บทที่ 4
รูปแบบของปัญหาการจัดผังโรงงาน

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง รูปแบบของปัญหาการจัดผังโรงงาน ซึ่งเป็นปัญหาที่เกี่ยวกับการจัดเรียงวางแผนกต่างๆ สถานี หรือ เครื่องจักร (หรือรวมเรียกว่าบล็อกแพลน (Block Plan)) จำนวน n แผนกลงใน m ตำแหน่ง (โดยที่ $n \leq m$) ฮิวริสติกที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงานและจะแสดงถึงขั้นตอนวิธีการของฮิวริสติกในการหาคำตอบอย่างละเอียด

วิธีการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงานแบ่งออกเป็นสองวิธีใหญ่ๆตามลักษณะของข้อมูลที่ใช้ คือ การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ และการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณหมายถึง ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการไหลและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายของการไหลวัสดุระหว่างสถานี ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพหมายถึง ข้อมูลที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานีหนึ่งกับสถานีอื่นๆ จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ ซึ่งเป็นไปตามความต้องการของผู้ออกแบบผังโรงงาน วัตถุประสงค์ของการจัดผังโรงงานคือ เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายการไหลวัสดุน้อยที่สุดหรือมีความสัมพันธ์ตามความต้องการของผู้ออกแบบผังโรงงานสูงสุด

4.1 การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ

การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายของการไหลวัสดุน้อยที่สุด ซึ่งจะกล่าวถึงค่าใช้จ่ายของการไหลต่อไปอย่างละเอียด

4.1.1 ค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายโดยรวมของการจัดวางผังโรงงาน (Total Cost) สามารถแสดงในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ของปริมาณการไหลของวัสดุ ค่าใช้จ่ายการไหลของวัสดุของแต่ละแผนกและระยะทางระหว่างแผนก เป้าหมายของการจัดผังโรงงานคือเพื่อให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Minimize } C = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=i+1}^{n} f_{ij} . c_{ij} . d_{ij} \qquad (4.1)$$

C คือค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดจากผังโรงงาน

f_{ij} คือปริมาณการไหลของวัสดุจากแผนก i ไปแผนก j

c_{ij} คือค่าใช้จ่ายการไหลจากแผนก i ไปแผนก j

d_{ij} คือระยะทางระหว่างแผนก i ไปแผนก j โดยวัดจากเซ็นทรอยด์ (Centroid) ของแต่ละแผนก การวัดระยะทางโดยทั่วไปแล้วมีอยู่สองแบบคือการวัดแบบเรคติลิเนียร์ (Rectilinear) และการวัดแบบยูคลิเดียน (Euclidean) (Askin และ Strandridge,1993)

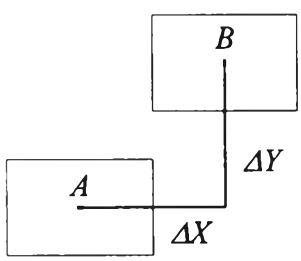
ระยะทางแบบเรคติลิเนียร์ คือระยะทางระหว่างสถานีที่เป็นไปตามแนวแกน x และแกน y การวัดระยะทางลักษณะนี้เหมาะสมกับการวัดระยะทางของทางเดินระหว่างแผนก การวัดระยะทางเป็นไปดังสมการ (4.2)

$$d_{ij} = \Delta x + \Delta y \qquad (4.2)$$

ระยะทางแบบยูคลิเดียน คือระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างสถานี เหมาะสมกับการวัดระยะทางของโอเวอร์เฮดคอนเวเยอร์ การวัดระยะทางเป็นไปดังสมการ (4.3)

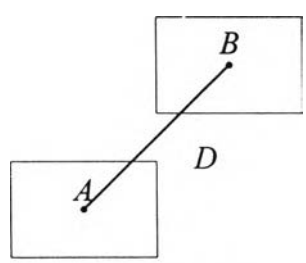
$$d_{ij} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \qquad (4.3)$$

การวัดระยะทางแบบเรคติลิเนียร์และแบบระยะทางแบบยูคลิเดียน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1ก และ 4.1ข



$d(A, B) = \Delta X + \Delta Y$

รูปที่ 4.1ก แสดงถึงระยะทางแบบเรคติลิเนียร์



$d(A, B) = D$

รูปที่ 4.1ข แสดงถึงระยะทางแบบยูคลิเดียน

สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้การวัดระยะทางแบบยูคลิเดียน

4.1.2 การแก้ปัญหา

รูปแบบของปัญหาตามสมการที่ (4.1) เรียกว่า Quadratic Assignment Problems (QAP) (ภาคผนวกที่ ข) เป็นปัญหาที่เป็นที่รู้จักกันดีทางด้าน Optimization ซึ่งมีวิธีการหาคำตอบได้หลายวิธี อย่างไรก็ตาม QAP จัดเป็นปัญหาประเภท NP-hard (ภาคผนวก ค) ซึ่งไม่เหมาะที่จะหาคำตอบ

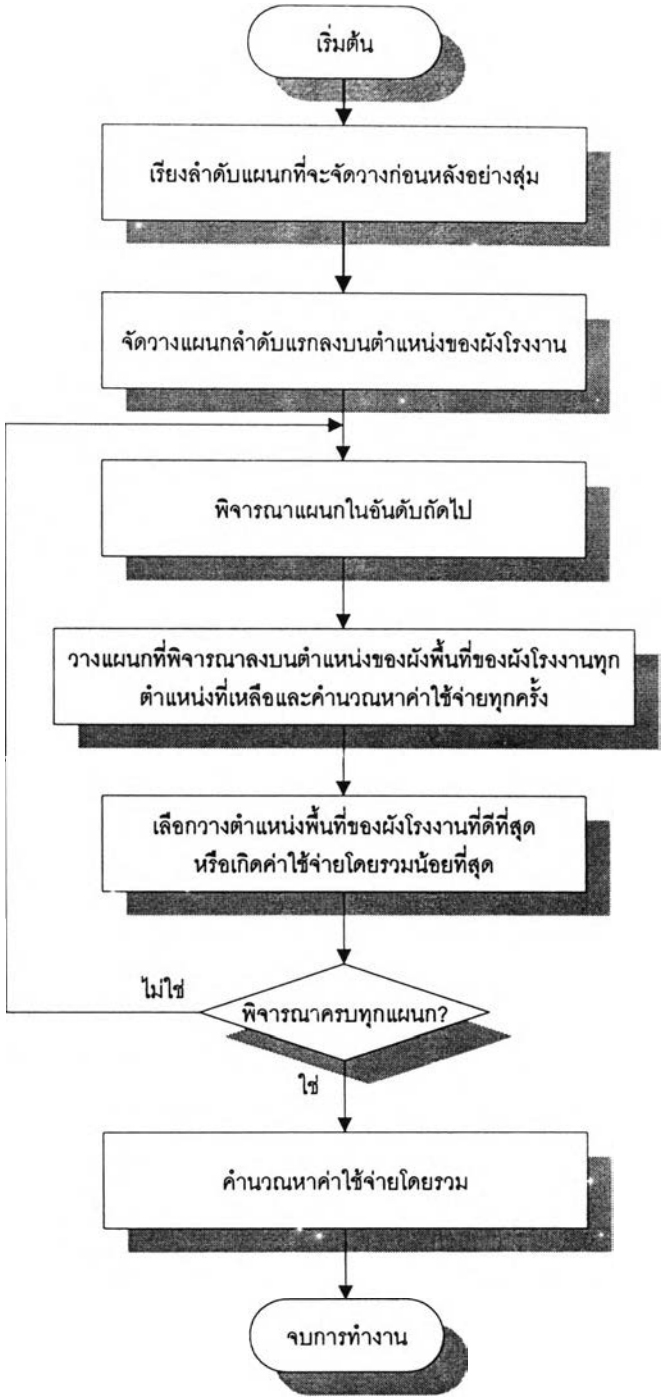
ด้วยวิธีการแบบตรงไปตรงมาในทางปฏิบัติ เช่นโปรแกรมเชิงเส้น เนื่องจากเวลาที่จะเสียไปในการหาคำตอบจะเพิ่มขึ้นเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น (French, 1982) แนวทางในการแก้ปัญหาประเภทนี้เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีแม้จะไม่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดคือการใช้ฮิวริสติก (Heuristic) ข้อดีของการใช้ฮิวริสติกคือ ง่ายต่อการใช้งาน ไม่จำเป็นต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆและมีความซับซ้อนน้อย เหมาะสมกับปัญหาขนาดเล็กส่วนข้อเสียของฮิวริสติกก็คือ คำตอบที่ได้อาจไม่เป็นคำตอบที่ดีที่สุด ฮิวริสติกที่ใช้ในการแก้ปัญหาประเภทนี้มีอยู่สองวิธีใหญ่ๆ คือ คอนสตรัคชั่นฮิวริสติก (Construction Heuristic) และอิมพรู๊ฟเม้นท์ฮิวริสติก (Improvement Heuristic) (Fransis และคณะ ,1992) โดยฮิวริสติกทั้งสองประเภทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- **คอนสตรัคชั่นฮิวริสติก**

คอนสตรัคชั่นฮิวริสติกเป็นวิธีการจัดผังโรงงานโดยเริ่มจากการวางผังโรงงานไปทีละแผนก แล้วทำการคำนวณหาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น จากนั้นย้ายตำแหน่งการวางแล้วคำนวณหาค่าใช้จ่ายใหม่จนครบทุกตำแหน่ง เลือกตำแหน่งการวางที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจากนั้นก็เพิ่มแผนกที่เหลือทีละแผนกแล้วทำการคำนวณใหม่อีกครั้ง ทำเช่นนี้จนครบทุกแผนกจนได้คำตอบ

ขั้นตอนของ คอนสตรัคชั่นฮิวริสติกมี 7 ขั้นตอนดังรูปที่ 4.2 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนแรกของคอนสตรัคชั่นฮิวริสติกเป็นการสุ่มลำดับของแผนกต่างๆ ในผังโรงงานที่ต้องการจัดเรียง ขั้นตอนที่สองเป็นการจัดวางแผนกลำดับแรกลงบนตำแหน่งพื้นที่ของผังโรงงาน ขั้นตอนที่สามเป็นการพิจารณาจัดวางตำแหน่งของแผนกลำดับต่อไป ขั้นตอนที่สี่วางแผนกที่พิจารณาลงในพื้นที่ที่เหลือทุกตำแหน่งและเลือกวางในตำแหน่งที่เกิดค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด หลังจากนั้นจะเป็นขั้นตอนในการตรวจสอบการหยุดการทำงาน โดยทำการตรวจสอบว่ามีการจัดวางครบทุกแผนกหรือไม่ ถ้ายังไม่ครบทุกแผนกให้เลือกวางแผนกที่เหลือตามลำดับที่กำหนดไว้จนครบทุกแผนก ถ้าครบทุกแผนกแล้วให้หยุดการคำนวณ แล้วคำนวณหาค่าใช้จ่ายโดยรวมอีกครั้งก่อนการจบการทำงาน



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนของคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก

ตัวอย่างการคำนวณของโปรแกรม มีดังต่อไปนี้

กำหนดให้ ผังโรงงานที่ต้องการจัดเรียงมีจำนวนสถานีหรือแผนกทั้งหมด (Size) ทั้งหมด 10 สถานี คือ สถานี 0 จนถึง สถานี 9 และ ผังโรงงานมีขนาดเป็น 2*5 หรือ มีจำนวนแถว (Row) เป็น 2 แถวและจำนวนหลัก (Column) เป็น 5 หลัก และตัวอย่างของงานวิจัยนี้เลือกปัญหาจาก

Fransis(1992) เป็นปัญหาการจัดผังโรงงานขนาด 10 แผนก โดยมีข้อมูล แผนภูมิจาก-ไป แสดงดังรูปที่ 4.3 และ 4.4

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2	1						2	
1	6				6	2				2
2	1	2		4					2	
3	1	1	4			4	2	3	2	2
4						5	3		2	
5				4	5		4		2	
6				2	2	4			2	
7					3				2	
8	1	1	1	1	1	1	1	1		1
9				2			1	1	2	

รูปที่ 4.3 แผนภูมิจาก-ไปของปริมาณการไหล

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2	2						1	
1	3				2	2				2
2	1	1		5						
3	1	1	2			2	2	3	1	1
4						4	3		1	
5				1	3		2		1	
6				4	2	2			1	
7					2				1	
8	1	1	1	1	1	1	1	1		1
9				1			1	2	1	

รูปที่ 4.4 แผนภูมิจาก-ไปของค่าใช้จ่าย

ขั้นตอนของคอนสตรัคชั่นฮิวริสติกเริ่มต้นจากสุ่มลำดับของแผนกที่จะจัดเรียงก่อนหลังเป็น [4 8 6 9 1 3 5 0 7 2] **ตามลำดับ ลำดับสตริงนี้ไม่ได้เป็นผังโรงงานแต่เป็นเพียงแค่การบอกลำดับของการจัดวางก่อนหลังโดยที่ต้องทำการจัดวางแผนกที่ 4 ก่อนเป็นอันดับแรก แผนกที่ 8 เป็นอันดับที่สอง ไปเรื่อยๆจนถึงแผนกที่ 2 เป็นอันดับสุดท้าย โดยกำหนดตำแหน่งพื้นที่สำหรับการวางแผนกต่างๆ 10 ตำแหน่งดังรูปที่ 4.5**

0	1	2	3	4
5	6	7	8	9

รูปที่ 4.5 ตำแหน่งพื้นที่ของผังโรงงานตัวอย่าง

<u>รอบที่ 0</u>

เริ่มต้นโดยการวางแผนกที่ 4 ไว้ในตำแหน่งแรก(ตำแหน่งที่ 0) ดังรูปที่ 4.6

4				

รูปที่ 4.6 ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 0

<u>รอบที่ 1</u>

แผนกที่จะนำมาพิจารณาต่อไปคือแผนกที่ 8 วางแผนกที่ 8 ลงทุกๆตำแหน่งที่ว่างทำให้เกิดค่าใช้จ่าย สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายของการจัดผังโรงงานได้ดังในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆจากคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 0

ตำแหน่งพื้นที่	ค่าใช้จ่าย
1	3.000000
2	6.000000
3	9.000000
4	12.000000
5	3.000000
6	4.242640
7	6.708204
8	9.486833
9	12.369317

เลือกวางแผนกที่ 8 ลงบนตำแหน่งที่ 1 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด ได้ผังโรงงานดังรูปที่ 4.7

4	8			

รูปที่ 4.7 ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 1

<u>รอบที่ 2</u>

แผนกต่อไปที่นำมาพิจารณาต่อไปคือแผนกที่ 6 วางแผนกที่ 6 ลงทุกๆตำแหน่งที่ว่างทำให้เกิดค่าใช้จ่าย สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆจากคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 2

ตำแหน่งพื้นที่	ค่าใช้จ่าย
2	32.000000
3	48.000000
4	64.000000
5	20.242640
6	24.384777
7	36.311523
8	50.817814
9	66.087212

เลือกวางแผนกที่ 6 ลงบนตำแหน่งที่ 5 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด ได้ผังโรงงานดังรูปที่ 4.8

4	8			
6				

รูปที่ 4.8 ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 2

<u>รอบที่ 3</u>

แผนกต่อไปที่นำมาพิจารณาต่อไปคือแผนกที่ 9 วางแผนกที่ 9 ลงทุกๆตำแหน่งที่ว่างทำให้เกิดค่าใช้จ่าย สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายได้ดังในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างจากคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 3

ตำแหน่งพื้นที่	ค่าใช้จ่าย
2	25.478708
3	29.404917
4	33.365746
6	24.242640
7	26.485279
8	29.950844
9	33.729473

เลือกวางแผนกที่ 9 ลงบนตำแหน่งที่ 6 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด ได้ผังโรงงาน ดังรูปที่ 4.9

4	8			
6	9			

รูปที่ 4.9 ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 3

<u>รอบที่ 4</u>

แผนกต่อไปที่นำมาพิจารณาต่อไปคือแผนกที่ 1 วางแผนกที่ 1 ลงทุกๆตำแหน่งที่ว่างทำให้เกิดค่าใช้จ่าย สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายได้ดังในตารางที่ 4.4

ต้นฉบับ หน้าขาดหาย

4	8	1		
6	9	3		

รูปที่ 4.11 ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 5

รอบที่ 6

แผนกที่จะนำมาพิจารณาต่อไปคือแผนกที่ 5 วางแผนกที่ 5 ลงทุกๆตำแหน่งที่ว่างทำให้เกิดค่าใช้จ่าย สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายได้ดังในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 6

ตำแหน่งพื้นที่	ค่าใช้จ่าย
3	268.709137
4	335.944641
8	269.186890
9	336.881958

เลือกวางแผนกที่ 5 ลงบนตำแหน่งที่ 3 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด ได้ผังโรงงานดังรูปที่ 4.12

4	8	1	5	
6	9	3		

รูปที่ 4.12 ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 6

รอบที่ 7

แผนกที่จะนำมาพิจารณาต่อไปคือแผนกที่ 0 วางแผนกที่ 0 ลงทุกๆตำแหน่งที่ว่างทำให้เกิดค่าใช้จ่าย สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายได้ดังในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 7

ตำแหน่งพื้นที่	ค่าใช้จ่าย
4	323.945221
8	307.530029
9	329.389496

เลือกวางแผนกที่ 0 ลงบนตำแหน่งที่ 8 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด ได้ผังโรงงานดังรูปที่ 4.13

4	8	1	5	
6	9	3	0	

รูปที่ 4.13 ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 7

รอบที่ 8

แผนกที่จะนำมาพิจารณาต่อไปคือแผนกที่ 7 วางแผนกที่ 7 ลงทุกๆตำแหน่งที่ว่างทำให้เกิดค่าใช้จ่าย สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายได้ดังในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 8

ตำแหน่งพื้นที่	ค่าใช้จ่าย
4	366.979218
9	365.755524

เลือกวางแผนกที่ 7 ลงบนตำแหน่งที่ 9 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด ได้ผังโรงงานดังรูปที่ 4.14

4	8	1	5	
6	9	3	0	7

รูปที่ 4.14 ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 8

รอบที่ 9

สถานีที่จะนำมาพิจารณาต่อไปคือแผนกที่ 2 วางแผนกที่ 2 ลงในตำแหน่งที่ว่างได้เพียงตำแหน่งเดียวสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายได้ดังในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 9

ตำแหน่งพื้นที่	ค่าใช้จ่าย
4	445.608093

เลือกวางแผนกที่ 2 ลงบนตำแหน่งที่ 4 ทำให้ได้ผังโรงงานดังรูปที่ 4.15

I15490594

4	8	1	5	4
6	9	3	0	7

รูปที่ 4.15 ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชั่นฮิวริสติก รอบที่ 9

คำตอบที่ได้คือ ผังโรงงานที่มีค่าใช้จ่ายเป็น 445.608

- **อิมพรู๊ฟเม้นท์ฮิวริสติก**

อิมพรู๊ฟเม้นท์ฮิวริสติกเป็นการจัดผังโรงงานที่จำเป็นต้องมีโครงสร้างของผังเริ่มต้นก่อนแล้วทำการปรับปรุงผังโรงงานนั้นจนได้ผังโรงงานใหม่ที่มีคำตอบดีกว่าผังโรงงานเดิม

แนวคิดพื้นฐานของการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงานด้วยอิมพรู๊ฟเม้นฮิวริสติกคือ การปรับปรุงผังโรงงานที่มีอยู่แล้วให้ได้คำตอบดีขึ้น หรือค่าใช้จ่ายน้อยลง อิมพรู๊ฟเม้นฮิวริสติกมีหลายวิธี เช่น คราฟท์ฮิวริสติก (CRAFT) (Armour และ Buffa, 1963) หรือ Steepest Descent Pairwise Interchange Heuristic (SDPI) (Meller และ Bozer,1996)

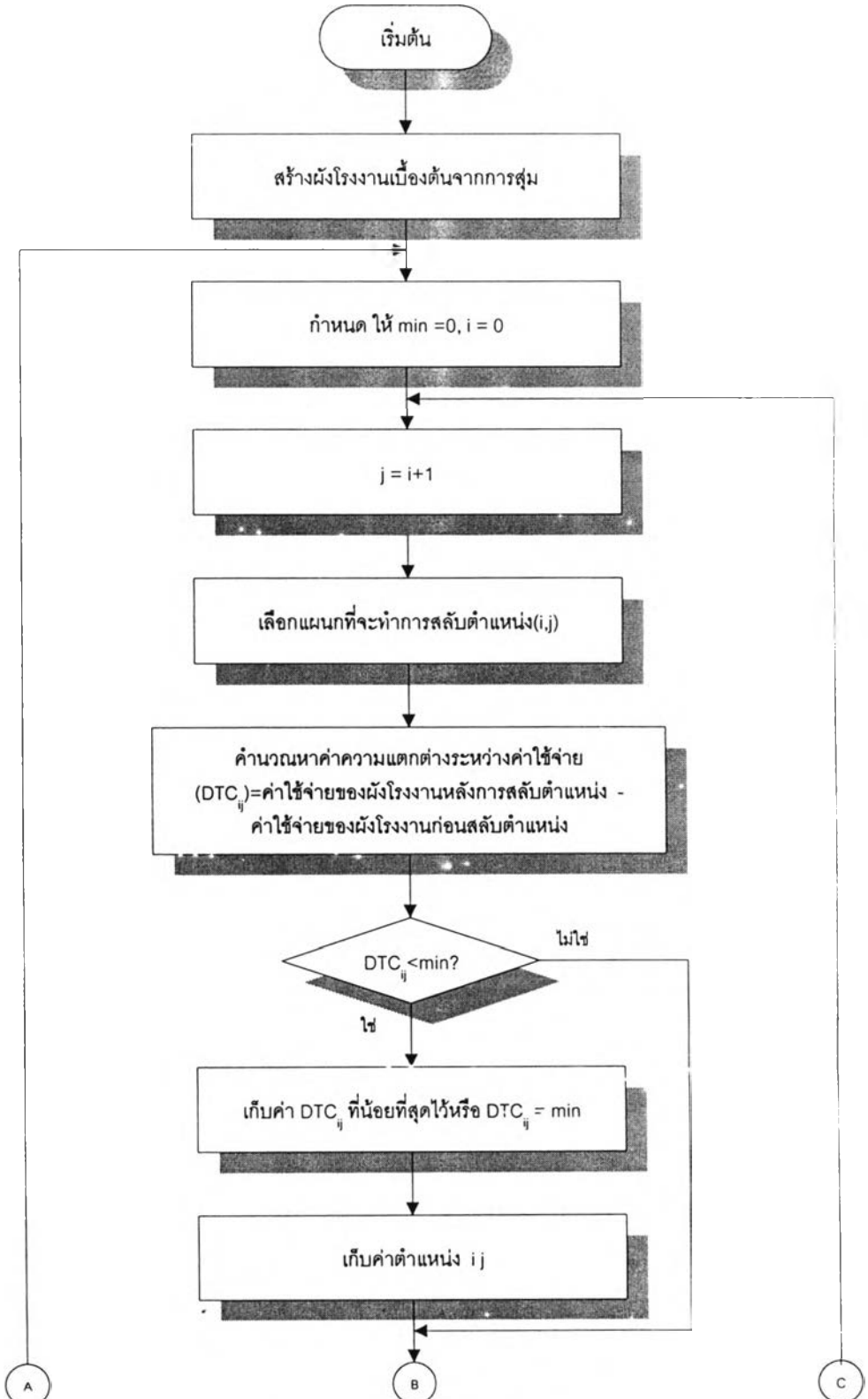
SDPI เป็นวิธีการหาคำตอบโดยอาศัยการสลับคู่ในโครงสร้างของผังโรงงานทีละคู่และเลือกคู่ที่ดีที่สุดหรือคู่ที่สลับแล้วทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด ทำการเก็บตำแหน่งทั้งสองไว้ จากนั้นทำการสลับคู่ที่เหลือตามขั้นตอนเดิมจนได้คำตอบครบทุกตำแหน่ง

โครงสร้างของผังโรงงานหรือเปอร์มิวเตชั่น (Permutation) สามารถสร้างได้จากการเข้ารหัสจากผังโรงงานเช่น กำหนดให้เปอร์มิวเตชั่นเป็น [1 7 4 0 9 8 2 5 6 3] ค่าแต่ละค่าในเปอร์มิวเตชั่นคือแผนกต่างๆในผังโรงงานซึ่งสามารถจัดเป็นผังโรงงานดังรูปที่ 4.16

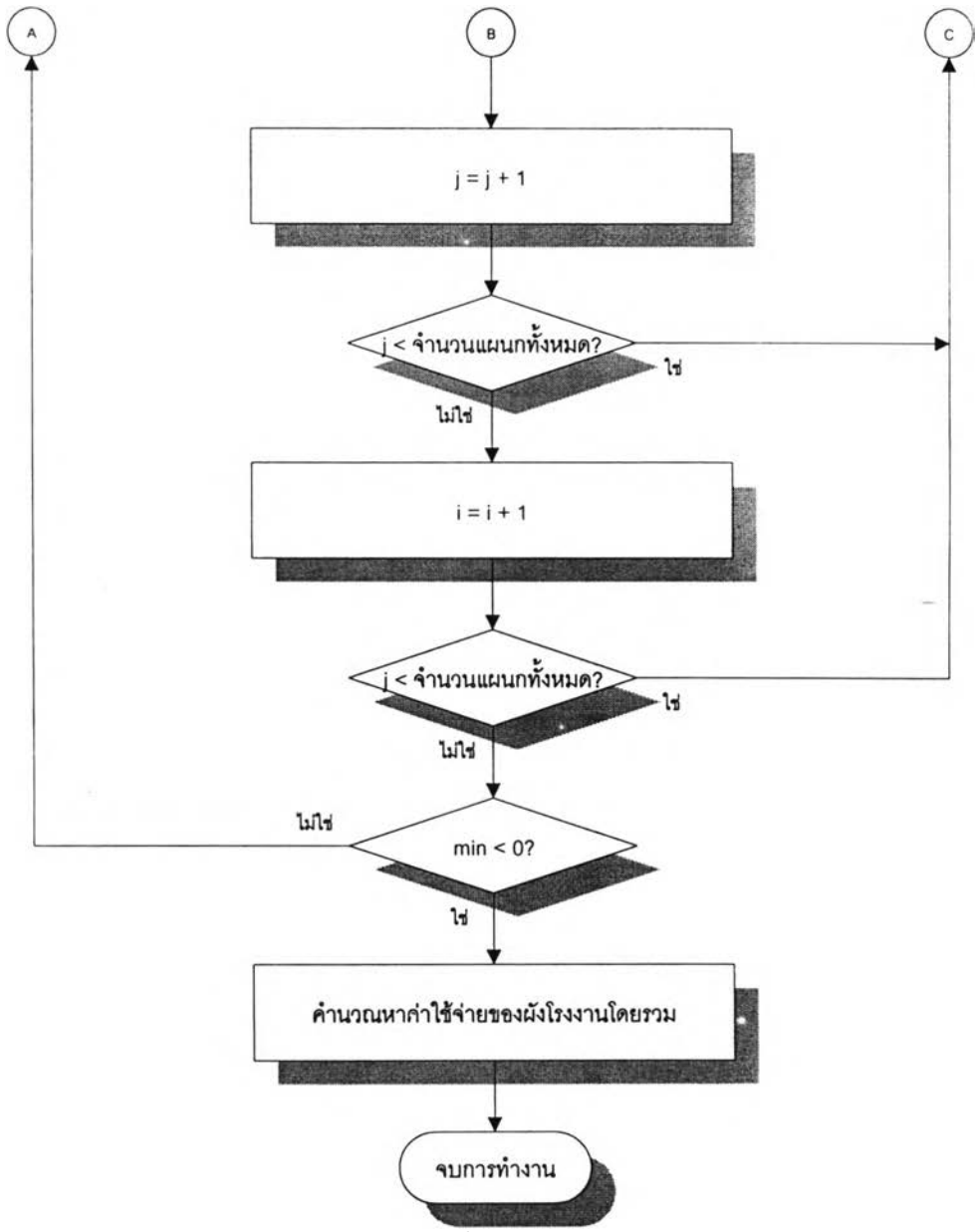
1	7	4	0	9
8	2	5	6	3

รูปที่ 4.16 รูปแบบของผังโรงงานที่กำหนด

ขั้นตอนการคำนวณของ SDPI เป็นไปดังรูปที่ 4.17 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.17 ก แสดงถึงขั้นตอนของวิธีการ SDPI



รูปที่ 4.17 ข แสดงถึงขั้นตอนของวิธีการ SDPI(ต่อ)

ขั้นตอนแรกเริ่มจากการสุ่มผังโรงงานที่เป็นคำตอบเริ่มแรกก่อนเพื่อที่จะนำไปปรับปรุงผังโรงงานต่อไปหรืออาจจะนำคำตอบผังโรงงานเริ่มแรกจากวิธีการอื่นๆก็ได้ จากนั้นจะทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรที่จะต้องใช้ในการคำนวณ ค่า min หมายถึงตัวแปรที่เก็บความแตกต่างของค่าใช้จ่ายของผังโรงงานหลังการสลับตำแหน่งและก่อนการสลับตำแหน่งที่น้อยที่สุด ส่วนค่า i และ j เป็นตัวแปรที่ใช้ในการนับจำนวนรอบการทำซ้ำของการสลับแผนก ขั้นตอนต่อไปเป็นการเลือกแผนกที่จะทำการสลับตำแหน่งเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าความแตกต่างของค่าใช้จ่ายในขั้นตอนต่อไป ความแตกต่างของค่าใช้จ่าย หรือ DTC_{ij} คือ ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายหลังการสลับตำแหน่งและก่อนการสลับตำแหน่งแล้วควรมีค่าเป็นลบมากๆ หมายความว่าผังโรงที่สลับแล้ว

มีค่าใช้จ่ายลดลง และ จากนั้นจะทำการทดสอบว่าค่า DTC_{ij} มีค่าน้อยกว่าค่า min หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าให้ทำการเก็บค่าตำแหน่งนั้นไว้ ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับก็ไม่ต้องเก็บค่าตำแหน่งนั้นไว้ จากนั้นเป็นการ เปลี่ยนแผนกอื่นๆตามค่า i และ j จนครบทุกตำแหน่ง ขั้นตอนต่อไปเป็นการตรวจสอบสภาวะการหยุดทำงาน ถ้าค่า min ยังคงน้อยกว่าศูนย์แสดงว่าอาจหาคำตอบที่น้อยกว่าคำตอบปัจจุบันได้ ให้ทำกระบวนการเดิมซ้ำ แต่ถ้าค่า min มากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ให้เลิกทำการงานและสามารถที่จะคำนวณหาค่าใช้จ่ายโดยรวมได้อีกครั้งเพื่อตรวจสอบ

ตัวอย่างการคำนวณของโปรแกรม

จากปัญหาตัวอย่างที่ผ่านมาสามารถนำมาคำนวณได้ดังต่อไปนี้

<u>รอบที่ 0</u>

เปอร์มิวเตชันหรือลำดับการจัดเรียงผังโรงงานคำตอบ แรกได้จากการสุ่ม คือ [1 7 4 0 9 8 2 5 6 3] มีค่าใช้จ่ายเป็น 427.0847 ตำแหน่งของค่าหรือแผนกในเปอร์มิวเตชั่นแรกเป็นตำแหน่งที่ศูนย์เรียงกันไปเรื่อยๆจนถึงตำแหน่งสุดท้าย

ตารางที่ 4.10 ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 0

ครั้งที่	ตำแหน่ง	เปอร์มิวเตชั่น	ค่าใช้จ่าย	DTC_{ij}
1	0,1	[7 1 4 0 9 8 2 5 6 3]	399.82	-27.2577
2	0,2	[4 7 1 0 9 8 2 5 6 3]	431.768	4.68375
3	0,3	[0 7 4 1 9 8 2 5 6 3]	394.651	-32.4338
4	0,4	[9 7 4 0 1 8 2 5 6 3]	381.206	-45.8789
5	0,5	[8 7 4 0 9 1 2 5 6 3]	432.084	4.99954
6	0,6	[2 7 4 0 9 8 1 5 6 3]	427.569	0.484558
7	0,7	[5 7 4 0 9 8 2 1 6 3]	463 264	36.1791
8	0,8	[6 7 4 0 9 8 2 5 1 3]	422.272	-4.81308
9*	0,9	[3 7 4 0 9 8 2 5 6 1]	351.761	-75.3238
10	1,2	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
45	8,9	[1 7 4 0 9 8 2 5 3 6]	404.472	-22.6126

จากการทดลองตารางที่ 4.10 คอลัมน์ที่ 1 คือ จำนวนครั้งของการสลับทั้งหมดซึ่งมี 45 ครั้ง (หาได้จาก (M-1)*M โดยที่ M คือจำนวนสถานีทั้งหมด) คอลัมน์ที่ 2 คือตำแหน่งหรือแผนกที่ทำการสลับ โดยมีการสลับครั้งที่ 1 คือแผนกที่ 0 และ 1 ไปจนถึง การสลับครั้งที่ 45 ของแผนกที่ 8 และ 9

คอลัมน์ที่ 3 คือ ค่าใช้จ่ายของเปอร์มิวเตชั่นนั้นๆ และ คอลัมน์สุดท้ายคือ DTC_q ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายหลังการสลับและก่อนการสลับตำแหน่ง

จะเห็นได้ว่าการสลับครั้งที่ 9 หรือสลับแผนกที่ 0 และ 9 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันถึง 75.3238 ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงการสลับแผนกที่ 0 และ 9 และจะนำเปอร์มิวเตชั่นที่ 9 นี้นำไปคำนวณต่อไป

<u>รอบที่ 1</u>

เปอร์มิวเตชันแรกที่ได้จากการคำนวณรอบแรก คือ [3 7 4 0 9 8 2 5 6 1] มีค่าใช้จ่ายเป็น 351.761

ตารางที่ 4.11 ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 1

ครั้งที่	ตำแหน่ง	เปอร์มิวเตชั่น	ค่าใช้จ่าย	DTC_q
1*	0,1	[7 3 4 0 9 8 2 5 6 1]	323.225	-28.5356
2	0,2	[4 7 3 0 9 8 2 5 6 1]	396.696	44.9351
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
45	8,9	[3 7 4 0 9 8 2 5 1 6]	367.282	15.5209

จากการทดลองตารางที่ 4.11 ทำการสลับตำแหน่งทั้ง 45 คู่จะเห็นได้ว่าการสลับครั้งแรกหรือแผนกที่ 0 และ 1 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันถึง 28.5356 ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุดและจะนำเปอร์มิวเตชั่นที่ 1 นี้นำไปคำนวณต่อไป

<u>รอบที่ 2</u>

เปอร์มิวเตชันที่ได้จากการคำนวณรอบแรก คือ [7 3 4 0 9 8 2 5 6 1] มีค่าใช้จ่ายเป็น 323.255

จากการทดลองตารางที่ 4.12 สลับตำแหน่งทั้ง 45 คู่จะเห็นได้ว่าการสลับครั้งที่ 23 หรือสลับแผนกที่ 2 และ 8 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันถึง 22.1062 และจะนำเปอร์มิวเตชั่นที่ 23 นี้นำไปคำนวณต่อไป

ตารางที่ 4.12 ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI **รอบที่** 2

ครั้งที่	ตำแหน่ง	เปอร์มิวเตชั่น	ค่าใช้จ่าย	DTC_{ij}
1	0,1	[3 7 4 0 9 8 2 5 6 1]	351.761	28.5356
2	0,2	[4 3 7 0 9 8 2 5 6 1]	407.857	84.6319
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
23*	2,8	[7 3 6 0 9 8 2 5 4 1]	301.119	-22.1062
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
45	8,9	[7 3 4 0 9 8 2 5 1 6]	338.365	15.1401

<u>รอบที่ 3</u>

เปอร์มิวเตชันที่ได้จากการคำนวณรอบที่ 2 **คือ** [7 3 6 0 9 8 2 5 4 1] **มีค่าใช้จ่ายเป็น** 301.119

ตารางที่ 4.13 ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI **รอบที่** 3

ครั้งที่	ตำแหน่ง	เปอร์มิวเตชั่น	ค่าใช้จ่าย	DTC_{ij}
1	0,1	[3 7 6 0 9 8 2 5 4 1]	330.983	29.8638
2	0,2	[6 3 7 0 9 8 2 5 4 1]	331.133	30.0135
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
25	3,4	[7 3 6 9 0 8 2 5 4 1]	292.442	-8.67722
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
45	8,9	[7 3 6 0 9 8 2 5 1 4]	340.186	39.067

จากการทดลอง 4.13 **สลับตำแหน่งทั้ง** 45 **คู่จะเห็นได้ว่าการสลับครั้งที่** 25 **หรือแผนกที่** 3 **และ** 4 **ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันถึง** 8.67722 **และจะนำเปอร์มิวเตชั่นที่** 25 **นี้นำไปคำนวณต่อไป**

<u>รอบที่ 4</u>

เปอร์มิวเตชันที่ได้จากการคำนวณรอบที่ 3 **คือ** [7 3 6 9 0 8 2 5 4 1] **มีค่าใช้จ่ายเป็น** 292.442

ตารางที่ 4.14 ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 4

ครั้งที่	ตำแหน่ง	เปอร์มิวเตชั่น	ค่าใช้จ่าย	DTC_{ij}
1	0,1	[3 7 6 9 0 8 2 5 4 1]	322.306	29.8638
2	0,2	[6 3 7 9 0 8 2 5 4 1]	322.456	30.0135
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
26*	3,5	[7 3 6 8 0 9 2 5 4 1]	286.895	-5.54749
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
45	8,9	[7 3 6 9 0 8 2 5 1 4]	346.421	53.9787

จากการทดลองตารางที่ 4.14 สลับตำแหน่งทั้ง 45 คู่จะเห็นได้ว่าการสลับครั้งที่ 26 หรือแผนกที่ 3 และ 5 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันถึง 5.54749 และจะนำเปอร์มิวเตชั่นที่ 26 นี้นำไปคำนวณต่อไป

<u>รอบที่ 5</u>

เปอร์มิวเตชันที่ได้จากการคำนวณรอบที่ 4 คือ [7 3 6 8 0 9 2 5 4 1] มีค่าใช้จ่ายเป็น 286.895

ตารางที่ 4.15 ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 5

ครั้งที่	ตำแหน่ง	เปอร์มิวเตชั่น	ค่าใช้จ่าย	DTC_{ij}
1	0,1	[3 7 6 8 0 9 2 5 4 1]	316.758	29.8638
2	0,2	[6 3 7 8 0 9 2 5 4 1]	320.144	33.2496
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
24*	3,7	[7 3 6 5 0 9 2 8 4 1]	284.631	-2.26392
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
45	8,9	[7 3 6 8 0 9 2 5 1 4]	337.359	50.464

จากการทดลองตารางที่ 4.15 ทำการสลับตำแหน่งทั้ง 45 คู่จะเห็นได้ว่าการสลับครั้งที่ 24 หรือแผนกที่ 3 และ 7 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันถึง 2.26392 และจะนำเปอร์มิวเตชั่นที่ 24 นี้นำไปคำนวณต่อไป

<u>รอบที่ 6</u>

เปอร์มิวเตชันที่ได้จากการคำนวณรอบที่ 5 คือ [7 3 6 5 0 9 2 8 4 1] มีค่าใช้จ่ายเป็น 284.631

ตารางที่ 4.16 ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 6

ครั้งที่	ตำแหน่ง	เปอร์มิวเตชั่น	ค่าใช้จ่าย	DTC_{ij}
1	0,1	[3 7 6 5 0 9 2 8 4 1]	316.632	32.0016
2	0,2	[6 3 7 5 0 9 2 8 4 1]	330.103	45.4725
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
6*	0,6	[2 3 6 5 0 9 7 8 4 1]	282.416	-2.21429
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
45	8,9	[7 3 6 5 0 9 2 8 1 4]	318.107	33.4762

จากการทดลองตารางที่ 4.16 ทำการสลับตำแหน่งทั้ง 45 คู่จะเห็นได้ว่าการสลับครั้งที่ 6 หรือแผนกที่ 0 และ 6 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันถึง 2.21429 และจะนำเปอร์มิวเตชั่นที่ 6 นี้นำไปคำนวณต่อไป

<u>รอบที่ 7</u>

เปอร์มิวเตชันที่ได้จากการคำนวณรอบที่ 6 คือ [2 3 6 5 0 9 7 8 4 1] มีค่าใช้จ่ายเป็น 282.416

ตารางที่ 4.17 ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 7

ครั้งที่	ตำแหน่ง	เปอร์มิวเตชั่น	ค่าใช้จ่าย	DTC
1	0,1	[3 2 6 5 0 9 7 8 4 1]	306.355	23.9387
2	0,2	[6 3 2 5 0 9 7 8 4 1]	326.131	43.7147
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
25	3,4	[2 3 6 0 5 9 7 8 4 1]	328.37	45.8034
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
45	8,9	[2 3 6 5 0 9 7 8 1 4]	316.206	33.7896

จากการทดลองตารางที่ 4.17 ทำการสลับตำแหน่งทั้ง 45 คู่จะเห็นได้ว่าไม่มีการสลับแล้ว ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันลดลงเลย และเป็นสภาวะในการสิ้นสุดการทำงานของ SDPI

ผังโรงงานคำตอบที่ได้ดังรูปที่ 4.18 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายเป็น 282.416

2	3	6	5	0
9	7	8	4	1

รูปที่ 4.18 ผังโรงงานคำตอบที่ได้จาก SDPI

ปัญหาของวิธีการ SDPI คือ คำตอบที่ได้อาจ "ติด" อยู่ใน Local Optima ซึ่งอาจเป็นคำตอบที่ดีในช่วงใดช่วงหนึ่งแต่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดสำหรับคำตอบทั้งหมด

4.2 การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อจัดวางตำแหน่งของทรัพยากรของโรงงานเช่นเครื่องจักร สถานีงาน ฯลฯ ให้อยู่ติดกันหรือห่างจากกันตามความสัมพันธ์ของทรัพยากรนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างแผนกได้จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ (Muther, 1973) การจัดผังโรงงานประเภทนี้เป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบผังโรงงานอย่างมีระบบ หรือ SLP (Systematic Layout Planning) ดังมีรายละเอียดดังภาคผนวก ก โดยพิจารณาถึง ค่า TCR (Total Closeness Rating) ค่า TCR ที่ใช้พิจารณาแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

- ค่า TCR ที่พิจารณาความใกล้ชิดระหว่างแผนก (Total Closeness Rating with Adjacent Department) ซึ่งจะต้องให้มีค่ามากที่สุด ดังสมการที่ 4.4

$$\text{Maximize } V = \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=i+1}^{M} \delta_{ij} V(r_{ij}) \qquad (4.4)$$

V คือ TCR ที่พิจารณาความใกล้ชิดระหว่างแผนก

ค่า δ_{ij} เป็น 1 ถ้าแผนก i และ j อยู่ติดกัน และ ค่า δ_{ij} เป็น 0 ถ้าแผนก i และ j ไม่ได้อยู่ติดกันดังรูปที่ 4.19

$V(r_{ij})$ คือ ค่าคะแนนของความสัมพันธ์ระหว่างแผนก i และ j คะแนน การให้คะแนนของความสัมพันธ์ระหว่างแผนกจากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ (Relationship Chart) หรือ แผนภูมิ REL ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไป

รูปที่ 4.19 ความใกล้ชิดระหว่างสถานี

M คือจำนวนแผนก

- ค่า TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก (Total Closeness Rating with Distance Between Department) ซึ่งจะต้องให้มีค่าน้อยที่สุด ดังสมการที่ 4.5

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=i+1}^{M} V(r_{ij}) d_{ij} \qquad (4.5)$$

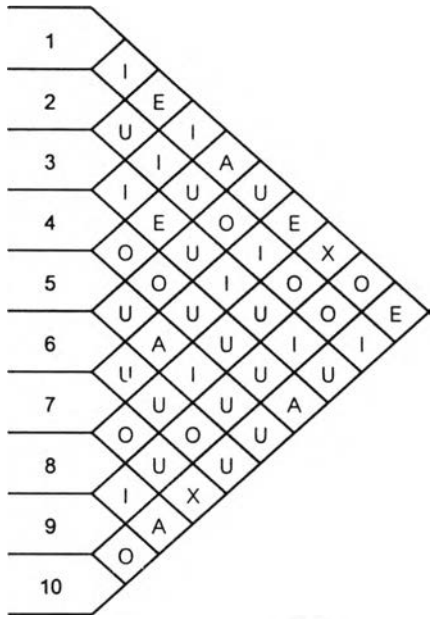
d_{ij} คือระยะทางระหว่างแผนก i ไปแผนก j ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

Z คือ TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนกรายละเอียดของการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพอยู่ในภาคผนวกที่ 1

$V(r_{ij})$ คือ ค่าคะแนนของความสัมพันธ์ระหว่างแผนก i และ j คะแนน ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ได้จาก แผนภูมิ REL หรือ แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ ซึ่งเป็นแผนภูมิที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของทุกแผนกในผังโรงงานนั้นๆ ดังแสดงดังรูป 4.20 และใช้สัญลักษณ์แสดงถึงความสัมพันธ์ของแต่ละแผนกเป็น A E I O U และ X สัญลักษณ์เหล่านี้มีความหมายดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.18 สัญลักษณ์และความหมายของระดับความสัมพันธ์

สัญลักษณ์	ระดับความสัมพันธ์
A	Absolutely Necessary
E	Especially Necessary
I	Important
O	Ordinary
U	Unimportant
X	Undesirable



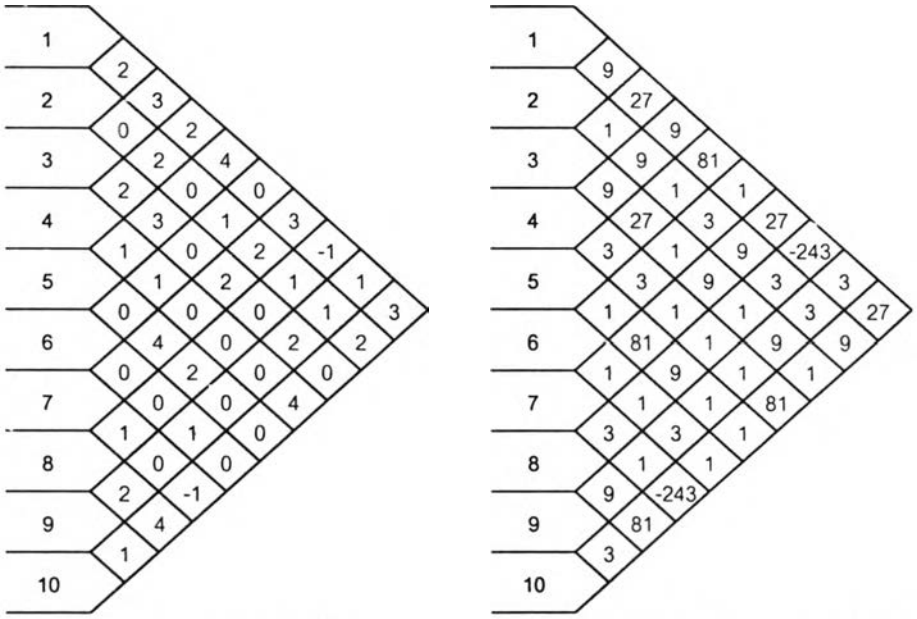
รูปที่ 4.20 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ซึ่งมีจำนวนสถานี 10 แผนก

เพื่อความสะดวกในการคำนวณในสมการที่ 4.4 **และ** 4.5 ค่า $V(r_{ij})$ **ควรเปลี่ยนให้อยู่ในรูปคะแนนที่เป็นจำนวนเต็ม โดยทั่วไปแล้วการให้คะแนนของระดับความสัมพันธ์แบ่งออกเป็น** 2 **ประเภทคือการให้คะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล** (Exponential) **และการให้คะแนนแบบลิเนียร์** (Linear) **ดังตารางที่** 4.20

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบการให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและแบบเชิงเส้น

ระดับความสัมพันธ์	คะแนนแบบเชิงเส้น	คะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล
A	4	81
E	3	27
I	2	9
O	1	3
U	0	1
X	-1	-243

การให้คะแนนแบบเชิงเส้นหรือแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้วางผังโรงงาน ถ้าผู้วางผังโรงงานต้องการแต่ละแผนกมีความแตกต่างกันมากๆ ก็ควรเลือกวิธีการแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล แต่ถ้าผู้วางผังโรงงานให้ระดับความสัมพันธ์ไม่มีความแตกต่างกันมาก ก็ควรเลือกวิธีการแบบลิเนียร์ ซึ่งคำตอบของผังโรงงานที่ดีก็จะแตกต่างกันออกไป



ก) แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ที่ให้คะแนนแบบเชิงเส้น

ข) แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ที่ให้คะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

รูปที่ 4.21 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์กับการให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและเชิงเส้น

รูปที่ 4.21 ก และ ข แสดงถึงแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ โดยให้คะแนนแบบเชิงเส้นและแบบเอ็กโปเนนเชียล ตามลำดับ

แต่อย่างไรก็ตามผู้วางผังโรงงานต้องพึงระลึกอยู่เสมอว่าการให้คะแนนเชิงคุณภาพไม่สามารถจะนำมาใช้กับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ทุกกรณีเช่น ไม่อาจกล่าวได้ว่า 2I มีค่าเท่ากับ A และการนำไปใช้ควรระบุถึงคำอธิบายทางด้านเหตุผลด้วย

วิธีการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพมีหลายวิธีเช่น วิธี VNZ Heuristic วิธี Branch and Bound วิธีการทฤษฎีกราฟ (Graph Theory) ฯลฯ ซึ่งรายละเอียดของวิธีการเหล่านี้สามารถหาได้จาก Fransis (1992)

4.3 สรุป

โดยทั่วๆไปแล้วรูปแบบปัญหาของการจัดผังโรงงานมี 2 ประเภทคือ การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณและการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รูปแบบของปัญหา การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ ดังมีสมการดังต่อไปนี้

Minimize $C = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=i+1}^{n} f_{ij} . c_{ij} . d_{ij}$

C คือค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดจากการจัดวางผังโรงงาน

f_{ij} คือปริมาณการไหลจากแผนก i ไปแผนก j

c_{ij} คือค่าใช้จ่ายของการไหลจากแผนก i ไปแผนก j

d_{ij} คือระยะทางระหว่างแผนก i ไปแผนก j โดยวัดจากเซ็นทรอยด์ (Centroid) ของแต่ละแผนก

รูปแบบของปัญหาการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในการแก้ปัญหาประเภทนี้พิจารณาถึง ค่า TCR (Total Closeness Rating) ค่า TCR ที่ใช้พิจารณามีประเภทคือ ค่า TCR ที่พิจารณาความใกล้ชิดระหว่างแผนก (Total Closeness Rating with Adjacent Department) ซึ่งจะต้องให้มีค่ามากที่สุด หรือค่า TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก (Total Closeness Rating with Distance Between Department) ซึ่งจะต้องให้มีค่าน้อยที่สุด ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Maximize } V = \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=i+1}^{M} \delta_{ij} V(r_{ij})$$

ค่า δ_{ij} เป็น 1 ถ้าแผนก i และ j อยู่ติดกัน และ ค่า δ_{ij} เป็น 0 ถ้าแผนก i และ j ไม่ได้อยู่ติดกัน

M คือจำนวนแผนก

V คือ TCR ที่พิจารณาความใกล้ชิดระหว่างแผนก

สมการค่าความใกล้ชิดที่พิจารณาระยะทางระหว่างแผนกคือ

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=i+1}^{M} V(r_{ij}) d_{ij}$$

d_{ij} คือระยะทางระหว่างแผนก i ไปแผนก j ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

Z คือ TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก

$V(r_{ij})$ คือ ค่าคะแนนของความสัมพันธ์ระหว่างแผนก i และ j คะแนนตามแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์