บทที่ 3

การดำเนินการ

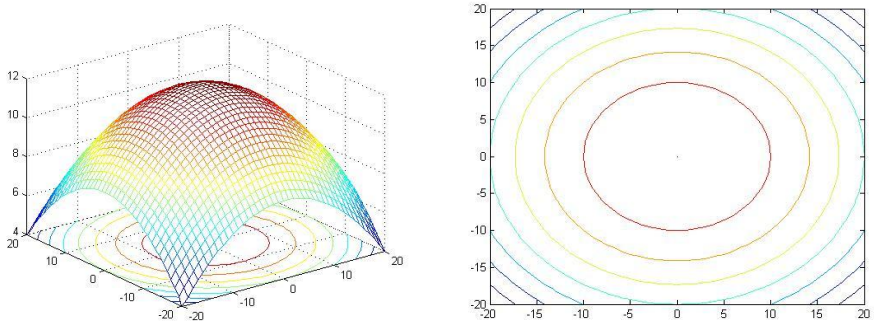
3.1 ปัญหาพื้นผิวตอบสนองที่ใช้ในการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานจะทำการจำลอง และวิเคราะห์ข้อมูลของระบบการผลิตผ่านทางพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface) ที่แตกต่างกันเช่น สมการพื้นผิวพาราโบลิค (Parabolic Surface) เป็นต้น ลักษณะของปัญหาอาศัยหลักการทางด้านสถิติและคณิตศาสตร์มาประกอบกัน โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการผลิตและผลตอบสนองที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ในการทดสอบจะเพิ่มสิ่งรบกวน (Noise) เข้าในระบบ เพื่อจำลองให้ใกล้เคียงกับรูปแบบกระบวนการผลิตจริง ทั้งนี้ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิต และผลตอบสนองที่เกิดจากกระบวนการผลิต สำหรับสมการที่มีจำนวนปัจจัย (Independent Factors) เท่ากับ k และกำหนดขอบเขตของปัจจัยในสมการต่าง ๆ ไว้ที่ -20 ถึง 20 ดังนี้

3.1.1 สมการพื้นผิวพาราโบลิค (Parabolic Surfaces)

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

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิวพาราโบลิคที่มีจำนวนปัจจัย (k) เท่ากับ 2 จะมีค่าเท่ากับ 12 ที่ $x_1 = 0$ และ $x_2 = 0$ ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.1.1

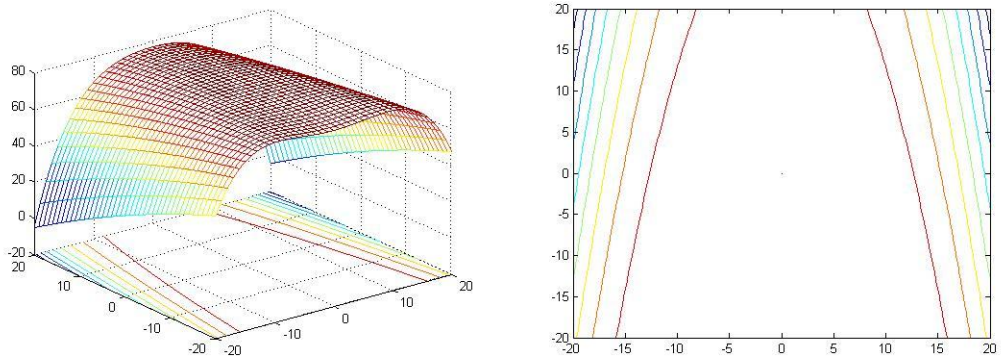


ภาพที่ 3.1.1
พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับของสมการพาราโบลิคกรณี 2 ปัจจัย

3.1.2 สมการพื้นผิวโรเซ็นบรอค (Rosenbrock Curved Ridge Surfaces)

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

โดยที่ a_1, a_2, a_3 และ a_4 เป็น 6, -7, -2, 4 และ 5 ตามลำดับ และค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิวโรเซ็นบรอคที่มีค่าจำนวนปัจจัย (k) เท่ากับ 2 จะมีค่าเท่ากับ 80 ที่ $x_1 = 0$ และ $x_2 = 0$ ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.1.2

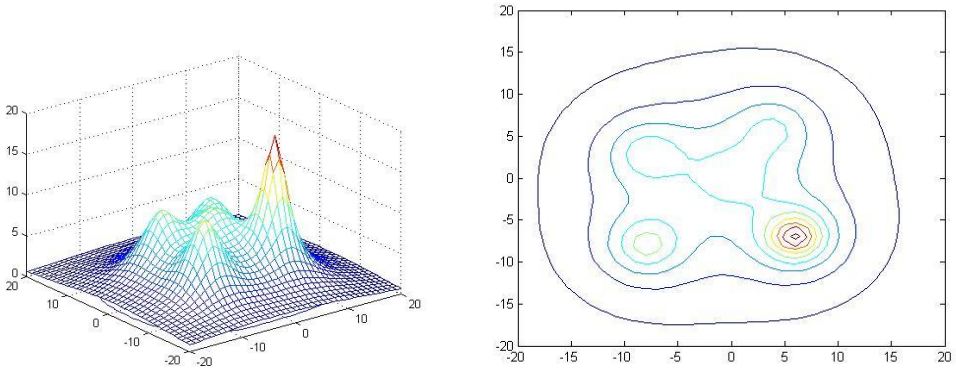


ภาพที่ 3.1.2
พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับของสมการโรเซ็นบรอคกรณี 2 ปัจจัย

3.1.3 สมการพื้นผิวเซ็คเกล (Shekel Multi Peak Surfaces)

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

โดยมี a_{ij} และ c_i เป็นค่าคงที่ตามค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.1 ในกรณีที่ i มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 และ j มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 4 ตามลำดับ ค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิวเซ็คเกลแบบ 5 จุดยอด ที่มีจำนวนปัจจัย (k) เท่ากับ 2 มีค่าเท่ากับ 19 ที่ $x_1 = 6$ และ $x_2 = -7$ ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.1.3



ภาพที่ 3.1.3
พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ ของสมการเช็คเกล กรณี 2 ปัจจัย

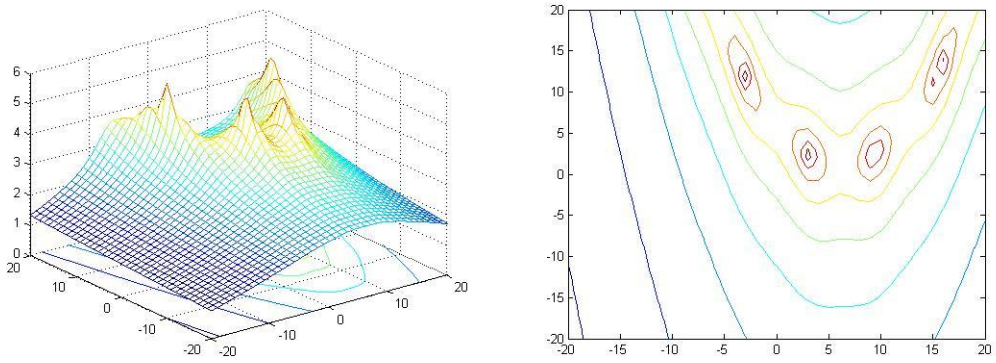
ตารางที่ 3.1.1
ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเช็คเกล

a_{ij}						C_i
i	j					
	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 (Branin Surfaces)

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

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิว Branin ที่มีค่าจำนวนปัจจัย (k) เท่ากับ 2 มีค่าเท่ากับ 5.3977 ที่ $x_1 = 15.7$ และ $x_2 = 12.9$ ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.1.4



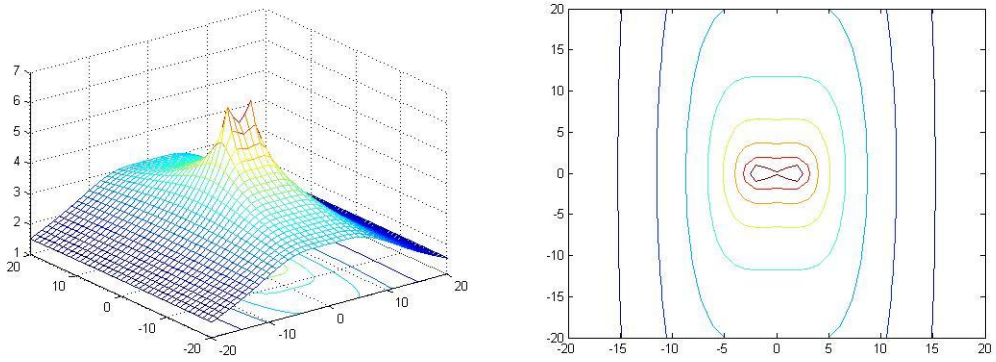
ภาพที่ 3.1.4

พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ ของสมการบรานิน กรณี 2 ปัจจัย

3.1.5 สมการพื้นผิวคาเมลแบค (Camelback Surfaces)

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

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 3.1.5



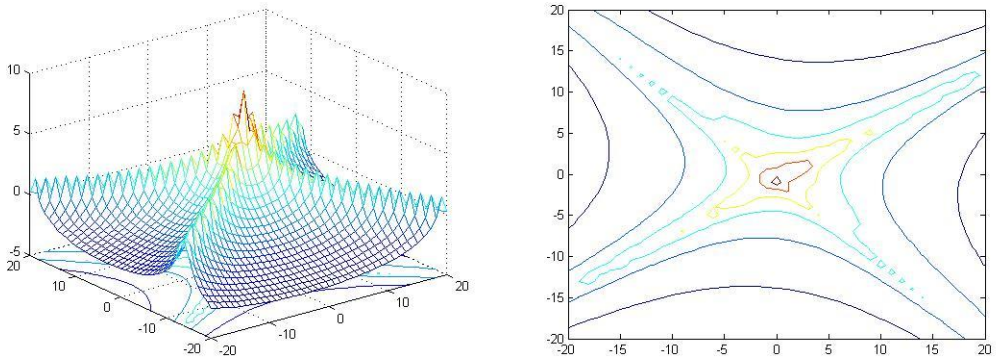
ภาพที่ 3.1.5

แสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ ของสมการคาเมลแบค กรณี 2 ปัจจัย

3.1.6 สมการพื้นผิวโกลด์สไตน์-ไพรซ์ (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 3.1.6

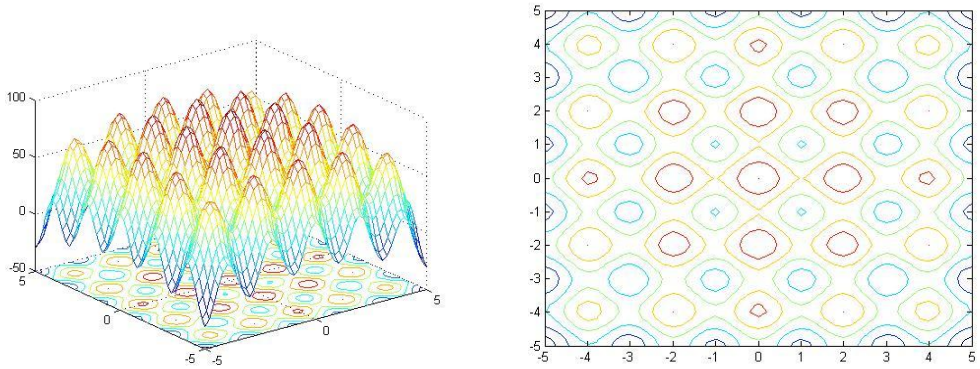


ภาพที่ 3.1.6
พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ ของสมการโกลด์สไตน์-ไพรซ์ กรณี 2 ปัจจัย

3.1.7 สมการพื้นผิวราสตริจิน (Rastrigin Surfaces)

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

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิว Rastrigin ที่มีค่าจำนวนปัจจัย (k) เท่ากับ 2 มีค่าเท่ากับ 100 ที่ $x_1 = 0$ และ $x_2 = 0$ ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.1.7



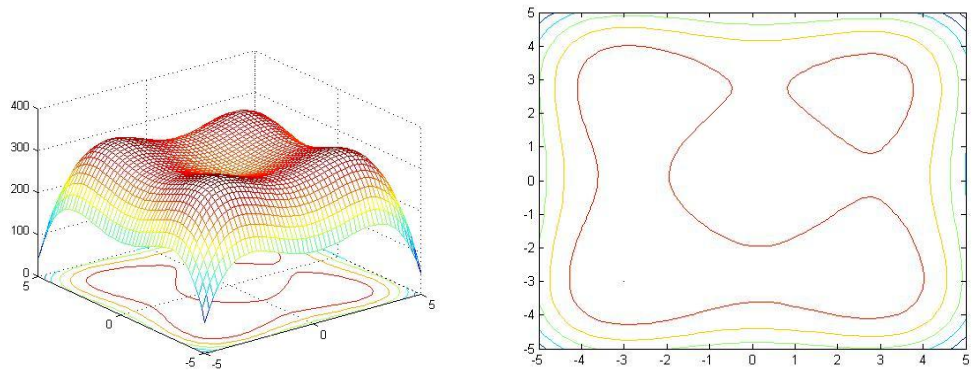
ภาพที่ 3.1.7

พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับของสมการราสตริจิน กรณี 2 ปัจจัย

3.1.8 สมการพื้นผิวสไตบลินสกิ (Styblinski Surfaces)

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

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการพื้นผิว Styblinski ที่มีค่าจำนวนปัจจัย (k) เท่ากับ 2 มีค่าเท่ากับ 350 ที่ x_1 = -3 และ x_2 = -3 ซึ่งแสดงพื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับ (Contour Plot) ไว้ในภาพที่ 3.1.8



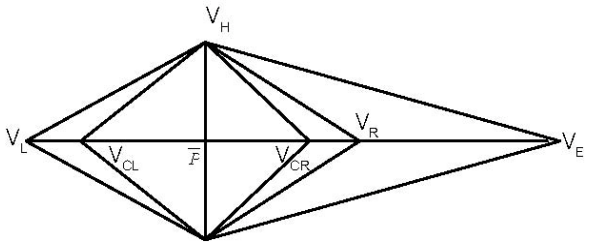
ภาพที่ 3.1.8

พื้นผิวตอบสนองและเส้นระดับของสมการสไตบลินสกิ กรณี 2 ปัจจัย

3.2 วิธีซิมเพล็กซ์ปรับขนาดแบบพิเศษ (Super Modified Simplex Method, SMS)

3.2.1 วิธีการทำงานของวิธีซิมเพล็กซ์ปรับขนาดแบบพิเศษ

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาวิธีซิมเพล็กซ์ปรับขนาดแบบพิเศษ ซึ่งอาศัยกลไกการพัฒนาระบบผ่านวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด ดังแสดงในภาพที่ 3.2.1 ซึ่งจะทำให้การทดลองถึงจุดที่เหมาะสมเร็วและหาค่าที่เหมาะสมใกล้กับจุดที่ดีที่สุดมากกว่าวิธีปกติ โดยรายละเอียดสำหรับขั้นตอนการพัฒนาระบบด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ปรับขนาดแบบพิเศษสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.2.1
ขั้นตอนในการเคลื่อนที่ของวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด

1. การกำหนดสมการพื้นผิวตอบสนองที่ต้องการใช้ในการหาค่าที่ดีที่สุดเช่น สมการพื้นผิวพาราโบลิค (Parabolic Surface) สมการพื้นผิวโรเซ็นบลอค (Rosenbrock Curved Ridge Surface) และสมการพื้นผิวเช็คเกล (Shekel Multi Peak Surface) เป็นต้น โดยการหาคำตอบจะเป็นแบบคำตอบที่มากที่สุด (Maximization)

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

3. การหาผลตอบสนองในแต่ละจุดการทดลอง จากสมการจุดมุ่งหมายที่กำหนดเช่น

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

4. ทำการเรียงลำดับผลตอบสนองที่ได้จากการทดลอง

V_H = จุดหรือการทดลองที่ให้ค่าผลตอบสนองสูงสุด

V_S = จุดหรือการทดลองที่ให้ค่าผลตอบสนองสูงเป็นอันดับสอง

V_L = จุดหรือการทดลองที่ให้ค่าผลตอบสนองน้อยที่สุด

5. ทำการเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ดีที่สุด (Optimum) โดยทำการสะท้อนผลลัพธ์ (Yield) โดยการคำนวณสร้างสมการกำลังสอง (Second – Order Polynomial) ในรูปแบบตัวแปร βopt ซึ่งเกิดจากการสมการ

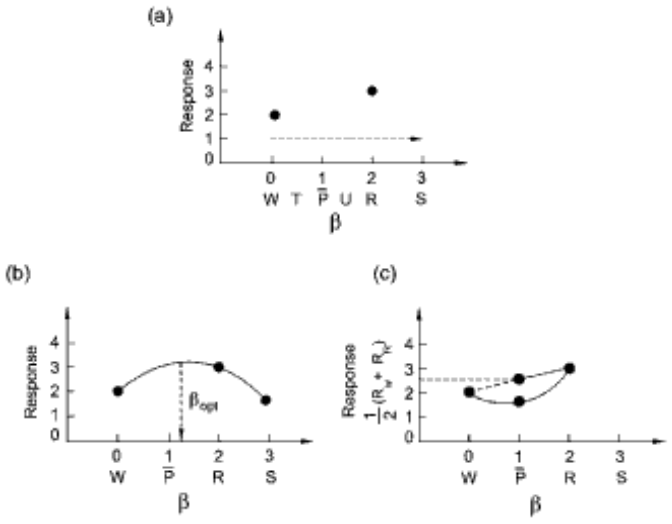
$$\beta_{opt} = \frac{R_w - R_{\bar{P}}}{R_R - 2R_{\bar{P}} + R_W} + 0.5$$

จัดรูปสมการใหม่

$$\beta_{opt} = \frac{R_R - 4R_{\bar{P}} + 3R_W}{2R_R - 4R_{\bar{P}} + 2R_W}$$

ตัวอย่าง การคำนวณ

กำหนดจุด จากภาพที่ 3.3.2



ภาพที่ 3.2.2

ตัวอย่างภาพประกอบการคำนวณซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดแบบพิเศษ

ผลตอบสนอง ที่จุด B =0 มีค่า เท่ากับ 2.0 ที่จุด B =1 มีค่า เท่ากับ 3.2 ที่จุด B =2 มีค่า เท่ากับ 3.0 คำนวณสมการกำลังสอง ได้ดังนี้

จากสมการ $R = aB^2 + bX + C$ แทนค่าจุด

จุด = (0, 2.0) แทนค่า $a(0)^2 + b(0) + C = 2$

จุด = (1, 3.2) แทนค่า $a(1)^2 + b(1) + C = 2$

จุด = (2, 3.0) แทนค่า $a(2)^2 + b(2) + C = 2$

แก้ระบบสมการได้ค่าของสัมประสิทธิ์ a = -0.7, b = 1.9, c = 2.0 ทำการ derivative สมการ เพื่อหาค่าของ B ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์จุดสุดยอดได้สมการ

$$B' = (-0.7) \times (2) \times B + 1.9$$

ให้ B' = 0 แก้สมการ ออกมาได้ ค่า B = 1.357

แทนค่า B ใน สมการการพยากรณ์ จุด βopt คือ

$$Z = \beta opt\ (P) + (1 - \beta opt)\ (L)$$

โดย P คือค่าพิกัดที่ X... X_n ที่จุด P, L คือค่าพิกัดที่ X... X_n ที่จุด L

การวิเคราะห์ของ SMS เนื่องจากสมการกำลังสองนั้นเป็นสมการพื้นผิวโค้ง

ในกรณีที่ βopt ตกอยู่ในช่วงของ min และ max ของผลตอบสนอง ที่จุด Lและจุด R ต้องทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อดูลักษณะความโค้งของรูปร่าง โดยลักษณะของรูปร่างนั้นออกมาเป็น 2 รูปแบบแบ่งได้เป็น รูปแบบแรกคือ การเว้าเข้าข้างใน (Concave) และรูปแบบที่สองคือ การนูนออกด้านนอก (Convex) ในทฤษฎีของ SMS ได้ใช้สมการในการวิเคราะห์จากค่าผลตอบสนองของ R_p

โดย $R_p < \frac{1}{2} (R_l + R_r)$

$> \frac{1}{2} (R_l + R_r)$

ถ้า R_p มีค่าน้อยกว่าพื้นผิวที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเว้าเข้ามาด้านใน แต่ถ้า R_p ที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับ ลักษณะพื้นผิวที่เกิดขึ้นจะเป็นในลักษณะที่นูนออกด้านนอก

ในอีกกรณีหนึ่งการวิเคราะห์ความเหมาะสมของค่า βopt แบ่งเป็นกรณีต่าง ๆ ได้ดังนี้

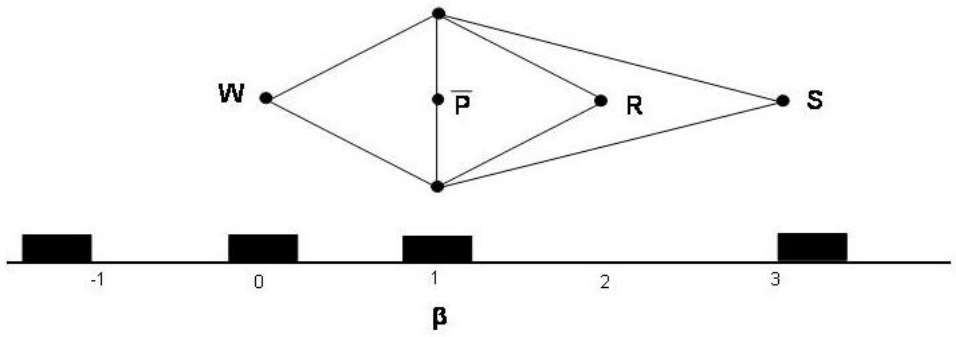
βopt มีค่าเป็นอนันต์ (Infinite) คือ ไม่สามารถหาคำตอบได้ ค่าที่ออกมาทำให้ไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ คือกรณีที่ค่าของ βopt มีค่าตกในช่วงที่ใกล้กับค่า P มาก ๆ จะไม่สามารถสร้างจุดและทิศทางใหม่ได้ ดังนั้น ทฤษฎีของ ซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดแบบพิเศษ จึงสร้างกฎในการจัดการปัญหาดังที่กล่าวมาไว้ดังนี้ โดย

1. ถ้า βopt มีค่าน้อยกว่าจุดที่ผลตอบสนองน้อยที่สุด หรือมีค่ามากกว่าจุดที่ผลตอบสนองมากที่สุด ทำให้ไม่สามารถสร้างสมการกำลังสองได้ จึงให้กลับไปใช้วิธี ซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดในการยืด (Expansion) หรือการหดลง (Contraction) แทน ซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดแบบพิเศษ

2. ถ้า βopt มีค่าใกล้เคียง 0 ควรหลีกเลี่ยงเพราะว่า ซิมเพล็กซ์ใหม่ที่เกิดขึ้นจะมีค่าใกล้เคียงเดิมมาในลักษณะปกติ ค่าระยะปลอดภัยของ β (Safety Margin, S_p) จำกำหนดในกรณีถ้าค่า βopt ตกอยู่ใกล้ช่วง ($- S_p$, S_p) ซึ่งทฤษฎีของซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดแบบพิเศษ จะใช้ค่าคงที่แทน S_p หรือ $- S_p$ โดยปกติมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.5

3. ถ้าค่า βopt มีค่าเท่ากับ 1 ระบบซิมเพล็กซ์จะไม่มีทิศทางสมการ Z ที่เกิดขึ้นจะทับกันสนิทกับจุด P และจะไม่เกิดการสะท้อนเกิดขึ้น βopt มีค่าใกล้เคียง 1 ก็ควรหลีกเลี่ยงเช่นกัน เพราะถ้า

$(1 - \delta\beta) < \beta\text{opt} < (1 + \delta\beta)$ ค่า $\beta\text{opt} = 1$ นำไปแทนค่าทำให้ขอบเขตจะแคบลงจนใกล้ถึงระดับที่ไม่สามารถปรับปรุงค่าผลตอบสนองได้



ภาพที่ 3.2.3
ข้อจำกัดของช่วง interval value ของค่า β

ในกรณีที่ค่าต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาอยู่นอกเหนือระดับการทดลองหรือไม่สามารถกระทำต่อได้แล้วเพื่อที่จะให้ได้ค่าของตัวแปรที่เหมาะสมที่สุด ทางเลือกสำหรับซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดแบบพิเศษก็คือ การจัดการแก้ไขความซับซ้อนของระบบสมการที่ต้องการค้นหาคำตอบเพราะว่าผลตอบสนองของจุด R ที่ออกมามีความจำเป็นต่อการคำนวณหาค่า βopt นักวิชาการหลายคนค้นพบวิธีการแก้ปัญหาเช่น Morgan (1990)

ข้อเสียของซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดแบบพิเศษที่เป็นปัญหาหนักที่สุดก็คือ ทฤษฎีที่ซิมเพล็กซ์อันใหม่ที่สร้างขึ้นมาต้องการ การวิเคราะห์ที่ใหญ่มากเพื่อสร้างจุด P นักวิชาการบางคนได้นำเสนอวิธีการหลบหลักเป็นความพยายามที่จะแก้ไขจุดด้อยเหล่านี้ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของ

ผลตอบสนองในทุก ๆ ทิศทาง ยกเว้นทิศทางของ W มาใช้ในการประมาณค่าผลตอบสนองของจุด P ความไม่เหมือนกันนี้ถูกนำเสนอโดย Brown (1990)

ถ้า βopt มีค่าน้อยกว่าจุดที่ผลตอบสนองน้อยที่สุด หรือมีค่ามากกว่าจุดที่ผลตอบสนองมากที่สุด ทำให้ไม่สามารถสร้างสมการกำลังสองได้ จึงให้กลับไปใช้ซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด ในการยืด (Expansion) หรือการหดลง (Contraction) แทนการเคลื่อนตัวของซิมเพล็กซ์ปรับขนาดแบบพิเศษ

การคำนวณ การเคลื่อนตัวของซิมเพล็กซ์ปรับขนาด

- คำนวณค่าผลตอบสนอง สำหรับจุดเริ่มต้นทั้ง 4 จุด อันประกอบด้วย
- เรียงลำดับค่าใช้จ่ายจากน้อยไปมากโดยกำหนดให้

  V_L แทนจุดพิกัดที่มีค่าผลตอบสนองน้อยที่สุด

  V_S แทนจุดพิกัดที่มีค่าผลตอบสนองน้อยที่สุดเป็นอันดับที่สอง

  V_H แทนจุดพิกัดที่มีค่าผลตอบสนองมากที่สุด
- สะท้อน (Reflection) จุดที่ให้ ผลตอบสนอง รวมสูงที่สุดไปยัง V_R

  โดยที่ $V_R = P + [P - V_L]$ เมื่อ $P = (V_S + V_H)/2$
- พิจารณาค่า V_R ที่ได้ดังนี้
- ถ้า $V_R <= V_L$ ให้ทำการขยาย (Expansion) V_R ไปยัง V_E

  โดยที่ $V_E = P + 2 [P - V_L]$ เมื่อ $P = (V_S + V_H)/2$

  พิจารณาค่าของ V_E

  - ถ้า $V_E <= V_R$ ซิมเพล็กซ์จะเคลื่อนตัวต่อไปโดยใช้ V_E แทน V_H
  - ถ้า $V_E > V_R$ ซิมเพล็กซ์จะเคลื่อนตัวต่อไปโดยใช้ V_R แทน V_H
  - ถ้า $V_R <= V_S$ ซิมเพล็กซ์จะเคลื่อนตัวต่อไปโดยใช้จุด V_R แทน V_H
  - ถ้า $V_R <= V_H$ ให้ทำการหดค่า (Contraction) ที่จุด V_R มาที่ V_{CR}

    โดยที่ $V_{CR} = P + 0.5 [P - V_L]$ เมื่อ $P = (V_S + V_H)/2$

พิจารณาค่าของ V_{CR}

- ถ้า $V_{CR} <= V_R$ ซิมเพล็กซ์จะเคลื่อนตัวต่อไปโดยใช้ V_{CR} แทน V_H
- ถ้า $V_{CR} > V_R$ ให้ปรับค่าของจุดในซิมเพล็กซ์ดังนี้

$$V_S = (V_S + V_L) / 2$$

$$V_H = (V_H + V_L) / 2$$

$$V_i = (V_i + V_L) / 2$$

- ถ้าค่าของ V_R ไม่เข้าเงื่อนไข

ให้ทำการหดค่า (Contraction) V_H ไปยัง V_{CL}

โดยที่ $V_{CL} = P - 0.5 [P - V_L]$ เมื่อ $P = (V_S + V_H)/2$

พิจารณาค่าของ V_{CL}

- ถ้า $V_{CL} <= V_H$ ซิมเพล็กซ์จะเคลื่อนตัวต่อไปโดยใช้ V_{CL} แทน V_H
- ถ้า $V_{CR} > V_H$ ให้ปรับค่าของจุดในซิมเพล็กซ์ดังนี้

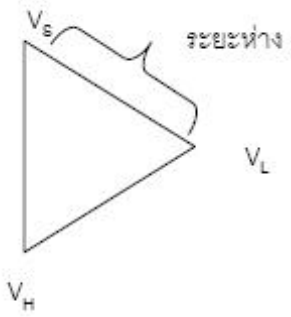
$$V_S = (V_S + V_L) / 2$$

$$V_H = (V_R + V_L) / 2$$

$$V_i = (V_i + V_L) / 2$$

- พิจารณาว่าการเคลื่อนตัวของซิมเพล็กซ์ตรงกับเงื่อนไขการหยุดหรือไม่ ถ้ายังไม่ตรงก็จะ ดำเนินการตามข้อ 2) ถึง 4) ต่อไป แต่ถ้าการเคลื่อนตัวของซิมเพล็กซ์ตรงตามเงื่อนไขการหยุดจะทำการเลือกค่าของจุด V_L ซึ่งให้ค่าผลตอบสนองที่ดีที่สุดจากซิมเพล็กซ์สุดท้าย

6. ทำการลดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของผลลัพธ์ในแต่ละจุดพิกัดของ ซิมเพล็กซ์และค่าระยะห่าง (Range) ระหว่างจุดพิกัดในซิมเพล็กซ์สุดท้ายโดยแสดงดังภาพที่ 3.12 และการคำนวณดังนี้



ภาพที่ 3.2.4
ค่าระยะห่างของวิธีซิมเพล็กซ์

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) = Std (V_H, V_S, V_L)

ระยะห่าง (Range) = $Min\sqrt{[(Y]_{i+1} - Y_i)^2 + [(X]_{i+1} - X_i)^2}$

โดย xi, yi คือจุดพิกัดของผลตอบสนองในแต่ละจุด (V_H, V_S, V_L)
เช่น

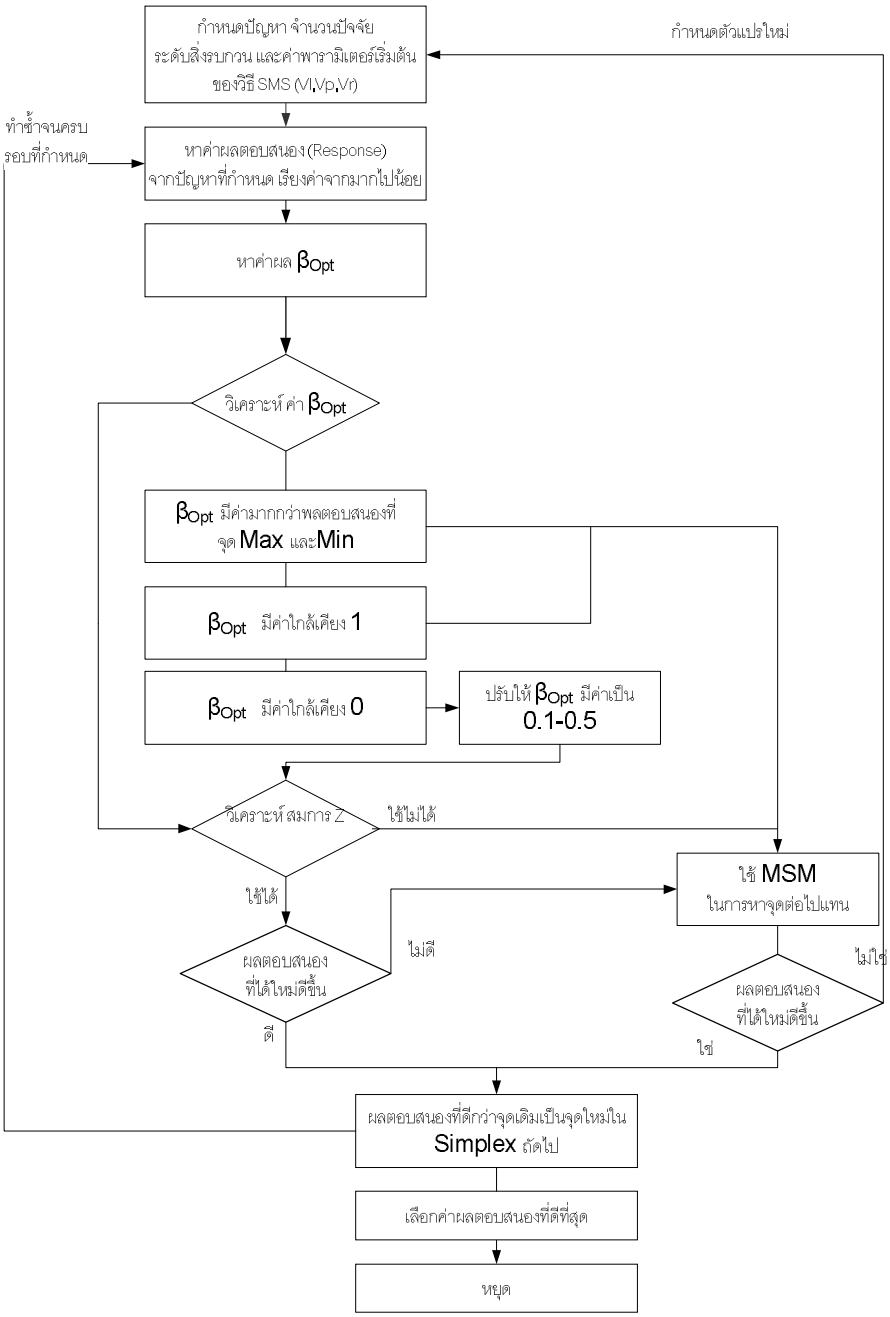
- จุด VH ที่ x_1 = -20 x_2 = 11 ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลา เท่ากับ 6.59
- จุด VS ที่ x_1 = -20 x_2 = 22 ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลา เท่ากับ 3.18
- จุด VL ที่ x_1 = -32 x_2 = 15 ผลตอบสนองจากสมการพาราโบลา เท่ากับ -0.85

สามารถคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าระยะห่าง ได้ดังนี้
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = Std (6.59, 3.18, 2.18) = 3.724
ระยะห่าง มีค่าเท่ากับ

$$Min\left(\sqrt{((22-11)^{\wedge}2+(-20+20)^{\wedge}2}\right),\sqrt{((15-22)^{\wedge}2+(-32+20)^{\wedge}2}\right),\sqrt{((15+11)^{\wedge}2+(-32+20)^{\wedge}2}\right)$$

ระยะห่าง = Min (11, 13.89, 12.65) = 11
กรณีที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือค่าระยะห่าง (Range) น้อยกว่าค่าที่กำหนดให้ทำการหยุด โดยค่าที่ดีที่สุด จะหาจากผลตอบสนองสูงสุด (V_H) ในซิมเพล็กซ์สุดท้าย

7. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 4-6 กรณีที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือค่าระยะห่าง (Range) มากกว่าค่า ที่กำหนด โดยมีแผนผังการไหลแสดงในภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.2.5
แผนผังการไหลของวิธีซิมเพล็กซ์ปรับขนาดแบบพิเศษ

3.3 วิธีฮาร์โมนีเซิร์ช (Harmony Search Algorithm, HSA)

3.3.1 วิธีการทำงานของฮาร์โมนีเซิร์ช

วิธีฮาร์โมนีเซิร์ชเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ปัญหาระบุตัวแปรที่สำคัญอันประกอบด้วย ตัวแปรตัดสินใจ (HMCR), ตัวแปรปรับระดับ (PAR), ขนาดของความจำ (HMS) ขอบเขตของค่าปัจจัย (x) และจำนวนรอบในการค้นหา (Iteration) หลังจากนั้นจะสร้างผลตอบสนองเริ่มต้นและดำเนินการในระบบของวิธีฮาร์โมนีเพื่อค้นหาคำตอบที่ให้ค่าผลตอบสนองที่ดีที่สุด (y) พร้อมกับค่าปัจจัย (x) ที่ส่งผลให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเช่นกัน โดยวิธีการทำงานเป็นดังนี้

1. การกำหนดค่าของตัวพารามิเตอร์ของระบบ ได้แก่ ตัวแปรตัดสินใจ (HMCR), ตัวแปรปรับระดับ (PAR), ขนาดของความจำ (HMS)

2. การสุ่มตัวเลขเริ่มต้นจากขอบเขตของค่าปัจจัย (x) แล้วนำมาแทนค่าปัจจัย X ในสมการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface) ตามลำดับ จากนั้นคำนวณหาค่าผลลัพธ์ Y (Yield) ของสมการเพื่อเป็นค่าตั้งต้นตามขนาดของความจำ (HMS)

3. การจัดเรียงลำดับผลตอบสนองจากดีที่สุดไปจนถึงแย่ที่สุด โดยดูจากค่า Y

4. การคำนวณโปรแกรมตามข้อมูลที่กำหนดในค่าตัวแปร เช่น ขนาดของความจำ (HMS) มีค่าเท่ากับ 10. ตัวแปรตัดสินใจ (HMCR) มีค่าเท่ากับ 0.95, ตัวแปรปรับระดับ (PAR) มีค่าเท่ากับ 0.65, จำนวนรอบที่ใช้ในการทดลอง

5. การคำนวณค่าที่ได้จากระบบใหม่เปรียบเทียบกับค่าที่จัดเก็บ ไว้ในขนาดของความจำโดยการแทนค่าปัจจัย X ลงในสมการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface) ตามลำดับ จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าผลลัพธ์ Y_i (Yield) ของสมการเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าของผลตอบสนอง

6. การจัดลำดับผลตอบสนองจากค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดไปแย่ที่สุด หลังจากนั้นทำการกำจัดผลตอบสนองที่แย่ที่สุดนั้นออกไปจากขนาดของความจำ เพื่อปรับระดับและจำนวนของขนาดของความจำ ให้มีขนาดเท่าเดิม

7. การนำวิธีสำรวจตัวแปรข้างเคียงมาปรับปรุงเพิ่มเติมใน ขนาดของความจำ

8. การแทนค่าปัจจัย (X) ลงในสมการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าผลลัพธ์ Y_i

9. การจัดลำดับผลตอบสนองจากค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ไปแย่ที่สุดหลังจากนั้นทำการกำจัดผลตอบ สนองที่แย่ที่สุดออกไปจากขนาดของความจำ เพื่อปรับระดับและจำนวนของขนาดของความจำให้มีขนาดเท่าเดิม

10. การเปรียบเทียบค่าต่อไป จนครบตามจำนวนรอบที่ใช้ในการทดลอง

11. การวิเคราะห์ค่าที่ได้ในขนาดของความจำจึงหยุดกระบวนการ โดยมีแผนผังการไหลและขั้นตอนรหัสเทียม (Pseudo Code) แสดงในภาพที่ 3.3.1 และ 3.3.2

3.3.2 ค่าพารามิเตอร์ และส่วนประกอบที่สำคัญของวิธีฮาร์โมนีเซิร์ช

1 ค่าความน่าจะเป็นตัวแปรตัดสินใจในการเลือกปรับปรุง (Harmony Memory Considering Rate, HMCR)

2 ความน่าจะเป็นของตัวแปรในการปรับระดับ (Pitch Adjustment Rate, PAR)

3 ขนาดของความจำ (Harmony Memory Size, HMS)

4 จำนวนการวนซ้ำ (Iteration, ITE) ในการสร้างค่าคำตอบ ตามที่กำหนด

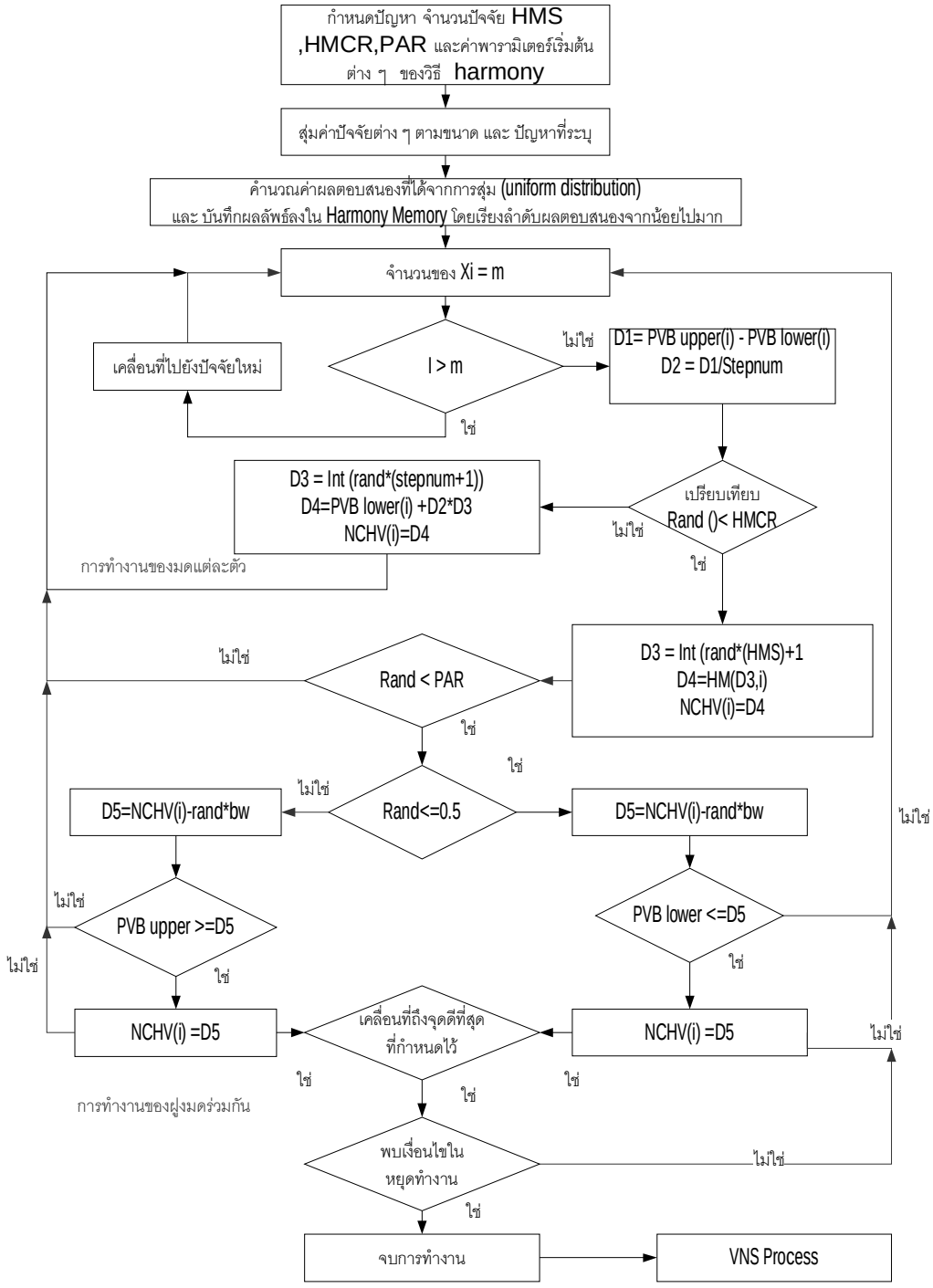
5 ค่าตัวเลขสุ่มมีค่าระหว่าง 0-1 (RAN)

6 ค่าของตัวแปรที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุง (NCHR)

7 ขอบเขตของค่าปัจจัย X (Possible Value Bound For X_i, PVB)

8 ช่วงกว้างของระยะทางในการปรับระดับ X (Bandwidth, BW)

9 อัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล (Stepnum)



ภาพที่ 3.3.1

แผนผังการไหลวิธีฮาร์โมนีเซิร์ช

Harmony Search (HS) +VNS

```
Start
  Define parameter include harmony memory, Patch adjustment rate, Harmony memory considering rate
  Number of variable
  Generate population by randomly
  Calculate fitness function

For iteration = 1 to n = (1,2,3,...n)
      For x = 1 to n              ;n is variable (1,2,3,.....n)
            Check Random with Harmony memory consider rate
            Generate new harmony
            If is Harmony memory and then check pitch adjustment rate
            Calculate fitness function for new harmony
            Random position in best of iteration (Shaking)
            Swap with neighborhood position (Local Search)
            Compare optimum solution of after swap with before swap
            Select better optimum solution between before and after
            If fitness function of new harmony better, it will be replace
       Next (End loop variable)
  Next (End loop iteration)
```

ภาพที่ 3.3.2

รหัสเทียมของวิธีฮาร์โมนีเซิร์ช

3.4 วิธีชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง (Shuffled Frog Leaping Algorithm, SFLA)

วิธีชัฟเฟิลฟรอกลิปปิงเป็นวิธีการที่ศึกษาและคัดสรรความแข็งแรงของกบ ซึ่งอยู่กันเป็นกลุ่มๆ จะหาความแข็งแรงของกบในแต่ละกลุ่ม ซึ่งวิธีการคล้ายกับกระบวนการค้นหาคำตอบแบบอื่นๆ สามารถ สรุปวิธีการได้ดังนี้

1. การกำหนดพารามิเตอร์ ประชากรกบทั้งหมด (Population size, p), จำนวนของมิมิเพล็กซ์ (Memeplex, m), จำนวนรอบในการปรับปรุง (Iteration, ITE)

2. การสร้างเลขสุ่มจำนวน 1 ชุดจำนวน n ตัว แล้วนำมาแทนค่าปัจจัย X ในสมการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface) ตามลำดับ จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าผลลัพธ์ Y (Yield) ของสมการตามขนาดของประชากรกบทั้งหมด เพื่อเป็นค่าเริ่มต้นในการจัดลำดับเข้าสู่มิมิเพล็กซ์ (Memeplex)

3. การจัดลำดับผลตอบสนองที่เกิดขึ้นจากดีที่สุดไปแย่ที่สุด แล้วทำการแบ่งกลุ่มใส่ลงในแต่ละมิมิเพล็กซ์ โดยทำการจัดลำดับกบที่แข็งแรงที่สุด (ผลตอบสนองดีที่สุด) ใส่ใน จำนวนของมิมิเพล็กซ์ ที่ 1 กบที่แข็งแรงเป็นอันดับสองใส่ลงในมิมิเพล็กซ์ ที่ 2 กบตัวที่ m (ตัวสุดท้าย) จัดอยู่ในมิมิเพล็กซ์ที่ m (m คือมิมิเพล็กซ์สุดท้าย)

4. การจัดลำดับผลตอบสนองที่เกิดขึ้นในแต่ละมิมิเพล็กซ์ โดยเรียกจากดีที่สุดไปแย่ที่สุดโดยแต่ละมิมิเพล็กซ์ต้องมีกบที่มีค่าผลลัพธ์ ดีที่สุด และแย่ที่สุด โดยให้แทนค่าเป็น

X_b สำหรับกบที่มีค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และ X_w สำหรับกบที่มีค่าผลลัพธ์แย่ที่สุด

X_g สำหรับกบที่มีค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในทุก ๆ มิมิเพล็กซ์

5. การปรับปรุงกบที่มีค่าผลลัพธ์น้อยที่สุดในแต่ละมิมิเพล็กซ์เพียงตัวเดียว เพื่อให้มีความเหมาะสมเพิ่มขึ้น

ค่าการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของกบ (D_i)

= เลขสุ่มมีค่าระหว่าง 0-1 *(Random)* * $(X_b - X_w)$

การปรับปรุงกบที่แข็งแรงน้อยที่สุด

= ค่าปัจจัยที่น้อยที่สุดในแต่ละมิมิเพล็กซ์+ค่าการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของกบ

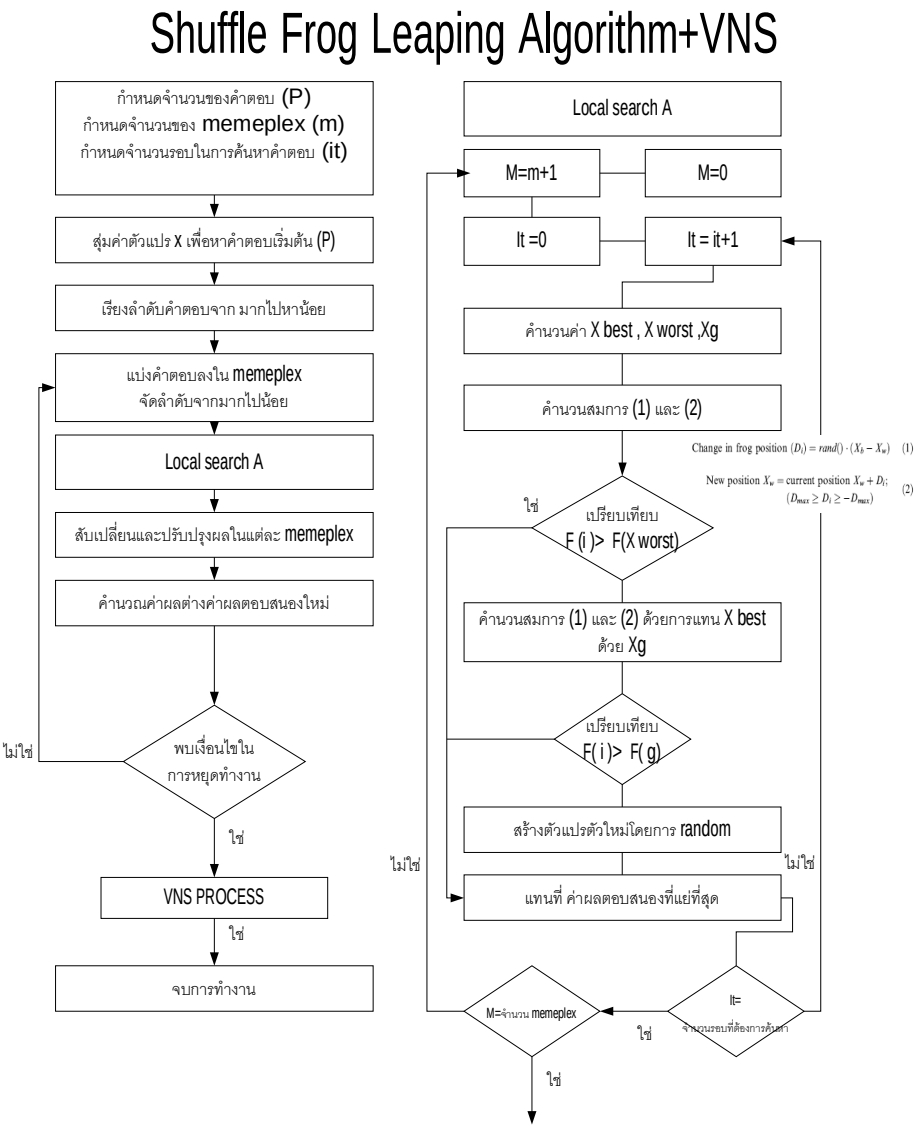
ในขณะที่ $-D_{max} \leq D_i \leq D_{max}$

การปรับปรุงค่าความเหมาะสมให้กับกบตัวที่มีผลลัพธ์น้อยที่สุด จนครบรอบของการปรับปรุง (Iteration Number) พบว่า ผลลัพธ์ของกบที่ได้นั้นยังไม่ดีขึ้น หรือค่าของผลลัพธยังไม่ดีเท่ากับกบ

ตัวที่มีค่าดีที่สุด X_g กบตัวที่ไม่สามารถพัฒนาได้แล้วนั้นจะถูกตัดไปแล้วจึงสุ่มสร้างกบตัวใหม่ขึ้นมาแทนกบที่ถูกตัดออกไป

6. การทำซ้ำในทุก ๆ มิมิเพล็กซ์ (Memeplex) จนครบตามข้อกำหนดที่กำหนด
7. การเปรียบเทียบค่าต่อไป จนครบตามจำนวนรอบที่ใช้ในการทดลอง
8. การวิเคราะห์ค่าที่ได้จากประชากรกบที่ดีที่สุด จึงหยุดกระบวนการ

โดยมีแผนผังการไหลและขั้นตอนรหัสเทียม (Pseudo Code) แสดงในภาพที่ 3.4.1 และ 3.4.2



ภาพที่ 3.4.1

แผนผังการไหลวิธีชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง

Shuffle Frog Leaping Algorithm+VNS

Start

Define Number of Frog (Population), Memeplexes, Iteration each memeplexes

Generate population by randomly

Evaluate Fitness value

For iteration = 1 to n = (1,2,3,...n)

Sort population

Partition population into memeplexes

Modify worst each memeplexes

After modify and then compare with another each memeplexes

If better replace worst frog

Random position in each memeplexes (Shaking)

Swap with neighborhood position in each memeplexes (Local Search)

Compare optimum solution of after swap with before swap in each memeplexes

Select better optimum solution between before and after in each memeplexes

Select best in every memeplexes (Find best in iteration)

Replace in population

Next (End loop iteration)

ภาพที่ 3.4.2

รหัสเทียมของวิธีชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง

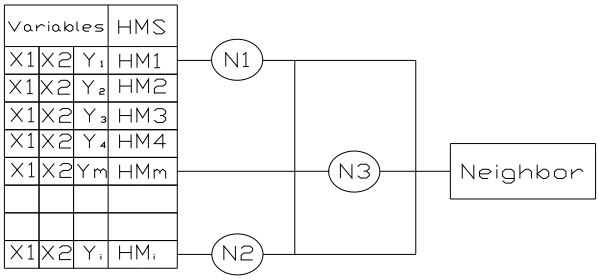
3.5 วิธีสำรวจคำตอบใกล้เคียง Variable Neighborhood Search : VNS

แนวคิดที่จะใช้วิธีผสมผสานวิธีฮิวริสติกที่มีอยู่เข้าด้วยกันแทนที่จะค้นหาวิธีฮิวริสติกใหม่ ๆ เพื่อการค้นหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดได้ถูกกล่าวถึงอย่างมากในปัจจุบัน ดังนั้นแนวทางการดำเนินการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผสมผสานวิธีฮิวริสติกต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เนื่องจากวิธีฮิวริสติกแต่ละวิธีมีขั้นตอน และความสามารถในการค้นหาผลลัพธ์ตามวิธีที่เหมาะสมแตกต่างกัน เช่น วิธีฮาร์โมนีเซิร์ชจะใช้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตัวแรกในขนาดของความจำ (HMS) ที่พบ ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะขยายขีดความสามารถของวิธีนี้เช่น นำค่าที่ได้ไปใช้งานในวิธีการอื่น ๆ ต่อไป

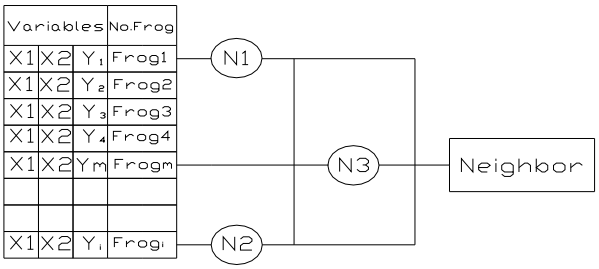
การผสมผสานวิธีฮิวริสติกต่าง ๆ จะวัดความสามารถของวิธีการผสมผสานแต่ละวิธีด้วยตัวชี้วัด 3 ชนิดคือ ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และอัตราส่วนเอสต่อเอ็น (S/N Ratio, Signal-to-Noise Ratio) จากแต่ละวิธีการเพื่อชี้วัดผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด วิธีการผสมผสานโดยวิธีสำรวจคำตอบใกล้เคียงโดยลักษณะเฉพาะของทฤษฎีนี้ได้กล่าวถึง การ ค้นหาตัวแปรใกล้เคียงในระหว่างการค้นหาค่าตัวแปรในแต่ละรอบ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการค้นหาคำตอบมากยิ่งขึ้น โดย ทำการแบ่งวิธีการได้ 2 แบบใหญ่ๆคือ

1. การค้นหาตำแหน่งที่ต้องการค้นหาคำตอบใกล้เคียง
2. วิธีการสร้างคำตอบใกล้เคียง

กล่าวโดยสรุป วิธีการสำรวจคำตอบใกล้เคียงนั้นเป็นวิธีการพัฒนาคำตอบที่ดีวิธีหนึ่ง แต่ไม่มีทฤษฎีที่แน่นอนว่า การออกแบบการค้นหาตำแน่งที่ต้องการปรับเปลี่ยนนั้นเป็นอย่างไรและวิธีการที่จะสร้างคำตอบใหม่จากตำแหน่งนั้นๆ ดังนั้นการประยุกต์นำวิธีนี้มาทำการปรับปรุงคำตอบ โดยนำพื้นฐานการสร้างจุดที่ค้นหาคำตอบและ การปรับปรุงจึงได้ทำการออกแบบ ทการสร้างและการปรับปรุงคำตอบใกล้เคียงไว้ทั้งหมด 3 รูปแบบดังนี้



ภาพที่ 3.5.1
วิธีการสร้างตำแหน่งในวิธีฮาร์โมนีเซิร์ช



ภาพที่ 3.5.2

วิธีการสร้างตำแหน่งในวิธีชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง

3.5.1 โครงสร้างคำตอบใกล้เคียงแบบที่ 1 (Neighborhood 1)

ตำแหน่งที่ต้องการค้นหาคำตอบใกล้เคียงตำแหน่งที่ให้ค่าผลตอบสนองที่ดีที่สุด ในทุกๆรอบการค้นหาดังสมการ

$$N1=Best[HMS]_i \pm \frac{Upperbound-Lowerbound}{Iteration}$$
$$i=1,2,3,...,HMS$$

โดยที่

N1 คือ โครงสร้างคำตอบใกล้เคียงแบบที่1

Best [HMS] คือ ค่าที่ดีที่สุดในรอบการค้นหานั้นๆ ที่จัดเก็บในขนาดของความจำ (HMS)

Upper Bound คือ ขอบเขตที่มากที่สุดของ ปัจจัย (X)

Lower Bound คือ ขอบเขตที่น้อยที่สุดของ ปัจจัย (X)

หมายเหตุ : ในกรณีของวิธีชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง Best [HMS] คือ ค่าที่ดีที่สุดของจำนวนกบทั้งหมด (Frog)

3.5.2 โครงสร้างคำตอบใกล้เคียงแบบที่ 2 (Neighborhood 2)

ตำแหน่งที่ต้องการค้นหาคำตอบใกล้เคียงตำแหน่งที่ให้ค่าผลตอบสนองที่แย่ที่สุด ในทุกๆ รอบการค้นหาดังสมการ

$$N2=worst[HMS]_i \pm \frac{Upperbound-Lowerbound}{Iteration}$$
$$i=1,2,3,...,HMS$$

โดยที่

Worst [HMS] คือ ค่าที่แย่ที่สุดในรอบการค้นหานั้นๆ ที่จัดเก็บในขนาดของความจำ (HMS)

Upper Bound คือ ขอบเขตที่มากที่สุดของ ปัจจัย (X)

Lower Bound คือ ขอบเขตที่น้อยที่สุดของ ปัจจัย (X)

หมายเหตุ : ในกรณีของวิธีชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง Best [HMS] คือ ค่าที่แย่ที่สุดของจำนวนกบทั้งหมด (Frog)

3.5.3 โครงสร้างคำตอบใกล้เคียงแบบที่ 3 (Neighborhood 3)

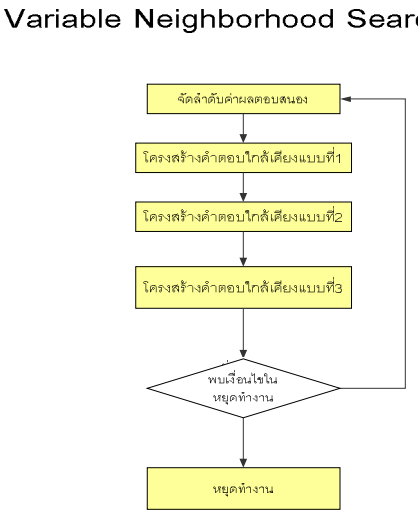
ในการประยุกต์การค้นหาคำตอบของวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด (Modified Simplex Method) หรือ MSM มาทำการประยุกต์ โดย

V_L แทน จุดพิกัดที่มีค่าผลตอบสนองน้อยที่สุดใน ขนาดของความจำ (HMS) หรือ จำนวนกบทั้งหมด (Frog)

V_S แทน จุดพิกัดที่มีค่าผลตอบสนองน้อยที่สุดที่อยู่ตรงกลางขนาดของความจำ (HMS) หรือจำนวนกบทั้งหมด (Frog)

V_H แทน จุดพิกัดที่มีค่าผลตอบสนองมากที่สุดขนาดของความจำ (HMS) หรือ จำนวนกบทั้งหมด (Frog)

วิธีการสร้างคำตอบใกล้เคียงทั้ง 3 วิธีการที่กล่าวมาเป็นการเลือกตำแหน่งและวิธีการปรับปรุงคำตอบสอดคล้องกับทฤษฎีพื้นฐานของวิธีการสำรวจคำตอบใกล้เคียง ซึ่งครอบคลุมผลตอบสนองและค่าของตัวแปร ในระบบการค้นหาคำตอบในวิธีฮาร์โมนีเซิร์ชและวิธีชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง โดยมี แผนผังการไหลวิธีการสำรวจคำตอบใกล้เคียงดังแสดงใน ภาพที่ 3.5.3



ภาพที่ 3.5.3
แผนผังการไหลวิธีการสำรวจคำตอบใกล้เคียง

3.6 วิธีการของทากูชิ (Taguchi's Method)

ในต้นปี 1980 นักวิศวกรชาวญี่ปุ่น ดร. เจนอิชิ ทากูชิ ได้นำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาแบบต่าง ๆ ซึ่งได้รวบรวมและอ้างถึงในมุมมองเฉพาะที่เรียกว่า ปัญหาการออกแบบพารามิเตอร์ที่คงทน (Robust Parameter Design Problem, RPD Problem) โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. การออกแบบระบบ (ผลิตภัณฑ์ หรือ กระบวนการ) ที่ไม่ตอบสนองต่อปัจจัยแวดล้อมที่เปลี่ยนไป แต่สามารถส่งกระทบต่อสมรรถภาพของระบบ ตัวอย่างเช่น การผสมสูตรของสีทาพื้นผิวภายนอกนั้นควรมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ไม่ว่าสภาพอากาศจะมีลักษณะเช่นใด แต่เนื่องจากสภาวะอากาศนั้นไม่สามารถคาดเดาได้ล่วงหน้า ทั้งแปรปรวน และ ไม่คงที่ ดังนั้นผู้ผลิตสูตรของสีทาพื้นผิวภายนอกนั้น จึงต้องการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิที่ช่วงความแตกต่างของอุณหภูมิค่อนข้างกว้าง ทนต่อความชื้น และปัจจัยในเรื่องการตกตะกอน ซึ่งที่กล่าวมาส่งผลต่อความสึกหรอ และ ผิวสัมผัสของสี

2. การออกแบบผลิตภัณฑ์ ที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของระบบ ตัวอย่างเช่น การออกแบบเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้า เพื่อให้ขนาดของความต่างศักย์เอาท์พุต (Output Voltage) ใกล้เคียงค่าที่ต้องการมากที่สุด โดยไม่รับผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยน

ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของ ลวดต้านทาน (Resistors), ทรานซิสเตอร์ (Transistors) และ ตัวจ่ายไฟฟ้า (Power Supplies) ที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์ขยายสัญญาณไฟฟ้า

3. ออกแบบกระบวนการ เพื่อให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ตามเป้าหมายที่ต้องการให้ได้มากที่สุด ถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการ (เช่น อุณหภูมิ) หรือลักษณะประจำตัวของวัตถุดิบต่าง ๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้

4. การกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติการสำหรับกระบวนการ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่มีค่าใกล้เคียงกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ และความผันแปรของสิ่งแวดล้อมมีผลกระทบต่อค่าเป้าหมายที่ต้องการน้อยที่สุด ตัวอย่าง การลดความถี่ของปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อย ๆ ให้น้อยลง เช่น การผลิตเซมิคอนดักเตอร์ต้องทำให้ค่าความหนาของออกไซด์ที่อยู่บนเวเฟอร์ (Wafer) มีค่าใกล้เคียงกับค่าความหนาเป้าหมายมากที่สุด หรือต้องการให้มีความผันแปรของความหนาน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น วิธีการแก้ไขปัญหาของทากูชิจะใช้วิธีการออกแบบออโธกอนอล (Orthogonal Design) สำหรับปัจจัยที่ควบคุมได้ เรียกว่า “ครอส” (Crossed) ออกจากสิ่งรบกวน (Noise) นอกจากนี้ทากูชิยังเสนอให้รวบรวมข้อมูลจากการทดสอบครอสอาเรย์ ด้วยวิธีการทางสถิติ 2 วิธี คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล และค่าอัตราส่วนเอสต่อเอ็น (S/N Ratio or Signal-to-Noise Ratio) ซึ่งค่านี้จะหมายถึง ค่าอัตราส่วนที่มากที่สุดจะลดความผันแปรที่ส่งผ่านจากปัจจัยสิ่งรบกวนให้น้อยที่สุด ดังนั้นการวิเคราะห์จะสามารถแสดงและชี้บ่งได้จากปัจจัยที่ควบคุมได้ที่ส่งผลต่อไปยัง

1. การปรับค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ใกล้กับค่าเป้าหมายที่ต้องการให้มากที่สุด
2. การปรับให้ค่าอัตราส่วนเอสต่อเอ็นให้มีค่ามากที่สุด

วิธีการคำนวณค่าอัตราส่วนเอสต่อเอ็น เป็นไปตามสมการและค่าเป้าหมายดังนี้

1. ค่ามากกว่าคือค่าที่ดีที่สุด (Larger is Better) โดยการปรับค่าอัตราส่วนเอสต่อเอ็นให้มีค่ามากที่สุด ซึ่งจะส่งผลต่อคำตอบของปัญหาให้มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยคำนวณค่าดังกล่าวจากสมการด้านล่าง

$$S/N = -10*\log (\sum (1/Y^2)/n)$$

2. ค่าน้อยกว่าคือค่าที่ดีที่สุด (Smaller is Better) โดยการปรับค่าอัตราส่วนเอสต่อเอ็นให้มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจะส่งผลต่อคำตอบของปัญหาให้มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยคำนวณค่าดังกล่าวจากสมการด้านล่าง

$$S/N = -10*\log (\sum (Y^2)/n))$$

ในการศึกษานี้จะใช้วิธีการหาค่าอัตราส่วนเอสต่อเอ็น เป็นตัวชี้บ่งความสามารถในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของวิธีการแก้ไขปัญหาในแต่ละวิธีการ

3.7 วิธีการทดลอง

การศึกษาและวิจัยนี้ในขั้นตอนที่ 1 มุ่งประเด็นที่จะทำศึกษาถึงวิธีการหาค่าที่เหมาะสมของกระบวนการ 3 วิธี คือ วิธีฮาร์โมนีเซิร์ช (HSA) และวิธีวิธีชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง (SFLA) ที่มีการปรับปรุงคำตอบโดย วิธีการสำรวจคำตอบใกล้เคียง (VNS) และวิธีซิมเพล็กซ์ปรับขนาดแบบพิเศษ (SMS) โดยทำการเปรียบเทียบสมรรถนะข้อดีข้อเสียของทั้ง 3 วิธีผ่านทางรูปแบบสมการคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ซึ่งได้จัดทำโปรแกรมที่ช่วยในการวิเคราะห์ของทั้ง 3 วิธีและวิธีผสมผสานของวิธีทั้งสาม โดยใช้ภาษา C# V2008 จากแนวคิดข้างต้น ได้แบ่งงานวิจัยออกเป็น 8 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดสมการพื้นผิวตอบสนองที่ต้องการใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เช่น สมการพื้นผิวพาราโบลิค (Parabolic Surface) สมการพื้นผิวโรเซ็นบรอค (Rosenbrock Curved Ridge Surface) โดยในแต่ละสมการจะมีการกำหนดจำนวนปัจจัยที่จะใช้ในการทดลอง ซึ่งจะมีตั้งแต่ 2 ถึง 3 ปัจจัย

2. กำหนดสิ่งรบกวนระบบ (Noise) โดยปรับสิ่งรบกวนที่ใส่เข้าไปแบบการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0, 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

3. กำหนดขอบเขตของปัจจัยในสมการไว้ที่ –20 ถึง 20 เพื่อควบคุมทิศทางในการหาคำตอบของโปรแกรม

4. นำผลลัพธ์แต่ละวิธีมาวิเคราะห์ โดยดูจากค่าเฉลี่ยผลตอบสนอง ค่า Standard Deviation และ S/N ratio จากการเก็บข้อมูลทั้ง 15 ซ้ำ

5. สรุปข้อดี/วิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ได้คำตอบใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุด (Global Solution)

6. พัฒนาโปรแกรมที่ช่วยในการจำลอง และวิเคราะห์การหาคำตอบของวิธีฮาร์โมนีเซิร์ช (HSA) และวิธีวิธีชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง (SFLA) ที่มีการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการสำรวจคำตอบใกล้เคียง (VNS) และวิธีซิมเพล็กซ์ปรับขนาดแบบพิเศษ (SMS)

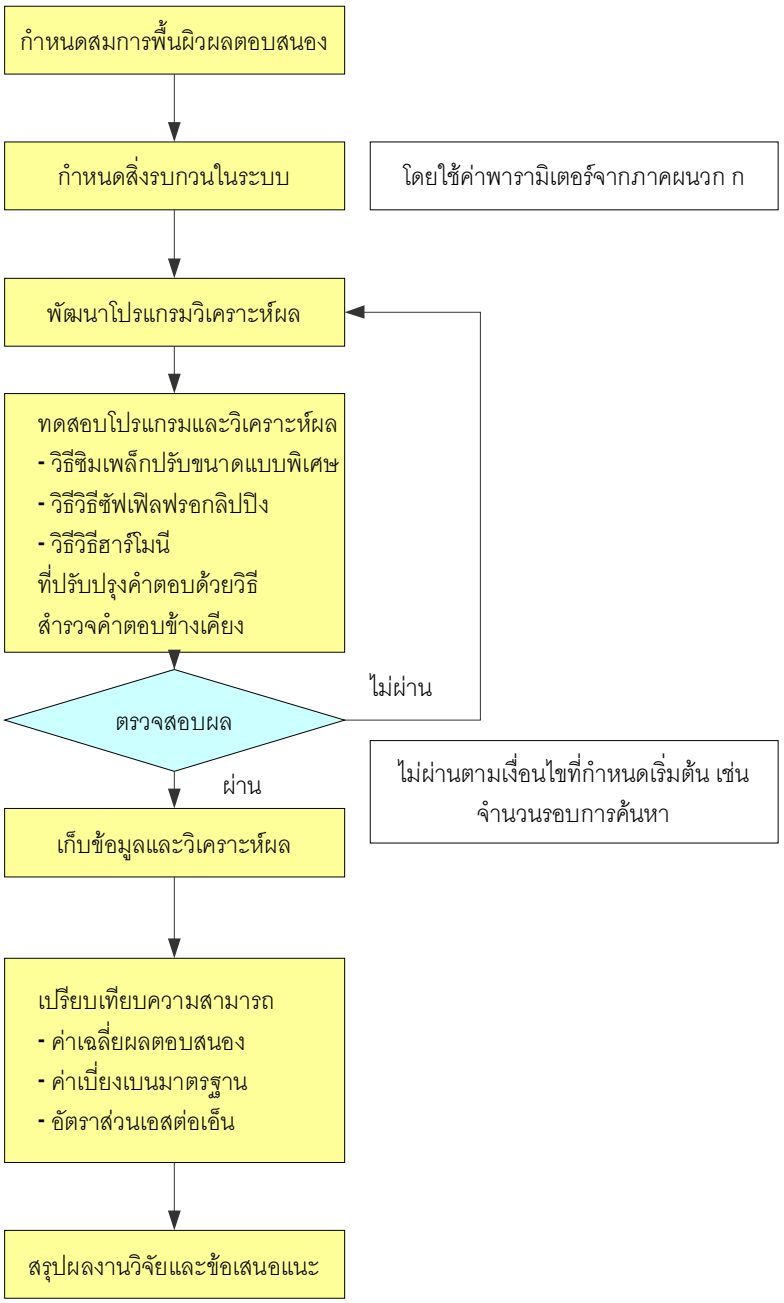
7. เก็บข้อมูลที่ได้จากวิธีฮาร์โมนีเซิร์ช (HSA) และวิธีวิธีชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง (SFLA) ที่มีการปรับปรุงคำตอบโดย วิธีการสำรวจคำตอบใกล้เคียง (VNS) และวิธีซิมเพล็กซ์ปรับขนาดแบบพิเศษ (SMS) ผ่านวิธีพื้นผิวตอบสนองที่ระดับสิ่งรบกวน และจำนวนปัจจัยที่กำหนด

8. พัฒนาและทดสอบโปรแกรม ผ่านสมการพื้นผิวตอบสนอง ที่ระดับสิ่งรบกวน และจำนวนปัจจัยที่กำหนด จากนั้นเก็บข้อมูลที่ได้

จากนั้นวิเคราะห์ผลโดยรวมทั้งหมด พร้อมทั้งเปรียบเทียบสมรรถนะ พร้อมทั้งการนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากร และสรุปผลการศึกษาและวิจัย

3.7.1 แผนภาพรวมของการทดลอง

แนวคิดที่อธิบายวิธีการทดลองข้างต้น สามารถแสดงเป็นแผนภาพขั้นตอนการทำวิจัย แสดงดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3.7.1

แผนภาพรวมของการศึกษาและวิจัย