ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตัวอย่างขั้นตอนการทำงานของวิธีการ ABC สำหรับการออกแบบการจัดเรียงเครื่องจักร

ตัวอย่างขั้นตอนการทำงานของวิธีการ ABC สำหรับการออกแบบการจัดเรียงเครื่องจักร โดยอ้างอิงตามผังลำดับการทำงานหน้า 40 นอกจากนี้กำหนดให้ใช้วิธีการปรับปรุงแบบ SO ใช้กลยุทธ์ในการเลือกคำตอบแบบ RWS และใช้รูปแบบวิธีการ Original ABC โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตาราง 55 แสดงตัวอย่างข้อมูลปัญหาของวิธีการ ABC สำหรับการออกแบบการจัดเรียงเครื่องจักร

Data			Parameter	
Machines (Width, Length)	Product	sequence	Number of Bees*Number of Cycles	Number of Limits
1(2.5, 3.2) 2(1.3, 2.2) 3(0.8, 3.0) 4(3.0, 1.2) 5(3.5, 2.5)	Part no. 1 Part no. 2	M3 - M4 – M1 – M5 M1 - M3 – M2	3*2	50%

รอบการหาคำตอบที่ 1

1. Initialization Phase

1.1 สร้างแหล่งอาหารเริ่มต้นตามจำนวนประชากรผึ้งที่กำหนดโดยวิธีการสุ่ม

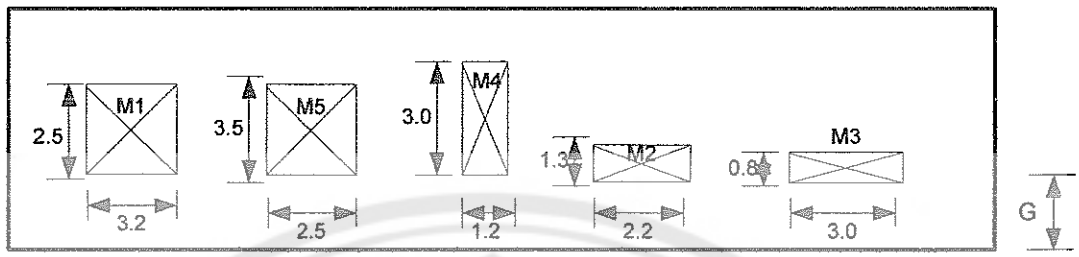
1.1.1 แหล่งอาหารของผึ้งตัวที่ 1 (X_{i1}) = {M1, M5, M4, M2, M3}

1.1.2 แหล่งอาหารของผึ้งตัวที่ 2 (X_{i2}) = {M3, M4, M1, M5, M2}

1.1.3 แหล่งอาหารของผึ้งตัวที่ 3 (X_{i3}) = {M2, M1, M4, M3, M5}

1.2 คำนวณปริมาณน้ำหวานของแหล่งอาหารของผึ้งแต่ละตัว

จัดเรียงเครื่องจักรทั้งหมดของผึ้งแต่ละตัว และคำนวณปริมาณน้ำหวานของแหล่งอาหารของผึ้งแต่ละตัว ดังภาพ 72 ซึ่งแสดงการจัดเรียงเครื่องจักรและคำนวณปริมาณน้ำหวานของผึ้งตัวที่ 1 จากนั้นคำนวณค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารของผึ้งแต่ละตัวโดยใช้สมการ (1) ในหน้า 19



(M_i, M_j)	x_i	x_j	$\lvert x_i - x_j \rvert$	$\left(\frac{w_i}{2} + \frac{w_j}{2}\right)$	G	Distance
Product 1 ใช้เครื่องจักร M3 - M4 – M1 – M5						
M3, M4	14.85	9.3	5.55	1.9	1	8.45
M4, M1	9.3	2.6	6.7	2.75	1	10.45
M1, M5	2.6	6.45	3.85	3	1	7.85
						26.75
Product 2 ใช้เครื่องจักร M1 - M3 – M2						
M1, M3	2.6	14.85	12.25	1.65	1	14.9
M3, M2	14.85	12	2.85	1.05	1	4.9
						19.8
					Total Distance	46.55

ภาพ 72 แสดงตัวอย่างการจัดเรียงเครื่องจักรและคำนวณปริมาณน้ำหวานของผึ้งตัวที่ 1

1.2.1 แหล่งอาหารของผึ้งตัวที่ 1 (X_{i1}) มีปริมาณน้ำหวาน = 46.55 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.04

1.2.2 แหล่งอาหารของผึ้งตัวที่ 2 (X_{i2}) มีปริมาณน้ำหวาน = 40 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.05

1.2.3 แหล่งอาหารของผึ้งตัวที่ 3 (X_{i3}) มีปริมาณน้ำหวาน = 61 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.01

2. Employed Bees Phase

2.1 สร้างแหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งงาน

ผึ้งงานจะสร้างแหล่งอาหารใหม่จากแหล่งอาหารข้างเคียง (Neighborhood) โดยเกิดขึ้นเมื่อผึ้งงานบินไปหาแหล่งอาหารในขณะเดียวกันก็ทำการมองแหล่งอาหารข้างเคียงในบริเวณนั้นด้วย โดยแหล่งอาหารข้างเคียงนั้นใช้หลักการสุ่มตำแหน่งของแหล่งอาหารของผึ้งแต่ละตัวขึ้นมา 1 ตำแหน่งซึ่งต้องไม่ใช่ตำแหน่งแรก เพื่อนำตำแหน่งนั้นไปแทรกไว้ ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหาร (Shift)

2.1.1 แหล่งอาหารข้างเคียงของผึ้งงานตัวที่ 1 (X_{k1}) = {M4, M1, M5, M2, M3} ซึ่งเกิดจากการนำตำแหน่งที่ 2 ไปแทรก ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหารเริ่มต้นที่ 1 (X_{i1})

2.1.2 แหล่งอาหารข้างเคียงของผึ้งตัวงานที่ 2 (X_{k2}) = {M5, M3, M4, M1, M2} ซึ่งเกิดจากการนำตำแหน่งที่ 3 ไปแทรก ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหารเริ่มต้นที่ 2 (X_{i2})

2.1.3 แหล่งอาหารข้างเคียงของผึ้งงานตัวที่ 3 (X_{k3}) = {M5, M2, M1, M4, M3} ซึ่งเกิดจากการนำตำแหน่งที่ 4 ไปแทรก ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหารเริ่มต้นที่ 3 (X_{i3})

หลังจากนั้นผึ้งงานจะทำการสร้างแหล่งอาหารใหม่ (V_i) โดยใช้สมการ (3) ในหน้า 20 ซึ่ง $\phi(X_i - X_k)$ คือระยะทางระหว่างแหล่งอาหารเริ่มต้นและแหล่งอาหารข้างเคียง $(X_i - X_k)$ คือคู่อันดับทั้งหมดของการ Swap ส่วน ϕ คือค่าที่มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งเมื่อคูณกับจำนวนคู่อันดับทั้งหมด จะได้ค่าคงที่ที่เป็นตัวกำหนดว่าจะใช้คู่อันดับกี่คู่ในการ Swap

2.1.4 แหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งงานตัวที่ 1 (V_{i1}) = {M1, M4, M5, M2, M3} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งเพื่อเปลี่ยน X_{i1} เป็น X_{k1} โดยใช้คู่อันดับ (0, 1), (1, 2) และ (2, 1)

2.1.5 แหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งงานตัวที่ 2 (V_{i2}) = {M3, M5, M4, M1, M2} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งเพื่อเปลี่ยน X_{i2} เป็น X_{k2} โดยคู่อันดับ (0, 1)

2.1.6 แหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งงานตัวที่ (V_{i3}) = {M2, M5, M1, M4, M3} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งเพื่อเปลี่ยน X_{i3} เป็น X_{k3} โดยคู่อันดับ (0, 1)

2.2 คำนวณปริมาณน้ำหวานของแหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งงาน

การคำนวณปริมาณน้ำหวานของแหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งงานมีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกับข้อ 1.2 ในระยะเริ่มต้นการทำงาน

2.2.1 แหล่งอาหารใหม่ของผึ้งงานตัวที่ 1 (V_{i1}) มีปริมาณน้ำหวาน = 35 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.06

2.2.2 แหล่งอาหารใหม่ของผึ้งงานตัวที่ 2 (V_{i2}) มีปริมาณน้ำหวาน = 56 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.03

2.2.3 แหล่งอาหารใหม่ของผึ้งงานตัวที่ 3 (V_{i3}) มีปริมาณน้ำหวาน = 50 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.04

2.3 การเลือกแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดสำหรับผึ้งงาน (Apply Greedy Selection)

ผึ้งงานจะเลือกแหล่งอาหารโดยพิจารณาที่ค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารระหว่างแหล่งอาหารเริ่มต้น (X_i) หรือแหล่งอาหารใหม่ (V_i) ที่มากกว่ากัน โดยเปรียบเทียบแหล่งอาหารทีละคู่

2.3.1 แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดของผึ้งงานตัวที่ 1 = {M1, M4, M5, M2, M3} ซึ่งเป็นแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งงานตัวที่ 1 (V_{i1}) มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.06 ซึ่งมากกว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารเริ่มต้นที่ 1 (X_{i1})

2.3.2 แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดของผึ้งงานตัวที่ 2 = {M3, M4, M1, M5, M2} ซึ่งเป็นแหล่งอาหารเริ่มต้นที่ 2 (X_{i2}) มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.05 ซึ่งมากกว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งงานตัวที่ 2 (V_{i2})

2.3.3 แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดของผึ้งงานตัวที่ 3 = {M2, M5, M1, M4, M3} ซึ่งเป็นแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งงานตัวที่ 3 (V_{i3}) มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.04 ซึ่งมากกว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารเริ่มต้นที่ 3 (X_{i3})

3. Onlooker Bees Phase

3.1 คำนวณค่าความน่าจะเป็นของแหล่งอาหารที่ได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงาน

ผึ้งสังเกตการณ์จะนำแหล่งอาหารที่ตนได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงานมาคำนวณค่าความน่าจะเป็นโดยใช้สมการ (4) ในหน้า 21

3.1.1 แหล่งอาหาร {M1, M4, M5, M2, M3} ของผึ้งงานตัวที่ 1 มีค่าความน่าจะเป็น = 0.5

3.1.2 แหล่งอาหาร {M3, M4, M1, M5, M2} ของผึ้งงานตัวที่ 2 มีค่าความน่าจะเป็น = 0.2

3.1.3 แหล่งอาหาร {M2, M5, M1, M4, M3} ของผึ้งงานตัวที่ 3 มีค่าความน่าจะเป็น = 0.3

3.2 การเลือกแหล่งอาหารของผึ้งสังเกตการณ์ที่ได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงาน

ผึ้งสังเกตการณ์จะใช้วิธี RWS ในการเลือกดังที่ได้กล่าวไว้ในหน้า 51

3.2.1 แหล่งอาหารที่ผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 เลือก (X_{o1}) = {M2, M5, M1, M4, M3} ซึ่งเกิดจากการปั่นวงล้อโดยจุดมาร์กเกอร์หยุดที่ค่าความจะเป็น 0.3 ที่ผึ้งงานตัวที่ 3 เป็นเจ้าของ มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.04

3.2.2 แหล่งอาหารที่ผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 เลือก (X_{o2}) = {M1, M4, M5, M2, M3} ซึ่งเกิดจากการปั่นวงล้อโดยจุดมาร์กเกอร์หยุดที่ค่าความจะเป็น 0.5 ที่ผึ้งงานตัวที่ 1 เป็นเจ้าของ มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.06

3.2.3 แหล่งอาหารที่ผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 เลือก (X_{o3}) = {M3, M4, M1, M5, M2} ซึ่งเกิดจากการปั่นวงล้อโดยจุดมาร์กเกอร์หยุดที่ค่าความจะเป็น 0.2 ที่ผึ้งงานตัวที่ 2 เป็นเจ้าของ มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.05

3.3 สร้างแหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งสังเกตการณ์

ผึ้งสังเกตการณ์จะสร้างแหล่งอาหารใหม่จากแหล่งอาหารข้างเคียง (Neighborhood) โดยเกิดขึ้นเมื่อผึ้งสังเกตการณ์ทำการเลือกแหล่งอาหารในขณะเดียวกันก็ทำการมองแหล่งอาหารข้างเคียงในบริเวณนั้นด้วย โดยมีวิธีการสร้างแหล่งอาหารข้างเคียงเช่นเดียวกับข้อ 2.1 ในระยะการทำงานของผึ้งงาน

3.3.1 แหล่งอาหารข้างเคียงของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 (X_{k1}) = {M1, M2, M5, M4, M3} ซึ่งเกิดจากการนำตำแหน่งที่ 2 ไปแทรก ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหารที่ผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 เลือกจากผึ้งงาน (X_{o1})

3.3.2 แหล่งอาหารข้างเคียงของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 (X_{k2}) = {M3, M1, M4, M5, M2} ซึ่งเกิดจากการนำตำแหน่งที่ 4 ไปแทรก ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหารที่ผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 เลือกจากผึ้งงาน (X_{o2})

3.3.3 แหล่งอาหารข้างเคียงของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 (X_{k3}) = {M5, M3, M4, M1, M2} ซึ่งเกิดจากการนำตำแหน่งที่ 3 ไปแทรก ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหารที่ผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 เลือกจากผึ้งงาน (X_{o3})

หลังจากนั้นผึ้งสังเกตการณ์จะทำการสร้างแหล่งอาหารใหม่ (V_o) โดยใช้สมการ (5) ในหน้า 21 ซึ่ง $\phi(X_o - X_k)$ คือระยะทางระหว่างแหล่งอาหารที่ได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงานและแหล่งอาหารข้างเคียง ซึ่ง $(X_o - X_k)$ คือคู่อันดับทั้งหมดของการ Swap ส่วน ϕ คือ

ค่าที่มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งเมื่อคูณกับจำนวนคู่อันดับทั้งหมด จะได้ค่าคงที่ที่เป็นตัวกำหนดว่าจะใช้คู่อันดับกี่คู่ในการ Swap

3.3.4 แหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 (V_{o1}) = {M2, M1, M5, M4, M3} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งเพื่อเปลี่ยน X_{o1} เป็น X_{k1} โดยใช้คู่อันดับ (0, 1)

3.3.5 แหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 (V_{o2}) = {M1, M3, M4, M5, M2} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งเพื่อเปลี่ยน X_{o2} เป็น X_{k2} โดยใช้คู่อันดับ (0, 1)

3.3.6 แหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 (V_{o3}) = {M3, M5, M4, M1, M2} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งเพื่อเปลี่ยน X_{o1} เป็น X_{k1} โดยใช้คู่อันดับ (0, 1)

3.4 คำนวณปริมาณน้ำหวานของแหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งสังเกตการณ์

การคำนวณปริมาณน้ำหวานของแหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งสังเกตการณ์มีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกับข้อ 1.2 ในระยะเริ่มต้นการทำงาน

3.4.1 แหล่งอาหารใหม่ของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 (V_{o1}) มีปริมาณน้ำหวาน = 32 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.08

3.4.2 แหล่งอาหารใหม่ของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 (V_{o2}) มีปริมาณน้ำหวาน = 48 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.04

3.4.3 แหล่งอาหารใหม่ของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 (V_{o3}) มีปริมาณน้ำหวาน = 40 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.04

3.5 การเลือกแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดสำหรับผึ้งสังเกตการณ์ (Apply Greedy Selection)

ผึ้งสังเกตการณ์จะเลือกแหล่งอาหารโดยพิจารณาที่ค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารระหว่างแหล่งอาหารที่ได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงาน (X_o) หรือแหล่งอาหารใหม่ (V_o) ที่มากกว่ากัน โดยเปรียบเทียบแหล่งอาหารทีละคู่ โดยแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดที่ผึ้งสังเกตการณ์เลือก 1 ใน 3 ตัวนี้เองคือแหล่งอาหารที่ดีที่สุดในรอบการค้นหานี้ (Best Value)

3.5.1 แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 = {M2, M1, M5, M4, M3} ซึ่งเป็นแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 (V_{o1}) มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.08 ซึ่งมากกว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารที่ 1 ที่ได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงาน (X_{o1})

3.5.2 แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 = {M1, M4, M5, M2, M3} ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ 2 ที่ได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงาน (X_{o2}) มีค่าความ

เหมาะสมเท่ากับ 0.06 ซึ่งมากกว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 (V_{o2})

3.5.3 แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 = {M3, M5, M4, M1, M2} ซึ่งเป็นแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 (V_{o3}) มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.05 ซึ่งมากกว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารที่ 3 ที่ได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงาน (X_{o3})

ดังนั้นแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดในรอบการหาคำตอบที่ 1 (Best Value) คือ {M2, M1, M5, M4, M3} มีปริมาณน้ำหวานเท่ากับ 32 หน่วย และมีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.08

4. Scout Bees Phase

4.1 พิจารณาแหล่งอาหารของผึ้งที่ไม่มีการพัฒนาค่าความเหมาะสมและแทนที่ด้วยผึ้งสำรวจ

การพิจารณาแหล่งอาหารของผึ้งเพื่อทำการตัดทิ้งนั้น จะเกี่ยวข้องกับค่าพารามิเตอร์ Limit ในกรณีนี้กำหนดไว้เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนรอบในการหาคำตอบซึ่งเท่ากับ 2 รอบ ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ Limit = 1 นั่นเอง โดยจะทำการตรวจสอบจากค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดในข้อที่ 3.5 ของผึ้งทีละตัว หากแหล่งอาหารของผึ้งตัวใดมีค่าความเหมาะสมน้อยกว่าหรือเท่ากับรอบการค้นหาที่ผ่านมา จะนับ Limit Check เพิ่มไปทีละหนึ่งในรอบการค้นหาใดก็ตามที่ Limit Check มีค่าเท่ากับ Limit ที่กำหนดไว้ผึ้งที่เป็นเจ้าของแหล่งอาหารนั้นๆ จะกลายเป็นผึ้งสำรวจเพื่อทำการหาแหล่งอาหารใหม่โดยการสุ่ม ดังนั้นในรอบการหาคำตอบที่ 1 นั้น Limit Check ของแหล่งอาหารของผึ้งแต่ละตัวยังคงมีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่มีการแทนที่ผึ้งสำรวจ

5. Best So Far Solution Phase

5.1 พิจารณาแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดในรอบการค้นหาที่ผ่านมา

ในรอบการหาคำตอบที่ 1 นี้ แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุด (Best So Far Solution) คือ {M2, M1, M5, M4, M3} มีปริมาณน้ำหวานเท่ากับ 32 หน่วย และมีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.08

รอบการหาคำตอบที่ 2

1. Employed Bees Phase

1.1 สร้างแหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งงาน

ผึ้งงานจะนำแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดที่ได้จากข้อ 3.5 ในรอบการหาคำตอบที่ 1 นำมาหาแหล่งอาหารข้างเคียงต่อไป

1.1.1 แหล่งอาหารข้างเคียงของผึ้งงานตัวที่ 1 (X_{k1}) = {M5, M2, M1, M4, M3} ซึ่งเกิดจากการนำตำแหน่งที่ 2 ไปแทรก ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหารที่ 1 ที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุด

1.1.2 แหล่งอาหารข้างเคียงของผึ้งตัวงานที่ 2 (X_{k2}) = {M2, M1, M4, M5, M3} ซึ่งเกิดจากการนำตำแหน่งที่ 3 ไปแทรก ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหารที่ 2 ที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุด

1.1.3 แหล่งอาหารข้างเคียงของผึ้งงานตัวที่ 3 (X_{k3}) = {M2, M3, M5, M4, M1} ซึ่งเกิดจากการนำตำแหน่งที่ 4 ไปแทรก ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหารที่ 3 ที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุด

หลังจากนั้นผึ้งงานจะทำการสร้างแหล่งอาหารใหม่ (V_i) ซึ่งมีวิธีการสร้างเช่นเดียวกับข้อ 2.1 ในรอบการหาคำตอบที่ 1

1.1.4 แหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งงานตัวที่ 1 (V_{i1}) = {M5, M2, M1, M4, M3} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งเพื่อเปลี่ยน X_{i1} เป็น X_{k1} โดยใช้คู่อันดับ (0, 1)

1.1.5 แหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งงานตัวที่ 2 (V_{i2}) = {M1, M2, M4, M5, M3} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งเพื่อเปลี่ยน X_{i1} เป็น X_{k1} โดยใช้คู่อันดับ (0, 1)

1.1.6 แหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งงานตัวที่ (V_{i3}) = {M3, M2, M5, M4, M1} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งเพื่อเปลี่ยน X_{i1} เป็น X_{k1} โดยใช้คู่อันดับ (0, 1)

1.2 คำนวณปริมาณน้ำหวานของแหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งงาน

1.2.1 แหล่งอาหารใหม่ของผึ้งงานตัวที่ 1 (V_{i1}) มีปริมาณน้ำหวาน = 35 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.06

1.2.2 แหล่งอาหารใหม่ของผึ้งงานตัวที่ 2 (V_{i2}) มีปริมาณน้ำหวาน = 34 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.07

1.2.3 แหล่งอาหารใหม่ของผึ้งงานตัวที่ 3 (V_{i3}) มีปริมาณน้ำหวาน = 55 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.03

1.3 การเลือกจำแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดสำหรับผึ้งงาน

1.3.1 แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดของผึ้งงานตัวที่ 1 = {M2, M1, M5, M4, M3} ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ 1 ที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดในรอบการหาคำตอบที่ 1 มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.08 ซึ่งมากกว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งงานตัวที่ 1

1.3.2 แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดของผึ้งงานตัวที่ 2 = {M1, M2, M4, M5, M3} ซึ่งเป็นแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.07 ซึ่งมากกว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารที่ 2 ที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดในรอบการหาคำตอบที่ 1

1.3.3 แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดของผึ้งงานตัวที่ 3 = {M3, M5, M4, M1, M2} ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ 3 ที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดในรอบการหาคำตอบที่ 1 มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.05 ซึ่งมากกว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งงานตัวที่ 3

2. Onlooker Bees Phase

2.1 คำนวณความน่าจะเป็นของแหล่งอาหารที่ได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงาน

2.1.1 แหล่งอาหาร {M2, M1, M5, M4, M3} ของผึ้งงานตัวที่ 1 มีค่าความน่าจะเป็น = 0.6

2.1.2 แหล่งอาหาร {M1, M2, M4, M5, M3} ของผึ้งงานตัวที่ 2 มีค่าความน่าจะเป็น = 0.2

2.1.3 แหล่งอาหาร {M3, M5, M4, M1, M2} ของผึ้งงานตัวที่ 3 มีค่าความน่าจะเป็น = 0.2

2.2 การเลือกแหล่งอาหารของผึ้งสังเกตการณ์ที่ได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงาน

2.2.1 แหล่งอาหารที่ผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 เลือก (X_{01}) = {M2, M1, M5, M4, M3} ซึ่งเกิดจากการปั่นวงล้อโดยจุดมาร์กเกอร์หยุดที่ค่าความจะเป็น 0.6 ที่ผึ้งงานตัวที่ 1 เป็นเจ้าของ มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.08

2.2.2 แหล่งอาหารที่ผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 เลือก (X_{02}) = {M3, M5, M4, M1, M2} ซึ่งเกิดจากการปั่นวงล้อโดยจุดมาร์กเกอร์หยุดที่ค่าความจะเป็น 0.2 ที่ผึ้งงานตัวที่ 3 เป็นเจ้าของ มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.05

2.2.3 แหล่งอาหารที่ผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 เลือก (X_{03}) = {M1, M2, M4, M5, M3} ซึ่งเกิดจากการปั่นวงล้อโดยจุดมาร์กเกอร์หยุดที่ค่าความจะเป็น 0.2 ที่ผึ้งงานตัวที่ 2 เป็นเจ้าของ มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.07

2.3 สร้างแหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งสังเกตการณ์

2.3.1 แหล่งอาหารข้างเคียงของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 (X_{k1}) = {M5, M2, M1, M4, M3} ซึ่งเกิดจากการนำตำแหน่งที่ 2 ไปแทรก ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหารที่ผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 เลือกจากผึ้งงาน (X_{o1})

2.3.2 แหล่งอาหารข้างเคียงของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 (X_{k2}) = {M2, M3, M5, M4, M1} ซึ่งเกิดจากการนำตำแหน่งที่ 4 ไปแทรก ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหารที่ผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 เลือกจากผึ้งงาน (X_{02})

2.3.3 แหล่งอาหารข้างเคียงของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 (X_{k3}) = {M5, M1, M2, M4, M3} ซึ่งเกิดจากการนำตำแหน่งที่ 3 ไปแทรก ณ ตำแหน่งแรกของแหล่งอาหารที่ผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 เลือกจากผึ้งงาน (X_{03})

2.3.4 แหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 (V_{o1}) = {M2, M5, M1, M4, M3} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งเพื่อเปลี่ยน X_{o1} เป็น X_{k1} โดยใช้คู่อันดับ (0, 1)

2.3.5 แหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 (V_{o2}) = {M3, M2, M5, M4, M1} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งเพื่อเปลี่ยน X_{o1} เป็น X_{k1} โดยใช้คู่อันดับ (0, 1)

2.3.6 แหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 (V_{o3}) = {M1, M5, M2, M4, M3} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งเพื่อเปลี่ยน X_{o1} เป็น X_{k1} โดยใช้คู่อันดับ (0, 1)

2.4 คำนวณปริมาณน้ำหวานของแหล่งอาหารใหม่สำหรับผึ้งสังเกตการณ์

2.4.1 แหล่งอาหารใหม่ของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 (V_{o1}) มีปริมาณน้ำหวาน = 30 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.09

2.4.2 แหล่งอาหารใหม่ของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 (V_{o2}) มีปริมาณน้ำหวาน = 56 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.04

2.4.3 แหล่งอาหารใหม่ของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 (V_{o3}) มีปริมาณน้ำหวาน = 37 หน่วย มีค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหาร = 0.06

2.5 การเลือกแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดสำหรับผึ้งสังเกตการณ์ (Apply Greedy Selection)

2.5.1 แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 1 = {M2, M5, M1, M4, M3} ซึ่งเป็นแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งเกตการณ์ตัวที่ 1 (V_{o1}) มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.09 ซึ่งมากกว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารที่ 1 ที่ได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงาน (X_{o1})

2.5.2 แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 = {M3, M5, M4, M1, M2} ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ 2 ที่ได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงาน (X_{o2}) มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.05 ซึ่งมากกว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 2 (V_{o2})

2.5.3 แหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 = {M1, M2, M4, M5, M3} ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ 3 ที่ได้รับการแบ่งสรรจากผึ้งงาน (X_{o3}) มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.07 ซึ่งมากกว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งสังเกตการณ์ตัวที่ 3 (V_{o3})

ดังนั้นแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดในรอบการหาคำตอบที่ 2 (Best Value) คือ {M2, M5, M1, M4, M3} มีปริมาณน้ำหวานเท่ากับ 30 หน่วย และมีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.09

3. Scout Bees Phase

3.1 พิจารณาแหล่งอาหารของผึ้งที่ไม่มีการพัฒนาค่าความเหมาะสมและแทนที่ด้วยผึ้งสำรวจ

ในรอบการการหาคำตอบที่ 2 นี้ พบว่าค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดในข้อที่ 2.5 นั้น ค่าความเหมาะสมของแหล่งอาหารของผึ้งตัวที่ 2 เท่าเดิม จึงมีการนับ Limit Check เท่ากับ 1 ซึ่งเท่ากับค่า Limit ที่กำหนดไว้ เพราะฉะนั้นในรอบการค้นหานี้จึงตัดผึ้งตัวที่ 2 ทิ้งและแทนที่ด้วยผึ้งสำรวจเพื่อทำการสุ่มหาแหล่งอาหารใหม่ โดยนำแหล่งอาหารของผึ้งตัวที่ 2 ที่ถูกตัดทิ้ง มาสลับตำแหน่งแรกและตำแหน่งสุดท้าย โดยใช้วิธี SO ส่วนแหล่งอาหารของผึ้งตัวที่ 1 และ 3 นั้นยังคงเดิม

3.1.1 แหล่งอาหารของผึ้งสำรวจตัวที่ 1 ที่นำไปแทนแหล่งอาหารของผึ้งที่ถูกตัดทิ้งตัวที่ 2 คือ {M2, M5, M4, M1, M3} ซึ่งเกิดจากการสลับตำแหน่งแรกและตำแหน่งสุดท้าย (0, 4) ของแหล่งอาหารที่ 2 ของผึ้งที่ถูกตัดทิ้ง

4. Best So Far Solution Phase

4.1 พิจารณาแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุดในรอบการค้นหาที่ผ่านมา

ในรอบการหาคำตอบที่ 2 นี้ เมื่อพิจาณาแหล่งอาหารที่มีปริมาณน้ำหวานมากที่สุด (Best Value) ในรอบที่ 1 และ 2 พบว่าคำตอบที่ดีที่สุด (Best So Far Solution) คือ {M2, M5, M1, M4, M3} มีปริมาณน้ำหวานเท่ากับ 30 และมีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 0.09

ภาคผนวก ข ขนาดของเครื่องจักร

ตาราง 56 แสดงข้อมูลความกว้าง (Width) และความยาว (Length) ของเครื่องจักร

เครื่องจักร	ชุดข้อมูล 1		ชุดข้อมูล 2		ชุดข้อมูล 3		ชุดข้อมูล 4 และ 5	
เลขที่	กว้าง (W)	ยาว (L)	กว้าง (W)	ยาว (L)	กว้าง (W)	ยาว (L)	กว้าง (W)	ยาว (L)
M1	2.5	3.2	3.3	3.3	3.2	4.8	3.5	2.5
M2	1.3	2.2	2.25	2.25	3.3	1.8	4.0	4.0
M3	0.8	3.0	4.0	4.0	1.7	2.3	1.8	2.4
M4	3.0	1.2	1.8	1.8	2.1	3.5	2.9	2.5
M5	3.5	2.5	2.0	2.0	3.2	2.9	1.2	3.25
M6	4.0	4.0	3.35	3.35	2.7	3.1	4.2	3.5
M7	1.8	2.4	2.65	2.65	4	4	1.5	2.3
M8	2.9	2.5	3.4	3.4	3.4	4.1	2.6	3.1
M9	1.2	3.25	2.6	2.6	1.5	1.4	3.4	4.3
M10	4.2	3.5	2.4	2.4	1.9	2.3	4.1	3.4
M11			4.3	4.3	2.5	2.5	2.2	2.2
M12			3.3	3.3	3.3	3.1	4.4	3.3
M13			2.6	2.6	1	2	4.0	3.3
M14			2.7	2.7	2.7	2.7	1.8	2.65
M15			1.5	1.5	3.1	3.1	2.0	3.0
M16			2.6	2.6			3.4	2.4
M17			3.4	3.4			2.6	1.4
M18			4.1	4.1			4.0	4.0
M19			2.2	2.2			3.4	4.1
M20			4.4	4.4			1.5	1.4
M21							3.3	3.1
M22							1.0	2.0
M23							2.7	2.7
M24							2.1	3.5
M25							3.3	1.8
M26							1.7	2.3
M27							2.9	3.2
M28							3.1	1.6
M29							2.7	3.2
M30							3.2	2.4