บทที่ 4

ผลของการวิจัย

ผลของงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดสอบกับแบบจำลองของปัญหาที่ไม่มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร และการนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจริงที่มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร โดยจะนำวิธีการต่างๆ ที่ได้มาสรุปเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อย โดยพิจารณาจากผลลัพธ์จาก 3 วิธีการ คือ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าอัตราส่วนเอสต่อเอ็น (S/N Ratio) ซึ่งในแต่ละปัญหาจะทำการทดสอบทั้งสิ้นจำนวน 10 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะคำนวณจากจำนวนทำซ้ำ (n) เท่ากับ 10 ส่วน S/N ratio จะใช้ค่าเฉลี่ยของ S/N ratio จากชุดข้อมูล 1 ส่วนและจำนวนทำซ้ำ (n) เท่ากับ 10

ตารางที่ 4.1

วิธีการและสูตรคำนวณการเปรียบเทียบ S/N ratio

Methods	S/N ratio formulas	Optimization
Larger is better	$S/N = -10*\log(\Sigma(1/Y^2)/n)$	Maximization
Smaller is better	$S/N = -10*\log(\Sigma(Y^2)/n))$	Minimization

4.1 การทดสอบกับสมการแบบจำลองของปัญหา

การทดสอบเริ่มจากกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นในแต่ละอัลกอริทึม โดยจะทำการสุ่มจุดเริ่มต้น จากนั้นจะทำการทดสอบและหาค่าที่เหมาะสมที่สุด 8 สมการ ดังแสดงในตารางที่ 4.2 พร้อมทั้งใส่สิ่งรบกวนที่เข้าในระบบโดยมีการกระจายแบบปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (STD) เท่ากับ 0, 1, 2 และ 3 ตามลำดับ และจำนวนการทำซ้ำ 10 ครั้ง ต่อ 1 สมการ ต่อ 1 ค่าระดับของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสิ่งรบกวน

ในส่วนของการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองนอกจากจะประกอบไปด้วยค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าอัตราส่วนเอสต่อเอ็น (S/N Ratio) แล้ว จะยังมีจำนวนครั้งในการได้คำตอบสุดท้าย (Design Point) ที่เป็นค่าของจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่เพื่อนำไปสู่การทำให้ได้ค่าที่ดีที่สุด ยิ่งมีค่าน้อย ๆ จะทำให้เป็นผลดีต่อระบบและค่า P-value ที่ได้มาจากวิเคราะห์

ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ค่าระดับความเชื่อมั่น 95% หากมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่า ผลการทดลองของแต่ละฟังก์ชั่นมีค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่มีความแตกต่างกันอยู่อย่างน้อยหนึ่งฟังก์ชั่น

ตารางที่ 4.1

รายละเอียดฟังก์ชั่น และสมการทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองปัญหา

<table>
<tr><th>ฟังก์ชั่น</th><th>ปัจจัย</th><th>สมการ</th></tr>
<tr><td>Goldstein-Price</td><td>2</td><td>$f(x)=10+\log_{10}[1/\{1+(1+x_1+x_2)^2(19-14x_1+3x_1^2-14x_2+6x_1x_2+3x_2^2)\}*$
$\{30+(2x_1-3x_2)^2(18-32x_1+12x_1^2+48x_2-36x_1x_2+27x_2^2)\}]$</td></tr>
<tr><td>Camelback</td><td>2</td><td>$f(x)=10-\log_{10}[x_1^2(4-2.1x_1^2+\frac{1}{3}x_1^4)+x_1x_2+4x_2^2(x_2^2+1)]$</td></tr>
<tr><td>Branin</td><td>2</td><td>$f(x)=5-\log_{10}[(x_2-\frac{5.1}{4\pi^2}x_1^2+\frac{5}{\pi}x_1-6)^2+(10-\frac{5}{4\pi}\cos(x_1))+10]$</td></tr>
<tr><td>Parabolic</td><td>k</td><td>$f(x)=12-\sum_{j=1}^{k}[(-x_j)^2/100]$</td></tr>
<tr><td>Rastrigin</td><td>k</td><td>$f(x)=80-[20+\sum_{i=1}^{k}x_i^2-10(\sum_{i=1}^{k}\cos 2\pi x_i)]$</td></tr>
<tr><td>Rosenbrock</td><td>k</td><td>$f(x)=70[(\{20-((-x_1/a_1)^2+\sum_{j=2}^{k}[(x_j/a_j)-(x_1/a_1)^2]^2)\}+150)/170]+10$
โดยที่ a_1, a_2, a_3 และ a_4 เป็น 6, -7, -2, 4 และ 5 ตามลำดับ</td></tr>
<tr><td>Shekel</td><td>k</td><td>$f(x)=100\sum_{i=1}^{k}\frac{1}{c_i+\sum_{j=1}^{k}(x_j-a_{ij})^2}$
ที่ค่าสัมประสิทธิ์
<table>
<tr><th></th><th colspan="5">aij</th><th></th></tr>
<tr><th></th><th colspan="5">j</th><th></th></tr>
<tr><th>i</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>Ci</th></tr>
<tr><td>1</td><td>4</td><td>6</td><td>-2</td><td>2</td><td>4</td><td>9</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>-8</td><td>-5</td><td>6</td><td>20</td></tr>
<tr><td>3</td><td>-8</td><td>3</td><td>4</td><td>1</td><td>5</td><td>14</td></tr>
<tr><td>4</td><td>-8</td><td>-8</td><td>1</td><td>-7</td><td>-1</td><td>11</td></tr>
<tr><td>5</td><td>6</td><td>-7</td><td>-2</td><td>4</td><td>2</td><td>6</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>Styblinski</td><td>k</td><td>$f(x)=275-[(\frac{(x_1^4-16x_1^2+5x_1)}{2})+(\frac{(x_2^4-16x_2^2+5x_2)}{2})+\sum_{i=3}^{k}(x_i-1)^2]$</td></tr>
</table>

4.1.1 การทดสอบผ่านสมการที่มีปัจจัย 2 ปัจจัยของวิธีซิมเพล็กซ์

ผลการทดลองและผลตอบสนองของซิมเพล็กซ์สมการฟังก์ชั่น Parabolic สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.3 – 4.6

ตารางที่ 4.3

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Parabolic กรณี 2 ปัจจัยที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	53.4	53.0	52.9	72.0
	Std Dev	1.8	23.6	3.3	7.4
	P-value	0.003			
Yield (Noise)	Mean	12.000	11.996	12.000	12.000
	Std Dev	0.000	0.009	0.000	0.000
	S/N	21.584	21.581	21.584	21.584
	P-value	0.087			
Yield (Prime)	Mean	12.000	11.996	12.000	12.000
	Std Dev	0.000	0.009	0.000	0.000
	S/N	21.584	21.581	21.584	21.584
	P-value	0.087			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.4

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Parabolic กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1992.0	1822.4	1903.7	1686.0
	Std Dev	767.3	683.8	481.6	1003.8
	P-value	0.830			
Yield (Noise)	Mean	12.938	12.957	12.967	12.981
	Std Dev	0.087	0.049	0.052	0.040
	S/N	22.237	22.250	22.256	22.266
	P-value	0.210			
Yield (Prime)	Mean	11.888	11.957	11.967	11.982
	Std Dev	0.191	0.049	0.052	0.040
	S/N	21.499	21.552	21.559	21.570
	P-value	0.440			
Best method		CSM			

ตารางที่ 4.5

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Parabolic กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

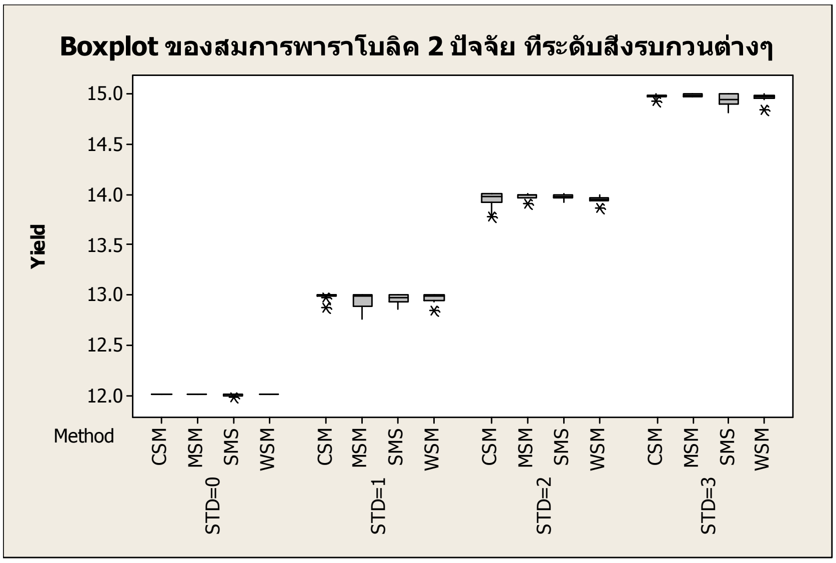
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1822.9	1900.2	1798.6	2032.3
	Std Dev	659.9	935.5	896.8	819.8
	P-value	0.923			
Yield (Noise)	Mean	13.973	13.969	13.940	13.938
	Std Dev	0.027	0.026	0.035	0.086
	S/N	22.906	22.903	22.885	22.884
	P-value	0.264			
Yield (Prime)	Mean	11.974	11.970	11.940	11.940
	Std Dev	0.027	0.026	0.035	0.084
	S/N	21.565	21.562	21.540	21.539
	P-value	0.267			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.6

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Parabolic กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1503.0	1424.2	2323.4	1759.1
	Std Dev	623.3	893.2	545.4	585.7
	P-value	0.022			
Yield (Noise)	Mean	14.983	14.931	14.957	14.970
	Std Dev	0.014	0.065	0.048	0.023
	S/N	23.512	23.482	23.497	23.504
	P-value	0.057			
Yield (Prime)	Mean	11.984	11.932	11.959	11.972
	Std Dev	0.014	0.065	0.048	0.023
	S/N	21.572	21.534	21.553	21.563
	P-value	0.062			
Best method		MSM			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่า ผลตอบสนองของสมการพื้นผิวพาราโบลิค ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งกรณีที่ไม่มีและมีสิ่งรบกวนในระบบ เนื่องจากค่า P-value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าสมการพื้นผิวพาราโบลิคที่มีผลตอบสนองสูงสุดเพียงจุดเดียว การหาผลตอบสนองด้วยวิธีซิมเพล็กซ์แบบต่าง ๆ จะไม่มีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.1

บอกซ์พล็อตพื้นผิวพาราโบลิค 2 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

การทดลองและผลตอบสนองของสมการฟังก์ชั่น Branin สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.7 - 4.10

ตารางที่ 4.7

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Branin กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	32.2	62.2	64.0	55.9
	Std Dev	28.0	27.3	16.2	33.2
	P-value	0.044			
Yield (Noise)	Mean	3.705	3.696	3.708	3.696
	Std Dev	0.004	0.026	0.000	0.020
	S/N	11.375	11.354	11.382	11.355
	P-value	0.290			
Yield (Prime)	Mean	3.707	3.701	3.709	3.702
	Std Dev	0.005	0.027	0.002	0.015
	S/N	11.380	11.365	11.385	11.368
	P-value	0.290			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.8

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Branin กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	460.5	1990.8	1845.4	1934.5
	Std Dev	680.6	886.4	1029.0	661.9
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	4.688	4.651	4.596	4.697
	Std Dev	0.010	0.084	0.328	0.008
	S/N	13.419	13.347	13.169	13.436
	P-value	0.538			
Yield (Prime)	Mean	3.702	3.660	3.603	3.705
	Std Dev	0.010	0.086	0.330	0.004
	S/N	11.368	11.264	10.992	11.375
	P-value	0.514			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.9

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Branin กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

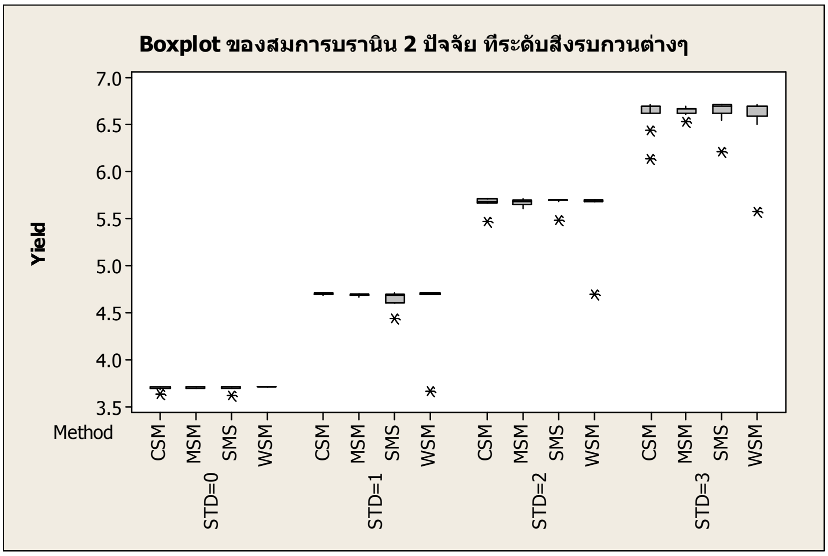
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	475.7	2085.5	1940.5	1807.1
	Std Dev	766.9	788.4	673.0	879.1
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	5.674	5.673	5.591	5.664
	Std Dev	0.033	0.069	0.315	0.071
	S/N	15.077	15.075	14.904	15.060
	P-value	0.633			
Yield (Prime)	Mean	3.695	3.687	3.603	3.678
	Std Dev	0.019	0.072	0.319	0.073
	S/N	11.352	11.328	11.002	11.308
	P-value	0.591			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.10

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Branin กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	466.9	1803.9	1576.9	1959.1
	Std Dev	756.3	910.4	911.3	1053.6
	P-value	0.003			
Yield (Noise)	Mean	6.644	6.629	6.558	6.615
	Std Dev	0.050	0.156	0.352	0.186
	S/N	16.449	16.422	16.295	16.401
	P-value	0.820			
Yield (Prime)	Mean	3.684	3.637	3.567	3.625
	Std Dev	0.045	0.158	0.354	0.189
	S/N	11.326	11.190	10.876	11.150
	P-value	0.685			
Best method		MSM			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผลตอบสนองของสมการพื้นผิวบรานิน ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งกรณีที่ไม่มีและมีสิ่งรบกวนในระบบเนื่องจากค่า P-value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าสมการพื้นผิวบรานินที่มีผลตอบสนองสูงสุดหลายจุด การหาผลตอบสนองด้วยวิธีซิมเพล็กซ์แบบต่าง ๆ จะไม่มีความแตกต่างกันแต่จำนวนครั้งในการได้คำตอบสุดท้าย (Design Point) ของวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดจะน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ



ภาพที่ 4.2

บอกซ์พล็อตพื้นผิวบรานิน 2 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

การทดลองและผลตอบสนองของ สมการ Goldstein-Price สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.11 – 4.14

ตารางที่ 4.11

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Goldstein-Price กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	69.1	154.6	75.0	97.7
	Std Dev	16.0	76.3	24.8	11.7
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	9.523	8.690	9.501	9.523
	Std Dev	0.000	0.501	0.068	0.000
	S/N	19.575	18.743	19.555	19.575
	P-value	0.000			
Yield (Prime)	Mean	9.523	8.690	9.501	9.523
	Std Dev	0.000	0.501	0.068	0.000
	S/N	19.575	18.743	19.555	19.575
	P-value	0.000			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.12

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Goldstein-Price กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1501.8	1759.6	1618.9	1584.3
	Std Dev	947.4	927.4	803.9	814.8
	P-value	0.929			
Yield (Noise)	Mean	10.482	8.947	10.271	10.472
	Std Dev	0.050	1.329	0.411	0.064
	S/N	20.409	18.611	20.212	20.400
	P-value	0.000			
Yield (Prime)	Mean	9.485	7.947	9.271	9.473
	Std Dev	0.049	1.329	0.411	0.065
	S/N	19.540	17.419	19.318	19.529
	P-value	0.000			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.13

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Goldstein-Price กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

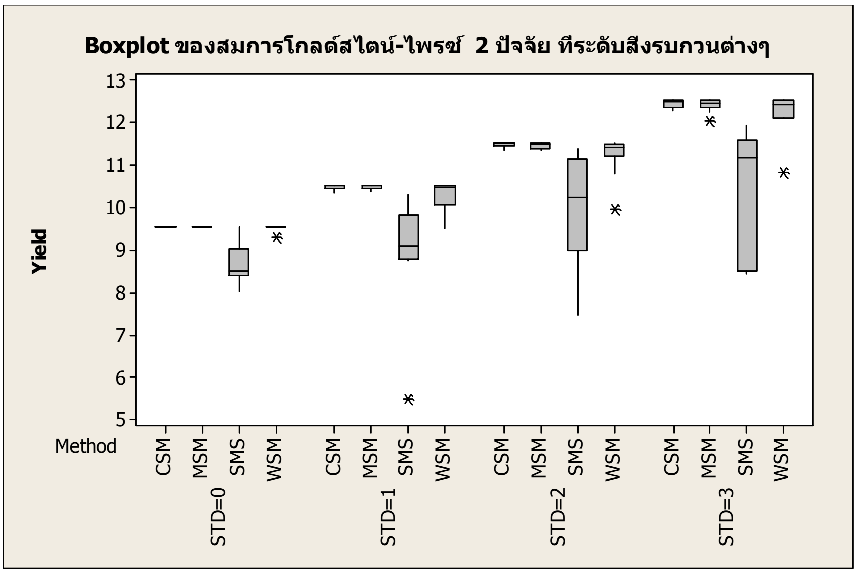
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1408.9	1679.6	1533.1	2040.8
	Std Dev	1060.7	1038.2	795.5	336.6
	P-value	0.398			
Yield (Noise)	Mean	11.449	9.926	11.222	11.474
	Std Dev	0.066	1.336	0.489	0.061
	S/N	21.175	19.694	20.976	21.194
	P-value	0.000			
Yield (Prime)	Mean	9.458	7.927	9.223	9.475
	Std Dev	0.068	1.336	0.489	0.061
	S/N	19.515	17.585	19.259	19.531
	P-value	0.000			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.14

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Goldstein-Price กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1789.9	2350.9	1885.1	1864.9
	Std Dev	1077.6	411.5	646.1	607.0
	P-value	0.312			
Yield (Noise)	Mean	12.397	10.538	12.217	12.445
	Std Dev	0.154	1.462	0.518	0.091
	S/N	21.864	20.195	21.715	21.899
	P-value	0.000			
Yield (Prime)	Mean	9.408	7.539	9.218	9.359
	Std Dev	0.149	1.461	0.518	0.322
	S/N	19.467	17.005	19.248	19.409
	P-value	0.000			
Best method		MSM			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผลตอบสนองของสมการพื้นผิวโกลด์สไตน์ไพรซ์ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่แตกต่างกัน ทั้งกรณีที่ไม่มีและมีสิ่งรบกวนในระบบเนื่องจากค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ในขณะที่ส่วนของจำนวนครั้งในการได้คำตอบสุดท้าย (Design Point) จะไม่ค่อยต่างกัน สรุปได้ว่าสมการพื้นผิวโกลด์สไตน์ไพรซ์ที่มีผลตอบสนองสูงสุดหลายจุด การหาผลตอบสนองด้วยวิธีซิมเพล็กซ์แบบต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกันซึ่งวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดจะให้ผลตอบสนองที่ดีกว่าแบบอื่น ๆ



ภาพที่ 4.3
บอกซ์พล็อตพื้นผิวโกลด์สไตน์-ไพรซ์ 2 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

การทดลองและผลตอบสนองของ สมการ Rastrigin สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.15 – 4.18

ตารางที่ 4.15
ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rastrigin กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	7.6	43.0	8.0	11.4
	Std Dev	2.0	25.1	3.5	4.3
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	74.183	77.042	76.308	76.033
	Std Dev	1.954	1.857	1.877	1.811
	S/N	37.398	37.728	37.644	37.613
	P-value	0.012			
Yield (Prime)	Mean	74.183	77.042	76.308	76.033
	Std Dev	1.954	1.857	1.877	1.811
	S/N	37.398	37.728	37.644	37.613
	P-value	0.012			
Best method		SMS			

ตารางที่ 4.16

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rastrigin กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	7.9	1681.6	7.2	11.4
	Std Dev	2.8	1064.2	2.8	4.3
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	75.669	77.135	77.517	76.642
	Std Dev	2.610	1.966	1.760	1.799
	S/N	37.564	37.738	37.782	37.683
	P-value	0.231			
Yield (Prime)	Mean	75.050	76.185	76.806	76.024
	Std Dev	2.728	1.896	1.617	1.802
	S/N	37.491	37.630	37.703	37.612
	P-value	0.305			
Best method		WSM			

ตารางที่ 4.17

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rastrigin กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

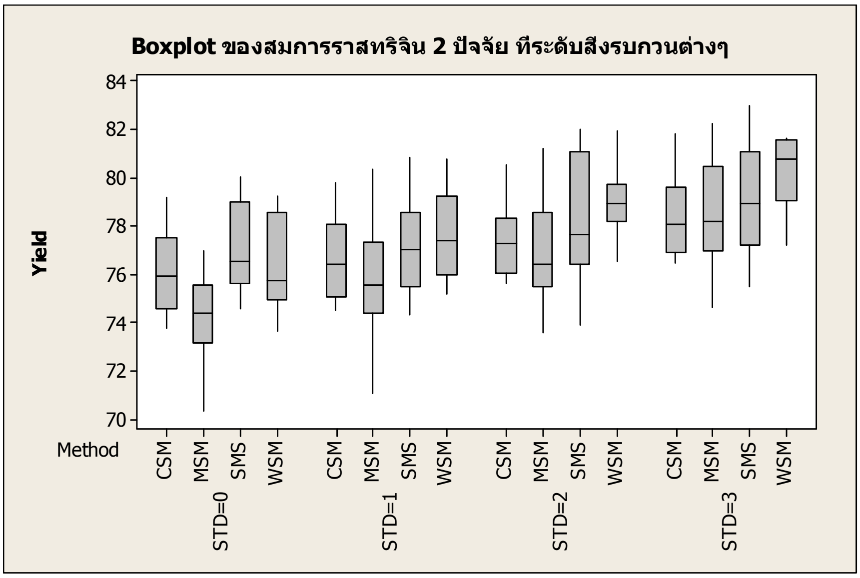
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	8.6	1278.4	7.4	10.7
	Std Dev	3.2	1012.0	3.1	3.2
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	76.787	78.282	78.980	77.338
	Std Dev	2.327	2.681	1.640	1.507
	S/N	37.695	37.859	37.945	37.763
	P-value	0.109			
Yield (Prime)	Mean	75.178	76.411	77.192	76.003
	Std Dev	2.352	2.607	2.132	1.795
	S/N	37.511	37.649	37.742	37.610
	P-value	0.258			
Best method		WSM			

ตารางที่ 4.18

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rastrigin กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	10.2	1948.5	9.0	11.1
	Std Dev	7.8	1101.3	4.5	3.6
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	78.457	79.051	80.192	78.369
	Std Dev	2.265	2.245	1.535	1.721
	S/N	37.883	37.949	38.078	37.877
	P-value	0.161			
Yield (Prime)	Mean	75.882	76.078	76.605	76.549
	Std Dev	2.433	2.267	4.031	1.709
	S/N	37.591	37.615	37.648	37.673
	P-value	0.918			
Best method		WSM			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผลตอบสนองของสมการพื้นผิวราสทริจิน ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่แตกต่างกันกรณีที่ไม่มีสิ่งรบกวนในระบบเนื่องจากค่า P-value น้อยกว่า 0.05 โดยวิธีของซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดพิเศษจะให้ผลตอบสนองที่ดีกว่าแบบอื่น ๆ แต่เมื่อระบบเริ่มมีสิ่งรบกวนค่าผลตอบสนองที่กลับไม่มีความแตกต่าง ในขณะที่จำนวนครั้งในการได้คำตอบสุดท้าย (Design Point) ของวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดพิเศษจะมีค่ามากกว่าแบบอื่น ๆ



ภาพที่ 4.4

บอกซ์พล็อตพื้นผิวราสทริจิน 2 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

การทดลองและผลตอบสนองของ สมการ Rosenbrock สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.19 – 4.22

ตารางที่ 4.19

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rosenbrock กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	51.5	50.4	53.2	71.6
	Std Dev	2.3	19.6	7.5	4.6
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	80.000	79.998	80.000	80.000
	Std Dev	0.000	0.004	0.000	0.000
	S/N	38.062	38.062	38.062	38.062
	P-value	0.095			
Yield (Prime)	Mean	80.000	79.998	80.000	79.880
	Std Dev	0.000	0.004	0.000	0.379
	S/N	38.062	38.062	38.062	38.049
	P-value	0.095			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.20

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rosenbrock กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1478.4	1698.4	1923.5	1271.6
	Std Dev	1008.7	814.0	933.0	848.3
	P-value	0.420			
Yield (Noise)	Mean	80.954	80.930	80.965	80.999
	Std Dev	0.046	0.087	0.051	0.000
	S/N	38.165	38.162	38.166	38.170
	P-value	0.056			
Yield (Prime)	Mean	79.955	79.930	79.966	79.975
	Std Dev	0.045	0.087	0.051	0.020
	S/N	38.057	38.054	38.058	38.059
	P-value	0.317			
Best method		CSM			

ตารางที่ 4.21

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rosenbrock กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

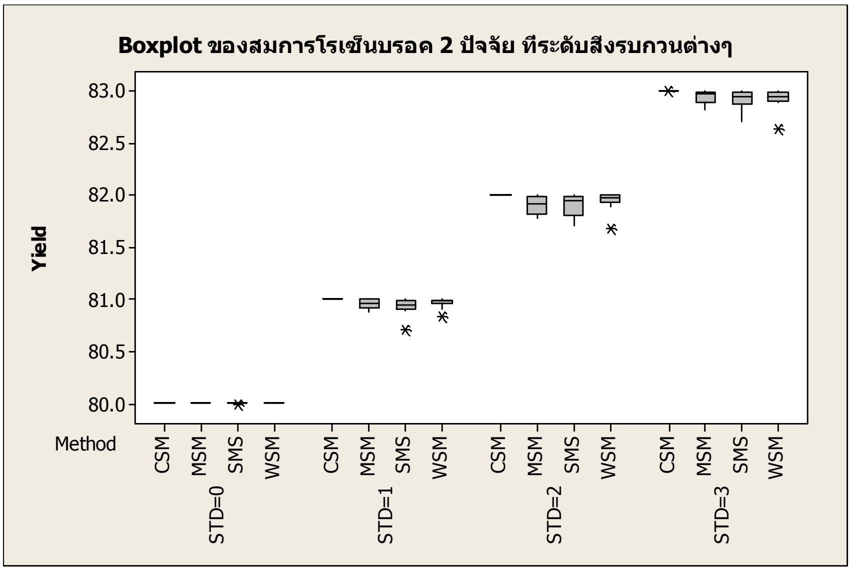
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1805.6	2210.1	2155.7	1377.3
	Std Dev	984.4	565.6	652.7	760.1
	P-value	0.069			
Yield (Noise)	Mean	81.904	81.901	81.936	81.999
	Std Dev	0.084	0.104	0.099	0.000
	S/N	38.266	38.266	38.269	38.276
	P-value	0.042			
Yield (Prime)	Mean	79.904	79.901	79.936	79.987
	Std Dev	0.084	0.104	0.099	0.007
	S/N	38.051	38.051	38.055	38.060
	P-value	0.099			
Best method		CSM			

ตารางที่ 4.22

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rosenbrock กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1836.5	2021.2	1524.7	1654.4
	Std Dev	912.8	607.7	900.5	791.1
	P-value	0.552			
Yield (Noise)	Mean	82.944	82.920	82.917	82.999
	Std Dev	0.063	0.089	0.105	0.000
	S/N	38.376	38.373	38.373	38.382
	P-value	0.071			
Yield (Prime)	Mean	79.947	79.920	79.918	79.992
	Std Dev	0.064	0.089	0.106	0.006
	S/N	38.056	38.053	38.053	38.061
	P-value	0.124			
Best method		CSM			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผลตอบสนองของสมการพื้นผิวโรเซ็นบรอค ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งกรณีที่ไม่มีและมีสิ่งรบกวนในระบบเนื่องจากค่า P-value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าสมการพื้นผิวโรเซ็นบรอคที่มีผลตอบสนองสูงสุดที่ขอบ การหาผลตอบสนองด้วยวิธีซิมเพล็กซ์แบบต่าง ๆ จะไม่มีความแตกต่างกัน โดยวิธีการของ CSM จะให้ผลตอบสนองที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ



ภาพที่ 4.5

บอกซ์พล็อตพื้นผิวโรเซ็นบรอค 2 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

การทดลองและผลตอบสนองของ สมการ Shekel สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.23 – 4.26

ตารางที่ 4.23

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Shekel กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	55.7	91.3	64.1	22.3
	Std Dev	18.5	56.9	8.6	36.7
	P-value	0.001			
Yield (Noise)	Mean	18.924	18.399	18.883	17.858
	Std Dev	0.179	0.454	0.309	1.186
	S/N	25.539	25.289	25.518	24.981
	P-value	0.003			
Yield (Prime)	Mean	18.924	18.399	18.883	17.758
	Std Dev	0.179	0.454	0.309	1.202
	S/N	25.539	25.289	25.518	24.931
	P-value	0.003			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.24

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Shekel กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	2169.9	1614.5	2024.8	820.9
	Std Dev	789.8	913.4	809.3	1183.5
	P-value	0.012			
Yield (Noise)	Mean	19.941	19.255	19.910	18.800
	Std Dev	0.059	0.613	0.158	1.402
	S/N	25.995	25.679	25.981	25.413
	P-value	0.005			
Yield (Prime)	Mean	18.954	18.255	18.910	18.054
	Std Dev	0.050	0.613	0.158	1.291
	S/N	25.554	25.214	25.533	25.066
	P-value	0.014			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.25

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Shekel กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

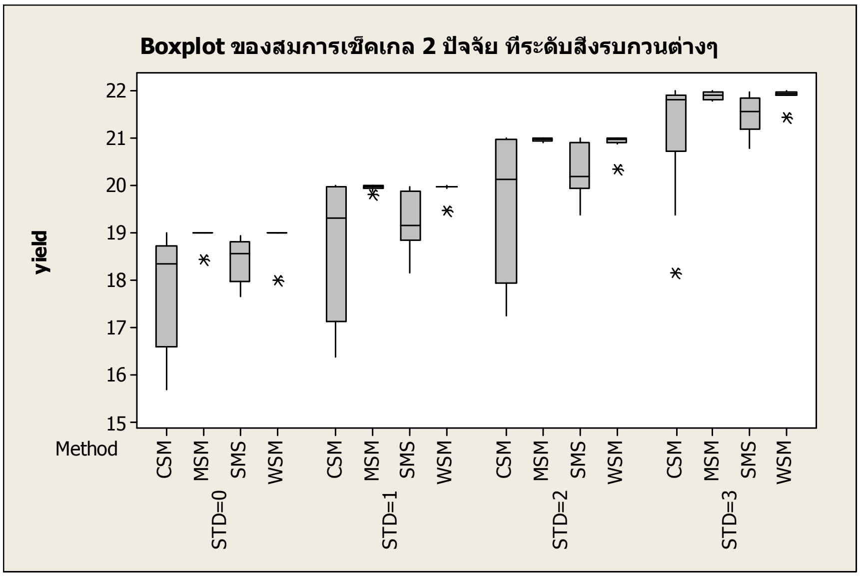
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1811.7	2046.6	2016.7	772.6
	Std Dev	805.1	653.8	916.3	1110.4
	P-value	0.008			
Yield (Noise)	Mean	20.951	20.318	20.887	19.639
	Std Dev	0.031	0.564	0.195	1.536
	S/N	26.424	26.149	26.396	25.785
	P-value	0.003			
Yield (Prime)	Mean	18.952	18.318	18.887	17.960
	Std Dev	0.030	0.564	0.195	1.254
	S/N	25.553	25.246	25.522	25.024
	P-value	0.007			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.26

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Shekel กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1720.0	1719.1	2300.9	1252.0
	Std Dev	910.8	743.0	645.5	1182.4
	P-value	0.093			
Yield (Noise)	Mean	21.873	21.470	21.881	21.157
	Std Dev	0.082	0.391	0.165	1.321
	S/N	26.798	26.633	26.801	26.457
	P-value	0.072			
Yield (Prime)	Mean	18.874	18.470	18.882	18.271
	Std Dev	0.082	0.391	0.165	1.166
	S/N	25.517	25.324	25.520	25.180
	P-value	0.084			
Best method		MSM			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผลตอบสนองของสมการพื้นผิวเช็คเกล ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่แตกต่างกัน ทั้งกรณีที่ไม่มีและมีสิ่งรบกวนในระบบเนื่องจากค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แต่ที่ระดับสิ่งรบกวน STD=3 ผลที่ได้กลับไม่ต่างกัน สรุปได้ว่าสมการพื้นผิวเช็คเกลที่มีผลตอบสนองสูงสุดหลายจุดการหาผลตอบสนองด้วยวิธีซิมเพล็กซ์แบบต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกันซึ่งวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด จะให้ผลตอบสนองที่ดีกว่าแบบอื่น ๆ



ภาพที่ 4.6

บอกซ์พล็อตพื้นผิวเช็คเกล 2 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

การทดลองและผลตอบสนองของ สมการ Styblinski สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.27 – 4.30

ตารางที่ 4.27

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Styblinski กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	62.7	60.9	61.9	69.1
	Std Dev	4.2	18.5	2.5	33.8
	P-value	0.779			
Yield (Noise)	Mean	353.05	353.15	351.92	352.86
	Std Dev	0.888	0.338	4.470	1.082
	S/N	50.957	50.959	50.927	50.952
	P-value	0.636			
Yield (Prime)	Mean	353.051	353.145	351.919	352.856
	Std Dev	0.888	0.338	4.470	1.082
	S/N	50.957	50.959	50.927	50.952
	P-value	0.636			
Best method		SMS			

ตารางที่ 4.28

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Styblinski กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	2276.6	2009.5	2008.2	2122.0
	Std Dev	619.2	650.7	993.3	862.8
	P-value	0.858			
Yield (Noise)	Mean	353.99	354.13	352.87	354.13
	Std Dev	0.991	0.181	4.456	0.579
	S/N	50.980	50.983	50.950	50.983
	P-value	0.559			
Yield (Prime)	Mean	353.024	353.130	351.873	353.162
	Std Dev	0.879	0.181	4.456	0.479
	S/N	50.956	50.959	50.926	50.959
	P-value	0.539			
Best method		SMS			

ตารางที่ 4.29

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Styblinski กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

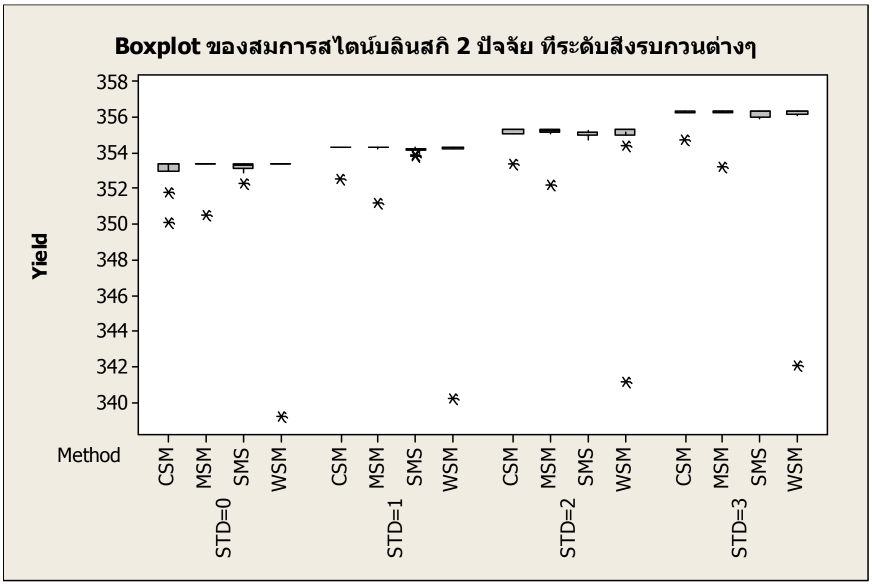
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	2311.4	2106.4	1714.5	1866.9
	Std Dev	556.6	821.4	686.8	851.9
	P-value	0.300			
Yield (Noise)	Mean	354.93	355.06	353.78	355.05
	Std Dev	0.982	0.156	4.444	0.601
	S/N	51.003	51.006	50.973	51.006
	P-value	0.538			
Yield (Prime)	Mean	352.971	353.058	351.777	353.099
	Std Dev	0.863	0.156	4.442	0.467
	S/N	50.955	50.957	50.923	50.958
	P-value	0.513			
Best method		SMS			

ตารางที่ 4.30

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Styblinski กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1505.2	1944.4	1649.4	1882.1
	Std Dev	648.9	684.2	880.8	1027.4
	P-value	0.611			
Yield (Noise)	Mean	355.98	356.20	354.84	356.13
	Std Dev	0.990	0.168	4.506	0.490
	S/N	51.028	51.034	50.999	51.032
	P-value	0.526			
Yield (Prime)	Mean	353.013	353.196	351.838	353.139
	Std Dev	0.876	0.168	4.506	0.472
	S/N	50.956	50.960	50.925	50.959
	P-value	0.515			
Best method		SMS			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผลตอบสนองของสมการพื้นผิวสไตน์บลิสกิ ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งกรณีที่ไม่มีและมีสิ่งรบกวนในระบบเนื่องจากค่า P-value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าสมการพื้นผิวสไตน์บลิสกิ ที่มีผลตอบสนองสูงสุดหลายจุด การหาผลตอบสนองด้วยวิธีซิมเพล็กซ์แบบต่าง ๆ จะไม่มีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.7

บอกซ์พล็อตพื้นผิวสไตน์บลิสกิ 2 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

การทดลองและผลตอบสนองของ สมการ Camelback สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.31 – 4.34

ตารางที่ 4.31

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Camelback กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	37.5	53.8	129.3	43.7
	Std Dev	9.9	26.0	173.6	26.6
	P-value	0.093			
Yield (Noise)	Mean	10.035	9.770	9.912	10.267
	Std Dev	0.665	0.176	0.760	1.267
	S/N	19.985	19.794	19.866	20.090
	P-value	0.578			
Yield (Prime)	Mean	10.035	9.770	9.912	10.170
	Std Dev	0.665	0.176	0.760	1.008
	S/N	19.985	19.794	19.866	20.051
	P-value	0.578			
Best method		CSM			

ตารางที่ 4.32

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Camelback กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	2061.5	1682.1	2242.3	1257.8
	Std Dev	854.5	405.0	721.6	792.2
	P-value	0.020			
Yield (Noise)	Mean	10.797	10.610	10.619	11.142
	Std Dev	0.363	0.211	0.250	1.341
	S/N	20.654	20.510	20.515	20.791
	P-value	0.319			
Yield (Prime)	Mean	9.797	9.610	9.620	10.025
	Std Dev	0.363	0.211	0.250	1.474
	S/N	19.807	19.649	19.655	19.792
	P-value	0.600			
Best method		CSM			

ตารางที่ 4.33

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Camelback กรณี 2 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

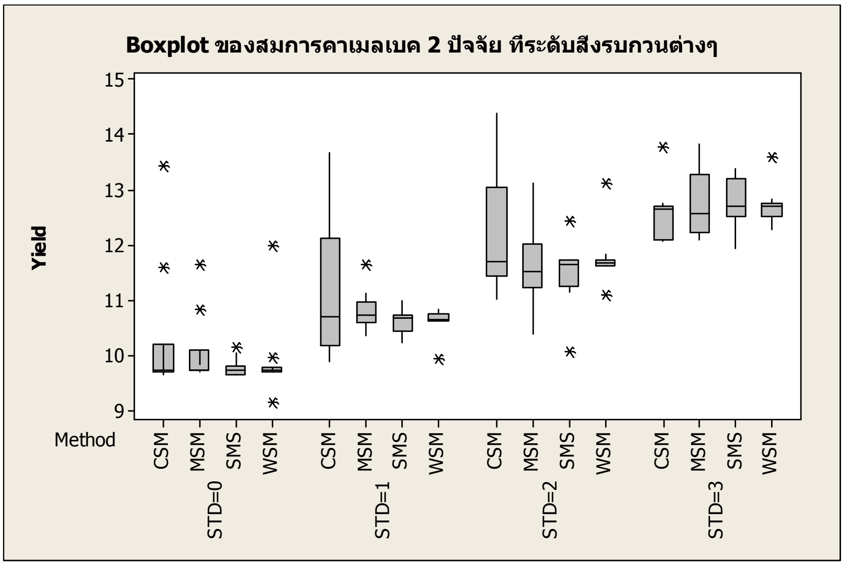
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	2010.0	2000.0	1873.8	1490.1
	Std Dev	644.0	760.1	861.3	755.3
	P-value	0.391			
Yield (Noise)	Mean	11.654	11.491	11.775	12.112
	Std Dev	0.822	0.609	0.515	1.071
	S/N	21.273	21.171	21.399	21.509
	P-value	0.350			
Yield (Prime)	Mean	9.654	9.491	9.775	10.100
	Std Dev	0.822	0.609	0.515	1.079
	S/N	19.613	19.492	19.773	19.969
	P-value	0.372			
Best method		CSM			

ตารางที่ 4.34

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Camelback กรณี 2 ปัจจัย ที่สิ่งรบกวน STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1963.8	2028.8	1559.7	1391.8
	Std Dev	814.6	639.4	701.0	1045.5
	P-value	0.247			
Yield (Noise)	Mean	12.719	12.735	12.720	12.594
	Std Dev	0.618	0.452	0.351	0.503
	S/N	22.063	22.085	22.081	21.985
	P-value	0.909			
Yield (Prime)	Mean	9.719	9.744	9.720	9.593
	Std Dev	0.618	0.436	0.351	0.503
	S/N	19.708	19.751	19.739	19.609
	P-value	0.898			
Best method		SMS			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผลตอบสนองของสมการพื้นผิวคาเมลเบค ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งกรณีที่ไม่มีและมีสิ่งรบกวนในระบบเนื่องจากค่า P-value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าสมการพื้นผิวคาเมลเบค ที่มีผลตอบสนองสูงสุดหลายจุด การหาผลตอบสนองด้วยวิธีซิมเพล็กซ์แบบต่าง ๆ จะไม่มีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.8

บอกซ์พลอตพื้นผิวคาเมลเบค 2 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

จากผลการทดลองกรณี 2 ปัจจัย ในส่วนของจำนวนครั้งในการได้คำตอบสุดท้าย (Design Point) ของวิธีซิมเพล็กซ์ทั้ง 4 แบบมีค่าไม่แน่นอน อันเนื่องมาจากจุดที่สร้างเริ่มต้นในการทดลองทั้ง 3 จุด ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อ วิธีในการสร้างจุดต่อไป เพื่อพัฒนาผลตอบสนอง ผลจากการทดลองสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลตัวอย่าง (Standard Deviation) แบ่งตามลักษณะของสมการ ได้ดังนี้

สมการที่มีค่าที่สูงที่สุดเพียงจุดเดียว สมการที่มีค่าที่สูงที่สุดอยู่ ณ บริเวณขอบของพื้นที่ของสมการที่เป็นฟังก์ชั่นของ Parabolic และ Rosenbrock พบว่าค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่เหมาะสมที่สุด ที่หาได้ภายใต้สิ่งรบกวนที่มีค่าสุ่มที่ 0 ถึง 3 ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์มีความแตกต่างกันไม่มากนักและในแต่ละวิธีของสมการผลตอบสนองค่าเฉลี่ยภายใต้สิ่งรบกวนต่ำจะมีค่าน้อยกว่าภายใต้สิ่งรบกวนสูงตามลำดับ และนอกจากนี้จุดที่สร้างในการเริ่มต้นในการทดลองทั้ง 3 จุด จะไม่ค่อยมีผลกระทบโดยตรงต่อในการสร้างซิมเพล็กซ์จุดต่อไปค่อนข้างมาก

สมการที่มีจุดที่สูงที่สุดหลายยอดและสมการแบบผสมผสาน อันได้แก่ สมการฟังก์ชั่น Shekel, Branin, Camelback และอื่น ๆ จะพบว่าค่าเฉลี่ยของผลตอบ สนองที่เหมาะสมที่สุดที่หาได้ภายใต้สิ่งรบกวนที่มีค่าสุ่มที่ 0 ถึง3 มีความแตกต่างกันแต่ยังก็สามารถ เข้าใกล้ค่าผลตอบสนองที่ดีที่สุดของพื้นผิว แต่ในกรณีนี้วิธีซิมเพล็กซ์ในแบบต่าง ๆ จะมีจุดที่สร้างสำหรับการเริ่มต้นในการทดลองทั้ง 3 จุด ที่จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการสร้างจุดต่อไปในการพัฒนาผลตอบสนองค่อนข้างสูง

4.1.2 การทดสอบผ่านสมการที่มีปัจจัย 2 ปัจจัยของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซ

การทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซสำหรับกรณี 2 ปัจจัยที่มีการพิจารณาสิ่งรบกวนระบบที่ระดับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0, 1, 2 และ 3 ในแต่ละตัวแบบปัญหา โดยมีค่าประสิทธิภาพที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบครั้งนี้ประกอบด้วยค่าผลตอบสนอง (Yield) จำนวนครั้งในการได้รับคำตอบสุดท้าย (Design Points) โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ คือ จำนวนวนซ้ำ (Iteration) มีค่าเท่ากับ 3000 ตัวแปรตัดสินใจ (HMCR) มีค่าเท่ากับ 0.90, ตัวแปรปรับระดับ (PAR) มีค่าเท่ากับ 0.1-0.9 ขนาดของความจำ (HMS) มีค่าเท่ากับ 20 และค่าแบนด์วิธ (Bandwidth) มีค่าเท่ากับ 0.001 – 1 (ภาคผนวก ก)

การทดลองและผลตอบสนองของล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซ สมการ Parabolic สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.35

ตารางที่ 4.35

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Parabolic สำหรับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซกรณี 2 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2960.9	2339.8	2291.5	2196.1
	Std Dev	37.3	562.7	503.5	571.4
Yield(noise)	Mean	12.000	12.990	13.981	14.976
	Std Dev	0.000	0.005	0.020	0.016
	S/N	21.584	22.272	22.911	23.508
Yield(Prime)	Mean	12.000	11.888	11.957	11.967
	Std Dev	0.000	0.191	0.049	0.052
	S/N	21.584	21.499	21.552	21.559

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซ สมการ Branin สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.36

ตารางที่ 4.36

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Branin สำหรับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซกรณี 2 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2962.6	2289.4	2421.5	2451.2
	Std Dev	43.6	514.0	531.3	388.4
Yield(noise)	Mean	5.922	6.916	7.720	8.532
	Std Dev	0.000	0.003	0.551	0.521
	S/N	15.449	16.797	17.674	18.573
Yield(Prime)	Mean	5.922	5.917	5.731	5.572
	Std Dev	0.000	0.003	0.543	0.487
	S/N	15.449	15.442	15.011	14.813

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซ สมการ Goldstein-Price สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.37

ตารางที่ 4.37

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Goldstein-Price สำหรับล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซกรณี 2 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2885.3	2529.7	2647.1	2024.5
	Std Dev	138.0	432.6	476.4	642.7
Yield(noise)	Mean	7.671	8.077	9.822	10.549
	Std Dev	1.615	1.610	1.313	1.731
	S/N	17.090	17.701	19.604	20.118
Yield(Prime)	Mean	7.671	7.082	7.826	7.556
	Std Dev	1.615	1.609	1.310	1.729
	S/N	17.090	16.426	17.480	16.865

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซ สมการ Rastrigin สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.38

ตารางที่ 4.38

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rastrigin สำหรับล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซกรณี 2 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2972.9	1955.1	2179.9	2067.8
	Std Dev	23.373	715.294	794.546	830.136
Yield(noise)	Mean	80.000	80.996	81.992	82.988
	Std Dev	0.000	0.002	0.006	0.007
	S/N	38.062	38.169	38.275	38.380
Yield(Prime)	Mean	80.000	79.551	79.209	78.420
	Std Dev	0.000	0.340	0.875	1.363
	S/N	38.062	38.013	37.974	37.885

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซ สมการ Rosenbrock สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.39

ตารางที่ 4.39

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rosenbrock สำหรับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซกรณี 2 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2972.1	1932.2	2186.2	1981.8
	Std Dev	27.694	769.271	538.991	654.739
Yield(noise)	Mean	80.000	80.985	81.984	82.964
	Std Dev	0.000	0.019	0.009	0.021
	S/N	38.062	38.168	38.274	38.377
Yield(Prime)	Mean	80.000	79.955	79.930	79.966
	Std Dev	0.000	0.045	0.087	0.051
	S/N	38.062	38.057	38.054	38.058

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซ สมการ Shekel สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.40

ตารางที่ 4.40

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Shekel สำหรับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซกรณี 2 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2964.3	2188.2	2298.3	2638.5
	Std Dev	35.615	770.412	315.595	356.967
Yield(noise)	Mean	18.980	19.954	20.965	21.970
	Std Dev	1.7E-07	0.062	0.012	0.013
	S/N	25.566	26.001	26.429	26.837
Yield(Prime)	Mean	18.981	18.954	18.255	18.910
	Std Dev	0.000	0.050	0.613	0.158
	S/N	25.566	25.554	25.214	25.533

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซ สมการ Stybliski สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.41

ตารางที่ 4.41

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Stybliski สำหรับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซกรณี 2 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2941.8	2335.6	2398.3	2239.4
	Std Dev	98.821	540.913	350.167	636.851
Yield(noise)	Mean	353.332	354.326	355.323	356.318
	Std Dev	1E-06	0.004	0.006	0.008
	S/N	50.964	50.988	51.012	51.037
Yield(Prime)	Mean	353.332	353.024	353.130	351.873
	Std Dev	0.000	0.879	0.181	4.456
	S/N	50.964	50.956	50.959	50.926

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซ สมการ Camelback สำหรับกรณี 2 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.42

ตารางที่ 4.42

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Camelback สำหรับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซกรณี 2 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2970.3	2932.3	2841	2863.6
	Std Dev	29.151	43.919	173.029	70.623
Yield(noise)	Mean	23.658	24.636	26.608	28.49
	Std Dev	0.295	0.439	1.103	1.482
	S/N	27.477	27.827	28.480	29.063
Yield(Prime)	Mean	23.658	23.775	24.856	26.200
	Std Dev	0.295	0.513	1.038	1.488
	S/N	27.478	27.517	27.888	28.328

จากผลการทดลองกรณี 2 ปัจจัย ของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซจะหยุดก็ต่อเมื่อครบรอบการค้นหาที่ต้องการ ผลจากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลตัวอย่าง (Standard Deviation) แบ่งตามลักษณะของสมการได้ดังนี้

สมการที่มีค่าที่สูงที่สุดเพียงจุดเดียว สมการที่มีค่าที่สูงที่สุดอยู่ ณ บริเวณขอบของพื้นที่ของสมการพบว่า ค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่เหมาะสมที่สุดที่หาได้ภายใต้สิ่งรบกวนที่มีค่าสุ่มที่ 0 ถึง 3 มีความแตกต่างกันไม่มากนักในแต่ละสมการในขณะที่ผลตอบสนองเฉลี่ยภายใต้สิ่งรบกวนมีค่าของผลตอบสนองลดลงเมื่อเทียบกับไม่มีสิ่งรบกวนแต่ก็ยังมีค่าใกล้เคียงกันอยู่

สำหรับกรณีของสมการที่มีจุดที่สูงที่สุดหลายยอด ค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่เหมาะสมที่สุดที่หาได้ภายใต้สิ่งรบกวนที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0 ถึง 3 มีความแตกต่างกันไม่

มากนักเช่นกัน และมีค่าใกล้เคียงกับผลตอบสนองที่ดีที่สุดของพื้นผิวในแต่ละสมการและผลตอบสนองเฉลี่ยของ Prime Yield ภายใต้สิ่งรบกวนมีค่าของผลตอบสนองลดลงเมื่อเทียบกับไม่มีสิ่งรบกวนแต่มีค่าใกล้เคียงกัน

4.1.3 การทดสอบผ่านสมการที่มีปัจจัย 3 ปัจจัยของวิธีซิมเพล็กซ์

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีซิมเพล็กซ์กับสมการ Parabolic สำหรับกรณี 3 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.43 – 4.46

ตารางที่ 4.43

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Parabolic กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	95.5	219.9	95.1	112.5
	Std Dev	9.1	64.7	29.0	42.0
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	12.000	11.999	12.000	11.999
	Std Dev	0.000	0.000	0.001	0.001
	S/N	21.584	21.584	21.583	21.583
	P-value	0.354			
Yield (Prime)	Mean	12.000	11.999	12.000	11.999
	Std Dev	0.000	0.000	0.001	0.001
	S/N	21.584	21.584	21.583	21.583
	P-value	0.354			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.44

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Parabolic กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	2233.2	2233.2	1281.4	2087.2
	Std Dev	467.7	467.7	787.2	719.2
	P-value	0.010			
Yield (Noise)	Mean	12.975	12.986	12.977	12.977
	Std Dev	0.028	0.011	0.024	0.040
	S/N	22.262	22.270	22.263	22.264
	P-value	0.793			
Yield (Prime)	Mean	11.976	11.987	11.977	11.978
	Std Dev	0.028	0.011	0.024	0.039
	S/N	21.566	21.574	21.567	21.568
	P-value	0.810			
Best method		WSM			

ตารางที่ 4.45

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Parabolic กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

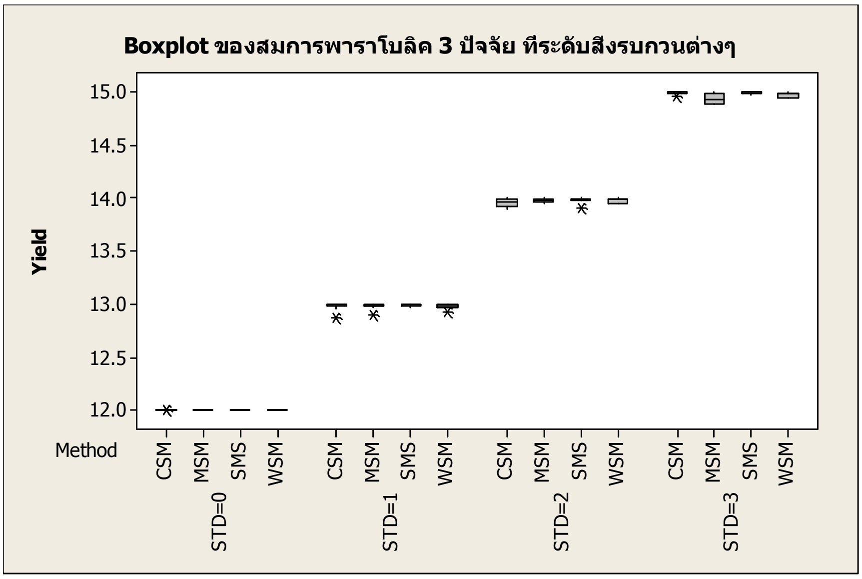
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1806.1	2389.9	1860.9	2109.4
	Std Dev	699.0	746.7	851.8	713.1
	P-value	0.306			
Yield (Noise)	Mean	13.975	13.977	13.974	13.955
	Std Dev	0.017	0.026	0.022	0.037
	S/N	22.907	22.908	22.906	22.895
	P-value	0.243			
Yield (Prime)	Mean	11.976	11.979	11.975	11.957
	Std Dev	0.017	0.025	0.022	0.038
	S/N	21.566	21.568	21.565	21.552
	P-value	0.257			
Best method		SMS			

ตารางที่ 4.46

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Parabolic กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1923.8	1957.2	1614.6	2438.4
	Std Dev	711.1	769.2	704.9	574.4
	P-value	0.083			
Yield (Noise)	Mean	14.933	14.989	14.968	14.988
	Std Dev	0.046	0.008	0.024	0.013
	S/N	23.483	23.515	23.503	23.515
	P-value	0.000			
Yield (Prime)	Mean	11.935	11.989	11.969	11.990
	Std Dev	0.045	0.007	0.024	0.012
	S/N	21.536	21.576	21.561	21.576
	P-value	0.000			
Best method		SMS			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผลตอบสนองของสมการพื้นผิวพาราโบลิค ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งกรณีที่ไม่มีและมีสิ่งรบกวนในระบบเนื่องจากค่า P-value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าสมการพื้นผิวพาราโบลิคที่มีผลตอบสนองสูงสุดเพียงจุดเดียว การหาผลตอบสนองด้วยวิธีซิมเพล็กซแบบต่าง ๆ ที่สมการมี 3 ปัจจัยจะไม่มีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.9

บอกซ์พล็อตพื้นผิวพาราโบลิค 3 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีซิมเพล็กซ์กับสมการ Shekel สำหรับกรณี 3 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.47 – 4.50

ตารางที่ 4.47

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Shekel กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	108.5	328.8	105.8	18.5
	Std Dev	13.0	137.3	52.0	9.7
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	18.680	18.593	16.141	16.654
	Std Dev	0.000	0.145	1.214	0.993
	S/N	25.427	25.386	24.092	24.388
	P-value	0.000			
Yield (Prime)	Mean	18.680	18.593	16.141	16.654
	Std Dev	0.000	0.145	1.214	0.993
	S/N	25.427	25.386	24.092	24.388
	P-value	0.000			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.48

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Shekel กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	2178.4	1994.2	1773.2	1196.9
	Std Dev	570.0	869.9	1027.9	1102.6
	P-value	0.109			
Yield (Noise)	Mean	19.630	19.450	17.480	18.518
	Std Dev	0.050	0.159	1.531	1.688
	S/N	25.858	25.778	24.751	25.245
	P-value	0.001			
Yield (Prime)	Mean	18.631	18.451	16.481	17.630
	Std Dev	0.050	0.159	1.531	1.656
	S/N	25.404	25.319	24.226	24.805
	P-value	0.000			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.49

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Shekel กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

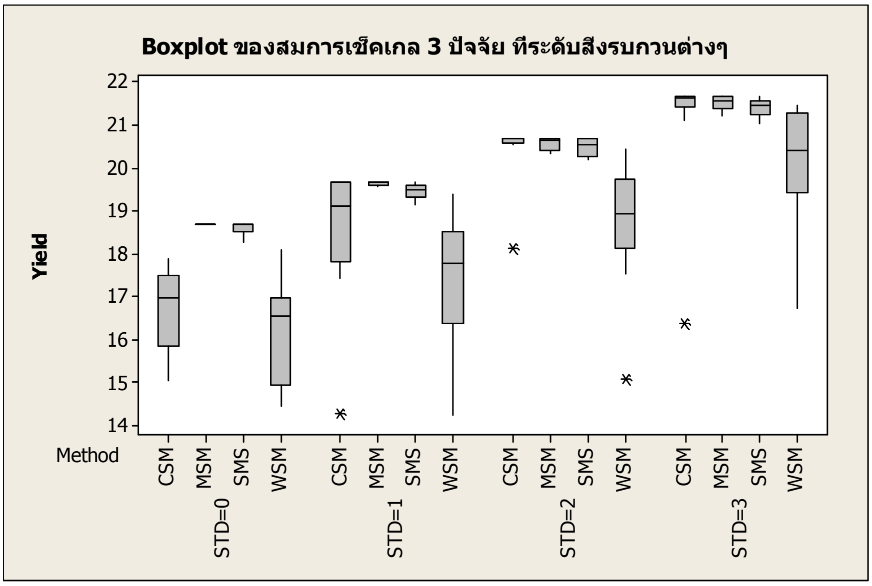
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	2018.6	2522.2	1592.8	2079.1
	Std Dev	1049.7	447.1	939.4	886.2
	P-value	0.139			
Yield (Noise)	Mean	20.553	20.464	18.677	20.390
	Std Dev	0.142	0.208	1.530	0.800
	S/N	26.257	26.219	25.336	26.169
	P-value	0.000			
Yield (Prime)	Mean	18.555	18.465	16.679	18.520
	Std Dev	0.142	0.208	1.531	0.394
	S/N	25.368	25.325	24.327	25.347
	P-value	0.000			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.50

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Shekel กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1968.9	2112.7	1078.7	2041.8
	Std Dev	834.9	760.9	564.1	652.5
	P-value	0.008			
Yield (Noise)	Mean	21.515	21.394	20.103	21.039
	Std Dev	0.160	0.215	1.443	1.655
	S/N	26.654	26.605	25.996	26.374
	P-value	0.030			
Yield (Prime)	Mean	18.516	18.395	17.104	18.043
	Std Dev	0.160	0.215	1.443	1.656
	S/N	25.350	25.292	24.564	25.003
	P-value	0.030			
Best method		MSM			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผลตอบสนองของสมการพื้นผิวเช็คเกลที่มี 3 ปัจจัย ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่แตกต่างกันทั้งกรณีที่ไม่มีและมีสิ่งรบกวนในระบบเนื่องค่าจาก P-value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าสมการพื้นผิวเช็คเกลที่มีผลตอบสนองสูงสุดหลายจุดการหาผลตอบสนองด้วยวิธีซิมเพล็กซแบบต่าง ๆ ที่สมการมี 3 ปัจจัยจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งกรณีของซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดจะมีการตอบสนองที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ



ภาพที่ 4.10

บอกซ์พล็อตพื้นผิวเช็คเกล 3 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีซิมเพล็กซ์กับสมการ Rastrigin สำหรับกรณี 3 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.51 – 4.54

ตารางที่ 4.51

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rastrigin กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	12.0	89.6	11.2	18.4
	Std Dev	3.3	110.0	2.8	5.1
	P-value	0.007			
Yield (Noise)	Mean	81.145	83.675	81.439	83.456
	Std Dev	1.844	2.988	2.048	1.541
	S/N	38.180	38.438	38.209	38.425
	P-value	0.020			
Yield (Prime)	Mean	81.145	83.675	81.439	83.456
	Std Dev	1.844	2.988	2.048	1.541
	S/N	38.18	38.438	38.209	38.425
	P-value	0.020			
Best method		SMS			

ตารางที่ 4.52

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rastrigin กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	12.1	1081.1	12.1	18.4
	Std Dev	3.5	1123.2	5.4	5.1
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	81.850	84.977	83.633	84.178
	Std Dev	38.255	2.745	2.784	1.584
	S/N	38.255	38.574	38.437	38.501
	P-value	0.029			
Yield (Prime)	Mean	81.145	84.137	83.046	83.456
	Std Dev	1.844	2.626	2.794	1.541
	S/N	38.179	38.488	38.376	38.426
	P-value	0.034			
Best method		SMS			

ตารางที่ 4.53

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rastrigin กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

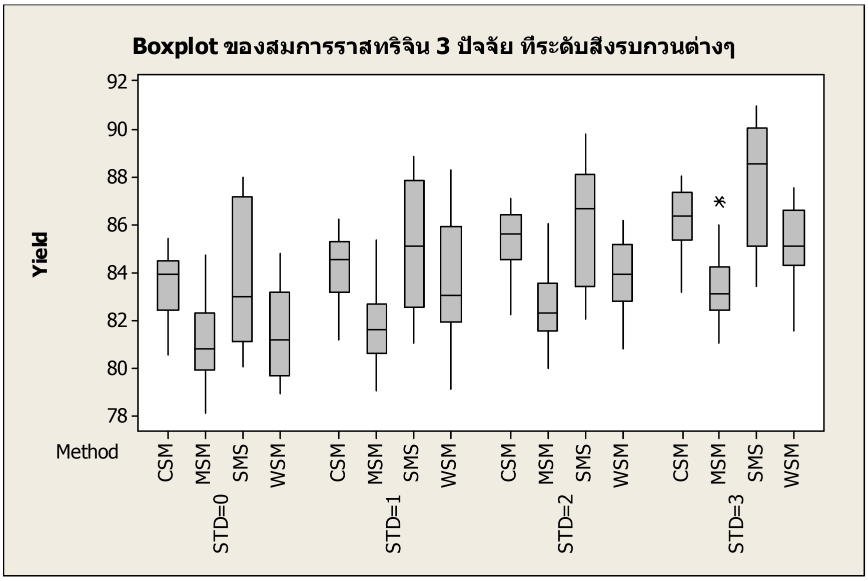
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	13.0	1270.5	13.2	18.6
	Std Dev	4.1	980.7	5.9	5.1
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	82.598	85.977	83.820	85.244
	Std Dev	1.820	2.699	1.535	1.528
	S/N	38.334	38.676	38.463	38.609
	P-value	0.002			
Yield (Prime)	Mean	81.164	84.146	82.453	83.716
	Std Dev	1.869	2.618	1.763	1.431
	S/N	38.182	38.489	38.319	38.453
	P-value	0.007			
Best method		SMS			

ตารางที่ 4.54

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rastrigin กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	13.8	1491.3	12.7	19.1
	Std Dev	4.0	1339.7	8.4	6.1
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	83.486	87.773	85.168	86.084
	Std Dev	1.724	2.678	1.764	1.655
	S/N	38.427	38.856	38.6	38.694
	P-value	0.000			
Yield (Prime)	Mean	81.182	84.927	83.730	83.837
	Std Dev	1.709	2.624	2.093	1.817
	S/N	38.184	38.569	38.45	38.463
	P-value	0.003			
Best method		SMS			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผลตอบสนองของสมการพื้นผิวราสทริจินที่มี 3 ปัจจัย ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่แตกต่างกันทั้งกรณีที่ไม่มีและมีสิ่งรบกวนในระบบเนื่องจากค่า P-value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าสมการพื้นผิวราสทริจินที่มีผลตอบสนองสูงสุดหลายจุด การหาผลตอบสนองด้วยวิธีซิมเพล็กซแบบต่าง ๆ ที่สมการมี 3 ปัจจัยจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งกรณีของซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดพิเศษจะมีการตอบสนองที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ



ภาพที่ 4.11

บอกซ์พล็อตพื้นผิวราสทริจิน 3 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีซิมเพล็กซ์กับสมการ Rosenbrock สำหรับกรณี 3 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.55 – 4.58

ตารางที่ 4.55

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rosenbrock กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	105.5	219.9	114.7	23.7
	Std Dev	20.7	64.9	24.9	11.5
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	80.000	80.000	79.975	79.956
	Std Dev	0.000	0.000	0.024	0.047
	S/N	38.062	38.062	38.059	38.057
	P-value	0.001			
Yield (Prime)	Mean	80.000	80.000	79.975	79.956
	Std Dev	0.000	0.000	0.024	0.047
	S/N	38.062	38.062	38.059	38.057
	P-value	0.001			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.56

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rosenbrock กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	2243.2	2211.7	1737.4	1872.5
	Std Dev	639.0	410.9	747.6	578.4
	P-value	0.183			
Yield (Noise)	Mean	80.881	80.928	80.968	80.977
	Std Dev	0.288	0.132	0.030	0.026
	S/N	38.157	38.162	38.166	38.167
	P-value	0.530			
Yield (Prime)	Mean	79.882	79.928	79.968	79.978
	Std Dev	0.288	0.132	0.029	0.026
	S/N	38.049	38.054	38.058	38.059
	P-value	0.530			
Best method		CSM			

ตารางที่ 4.57

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rosenbrock กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

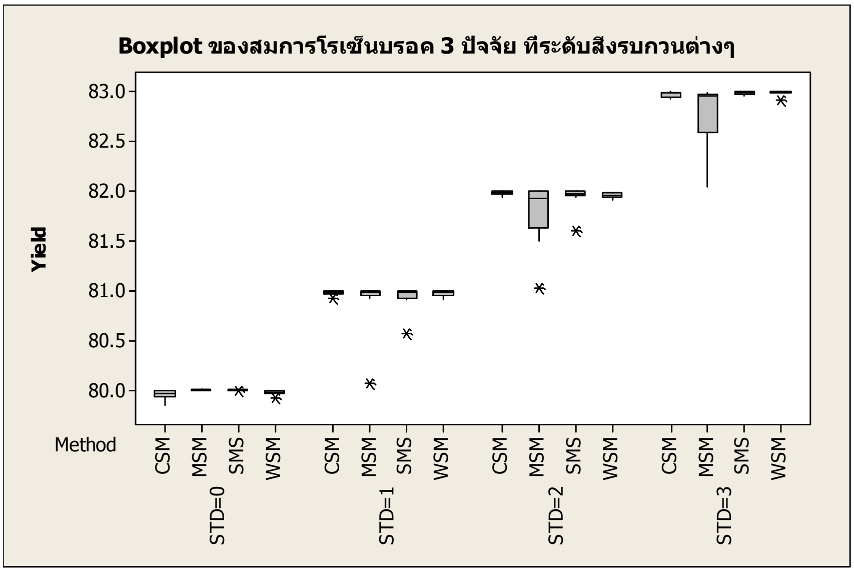
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	2001.7	2320.8	1396.9	2177.7
	Std Dev	822.1	687.5	867.2	459.6
	P-value	0.038			
Yield (Noise)	Mean	81.788	81.935	81.953	81.977
	Std Dev	0.316	0.121	0.029	0.020
	S/N	38.254	38.269	38.271	38.274
	P-value	0.075			
Yield (Prime)	Mean	79.789	79.936	79.954	79.978
	Std Dev	0.316	0.121	0.028	0.021
	S/N	38.039	38.055	38.057	38.059
	P-value	0.073			
Best method		CSM			

ตารางที่ 4.58

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rosenbrock กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	2130.8	2301.0	1501.2	2051.9
	Std Dev	747.4	518.4	777.8	750.8
	P-value	0.084			
Yield (Noise)	Mean	82.767	82.978	82.976	82.966
	Std Dev	0.324	0.017	0.023	0.024
	S/N	38.357	38.379	38.379	38.378
	P-value	0.015			
Yield (Prime)	Mean	79.768	79.979	79.977	79.967
	Std Dev	0.324	0.016	0.023	0.024
	S/N	38.036	38.060	38.059	38.058
	P-value	0.015			
Best method		WSM			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผลตอบสนองของสมการพื้นผิวโรเซ็นบรอคที่มี 3 ปัจจัย ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่แตกต่างกันทั้งกรณีที่ไม่มีและมีสิ่งรบกวนในระบบ เนื่องจากค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของระดับสิ่งรบกวนก็จะส่งผลต่อการตอบสนองในแต่ละวิธีซึ่งกรณีของซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดจะมีการตอบสนองที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ ในกรณีที่ไม่มีสิ่งรบกวน



ภาพที่ 4.12

บอกซ์พล็อตพื้นผิวโรเซ็นบรอค 3 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีซิมเพล็กซ์กับสมการ Stybliski สำหรับกรณี 3 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.59 – 4.62

ตารางที่ 4.59

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Stybliski กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 0

Measure		STD เท่ากับ 0			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	120.3	270.4	72.7	22.5
	Std Dev	22.4	69.3	59.0	10.9
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	353.33	353.32	351.59	349.76
	Std Dev	0.000	0.013	1.417	2.705
	S/N	50.964	50.963	50.921	50.875
	P-value	0.000			
Yield (Prime)	Mean	353.33	353.32	351.59	349.76
	Std Dev	0.000	0.013	1.417	2.705
	S/N	50.964	50.963	50.921	50.875
	P-value	0.000			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.60

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Stybliski กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 1

Measure		STD เท่ากับ 1			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1947.3	2481.6	713.0	630.5
	Std Dev	1012.3	662.8	965.4	1051.3
	P-value	0.000			
Yield (Noise)	Mean	354.26	354.22	352.59	350.74
	Std Dev	0.069	0.085	1.420	3.013
	S/N	50.986	50.986	50.945	50.899
	P-value	0.000			
Yield (Prime)	Mean	353.26	353.22	351.63	349.95
	Std Dev	0.069	0.085	1.382	2.933
	S/N	50.962	50.961	50.922	50.879
	P-value	0.000			
Best method		MSM			

ตารางที่ 4.61

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Stybliski กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 2

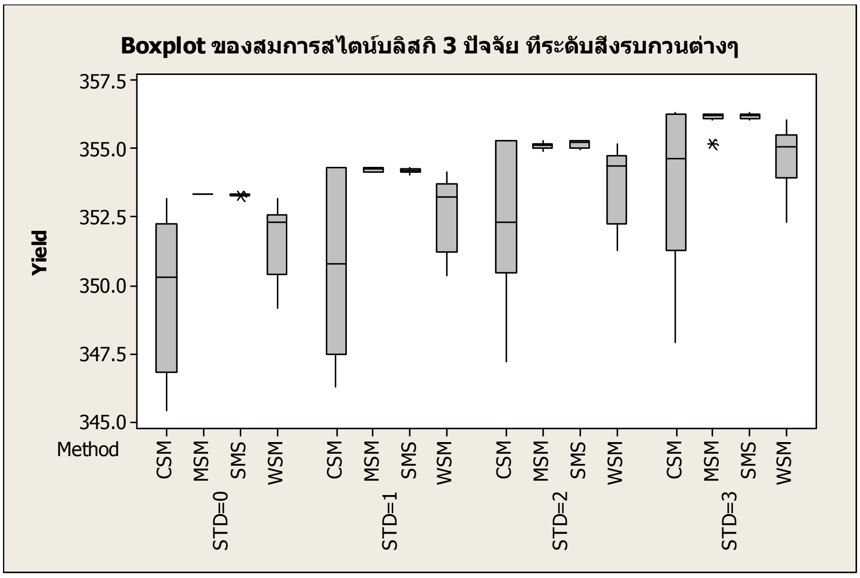
Measure		STD เท่ากับ 2			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	1796.5	1777.9	1333.5	971.9
	Std Dev	823.9	907.0	1173.9	1233.9
	P-value	0.253			
Yield (Noise)	Mean	355.15	355.20	353.63	352.45
	Std Dev	0.123	0.127	1.423	2.943
	S/N	51.008	51.009	50.971	50.941
	P-value	0.001			
Yield (Prime)	Mean	353.15	353.20	351.69	350.69
	Std Dev	0.123	0.127	1.445	2.852
	S/N	50.959	50.96	50.923	50.898
	P-value	0.002			
Best method		SMS			

ตารางที่ 4.62

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Stybliski กรณี 3 ปัจจัย ที่ STD เท่ากับ 3

Measure		STD เท่ากับ 3			
Response / Method		MSM	SMS	WSM	CSM
Design point	Mean	2319.1	1946.2	1357.0	1131.2
	Std Dev	772.1	861.9	1109.6	1202.6
	P-value	0.046			
Yield (Noise)	Mean	356.13	356.21	354.70	353.58
	Std Dev	0.342	0.087	1.330	3.241
	S/N	51.032	51.034	50.997	50.969
	P-value	0.005			
Yield (Prime)	Mean	353.14	353.21	351.75	350.86
	Std Dev	0.342	0.087	1.346	2.992
	S/N	50.959	50.961	50.925	50.902
	P-value	0.007			
Best method		SMS			

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผลตอบสนองของสมการพื้นผิวสไตน์บลิสกิที่มี 3 ปัจจัย ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์ให้ผลตอบสนองที่แตกต่างกัน ทั้งกรณีที่ไม่มีและมีสิ่งรบกวนในระบบ เนื่องจากค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งกรณีของซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดจะมีการตอบสนองที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ ในกรณีที่ระบบไม่มีสิ่งรบกวนหรือมีสิ่งรบกวนน้อยแต่ค่าของสิ่งรบกวนมากขึ้นวิธีแบบปรับขนาดพิเศษจะให้ผลตอบสนองที่ดีกว่า



ภาพที่ 4.13

บอกซ์พล็อตพื้นผิวสไตน์บลิสกิ 3 ปัจจัย ที่ระดับสิ่งรบกวนต่าง ๆ

จากผลการทดลองกรณี 3 ปัจจัย ในส่วนของจำนวนครั้งในการได้คำตอบสุดท้าย (Design Point) ของวิธีซิมเพล็กซ์ทั้ง 4 แบบมีค่าไม่แน่นอน อันเนื่องมาจากจุดที่สร้างเริ่มต้นในการทดลองทั้ง 3 จุด ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อ วิธีในการสร้างจุดต่อไป เพื่อพัฒนาผลตอบสนอง ผลจากการทดลองสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลตัวอย่าง (Standard Deviation) แบ่งตามลักษณะของสมการ ได้ดังนี้

สมการที่มีค่าที่สูงที่สุดเพียงจุดเดียวและสมการที่มีค่าที่สูงที่สุดอยู่ ณ บริเวณขอบของพื้นที่ของสมการพบว่าค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่เหมาะสมที่สุด ที่หาได้ภายใต้สิ่งรบกวนที่มีค่าสุ่มที่ 0 ถึง 3 ในแต่ละวิธีของซิมเพล็กซ์มีความแตกต่างกันไม่มากนักและในแต่ละวิธีของสมการผลตอบสนองค่าเฉลี่ยภายใต้สิ่งรบกวนต่ำจะมีค่าน้อยกว่าภายใต้สิ่งรบกวนสูงตามลำดับและนอกจากนี้จุดที่สร้างในการเริ่มต้นในการทดลองทั้ง 3 จุด จะไม่ค่อยมีผลกระทบโดยตรงต่อในการสร้างซิมเพล็กซ์จุดต่อไปค่อนข้างมาก

สมการที่มีจุดที่สูงที่สุดหลายยอดและสมการแบบผสมผสาน จะพบว่าค่าเฉลี่ยของผลตอบ สนองที่เหมาะสมที่สุดที่หาได้ภายใต้สิ่งรบกวนที่มีค่าสุ่มที่ 0 ถึง 3 มีความแตกต่างกัน แต่ยังก็สามารถ เข้าใกล้ค่าผลตอบสนองที่ดีที่สุดของพื้นผิว แต่ในกรณีนี้วิธีซิมเพล็กซ์ในแบบต่าง ๆ

4.1.4 การทดสอบผ่านสมการที่มีปัจจัย 3 ปัจจัยของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซ

การทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช สำหรับกรณี 3 ปัจจัยที่มีการพิจารณาสิ่งรบกวนระบบที่ระดับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0, 1, 2 และ 3 ในแต่ละตัวแบบปัญหา โดยมีค่าประสิทธิภาพที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบครั้งนี้ประกอบด้วย ค่าผลตอบสนอง (Yield) จำนวนครั้งในการได้รับคำตอบสุดท้าย (Design Points) โดยใช้ ค่าพารามิเตอร์คือ จำนวนวนซ้ำ (Iteration) มีค่าเท่ากับ 3000, ตัวแปรตัดสินใจ (HMCR) มีค่าเท่ากับ 0.90, ตัวแปรปรับระดับ (PAR) มีค่าเท่ากับ 0.1-0.9, ขนาดของความจำ (HMS) มีค่าเท่ากับ 20 และค่าแบนด์วิธ (Bandwidth) มีค่าเท่ากับ 0.001 – 1 (ภาคผนวก ก)

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซ สมการ Parabolic สำหรับกรณี 3 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.63

ตารางที่ 4.63

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Parabolic สำหรับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชกรณี 3 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2903.4	2318.6	1827.5	2230.1
	Std Dev	62.1	400.1	562.7	484.2
Yield(noise)	Mean	12.000	12.982	13.977	14.968
	Std Dev	0.000	0.014	0.015	0.021
	S/N	21.584	22.267	22.908	23.503
Yield(Prime)	Mean	12.000	11.986	11.981	11.978
	Std Dev	0.000	0.011	0.015	0.021
	S/N	21.584	21.573	21.570	21.568

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซ สมการ Shekel สำหรับกรณี 3 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.64

ตารางที่ 4.64

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Shekel สำหรับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชกรณี 3 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2837.9	2395.5	2392.4	2657.0
	Std Dev	171.2	424.5	588.1	282.9
Yield(noise)	Mean	18.680	19.139	20.131	21.126
	Std Dev	0.000	1.673	1.675	1.676
	S/N	25.4274	25.5263	25.9771	26.4069
Yield(Prime)	Mean	18.680	18.202	18.135	18.136
	Std Dev	0.000	1.485	1.677	1.674
	S/N	25.4274	25.1069	25.0425	25.0435

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช สมการ Rastrigin สำหรับกรณี 3 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.65

ตารางที่ 4.65

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rastrigin สำหรับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชกรณี 3 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2919.4	2616.3	2465.4	2054.0
	Std Dev	50.6	369.2	416.2	709.7
Yield(noise)	Mean	90.000	90.994	91.981	92.971
	Std Dev	0.000	0.003	0.007	0.014
	S/N	39.0848	39.1803	39.274	39.3669
Yield(Prime)	Mean	90.000	89.994	89.958	89.913
	Std Dev	0.000	0.009	0.037	0.110
	S/N	39.0848	39.0842	39.0808	39.0764

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชสมการ Rosenbrock สำหรับกรณี 3 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.66

ตารางที่ 4.66

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Rosenbrock สำหรับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชกรณี 3 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2818.0	2262.0	2654.5	2245.2
	Std Dev	387.7	518.5	196.8	784.4
Yield(noise)	Mean	80.000	80.930	81.984	82.952
	Std Dev	0.000	0.136	0.019	0.039
	S/N	38.0618	38.1621	38.2746	38.3766
Yield(Prime)	Mean	80.000	79.934	79.991	79.958
	Std Dev	0.000	0.136	0.014	0.038
	S/N	38.0618	38.0546	38.0608	38.0572

การทดลองและผลตอบสนองของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช สมการ Stybliski สำหรับกรณี 3 ปัจจัย ที่ไม่มีข้อจำกัดทรัพยากรผ่านทางสมการ ได้ผลดังตารางที่ 4.67

ตารางที่ 4.67

ผลการทดสอบฟังก์ชั่น Stybliski สำหรับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชกรณี 3 ปัจจัย

Measure		STD เท่ากับ 0	STD เท่ากับ 1	STD เท่ากับ 2	STD เท่ากับ 3
Design point	Mean	2952.9	2365.5	2280.0	2452.9
	Std Dev	42.1	427.8	518.9	567.1
Yield(noise)	Mean	353.33	354.31	355.32	356.31
	Std Dev	0.000	0.027	0.010	0.009
	S/N	50.9637	50.9877	51.0124	51.0366
Yield(Prime)	Mean	353.33	353.32	353.32	353.32
	Std Dev	0.000	0.025	0.008	0.010
	S/N	50.9637	50.9633	50.9634	50.9634

จากผลการทดลองกรณี 3 ปัจจัย ของวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชจะหยุดก็ต่อเมื่อครบรอบการค้นหาที่ต้องการ ผลจากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลตัวอย่าง (Standard Deviation) แบ่งตามลักษณะของสมการ ได้ดังนี้

สมการที่มีค่าที่สูงที่สุดเพียงจุดเดียว สมการที่มีค่าที่สูงที่สุดอยู่ ณ บริเวณขอบของพื้นที่ของสมการพบว่า ค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่เหมาะสมที่สุดที่หาได้ภายใต้สิ่งรบกวนที่มีค่าสุ่มที่ 0 ถึง 3 มีความแตกต่างกันไม่มากนักในแต่ละสมการเช่นเดียวกับกรณีของ 2 ปัจจัย ในขณะที่ผลตอบสนองเฉลี่ยภายใต้สิ่งรบกวนมีค่าของผลตอบสนองลดลงเมื่อเทียบกับไม่มีสิ่งรบกวนแต่ก็ยังมีค่าใกล้เคียงกันอยู่

สำหรับกรณีของสมการที่มีจุดที่สูงที่สุดหลายยอด ค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่เหมาะสมที่สุดที่หาได้ภายใต้สิ่งรบกวนที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0 ถึง 3 มีความแตกต่างกันไม่

มากนักเช่นกัน และมีค่าใกล้เคียงกับผลตอบสนองที่ดีที่สุดของพื้นผิวในเช่นเดียวกับกรณีของ 2 ปัจจัย แต่ละสมการและผลตอบสนองเฉลี่ยที่ตัดสิ่งรบกวนออก (Prime Yield) ภายใต้สิ่งรบกวนมีค่าของผลตอบสนองลดลงเมื่อเทียบกับไม่มีสิ่งรบกวนแต่มีค่าใกล้เคียงกัน

4.1.5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดสอบกับตัวแบบของปัญหา

ในการพิจารณาข้อมูลที่ทดสอบมาข้างต้น (ตั้งแต่ตารางที่ 4.3 – 4.67) พบว่า ปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความลักษณะของปัญหา (ฟังก์ชั่น) ขนาดของปัญหา (จำนวนปัจจัย) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0, 1, 2 และ 3 สามารถสรุปและจัดหมวดหมู่ตามผลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตอบสนอง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าอัตราส่วนเอสต่อเอ็น (S/N ratio) ดังตารางที่ 4.68

โดยลักษณะของตัวแบบปัญหา (ชนิดของฟังก์ชั่น) จะส่งผลต่อวิธีการต่าง ๆ ทั้งนี้อันมาเนื่องจากลักษณะการหาค่าที่เหมาะนั้นซิมเพล็กซ์เป็นวิธีการที่อ้างอิงจากจุดเริ่มต้น ถ้าจุดเริ่มต้นเป็นจุดที่ดีก็จะส่งผลต่อกระบวนการค้นหาคำตอบที่ดีด้วย ในทางกลับกันถ้าจุดอ้างอิงนั้นไม่ดีการอ้างอิงเพื่อให้ได้ซึ่งจุดที่เหมาะสมนั้นทำได้ยาก โดยในกรณีที่ขนาดของปัญหา (จำนวนปัจจัย 2 และ 3 ปัจจัย) และระดับสิ่งรบกวนเท่ากับ 0 นั้น จากของตัวแบบปัญหาที่นำมาทดลองทั้งหมดพบว่าส่วนใหญ่วิธีซิมเพล็กซ์ปรับขนาดแบบ (MSM) เป็นวิธีการที่ให้ผลดีกว่าวิธีซิมเพล็กซ์แบบอื่นแต่เมื่อสิ่งรบกวนเริ่มเข้ามาก็ยังให้ค่าผลตอบสนองที่ดีในบางสมการปัญหาเช่น สมการบรานินสมการโกลด์สไตน์ไพล์ และสมการเช็คเกลเป็นต้น ในส่วนของวิธีการอื่นก็ให้ผลที่แตกต่างกันออกไปเช่น วิธีซิมเพล็กซ์ปรับขนาดแบบพิเศษ (SMS) ก็ให้ค่าผลตอบสนองที่ดีในตัวแบบสมการปัญหาสไตน์บลิสกิและราสทริจิน วิธีซิมเพล็กซ์แบบผสม (CSM) ให้ค่าผลตอบสนองที่ดีในตัวแบบสมการปัญหาโรเซ็นบรอคและคาเมลเบ็ค

นอกจากนี้ทุก ๆ วิธีให้ผลที่เหมือนกันในเรื่องของจำนวนครั้งในการทดลองที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ่งรบกวนสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลเสียในแง่ของเวลาที่ใช้ โดยที่ไม่ทำให้ผลตอบสนองที่ได้มีค่าสูงขึ้นสำหรับในส่วนของค่าเบี่ยงแบนมาตรฐานพบว่าส่วนใหญ่วิธีซิมเพล็กซ์ปรับขนาดแบบ (MSM) เป็นวิธีการที่ให้ผลที่ดีกว่าวิธีซิมเพล็กแบบอื่น ๆ เช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อลองนำผลตอบสนองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับวิธีการของล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ซปรากฏว่าผลที่ได้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วไม่ว่าจะเป็นเรื่องของผลตอบสนองที่ได้ จำนวนครั้งของการทดลอง ค่าความเบี่ยงแบนของผลตอบสนอง และค่าอัตราส่วนเอสต่อเอ็น (S/N ratio) พบว่าวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดจะให้ผลที่ดีกว่าแบบอื่น ๆ เนื่องจากวิธีซิมเพล็กซ์เป็นวิธีที่มีการคิดค้นมาตั้งแต่ปี 1962 ซึ่งข้อดีของวิธีนี้ก็คือ ถ้าจุดอ้างอิง

เริ่มต้นเป็นจุดที่ดีก็จะส่งผลต่อกระบวนการค้นหาคำตอบที่ดีและเร็วทำให้มีจำนวนครั้งในการได้คำตอบสุดท้าย (Design Point) ที่ใช้มีไม่มากนักและในทางตรงกันข้ามเรื่องของจุดอ้างอิงก็ทำให้เป็นข้อด้อยของวิธีซิมเพล็กซ์เองด้วย ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงหยุดการทดสอบวิธีของซิมเพล็กซ์ในรูปแบบต่าง ๆ ไว้เพียงแค่ตัวแบบปัญหาที่ไม่มีข้อจำกัดแต่จะนำไปศึกษาต่อในเชิงของประยุกต์ใช้งานร่วม (Hybrid) แทนในกรณีที่ตัวแบบสมการปัญหามีข้อจำกัดเข้ามา ซึ่งได้นำเสนอมา 2 วิธีคือ วิธีบีส์อัลกอริทึมและล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช และวิธีซิมเพล็กซ์ที่เลือกมาสำหรับการประยุกต์ (Hybrid) คือ วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด เนื่องด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น

ตารางที่ 4.68

สรุปผลค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ S/N-Ratio

Function	Noise	2 variables				3 variables			
		Best Method	Yield (Noise)	Std Dev	S/N	Best Method	Yield (Noise)	Std Dev	S/N
Parabolic	0	MSM	12.000	0.000	21.584	MSM	12.000	0.000	21.584
	1	CSM	12.981	0.040	22.266	WSM	12.977	0.024	22.263
	2	MSM	13.973	0.027	22.906	SMS	13.977	0.026	22.906
	3	MSM	14.983	0.014	23.512	SMS	14.989	0.080	23.157
Rosenbrock	0	MSM	80.000	0.000	38.062	MSM	80.000	0.000	38.062
	1	CSM	80.999	0.000	38.170	CSM	80.977	0.026	38.167
	2	CSM	81.999	0.000	38.276	CSM	81.977	0.020	38.274
	3	CSM	82.999	0.000	38.061	CSM	82.976	0.023	38.379
Shekel	0	MSM	18.924	0.179	25.539	MSM	18.680	0.000	25.427
	1	MSM	19.941	0.059	25.995	MSM	19.630	0.050	25.858
	2	MSM	20.957	0.031	26.424	MSM	20.553	0.142	26.257
	3	MSM	21.873	0.082	26.798	MSM	21.515	0.160	26.654
Rastrigin	0	SMS	77.042	1.857	37.728	SMS	83.675	2.988	38.438
	1	WSM	77.517	1.760	37.782	SMS	84.977	2.745	38.574
	2	WSM	78.980	1.640	37.945	SMS	85.977	2.699	38.676
	3	WSM	80.192	1.535	38.078	SMS	87.773	2.578	38.850
Styblinski	0	SMS	353.15	0.338	50.959	MSM	353.33	0.000	50.964
	1	SMS	354.13	0.181	50.983	MSM	354.26	0.069	50.986
	2	SMS	355.06	0.156	51.006	SMS	355.20	0.127	51.009
	3	SMS	356.20	0.168	50.960	SMS	256.21	0.087	51.034
Goldstein price	0	MSM	9.523	0.000	19.575	-	-	-	-
	1	MSM	10.482	0.050	20.409	-	-	-	-
	2	MSM	11.449	0.066	21.175	-	-	-	-
	3	MSM	12.397	0.154	21.864	-	-	-	-
Branin	0	MSM	3.705	0.004	11.375	-	-	-	-
	1	MSM	4.688	0.010	13.419	-	-	-	-
	2	MSM	5.674	0.033	15.077	-	-	-	-
	3	MSM	6.644	0.050	16.449	-	-	-	-
Camelback	0	CSM	10.267	1.267	20.090	-	-	-	-
	1	CSM	11.142	1.341	20.791	-	-	-	-
	2	CSM	12.112	1.071	21.509	-	-	-	-
	3	SMS	12.720	0.357	22.081	-	-	-	-

4.2 ผลการประยุกต์ใช้วิธีซิมเพล็กซ์ในการปรับปรุงพัฒนาวิธีบีส์อัลกอริทึมและวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช

การนำวิธีซิมเพล็กซ์มาใช้ในการปรับปรุงพัฒนาวิธีบีส์อัลกอริทึมและวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชในการประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหา ในกรณีที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากร เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยรูปแบบของปัญหาที่นำมาทดสอบเป็นลักษณะของปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุด โดยมีเงื่อนไขของตัวแปรในแต่ละแบบที่แตกต่างกันในแต่ละตัวแบบปัญหา โดยการทดลองในครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้วิธีของซิมเพล็กซ์ร่วมวิธีการอื่น ๆ โดยได้แบ่งออกเป็น 2 วิธีด้วยกันคือ การประยุกต์ใช้วิธีของซิมเพล็กซ์ร่วมกับวิธีของบีอัลกอลิทึมและวิธีของซิมเพล็กซ์ร่วมกับวิธีฮาร์โมนีเซิร์ช ซึ่งแนวคิดการประยุกต์นี้เป็นการนำเอาซิมเพล็กซ์มาเป็นตัวช่วยในการปรับปรุงคำตอบในการหาคำตอบที่เหมาะที่สุด สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ใช้ในครั้งนี้ประกอบด้วย ผลตอบสนอง (Yield) จำนวนครั้งในการได้รับคำตอบสุดท้าย (Design Points) และเวลาในการประมวลผลโปรแกรม (Execution Time) โดยมีผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.69 – 4.76 ซึ่งสามารถระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ โดยไม่มีสิ่งรบกวนออกมาในรูปความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์แบบมีข้อจำกัด (Constraints) ต่าง ๆ

ค่าพารามิเตอร์สำหรับวิธีของซิมเพล็กซ์ร่วมกับวิธีฮาร์โมนีเซิร์ช คือ จำนวนวนครั้งในการทดลองซ้ำ(Iteration) มีค่าเท่ากับ 5000, ตัวแปรตัดสินใจ (HMCR) มีค่าเท่ากับ 0.95 ตัวแปรปรับระดับ (PAR) มีค่าเท่ากับ 0.35-0.9 ขนาดของความจำ (HMS) มีค่าเท่ากับ 20 และ ค่าแบนด์วิธ (Bandwidth) มีค่าเท่ากับ 0.0001 – 4 (ที่มา: M. Mahdavi / Applied Mathematics and Computation)

ค่าพารามิเตอร์ของวิธีของซิมเพล็กซ์ร่วมกับวิธีของบีอัลกอลิทึมจำนวนของผึ้งสังเกตการณ์ (Number of Scout Bees, n) มีค่าเท่ากับ 100 จำนวนพื้นที่ ๆ เลือกจาก n พื้นที่ ๆ ผึ้งสำรวจ (Number of Sites Selected out of n Visited Sites, m) มีค่าเท่ากับ 20 จำนวนพื้นที่ ๆ ดีที่สุดจาก m พื้นที่ ๆ เลือก (Number of Best Sites out of m Selected Sites, e) มีค่าเท่ากับ 10 จำนวนผึ้งที่ส่งไปที่พื้นที่ e พื้นซึ่งดีที่สุด(Number of Bees Recruited for Best e Sites, nep) มีค่าเท่ากับ 15 จำนวนผึ้งที่ส่งไปที่พื้นที่ m-e ที่เหลือจากกลุ่มที่ดีที่สุด(Number of Bees Recruited for the other m-e Selected Sites, nsp) มีค่าเท่ากับ 20 และ ขนาดตั้งต้นของแหล่งอาหาร(Initial Size of Patches, ngh) มีค่าเท่ากับ 0.0234 (ที่มา : http://www.bees-algorithm.com/)

4.2.1 การทดสอบกับปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 1 (Constrained Problem 1)

$$\min f(x) = \frac{\sin^3(2\pi x_1)\sin(2\pi x_2)}{x_1^3(x_1 + x_2)}$$

Subject to

$$g_1(x) = x_1^2 - x_2 + 1 \leq 0,$$

$$g_2(x) = 1 - x_1 - (x_2 - 4)^2 \leq 0,$$

ที่มา : http://www-optima.amp.i.kyoto-u.ac.jp/Test problems for Constrained Global Optimization

สมการที่นำมาทดสอบอัลกอริทึมของการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด (Modified Simplex Method, MSM) ร่วมกับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช (Logarithm Harmony Search, HAS) และวิธีบีส์อัลกอริทึม (Bees Algorithm, Bees) เป็นสมการที่ต้องการหาผลตอบสนองที่น้อยที่สุด โดยมีสมการเงื่อนไขที่มีการยกกำลังของฟังก์ชั่นตรีโกณมิติ Sin และมีตัวแปร 2 ค่า เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 1 ซึ่งได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.69 - 4.70

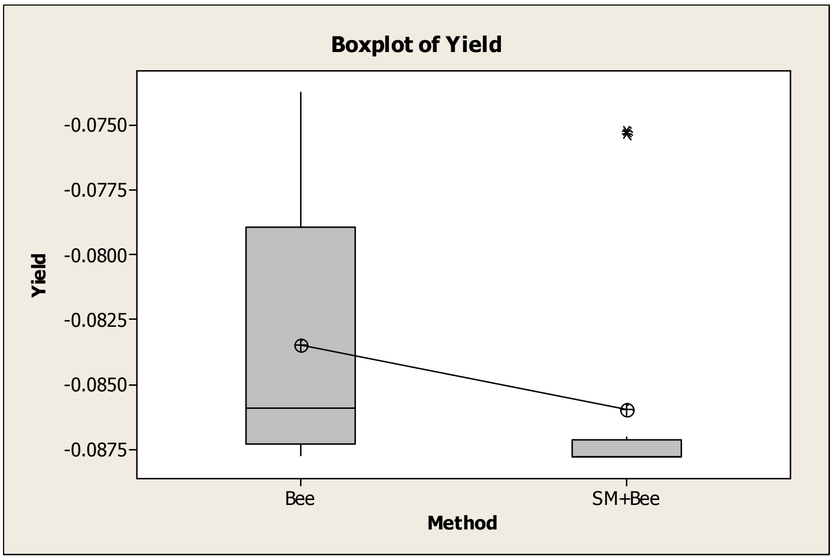
ตารางที่ 4.69

ผลการทดสอบปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 1

ด้วยการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์อัลกอริทึม

	Constrained Problem 1					
	Bees			MSM+Bees		
	Iteration	Yield	Time	Iteration	Yield	Time
Average	10	-0.083	149.550	10	-0.086	148.888
St Dev.	0	0.005	1.200	0	0.004	1.021
Max	10	-0.074	151.539	10	-0.075	150.524
Min	0	-0.088	147.609	0	-0.088	147.212
S/N	-	21.553	-	-	21.302	-

P-value = 0.160



ภาพที่ 4.14

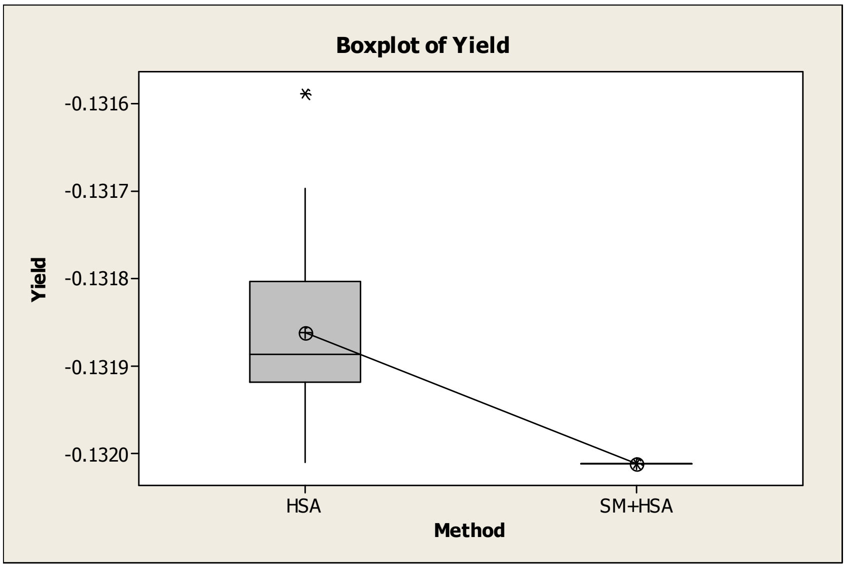
บอกซ์พล็อตผลการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์อัลกอริทึม ด้วยปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 1

ตารางที่ 4.70

ผลการทดสอบปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 1 ด้วยการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช

	Constrained Problem 1					
	HSA			MSM+HSA		
	Iteration	Yield	Time	Iteration	Yield	Time
Average	5000	-0.13186	1043.956	5000	-0.132011	1104.624
St Dev.	0	0.000	29.443	0	0.000	3.978
Max	5000	-0.132	1103.535	5000	-0.132	1111.923
Min	0	-0.132	1023.430	0	-0.132	1100.814
S/N	-	17.598	-	-	17.588	-

P-value = 0.000



ภาพที่ 4.15

บอกซ์พล็อตผลการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช ด้วยปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 1

4.2.2 **การทดสอบกับปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 2** (Constrained Problem 2)

$$\min f(t) = 0.5 t_1 t_2^{-1} - t_1 - 5 t_2^{-1}$$

Subject to

$$0.01 t_2 t_3^{-1} + 0.01 t_1 + 0.0005 t_1 t_3 \le 1,$$

$$1 \le t_1, t_2, t_3 \le 100$$

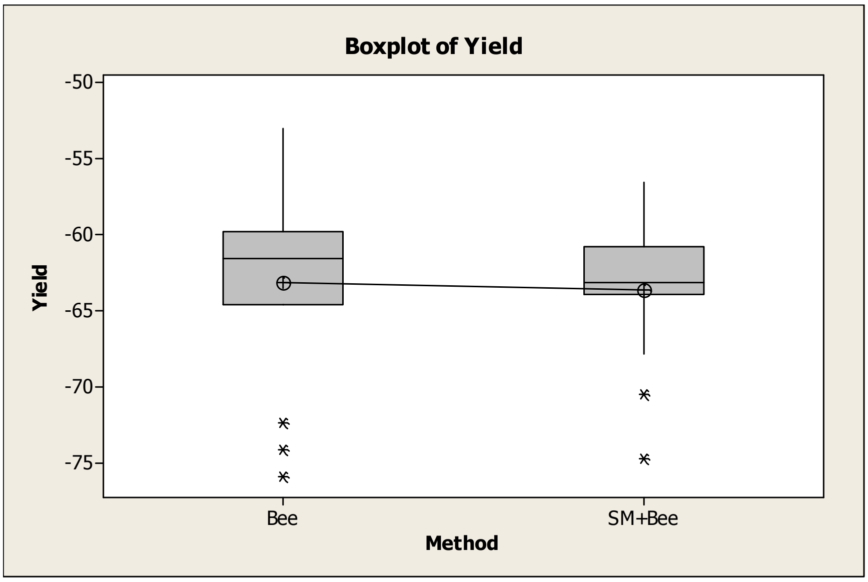
ที่มา : N. Mladenovic / European Journal of Operational Research

สมการที่นำมาทดสอบอัลกอริทึมของการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด (Modified Simplex Method, MSM) ร่วมกับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช (Logarithm Harmony Search, HAS) และวิธีบีส์อัลกอริทึม (Bees Algorithm, Bees) เป็นสมการที่ต้องการหาผลตอบสนองที่น้อยที่สุด โดยมี สมการเงื่อนไขที่มีการยกกำลังเป็นลบและมีตัวแปร 3 ค่า เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 2 ซึ่งได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.71 - 4.72

ตารางที่ 4.71
ผลการทดสอบปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 2
ด้วยการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์อัลกอริทึม

	Constrained Problem 2					
	Bees			MSM+Bees		
	Iteration	Yield	Time	Iteration	Yield	Time
Average	10	-63.191	128.766	10	-63.614	149.898
St Dev.	0	6.260	0.700	0	4.566	1.555
Max	10	-53.025	129.977	10	-56.508	152.337
Min	0	-75.961	127.868	0	-74.778	147.619
S/N	-	-36.042	-	-	-36.089	-

P-value = 0.834



ภาพที่ 4.16
บอกซ์พล็อตผลการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์อัลกอริทึม
ด้วยปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 2

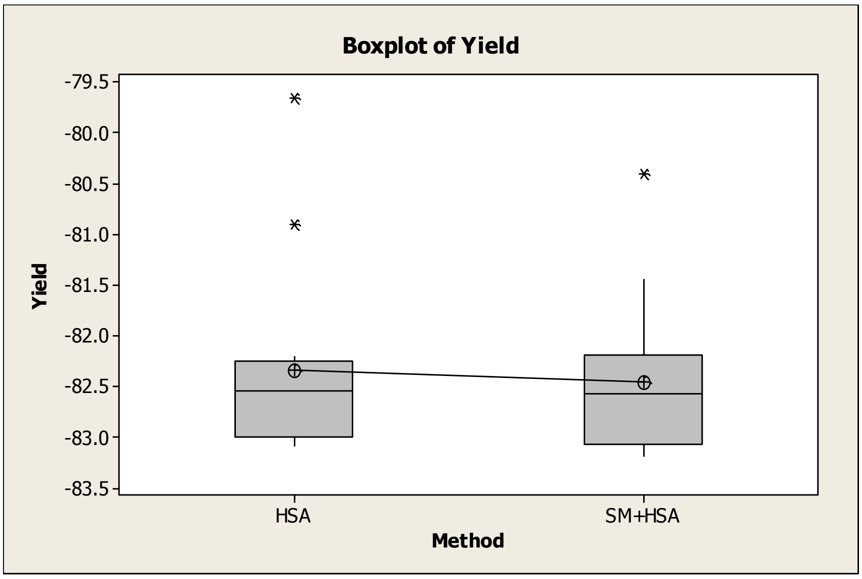
ตารางที่ 4.72

ผลการทดสอบปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 2

ด้วยการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช

	Constrained Problem 2					
	HSA			MSM+HSA		
	Iteration	Yield	Time	Iteration	Yield	Time
Average	5000	-82.343	1054.627	5000	-82.451	1109.219
St Dev.	0	0.916	25.312	0	0.750	3.706
Max	5000	-79.667	1106.607	5000	-80.416	1113.720
Min	0	-83.083	1040.282	0	-83.197	1104.988
S/N	-	-38.333	-	-	-38.324	-

P-value = 0.726



ภาพที่ 4.17

บอกซ์พล็อตผลการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช

ด้วยปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 2

4.2.3 การทดสอบกับปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 3 (Constrained Problem 3)

$$\min f(x) = -t_1 + 0.4 t_1^{0.67} t_3^{-0.67}$$

Subject to

$$0.05882 t_3 t_4 + 0.1 t_1 \leq 1,$$

$$4 t_2 t_4^{-1} + 2 t_2^{-0.71} t_4^{-1} + 0.05882 t_2^{-1.3} t_3 \leq 1,$$

$$0.1 \leq t_1, t_2, t_3, t_4 \leq 10$$

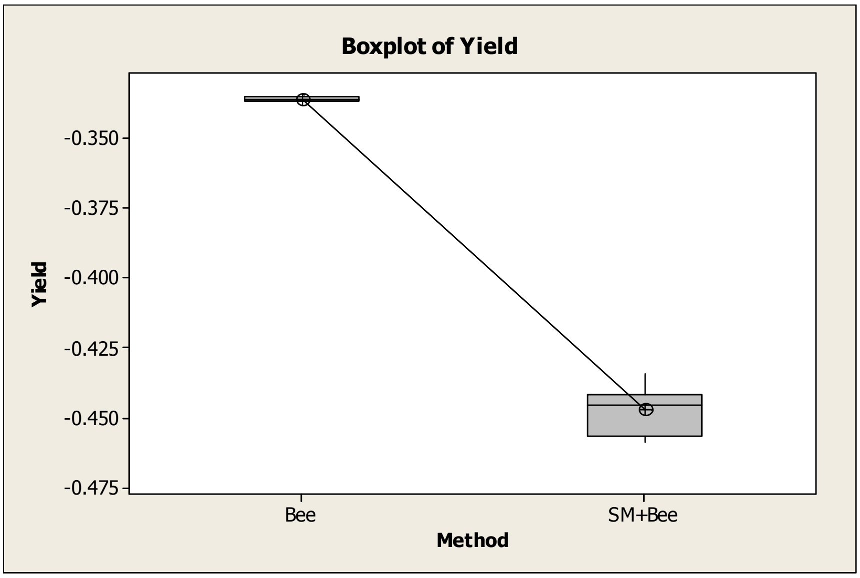
ที่มา : N. Mladenovic / European Journal of Operational Research

สมการที่นำมาทดสอบอัลกอริทึมของการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด (Modified Simplex Method, MSM) ร่วมกับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช (Logarithm Harmony Search, HAS) และวิธีบีส์อัลกอริทึม (Bees Algorithm, Bees) เป็นสมการที่ต้องการหาผลตอบสนองที่น้อยที่สุด โดยมีสมการเงื่อนไขที่มีการยกกำลังที่มีค่าเป็นจุดทศนิยม และมีตัวแปร 4 ค่า เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 3 ซึ่งได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.73 – 4.74

ตารางที่ 4.73
ผลการทดสอบปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 3
ด้วยการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์อัลกอริทึม

	Constrained Problem 3					
	Bees			MSM+Bees		
	Iteration	Yield	Time	Iteration	Yield	Time
Average	10	-0.336	194.172	10	-0.447	194.236
St Dev.	0	0.001	0.292	0	0.008	0.335
Max	10	-0.334	195.200	10	-0.434	195.432
Min	0	-0.338	194.068	0	-0.459	194.085
S/N	-	9.472	-	-	6.993	-

P-value = 0.000



ภาพที่ 4.18

บอกซ์พล็อตผลการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์อัลกอริทึม

ด้วยปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 3

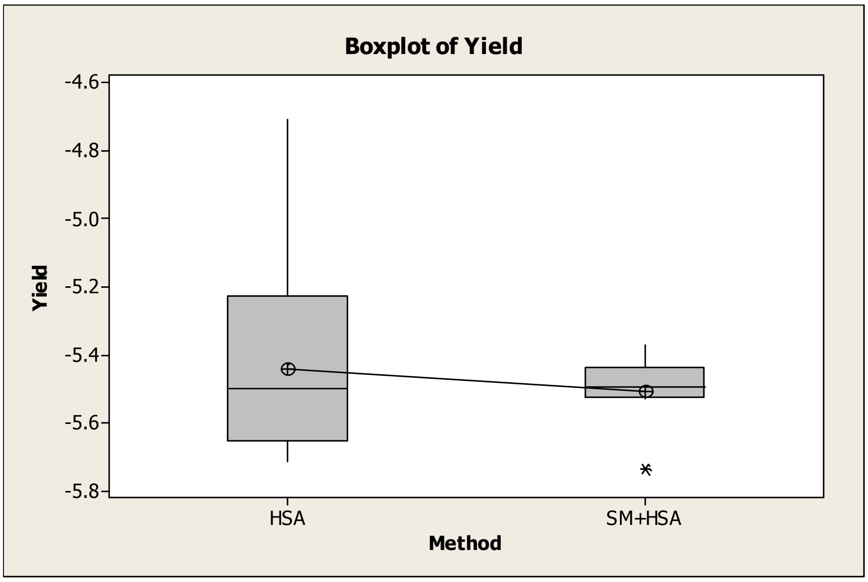
ตารางที่ 4.74

ผลการทดสอบปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 3

ด้วยการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช

	Constrained Problem 3					
	HSA			MSM+HSA		
	Iteration	Yield	Time	Iteration	Yield	Time
Average	5000	-5.444	1043.773	5000	-5.508	1099.300
St Dev.	0	0.279	25.332	0	0.101	3.602
Max	5000	-4.706	1094.933	5000	-5.374	1101.972
Min	0	-5.714	1031.225	0	-5.735	1094.066
S/N	0	-14.725	-	0	-14.820	-

P-value = 0.409



ภาพที่ 4.19
บอกซ์พล็อตผลการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช ด้วยปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 3

4.2.4 **การทดสอบกับปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่** 4 (Constrained Problem 4)

$$\min f(x,y) = -10.5x_1 - 7.5x_2 - 3.5x_3 - 2.5x_4 - 1.5x_5 - 10y - 0.5\sum_{i=1}^{5} x_i^2,$$

Subject to

$$6x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 2x_4 + x_5 \le 6.5,$$
$$10x_1 + 10x_3 + y \le 20,$$
$$0 \le x_i \le 1, i = 1,\ldots,5,$$
$$0 \le y$$

ที่มา : N. Mladenovic / European Journal of Operational Research

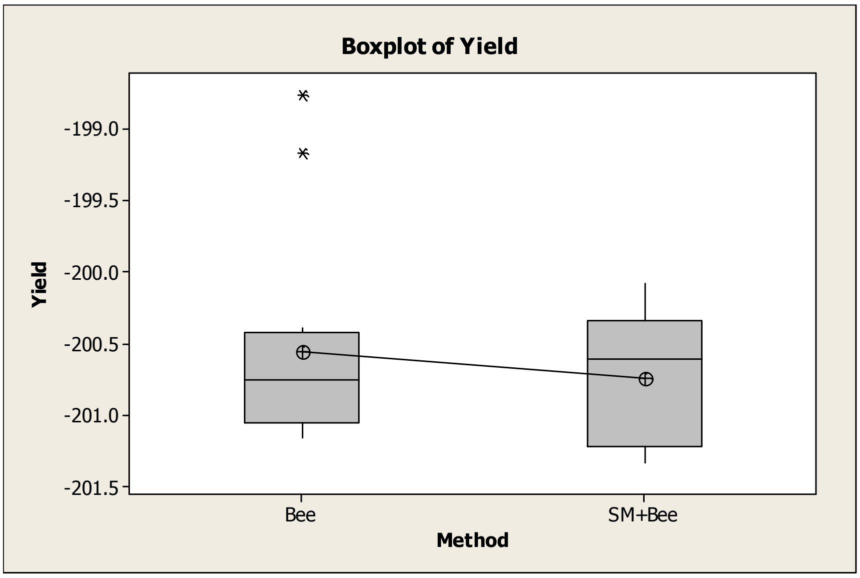
สมการที่นำมาทดสอบอัลกอริทึมของการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาด (Modified Simplex Method, MSM) ร่วมกับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช (Logarithm Harmony Search, HAS) และวิธีบีส์อัลกอริทึม (Bees Algorithm, Bees) เป็นสมการที่ต้องการหาผลตอบสนองที่น้อยที่สุด โดยมี สมการเงื่อนไขที่ไม่มีการยกกำลัง และมีตัวแปร 6 ค่า เพื่อหาค่าที่

เหมาะสมที่สุดของปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 4 ซึ่งได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.75 – 4.76

ตารางที่ 4.75
ผลการทดสอบปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 4
ด้วยการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์อัลกอริทึม

	Constrained Problem 4					
	Bees			MSM+Bees		
	Iteration	Yield	Time	Iteration	Yield	Time
Average	10	-200.554	292.063	10	-200.743	293.108
St Dev.	0	0.691	0.746	0	0.455	1.021
Max	10	-198.766	293.862	10	-200.077	293.925
Min	0	-201.162	291.564	0	-201.331	291.606
S/N	-	-46.045	-	-	-46.053	-

P-value = 0.386



ภาพที่ 4.20
บอกซ์พล็อตผลการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์อัลกอริทึม
ด้วยปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 4

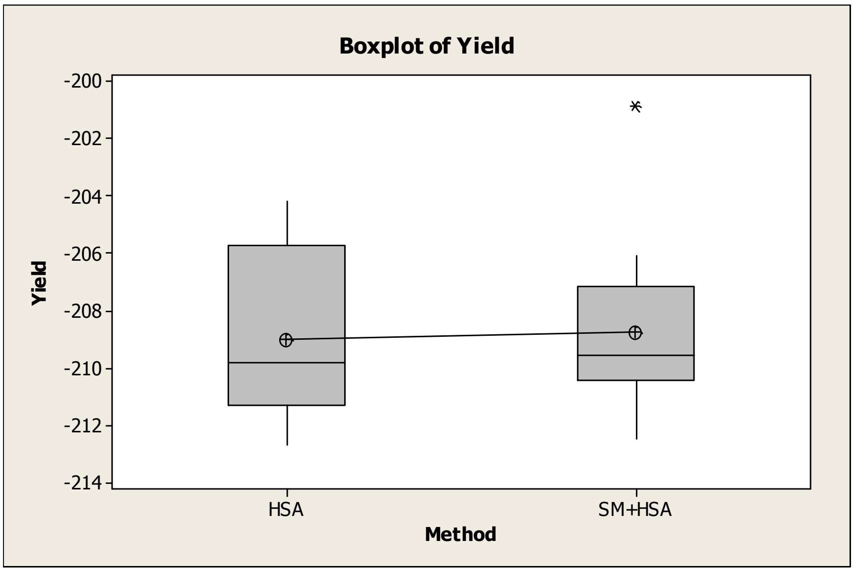
ตารางที่ 4.76

ผลการทดสอบปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 4

ด้วยการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช

	Constrained Problem 4					
	HSA			MSM+HSA		
	Iteration	Yield	Time	Iteration	Yield	Time
Average	5000	-208.995	563.021	5000	-208.730	584.919
St Dev.	0	3.004	2.542	0	2.830	4.090
Max	5000	-204.159	568.047	5000	-200.816	586.070
Min	0	-212.713	558.767	0	-212.512	570.135
S/N	0	-46.403	-	0	-46.392	-

P-value = 0.805



ภาพที่ 4.21

บอกซ์พล็อตผลการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช

ด้วยปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรที่ 4

4.2.5 T-Test กรณี Unequal Variance เปรียบเทียบระหว่าง Hybrid I (Bees) และ Hybrid II (Logarithm Harmony Search)

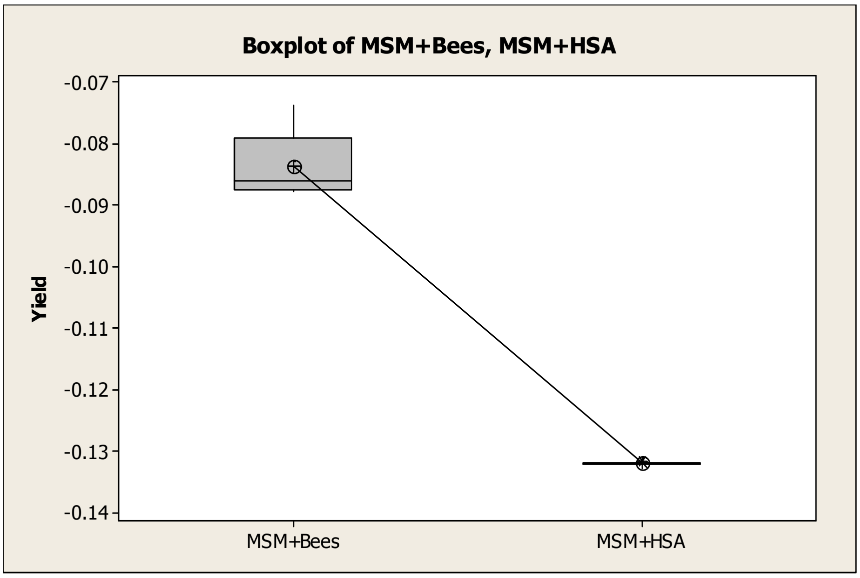
จากผลการทดลองกรณีที่มีการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์และวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชที่เป็นปัญหาแบบมีข้อจำกัดทรัพยากร ที่สมการของปัญหามีตัวแปรตั้งแต่ 2, 3, 4 และ 6 ค่า เมื่อนำมาเปรียบเทียบโดยผ่านการทดสอบด้วย T-Test กรณี Unequal Variance จะได้ผลดังตารางที่ 4.77 – 4.80 และบอกซ์พล็อตเปรียบเทียบดังภาพที่ 4.22 – 4.25

ตารางที่ 4.77

ผลการทดสอบ T-Test กรณีของสมการที่มีข้อจำกัดทรัพยากร ตัวแปร 2 ค่า

Hybrid Method	T-Test for Unequal Variance						
	N	Mean	St Dev	SE Mean	T-Value	P-Value	DF
MSM+ Bees	15	-0.08348	0.005120	0.001300	36.60	0.000	14
MSM+ HSA	15	-0.13186	0.000111	0.000029			

Difference = mu (MSM+Bees) - mu (MSM+HSA)
Estimate for difference: 0.04838
95% CI for difference: (0.04554, 0.05121)
$T_{0.05,14} = 1.761$



ภาพที่ 4.22

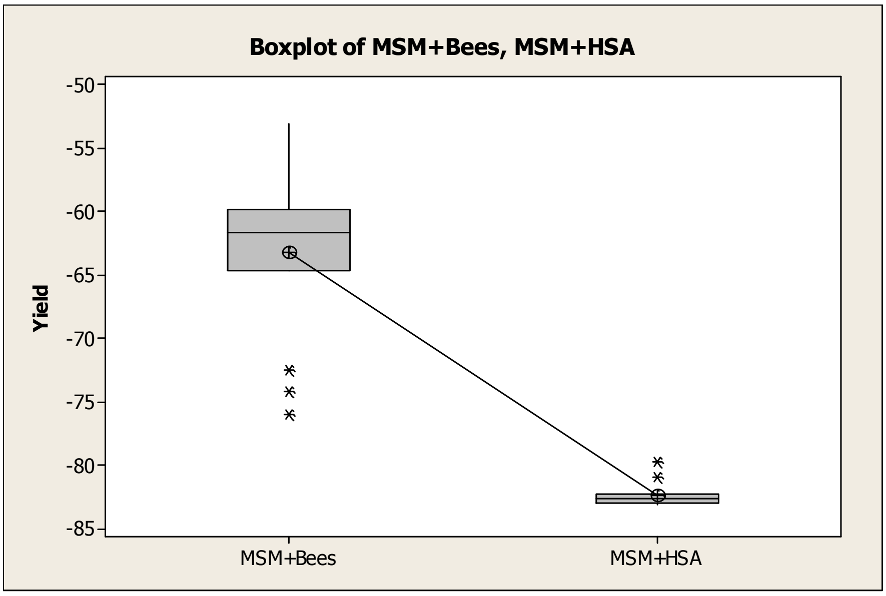
บอกซ์พล็อตเปรียบเทียบการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์และวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชด้วยปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรมีตัวแปร 2 ค่า

ตารางที่ 4.78

ผลการทดสอบ T-Test กรณีของสมการที่มีข้อจำกัดทรัพยากร ตัวแปร 3 ค่า

Hybrid Method	T-Test for Unequal Variance						
	N	Mean	St Dev	SE Mean	T-Value	P-Value	DF
MSM+ Bees	15	-63.190	6.260	1.60	11.72	0.000	14
MSM+ HSA	15	-82.343	0.916	0.24			

Difference = mu (MSM+Bees) - mu (MSM+HSA)
Estimate for difference: 19.15
95% CI for difference: (15.65, 22.66)
$T_{0.05,14} = 1.761$



ภาพที่ 4.23

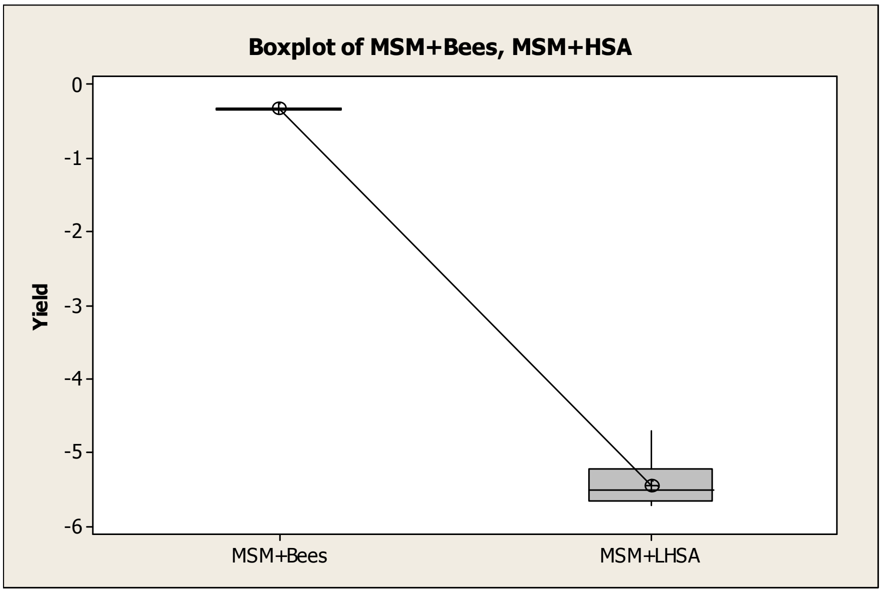
บอกซ์พล็อตเปรียบเทียบการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์และวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชด้วยปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรมีตัวแปร 3 ค่า

ตารางที่ 4.79

ผลการทดสอบ T-Test กรณีของสมการที่มีข้อจำกัดทรัพยากร ตัวแปร 4 ค่า

Hybrid Method	T-Test for Unequal Variance						
	N	Mean	St Dev	SE Mean	T-Value	P-Value	DF
MSM+ Bees	15	-0.33606	0.00118	0.0003	71.00	0.000	14
MSM+ HSA	15	-5.44400	0.27900	0.0720			

Difference = mu (MSM+Bees) - mu (MSM+LHSA)
Estimate for difference: 5.1076
95% CI for difference: (4.9533, 5.2619)
$T_{0.05,14} = 1.761$



ภาพที่ 4.24

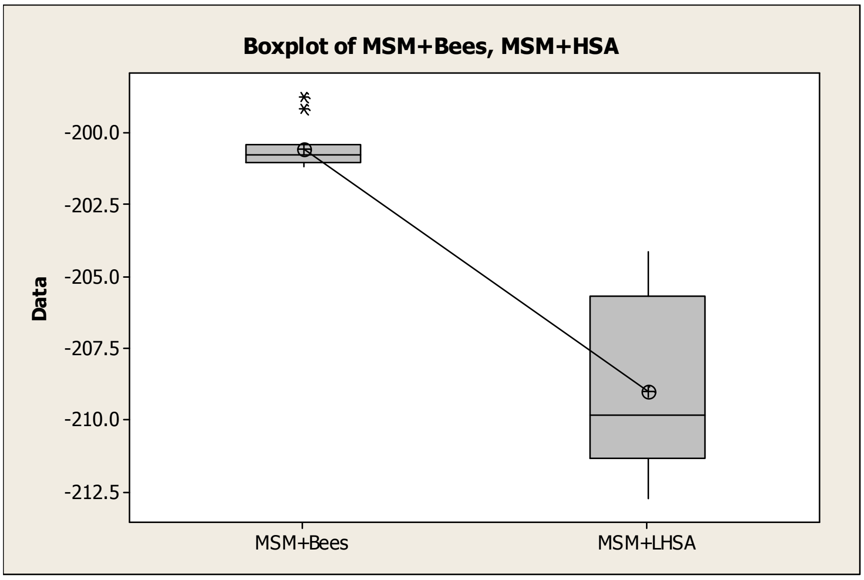
บอกซ์พล็อตเปรียบเทียบการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์และวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชด้วยปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรมีตัวแปร 4 ค่า

ตารางที่ 4.80

ผลการทดสอบ T-Test กรณีของสมการที่มีข้อจำกัดทรัพยากรตัวแปร 6 ค่า

Hybrid Method	T-Test for Unequal Variance						
	N	Mean	St Dev	SE Mean	T-Value	P-Value	DF
MSM+ Bees	15	-200.554	0.691	0.18	10.66	0.000	15
MSM+ HSA	15	-209.000	3.000	0.78			

Difference = mu (MSM+Bees) - mu (MSM+LHSA)
Estimate for difference: 8.441
95% CI for difference: (6.744, 10.138)
$T_{0.05,15}$ = 1.753



ภาพที่ 4.25

บอกซ์พล็อตเปรียบเทียบการประยุกต์วิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดร่วมกับวิธีบีส์และวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชด้วยปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรมีตัวแปร 6 ค่า

จากผลการทดลองของวิธีบีส์และวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชที่ผ่านการประยุกต์ร่วมกับวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดเมื่อทำการเปรียบเทียบผลตอบสนองที่ได้ โดยผ่าน T-Test สำหรับกรณีที่เป็น Unequal Variance พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่วิธีของล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชจะให้ผลตอบสนองที่ดีกว่าในทุก ๆ แบบของตัวปัญหาที่นำมาทดสอบ

4.2.6 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดสอบกับปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากร

ข้อมูลที่ได้จากปัญหาที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากรมาข้างต้นพบว่าปัจจัยต่าง ๆ เช่น ลักษณะของตัวรูปแบบปัญหา (ฟังก์ชั่น) ขนาดของปัญหา (จำนวนปัจจัย) สามารถสรุปตามผลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลตอบสนอง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าอัตราส่วนเอสต่อเอ็น (S/N ratio) ได้ดังนี้

การประยุกต์ใช้ซิมเพล็กซ์สำหรับการปรับคำตอบในวิธีการของเมตาฮิวริสติกทั้ง 2 วิธี ได้แก่ วิธีบีส์อัลกอริทึมและวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชพบว่าประสิทธิภาพของการคำตอบเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกันวิธีแบบดั้งเดิม ถึงแม้ว่าคำตอบที่ได้เมื่อพิจารณาค่า P-value แล้วมีค่ามากกว่า 0.05 ในส่วนของค่าอัตราส่วนเอสต่อเอ็น (S/N ratio) และการกระจายของข้อมูลที่เกิดขึ้นพบว่า การประยุกต์ใช้ซิมเพล็กซ์ร่วมสำหรับการปรับคำตอบมีค่าทีใกล้เคียงกันแต่จะดีกว่าเล็กน้อยในทางตรงกันข้ามเวลาที่ใช้จะเพิ่มขึ้นจากวิธีดั้งเดิม อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลของวิธีบีส์และวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชที่ผ่านการประยุกต์ร่วมกับวิธีซิมเพล็กซ์แบบปรับขนาดมาทำการเปรียบเทียบผลตอบสนองที่ได้ โดยผ่าน T-Test สำหรับกรณีที่เป็น Unequal Variance พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่วิธีของล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชจะให้ผลตอบสนองที่ดีกว่า

ดังนั้นกล่าวโดยสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้ซิมเพล็กซ์สำหรับการปรับปรุงคำตอบในวิธีการของเมตาฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นมาโดยการนำมาเป็นวิธีการสำรวจตัวแปรข้างเคียงนั้นสามารถพัฒนาการค้นหาคำตอบได้ดีขึ้น ซึ่งวิธีดังกล่าวก็จะเป็นอีกทางเลือกของการแก้ปัญหาในการหาค่าที่เหมาะสมที่ดีที่สุดได้อีกวิธีหนึ่ง จากข้อมูลข้างต้นสามารถจำแนกส่วนของข้อดีและข้อด้อยของแต่ละวิธีการของวิธีบีส์อัลกอริทึมและวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ชได้ดังตารางที่ 4.81

ตารางที่ 4.81

สรุปข้อดีและข้อด้อยระหว่างวิธีบีส์อัลกอริทึมและวิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช

วิธีการ	ข้อดี	ข้อด้อย
วิธีล็อกการิทึมฮาร์โมนีเซิร์ช	1. การกระจายตัวของข้อมูลทำได้ดี 2. ค่าผลตอบสนองที่ได้ในแต่ละครั้งของการทดลองจะมีการปรับปรุงอย่างหยาบ ๆ และละเอียดขึ้นเมื่อจำนวนครั้งของการทดลองเพิ่มขึ้น 3. ความซับซ้อนของอัลกอริทึ่มต่ำ	1. ค่าผลตอบสนองและเวลาในการหาคำตอบขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นของค่าพารามิเตอร์และค่าคงที่ต่าง ๆ ในระบบและความซับซ้อนของปัญหา 2. เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบสูง
วิธีบีส์อัลกอริทึม	1. เวลาในการหาคำตอบค่อนข้างเร็ว และค่อนข้างสม่ำเสมอ 2. ความซับซ้อนของอัลกอริทึมปานกลาง 3. มีพารามิเตอร์และค่าคงที่ต่าง ๆ ในการกำหนดที่ไม่มาก	1.จำนวนครั้งในการทดลอง(Design Point) ในแต่ละรอบค่อนข้างสูง 2. การค้นหาจะเป็นลักษณะของการสุ่มในการปรับปรุงคำตอบ 3. ค่าผลตอบสนองและเวลาในการหาคำตอบขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นของค่าพารามิเตอร์และค่าคงที่ต่าง ๆ ในระบบและความซับซ้อนของปัญหา