

การเปรียบเทียบวิธีการจัดผังโรงงานที่มีเส้น ทางการขนถ่ายแบบ Unidirectional flow เพื่อลดระยะทางขนถ่ายระหว่างแผนก

ดร.สุกชัย ปทุมนากุล¹⁾ เชษฐา ชำนาญหล่อ²⁾ และนันทิกา ชัยกันหา²⁾

¹⁾ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²⁾ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

ในบทความนี้เสนอปัญหาวิธีการจัดผังโรงงาน ที่มีเส้นทางการขนส่งแบบไป-กลับในเส้นทางเดียวกันไม่ได้ (unidirectional flow) โดยกำหนดให้ในผังโรงงานมีจำนวนแผนกเท่ากับจำนวนที่ตั้ง ระบบการผลิตในผังโรงงานเป็นแบบงานสั่งทำ ซึ่งผลิตผลิตภัณฑ์มากมายหลายชนิดที่มีขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตแตกต่างกันออกไป เส้นทางการขนส่งระหว่างที่ตั้งถูกกำหนดไว้เป็นแบบไป-กลับในเส้นทางเดียวกันไม่ได้ การจำลองรูปแบบทางคณิตศาสตร์ และวิธีการทางฮิวริสติก (Heuristic) ที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของแผนก ลงบนที่ตั้งสำหรับทำให้ระยะการเดินทางโดยรวมสั้นที่สุดในการขนถ่ายได้ถูกพัฒนาขึ้น คำตอบที่ได้จากวิธีการทางฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้น ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับคำตอบจากวิธีการสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนก (pairwise exchange method) ในตัวอย่างของปัญหาสำหรับปัญหามิติขนาดเล็ก คำตอบที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุดจากการจำลองรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีการทางฮิวริสติกอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

A Heuristic for Facility Layout Problem with Unidirectional Flow Path

Supachai Pathumnakul¹⁾ Chetta Chamnanhlaw²⁾ and Nantika Chaikanha²⁾

¹⁾ Assistant Professor, Department of Industrial Engineering Faculty of Engineering, Khon Kaen University

²⁾ Graduate Student, Department of Industrial Engineering Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Abstract

In this paper, a facility layout problem with unidirectional flow path is addressed. It is to assign a number of departments to available sites in the plant. It is assumed that the number of departments is equal to the number of available sites. The production system in the plant is job shop type. It produces many products, which require different processing sequences. The transporting paths between sites are pre-specified. They are unidirectional flow paths. A mathematical model and a heuristic to assign a set of departments to sites for minimizing the total traveling distance in transporting materials between departments are developed. The performance of the heuristic is investigated by testing with a number of problems. The obtained solutions from the developed heuristic are compared to the solutions from pairwise exchange method. For small size problems, the solutions are also compared to the optimal solutions from mathematical model. The results show that the performance of this heuristic is acceptable.

บทนำ

ปัญหาการจัดผังโรงงานเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในระบบการผลิต โดยทั่วไปแล้วปัญหาการจัดผังโรงงานมีเป้าหมาย เพื่อลดเวลาในการขนถ่ายและค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายรวมต่ำที่สุด โดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว ความถี่ และระยะทางของการขนถ่ายระหว่างแผนกที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเส้นทางในการขนถ่ายมักเป็นแบบไป-กลับในเส้นทางเดียวกันได้ (bidirectional flow) และแบบไป-กลับในเส้นทางเดียวกันไม่ได้ (unidirectional flow)

ปัญหาการจัดผังโรงงานเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายเช่น ในงานวิจัยของ Lin, J.L. (1996) ซึ่งได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผังโรงงาน failure-to-fit problem โดยการเปลี่ยนรูปร่างและขนาดของแผนก ซึ่งโครงสร้างของการแก้ปัญหาของ failure-to-fit จะผสมระหว่างวิธีที่มีอยู่กับวิธีทางฮิวริสติก (Heuristic) นอกจากนี้ยังมีงาน

วิจัยของ Kim, T.Y. และ Kim, Y.D. (1995) ได้พิจารณาปัญหาการจัดผังโรงงานที่มีขนาดของสิ่งอำนวยความสะดวกไม่เท่ากัน มีสมการเป้าหมายเพื่อหาระยะทางในการเคลื่อนย้ายรวมน้อยที่สุด ซึ่งระยะทางการเคลื่อนย้ายระหว่างสิ่งอำนวยความสะดวกเป็นแบบ rectilinear โดยตั้งสมมติฐานให้รูปร่างของสิ่งอำนวยความสะดวกไม่ถูกกำหนดไว้ (ไม่จำเป็นต้องเป็นสี่เหลี่ยม) และไม่เกิดที่ว่างระหว่างสิ่งอำนวยความสะดวกในผังโรงงาน อิวิริสติกที่ใช้ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธี CRAFT ซึ่งเป็นวิธีนิยมใช้กันมากวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงาน

ในบทความนี้ได้นำเสนอวิธีการจัดผังโรงงาน โดยการกำหนดตำแหน่งของแต่ละแผนก เพื่อให้ได้ระยะทางในการขนถ่ายรวมทั้งหมดของทุกแผนกที่มีความสัมพันธ์กันสั้นที่สุด ซึ่งจะเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายรวมทั้งหมดน้อยที่สุด

วิธีการจัดผังโรงงานที่พัฒนาขึ้นตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า ค่าความถี่ในการขนถ่ายระหว่างแผนกเป็นการใช้ข้อมูลในอดีตย้อนหลัง 1 ปี ในการวิเคราะห์เพื่อจัดผังโรงงานปีต่อไป โดยในโรงงานจะมีสายการผลิตเป็นแบบงานสั่งทำ (job shop) และค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายระหว่างแผนกที่มีความสัมพันธ์กัน จะแปรเปลี่ยนไปตามความยาวของระยะทางที่ใช้ในการขนถ่าย โดยกำหนดให้เส้นทางการขนถ่ายเป็นแบบไป-กลับในเส้นทางเดียวกันไม่ได้ ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายไป-กลับจะไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใกล้เคียงกับกระบวนการผลิตแบบสั่งทำ โดยเฉพาะกับโรงงานที่ต้องการประหยัดเนื้อที่ในการขนถ่ายและมีเส้นทางเดินของรถขนถ่ายแคบๆ ไม่สามารถขนถ่ายสวนทางกันได้ หรือโรงงานที่มีการขนถ่ายโดยสายพาน ซึ่งจะทำให้ต้องกำหนดเส้นทางการขนถ่ายเป็นแบบไป-กลับในเส้นทางเดียวกันไม่ได้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าการกำหนดตำแหน่งของแต่ละแผนกมีความสำคัญมากกับระยะทางของการขนถ่ายรวม ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายโดยรวมลดลง

บทความนี้ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการจัดผังโรงงาน ด้วยวิธีการสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนก (pairwise exchange method) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งทางอิวิริสติกกับวิธีทางอิวิริสติกที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ โดยอิวิริสติกทั้งสองวิธีใช้ในการปรับปรุงผังโรงงานเดิมที่มีอยู่แล้ว นอกจากนี้ ยังได้สร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหานี้เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด (optimal solution) สำหรับกรณีที่ปัญหาโจทย์ตัวอย่างมีขนาดเล็ก เพื่อนำคำตอบที่ดีที่สุดมาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้จากอิวิริสติกทั้ง 2 วิธี

ในหัวข้อถัดไปจะนำเสนอ รูปแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหานี้ จากนั้นจะเป็นแนวทางในการหาคำตอบ การนำเสนอวิธีการดำเนินการทางอิวิริสติกที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ผล

ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาและบทสรุป ตามลำดับ

รูปแบบทางคณิตศาสตร์

รูปแบบทางคณิตศาสตร์ ของปัญหาการจัดผังโรงงานที่มีเส้นทางเดินของรถขนถ่ายเป็นแบบไป-กลับในเส้นทางเดียวกันไม่ได้มีสมการเป้าหมาย เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายรวมต่ำที่สุด

Objective function

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{h=1}^n F_{ij} D_{kh} X_{ik} X_{jh} \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^n X_{ik} = 1, \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^n X_{ik} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$X_{ik} \in \{0, 1\}, \text{ for } \forall i, \forall k \quad (4)$$

โดยที่

i : ชนิดของแผนกที่ต้องการจัด ($i = 1, \dots, n$)

j : ชนิดของแผนกที่ต้องการจัด ($j = 1, \dots, n$)

k : ตำแหน่งที่จัดวางแผนก ($k = 1, \dots, n$)

h : ตำแหน่งที่จัดวางแผนก ($h = 1, \dots, n$)

F_{ij} : ความถี่ในการขนถ่ายจากแผนก i ไปยังแผนก j

D_{kh} : ระยะทางในการขนถ่ายจากตำแหน่ง k ไปยังตำแหน่ง h

X_{ik} : (0,1) โดยมีค่าเป็น 0 ; แผนก i ไม่ถูกจัดวางที่ตำแหน่ง k
1 ; แผนก i ถูกจัดวางที่ตำแหน่ง k

สมการที่ (1) เป็นสมการเป้าหมายเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายรวมต่ำที่สุด
สมการที่ (2) เป็นสมการที่กำหนดว่าตำแหน่งที่จัดวางแผนกจะจัดวางแผนกได้เพียงแผนกเดียวเท่านั้น สมการที่ (3) เป็นสมการที่กำหนดแผนกที่ต้องการจัดหนึ่งชนิดจะจัดวางลงที่ตำแหน่งเดียวเท่านั้น และสมการที่ (4) เป็นสมการที่กำหนดว่าค่า X_{ik} จะต้องเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น

แนวทางในการหาคำตอบ

ในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงานที่มีขนาดปัญหามินิเล็กเช่น การจัดผังโรงงานที่มีจำนวนแผนกไม่เกิน 4 แผนก สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้โดยการสลับตำแหน่งของแผนกทั้งหมดเป็นจำนวน 24 ผังโรงงาน ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ไม่ต้องใช้การจำลองรูปแบบทางคณิตศาสตร์ แต่ถ้าเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่จะทำให้การหาคำตอบด้วยการสลับตำแหน่งของแผนกทั้งหมดใช้เวลานาน และมีกระบวนการหาคำตอบที่ยากเนื่องจากจำนวนผังโรงงานที่ต้องสลับมีมาก ดังนั้น จึงใช้วิธีทางฮิวริสติกเข้ามาช่วยในการหาคำตอบ และวิธีทางฮิวริสติกที่เป็นที่นิยมคือ วิธีการสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนก ดังนั้น ในบทความนี้จึงได้ใช้วิธีสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนก ในการเปรียบกับคำตอบของฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้น

วิธีการดำเนินการทางฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นใหม่เป็นวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นมาจากการหาคำตอบโดยวิธีสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนก ซึ่งใช้หลักการให้ความสำคัญกับแผนกที่มีความถี่สูงสุดก่อนเพื่อใช้ในการหาคำตอบเบื้องต้นหรือผลเฉลยเริ่มต้น (initial solution) แล้วขั้นตอนต่อไปก็ทำการสลับตำแหน่งของแผนกต่างๆ โดยยึดแผนกที่มีความสัมพันธ์สูงสุดเป็นหลักเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งมีขั้นตอนในการแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การคำนวณหาความสัมพันธ์ที่มากที่สุด

- 1.1 หาความถี่รวมที่สัมพันธ์กับแผนกอื่นของแต่ละแผนก โดยแยกความถี่รวมออกเป็นความถี่รวมในการไป (ออกจากประตู) และความถี่รวมในการกลับ (เข้าประตู) เช่น ความถี่รวมในการไปจากแผนก A ไปยังแผนกอื่นๆ ($F_{AB} + F_{AC} + F_{AD} + F_{AE} + F_{AF}$)
- 1.2 หาระยะทางรวมในการขนถ่ายที่สัมพันธ์กับตำแหน่งอื่นๆ ของแต่ละตำแหน่งเช่น ระยะทางระหว่างตำแหน่งที่ 1 กับตำแหน่งอื่นๆ ($D_{12} + D_{13} + D_{14} + D_{15} + D_{16}$) โดยแยกระยะทางออกเป็นระยะทางในการไป (ออกจากประตู) และระยะทางในการกลับ (เข้าประตู)
- 1.3 จากความถี่รวมที่ได้จากข้อ 1.1 พิจารณาแผนกที่มีความถี่รวมสูงสุด (สมมติว่าเป็นแผนก P) จากนั้นพิจารณาว่าแผนกใดที่มีความถี่ของการขนถ่ายกับแผนก P มากที่สุด (สมมติว่าเป็นแผนก Q) หลังจากนั้นวิเคราะห์แผนก P และ Q ที่ละแผนก โดยพิจารณาความถี่ระหว่างแผนก P ไปยังแผนกอื่นๆ ยกเว้นแผนก Q [สมมติว่ามีความถี่ =

$G(P)$] และความถี่ระหว่างแผนกอื่นๆ ที่มายังแผนก P [สมมติว่ามีความถี่ = $B(P)$] ในทำนองเดียวกันสำหรับแผนก Q ให้พิจารณาความถี่ระหว่างแผนก Q ไปยังแผนกอื่นๆ ยกเว้นแผนก P [สมมติว่ามีความถี่ = $G(Q)$] และความถี่ระหว่างแผนกอื่นๆ ยกเว้นแผนก P มายังแผนก Q [สมมติว่ามีความถี่ = $B(Q)$]

- 1.4 เลือกค่าสูงสุดระหว่าง $G(P)$, $B(P)$, $G(Q)$ และ $B(Q)$ นั่นคือ $\text{Max}\{G(P), B(P), G(Q), B(Q)\}$ ถ้าค่าสูงสุดเป็น $G(P)$ หรือ $B(P)$ กำหนดให้แผนก P เป็นแผนกหลักและแผนก Q เป็นแผนกรอง ในทำนองเดียวกัน ถ้าค่าสูงสุดเป็น $G(Q)$ หรือ $B(Q)$ กำหนดให้แผนก Q เป็นแผนกหลักและแผนก P เป็นแผนกรอง ถ้าค่าสูงสุดมีมากกว่า 1 ค่า และอยู่ในทั้งแผนก P และแผนก Q ให้เลือกโดยสุ่มว่าแผนกใดเป็นแผนกหลักหรือแผนกรอง
- 1.5 จากนั้นนำแผนกทั้งสองที่ได้จากข้อ 1.4 (หลักและรอง) มาจัดที่หัวตารางเพื่อทำการวิเคราะห์โดยแยกเป็น 2 ตารางคือ ตารางของการไปและตารางของการกลับ (ดูตัวอย่างในหัวข้อถัดไป)

ขั้นตอนที่ 2 : การจัดแผนกใส่ในตารางการวิเคราะห์เพื่อเรียงลำดับความสัมพันธ์

- 2.1 เมื่อได้ 2 แผนกแรกแล้วให้นำความถี่ของแผนกอื่นๆ ที่เหลือมาใส่ในตารางโดยความถี่ของแผนกอื่นๆ ที่นำมาใส่ในตารางนั้นต้องมีความสัมพันธ์กับ 2 แผนกแรก (หลักและรอง) โดยแยกใส่ในตารางทั้งไปและกลับ (ดูตัวอย่างในหัวข้อถัดไป)
- 2.2 นำแผนกที่มีความสัมพันธ์กับ 2 แผนกแรกมากที่สุดไปจัดลงบนหัวตารางการวิเคราะห์ ถ้าความถี่นั้นอยู่ในตารางของการไปก็ให้นำแผนกนั้นไปจัดต่อท้าย แต่ถ้าความถี่นั้นอยู่ในตารางของการกลับก็ให้นำแผนกนั้นไปจัดแทรกไว้ข้างหน้า (ดูตัวอย่างในหัวข้อถัดไป)
- 2.3 ทำตามขั้นตอนการวิเคราะห์ตั้งแต่ข้อ 2.1-2.2 จนครบทุกแผนก
- 2.4 นำแผนกที่จัดไว้ที่หัวตารางสุดท้ายไปใส่ในผังโรงงานตามลำดับ เริ่มจาก 2 แผนกแรก (แผนกหลักและรอง) จะถูกเลือกจัดวางในพื้นที่ที่มีระยะทางโดยรวมของตำแหน่งนั้นน้อยที่สุด ซึ่งในตำแหน่งที่น้อยที่สุดนั้นจะจัดวางแผนกหลักที่หาไว้ในข้อ 2.3 เป็นหลัก (ดูตัวอย่างในหัวข้อถัดไป)
- 2.5 จากนั้นจัดวางแผนกต่อไปตามลำดับ โดยดูที่หัวตารางของการ

วิเคราะห์ ถ้าแผนกนั้นอยู่หน้า 2 แผนกแรกก็ให้นำแผนกนั้นไปวางในตำแหน่งที่มีระยะทางในการไปถึง (ออกจากประตู) 2 แผนกแรกน้อยที่สุด แต่ถ้าแผนกนั้นอยู่หลัง 2 แผนกแรกก็ให้นำแผนกนั้นไปวางในตำแหน่งที่มีระยะทางกลับจาก (เข้าประตู) 2 แผนกแรกน้อยที่สุด (ดูตัวอย่างในหัวข้อถัดไป)

2.6 จัดเรียงต่อไปจนครบทุกแผนก โดยระยะทางที่น้อยที่สุดที่จัดแผนกลงไปนั้นต้องมีระยะทางในการไป หรือกลับน้อยที่สุดจากแผนกที่จัดวางลงไปแล้วก่อนหน้าทั้งหมด (ดูตัวอย่างในหัวข้อถัดไป)

2.7 คำนวณหาคำตอบของ Initial solution จากผังโรงงานที่ได้จัดแผนกลงไป

$$\text{แล้วทั้งหมดจากสูตร ระยะทางรวมที่สั้นที่สุด} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n F_{ij} \times D_{ij}$$

ขั้นตอนที่ 3 : การสลับผังโรงงานจากผังของ initial solution ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2

3.1 เริ่มต้น iteration 0 การสลับผัง initial solution โดยการกำหนดให้ 2 แผนกแรกติดกันเสมือนเป็นแผนกเดียว และให้มีความสำคัญที่สุดซึ่งจะสลับกับทุกตำแหน่งที่สามารถจะวางทั้ง 2 แผนกได้และระยะทางในการไประหว่าง 2 แผนกต้องสั้นที่สุดด้วย โดยที่ทิศทางของ 2 แผนกแรกที่ติดกันนี้จะไม่เปลี่ยนทิศทางระหว่างกัน (ดูตัวอย่างในหัวข้อถัดไป)

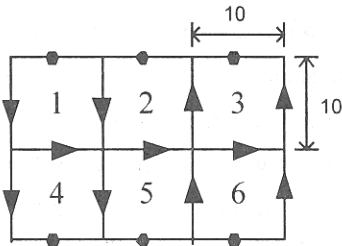
3.2 ยึด 2 แผนกแรกไว้ในตำแหน่งเดิมของผัง initial solution แล้วสลับแผนกที่มีความสำคัญต่อจาก 2 แผนกแรกกับตำแหน่งของแผนกที่เหลือจนครบ (ดูตัวอย่างในหัวข้อถัดไป)

3.3 ยึด 2 แผนกแรกและแผนกที่มีความสำคัญต่อจาก 2 แผนกแรกไว้ในตำแหน่งเดิมของผัง initial solution แล้วสลับแผนกที่มีความสำคัญรองลงมากับตำแหน่งของแผนกที่เหลือจนครบ (ดูตัวอย่างในหัวข้อถัดไป)

3.4 ทำการสลับต่อไปตามลำดับความสำคัญจนครบทุกแผนก แล้วคำนวณหาระยะทางรวมที่สั้นที่สุดของทุกผังโรงงานที่ได้สลับตำแหน่งไว้ ถ้าคำตอบที่ได้มีระยะทางมากกว่า initial solution หยุดการหาคำตอบโดยถือว่า initial solution เป็นคำตอบที่ดีที่สุดจากวิธีนี้ แต่ถ้าคำตอบที่ได้มีระยะทางน้อยกว่า initial solution ให้นำคำตอบนั้นมาทำต่อใน iteration 1 โดยถือเป็นผังเริ่มต้นและทำซ้ำกระบวนการในขั้นตอนที่ 3 ถ้าคำตอบไม่ดีขึ้น ก็จะหยุดการหาคำตอบ และถือว่าคำตอบที่ได้ก่อนหน้านี้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดในการนี้ แต่ถ้าคำตอบที่ได้ดีขึ้นก็จะทำซ้ำกระบวนการในขั้นตอนที่ 3 ไปเรื่อยๆ (ดูตัวอย่างในหัวข้อถัดไป)

ตัวอย่างการคำนวณโดยวิธีการทางฮิวริสติก

สมมติว่าในโรงงานที่มีสายการผลิตแบบงานสั่งทำ ต้องการจัดผังโรงงานที่มีแผนกทั้งหมด 6 แผนกคือ A B C D E และ F โดยมีลักษณะเส้นทางการขนถ่ายแบบไป-กลับในเส้นทางเดียวกันไม่ได้ และได้กำหนดทิศทางของการขนถ่ายไปและกลับดังรูปที่ 1 ซึ่งโรงงานแห่งนี้ได้มีการผลิตสินค้า 6 ผลิตภัณฑ์ แต่ละผลิตภัณฑ์จะผ่านกระบวนการผลิตในแต่ละแผนกที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งมีปริมาณการผลิตในอดีตย้อนหลัง 1 ปี แสดงได้ในตารางที่ 2 และจะสามารถแยกออกมาเป็นความสัมพันธ์ระหว่างแผนกต่างๆ ได้ในตารางความสัมพันธ์ From-to-Chart ดังตารางที่ 3



รูปที่ 1 : แสดงผังโรงงาน 6 แผนก ตำแหน่งและทิศทางการขนถ่าย

ตารางที่ 1

แสดงขบวนการผลิตผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	ขบวนการผลิต
Prod 1	C-F-D-E
Prod 2	F-A-C-B
Prod 3	B-D-A
Prod 4	E-F-A
Prod 5	A-D-C-F-B
Prod 6	C-A-B-E-D

ตารางที่ 2
แสดงปริมาณการผลิตในแต่ละเดือน

ผลิตภัณฑ์ เดือน	Prod 1	Prod 2	Prod 3	Prod 4	Prod 5	Prod 6
1	61	61	32	71	56	61
2	60	50	60	73	68	70
3	53	50	47	73	59	63
4	68	77	36	74	40	84
5	54	56	56	56	47	50
6	56	52	50	57	56	65
7	51	70	61	72	60	73
8	61	59	65	61	47	66
9	56	46	47	52	61	62
10	53	49	57	78	30	41
11	43	72	59	64	42	65
12	61	60	56	95	38	63
ค่าเฉลี่ย	56	58	52	69	50	64

ตารางที่ 3
ตารางแสดงความถี่ในการขนถ่ายระหว่างแผนก

From Department	To Department						
		A	B	C	D	E	F
	A	-	64	58	50	0	0
	B	0	-	0	52	64	0
	C	64	58	-	0	0	106
	D	52	0	50	-	56	0
	E	0	0	0	64	-	69
	F	127	50	0	56	0	-

ขั้นตอนที่ 1 : การคำนวณหาความสัมพันธ์ที่มากที่สุด

ความถี่

(A)

ไป

:

$64+58+50 = 172$

กลับ :

$64+52+127* = 243*$

(B)

ไป

:

$52+64 = 116$

กลับ :

$64+58+50 = 172$

(C)

ไป

:

$64+58+106 = 228$

$$\text{กลับ : } 58+50 = 108$$

$$(D) \quad \begin{array}{l} \text{ไป} \\ : \end{array} \quad 52+50+56 = 158$$

$$\text{กลับ : } 50+52+64+56 = 222$$

$$(E) \quad \begin{array}{l} \text{ไป} \\ : \end{array} \quad 64+69 = 133$$

$$\text{กลับ : } 64+56 = 120$$

$$(F) \quad \begin{array}{l} \text{ไป} \\ : \end{array} \quad 127+50+56 = 233$$

$$\text{กลับ : } 106+69 = 175$$

ระยะทาง

$$(1) \quad \begin{array}{l} \text{ไป} \\ : \end{array} \quad 5+6+3+4+5 = 23$$

$$\text{กลับ : } 1+2+5+4+5 = 17$$

$$(2) \quad \begin{array}{l} \text{ไป} \\ : \end{array} \quad 1+5+4+3+4 = 17$$

$$\text{กลับ : } 5+1+4+3+4 = 17$$

$$(3) \quad \begin{array}{l} \text{ไป} \\ : \end{array} \quad 2+1+5+4+5 = 17$$

$$\text{กลับ : } 6+5+5+4+3 = 23$$

$$(4) \quad \begin{array}{l} \text{ไป} \\ : \end{array} \quad 5+4+5+1+2 = 17$$

$$\text{กลับ : } 3+4+5+7+8 = 27$$

$$(5) \quad \begin{array}{l} \text{ไป} \\ : \end{array} \quad 4+3+4+7+1 = 19$$

$$\text{กลับ : } 4+3+4+1+7 = 19$$

$$(6) \quad \begin{array}{l} \text{ไป} \\ : \end{array} \quad 5+4+3+8+7 = 27$$

$$\text{กลับ : } 5+4+5+2+1 = 17$$

จากการคำนวณ จะเห็นว่าความถี่รวมในเที่ยวกลับของแผนก (A) มีค่ามากที่สุดคือ 243 ซึ่งมีความถี่สัมพันธ์กับแผนก (F) มากที่สุดคือ 127 ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของแผนก (A) และ (F) กับแผนกอื่นๆที่เหลือ เป็นไปตามวิธีข้อ 1.3

- (A) ไป : $64+58+50 = 172$
 กลับ : $64+52 = 116$
 (F) ไป : $50+56 = 106$
 กลับ : $106+69 = 175^*$

กำหนดให้แผนก (F) เป็นแผนกหลัก และแผนก (A) เป็นแผนกรอง เป็นไปตามวิธีข้อ 1.4 ซึ่งจะนำทั้ง 2 แผนกแรกมาจัดลงบนตารางการวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 2 : การจัดแผนกใส่ในตารางเพื่อเรียงลำดับความสัมพันธ์

From				
To	ไป	F	A	รวม
	B	50	64	114
	C	0	58	58
	D	56	50	106
	E	0	0	0
	รวม	106	172	

From				
To	กลับ	F*	A	รวม
	B	0	0	0
	C*	106	64	170
	D	0	52	52
	E	69	0	69
	รวม	175	116	

From					
To	ไป	C	F	A	รวม
	B*	58	50	64	172
	D	0	56	50	106
	E	0	0	0	0
	รวม	58	106	114	

From					
To	กลับ	C	F	A	รวม
	B*	0	0	0	0
	D	50	0	52	102
	E	0	69	0	69
	รวม	50	69	52	

From						
To	ไป	C	F	A	B	รวม
	D*	0	56	50	52	158
	E	0	0	0	64	64
	รวม	0	56	50	116	

From						
To	กลับ	C	F	A	B	รวม
	D	50	0	52	0	102
	E	0	69	0	0	69
	รวม	0	69	52	0	

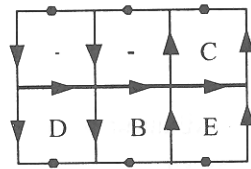
From							
To	ไป	C	F	A	B	D	รวม
	E	0	0	0	64	56	120
	รวม	0	0	0	64	56	

From							
To	กลับ	C	F	A	B	D	รวม
	E*	0	69	0	0	64	133
	รวม	0	69	0	0	64	

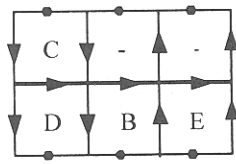
จากตารางความสัมพันธ์ข้างต้นจะได้ลักษณะของลำดับการจัดวางแผนกและทิศทางของผังโรงงาน คือ

$E \rightarrow C \rightarrow F^* \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow D$

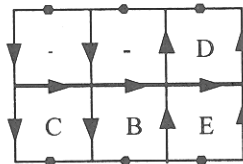
ขั้นตอนที่ 3 : การสลับผังโรงงานจากผังของ Initial solution แสดงการจัดผังโรงงานที่มี 6 แผนก 6 ตำแหน่งรูปที่ 1 โดยวิธีการทางฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้น : Iteration 0



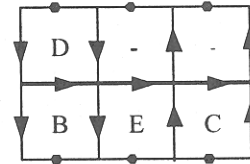
Initial solution



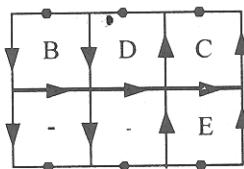
1



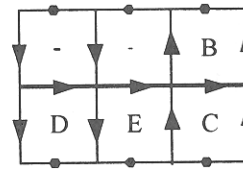
4



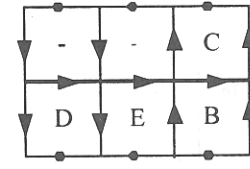
7



2



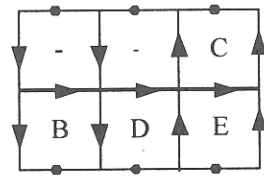
5



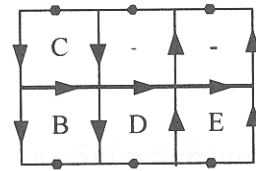
8

จากขั้นตอนของการสลับผังโรงงาน ผังโรงงานที่ 1, 2 และ 3 เป็นไปตามวิธีการข้อ 3.1 ผังโรงงานที่ 4, 5 และ 6 เป็นไปตามวิธีการข้อ 3.2 ผังโรงงานที่ 7 8 และ 9 เป็นไปตามวิธีการข้อ 3.3 จากนั้นคำนวณหาระยะทางรวมที่สั้นที่สุดจะได้คำตอบของ Initial solution คือ 3559 ซึ่งเมื่อสลับผังโรงงานแล้วในผังโรงงานที่ 7 จะได้คำตอบที่น้อยกว่าคือ 3127 ดังนั้น จึงต้องนำรูปแบบผังโรงงานที่ 7 นี้ไปทำต่อใน Iteration 1 ต่อไป โดยให้รูปแบบผังโรงงานที่ 7 นี้เป็นผังเริ่มต้นของ Iteration 1 เป็นไปตามวิธีการข้อ 3.4

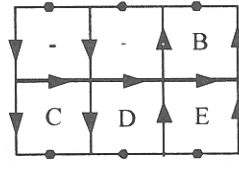
แสดงการจัดผังโรงงานที่มี 6 แผนก 6 ตำแหน่งรูปที่ 1 โดยวิธีการทางฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้น : Iteration 1



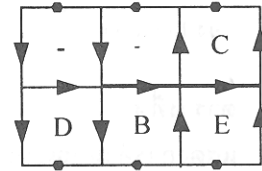
เริ่มต้น



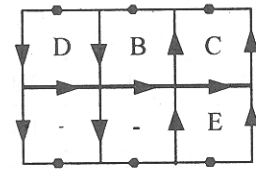
1



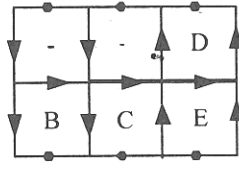
4



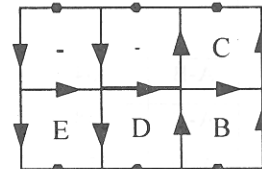
7



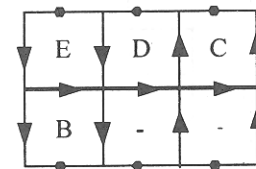
2



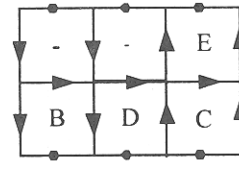
5



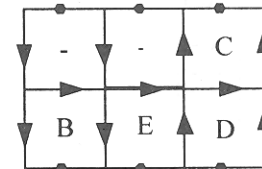
8



3



6



9

จากขั้นตอนของการสลับผังโรงงาน ผังโรงงานที่ 1 2 และ 3 เป็นไปตามวิธีการ
ข้อ 3.1 ผังโรงงานที่ 4 5 และ 6 เป็นไปตามวิธีการข้อ 3.2 ผังโรงงานที่ 7 8 และ 9 เป็น
ไปตามวิธีการข้อ 3.3 จากการรวมวิธีการใน Iteration 1 ค่าตอบของผังโรงงานที่ 9 มีค่า
ตอบ 3106 ซึ่งน้อยกว่าในผังเริ่มต้น ดังนั้นจึงต้องนำรูปแบบผังโรงงานที่ 9 ไปเป็นผังเริ่ม
ต้นใน Iteration 2 และทำการสลับต่อไปอีก เป็นไปตามวิธีการข้อ 3.4

แสดงการจัดผังโรงงานที่มี 6 แผนก 6 ตำแหน่งรูปที่ 1 โดยวิธีการทางฮิวริสติก
ที่พัฒนาขึ้น : Iteration 2

จากขั้นตอนของการสลับผังโรงงาน ผังโรงงานที่ 1 2 และ 3 เป็นไปตามวิธีการข้อ 3.1 ผังโรงงานที่ 4 5 และ 6 เป็นไปตามวิธีการข้อ 3.2 ผังโรงงานที่ 7 8 และ 9 เป็นไปตามวิธีการข้อ 3.3 และจากการคำนวณใน Iteration 2 นี้ไม่มีคำตอบใดที่ได้ค่าของระยะทางรวมที่สั้นที่สุดน้อยกว่าในผังโรงงานเริ่มต้น (ผังที่ได้จาก Iteration 1) ดังนั้น คำตอบที่ดีที่สุดของการจัดผังโรงงาน 6 แผนกในฮิวริสติกนี้คือ 3106 ซึ่งแสดงการคำนวณในตารางที่ 4 และมีลักษณะการจัดวางผังโรงงานของแผนกต่างๆ ดังในรูปของผังโรงงานเริ่มต้นของ Iteration 2 นี้

ตารางที่ 4
แสดงการคำนวณระยะทางรวมของการขนถ่ายที่เป็นคำตอบที่สั้นที่สุดในฮิวริสติกนี้

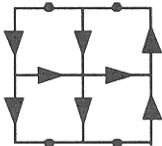
แผนก	ความถี่ (f_i)	เริ่มต้น	
		ระยะทาง(d_i)	$f_i \times d_i$
A-B	64	3	192
A-C	58	6	348
A-D	50	5	250
B-D	52	2	104
B-E	64	1	64
C-A	64	2	128
C-B	58	5	290
C-F	106	1	106

แผนก	ความถี่ (f_i)	เริ่มต้น	
		ระยะทาง(d_i)	$f_i \times d_i$
D-A	52	5	260
D-C	50	3	150
D-E	56	7	392
E-D	64	1	64
E-F	69	3	207
F-A	127	1	127
F-B	50	4	200
F-D	56	4	224
Sum	1040	53	3106

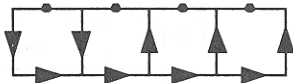
การเปรียบเทียบผลลัพธ์

ในบทความนี้ได้ทดลองหาคำตอบ จากวิธีการสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนกเปรียบเทียบกับวิธีทางฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นใหม่ในรูปแบบของผังโรงงาน 9 ตัวอย่าง โดยรูปแบบของผังโรงงาน 8 ตัวอย่างได้แสดงไว้ในรูปที่ 2 ส่วนอีกหนึ่งตัวอย่างนั้นได้ทดลองเปลี่ยนความถี่ในผังโรงงาน 6 แผนก 6 ตำแหน่ง และได้ทำการเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุด ที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับตัวอย่างปัญหาที่มีขนาดเล็ก

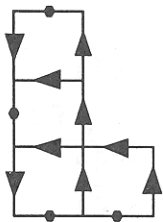
จากตารางผลการเปรียบเทียบจะเห็นว่า วิธีการทางฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นใหม่ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนกอยู่ประมาณ 2% โดยเฉลี่ย และจากการเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุดพบว่า วิธีฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นใหม่สามารถให้คำตอบตรงกับคำตอบที่ดีที่สุดถึง 2 ตัวอย่างจากคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้ 3 ตัวอย่าง



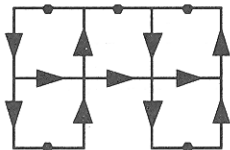
4 แผนก 4 ตำแหน่ง รูปที่ 1



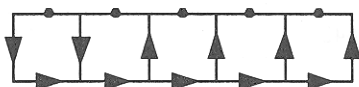
4 แผนก 4 ตำแหน่ง รูปที่ 2



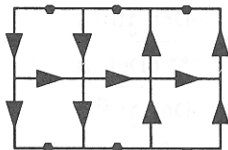
4 แผนก 4 ตำแหน่ง รูปที่ 3



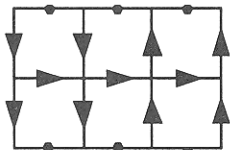
5 แผนก 5 ตำแหน่ง รูปที่ 1



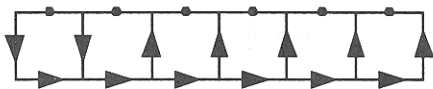
5 แผนก 5 ตำแหน่ง รูปที่ 2



5 แผนก 6 ตำแหน่ง รูปที่ 1



6 แผนก 6 ตำแหน่ง รูปที่ 1



6 แผนก 6 ตำแหน่ง รูปที่ 2

รูปที่ 2: แสดงตัวอย่างรูปแบบของผังโรงงาน 8 ตัวอย่าง

ตารางที่ 5
แสดงการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีการสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนก (pairwise exchange) และอีวิริสติกที่พัฒนาขึ้น

แบบของผังโรงงาน	คำตอบที่ได้จากวิธี		% ความแตกต่าง	Optimal solution
	Pairwise exchange	อีวิริสติกที่พัฒนาขึ้น		
4D4L รูปที่ 1	1366	1276	6.6	1276
*** 4D4L รูปที่ 2	1352	1464	-8.3	1352
4D4L รูปที่ 3	1548	1366	11.8	1366
5D5L รูปที่ 1	1992	1992	0	-
*** 5D5L รูปที่ 2	2432	2340	3.8	-
5D6L รูปที่ 1	1896	1896	0	-
6D6L รูปที่ 1	3168	3106	2.0	-
*** 6D6L รูปที่ 2	4042	4204	-4.0	-
6D6L รูปที่ 1 (เปลี่ยนความถี่)	8200	7700	6.1	-
เฉลี่ย			2.0	

หมายเหตุ *** คือตัวอย่างที่มีอัตราส่วนความแตกต่างของการไปและการกลับเกินกว่า 0.5

สรุปและวิเคราะห์

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการทางอีวิริสติก สำหรับใช้ในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงานที่มีเส้นทางเดินของรถขนถ่ายเป็นแบบไป-กลับในทิศทางเดียวกันไม่ได้ เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายรวมต่ำที่สุด วิธีการทางอีวิริสติกที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้อาศัยหลักการของวิธีการสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนก โดยจะให้ความสำคัญกับแผนกที่มีความถี่สูงสุดก่อนจากผลการเปรียบเทียบพบว่า วิธีการทางอีวิริสติกที่พัฒนาขึ้นมาในบทความนี้ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนก อยู่ประมาณ 2% โดยเฉลี่ย นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุดพบว่า วิธีการวิริสติกที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถให้คำตอบตรงกับคำตอบที่ดีที่สุดได้ในบางกรณี และจากอีวิริสติกที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใหม่นี้มีข้อกำหนดตรงที่ว่า ถ้าผังโรงงานมีระยะทางรวมในการไปแตกต่างจากระยะทางในการกลับมากกว่าอัตราส่วน 0.5 จะทำให้คำตอบที่ได้ไม่สามารถสรุปได้ว่าดีกว่าวิธีการสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนกเช่น

- (1) ไป : $5+6+7 = 18$
กลับ : $1+2+3 = 6$
(2) ไป : $1+5+6 = 12$
กลับ : $5+1+2 = 8$
(3) ไป : $2+1+7 = 10$
กลับ : $6+5+1 = 12$
(4) ไป : $3+2+1 = 6$
กลับ : $7+6+7 = 20$

ในตำแหน่งที่ (4) อัตราส่วนความแตกต่างระหว่างผลต่างกับผลรวมมากกว่า 0.5 คือ การไป 6 แตกต่างจากการกลับ 20 อยู่ 14 โดยผลรวมของทั้งไปและกลับคือ 26 ดังนั้น อัตราส่วนความแตกต่างคือ 0.583 ซึ่งจะทำให้คำตอบที่ได้มีความแปรปรวนมากในฮิวริสติกนี้ แต่ถ้าหากการไปและการกลับมีค่าเท่ากันจะได้ค่าอัตราส่วนความแตกต่างเป็น 0 หมายความว่า แผนผังโรงงานที่จะทำการจัดนั้นเป็นแผนผังโรงงานที่มีลักษณะคล้ายหรือใกล้เคียงกับแผนผังโรงงานแบบไป-กลับทางเดียวกันได้ (bidirectional flow) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าวิธีการทางฮิวริสติกที่ได้นำมาใช้นี้ จะเหมาะสมกับแผนผังโรงงานแบบไป-กลับทางเดียวกันไม่ได้ที่มีระยะทางในการไป (ออกประตู) และกลับ (เข้าประตู) ไม่แตกต่างกันมาก

เนื่องจากว่าแผนผังโรงงานตัวอย่างที่ 4D4L รูปที่ 2 5D5L รูปที่ 2 และ 6D6L รูปที่ 2 นั้นมีค่าอัตราส่วนความแตกต่างในแผนกใดแผนกหนึ่งเกิน 0.5 จึงทำให้คำตอบที่ได้จากฮิวริสติกนี้ไม่ได้ดีกว่าวิธีของการสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนก ซึ่งถ้าหากไม่พิจารณา 3 ตัวอย่างที่กล่าวมาจะทำให้คำตอบที่ได้ดีกว่าวิธีการสลับตำแหน่งที่ตั้งของแผนก อยู่ประมาณ 4.4% โดยเฉลี่ย ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าวิธีการทางฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงาน ที่มีเส้นทางการเดินของรถขนถ่ายเป็นแบบไป-กลับในเส้นทางเดียวกันไม่ได้

เอกสารอ้างอิง

- Lin, J.L., 1996. "Solving the failure-to-fit problem for plant layout : By changing department shapes and sizes" **European Journal of Operational Research**. 89: 135-146.
J-Y Kim, Y-D Kim., 1995. "Graph Theoretic Heuristics for Unequal-sized facilities Layout Problems" **Omega**. 23: 391-401.