บทที่ 4

การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมของวิธีฝูงมด

ในบทนี้จะกล่าวถึงการแก้ไขปัญหาการคัดเลือกชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ ซึ่งประกอบไปด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังอธิบายรายละเอียดในหัวข้อ 4.1 และการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมของการหาค่าเหมาะสมวิธีฝูงมด ซึ่งได้แก่กระบวนการค้นหาคำตอบที่เหมาะสม พร้อมทั้งอธิบายถึงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการค้นหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดภายใต้ปัญหาคัดเลือกชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์จากหลายๆ คู่ค้า ดังอธิบายรายละเอียดในหัวข้อ 4.2 ต่อไปนี้

4.1 การแก้ไขปัญหาการคัดเลือกชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์

4.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในที่นี้พิจารณาเฉพาะชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์หลักที่มีราคาต้นทุนมาก 15 ชิ้นส่วน และเลือกผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ต้นแบบที่มีชิ้นส่วนประกอบอย่างละ 1 หน่วย ที่ถูกประกอบใน 1 ฮาร์ดดิสก์เป็นต้นแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งการค้นหาคำตอบลักษณะนี้เรียกว่า ระบบอนุกรม (Series System) โดยจะกำหนดปัญหา (Problem Formulation) เป็นปัญหาแบบโปรแกรมจำนวนเต็มเลขฐานสองไม่เชิงเส้น (Nonlinear Binary Integer Programming Problem)

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหาเป็นข้อมูลที่เป็นความลับของโรงงานผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ ซึ่งมีอาจผลกระทบในด้านการแข่งขันทางการตลาดกับบริษัทคู่แข่ง และทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัท ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลบ้างอย่างได้ เช่น รายชื่อคู่ค้า ชื่อเรียกของชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ ค่าอัตราผลผลิต ราคาต้นทุนจริง และผลการประเมินคู่ค้า ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดให้ แทนชื่อของชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์เป็น Component 1, 2, 3 ,…,15 และแทนรายชื่อคู่ค้าชิ้นแต่ละส่วนประกอบเป็น Supplier 1, 2, 3, …, 8 ซึ่งคู่ค้าที่แทนด้วย Supplier 1 สำหรับแต่ละชิ้นส่วนประกอบที่ 1-15 จึงละไว้ในฐานที่เข้าใจว่า คู่ค้าใดๆ นี้ไม่ใช่คู่ค้าเดียวกัน โดยที่ในแต่ละคู่ค้ามีผลการประเมินต่างๆ กัน ซึ่งพิจารณาจากคุณสมบัติและความสามารถในด้านต่างๆ ของคู่ค้า ได้แก่ ระยะเวลาในการสั่งซื้อและส่งมอบสินค้า การให้เครดิตทางด้านการเงิน ราคา คุณภาพ (รวมถึงการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องในการผลิต) ความสามารถในการผลิต การขนส่ง ตามเกณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

เกณฑ์การจัดระดับการประเมินผลของคู่ค้า

RATING >= 90	OUTSTANDING	A
70=< RATING < 90	ACCEPTABLE	B
50=< RATING < 70	NEEDS IMPROVEMENT	C
RATING < 50	UNACCEPTABLE	F

เนื่องจากการแสดงเกณฑ์ในการประเมินผลคู่ค้าดีเยี่ยมและดี คือ A และ B จึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนเป็นจำนวนเต็ม 1 และ 2 ตามลำดับ เพื่อให้ง่ายต่อการเขียนเงื่อนไขในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และในอัลกอริทึม ในที่นี้ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลด้านราคาและค่าอัตราผลผลิต หรืออัตราผลผลิต (Yield) จากข้อมูลจริง ดังแสดงข้อมูลของปัญหาในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

ข้อมูลของที่ใช้ในการแก้ปัญหา (66 ตัวแปร)

Component	Data	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4	Supplier 5	Supplier 6	Supplier 7	Supplier 8
1	Yield	0.9870	0.9920	0.9937	0.9941	0.9950	0.9961	-	-
	Cost($)	4.0286	4.5246	4.6338	4.6793	4.7472	4.7676	-	-
	Score	2	2	1	1	1	1		
2	Yield	0.9780	0.9820	0.9874	0.9910	0.9923	0.9931	0.9950	0.9961
	Cost($)	4.0637	4.3424	4.7845	5.3110	5.3575	5.4121	5.4863	5.5155
	Score	2	2	1	1	1	1	1	1
3	Yield	0.9740	0.9760	0.9816	0.9916	0.9947	-	-	-
	Cost($)	7.0462	7.0971	7.2769	7.6948	7.8235	-	-	-
	Score	2	2	1	1	1			
4	Yield	0.9850	0.9899	0.9910	0.9935	0.9978	0.9986	0.9995	-
	Cost($)	8.0689	8.6342	8.7631	8.8775	9.5310	9.5904	9.9004	-
	Score	2	2	1	1	1	1	1	
5	Yield	0.9970	0.9980	0.9978	0.9987	0.9995	-	-	-
	Cost($)	0.3561	0.4337	0.4469	0.4939	0.5128	-	-	-
	Score	2	2	1	1	1			

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)
ข้อมูลของที่ใช้ในการแก้ปัญหา (66 ตัวแปร)

Component	Data	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4	Supplier 5	Supplier 6	Supplier 7	Supplier 8
6	Yield	0.9979	0.9982	0.9987	0.9991	-	-	-	-
	Cost($)	0.7400	0.7520	0.7600	0.7800	-	-	-	-
	Score	2	1	1	1				
7	Yield	0.9983	0.9987	0.9993	0.9999	-	-	-	-
	Cost($)	0.1590	0.1660	0.2197	0.2936	-	-	-	-
	Score	2	1	1	1				
8	Yield	0.9957	0.9989	0.9999	-	-	-	-	-
	Cost($)	0.1000	0.1500	0.1600	-	-	-	-	-
	Score	2	1	1					
9	Yield	0.9947	0.9951	0.9973	0.9993	-	-	-	-
	Cost($)	0.2448	0.2681	0.3171	0.3503	-	-	-	-
	Score	2	2	1	1				
10	Yield	0.9983	0.9998	0.9999	-	-	-	-	-
	Cost($)	0.1400	0.1900	0.2000	-	-	-	-	-
	Score	2	1	1					
11	Yield	0.9970	0.9989	0.9999	-	-	-	-	-
	Cost($)	0.2000	0.2400	0.2500	-	-	-	-	-
	Score	2	1	1					
12	Yield	0.9914	0.9990	0.9999	-	-	-	-	-
	Cost($)	0.0400	0.0500	0.0530	-	-	-	-	-
	Score	2	1	1					
13	Yield	0.9982	0.9997	0.9999	-	-	-	-	-
	Cost($)	0.1883	0.2259	0.2549	-	-	-	-	-
	Score	2	2	1					
14	Yield	0.9554	0.9882	0.9998	0.9999	-	-	-	-
	Cost($)	0.2277	0.3094	0.3782	0.3919	-	-	-	-
	Score	2	2	1	1				
15	Yield	0.9840	0.9931	0.9975	0.9982	-	-	-	-
	Cost($)	1.0746	1.1271	1.1288	1.4204	-	-	-	-
	Score	2	2	1	1				

4.1.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในหัวข้อนี้จะอธิบายการแปลงโจทย์ปัญหาดังกล่าว ให้ออกมาในรูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยการประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมแบบต่างๆ เพื่อ ให้ได้วิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

สำหรับผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ต้นแบบที่เลือก กำหนดให้มีจำนวนชิ้นส่วนประกอบทั้งสิ้น n ชิ้น โดยแต่ละชิ้นส่วนประกอบกำหนดให้เป็น i และ m_i เป็นคู่ค้าต่างๆ ซึ่งมีราคาต้นทุน คุณภาพ อัตราผลผลิต น้ำหนัก และคุณลักษณะอื่นๆ ต่างกัน. ในที่นี้อธิบายโจทย์ปัญหาที่ต้องการแก้ไขคือ การเลือกกลุ่มคู่ค้าที่ดีที่สุดโดยมีค่าอัตราผลผลิตของแต่ละชิ้นส่วนประกอบสูงที่สุด และอยู่ภายใต้งบประมาณที่ต้องการควบคุมของฮาร์ดดิสก์ใน 1 หน่วย โดยที่คู่ค้าสำหรับชิ้นส่วนประกอบหลักจะต้องเป็นคู่ค้าที่ถูกประเมินผลจากโรงงานผู้ผลิตในระดับดีเยี่ยมหรือ (Grade A) ซึ่งจะมีเพียง 1 คู่ค้าสำหรับแต่ละชิ้นส่วนประกอบที่จะถูกเลือก จากนั้นเราจะทำการแปลงโจทย์ปัญหาให้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการคำนวณหาค่าเหมาะสมที่สุดโดยวิธีฝูงมด โดยให้นิยามของค่าดัชนี พารามิเตอร์ (Parameters) และตัวแปรอื่นที่ใช้ในการตัดสินใจเลือก (Decision Variable) โดยโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ เป็นดังนี้

ดัชนี (Indices)

i คือ ดัชนีของคู่ค้าชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ ($i = 1, \ldots, n$)

j คือ ดัชนีของคู่ค้า ($j = 1, \ldots, m_i$)

พารามิเตอร์ (Parameters)

n คือ พารามิเตอร์ของจำนวนชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์

m_i คือ พารามิเตอร์ของจำนวนคู่ค้าสำหรับชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ที่ i

C_{ij} คือ พารามิเตอร์ของราคาต้นทุนของชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ i ของคู่ค้า j

Y_{ij} คือ พารามิเตอร์ของอัตราผลผลิตของชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ i เมื่อชนิดชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ j ถูกใช้

B คือ พารามิเตอร์ของงบประมาณที่ต้องการควบคุมของฮาร์ดดิสก์ใน 1 หน่วย

C_T คือ พารามิเตอร์ของราคารวมของต้นทุนของชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์

S_{sc}^{ij} คือ ระดับคะแนนที่ได้จากการประเมินผลคู่ค้าของชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ i ของคู่ค้า j

ตัวแปร (Variables)

x_{ij} = 1 ถ้าชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ i มาจากคู่ค้า j

0 ถ้าไม่ใช่ สำหรับ $i = 1,\ldots,n$ และ $j = 1,\ldots,m_i$

จากค่าดัชนี พารามิเตอร์ของตัวแปรเหล่านี้ เราสามารถที่จะจัดรูปแบบปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดของอัตราผลผลิตของฮาร์ดดิสก์ดังกล่าวเป็นแบบ Nonlinear Binary Integer Programming (NBIP) ได้ดังสมการ

$$\text{Maximize} \quad Z = \prod_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{m_i} x_{ij}Y_{ij}\right) \tag{4.1}$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} x_{ij}C_{ij} \le B \tag{4.2}$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 1 \qquad \forall i \tag{4.3}$$

$$x_{ij} = \{0,1\} \qquad \forall i, j \tag{4.4}$$

$$S_{sc}^{ij} = 1 \ , i = 1,2,3,4,6 \tag{4.5}$$

จากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) แทนด้วย ค่าอัตราผลผลิตรวมทั้งหมดที่ได้จากการเลือกชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ทั้งหมดที่ถูกเลือก โดยค่าอัตราผลผลิตรวมทั้งหมดที่ได้สามารถหาได้จากผลคูณอัตราผลผลิตของชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ทั้งหมดที่ถูกเลือก เงื่อนไขที่ (4.2) กำหนดให้ราคาต้นทุนรวมของชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ทั้งหมดที่ถูกเลือกต้องน้อยกว่างบประมาณที่ต้องการควบคุมของฮาร์ดดิสก์ใน 1 หน่วย เงื่อนไขที่ (4.3) กำหนดให้เลือกเพียง 1 คู่ค้าที่ดีที่สุดในแต่ละชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ เงื่อนไขที่ (4.4) ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ตัดสินใจเลือก (Decision Variable) ต้องถูกแปลงเป็นตัวแปรเลขฐานสอง (Binary Variables) และเงื่อนไขที่ (4.5) ชิ้นส่วนหลัก (ชิ้นส่วนที่ 1,2,3,4 และ 6) เกรดของคู่ค้าจะต้องเป็นเกรด A เท่านั้น

เป้าหมายของปัญหานี้ คือ สามารถคัดเลือกชิ้นส่วนประกอบที่เหมาะสมหรือใกล้เคียงค่าที่เหมาะสม โดยมีค่าอัตราผลิตผลมากที่สุด ภายใต้เงื่อนไขราคาต้นทุนรวมไม่เกินงบประมาณที่ตั้งไว้สำหรับการผลิตฮาร์ดดิสก์ 1 ตัว และคู่ค้าสำหรับชิ้นส่วนประกอบหลักจะต้องเป็นคู่ค้าที่ถูกประเมินผลจากโรงงานผู้ผลิตในเกณฑ์ดีเยี่ยมหรือ (Grade A) เนื่องจากจำนวนคู่ค้าของชิ้นส่วน

ประกอบในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์มีจำนวนมากและในหนึ่งผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ประกอบไปด้วยหลายชิ้นส่วน ดังนั้น ขอบเขตการหาคำตอบ (Search Space) ของการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมของอัตราผลผลิตของฮาร์ดดิสก์จึงมีขนาดใหญ่ด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ เราจึงประยุกต์ใช้วิธีฝูงมด ในการแก้ปัญหา เพื่อหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในเวลาในการค้นหาคำตอบ (Computation Time) ที่เหมาะสม ดังจะอธิบายรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

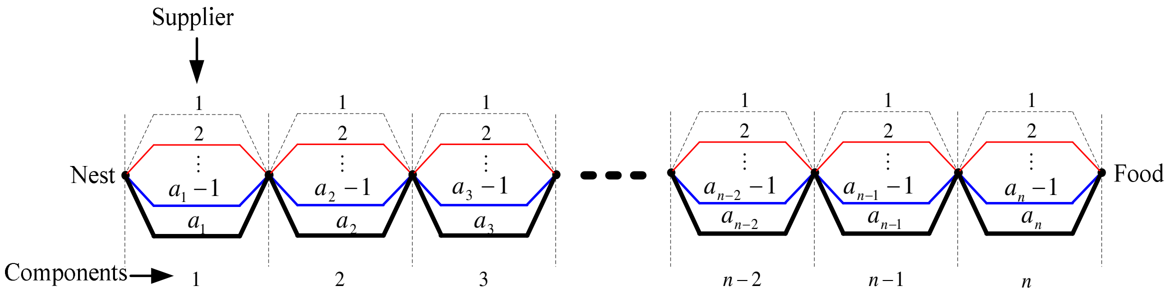
4.2 การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมของวิธีฝูงมด

ในการพัฒนาพัฒนาอัลกอริทึมนั้น ผู้วิจัยได้เริ่มต้นทำการทดลองเขียนอัลกอริทึมดังที่ได้แสดงแผนผังการไหลในบทที่ 3 โดยอ้างอิงข้อมูล วิธีการ การกำหนดค่าพารามิเตอร์และคำตอบที่ได้จากผลงานวิจัยของ Nahas and Nourelfath (2005) [12] เพื่อให้แน่ใจว่าอัลกอริทึมและคำตอบที่ได้นั้นถูกต้อง แล้วจึงจะประยุกต์กับปัญหาในงานวิจัยนี้ พร้อมทั้งทำการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมและได้อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

4.2.1 กระบวนการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีฝูงมด

ในหัวข้อนี้จะอธิบายรายละเอียดของกระบวนการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีฝูงมดที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้ ดังแสดงผังการไหลอัลกอริทึมของกระบวนการหาค่าเหมาะสมในบทที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน

จากโจทย์ปัญหาการคัดเลือกคู่ค้าที่เหมาะสมสำหรับชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ การสุ่มคัดเลือกคู่ค้าที่เหมาะสมสำหรับชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ของมด k ฝูง ฝูงละ a ตัว สำหรับชิ้นส่วนประกอบ n ชิ้น แต่ละตัวมีจำนวนคู่ค้าที่ใช้ต่างๆ กัน ดังตารางที่ 4.2 สามารถจำลองปัญหาให้เป็นเส้นทางเดินของมดได้ภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1

แบบจำลองเส้นทางการเดินของมดสำหรับปัญหาการคัดเลือกคู่ค้า

โดยงบประมาณสำหรับต้นทุนชิ้นส่วนประกอบ = 29 $

n คือ พารามิเตอร์ของจำนวนชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ = 15

กำหนดให้รูปแบบคำตอบ (S) เป็นเมตริกซ์ขนาด $1 \times n$ เมื่อ n คือ จำนวนชิ้นส่วนประกอบ

ชุดคำตอบของมด 1 ฝูง $S = \lfloor s_{1ij} \quad s_{2ij} \quad \ldots \quad s_{(n-1)ij} \quad s_{nij} \rfloor$

S คือ ชุดคำตอบของมดฝูงใดๆ

s_{ij} คือ คู่ค้าที่ถูกเลือกของแต่ละชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นกำหนดให้มดฝูงแรกในการค้นหา $NC = 0$ และจำนวนมด (a) ในหนึ่งฝูง พร้อมทั้งกำหนดให้ฟีโรโมนเริ่มต้น $\tau(0) = \tau_0$ และ อัตราการเพิ่มของฟีโรโมน $\Delta\tau = 0$

ขั้นตอนที่ 2 ให้มดทุกตัวของฝูงแรก หาคำตอบที่เป็นได้โดยใช้วิธีการสุ่ม รูปแบบของชุดคำตอบ s_{ij} กำหนดให้เป็นเวกเตอร์ขนาด $1 \times n$ และ กำหนดให้ a คือ จำนวนมดใน 1 ฝูง ดังนั้น รูปแบบคำตอบ S เป็นเมตริกซ์ขนาด $a \times n$

$$S = \begin{bmatrix} s_{1ij} \\ s_{2ij} \\ s_{3ij} \\ \vdots \\ s_{(a-2)ij} \\ s_{(a-1)ij} \\ s_{aij} \end{bmatrix} \tag{4.6}$$

หาขอบเขตต่ำสุดและสูงสุดของคำตอบที่เป็นได้

หาคำตอบที่เป็นไปได้ต่ำสุด เนื่องจากในแต่ละชิ้นส่วนประกอบจะมีจำนวนคู่ค้าที่มีความเป็นไปได้ที่จะถูกเลือกอย่างน้อย 1 คู่ค้า และ ชิ้นส่วนหลักต้องเป็นเกรด 1 ดังนั้น คำตอบที่เป็นไปได้ต่ำสุดเท่ากับ

$$S_{Lower} = \begin{bmatrix} m_1^{Min} & m_2^{Min} & \ldots & m_{n-1}^{Min} & m_n^{Min} \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

$$S_{Lower} = \begin{bmatrix} 3 & 3 & 2 & 3 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

m_i คือ พารามิเตอร์ของจำนวนคู่ค้าสำหรับชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ที่ i

หาคำตอบที่เป็นไปได้สูงสุดเป็นจำนวนของเทคโนโลยี (Technology) ที่ใช้ในการผลิตทั้งหมดที่มีอยู่ของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ (Component) ภายใต้เงื่อนไขราคาต้นทุนรวมที่กำหนด ดังนั้น คำตอบที่เป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ

$$S_{Upper} = \begin{bmatrix} m_1^{Max} & m_2^{Max} & \ldots & m_{n-1}^{Max} & m_n^{Max} \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

$$S_{Upper} = \begin{bmatrix} 6 & 3 & 3 & 4 & 5 & 4 & 4 & 3 & 4 & 3 & 3 & 3 & 3 & 4 & 3 \end{bmatrix}$$

ตารางฟีโรโมน (τ) เป็นเมตริกซ์ขนาด $n \times m_n^{Max}$ นั่นคือ ผลคูณระหว่างจำนวนชิ้นส่วนประกอบกับค่าสูงสุดของจำนวนคู่ค้าสูงสุด
เมื่อ m_n^{Max} คือ จำนวนคู่ค้าสูงสุด

$$\tau(0)=\begin{bmatrix}0&0&1&1&1&1&0&0\\0&0&1&0&0&0&0&0\\0&1&1&0&0&0&0&0\\0&0&1&1&0&0&0&0\\1&1&1&1&1&0&0&0\\0&1&1&1&0&0&0&0\\1&1&1&1&0&0&0&0\\1&1&1&0&0&0&0&0\\1&1&1&1&0&0&0&0\\1&1&1&0&0&0&0&0\\1&1&1&0&0&0&0&0\\1&1&1&0&0&0&0&0\\1&1&1&0&0&0&0&0\\1&1&1&1&0&0&0&0\\1&1&1&0&0&0&0&0\end{bmatrix} \quad (4.8)$$

กำหนดอัตราการเพิ่มของฟีโรโมน ($\Delta\tau_{ij}$) เป็นเมตริกซ์ขนาด $n\times m_n^{Max}$

$$\Delta\tau_{ij}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\end{bmatrix} \quad (4.9)$$

ความน่าจะเป็น (Probability) ของแต่ละคู่ค้าที่จะถูกเลือก หาได้จากสมการที่ 2.1

$$p_{ij}^{k}(t) = \frac{\left[\tau_{ij}(t)\right]^{\alpha}\left[\eta_{ij}(t)\right]^{\beta}}{\sum_{k=1}^{a}\left[\tau_{ia}(t)\right]^{\alpha}\left[\eta_{ia}(t)\right]^{\beta}} \tag{2.1}$$

เมื่อ $\eta_{ij} = \dfrac{Y_{ij}}{C_{ij}}$

$$\eta_{ij} = \begin{bmatrix}
0.2450 & 0.2192 & 0.2144 & 0.2124 & 0.2096 & 0.2089 & 0 & 0 \\
0.2407 & 0.2261 & 0.2064 & 0.1866 & 0.1852 & 0.1835 & 0.1814 & 0.1806 \\
0.1382 & 0.1375 & 0.1349 & 0.1289 & 0.1271 & 0 & 0 & 0 \\
0.1221 & 0.1146 & 0.1131 & 0.1119 & 0.1047 & 0.1041 & 0.1010 & 0 \\
2.7998 & 2.3011 & 2.2327 & 2.0221 & 1.9491 & 0 & 0 & 0 \\
1.3485 & 1.3274 & 0.1131 & 1.2809 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
6.2786 & 6.0163 & 4.5484 & 3.4057 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
9.9570 & 6.6593 & 6.2494 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
4.0633 & 3.7117 & 3.1451 & 2.8527 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
7.1307 & 5.2625 & 4.9999 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
4.9850 & 4.1621 & 4.0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
24.7850 & 19.9980 & 18.8660 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
5.3011 & 4.4257 & 3.9227 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
4.1959 & 3.1939 & 2.6436 & 2.5514 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0.9157 & 0.8811 & 0.8837 & 0.7028 & 0 & 0 & 0 & 0
\end{bmatrix} \tag{4.10}$$

โดยที่ $\alpha = 1,\ \beta = 0.8$ จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความน่าจะเป็นดังนี้

$$p_{ij}^{k}(t)=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 25 & 25 & 25 & 25 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 100 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 50 & 50 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 50 & 50 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 24 & 20 & 20 & 18 & 18 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 33 & 33 & 34 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 30 & 29 & 22 & 19 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 40 & 31 & 29 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 29 & 27 & 24 & 20 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 40 & 30 & 30 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 37 & 33 & 30 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 38 & 32 & 30 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 38 & 32 & 30 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 30 & 26 & 22 & 22 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 33 & 33 & 34 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

ทำการเลือกคู่ค้าของแต่ละชิ้นส่วนประกอบตามค่าเปอร์เซ็นต์ความน่าจะเป็นที่ได้จากสมการที่ (2.1) พร้อมทั้งคำนวณค่าฟังก์ชันราคาต้นทุนและค่าอัตราผลผลิตได้

ตัวอย่าง สมมติให้มด 1 ฝูงมี 10 ตัว ในการคัดเลือกคู่ค้าที่เหมาะสมของชิ้นส่วนประกอบจำนวน 15 ชิ้น โดยมีค่าอัตราผลผลิตสูงสุด ภายใต้เงื่อนไขราคาต้นทุน 29 $ โดยใช้ความน่าจะเป็นของแต่ละคู่ค้าที่จะถูกเลือก สมการที่ 4.11

$$NC_1=\begin{bmatrix} 3 & 3 & 2 & 3 & 1 & 2 & 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 3 & 1 & 3 \\ 3 & 3 & 2 & 3 & 1 & 3 & 1 & 1 & 3 & 1 & 3 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 3 & 3 & 2 & 3 & 1 & 4 & 1 & 3 & 1 & 2 & 1 & 3 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 2 & 3 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 3 & 1 & 2 & 1 \\ 4 & 3 & 2 & 3 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 2 \\ 3 & 3 & 2 & 4 & 1 & 3 & 2 & 1 & 3 & 1 & 1 & 3 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 2 & 3 & 1 & 3 & 1 & 1 & 2 & 2 & 3 & 2 & 1 & 2 & 1 \\ 3 & 3 & 2 & 3 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 3 & 1 \\ 3 & 3 & 2 & 3 & 1 & 4 & 2 & 3 & 2 & 2 & 1 & 3 & 1 & 1 & 2 \\ 4 & 3 & 2 & 3 & 2 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 3 & 1 & 1 & 1 & 3 \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

มด 1 ตัวจะต้องเลือกคู่ค้าที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนประกอบ (15 ชิ้นส่วน) และมดทุกตัวจะต้องทำกระบวนการนี้ จากนั้นหาค่าราคาต้นทุนและค่าความอัตราผลผลิตได้ของชุดคำตอบที่มดแต่ละตัวเลือก โดยพิจารณาจากค่าอัตราผลผลิตถือสูงสุด ภายใต้เงื่อนไขราคาต้นทุนรวมของชิ้นส่วนต้องต่ำกว่าค่างบประมาณที่กำหนด 29 \$ ดังนั้นค่าความอัตราผลผลิตรวมที่ได้ของมดแต่ละตัวจะได้

$$F(Y)=\begin{bmatrix}0.8829\\0.8780\\0.8780\\0.9067\\0.8744\\0.8744\\0.9070\\0.9063\\0.8868\\0.8809\end{bmatrix} \tag{4.13}$$

และราคาต้นทุนรวมต้องต่ำกว่าค่าความอัตราผลผลิตได้ที่กำหนด 29 \$ นั่นคือ

$$F(C_T)=\begin{bmatrix}28.9951\\28.9438\\28.9120\\28.9627\\28.8966\\28.9757\\28.9840\\28.9615\\28.9948\\28.9963\end{bmatrix} \tag{4.14}$$

ดังนั้นจะได้

$Y_{best} = Y(7) = 0.9070$ ซึ่งมีราคาต้นทุนรวม $C(x) = C(7) = 28.9840$

และคำตอบที่ได้จากการคัดเลือกคู่ค้าที่เหมาะสมของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ จะได้

$S_{best} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 3 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 2 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 1]$

ซึ่งหมายถึง ชิ้นส่วนประกอบที่ 1 ได้แก่คู่ค้าที่ 3, ชิ้นส่วนประกอบที่ 2 ได้แก่คู่ค้าที่ 3, ชิ้นส่วนประกอบที่ 3 ได้แก่คู่ค้าที่ 2 เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 3 หาอัตราการเพิ่มของฟีโรโมน $\Delta\tau_{ij}$ ของแต่ละคู่ค้าในแต่ละเส้นทาง พร้อมทั้งปรับปรุงค่าฟีโรโมน τ ของแต่ละเส้นทาง ได้จากสมการที่ 2.2

$$\tau_{ij}(t) = (1-\rho)\cdot\tau_{ij}(t-1) + \Delta\tau_{ij} \tag{2.2}$$

กำหนดให้อัตราการระเหยของฟีโรโมนเท่ากับ $(1-\rho)$ และ ρ มีค่าเท่ากับ 0.05 นั่นคือ ใน 1 รอบของการค้นหาฟีโรโมนจะระเหยไป 5% และ $\Delta\tau_{ij}$ คือ ปริมาณฟีโรโมนที่เกิดขึ้นในเส้นทางที่มดเดินในรอบนั้น จากคำตอบที่ได้จากตัวอย่างของขั้นตอนที่ 2 เราสามารถนำมาหาค่า $\Delta\tau_{ij}$ ได้ และปรับปรุงตารางฟีโรโมนได้จากสมการข้างต้น

$$\Delta\tau_{ij} = \begin{bmatrix} 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0 \end{bmatrix} \tag{4.15}$$

แทนค่าลงในสมการที่ 2.2 จะได้

$$\tau_{ij}(new) = (1-0.05)\begin{bmatrix} 0&0&1&1&1&1&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&1&1&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&1&0&0&0&0\\ 1&1&1&1&1&0&0&0\\ 0&1&1&1&0&0&0&0\\ 1&1&1&1&0&0&0&0\\ 1&1&1&0&0&0&0&0\\ 1&1&1&1&0&0&0&0\\ 1&1&1&0&0&0&0&0\\ 1&1&1&0&0&0&0&0\\ 1&1&1&0&0&0&0&0\\ 1&1&1&0&0&0&0&0\\ 1&1&1&1&0&0&0&0\\ 1&1&1&0&0&0&0&0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0 \end{bmatrix} \quad (4.16)$$

$$\tau_{ij}(new) = 0.95\begin{bmatrix} 0&0&1&1&1&1&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&1&1&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&1&0&0&0&0\\ 1&1&1&1&1&0&0&0\\ 0&1&1&1&0&0&0&0\\ 1&1&1&1&0&0&0&0\\ 1&1&1&0&0&0&0&0\\ 1&1&1&1&0&0&0&0\\ 1&1&1&0&0&0&0&0\\ 1&1&1&0&0&0&0&0\\ 1&1&1&0&0&0&0&0\\ 1&1&1&0&0&0&0&0\\ 1&1&1&1&0&0&0&0\\ 1&1&1&0&0&0&0&0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0 \end{bmatrix} \quad (4.17)$$

$$\tau_{ij}(new) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1.95 & 0.95 & 0.95 & 0.95 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.95 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.95 & 0.95 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.95 & 0.95 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.95 & 0.95 & 0.95 & 0.95 & 0.95 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.95 & 1.95 & 0.95 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.95 & 0.95 & 0.95 & 0.95 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.95 & 0.95 & 0.95 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.95 & 1.95 & 0.95 & 0.95 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.95 & 1.95 & 0.95 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.95 & 0.95 & 1.95 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.95 & 1.95 & 0.95 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.95 & 0.95 & 0.95 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.95 & 1.95 & 0.95 & 0.95 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.95 & 0.95 & 0.95 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{4.18}$$

จากนั้นหาค่าเปอร์เซ็นต์ความน่าจะเป็นในการเลือกคู่ค้าของแต่ละชิ้นส่วนประกอบในรอบถัดไปได้จากสมการที่ 2.1

$$\text{Probability} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 40 & 20 & 20 & 20 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 100 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 68 & 32 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 68 & 32 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 40 & 15 & 15 & 15 & 15 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 25 & 50 & 25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 45 & 23 & 18 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 60 & 20 & 20 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 23 & 43 & 17 & 17 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 30 & 48 & 22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 28 & 24 & 48 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 29 & 49 & 22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 56 & 22 & 22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 24 & 42 & 17 & 17 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 50 & 25 & 25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{4.19}$$

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดให้จำนวนรอบในการค้นหา $NC = NC + 1$ หรือสุ่มคำตอบโดยมดฝูงถัดไป และหาอัตราการเพิ่มของฟีโรโมน $\Delta\tau_{ij} = 0$ เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นของค่าเหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 5 หาความน่าจะเป็นในการเลือกของแต่ละเส้นทางโดยใช้สมการที่ (2.1)

ขั้นตอนที่ 6 ให้มดทุกตัวของฝูงค้นหาหาคำตอบที่เป็นได้โดยใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกเส้นทางที่ได้จากสมการที่ (2.1) พร้อมทั้งคำนวณค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสมของแต่ละคำตอบ และเลือกคำตอบที่มีค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสมดีที่สุด เป็นคำตอบที่ดีที่สุด $s_{k\_best}(NC)$

ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบว่า ถ้า $f(s_{k\_best}(NC)) < f(s_{k\_best}(NC-1))$ กำหนดให้ $s_{best}(NC) = s_{k\_best}(NC)$ และค้นหาคำตอบใหม่ใน $NC + 1$

ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด ถ้าไม่ถึงเงื่อนไขการหยุดให้ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2

มีวิธีหลายวิธีที่จะถูกนำมาใช้กำหนดสภาวะในการหยุดดำเนินการค้นหา ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ จะกำหนดเงื่อนไขการหยุดการค้นหาจากสภาวะใดสภาวะหนึ่งข้างล่างนี้

- ครบตามเวลาที่กำหนดให้ใช้ในการค้นหา
- ค่าที่ดีที่สุดที่หาได้นั้นเท่ากับค่าเหมาะสม (Optimum) ในกรณีที่ทราบค่าเหมาะสม (Optimum) แล้ว

ดังนั้น คำตอบที่ได้จากการคัดเลือกคู่ค้าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ คือ

$S_{Optimum} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 3]$

$Y_{optimum} = 0.919125$ ซึ่งมีราคาต้นทุนรวม $C(x) = 28.9999$ \$

จากขั้นตอนการทำงานของวิธีการฝูงมดในข้างต้น สามารถเขียนเป็น Pseudo Code ได้ ดังนี้

Step 1 Initialization

Set $NC = 0$ /* NC : cycle counter */

Set value of a /* a : number of ant of colony */

For every combination (i,j)

Set $\tau_{ij}(0) = \tau_0$ and $\Delta\tau_{ij} = 0$

End

Step 2 Construct feasible solutions

For k=1 to m /* m: number of ants or solutions */

For i=1 to n /* n: number of components */

Choose a supplier of connection with transition probability given by Eq.(4)

End

Calculate cost C_k /* C_k: total cost for each ant */

Calculate yield Y_k /* Y_k: total yield for each ant */

End

Update the best solution Y*

Step 3-6 Global updating rule

For every combination (i,j)

For k=1 to m

Find $\Delta\tau_{ij}^{k}$ according to Eq.(2.1)

End

Update $\Delta\tau_{ij}$ according to Eq.(2.2)

End

Update the trail values according to Eq.(2.2)

Update the transition probability according to Eq.(2.1)

Step 7 Next search

If $f(s_{k\_best}(NC)) < f(s_{k\_best}(NC-1))$ Then

$s_{best}(NC) = s_{k\_best}(NC)$

End

Set NC = NC+1

For every combination (i,j)

$\Delta\tau_{ij} = 0$

End

Set NC = NC+1

For every combination (i,j)

$\Delta\tau_{ij} = 0$

End

Step 8 Termination

If (NC < NC_{max})

Then

Goto step 2

Else

Print the best feasible solution

Stop

End

End

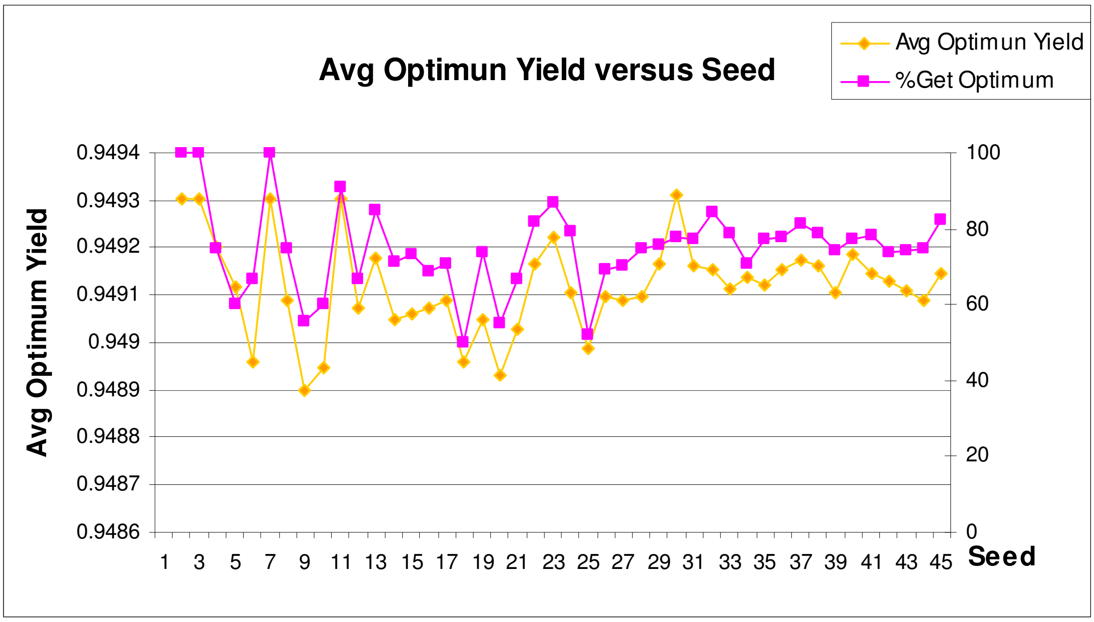
4.2.2 **กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับอัลกอริทึมและระเบียบวิธีฝูงมด**

การแก้ปัญหาการคัดเลือกคู่ค้าที่เหมาะสมของชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ มีขั้นตอนการทำงานในลักษณะเช่นเดียวกับผลงานที่อ้างอิงในข้างต้น ดังนั้นจึงสามารถอธิบายขั้นตอนการค้นหาคำตอบของวิธีฝูงมดจากตัวอย่างในข้างต้น และนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการคัดเลือกชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ที่เหมาะสมนี้ได้เช่นเดียวกัน โดยอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณจากผลงานวิจัยข้างต้นในเบื้องต้น แล้วนำมาปรับและค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับกระบวนการค้นหาคำตอบของปัญหาในงานวิจัยนี้ ซึ่งอธิบายการกำหนดค่าพารามิเตอร์ (Parameter Setting) ได้ดังต่อไปนี้

4.2.2.1 **ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดในอัลกอริทึม**

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดในอัลกอริทึม ซึ่งได้แก่ จำนวนครั้งในการทดสอบ (Seed) เวลาในการหยุดค้นหา (Terminate Time) ในที่นี้ได้ทำกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์อื่นๆ คงที่ดังนี้

จากข้อมูลดังที่ได้อ้างอิงในหัวข้อ 4.2 จะได้ว่า α =1, β =0.8 , ρ =0.01 โดยจำนวนมด 10 ตัวหรือ (10 ชุดคำตอบ) และเวลาในการหยุดค้นหา 45 วินาที เพื่อหาค่าจำนวนครั้งในการทดสอบ (Seed) ที่เหมาะสม ดังแสดงข้อมูลในภาพที่ 4.2

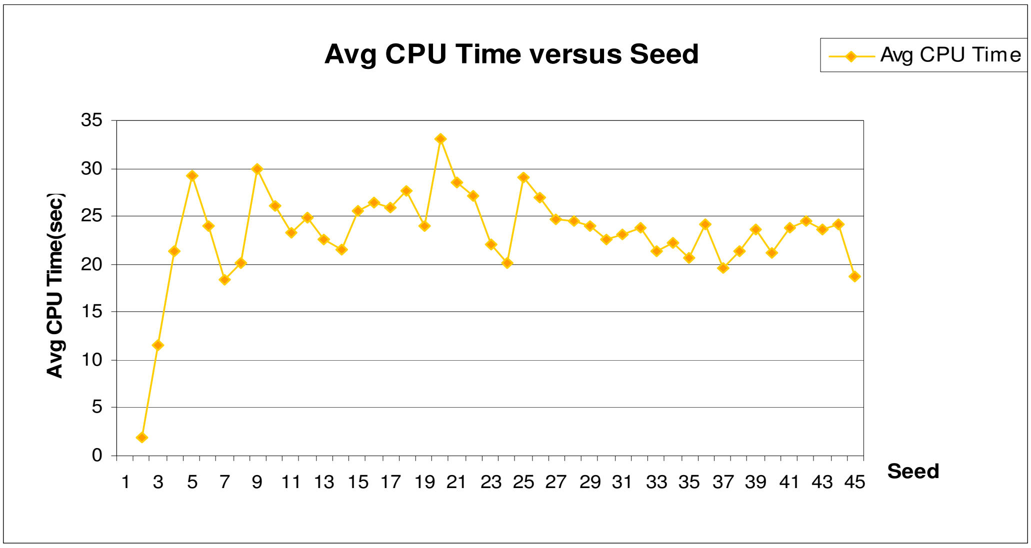


ภาพที่ 4.2

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ (Seed) และค่าอัตราผลผลิตเฉลี่ย (Yield)

จากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าในช่วงรอบการทดสอบตั้งแต่รอบที่ 30 เป็นต้นไป ข้อมูลเริ่มมีความแปรปรวนลดลง ดังนั้น จำนวนรอบที่เหมาะสมที่จะทำให้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่ได้เที่ยงตรง ควรมากกว่าหรือเท่ากับ 30 รอบ

นอกจากนี้ ในการทดสอบแต่ละรอบจะได้ค่า Computation Time ในแต่ละรอบแตกต่างกันไปดังแสดงในภาพที่ 4.3 ซึ่งพิจารณาค่าเฉลี่ยตั้งแต่รอบการทดสอบที่ 30-45 เท่ากับ 22.37 โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด คือ รอบที่ 30 = 28.84 และรอบที่ 45 = 18.67 ตามลำดับ ดังนั้น การกำหนดค่าเวลาในการทดสอบที่เหมาะสม ควรมากกว่าหรือเท่ากับ 30 วินาที



ภาพที่ 4.3

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการทดสอบ (Computation Time) และจำนวนรอบ (Seed)

4.2.2.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในระเบียบวิธีฝูงมด

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในระเบียบวิธีฝูงมด ซึ่งได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ α , β ในสมการที่ 2.1 และ ค่าการระเหยของฟีโรโมน (ρ) ในสมการที่ 2.1 และ 2.2

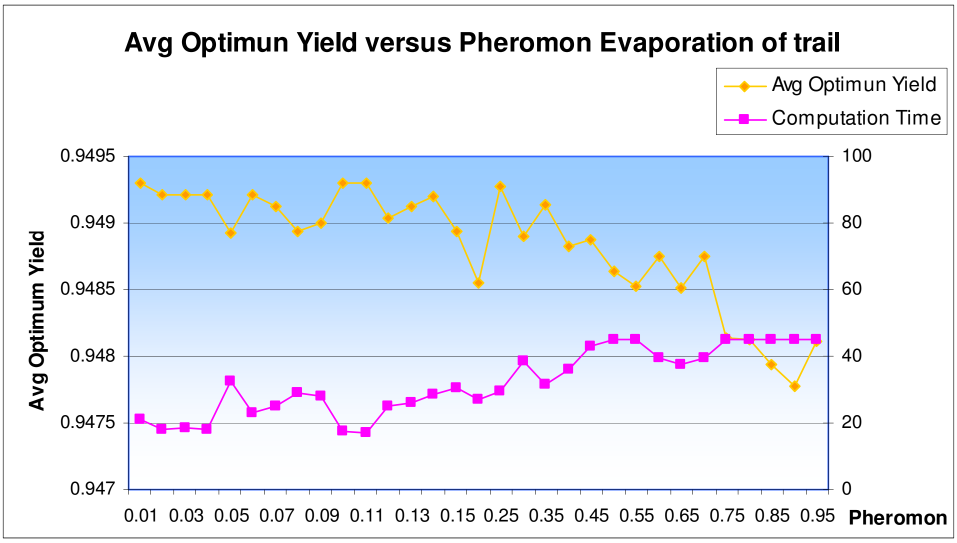
จากหัวข้อ 4.3.2.1 กำหนดให้ค่าจำนวนรอบในการทดสอบและเวลาในการหยุดค้นหา คือ มากกว่าหรือเท่ากับ 30 รอบและ 30 วินาที ตามลำดับ ผู้วิจัยได้เริ่มต้นจากการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ α และ β ในสมการที่ 2.1 ในช่วง 0.1-4 ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าอัตราผลผลิตสูงที่สุดในช่วง α = 0.1 และ β =0.8

ตารางที่ 4.3

ค่าอัตราผลผลิตเฉลี่ยที่ค่า α , β ในช่วง 0.1-4

Yields							
alpha/beta	**0.1**	**0.5**	**0.8**	**1**	**2**	**3**	**4**
0.1	0.945946	0.945265	0.946349	0.944835	0.944584	0.943684	0.942143
0.5	0.949047	0.948688	0.949008	0.948549	0.948248	0.947815	0.94661
0.8	0.949299	0.948937	0.949035	0.948654	0.948654	0.948531	0.948281
1	0.94913	0.949142	0.94913	0.948941	0.948662	0.948635	0.947848
2	0.948332	0.948673	0.948803	0.948248	0.948241	0.946617	0.94657
3	0.948024	0.948024	0.947965	0.947736	0.947435	0.945977	0.945394
4	0.948083	0.947702	0.947282	0.947051	0.946659	0.945939	0.94408

หลังจากที่ได้ค่า α = 0.1 และ β = 0.8 สามารถนำค่าที่ได้นี้ไปใช้อ้างอิง เพื่อหาค่าการระเหยของฟีโรโมน (ρ) ที่เหมาะสม จากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า ที่ระดับอัตราการระเหยของฟีโรโมนต่างๆ กัน จะได้ค่าอัตราผลผลิตที่เหมาะสม โดยใช้เวลาในการค้นหาต่างๆ กัน ในที่นี้เราต้องการให้ค่าอัตราผลผลิตที่เหมาะสมมีค่าสูงที่สุด โดยใช้เวลาในการค้นหาสั้นที่สุด ดังนั้น ค่าระเหยของฟีโรโมน (ρ) ที่เหมาะ คือ ช่วง 0.01 - 0.12



ภาพที่ 4.4

กราฟอัตราผลผลิตและเวลาในการค้นหาเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบที่ระดับฟีโรโมนต่าง ๆ กัน

จากการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีฝูงมดในข้างต้น สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้ ได้ดังนี้ จำนวนครั้งในการทดสอบ (Seed) 30 รอบ เวลาในการหยุดค้นหา (Terminate Time) 45 วินาที α = 0.1 β =0.8 และ ρ = 0.01

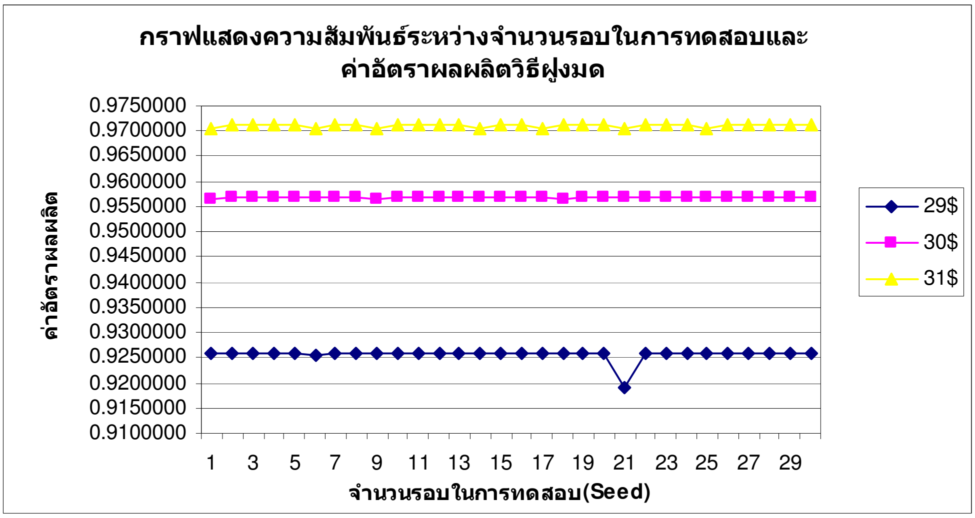
จากการศึกษาพบว่า การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการค้นหาคำตอบของแต่ละปัญหา มีค่าที่แตกต่างกันไปขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ขนาดของปัญหาหรือ Search ฆpace สมการวัตถุประสงค์ เงื่อนไข ตำแหน่งของค่าเหมาะสม และความซับซ้อนของอัลกอริทึม เป็นต้น ดังนั้น การกำหนดพารามิเตอร์สำหรับแต่ละอัลกอริทึมของแต่ละปัญหาและอัลกอริทึม จึงมีค่าที่แตกต่างกันไป ซึ่งควรจะเลือกใช้ค่าที่สามารถค้นหาค่าเหมาะสมได้อย่างแม่นยำในปัญหานั้นๆ

ผลการทดสอบที่ค่างบประมาณ 29$ 30$ และ 31$ แสดงดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.4

ผลการหาค่าเหมาะสมโดยวิธีฝูงมดที่ค่างบประมาณ 29$ 30$ 31$

Budget($)	Algorithm	Max Yield	Average Yield	Min Yield	Standard Deviation	CPU time(S)	% get optimal
31	ACO	0.9712223	0.9710408	0.9703511	0.0003355	28.68	76.67
30	ACO	0.9570433	0.9569781	0.9564250	0.0001633	23.58	83.33
29	ACO	0.9260068	0.9257620	0.9191254	0.0012563	20.18	93.33



ภาพที่ 4.5

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบและค่าอัตราผลผลิตวิธีฝูงมด

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าที่เมื่องบประมาณเปลี่ยน ส่งผลให้คำตอบเหมาะสมของปัญหาเปลี่ยนแปลงด้วย นั่นคือ ค่าอัตราผลผลิตเฉลี่ย 0.9257 0.9569 และ 0.9710 โดยที่มีค่าความเบี่ยงเบนของการค้นหาคำตอบจากมากไปน้อยได้แก่ งบประมาณ 29$ 31$ และ 30$ ตามลำดับ นั่นคือ 0.0012563 0.0003355 และ 0.0001633 เนื่องจากเมื่อถูกจำกัดด้วยเงื่อนไขผลการประเมินคู่ค้าขนาดของปัญหา (Search Space) ของแต่ละงบประมาณ ได้แก่ 11.19 x 10^6 44.79 x 10^7 และ 44.79 x 10^7 ตามลำดับ จะพบว่าที่ค่า 30$ และ 31$ มีขนาดของปัญหาที่เท่ากัน ขณะที่ตำแหน่งค่าเหมาะสมนั้นต่างกัน นั่นคือ ที่ตำแหน่ง 31$ มีค่าอัตราผลผลิตที่เหมาะสมสูงกว่าภายใต้งบประมาณจำกัดที่สูงกว่า 30$ ทำให้การหาค่านั่นทำได้ยากกว่า หาก

อัลกอริทึมยังไม่มีความเสียรเพียงพอ ส่วนค่าความแม่นยำในการค้นหา คือ 93.33% , 83.33% และ 76.67% จากการค้นหา 30 รอบ ขณะที่ใช้เวลาในการค้นหา นั่นคือ 20.18 23.58 และ 28.68 วินาที สำหรับค่างบประมาณ 29$ 30$ และ 31$ ตามลำดับ จากค่าเปอร์เซ็นความแม่นยำและเวลาที่ใช้ในการค้นหาคำตอบ แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมของวิธีฝูงมดนั้นยังไม่มีความเสถียรมากนักเมื่อถูกเปลี่ยนเงื่อนไข

จากภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ 30 รอบและค่าอัตราผลผลิตวิธีฝูงมดที่งบประมาณ 29$ 30$ และ 31$ จะเห็นได้ว่า ที่ค่างบประมาณสูง จะมีการแกว่งตัวของคำตอบหรือการเบี่ยงเบนที่น้อยกว่างบประมาณต่ำ