

### บทที่ 3

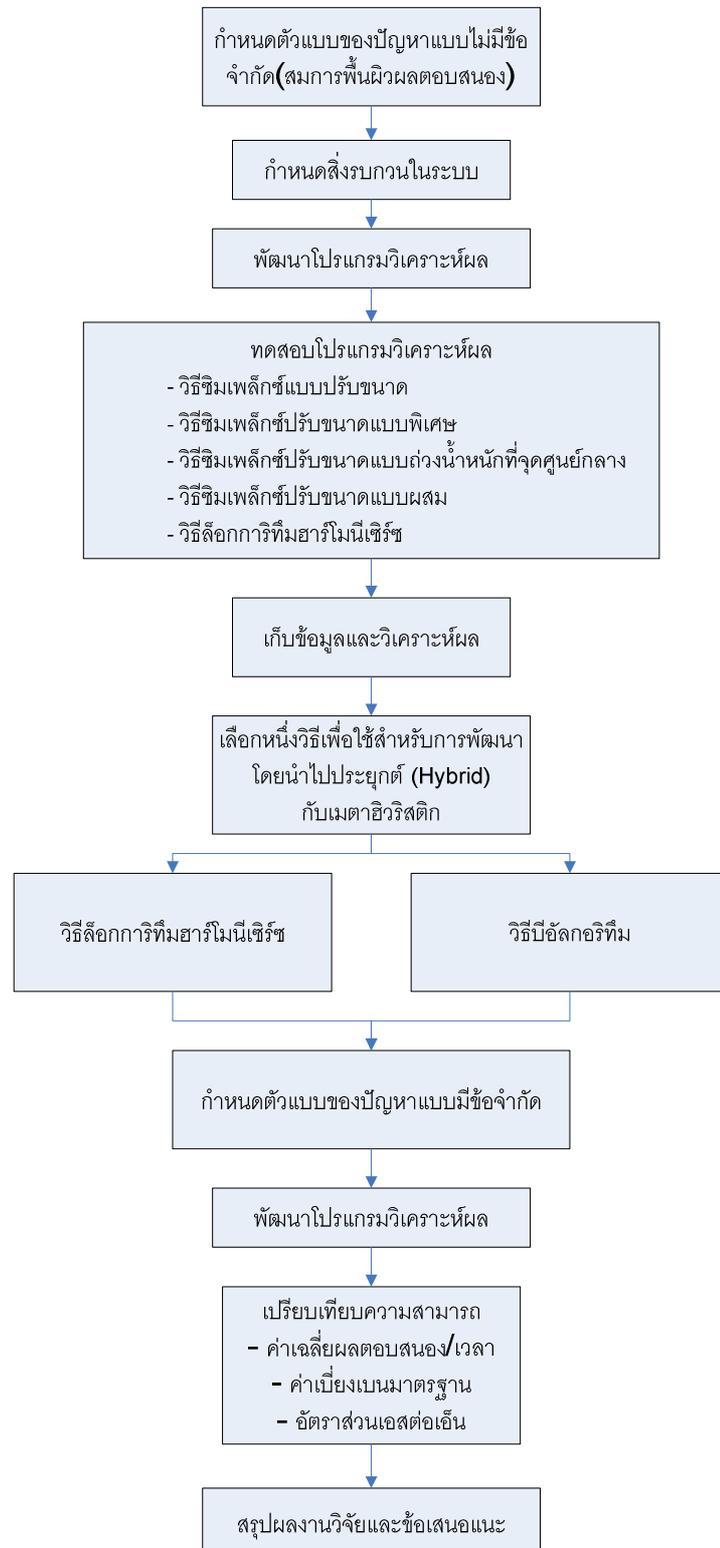
#### วิธีการวิจัย

การศึกษาและวิจัยนี้ เพื่อที่จะทำการศึกษาถึงวิธีการหาค่าที่เหมาะสมของกระบวนการวิธีของซิมเพล็กซ์ 4 วิธีคือ วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด วิธีซิมเพล็กซ์แบบถ่วงน้ำหนักที่จุดศูนย์กลาง วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดพิเศษ และวิธีซิมเพล็กซ์แบบผสม ที่มีการปรับปรุงคำตอบโดยการนำเอาวิธีที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมาทำการผสมกับวิธีของเมตาฮิวริสติกคือวิธีการเปรียบเทียบตัวแปรข้างเคียง โดยทำการเปรียบเทียบสมรรถนะ ข้อดีข้อเสียของวิธีซิมเพล็กซ์ทั้ง 4 วิธี กับวิธีของเมตาฮิวริสติกแบบล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชที่เป็นคำตอบที่เป็นลักษณะทั่วไป (Global Solution) ผ่านทาง รูปแบบสมการคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ซึ่งได้จัดทำโปรแกรมที่ช่วยในการวิเคราะห์ของทั้ง 4 วิธี รวมถึงการนำไปประยุกต์ร่วม (Hybrid) กับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช และวิธีปีศาจล็อกการิทึม จากแนวคิดข้างต้น ได้แบ่งงานวิจัยออกเป็น 7 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดสมการพื้นผิวตอบสนองที่ต้องการใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เพื่อจำลองรูปแบบของปัญหาแบบต่าง ๆ เช่น สมการพื้นผิวพาราโบลา (Parabolic Surface) สมการพื้นผิวโรเซนบรอก (Rosenbrock Curved Ridge Surface) และสมการพื้นผิวเชคเกิล (Shekel Multi Peak Surface) และอีกหลาย ๆ สมการโดยในแต่ละสมการจะมีการกำหนดจำนวนปัจจัยที่จะใช้ในการทดลองระหว่าง 2 ถึง 3 ปัจจัย
2. การกำหนดสิ่งรบกวน (Noise) ซึ่งมีลักษณะเป็นการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตั้งแต่ 0, 1, 2 และ 3 และขอบเขตของปัจจัยในสมการไว้ที่ -20 ถึง 20 เพื่อควบคุมทิศทางในการหาคำตอบของสมการพื้นผิวที่กำหนดไว้
3. การออกแบบพัฒนาโปรแกรมที่ช่วยในการจำลองและวิเคราะห์การหาคำตอบของวิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Methods) แบบต่าง ๆ โดยผ่านการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการสำรวจตัวแปรใกล้เคียง (Variable Neighborhood Search) และวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช (Logarithm Harmony Search Algorithm) ที่จะนำมาเป็นตัวแทนเปรียบเทียบคำตอบ
4. การทดสอบโปรแกรมโดยผ่านสมการพื้นผิวตอบสนอง และจำนวนปัจจัยที่กำหนด จากนั้นเก็บข้อมูลที่ได้

5. การวิเคราะห์ปัญหาสมการทางคณิตศาสตร์แบบไม่มีเงื่อนไขข้อจำกัดทรัพยากร (Unconstrained Optimization Problems)
6. การเลือกวิธีที่ดีที่สุดมาประยุกต์รวม (Hybrid) กับวิธีปีศาจอัลกอริทึมและล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช และทำการวิเคราะห์ปัญหาสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีเงื่อนไขข้อจำกัด ทรัพยากร (Constrained Optimization Problems)
7. การวิเคราะห์ผลโดยรวมทั้งหมดพร้อมทั้งเปรียบเทียบสมรรถนะและสรุปผล การศึกษาและวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัย ตามลำดับขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1

แผนภาพรวมของการศึกษาและวิจัยอย่างย่อ

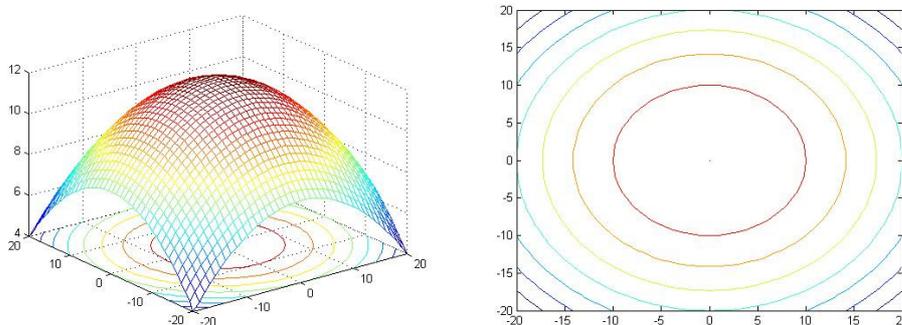
### 3.1 ปัญหาพื้นผิวตอบสนองที่ใช้ในการทดสอบวิธีหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

ในการที่จะนำมาได้ถึงคำตอบที่เราต้องการใด ๆ นั้นการดำเนินงานวิจัยจะทำการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูลของระบบการผลิตผ่านทางสมการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) ที่แตกต่างกัน เช่น สมการพื้นผิวพาราโบลา (Parabolic Surface) สมการพื้นผิวโรเซนบรอก (Rosenbrock Curved Ridge Surfaces) และอีกหลาย ๆ สมการซึ่งมีเหตุผลหลักก็คือ ต้องการให้ตัวระบบหรือโปรแกรมที่ออกแบบสมสามารถตอบสนองได้ทุก ๆ ของปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจริง โดยที่ลักษณะของปัญหาอาศัยหลักการทางด้านสถิติและคณิตศาสตร์มาประกอบกัน ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการผลิตและผลตอบสนองที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต โดยในการทดสอบจะเพิ่มสิ่งรบกวน (Noise) เข้าในระบบ เพื่อจำลองให้ใกล้เคียงกับรูปแบบกระบวนการผลิตจริง ทั้งนี้ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิต และผลตอบสนองที่เกิดจากกระบวนการผลิต สำหรับสมการที่มีจำนวนปัจจัย (Independence Factors) เท่ากับ  $k$  และกำหนดขอบเขตของปัจจัยในสมการต่างๆ ไว้ที่  $-20$  ถึง  $20$  ดังนี้

#### 3.1.1 สมการพื้นผิวพาราโบลา (Parabolic Surfaces)

$$f(x) = 12 - \sum_{j=1}^k [(-x_j)^2 / 100]$$

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิวพาราโบลาที่มีค่าจำนวนปัจจัย ( $k$ ) เท่ากับ 2 จะมีค่าเท่ากับ 12 ที่  $x_1 = 0$  และ  $x_2 = 0$  ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.2



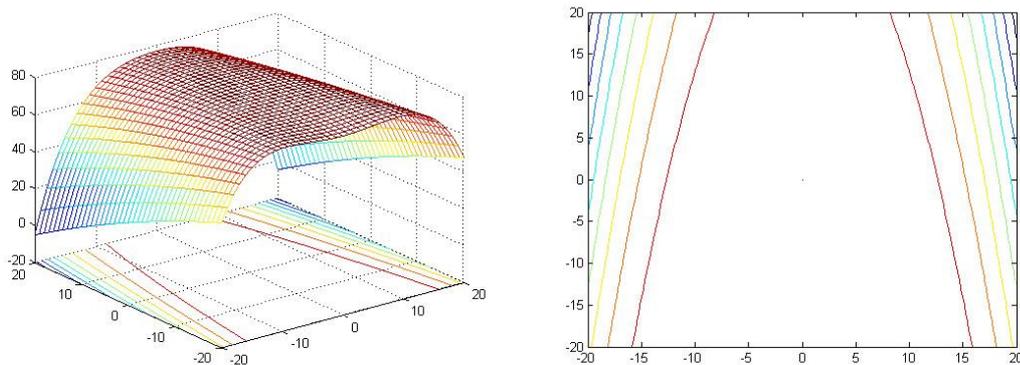
ภาพที่ 3.2

พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับของสมการพาราโบลากรณี 2 ปัจจัย

### 3.1.2 สมการพื้นผิวโรเซินบรอก (Rosenbrock Curved Ridge Surfaces)

$$f(x) = 70 \left[ \left( 20 - \left( -x_1 / a_1 \right)^2 + \sum_{j=2}^k \left[ \left( x_j / a_j \right) - \left( x_1 / a_1 \right)^2 \right]^2 \right) + 150 \right] / 170 + 10$$

โดยที่  $a_1, a_2, a_3$  และ  $a_4$  เป็น 6, -7, -2, 4 และ 5 ตามลำดับ และค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิวโรเซินบรอกที่มีจำนวนปัจจัย ( $k$ ) เท่ากับ 2 จะมีค่าเท่ากับ 80 ที่  $x_1 = 0$  และ  $x_2 = 0$  ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในรูปที่ 3.3



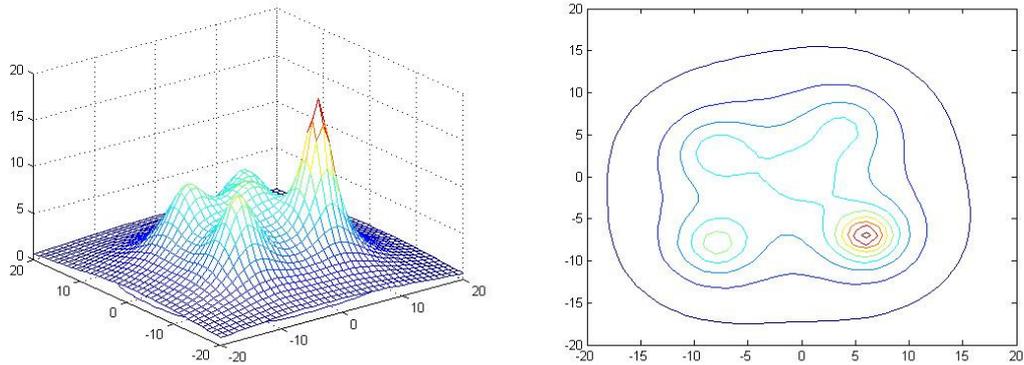
ภาพที่ 3.3

พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับของสมการโรเซินบรอกกรณี 2 ปัจจัย

### 3.1.3 สมการพื้นผิวเชคเกิล (Shekel Multi Peak Surfaces)

$$f(x) = 100 \sum_{i=1}^k \frac{1}{c_i + \sum_{j=1}^k (x_j - a_{ij})^2}$$

โดยมี  $a_{ij}$  และ  $c_i$  เป็นค่าคงที่ตามค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.1 ในกรณีที่  $i$  มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 และ  $j$  มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 (ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง) ตามลำดับ ค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิวเชคเกิลแบบ 5 จุดยอด ที่มีค่าจำนวนปัจจัย ( $n$ ) เท่ากับ 2 และปัจจัย ( $k$ ) เท่ากับ 5 มีค่าเท่ากับ 19 ที่  $x_1 = 6$  และ  $x_2 = -7$  ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4

พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ ของสมการเชิงเส้น กรณี 2 ปัจจัย

ตารางที่ 3.1

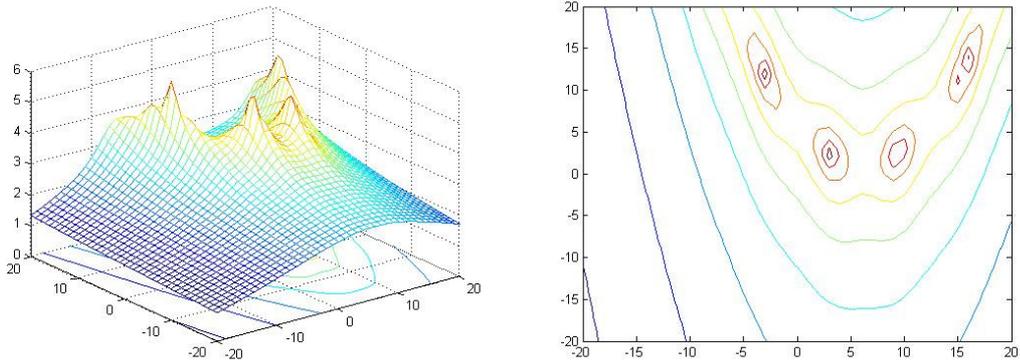
ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเชิงเส้น

| i | a <sub>ij</sub> |    |    |    |    | C <sub>i</sub> |
|---|-----------------|----|----|----|----|----------------|
|   | 1               | 2  | 3  | 4  | 5  |                |
| 1 | 4               | 6  | -2 | 2  | 4  | 9              |
| 2 | 0               | 0  | -8 | -5 | 6  | 20             |
| 3 | -8              | 3  | 4  | 1  | 5  | 14             |
| 4 | -8              | -8 | 1  | -7 | -1 | 11             |
| 5 | 6               | -7 | -2 | 4  | 2  | 6              |

### 3.1.4 สมการพื้นผิวบรานิน (Brinin Surfaces)

$$f(x) = 5 - \log_{10} \left[ \left( x_2 - \frac{5.1}{4\pi^2} x_1^2 + \frac{5}{\pi} x_1 - 6 \right)^2 + \left( 10 - \frac{5}{4\pi} \cos(x_1) \right) + 10 \right]$$

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิว Branin ที่มีค่าจำนวนปัจจัย (k) เท่ากับ 2 มีค่าเท่ากับ 5.3977 ที่  $x_1 = 15.7$  และ  $x_2 = 12.9$  ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.5



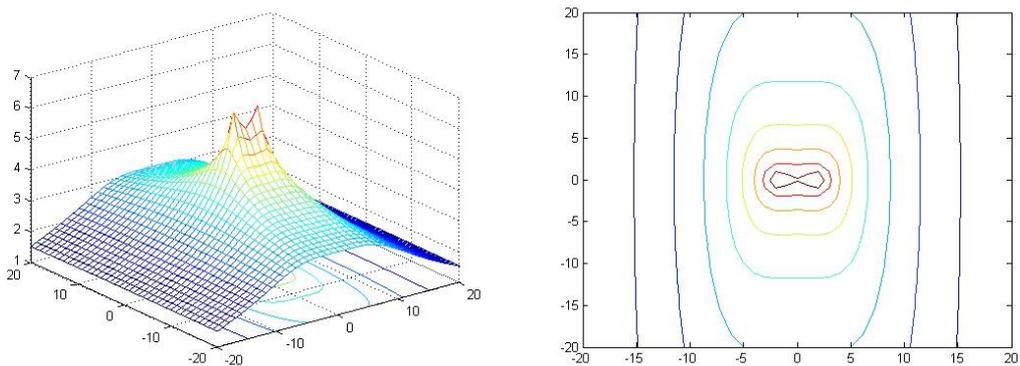
ภาพที่ 3.5

พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ ของสมการบานิน กรณี 2 ปัจจัย

### 3.1.5 สมการพื้นผิวคาเมลแบค (Camelback Surfaces)

$$f(x) = 10 - \log_{10} \left[ x_1^2 (4 - 2.1x_1^2 + \frac{1}{3}x_1^4) + x_1x_2 + 4x_2^2(x_2^2 + 1) \right]$$

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิว Camelback ที่มีค่าจำนวนปัจจัย (k) เท่ากับ 2 มีค่าเท่ากับ 7.881 ที่จุด  $x_1 = -1.8$  และ  $1.8$  และ  $x_2 = 0$  ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.6



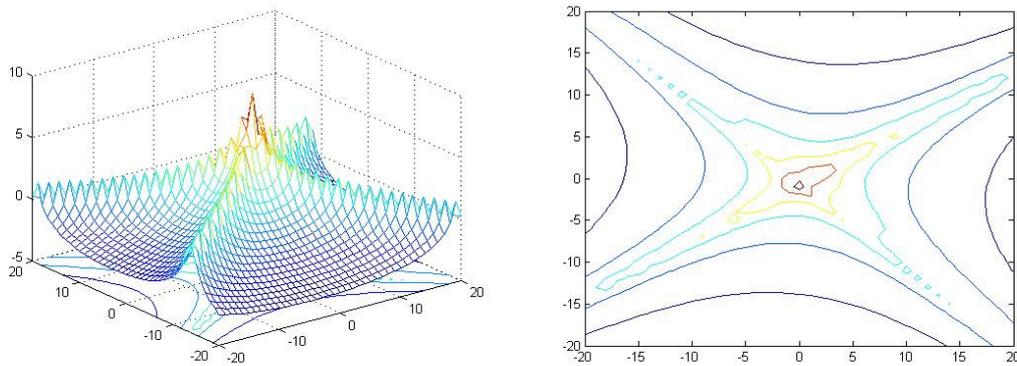
ภาพที่ 3.6

พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ ของสมการคาเมลแบค กรณี 2 ปัจจัย

### 3.1.6 สมการพื้นผิวโกลด์สไตน์-ไพร์ช (Goldstein-Price Surfaces)

$$f(x) = 10 + \log_{10} [1 / \{1 + (1 + x_1 + x_2)^2 (19 - 14x_1 + 3x_1^2 - 14x_2 + 6x_1x_2 + 3x_2^2)\}^* \\ \{30 + (2x_1 - 3x_2)^2 (18 - 32x_1 + 12x_1^2 + 48x_2 - 36x_1x_2 + 27x_2^2)\}]$$

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิว Goldstein-Price ที่มีค่าจำนวนปัจจัย (k) เท่ากับ 2 มีค่าเท่ากับ 9.5229 ที่จุด  $x_1 = 0$  และ  $x_2 = -1$  ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.7



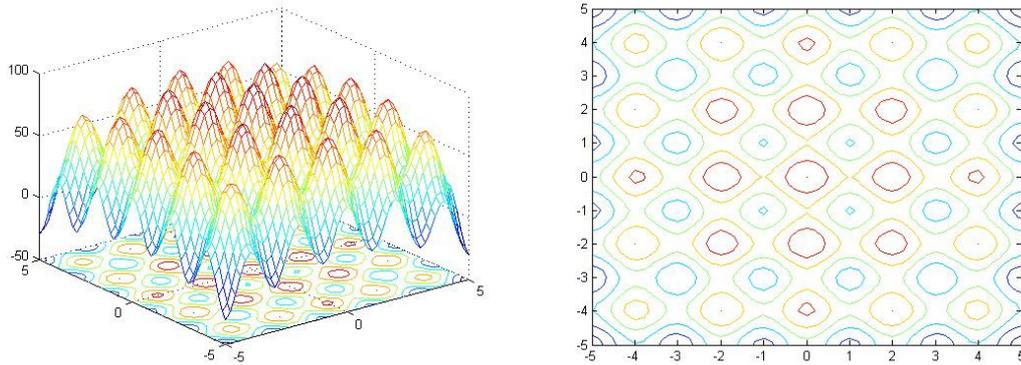
ภาพที่ 3.7

พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ ของสมการโกลด์สไตน์-ไพร์ช กรณี 2 ปัจจัย

### 3.1.7 สมการพื้นผิวราสทริจิน (Rastrigin Surfaces)

$$f(x) = 80 - [20 + \sum_{i=1}^k x_i^2 - 10(\sum_{i=1}^k \cos 2\pi x_i)]$$

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิว Rastrigin ที่มีค่าจำนวนปัจจัย (k) เท่ากับ 2 มีค่าเท่ากับ 100 ที่  $x_1 = 0$  และ  $x_2 = 0$  ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.8



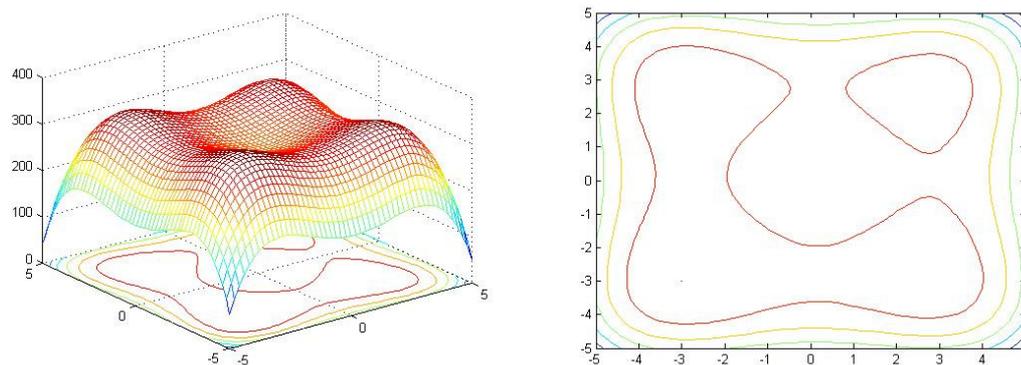
ภาพที่ 3.8

พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับของสมการราสตริน กรณี 2 ปัจจัย

### 3.1.8 สมการพื้นผิวสไตบลินสกี (Styblinski Surfaces)

$$f(x) = 275 - \left[ \frac{(x_1^4 - 16x_1^2 + 5x_1)}{2} + \frac{(x_2^4 - 16x_2^2 + 5x_2)}{2} + \sum_{i=3}^k (x_i - 1)^2 \right]$$

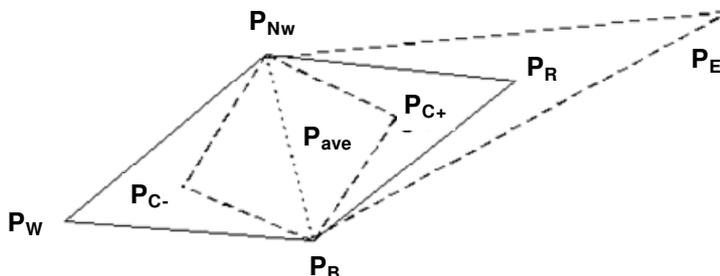
ค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิว Styblinski ที่มีค่าจำนวนปัจจัย (k) เท่ากับ 2 มีค่าเท่ากับ 350 ที่  $x_1 = -3$  และ  $x_2 = -3$  ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9

พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับของสมการสไตบลินสกี กรณี 2 ปัจจัย

### 3.2 การทำงานวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด (Modified Simplex Method)



ภาพที่ 3.10

รูปแบบการเคลื่อนที่ของวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด

1. กำหนดสมการพื้นผิวตอบสนองที่ต้องการใช้ในการหาค่าที่ดีที่สุด ในที่นี้คือสมการพื้นผิวพาราโบลา (Parabolic Surface) โดยการหาค่าตอบจะเป็นแบบค่าตอบที่มากที่สุด (Maximization)

2. กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้น โดยมีจำนวนจุดในการทดลองเท่ากับ  $k+1$  โดยที่  $k$  คือจำนวนตัวแปร เช่นกรณี 2 ตัวแปร จะประกอบด้วยจุดเริ่มต้น 3 จุด

3. ทำการหาผลตอบสนองในแต่ละจุดการทดลอง จากสมการจุดมุ่งหมายที่กำหนด เช่น

- จุดพิกัดที่ 1  $x_1 = -20, x_2 = 11$  ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลา เท่ากับ 6.59
- จุดพิกัดที่ 2  $x_1 = -20, x_2 = 22$  ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลา เท่ากับ 3.18
- จุดพิกัดที่ 3  $x_1 = -32, x_2 = 15$  ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลา เท่ากับ -0.85

4. ทำการเรียงลำดับผลตอบสนองที่ได้จากการทดลอง

$P_B$  = จุดหรือการทดลองที่ให้ค่าผลตอบสนองสูงสุด

$P_{NW}$  = จุดหรือการทดลองที่ให้ค่าผลตอบสนองสูงเป็นอันดับสอง

$P_W$  = จุดหรือการทดลองที่ให้ค่าผลตอบสนองน้อยที่สุด

5. ทำการเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ดีที่สุด (Optimum) โดยทำการสะท้อนจากจุด ที่ทำให้ผลลัพธ์ (Yield) น้อยที่สุดไปยังจุด ใหม่  $P_R$  แสดงดัง ภาพที่ 3.11 โดย

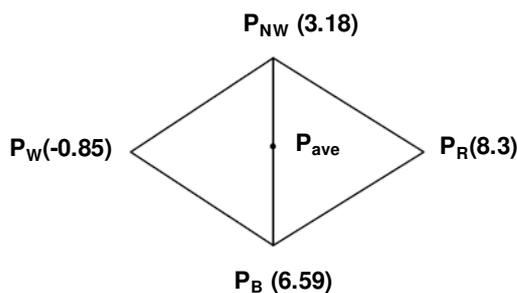
$$P_R = P_{ave} + (P_{ave} - P_W)$$

โดย  $P_{ave}$  คือ จุดกึ่งกลาง ระหว่างจุด  $P_B$  และ  $P_{NW}$  ณ จุดพิกัด  $x_1 = -20$ ,  $x_2 = 16.5$  ดังนั้น  $P_R$  ณ จุดพิกัด

$$x_1 = -20 + (-20 - (-32)) = -8$$

$$x_2 = 16.5 + (16.5 - 15) = 18$$

และมีค่าผลตอบแทนเท่ากับ 8.3



ภาพที่ 3.11

การเรียงลำดับผลตอบแทนของวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด

- กรณีผลลัพธ์ที่  $P_R$  มากกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_{NW}$  แต่น้อยกว่าที่จุด  $P_B$  ให้ทำการทดลองต่อด้วยจุดสะท้อนที่หาได้  $P_R$

- กรณีผลลัพธ์ที่  $P_R$  มากกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_B$  ให้ทำการขยาย  $P_R$  ไปสู่จุด  $P_E$  โดย

$$P_E = P_{ave} + 2(P_{ave} - P_W)$$

ดังนั้น  $P_E$  ณ จุดพิกัด

$$x_1 = -20 + 2 * (-20 - (-32)) = 4$$

$$x_2 = 16.5 + 2 * (16.5 - 15) = 19.5$$

และมีค่าผลตอบแทนเท่ากับ 8.488 ซึ่งถ้าผลลัพธ์ที่จุด  $P_E$  มากกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_B$  ให้ทำทดลองต่อด้วยจุดขยายที่หาได้  $P_E$  ในทางกลับกัน ถ้าผลลัพธ์ที่จุด  $P_E$  น้อยกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_B$  ให้ทำการทดลองต่อด้วยจุดสะท้อนที่หาจากได้  $P_R$

- กรณีผลลัพธ์ที่  $P_R$  มากกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_W$  แต่น้อยกว่าที่จุด  $P_{NW}$  ให้ทำการหดจุด  $P_R$  ไปสู่จุด  $P_{C+}$  โดย

$$P_{C+} = P_{ave} + 0.5(P_{ave} - P_W)$$

ซึ่งถ้าผลลัพธ์ที่จุด  $P_{C+}$  มากกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_R$  ให้ทำการทดลองต่อด้วยจุดที่หัดนั้น  $P_{C+}$  ในทางกลับกัน ถ้าผลลัพธ์ที่จุด  $P_{C+}$  น้อยกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_R$  ให้ทำแทนที่  $P'_W$  และ  $P'_{NW}$  ด้วยจุดที่เคลื่อนเข้าสู่จุด  $P_B$  โดย

$$P'_W = (P_W + P_B)/2$$

$$P'_{NW} = (P_{NW} + P_B)/2$$

จากนั้นให้ทำการทดลองต่อด้วยจุดที่เคลื่อนเข้าสู่จุด  $P_B$

- กรณีผลลัพธ์ที่  $P_R$  น้อยกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_W$  และน้อยกว่าที่จุด  $P_{NW}$  ให้ทำการหาค่าจุด  $P_{C-}$  ไปสู่จุด  $P_C$  โดย

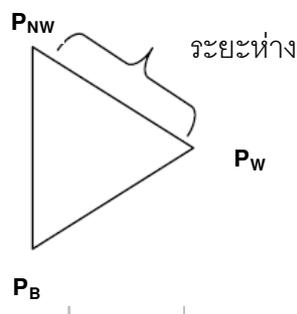
$$P_{C-} = P_{ave} - 0.5(P_{ave} - P_W)$$

ซึ่งถ้าผลลัพธ์ที่จุด  $P_{C-}$  มากกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_W$  ให้ทำการทดลองต่อด้วยจุดที่หัดนั้น  $P_{C-}$  ในทางกลับกัน ถ้าผลลัพธ์ที่จุด  $P_{C-}$  น้อยกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_W$  ให้ทำแทนที่  $P'_R$  และ  $P'_{NW}$  ด้วยจุดที่เคลื่อนเข้าสู่จุด  $P_B$  โดย

$$P'_R = (P_R + P_B)/2$$

$$P'_{NW} = (P_{NW} + P_B)/2$$

จากนั้นให้ทำการทดลองต่อ ด้วยจุดที่เคลื่อนที่เข้าสู่จุด  $P_B$  ทำการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของผลลัพธ์ในแต่ละจุดพิกัดของซิมเพล็กซ์และค่าระยะห่าง (Range) ระหว่างจุดพิกัดในซิมเพล็กซ์สุดท้าย โดยแสดงดังภาพที่ 3.12 และการคำนวณดังนี้



ภาพที่ 3.12

ค่าระยะห่างของวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation = Std ( $P_B, P_{NW}, P_W$ ))

$$\text{ระยะห่าง (Range)} = \text{Min} \sqrt{(y_{i+1} - y_i)^2 + (x_{i+1} - x_i)^2}$$

โดย  $x_i, y_i$  คือจุดพิกัดของผลตอบสนองในแต่ละจุด ( $P_B, P_{NW}, P_W$ ) เช่น

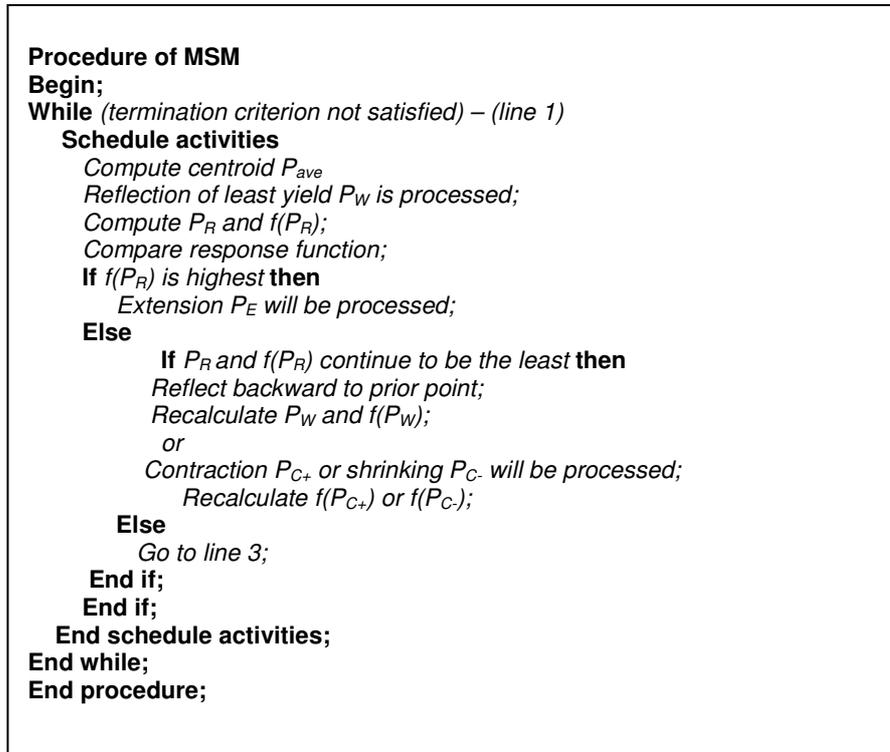
- จุด  $P_B$  ที่  $x_1 = -20, x_2 = 11$  ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลา เท่ากับ 6.59
- จุด  $P_{NW}$  ที่  $x_1 = -20, x_2 = 22$  ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลา เท่ากับ 3.18
- จุด  $P_W$  ที่  $x_1 = -32, x_2 = 15$  ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลา เท่ากับ -0.85

สามารถคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าระยะห่าง ได้ดังนี้

- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = Std (6.59, 3.18, 2.18) = 3.724
- ระยะห่าง =

$$\begin{aligned} & \text{Min}(\sqrt{(22-11)^2 + (-20+20)^2}, \sqrt{(15-22)^2 + (-32-20)^2}, \sqrt{(15-11)^2 + (-32+20)^2}) \\ & = \text{Min} (11, 13.89, 12.65) \\ & = 11 \end{aligned}$$

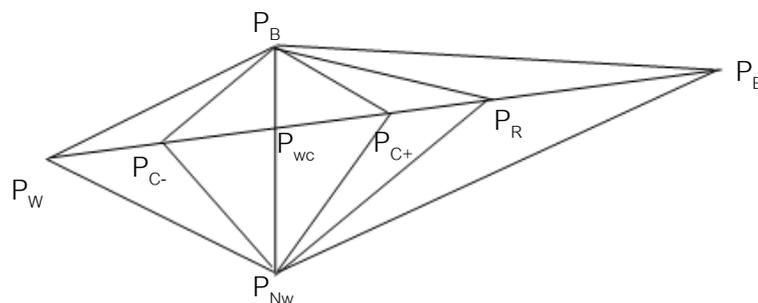
กรณีที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือค่าระยะห่าง (Range) น้อยกว่าค่าที่กำหนดให้ทำการหยุด โดยค่าที่ดีที่สุด จะหาจากผลตอบสนองสูงสุด ( $P_B$ ) ในซิมเพล็กซ์สุดท้าย และทำซ้ำในขั้นตอนที่ 4-6 โดยกระบวนการทำงานที่เป็น รหัสเทียม (Pseudo Code) แสดงได้ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13

รหัสเทียม (Pseudo Code) ของ วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด

### 3.3 การทำงานวิธีซิมเพล็กซ์แบบถ่วงน้ำหนักที่จุดศูนย์กลาง (Weight Centroid Simplex Method)



ภาพที่ 3.14

รูปแบบการเคลื่อนที่ของวิธีซิมเพล็กซ์แบบถ่วงน้ำหนักที่จุดศูนย์กลาง

1. กำหนดสมการพื้นผิวตอบสนองที่ต้องการใช้ในการหาค่าที่ดีที่สุด ในที่นี้คือสมการพื้นผิวพาราโบลิก (Parabolic Surface) โดยการหาค่าตอบจะเป็นแบบค่าตอบที่มากที่สุด (Maximization)

2. กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้น โดยมีจำนวนจุดในการทดลองเท่ากับ  $k+1$  โดยที่  $k$  คือจำนวนตัวแปร เช่นกรณี 2 ตัวแปร จะประกอบด้วยจุดเริ่มต้น 3 จุด ดังรูปที่ 3.14

3. ทำการหาผลตอบสนองในแต่ละจุดการทดลอง จากสมการจุดมุ่งหมายที่กำหนด เช่น

- จุดพิกัดที่ 1  $x_1 = -20, x_2 = 11$  ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลิก เท่ากับ 6.59

- จุดพิกัดที่ 2  $x_1 = -20, x_2 = 22$  ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลิก เท่ากับ 3.18

- จุดพิกัดที่ 3  $x_1 = -32, x_2 = 15$  ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลิก เท่ากับ -0.85

4. ทำการเรียงลำดับผลตอบสนองที่ได้จากการทดลอง

$P_B$  = จุดหรือการทดลองที่ให้ค่าผลตอบสนองสูงสุด

$P_{Nw}$  = จุดหรือการทดลองที่ให้ค่าผลตอบสนองสูงเป็นอันดับสอง

$P_w$  = จุดหรือการทดลองที่ให้ค่าผลตอบสนองน้อยที่สุด

5. ทำการเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ดีที่สุด (Optimum) โดยทำการสะท้อนจากจุด ที่ทำให้ผลลัพธ์ (Yield) น้อยที่สุดไปยังจุด ใหม่  $P_R$  แสดงดังภาพที่ 3.15 โดย

$$P_R = P_{wc} + (P_{wc} - P_w)$$

โดย  $P_{wc}$  คือ จุด ถ่วงน้ำหนัก ระหว่างจุด  $P_B$  และ  $P_{Nw}$  คือ ณ จุดพิกัด  $x_1 = -20, x_2 = 15.38$  ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากสมการของ  $P_{wc}$  ดังข้างล่าง

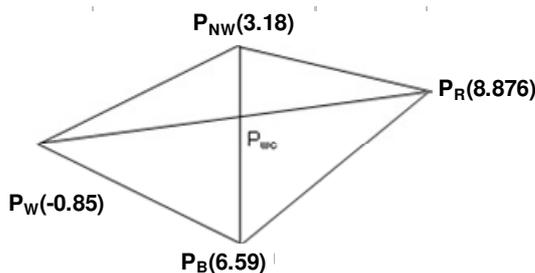
$$P_{wc} = \frac{\sum |Y(P_i) - Y(P_w)| P_i}{\sum |Y(P_i) - Y(P_w)|}$$

ดังนั้นจะได้ว่า  $P_R$  ณ จุดพิกัด

$$x_1 = -20 + (-20 - (-32)) = -8.00$$

$$x_2 = 15.38 + (15.38 - 15) = 15.76$$

และมีค่าผลตอบสนองเท่ากับ 8.876



ภาพที่ 3.15

การเรียงลำดับผลตอบแทนของวิชีมิเพิล็กซ์แบบถ่วงน้ำหนักที่จุดศูนย์กลาง

- กรณีผลลัพธ์ที่  $P_R$  มากกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_{NW}$  แต่น้อยกว่าที่จุด  $P_B$  ให้ทำการทดลองต่อด้วยจุดสะท้อนที่หาได้  $P_R$

- กรณีผลลัพธ์ที่  $P_R$  มากกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_B$  ให้ทำการขยาย  $P_R$  ไปสู่จุด  $P_E$  โดย

$$P_E = P_{wc} + 2(P_{wc} - P_W)$$

ดังนั้น  $P_E$  ณ จุดพิกัด

$$x_1 = -20 + 2 * (-20 - (-32)) = 4$$

$$x_2 = 15.38 + 2 * (15.38 - 15) = 16.14$$

และมีค่าผลตอบแทนเท่ากับ 9.23 ซึ่งถ้าผลลัพธ์ที่จุด  $P_E$  มากกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_B$  ให้ทำทดลองต่อด้วยจุดขยายที่หาได้  $P_E$  ในทางกลับกัน ถ้าผลลัพธ์ที่จุด  $P_E$  น้อยกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_B$  ให้ทำการทดลองต่อด้วยจุดสะท้อนที่หาได้  $P_R$

- กรณีผลลัพธ์ที่  $P_R$  มากกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_W$  แต่น้อยกว่าที่จุด  $P_{NW}$  ให้ทำการหดจุด  $P_R$  ไปสู่จุด  $P_{C+}$  โดย

$$P_{C+} = P_{wc} + 0.5(P_{wc} - P_W)$$

ซึ่งถ้าผลลัพธ์ที่จุด  $P_{C+}$  มากกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_R$  ให้ทำการทดลองต่อด้วยจุดที่หานั้น  $P_{C+}$  ในทางกลับกัน ถ้าผลลัพธ์ที่จุด  $P_{C+}$  น้อยกว่าผลลัพธ์ที่จุด  $P_R$  ให้ทำการแทนที่  $P'_W$  และ  $P'_{NW}$  ด้วยจุดที่เคลื่อนเข้าสู่จุด  $P_B$  โดย

$$P'_W = (P_W + P_B)/2 \quad \text{และ} \quad P'_{NW} = (P_{NW} + P_B)/2$$

จากนั้นให้ทำการทดลองต่อด้วยจุดที่เคลื่อนเข้าสู่จุด  $P_B$

- กรณีผลลัพท์ที่  $P_R$  น้อยกว่าผลลัพท์ที่จุด  $P_W$  และน้อยกว่าที่จุด  $P_{NW}$  ให้ทำการหดจุด  $P_W$  ไปสู่จุด  $P_C$  โดย

$$P_{C-} = P_{WC} - 0.5(P_{WC} - P_W)$$

ซึ่งถ้าผลลัพท์ที่จุด  $P_C$  มากกว่าผลลัพท์ที่จุด  $P_W$  ให้ทำการทดลองต่อด้วยจุดที่หัดนั้น  $P_C$  ในทางกลับกัน ถ้าผลลัพท์ที่จุด  $P_C$  น้อยกว่าผลลัพท์ที่จุด  $P_W$  ให้ทำแทนที่  $P'_R$  และ  $P'_{NW}$  ด้วยจุดที่เคลื่อนเข้าสู่จุด  $P_B$  โดย

$$P'_R = (P_R + P_B)/2 \quad \text{และ} \quad P'_{NW} = (P_{NW} + P_B)/2$$

จากนั้นให้ทำการทดลองต่อ ด้วยจุดที่เคลื่อนที่เข้าสู่จุด  $P_B$

6. ทำการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของผลลัพท์ในแต่ละจุดพิกัดของซิมเพล็กซ์และค่าระยะห่าง (Range) ระหว่างจุดพิกัดในซิมเพล็กซ์สุดท้าย และทำซ้ำในขั้นตอนที่ 4-6 โดยกระบวนการทำงานที่เป็น รหัสเทียม (Pseudo Code) แสดงได้ดังภาพที่ 3.16

```

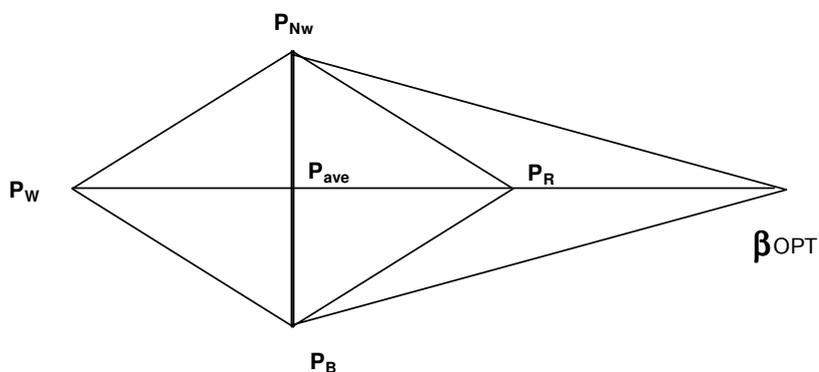
Procedure of WCM
Begin;
While (termination criterion not satisfied) – (line 1)
  Schedule activities
    Compute the weight centroid  $P_{WC}$  ;
    Reflection of least yield  $P_W$  is processed;
    Compute  $P_R$  and  $f(P_R)$ ;
    Compare response function;
    If  $f(P_R)$  is highest then
      Extension  $P_E$  will be processed;
    Else
      If  $P_R$  and  $f(P_R)$  continue to be the least then
        Reflect backward to prior point;
        Recalculate  $P_W$  and  $f(P_W)$ ;
        or
        Contraction  $P_{C+}$  or shrinking  $P_{C-}$  will be processed;
        Recalculate  $f(P_{C+})$  or  $f(P_{C-})$ ;
      Else
        Go to line 3;
    End if;
  End if;
End schedule activities;
End while;
End procedure;

```

ภาพที่ 3.16

รหัสเทียม (Pseudo Code) ของ วิธีซิมเพล็กซ์แบบถ่วงน้ำหนักที่จุดศูนย์กลาง

### 3.4 การทำงานวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดพิเศษ (Super Modified Simplex Method)



ภาพที่ 3.17

รูปแบบการเคลื่อนที่ของวิธี ซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดพิเศษ

1. กำหนดสมการพื้นผิวตอบสนองที่ต้องการใช้ในการหาค่าที่ดีที่สุด ในที่นี้คือสมการพื้นผิวพาราโบลิก (Parabolic Surface) โดยการหาค่าตอบจะเป็นแบบค่าตอบที่มากที่สุด (Maximization)

2. กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้น โดยมีจำนวนจุดในการทดลองเท่ากับ  $k+1$  โดยที่  $k$  คือจำนวนตัวแปร เช่นกรณี 2 ตัวแปร จะประกอบด้วยจุดเริ่มต้น 3 จุด ดังรูปที่ 3.17

3. ทำการหาผลตอบสนองในแต่ละจุดการทดลอง จากสมการจุดมุ่งหมายที่กำหนด เช่น

- จุดพิกัดที่ 1  $x_1 = -20, x_2 = 11$  ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลิก เท่ากับ 6.59
- จุดพิกัดที่ 2  $x_1 = -20, x_2 = 22$  ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลิก เท่ากับ 3.18
- จุดพิกัดที่ 3  $x_1 = -32, x_2 = 15$  ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลิก เท่ากับ  $-0.85$

4. ทำการเรียงลำดับผลตอบสนองที่ได้จากการทดลอง

$P_B$  = จุดหรือการทดลองที่ให้ค่าผลตอบสนองสูงสุด

$P_{Nw}$  = จุดหรือการทดลองที่ให้ค่าผลตอบสนองสูงเป็นอันดับสอง

$P_W$  = จุดหรือการทดลองที่ให้ค่าผลตอบสนองน้อยที่สุด

5. ทำการเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ดีที่สุด (Optimum) โดยทำการสะท้อนผลลัพธ์ (Yield) โดยการคำนวณสร้างสมการกำลังสอง (Second – Order Polynomial) ในรูปแบบตัวแปร  $\beta_{opt}$  ซึ่งเกิดจากการสมการ

$$\beta_{opt} = \frac{Y(P_R) - 4 \cdot Y(P_{ave}) + 3 \cdot Y(P_W)}{2 \cdot Y(P_R) - 4 \cdot Y(P_{ave}) + 2 \cdot Y(P_W)}$$

โดยที่  $P_{ave}$  คือ จุดกึ่งกลาง ระหว่างจุด  $P_B$  และ  $P_{NW}$  ณ จุดพิกัด  $x_1 = -20$ ,  $x_2 = 16.5$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.27 และค่า  $P_R$  ณ จุดพิกัด  $x_1, x_2$  มีค่าผลตอบแทนเท่ากับ 8.3

$$x_1 = -20 + (-20 - (-32)) = -8$$

$$x_2 = 16.5 + (16.5 - 15) = 18$$

ทำการแทนค่า  $P_R, P_W$  และ  $P_{ave}$  ลงในสมการของ  $\beta_{opt}$  จะได้ค่าเท่ากับ 2.48 เนื่องจากค่าของ  $\beta_{opt}$  มีค่ามากกว่าจุดที่ผลตอบแทนน้อยที่สุดและมีค่าน้อยกว่าจุดที่ผลตอบแทนมากที่สุดจึงนำไปสู่การหาค่า  $Z$

6. ทำการพยากรณ์พิกัดจุดใหม่โดยนำค่า  $\beta_{opt}, P_{ave}$  และ  $P_W$  มาแทนในสมการพยากรณ์จุด

$$Z = \beta_{opt} P_{ave} + (1 - \beta_{opt}) P_W$$

$$Z(x_1) = (2.48 * (-20)) + (1 - 2.48) * (-32)$$

$$Z(x_1) = -2.24$$

$$Z(x_2) = (2.48 * 16.5) + (1 - 2.48) * (15)$$

$$Z(x_2) = 25.16$$

$$Z(x_1, x_2) = (-2.24, 25.16)$$

นำผลที่ได้ไปเป็นค่าคำนวณสำหรับการอ้างอิงหาค่าจุดถัดไปต่อไปโดยแทนในสมการพื้นผิวพาราโบลิกจะได้ค่าผลตอบแทนที่จุด  $Z$  เท่ากับ 0.6524 ซึ่งมีค่ามากกว่าจุดที่น้อยที่สุด ดังนั้นให้ทำการแทนจุดที่น้อยที่สุดด้วยค่าใหม่แล้ว ก็เริ่มหาจุดถัดไป

สำหรับในกรณีที่  $\beta_{opt}$  มีค่าน้อยกว่าจุดที่ผลตอบแทนน้อยที่สุด หรือมีค่ามากกว่าจุดที่ผลตอบแทนมากที่สุดทำให้ไม่สามารถสร้างสมการกำลังสองได้ จึงให้กลับไปใช้วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด (Modified Simplex Method) ในการยืด (Expansion) หรือการหดลง (Contraction) แทนในการคำนวณการเคลื่อนตัวของซิมเพล็กซ์ต่อไป โดยกระบวนการทำงานที่เป็น รหัสเทียม (Pseudo Code) แสดงได้ดังภาพที่ 3.18

```

Procedure of SMS
Begin;
While (termination criterion not satisfied) – (line 1)
  Schedule activities
    Reflection of least yield  $P_W$  is processed;
    Compute the centroid  $P_{ave}$  ;
    Compute the  $\beta_{opt}$ 
    Compute  $P_R$  and  $f(P_R)$ ;
    Compute  $Z$  optimize;
    Compare response function;
    If  $\beta_{opt}$  could not met condition then
      Return to MSM method;
    Else
      If  $f(Z)$  is highest then
         $Z$  will be processed;
      Else
        Go to line 3;
      End if;
    End if;
  End schedule activities;
End while;

```

ภาพที่ 3.18

รหัสเทียม (Pseudo Code) ของ วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดพิเศษ

### 3.5 การทำงานวิธีซิมเพล็กซ์แบบผสม (Complex Simplex Method)

ขั้นการวิธการค้นหาค่าที่เหมาะสมของวิธีซิมเพล็กซ์แบบผสม สามารถแสดงขั้นตอนการทำงานได้ดังต่อไปนี้

พิจารณาจากข้อจำกัด Constrained ของฟังก์ชัน Himmelblau ที่  $0 \leq x_1$  และ  $x_2 \leq 5$

$$\text{Minimize } f(x) = (x_1^2 + x_2 - 11)^2 + (x_1 + x_2^2 - 7)^2$$

Subject to

$$g_1(x) = 26 - (x_1 - 5)^2 - x_2^2 \geq 0$$

$$g_2(x) = 20 - 4x_1 - x_2 \geq 0$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของขอบเขตตัวแปรเป็น 0 และ 5, ค่าสัมประสิทธิ์ของการสะท้อน  $\alpha = 1.3$  และค่าสัมประสิทธิ์ในการหยุด  $\epsilon = \delta = 10^{-3}$

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเซตเริ่มต้น  $P$  โดยให้  $N = 2$  ซึ่งจะทำให้ได้จุดที่เป็นไปได้ (feasible point) 4 จุดด้วยกัน เพื่อเริ่มสร้างจุดให้ทำการสุ่มค่ามาสองค่า

$$x_1^p = x_1 + r_1(x_2 - x_1)$$

$$x_1 = 0 + r_1(5 - 0)$$

ให้  $r_1 = 0.10$  และ  $r_2 = 0.15$  แทนค่าจะได้  $x^{(1)} = (0.5, 0.75)^T$  และทำการตรวจสอบค่าที่เป็นไปได้ตามสมการฟังก์ชันของข้อจำกัดหรือไม่

$$g_1(x^{(1)}) = 5.19 > 0$$

$$g_2(x^{(1)}) = 17.25 > 0$$

ซึ่งนั่นก็หมายความว่าจุด  $x_1$  มีค่าที่เป็นไปได้ (Feasible point) จากนั้นก็ทำการสุ่มค่าขึ้นมาใหม่เพื่อที่จะหาจุดถัดไปอีกสองค่า  $r_1 = 0.4$ ,  $r_2 = 0.7$  จะค่าของจุดที่สอง  $x_2 = (2.0, 3.5)^T$  ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 3.21

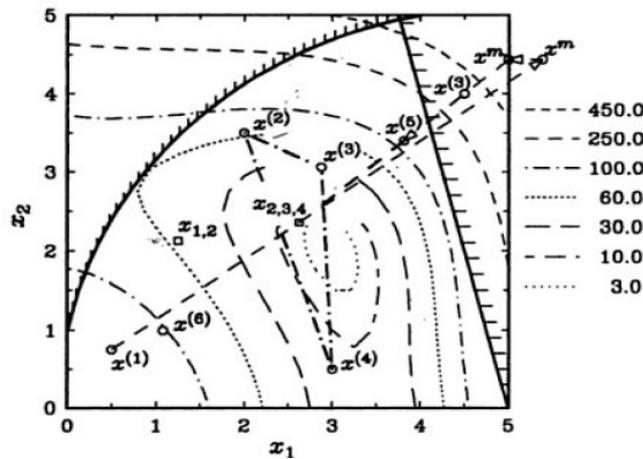
สร้างจุดถัดไปโดยสุ่มค่าอีกสองค่า  $r_1 = 0.9$ ,  $r_2 = 0.8$  จะค่าของจุดที่สาม  $x_3 = (4.5, 4.0)^T$  สำหรับจุดนี้เมื่อทำการตรวจสอบกับสมการฟังก์ชันพบว่าที่  $g_1(x^{(3)}) = 0.75 > 0$  และ  $g_2(x^{(3)}) = -2.0 < 0$  ซึ่งเป็นเท็จโดยมีค่าอยู่นอกขอบเขตของข้อจำกัดถือว่าเป็นจุดที่ใช้ไม่ได้ ดังนั้นต้องสร้างใหม่ โดยผ่านการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจุดกึ่งกลางของสองจุดแรก ค่าจุดกึ่งกลางที่คำนวณได้คือ

$$\bar{x} = (1.250, 2.125)^T$$

ซึ่งจะได้จุดใหม่เป็น  $x_3 = (2.875, 3.062)^T$

$$x^{(3)} = \begin{pmatrix} 4.500 \\ 4.000 \end{pmatrix} + \frac{1}{2} \left( \begin{pmatrix} 1.250 \\ 2.125 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 4.500 \\ 4.000 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 2.875 \\ 3.062 \end{pmatrix}$$

สร้างจุดถัดไปโดยสุ่มค่าอีกสองค่า  $r_1 = 0.6$ ,  $r_2 = 0.1$  จะค่าของจุดที่สี่  $x_3 = (3.0, 0.5)^T$  เมื่อได้จุดครบทั้งสี่จุดแล้วก็ทำการตรวจสอบสมการฟังก์ชันของแต่ละจุดจะได้  $f(x^{(1)}) = 135.25$ ,  $f(x^{(2)}) = 64.812$ ,  $f(x^{(3)}) = 27.711$  และ  $f(x^{(4)}) = 16.312$



ภาพที่ 3.19

การเคลื่อนที่ของวิธีซิมเพล็กซ์แบบผสม

ที่มา: Optimization for Engineering Design

ขั้นตอนที่ 3 หาจุดที่แย่ที่สุดและทำการสะท้อนผ่านจุดกึ่งกลางของจุดที่เหลือ ซึ่งในที่นี้จุดที่แย่ที่สุดคือ  $f(x^{(1)}) = 135.25$  ดังนั้น  $x^R = x^{(1)}$  ได้  $F_{\max} = 135.25$  โดยที่จุดกึ่งกลางของจุดที่ 2, 3 และ 4 คือ  $\bar{x} = (2.635, 2.354)^T$  จุดใหม่ที่ได้จากการสะท้อนคือ

$$x^{(m)} = \begin{pmatrix} 2.625 \\ 2.354 \end{pmatrix} + 1.3 \left( \begin{pmatrix} 2.625 \\ 2.354 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.500 \\ 0.750 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 5.387 \\ 4.439 \end{pmatrix}$$

จุดใหม่จากการคำนวณตกอยู่นอกขอบเขตของข้อจำกัด ทำให้จุด  $x^m$  เป็นจุดที่ใช้ไม่ได้ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุง โดยตรวจสอบว่าจุดนี้อยู่ใกล้ค่าขอบเขตของตัวแปรหรือไม่อย่างไร

ขั้นตอนที่ 4 การตรวจสอบความเป็นไปได้ของจุด  $x^m$

- เนื่องจาก  $x_1^m > x_1^{(u)} = 5$  เรากำหนดให้  $x_1^m = 5$  ซึ่งจะทำให้จุดใหม่ที่ได้  $x_1^m = (5.00, 4.439)^T$  จากการที่ให้  $x_1 = 5$  ก็ยังทำให้จุดที่เกิดขึ้นใหม่ไม่เหมาะสมอยู่

- ทำการหดรยะทางลงครึ่งหนึ่งจากจุดกึ่งกลาง Centriod โดยการหาค่าเฉลี่ยของจุด  $\bar{x}$  และ  $x^m$

$$x^m = (\bar{x} + x^m)/2 = (3.813, 3.397)^T$$

จุดใหม่ที่ได้เป็นจุดซึ่งเหมาะสม โดยนำไปเป็นจุด  $x^{(5)}$  และหาค่า  $F_{max}$  ของ  $f(x(5)) = 117.874$  โดยมีค่าที่น้อยกว่า  $F_{max} = 135.250$

ขั้นตอนที่ 5 จัดรูปซิมเพล็กซ์และตรวจสอบกับเงื่อนไขการหยุดหรือไม่

- จัดรูปซิมเพล็กซ์ใหม่โดยการแทนที่  $x^{(1)}$  ด้วย  $x^m$  และคำนวณค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน  $\bar{f} = 61.02$  และ  $\bar{x} = (2.094, 1.953)^T$

- หาค่า  $\sqrt{\sum_p (f(x^{(p)}) - \bar{f})^2} \leq \epsilon$  และ  $\sqrt{\sum_p \|x^{(p)} - \bar{x}\|^2} \leq \epsilon$  จะได้ค่า  $\bar{f} = 8685.9$

ซึ่งมีค่ามากกว่า ค่า  $\epsilon^2$  และ  $\delta^2$  เป็นการสิ้นสุดการหาค่าที่เหมาะสมในหนึ่งรอบของการค้นหา (iteration)

- ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 3-5 จนได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด

โดยกระบวนการทำงานที่เป็น รหัสเทียม (Pseudo Code) แสดงได้ดังภาพที่ 3.20

```

Procedure of CSM
Begin;
Initialize the problem and parameters
While (termination criterion not satisfied) – (line 1)
  Schedule activities
  Calculate complex points and check against constraints
  Reflection of least yield  $P_W$  is processed;
  Compute  $P_R$  and  $f(P_R)$ ;
  Compare response function;
  If  $f(P_R)$  is highest then
    Replace  $P_R$  into  $P_W$  will be processed;
  Else
    If  $P_R$  and  $f(P_R)$  continue to be the least then
      Reflect backward to prior point;
      Recompute  $P_R$  and  $f(P_R)$  and check against constraints;
      Recalculate  $P_W$  and  $f(P_W)$ ;
    Else
      Go to line 3;
    End if;
    Check the termination criteria;
  End if;
End schedule activities;
End while;
End procedure;

```

ภาพที่ 3.20

รหัสเทียม (Pseudo Code) ของวิธีซิมเพล็กซ์แบบผสม

### 3.6 การทำงานวิธีลึอกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช (Logarithm Harmony Search Algorithm)

การวิเคราะห์ปัญหาจะเริ่มจากการระบุตัวแปรที่สำคัญอันประกอบด้วย HMCR, PAR, HM, ขอบเขตของค่า  $x$  และ iteration (รอบในการค้นหา) หลังจากนั้นจะสร้างผลตอบสนองเริ่มต้นและดำเนินการในระบบของ Harmony เพื่อค้นหาคำตอบที่ให้ค่าผลตอบสนองที่ดีที่สุด ( $y$ ) พร้อมกับค่าปัจจัย ( $x$ ) ที่ส่งผลให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเช่นกัน โดยวิธีการทำงานเป็นดังนี้

1. กำหนดค่าของตัวพารามิเตอร์และสมการรูปแบบของปัญหาที่จะทำการวิเคราะห์อันได้แก่

$f(x)$  : สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$x_i$  : ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

$N$  : จำนวนของตัวแปรตัดสินใจ (Number of Decision Variables)

HMS : จำนวนของชุดของตัวโน้ตในการจัดเก็บ (Number of Solution Vectors in HM)

HMCR : เป็นค่าความน่าจะเป็นในการเลือกตัวโน้ตที่มีในระบบ (HM Considering Rate)

PAR : ความน่าจะเป็นในการเลือกปรับระดับตัวโน้ต (Pitch Adjusting Rate)

Bw : ช่วงกว้างของระยะทางในการปรับระดับ (Distance Band Width)

NI : จำนวนครั้งของการค้นหา (Number of Solution Vector Generations)

2. สุ่มตัวเลขเริ่มต้น 1 ชุดจำนวน  $n$  ตัว แล้วนำมาแทนค่าปัจจัย  $X_i$  ในสมการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface) ตามลำดับ จากนั้นคำนวณ หาค่าผลลัพธ์  $Y_i$  (Yield) ของสมการเพื่อเป็นค่าตั้งต้นตามจำนวนที่ระบุไว้ใน HM

$$HM = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im-1}, x_{im}\} \quad \text{โดยที่ } i = 1, 2, 3, \dots, \text{HMS}$$

3. เรียงลำดับผลตอบสนองจากดีที่สุดไปจนถึงแย่มากที่สุด โดยดูจากค่า  $Y_i$  (Yield)

4. คำนวณโปรแกรมตามข้อมูลที่กำหนดในค่าตัวแปร เช่น HM (ขนาดของการจัดเก็บชุดตัวโน้ต) มีค่าเท่ากับ 10, HMCR (อัตราการเลือกตัวโน้ตจาก HM) มีค่าเท่ากับ 0.95, PAR (อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับของตัวโน้ต), Bw (Distance bound wide) โดยผ่านสมการที่กำหนดไว้

$$PAR(gn) = PAR_{\min} + \frac{(PAR_{\max} - PAR_{\min})}{NI} \times gn$$

เมื่อ

PAR: อัตราการปรับระดับเสียงสำหรับแต่ละรุ่น (Pitch Adjusting Rate for each Generation)

$PAR_{min}$ : อัตราการปรับระดับเสียงต่ำสุด (Minimum Pitch Adjusting Rate)

$PAR_{max}$ : อัตราการปรับระดับเสียงสูงสุด (Maximum Pitch Adjusting Rate)

NI: จำนวนการสร้างเวกเตอร์โซลูชัน (Number of Solution Vector Generation)

gn : จำนวนหมายเลขรุ่น (Generation Number)

และ

$$Bw(gn) = Bw_{max} \exp(c \cdot gn)$$

$$c = \frac{\ln\left(\frac{Bw_{min}}{Bw_{max}}\right)}{NI}$$

เมื่อ

$Bw(gn)$  : แบนด์วิดท์สำหรับแต่ละรุ่น (Bandwidth for each Generation)

$Bw_{min}$  : แบนด์วิดท์ต่ำสุด (Minimum Band Width)

$Bw_{max}$  : แบนด์วิดท์สูงสุด (Maximum Band Width)

5. คำนวณค่าที่ได้จากระบบใหม่เปรียบเทียบกับค่าที่จัดเก็บไว้ใน HM โดยการแทนค่าปัจจัย  $X_i$  ลงในสมการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface) ตามลำดับ จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าผลลัพธ์  $Y_i$  (Yield) ของสมการเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าของผลตอบสนอง

6. จัดลำดับผลตอบสนองจากค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดไปแย่ที่สุด หลังจากนั้นทำการกำจัดผลตอบสนองที่แย่ที่สุดนั้นออกไปจาก HM เพื่อปรับระดับและจำนวนของ HMS ให้มีขนาดเท่าเดิม

7. เปรียบเทียบค่าต่อไปเรื่อย ๆ จนครบตามจำนวนซ้ำที่กำหนด

8. วิเคราะห์ค่าที่ได้ใน HMS หยุดกระบวนการ

โดยกระบวนการทำงานที่เป็นรหัสเทียม (Pseudo Code) แสดงได้ดังภาพที่ 3.21

```

Procedure LOGARITHM HARMONY SEARCH, HSA Meta-heuristic ()
Begin;
  Initialise algorithm parameters:
    IM: the preset number of improvisations
    HMS: the size of the harmony memory
    Bw: the 'distance bandwidth' or the amount of maximal change for pitch
      adjustment between two neighbouring values in discrete candidate set
    PHMCR: the rate of considering from the harmony memory
    PPAR: the 'pitch adjustment rate
  Initialise the HMS harmony memories;
  Evaluate the fitness values for all HMS;
  For j = 1 to IM
    Randomly select a position of [1, 2, ..., HMS] to improvise;
    Generate a random number in the range [0, 1] or RN1;
    Check RN1 with PHMCR;
    if RN1 < PHMCR better, then pick the component from memory;
      Generate a random number in the range [0, 1] or RN2;
      if RN2 < PPAR better, then adjust the harmony by a small amount Bw;
        Generate a random number in the range [0, 1] or RN3;
        if RN3 > 0.5
          Pitch Adjustment Harmony vector increase;
        else
          Pitch Adjustment Harmony vector decrease;
        end if;
      else
        Do nothing;
      end if;
    else
      Pick a new random value in the allowed range;
    end if;
    Replace a new harmony if better;
  end for;
end;
end procedure;

```

ภาพที่ 3.21

รหัสเทียม (Pseudo Code) ของวิธีอัลกอริทึมฮาร์โมนีเมธีร์ซ

### 3.7 การทำงานวิธีการปัสอัลกอริทึม (The Bees Algorithm)

อัลกอริทึมนี้จะประกอบไปด้วยกลุ่มของพารามิเตอร์ ที่ต้องการซึ่งกำหนดชื่อเพื่อใช้ในการคำนวณนั้นคือ

1. จำนวนของผึ้งสังเกตการณ์ (Number of Scout Bees,  $n$ )
2. จำนวนพื้นที่ ๆ เลือกจาก  $n$  พื้นที่ ๆ ผึ้งสำรวจ (Number of Sites Selected out of  $n$  Visited Sites,  $m$ )
3. จำนวนพื้นที่ ๆ ดีที่สุดจาก  $m$  พื้นที่ ๆ เลือก (Number of Best Sites out of  $m$  Selected Sites,  $e$ )
4. จำนวนผึ้งที่ส่งไปที่พื้นที่  $e$  พื้นที่ที่ดีที่สุด (Number of Bees Recruited for Best  $e$  Sites,  $n_{ep}$ )
5. จำนวนผึ้งที่ส่งไปที่พื้นที่  $m-e$  ที่เหลือจากกลุ่มที่ดีที่สุด (Number of Bees Recruited for the other  $m-e$  Selected Sites,  $n_{sp}$ )
6. ขนาดตั้งต้นของแหล่งอาหารซึ่งประกอบด้วยแหล่งอาหารและพื้นที่ใกล้เคียง (Initial Size of Patches,  $ngh$ )
7. เกณฑ์ในการหยุด (Stopping Criteria)

รหัสเทียม (Pseudo Code) ของปัสอัลกอริทึมดังภาพที่ 3.22 โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนแรก อัลกอริทึมจะเริ่มต้นที่ผึ้งสังเกตการณ์ทุกตัว (จำนวน  $n$  ตัว) เข้าไปสุ่มหาค่าในพื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ในขอบเขต

ขั้นตอนที่สอง คือการประเมินความเหมาะสมของผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ได้จากผึ้งสังเกตการณ์

ขั้นตอนที่สาม ถ้าผลลัพธ์เป็นที่พอใจแล้วก็ให้หยุดทำการ ถ้ายังต้องการค่าที่ดีกว่าให้ทำการหาต่อ

ขั้นตอนที่สี่ ให้กลุ่มของผึ้งที่มีผลลัพธ์ในช่วงสูงสุด (จำนวน  $m$  ตัว) เป็น "ผึ้งที่ถูกเลือก" (Selected Bees) และพื้นที่ ๆ ผึ้งเหล่านี้ไปพบจะถูกเลือกให้สำรวจพื้นที่ใกล้เคียง จากนั้นใน

ขั้นตอนที่ห้าและหก อัลกอริทึมจะทำการสำรวจพื้นที่ใกล้เคียง (Neighborhood Search) ของกลุ่มผึ้งที่ถูกเลือก โดยใช้ผึ้งจำนวนมากกว่าลงไปสำรวจในพื้นที่ ๆ ดีกว่า (จำนวน  $e$  พื้นที่) และจำนวนน้อยกว่าลงในพื้นที่ ๆ เหลือ (จำนวน  $m-e$  พื้นที่) และเลือกค่าที่ดีที่สุดในการสำรวจนี้เป็นตัวแทนของผึ้งในพื้นที่นี้

การสำรวจพื้นที่ใกล้เคียงของพื้นที่  $e$  ที่ดีที่สุดนี้ ถูกเสนอว่าเป็นพื้นที่ ๆ น่าจะมีผลลัพธ์ที่ดีกว่า จึงมีการส่งผึ้งจำนวนมากลงไปสำรวจเพิ่ม (จำนวน  $nep$ ) ส่วนพื้นที่ ๆ เหลือจะมีการส่งผึ้งจำนวนน้อยกว่าลงไปสำรวจเพิ่ม (จำนวน  $nsp$ ) อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนที่หก จะทำการเลือกเฉพาะผึ้งที่มีผลลัพธ์สูงสุดของพื้นที่นั้นเพียงตัวเดียวเป็นตัวแทน แต่ในธรรมชาติจะไม่มีข้อบังคับนี้ ข้อบังคับนี้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อควบคุมจำนวนการสำรวจ

ขั้นตอนที่เจ็ด ผึ้งที่เหลือก็จะถูกส่งไปยังที่อื่น ๆ เพื่อค้นหาพื้นที่ ๆ อาจมีผลลัพธ์ที่ดีใหม่ ขบวนการนี้จะถูกทำซ้ำวนรอบไปเรื่อย ๆ จนกว่าครบตามเงื่อนไข เช่น ได้ค่าที่พึงพอใจหรือไม่ สามารถได้ค่าที่ดีขึ้น เมื่อจบการสำรวจในแต่ละรอบ ผึ้งผึ้งจะมีประชากรกลุ่มใหม่เกิดขึ้นสองส่วน นั่นคือส่วนที่เกิดจากผึ้งตัวที่ดีที่สุดของแต่ละพื้นที่และส่วนที่เกิดจากการสุ่มสำรวจใหม่

#### Procedure Bees Meta-heuristic ()

##### Begin;

*Initialise algorithm parameters:*

*Number of Scout Bees,  $n$*

*Number of Sites Selected out of  $n$  Visited Sites,  $m$*

*Number of Best Sites out of  $m$  Selected Sites),  $e$*

*Number of Bees Recruited for Best  $e$  Sites,  $nep$*

*Number of Bees Recruited for the other  $m-e$  Selected Site),  $nsp$*

*Initial Size of Patches , $ngh$*

*Initialize population with random solutions.*

*Evaluate fitness of the population.*

**While** (stopping criterion not met) //Forming new population.

*Select sites for neighborhood search.*

*Recruit bees for selected sites (more bees for best  $e$  sites) and evaluate fitnesses.*

*Select the fittest bee from each patch.*

*Assign remaining bees to search randomly and evaluate their fitnesses.*

**End While** until a termination condition is met.

**End procedure**

ภาพที่ 3.22

รหัสเทียม (Pseudo Code) ของปี่ส์อัลกอริทึม

### 3.8 แนวทางการประยุกต์ใช้งานของวิธีซิมเพล็กซ์

แนวคิดที่จะใช้วิธีผสมผสานวิธีฮิวริสติกที่มีอยู่เข้าด้วยกัน แทนที่จะค้นหาวิธีฮิวริสติกในแบบความคิดใหม่ ๆ เพื่อการค้นหาลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ได้ถูกกล่าวถึงอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถลดระยะเวลาในการศึกษาได้เป็นอย่างดี ดังนั้นแนวทางการดำเนินการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผสมผสานโดยนำเอาวิธีการของซิมเพล็กซ์ซึ่งปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมในการนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมอันเนื่องมาจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของซิมเพล็กซ์เองและองค์ประกอบทางด้านของตัวปัญหาในปัจจุบันที่ความซับซ้อนมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามวิธีซิมเพล็กซ์ก็ยังมีข้อดีอยู่และเพื่อให้เป็นแนวทางหรือทางเลือกใหม่ ๆ สำหรับการค้นหาคำตอบให้ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นแนวความคิดการนำเอาซิมเพล็กซ์มาประยุกต์ร่วมกับวิธีฮิวริสติกเข้าด้วยกันก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจเนื่องจากวิธีฮิวริสติกแต่ละวิธีมีขั้นตอนและความสามารถในการค้นหาลัพธ์ที่แตกต่างกันออกไป และการวัดความสามารถสมรรถนะของการผสมผสานวิธีฮิวริสติกในรูปแบบแบบต่าง ๆ ในครั้งนี้ในแต่ละวิธีของการผสมผสานจะมีตัวชี้วัด 3 ชนิดคือ ค่าเฉลี่ยลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และอัตราส่วนเอสต่อเอ็น (S/N Ratio, Signal-to-Noise Ratio) ดังนั้นแนวคิดวิธีการผสมผสานของวิธีซิมเพล็กซ์กับวิธีฮิวริสติกของปีส์อัลกอริทึมและลือกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช โดยวิธีสำรวจคำตอบใกล้เคียงในการค้นหาตัวแปรใกล้เคียงในระหว่างการค้นหาค่าตัวแปรในแต่ละรอบเพื่อเป็นการเพิ่มขีดความสามารถสมรรถนะในการค้นหาคำตอบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นนั้น ได้นำเสนอวิธีการออกแบบกระบวนการปรับปรุงไว้ดังต่อไปนี้

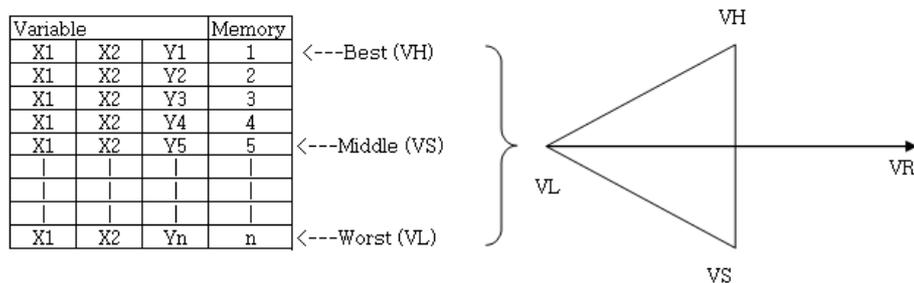
ในการประยุกต์การค้นหาคำตอบจะนำเอาวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด (Modified Simplex Method, MSM) มาทำการประยุกต์ในการช่วยหาคำตอบโดยโครงสร้างของการประยุกต์แสดงได้ดังภาพที่ 3.23 และรหัสเทียม (Pseudo Code) เมื่อทำการประยุกต์ร่วมวิธีของเมตาฮิวริสติกแบบวิธีปีส์อัลกอริทึม และวิธีลือกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชดังแสดงในภาพที่ 3.24– 3.25

เมื่อกำหนดให้

$V_L$  แทน จุดพิกัดที่มีค่าผลตอบสนองน้อยที่สุดใน ขนาดของความจำของชุดคำตอบที่มีการจัดเก็บไว้แล้วในแต่ละจุดของการตอบสนอง

$V_S$  แทน จุดพิกัดที่มีค่าผลตอบสนองน้อยที่สุดที่อยู่ตรงกลางขนาดของชุดคำตอบที่มีการจัดเก็บไว้แล้วในแต่ละจุดของการตอบสนอง

$V_H$  แทน จุดพิกัดที่มีค่าผลตอบสนองมากที่สุดขนาดของชุดคำตอบที่มีการจัดเก็บไว้แล้วในแต่ละจุดของการตอบสนอง



ภาพที่ 3.23

วิธีการสร้างตำแหน่งของการประยุกต์ใช้ซิมเพล็กซ์ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวอย่างรหัสเทียม (Pseudo Code) กรณีของการประยุกต์ใช้วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีสอัลกอริทึมมีรูปแบบดังภาพที่ 3.24

```

Procedure Bees Meta-heuristic ()
Begin;
  Initialise algorithm parameters:
    Number of Scout Bees, n
    Number of Sites Selected out of n Visited Sites, m
    Number of Best Sites out of m Selected Sites), e
    Number of Bees Recruited for Best e Sites, nep
    Number of Bees Recruited for the other m-e Selected Site, nsp
    Initial Size of Patches, ngh
  Initialize population with random solutions.
  Evaluate fitness of the population.
  While (stopping criterion not met) //Forming new population.
    Select sites for neighborhood search.
    Recruit bees for selected sites (more bees for best e sites) and evaluate fitnesses.
    Select the fittest bee from each patch.
    Assign remaining bees to search randomly and evaluate their fitnesses.
    Select points from the population based on rank-based fitness to generate the initial simplex.
    Applying Simplex operators (reflection, expansion, contraction and shrinkage
    Replace the selected points in the population based
  End While until a termination condition is met.
End procedure
  
```

ภาพที่ 3.24

รหัสเทียม (Pseudo Code) ของการประยุกต์ใช้วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีสอัลกอริทึม

ตัวอย่างรหัสเทียม (Pseudo Code) ของการประยุกต์ใช้วิธีหิมเพิลท์กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับอัลกอริธึมฮาร์โมนีซีร์ซที่มีรูปแบบดังภาพที่ 3.25

```

Procedure LOGARITHM HARMONY SEARCH, HSA Meta-heuristic ()
Begin;
  Initialise algorithm parameters:
    IM: the preset number of improvisations
    HMS: the size of the harmony memory
    Bw: the 'distance bandwidth' or the amount of maximal change for pitch adjustment
    between two neighbouring values in discrete candidate set
    PHMC: the rate of considering from the harmony memory
    PPAR: the 'pitch adjustment rate
  Initialise the HMS harmony memories;
  Evaluate the fitness values for all HMS;
  For j = 1 to IM
    Randomly select a position of [1, 2, ..., HMS] to improvise;
    Generate a random number in the range [0, 1] or RN1;
    Check RN1 with PHMC;
    If RN1 < PHMC better, then pick the component from memory;
      Generate a random number in the range [0, 1] or RN2;
      If RN2 < PPAR better, then adjust the harmony by a small amount Bw;
        Generate a random number in the range [0, 1] or RN3;
        If RN3 > 0.5
          Pitch Adjustment Harmony vector increase;
        Else
          Pitch Adjustment Harmony vector decrease;
        End if;
      Else
        Do nothing;
      End if;
    Else
      Pick a new random value in the allowed range;
    End if;
    Replace a new harmony if better;
    Select points from the population based on rank-based fitness to generate the initial simplex.
    Applying Simplex operators (reflection, expansion, contraction and shrinkage
    Replace a new harmony if better in the population based
  End for;
End;
End procedure;

```

ภาพที่ 3.25

รหัสเทียม (Pseudo Code) ของการประยุกต์ใช้วิธีหิมเพิลท์กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับอัลกอริธึมฮาร์โมนีซีร์ซ