บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

ในบทที่ 1 และ 2 ที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นเป็นหลักการและทฤษฎีของปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ (ALBP), ACO Algorithm และ กฎการจัดลำดับงาน (Dispatching Rules) เพียงเท่านั้น จึงไม่อาจตอบสนองต่อการแก้ปัญหาได้ ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้ ACO Algorithm ทั้ง 5 รูปแบบ และ กฎการจัดลำดับงาน เพื่อใช้แก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ แต่ทว่า ACO Algorithm นั้นเป็นเพียงหลักการทางทฤษฎีเท่านั้น จึงไม่อาจถูกนำมาแก้ปัญหาได้โดยตรงโดยไร้ซึ่งเครื่องมือช่วยในการสร้างได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ วิชวลเบสิก 6.0 (Microsoft Visual Basic 6.0: VB.6) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนา ACO Algorithm เพื่อนำไปประยุกต์แก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ โดยใช้ไมโครซอฟท์แอคเซส เวอร์ชัน 2003 (Microsoft Access 2003) ในการเก็บฐานข้อมูลของปัญหาตัวอย่างที่นำมาวิจัยในงานวิจัยนี้ จากนั้นโปรแกรมที่ได้จะถูกนำไปทดสอบ บนคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คซีพียู Intel Celeron ความเร็วสูงสุด 1.3GHz, แรม 256 MB และใช้ระบบปฏิบัติการ ไมโครซอฟท์วินโดวส์เอ็กซ์พี (Microsoft Window XP) และในขั้นตอนสุดท้ายจะนำผลที่ได้จากการทดลอง ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อสรุปผลการทดลองที่ได้ โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ โปรแกรมมินิแทบเวอร์ชัน 14.0 (Minitab 14.0)

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการในการทำวิจัยทั้งหมด รายละเอียดเป็นดังนี้

1. รวบรวมตัวอย่างของปัญหาที่จะใช้
2. ออกแบบแฟ้มข้อมูลขาเข้า
3. ออกแบบแฟ้มข้อมูลขาออก
4. ประยุกต์ใช้แอนท์โคโลนีออพติไมเซชันเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ
5. ประยุกต์ใช้กฎการจัดลำดับงานเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ
6. พัฒนาโปรแกรมเพื่อประยุกต์ใช้แก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ

7. ออกแบบการทดลอง

8. ทำการทดลอง

9. วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้หลักทางสถิติ

10. สรุปผลการทดลอง

1. รวบรวมตัวอย่างของปัญหาที่จะใช้

ในงานวิจัยนี้การใช้ปัญหาตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ แบ่งออกได้เป็น 3 ขนาด คือ

1.1 ปัญหาขนาดเล็ก 2 ตัวอย่าง คือ 6 งาน (เป็นปัญหาขนาดเล็กที่ผู้วิจัยนำเสนอ) และ 11 งาน (พิภพ เล้าประจง, 2541)

1.2 ปัญหาขนาดกลาง 2 ตัวอย่าง คือ 31 งาน (Ratanawilaiwan, 1982) และ 39 งาน (กรรณิการ์ ศิลานนท์, 2542)

1.3 ปัญหาขนาดใหญ่ 1 ตัวอย่าง คือ 54 งาน (Ratanawilaiwan, 1982)

ตาราง 10 รายละเอียดข้อกำหนดของปัญหาที่ใช้

จำนวนงาน	ขนาดของปัญหา	เวลาแต่ละงาน	ความสัมพันธ์ของงาน	รอบเวลาการผลิต	จำนวนสถานีสูงสุดที่ยอมรับได้
6 งาน	เล็ก	กำหนด	กำหนด	7 นาที	5
11 งาน	เล็ก	กำหนด	กำหนด	10 นาที	7
31 งาน	กลาง	กำหนด	กำหนด	100 วินาที	12
39 งาน	กลาง	กำหนด	กำหนด	134 วินาที	9
54 งาน	ใหญ่	กำหนด	กำหนด	100 วินาที	11

หมายเหตุ: คำว่า กำหนด หมายถึง เป็นข้อมูลที่กำหนดมาให้พร้อมกับปัญหานั้นๆ รายละเอียดสามารถดูได้จาก ภาคผนวก

2. ออกแบบแฟ้มข้อมูลขาเข้า

ข้อมูลขาเข้า เป็นฐานข้อมูลโดยใช้ Microsoft Access 2003 เก็บรายละเอียดของความสัมพันธ์ของงาน (Precedence Relationship) และเวลาที่ใช้ในแต่ละงาน (Task Times) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 **ความสัมพันธ์ของงาน** (Precedence Relationship)

แฟ้มที่ใช้เก็บข้อมูลของความสัมพันธ์ระหว่างงาน ใช้หลักการของเมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างงาน Precedence Matrix (P) **ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่** 1 **ภาพ** 1 **โดยคอลัมน์แรก จะเก็บหมายเลขงานก่อนหน้าเอาไว้ตั้งแต่ งานแรก จนถึงงานสุดท้าย (งานที่**1, 2, 3,..., n) **ส่วน คอลัมน์ถัดไปจนถึงขวาสุด คือ งานที่ตามหลังงานที่อยู่ในคอลัมน์ซ้ายสุด เพื่อแสดงว่ามีงาน**อะไรที่ตามหลังงานที่อยู่ในคอลัมน์ซ้ายสุดบ้าง โดยที่ เลขในเมทริกซ์ มีค่าเป็น 1 เมื่อ งานที่ i **ต้อง**ทำก่อนหน้า งานที่ j และเลขในเมทริกซ์ มีค่าเป็น 0 เมื่อ งานที่ i และ j ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตาราง 11 แสดงตัวอย่างฐานข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ของงาน

งานก่อนหน้า (i)	งานที่ตามหลัง (j)					
	1	2	3	4	5	6
1	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0
3	0	1	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0

จากตาราง 11 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างงาน ได้ดังนี้ งาน 1 ไม่มีงานก่อนหน้า, งาน 2 มีงานก่อนหน้าคือ งาน 1 และ 3, งาน 3 ไม่มีงานก่อนหน้า, งาน 4 มีงานก่อนหน้าคือ งาน 2 และ 5, งาน 5 ไม่มีงานก่อนหน้า, งาน 6 มีงานก่อนหน้าคือ งาน 4

2.2 เวลาที่ใช้ในแต่ละงาน (Task Times)

เป็นแฟ้ม ที่ใช้เก็บข้อมูลของเวลาในการทำงานของงาน ดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงตัวอย่างฐานข้อมูลเวลาที่ใช้ในแต่ละงาน

งาน	เวลาที่ใช้ (time unit)
1	2
2	3
3	5
4	4
5	3
6	1

2.3 จำนวนรอบการผลิต และ จำนวนสถานีสูงสุดที่ยอมรับได้

เป็นค่าตัวเลขเดี่ยวๆไม่ซับซ้อน จึงนำค่าดังกล่าว ไปเป็นข้อมูลขาเข้า โดยการป้อนข้อมูลโดยตรง เข้าทางหน้าจอของโปรแกรม (User Interface) ที่พัฒนาขึ้น

3. **ออกแบบแฟ้มข้อมูลขาออก**

แฟ้มข้อมูลขาออกนั้น จะเป็นแฟ้มที่แสดงถึงรายละเอียดของผลลัพธ์จากการ รันโปรแกรมซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนดังนี้

3.1 แฟ้มข้อมูลขาออกทางหน้าจอโปรแกรม

เป็นรายละเอียดของผลลัพธ์ที่แสดงถึง การจัดลำดับของงาน ที่ไม่ขัดกับความสัมพันธ์ระหว่างงาน และ งานต่างๆ ถูกมอบหมายให้สถานีงานใดบ้าง พร้อมทั้งผลลัพธ์ที่เกิดจากการจัดสมดุล ซึ่งได้แก่ ค่าความแปรปรวนของภาระงาน, ค่าเวลาว่างงานรวม, จำนวนสถานีงาน และค่าของ Fitness Function ซึ่งค่าดังกล่าวที่หน้าจอโปรแกรม จะเป็นค่าที่ดีที่สุดที่มดหาได้เพียงค่าเดียว

3.2 แฟ้มข้อมูลขาออกแบบละเอียด

จะทำการบันทึกโดยอัตโนมัติไว้ใน ไดร์ฟ ซี (Drive C:/) ในรูปของ Text Flies ซึ่งสามารถเปิดดูได้โดย โปรแกรม Notepad, WordPad, Microsoft Word เป็นต้น ซึ่งแฟ้มข้อมูลนี้จะบันทึกค่า พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการรันนั้นๆ ซึ่งเป็นตัวแปรขาเข้า เช่น ค่าขนาดจำนวนมด (Number of Ants), จำนวนรอบการทำซ้ำ (Iteration), ค่าอัตราการระเหยฟีโรโมน (Evaporate) เป็นต้น และผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดลำดับของงาน ที่ไม่ขัดกับความสัมพันธ์ระหว่างงาน และ งานต่างๆ ถูกมอบหมายให้สถานีงานใดบ้าง พร้อมทั้งผลลัพธ์ที่เกิดจากการจัดสมดุล ซึ่งได้แก่ ค่าความ

แปรปรวนของภาระงาน, ค่าเวลาว่างงานรวม, จำนวนสถานีงาน และ ค่าของ Fitness Function ซึ่งการบันทึกข้อมูลมีอยู่ 3 รูปแบบดังนี้

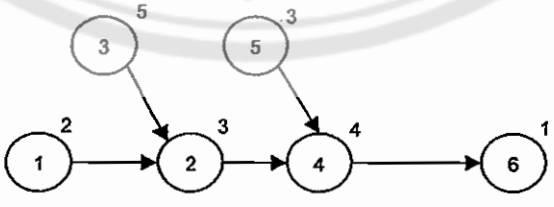
3.2.1 การบันทึกคำตอบทั้งหมด เป็นการทำการบันทึกคำตอบที่ได้ ซึ่งจะเป็นคำตอบของมดทุกตัว และ ทุกๆจำนวนรอบการทำซ้ำ เช่น กำหนดจำนวนมดไว้เป็น 10 ตัว และ จำนวนรอบการทำซ้ำคือ 10 ครั้ง ดังนั้น คำตอบจะมีอยู่ทั้งหมด 10×10 = 100 คำตอบ นั่นเอง

3.2.2 การบันทึกคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละรอบการทำซ้ำ(Iteration Best) เป็นการทำการบันทึกคำตอบที่ดีที่สุดของมดในจำนวนรอบการทำซ้ำ รอบนั้นๆ เช่น กำหนดจำนวนมดไว้เป็น 10 ตัว และ จำนวนรอบการทำซ้ำคือ 10 ครั้ง ดังนั้น คำตอบจะมีอยู่ทั้งหมด 10 คำตอบซึ่งก็คือ ค่าที่ดีที่สุดของมดในรอบนั้นๆ นั่นเอง

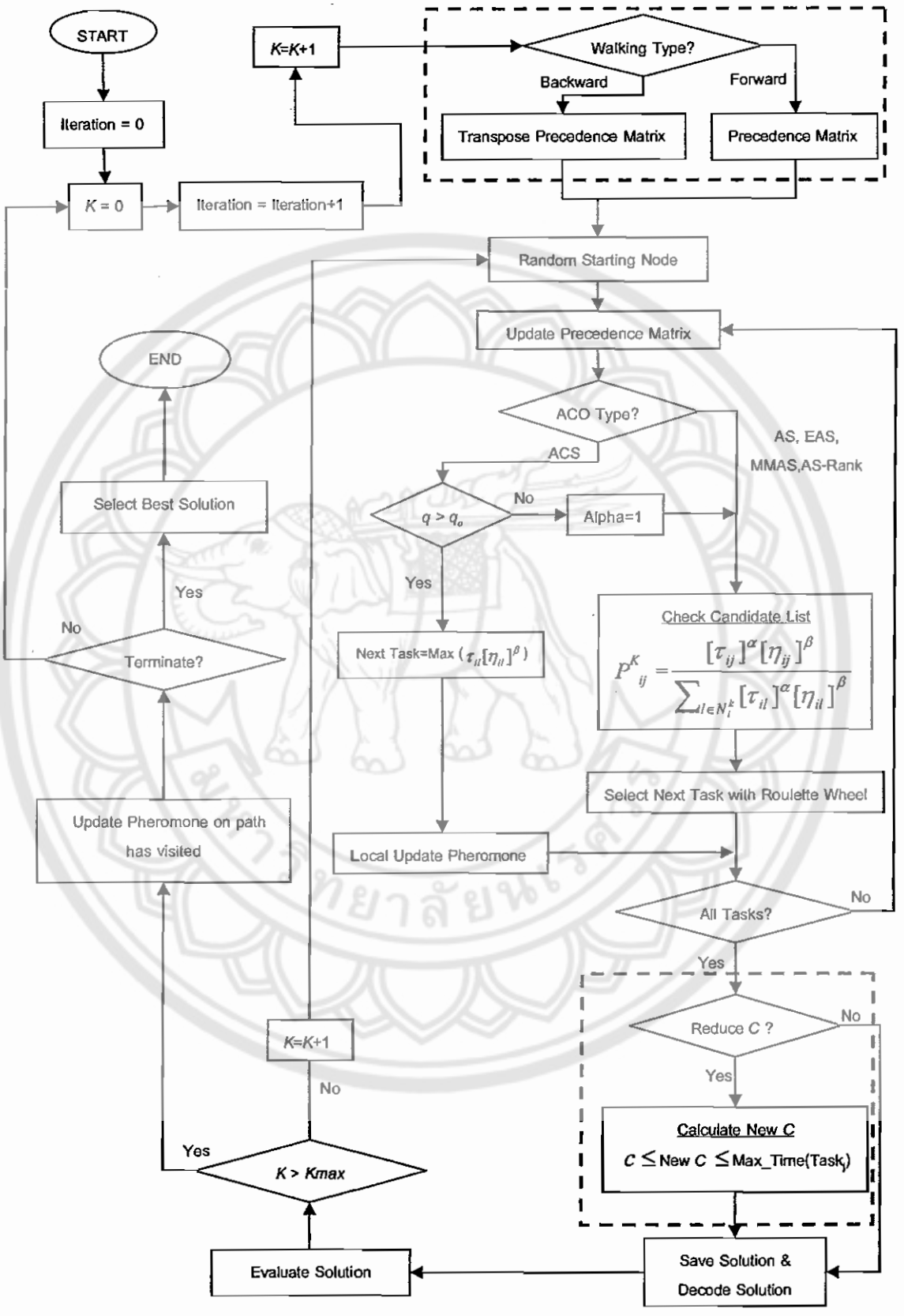
3.3.3 การบันทึกคำตอบที่ดีที่สุด (Best so far solution) เป็นการทำการบันทึกคำตอบที่ที่ดีที่สุด เช่น กำหนดจำนวนมดไว้เป็น 10 ตัว และ จำนวนรอบการทำซ้ำคือ 10 ครั้ง ดังนั้น คำตอบจะมีอยู่ทั้งหมด 1 คำตอบ ที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุด นั่นเอง

4. **ประยุกต์การใช้แอนท์โคโลนีออพติไมเซชันเพื่อการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ** (ACO Algorithm for Assembly Line Balancing Problem: ALBP)

การจัดสมดุลสายงานการประกอบนั้น งานต่างๆจะต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของความสัมพันธ์ระหว่างงาน ดังนั้นจึงต้องจัดลำดับของงานต่างๆ ก่อน แล้วจึงนำลำดับงานดังกล่าวไปมอบหมาย งานให้กับสถานีทำงาน ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงตัวอย่างของการจัดลำดับงานด้วย ACO ทั้ง 5 รูปแบบด้วยการใช้ฐานข้อมูลดังภาพ 11 ซึ่งการจัดลำดับงานด้วย ACO ทั้ง 5 รูปแบบนั้นเป็นดังภาพ 12 โดยที่กรอบเส้นประแสดงถึงขั้นตอนการทำงานที่เพิ่มเติมไปจาก ACO ของ Dorigo and Stutzle (2004) (เนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบให้ ACO ได้มีการตัดสินใจแบบมีทางเลือกในขั้นตอนการทำงานมากขึ้น) สำหรับตัวอย่างการจัดลำดับงานสามารถอธิบายได้ดังนี้



ภาพ 11 รูปภาพข้อมูลประกอบการอธิบายตัวอย่าง



ภาพ 12 การทำงานของ ACO ในการแก้ปัญหา ALBP

4.1 เริ่มต้น Start) ในตอนเริ่มต้น ของการทำงาน ACO จะมีการรับค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ ของ ACO คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของฟีโรโมน (Alpha: α), ค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างเหตุผล (Beta: β), อัตราการระเหยของฟีโรโมน (Evaporate: ρ), จำนวนมด (Number of Ants: K_{MAX}), จำนวนรอบการทำซ้ำ (Iteration), ค่าฟีโรโมนเริ่มต้น (Initial Pheromone: τ_0), และ ข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics Information: η) ซึ่งในปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Dorigo, 1992; Ganbardella and Dorigo, 1995) จะกำหนดให้เป็นส่วนกลับของระยะทาง ($1/d_{ij}$) ระหว่างโหนด i กับโหนด j แต่ในงานวิจัยนี้ จะกำหนดไว้อยู่ 2 รูปแบบ (เพื่อเปรียบเทียบกันว่ารูปแบบใดดีกว่ากัน) คือ

4.1.1 จำนวนงานทั้งหมดที่ตามหลังงาน j (Successors Task: SC) ดังภาพ 11 จะได้ว่า

งาน 1 Successors Task มี 1 งาน จะได้ว่า $\eta = 1$

งาน 2 Successors Task มี 1 งาน จะได้ว่า $\eta = 1$

งาน 3 Successors Task มี 1 งาน จะได้ว่า $\eta = 1$

งาน 4 Successors Task มี 1 งาน จะได้ว่า $\eta = 1$

งาน 5 Successors Task มี 1 งาน จะได้ว่า $\eta = 1$

งาน 6 Successors Task มี 0 งาน จะได้ว่า $\eta = 0$

ในกรณีที่ $\eta = 0$ โปรแกรมจะกำหนดค่า Successors Task ให้มีค่าเป็นเลขน้อยๆ ที่เข้าใกล้ศูนย์ (ε) เพื่อไม่ให้ สมการที่ 7 ($P_{ij}^K = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in N_i^k} [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}$) เกิดความผิดพลาดขึ้น จากการเลขศูนย์หารด้วยเลขศูนย์ ($P_{ij}^K = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [0]^\beta}{\sum_{l \in N_i^k} [\tau_{ij}]^\alpha [0]^\beta} = \frac{0}{0}$)

4.1.2 ส่วนกลับของเวลาการทำงาน ของงาน j (Inverse Task Time: ITT)

งาน 1 Inverse Task Time คือ 1/2 จะได้ว่า $\eta = 1/2$

งาน 2 Inverse Task Time คือ 1/3 จะได้ว่า $\eta = 1/3$

งาน 3 Inverse Task Time คือ 1/5 จะได้ว่า $\eta = 1/5$

งาน 4 Inverse Task Time คือ 1/4 จะได้ว่า $\eta = 1/4$

งาน 5 Inverse Task Time คือ 1/3 จะได้ว่า $\eta = 1/3$

งาน 6 Inverse Task Time คือ 1/1 จะได้ว่า $\eta = 1/1$

สำหรับ การกำหนดฟีโรโมนเริ่มต้น (Initial Pheromone: τ_0) นั้นจะเป็นดังตาราง 7 เพียงแต่ การใช้ค่า C^{nn} จะไม่ใช่ ค่าระยะทางทั้งหมดที่สั้นที่สุดที่มดหาได้ ดังเช่นงานวิจัยของ Dorigo ในปี 1992 โดย งานวิจัยนี้จะใช้ค่าจำนวนกิ่งของเส้นทางทั้งหมดที่เกิดจากการจัดลำดับงานของมด ดังเช่นภาพ 13 จำนวนกิ่งของเส้นทางทั้งหมด คือ 5 เส้น (สำหรับวิธีการจัดลำดับงานอยู่ในข้อ 2 ถึง ข้อ 7) กล่าวง่ายๆ ก็คือ จำนวนกิ่งของเส้นทางทั้งหมดจะเท่ากับจำนวนงานทั้งหมด ลบด้วย1 (C^{nn} = จำนวนงาน -1)

ภาพ 13 ตัวอย่างแสดงการจัดลำดับงาน

4.2 สร้างเมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างงาน (Precedence Matrix: P) ซึ่งมีขนาดมิติเท่าขนาดงาน และหาผลรวมในแต่ละคอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์ใดๆที่มีผลรวมเป็นศูนย์ จะหมายถึง งานนั้นๆ ไม่มีงานก่อนหน้า ดังนั้นจะต้องเลือกทำงานดังกล่าวเหล่านั้นก่อน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะมีการเปรียบเทียบการเดินของมด (Walking Type: WT) ในการหาคำตอบ อยู่ 2 รูปแบบ คือ

4.2.1 การเดินแบบไปหน้า (Forward Walking: F) ซึ่งในการเดินแบบไปหน้านั้นจะต้องการ การนำเข้าของฐานข้อมูล มาใช้ได้โดยตรงได้เลยนั่นคือ เมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างงาน (Precedence Matrix: P) จากตาราง 11 นั่นเอง และนำมาคำนวณหาผลรวมในแต่ละคอลัมน์ได้ดังตาราง 13 และจากตารางสรุปได้ว่า มีงานที่จะต้องทำก่อนคือ งาน 1, งาน, 3 และ งาน 5

4.2.2 การเดินแบบกลับทิศ (Backward Walking: B) ซึ่งในการเดินแบบกลับทิศนั้น จะต้องการ การนำเข้าของฐานข้อมูล ที่ต่างออกไปจากการเดินแบบไปหน้า จึงทำให้ไม่สามารถนำฐานข้อมูล มาใช้ได้โดยตรง จะต้องทำการสลับแถวสลับหลัก (Transpose) เมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างงาน (Precedence Matrix: P) เสียก่อน นั่นคือ

$$P' = P^T \quad (17)$$

เมื่อ P' คือ Precedence Matrix (P) ที่ถูกทำการสลับแถวสลับหลักแล้วซึ่งจากตาราง 11 นำมาทำการสลับแถวสลับหลัก และ คำนวณหาผลรวมในแต่ละคอลัมน์ได้ดังตาราง 14 และจากตารางสรุปได้ว่า มีงานที่จะต้องทำก่อนคือ งาน 6

ตาราง 13 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างงานของการเดินแบบไปหน้า

งานก่อนหน้า (i)	งานที่ตามหลัง (j)					
	1	2	3	4	5	6
1	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0
3	0	1	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
รวม	0	2	0	1	0	1

ตาราง 14 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างงานของการเดินแบบกลับทิศ

งานก่อนหน้า (i)	งานที่ตามหลัง (j)					
	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	1	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1	0	0
รวม	1	1	1	1	1	0

4.3 ทำการเลือกงานแรกด้วยการสุ่มงานที่ไม่มีงานก่อนหน้า โดยดูที่คอลัมน์ใดๆที่มีผลรวมเป็นศูนย์ และสุ่มงานเหล่านั้นขึ้นมาเพียง 1 งาน และกำหนดให้เป็นงานเริ่มต้น เช่น

4.3.1 กรณีการเดินแบบไปหน้า

$Task_1$ = Random {1, 3, 5}

ในที่นี้ ให้การสุ่มงานที่ได้คือ งาน 1 นั่นคือ

$Task_1 = 1$

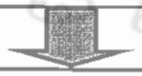
4.3.2 กรณีการเดินแบบกลับทิศ

$Task_1$ = Random {6}

$Task_1$ = 6

4.4 งานใดที่ถูกเลือกไปแล้ว ให้เปลี่ยนตัวเลขในเมทริกซ์ ที่หมายเลขของงานที่แถวนั้นๆ เป็นเลขศูนย์ทั้งหมด และไม่นำมาเลือกอีก (วงกลมที่แถวของผลรวมคอลัมน์ แสดงถึง งานที่ถูกเลือกไปแล้ว) จากนั้นทำการหาผลรวมในแต่ละคอลัมน์ใหม่ วิธีการคำนวณในกรณีการเดินแบบไปหน้าเป็นดังภาพ 14 และ การเดินแบบกลับทิศเป็นดังภาพ 15

งานก่อนหน้า (i)	งานที่ตามหลัง (j)					
	1	2	3	4	5	6
~~1~~	~~0~~	~~1~~	~~0~~	~~0~~	~~0~~	~~0~~
2	0	0	0	1	0	0
3	0	1	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0



งานก่อนหน้า (i)	งานที่ตามหลัง (j)					
	1	2	3	4	5	6
~~1~~	~~0~~	~~0~~	~~0~~	~~0~~	~~0~~	~~0~~
2	0	0	0	1	0	0
3	0	1	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
รวม	0	1	0	1	0	1

ภาพ 14 กรณีการเดินแบบไปหน้า

งานก่อนหน้า (i)	งานที่ตามหลัง (j)					
	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	1	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1	0	0

งานก่อนหน้า (i)	งานที่ตามหลัง (j)					
	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	1	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
รวม	1	1	1	0	1	0

ภาพ 15 กรณีการเดินแบบกลับทิศ

4.5 ทำการเลือกงานถัดไป ด้วยการตรวจสอบบัญชีคู่แข่ง (Candidate List) โดยดูผลรวมแต่ละคอลัมน์ที่ได้จาก ข้อ 4. ที่มีผลรวมเป็นศูนย์ ซึ่งจะเป็นงานที่จะต้องทำถัดไป และ นำงานเหล่านั้น มาคำนวณหาความน่าจะเป็น (Probability) ในการเลือกงานถัดไปตามสมการ 7 และไปที่ข้อ 6 และสำหรับ กรณีการเดินแบบไปหน้า Candidate List ของงาน 1 จะประกอบไปด้วยงาน 3 และ 5 ส่วนกรณีการเดินแบบกลับทิศ Candidate List ของงาน 6 จะประกอบไปด้วย งาน 4 แต่สำหรับ ACS ในกรณีที่สุ่ม ค่า q ได้น้อยกว่าหรือเท่ากับค่า q_o มดจะเลือกงานถัดไปด้วยงานที่มีค่า $\tau_{il}[\eta_{il}]^{\beta}$ ที่มากที่สุดทันที (จากสมการที่ 8 ในกรณีที่ $q \leq q_o$) โดยไม่ต้องใช้วงล้อเสี่ยงทาย และจะมีการเพิ่มปริมาณสารฟีโรโมนแบบเฉพาะที่ (Local Evaporate Pheromone Trails) ตามสมการ 9 จากนั้นไปที่ข้อ 7.

4.6 นำความน่าจะเป็น (Probability) ในการเลือกงานถัดไป มาหาความกว้างของวงล้อเสี่ยงทาย และ ทำการเลือกงานถัดไปด้วยการหมุนวงล้อเสี่ยงทาย ซึ่งถ้าตกอยู่ในช่องใด ก็จะเลือกงานในช่องนั้นมาเป็นงานลำดับถัดไป

4.7 ตรวจสอบว่า งานได้ถูกเลือกจนครบแล้วหรือไม่ ถ้ายังไม่ครบให้กลับไปที่ข้อ 4. อีกครั้ง แต่ถ้าครบแล้ว ให้ไปที่ข้อ 8.

4.8 ทำการบันทึกคำตอบของมดตัวที่ *K* ซึ่ง คือ การจัดลำดับของงาน และ ถอดรหัสคำตอบดังนี้

4.8.1 การจัดลำดับของงาน เป็นการ การจัดลำดับที่หลากหลายออกไปแล้วแต่ว่ามดจะทำการสุ่มเลือก ซึ่งคำตอบทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการจัดลำดับที่กล่าวมา ตั้งแต่ข้อ 1-7 จะได้คำตอบทั้งหมดสำหรับการเดินแบบไปหน้าเป็นดังนี้ คำตอบ 1 คือ {1, 3, 2, 5, 4, 6}, คำตอบ 2 คือ {1, 3, 5, 2, 4, 6}, คำตอบ 3 คือ {1, 5, 3, 2, 4, 6}, คำตอบ 4 คือ {3, 1, 2, 5, 4, 6}, คำตอบ 5 คือ {3, 1, 5, 2, 4, 6}, คำตอบ 6 คือ {3, 5, 1, 2, 4, 6}, คำตอบ 7 คือ {5, 1, 3, 2, 4, 6}, คำตอบ 8 = {5, 3, 1, 2, 4, 6} และสำหรับคำตอบทั้งหมดด้วยการเดินแบบกลับทิศ เป็นดังนี้ คำตอบ 1 คือ {6, 4, 5, 2, 3, 1}, คำตอบ 2 คือ {6, 4, 2, 5, 3, 1}, คำตอบ 3 คือ {6, 4, 2, 3, 5, 1}, คำตอบ 4 คือ {6, 4, 5, 2, 1, 3}, คำตอบ 5 คือ {6, 4, 2, 5, 1, 3}, คำตอบ 6 คือ {6, 4, 2, 1, 5, 3}, คำตอบ 7 คือ {6, 4, 2, 3, 1, 5}, คำตอบ 8 คือ {6, 4, 2, 1, 3, 5}

4.8.2 ถอดรหัสคำตอบ ซึ่งการถอดรหัสคำตอบคือการนำเอา งานที่ถูกจัดลำดับมาแล้ว มอบหมายให้กับสถานีงาน (กรรณิการ์ ศิลานนท์, 2542) ดังนี้

1) นำงานที่อยู่ในลำดับแรกสุด ไปจัดให้กับสถานีงานแรก

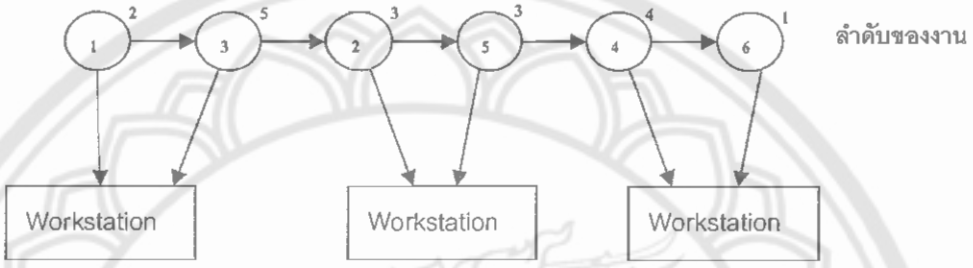
2) นำงานที่อยู่ในลำดับถัดไปมาจัดให้กับสถานีงานแรกเช่นกัน แล้วดูว่าเวลาทำงานของสถานีเกินรอบเวลาการผลิตที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าเกินให้ไปที่ข้อ 3) แต่ถ้าเวลารวมในสถานีงานน้อยกว่ารอบการผลิต ให้นำเอางานที่อยู่ในลำดับต่อๆมา ไปจัดให้กับสถานีงานนั้นจนกว่าเวลารวมของสถานีจะมากว่ารอบการผลิต

3) นำงานมาจัดให้กับสถานีงานถัดไป และนำงานลำดับถัดไปมาจัดให้สถานีงานนั้น จนกว่าเวลาทำงานรวมของสถานีงานจะเกินรอบเวลาการผลิต ถ้าเกินก็ให้นำงานนั้นไปจัดให้กับสถานีงานใหม่ต่อไป

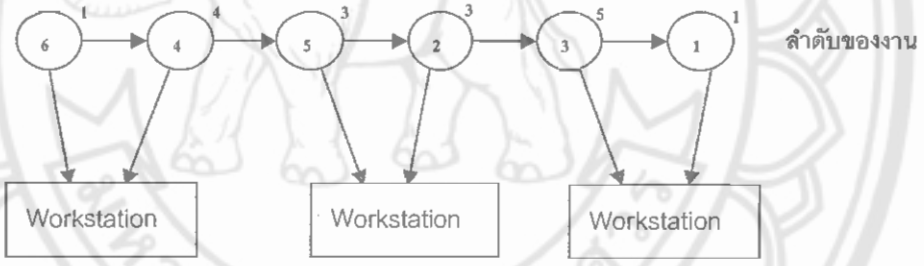
4) ทำข้อ 3) จนกว่างานจะถูกจัดให้กับสถานีจนหมด

ในขั้นตอนการถอดรหัสคำตอบนี้ อาจจะต้องมีการลดรอบการผลิตเพื่อที่จะลดเวลาว่างงานรวม รายละเอียดอยู่ในข้อ 9.

จากหลักการข้างต้นสามารถมอบหมายงานที่ถูกจัดลำดับมาแล้วให้กับสถานีงานได้ดังนี้ เช่น ถ้ากำหนดรอบการผลิต = 7 จะถอดรหัสคำตอบ (ในที่นี้จะยกตัวอย่าง คำตอบที่ 1 ของการเดินทั้งสองแบบ ในการถอดรหัสคำตอบ) ได้ดังภาพ 16 และ 17



ภาพ 16 การถอดรหัสคำตอบ กรณีการเดินแบบไปหน้า



ภาพ 17 การถอดรหัสคำตอบ กรณีการเดินแบบกลับทิศ

4.9 เมื่อถอดรหัสคำตอบได้แล้ว การที่จะดูว่าคำตอบดีหรือไม่นั้น จะต้องมีการประเมินค่าตามจุดมุ่งหมายในการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ที่กำหนดเอาไว้ ซึ่งการประเมินค่าในงานวิจัยนี้ คือการทำให้มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งมีอยู่ 3 ประการ ดังนี้

4.9.1 แปรปรวนของภาระงาน (Workload Variance)

$$WV = \frac{\sum_{i=1}^{m}(T_i - (\frac{W_0}{m}))^2}{m} \qquad (18)$$

โดย WV = ความแปรปรวนของภาระงาน (Workload Variance)

T_i = เวลาทำงานของสถานีที่ i

W_o = เวลาทำงานรวมของงาน

m = จำนวนสถานีงาน

4.9.2 เวลาว่างงานรวม (Total Idle Time)

$$\text{Total Idle Time} = \sum_{i=1}^{m}(C - T_i) \tag{19}$$

โดย C = รอบการผลิต (Cycle Time)

จากสมการดังกล่าว เวลาว่างงานรวม จะมีค่าน้อยลงได้ ถ้า C มีค่าลดลง ซึ่งจะเป็นจริงหรือไม่ ถ้าจริงแล้ว จะเป็นจริงเสมอไปหรือไม่ จะต้องดูจากผลการทดลอง (ซึ่งจะอยู่ในบทที่ 4 จะทำการทดลองเปรียบเทียบ การลดรอบการผลิต และ การใช้รอบการผลิตเดิม ว่าสมควรเลือกใช้แบบใด) ส่วนวิธีการ ลดรอบการผลิตให้มีค่าน้อยลง สามารถทำได้ ดังนี้ (กรรณิการ์ ศิลานนท์, 2542)

1) คำนวณหาสถานีงานที่น้อยที่สุดที่เป็นไปได้ (m_{min}) ดังสมการที่ 20

$$m_{\min} = \left\lceil \frac{W_0}{C} \right\rceil \tag{20}$$

2) ทำการสุ่มจำนวนสถานีงาน (m_r) โดยค่านี้จะต้องอยู่ระหว่างจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด (m_{min}) กับ จำนวนสถานีงานที่มากที่สุดที่ยอมรับได้ (m_{max}) (ซึ่งเป็นข้อมูลขาเข้า)

3) คำนวณรอบการผลิตใหม่ (Cal_C) จากสถานีงานที่ได้จากการสุ่มในข้อ (2) ดังสมการที่ 21

$$Cal_C = \left\lceil \frac{W_0}{m_r} \right\rceil \tag{21}$$

4) นำรอบการผลิตใหม่ (Cal_C) ที่ได้มาเปรียบเทียบ กับ เวลาทำงานของงานที่มากที่สุด ซึ่งค่าที่มากกว่าจะถูกกำหนดให้เป็น รอบการผลิต ดังสมการที่ 22

$$C = Max\{(Cal_C, Max_time(task_j)\} \tag{22}$$

5) นำรอบการผลิตที่ได้จากขั้นตอนที่ (4) มาจัดให้กับสถานีงานตามเดิมที่ได้ อธิบายไว้ในข้อ 8.

4.9.3 จำนวนสถานีทำงาน (Workstations: *m*)

จำนวนสถานีทำงาน (*m*) นั้นจะได้ค่าออกมาตั้งแต่การถอดรหัสคำตอบอยู่แล้ว

จุดมุ่งหมายในการจัดสมดุลทั้ง 3 ประการดังกล่าว อยู่ในรูปแบบการหาค่าต่ำที่สุด จึงต้องแปลงให้เป็นค่าที่อยู่ในรูปสูงสุด เพื่อคำนวณค่าฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) เพื่อเป็น การบ่งบอกว่าคำตอบใด ที่มีค่า Fitness Function ที่สูงที่สุด แสดงว่าคำตอบนั้นดีที่สุด ดังนี้

$$f(K)_{WV} = \frac{1}{WV_K + \varepsilon} \tag{23}$$

$$f(K)_{Idle} = \frac{1}{Idle_K + \varepsilon} \tag{24}$$

$$f(K)_m = \frac{1}{m_K + \varepsilon} \tag{25}$$

ซึ่งการบวก (ค่าคงที่น้อยๆเข้าใกล้ศูนย์) ไว้นั้น ก็เพื่อป้องกัน คำตอบที่เป็น ศูนย์ ซึ่งจะทำให้ ค่า Fitness Function มีค่าเป็นอนันต์ (Infinity) และเหตุที่ต้องเลือก ε แทนที่จะใช้เป็น 1 (Koza, 1999) เนื่องจาก การใช้ Fitness Function ในรูปแบบนี้ ถ้าหากตัวหารยิ่งน้อยเท่าไรค่า Fitness Function จะยิ่งมากเท่านั้น จะทำให้คำตอบของมดแต่ละตัวมีความแตกต่างกันมากขึ้น ทั้งนี้ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้นความสามารถเก็บค่าทศนิยมไว้มีขีดจำกัด ดังนั้นจึงต้องให้มีการปัดเศษทศนิยมให้น้อยที่สุด โดยการทำให้พจน์ที่บวกเข้าไปมีค่าน้อยที่สุด จึงจะไม่มีผลกระทบต่อพจน์ของคำตอบ เพียงแต่เป็นการป้องกันคำตอบไม่ให้เป็นศูนย์เท่านั้นเอง

การประเมินค่าคำตอบที่มีจุดมุ่งหมายในการจัดสมดุลหลายประการ สามารถทำได้โดยการใช้มาตรวัดประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายงานการประกอบ (Performance measure for Assembly Line Balancing) ซึ่งจะต้องทำการรวม Fitness Function ย่อยทั้ง 3 ประการ (สมการ 23-25) ให้เป็น Fitness Function เพียงตัวเดียว โดยการรวม Fitness Function ย่อยทั้ง 3 ประการ ไว้เป็นแบบสมการเส้นตรง (Scalar Fitness Function) โดยมีค่าน้ำหนักของ Fitness Function ย่อยแต่ละตัวเป็นสัมประสิทธิ์ (w_1, w_2, w_3) ดังสมการ 26

$$F(K) = w_1 f(K)_{WV} + w_2 f(K)_{Idle} + w_3 f(K)_m \tag{26}$$

สมการที่ 26 คือสมการมาตรวัดประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ซึ่งเป็นการรวม Fitness Function ย่อยทั้ง 3 ตัวไว้เป็น Fitness Function รวมเพียงตัวเดียว แต่ทว่าแต่ละ Fitness Function ย่อยนั้นมีหน่วยที่ต่างกัน ดังนั้นจึงต้องแปลงหน่วยให้เป็นหน่วยเดียวกันเสียก่อนจึงจะรวม Fitness Function เข้าด้วยกันได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหลักการของการหาขนาดของเวคเตอร์ 3 มิติมาใช้ โดยการกำหนด Fitness Function รวมเป็นเวคเตอร์ 3 มิติ และทำการหาขนาดของเวคเตอร์ ดังสมการ 27 และ 28

$$\overrightarrow{F(K)} = [w_1 f(K)_{WV}]\hat{i} + [w_2 f(K)_{idle}]\hat{j} + [w_3 f(K)_m]\hat{k} \qquad (27)$$

โดยที่ *i, j, k* คือ เวคเตอร์ตามแนวแกน x, y, z ตามลำดับ

$$\left|\overrightarrow{F(K)}\right| = \sqrt{(w_1 \times f(K)_{WV})^2 + (w_2 \times f(K)_{Idle})^2 + (w_3 \times f(K)_m)^2} \qquad (28)$$

4.10 ตรวจสอบว่า มดได้เดินหาคำตอบครบทุกตัวตามที่กำหนดไว้ในข้อ 1. หรือยัง ถ้าครบแล้วให้ไปที่ข้อ 11. แต่ถ้าหากว่ายังให้ เพิ่มจำนวนมดอีก 1 ตัว แล้วกลับไปข้อ 3.

4.11 เมื่อมดได้เดินหาคำตอบครบทุกตัวแล้ว ก็จะมีการเพิ่มปริมาณสารฟีโรโมนวงกว้าง (Global Pheromone Updated) ตามเส้นทางที่มดได้เดินผ่านมา ดังเช่น ตาราง 7 ซึ่งการ Update Pheromone ของ ACO ในงานวิจัยนี้จะไม่ได้ใช้ส่วนกลับของระยะทางทั้งหมดที่มดหาได้ ($\Delta\tau_{ij}^{k}=1/C^{K}$) และส่วนกลับของระยะทางที่สั้นที่สุด ($\Delta\tau_{ij}^{bs} = 1/C^{bs}$) นั่นเป็นเพราะเป็นคนละปัญหากัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะใช้การเพิ่มปริมาณสารฟีโรโมน (Update Pheromone) ด้วยส่วนกลับของ จุดมุ่งหมายในการจัดสมดุลทั้ง 3 ประการ ซึ่งจะต้องมีการแปลงหน่วยให้เป็นหน่วยเดียวกันเสียก่อน

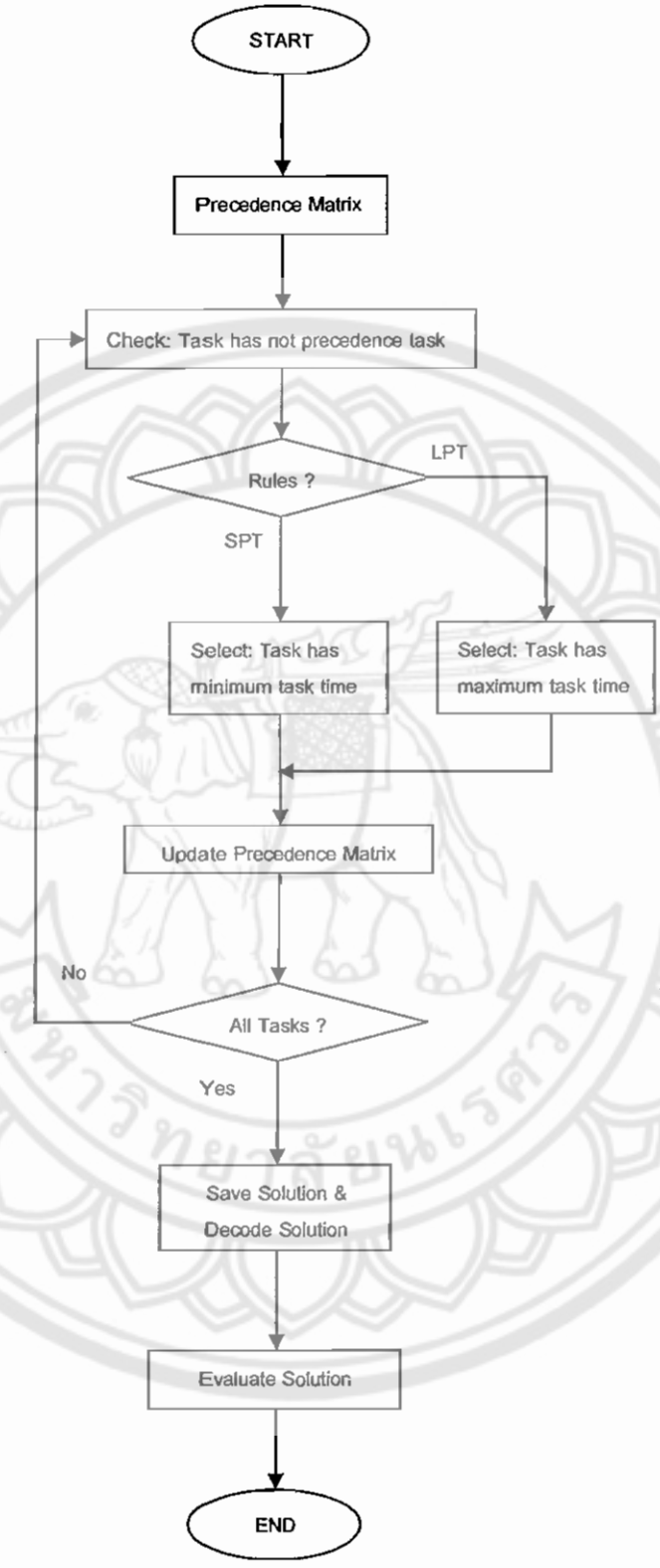
$$\Delta\tau_{ij}^{K} = \sqrt{\left[\left(\frac{1}{WV_K+\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{1}{Idle_K+\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{1}{m_K+\varepsilon}\right)^2\right]} \qquad (29)$$

$$\Delta\tau_{ij}^{bs} = Max\left(\left(\frac{1}{WV_K+\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{1}{Idle_K+\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{1}{m_K+\varepsilon}\right)^2\right) \qquad (30)$$

4.12 ตรวจสอบว่าเงื่อนไขการทำซ้ำ (Iteration) ครบตามที่กำหนดไว้หรือยัง ถ้ายังให้กลับไปที่ข้อ 2. แต่ถ้าครบแล้วให้ สิ้นสุดการทำงาน และเลือก คำตอบที่ดีที่สุด ที่มดหาได้ออกมา

5. ประยุกต์การใช้กฎการจัดลำดับงานเพื่อการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ (Dispatching Rules for Assembly Line Balancing Problem)

การใช้กฎการจัดลำดับงานดังที่ได้นำเสนอในบทที่ 2 นั้น จะเห็นได้ชัดว่า มีกฎอยู่ 2 กฎที่ไม่เกี่ยวข้องกับเวลาที่เป็น วันเดือนปี นั่นคือ กฎ LPT และ SPT ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเอา 2 กฎดังกล่าวมาใช้ในการจัดลำดับงาน แล้วค่อยจึงนำลำดับที่ได้มาจัดงานให้กับสถานีต่างๆ เหตุที่ได้เลือกกฎ LPT และ SPT มาใช้งานเนื่องจากระบบการผลิตที่ศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นระบบสายงานการประกอบ ซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับเวลาที่เป็น วันเดือนปี ใดๆทั้งสิ้น ทั้งนี้มีแต่เวลางานที่ใช้ และเวลาในกระบวนการผลิต (รอบการผลิต) เท่านั้น



ภาพ 18 แสดงการทำงานทั้งหมดของ Dispatching Rules

5.1 การประยุกต์การใช้กฎ SPT สำหรับการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ

การจัดลำดับงานด้วย SPT นั้นจะคล้ายคลึงกับการจัดลำดับงานด้วย ACO ตรงที่ยึดหลักการของ Precedence Matrix เป็นหลัก แต่ต่างกันตรงที่ SPT นั้นมิได้อยู่บนพื้นฐานของการสุ่ม ในการทำงาน หากแต่เป็นกฎที่ตายตัวแน่นอน ดังนั้นคำตอบที่ได้จากการจัดลำดับงานจึงมีเพียงคำตอบเดียว ซึ่งวิธีการจัดลำดับงานด้วย SPT สำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ มีดังนี้ (ดูภาพ 18 ประกอบ)

5.1.1 สร้าง Precedence Matrix ซึ่งมีขนาดมิติเท่าขนาดงาน และหาผลรวมในแต่ละคอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์ใดๆที่มีผลรวมเป็นศูนย์ จะหมายถึง งานนั้นๆ ไม่มีงานก่อนหน้า ดังนั้นจะต้องเลือกทำงานดังกล่าวเหล่านั้นก่อน

5.1.2 ตรวจสอบว่า คอลัมน์ใดๆ ที่ผลรวมมีค่าเป็นศูนย์นั้น งานใดที่มีเวลาน้อยที่สุดให้เลือกงานนั้น

5.1.3 งานใดที่ถูกเลือกไปแล้ว ให้เปลี่ยนตัวเลขในเมทริกซ์ ที่หมายเลขของงานที่แถวนั้นๆ เป็นเลขศูนย์ทั้งหมด และไม่นำมาเลือกอีก จากนั้นทำการหาผลรวมในแต่ละคอลัมน์ใหม่

5.1.4 หางานในลำดับถัดไป โดยกลับไปที่ข้อ 2. อีกครั้ง และทำจนกว่างานจะถูกจัดลำดับจนหมด

5.1.5 นำงานที่ถูกจัดลำดับมาแล้วมาจัดให้กับสถานีดังเช่นที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว

5.1.6 ทำการประเมินคำตอบ

5.1.7 จบการทำงาน

5.2 การประยุกต์การใช้กฎ LPT สำหรับการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ

การจัดลำดับงานด้วย LPT นั้นจะตรงข้ามกับการจัดลำดับงานด้วย SPT ตรงที่เลือกงานที่มีเวลาของงานมากที่สุดก่อน ในขณะที่ SPT เลือกงานเวลาน้อยที่สุดก่อน ซึ่งวิธีการจัดลำดับงานด้วย LPT สำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ มีดังนี้ (ดูภาพ 12 ประกอบ)

5.2.1 สร้าง Precedence Matrix ซึ่งมีขนาดมิติเท่าขนาดงาน และหาผลรวมในแต่ละคอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์ใดๆที่มีผลรวมเป็นศูนย์ จะหมายถึง งานนั้นๆ ไม่มีงานก่อนหน้า ดังนั้นจะต้องเลือกทำงานดังกล่าวเหล่านั้นก่อน

5.2.2 ตรวจสอบว่า คอลัมน์ใดๆ ที่ผลรวมมีค่าเป็นศูนย์นั้นงานใดที่มีเวลามากที่สุดให้เลือกงานนั้น

5.2.3 งานใดที่ถูกเลือกไปแล้ว ให้เปลี่ยนตัวเลขในเมทริกซ์ ที่หมายเลขของงานที่แถวนั้นๆ เป็นเลขศูนย์ทั้งหมด และไม่นำมาเลือกอีก จากนั้นทำการหาผลรวมในแต่ละคอลัมน์ใหม่

5.2.4 หางานในลำดับถัดไป โดยกลับไปที่ข้อ 2. อีกครั้ง และทำจนกว่างานจะถูกจัดลำดับจนหมด

5.2.5 นำงานที่ถูกจัดลำดับมาแล้วมาจัดให้กับสถานีดังเช่นที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว

5.2.6 ทำการประเมินคำตอบ

5.2.7 จบการทำงาน

6. พัฒนาโปรแกรมเพื่อประยุกต์ใช้แก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้ เป็นโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นด้วยไมโครซอฟท์ วิชวลเบสิกเวอร์ชัน 6.0 (Microsoft Visual Basic 6.0: VB.6) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถจัดการในส่วนของกราฟฟิกการติดต่อสำหรับผู้ใช้ (Graphic User Interface: GUI) ได้ดี โดยการออกแบบหน้าจอของโปรแกรมจะเป็นการเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมในการสร้าง เราเรียกการเขียนโปรแกรมใน VB.6 นั้นว่า Visual Programming ซึ่งการเขียนแบบนี้ เราไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งต่างๆมากนักก็สามารถสร้างโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว (ธาริน สิทธิธรรมชารี, 2548) ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานั้นมีข้อจำกัดของโปรแกรมบางประการดังนี้

1. จำนวนมดสูงสุดกำหนดไว้ที่ 500 ตัว

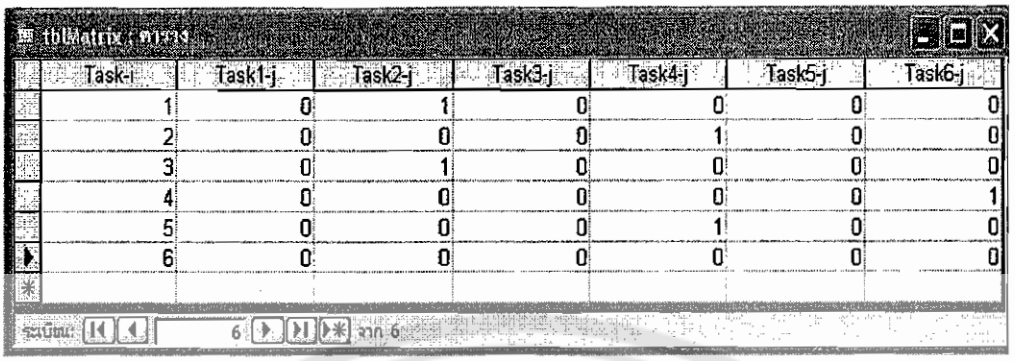
2. จำนวนรอบการทำซ้ำสูงสุดกำหนดไว้ที่ 1000 รอบ

3. ไม่สามารถโหลดฐานข้อมูลอื่นที่นอกเหนือไปจากฐานข้อมูลที่นอกเหนือจากปัญหาตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณได้

4. หน้าจอของโปรแกรมเป็นลักษณะจอกว้าง (wide screen) ดังนั้นการเปิดโปรแกรมโดยใช้หน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ไม่ใช่ wide screen จะไม่สามารถเห็นหน้าจอของโปรแกรมได้ครบถ้วน

6.1 ฐานข้อมูล (Data Base)

ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาต้องการ Microsoft Access 2003 ในการเก็บฐานข้อมูลซึ่งคือ ความสัมพันธ์ของงาน (Precedence Relationship) และเวลาที่ใช้ในแต่ละงาน (Task Times) ดังแสดงในภาพ 19 และ 20 ตามลำดับ

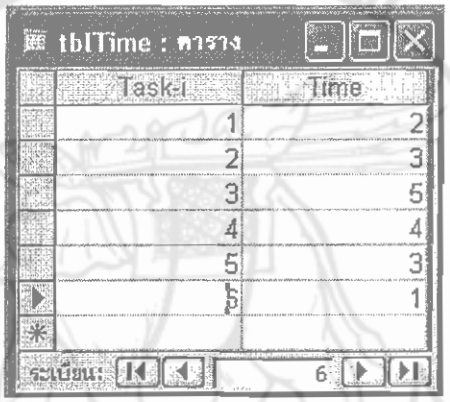


tblMatrix : ตาราง

Task-i	Task1-j	Task2-j	Task3-j	Task4-j	Task5-j	Task6-j
1	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0
3	0	1	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0

ระเบียน: 6 จาก 6

ภาพ 19 แสดงตัวอย่างการเก็บฐานข้อมูลความสัมพันธ์ของงานใน Microsoft Access 2003



tblTime : ตาราง

Task-i	Time
1	2
2	3
3	5
4	4
5	3
6	1

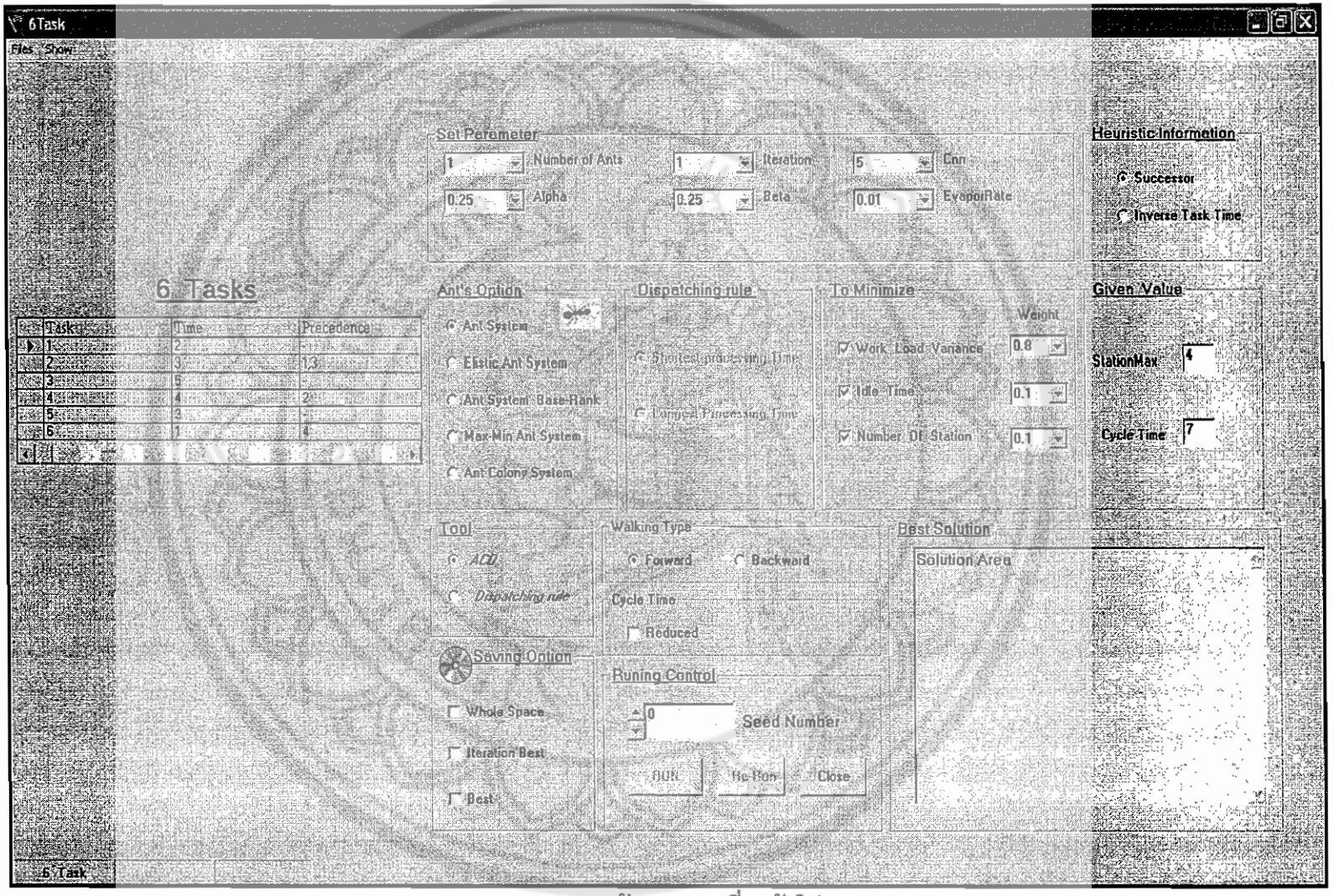
ระเบียน: 6

ภาพ 20 แสดงตัวอย่างการเก็บฐานข้อมูลเวลาของงานใน Microsoft Access 2003

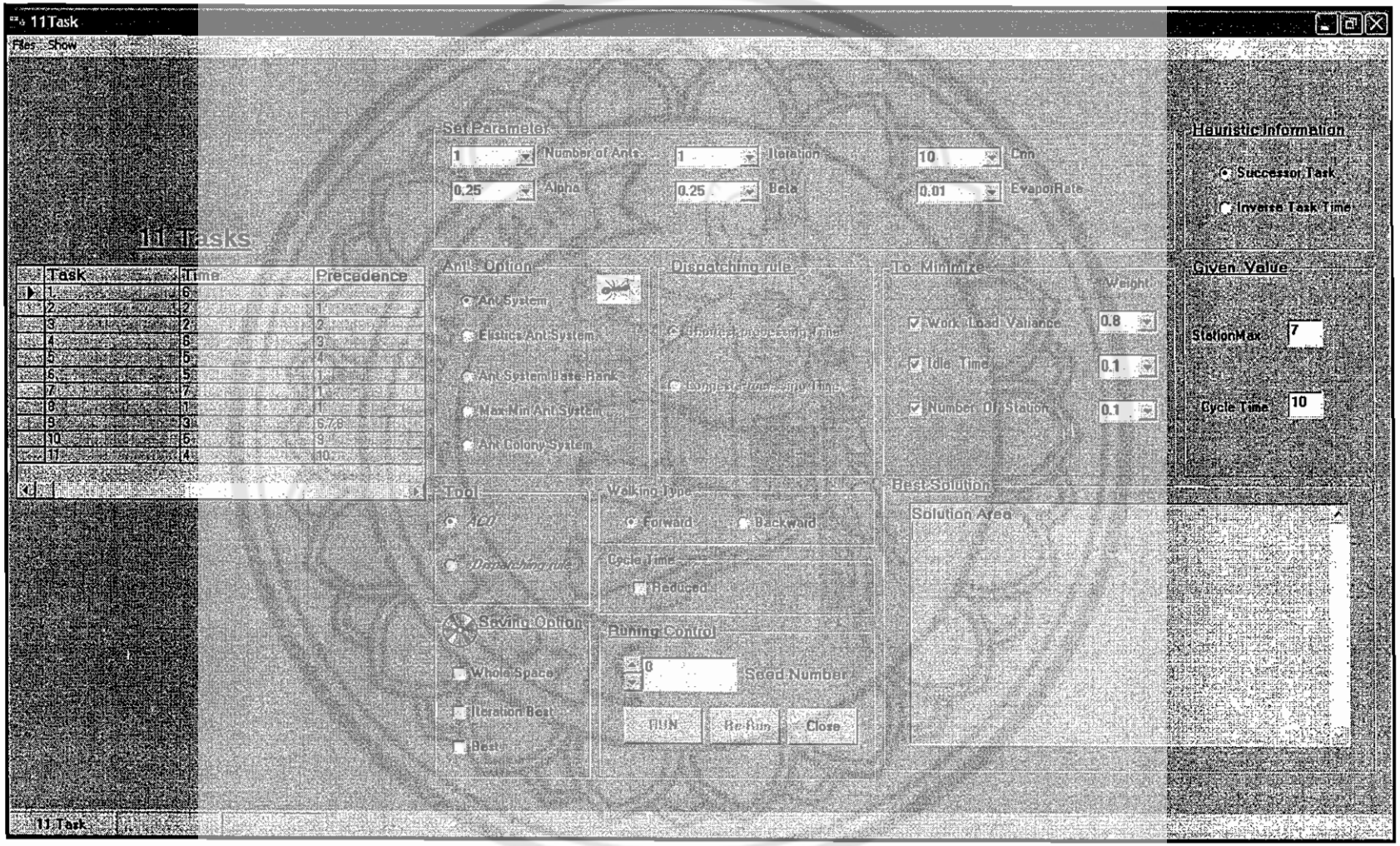
6.2 โปรแกรมที่พัฒนาสำหรับปัญหาจัดสมดุลสายงานการประกอบ

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะดังนี้

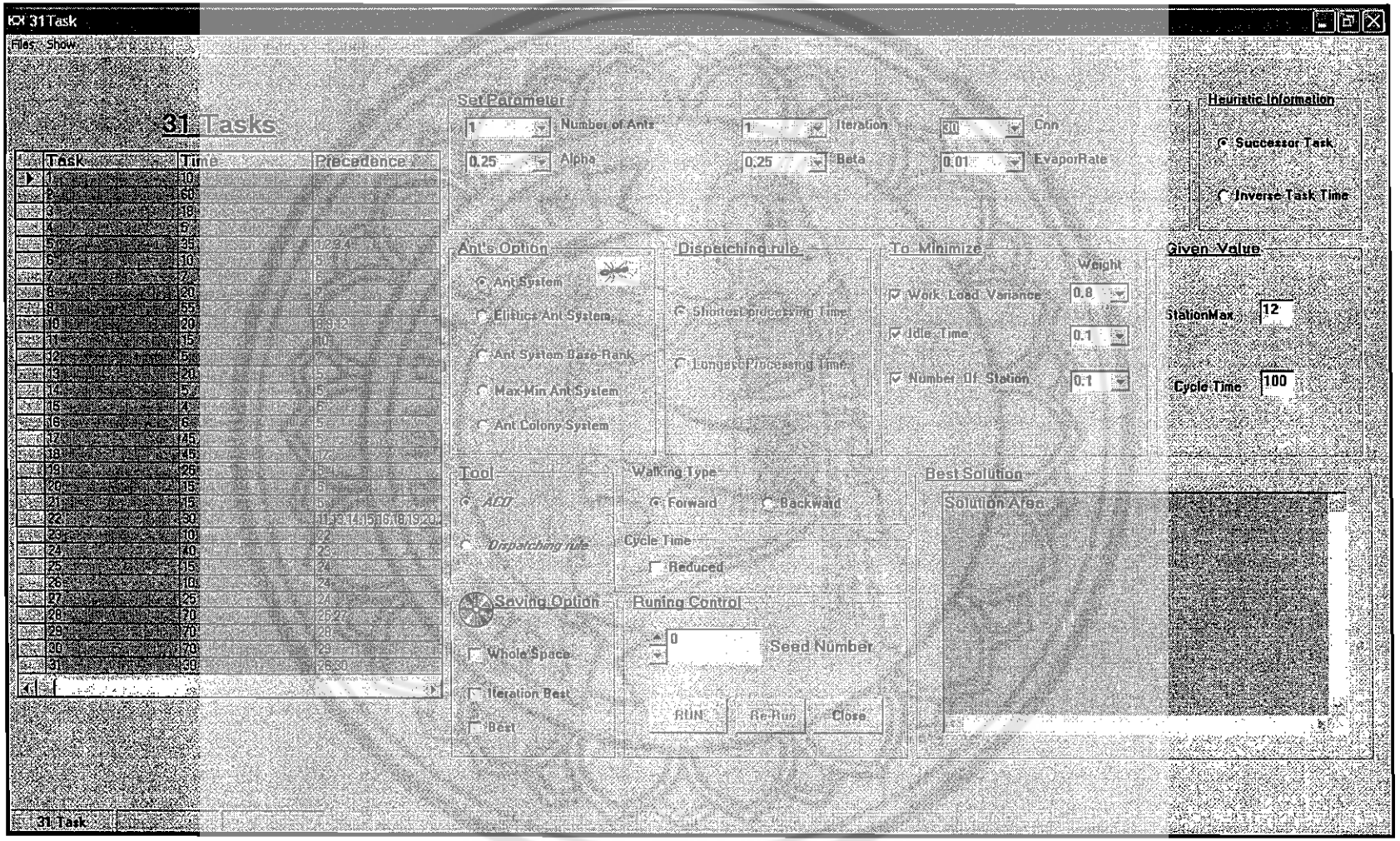
6.2.1 เมื่อเรียกโปรแกรมขึ้นมาทำงาน หน้าจอของโปรแกรมจะแสดง ขนาดของปัญหาที่เล็กที่สุดก่อน นั่นคือ ขนาด 6 งาน ดังภาพ 21



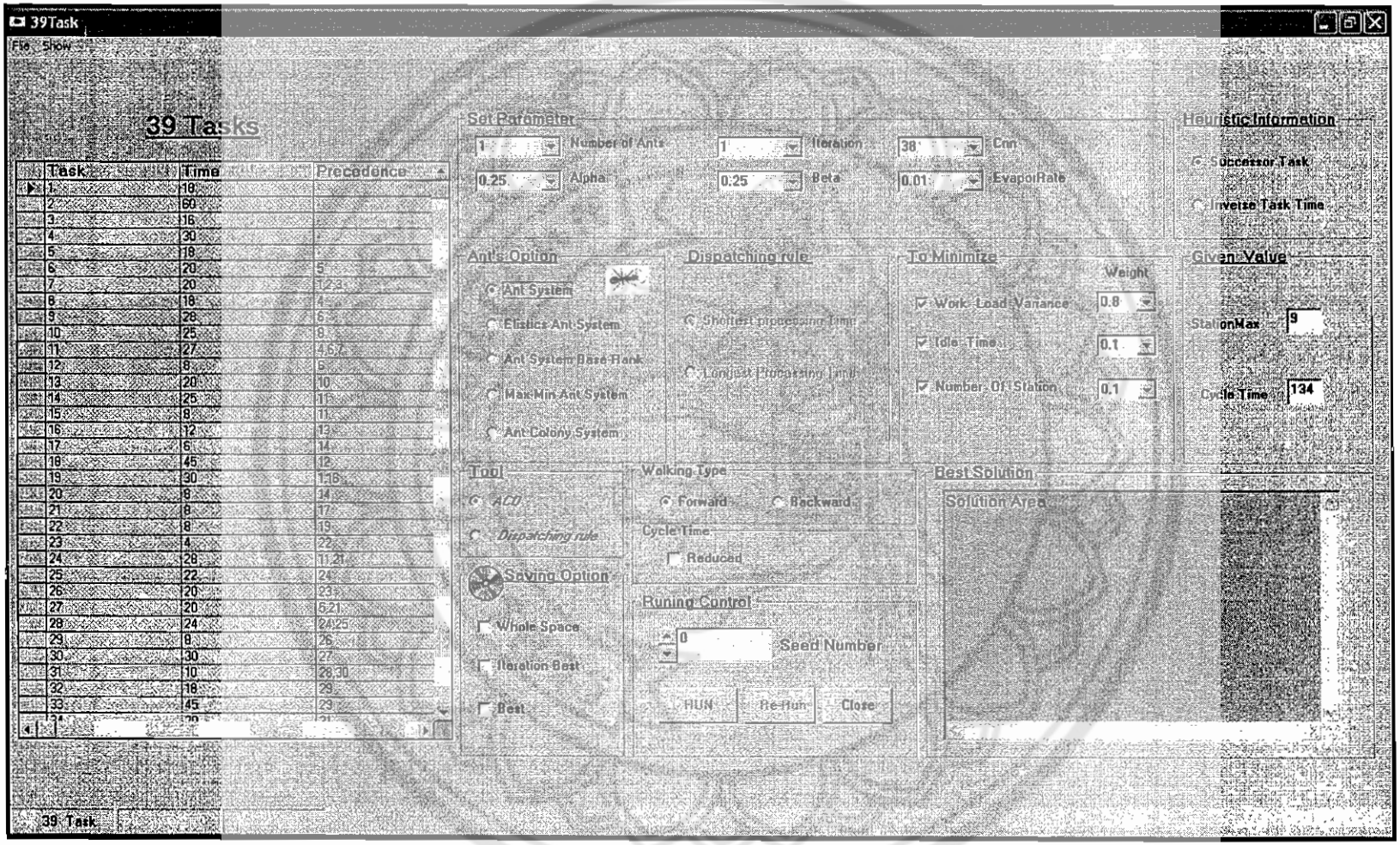
ภาพ 21 แสดงหน้าจอแรกเมื่อเข้าโปรแกรม



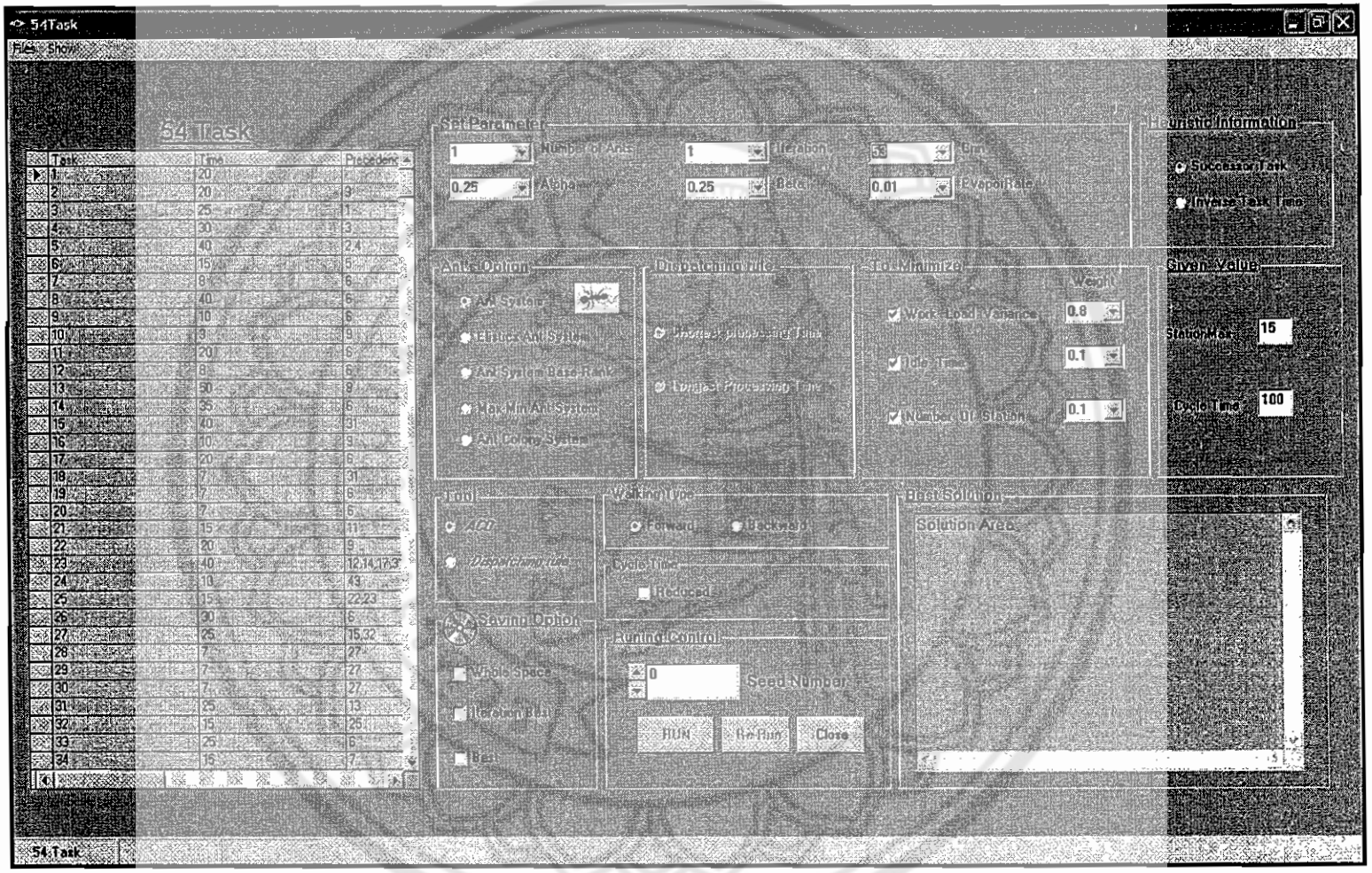
ภาพ 22 แสดงหน้าต่างสำหรับปัญหาขนาด 11 งาน



ภาพ 23 แสดงหน้าต่างสำหรับปัญหาขนาด 31 งาน

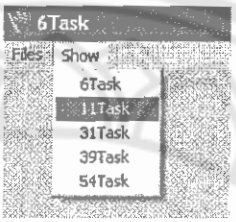


ภาพ 24 แสดงหน้าต่างสำหรับปัญหาขนาด 39 งาน



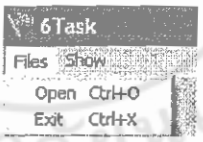
ภาพ 25 แสดงหน้าต่างสำหรับปัญหาขนาด 54 งาน

6.2.2 ที่บนมุมซ้าย มีเมนู "Show" เมื่อคลิกแล้วจะเป็น การบอกว่าโปรแกรมมีปัญหาขนาดใดบ้าง ในงานวิจัยนี้ ดังภาพ 26 ถ้าต้องการประมวลผลที่ขนาดใด ก็คลิกเลือกที่ขนาดงานนั้นๆ เมื่อคลิกเลือกขนาดปัญหาที่ต้องการแล้ว ก็จะมีหน้าต่างอันใหม่เพิ่มขึ้นมา ซึ่งเป็นหน้าจอสำหรับแสดงถึงข้อมูลของปัญหาที่ได้เลือกไว้ ดังภาพ 21-25



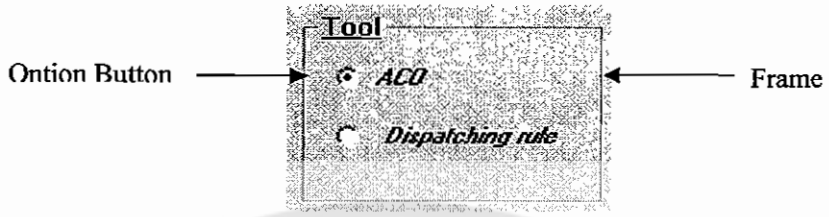
ภาพ 26 เมนูแสดงปัญหาขนาดต่าง ๆ

6.2.3 ที่บนมุมซ้าย มีเมนู "Files" เมื่อคลิกแล้วจะเป็น ปรากฏดังภาพ 27 โดยที่เมนู Open คือ การเปิดดู คำตอบที่อยู่ใน รูปของ Text Flies ที่ทำการบันทึกโดยอัตโนมัติไว้ในไดร์ฟ ซี (Drive C :/) และเมนู Exit คือ การออกจากโปรแกรม จะเป็นการปิดหน้าจอทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมนี้



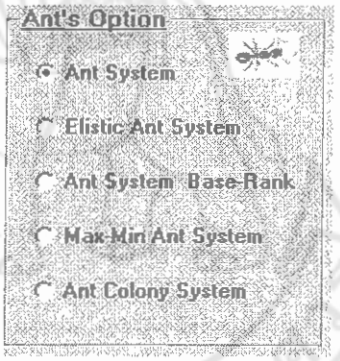
ภาพ 27 แสดง เมนู "Files"

6.2.4 การเลือกเครื่องมือในการแก้ปัญหาอยู่ในกรอบ (Frame) ที่ชื่อว่า Tool ซึ่งจะประกอบไปด้วย ออพชันบัททอน (Option Button) (การเลือก Option Button จะสามารถเลือกได้เพียง 1 ช่องเท่านั้น) ของแอนท์โคโลนีออพติไมเซชัน (ACO) และ กฎการจัดลำดับงาน (Dispatching Rules) ซึ่งในตอนเริ่มต้นของโปรแกรมผู้วิจัยจะกำหนดให้ มีการเลือก Option Button เป็น ACO ส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Dispatching Rules จะมีสีที่ซีดลงไปกล่าวคือไม่สามารถใช้งานได้ (Not Enabled) แต่ถ้าหากต้องการเลือก Dispatching Rules ก็เพียงคลิกเลือกที่ช่องของ Dispatching Rules ก็จะทำให้ส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับ ACO ไม่สามารถใช้งานได้ (Not Enabled)



ภาพ 28 การเลือกเครื่องมือในการแก้ปัญหา

6.2.5 ที่กรอบ (Frame) Ant's Option ประกอบไปด้วย ออพชันบัททอน (Option Button) ซึ่งเป็นการใช้เลือกรูปแบบของ ACO ทั้ง 5 แบบ ในการประมวลผล ซึ่งในการเลือกจะสามารถเลือกได้เพียงครั้งละ 1 รูปแบบเท่านั้น



ภาพ 29 แสดงการใช้เลือกรูปแบบของ ACO ทั้ง 5 แบบ

6.2.6 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับ ACO จะมีอยู่ 2 รูปแบบ ได้แก่

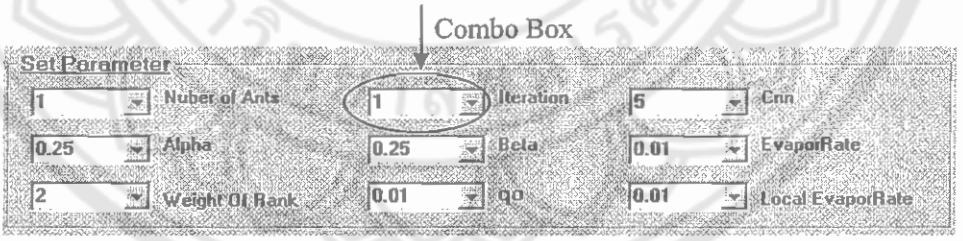
1) พารามิเตอร์แบบที่เป็นตัวเลข (Quantitative Parameter) ของ ACO ทั้ง 5 รูปแบบซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเลือกรูปแบบของการใช้รูปแบบ ACO ดังนี้

1.1) AS, EAS, MMAS จะใช้ ค่า จำนวนมด (Number of Ants: K_{MAX}), จำนวนรอบการทำซ้ำ (Iteration), จำนวนกิ่งของเส้นทางทั้งหมด (C^{nn}), ค่าถ่วงน้ำหนักฟีโรโมน (Alpha: α), ค่าถ่วงน้ำหนักข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล (Beta: β), อัตราการระเหยฟีโรโมน (Pheromone Evaporate: ρ)

1.2) AS-Rank จะใช้ ค่า จำนวนมด (Number of Ants: K_{MAX}), จำนวนรอบการทำซ้ำ (Iteration), จำนวนกิ่งของเส้นทางทั้งหมด (C^{nn}), ค่าถ่วงน้ำหนักฟีโรโมน (Alpha: α), ค่าถ่วงน้ำหนักข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล (Beta: β), อัตราการระเหยฟีโรโมน (Pheromone Evaporate: ρ) และ ค่าน้ำหนักการเพิ่มสารฟีโรโมนแบบมีขอบเขต (Weight of Rank: W)

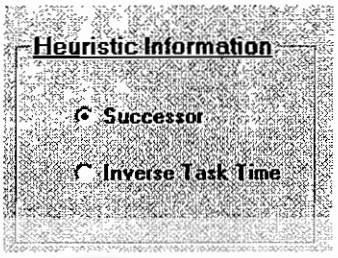
1.3) ACS จะใช้ ค่า จำนวนมด (Number of Ants: K_{MAX}), จำนวนรอบการทำซ้ำ (Iteration), จำนวนกิ่งของเส้นทางทั้งหมด (C^{nn}), ค่าถ่วงน้ำหนักข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล (Beta: β), อัตราการระเหยฟีโรโมนเฉพาะที่ (Local Evaporate: ξ), อัตราการระเหยฟีโรโมน (Evaporate: ρ)

ซึ่งทั้งหมดนี้ พารามิเตอร์แต่ละตัวสามารถเลือกค่าได้หลายค่าตามที่โปรแกรมได้ระบุไว้ในคอมโบบอกซ์ (Combo Box) เช่น ค่าถ่วงน้ำหนักของฟีโรโมน (Alpha) จะกำหนดไว้เป็น 0.25, 0.50, 0.75, 1.0 ซึ่งค่าเหล่านี้จะอยู่ในคอมโบบอกซ์ (Combo Box) อยู่แล้ว ผู้ใช้โปรแกรมเพียงแค่คลิกค่าที่ต้องการในการกำหนดค่าเท่านั้น ส่วนพารามิเตอร์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับ ACO กับรูปแบบที่เลือกไว้ ค่านั้นๆก็จะไม่ปรากฏบนจอภาพ เช่น ในกรณีที่เลือกใช้ ACS ในการแก้ปัญหา พารามิเตอร์ที่เป็นค่า Alpha และ Weight of Rank ก็จะหายไปจากกรอบ (Frame) นี้ เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับ ACS



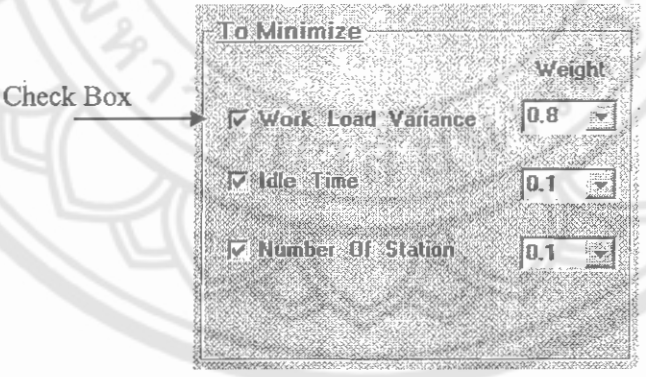
ภาพ 30 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดแบบที่เป็นตัวเลข

2) <u>พารามิเตอร์แบบที่ไม่เป็นตัวเลข</u> (Qualitative Parameter) คือ ชนิดของข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics Information: η) ซึ่งมีอยู่ 2 รูปแบบคือ Successor และ Inverse Task Times ซึ่งสามารถเลือกได้จาก ออพชันบัททอน (Option Button) ได้เพียงรูปแบบเดียวเท่านั้น



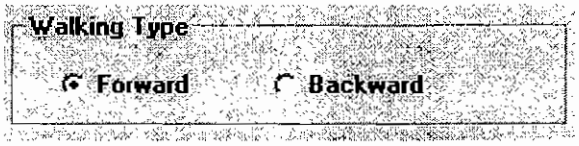
ภาพ 31 พารามิเตอร์แบบที่ไม่เป็นตัวเลข

6.2.7 การกำหนดค่าน้ำหนัก (Weight) ให้แก่ Fitness function ซึ่งประกอบไปด้วย การลดความแปรปรวนของภาระงาน (Minimize Work Load Variance), การลดเวลาว่างงานรวม (Minimize Total Idle Time) และ การลดจำนวนสถานีงาน (Minimize Number of Workstation) ซึ่งจะมีกรอบ (Frame) สำหรับเลือก เช็คบ๊อกซ์ (Check Box) ว่าต้องการลดค่าดังกล่าวอันไหนบ้าง และสามารถเลือกได้มากกว่า 1 ช่อง ซึ่งในงานวิจัยนี้จุดมุ่งหมายคือการลดค่าทั้ง 3 ประการดังที่กล่าวมา ดังนั้นจึงคลิกเลือกที่เช็คบ๊อกซ์ (Check Box) ทั้ง 3 ช่อง โดยมีการกำหนดให้มีกำหนดค่าน้ำหนัก (Weight) เป็น 0.8, 0.1, 0.1 สำหรับ การลดความแปรปรวนของภาระงาน, การลดเวลาว่างงานรวม และ การลดจำนวนสถานีงาน ตามลำดับ



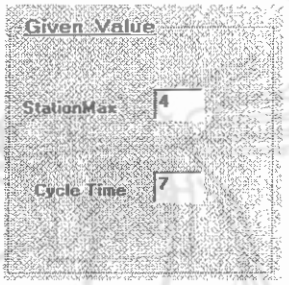
ภาพ 32 การกำหนดค่าน้ำหนักสำหรับจุดมุ่งหมายทั้ง 3 ประการ

6.2.8 รูปแบบการเดินของมดในการหาคำตอบมีให้เลือกอยู่ 2 รูปแบบคือ การเดินแบบไปหน้า (Forward Walking), การเดินแบบกลับทิศ (Backward Walking)



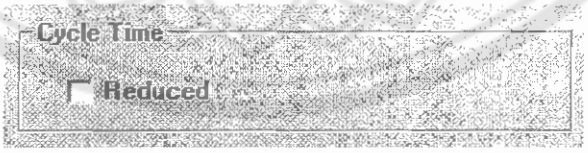
ภาพ 33 รูปแบบการเดินของมด

6.2.9 การป้อนข้อมูลขาเข้า สำหรับรอบการผลิต และ สถานีงานสูงสุดที่ยอมรับได้ จะทำการกำหนดค่าโดยการพิมพ์ค่าทั้งสอง เข้าที่ เท็กบ๊อกซ์ (Text Box)



ภาพ 34 ตัวอย่างการกำหนดค่าสำหรับรอบการผลิตและสถานีงานสูงสุดที่ยอมรับได้

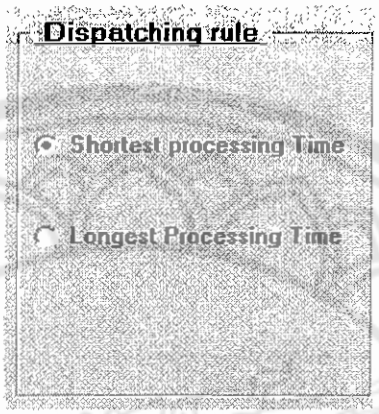
6.2.10 การเลือกการลดรอบการผลิตเพื่อลดเวลาว่างงานรวม (สำหรับกรณีที่เลือก ACO ในการคำนวณ) ซึ่งจะให้ผู้ใช้ได้ตัดสินใจว่าจะลดหรือไม่ลดรอบการผลิต โดยจะมีเช็คบ๊อกซ์ (Check Box) ให้ได้คลิกเลือกหากต้องการลดรอบการผลิต หากไม่คลิกเลือกก็จะไม่มีการลดรอบการผลิตในขั้นตอนการถอดรหัสคำตอบ



ภาพ 35 การเลือกการลดรอบการผลิต

6.2.11 กรณีที่เลือก กฎการจัดลำดับงาน (Dispatching Rules) อันได้แก่ เลือกงานที่เวลามากสุดก่อน (Longest Processing Time) และ เลือกงานที่เวลาน้อยที่สุดก่อน

(Shortest Processing Time) ในการแก้ปัญหานั้นจะมีคำตอบอยู่เพียงคำตอบเดียวเท่านั้น สำหรับการบันทึกคำตอบ (อยู่ในข้อ 12.) จะต้องคลิก Check Box ที่ Best เท่านั้น



ภาพ 36 กฎการจัดลำดับงาน

6.2.12 การบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติที่ไดร์ฟซี (Drive C:/) จะมีช่องเช็คบ๊อกซ์ (Check Box) ให้เลือกว่าต้องการบันทึกแบบใดบ้างโดยสามารถเลือกได้มากกว่า 1 ช่อง ซึ่งรูปแบบการบันทึกจะมีอยู่ 3 รูปแบบ คือ การบันทึกคำตอบทั้งหมดของมดทุกตัวทุกจำนวนรอบการทำซ้ำ (Whole Space), การบันทึกคำตอบที่ดีที่สุดในรอบการทำซ้ำนั้นๆ (Iteration Best), การบันทึกคำตอบที่ดีที่สุด (Best So Far Solution)

ภาพ 37 รูปแบบการบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติ

6.2.13 ส่วนที่ควบคุมการรันโปรแกรม จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

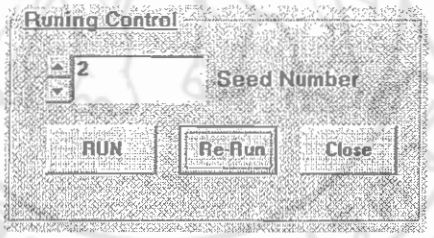
1) หมายเลขการสุ่ม (Random Seed Number) เป็นปัจจัยสำคัญตัวหนึ่งในการทำงานที่เป็นรูปแบบของการหาคำตอบที่มีรูปแบบไม่แน่นอน (Stochastic Search

Algorithm) เนื่องจากในการทำงานของ ACO นั้นจะขึ้นอยู่กับการสุ่ม (Random) ตลอดการทำงาน ซึ่งหมายเลขการสุ่ม ก็จะมีชุดอนุกรมของการสุ่มอยู่ชุดหนึ่ง ซึ่งค่าอนุกรมของการสุ่มนั้นจะมีค่าเท่าเดิมทุกครั้งที่มีการใช้หมายเลขสุ่มหมายเลขเดิม แต่ทั้งนี้หมายเลขการสุ่มไม่มีความเกี่ยวข้องกับ Dispatching Rules แต่อย่างใด เนื่องจาก Dispatching Rules ไม่ได้ใช้การสุ่มในการทำงาน หากแต่เป็นกฎที่แน่นอนตายตัวนั่นเอง

2) ปุ่มรัน (Run) เมื่อกดปุ่มรันไปแล้วโปรแกรมจะทำการเรียกฐานข้อมูลที่เก็บไว้ใน Access 2003 มาเก็บไว้ในตัวแปรเพื่อใช้ในกระบวนการ ของ ACO หรือ Dispatching Rules ตามที่ผู้ใช้ได้เลือกไว้ เมื่อโปรแกรมคำนวณเสร็จแล้วก็จะมีคำตอบที่หน้าจอ

3) ปุ่มรีรัน (Re-Run) เมื่อกดปุ่มรันไปแล้ว เมื่อโปรแกรมทำงานเสร็จลง จะทำให้ปุ่มรันกลายเป็นสีซีด ทำให้ใช้งานไม่ได้ (Not Enabled) หากจะรันอีก เช่น เพื่อทดสอบพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ต้องกดปุ่มรีรัน เพื่อลบคำตอบปัจจุบันที่หน้าจอให้ว่างก่อน แล้วจึง กดปุ่มรันได้ จากนั้นคำตอบที่หน้าจอที่ได้จะเป็นคำตอบจากการรันครั้งใหม่

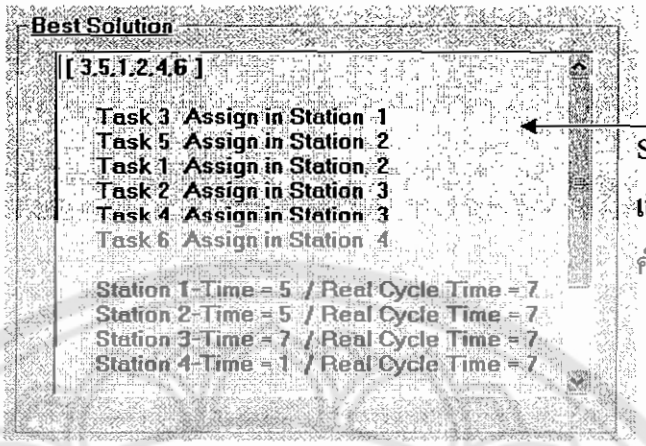
4) ปุ่มปิดโปรแกรม (Close) จะเป็นการปิดหน้าต่างของหน้าต่างที่เปิดอยู่



ภาพ 38 แสดงส่วนที่ควบคุมในการรันโปรแกรม

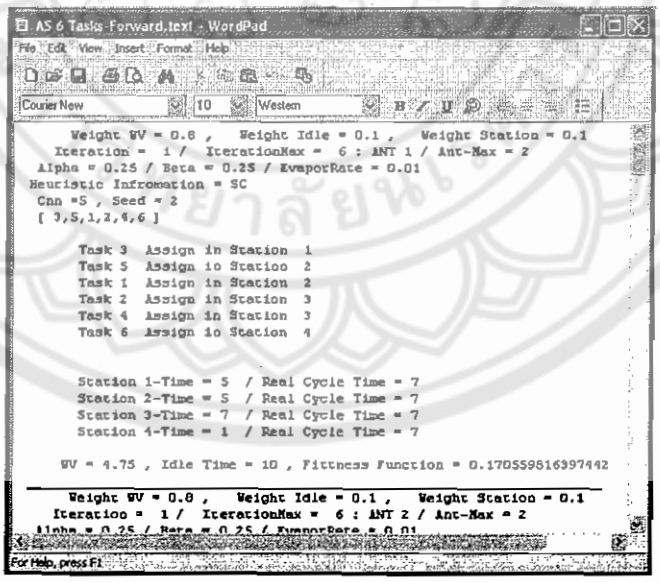
6.3 ข้อมูลขาออก (Output Data)

6.3.1 กล่องข้อความที่หน้าจอแสดงคำตอบที่ดีที่สุดในการรัน จะแสดงเมื่อการรันโปรแกรมสิ้นสุดลง ซึ่งจะแสดงการจัดลำดับงาน, งานแต่ละงานถูกมอบหมายให้กับสถานีใดบ้าง, เวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงาน, ค่าความแปรปรวนภาระงาน, เวลาว่างงานรวม, จำนวนสถานีงานที่ใช้ และ ค่า Fitness Function



ภาพ 39 ตัวอย่างกล่องข้อความแสดงคำตอบที่ดีที่สุดในการรันครั้งนั้นๆ

6.3.2 หากมีการเลือกการบันทึกอัตโนมัติในหัวข้อ 2.6.2 ข้อที่ 12. ไว้ ก็จะมีการบันทึกไฟล์ (Files) ของคำตอบไว้ที่ไดร์ฟซี (Drive C:/) ซึ่งจะแสดงถึง พารามิเตอร์ขาเข้าต่างๆ, การจัดลำดับงาน, งานแต่ละงานถูกมอบหมายให้กับสถานีใดบ้าง, เวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงาน, ค่าความแปรปรวนภาระงาน, เวลาว่างงานรวม, จำนวนสถานีงานที่ใช้ และค่า Fitness Function



ภาพ 40 ผลการรันที่บันทึกไว้ซึ่งเปิดโดยโปรแกรม Word Pad

7. ออกแบบการทดลอง

ในการที่จะให้คำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาด้วย ACO ออกมามีค่าคำตอบที่ดีที่สุดได้นั้น จำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดค่าที่เหมาะสมให้กับ ACO เสียก่อนเพื่อให้สามารถหาคำตอบที่ดีได้ ซึ่งก่อนที่จะกำหนดค่าที่เหมาะสมได้นั้นก็ต้องมีการออกแบบการทดลองเสียก่อน ซึ่งเป็นขั้นตอน ของการออกแบบว่าจะเลือกใช้ค่าต่างๆที่เท่าใดจากที่กำหนดไว้ ซึ่งได้แก่ การเลือกใช้รูปแบบการลดรอบการผลิต, การเดินของมด, รูปแบบของข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของ ACO ควรจะกำหนดให้มีค่าเท่าใด จึงจะส่งผลให้คำตอบที่ได้มีค่าที่ดีที่สุด รายละเอียดจะกล่าวถึงต่อไปในบทที่ 4

8. **ทำการทดลอง**

ทำการรันโปรแกรมเพื่อประมวลหาผลคำตอบโดยการใช้การกำหนดค่าตามขั้นตอนของการออกแบบการทดลอง จากนั้นเก็บรวบรวมคำตอบที่ได้ทั้งหมดเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไป

9. **วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้หลักทางสถิติ**

นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ผลโดยใช้หลักการทางสถิตินั่นคือการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และทำการคัดเลือกการค่าที่เหมาะสมอันได้แก่ การเลือกการลดรอบการผลิต, รูปแบบการเดินของมด, รูปแบบของข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล และค่าพารามิเตอร์ต่างๆของ ACO และนำค่าเหล่านั้นไปรันโปรแกรมเพื่อประมวลผลอีกครั้งหนึ่งเพื่อหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด (รายละเอียดเพิ่มเติมอยู่ในบทที่ 4)

10. **สรุปผลการทดลอง**

สรุปถึงการเลือกใช้ค่าที่เหมาะสมของ ACO (การเลือกการลดรอบการผลิต, รูปแบบการเดินของมด, รูปแบบของข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล และค่าพารามิเตอร์ต่างๆของ ACO), ในงานวิจัยนี้ก่อให้เกิดความรู้อะไรใหม่ๆบ้าง พร้อมให้ข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยต่อไปในอนาคต (รายละเอียดเพิ่มเติมอยู่ในบทที่ 5)