บทที่ 6

การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมของวิธีการค้นหาแบบตาบู

ในบทนี้จะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมของวิธีการค้นหาแบบตาบู ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการค้นหาตำตอบที่เหมาะสมในหัวข้อที่ 6.1 พร้อมทั้งการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในหัวข้อที่ 6.2 ภายใต้ปัญหาดังกล่าว โดยมีข้อมูลและเงื่อนไขเช่นเดียวกับในบทที่ 4 เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการหาค่าเหมาะสมที่ได้ ดังจะอธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

6.1 กระบวนการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีค้นหาแบบตาบู

ระเบียบวิธีการดำเนินการของวิธีการค้นหาแบบตาบู แสดงไว้ในภาพที่ 3.2 ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 สุ่มคำตอบเริ่มต้น s_0 จากขอบเขตคำตอบที่เป็นไปได้ S กำหนดให้คำตอบเริ่มต้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุด $s_{best} = s_0$ และกำหนดรอบในการค้นหา $Iteration = 0$

หาขอบเขตต่ำสุดและสูงสุดของคำตอบที่เป็นได้

หาคำตอบที่เป็นไปได้ต่ำสุด เนื่องจากในแต่ละชิ้นส่วนประกอบจะมีจำนวนคู่ค้าที่มีความเป็นไปได้ที่จะถูกเลือกอย่างน้อย 1 คู่ค้า และ ชิ้นส่วนหลักต้องเป็นเกรด A ดังนั้นคำตอบที่เป็นไปได้ต่ำสุดเท่ากับ

$$S_{Lower} = \left[m_1^{Min} \quad m_2^{Min} \quad \ldots \quad m_{n-1}^{Min} \quad m_n^{Min} \right] \tag{6.1}$$

$$S_{Lower} = \left[3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \right]$$

m_i คือ พารามิเตอร์ของจำนวนคู่ค้าสำหรับชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ที่ i

หาคำตอบที่เป็นไปได้สูงสุดเป็นจำนวนของเทคโนโลยี (Technology) ที่ใช้ในการผลิตทั้งหมดที่มีอยู่ของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ (Component) ภายใต้เงื่อนไขราคาต้นทุนรวมที่กำหนด ดังนั้นคำตอบที่เป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ

$$S_{Upper} = \left[m_1^{Max} \quad m_2^{Max} \quad \ldots \quad m_{n-1}^{Max} \quad m_n^{Max} \right] \tag{6.2}$$

$$S_{Upper} = [6 \quad 3 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 4 \quad 4 \quad 3 \quad 4 \quad 3 \quad 3 \quad 3 \quad 3 \quad 4 \quad 3]$$

คำตอบเริ่มต้น

$$s_0 = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3]$$

ดังนั้น จะได้ค่าความอัตราผลผลิต $Y(x) = 0.9186$ และราคา $C(x) = 28.9902$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าความเหมาะสม ของ s_{best} นั่นคือ $c_{best} = f(s_{best})$ เมื่อ f คือ ฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิต พร้อมทั้งหาค่าราคาต้นทุนรวม โดยปกติแล้วจะใช้ในการตรวจสอบว่าคำตอบที่มีอยู่สอดคล้องกับเงื่อนไขหรือไม่

กำหนดให้ $s_{best} = S$

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบรายการตาบู ซึ่งเป็นรายการที่เก็บคำตอบและข้อมูลกระบวนการค้นหาในอดีต หลักการทั่วไปในการออกแบบรายการตาบู จะขึ้นอยู่กับแต่ละปัญหาที่แตกต่างกันออกไป แต่หลักการที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นการออกแบบให้รายการตาบู เก็บคำตอบที่เคยค้นหามาได้และข้อมูลการดำเนินการค้นหาในอดีต เก็บเงื่อนไขของ “ความถี่” (Frequency) ของการดำเนินการในทิศทางใด ๆ และเก็บเงื่อนไขของ “ความคงอยู่ (Regency) เป็นสิ่งที่บอกว่าทิศทางนั้นๆ ต้องห้ามดำเนินการมานานเท่าใดแล้ว ซึ่งค่านี้จะนำไปรวมกับค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิต เพื่อเป็นเงื่อนไขการหลุดออกจากคำตอบเหมาะสมที่สุดเฉพาะถิ่น ดังแสดงในภาพที่ 6.1

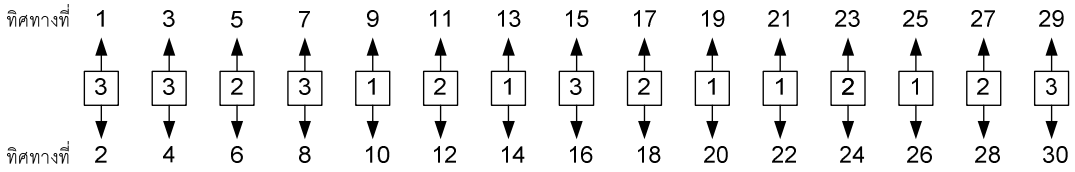
$$Tabu_list = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}_{30x3} \tag{6.1}$$

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการค้นหาคำตอบโดยเริ่มจาก s_0 และในบริเวณรอบ ๆ ของ s_0 เพิ่มขึ้นและลดลงทีละ 1 บิต โดยการกำหนดให้บริเวณรอบๆ s_0 แทนด้วย s_n ขอบเขตจะขึ้นอยู่กับการกำหนดของผู้ดำเนินการ และ s_n จะต้องไม่เป็นตาบู หรือไม่ติดขอบเขต S_{Upper} หรือ S_{Lower} หมายถึง สามารถเป็นคำตอบได้

จากค่าเริ่มต้น

$$s_0 = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3]$$

ซึ่งมีทิศทางการเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังนี้



ภาพที่ 6.1

ทิศการการค้นหาคำตอบบริเวณรอบๆ s_0 เพิ่มขึ้นและลดลงทีละ 1 บิต

จะได้คำตอบบริเวณใกล้เคียง s_n

บิตที่ 1

$$s_{n1} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n1}) = 0.9186$$

$$, C(s_{n1}) = 28.9902$$

$$s_{n2} = 3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3, Y(s_{n2}) = 0.9186$$

$$, C(s_{n2}) = 28.9902$$

บิตที่ 2

$$s_{n3} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n3}) = 0.9186$$

$$, C(s_{n3}) = 28.9902$$

$$s_{n4} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n4}) = 0.9186$$

$$, C(s_{n4}) = 28.9902$$

บิตที่ 3

$$s_{n5} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n5}) = 0.9186$$

$$, C(s_{n5}) = 28.9902$$

$$s_{n6} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n6}) = 0.9186$$

$$, C(s_{n6}) = 28.9902$$

บิตที่ 4

$s_{n7} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n7}) = 0.9186$

$, C(s_{n7}) = 28.9902$

$s_{n8} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n8}) = 0.9186$

$, C(s_{n8}) = 28.9902$

บิตที่ 5

$s_{n9} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n9}) = 0.9186$

$, C(s_{n9}) = 28.9902$

$s_{n10} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n10}) = 0.9186$

$, C(s_{n10}) = 28.9902$

บิตที่ 6

$s_{n11} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 3 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n11}) = 0.9191$

$, C(s_{n11}) = 28.9982$

$s_{n12} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n12}) = 0.9186$

$, C(s_{n12}) = 28.9902$

บิตที่ 7

$s_{n13} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 2 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n13}) = 0.9190$

$, C(s_{n13}) = 28.9972$

$s_{n14} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n14}) = 0.9186$

$, C(s_{n14}) = 28.9902$

บิตที่ 8

$s_{n15} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n15}) = 0.9186$

$, C(s_{n15}) = 28.9902$

$s_{n16} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n16}) = 0.9177$

$, C(s_{n16}) = 28.9802$

บิตที่ 9

$s_{n17} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n17}) = 0.9186$

$, C(s_{n17}) = 28.9902$

$s_{n18} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n18}) = 0.9182$

$, C(s_{n18}) = 28.9669$

บิตที่ 10

$s_{n19} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n19}) = 0.9186$

$, C(s_{n19}) = 28.9902$

$s_{20} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n20}) = 0.9186$

$, C(s_{n20}) = 28.9902$

บิตที่ 11

$s_{n21} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n21}) = 0.9186$

$, C(s_{n21}) = 28.9902$

$s_{22} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n22}) = 0.9186$

$, C(s_{n22}) = 28.9902$

บิตที่ 12

$s_{n23} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n23}) = 0.9186$

$, C(s_{n23}) = 28.9902$

$s_{24} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n24}) = 0.9108$

$, C(s_{n24}) = 28.9802$

บิตที่ 13

$s_{n25} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n25}) = 0.9186$

$, C(s_{n25}) = 28.9902$

$s_{26} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n26}) = 0.9186$

$, C(s_{n26}) = 28.9902$

บิตที่ 14

$s_{n27} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n27}) = 0.9186$

$, C(s_{n27}) = 28.9902$

$s_{28} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 3], Y(s_{n28}) = 0.8881$

$, C(s_{n28}) = 28.9085$

บิตที่ 15

$s_{n29} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3], Y(s_{n29}) = 0.9186$

$, C(s_{n29}) = 28.9902$

$s_{30} = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 2], Y(s_{n30}) = 0.9146$

$, C(s_{n30}) = 28.9885$

ดังนั้น จะได้ค่าน่าเชื่อถือสูงสุดคือ บิตที่ 6 ทิศทางที่ 11

$$s_0 = [3 \quad 3 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 3 \quad 1 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 3]$$

ซึ่งมีค่าอัตราผลผลิตและราคาต้นทุน ดังนี้

$$Y(s_0) = 0.9191, C(s_0) = 28.9982$$

ขั้นตอนที่ 5 จาก s_n คำนวณหาค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิตของสมาชิกแต่ละตัวของ s_n แล้วเลือกสมาชิกที่มีค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิตที่เหมาะสมที่สุด โดยกำหนดให้เป็น s_{n_best} และค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิตของ s_n ต้องดีกว่าค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิตของ s_0 ตรวจสอบว่า f(Sn) < f(x) ถ้าเป็นจริง ให้ Sbest = Sn

ขั้นตอนที่ 6 ทำการย้ายตำแหน่ง โดยการกำหนดให้ $s_0 = s_{n_best}$ แล้วปรับปรุงรายการตาบู ให้เป็นปัจจุบัน และเพิ่มจำนวนครั้งในการค้นหาที่ผ่านมาแล้ว ถ้ายังไม่ได้คำตอบ ก็ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ใหม่

ขั้นตอนที่ 7 เมื่อทำการค้นหาเท่ากับจำนวนครั้งที่กำหนด หรือได้ค่าความผิดพลาดน้อยกว่าที่กำหนด เป็นเงื่อนไขในการหยุดดำเนินการ ถ้าไม่มีสมาชิกใดๆ ของ s_n ที่ให้ค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิตที่ดีกว่าค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิตของ s_0 ก็กำหนดให้ s_{best} เป็นคำตอบ

Iteration =1

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

ซึ่งมีค่าอัตราผลผลิตและราคาต้นทุน ดังนี้

$$Y(x_{best}) = 0.9191, C(x_{best}) = 28.9982$$

ปรับปรุง $Tabu_list$ จาก (6.1)

$$Tabu_list = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

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 $C(x) = 28.9999$ \$

จากขั้นตอนการทำงานของวิธีตาบูในข้างต้น สามารถเขียนเป็น Pseudo Code ได้ ดังนี้

Step 1 Initialization

Identify an initial *Solution*, s_0

Set *Best solution = Solution*

Set $Iteration = 0$

Create empty *Tabu List*

Define termination conditions

Step 2 Evaluate fitness function

Find the fitness value of the best solution $c_{best} = f(s_{best})$

If the fitness value of Solution > the fitness value of the Best solution **Then**

Best solution = Solution

End

Step 3 Updating Tabu list

Add the best solution to *Tabu List*

If Tabu list is full **Then**

Delete oldest entry from Tabu list

End

Step 4 Neighborhoods search

Find *New Solution* using search

Step 5 Evaluate fitness function of neighborhoods solution

Find the fitness value of new solution $c_n = f(s_n)$

Select the best neighborhoods solution s_{n_best}

Step 6 Moving position of solution

If the fitness value of Solution > the fitness value of the Best solution

Then

Best solution = Solution

End

Update Tabu list

If new solution is not entry on Tabu List

Then

Solution = New Solution

End

Step 7 Termination

If $Iteration < Iteration_{\max}$

Then

Goto step 2

Else

$$Iteration = Iteration + 1$$

End

End

6.2 กำหนดค่าพารามิเตอร์

6.2.1 ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดในอัลกอริทึม

Tabu list size = 2xN

คือ ขนาดของหน่วยในการเก็บข้อมูลของการค้นหาตาบู ขึ้นอยู่กับจำนวนชิ้นส่วนที่ต้องการหาคำตอบ ในที่นี้คือ 15 ในแต่ละคำตอบจะถูกค้นหาคำตอบแบบ Local Search ในทิศทางบวก-ลบ (หรือขึ้น-ลง) 1 บิต ดังนั้น จึงต้องเก็บข้อมูลขนาด 2 x N หรือในที่นี้คือ 30 ตำแหน่ง

เวลาในการค้นหา = 45 วินาที

เช่นเดียวกับวิธีฝูงมด เนื่องการกำหนดค่าเวลาในการค้นหา หากกำหนดมาจะทำให้เสียเวลาในการค้นหานาน แต่หากำหนดน้อยไปก็จะไม่มีเวลาเพียงพอที่จะสามารถหาค่าเหมาะสม

ในแต่ละครั้งได้ แต่ไม่ได้ส่งผลใดๆ ต่อกระบวนการค้นหาของอัลกอริทึม จากวิธีฝูงมดจะเป็นได้ว่าค่าที่กำหนดให้เลาในการค้นหาควรมากกว่า 30 วินาทีขึ้นไป จึงได้กำหนดให้ใช้ 45 วินาทีเช่นเดียวกับวิธีฝูงมด

Iteration = 10000 รอบ

ในทำนองเดียวกับการกำหนดเวลาในการค้นหา หากกำหนดน้อยไปก็จะไม่มีจำนวนรอบเพียงพอที่จะสามารถหาค่าเหมาะสมในแต่ละครั้งได้ เนื่องจากเป็นเงื่อนไขที่ให้ในการหยุดค้นหาค่าเหมาะสม ซึ่งไม่ได้ส่งผลใดๆ ต่อกระบวนการค้นหาของอัลกอริทึม แต่หากกำหนดมากอัลกอริทึมจะยึดเงื่อนไขการหยุดจากเวลาแทน ดังนั้นการกำหนดจำนวนรอบจึงต้องกำหนดให้พอเหมาะหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้เป็นเงื่อนไขในการหยุด สามารถหาค่าได้จากการทดสอบโดยนับจำนวนรอบที่ค้นหาในช่วงเวลาที่ตั้งไว้ เช่น ในช่วงเวลา 45 วินาทีจะใช้เวลาในการค้นหาค่าเหมาะสม 200 รอบ แล้วนำค่าที่ได้จากการทดสอบในแต่ละครั้งมาพิจารณาแนวโน้มของจำนวนรอบที่ควรกำหนด ให้เหมาะสมกับอัลกอริทึมนั้นๆ ควรกำหนดให้มากกว่าหรือเท่ากับจำนวนรอบที่ได้

6.2.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในระเบียบวิธีการค้นหาแบบตาบู

จากหนังสือ ปัญญาเชิงคำนวณ โดย อาทิตย์ ศรีแก้ว หน้า 20-22 [31] ได้กล่าวว่า “การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวิธีการค้นหาแบบตาบู พารามิเตอร์ที่สำคัญต่างๆ ในโครงสร้างของตาบูมีผลต่อพฤติกรรมในการค้นหาคำตอบ โดยทฤษฎีแล้ว ยังไม่มีการคำนวณที่แน่นอนว่าพารามิเตอร์ต่างๆ ควรจะมีค่าเป็นเท่าไรที่จะทำให้คำตอบของการค้นหาแบบตาบูเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยปรกติแล้วการปรับพารามิเตอร์ต่างๆ จะได้จากการทดลองสุ่มและสังเกตผล” ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทดลองสุ่มค่าพารามิเตอร์ โดยเริ่มต้นจากค่าอ้างอิงในหนังสือนี้ นั่นคือ

Restriction Period = 24 (คือ ระยะเวลาความคงอยู่ของสถานะต้องห้าม (Regency) หรือการยอมให้ติด Local loop ได้ 24 ครั้ง จะทำการ Re-initial ใหม่)

Frequency Limit = 8 (คือ จำนวนครั้งสูงสุดของการเดินที่ซ้ำซาก หรือความถี่ในการเดินทิศทางเดียวกันต้องไม่เกิน 8 ครั้ง)

จากการทดสอบโดยเริ่มต้นกำหนดพารามิเตอร์ของระเบียบวิธีตาบูจากค่าดังกล่าว และกำหนดพารามิเตอร์คงที่ในส่วนของอัลกอริทึมดังที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้น จากนั้นได้ทำการทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 โดยทดสอบพารามิเตอร์ทั้งสองคู่ละ 30 ครั้ง ที่เงื่อนไข 29$ ค่าอัตราผลผลิตสุดสูงที่ได้ คือ 0.926007 โดยพิจารณาจากค่าอัตราผลผลิตที่ได้ที่ใกล้เคียงค่าค่าอัตรา

ผลผลิตสุดสูงที่ได้จากค่าเฉลี่ยใน 30 ครั้ง จะได้ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในระเบียบวิธีการค้นหาแบบตาบูสำหรับปัญหานี้ ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1

การหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในระเบียบวิธีการค้นหาแบบตาบู

Restriction Period	Frequency Limit									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
28	0.9202	0.9204	0.9210	0.9212	0.9214	0.9215	0.9207	0.9193	0.9203	0.9213
26	0.9228	0.9230	0.9230	0.9227	0.9231	0.9230	0.9192	0.9192	0.9213	0.9225
24	0.9226	0.9228	0.9233	0.9230	0.9229	0.9228	0.9228	0.9154	0.9178	0.9187
22	0.9214	0.9221	0.9225	0.9215	0.9215	0.9230	0.9217	0.9203	0.9201	0.9199
20	0.9229	0.9243	0.9229	0.9225	0.9217	0.9224	0.9217	0.9202	0.9214	0.9199
18	0.9217	0.9218	0.9230	0.9214	0.9216	0.9218	0.9208	0.9203	0.9209	0.9199
16	0.9214	0.9212	0.9229	**0.9255**	0.9244	0.9212	0.9203	0.9298	0.9231	0.9222
14	0.9211	0.9213	0.9214	0.9231	0.9204	0.9208	0.9207	0.9208	0.9220	0.9218
12	0.9202	0.9205	0.9204	0.9205	0.9205	0.9206	0.9217	0.9213	0.9224	0.9216
11	0.9211	0.9212	0.9214	0.9216	0.9212	0.9205	0.9228	0.9234	0.9187	0.9195

จากตารางที่ 6.1 จะได้ค่าพารามิเตอร์ที่มีค่าอัตราผลผลิตสูงที่สุด ได้แก่

Restriction Period = 16

Frequency Limit = 7

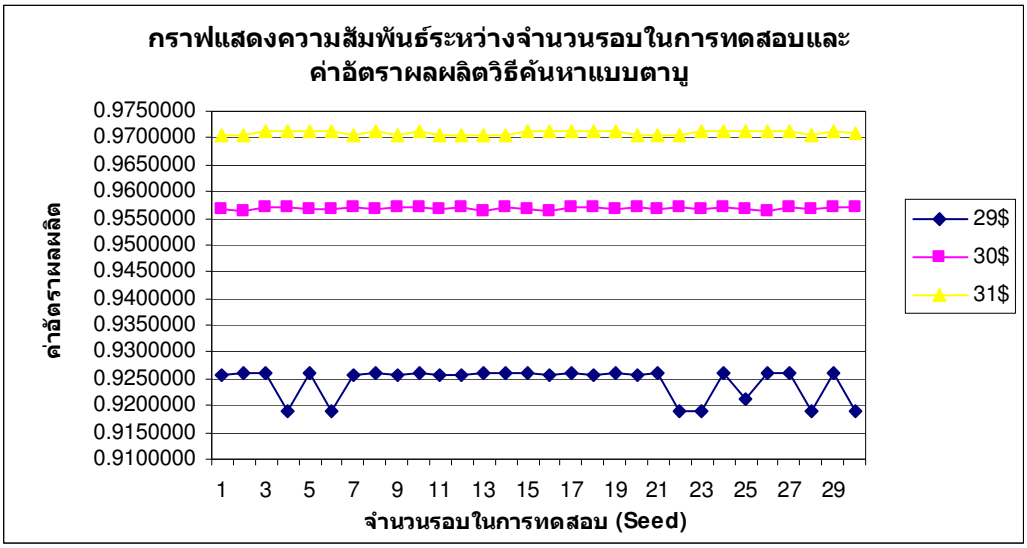
นอกจากนี้พบว่า การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการค้นหาคำตอบของแต่ละปัญหา มีค่าที่แตกต่างกันไปขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ขนาดของปัญหาหรือ Search Space สมการวัตถุประสงค์ เงื่อนไข ตำเหน่งของค่าเหมาะสม และความซับซ้อนของอัลกอริทึม เป็นต้น ดังนั้น การกำหนดพารามิเตอร์สำหรับแต่ละอัลกอริทึมของแต่ละปัญหาและอัลกอริทึม จึงมีค่าที่แตกต่างกันไป ซึ่งควรจะเลือกใช้ค่าที่สามารถค้นหาค่าเหมาะสมได้อย่างแม่นยำในปัญหานั้นๆ

จากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว แสดงผลการหาค่าเหมาะสมโดยวิธีการค้นหาแบบตาบูที่ค่างบประมาณ 29$, 30$ 31$ ดังตารางที่ 6.2 และภาพที่ 6.2

ตารางที่ 6.2

ผลการหาค่าเหมาะสมโดยวิธีการค้นหาแบบตาบูที่ค่างบประมาณ 29$ 30$ 31$

Budget($)	Algorithm	Max Yield	Average Yield	Min Yield	Standard Deviation	CPU time(S)	% get optimal
31	TSA	0.9712223	0.9704235	0.9570433	0.0004081	41.63	60.00
30	TSA	0.9570433	0.9568934	0.9564250	0.0002556	38.68	73.33
29	TSA	0.9260068	0.9252570	0.9191254	0.0020848	32.75	76.67



ภาพที่ 6.2

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบและค่าอัตราผลผลิตวิธีค้นหาแบบตาบู

จากตารางที่ 6.1 จะเห็นได้ว่าที่เมื่องบประมาณเปลี่ยน ส่งผลให้คำตอบเหมาะสมของปัญหาเปลี่ยนแปลงด้วย นั่นคือ ค่าอัตราผลผลิตเฉลี่ย 0.9260, 0.9570 และ 0.9712 โดยที่มีค่าความเบี่ยงเบนของการค้นหาคำตอบจากมากไปน้อยได้แก่ งบประมาณ 29$ 31$ และ 30$ ตามลำดับ นั่นคือ 0.002084, 0.0004081 และ 0.0002556 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 หากอัลกอริทึมยังไม่มีความเสียงเพียงพอ ส่วนความแม่นยำในการค้นหา คือ 76.67% , 73.33% และ 60.00% จากการ

ค้นหา 30 รอบ ขณะที่ใช้เวลาในการค้นหา นั่นคือ 32.75, 38.68 และ 41.63 วินาที สำหรับค่างบประมาณ 29$, 30$ และ 31$ ตามลำดับ จากค่าเปอร์เซ็นความแม่นยำและเวลาที่ใช้ในการค้นหาคำตอบ แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมของวิธีการค้นหาแบบตาบูนั้น ยังไม่มีความเสถียรมากนักเมื่อถูกเปลี่ยนเงื่อนไข

จากภาพที่ 6.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ 30 รอบและค่าอัตราผลผลิตวิธีฝูงมดที่งบประมาณ 29$, 30$ และ 31$ จะเห็นได้ว่า ที่ค่างบประมาณสูง จะมีการแกว่งตัวของคำตอบหรือการเบี่ยงเบนที่น้อยกว่างบประมาณต่ำ