optimization: Formulation, discussion and generalization. http://www.shef.ac.uk/projects/gaipp/mogas.html.

Fransis, R.L., McGinnis, L.F., and White, J. 1992. Facility layout and location: An analytical approach. 2nd ed.(n.p.): Prentice Hall.

Gen, M. and Cheng, R. 1997. Genetic algorithm and engineering design. New York: John Wiley & Sons.

Gen, M. And Cheng, R. 2000. Genetic algorithms and engineering optimization. USA. John Wiley & Sons.

Heragu, S.S. 1997. Facilities design. Boston: PWS Publishing.

Islier, A.A. 1998. A genetic algorithm approach for multiple criteria facility layout design. International Journal Production Research. Vol.36 No.6:1549-1569.

Karray, F., Zaneldin, E., Hegazy, T., Shabeeb, A., and Elbeltagi, E. 2000. Computational intelligence tools for solving the facilities layout planning problem. Proceedings of the American Control Conference. Chicago, Illinoise.

Kochhar, J.S., Foster, B.T., and Heragu, S.S. 1998. HOPE: A genetic algorithm for the unequal area facility layout problem. Computer Operation Research. Vol.25 No.7/8:583-594.

Kubota, N. et.al. 1996. Virus-evolutionary genetic algorithm for a self-organizing manufacturing system. Computer Industrial Engineering. Vol.30 No.3:397-409.

Levitin, V., and Rubinovitz, J. 1993. Genetic algorithm for linear and cyclic assignment problem. Computer Operation Research. Vol.20 No.6.

Li, H., and Love, P.E.D. 2000. Genetic search for solving construction site-level unequal-area facility layout problems. Automation in Construction. 9:217-226.

Lin, L.C., and Sharp, G.P. 1999. Quantitative and qualitative indices for the plant layout evaluation problem. European Journal of Operational Research. 116:100-117.

Michalewicz, Z. 1992. Genetic Algorithms + Data Structure = Evolution Program 3rd rev and extended. New York: Springer Verlag Berlin Heidelberg.

Montgomery, D.C., Design and Analysis of Experiments. 5th Edition. NY. John Wiley & Sons 2000.

Schaffer, J.D., and Eshelman, L.J. (n.d.). On crossover as an evolutionarily viable strategy. Proc. third Int. Conf. On Genetic Algorithms. George Mason University.

Sessomboon, W., Nakano, H., Irohara, T., and Yoshimoto, K. 1997. A technique of dynamic layout problem with fixed and rectangular departments. JSME. Volumn C No.63-615:354-360.

Starkweather, T., Mcdaniel, S., Mathias, K., and Whitley, D. (n.d.). A comparison of genetic sequencing operators. Colorado State University, Fort Collins.

Suresh, G., Vinod, V.V., and Sahu, S. 1995. A genetic algorithm for facility layout. International Journal Production Research. Vol.33 No.12:3411-3423.

Tam, K.Y. 1992. Genetic algorithms, function optimization, and facility layout design.

Tate, D.M. and Smith, A.E. 1994. Unequal area facility layout using genetic search. AIIE Transaction. (April).

Tate, D.M. and Smith, A.E. 1995. A genetic approach to the quadratic assignment problem. Computer Operation Research. Vol.22 No.1:73-83.

Tompkins, J.A., White, J.A., et al. 1996. Facilities planning. 2nd ed. USA:John Wiley & Sons.

Venkataraman, P. 2002. Applied Optimization with MATLAB Programming. United States of America. Wiley & Sons.

Wu, X., Chu, C., Wang, Y., and Yan, W. 2002. A genetic algorithms for integrated cell formation and layout decisions. IEEE. 0-7803-7282-4/02.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

Quadratic Assignment Problem

เนื้อหาในภาคผนวกนี้กล่าวถึง รูปแบบปัญหา QAP (Quadratic Assignment Problem) (Kusiak, 1990) และตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง รวมถึงรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้

Koopmans และ Beckman (1957) เสนอแบบจำลองการจัดผังโรงงานในรูปของการไหลของวัสดุของแผนกต่างๆ ซึ่งแบบจำลองนี้นำไปสู่รูปแบบปัญหา QAP โดยกำหนดให้

n = จำนวนแผนกต่างๆหรือจำนวนพื้นที่

a_{ij} = รายได้จากการดเนิการของแผนก i ที่ตำแหน่ง j

f_{ik} = การไหลของวัสดุจากแผนก i ไปแผนก k

c_{ji} = ค่าขนส่งหน่วยวัสดุ (unit of material) j ไปตำแหน่ง i

x_{ij} = 1 (ถ้าแผนก i อยู่ที่ตำแหน่ง j), 0 (ถ้าแผนก i ไม่อยู่ที่ตำแหน่ง j)

โดยมีข้อสมมติเพิ่มเติม คือ

a_{ij} เป็นรายได้รวม (Total Revenue) หักค่าลงทุนเริ่มแรก แต่ไม่รวมถึงค่าขนส่งวัสดุระหว่างแผนก

f_{ik} ไม่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแผนกต่างๆ

c_{ji} ไม่ขึ้นอยู่กับแผนกต่างๆ และค่าขนส่งโดยตรงจากแผนก i ไปยังแผนก k และถูกกว่าที่จะขนส่งผ่านแผนกที่ 3 ก่อน

จากตัวแปรที่กล่าวมาแล้ว สามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการได้เป็น

$$\max \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_{ij} - \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\sum_{l=1}^{n} f_{ik}c_{jl}x_{ij}x_{kl} \qquad (1)$$

โดยที่

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1; \qquad i = 1, \ldots, n \qquad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1; \qquad j = 1, \ldots, n \qquad (3)$$

x_{ij} = 0 หรือ 1; $\qquad i = 1, \ldots, n\ ,\ j = 1, \ldots, n \qquad (4)$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ้า a_{ij} เป็นค่าใช้จ่ายของการสร้าง และดำเนินการของแผนก i ตำแหน่ง j แทนที่จะเป็นรายได้โดยรวมของแผนก i ตำแหน่ง j สมการที่(1) อาจเขียนได้ใหม่เป็นดังสมการที่ (1a)

$$\min \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_{ij} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\sum_{l=1}^{n} f_{ik}c_{jl}x_{ij}x_{kl} \qquad (1a)$$

Lawer (1963) ได้พิจารณาถึงค่าพารามิเตอร์ b_{ikj} โดยที่

a_{ij} = ต้นทุนคงที่แผนก i ตำแหน่ง j

f_{ik} = การไหลของวัสดุระหว่างแผนก i ไปยังแผนก k

c_{jl} = ต้นทุนการไหลของวัสดุจากตแหน่ง j ไปตำแหน่ง l

และ

$b_{ikj} = f_{ik}c_{jl} + a_{ij}$ ถ้า $i = k$ และ $j = l$

$= f_{ik}c_{jl}$ ถ้า $i \neq k$ และ $j \neq l$

เมื่อแทนค่า b_{ikj} ลงในสมการ (1a) จะได้ว่า

$$\min \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\sum_{l=1}^{n} b_{ijkl}x_{ij}x_{kl} \qquad (1b)$$

จากสมการที่ผ่านมาสามารถกล่าวได้ว่า $i \neq k$ หมายความว่า $j \neq l$ ถ้า $j \neq l$ หมายความว่า $l \neq k$ ถ้า $i = k$ หมายความว่า $j = l$ หมายความว่า $l = k$ เนื่องจากสมการที่ (2) และ (3) ดังนั้นจำนวนแผนกต่างๆจึงกำหนดให้เท่ากับตำแหน่งที่ตั้ง หรือในบางปัญหาจำนวนแผนกอาจน้อยกว่าจำนวนที่ตั้ง (Steinberg, 1961) โดยให้บางแผนกเป็นสถานีหุ่น (Dummy) และกำหนดให้มีปริมาณการไหลเป็นศูนย์

ถ้า a_{ij} มีค่าเป็นศูนย์หรือเหมือนกัน (Identical) สมการที่ (1a) สามารถลดรูปได้เป็น

$$\min \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\sum_{l=1}^{n} f_{ik}c_{jl}x_{ij}x_{kl} \qquad (1c)$$

เนื่องจากสมการสามารถแสดงได้หลายรูปแบบ และโดยส่วนมากแล้วสมการที่ (1c) และสมการบังคับที่ (2) ถึง (4) ถูกเรียกว่า Quadratic Assignment Problem

ปัญหา QAP กับสมการ (1a) และสมการบังคับที่ (2) ถึง (4) ได้นำมาใช้ร่วมกับแบบจำลองของปัญหาการจัดผังโรงงาน (Bazarra (1975) และ Burgard และ Stratman (1978)) แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าปัญหาการจัดผังโรงงานทั้งหมดจะอยู่ในรูปของ QAP ยกตัวอย่างเช่น การจัดวางตำแหน่งของเครื่องจักรในโรงงานโดยที่ไม่ทราบตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องจักร ปัญหานี้ไม่สามารถที่จะหาคำตอบได้ เนื่องจากไม่ทราบระยะทางที่แน่นอน และระยะทางของตำแหน่ง *j* กับ *l* จะมีความสัมพันธ์กับเครื่องจักรอื่นๆด้วย

ในบางสถานการณ์ ปัญหาการจัดผังโรงงานก็อาจพบกับปัญหาที่ขนาดพื้นที่ของแต่ละแผนกไม่เท่ากัน ถ้าเป็นเช่นนั้นแล้วการสลับตำแหน่งเพื่อทำการปรับปรุงผังโรงงานก็จะทำได้ยาก ผังโรงงานที่มีขนาดพื้นที่ของแต่ละแผนกไม่เท่ากัน สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังสมการที่ (5)

$$\min \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\sum_{l=1}^{n} f_{ik} c_{jl}^{K} x_{ij} x_{kl} \qquad (5)$$

โดยที่

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1; \qquad i = 1, \ldots, n \qquad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1; \qquad j = 1, \ldots, n \qquad (7)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ หรือ } 1; \qquad i = 1, \ldots, n \text{ , } j = 1, \ldots, n \qquad (8)$$

โดยที่ c_{jl}^{K} คือค่าขนส่งของหน่วยวัสดุจากตำแหน่ง *j* ไปยังตำแหน่ง *l* ภายใต้การจัดเรียง *K* และสมการบังคับที่ (6) ถึง (8) เป็นไปเช่นเดียวกับ (2) ถึง (4)

ให้ *K* เป็นวิธีการจัดเรียงทั้งหมดที่เป็นไปได้ และขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ของแต่ละแผนก ซึ่งไม่จำเป็นต้องเท่ากับ *n!* เนื่องจากว่าผังโรงงานบางผังอาจมีขนาดเท่ากัน ซึ่งไม่ต้องทำการคำนวณทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ปัญหา NP-hard

ปัญหา NP-hard คือปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบยาวนานและเวลาในการหาคำตอบจะเพิ่มมากขึ้นเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่เหมาะกับการหาคำตอบด้วยวิธีการแบบตรงไปตรงมาในทางปฏิบัติ และโดยทั่วไปแล้วจะใช้ฮิวริสติกในการแก้ปัญหาประเภทนี้เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีถึงแม้ว่าจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดก็ตาม

ลักษณะของปัญหาแบบ NP-hard จะอยู่ในรูปของ $f(V)$ (Time Complexity Function) ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นที่ใช้แสดงถึงเวลาสูงสุดของปัญหาที่มีขนาด V ตัวอย่างของเวลาในการคำนวณแสดงได้ดังตารางที่ ก.1 เช่น เวลาที่ใช้ในการคำนวณของรูปแบบปัญหาที่มีฟังก์ชั่น $f(V)=V$ โดยกำหนดให้ V ขนาดเท่ากับ 10 และกำหนดให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละขั้นตอนเท่ากับ 1 ไมโครวินาทีดังนั้นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณทั้งหมดเท่ากับ 10 ไมโครวินาที (1x10) แต่ถ้าปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น เวลาที่ใช้ก็จะเพิ่มมากขึ้นเป็นแบบเส้นตรง แต่ถ้าปัญหาที่มีค่าของ $f(V)$ เป็น 2^V 3^V และ $V!$ เวลาที่ใช้จะเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

ตารางที่ ข.1 *เวลาในการคำนวณที่อยู่ในรูป Time Complexity Function โดยมีสมมติฐานว่าการคำนวณในแต่ละครั้งใช้เวลา 1 ไมโครวินาที*

Time Complexity Function	V					
$f(V)$	10	20	30	40	50	60
V	0.00001 sec	0.00002 sec	0.00003 sec	0.00004 sec	0.00005 sec	0.00006 sec
V^2	0.001 sec	0.0004 sec	0.0009 sec	0.0016 sec	0.0025 sec	0.0036 sec
V^5	0.1 sec	3.2 sec	24.3 sec	1.7 min	5.2 min	13 min
V^{10}	2.7 hr	118.5 days	18.7 yrs	3.3 centuries	30.9 centuries	192 centuries
2^V	0.001 sec	1.0 sec	17.9 min	12.7 days	35.7 yrs	366 centuries
3^V	0.59 sec	58 min	6.5 yrs	3855 centuries	$2*10^8$ centuries	$1.3*10^{13}$ centuries
$V!$	3.6 sec	770 centuries	$8.4*10^{16}$ yrs	$2.5*10^{32}$ centuries	$9.6*10^{48}$ centuries	$2.6*19^{66}$ centuries

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมมติให้มีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์จากตัวอย่างที่ผ่านมา 1,000 เท่า ถ้าปัญหาไม่มีความซับซ้อนมากนักและให้ระยะเวลาในการคำนวณเท่ากับเครื่องคอมพิวเตอร์จากปัญหาที่ผ่านมา ถ้าปัญหาที่มีฟังก์ชัน ν ก็สามารถทำให้เวลาในการคำนวณเร็วขึ้น 1,000 เท่า แต่ถ้าปัญหามีความซับซ้อนมากคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงก็สามารถช่วยในการคำนวณได้เร็วขึ้นในระดับหนึ่ง เช่นปัญหาที่มีฟังก์ชั่นเป็น $\nu!$ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการคำนวณเร็วกว่า 1,000 เท่า ช่วยให้การคำนวณได้เร็วขึ้นเล็กน้อย ดังตัวอย่างในตารางที่ ก.2

***ตารางที่ ข.2** ขนาดของปัญหาในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่า 1000 เท่า*

Time Complexity Function	ขนาดของปัญหาที่ถูกแก้	
	คอมพิวเตอร์ธรรมดา	คอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่า 1000 เท่า
ν	ν_1	$1000\nu_1$
ν^2	ν_2	$31.62\nu_2$
ν^5	ν_3	$3.98\nu_3$
ν^{10}	ν_4	$1.99\nu_4$
2^ν	ν_5	ν_5+10
3^ν	ν_6	ν_6+6
$\nu!$	ν_7	ν_7+3 $\quad \nu_7 \leq 10$ ν_7+2 $\quad 10 < \nu_7 \leq 30$ ν_7+1 $\quad 30 < \nu_7 \leq 1000$

ปัญหา NP-hard เป็นปัญหาที่ใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบยาวนาน ดังนั้นการหาคำตอบด้วยวิธีการแบบตรงไปตรงมาจึงเป็นไปได้ลำบาก และถึงแม้จะมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงมาช่วยในการคำนวณก็สามารถช่วยได้ในระดับหนึ่ง วิธีการหาคำตอบของปัญหารูปแบบนี้ได้แก่การใช้ฮิวริสติก หรือ อัลกอริทึมต่างๆมาช่วยใช้ในการหาคำตอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

รายละเอียดของปัญหาในงานวิจัย

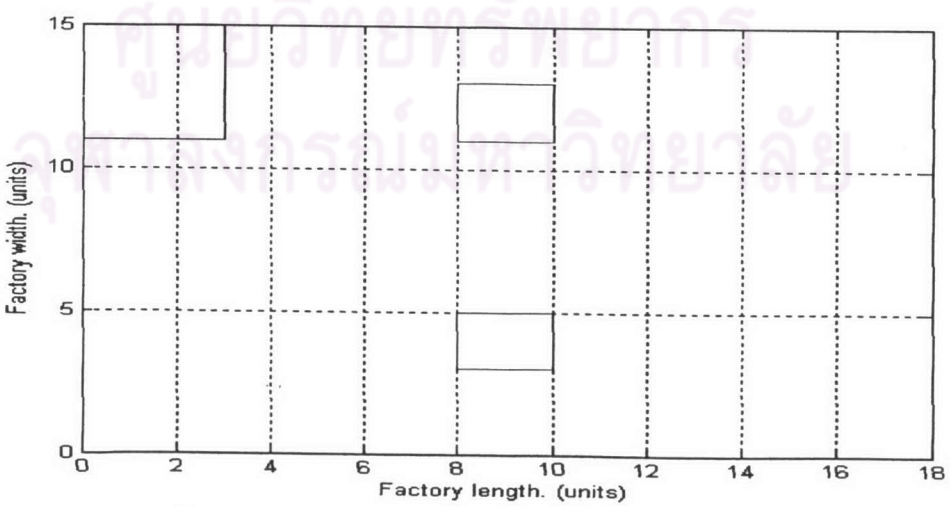
ค. 1 ปัญหาที่มีแผนกจำนวน 6 แผนก

รายละเอียดในหัวข้อนี้จะใช้กับปัญหา 3 ปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาที่ 1 $w1 = 0.25$, $w2 = 0.25$ และ $w3 = 0.5$
2. ปัญหาที่ 2 $w1 = 0.5$, $w2 = 0.25$ และ $w3 = 0.25$
3. ปัญหาที่ 3 $w1 = 0.25$, $w2 = 0.5$ และ $w3 = 0.25$

ตารางที่ ค.1 *ข้อมูลขนาดผังโรงงานจำนวน 6 แผนก*

หัวข้อ	รายละเอียด
1. ตำแหน่งแกน X-Y ของมุมต่างๆของผังโรงงาน	มุม1(0,0) มุม2(0,11) มุม3(3,11) มุม4(3,15) มุม 5(18,15) และมุม6(18,0)
2. จำนวนพื้นที่ตายตัว 2 พื้นที่ (พื้นที่ละ 4 ตารางหน่วย)	1) *พื้นที่ที่ 1* ตำแหน่งแกน X-Y คือ มุม1(8,3) มุม 2(8,5) มุม3(10,5) และมุม4(10,3) 2) *พื้นที่ที่ 2* ตำแหน่งแกน X-Y คือ มุม1(8,11) มุม 2(8,13) มุม3(10,13) และมุม4(10,11)



รูปที่ ค.1 *รูปแบบของผังโรงงานสำหรับปัญหาแผนก 6 แผนก*

ตารางที่ ค.2 *ข้อมูลความต้องการพื้นที่ของแต่ละแผนก*

และรายละเอียดต่างๆ จำนวน 6 แผนก

แผนก	พื้นที่ (ต.ร. หน่วย)	แผนกที่มีรูปร่างคงที่		แผนกที่มีที่ตั้งคงที่		พื้นที่ที่เล็กที่สุด		อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้าง
		ความยาวแกน X	ความยาวแกน Y	ตำแหน่งแกน X	ตำแหน่งแกน Y	ความยาวแกน X	ความยาวแกน Y	
1	50	-	-	14	13	1	2	4
2	21	3	7	-	-	-	-	4
3	46	-	-	-	-	2	1	4
4	44	-	-	-	-	1	2	4
5	55	-	-	-	-	1	2	4
6	42	-	-	-	-	1	2	4
รวม	258							

หมายเหตุ - พื้นที่ของแผนกได้คำนึงถึงทางเดิน และพื้นที่ตายตัวแล้ว

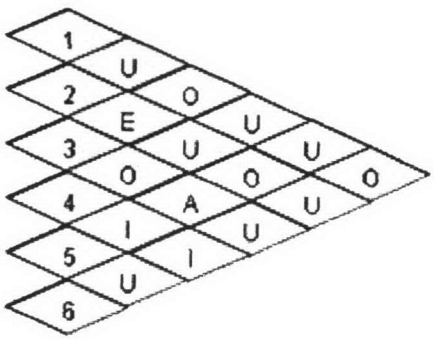
- แผนกที่ 2 ที่เป็นแผนกที่มีรูปร่างคงที่ให้วางที่มุมขวาล่างของผังโรงงาน

ตารางที่ ค.3 *แผนภูมิการไหลระหว่างแผนก (เที่ยว) จำนวน 6 แผนก*

จาก-ไป	1	2	3	4	5	6
1	0	63	605	551	116	136
2	63	0	635	941	50	191
3	104	71	0	569	136	55
4	65	193	622	0	77	90
5	162	174	607	591	0	179
6	156	13	667	611	175	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนก



A: 81

E: 27

I : 9

O: 3

U: 1

X: -243

รูปที่ ค.2 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกจำนวน 6 แผนก

- ค่าใช้จ่ายของการขนถ่ายเท่ากับ 1 หน่วย/เที่ยว
- คิดระยะทางระหว่างจุดเซ็นทรอยด์ของแต่ละแผนกแบบเรคติลิเนียร์
- ความกว้างของแถบที่น้อยที่สุดเท่ากับ 3
- ความกว้างของแถบที่มากที่สุดเท่ากับ 9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

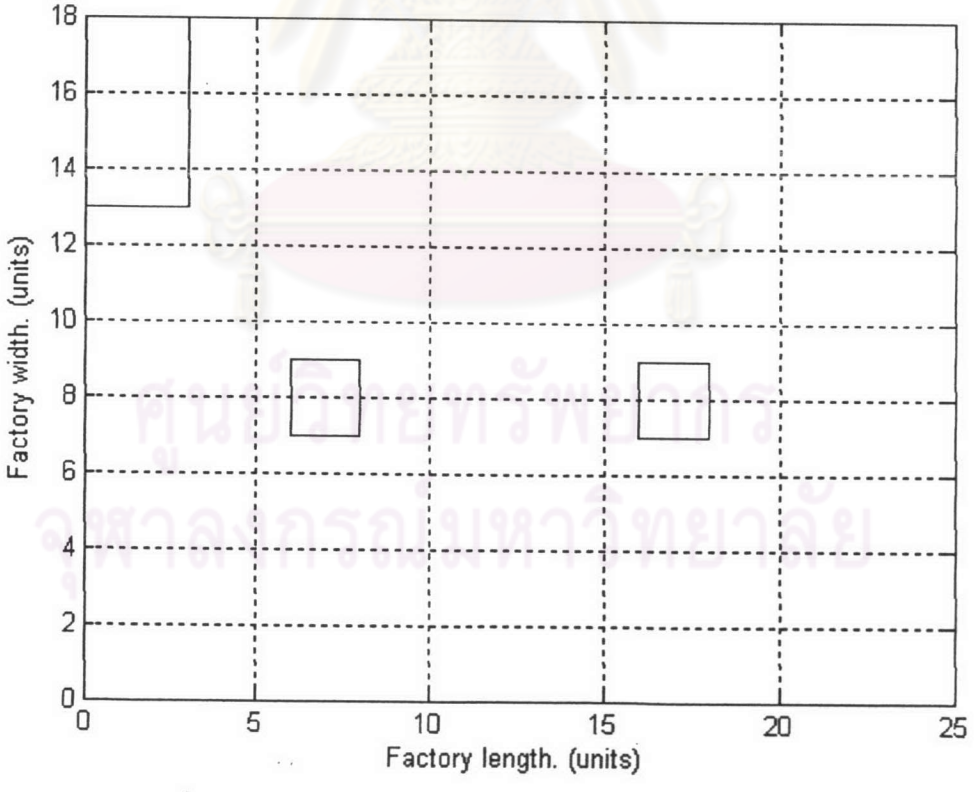
ค. 2 ปัญหาที่มีแผนกจำนวน 10 แผนก

รายละเอียดในหัวข้อนี้จะใช้กับปัญหา 3 ปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาที่ 4 *w1* = 0.25, *w2* = 0.25 และ *w3* = 0.5
2. ปัญหาที่ 5 *w1* = 0.5, *w2* = 0.25 และ *w3* = 0.25
3. ปัญหาที่ 6 *w1* = 0.25, *w2* = 0.5 และ *w3* = 0.25

***ตารางที่ ค.4** ข้อมูลขนาดผังโรงงานจำนวน 10 แผนก*

หัวข้อ	รายละเอียด
1. ตำแหน่งแกน X-Y ของมุมต่างๆของผังโรงงาน	มุม1(0,0) มุม2(0,13) มุม3(3,13) มุม4(3,18) มุม 5(25,18) และมุม6(25,0)
2. จำนวนพื้นที่ตายตัว 2 พื้นที่ (พื้นที่ละ 4 ตารางหน่วย)	1) *พื้นที่ที่ 1* ตำแหน่งแกน X-Y คือ มุม1(6,7) มุม 2(6,9) มุม3(8,9) และมุม4(8,7) 2) *พื้นที่ที่ 2* ตำแหน่งแกน X-Y คือ มุม1(16,7) มุม 2(16,9) มุม3(18,9) และมุม4(18,7)



***รูปที่ ค.3** รูปแบบของผังโรงงานสำหรับปัญหาแผนก 10 แผนก*

ตารางที่ ค.5 *ข้อมูลความต้องการพื้นที่ของแต่ละแผนก*

และรายละเอียดต่างๆ จำนวน 10 แผนก

แผนก	พื้นที่ (ต.ร. หน่วย)	แผนกที่มีรูปร่างคงที่		แผนกที่มีที่ตั้งคงที่		พื้นที่ที่เล็กที่สุด		อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้าง
		ความยาวแกน X	ความยาวแกน Y	ตำแหน่งแกน X	ตำแหน่งแกน Y	ความยาวแกน X	ความยาวแกน Y	
1	48	-	-	-	-	1	2	4
2	42	-	-	-	-	1	2	4
3	46	-	-	-	-	1	2	4
4	24	4	6	-	-	-	-	4
5	40	-	-	-	-	1	2	4
6	49	-	-	24	2	1	2	4
7	48	-	-	-	-	1	2	4
8	62	-	-	12	15	1	2	4
9	48	-	-	-	-	1	2	4
10	28	7	4	-	-	-	-	4
รวม	435							

หมายเหตุ - พื้นที่ของแผนกได้คำนึงถึงทางเดิน และพื้นที่ตายตัว

- แผนกที่ 4 ที่เป็นแผนกที่มีรูปร่างคงที่ให้วางที่มุมขวาบนของผังโรงงาน

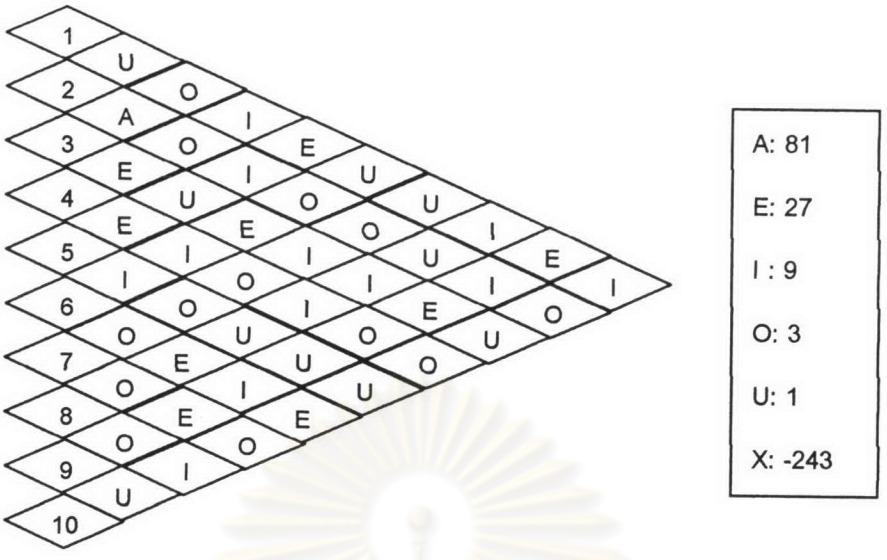
- แผนกที่ 10 ที่เป็นแผนกที่มีรูปร่างคงที่ให้วางที่มุมซ้ายล่างของผังโรงงาน

ตารางที่ ค.6 *แผนภูมิการไหลระหว่างแผนก (เที่ยว) จำนวน 10 แผนก*

จาก - ไป	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	4	2	0	0	0	0	0	1	0
2	18	0	0	0	12	4	0	0	0	4
3	1	2	0	20	0	0	0	0	0	0
4	1	1	8	0	0	8	4	9	2	2
5	0	0	0	0	0	20	9	0	2	0
6	0	0	0	4	15	0	8	0	2	0
7	0	0	0	8	4	8	0	0	2	0
8	0	0	0	0	6	0	0	0	2	0
9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
10	0	0	0	2	0	0	1	2	2	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนก



***รูปที่ ค.4** แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกจำนวน 10 แผนก*

- ค่าใช้จ่ายของการขนถ่ายเท่ากับ 1 หน่วย/เที่ยว
- คิดระยะทางระหว่างจุดเซ็นทรอยด์ของแต่ละแผนกแบบเรคติลิเนียร์
- ความกว้างของแถบที่น้อยที่สุดเท่ากับ 3
- ความกว้างของแถบที่มากที่สุดเท่ากับ 9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

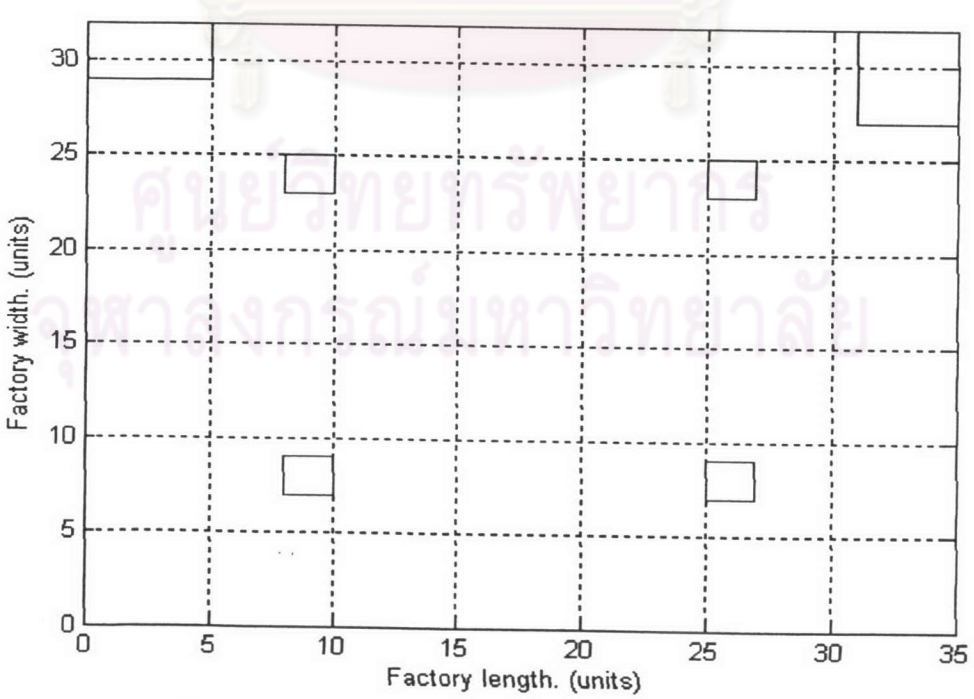
ค. 3 ปัญหาที่มีแผนกจำนวน 20 แผนก

รายละเอียดในหัวข้อนี้จะใช้กับปัญหา 3 ปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาที่ 7 *w1* = 0.25, *w2* = 0.25 และ *w3* = 0.5
2. ปัญหาที่ 8 *w1* = 0.5, *w2* = 0.25 และ *w3* = 0.25
3. ปัญหาที่ 9 *w1* = 0.25, *w2* = 0.5 และ *w3* = 0.25

***ตารางที่ ค.7** ข้อมูลขนาดผังโรงงานจำนวน 20 แผนก*

หัวข้อ	รายละเอียด
1. ตำแหน่งแกน X-Y ของมุมต่างๆของผังโรงงาน	มุม1(0,0) มุม2(0,29) มุม3(5,29) มุม4(5,32) มุม 5(31,32) มุม6(31,27) มุม7(35,27) และมุม8(35,0)
2. จำนวนพื้นที่ตายตัว 4 พื้นที่ (พื้นที่ละ 4 ตารางหน่วย)	1) *พื้นที่ที่ 1* ตำแหน่งแกน X-Y คือ มุม1(8,7) มุม 2(8,9) มุม3(10,9) และมุม4(10,7) 2) *พื้นที่ที่ 2* ตำแหน่งแกน X-Y คือ มุม1(8,23) มุม 2(8,25) มุม3(10,25) และมุม4(10,23) 3) *พื้นที่ที่ 3* ตำแหน่งแกน X-Y คือ มุม1(25,23) มุม 2(25,25) มุม3(27,25) และมุม4(27,23) 4) *พื้นที่ที่ 4* ตำแหน่งแกน X-Y คือ มุม1(25,7) มุม 2(25,9) มุม3(27,9) และมุม4(27,7)



***รูปที่ ค.5** รูปแบบของผังโรงงานสำหรับปัญหาแผนก 20 แผนก*

ตารางที่ ค.8 *ข้อมูลความต้องการพื้นที่ของแต่ละแผนก*

และรายละเอียดต่างๆ จำนวน 20 แผนก

แผนก	พื้นที่ (ต.ร. หน่วย)	แผนกที่มีรูปร่างคงที่		แผนกที่มีที่ตั้งคงที่		พื้นที่ที่เล็กที่สุด		อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้าง
		ความยาวแกน X	ความยาวแกน Y	ตำแหน่งแกน X	ตำแหน่งแกน Y	ความยาวแกน X	ความยาวแกน Y	
1	40	-	-	-	-	1	2	4
2	40	-	-	-	-	1	2	4
3	60	-	-	-	-	1	2	4
4	28	4	7	-	-	-	-	4
5	60	-	-			1	2	4
6	60	-	-	-	-	1	2	4
7	40	-	-	-	-	1	2	4
8	60	-	-	-	-	1	2	4
9	40	-	-	-	-	1	2	4
10	40	-	-	-	-	1	2	4
11	40	-	-	-	-	1	2	4
12	81	-	-	29	25	1	2	4
13	36	9	4	-	-	-	-	4
14	60	-	-	-	-	1	2	4
15	60	-	-	-	-	1	2	4
16	60	-	-			1	2	4
17	60	-	-	-	-	1	2	4
18	40	-	-	-	-	1	2	4
19	60	-	-	-	-	1	2	4
20	120	-	-	12	30	1	2	4
รวม	1085							

หมายเหตุ - พื้นที่ของแผนกได้คำนึงถึงทางเดิน และพื้นที่ตายตัว

- แผนกที่ 4 ที่เป็นแผนกที่มีรูปร่างคงที่ให้วางที่มุมขวาล่างของผังโรงงาน

- แผนกที่ 13 ที่เป็นแผนกที่มีรูปร่างคงที่ให้วางที่มุมซ้ายล่างของผังโรงงาน

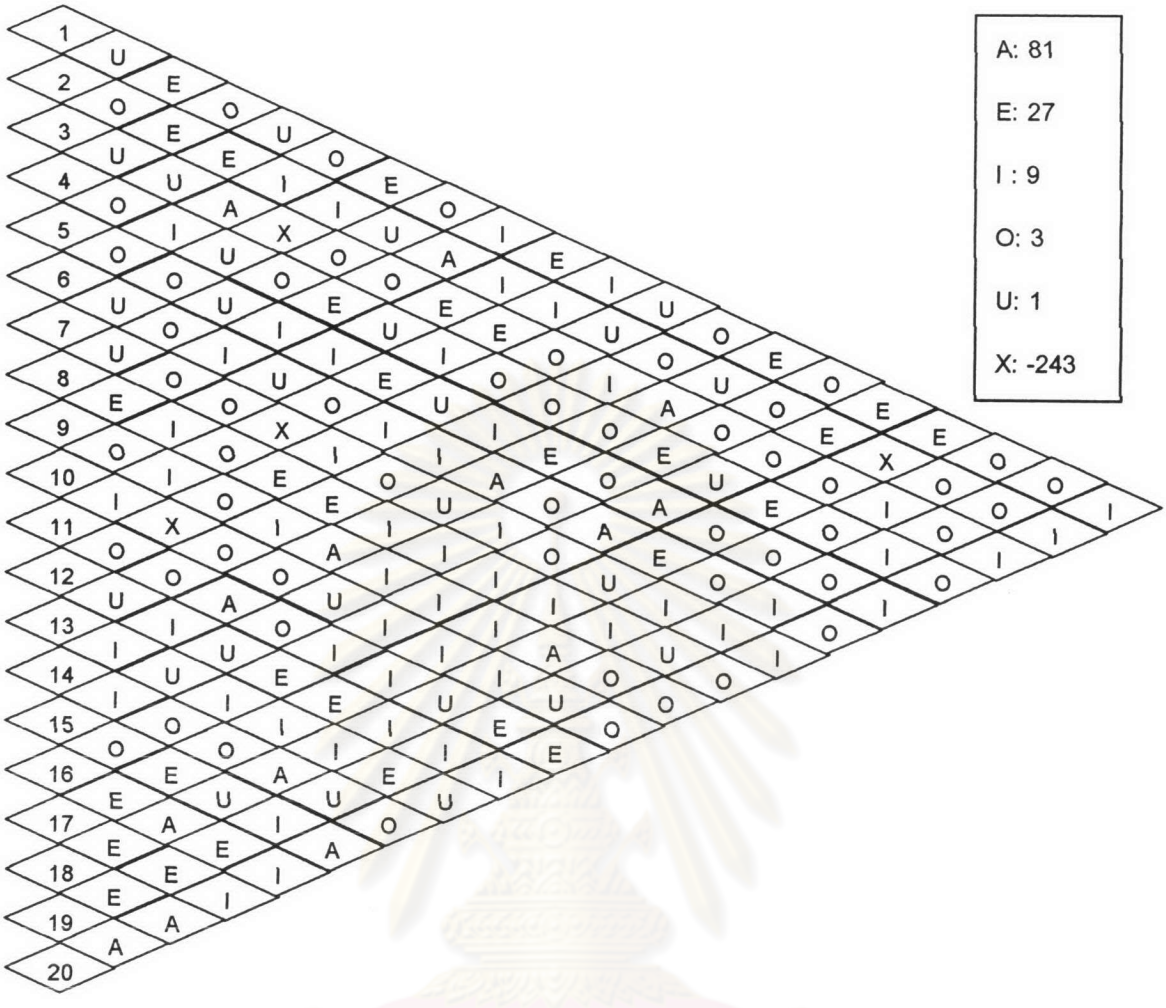
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.9 *แผนภูมิการไหลระหว่างแผนก (เที่ยว) จำนวน 20 แผนก*

จาก-ไป	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	3	2	0	0	0	9	3	0	2	0	4	0	8	0	8	0	0	3	3
2	3	0	0	3	0	0	3	5	0	0	0	8	0	1	1	9	0	0	0	0
3	2	0	0	3	0	5	6	0	0	0	8	0	0	0	0	4	4	4	4	0
4	0	3	3	0	0	1	0	0	1	1	1	5	0	0	0	0	0	2	2	2
5	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	5	0	4	0	0	0	0	0	0
6	0	0	5	1	7	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0
7	9	3	6	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	9	0	0	0	0
8	3	5	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
9	0	0	0	1	0	0	0	2	0	4	4	4	4	4	0	0	0	5	0	1
10	2	0	0	1	0	0	0	0	4	0	3	0	0	0	8	8	0	0	2	0
11	0	0	8	1	0	0	0	0	4	3	0	0	2	2	2	0	0	0	0	8
12	4	8	0	5	5	2	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	0	0	5	0	0	7	0	8	0
14	8	1	0	0	4	0	0	0	4	0	2	0	5	0	5	0	7	0	0	0
15	0	1	0	0	0	4	0	0	0	8	2	0	0	5	0	0	0	1	0	0
16	8	9	4	0	0	0	9	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	7	7	0	0	0	2	0	1
18	0	0	4	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1
19	3	0	4	2	0	0	0	0	0	2	0	8	8	0	0	0	0	0	0	1
20	3	0	0	2	0	0	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0	1	1	1	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนก



รูปที่ ค.6 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกจำนวน 20 แผนก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.10 *ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุจำนวน 20 แผนก (หน่วย/เที่ยว)*

จาก-ไป	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	3	3	0	0	0	1	1	0	9	0	9	0	9	0	9	0	0	3	3
2	3	0	0	2	0	0	8	8	0	0	0	8	0	2	2	2	0	0	0	0
3	3	0	0	2	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	2	2	2	2	0
4	0	2	2	0	0	7	0	0	1	1	1	7	0	0	0	0	0	7	7	7
5	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0
6	0	0	2	7	8	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0
7	1	8	2	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	5	0	0	0	0
8	1	8	0	0	0	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
9	0	0	0	1	0	0	0	5	0	4	5	5	5	4	0	0	0	5	0	1
10	9	0	0	1	0	0	0	0	4	0	6	0	0	0	2	5	0	0	2	0
11	0	0	2	1	0	0	0	0	5	6	0	0	2	3	3	0	0	0	0	8
12	9	8	0	7	7	2	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	2	0	0	4	0	0	7	0	4	0
14	9	2	0	0	4	0	0	0	4	0	3	0	4	0	4	0	7	0	0	0
15	0	2	0	0	0	4	0	0	0	2	3	0	0	4	0	0	0	8	0	0
16	9	2	2	0	0	0	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	7	7	0	0	0	2	0	3
18	0	0	2	7	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	8	0	2	0	0	3
19	3	0	2	7	0	0	0	0	0	2	0	4	4	0	0	0	0	0	0	3
20	3	0	0	7	0	0	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0	3	3	3	0

- คิดระยะทางระหว่างจุดเซ็นทรอยด์ของแต่ละแผนกแบบเรคติลิเนียร์
- ความกว้างของแถบที่น้อยที่สุดเท่ากับ 3
- ความกว้างของแถบที่มากที่สุดเท่ากับ 9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

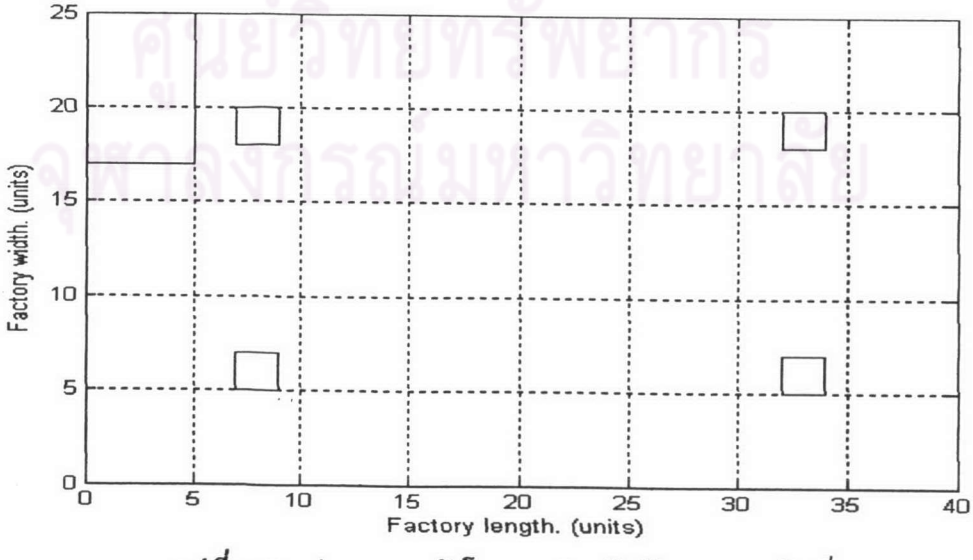
ค. 4 ปัญหาแบบฟัซซี่

รายละเอียดในหัวข้อนี้จะใช้กับปัญหา 5 ปัญหา โดยมี *w1* = 0.5, *w2* = 0.25 และ *w3* = 0.25 เท่ากันทุกปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาที่ 10 กรณีดีที่สุด (Best Case)
2. ปัญหาที่ 11 กรณีใกล้เคียงดีที่สุด (Near Best Case)
3. ปัญหาที่ 12 กรณีใกล้เคียงแย่ที่สุด (Near Worst Case)
4. ปัญหาที่ 13 กรณีแย่ที่สุด (Worst Case)
5. ปัญหาที่ 14 กรณีค่าเฉลี่ย (Mean Case)

ตารางที่ ค.11 *ข้อมูลขนาดผังโรงงานของปัญหาแบบฟัซซี่*

หัวข้อ	รายละเอียด
1. ตำแหน่งแกน X-Y ของมุมต่างๆของผังโรงงาน	มุม1(0,0) มุม2(0,17) มุม3(5,17) มุม4(5,25) มุม 5(40,25) และมุม6(40,0)
2. จำนวนพื้นที่ตายตัว 4 พื้นที่ (พื้นที่ละ 4 ตารางหน่วย)	1) *พื้นที่ที่ 1* ตำแหน่งแกน X-Y คือ มุม1(7,5) มุม 2(7,7) มุม3(9,7) และมุม4(9,5) 2) *พื้นที่ที่ 2* ตำแหน่งแกน X-Y คือ มุม1(7,18) มุม 2(7,20) มุม3(9,20) และมุม4(9,18) 3) *พื้นที่ที่ 3* ตำแหน่งแกน X-Y คือ มุม1(32,18) มุม 2(32,20) มุม3(34,20) และมุม4(34,18) 4) *พื้นที่ที่ 4* ตำแหน่งแกน X-Y คือ มุม1(32,5) มุม 2(32,7) มุม3(34,7) และมุม4(34,5)



รูปที่ ค.7 *รูปแบบของผังโรงงานสำหรับปัญหาแบบฟัซซี่*

ตารางที่ ค.12 *ข้อมูลความต้องการพื้นที่ของแต่ละแผนก*

และรายละเอียดต่างๆ จำนวน 15 แผนก

แผนก	พื้นที่ (ต.ร. หน่วย)	แผนกที่มีรูปร่างคงที่		แผนกที่มีที่ตั้งคงที่		พื้นที่ที่เล็กที่สุด		อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้าง
		ความยาวแกน X	ความยาวแกน Y	ตำแหน่งแกน X	ตำแหน่งแกน Y	ความยาวแกน X	ความยาวแกน Y	
1	100	-	-	-	-	1	2	4
2	80	-	-	-	-	1	2	4
3	50	-	-	-	-	1	2	4
4	60	-	-	-	-	1	2	4
5	120	-	-	34	24	1	2	4
6	40	-	-	-	-	1	2	4
7	28	4	7	-	-	-	-	4
8	40	-	-	-	-	1	2	4
9	150	-	-	-	-	1	2	4
10	90	-	-	-	-	1	2	4
11	50	-	-	-	-	1	2	4
12	30	-	-	-	-	1	2	4
13	36	9	4	-	-	-	-	4
14	36	-	-	-	-	1	2	4
15	50	-	-	-	-	1	2	4
รวม	960							

หมายเหตุ - พื้นที่ของแผนกได้คำนึงถึงทางเดิน และพื้นที่ตายตัว

- แผนกที่ 7 ที่เป็นแผนกที่มีรูปร่างคงที่ให้วางที่มุมขวาล่างของผังโรงงาน

- แผนกที่ 13 ที่เป็นแผนกที่มีรูปร่างคงที่ให้วางที่มุมซ้ายล่างของผังโรงงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.13 แผนภูมิการไหลระหว่างแผนก (เที่ยว) จำนวน 15 แผนก

จาก-ไป	1	2	3	4	5
1	(0, 0, 0, 0)	(0, 10, 15, 18)	(0, 0, 0, 0)	(2, 5, 8, 10)	(0, 1, 4, 12)
2	(8, 10, 15, 18)	(0, 0, 0, 0)	(0, 1, 2, 3)	(2, 3, 6, 8)	(1, 2, 5 ,6)
3	(0, 0, 0, 0)	(0, 1, 2, 3)	(0, 0, 0, 0)	(8, 10, 14, 16)	(0, 2, 5, 6)
4	(2, 5, 8, 10)	(2, 3, 6, 8)	(8, 10, 14, 16)	(0, 0, 0, 0)	(0, 1, 4 ,6)
5	(0, 1, 4, 12)	(1, 2, 5, 6)	(0, 2, 5, 6)	(0, 1, 4, 6)	(0, 0, 0, 0)
6	(0, 0, 0, 0)	(0, 2, 4, 5)	(0, 0, 0, 0)	(0, 1, 3, 5)	(2, 3, 5, 8)
7	(0, 1, 2, 3)	(0, 2, 3, 6)	(1, 2, 3, 5)	(2, 5, 6, 9)	(4, 5, 7, 9)
8	(1, 2, 5, 10)	(2, 3, 5, 7)	(3, 5, 6, 7)	(0, 0, 0, 0)	(3, 5, 7, 9)
9	(1, 2, 3, 4)	(1, 2, 3, 5)	(2, 4, 6, 8)	(0, 0, 0, 0)	(0, 5, 8, 10)
10	(1, 2, 4, 5)	(0, 0, 0, 0)	(1, 5, 8, 10)	(0, 2, 4, 6)	(0, 1, 4, 6)
11	(0, 2, 3, 6)	(0, 2, 7, 8)	(0, 2, 4, 5)	(0, 1, 2, 3)	(0, 0, 0, 0)
12	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)	(1, 2, 3, 6)	(0, 0, 0, 0)	(2, 3, 6, 7)
13	(2, 4, 5, 9)	(6, 10, 12, 15)	(3, 5, 7, 9)	(1, 2, 5, 8)	(0, 0, 0, 0)
14	(0, 0, 0, 0)	(4, 5, 8, 9)	(0, 5, 8, 9)	(2, 5, 8, 9)	(3, 5, 8, 10)
15	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)	(3, 5, 10, 12)	(0, 0, 0, 0)	(2, 5, 9, 10)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือ (Best case, Near Best Case, Near Worst Case, Worst Case)

ตารางที่ ค.13 (ต่อ)

จาก-ไป	6	7	8	9	10
1	(0, 0, 0, 0)	(0, 1, 2, 3)	(1, 2, 5, 10)	(1, 2, 3, 4)	(1, 2, 4, 5)
2	(0, 2, 4, 5)	(0, 2, 3, 6)	(2, 3, 5, 7)	(1, 2, 3, 5)	(0, 0, 0, 0)
3	(0, 0, 0, 0)	(1, 2, 3, 5)	(3, 5, 6, 7)	(2, 4, 6, 8)	(1, 5, 8, 10)
4	(0, 1, 3, 5)	(2, 5, 6, 9)	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)	(0, 2, 4, 6)
5	(0, 1, 3, 5)	(4, 5, 7, 9)	(3, 5, 7, 9)	(0, 5, 8, 10)	(0, 1, 4, 6)
6	(0, 0, 0, 0)	(1, 2, 3, 4)	(0, 2, 3, 4)	(0, 1, 2, 4)	(4, 5, 6, 8)
7	(1, 2, 3, 4)	(0, 0, 0, 0)	(4, 6, 8, 10)	(0, 0, 0, 0)	(0, 1, 2, 3)
8	(0, 2, 3, 4)	(4, 6, 8, 10)	(0, 0, 0, 0)	(3, 5, 7, 8)	(0, 2, 4, 6)
9	(0, 1, 2, 4)	(0, 0, 0, 0)	(3, 5, 7, 8)	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)
10	(4, 5, 6, 8)	(0, 1, 2, 3)	(0, 2, 4, 6)	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)
11	(0, 0, 0, 0)	(4, 5, 8, 10)	(7, 10, 15, 18)	(2, 10, 12, 15)	(0, 0, 0, 0)
12	(0, 0, 0, 0)	(3, 5, 7, 9)	(0, 0, 0, 0)	(1, 5, 8, 9)	(2, 4, 6, 9)
13	(1, 2, 4, 5)	(2, 5, 6, 7)	(2, 5, 9, 10)	(5, 10, 15, 18)	(0, 0, 0, 0)
14	(3, 5, 8, 9)	(0, 1, 3, 4)	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)
15	(8, 10, 12, 15)	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)	(0, 2, 7, 8)	(4, 5, 8, 10)

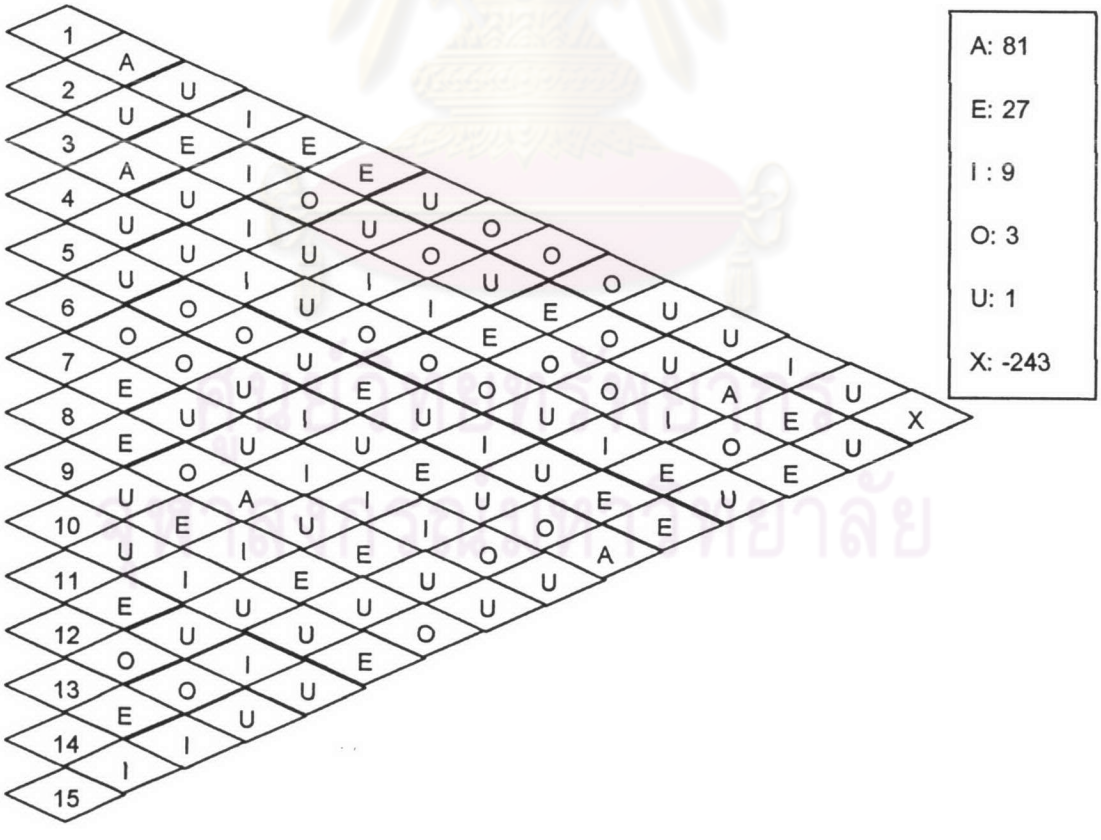
หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือ (Best case, Near Best Case, Near Worst Case, Worst Case)

ตารางที่ ค.13 *(ต่อ)*

จาก-ไป	11	12	13	14	15
1	(0, 2, 3, 6)	(0, 0, 0, 0)	(2, 4, 5, 9)	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)
2	(0, 2, 7, 8)	(0, 0, 0, 0)	(6, 10, 12, 15)	(4, 5, 8, 9)	(0, 0, 0, 0)
3	(0, 2, 4, 5)	(1, 2, 3, 6)	(3, 5, 7, 9)	(0, 5, 8, 9)	(3, 5, 10, 12)
4	(0, 1, 2, 3)	(0, 0, 0, 0)	(1, 2, 5, 8)	(2, 5, 8, 9)	(0, 0, 0, 0)
5	(0, 0, 0, 0)	(2, 3, 6, 7)	(0, 0, 0, 0)	(3, 5, 8, 10)	(2, 5, 9, 10)
6	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)	(1, 2, 4, 5)	(3, 2, 8, 9)	(8, 10, 12, 15)
7	(4, 5, 8, 9)	(3, 5, 7, 9)	(2, 5, 6, 7)	(0, 1, 3, 4)	(0, 0, 0, 0)
8	(7, 10, 15, 18)	(0, 0, 0, 0)	(2, 5, 9, 10)	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)
9	(2, 10, 12, 15)	(1, 5, 8, 9)	(5, 10, 15, 18)	(0, 0, 0, 0)	(0, 2, 7, 8)
10	(0, 0, 0, 0)	(2, 4, 6, 9)	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)	(4, 5, 8, 10)
11	(0, 0, 0, 0)	(2, 5, 8, 10)	(0, 0, 0, 0)	(3, 5, 8, 12)	(0, 0, 0, 0)
12	(2, 5, 8, 10)	(0, 0, 0, 0)	(2, 3, 5, 6)	(1, 3, 5, 7)	(0, 0, 0, 0)
13	(0, 0, 0, 0)	(2, 3, 5, 6)	(0, 0, 0, 0)	(6, 10, 14, 17)	(0, 2, 5, 8)
14	(3, 5, 8, 12)	(1, 3, 5, 7)	(6, 10, 14 ,17)	(0, 0, 0, 0)	(3, 4, 6, 7)
15	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)	(0, 2, 5, 8)	(3, 4, 6, 7)	(0, 0, 0, 0)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือ (Best case, Near Best Case, Near Worst Case, Worst Case)

แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนก



รูปที่ ค.8 *แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกจำนวน 15 แผนก*

ตารางที่ ค.14 *ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุจำนวน 15 แผนก (หน่วย/เที่ยว)*

จาก-ไป	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	4	0	4	3	0	3	2	4	5	4	0	3	0	0
2	3	0	2	2	4	2	3	3	2	0	4	0	2	2	0
3	0	5	0	3	2	0	4	3	3	3	2	3	2	2	3
4	2	3	3	0	1	1	2	0	0	2	1	0	3	3	0
5	1	3	1	1	0	1	2	2	5	2	0	1	0	1	2
6	0	3	0	5	5	0	2	2	2	4	0	0	2	1	2
7	3	3	2	2	2	1	0	3	0	3	3	1	1	2	0
8	4	3	2	0	1	3	3	0	3	3	2	0	2	0	0
9	2	2	1	0	3	2	0	2	0	0	2	2	3	0	1
10	2	0	2	3	2	2	3	2	0	0	0	2	0	0	1
11	1	1	3	2	0	0	2	3	2	0	0	2	0	5	0
12	0	0	2	0	2	0	2	0	6	2	3	0	2	2	0
13	4	1	1	2	0	2	1	3	3	0	0	1	0	1	2
14	0	2	3	2	1	2	1	0	0	0	4	3	3	0	2
15	0	0	3	0	1	1	0	0	3	5	0	0	2	2	0

- คิดระยะทางระหว่างจุดเซ็นทรอยด์ของแต่ละแผนกแบบเรคติลิเนียร์
- ความกว้างของแถบที่น้อยที่สุดเท่ากับ 3
- ความกว้างของแถบที่มากที่สุดเท่ากับ 9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

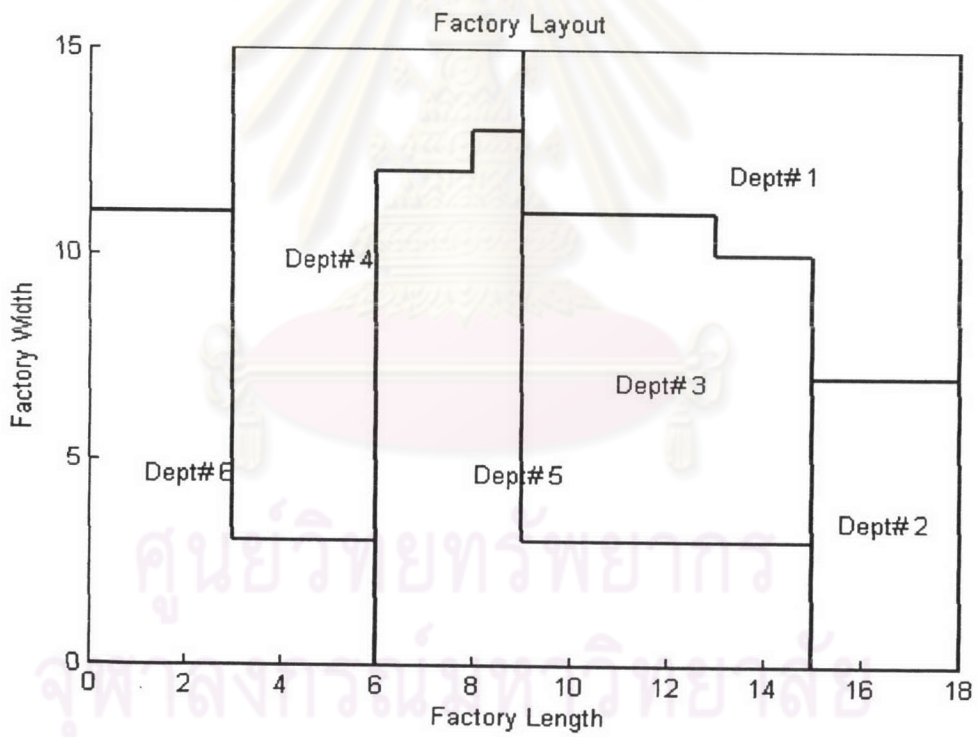
ภาคผนวก ง

ผังโรงงานคำตอบของการเปรียบเทียบคำตอบ

ง.1 ปัญหาที่ 1

ง.1.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

ง.1.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม



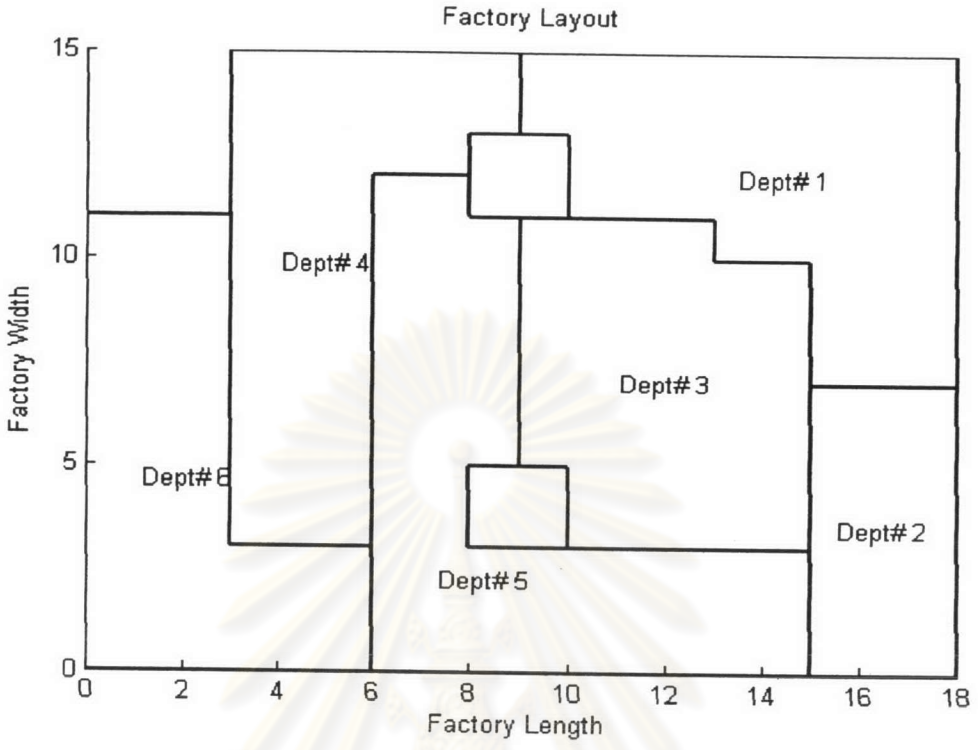
รูปที่ ง.1 *ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 1*

ง.1.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

เหมือนกับรูปที่ ง.1

ง.1.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

ง.1.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม



รูปที่ ง.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 1

ง.1.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

เหมือนกับรูปที่ ง.2

ง.2 ปัญหาที่ 2

ง.2.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

ง.2.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

เหมือนกับรูปที่ ง.1

ง.2.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

เหมือนกับรูปที่ ง.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.2.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

ง.2.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม
เหมือนกับรูปที่ ง.2

ง.2.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม
เหมือนกับรูปที่ ง.2

ง.3 ปัญหาที่ 3

ง.3.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

ง.3.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม
เหมือนกับรูปที่ ง.1

ง.3.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม
เหมือนกับรูปที่ ง.1

ง.3.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

ง.3.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม
เหมือนกับรูปที่ ง.2

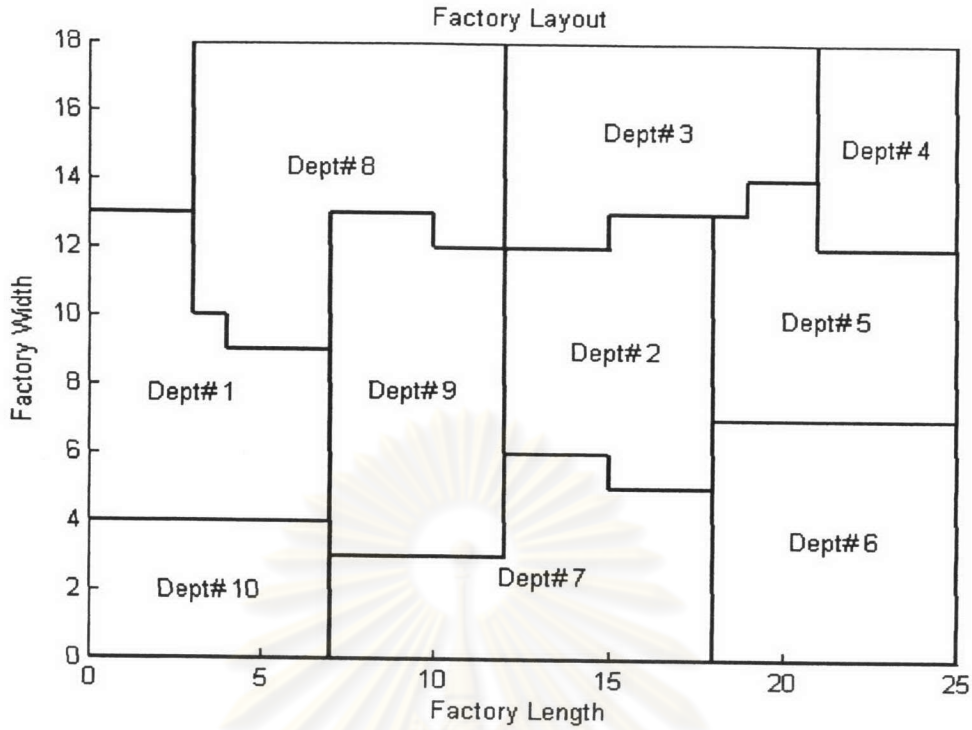
ง.3.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม
เหมือนกับรูปที่ ง.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.4 ปัญหาที่ 4

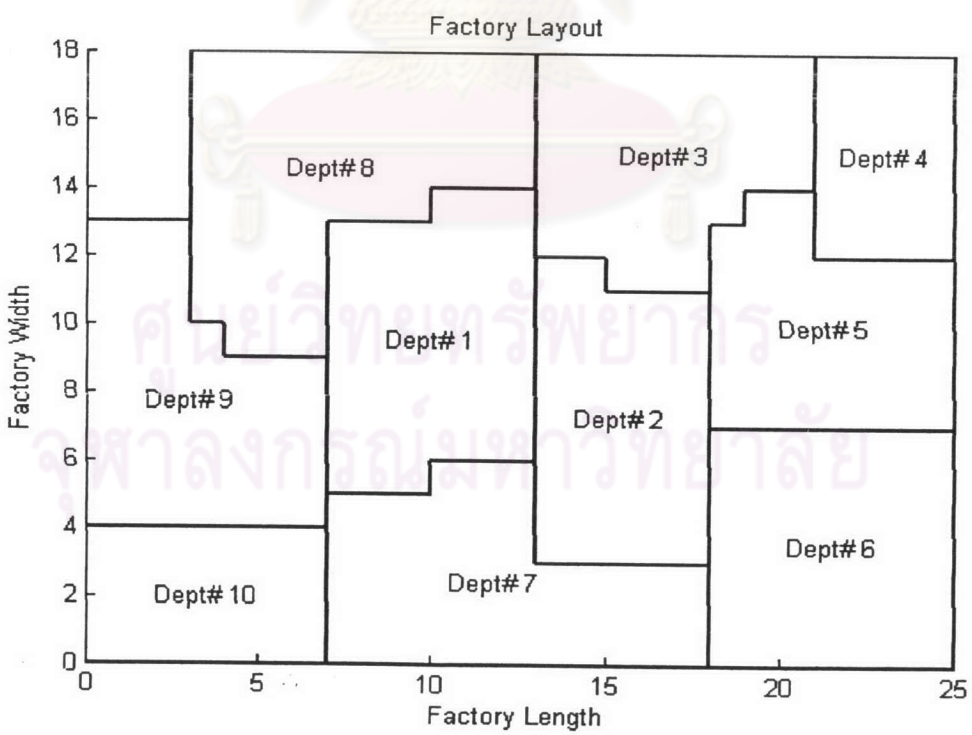
ง.4.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

ง.4.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม



รูปที่ ง.3 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 4

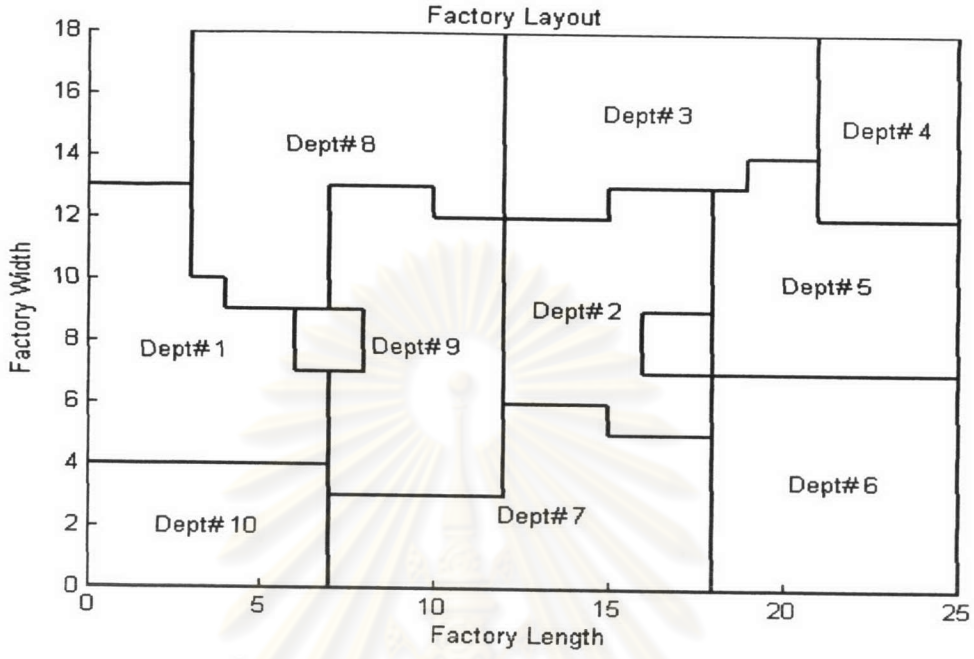
ง.4.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม



รูปที่ ง.4 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 4

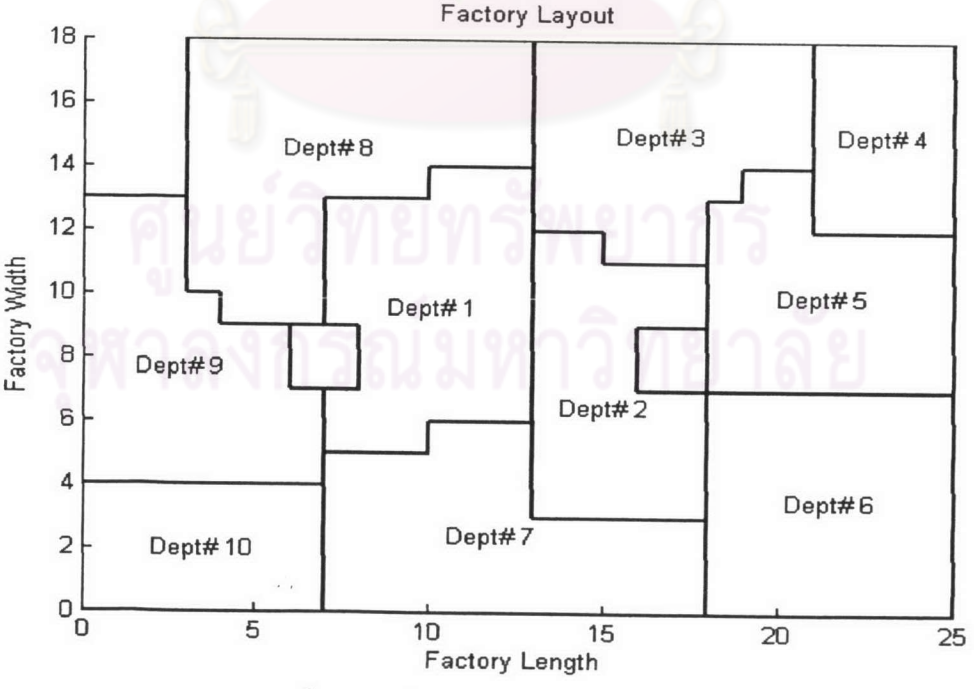
ง.4.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

ง.4.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม



รูปที่ ง.5 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 4

ง.4.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม



รูปที่ ง.6 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 4

ง.5 ปัญหาที่ 5

ง.5.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

ง.5.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม
เหมือนกับรูปที่ ง.3

ง.5.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม
เหมือนกับรูปที่ ง.4

ง.5.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

ง.5.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม
เหมือนกับรูปที่ ง.5

ง.5.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม
เหมือนกับรูปที่ ง.6

ง.6 ปัญหาที่ 6

ง.6.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

ง.6.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม
เหมือนกับรูปที่ ง.3

ง.6.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม
เหมือนกับรูปที่ ง.4

ง.6.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

ง.6.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม
เหมือนกับรูปที่ ง.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

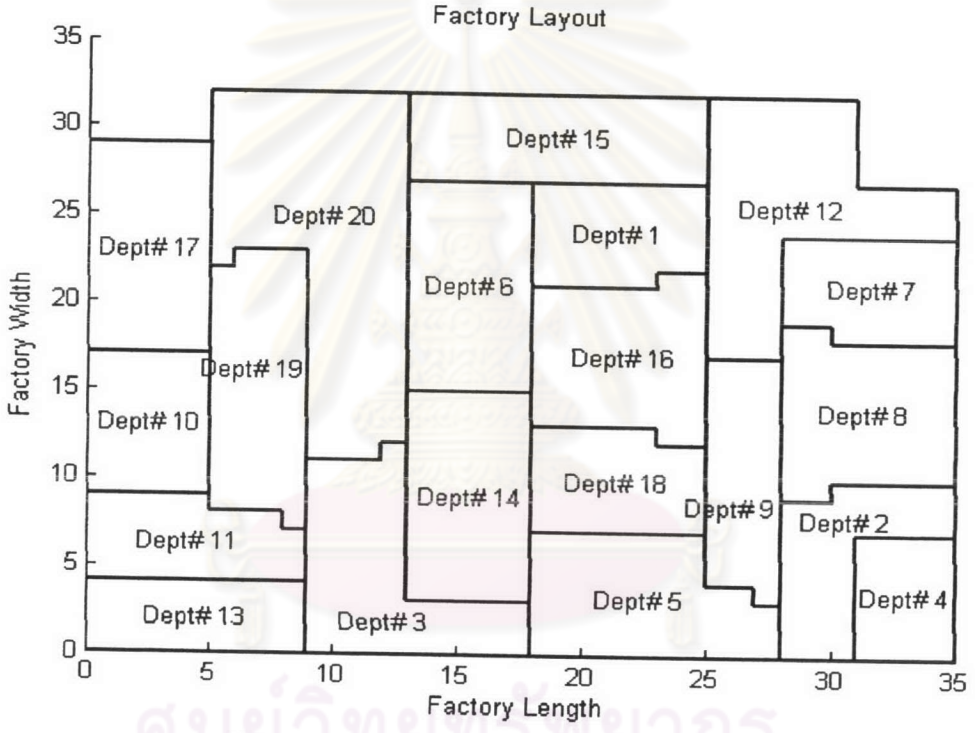
ง.6.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

เหมือนกับรูปที่ ง.6

ง.7 ปัญหาที่ 7

ง.7.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

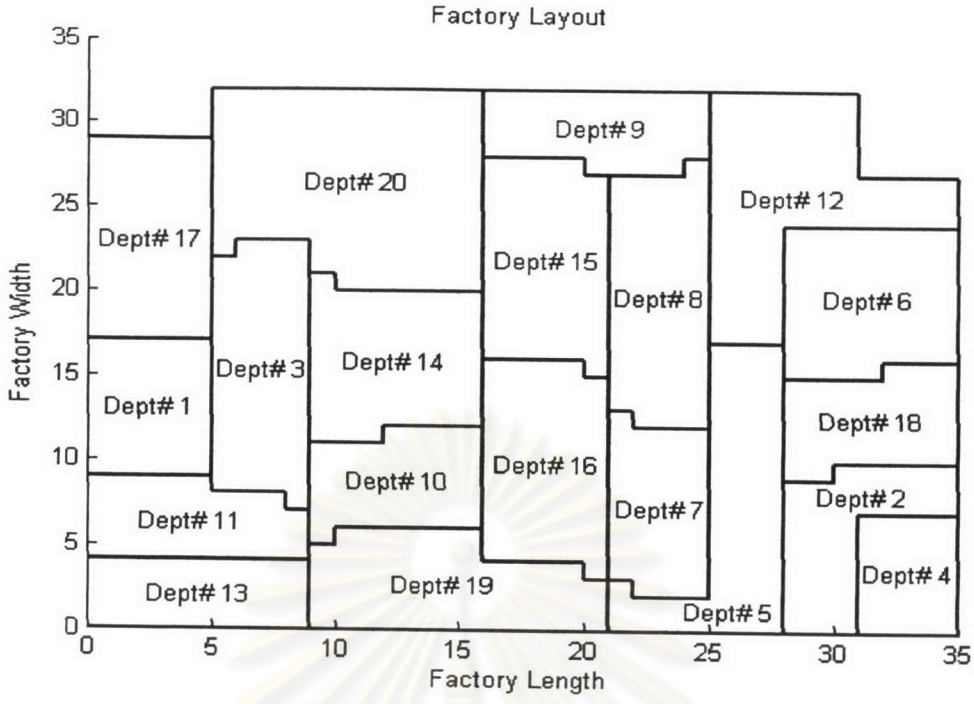
ง.7.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม



***รูปที่ ง.7** ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 7*

ง.7.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

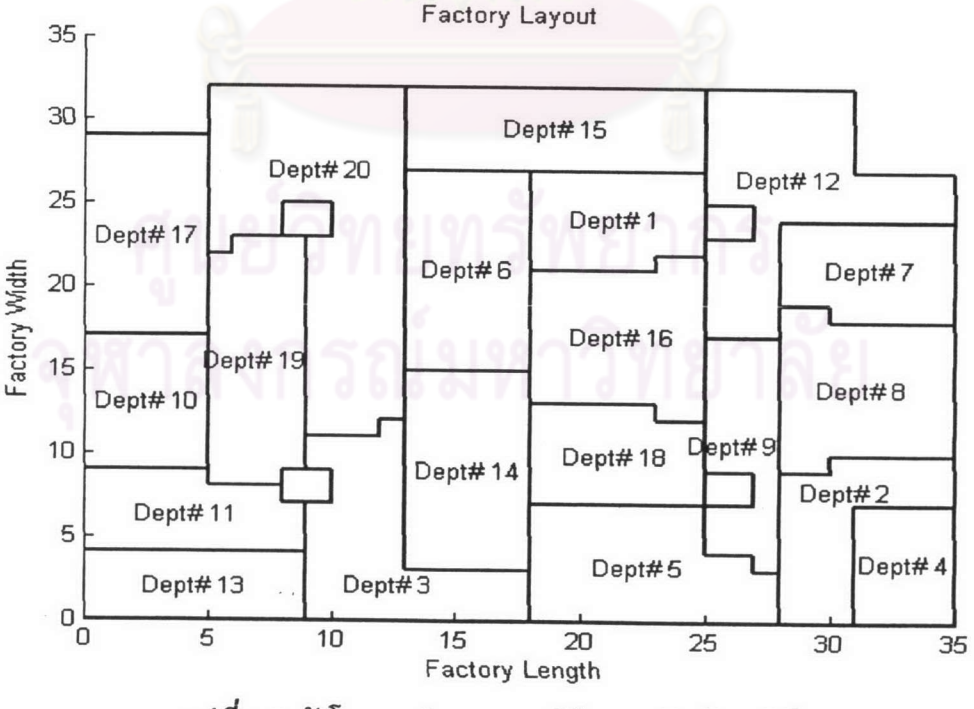
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.8 *ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม*
ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 7

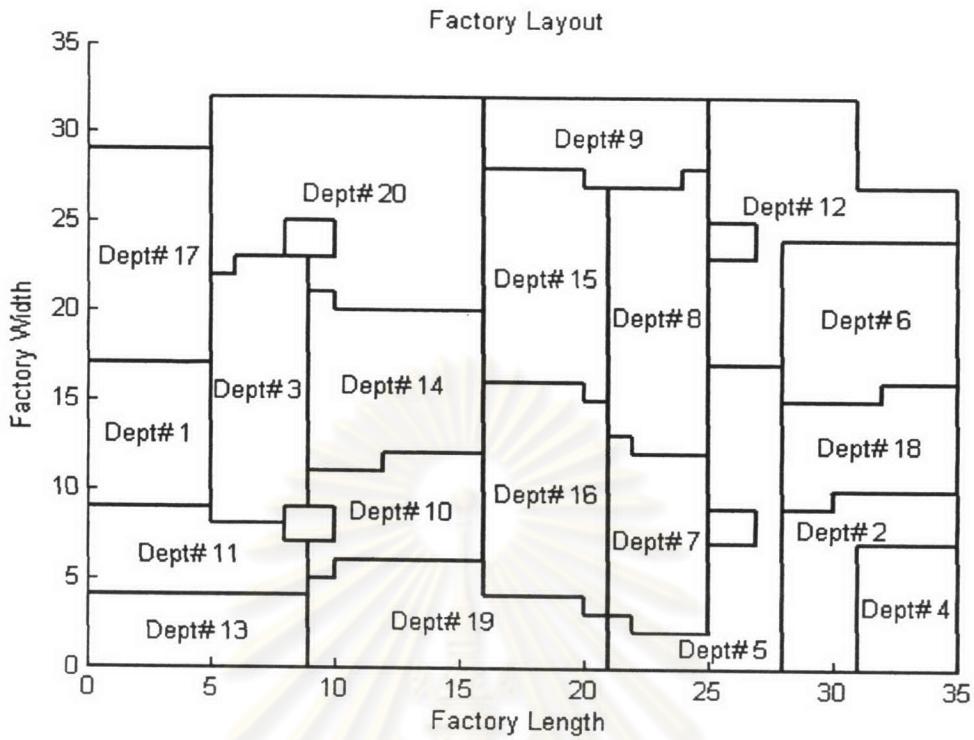
ง.7.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

ง.7.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม



รูปที่ ง.9 *ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม*
หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 7

ง.7.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม



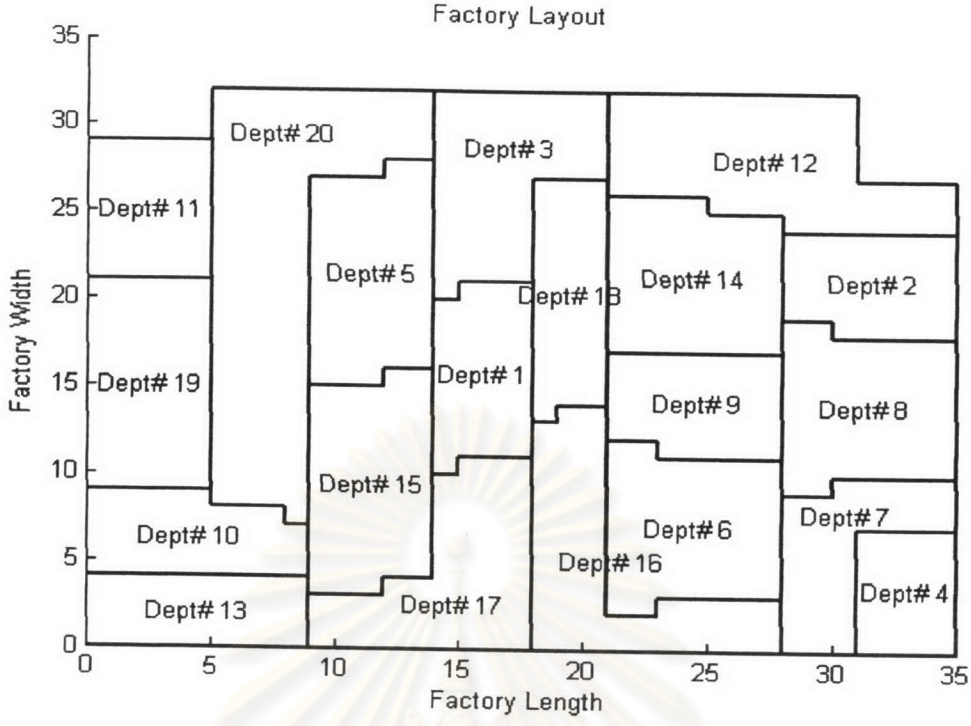
รูปที่ ง.10 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 7

ง.8 ปัญหาที่ 8

ง.8.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

ง.8.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.11 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 8

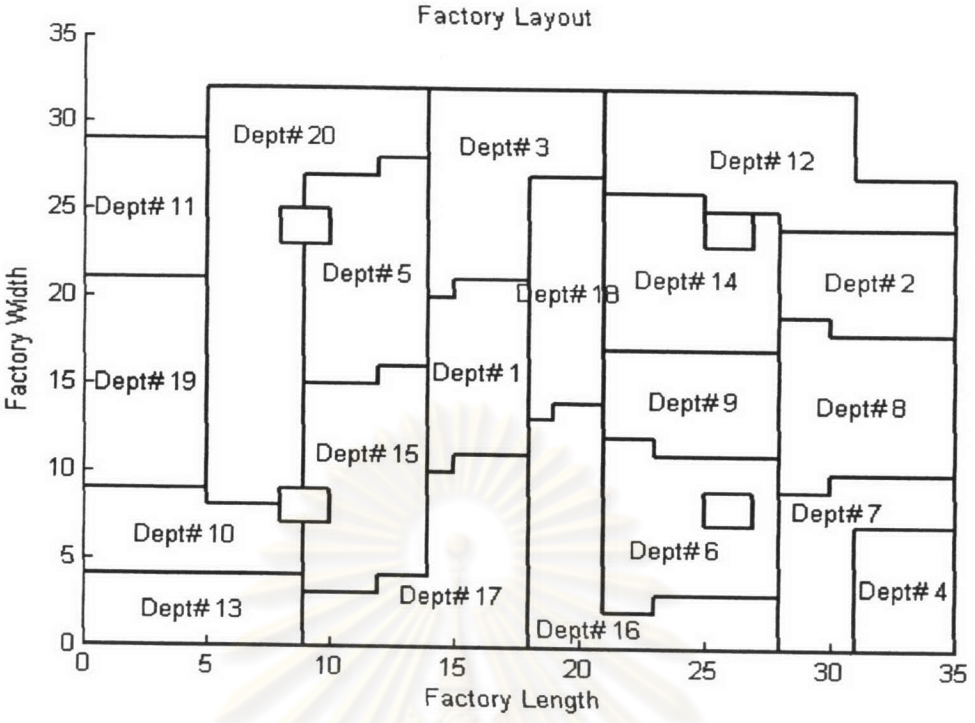
ง.8.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

เหมือนกับรูปที่ ง.8

ง.8.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

ง.8.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.12 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 8

ง.8.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

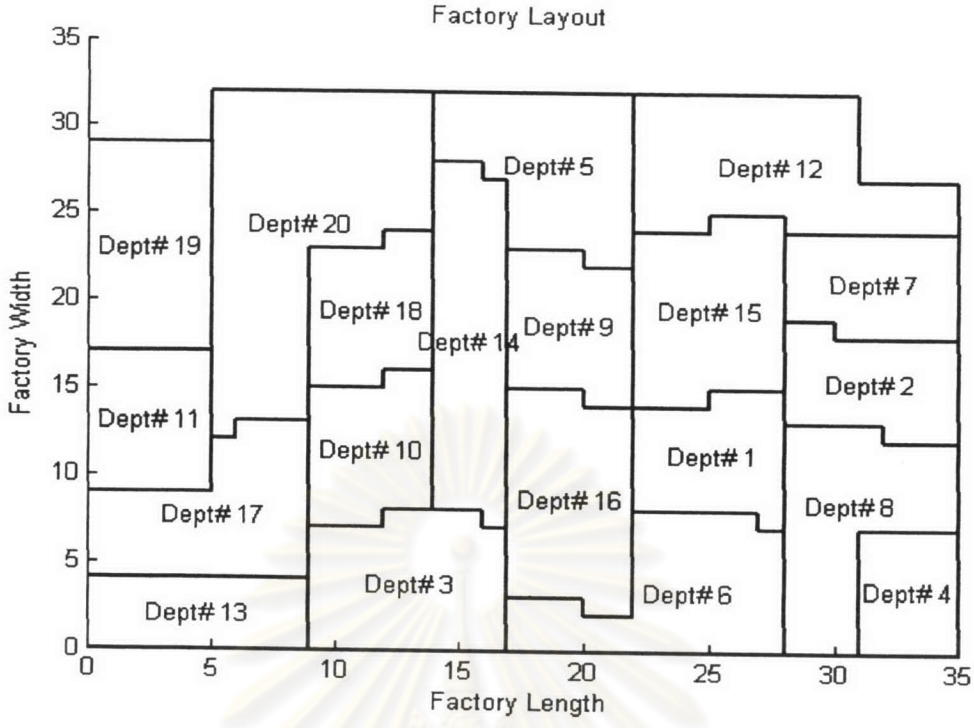
เหมือนกับรูปที่ ง.10

ง.9 ปัญหาที่ 9

ง.9.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

ง.9.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.13 *ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 9*

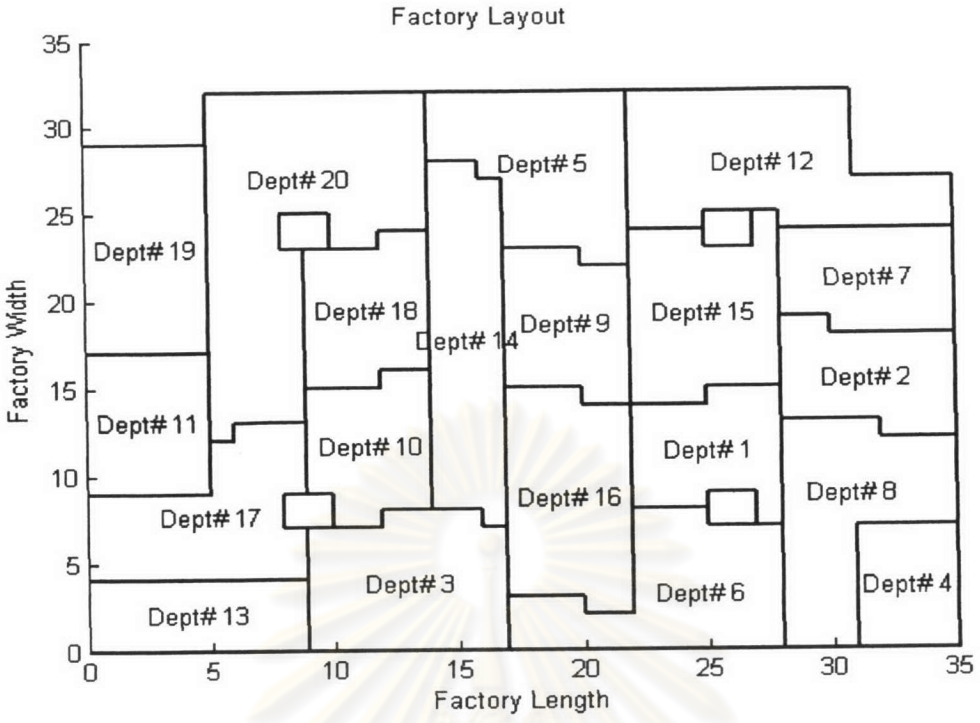
ง.9.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

เหมือนกับรูปที่ ง.8

ง.9.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

ง.9.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.14 *ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 9*

ง.9.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

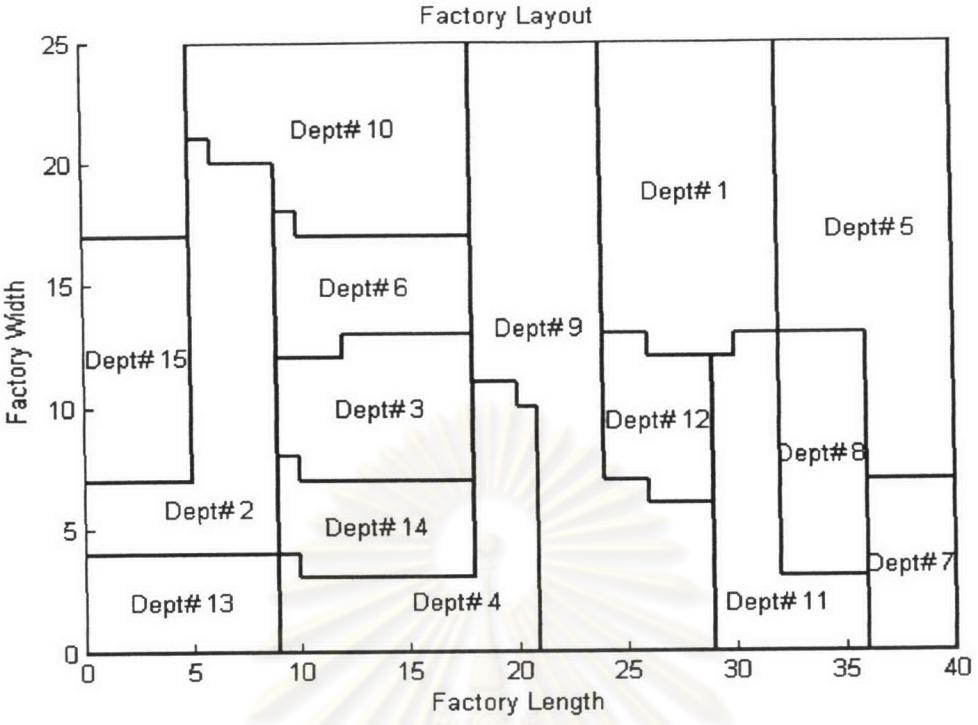
เหมือนกับรูปที่ ง.10

ง.10 ปัญหาที่ 10

ง.10.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

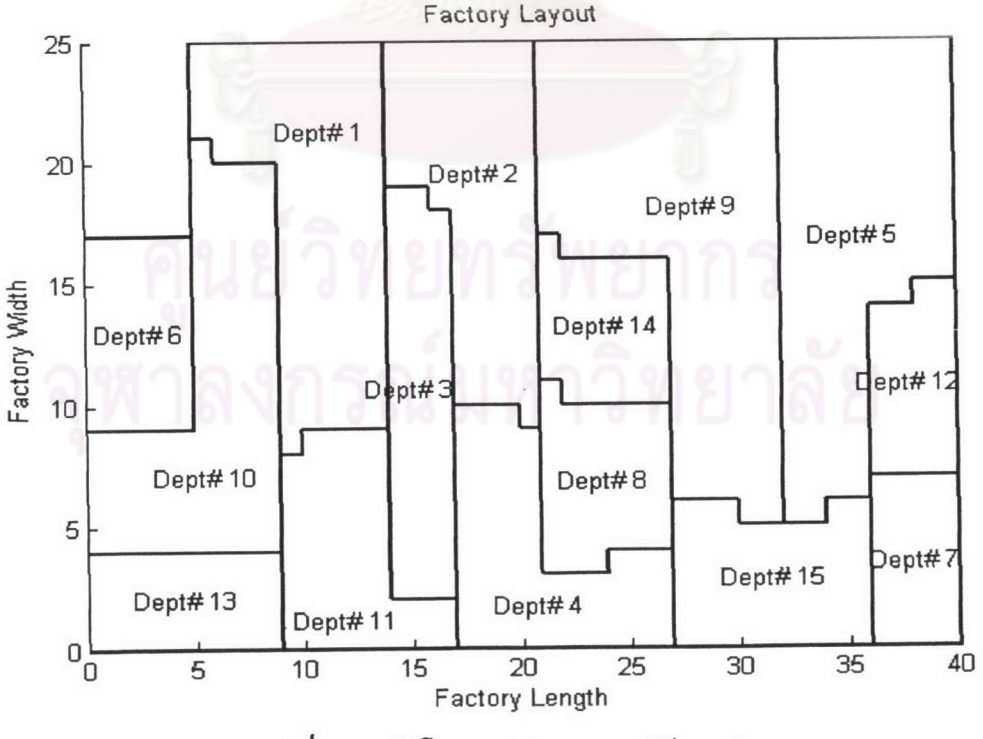
ง.10.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.15 *ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 10*

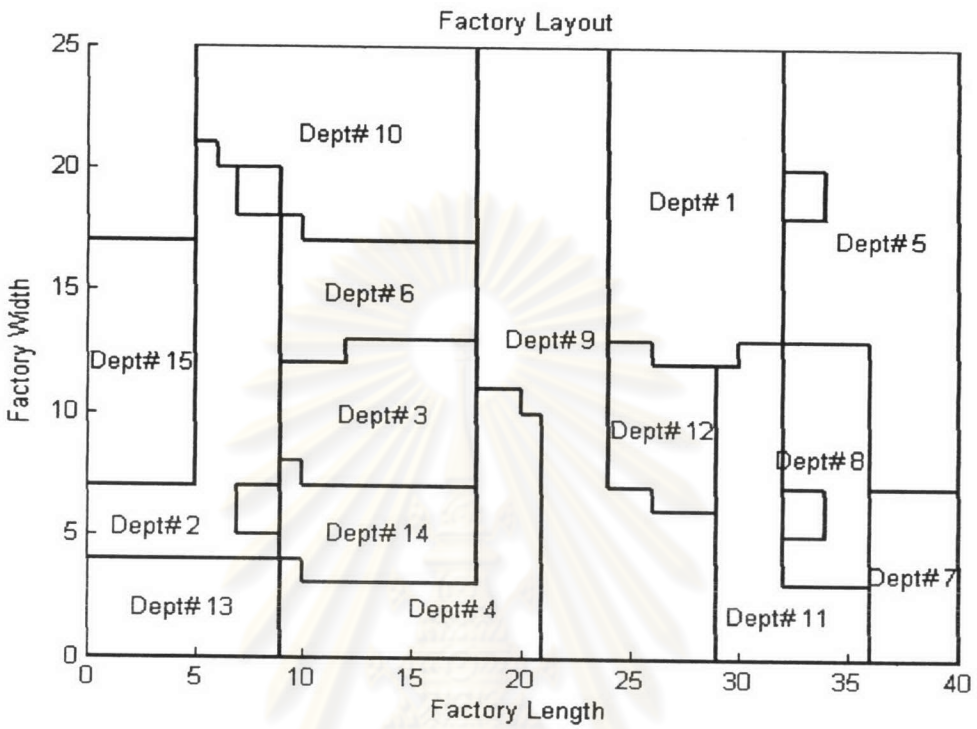
ง.10.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม



รูปที่ ง.16 *ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 10*

ง.10.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

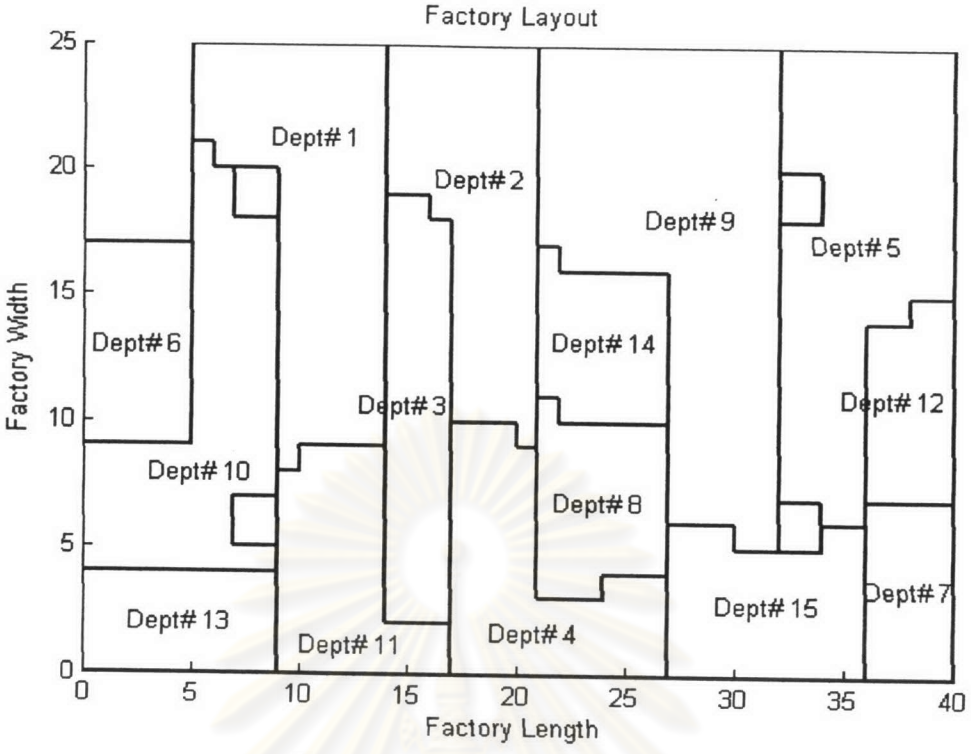
ง.10.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม



รูปที่ ง.17 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม
หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 10

ง.10.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



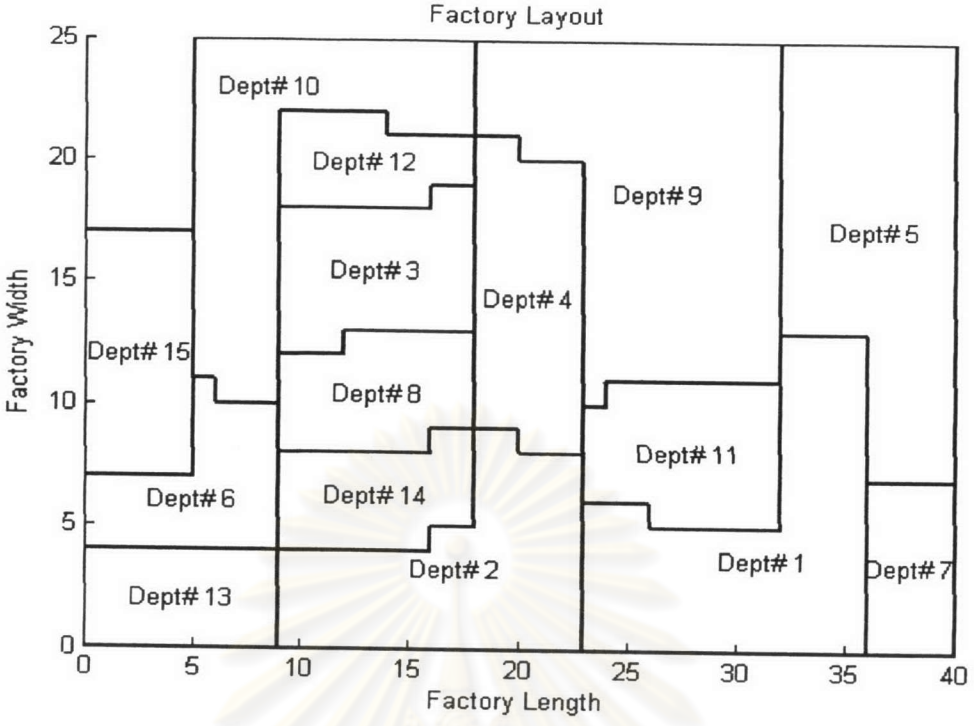
รูปที่ ง.18 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม
หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 10

ง.11 ปัญหาที่ 11

ง.11.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

ง.11.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.19 *ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 11*

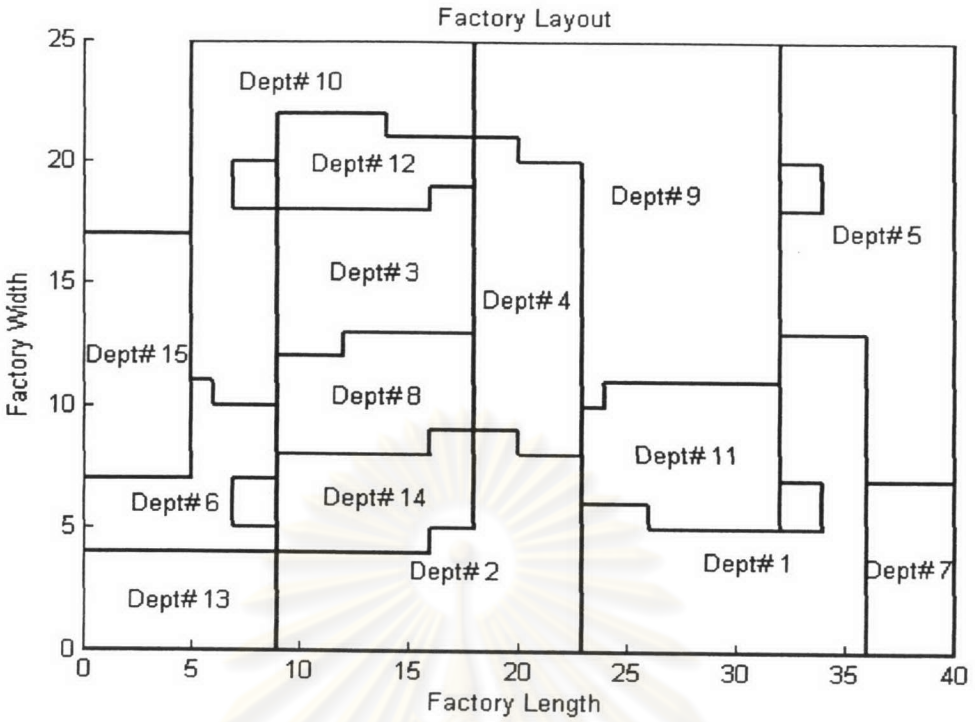
ง.11.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

เหมือนกับรูปที่ ง.16

ง.11.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

ง.11.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.20 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 11

ง.11.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

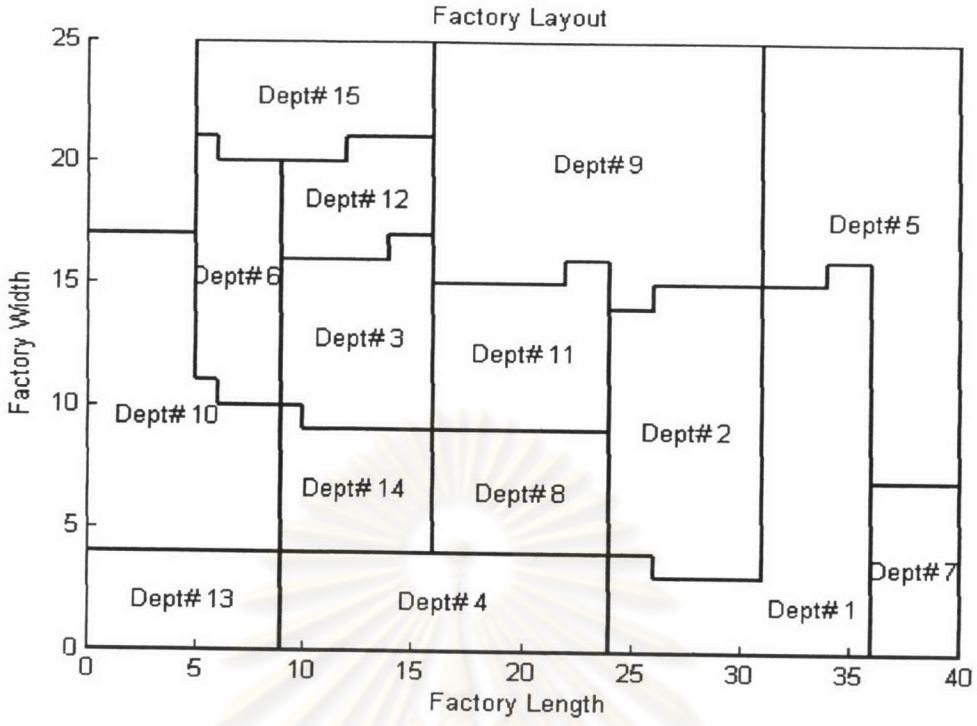
เหมือนกับรูปที่ ง.18

ง.12 ปัญหาที่ 12

ง.12.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

ง.12.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.21 *ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 12*

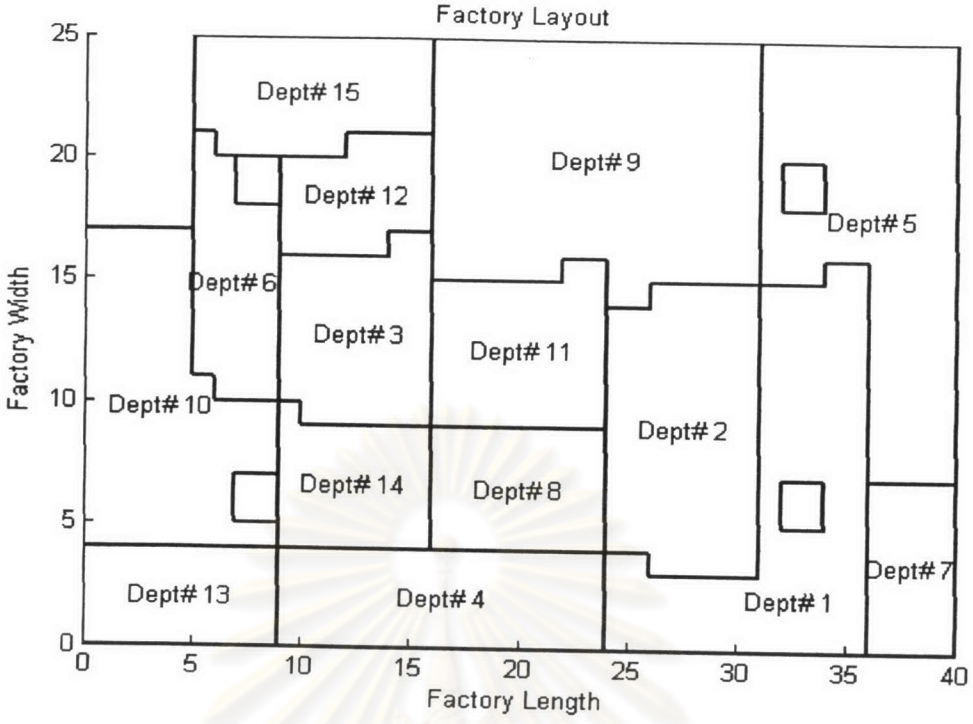
ง.12.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

เหมือนกับรูปที่ ง.16

ง.12.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

ง.12.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.22 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 12

ง.12.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

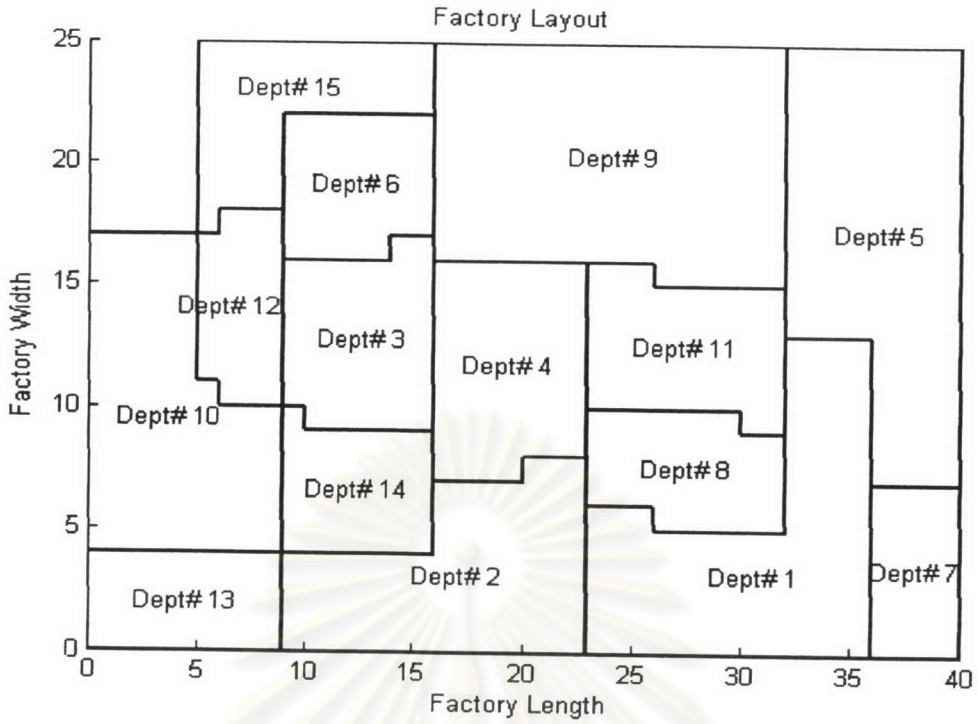
เหมือนกับรูปที่ ง.18

ง.13 ปัญหาที่ 13

ง.13.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

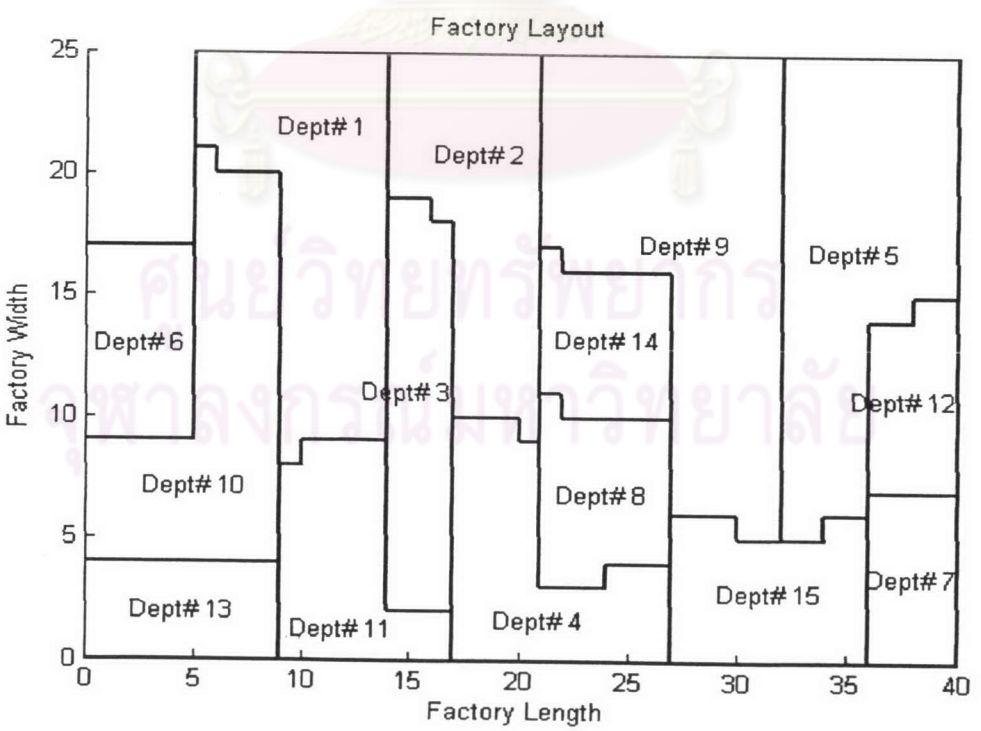
ง.13.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.23 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 13

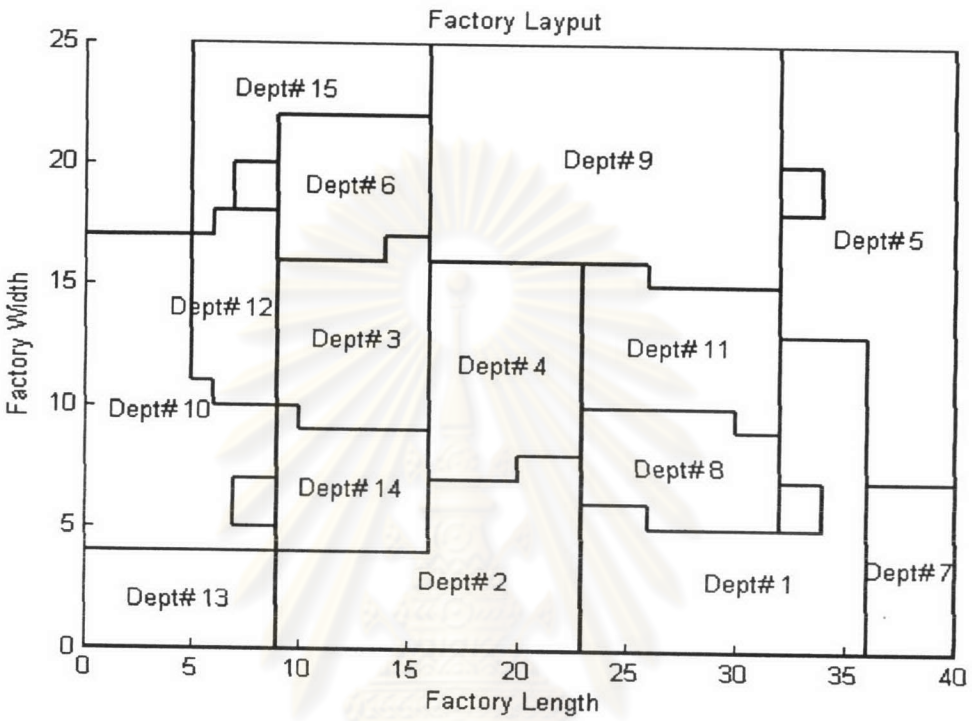
ง.13.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม



รูปที่ ง.24 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 13

ง.13.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

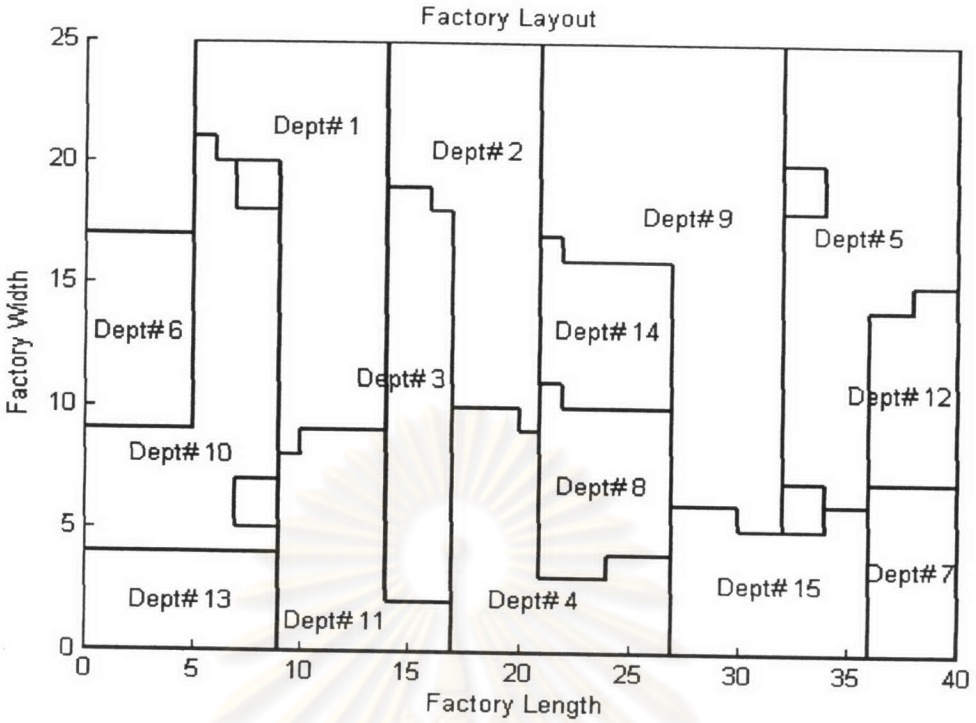
ง.13.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม



รูปที่ ง.25 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 13

ง.13.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



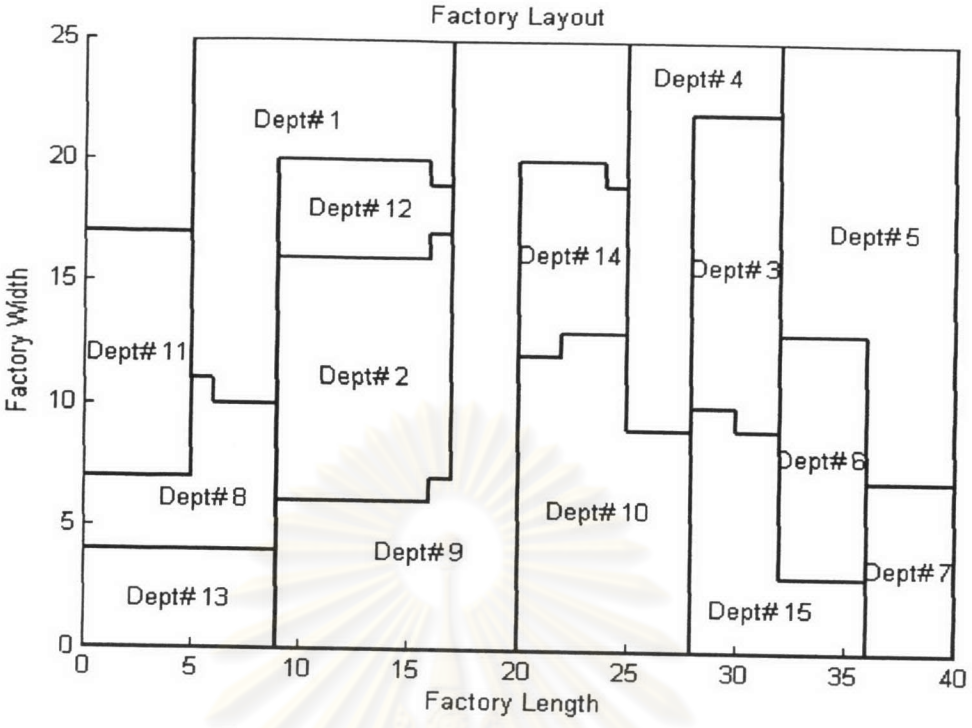
รูปที่ ง.26 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 13

ง.14 ปัญหาที่ 14

ง.14.1 ผังโรงงานคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัว

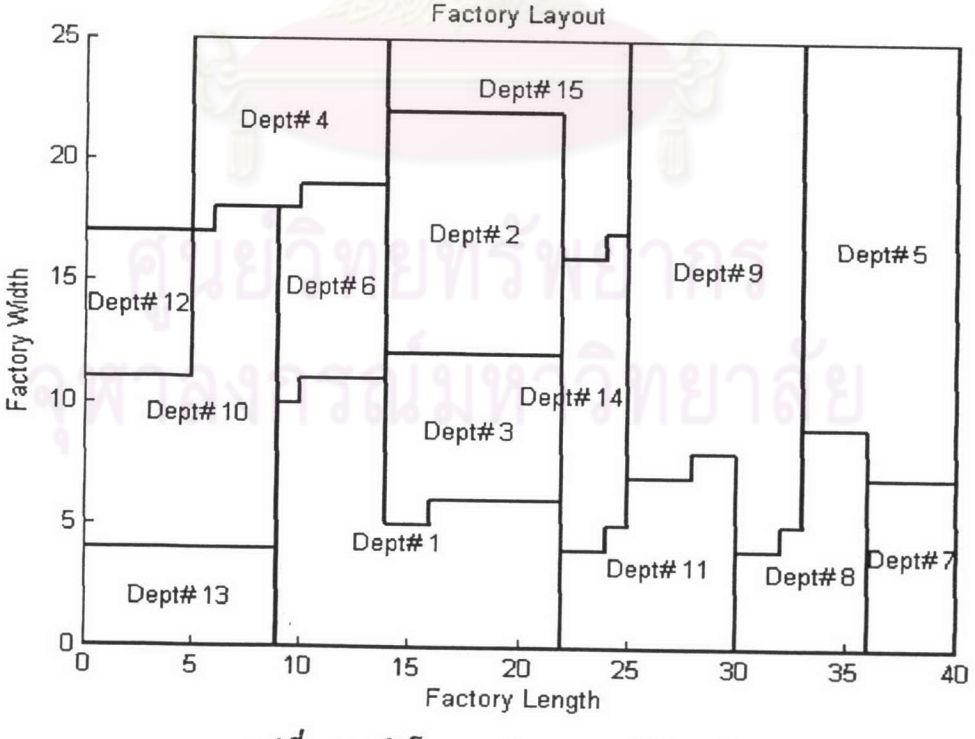
ง.14.1.1 วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.27 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 14

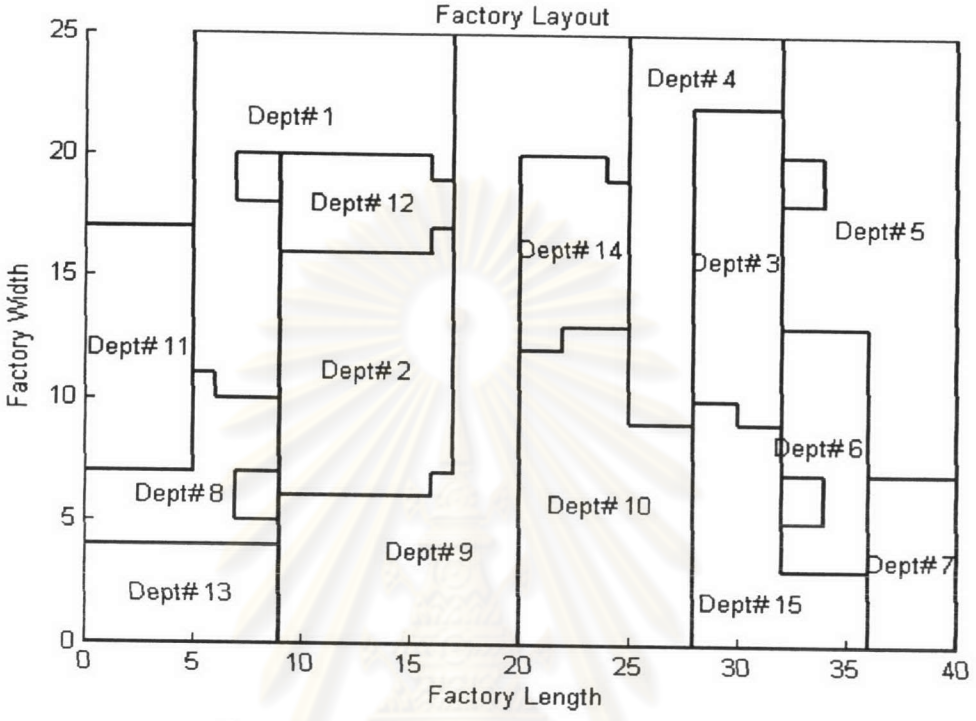
ง.14.1.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม



รูปที่ ง.28 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 14

ง.14.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว

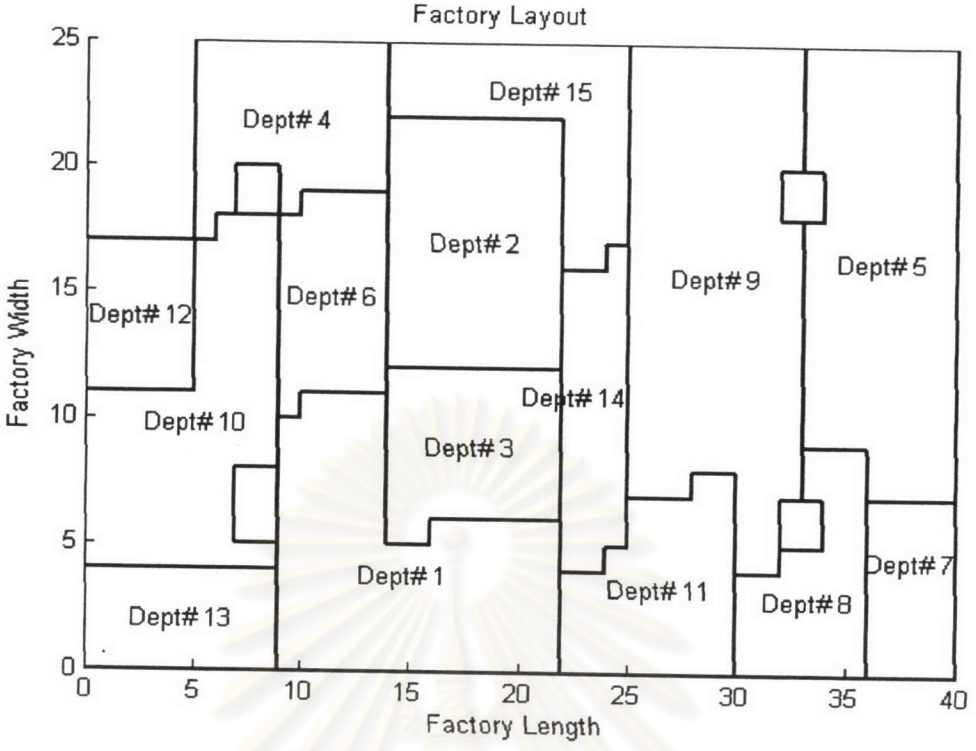
ง.14.2.1 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม



รูปที่ ง.29 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม
หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 14

ง.14.2.2 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.30 *ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่* ***14***

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอรรถวิทย์ คูเอกชัย เกิดเมื่อวันที่ 7 กันยายน พ.ศ.2521 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อปีการศึกษา 2543 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย