บทที่ 7
การทดลองการจัดวางผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ

เนื้อหาในบทนี้เกี่ยวข้องกับการทดลองการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้ GAs เพื่อทำการเปรียบเทียบคำตอบและเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่ดีของวิธีการครอสโอเวอร์แบบต่างๆ และพิจารณาถึงปัจจัยของโอเปอเรเตอร์ของ GAs ที่มีผลต่อการหาคำตอบและเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเพื่อเป็นแนวทางการนำ GAs ไปใช้งานในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงาน

การทดลองของปัญหาการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 5 การทดลอง วัตถุประสงค์หลักคือของการทดลอง เพื่อเป็นการเปรียบเทียบคำตอบและเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการครอสโอเวอร์แบบ PMX OX และ CX กับปัญหาแบบต่างๆและพิจารณาผลปัจจัยแต่ละปัจจัยและขนาดของผังโรงงานที่พิจารณาปฏิสัมพันธ์ที่มีผลต่อคำตอบและเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เพื่อศึกษาและพิจารณาเป็นแนวทางในการนำ GAs ในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพไปใช้งาน รูปแบบของการทดลองแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยพิจารณา TCR ระยะทางระหว่างแผนกและให้ระดับคะแนนแบบเชิงเส้น ของผังโรงงานขนาด 10 แผนก

การทดลองที่ 2 การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยพิจารณา TCR ระยะทางระหว่างแผนกและให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ของผังโรงงานขนาด 10 แผนก

การทดลองที่ 3 การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุเนภาพโดยพิจารณา TCR ระยะทางระหว่างแผนกและให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ของผังโรงงานขนาด 20 แผนก

การทดลองที่ 4 การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยพิจารณา TCR ความใกล้ชิดระหว่างแผนกและให้ระดับคะแนนแบบเชิงเส้น ของผังโรงงานขนาด 10 แผนก

การทดลองที่ 5 การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยพิจารณา TCR ความใกล้ชิดระหว่างแผนกและให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ของผังโรงงานขนาด 10 แผนก

ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.1 การใช้เจนเนติกอัลกอริทึมกับการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การจัดวางผังโรงงานโดยพิจารณาข้อมูลเชิงคุณภาพสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆ โดยพิจารณาจาก ค่าความใกล้ชิด (Total Closeness Rating) หรือ TCR ค่า TCR ที่ใช้พิจารณามีสองอย่างคือ ค่าความใกล้ชิดสำหรับสถานีที่อยู่ติดกัน (Total Closeness Rating with Adjacent Department) ซึ่งจะต้องให้มีค่ามากที่สุด หรือค่าความใกล้ชิดที่พิจารณาระยะทาง

ระหว่างแผนก (Total Closeness Rating with Distance Between Department) ซึ่งจะต้องให้มีค่าน้อยที่สุด ดังสมการที่ 4.4 ซึ่งเป็นดังต่อไปนี้

$$\text{Maximize } V = \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=i+1}^{M} \delta_{ij} V(r_{ij})$$

ค่า δ_{ij} เป็น 1 ถ้าแผนก i และ j อยู่ติดกัน และ ค่า δ_{ij} เป็น 0 ถ้าแผนก i และ j ไม่ได้อยู่ติดกัน

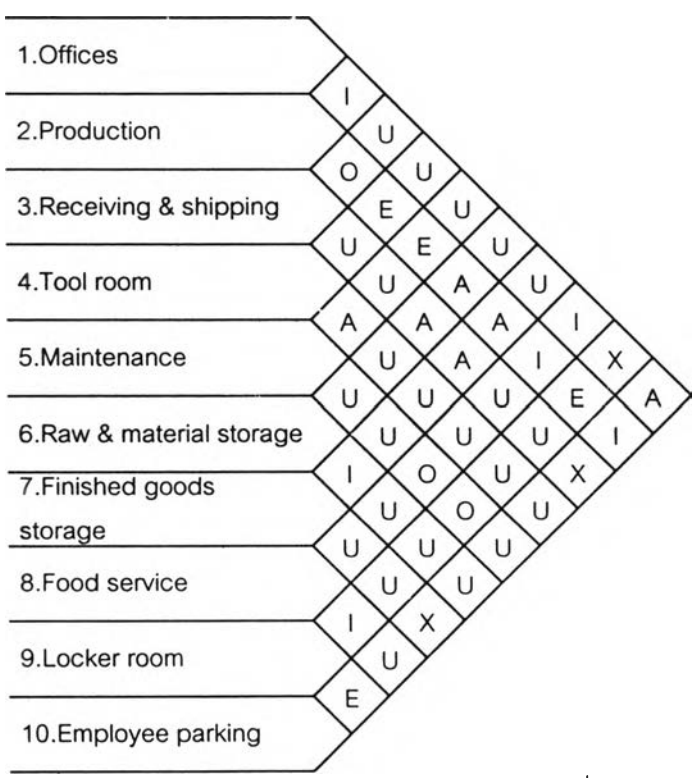
$V(r_{ij})$ คือคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างแผนก จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์

สมการค่าความใกล้ชิดที่พิจารณาระยะทางระหว่างแผนกดังสมการที่ 4.5 ซึ่งเป็นดังต่อไปนี้

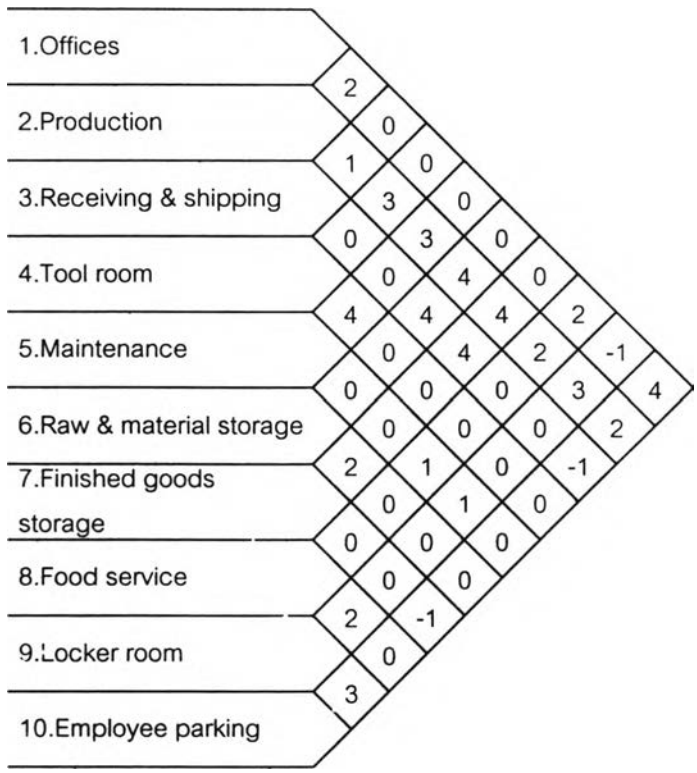
$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=i+1}^{M-1} V(r_{ij}) d_{ij}$$

d_{ij} คือระยะทางระหว่างแผนก i และ j สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ระยะทางแบบยูคลิเดียน

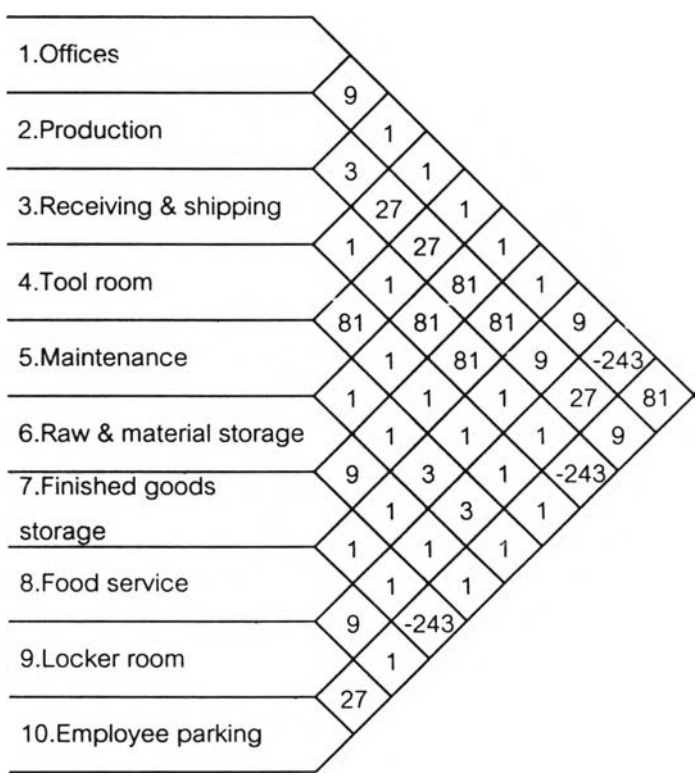
แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผนกที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งเป็นปัญหาจาก Fransis (1992)ประกอบไปด้วยสถานีต่างๆจำนวน 10 สถานี ดังมีความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้



รูปที่ 7.1 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผนกของปัญหาที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 7.2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาโดยให้ระดับคะแนนเป็นแบบเชิงเส้น



รูปที่ 6.3 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาโดยให้ระดับคะแนนเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ดังรูป 7.1 สามารถให้ระดับคะแนนได้ออกเป็นสองแบบ คือ การให้ระดับคะแนนแบบเชิงเส้นและการให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ได้ดังรูปที่ 7.2 และ 7.3 ตามลำดับ โดนในการทดลองกำหนดให้ผังโรงงานตัวอย่างในการทดลองมีขนาดเป็น 2*5 ตารางหน่วย

ค่าพารามิเตอร์ในการทดลองเหมือนกับการทดลองการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ ส่วนข้อมูลของผังโรงงานเบื้องต้นได้แก่แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์และขนาดของผังโรงงาน

ค่าพารามิเตอร์ในการทดลอง ได้แก่

- ขนาดของประชากรในเมทติ้งพูล (Population) หรือ *pop*
- จำนวนเจนเนอเรชั่น (Generation) หรือ *gen*
- ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ของ PMX, OX และ CX หรือ pC_{PMX}, pC_{OX} และ pC_{CX}
- ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น หรือ p_m

นอกจากนั้นข้อมูลเบื้องต้นของผังโรงงาน ได้แก่

- จำนวนแผนกหรือสถานีงานทั้งหมด
- แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์

เกณฑ์ในการหยุด (Stopping Criteria) จะใช้วิธีการกำหนดค่าเจนเนชั่นคงที่แทนวิธีการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของคำตอบ

<u>การทดลองที่ 1:</u> การแก้ปัญหาการจัดวางผังโรงงานจากข้อมูลเชิงคุณภาพโดยพิจารณาถึงระยะทางระหว่างสถานีและให้ระดับคะแนนแบบเชิงเส้น

<u>วัตถุประสงค์</u>

- เพื่อเปรียบเทียบคำตอบที่ได้ระหว่างการใช้การครอสโอเวอร์ PMX, OX และ CX ที่แตกต่างกันในการแก้ปัญหาของการจัดวางผังโรงงานโดยพิจารณาถึงข้อมูลเชิงคุณภาพ เกณฑ์ในการวัดผลคือคำตอบที่ได้และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบหรือความเร็วในการพบคำตอบ
- ศึกษาถึงผลจากปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ของโอเปอร์เรเตอร์ต่างๆของ GAs ที่มีต่อคำตอบและความเร็วในการพบคำตอบ

การศึกษาเบื้องต้น

การดำเนินการทดลองเบื้องต้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ขึ้นก่อน แล้วทำการแปรค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์อื่นๆคงที่ เหมือนกับวิธีการดังบทที่ 6 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของจำนวนประชากร (*pop*) โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เพื่อหาจำนวน *pop* ที่เหมาะสม

ตารางที่ 7.1 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนประชากร

pop	*gen*	pC_{PMX}	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
10	5,000	0.8	0.1	55.1928	16.8594	[0743698152]	68	2.080	152.97
30	5,000	0.8	0.1	55.1928	14.13526	[0743698152]	79	6.791	429.84
50	5,000	0.8	0.1	55.1928	10.31006	[2518963470]	505	71.734	710.24
70	5,000	0.8	0.1	55.1928	12.89318	[2518963470]	398	79.003	992.50
100	5,000	0.8	0.1	55.1928	10.53441	[0743698152]	878	274.108	1,560.98
130	5,000	0.8	0.1	55.1928	12.96198	[2518963470]	2736	1010.607	1846.87

เปลี่ยนแปลงจำนวน *pop* ให้มีค่าเปลี่ยนแปลงเป็น 10, 30, 50, 70, 100 และ 130 โดยที่ค่าพารามิเตอร์ของ *gen* คงที่เป็น 5,000, ค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8 (Suresh และคณะ, 1995), ค่าพารามิเตอร์ของ p_m คงที่เป็น 0.1 (Goldberg, 1989)

จากการทดลองตารางที่ 7.1 จะเห็นได้ว่า ไม่ว่า *pop* จะมีค่าเป็นเท่าไร ก็ได้คำตอบเท่ากัน คือ TCR เท่ากับ 55.1928 แต่ *gen* ที่พบคำตอบแตกต่างกัน เมื่อ *pop* มีค่าน้อยจะพบคำตอบได้เร็วกว่าเมื่อ *pop* มีค่ามาก เลือก *pop* เป็น 10 สตริง เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป เนื่องจากถ้าเลือก *pop* มีค่ามากกว่า 10 จะทำให้การลู่เข้าหาคำตอบช้ามาก หรืออาจกล่าวได้ว่าถ้าจำนวนประชากรมากขึ้นก็จะใช้เวลาในการหาคำตอบมากขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 แปรค่าพารามิเตอร์ของจำนวนเจนเนอเรชั่น (*gen*) โดยที่พารามิเตอร์อื่นคงที่ดังขั้นตอนที่1 และ *pop* คงที่ตามขั้นตอนที่ 1

ทำการเปลี่ยนแปลงจำนวน *gen* มีค่าเปลี่ยนแปลง เป็น 500, 1,000, 3,000, 6,000 และ 8,000 โดยที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ของ *pop* จากขั้นตอนที่ 1 เป็น 10 ส่วนค่าพารามิเตอร์อื่นของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8, ค่าพารามิเตอร์ของ p_m คงที่เป็น 0.1 คงเดิม

จากการทดลองตารางที่ 7.2 จะเห็นได้ว่า GAs สามารถหาคำตอบที่น้อยที่สุดได้ที่ *gen* ที่ 68 และเมื่อเพิ่มจำนวน *gen* ก็ไม่สามารถที่จะหาคำตอบได้น้อยกว่า 55.1928 ดังนั้นจึงเลือก *gen* ที่ใช้ในการทดลองต่อไปเป็น 1,000 (ประมาณ 15 เท่าของ *gen* ที่พบคำตอบ)

ตารางที่ 7.2 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนเจนเนอเรชั่น

gen	*pop*	pC_{PMX}	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
500	10	0.8	0.1	55.1928	14.247/6	[0743698152]	68	2.143	15.76
1,000	10	0.8	0.1	55.1928	10.96608	[0743698152]	68	2.111	31.04
3,000	10	0.8	0.1	55.1928	11.40514	[0743698152]	68	2.090	92.22
6,000	10	0.8	0.1	55.1928	13.05783	[0743698152]	68	2.083	183.78
8,000	10	0.8	0.1	55.1928	16.46831	[0743698152]	68	2.082	244.97

ขั้นตอนที่ 3 แปรค่าพารามิเตอร์ของการมิวเตชั่น (p_m) โดยจำนวนประชากรเป็นไปตามขั้นตอนที่ 1 และ จำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 2 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เพื่อหาค่า p_m ที่เหมาะสม

ตารางที่ 7.3 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

p_m	*pop*	*gen*	pC_{PMX}	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.001	10	1,000	0.8	59.50651	0.000002	[9846507132]	890	27.181	30.54
0.01	10	1,000	0.8	63.20225	0.058074	[3890647152]	46	1.412	30.7
0.1	10	1,000	0.8	55.1928	10.96608	[0743698152]	68	2.103	30.93
0.2	10	1,000	0.8	55.1928	15.81475	[2518963470]	711	22.062	31.03
0.3	10	1,000	0.8	55.1928	16.14505	[0743698152]	672	21.148	31.47
0.4	10	1,000	0.8	56.96988	13.46625	[9845207136]	610	19.368	31.75
0.5	10	1,000	0.8	55.1928	14.96398	[6347025189]	63	1.966	31.2
0.6	10	1,000	0.8	55.1928	16.76057	[6347025189]	901	28.111	31.2
0.7	10	1,000	0.8	55.1928	14.65573	[2518963470]	239	7.442	31.14
0.8	10	1,000	0.8	55.1928	15.20454	[0743698152]	472	14.750	31.25
0.9	10	1,000	0.8	55.31302	14.64758	[2347065189]	589	18.377	31.2
1	10	1,000	0.8	55.1928	15.11611	[2518963470]	178	5.554	31.2

เปลี่ยนแปร p_m ให้มีค่าเป็น 0.001, 0.01, 0.1,...., 1 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ *pop* เป็น 10 จากขั้นตอนแรกและกำหนดให้ *gen* มีค่าเป็น 1000 จากขั้นตอนที่ 2 ส่วนค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงเดิมเป็น 0.8

จากการทดลองตารางที่ 7.3 เลือก p_m ที่ใช้ในการทดลองต่อไปเป็น 0.01 เนื่องจากพบคำตอบได้เร็ว

ขั้นตอนที่ 4 แปรค่าพารามิเตอร์ของการครอสโอเวอร์ (pC_{PMX}, pC_{OX} และ pC_{CX}) โดยจำนวนประชากรเป็นไปตามขั้นตอนที่ 1 และ จำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 2 และมิวเตชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 3 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของการครอสโอเวอร์ที่มีค่าเหมาะสม

ตารางที่ 7.4 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการกำหนดความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เป็นศูนย์

pC	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0	10	1,000	0.01	63.20225	0.092275	[6098325174]	95	2.265	23.84

จากตารางที่ 7.4 จะเห็นได้ว่าถ้าให้ความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์เป็น 0 หรือไม่เกิดการครอสโอเวอร์ขึ้นเลย ทำให้ได้ TCR เป็น 63.202 ซึ่งเป็นคำตอบที่มากกว่าคำตอบที่น้อยที่สุด (55.1928) หรือทำให้การลู่เข้าหาคำตอบช้ากว่าการกำหนดให้ pC_{PMX} เป็น 0.8

เนื่องจากการการครอสโอเวอร์ที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน มีการครอสโอเวอร์อยู่ 3 วิธี ดังนั้น การศึกษาเบื้องต้นจึงแยกการทดลองออกจากกัน ได้แก่

- เปลี่ยนค่า pC_{PMX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา
- เปลี่ยนค่า pC_{OX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา
- เปลี่ยนค่า pC_{CX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา

ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 7.5 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ PMX

pC_{PMX}	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	1,000	0.01	63.20225	0.000001	[6098325174]	175	5.469	31.25
0.2	10	1,000	0.01	55.60701	1.514495	[2517063489]	480	14.923	31.09
0.3	10	1,000	0.01	63.20225	1.363725	[4715238906]	243	7.489	30.82
0.4	10	1,000	0.01	55.1928	1.767446	[0743698152]	93	2.912	31.31
0.5	10	1,000	0.01	55.1928	0.000006	[9815207436]	221	6.774	30.65
0.6	10	1,000	0.01	55.1928	1.644171	[2518963470]	430	13.274	30.87
0.7	10	1,000	0.01	55.1928	2.972446	[6347025189]	233	7.346	31.53
0.8	10	1,000	0.01	63.20225	0.058074	[3890647152]	46	1.417	30.81
0.9	10	1,000	0.01	55.1928	0.063364	[2518963470]	126	3.917	31.09
1	10	1,000	0.01	55.1928	2.355032	[2518963470]	84	2.304	31.14

จากตารางที่ 7.5 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{PMX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองตามขั้นตอนที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{PMX} เป็น 1 ทำให้พบคำตอบเร็วที่สุดเป็นที่เจนเนอเรชั่นที่ 74 เลือกค่า pC_{PMX} เป็น 1 เพื่อทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 7.6 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ OX

pC_{OX}	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	1,000	0.01	55.60701	0.000006	[6348925170]	495	15.197	30.7
0.2	10	1,000	0.01	55.1928	1.233128	[0743698152]	818	25.203	30.81
0.3	10	1,000	0.01	55.1928	2.141788	[6347025189]	671	20.821	31.03
0.4	10	1,000	0.01	55.1928	11.07416	[9815207436]	605	18.670	30.86
0.5	10	1,000	0.01	55.1928	12.27202	[9815207436]	100	3.086	30.86
0.6	10	1,000	0.01	55.1928	11.51897	[6347025189]	182	5.688	31.25
0.7	10	1,000	0.01	55.1928	12.49259	[6347025189]	335	10.435	31.15
0.8	10	1,000	0.01	55.1928	14.72563	[9815207436]	423	13.172	31.14
0.9	10	1,000	0.01	55.1928	17.2292	[6347025189]	274	8.563	31.25
1	10	1,000	0.01	55.60701	11.75119	[9843607152]	596	18.565	31.15

จากตารางที่ 7.6 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{OX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{OX} มีค่าเป็น 0.5 ทำให้พบคำตอบเร็วที่สุดในเจนเนอเรชั่นที่ 100 เลือกค่า pC_{OX} มีค่าเป็น 0.5 นี้เพื่อใช้ในการทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 7.7 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ CX

pC_{CX}	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	1,000	0.01	55.1928	2.855683	[6347025189]	481	14.796	30.76
0.2	10	1,000	0.01	55.60701	0.600222	[2517063489]	578	17.901	30.97
0.3	10	1,000	0.01	55.1928	3.23903	[6347025189]	213	6.563	30.81
0.4	10	1,000	0.01	55.60701	3.047129	[6348925170]	158	4.895	30.98
0.5	10	1,000	0.01	63.20225	2.862796	[4715238906]	143	4.406	30.81
0.6	10	1,000	0.01	55.1928	3.28496	[0743698152]	307	9.425	30.7
0.7	10	1,000	0.01	55.60701	3.78005	[9843607152]	649	19.820	30.54
0.8	10	1,000	0.01	55.60701	3.88994	[9843607152]	132	4.017	30.43
0.9	10	1,000	0.01	55.1928	3.28496	[0743698152]	207	6.355	30.7
1	10	1,000	0.01	55.1928	2.855683	[6347025189]	690	21.259	30.81

จากการทดลองตารางที่ 7.7 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{CX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 ตามลำดับ โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{CX} มีค่าเป็น 0.9 ทำให้พบคำตอบเร็วที่สุดในเจนเนอเรชั่นที่ 207 เลือกค่า pC_{CX} มีค่าเป็น 0.9 เพื่อทำการทดลองต่อไป

จากการทำการศึกษาเบื้องต้นได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังต่อไปนี้

pop = 10

gen = 1,000

p_m = 0.01

pC_{PMX} = 1.00

pC_{OX} = 0.5

pC_{CX} = 0.9

โดยมีขอบเขตในการค้นหา = 10!(3,628,800) วิธี

อัตราส่วนในการค้นหา = (10*1,000)/10!

= 0.0027 ≅ 0.03%

ขอบเขตในการค้นหา หมายถึง จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด อัตราส่วนในการค้นหา หมายถึง จำนวนครั้งในการหาคำตอบของ GAs ต่อจำนวนคำตอบทั้งหมดที่เป็นไปได้

การออกแบบการทดลอง

เนื่องจากวิธีการจัดผังโรงงานโดยใช้ GAs จะทำให้ได้ TCR และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองแปรค่าพารามิเตอร์ 3 ตัวที่ส่งผลต่อค่า TCR และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ได้แก่

- pop
- p_m
- pC

โดยในการแปรค่าพารามิเตอร์นั้นจะแปรค่าให้อยู่ในขอบเขตที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น (เช่น ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นเป็น 10 นำมาเปลี่ยนแปลงให้มีค่าเป็น (5 10 และ 15)

สำหรับการครอสโอเวอร์นั้น นอกจากจะมีการแปรค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์แล้ว ยังมีการแปรชนิดของการครอสโอเวอร์อีกด้วย (PMX, OX และ CX) เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการครอสโอเวอร์ทั้งสามแบบ การออกแบบการทดลองนี้เป็นแบบ Complete Randomize ซึ่งผลการทดลองแปรค่าพารามิเตอร์ต่างๆนี้จะทำให้ทราบถึงผลของปัจจัยหลัก (Main Effect) ได้แก่ (pop, p_m และ pC) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (Interaction) ที่มีต่อ TCR และ เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

กำหนดการทดลองแบบ Fixed Effect Model เพื่อพิจารณาถึงปัจจัยหลัก (Main Effect) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (Interaction) ที่มีผลต่อ TCR และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบซึ่งสามารถอธิบายดังสมการดังต่อไปนี้

$$TCR_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \in_{ijkl} \quad \begin{cases} i = 1,2,3 \\ j = 1,2,3 \\ k = 1,2,\ldots,5 \\ l = 1,2,\ldots,45 \end{cases} \qquad (7.1)$$

$$Gen_{ijkl} = y + \alpha_i + \eta_j + \sigma_k + (\alpha\eta)_{ij} + (\alpha\sigma)_{ik} + (\eta\sigma)_{jk} + (\alpha\eta\sigma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \begin{cases} i = 1,2,3 \\ j = 1,2,3 \\ k = 1,2,\ldots,5 \\ l = 1,2,\ldots,45 \end{cases} \quad (7.2)$$

TCR_{ijkl} คือ Total Cloness Rating ของแต่ละระดับปัจจัย

μ คือ ค่าเฉลี่ยของ TCR โดยรวม

τ_i คือ ผลของระดับปัจจัย *pop* ที่ i

β_j คือ ผลของระดับปัจจัยของ p_m ที่ j

γ_k คือผลของระดับปัจจัยของการครอสโอเวอร์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ pC_{PMX} , pC_{OX} , pC_{CX} ที่ k

$(\tau\beta)_{ij}$ คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย *pop* ที่ i และระดับปัจจัยของ p_m ที่ j

$(\tau\gamma)_{ik}$ คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย *pop* ที่ i และระดับปัจจัยของการครอสโอเวอร์ pC_{PMX} , pC_{OX} , pC_{CX} ที่ k

$(\beta\gamma)_{kl}$ คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของ p_m ที่ j และระดับปัจจัยของการครอสโอเวอร์ pC_{PMX} , pC_{OX}, pC_{CX} ที่ k

$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย *pop* ที่ i ,ระดับปัจจัยของ p_m ที่ j และระดับปัจจัยของการครอสโอเวอร์ pC_{PMX} , pC_{OX} , pC_{CX} ที่ k

$\in_{ijkl}$ คือ ความผิดพลาดอย่างสุ่ม

Gen_{ijkl} คือ *gen* ที่พบคำตอบของแต่ละระดับปัจจัย

y คือ ค่าเฉลี่ยของ *gen* ที่พบคำตอบโดยรวม

α_j คือ ผลของระดับปัจจัย *pop* ที่ i

η_j คือ ผลของระดับปัจจัยของ p_m ที่ j

σ_k คือผลของระดับปัจจัยของการครอสโอเวอร์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ pC_{PMX} , pC_{OX} , pC_{CX} ที่ k

$(\alpha\eta)_{ij}$ คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย *pop* ที่ i และปัจจัยของ p_m ที่ j

$(\alpha\sigma)_{ik}$ คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับปัจจัย *pop* ที่ i และระดับปัจจัยของการครอสโอเวอร์ pC_{PMX} , pC_{OX} , pC_{CX} ที่ k

$(\eta\sigma)_{kl}$ คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของ p_m ที่ j และปัจจัยของการครอสโอเวอร์ pC_{PMX}, pC_{OX}, pC_{CX} ที่ k

$(\alpha\eta\sigma)_{ijk}$ คือ ผลกระทบระหว่างระดับปัจจัย *pop* ที่ i, ปัจจัยของ p_m ที่ j และระดับปัจจัยของการครอสโอเวอร์ pC_{PMX}, pC_{OX}, pC_{CX} ที่ k

ε_{ijkl} คือ ความผิดพลาดอย่างสุ่ม

ในการทดลองจะเลือกพิจารณาสมการที่ 7.1 หรือ 7.2 สมการใดสมการหนึ่งเท่านั้น สมการที่ 7.1 เป็นการวิเคราะห์ถึงคำตอบ TCR และสมการที่ 7.2 สองเป็นการวิเคราะห์ถึงเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบโดยที่ TCR ที่น้อยที่สุดหรือมากที่สุดขึ้นอยู่กับสมการของฟังก์ชั่นฟิตเนส โดยที่การทดลองนี้เลือกสมการที่ 7.1 เท่านั้น

เนื่องจาก GAs เป็น Probabilistic คำตอบที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงได้ตามความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้น ค่า Pseudo Seed Random Number เป็นจำนวนที่ใช้กำหนดเลขสุ่ม ดังนั้นในการทดลองจึงทำการเก็บข้อมูลจากค่า Seed เป็นจำนวนสองค่า (เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แตกต่างกัน 2 ชุดสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ) ค่า Seed ที่เลือกใช้คือ 1 และ 2541 และสามารถแบ่งการทดลองออกเป็นสามส่วนคือ การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ PMX, OX และ CX ซึ่งวิธีการหาคำตอบของแต่ละวิธีสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

<u>การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ PMX</u>

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก การศึกษาเบื้องต้น คือ *pop* เป็น 10, *gen* คงที่เป็น 1000, p_m เป็น 0.01 และ pC_{PMX} เป็น 1 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX ในการทดลองประกอบด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ *pop* ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 ปัจจัยที่สองคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.005, 0.01 และ 0.05 ปัจจัยสุดท้ายคือ pC_{PMX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.92, 0.94, 0.96, 0.98 และ 1.00 เพื่อการวิเคราะห์ในรูปแบบของ ANOVA แบบสามทาง และทำการเก็บข้อมูลจำนวนสองชุดดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 3*5*3*2 การทดลอง

วิธีการกำหนดระดับของการทดลองขึ้นอยู่กับความต้องการในการพิจารณา โดยให้ระดับของปัจจัยที่เลือกกำหนดขึ้นให้อยู่ในระหว่างพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดจากการศึกษาเบื้องต้นและพารามิเตอร์ที่อยู่ห่างกันอีกหนึ่งระดับ เช่นค่า *pop* จากการศึกษาเบื้องต้นที่เหมาะสมเป็น 10 และการทำการศึกษาเบื้องต้นทำการเปลี่ยนค่า *pop* เป็น 10, 30,...130 ดังนั้นจึงเลือกแบ่งระดับการทดลองออกเป็น 5, 10 และ 15 ส่วนการแบ่งระดับการทดลองของปัจจัยอื่นๆก็พิจารณาเช่นเดียวกัน

ผลของการทดลองในการหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX แสดงดังตารางที่

ตารางที่ 7.8 TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX

	p_m														
	0.005					0.01					0.05				
	pC_{pmx}					pC_{pmx}					PC_{pmx}				
pop	0.92	0.94	0.96	0.98	1	0.92	0.94	0.96	0.98	1	0.92	0.94	0.96	0.98	1
5	62.4	62.4	58.2	63.2	63.2	55.2	55.2	55.2	55.6	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
	55.6	55.6	55.6	55.6	55.2	63.2	63.2	63.2	62.4	62.4	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
10	55.2	55.6	62.4	55.6	55.2	55.2	55.6	55.6	62.4	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
	55.6	55.2	55.2	62.4	55.2	63.2	55.6	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
15	55.2	55.6	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
	55.2	55.6	55.6	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ OX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก การศึกษาเบื้องต้น คือ *pop* เป็น 10, *gen* คงที่เป็น 1000, p_m เป็น 0.01 และ pC_{OX} เป็น 0.5 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX ในการทดลองประกอบด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ *pop* ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 ปัจจัยที่สองคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.005, 0.01และ0.05 ปัจจัยสุดท้ายคือ pC_{CX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.44, 0.47, 0.5, 0.53 และ 0.56 เพื่อการวิเคราะห์ในรูปแบบของ ANOVA แบบสามทาง และทำการเก็บข้อมูลจำนวนสองชุดดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 3*5*3*2 การทดลอง

ผลของการทดลองในการหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX แสดงดังตารางที่ 7.9

ตารางที่ 7.9 TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX

	p_m														
	0.005					0.01					0.05				
	pC_{ox}					pC_{ox}					pC_{ox}				
pop	0.44	0.47	0.5	0.53	0.56	0.44	0.47	0.5	0.53	0.56	0.44	0.47	0.5	0.53	0.56
5	57.7	55.2	63.2	55.6	61.8	55.2	62.4	63.2	63.2	56.6	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
	55.6	62.4	63.2	63.2	63.2	62.4	62.4	55.6	55.2	63.2	55.2	55.2	55.2	55.6	55.2
10	55.2	62.4	55.2	63.2	61.3	55.6	55.6	55.2	55.2	55.2	55.6	55.6	55.2	55.2	55.2
	55.6	55.6	55.2	63.2	55.6	55.6	55.2	55.2	55.6	55.6	55.2	55.2	55.6	55.2	55.2
15	55.2	55.2	55.2	55.6	55.6	55.6	55.6	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
	55.6	55.2	63.2	55.2	55.3	55.2	55.6	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.6	55.2

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ CX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก การศึกษาเบื้องต้น คือ *pop* เป็น 10, *gen* คงที่เป็น 1000, p_m เป็น 0.01 และ pC_{CX} เป็น 0.9 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX ในการทดลองประกอบด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ *pop* ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 ปัจจัยที่สองคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.005, 0.01 และ 0.05 ปัจจัยสุดท้ายคือ pC_{CX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.84, 0.87, 0.9, 0.93, 0.96 และ 1.00 เพื่อการวิเคราะห์ในรูปแบบของ ANOVA แบบสามทาง และทำการเก็บข้อมูลจำนวนสองชุดดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 3*5*3*2 การทดลอง

ผลของการทดลองในการหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX แสดงดังตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.10 TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX

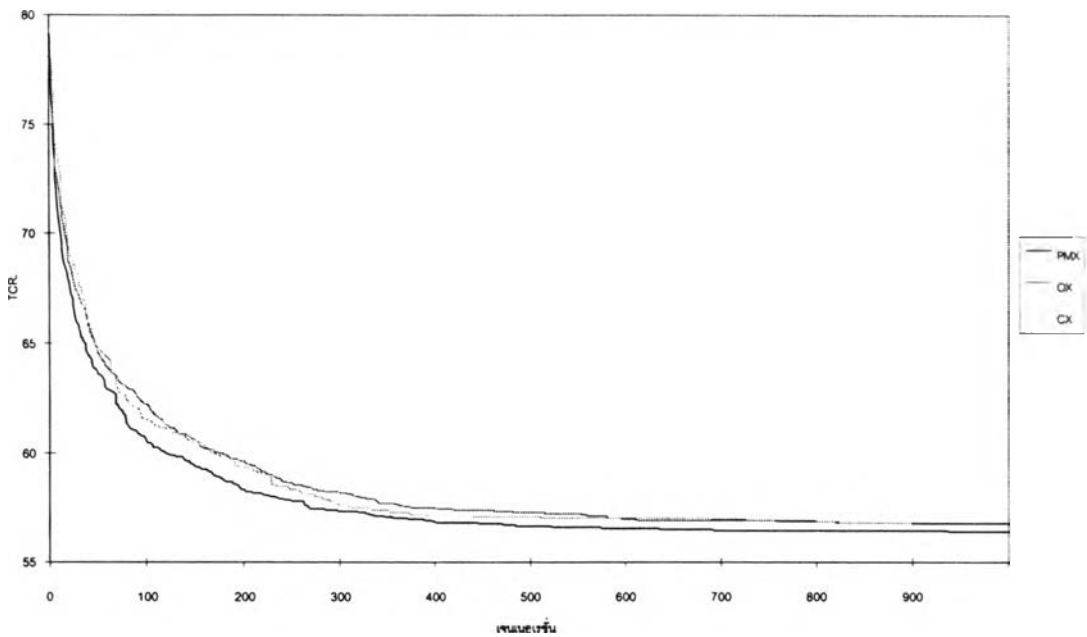
	p_m														
	0.005					0.01					0.05				
	pC_{cx}					pC_{cx}					pC_{cx}				
pop	0.92	0.94	0.96	0.98	1	0.92	0.94	0.96	0.98	1	0.92	0.94	0.96	0.98	1
5	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	55.2	55.2	55.2	55.6	55.2
	55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	63.2	63.2	55.2	55.2	55.2	55.6	55.2
10	55.2	55.2	55.6	55.2	55.2	55.6	63.2	55.2	55.6	55.6	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
	61.3	61.3	61.3	61.3	55.6	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
15	63.2	55.6	55.6	55.2	55.6	55.6	55.2	55.2	55.2	55.6	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
	55.2	60.8	55.2	55.6	55.6	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเปรียบเทียบการหาคำตอบของการครอสโอเวอร์ทั้งสามวิธี สามารถการเปรียบเทียบผลการครอสโอเวอร์ PMX, OX และ CX ตามรูปที่ 7.4 จะเห็นได้ว่าค่า TCR เฉลี่ยสุดท้ายมีค่าแตกต่างกันโดยที่การลู่เข้าหาคำตอบของ PMX ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของคำตอบน้อยที่สุดเป็น 56.38 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 965 และมีการลู่เข้าหาคำตอบเร็วที่สุดและสม่ำเสมอ และได้ค่าเฉลี่ยของ TCR ที่น้อยที่สุด การลู่เข้าหาคำตอบของ OX ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของคำตอบน้อยที่สุดเป็นอันดับที่สองได้คำตอบเป็น 56.76 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 957 และลำดับสุดท้ายเป็นการลู่เข้าหาคำตอบของ CX

จะเห็นได้ว่าลักษณะกราฟเป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอเนื่องจากคำตอบติดอยู่ใน Local Optima ได้ง่ายและทำให้ได้คำตอบที่น้อยที่สุดเป็น 56.897 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 795

PMX มีการลู่เข้าหาคำตอบที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของคำตอบน้อยที่สุด ส่วน OX และ CX มีการลู่เข้าหาคำตอบเป็นอันดับต่อมา ดังนั้น PMX จึงน่าจะเป็นโอเปอร์เรเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับปัญหานี้



รูปที่ 7.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคำตอบของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีในแต่ละเจนเนอเรชั่น

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทำการศึกษาผลกระทบของปัจจัยของโอเปอเรเตอร์จากการทดลองที่ผ่านมา สามารถพิจารณาวิธีการครอสโอเวอร์ทั้งสามวิธีเปรียบเทียบกันโดยมีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ดังสมการที่ 7.3

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \begin{cases} i = 1,2,\ldots,a \\ j = 1,2,\ldots,n \end{cases} \qquad (7.3)$$

y_{ij} = ค่า TCR ที่ (i, j)

μ = ค่าเฉลี่ยของ TCR

τ_i = ผลจากปัจจัยของวิธีการครอสโอเวอร์

ϵ_{ij} = ความผิดพลาดแบบสุ่มที่ (i, j)

โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน สามารถสรุปการวิเคราะห์ทางสถิติได้ดังตารางที่ 7.11 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า TCR เฉลี่ยของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีการครอสโอเวอร์ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ตารางที่ 7.11 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับเปรียบเทียบการครอสโอเวอร์วิธีการต่างๆ

แหล่งความแปรปรวน		ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
TCR	วิธีการครอสโอเวอร์	10.418	2	5.209	.638	.529
	ความผิดพลาดแบบสุ่ม	2178.265	267	8.158		
	รวม	2188.683	269			

การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ PMX

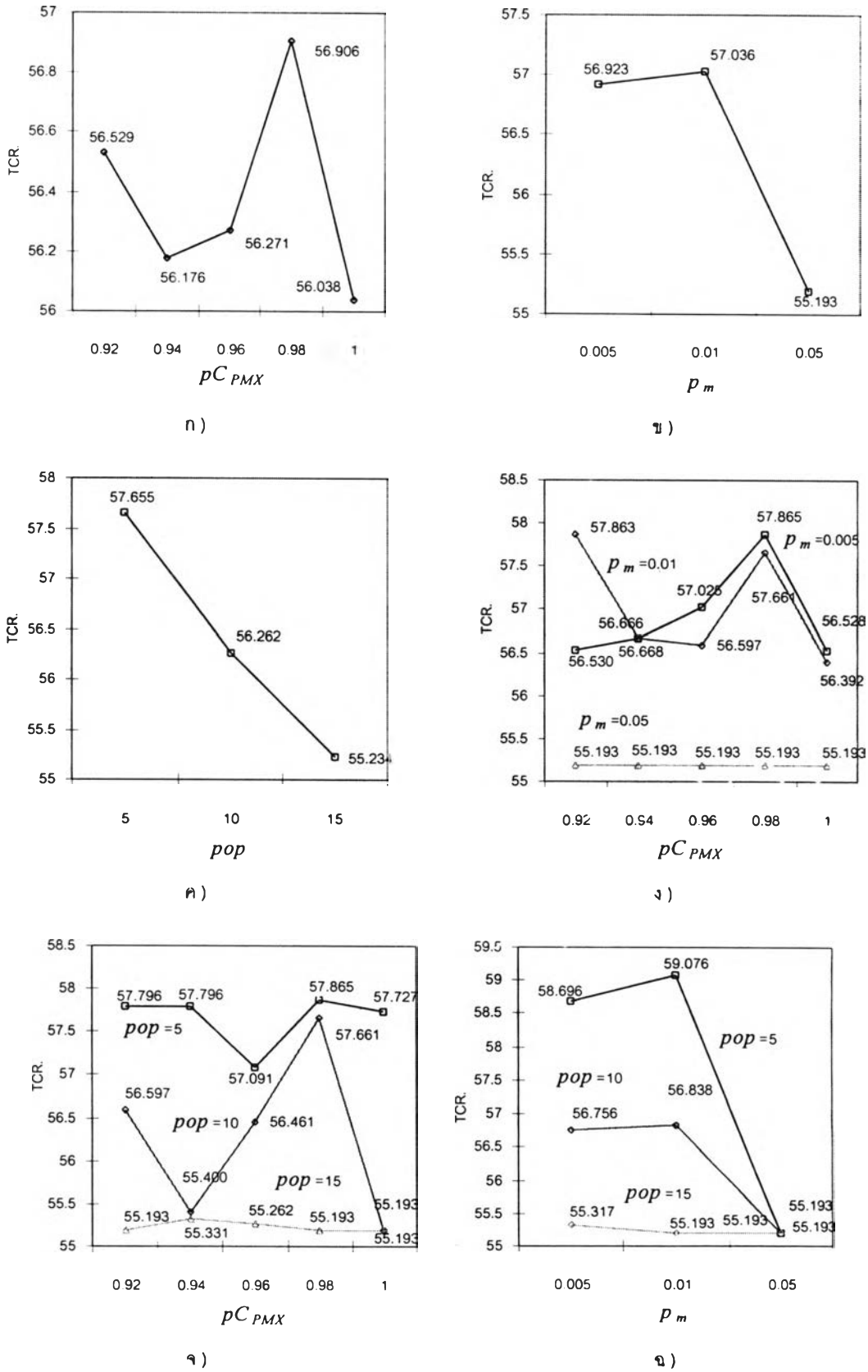
จากการทดลองที่ผ่านมา ประกอบด้วยปัจจัย 3 อย่างคือ มิวเตชั่น, ครอสโอเวอร์แบบ PMX และ จำนวนประชากร นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.12 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX

แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	64.033	2	32.016	3.974	.026
pC_{PMX} (B)	8.456	4	2.114	.262	.901
pop (C)	88.582	2	44.291	5.498	.007
AB	10.093	8	1.262	.157	.995
AC	44.934	4	11.234	1.394	.251
BC	18.049	8	2.256	.280	.969
ABC	34.317	16	2.145	.266	.997
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	362.524	45	8.056		
รวม	630.987	89			

จากตารางที่ 7.12 สรุปได้ว่าปัจจัยของการมิวเตชั่นและจำนวนประชากรมีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ ค่า Sig ของ p_m เป็น 0.026 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 และ ค่า Sig ของ *pop* เป็น 0.007 < 0.05 ส่วนปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์อื่นๆ ไม่มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยต่อ TCR สามารถนำค่าตอบมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 7.5 ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ PMX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ

รูปที่ 7.5 ก) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก pC_{PMX} เป็น 0.92, 0.94, 0.96, 0.98 และ 1.00 จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อ pC_{PMX} เปลี่ยนแปลงไปค่า TCR เฉลี่ยไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก (เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 1) จึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของ TCR เฉลี่ยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง TCR น้อยมาก

รูปที่ 7.5 ข) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก p_m เป็น 0.005, 0.01 และ 0.05 จะเห็นได้ว่าเมื่อ p_m เป็น 0.05 ทำให้ TCR ลดลงจาก p_m เป็น 0.005 และ 0.01ค่อนข้างมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของ p_m จึงมีผลต่อ TCR

รูปที่ 7.5 ค) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก *pop* เป็น 5, 10 และ 15 ค่าเฉลี่ยของ TCR มีค่าลดลงเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น หรือเมื่อเปลี่ยน *pop* จะทำให้ TCR เปลี่ยนค่อนข้างมาก

รูปที่ 7.5 ง) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อพิจารณาผลของค่า pC_{PMX} ที่ p_m ต่างๆ สำหรับเมื่อ p_m มีค่าเป็น 0.05 เมื่อ pC_{PMX} เปลี่ยนไปแทบจะไม่มีผลต่อค่า TCR แต่เมื่อ p_m เท่ากับ 0.005 และ 0.01 เมื่อ pC_{PMX} เปลี่ยนไป TCR เปลี่ยนแปลงน้อยไม่เกิน 1.5 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ปฏิสัมพันธ์ของ pC_{PMX} และ p_m ไม่มีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.5 จ) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อพิจารณาผลของค่า pC_{PMX} ที่ *pop* ต่างๆกันจะเห็นได้ว่าค่า *pop* มีค่าเป็น 10 แล้วแปรค่า pC_{PMX} จะทำให้ TCR มีค่าต่างกันค่อนข้างมาก (ประมาณ 2) แต่ก็ไม่มากพอที่จะทำให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{PMX} และ *pop* มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่า TCR เนื่องจากที่ *pop* มีค่าเป็น 5 และ 10 มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (ไม่เกิน 1)

รูปที่ 7.5 ฉ) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อพิจารณาผลของค่า *pop* และ p_m จะเห็นว่าเมื่อ *pop* มีค่าน้อยเป็น 5 เมื่อ p_m เปลี่ยนแปลงไป TCR จะเปลี่ยนแปลงอย่างมาก (ประมาณ 4) แต่เมื่อ *pop* มีค่าเป็น 15 เมื่อ p_m เปลี่ยนแปลงไป TCR จะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ปฏิสัมพันธ์ของ pC_{PMX} และ p_m ไม่มีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ OX

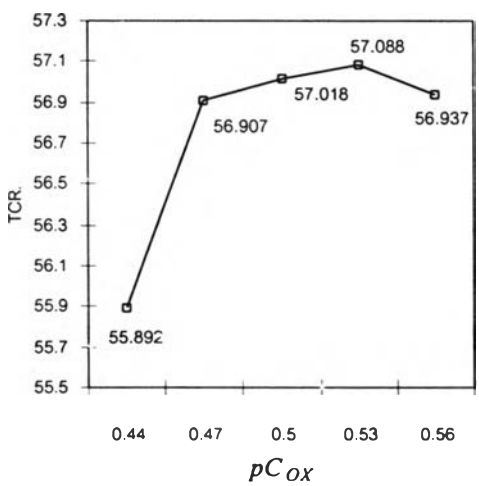
จากการทดลองที่แล้ว ประกอบด้วยปัจจัย 3 อย่างคือ มิวเตชั่น, ครอสโอเวอร์แบบ OX และ จำนวนประชากร นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ผลดังตารางที่ 7.13 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยหลักของ การมิวเตชั่น จำนวนประชากรและปฏิสัมพันธ์ระหว่างการมิวเตชั่นและประชากร มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ ค่า Sig ของ p_m เป็น 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ค่า Sig ของ *pop* เป็น 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 และผล

จากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง p_m และ pop เป็น 0.007 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ส่วนปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์อื่นๆ ไม่มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

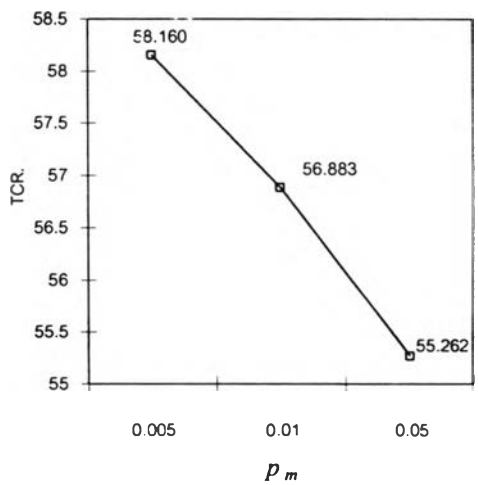
ตารางที่ 7.13 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX

แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	126.605	2	63.302	11.92	.000
pC_{OX} (B)	17.651	4	4.413	.831	.512
pop (C)	132.090	2	66.045	12.44	.000
AB	40.592	8	5.074	4	.482
AC	86.671	4	21.668	.956	.007
BC	40.521	8	5.065	4.083	.483
ABC	85.993	16	5.375	.954	.462
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	238.824	45	5.307	1.013	
รวม	768.946	89			

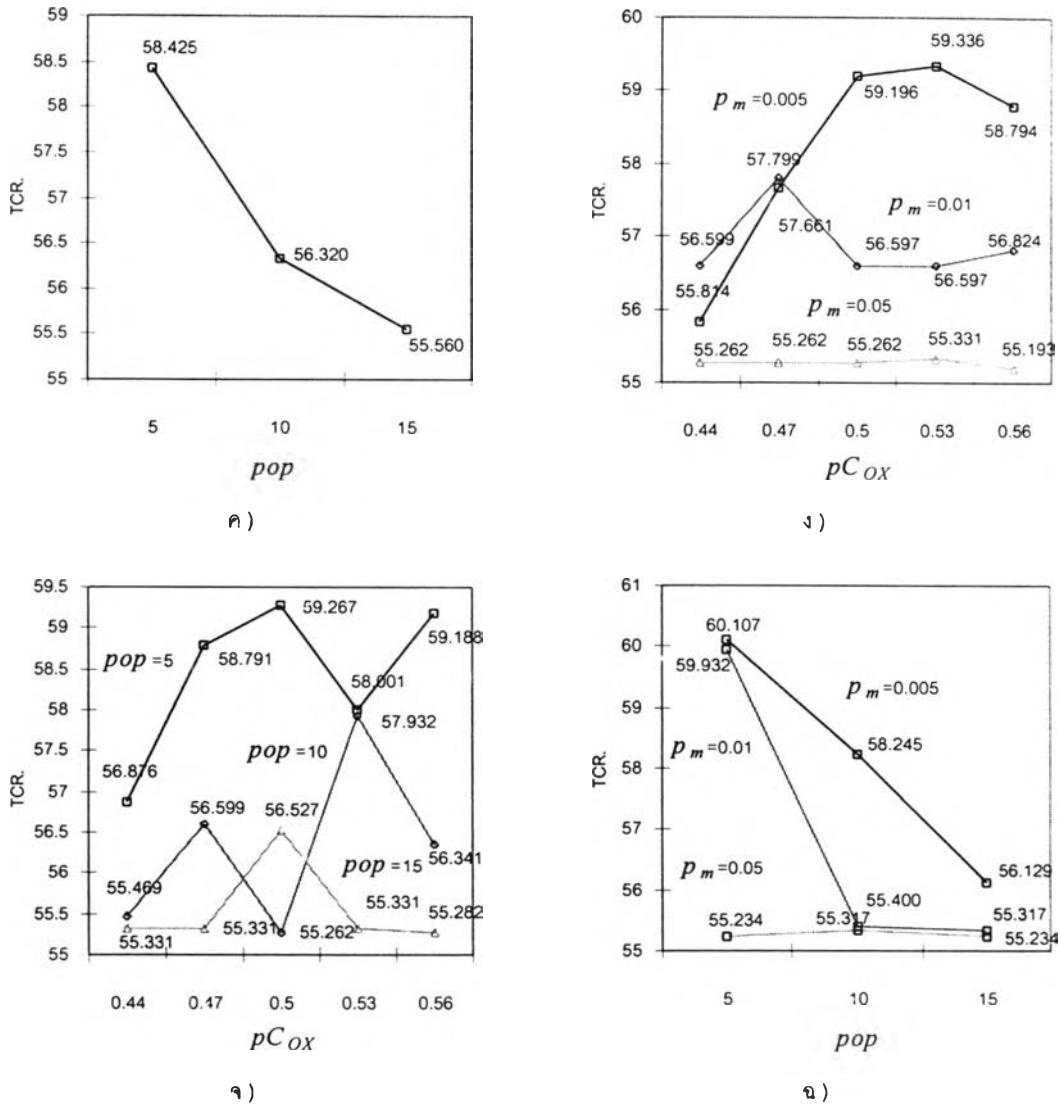
ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยต่อ TCR **สามารถนำคำตอบมาหาค่าเฉลี่ยได้** ดังรูปที่ 7.6



ก)



ข)



รูปที่ 7.6 ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ OX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ

รูปที่ 7.6 ก) **แสดงถึงค่า** TCR **เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก** pC_{OX} **เป็น** 0.44, 0.47, 0.5, 0.53 **และ** 0.56 **เมื่อค่า** pC_{OX} **มีค่าเป็น** 1 **ทำให้ได้ค่า** TCR **เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น** 55.892 **และเมื่อเพิ่ม** pC_{OX} **ทำให้ค่า** TCR **เพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าเมื่อแปรค่า** pC_{OX} **ทำให้** TCR **เปลี่ยนแปลงน้อยมาก (ไม่เกิน** 1) **ดังนั้นการแปรค่า** pC_{OX} **จึงไม่มีผลต่อ** TCR **อย่างมีนัยสำคัญ**

รูปที่ 7.6 ข) **แสดงถึงค่า** TCR **เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก** p_m **เป็น** 0.005, 0.01 **และ** 0.05 **เมื่อค่า** p_m **เป็น** 0.05 **ได้ค่า** TCR **เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น** 56.262 **เนื่องจากความเป็นไปได้ของคำตอบคำตอบที่ได้จากมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ทำให้มีโอกาสพบคำตอบมากขึ้นและจะเห็นได้ว่า เมื่อแปรค่า แล้วค่า** TCR **เปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก (ประมาณ** 3) **ดังนั้นการแปรค่า** p_m **จึงมีผลต่อ** TCR **อย่างมีนัยสำคัญ**

รูปที่ 7.6 ค) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก *pop* เป็น 5, 10 และ 15 ค่า เฉลี่ยของ TCR มีค่าลดลงเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ประชากรที่มีจำนวนน้อยทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเป็นไปอย่างช้าเมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้นก็ทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเร็วขึ้น และจะเห็นว่าเมื่อแปรค่า *pop* แล้วค่า TCR เปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก (ประมาณ 3) ดังนั้นการแปรค่า *pop* จึงมีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.6 ง) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{OX} และ p_m จะเห็นได้ว่าค่า p_m มีค่าเป็น 0.05 ผลทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดในทุกๆ pC_{OX} แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าแม้ p_m เท่ากับ 0.005 จะให้ TCR เปลี่ยนแปลงมาก เมื่อ pC_{OX} เปลี่ยน แต่ก็ไม่มากพอที่จะทำให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{OX} และ p_m มีผลอย่างมีระดับนัยสำคัญต่อค่า TCR เนื่องจาก p_m อื่นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง TCR น้อย เมื่อ pC_{OX} เปลี่ยน

รูปที่ 7.6 จ) จะเห็นได้ว่า โดยเฉลี่ยแล้วการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{OX} ที่ *pop* ต่างๆกันไม่ทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงไปมากนัก (ประมาณ 1.5 โดยเฉลี่ย) ดังนั้นปฏิสัมพันธ์ของ pC_{OX} และ *pop* จึงไม่มีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.6 ฉ) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง *pop* และ p_m เมื่อ p_m เป็น 0.05 และทำให้ได้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าต่ำ เนื่องจากความหลากหลายของคำตอบมีมาก เมื่อ p_m เป็น 0.005 และแปรค่า *pop* จาก 5 ถึง 15 จะพบว่าค่า *pop* ที่เป็น 15 ทำให้ได้เฉลี่ยมีค่าต่ำ เมื่อ p_m เป็น 0.01 พบว่าเมื่อแปรค่า *pop* จาก 5 ถึง 10 ทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าลดลงอย่างมากและเมื่อแปรค่า *pop* จาก 10 ถึง 15 ทำให้ TCR เฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่อย่างไรตาม โดยเฉลี่ยแล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงของ p_m ที่ *pop* ต่างๆ ทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปฏิสัมพันธ์ของ p_m และ *pop* มีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

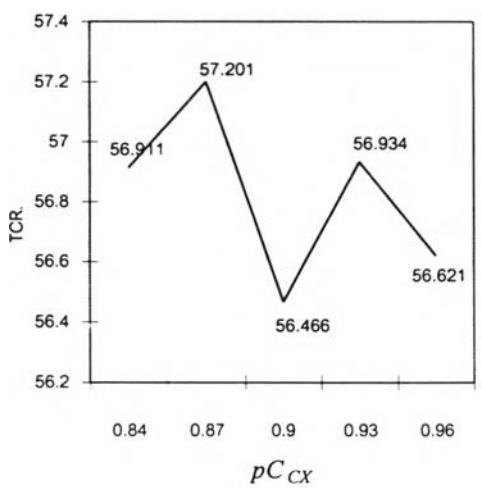
การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ CX

เมื่อพิจารณาผลจากปัจจัย มิวเตชั่น, ครอสโอเวอร์แบบ CX และ จำนวนประชากร ทางสถิติได้ผลดังตารางที่ 7.14 สรุปได้ว่าปัจจัยหลักของ การมิวเตชั่น จำนวนประชากรและปฏิสัมพันธ์ระหว่างการมิวเตชั่นและประชากร มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ ค่า Sig ของ p_m เป็น 0.001 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ค่า Sig ของ *pop* เป็น 0.002 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 และผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง p_m และ *pop* เป็น 0.027 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ส่วนปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์อื่นๆ ไม่มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

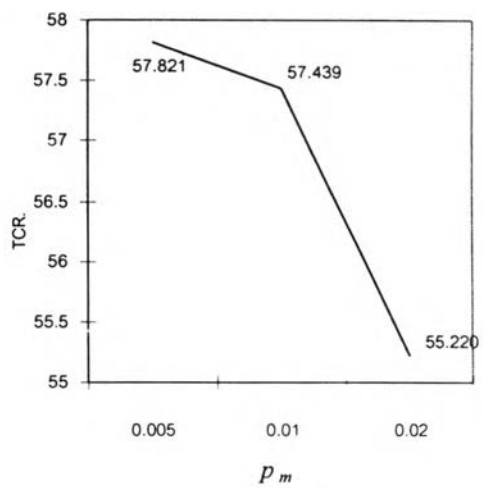
ตารางที่ 7.14 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX

แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	118.294	2	59.147	7.584	.001
pC_{CX} (B)	5.966	4	1.491	.191	.942
pop (C)	116.478	2	58.239	7.468	.002
AB	23.312	8	2.914	.374	.929
AC	94.312	4	23.578	3.023	.027
BC	30.858	8	3.857	.495	.854
ABC	38.163	16	2.385	.306	.994
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	350.948	45	7.799		
รวม	778.332	89			

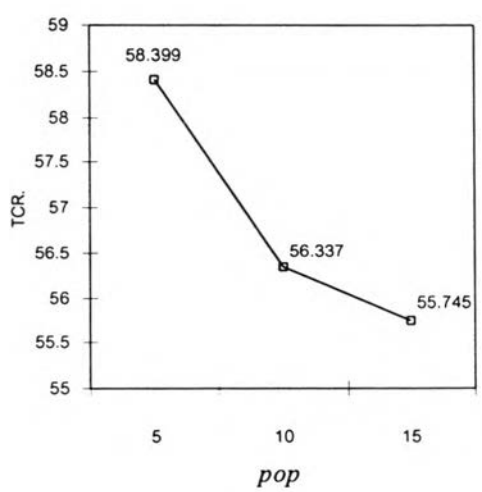
ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยต่อ TCR สามารถนำคำตอบมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้



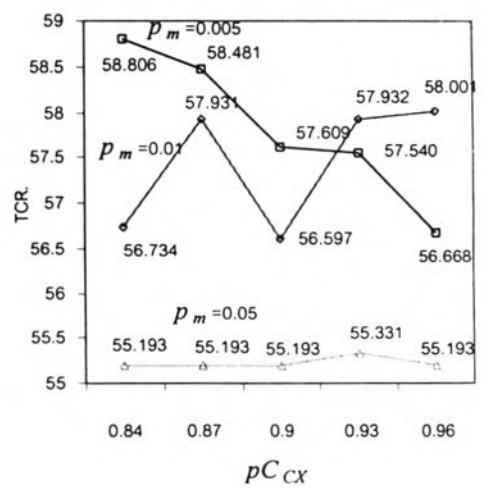
ก)



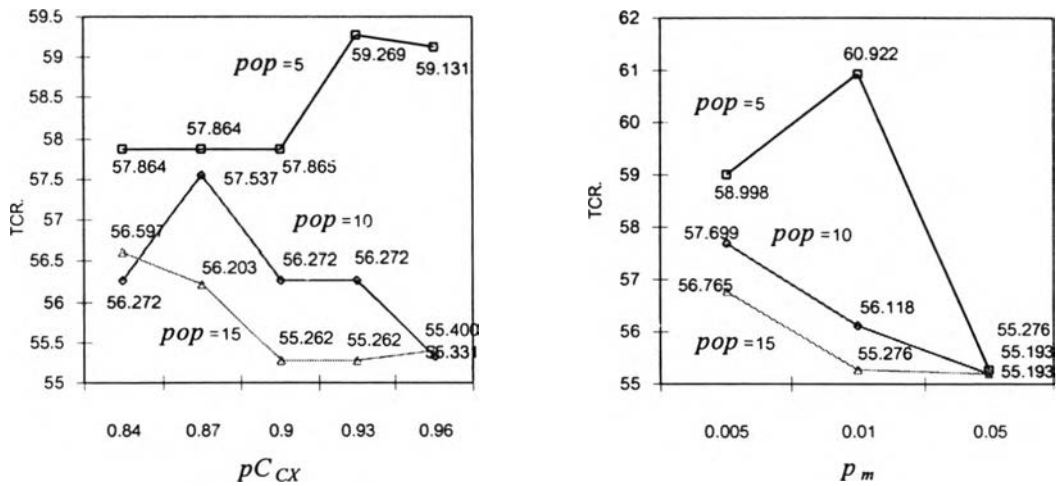
ข)



ค)



ง)



จ)　　ฉ)

รูปที่ 7.7 ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ CX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ

รูปที่ 7.7 ก) **แสดงถึงค่า** TCR **เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก** pC_{CX} **เป็น** 0.84, 0.87, 0.9, 0.93 **และ** 0.96 **เมื่อค่า** pC_{CX} **มีค่าเป็น** 0.9 **ทำให้ได้ค่า** TCR **เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น** 56.466 **และเมื่อเพิ่มหรือลด** pC_{CX} **ที่** 0.9 **ทำให้ค่า** TCR **เฉลี่ยมีค่าเพิ่มมากขึ้น จากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อแปรค่า** pC_{CX} **ทำให้** TCR **เปลี่ยนแปลงน้อย (น้อยกว่า** 1) **ดังนั้นการเปลี่ยนแปลง** pC_{CX} **จึงไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อ** TCR

รูปที่ 7.7 ข) **แสดงถึงค่า** TCR **เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก** p_m **เป็น** 0.005, 0.01 **และ** 0.05 **เมื่อค่า** p_m **เป็น** 0.05 **ได้ค่า** TCR **เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น** 55.220 **เนื่องจากความเป็นไปได้ของคำตอบคำตอบที่ได้จากมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ทำให้มีโอกาสพบคำตอบมากขึ้น จากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อแปรค่า** p_m **แล้ว** TCR **จะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก (ประมาณ** 5) **ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของ** p_m **จึงส่งผลต่อค่า** TCR **อย่างมีนัยสำคัญ**

รูปที่ 7.7 ค) **แสดงถึงค่า** TCR **เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก** pop **เป็น** 5, 10 **และ**15 **ค่าเฉลี่ยของ** TCR **มีค่าลดลงเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ประชากรที่มีจำนวนน้อยทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเป็นไปอย่างช้าเมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้นก็ทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเร็วขึ้น เมื่อ** pop **เป็น** 15 **ทำให้ได้** TCR **เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น** 55.745 **จากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อแปรค่า** pop **แล้ว** TCR **จะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก (ประมาณ** 5) **ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของ** pop **จึงส่งผลต่อค่า** TCR **อย่างมีนัยสำคัญ**

รูปที่ 7.7 ง) **แสดงถึงค่า** TCR **เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง** pC_{CX} **และ** p_m **จะเห็นได้ว่าค่า** p_m **มีค่าเป็น** 0.05 **ผลทำให้** TCR **เฉลี่ยมีค่าน้อย โดยเฉลี่ยแล้วเมื่อ** pC_{CX} **เปลี่ยนไป**

สำหรับค่า p_m แต่ละค่า พบว่า TCR เปลี่ยนไปไม่มากนัก (โดยเฉลี่ยประมาณ 1) ดังนั้นปฏิสัมพันธ์ของ pC_{CX} และ p_m จึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง TCR อย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.7 จ) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{OX} และ *pop* จะเห็นได้ว่าค่า *pop* มีค่าเป็น 15 ผลทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อย เนื่องจากอิทธิพลของปัจจัย *pop* ทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มากพอที่จะทำให้ปฏิสัมพันธ์ของ pC_{OX} และ *pop* มีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.7 ฉ) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง *pop* และ p_m แปรค่า *pop* จาก 5 ถึง 15 จะพบว่าค่า *pop* ที่เป็น 15 ทำให้ได้เฉลี่ยมีค่าต่ำ เมื่อ p_m แต่ถ้า *pop* มีค่าน้อยๆ ก็สามารถได้คำตอบน้อยๆโดยการเพิ่มค่า p_m จากรูปจะเห็นได้ว่า เมื่อแปรค่า p_m สำหรับ *pop* ค่าหนึ่งๆ ค่าของ TCR เปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก (ประมาณ 3) ดังนั้นปฏิสัมพันธ์ของ p_m และ *pop* จึงส่งผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการครอสโอเวอร์แบบ PMX มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการครอสโอเวอร์แบบ OX และ CX แต่ค่า TCRเฉลี่ยของวิธีการครอสโอเวอร์ทั้งสามวิธีไม่แตกต่างกัน อย่างมีระดับนัยสำคัญ 5% สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อ TCR ของวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX ได้แก่ p_m และ *pop* ปัจจัยที่มีผลต่อ TCR ของวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX ได้แก่ p_m , *pop* และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง p_m และ *pop* ปัจจัยที่มีผลต่อ TCR ของวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX ได้แก่ p_m, *pop* และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง p_m และ *pop* ดังนั้นในการนำไปใช้งานควรกำหนดค่าปัจจัยเหล่านี้ให้เหมาะสม

การทดลองที่ 2: การจัดวางผังโรงงานเชิงคุณภาพ โดยพิจารณาถึงระยะทางระหว่างสถานี และให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (ปัญหาการจัดเรียงผังขนาด 10 แผนก)

เนื้อหาในการทดลองนี้ส่วนนี้เป็นการจัดวางผังโรงงานมีขนาดเล็ก (2*5 สถานี) จากปัญหาตัวอย่างที่ผ่านมา แตกต่างกันในการให้ระดับคะแนนจากเดิมเป็นแบบเชิงเส้นเปลี่ยนเป็นการให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

วัตถุประสงค์

- เพื่อเปรียบเทียบคำตอบที่ได้ระหว่างการใช้การครอสโอเวอร์ PMX, OX และ CX ที่แตกต่างกันในการแก้ปัญหาของการจัดวางผังโรงงานโดยพิจารณาถึงข้อมูลเชิงคุณภาพ เกณฑ์ในการวัดผลคือ คำตอบที่ได้และความเร็วในการพบคำตอบ

- ศึกษาถึงผลจากปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ของโอเปอร์เรเตอร์ต่างๆของ GAs ที่มีต่อคำตอบและความเร็วในการพบคำตอบ

การศึกษาเบื้องต้น

การทดลองของ GAs เริ่มจากการทำ การศึกษาเบื้องต้น เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมอย่างคร่าวๆ ดังเช่นการทดลองที่ผ่านมาโดยเริ่มจากการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของ *pop*

ขั้นตอนที่ 1 เปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของจำนวนประชากร (*pop*) โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เพื่อหาจำนวน *pop* ที่เหมาะสม

ตารางที่ 7.15 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนประชากร

pop	*gen*	pC_{PMX}	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
10	5,000	0.8	0.1	-1831.43	715.0707	[2674085139]	346	10.619	153.46
30	5,000	0.8	0.1	-1831.43	483.0313	[9315804762]	2940	253.910	431.82
50	5,000	0.8	0.1	-1831.43	595.3862	[2674085139]	664	94.700	713.10
70	5,000	0.8	0.1	-1831.43	461.0929	[2674085139]	3601	716.937	995.47
100	5,000	0.8	0.1	-1831.43	522.0361	[9315804762]	2,432	761.294	1,565.16
130	5,000	0.8	0.1	-1831.43	521.2614	[2674085139]	143	53.020	1853.85

เปลี่ยนแปลงจำนวน *pop* ให้มีค่าเปลี่ยนแปลงเป็น 10, 30, 50, 70, 100 และ 130 โดยที่ค่าพารามิเตอร์ของ *gen* คงที่เป็น 5,000, ค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8 (Suresh และคณะ 1995) ค่าพารามิเตอร์ของ p_m คงที่เป็น 0.1 (Goldberg, 1989)

จากการทดลองตารางที่ 7.28 จะเห็นได้ว่า GAs สามารถหาคำตอบได้น้อยที่สุดคือมี TCR เป็น –1831.43 แต่ *gen* ที่พบคำตอบแตกต่างกัน เมื่อ *pop* มีค่าน้อยจะพบคำตอบได้เร็วกว่าเมื่อ *pop* มีค่ามาก เลือก *pop* เป็น 10 สตริง เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป ทำให้พบคำตอบที่เจอเนอเรชั่น 346 โดยใช้เวลา 10.619 วินาที

ขั้นตอนที่ 2 แปรค่าพารามิเตอร์ของจำนวนเจนเนอเรชั่น (*gen*) โดยที่พารามิเตอร์อื่นคงที่ดังขั้นตอนที่ผ่านมา และ *pop* คงที่ตามขั้นตอนที่ 1

ทำการเปลี่ยนแปลงจำนวน *gen* มีค่าเปลี่ยนแปลง เป็น 500, 1,000, 3,000, 6,000 และ 8,000 โดยที่ ค่าพารามิเตอร์ของ *pop* จากการทดลองที่ผ่านมาเป็น 10, ค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8, ค่าพารามิเตอร์ของ p_m คงที่เป็น 0.1

ตารางที่ 7.16 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนเจนเนอเรชั่น

gen	*pop*	pC_{PMX}	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
500	10	0.8	0.1	-1831.43	552.2829	[2674085139]	346	10.906	15.76
1,000	10	0.8	0.1	-1831.43	613.2478	[2674085139]	346	10.774	31.14
3,000	10	0.8	0.1	-1831.43	544.7245	[2674085139]	346	10.642	92.27
6,000	10	0.8	0.1	-1831.43	633.2559	[2674085139]	346	10.620	184.17
8,000	10	0.8	0.1	-1831.43	406.5674	[2674085139]	346	10.614	245.41

จากการทดลองตารางที่ 7.16 จะเห็นได้ว่า GAs สามารถหาคำตอบที่น้อยที่สุดได้ที่ *gen* มีค่าเป็น 346 และเมื่อเพิ่มจำนวน *gen* ก็ไม่สามารถที่จะหา TCR ได้น้อยกว่า –1831.43 เลือก *gen* ที่ใช้ในการทดลองต่อไปเป็น 4,000 (12 เท่าของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ)

ขั้นตอนที่ 3 เปลี่ยนค่าความน่าจะเป็นของมิวเตชั่นโดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่

เปลี่ยนแปร p_m ให้มีค่าเป็น 0.001, 0.01, 0.1,...., 1 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ *pop* เป็น 10 จากขั้นตอนแรกและกำหนดให้ *gen* มีค่าเป็น 4,000 จากขั้นตอนที่ 2 ส่วนค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8

ตารางที่ 7.17 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

p_m	*pop*	*gen*	pC_{PMX}	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.001	10	4,000	0.8	-1812.46	0.000309	[6817925430]	1,359	42.190	124.18
0.01	10	4,000	0.8	-1831.43	23.51878	[9315804762]	195	5.968	122.42
0.1	10	4,000	0.8	-1831.43	637.867	[2674085139]	346	10.605	122.6
0.2	10	4,000	0.8	-1831.43	691.1362	[8513926740]	1157	35.462	122.6
0.3	10	4,000	0.8	-1831.43	718.4603	[0476293158]	898	27.609	122.98
0.4	10	4,000	0.8	-1831.43	720.8513	[9315804762]	800	24.608	123.04
0.5	10	4,000	0.8	-1831.43	649.4725	[0476293158]	957	29.447	123.08
0.6	10	4,000	0.8	-1831.43	592.2121	[8513926740]	2,257	69.454	123.09
0.7	10	4,000	0.8	-1831.03	600.3832	[8517926430]	2,855	87.934	123.2
0.8	10	4,000	0.8	-1831.43	702.7226	[2674085139]	156	4.811	123.37
0.9	10	4,000	0.8	-1831.43	754.3298	[9315804762]	1,769	54.653	123.58
1	10	4,000	0.8	-1831.43	640.4846	[0476293158]	2,280	70.412	123.53

จากการทดลองตารางที่ 7.17 เลือก p_m ที่ใช้ในการทดลองต่อไปเป็น 0.01 เนื่องจากสามารถพบคำตอบได้เร็วที่สุดที่เจนเนอเรชั่นที่ 195 โดยใช้เวลา 5.968 วินาที

ขั้นตอนที่ 4 แปรค่าพารามิเตอร์ของการครอสโอเวอร์ (pC_{PMX}, pC_{OX} และ pC_{CX}) โดยจำนวนประชากรเป็นไปตามขั้นตอนที่ 1 และ จำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 2 และมิวเตชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 3 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของการครอสโอเวอร์ที่มีค่าเหมาะสม

ตารางที่ 7.18 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการกำหนดความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เป็นศูนย์

pC	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0	10	4,000	0.01	-1831.43	0.000051	[0476293158]	620	14.711	94.91

จากตารางที่ 7.18 จะเห็นได้ว่าถ้าให้ความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์เป็น 0 หรือไม่เกิดการครอสโอเวอร์ขึ้นเลย ทำให้ได้ TCR เป็น –1,831.43 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 620 ถ้าเปรียบเทียบกับการทดลองที่ผ่านมากำหนด pC_{PMX} เป็น 0.8 ทำให้พบคำตอบในเจนเนอเรชั่นที่ 195 หรือสามารถอธิบายได้ว่าการครอสโอเวอร์ช่วยทำให้การหาคำตอบของ GAs เร็วขึ้น

เนื่องจากการการครอสโอเวอร์ที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน มีการครอสโอเวอร์อยู่ 3 วิธี ดังนั้น การศึกษาเบื้องต้นจึงแยกการทดลองออกจากกัน ได้แก่

- เปลี่ยนค่า pC_{PMX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา
- เปลี่ยนค่า pC_{OX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา
- เปลี่ยนค่า pC_{CX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา

ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 7.19 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ PMX

pC_{PMX}	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	4,000	0.01	-1831.43	31.35838	[2674085139]	248	7.532	121.49
0.2	10	4,000	0.01	-1831.43	275.9543	[2674085139]	269	8.189	121.77
0.3	10	4,000	0.01	-1831.43	163.9815	[0476293158]	234	7.169	122.54
0.4	10	4,000	0.01	-1831.43	0.000051	[0476293158]	236	7.243	122.76
0.5	10	4,000	0.01	-1831.43	0.212466	[2674085139]	2,645	81.135	122.7
0.6	10	4,000	0.01	-1831.43	212.7692	[2674085139]	1887	57.808	122.54
0.7	10	4,000	0.01	-1831.43	0.000051	[9315804762]	1409	43.010	122.1
0.8	10	4,000	0.01	-1831.43	23.51878	[9315804762]	195	5.966	122.37
0.9	10	4,000	0.01	-1831.43	0.000051	[2674085139]	107	3.284	122.76
1	10	4,000	0.01	-1827.85	0.00018	[2617085439]	3579	110.627	123.64

จากตารางที่ 7.19 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{PMX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{PMX} เป็น 0.9 ทำให้พบคำตอบเร็วที่สุดเป็นเจนเนอเรชั่นที่ 107 หรือ 3.284 วินาที เลือกค่า pC_{PMX} เป็น 0.9 เพื่อทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 7.20 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ OX

pC_{OX}	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	Gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	4,000	0.01	-1831.43	119.2856	[8513926740]	185	5.606	121.22
0.2	10	4,000	0.01	-1831.43	314.5791	[2674085139]	1,223	37.418	122.38
0.3	10	4,000	0.01	-1831.43	335.0712	[9315804762]	2500	76.075	121.72
0.4	10	4,000	0.01	-1831.43	0.000051	[2674085139]	2116	64.914	122.71
0.5	10	4,000	0.01	-1831.43	376.3316	[0476293158]	3620	111.496	123.2
0.6	10	4,000	0.01	-1831.43	705.4275	[2674085139]	659	20.251	122.92
0.7	10	4,000	0.01	-1831.43	672.4209	[0476293158]	2987	92.164	123.42
0.8	10	4,000	0.01	-1818.66	596.794	[2517068439]	138	4.260	123.48
0.9	10	4,000	0.01	-1813.46	0.00018	[8143962570]	56	1.728	123.42
1	10	4,000	0.01	-1827.85	583.5712	[9345807162]	314	9.727	123.91

จากตารางที่ 7.20 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{OX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{OX} มีค่าเป็น 0.1 ทำให้พบคำตอบเร็วที่สุดในเจนเนอเรชั่นที่ 185 โดยใช้เวลา 5.606 วินาที จะเห็นได้ว่าค่า pC_{OX} มีค่าน้อย เลือกค่า pC_{OX} มีค่าเป็น 0.1 เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 7.21 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ CX

pC_{CX}	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	4,000	0.01	-1831.43	0.000051	[8513926740]	166	5.006	120.62
0.2	10	4,000	0.01	-1831.43	66.0213	[8513926740]	166	5.012	120.78
0.3	10	4,000	0.01	-1831.43	0.000051	[8513926740]	134	4.061	121.22
0.4	10	4,000	0.01	-1831.43	0.000051	[8513926740]	134	4.061	121.22
0.5	10	4,000	0.01	-1831.03	0.000077	[8517926430]	3014	92.048	122.16
0.6	10	4,000	0.01	-1831.43	458.223	[9315804762]	1,877	57.112	121.71
0.7	10	4,000	0.01	-1831.43	227.5921	[2674085139]	401	12.246	122.15
0.8	10	4,000	0.01	-1831.03	0.000077	[2643085179]	3,885	118.425	121.93
0.9	10	4,000	0.01	-1831.43	0.000051	[8513926740]	166	5.038	121.39
1	10	4,000	0.01	-1831.43	0.000051	[8513926740]	83	2.528	121.82

จากการทดลองตารางที่ 7.21 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{CX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 ตามลำดับ โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{CX} เป็น 1 ทำให้ได้ ที่

พบคำตอบเร็วที่สุดในเจนเนอเรชั่นที่ 83 โดยใช้เวลาเพียง 2.528 วินาที เลือกค่า pC_{CX} เป็น 1 เพื่อทำการทดลองต่อไป

จากการทำการศึกษาเบื้องต้นได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังต่อไปนี้

pop	=	10
gen	=	4,000
p_m	=	0.01
pC_{PMX}	=	0.9
pC_{OX}	=	0.1
pC_{CX}	=	1.00
โดยมีขอบเขตในการค้นหา	=	10!(3,628,800) วิธี
อัตราส่วนในการค้นหา	=	(10*4,000)/10!
	=	0.011 ≅ 0.01%

<u>การออกแบบการทดลอง</u>

เนื่องจากวิธีการจัดผังโรงงานโดยใช้ GAs จะทำให้ได้ TCR และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองแปรค่าพารามิเตอร์ 3 ตัวที่ส่งผลต่อค่า TCR และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ได้แก่

- pop
- p_m
- pC

โดยในการแปรค่าพารามิเตอร์นั้นจะแปรค่าให้อยู่ในขอบเขตที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น (เช่น ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นเป็น 10 นำมาเปลี่ยนแปลงให้มีค่าเป็น (5, 10 และ 15)

สำหรับการครอสโอเวอร์นั้น นอกจากจะมีการแปรค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์แล้ว ยังมีการแปรชนิดของการครอสโอเวอร์อีกด้วย (PMX, OX และ CX) เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการครอสโอเวอร์ทั้งสามแบบ การออกแบบการทดลองนี้เป็นแบบ Complete Randomize ซึ่งผลการทดลองแปรค่าพารามิเตอร์ต่างๆนี้จะทำให้ทราบถึงผลของปัจจัยหลัก (Main Effect) ได้แก่ (pop, p_m และ pC) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (Interaction) ที่มีต่อ TCR และ เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ และกำหนดการทดลองแบบ Fixed Effect Model เพื่อพิจารณาถึงปัจจัยหลัก (Main Effect) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (Interaction) ที่มีผลต่อ TCR ซึ่งสามารถอธิบายดังสมการที่ 7.1

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ PMX, OX และ CX ซึ่งวิธีการหาคำตอบของแต่ละวิธีสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ PMX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น คือ *pop* เป็น 10, *gen* คงที่เป็น 1,000, p_m เป็น 0.01 และ pC_{PMX} เป็น 0.9 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX ในการทดลองประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ *pop* ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 ปัจจัยที่สองคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.005, 0.01และ0.05 ปัจจัยสุดท้ายคือ pC_{PMX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.84, 0.87, 0.9, 0.93 และ 0.96 และ ทำการเก็บข้อมูลสองชุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 3*5*3*2 การทดลอง

ผลของการทดลองในการหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX แสดงดังตารางที่ 7.22

ตารางที่ 7.22 TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX

		pop					
p_m	pC_{PMX}	5		10		15	
0.005	0.84	-1831.03	-1827.85	-1831.03	-1827.85	-1831.43	-1813.46
	0.87	-1831.43	-1831.03	-1831.43	-1818.66	-1827.85	-1831.43
	0.9	-1827.85	-1831.03	-1831.43	-1818.66	-1831.43	-1831.43
	0.93	-1812.46	-1831.43	-1831.03	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.96	-1827.85	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1827.85	-1831.03
0.01	0.84	-1827.85	-1827.85	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.87	-1831.43	-1817.49	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.9	-1827.85	-1831.03	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.93	-1818.66	-1831.03	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.96	-1827.85	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
0.05	0.84	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.87	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.9	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.93	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.96	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ OX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น คือ *pop* เป็น 10, *gen* คงที่เป็น 4,000, p_m เป็น 0.01 และ pC_{OX} เป็น 0.5 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX ซึ่งการทดลองประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ *pop* ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 ปัจจัยที่สองคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.005, 0.01 และ 0.05 ปัจจัยสุดท้ายคือ pC_{OX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.04, 0.07, 0.1, 0.13 และ 0.16 และ ทำการเก็บข้อมูลสองชุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 3*5*3*2 การทดลอง

ผลของการทดลองในการหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX แสดงดังตารางที่ 7.23

ตารางที่ 7.23 TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX

		pop					
p_m	pC_{OX}	5		10		15	
0.005	0.04	-1818.66	-1831.03	-1831.03	-1831.03	-1831.43	-1831.43
	0.07	-1827.85	-1831.03	-1831.43	-1831.43	-1818.66	-1831.43
	0.1	-1831.43	-1817.49	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1813.46
	0.13	-1812.46	-1818.66	-1813.46	-1818.66	-1827.85	-1827.85
	0.16	-1818.66	-1818.66	-1831.03	-1831.43	-1818.66	-1813.46
0.01	0.04	-1831.03	-1831.03	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.07	-1818.66	-1813.46	-1818.66	-1831.03	-1827.85	-1831.03
	0.1	-1831.03	-1831.43	-1831.43	-1831.03	-1831.43	-1831.43
	0.13	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.16	-1831.03	-1818.66	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
0.05	0.04	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.07	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.1	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.13	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.16	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ CX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นคือ *pop* เป็น 10, *gen* คงที่เป็น 4,000, p_m เป็น 0.01 และ pC_{CX} เป็น 1.00 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ

CX ในการทดลองประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ *pop* ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 ปัจจัยที่สองคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.005, 0.01 และ 0.05 ปัจจัยสุดท้ายคือ pC_{CX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.92, 0.94, 0.96, 0.98 และ 1.00 และทำการเก็บข้อมูลสองชุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 3*5*3*2 การทดลอง

ผลของการทดลองในการหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX แสดงดังตารางที่ 7.24

ตารางที่ 7.24 TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX

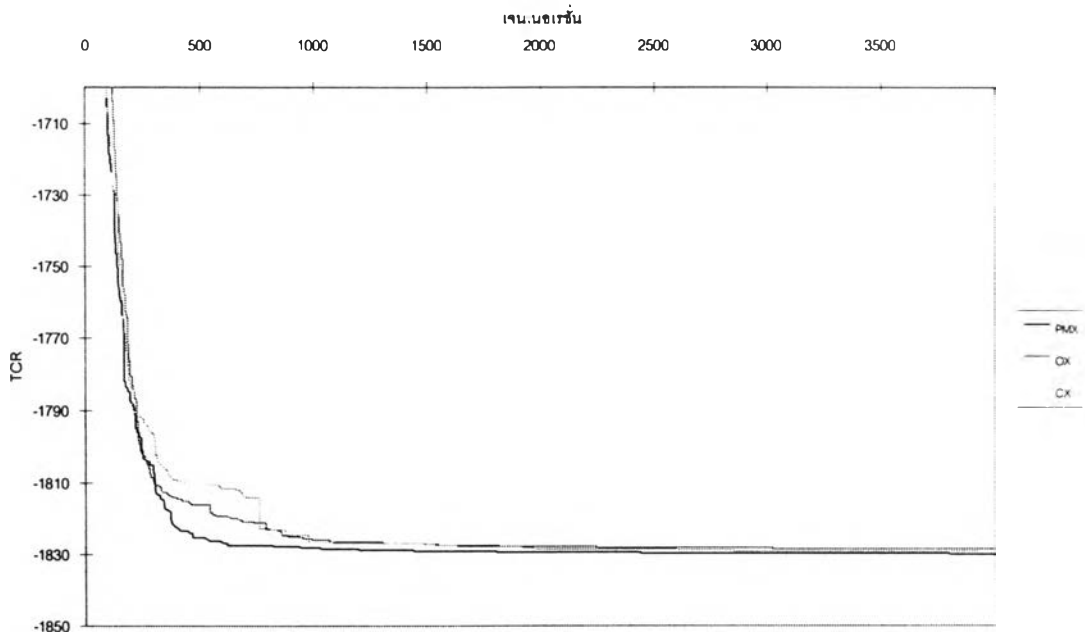
		pop					
p_m	pC_{OX}	5		10		15	
0.005	0.92	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.03	-1831.03
	0.94	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.03	-1831.43	-1818.66
	0.96	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1818.66	-1818.66
	0.98	-1831.43	-1831.43	-1831.03	-1831.03	-1831.43	-1831.43
	1	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1813.46	-1818.66	-1831.43
0.01	0.92	-1818.66	-1812.46	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.94	-1831.03	-1812.46	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.96	-1831.03	-1831.43	-1827.85	-1831.03	-1831.43	-1827.85
	0.98	-1831.03	-1812.46	-1831.43	-1818.66	-1831.43	-1831.43
	1	-1831.03	-1812.46	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1827.85
0.05	0.92	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.94	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.96	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	0.98	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43
	1	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43	-1831.43

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเปรียบเทียบการหาคำตอบของการครอสโอเวอร์ทั้งสามวิธี สามารถการเปรียบเทียบผลการครอสโอเวอร์ PMX, OX และ CX ตามรูปที่ 7.8 จะเห็นได้ว่าการลู่เข้าหาคำตอบของ PMX ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของคำตอบน้อยที่สุดเป็น –1,830.004 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 3,929 มีการลู่เข้าหาคำตอบเร็วที่สุดและสม่ำเสมอ ได้ค่าเฉลี่ยของ TCR ที่ได้ยังคงน้อยที่สุด การลู่เข้าหาคำตอบของ OX ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของคำตอบน้อยที่สุดเป็นอันดับที่สองได้คำตอบเป็น –1,828.633 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 3,518 และลำดับสุดท้ายเป็นการลู่เข้าหาคำตอบของ CX จะเห็นได้ว่าลักษณะกราฟ

เป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอ คำตอบติดอยู่ใน Local Optima ได้ง่าย ได้คำตอบที่น้อยที่สุดเป็น -1,829.37 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 3,929

PMX มีการลู่เข้าหาคำตอบที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของคำตอบน้อยที่สุด ส่วน OX และ CX มีการลู่เข้าหาคำตอบเป็นอันดับต่อมา ดังนั้น PMX จึงน่าจะเป็นโอเปอร์เรเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับปัญหานี้



รูปที่ 7.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคำตอบของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีในแต่ละเจนเนอเรชั่น

การวิเคราะห์ทางสถิติ

โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน สามารถสรุปการวิเคราะห์ทางสถิติได้ดังตารางที่ 7.25

ตารางที่ 7.25 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับเปรียบเทียบการครอสโอเวอร์วิธีการต่างๆ

แหล่งความแปรปรวน		ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
TCR	วิธีการ	84.744	2	42.372	1.731	.179
	ความผิดพลาดแบบสุ่ม	6536.969	267	24.483		
	รวม	6621.713	269			

จากการทดลองในตารางที่ 7.25 สามารถสรุปได้ว่า TCR เฉลี่ยของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีการครอสโอเวอร์ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ PMX

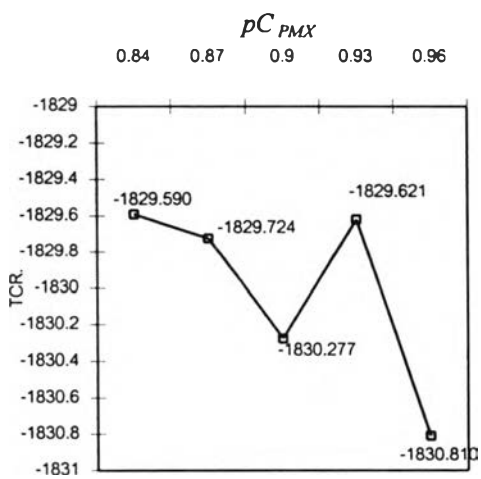
จากการทดลองที่ผ่านมา ประกอบด้วยปัจจัย 3 อย่างคือ มิวเตชั่น, ครอสโอเวอร์แบบ PMX และ จำนวนประชากร นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.26 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX

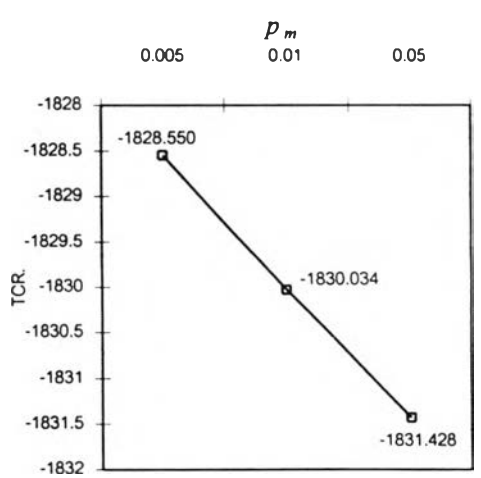
แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	124.322	2	62.161	3.872	.028
pC_{PMX} (B)	20.163	4	5.041	.314	.867
pop (C)	45.345	2	22.673	1.412	.254
AB	25.16	8	3.145	.196	.99
AC	72.884	4	18.221	1.135	.352
BC	113.704	8	14.213	.885	.536
ABC	188.614	16	11.788	.734	.745
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	722.501	45	16.056		
รวม	1312.694	89			

จากตารางที่ 7.26 สรุปได้ว่าปัจจัยหลักของ การมิวเตชั่น มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ ค่า Sig ของ p_m เป็น 0.028 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ส่วนปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์อื่นๆ ไม่มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

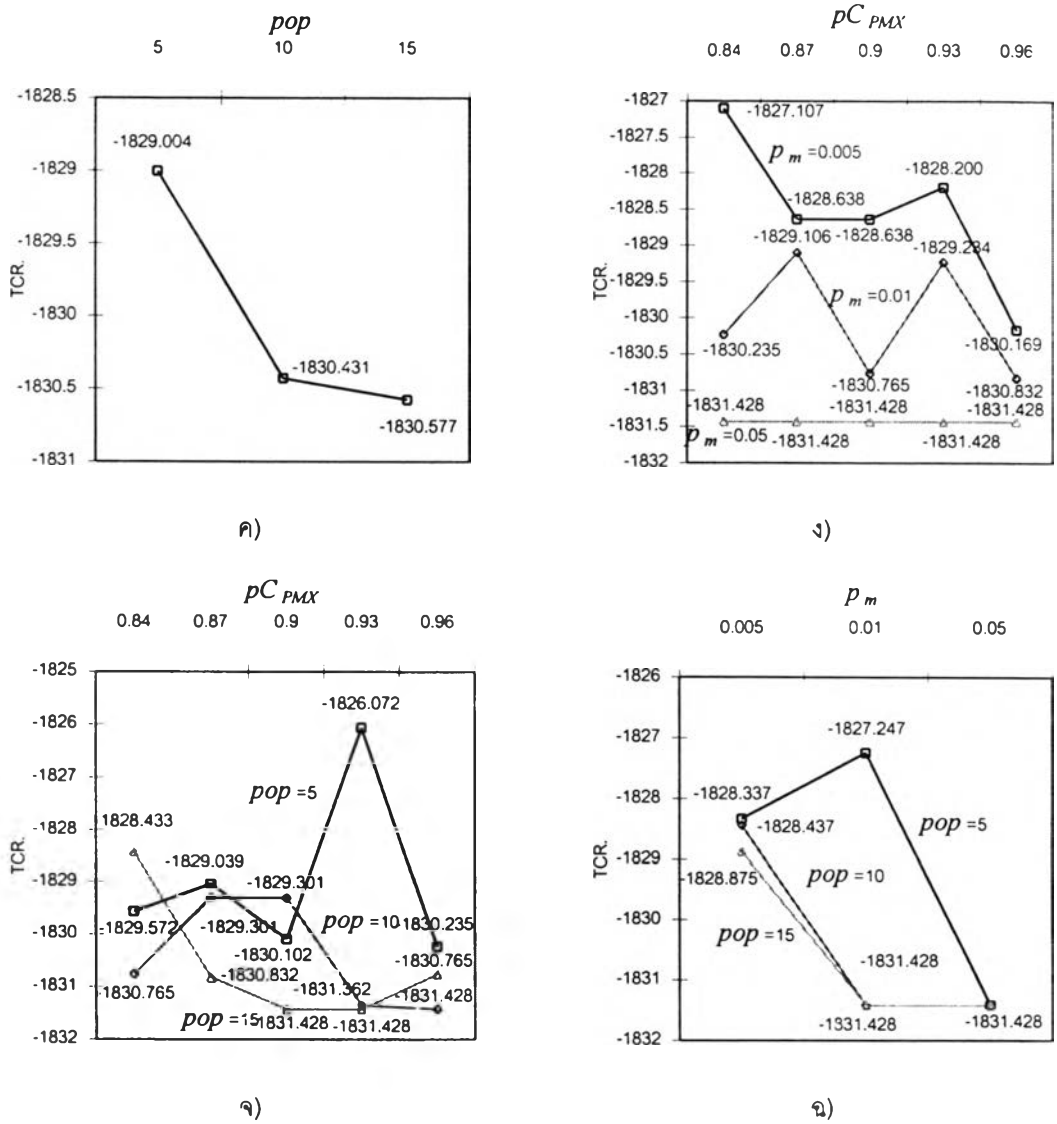
ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยต่อ TCR สามารถนำคำตอบมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้



ก)



ข)



รูปที่ 7.9 ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ PMX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ

รูปที่ 7.9 ก) **แสดงถึงค่า** TCR **เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก** pC_{PMX} **เป็น** 0.84, 0.87, 0.9, 0.93 **และ** 0.96 **เมื่อค่า** pC_{PMX} **มีค่าเป็น** 0.96 **ทำให้ได้ค่า** TCR **เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น** –1,830.81 **เมื่อ** pC_{PMX} **เพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้** TCR **เฉลี่ยมีค่าน้อยลง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อ** pC_{PMX} **เปลี่ยนไปค่า** TCR **เปลี่ยนไปน้อยมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของ** pC_{PMX} **จึงไม่มีผลต่อ** TCR **อย่างมีนัยสำคัญ**

รูปที่ 7.9 ข) **แสดงถึงค่า** TCR **เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก** p_m **เป็น** 0.005, 0.01 **และ** 0.05 **เมื่อค่า** p_m **เป็น** 0.05 **ได้ค่า** TCR **เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น** –1,831.428 **เนื่องจากความเป็นไปได้ของคำตอบคำตอบที่ได้จากมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ทำให้มีโอกาสพบคำตอบมากขึ้น นอกจากนี้จากกราฟแสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่ม** p_m **จะทำให้** TCR **มีค่าน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลง** p_m **จึงมีผลต่อ** TCR **อย่างมีนัยสำคัญ**

รูปที่ 7.9 ค) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก *pop* เป็น 5, 10 และ15 ค่าเฉลี่ยของ TCR มีค่าลดลงเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ประชากรที่มีจำนวนน้อยทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเป็นไปอย่างช้าเมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้นก็ทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเร็วขึ้น เมื่อ *pop* เป็น 15 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น –1,830.57 แต่อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยน *pop* ไม่ทำให้ TCR เปลี่ยนอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.9 ง) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{PMX} และ p_m จะเห็นได้ว่าค่า p_m มีค่าเป็น 0.05 ผลทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อย และการเปลี่ยนแปลงของ pC_{PMX} ที่ p_m ต่างๆแทบจะไม่มีผลต่อค่า TCR ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ปฏิสัมพันธ์ของ pC_{PMX} และ p_m ไม่มีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.9 จ) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{PMX} และ *pop* จะเห็นได้ว่าค่า *pop* มีค่าเป็น 15 ผลทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อย และการเปลี่ยนแปลงของ pC_{PMX} ที่ *pop* ต่างๆแทบจะไม่มีผลต่อค่า TCR ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ปฏิสัมพันธ์ของ pC_{PMX} และ *pop* ไม่มีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.9 ฉ) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง *pop* และ p_m จะพบว่าค่า *pop* ที่เป็น 15 ทำให้ได้เฉลี่ยมีค่าต่ำ เมื่อ p_m แต่ถ้า *pop* มีค่าน้อยๆก็สามารถได้คำตอบน้อยๆโดยการเพิ่มค่า p_m แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของ p_m ที่ *pop* ต่างๆแทบจะไม่มีผลต่อค่า TCR ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ปฏิสัมพันธ์ของ p_m และ *pop* ไม่มีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

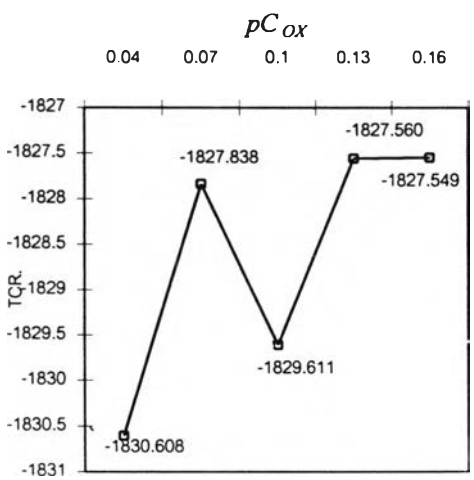
การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ OX

จากการทดลองที่ผ่านมา ปัจจัยของ GAs ประกอบด้วยปัจจัยหลัก 3 อย่างคือ มิวเตชั่น, ครอสโอเวอร์แบบ OX และ จำนวนประชากร นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ผลดังตารางที่ 7.27 สรุปได้ว่าปัจจัยหลักของ การมิวเตชั่น จำนวนประชากรและปฏิสัมพันธ์ระหว่างการมิวเตชั่นและประชากร การมิวเตชั่นประชากรและการครอสโอเวอร์ มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ ค่า Sig ของ p_m, pC_{OX}, *pop* ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง p_m.pC_{OX} และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง p_m.pC_{OX}.*pop* เป็น .000 .058 .013 .000 และ .092 ตามลำดับ ส่วนปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ร่วมอื่นๆ ไม่มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

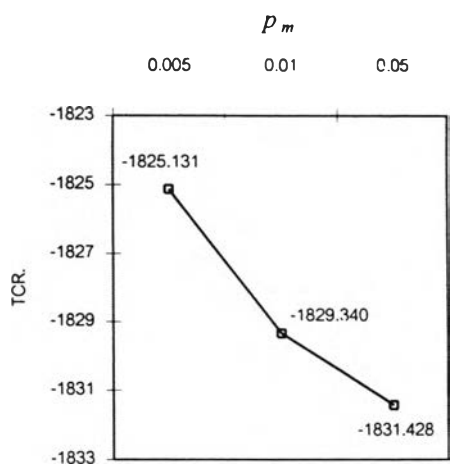
ตารางที่ 7.27 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX

แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	617.268	2	308.634	21.71	.000
pC_{OX} (B)	140.667	4	35.167	6	.058
pop (C)	135.229	2	67.614	2.474	.013
AB	542.176	8	67.772	4.757	.000
AC	121.249	4	30.312	4.769	.092
BC	158.988	8	19.873	2.133	.223
ABC	469.975	16	29.373	1.398	.029
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	639.55	45	14.212	2.067	
รวม	2828.101	89			

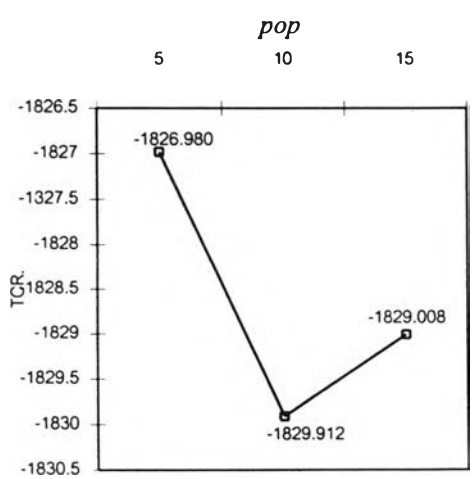
ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยต่อ TCR สามารถนำคำตอบมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้



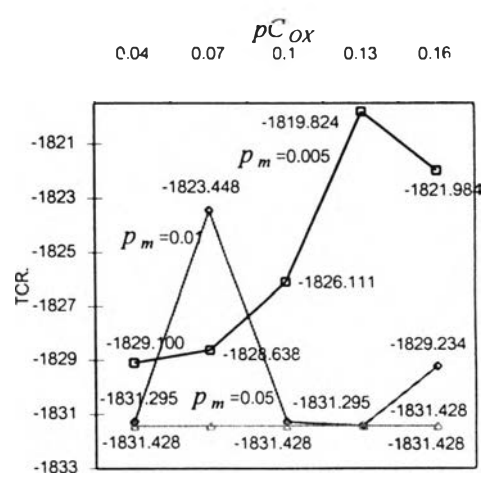
ก)



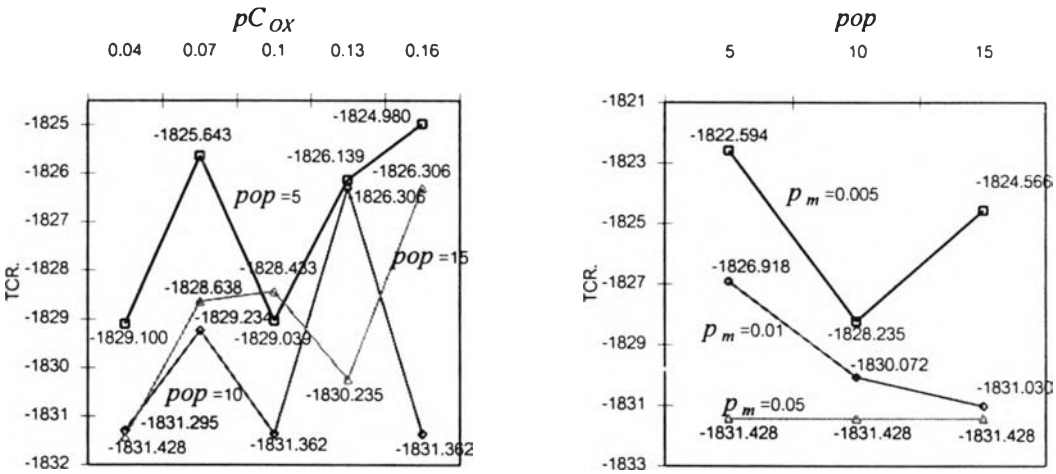
ข)



ค)



ง)



จ) ฉ)

รูปที่ 7.10 ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ OX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ

รูปที่ 7.10 ก) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก pC_{OX} เป็น 0.04, 0.07, 0.1, 0.13 และ 0.16 เมื่อค่า pC_{OX} มีค่าเป็น 0.04 ทำให้ได้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น –1,830.608 เมื่อ pC_{OX} เพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของ pC_{OX} มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง TCR น้อยมาก ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของ pC_{OX} ไม่มีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.10 ข) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก p_m เป็น 0.005, 0.01 และ 0.05 เมื่อค่า p_m เป็น 0.05 ได้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น –1,831.428 เนื่องจากความเป็นไปได้ของคำตอบคำตอบที่ได้จากมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ทำให้มีโอกาสพบคำตอบมากขึ้น หรือการเปลี่ยนแปลงของ p_m ทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีระดับนัยสำคัญ

รูปที่ 7.10 ค) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก pop เป็น 5, 10 และ15 ค่าเฉลี่ยของ TCR มีค่าลดลงเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นจาก 5 เป็น 10 และทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น –1,829.912 แต่เมื่อเพิ่มจำนวนประชากรจาก 10 เป็น 15 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าสูงขึ้นขึ้นเล็กน้อย และการเปลี่ยนแปลงของ pop ทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีระดับนัยสำคัญ

รูปที่ 7.10 ง) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{OX} และ p_m จะเห็นได้ว่าค่า p_m มีค่าเป็น 0.05 ผลทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อย เนื่องจากอิทธิพลของปัจจัย p_m เมื่อ p_m มีค่าเป็น 0.005 มีผลทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าเพิ่มมากขึ้น และการเปลี่ยนแปลงระหว่าง pC_{OX} และ p_m ส่งผลให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.10 จ) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{OX} และ *pop* จะเห็นได้ว่าค่า *pop* มีค่าเป็น 15 ผลทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อย เมื่อค่า *pop* มีค่าเป็น 5 ผลทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่ามาก แต่จากกราฟจะเห็นได้ว่า การแปรค่าระหว่าง pC_{OX} และ *pop* ไม่ได้ส่งผลให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีระดับนัยสำคัญ

รูปที่ 7.10 ฉ) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง *pop* และ p_m แปรค่า p_m จาก 0.005 ถึง 0.05 จะพบว่าค่า p_m ที่เป็น 0.05 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าต่ำ เมื่อ p_m มีค่าเป็น 0.005 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าสูง แต่จากกราฟจะเห็นได้ว่า การแปรค่าระหว่าง p_m และ *pop* ไม่ได้ส่งผลให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีระดับนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ CX

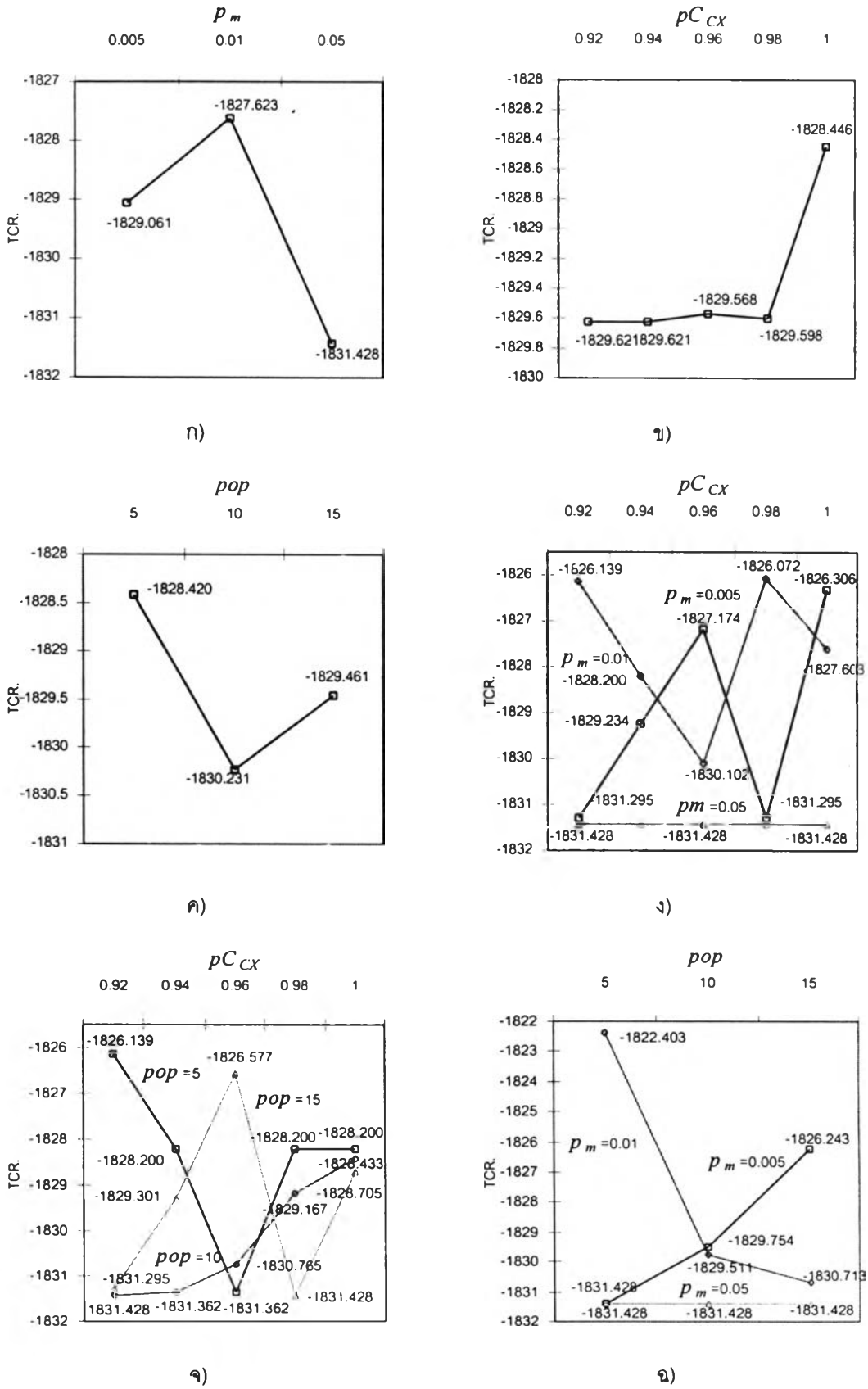
เมื่อพิจารณาผลจากปัจจัย มิวเตชั่น, ครอสโอเวอร์แบบ CX และ จำนวนประชากร ทางสถิติได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.28 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX

แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	221.534	2	110.767	5.190	.009
pC_{CX} (B)	19.281	4	4.82	.226	.923
pop (C)	49.579	2	24.79	1.161	.322
AB	174.180	8	21.773	1.020	.435
AC	205.770	8	25.721	1.205	.318
BC	501.308	4	125.327	5.872	.001
ABC	267.078	16	16.692	.782	.696
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	960.443	45	21.343		
รวม	2399.174	89			

จากตารางที่ 7.28 สรุปได้ว่าปัจจัยหลักของ การครอสโอเวอร์แบบ CX ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประชากรและการครอสโอเวอร์ มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ ค่า Sig ของ pC_{CX} และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{CX} *pop* เป็น .009 และ.001 ตามลำดับ ส่วนปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์อื่นๆ ไม่มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยต่อ TCR สามารถนำคำตอบมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 7.11 ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ CX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ

รูปที่ 7.11 ก) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก p_m เป็น 0.005 0.01 และ 0.05 เมื่อค่า p_m เป็น 0.005 ได้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าเป็น –1,829.061 เมื่อเพิ่ม p_m เป็น 0.01 ทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น –1,827.623 แต่ถ้าเพิ่ม p_m เป็น 0.05 ทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าลดลงเป็น –1,821.428 เนื่องจากความเป็นไปได้ของคำตอบคำตอบที่ได้จากมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ทำให้มีโอกาสพบคำตอบมากขึ้น และจะเห็นได้ว่า เมื่อแปรค่า p_m แล้วค่า TCR มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก (ประมาณ 4) ดังนั้นการแปรค่า จึงมีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.11 ข) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก pC_{CX} เป็น 0.92, 0.94, 0.96, 0.98 และ 1.00 เมื่อค่า pC_{CX} มีค่าเป็น 0.92 และ 0.94 ทำให้ได้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น –1,829.621 เมื่อ pC_{CX} เป็น 1.00 ทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็น –1,828.446 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อแปรค่า pC_{CX} แล้วค่า TCR เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (ไม่เกิน 1) ดังนั้นการแปรค่า pC_{CX} จึงไม่มีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.11 ค) แสดงถึงค่า TCR :เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก pop เป็น 5, 10 และ15 ค่าเฉลี่ยของ TCR มีค่าลดลงเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นจาก 5 เป็น 10 และทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าลดลงจาก –1,828.42 เป็น –1,832.231 แต่เมื่อเพิ่มจำนวนประชากรจาก 10 เป็น 15 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าสูงขึ้นเป็น –1,829.461 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อแปรค่า pop แล้วค่า TCR เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (ไม่เกิน 1) ดังนั้นการแปรค่า pop จึงไม่มีผลต่อ TCR อย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.11 ง) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{CX} และ p_m จะเห็นได้ว่าค่า p_m มีค่าเป็น 0.05 ผลทำให้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อย เนื่องจากอิทธิพลของปัจจัย p_m ทำให้คำตอบมีความแตกต่างกัน

รูปที่ 7.11 จ) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{CX} และ pop จะเห็นได้ว่าค่า pop มีค่าเป็น 10 และค่า pC_{CX} มีค่าเพิ่ม ทำให้ TCR เฉลี่ยมีเพิ่มขึ้น

รูปที่ 7.11 ฉ) แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pop และ p_m แปรค่า p_m จาก 0.005 ถึง 0.05 จะพบว่าค่า p_m ที่เป็น 0.05 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าต่ำ เมื่อ p_m มีค่าเป็น 0.005 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยจะมีเพิ่มขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของ pop

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการครอสโอเวอร์แบบ PMX มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการครอสโอเวอร์แบบ OX และ CX แต่ค่า TCR เฉลี่ยของวิธีการครอสโอเวอร์ทั้งสามวิธีไม่แตกต่างกัน อย่างมีระดับนัยสำคัญ 5% สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อ TCR ของวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX คือ p_m ปัจจัยที่มีผลต่อ TCR ของวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX ได้แก่ p_m, pC_{OX}, pop ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง p_m.pC_{OX} และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง p_m.pC_{OX}.pop ปัจจัยที่มีผลต่อ TCR

ของวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX ได้แก่ pC_{CX}, *pop* และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{CX} และ *pop* ดังนั้นในการนำไปใช้งานควรกำหนดค่าปัจจัยเหล่านี้ให้เหมาะสม

การทดลองที่ 3: การจัดวางบล็อกแพลนของผังโรงงานเชิงคุณภาพ โดยพิจารณาถึงระยะทางระหว่างสถานี และให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (ปัญหาการจัดเรียงผังขนาด 20 แผนก)

เนื้อหาในการทดลองนี้ส่วนนี้เป็นการจัดวางผังโรงงานมีขนาดเล็ก (5*4 สถานี) จากปัญหาตัวอย่างของ Fransis ดังภาคผนวก ฉ และให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

วัตถุประสงค์

- เพื่อเปรียบเทียบคำตอบที่ได้ระหว่างการใช้การครอสโอเวอร์ PMX, OX และ CX ที่แตกต่างกันในการแก้ปัญหาของการจัดวางผังโรงงานโดยพิจารณาถึงข้อมูลเชิงคุณภาพ เกณฑ์ในการวัดผลคือคำตอบที่ได้และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบหรือความเร็วในการพบคำตอบ
- ศึกษาถึงผลจากปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ของโอเปอร์เรเตอร์ต่างๆของ GAs ที่มีต่อคำตอบและความเร็วในการพบคำตอบ

การศึกษาเบื้องต้น

การดำเนินการทดลองเบื้องต้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ขึ้นก่อนแล้วทำการแปรค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์อื่นๆคงที่ เหมือนกับวิธีการดังบทที่ 6 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของจำนวนประชากร (*pop*) โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เพื่อหาจำนวน *pop* ที่เหมาะสม

เปลี่ยนแปลงจำนวน *pop* ให้มีค่าเปลี่ยนแปลงเป็น 10, 30, 50, 70, 100 และ 130 โดยที่ค่าพารามิเตอร์ของ *gen* คงที่เป็น 5,000 ค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8 (Suresh และคณะ 1995) ค่าพารามิเตอร์ของ p_m คงที่เป็น 0.1 (Goldberg, 1989)

ตารางที่ 7.29 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนประชากร

pop	*gen*	pC_{PMX}	p_m	TCR	STD	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
10	5,000	0.8	0.1	-2737.97	1005.27	[14 15 7 4 9 12 11 2 16 8 19 13 6 10 17 18 0 3 5 1]	346	44.922	649.16
30	5,000	0.8	0.1	-2703.78	778.2883	[4 7 12 14 16 9 15 17 8 11 2 19 10 13 18 6 1 5 3 0]	2940	1124.909	1913.11
50	5,000	0.8	0.1	-2723.42	736.8159	[0 3 5 1 6 10 19 13 18 8 16 2 17 15 9 11 14 12 7 4]	2606	1658.198	3,181.50
70	5,000	0.8	0.1	-2769.7	696.6362	[0 3 5 1 6 8 10 19 18 16 17 13 15 9 11 2 14 12 7 4]	4774	4249.652	4,450.83
100	5,000	0.8	0.1	-2712.59	598.5001	[0 6 10 1 3 5 8 19 18 11 16 9 17 2 13 12 14 15 4 7]	4,534	5190.777	5,724.28
130	5,000	0.8	0.1	-2609.64	619.5751	[0 6 18 1 3 5 13 10 19 2 8 11 15 17 16 4 14 9 12 7]	4852	6811.276	7019.04

จากการทดลองตารางที่ 7.29 จะเห็นได้ว่า GAs สามารถหาคำตอบได้น้อยที่สุดคือมี TCR เป็น –2,769.7 ที่ *pop* มีค่าเป็น 70 ทำให้พบคำตอบที่เจอเนอเรชั่น 4,774 โดยใช้เวลา 4,249.652 วินาที ดังนั้นจึงเลือก *pop* เป็น 70 สตริง เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 แปรค่าพารามิเตอร์ของจำนวนเจนเนอเรชั่น (*gen*) โดยที่พารามิเตอร์อื่นคงที่ดังข้อ1 และ *pop* คงที่ตามขั้นตอนที่ 1

ทดลองเลือก *pop* เป็น 10 ทำการเปลี่ยนแปลง *gen* ให้มีค่าเป็นปืน 20,000, 30,000, 40,000 และ 60,000 ดังการทดลองตารางที่ 7.30 จะเห็นได้ว่า คำตอบที่ดีที่สุดยังคงเป็น –2,737.97 ซึ่งยังมากกว่าเมื่อค่าพารามิเตอร์ของ *gen* เป็น 70 คือ –2,769.7 ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงเลือก *pop* เป็น 70

ตารางที่ 7.30 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนเจนเนอเรชั่นเมื่อ *pop* เป็น 10

gen	*pop*	pC_{PMX}	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
20,000	10	0.8	0.1	-2737.97	1006.788	[14 15 7 4 9 12 11 2 16 8 19 13 6 10 17 18 0 3 5 1]	1856	120.465	1298.11
30,000	10	0.8	0.1	-2737.97	891.2092	[14 15 7 4 9 12 11 2 16 8 19 13 6 10 17 18 0 3 5 1]	1856	160.572	2595.45
40,000	10	0.8	0.1	-2737.97	961.3535	[14 15 7 4 9 12 11 2 16 8 19 13 6 10 17 18 0 3 5 1]	1856	240.837	5190.45
60,000	10	0.8	0.1	-2737.97	946.8922	[14 15 7 4 9 12 11 2 16 8 19 13 6 10 17 18 0 3 5 1]	1856	240.779	7783.82

ทำการเปลี่ยนแปลงจำนวน *gen* มีค่าเปลี่ยนแปลง เป็น 10,000, 20,000, 40,000 และ 60,000 โดยที่ ค่าพารามิเตอร์ของ *pop* เป็น 70, ค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8, ค่าพารามิเตอร์ของ p_m คงที่เป็น 0.1

ตารางที่ 7.31 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนเจนเนอเรชั่นเมื่อ *pop* เป็น 70

gen	*pop*	pC_{PMX}	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
10,000	70	0.8	0.1	-2770.67	698.4389	[0 3 5 1 6 8 10 19 18 16 15 13 17 9 11 2 14 12 7 4]	7824	6997.926	8944.18
20,000	70	0.8	0.1	-2770.67	729.9255	[0 3 5 1 6 8 10 19 18 16 15 13 17 9 11 2 14 12 7 4]	7824	6965.093	17804.43
40,000	70	0.8	0.1	-2770.67	626.4769	[0 3 5 1 6 8 10 19 18 16 15 13 17 9 11 2 14 12 7 4]	7824	6968.412	35625.83
60,000	70	0.8	0.1	-2770.67	686.7004	[0 3 5 1 6 8 10 19 18 16 15 13 17 9 11 2 14 12 7 4]	7824	6995.646	53647.59

จากการทดลองตารางที่ 7.31 จะเห็นได้ว่า GAs สามารถหาคำตอบที่น้อยที่สุดได้ที่ *gen* เป็น 7,824 และเมื่อเพิ่มจำนวน *gen* ก็ไม่สามารถที่จะหา TCR ได้น้อยกว่า –2,770.67 ดังนั้นจึงเลือก *gen* ที่ใช้ในการทดลองต่อไปเป็น 10,000 (1.3 เท่าของ *gen* ที่พบคำตอบเนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาเนื่องจากจำนวนประชากรมากดังนั้นเวลาในการคำนวณจะมากขึ้น)

ขั้นตอนที่ 3 แปรค่าพารามิเตอร์ของการมิวเตชั่น (p_m) โดยจำนวนประชากรเป็นไปตามขั้นตอนที่ 1 และ จำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 2 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เพื่อหาค่า p_m ที่เหมาะสม

จากการทดลองตารางที่ 7.32 เปลี่ยนแปร p_m ให้มีค่าเป็น 0.001, 0.01, 0.1,...., 1 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ *pop* เป็น 10, *gen* เป็น 10,000, ค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8 เลือก p_m ที่ใช้ในการทดลองต่อไปเป็น 0.1 เนื่องจากสามารถพบคำตอบได้เร็วที่สุดที่ *gen* ที่ 7,824 โดยใช้เวลา 6,996.377 วินาที

ตารางที่ 7.32 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

p_m	pop	gen	pC_{PMX}	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.001	10	10,000	0.8	-2743.71	733.0057	[1 5 3 0 18 13 10 6 9 16 8 19 12 11 2 17 7 4 15 14]	5,617	5025.979	8947.8
0.01	10	10,000	0.8	-2730.33	770.7562	[1 17 3 0 13 5 10 6 11 2 8 19 12 9 16 18 7 4 15 14]	8,326	7446.416	8943.57
0.1	10	10,000	0.8	-2770.67	698.4389	[0 3 5 1 6 8 10 19 18 16 15 13 17 9 11 2 14 12 7 4]	7824	6996.377	8942.2
0.2	10	10,000	0.8	-2736.18	689.9227	[1 5 3 0 18 19 10 6 13 17 8 16 2 11 15 9 4 7 12 14]	7460	6643.913	8906.05
0.3	10	10,000	0.8	-2594.48	616.2528	[14 7 9 2 4 12 16 11 15 13 8 17 18 5 10 6 19 1 3 0]	6550	5835.159	8908.64
0.4	10	10,000	0.8	-2602.62	681.2818	[13 1 3 0 17 10 8 6 11 5 16 2 4 15 9 18 14 7 12 19]	9,250	8247.911	8916.66
0.5	10	10,000	0.8	-2647.12	704.3082	[14 7 9 16 4 12 11 8 2 15 13 10 17 5 3 6 19 18 1 0]	9,989	8907.231	8917.04
0.6	10	10,000	0.8	-2603.67	631.9986	[14 19 16 4 15 8 9 7 18 10 12 11 6 17 2 13 0 3 5 1]	7,870	7019.961	8919.9
0.7	10	10,000	0.8	-2725.72	635.0086	[0 3 5 1 6 10 19 13 17 8 15 2 16 9 11 18 14 12 7 4]	4,940	4410.121	8927.37
0.8	10	10,000	0.8	-2663.04	693.374	[14 7 15 18 4 12 11 19 9 2 13 17 16 5 3 6 8 10 1 0]	9,742	8697.151	8927.48
0.9	10	10,000	0.8	-2687.9	608.6734	[17 19 1 0 18 5 3 6 15 2 10 8 4 11 13 16 14 7 12 9]	6,993	6246.408	8932.37
1	10	1,000	0.8	-2571.95	601.143	[17 2 4 14 13 18 15 7 19 3 5 12 6 10 8 9 0 1 11 16]	8,248	73887.302	8933.96

ขั้นตอนที่ 4 แปรค่าพารามิเตอร์ของการครอสโอเวอร์ (pC_{PMX}, pC_{OX}, pC_{CX}) โดยจำนวนประชากรเป็นไปตามขั้นตอนที่ 1 และ จำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 2 และมิวเตชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 3 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของการครอสโอเวอร์ที่มีค่าเหมาะสม

ตารางที่ 7.33 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการกำหนดความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เป็นศูนย์

pC	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0	10	10,000	0.1	-2770.67	619.1648	[0 3 5 1 6 8 10 19 17 16 15 13 18 9 11 2 14 12 7 4]	4758	3181.161	6685.92

จากตารางที่ 7.33 จะเห็นได้ว่าถ้าให้ความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์เป็น 0 หรือไม่เกิดการครอสโอเวอร์ขึ้นเลย ได้ TCR เป็น –2,770.67ที่เจนเนอเรชั่นที่ 4,758

เนื่องจากการการครอสโอเวอร์ที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน มีการครอสโอเวอร์อยู่ 3 วิธี ดังนั้น การศึกษาเบื้องต้นจึงแยกการทดลองออกจากกัน ได้แก่

- เปลี่ยนค่า pC_{PMX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา
- เปลี่ยนค่า pC_{OX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา
- เปลี่ยนค่า pC_{CX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา

ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 7.34 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ PMX

pC_{PMX}	*pop*	*gen*	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	10,000	0.1	-2665.62	821.3174	[19 10 1 0 13 8 6 3 2 15 16 5 4 11 9 17 14 7 12 18]	2032	1804.097	8878.43
0.2	10	10,000	0.1	-2659.8	707.1125	[19 1 3 0 13 5 10 6 2 15 8 18 4 11 9 16 14 7 12 17]	2297	2040.221	8882.11
0.3	10	10,000	0.1	-2676.68	628.1408	[17 13 1 0 2 10 6 3 15 8 16 5 4 11 9 18 14 7 12 19]	2929	2602.408	8884.97
0.4	10	10,000	0.1	-2702.83	697.6118	[19 18 1 0 13 5 3 6 2 15 10 8 4 11 9 16 14 7 12 17]	7443	6615.696	8888.48
0.5	10	10,000	0.1	-2743.71	597.7063	[1 5 3 0 19 13 10 6 9 16 8 17 12 11 2 18 7 4 15 14]	5,055	4496.266	8894.69
0.6	10	10,000	0.1	-2733.72	828.3476	[1 18 6 0 13 10 5 3 16 8 2 17 9 12 11 19 4 7 15 14]	1646	1464.545	8897.6
0.7	10	10,000	0.1	-2743.71	685.6399	[7 4 15 14 12 11 2 18 9 16 8 19 17 13 10 6 1 5 3 0]	9959	8861.777	8898.26
0.8	10	10,000	0.1	-2770.67	698.4389	[0 3 5 1 6 8 10 19 18 16 15 13 17 9 11 2 14 12 7 4]	7824	6966.983	8904.63
0.9	10	10,000	0.1	-2750.14	665.1244	[0 3 5 1 6 19 10 8 18 2 13 16 17 11 12 9 14 15 7 4]	6203	5528.176	8912.1
1	10	10,000	0.1	-2674.14	626.4273	[0 19 18 1 6 3 5 17 15 8 10 2 16 9 11 13 14 12 7 4]	9687	8632.560	8911.49

จากตารางที่ 7.34 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{PMX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{PMX} เป็น 0.8 ทำให้พบคำตอบเร็วที่สุดในเจนเนอเรชั่นที่ 7,824 หรือ 6,966.983 วินาที โดยที่ TCR คือ –2,770.67 เลือกค่า pC_{PMX} เป็น 0.8 เพื่อทำการทดลองต่อไป

จากตารางที่ 7.35 ทำการเปลี่ยนค่า pC_{OX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{OX} เป็น 0.8 ทำให้พบคำตอบเร็วที่สุดในเจนเนอเรชั่นในเจนเนอเรชั่นที่ 9,577 ได้คำตอบเป็น –2,730.98 โดยใช้เวลา 8,559.156 วินาที เลือกค่า pC_{OX} มีเพื่อทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 7.35 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ OX

pC_{OX}	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	pop ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	10,000	0.1	-2702.83	624.2657	[18 17 1 0 13 5 3 6 2 15 10 8 4 11 9 16 14 7 12 19]	1241	1103.987	8895.95
0.2	10	10,000	0.1	-2705.26	634.987	[18 19 1 0 17 5 3 6 2 13 10 8 4 15 11 16 14 7 12 9]	1,201	1068.832	8899.52
0.3	10	10,000	0.1	-2666.79	693.9673	[19 5 1 0 8 10 3 6 16 9 2 13 4 12 11 17 14 7 15 18]	4190	3732.972	8909.24
0.4	10	10,000	0.1	-2676.68	729.9535	[17 13 1 0 2 10 6 3 15 8 16 5 4 11 9 18 14 7 12 19]	1632	1454.822	8914.35
0.5	10	10,000	0.1	-2724.28	750.1968	[1 5 3 0 13 8 10 6 2 16 19 17 11 9 12 18 4 7 15 14]	6913	6166.596	8920.29
0.6	10	10,000	0.1	-2678.54	628.3845	[16 8 1 0 9 10 6 3 12 11 13 5 7 15 2 18 14 4 19 17]	7,189	6415.715	8924.35
0.7	10	10,000	0.1	-2580.39	647.7601	[9 16 1 0 12 8 3 6 11 10 5 17 7 15 13 19 14 4 2 18]	3492	3119.260	8932.59
0.8	10	10,000	0.1	-2730.98	693.6974	[1 5 3 0 13 19 10 6 17 15 8 16 2 11 9 18 4 7 12 14]	9,577	8559.156	8937.2
0.9	10	10,000	0.1	-2688.81	707.9184	[14 11 7 4 17 15 2 12 18 19 16 9 6 8 10 13 0 3 5 1]	9939	8883.717	8938.24
1	10	10,000	0.1	-2571.52	667.5739	[14 4 15 2 7 12 11 17 9 16 8 10 19 18 3 6 13 5 1 0]	8,938	7996.712	8946.87

ตารางที่ 7.36 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ CX

pC_{CX}	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	10,000	0.1	-2659.82	754.7557	[17 1 6 0 13 5 3 10 2 15 16 8 4 11 9 18 14 7 12 19]	1504	1375.637	9146.52
0.2	10	10,000	0.1	-2619.96	667.1523	[18 5 1 0 17 10 3 6 13 8 16 19 15 2 11 9 14 4 7 12]	1,939	1721.582	8878.71
0.3	10	10,000	0.1	-2635.45	719.8984	[17 8 1 0 13 16 10 6 2 9 5 3 4 12 11 18 14 7 15 19]	962	854.929	8887
0.4	10	10,000	0.1	-2648.37	812.6447	[18 1 3 0 17 5 10 6 13 2 11 8 4 15 9 16 14 7 12 19]	709	630.404	8891.45
0.5	10	10,000	0.1	-2705.26	746.5109	[17 18 1 0 19 5 3 6 2 13 10 8 4 15 11 16 14 7 12 9]	4339	3861.649	8899.86
0.6	10	10,000	0.1	-2659.8	672.0085	[19 1 3 0 13 5 10 6 2 15 8 17 4 11 9 16 14 7 12 18]	2,053	1828.121	8904.63
0.7	10	10,000	0.1	-2659.82	611.4923	[19 1 6 0 13 5 3 10 2 15 16 8 4 11 9 18 14 7 12 17]	1683	1499.398	8909.08
0.8	10	10,000	0.1	-2678.64	657.139	[18 5 1 0 13 10 3 6 2 8 16 11 4 15 9 17 14 7 12 19]	790	704.138	8913.14
0.9	10	10,000	0.1	-2659.82	641.3082	[17 1 6 0 13 5 3 10 2 15 16 8 4 11 9 18 14 7 12 19]	2533	2269.206	8958.57
1	10	10,000	0.1	-2767.84	727.5815	[0 3 5 1 6 8 10 13 18 16 15 17 19 9 11 2 14 12 7 4]	9,210	8244.157	8951.31

จากการทดลองตารางที่ 7.36 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{CX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 ตามลำดับ โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{CX} เป็น 1 ทำให้พบคำตอบเร็วที่สุดเป็น –2,767.84 ในเจนเนอเรชั่นที่ 9,210 โดยใช้เวลา 8,951.31 วินาที เลือก pC_{CX} เป็น 1 เพื่อทำการทดลองต่อไป

จากการทำการศึกษาเบื้องต้นได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังต่อไปนี้

pop	=	70
gen	=	10,000
p_m	=	0.1
pC_{PMX}	=	0.8
pC_{OX}	=	0.8
pC_{CX}	=	1.0
โดยมีขอบเขตในการค้นหา	=	20!(2.4329E+18) วิธี
อัตราส่วนในการค้นหา	=	(10*10,000)/20!
	=	4.11E-14

การออกแบบการทดลอง

เนื่องจากวิธีการจัดผังโรงงานโดยใช้ GAs จะทำให้ได้ TCR และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองแปรค่าพารามิเตอร์ 2 ตัวที่ส่งผลต่อค่า TCR ดังสมการที่7.1 ได้แก่

- p_m
- pC

โดยในการแปรค่าพารามิเตอร์นั้นจะแปรค่าให้อยู่ในขอบเขตที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น (เช่น ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นเป็น 10 นำมาเปลี่ยนแปลงให้มีค่าเป็น (5, 10 และ 15)

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ PMX, OX และ CX ซึ่งวิธีการหาคำตอบของแต่ละวิธีสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ PMX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก การศึกษาเบื้องต้น คือ pop เป็น 70, gen คงที่เป็น 10,000, p_m เป็น 0.1 และ pC_{PMX} เป็น 0.8 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ

PMX .ในการทดลองประกอบด้วยปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ปัจจัยที่แรกคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.05, 0.1และ0.15 ปัจจัยของ pC_{PMX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.73, 0.77, 0.8, 0.83 และ 0.86 เพื่อการวิเคราะห์ในรูปแบบของ ANOVA แบบสองทาง และทำการเก็บข้อมูลจำนวนสองชุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 5*3*2 การทดลอง ผลของการทดลองแสดงดังตารางที่ 7.37

ตารางที่ 7.37 TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 5*4 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX

	pC_{PMX}									
p_m	0.73		0.77		0.8		0.83		0.86	
0.05	-2676.68	-2625.66	-2737.97	-2631.56	-2657.97	-2595.08	-2663.07	-2770.67	-2743.71	-2655.11
0.1	2663.04	-2770.67	-2570.76	-2663.04	-2770.67	-2657.97	-2730.84	-2661.97	-2653.88	-2680.52
0.15	-2770.67	-2743.71	-2656.01	-2640.39	-2623.06	-2593.54	-2660.49	-2665.11	-2770.67	-2664.41

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ OX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก การศึกษาเบื้องต้น คือ *pop* เป็น 70, *gen* คงที่เป็น 10,000, p_m เป็น 0.1 และ pC_{OX} เป็น 0.8 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX ในการทดลองประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.005, 0.01 และ 0.05 และปัจจัย pC_{OX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.73, 0.77, 0.8, 0.83 และ 0.86 เพื่อการวิเคราะห์ในรูปแบบของ ANOVA แบบสองทาง และทำการเก็บข้อมูลจำนวนสองชุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 15*2 การทดลอง ผลของการทดลองแสดงดังตารางที่ 7.38

ตารางที่ 7.38 TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 5*4 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX

	pC_{OX}									
p_m	0.73		0.77		0.8		0.83		0.86	
0.05	-2622.22	-2598.15	-2702.83	-2770.67	-2743.71	-2680.52	-2659.01	-2702.83	-2743.71	-2723.43
0.1	-2705.26	-2737.97	-2770.67	-2705.26	-2733.8	-2770.67	-2733	-2769.7	-2730.84	-2770.67
0.15	-2654.28	-2737.97	-2734.66	-2743.66	-2729.87	-2664.96	-2623.52	-2766.56	-2603.76	-2756.67

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ CX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก การศึกษาเบื้องต้น คือ *pop* เป็น 70, *gen* คงที่เป็น 10,000, p_m เป็น 0.1 และ pC_{CX} เป็น 0.8 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX ในการทดลองประกอบด้วยปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3

ระดับคือ 0.005, 0.01และ0.05 และปัจจัย pC_{CX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.73, 0.77, 0.8, 0.83 และ 0.86 เพื่อการวิเคราะห์ในรูปแบบของ ANOVA แบบสองทาง และทำการเก็บข้อมูลจำนวนสองชุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 15*2 การทดลอง ผลของการทดลองแสดงดังตารางที่ 7.39

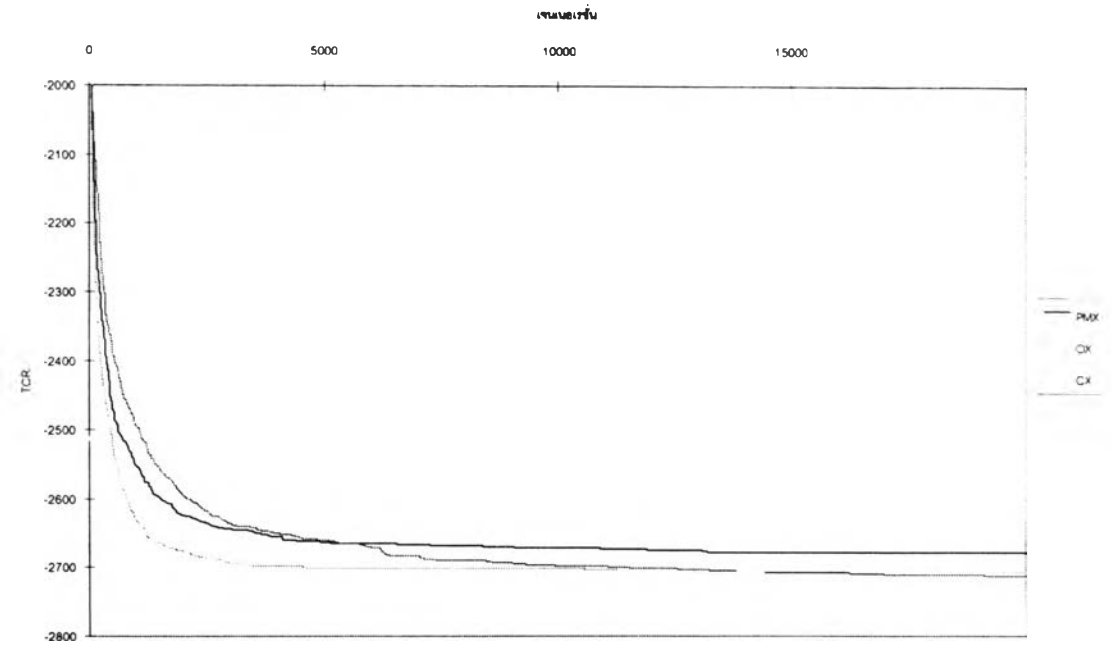
ตารางที่ 7.39 TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 5*4 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX

	pC_{CX}									
p_m	0.73		0.77		0.8		0.83		0.86	
0.05	-2745.35	-2660.54	-2630.83	-2726.36	-2705.26	-2737.97	-2705.26	-2730.5	-2743.71	-2735.15
0.1	-2745.35	-2634.59	-2755.02	-2733.25	-2678.64	-2705.26	-2659.71	-2624.35	-2653.88	-2644.75
0.15	-2659.8	-2739.89	-2702.83	-2735.15	-2733	-2729.87	-2770.67	-2726.36	-2748.05	-2745.35

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเปรียบเทียบการหาคำตอบของการครอสโอเวอร์ทั้งสามวิธี สามารถการเปรียบเทียบผลการครอสโอเวอร์ PMX, OX และ CX ตามรูปที่ 7.18 จะเห็นได้ว่าการลู่เข้าหาคำตอบของ PMX ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของคำตอบน้อยที่สุดเป็น –2,678.96 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 19,981 การลู่เข้าหาคำตอบของ OX ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของคำตอบเป็น –2,713.03 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 19,796 และลำดับสุดท้ายเป็นการลู่เข้าหาคำตอบของ CX ได้คำตอบที่น้อยที่สุดเป็น -2,708.22 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 19,281

CX มีการลู่เข้าหาคำตอบเร็วที่สุดแต่ไม่ได้ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่น้อยที่สุด PMX มีการลู่เข้าหาคำตอบช้ากว่า CX แต่คำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่มากที่สุด OX มีการลู่เข้าหาคำตอบช้าที่สุดและได้คำตอบที่น้อยที่สุดด้วย ดังนั้น OX น่าจะเป็นวิธีการครอสโอเวอร์ที่ดีที่สุดสำหรับปัญหานี้



รูปที่ 7.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคำตอบของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีในแต่ละเจนเนอเรชั่น

<u>การวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน คำนวณค่าสถิติสำหรับการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.40 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์วิธีการต่าง

แหล่งความแปรปรวน		ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
TCR	วิธีการ	20394.904	2	10197.452	3.888	0.024
	ความผิดพลาดแบบสุ่ม	228162.0	87	2622.552		
	รวม	248556.9	89			

จากการทดลองในตารางที่ 7.40 สามารถสรุปได้ว่า TCR เฉลี่ยของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีแตกต่างกัน ทำการทดสอบต่อด้วยวิธีการทดสอบพหุคูณ (Multiple Range Test) เพื่อสรุปว่าคู่ใดที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีการ LSD และ Duncan ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 7.41 และ 7.42

ตารางที่ 7.41 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ LSD

(i)	(j)	ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (i-j)	Std. Error	Sig	ช่วงความเชื่อมั่น 95%	
					ขอบเขตล่าง	ขอบเขตบน
PMX	OX	34.0638*	13.223	.012	7.7825	60.3451
	CX	29.2584*	13.223	.030	2.9771	55.5398
OX	PMX	-34.0638*	13.223	.012	-60.3451	-7.7825
	CX	-4.805	13.223	.717	-31.0867	21.4760
CX	PMX	-29.2584*	13.223	.030	-55.5396	-2.9771
	OX	4.8054	13.223	.717	-21.4760	31.0867

*ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากผลการทดลองจากตารางที่ 7.41 จะเห็นสามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างออกได้เป็น 2 กลุ่ม

PMX	OX	CX
-2678.96	-2713.03	-2708.22

รูปที่ 7.13 ผลจากการแบ่งกลุ่มด้วยวิธี LSD

ตารางที่ 7.42 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ DUNCAN

วิธีการครอสโอเวอร์	TCR เฉลี่ย
PMX(a)	-2,678.96
OX(b)	-2,713.03
CX(b)	-2,708.22

จากรูปที่ 7.13 จะเห็นได้ว่าสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกคือ PMX และกลุ่มที่สองคือ OX และ CX และ จากตารางที่ 7.42 จะเห็นได้ว่า ด้วยวิธีการของ DUNCAN ด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถแบ่งกลุ่มที่มีความแตกต่างกันได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม a และ กลุ่ม b กลุ่ม a ได้แก่การครอสโอเวอร์แบบ PMX และกลุ่ม b ได้แก่การครอสโอเวอร์แบบ OX และ CX และสามารถสรุปได้ว่า วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX และ CX ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ PMX

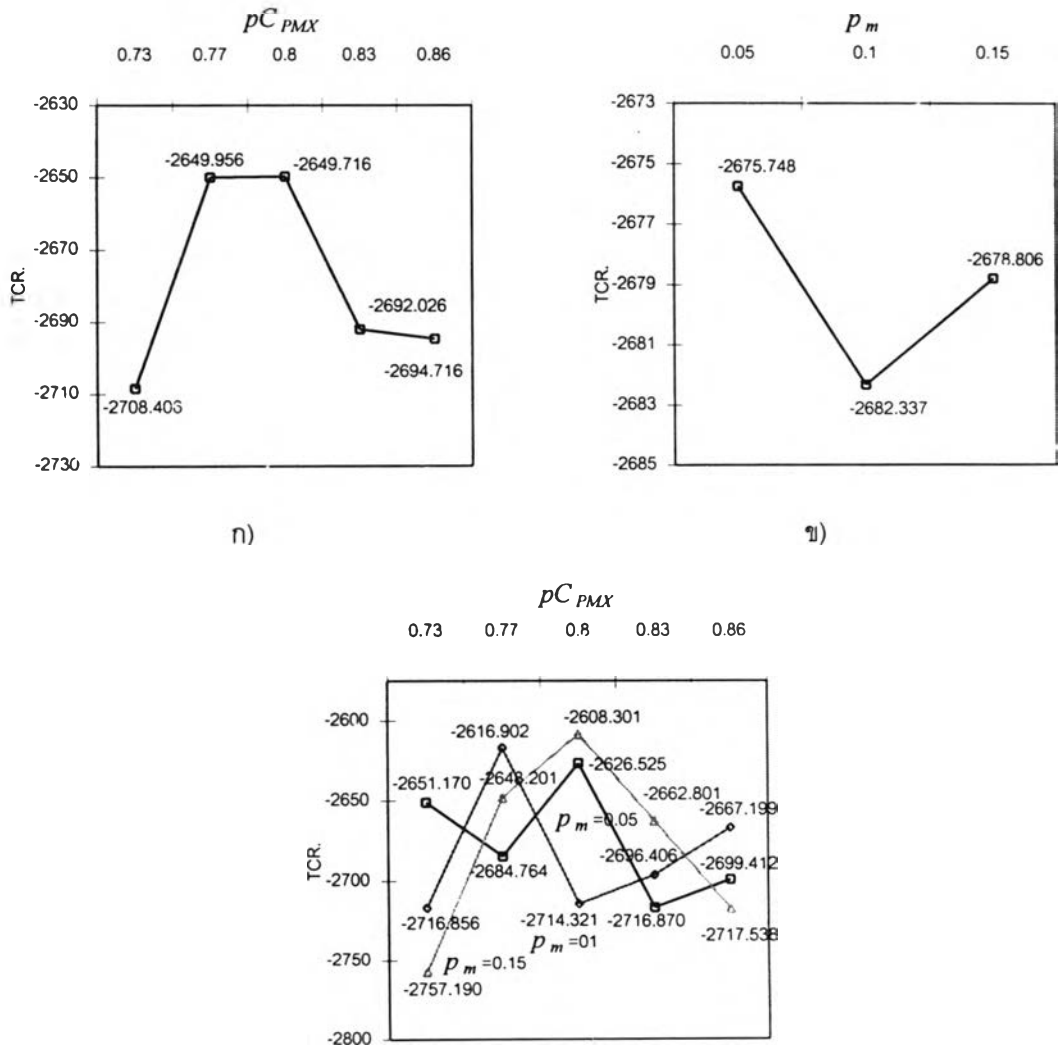
จากการทดลองที่ผ่านมา ประกอบด้วยปัจจัย 3 อย่างคือ มิวเตชั่น, และ ครอสโอเวอร์แบบ PMX นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.43 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX

แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	217.433	2	108.716	.037	.964
pC_{PMX} (B)	17894.852	4	4473.713	1.513	.248
AB	34286.458	8	4285.807	1.449	.255
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	44359.076	15	2957.272		
รวม	96757.818	29			

จากตารางที่ 7.43 สรุปได้ว่าไม่มีปัจจัยหลักหรือปฏิสัมพันธ์ใด มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยสามารถนำคำตอบมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 7.14 แสดงถึงค่า TCR เฉลี่ยของการครอสโอเวอร์แบบ PMX

จากรูปที่ 7.14 ก) เห็นได้ว่าที่ ค่า pC_{PMX} เป็น 0.73 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุด แต่ถ้าค่า pC_{PMX} มีค่าเพิ่มมากขึ้นก็ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่ามากขึ้น และเมื่อ ค่า pC_{PMX} เป็น 0.83 ก็ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าลดลง จากกราฟแสดงให้เห็นว่า pC_{PMX} เปลี่ยนไป ค่าของ TCR จากรูปแสดงให้เห็นว่า เมื่อแปรค่า pC_{PMX} ทำให้ TCR ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก (ประมาณ 50) จึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนค่า pC_{PMX} ไม่มีผลทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากรูปที่ 7.14 ข) เมื่อ p_m มีค่าเป็น 0.05 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าเป็น –2,675.748 และเมื่อเพิ่ม p_m มีค่าเป็น 0.01 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าลดลงเป็น –2,682.337 แต่ถ้าเพิ่ม p_m มีค่าเป็น 0.15 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น –2,678.806 จากรูปแสดงให้เห็นว่า เมื่อแปรค่า p_m ทำให้ TCR ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก (ประมาณ 17) จึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนค่า p_m ไม่มีผลทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากรูปที่ 7.14 ค) จะเห็นได้ว่าข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ถ้าพิจารณาตารางที่ 7.58 จะเห็นได้ว่าผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{PMX} และ p_m ไม่ได้ทำให้ TCR เฉลี่ยแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากรูปแสดงให้เห็นว่า เมื่อแปรค่า pC_{PMX} ที่ p_m ใดๆทำให้ TCR ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันมากนัก จึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนค่า pC_{PMX} และ p_m ไม่มีผลทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ OX

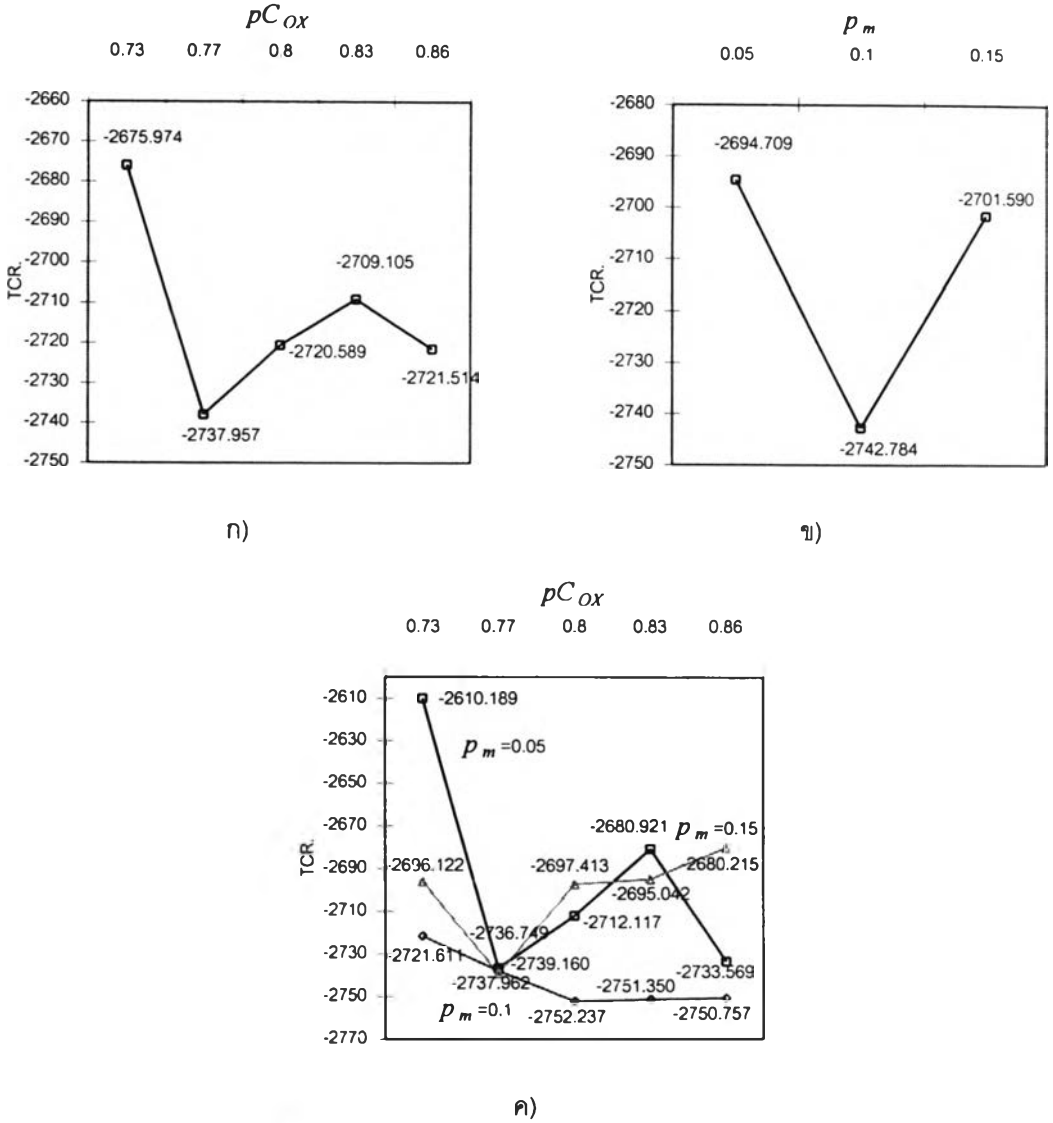
จากการทดลองที่ผ่านมา ประกอบด้วยปัจจัย 3 อย่างคือ มิวเตชั่น, และ ครอสโอเวอร์แบบ OX นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.44 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX

แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	13518.083	2	6759.042	2.658	.103
pC_{OX} (B)	12833.965	4	3208.491	1.262	.328
AB	14307.158	8	1788.395	.703	.703
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	38143.087	15	2542.872		
รวม	78802.292	29			

จากตารางที่ 7.44 สรุปได้ว่าไม่มีปัจจัยหลักหรือปฏิสัมพันธ์ใด มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยสามารถนำค่าตอบมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 7.15 ค่า TCR เฉลี่ยของการครอสโอเวอร์แบบ OX

จากรูปที่ 7.15 ก) เห็นได้ว่าที่ ค่า pC_{OX} เป็น 0.33 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าเป็น –2,675.974 เมื่อเพิ่ม pC_{OX} เป็น 0.77 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น –2,737.957 แต่ถ้าเพิ่มค่า pC_{OX} ให้มีค่ามากขึ้นก็ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่ามากขึ้น จากรูปแสดงให้เห็นว่า เมื่อแปรค่า pC_{OX} ทำให้ TCR ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก (ประมาณ 61) จึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนค่า pC_{OX} ไม่มีผลทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากรูปที่ 7.15 ข) เมื่อ p_m มีค่าเป็น 0.05 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าเป็น –2,694.709 และเมื่อเพิ่ม p_m มีค่าเป็น 0.01 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีน้อยที่สุดเป็น –2,742.784 แต่ถ้าเพิ่ม p_m มีค่าเป็น 0.15 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น –2,701.59 จากรูปแสดงให้เห็นว่า เมื่อแปรค่า p_m ทำให้ TCR ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก (ประมาณ 50) จึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนค่า p_m ไม่มีผลทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากรูปที่ 7.15 ค) เมื่อ p_m เป็น 0.05 และ pC_{OX} เป็น 0.73 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าสูงเป็น –2,610.189 แต่ถ้า p_m เป็น 0.1 และ pC_{OX} เป็น 0.8 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าต่ำสุดเป็น –2,675.974 และเมื่อแปรค่า p_m ทำให้ TCR ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก จึงสามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนค่า p_m ที่ pC_{OX} ไม่มีผลทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

<u>การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ CX</u>

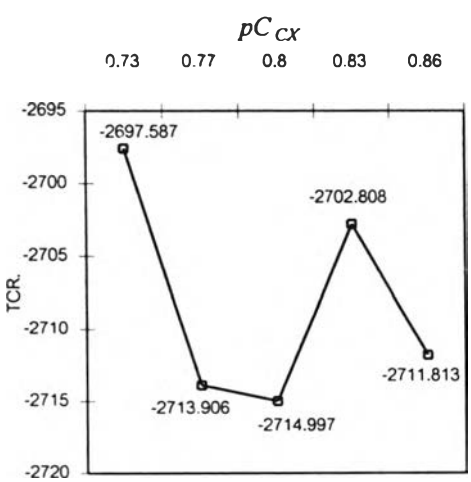
จากการทดลองที่ผ่านมา ประกอบด้วยปัจจัย 3 อย่างคือ มิวเตชั่น, และ ครอสโอเวอร์แบบ OX นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.45 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX

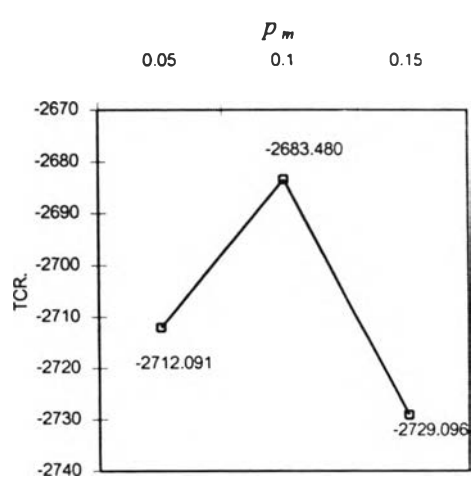
แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	10628.974	2	5314.487	3.767	.047
pC_{CX} (B)	1401.076	4	350.269	.248	.906
AB	19410.554	8	2426.319	1.720	.174
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	21161.276	15	1410.752		
รวม	52601.879	29			

จากตารางที่ 7.45 สรุปได้ว่าปัจจัยหลัก p_m มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

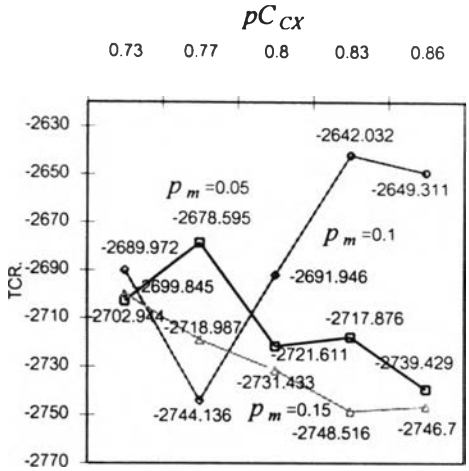
ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยสามารถนำคำตอบมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้



ก)



ข)



ค)

รูปที่ 7.16 ค่า TCR เฉลี่ยของการครอสโอเวอร์แบบ CX

จากรูปที่ 7.16 ก) แสดงให้เห็น TCR เฉลี่ยเมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก pC_{CX} เป็น 0.73, 0.77, 0.8, 0.83 และ 0.86 จากกราฟแสดงให้เห็นว่า เมื่อ pC_{CX} เปลี่ยนไป ค่าของ TCR มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก จึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของ pC_{CX} มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง TCR เมื่อแปรค่า p_m ทำให้ TCR ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก จึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนค่า p_m ไม่มีผลทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากรูปที่ 7.16 ข) เมื่อ p_m มีค่าเป็น 0.05 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าเป็น –2,712.091 และเมื่อเพิ่ม p_m มีค่าเป็น 0.01 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยเป็น –2,683.48 แต่ถ้าเพิ่ม p_m มีค่าเป็น 0.15 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น –2,729.096 เมื่อแปรค่า p_m ทำให้ TCR ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก (ประมาณ 50) จึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนค่า p_m ไม่มีผลทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากรูปที่ 7.16 ค) เมื่อ p_m เป็น 0.05 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าลดลงเมื่อ pC_{CX} มีค่าเพิ่มมากขึ้น และได้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น –2,739.429 เมื่อ p_m เป็น 0.1 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อ pC_{CX} ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น –2,748.516 เมื่อ p_m เป็น 0.15 ทำให้ได้ TCR เฉลี่ยมีค่าสูงขึ้นอีกโดยมีค่า TCR เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น –2,744.136 เมื่อแปรค่า p_m ทำให้ TCR ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก จึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนค่า p_m ไม่มีผลทำให้ TCR เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการครอสโอเวอร์แบบ OX และ CX มีประสิทธิภาพดีเมื่อเทียบกับการครอสโอเวอร์แบบ PMX จะเห็นได้ว่าการลู่เข้าหาคำตอบของ CX เป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่ก็ทำให้คำตอบติดอยู่ใน Local Optima ได้ง่ายกว่า OX ซึ่งลู่เข้าหาคำตอบอย่างช้าๆและคำ

ตอบที่ได้ไม่ติดอยู่ใน Local Optima และ TCR ของแต่ละเจนเนอเรชั่นของแต่ละวิธีการมีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.05% ปัจจัยที่มีผลต่อ TCR ของวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX คือ p_m

การทดลองที่ 4: การจัดวางผังโรงงานเชิงคุณภาพ โดยพิจารณาถึงความใกล้ชิดระหว่างสถานีและให้ระดับคะแนนแบบเชิงเส้น

เนื้อหาในการทดลองนี้ส่วนนี้เป็นการจัดวางผังโรงงานมีขนาดเล็ก (2*5 สถานี) จากปัญหาตัวอย่างในการทดลองที่ 1 แตกต่างกันในการพิจารณาถึงความใกล้ชิดระหว่างแผนกต่างๆให้ระดับคะแนนแบบเชิงเส้น

วัตถุประสงค์

- เพื่อเปรียบเทียบคำตอบระหว่าง PMX, OX และ CX ที่แตกต่างกันในการแก้ปัญหาของการจัดวางผังโรงงานโดยพิจารณาถึงข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยพิจารณาถึงคำตอบและความเร็วในการพบคำตอบ
- ศึกษาถึงผลจากปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ของโอเปอร์เรเตอร์ต่างๆของ GAs ที่มีต่อคำตอบและความเร็วในการพบคำตอบ

การศึกษาเบื้องต้น

การทดลองของ GAs เริ่มจากการทำ การศึกษาเบื้องต้น เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมอย่างคร่าวๆ ดังเช่นการทดลองที่ผ่านมาโดยเริ่มจากการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของ *pop*

ขั้นตอนที่ 1 เปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของจำนวนประชากร (*pop*) โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เพื่อหาจำนวน *pop* ที่เหมาะสม

ทำการเปลี่ยนแปลงจำนวน *pop* ให้มีค่าเปลี่ยนแปลงเป็น 10, 30, 50, 70, 100 และ 110 โดยที่ ค่าพารามิเตอร์ของ *gen* คงที่เป็น 5,000, ค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8 (Suresh และคณะ 1995) ค่าพารามิเตอร์ของ p_m คงที่เป็น 0.1 (Goldberg, 1989)

จากการทดลองตารางที่ 7.46 จะเห็นได้ว่า GAs สามารถหาคำตอบได้มากที่สุดคือมี TCR เป็น 41 ที่ *pop* มีค่าเป็น 10 ทำให้พบคำตอบที่เจอเนอเรชั่น 81 โดยใช้เวลา 0.981 วินาที จึงเลือก *pop* เท่ากับ 10 เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 7.46 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนประชากร

pop	*gen*	pC_{PMX}	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
10	5,000	0.8	0.1	41	7.226494	[6147925380]	81	0.981	60.58
30	5,000	0.8	0.1	41	6.574419	[0746598312]	205	6.227	151.87
50	5,000	0.8	0.1	41	5.369034	[9831207465]	49	2.395	244.42
70	5,000	0.8	0.1	41	5.798479	[5648021379]	139	9.419	338.83
90	5,000	0.8	0.1	41	5.135967	[0743598162]	12	1.040	433.31
110	5,000	0.8	0.1	41	4.471987	[5648021379]	28	2.965	529.43

ขั้นตอนที่ 2 แปรค่าพารามิเตอร์ของจำนวนเจนเนอเรชั่น (*gen*) โดยที่พารามิเตอร์อื่นคงที่ดังขั้นตอนที่ผ่านมา และ *pop* คงที่ตามขั้นตอนที่ 1

ตารางที่ 7.47 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนเจนเนอเรชั่น

gen	*pop*	pC_{PMX}	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
500	10	0.8	0.1	41	6.398785	[6147925380]	81	1.024	6.32
1,000	10	0.8	0.1	41	5.275731	[6147925380]	81	1.001	12.36
3,000	10	0.8	0.1	41	5.96378	[6147925380]	81	0.977	36.19
6,000	10	0.8	0.1	41	7.974961	[6147925380]	81	0.974	72.12
8,000	10	0.8	0.1	41	4.945256	[6147925380]	81	0.967	95.5

ทำการเปลี่ยนแปลงจำนวน *gen* ให้มีค่าเป็น 500, 1,000, 3,000, 6,000 และ 8,000 โดยที่ค่าพารามิเตอร์ของ *pop* จากการทดลองที่ผ่านมาเป็น 10, ค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8, ค่าพารามิเตอร์ของ p_m คงที่เป็น 0.1

จากการทดลองตารางที่ 7.47 จะเห็นได้ว่า GAs สามารถหาคำตอบที่มากที่สุดได้ที่ *gen* ที่ 81 และเมื่อเพิ่มจำนวน *gen* ก็ไม่สามารถที่จะหา TCR ได้มากกว่า 41 ดังนั้นจึงเลือก *gen* ที่ใช้ในการทดลองต่อไปเป็น 1,000 (24 เท่าของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ)

ขั้นตอนที่ 3 แปรค่าพารามิเตอร์ของการมิวเตชั่น (p_m) โดยจำนวนประชากรเป็นไปตามขั้นตอนที่ 1 และ จำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 2 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เพื่อหาค่า p_m ที่เหมาะสม

เปลี่ยนแปร p_m ให้มีค่าเป็น 0.001, 0.01, 0.1,...., 1 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ *pop* เป็น 10 จากขั้นตอนแรกและกำหนดให้ *gen* มีค่าเป็น 1,000 จากขั้นตอนที่ 2 ส่วนค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8

ตารางที่ 7.48 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

p_m	*pop*	*gen*	pC_{PMX}	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.001	10	1,000	0.8	37	0	[8306249157]	128	1.553	12.13
0.01	10	1,000	0.8	41	0	[9843207156]	580	7.041	12.14
0.1	10	1,000	0.8	41	5.275731	[6147925380]	81	1.006	12.42
0.2	10	1,000	0.8	41	6.515793	[6547023189]	113	1.403	12.42
0.3	10	1,000	0.8	41	8.654479	[9845607312]	213	2.620	12.3
0.4	10	1,000	0.8	41	5.561774	[9832507416]	452	5.659	12.52
0.5	10	1,000	0.8	41	7.00476	[5618023479]	81	1.010	12.47
0.6	10	1,000	0.8	41	7.709302	[9732508416]	944	11.772	12.47
0.7	10	1,000	0.8	41	7.382412	[0735698412]	367	4.595	12.52
0.8	10	1,000	0.8	41	8.292567	[0846597132]	139	1.749	12.58
0.9	10	1,000	0.8	41	7.689098	[2148956370]	65	0.817	12.57
1	10	1,000	0.8	41	7.902883	[9813507462]	115	1.452	12.63

จากการทดลองตารางที่ 7.48 เลือก p_m ที่ใช้ในการทดลองต่อไปเป็น 0.1 เนื่องจากสามารถพบคำตอบได้เร็วที่สุดใน *gen* ที่ 81 โดยใช้เวลา 1.006 วินาที

ขั้นตอนที่ 4 แปรค่าพารามิเตอร์ของการครอสโอเวอร์ (pC_{PMX}, pC_{OX} และ pC_{CX}) โดยจำนวนประชากรเป็นไปตามขั้นตอนที่ 1 และ จำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 2 และมิวเตชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 3 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของการครอสโอเวอร์ที่มีค่าเหมาะสม

ตารางที่ 7.49 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการกำหนดความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เป็นศูนย์

pC	*pop*	*gen*	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0	10	1,000	0.1	41	5.581716	[9716206435]	18	0.015	0.83

จากตารางที่ 7.49 จะเห็นได้ว่าถ้าให้ความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์เป็น 0 หรือไม่เกิดการครอสโอเวอร์ขึ้นเลย ทำให้ได้ TCR เป็น 41 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 18

เนื่องจากการการครอสโอเวอร์ที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน มีการครอสโอเวอร์อยู่ 3 วิธี ดังนั้น การศึกษาเบื้องต้นจึงแยกการทดลองออกจากกัน ได้แก่

- เปลี่ยนค่า pC_{PMX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา
- เปลี่ยนค่า pC_{OX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา
- เปลี่ยนค่า pC_{CX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา

ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 7.50 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ PMX

pC_{PMX}	*pop*	*gen*	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	1,000	0.1	41	6.377913	[0836297415]	63	0.761	12.08
0.2	10	1,000	0.1	41	5.676462	[9845607312]	68	0.818	12.03
0.3	10	1,000	0.1	41	6.201254	[0831297456]	323	3.921	12.14
0.4	10	1,000	0.1	41	7.27553	[2348956170]	83	1.012	12.19
0.5	10	1,000	0.1	41	6.770032	[0831297456]	585	7.137	12.2
0.6	10	1,000	0.1	41	5.872724	[2148065379]	41	0.5	12.2
0.7	10	1,000	0.1	41	6.01849	[6537921480]	314	3.843	12.24
0.8	10	1,000	0.1	41	5.275731	[6147925380]	81	0.996	12.3
0.9	10	1,000	0.1	41	9.333929	[9836507412]	69	0.853	12.36
1	10	1,000	0.1	41	6.186006	[9831507462]	120	1.496	12.47

จากตารางที่ 7.50 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{PMX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{PMX} เป็น 0.6 ทำให้พบคำตอบเร็วที่สุดในเจนเนอเรชั่นที่ 41 โดยใช้เวลา 0.5 วินาที เลือกค่า pC_{PMX} เป็น 0.6 เพื่อทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 7.51 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ OX

pC_{OX}	*pop*	*Gen*	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	1,000	0.1	41	8.83742	[5648923170]	37	0.447	12.09
0.2	10	1,000	0.1	41	7.717225	[0816297435]	94	1.167	12.41
0.3	10	1,000	0.1	41	9.037615	[6137925480]	29	0.355	12.25
0.4	10	1,000	0.1	41	7.149981	[0745698312]	96	1.176	12.25
0.5	10	1,000	0.1	41	6.380526	[0843597162]	48	0.590	12.3
0.6	10	1,000	0.1	41	7.665942	[6247051389]	179	2.221	12.41
0.7	10	1,000	0.1	41	5.317685	[2548061379]	65	0.807	12.41
0.8	10	1,000	0.1	41	8.974656	[0731698452]	49	0.616	12.58
0.9	10	1,000	0.1	41	7.691265	[5248061379]	54	0.679	12.58
1	10	1,000	0.1	41	5.884065	[0832597416]	77	0.976	12.68

จากตารางที่ 7.51 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{OX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{OX} มีค่าเป็น 0.3 ทำให้พบคำตอบที่เร็วที่สุดในเจนเนอเรชั่นที่ 29 โดยใช้เวลา 0.355 วินาที เลือกค่า pC_{OX} มีค่าเป็น 0.3 เพื่อใช้ทำการทดลองต่อไป

จากการทดลองตารางที่ 7.52 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{CX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 ตามลำดับ โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{CX} เป็น 0.5 ทำให้ได้คำตอบเป็น 41 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 51 โดยใช้เวลา 0.622 วินาที เลือกค่า pC_{CX} เป็น 0.5 เพื่อทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 7.52 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ CX

pC_{CX}	pop	gen	p_m	TCR	STD.	ผลลัพธ์	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	1,000	0.1	41	7.961714	[0831297456]	455	5.446	11.97
0.2	10	1,000	0.1	41	5.982382	[0731598426]	63	0.764	12.13
0.3	10	1,000	0.1	41	7.978443	[5138926470]	175	2.114	12.08
0.4	10	1,000	0.1	41	6.201254	[9731508426]	66	0.794	12.03
0.5	10	1,000	0.1	41	6.613118	[6238951470]	51	0.622	12.2
0.6	10	1,000	0.1	41	6.58365	[9731208465]	309	3.751	12.14
0.7	10	1,000	0.1	41	5.237684	[9716508432]	147	1.783	12.13
0.8	10	1,000	0.1	41	5.355164	[9846507132]	80	0.970	12.13
0.9	10	1,000	0.1	41	4.802777	[6518923470]	92	1.132	12.3
1	10	1,000	0.1	41	5.996295	[0743698152]	198	2.435	12.3

จากการทำการศึกษาเบื้องต้นได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังต่อไปนี้

pop = 10

gen = 1,000

p_m = 0.1

pC_{PMX} = 0.6

pC_{OX} = 0.3

pC_{CX} = 0.5

โดยมีขอบเขตในการค้นหา = 10!(3,628,800) วิธี

อัตราส่วนในการค้นหา = (10*1,000)/10!

= 0.0027 ≅ 0.003%

<u>การออกแบบการทดลอง</u>

เนื่องจากวิธีการจัดผังโรงงานโดยใช้ GAs จะทำให้ได้ TCR และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองแปรค่าพารามิเตอร์ 3 ตัวที่ส่งผลต่อค่า TCR และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ได้แก่

- pop
- p_m
- pC

โดยในการแปรค่าพารามิเตอร์นั้นจะแปรค่าให้อยู่ในขอบเขตที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น (เช่น ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นเป็น 10 นำมาเปลี่ยนแปลงให้มีค่าเป็น (5, 10 และ 15)

สำหรับการครอสโอเวอร์นั้น นอกจากจะมีการแปรค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์แล้ว ยังมีการแปรชนิดของการครอสโอเวอร์อีกด้วย (PMX, OX และ CX) เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการครอสโอเวอร์ทั้งสามแบบ การออกแบบการทดลองนี้เป็นแบบ Complete Randomize ซึ่งผลการทดลองแปรค่าพารามิเตอร์ต่างๆนี้จะทำให้ทราบถึงผลของปัจจัยหลัก (Main Effect) ได้แก่ (pop, p_m และ pC) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (Interaction) ที่มีต่อเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ PMX, OX และ CX ซึ่งวิธีการหาคำตอบของแต่ละวิธีสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ PMX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น คือ pop เป็น 10, gen คงที่เป็น 1,000, p_m เป็น 0.01 และ pC_{PMX} เป็น 0.6 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX ในการทดลองประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ pop ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 ปัจจัยที่สองคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.05, 0.1และ0.15 ปัจจัยสุดท้ายคือ pC_{PMX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.54, 0.57, 0.6, 0.63 และ 0.66 และ ทำการเก็บข้อมูลสองชุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 3*5*3*2 การทดลอง

ผลของการทดลองในการหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX แสดงดังตารางที่ 7.53

ตารางที่ 7.53 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงานด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX

	p_m														
	0.05					0.1					0.15				
	pC_{pmx}					pC_{pmx}					pC_{pmx}				
pop	0.54	0.57	0.6	0.63	0.66	0.54	0.57	0.6	0.63	0.66	0.54	0.57	0.6	0.63	0.66
5		241		816	447	79	266	522	215	55	17	17	58	32	32
	76	552	672	152	102	29	565	47	437	222	47	336	51	603	37
10	609	516	30	35	94	34	141	41	105	34	80	297	153	65	153
	86	62	200	182	189	27	51	288	40	36	31	40	61	202	134
15	24	19	563	136	134	538	64	38	277	132	78	23	15	278	598
	68	277	104	42	174	39	35	132	22	117	16	25	46	13	164

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ OX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น คือ *pop* เป็น 10, *gen* คงที่เป็น 4,000, p_m เป็น 0.01 และ pC_{OX} เป็น 0.5 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX ซึ่งการทดลองประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ *pop* ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 ปัจจัยที่สองคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.05, 0.1และ0.15 ปัจจัยสุดท้ายคือ pC_{OX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.34, 0.37, 0.4, 0.43 และ 0.46 และ ทำการเก็บข้อมูลสองชุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 3*5*3*2 การทดลอง

ผลของการทดลองในการหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX แสดงดังตารางที่ 7.54

ตารางที่ 7.54 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงานด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX

	p_m														
	0.05					0.1					0.15				
	pC_{ox}					pC_{ox}					pC_{ox}				
pop	0.24	0.27	0.3	0.33	0.36	0.24	0.27	0.3	0.33	0.36	0.24	0.27	0.3	0.33	0.36
5	65	89	76	714	718	566	71	237	240	348	953	374	373	259	86
	368	88	117	87	59	74	9999	121	23	80	140	121	296	125	29
10	308	38	810	1000	417	52	81	29	7	172	186	15	108	79	66
	154	19	512	31	52	18	25	139	25	281	746	678	44	69	13
15	213	103	35	117	267	11	8	56	109	239	78	86	104	17	267
	44	38	21	36	22	51	395	21	118	762	91	42	98	398	27

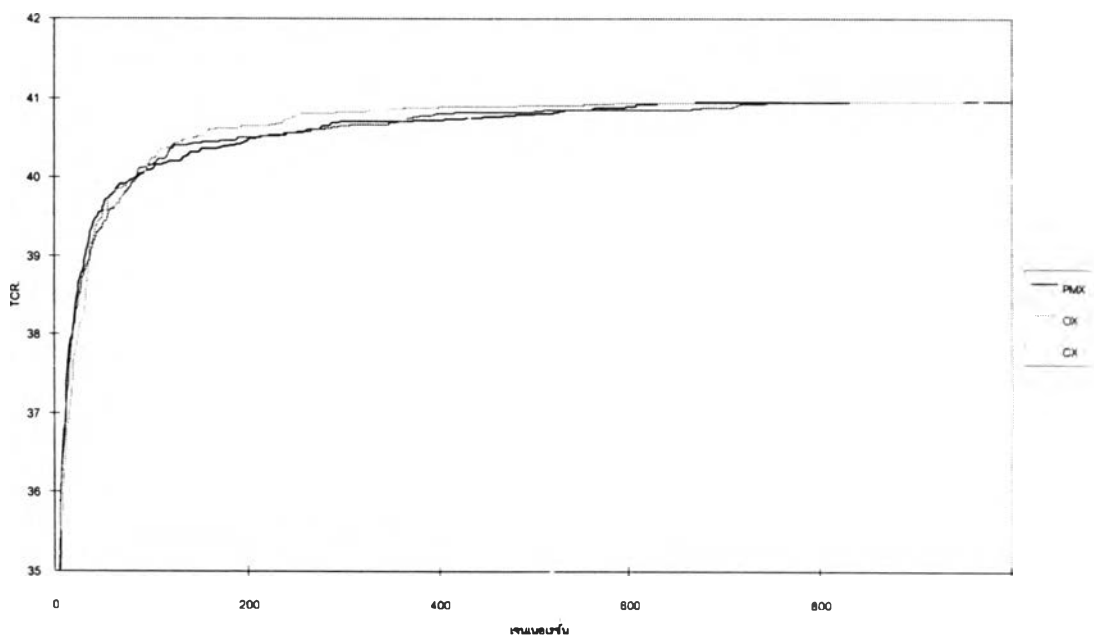
การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ CX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นคือ *pop* เป็น 10, *gen* คงที่เป็น 1,000, p_m เป็น 0.1 และ pC_{CX} เป็น 0.5 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX ในการทดลองประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ *pop* ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 ปัจจัยที่สองคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.05, 0.1และ0.15 ปัจจัยสุดท้ายคือ pC_{CX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.44, 0.47, 0.5 0.53 และ 0.56 และทำการเก็บข้อมูลสองชุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 3*5*3*2 การทดลอง

ผลของการทดลองในการหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX แสดงดังตารางที่ 7.55

ตารางที่ 7.55 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ของปัญหาการจัดผังโรงงานด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX

	p_m														
	0.05					0.1					0.15				
	pC_{cx}					pC_{cx}					pC_{cx}				
pop	0.44	0.47	0.5	0.53	0.56	0.44	0.47	0.5	0.53	0.56	0.44	0.47	0.5	0.53	0.56
5	77	107	107	107	195	126	35	38	239	239	64	253	485	148	586
	37	37	37	37	33	13	13	42	42	39	889		100	365	254
10	336	192	146	135	161	833	64	51	325	410	55	65	245	64	78
	57	165	57	58	72	254	123	97	58	161	41	19	19	112	41
15	65	123	45	239	329	49	48	57	39	348	87	85	106	113	8
	111	247	83	98	111	52	236	101	85	13	35	35	168	28	94



รูปที่ 7.17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคำตอบของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีในแต่ละเจนเนอเรชั่น

ผลการทดลอง

จากการทดลองเปรียบเทียบการหาคำตอบของการครอสโอเวอร์ทั้งสามวิธี สามารถการเปรียบเทียบผลการครอสโอเวอร์ PMX, OX และ CX ตามรูปที่ 7.17 จะเห็นได้ว่าการลู่เข้าหาคำตอบของ PMX ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของคำตอบน้อยที่สุดเป็น 40.96 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 815 การลู่เข้าหาคำตอบของ OX ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของคำตอบเป็น 40.96 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 811 การลู่เข้าหาคำตอบของ CX ได้คำตอบเป็น 40.96 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 810 จะเห็นได้ว่าคำตอบที่พบมีค่าใกล้เคียงกัน แต่การลู่เข้าหาคำตอบของ CX ในช่วงแรกเป็นไปอย่างรวดเร็วแรกแต่ก็พบคำตอบที่มากที่สุดช้ากว่า

PMX และ OX เนื่องจากคำตอบติดอยู่ใน Local Optima ส่วน PMX และ OX การลู่เข้าหาคำตอบมีลักษณะใกล้เคียงกันแต่ PMX พบคำตอบได้รวดเร็วกว่า

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เนื่องจากค่า TCR ที่หาได้จากวิธีการครอสโอเวอร์ทั้งสามวิธีสามารถพบคำตอบได้ TCR เหมือนกัน แต่เจนเนอเรชั่นในการพบคำตอบแตกต่างกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนคำนวณค่าสถิติจึงวิเคราะห์ถึงเจนเนอเรชั่นในการพบคำตอบ (ดังสมการที่ 7.2) และจากการทดลองสามารถสรุปได้ดังตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.56 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์วิธีการต่างๆ

แหล่งความแปรปรวน		ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
gen	วิธีการ	11763.1	2	58815.532	1.563	.211
	ความผิดพลาดแบบสุ่ม	9933084	264	37625.32		
	รวม	11050715	266			

จากการทดลองในตารางที่ 7.56 สามารถสรุปได้ว่าเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบโดยเฉลี่ยของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีการครอสโอเวอร์ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ PMX

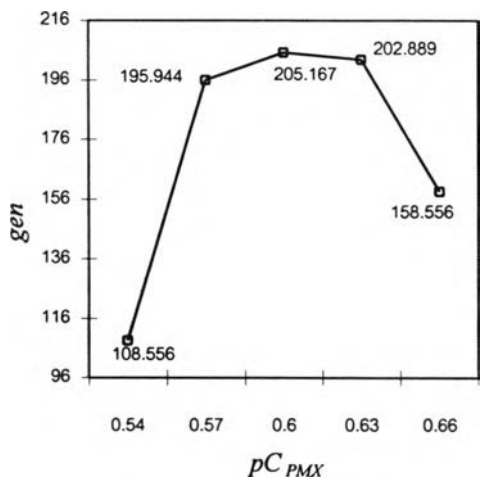
จากการทดลองที่ผ่านมา ประกอบด้วยปัจจัย 3 อย่างคือ มิวเตชั่น, ครอสโอเวอร์แบบ PMX และ จำนวนประชากร นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.57 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX

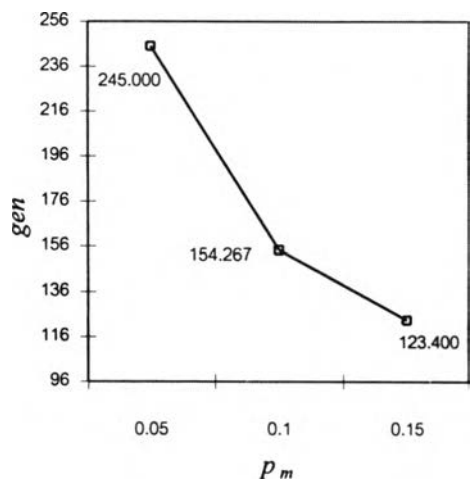
แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	221316.3	2	110658.1	3.104	.055
pC_{PMX} (B)	113026.8	4	28256.707	.793	.536
pop (C)	232215.1	2	116107.6	3.257	.048
AB	187493.1	8	23436.639	.657	.725
AC	159026.7	4	39756.663	1.115	362
BC	406826.7	8	50853.336	1.427	.213
ABC	381979.0	16	23873.69	.67	.806
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	1532831	43	35647.233		
รวม	3112343	88			

จากการทดลองตารางที่ 7.57 สรุปได้ว่าปัจจัยหลักของ จำนวนประชากร มีผลทำให้ค่าเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ ค่า Sig ของ *pop* เป็น 0.048 ส่วนปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์อื่นๆ ไม่มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

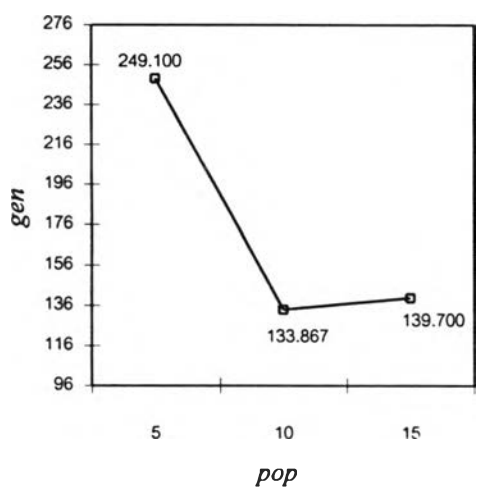
จากการทดลองที่ผ่านมา ประกอบด้วยปัจจัย 3 อย่างคือ มิวเตชั่น, ครอสโอเวอร์แบบ PMX และ จำนวนประชากร นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ดังต่อไปนี้



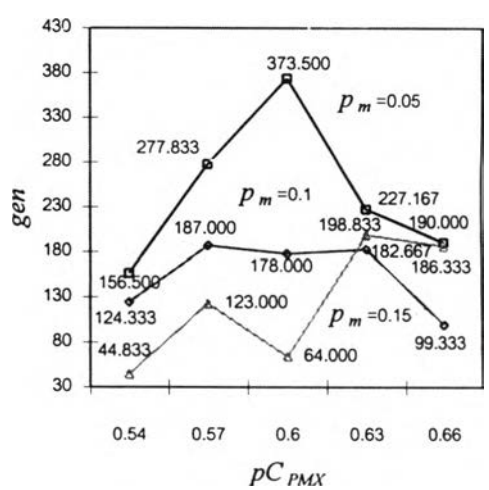
ก)



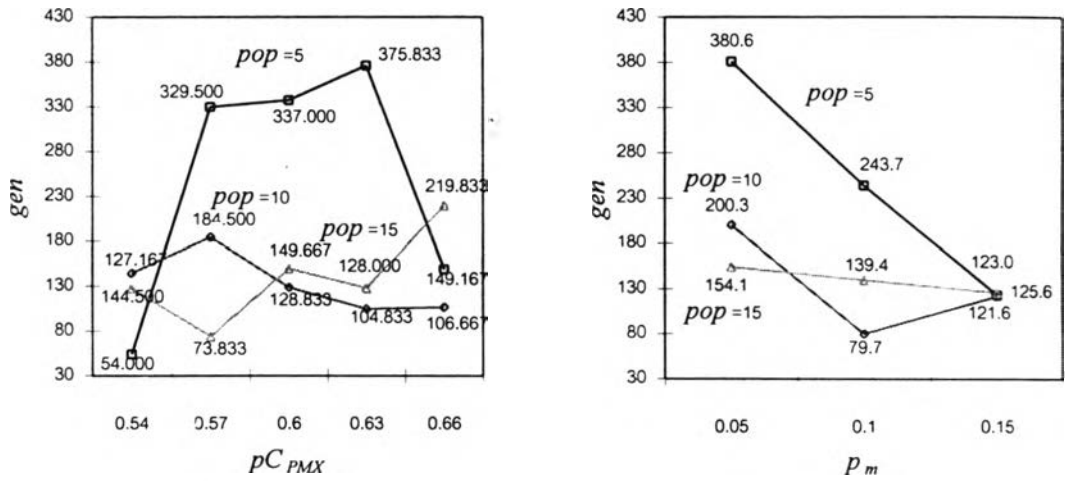
ข)



ค)



ง)



จ) ฉ)

รูปที่ 7.18 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเฉลี่ย จากการครอสโอเวอร์แบบ PMX

รูปที่ 7.18 ก) แสดงถึง *gen* ที่พบคำตอบเฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก pC_{PMX} เป็น 0.54 0.57 0.6 0.63 และ 0.66 เมื่อค่า pC_{PMX} มีค่าเป็น 0.54 ทำให้พบคำตอบได้เร็วที่สุดที่ *gen* เฉลี่ยเป็น 108.556 เมื่อเพิ่ม pC_{PMX} ทำให้การพบคำตอบช้ายิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อ pC_{PMX} เปลี่ยนแปลงไปค่า *gen* ที่พบคำตอบเฉลี่ยไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก จึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของ pC_{PMX} ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง *gen* ที่พบคำตอบ

รูปที่ 7.18 ข) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก p_m เป็น 0.05 0.1 และ 0.15 เมื่อค่า p_m เป็น 0.15 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยเป็น 123.4 แต่เมื่อ p_m มีค่าน้อยๆทำให้การพบคำตอบช้า และการเปลี่ยนแปลงของ p_m มีผลต่อเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของ pC_{PMX} มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง *gen* ที่พบคำตอบเล็กน้อย

รูปที่ 7.18 ค) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบ เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก *pop* เป็น 5 10 และ 15 ค่าเฉลี่ยของ *gen* มีค่าลดลงเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ประชากรที่มีจำนวนน้อยทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเป็นไปอย่างช้าเมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้นก็ทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเร็วขึ้น ที่ *pop* เป็น 10 ทำให้การพบคำตอบเร็วที่สุด ความแตกต่างของ *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบมีค่ามากดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของ *pop* มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง *gen* ที่พบคำตอบเล็กน้อย

รูปที่ 7.18 ง) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบ เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{PMX} และ p_m จะเห็นได้ว่าค่า p_m มีค่าเป็น 0.05 ผลทำให้การพบคำตอบช้า และ p_m เป็น 0.15 ทำให้การพบคำตอบเป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามก็ *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญ

รูปที่ 7.18 จ) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{PMX} และ *pop* จะเห็นได้ว่าค่า *pop* มีค่าเป็น 5 มีผลทำให้การพบคำตอบเมื่อ pC_{PMX} เป็น 0.54 ได้อย่างรวดเร็วแต่เมื่อ pC_{PMX} มีค่าเพิ่มขึ้นทำให้การพบคำตอบช้าลง เมื่อ *pop* มีค่าเป็น 10 มีแนวโน้มที่จะพบคำตอบได้อย่างรวดเร็วเมื่อ pC_{PMX} เพิ่มขึ้น เมื่อ *pop* มีค่าเป็น 15 การลู่เข้าหาคำตอบเป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามก็ *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญ

รูปที่ 7.18 ฉ) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง *pop* และ p_m เมื่อ *pop* มีค่าน้อยเป็น 5 และ 15 จะเห็นได้ว่าค่า *gen* ขึ้นอยู่กับ. p_m ถ้าค่า p_m ทำให้คำตอบลดลง แต่อย่างไรก็ตามก็ *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ OX

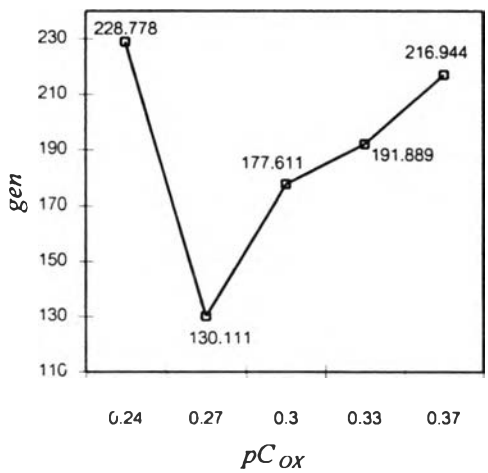
จากการทดลองที่ผ่านมา ปัจจัยที่นำมาพิจารณาประกอบด้วยปัจจัย 3 อย่างคือ มิวเตชั่น, ครอสโอเวอร์แบบ OX และ จำนวนประชากร นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.58 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX

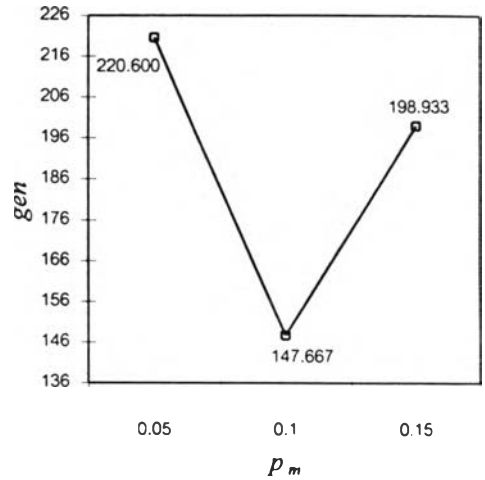
แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	80887.816	2	40443.908	.749	.479
pC_{OX} (B)	101059.7	4	25264.917	.468	.759
pop (C)	168573.8	2	84286.908	1.561	.221
AB	616729.0	8	77091.13	1.428	.212
AC	314191.1	4	78547.768	1.455	.232
BC	273412.0	8	34801.502	.644	.736
ABC	716591.9	16	44786.994	.829	.647
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	2375979	44	53999.523		
รวม	4656587	88			

จากการทดลองตารางที่ 7.58 สรุปได้ว่า ส่วนปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์อื่นๆ ไม่มีผลทำให้ค่าเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

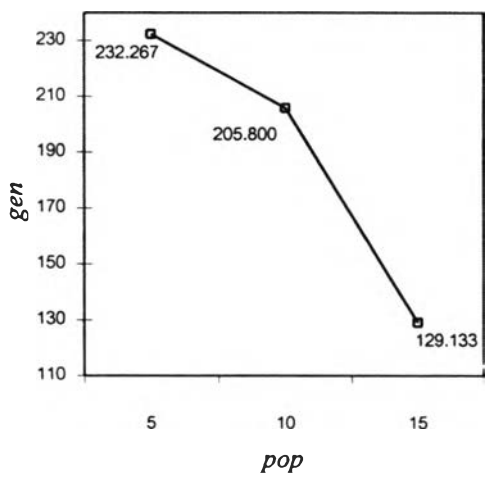
ในการวิเคราะห์ผลของแต่ละปัจจัย สามารถวิเคราะห์ได้โดยการหาค่าเฉลี่ย ดังต่อไปนี้



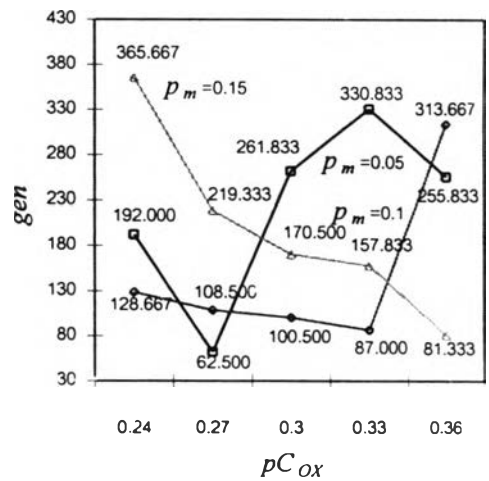
ก)



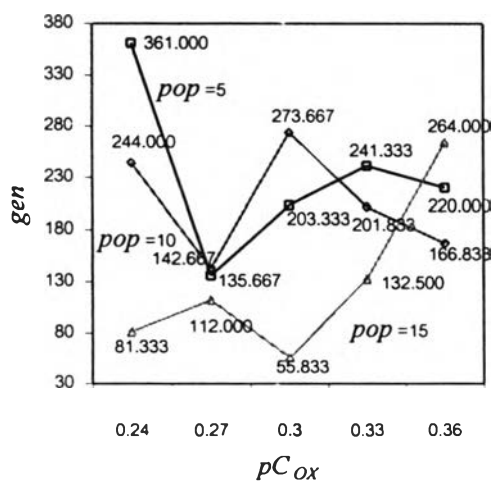
ข)



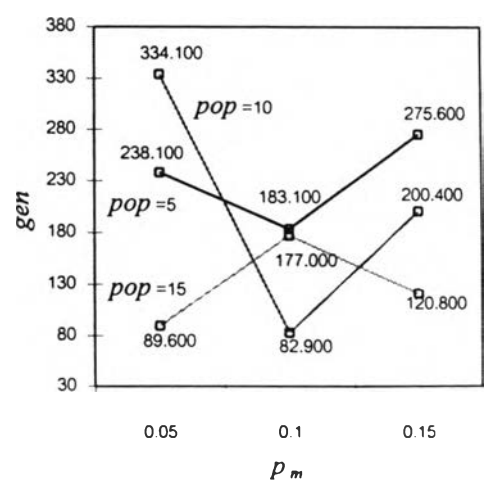
ค)



ง)



จ)



ฉ)

รูปที่ 7.19 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเฉลี่ยจากการครอสโอเวอร์แบบ OX

รูปที่ 7.19 ก) แสดงถึงค่าเนอเนอเรชั่นที่พบคำตอบเฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก pC_{OX} เป็น 0.24, 0.27, 0.3, 0.33 และ 0.36 เมื่อค่า pC_{OX} มีค่าเป็น 0.27 ทำให้ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 130.111 เมื่อ pC_{OX} เพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่ามากขึ้น

รูปที่ 7.19 ข) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก p_m เป็น 0.05, 0.1 และ 0.15 เมื่อค่า p_m เป็น 0.05 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าเป็น 220.6 เมื่อค่า p_m เป็น 0.1 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 147.667 เมื่อค่า p_m เป็น 0.15 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าเป็น 196.933

รูปที่ 7.19 ค) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก *pop* เป็น 5, 10 และ15 ค่า *gen* เฉลี่ยของมีค่าลดลงเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นหรือมีพบคำตอบเร็วขึ้น ประชากรที่มีจำนวนน้อยทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเป็นไปอย่างช้าเมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้นก็ทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเร็วขึ้น เมื่อ *pop* เป็น 15 ทำให้ได้ *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 129.133

รูปที่ 7.19 ง) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ยเมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{OX} และ p_m จะเห็นได้ว่าค่า p_m มีค่าเป็น 0.05 ผลทำให้ได้ค่า *gen* เฉลี่ยน้อยที่สุดเป็น 62.5 ถ้าเพิ่ม pC_{OX} ทำให้การพบคำตอบช้าลง ถ้าค่า p_m มีค่าเป็น 0.1 การพบคำตอบจะเร็วขึ้นถ้า pC_{OX} มีค่ามากขึ้น ถ้าค่า p_m มีค่าเป็น 0.15 การพบคำตอบจะช้าขึ้นถ้า pC_{OX} มีค่ามากมากกว่า 0.33

รูปที่ 7.19 จ) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{OX} และ *pop* จะเห็นได้ว่าค่า *pop* มีค่าเป็น 15 ผลทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อย แต่ถ้า pC_{OX} มีค่ามากกว่า 0.3 ทำให้ในการพบคำตอบช้าลง

รูปที่ 7.19 ฉ) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง *pop* และ p_m แปรค่า *pop* จาก 5 ถึง 15 จะพบว่าค่า *pop* ที่เป็น 10 ทำให้ได้ *gen* เฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดเป็น 82.9

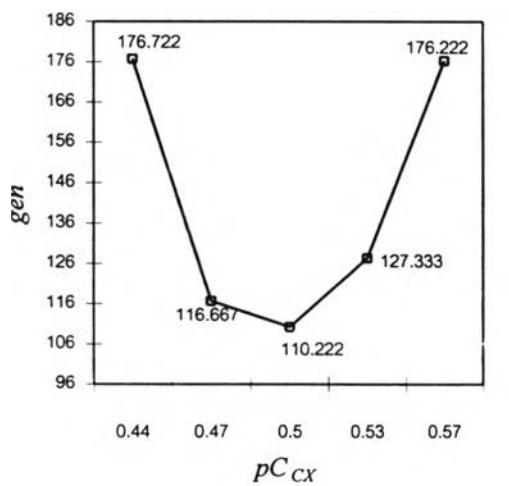
<u>การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ CX</u>

จากการทดลองที่ผ่านมา ประกอบด้วยปัจจัย 3 อย่างคือ มิวเตชั่น, ครอสโอเวอร์แบบ CX และ จำนวนประชากร นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ดังตารางที่ 7.59 สรุปได้ว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างการมิวเตชั่นและประชากร มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ ผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง p_m และ *pop* เป็น 0.001 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ส่วนปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์อื่นๆ ไม่มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

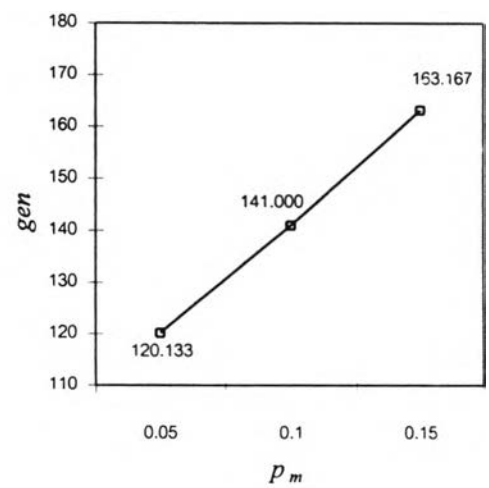
ตารางที่ 7.59 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX

แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	26881.99	2	13440.995	.587	.560
pC_{CX} (B)	75227.636	4	18806.909	.822	.518
pop (C)	53508.458	2	26754.229	1.169	.320
AB	83579.419	8	10447.427	.457	.880
AC	540325.5	4	135081.4	5.902	.001
BC	102719.6	8	12839.953	.561	.804
ABC	235533.8	16	14720.861	.643	.831
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	1006978	44	22885.852		
รวม	2159691	88			

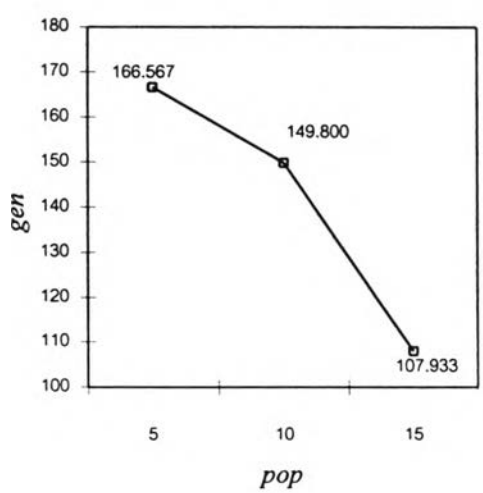
ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยสามารถนำคำตอบมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้



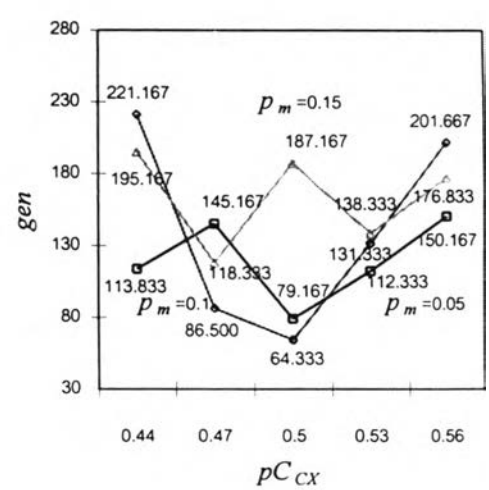
ก)



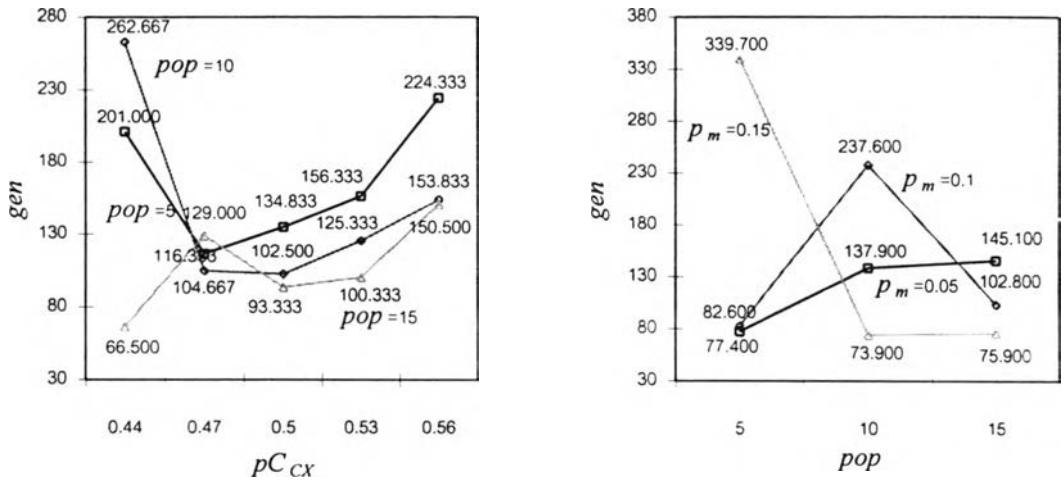
ข)



ค)



ง)



จ) ฉ)

รูปที่ 7.20 ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ CX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ

รูปที่ 7.20 ก) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบ เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก pC_{CX} เป็น 0.44, 0.47, 0.5, 0.54 และ 0.57 เมื่อค่า pC_{CX} มีค่าเป็น 0.5 ทำให้ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 110.222 เมื่อ pC_{CX} เพิ่มมากขึ้นหรือลดลงจาก 0.5 ทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่ามากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของ pC_{CX} ไม่ได้ทำให้ *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.20 ข) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก p_m เป็น 0.05, 0.1 และ 0.15 เมื่อค่า p_m เป็น 0.05 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าเป็น 120.133 เมื่อค่า p_m เป็น 0.1 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 141.000 เมื่อค่า p_m เป็น 0.15 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าเป็น 163.167 แต่อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของ p_m ไม่ได้ทำให้ *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.20 ค) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก *pop* เป็น 5, 10 และ15 ค่า *gen* เฉลี่ยของมีค่าลดลงเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นหรือมีพบคำตอบเร็วขึ้น ประชากรที่มีจำนวนน้อยทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเป็นไปอย่างช้าเมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้นก็ทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเร็วขึ้น เมื่อ *pop* เป็น 15 ทำให้ได้ *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 107.933 แต่อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของ *pop* ไม่ได้ทำให้ *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.20 ง) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบ เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{CX} และ p_m จะเห็นได้ว่าค่า p_m มีค่าเป็น 0.01 ผลทำให้ได้ค่า *gen* เฉลี่ยน้อยที่สุดเป็น 64.333 ที่ pC_{CX} เป็น 0.5 แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{CX} และ p_m ไม่ได้ทำให้ *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.20 จ) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{CX} และ *pop* จะเห็นได้ว่าค่า *pop* มีค่าเป็น 15 ผลทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 66.5 ที่ pC_{CX} เป็น 0.44 แต่

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{CX} และ *pop* ไม่ได้ทำให้ *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.20 ฉ) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ยเมื่อแปรค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง *pop* และ p_m เมื่อ p_m เป็น 0.15 ค่า *gen* เฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะลดลงและได้ค่า *gen* เฉลี่ยที่น้อยที่สุดเป็น 73.9 แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pC_{CX} และ p_m ทำให้ *gen* เฉลี่ยที่พบคำตอบเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการครอสโอเวอร์แบบ CX มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการครอสโอเวอร์แบบ OX และ PMX แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเฉลี่ยของวิธีการครอสโอเวอร์ทั้งสามวิธีไม่แตกต่างกัน อย่างมีระดับนัยสำคัญ 5% สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX คือ *pop* ปัจจัยที่มีผลต่อ TCR ของวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX ได้แก่ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง p_m และ *pop* ดังนั้นในการนำไปใช้งานควรกำหนดค่าปัจจัยเหล่านี้ให้เหมาะสม

การทดลองที่ 5: การจัดวางผังโรงงานเชิงคุณภาพ โดยพิจารณาถึงความใกล้ชิดระหว่างสถานีและให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

เนื้อหาในการทดลองนี้ส่วนนี้เป็นการจัดวางผังโรงงานมีขนาดเล็ก (2*5 สถานี) จากปัญหาตัวอย่างในการทดลองที่ 2 แตกต่างกันในการพิจารณาถึงความใกล้ชิดระหว่างสถานีและให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

วัตถุประสงค์

- เพื่อเปรียบเทียบคำตอบที่ได้ระหว่างการใช้การครอสโอเวอร์ PMX, OX และ CX ที่แตกต่างกันในการแก้ปัญหาของการจัดวางผังโรงงานโดยพิจารณาถึงข้อมูลเชิงคุณภาพ เกณฑ์ในการวัดผลคือคำตอบที่ได้และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบหรือความเร็วในการพบคำตอบ
- ศึกษาถึงผลจากปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ของโอเปอร์เรเตอร์ต่างๆของ GAs ที่มีต่อคำตอบและความเร็วในการพบคำตอบ

การศึกษาเบื้องต้น

การดำเนินการทดลองเบื้องต้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ขึ้นก่อน แล้วทำการแปรค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์อื่นๆคงที่ เหมือนกับวิธีการดังบทที่ 6 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของจำนวนประชากร (*pop*) โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เพื่อหาจำนวน *pop* ที่เหมาะสม

ตารางที่ 7.60 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนประชากร

pop	*gen*	pC_{PMX}	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
10	5,000	0.8	0.1	601	266.9266	[7435609812]	159	1.911	60.09
30	5,000	0.8	0.1	601	230.5093	[0985674312]	470	14.291	152.03
50	5,000	0.8	0.1	601	263.5483	[0981574362]	867	44.047	254.02
70	5,000	0.8	0.1	601	261.9186	[2634751890]	1297	88.108	339.66
90	5,000	0.8	0.1	601	260.5569	[5684721390]	433	37.686	435.17
110	5,000	0.8	0.1	601	264.2678	[5284061397]	260	27.574	530.26

เปลี่ยนแปลงจำนวน *pop* ให้มีค่าเปลี่ยนแปลงเป็น 10, 30, 50, 70, 100 และ 110 โดยที่ค่าพารามิเตอร์ของ *gen* คงที่เป็น 5,000, ค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8 (Suresh และคณะ 1995) ค่าพารามิเตอร์ของ p_m คงที่เป็น 0.1 (Goldberg, 1989)

จากการทดลองตารางที่ 7.60 จะเห็นได้ว่า GAs สามารถหาคำตอบได้มากที่สุดคือมี TCR เป็น 601 ที่ *pop* มีค่าเป็น 10 ทำให้พบคำตอบที่เจอเนอเรชั่น 159 โดยใช้เวลา 1.911 วินาที เลือก *pop* เท่ากับ 10 เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 แปรค่าพารามิเตอร์ของจำนวนเจนเนอเรชั่น (*gen*) โดยที่พารามิเตอร์อื่นคงที่ดังขั้นตอนที่1 และ *pop* คงที่ตามขั้นตอนที่ 1

ตารางที่ 7.61 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนเจนเนอเรชั่น

gen	*pop*	pC_{PMX}	p_m	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
500	10	0.8	0.1	601	249.4763	[7435609812]	159	2.010	6.32
1,000	10	0.8	0.1	601	179.4536	[7435609812]	159	1.965	12.36
3,000	10	0.8	0.1	601	106.8382	[7435609812]	159	1.918	36.19
6,000	10	0.8	0.1	601	264.4252	[7435609812]	159	1.911	72.12
8,000	10	0.8	0.1	601	182.6429	[7435609812]	159	1.898	95.5

ทำการเปลี่ยนแปลงจำนวน *gen* ให้มีค่าเป็น 500, 1,000, 3,000, 6,000 และ 8,000 โดยที่ ค่าพารามิเตอร์ของ *pop* จากการทดลองที่ผ่านมาเป็น 10, ค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8, ค่าพารามิเตอร์ของ p_m คงที่เป็น 0.1

จากการทดลองตารางที่ 7.61 จะเห็นได้ว่า GAs สามารถหาคำตอบที่มากที่สุดได้ที่ *gen* ที่ 159 และเมื่อเพิ่มจำนวน *gen* ก็ไม่สามารถที่จะหา TCR ได้มากกว่า 601 ได้ เลือก *gen* ที่ใช้ในการทดลองต่อไปเป็น 1000 (24 เท่าของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ)

ขั้นตอนที่ 3 แปรค่าพารามิเตอร์ของการมิวเตชั่น (p_m) โดยจำนวนประชากรเป็นไปตามขั้นตอนที่ 1 และ จำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 2 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เพื่อหาค่า p_m ที่เหมาะสม

ตารางที่ 7.62 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

p_m	*pop*	*gen*	pC_{PMX}	TCR	STD.	สตริง	*gen* ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.001	10	1,500	0.8	323	233.3761	[2068471539]	1,359	16.516	18.23
0.01	10	1,500	0.8	547	275.1182	[9518307264]	1,367	16.714	18.34
0.1	10	1,500	0.8	601	246.245	[7435609812]	159	1.962	18.51
0.2	10	1,500	0.8	601	204.1796	[0986274315]	29	0.357	18.46
0.3	10	1,500	0.8	601	214.5446	[6134025897]	2	0.308	18.45
0.4	10	1,500	0.8	601	340.9326	[0481679352]	92	1.138	18.56
0.5	10	1,500	0.8	601	347.0892	[7936204815]	27	0.334	18.57
0.6	10	1,500	0.8	601	282.1946	[6584721390]	165	2.048	18.62
0.7	10	245	0.8	601	265.7057	[6239751840]	56	0.766	3.35
0.8	10	225	0.8	597	300.728	[0985734162]	143	1.989	3.13
0.9	10	1,500	0.8	601	246.3327	[2589061347]	80	0.993	18.62
1	10	1,500	0.8	601	236.8273	[0431579826]	2,280	28.394	18.68

เปลี่ยนแปร p_m ให้มีค่าเป็น 0.001, 0.01, 0.1,...., 1 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ *pop* เป็น 10 จากขั้นตอนแรกและกำหนดให้ *gen* เป็น 1,000 จากขั้นตอนที่ 2 ส่วน ค่าพารามิเตอร์ของ pC_{PMX} คงที่เป็น 0.8

จากการทดลองตารางที่ 7.62 เลือก p_m ที่ใช้ในการทดลองต่อไปเป็น 0.3 เนื่องจากสามารถพบคำตอบได้เร็วที่สุดที่ *gen* ที่ 81 โดยใช้เวลา 1.006 วินาที

ขั้นตอนที่ 4 แปรค่าพารามิเตอร์ของการครอสโอเวอร์ (pC_{PMX}, pC_{OX}, pC_{CX}) โดยจำนวนประชากรเป็นไปตามขั้นตอนที่ 1 และ จำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 2 และมิวเตชั่นเป็นไปตามขั้นตอนที่ 3 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของการครอสโอเวอร์ที่มีค่าเหมาะสม

ตารางที่ 7.63 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการกำหนดความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เป็นศูนย์

pC	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0	10	1,500	0.3	601	289.719	[7436509812]	491	4.854	14.83

จากตารางที่ 7.63 จะเห็นได้ว่า ถ้าให้ความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์เป็น 0 หรือไม่เกิดการครอสโอเวอร์ขึ้นเลย ได้ TCR เป็น 601 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 491

เนื่องจากการการครอสโอเวอร์ที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน มีการครอสโอเวอร์อยู่ 3 วิธี ดังนั้น การศึกษาเบื้องต้นจึงแยกการทดลองออกจากกัน ได้แก่

- เปลี่ยนค่า pC_{PMX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา
- เปลี่ยนค่า pC_{OX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา
- เปลี่ยนค่า pC_{CX} โดยพารามิเตอร์อื่นคงที่จากขั้นตอนที่ผ่านมา

ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 7.64 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ PMX

pC_{PMX}	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	1,500	0.3	601	215.1998	[2684051397]	940	11.293	18.02
0.2	10	1,500	0.3	601	268.0328	[5189726340]	300	3.604	18.02
0.3	10	1,500	0.3	601	277.0178	[0435279816]	111	1.337	18.07
0.4	10	1,500	0.3	601	240.07	[0431579862]	18	0.218	18.18
0.5	10	785	0.3	601	346.2354	[0932574816]	157	1.946	9.73
0.6	10	1,500	0.3	601	262.7854	[7431609852]	27	0.329	18.29
0.7	10	1,500	0.3	601	240.2156	[7981504362]	221	2.711	18.4
0.8	10	1,500	0.3	601	214.5446	[6134025897]	25	0.306	18.34
0.9	10	1,500	0.3	601	248.3442	[2139065847]	133	1.647	18.57
1	10	1,500	0.3	601	279.881	[6139025847]	29	0.361	18.68

จากตารางที่ 7.64 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{PMX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{PMX} เป็น 0.4 ทำให้พบคำตอบเร็วที่สุดในเจนเนอเรชั่นที่ 18 โดยใช้เวลา 0.218 วินาที เลือกค่า pC_{PMX} เป็น 0.4 เพื่อทำการทดลองต่อไป

จากตารางที่ 7.65 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{OX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{OX} มีค่าเป็น 0.7 ทำให้พบคำตอบที่เร็วที่สุดในเจนเนอเรชั่นที่ 21 โดยใช้เวลา 0.27 วินาที เลือกค่า pC_{OX} มีค่าเป็น 0.73 เพื่อใช้ทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 7.65 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ OX

pC_{OX}	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	1,500	0.3	601	218.1397	[6184752390]	260	3.141	18.12
0.2	10	1,500	0.3	601	273.4472	[7435609812]	49	0.596	18.24
0.3	10	1,500	0.3	601	250.3917	[0481679352]	374	4.545	18.23
0.4	10	1,500	0.3	601	221.4005	[7431509862]	135	1.652	18.35
0.5	10	1,500	0.3	601	334.6288	[0481679352]	34	0.418	18.45
0.6	10	1,500	0.3	601	294.7518	[7431609825]	85	1.052	18.56
0.7	10	650	0.3	601	294.1372	[5689021347]	21	0.270	8.35
0.8	10	1,500	0.3	601	343.0673	[5134762890]	184	2.298	18.73
0.9	10	1,500	0.3	601	232.7669	[5184062397]	61	0.762	18.73
1	10	1,220	0.3	601	234.918	[7431509862]	55	0.674	14.94

ตารางที่ 7.66 การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ CX

pC_{CX}	pop	gen	p_m	TCR	STD.	สตริง	gen ที่พบคำตอบ	เวลา (sec)	เวลาทั้งหมด (sec)
0.1	10	1,500	0.3	601	258.7632	[7431209865]	164	1.982	18.13
0.2	10	1,500	0.3	601	215.9448	[0435679812]	156	1.879	18.07
0.3	10	1,500	0.3	601	312.5594	[0481279356]	229	2.775	18.18
0.4	10	1,500	0.3	601	210.9872	[7431509862]	542	6.529	18.07
0.5	10	1,500	0.3	601	271.8137	[2139065847]	17	0.207	18.29
0.6	10	1,500	0.3	601	284.0003	[2134765890]	202	2.463	18.29
0.7	10	1,500	0.3	601	305.013	[0935274816]	174	2.102	18.12
0.8	10	1,500	0.3	601	310.1375	[0481279356]	31	0.376	18.18
0.9	10	1,500	0.3	601	258.5299	[0431579862]	60	0.727	18.18
1	10	1,500	0.3	601	256.3258	[7431509862]	55	0.672	18.34

จากตารางที่ 7.66 ทำการเปลี่ยนแปลงค่า pC_{CX} เป็น 0.1, 0.2, ..., 1 โดยค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่จากการทดลองผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่า pC_{CX} มีค่าเป็น 0.5 ทำให้พบคำตอบที่เร็วที่สุดในเจนเนอเรชั่นที่ 601 โดยใช้เวลา 0.207 วินาที เลือกค่า pC_{CX} มีค่าเป็น 0.5 เพื่อใช้ทำการทดลองต่อไป

จากการทำการศึกษาเบื้องต้นได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังต่อไปนี้

pop = 10

gen = 1,500

p_m = 0.3

pC_{PMX} = 0.4

pC_{OX} = 0.6

pC_{CX} = 0.5

โดยมีขอบเขตในการค้นหา = 10!(3,628,800) วิธี

อัตราส่วนในการค้นหา = (10*1,500)/10!

= 0.0041 ≅ 0.004%

การออกแบบการทดลอง

เนื่องจากวิธีการจัดผังโรงงานโดยใช้ GAs จะทำให้ได้ TCR และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองแปรค่าพารามิเตอร์ 3 ตัวที่ส่งผลต่อค่า TCR และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ได้แก่

- pop
- p_m
- pC

โดยในการแปรค่าพารามิเตอร์นั้นจะแปรค่าให้อยู่ในขอบเขตที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น (เช่น ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นเป็น 10 นำมาเปลี่ยนแปลงให้มีค่าเป็น (5, 10 และ 15)

สำหรับการครอสโอเวอร์นั้น นอกจากจะมีการแปรค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์แล้ว ยังมีการแปรชนิดของการครอสโอเวอร์อีกด้วย (PMX, OX และ CX) เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการครอสโอเวอร์ทั้งสามแบบ การออกแบบการทดลองนี้เป็นแบบ Complete Randomize ซึ่งผลการทดลองแปรค่าพารามิเตอร์ต่างๆนี้จะทำให้ทราบถึงผลของปัจจัยหลัก (Main Effect) ได้แก่ (pop, p_m และ pC) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (Interaction) ที่มีต่อเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การหาคำตอบและเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการครอสโอเวอร์แบบ PMX, OX และ CX ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ PMX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น คือ pop เป็น 10, gen คงที่เป็น 1000, p_m เป็น 0.3 และ pC_{PMX} เป็น 0.4 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX ในการทดลองประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ pop ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 ปัจจัยที่สองคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.25, 0.3และ0.35 ปัจจัยสุดท้ายคือ pC_{PMX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.34, 0.37, 0.4, 0.43 และ 0.46 และ ทำการเก็บข้อมูลสองชุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 3*5*3*2 การทดลอง ผลของการทดลองในการหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX แสดงดังตารางที่ 7.67

ตารางที่ 7.67 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ของปัญหาการจัดผังโรงงานด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX

	p_m														
	0.25					0.3					0.35				
	pC_{pmx}					pC_{pmx}					pC_{pmx}				
pop	0.34	0.37	0.4	0.43	0.46	0.34	0.37	0 4	0.43	0.46	0.34	0.37	0.4	0.43	0.46
5	600	41	33	66	114		159	1167	73	121	373	1458		518	163
	1142	293	167	426	472	590	27	155	160	170	781	234	356	724	285
10	21	175	112	47	135	477	97	18	141	53	488	40	104		108
	43	54	25	21	696	40	41	64	93	157	45	11	22	94	215
15	13	93	99	129	279	17	26	37	86	57	70	86	46	83	642
	46	21	76	189	32	103	15	113	44	10	60	189	25	188	46

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ OX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น คือ *pop* เป็น 10, *gen* คงที่เป็น 4,000, p_m เป็น 0.3 และ pC_{OX} เป็น 0.3 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX ซึ่งการทดลองประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ *pop* ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 ปัจจัยที่สองคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.05, 0.1และ0.15 ปัจจัยสุดท้ายคือ pC_{OX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.24, 0.27, 0.3, 0.33 และ 0.36 และ ทำการเก็บข้อมูลสองชุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 3*5*3*2 การทดลอง

ผลของการทดลองในการหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX แสดงดังตารางที่ 7.68

ตารางที่ 7.68 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ของปัญหาการจัดผังโรงงานด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX

	p_m														
	0.25					0.3					0.35				
	pC_{ax}					pC_{ax}					pC_{ax}				
pop	0.24	0.27	0.3	0.33	0.36	0.24	0.27	0.3	0.33	0.36	0.24	0.27	0.3	0.33	0.36
5	1092	583	36	68	38	64	11	173	112	275	95	188	212	44	106
	133	92	375	130	105	73	306	229	165	129	220	286	158	135	193
10	159	93	87	503	37	131	89	21	55	125	100	35	17	66	29
	41	31	10	84	62	87	34	40	40	27	27	293	323	6	251
15	54	212	81	182	152	412	183	116	12	30	173	304	55	100	677
	117	63	53	66	87	263	75	24	33	60	124	3	3	572	305

การหาคำตอบด้วยการครอสโอเวอร์แบบ CX

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นคือ *pop* เป็น 10, *gen* คงที่เป็น 1,000, p_m เป็น 0.3 และ pC_{CX} เป็น 0.5 มาใช้ในการวิเคราะห์การหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX ในการทดลองประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ *pop* ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 ปัจจัยที่สองคือ p_m ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0.05, 0.1 และ 0.15 ปัจจัยสุดท้ายคือ pC_{CX} แบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ 0.34, 0.37, 0.4, 0.43 และ 0.46 และทำการเก็บข้อมูลสองชุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งสิ้นเป็น 3*5*3*2 การทดลอง

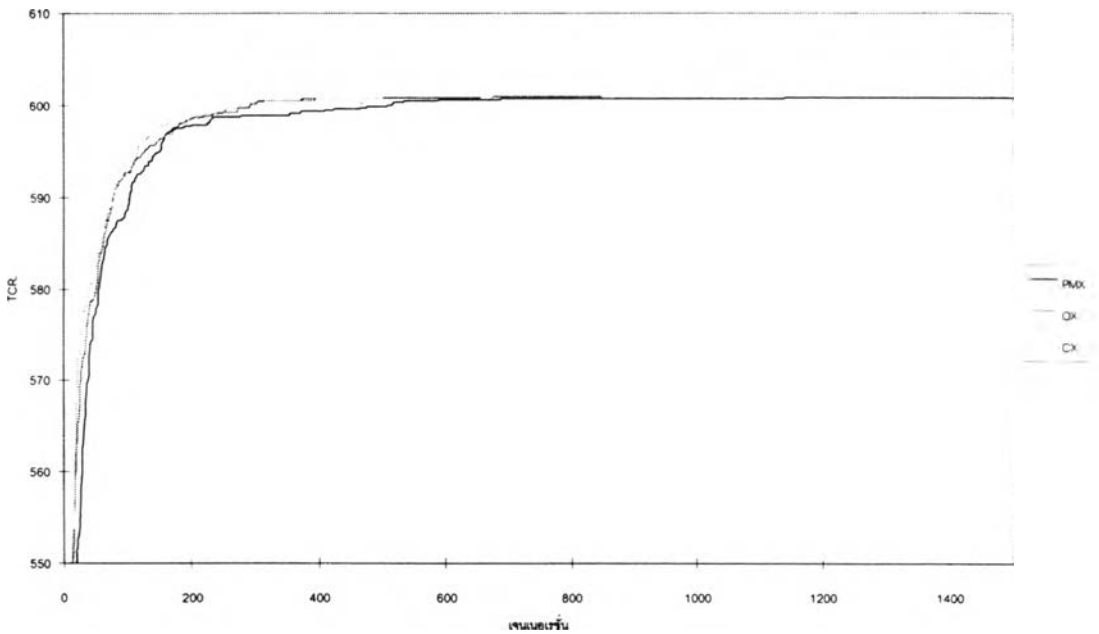
ผลของการทดลองในการหาคำตอบด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX แสดงดังตารางที่ 7.69

ตารางที่ 7.69 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเฉลี่ย ของปัญหาการจัดผังโรงงานด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX

	p_m														
	0.25					0.3					0.35				
	pC_{cx}					pC_{cx}					pC_{cx}				
Pop	0.34	0.37	0.4	0.43	0.46	0.34	0.37	0.4	0.43	0.46	0.34	0.37	0.4	0.43	0.46
5	82	214	202	109	109	143	143	139	81	81	241	156	316	316	714
	1178	207	256	279	133	70	175	70	53	62	949	315	315	657	119
10	35	28	396	299	293	96	135	17	60	60	95	92	50	848	119
	34	651	34	27	59	84	116	110	64	367	50	65	60	55	55
15	69	138	35	84	111	38	35	38	54	18	22	74	112	236	46
	2	2	2	31	2	54	63	92	12	121	38	72	32	51	29

ผลการทดลอง

จากการทดลองเปรียบเทียบการหาคำตอบของการครอสโอเวอร์ทั้งสามวิธี สามารถการเปรียบเทียบผลการครอสโอเวอร์ PMX, OX และ CX จากรูปที่ 7.21 จะเห็นได้ว่าการลู่เข้าหาคำตอบของ PMX ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของคำตอบมากที่สุดเป็น 600.9024 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 1459 การลู่เข้าหาคำตอบของ OX ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของคำตอบเป็น 601 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 1,093 การลู่เข้าหาคำตอบของ CX ได้คำตอบเป็น 601 ที่เจนเนอเรชั่นที่ 1,179 จะเห็นได้ว่าคำตอบที่พบมีค่าใกล้เคียงกัน แต่การลู่เข้าหาคำตอบของ CX เป็นไปอย่างรวดเร็วและพบคำตอบได้กว่า PMX การลู่เข้าหาคำตอบของ OX ทำให้พบคำตอบได้เร็ว



รูปที่ 7.21 เปรียบเทียบการลู่เข้าหาคำตอบของการครอสโอเวอร์แบบ PMX OX และ CX

การวิเคราะห์ทางสถิติ

โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน สามารถสรุปการวิเคราะห์ทางสถิติได้ดังตารางที่ 7.70 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบโดยเฉลี่ยของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีการครอสโอเวอร์ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ตารางที่ 7.70 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์วิธีการต่างๆ

แหล่งความแปรปรวน		ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
gen	วิธีการ	140066.7	2	70033.339	1.454	.236
	ความผิดพลาดแบบสุ่ม	1.3E+07	265	48177.781		
	รวม	1.3E+07	267			

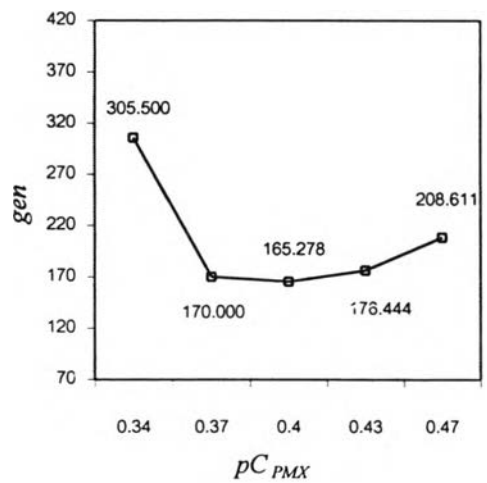
การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ PMX

เมื่อพิจารณาผลจากปัจจัย มิวเตชั่น, ครอสโอเวอร์แบบ PMX และ จำนวนประชากร ทางสถิติได้ผลดัง ตารางที่ 7.71 สรุปได้ว่าปัจจัยหลักของประชากร มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ โดยที่ *pop* เป็น 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05

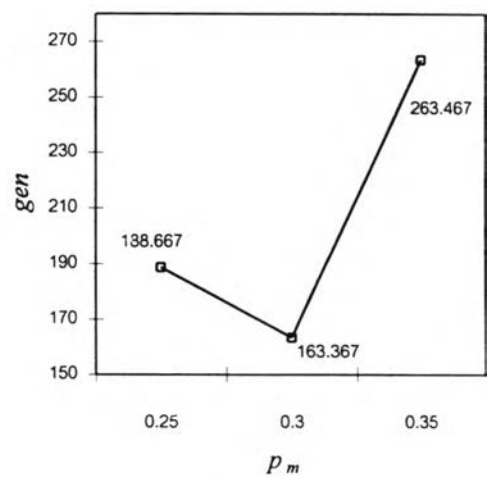
ตารางที่ 7.71 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX

แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	147087.4	2	73543.705	1.333	.275
pC_{PMX} (B)	224658.0	4	56164.492	1.018	.409
pop (C)	1471223	2	735611.6	13.33	.000
AB	404525.0	8	50565.627	.916	.513
AC	122883.9	4	30720.976	.557	.695
BC	600372.8	8	75046.596	1.360	.242
ABC	997640.7	16	62352.544	1.130	.316
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	2317625	42	55181.536		
รวม	6385912	86			

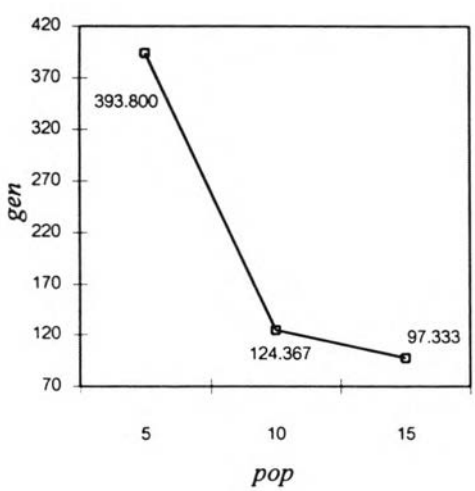
ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยสามารถนำคำตอบมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้



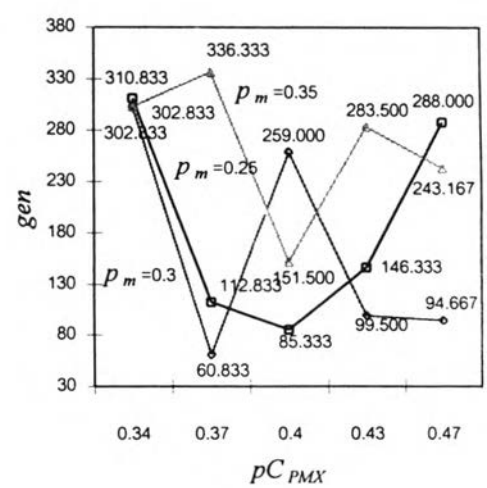
ก)



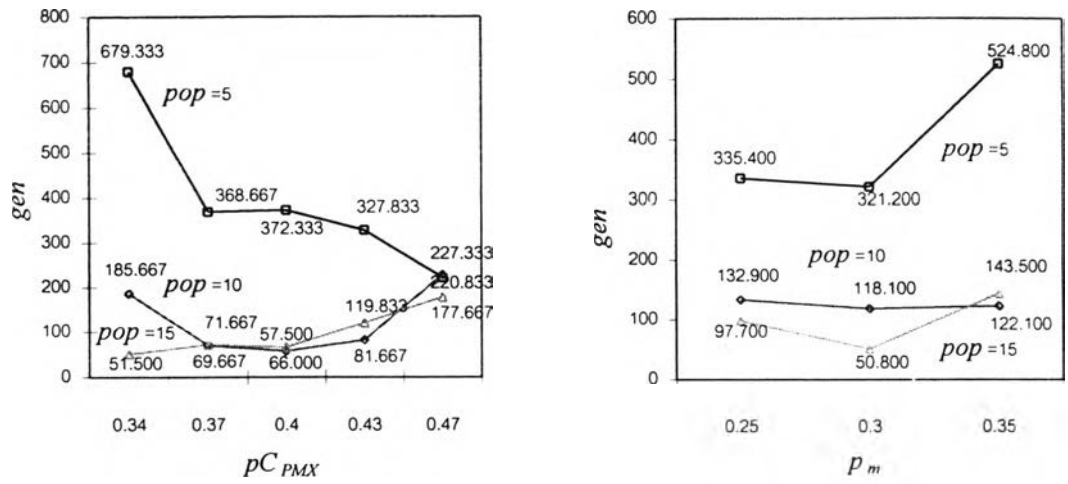
ข)



ค)



ง)



จ)　　ฉ)

รูปที่ 7.23 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเฉลี่ยของการครอสโอเวอร์แบบ PMX

รูปที่ 7.23 ก) แสดงถึง *gen* ที่พบคำตอบเฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก pC_{PMX} เป็น 0.34, 0.37, 0.4 0.43 และ 0.47 เมื่อค่า pC_{PMX} มีค่าเป็น 0.4 ทำให้ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 165.276 เมื่อ pC_{PMX} เพิ่มมากขึ้นหรือลดลงจาก 0.4 ทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่ามากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อ pC_{PMX} เปลี่ยนไปก็ไม่อาจทำให้ *gen* ที่พบคำตอบเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.23 ข) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก p_m เป็น 0.25, 0.3 และ 0.35 เมื่อค่า p_m เป็น 0.35 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าเป็น 163.367 เมื่อค่า p_m เพิ่มมากขึ้นหรือลดลงจาก 0.3 ทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่ามาก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อ p_m เปลี่ยนไปก็ไม่อาจทำให้ *gen* ที่พบคำตอบเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.23 ค) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก *pop* เป็น 5, 10 และ15 ค่า *gen* เฉลี่ยของมีค่าลดลงเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นหรือมีพบคำตอบเร็วขึ้น เมื่อ *pop* เป็น 15 ทำให้ได้ *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 97.333 และเมื่อ p_m เปลี่ยนไปทำให้ *gen* ที่พบคำตอบเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.23 ง) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยร่วมระหว่าง pC_{PMX} และ p_m จะเห็นได้ว่าค่า p_m มีค่าเป็น 0.03 และ pC_{PMX} เป็น 0.5ผลทำให้ได้ค่า *gen* เฉลี่ยน้อยที่สุดเป็น 60.833 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อปฏิสัมพันธ์ของ p_m และ pC_{PMX} เปลี่ยนไปก็ไม่อาจทำให้ *gen* ที่พบคำตอบเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 7.23 จ) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยร่วมระหว่าง pC_{PMX} และ *pop* จะเห็นได้ว่าค่า *pop* มีค่าเป็น 15 และ pC_{PMX} เป็น 0.34ผลทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 51.5 เมื่อ pC_{PMX} มีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่ามากขึ้น เมื่อ *pop* มีค่าเป็น 10 ทำให้ได้ *gen* เฉลี่ยมี

ค่าน้อยเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อปฏิสัมพันธ์ของ *pop* และ pC_{PMX} เปลี่ยนไปก็ไม่อาจทำให้ *gen* ที่พบคำตอบเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

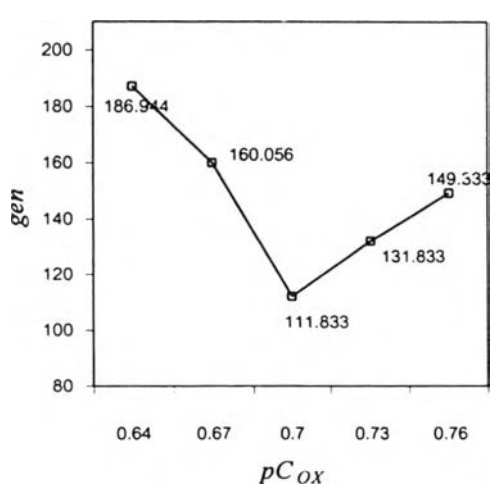
รูปที่ 7.23 ฉ) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยร่วมระหว่าง *pop* และ p_m เมื่อ p_m เป็น 0.3 และ *pop* มีค่าเป็น 15 ค่า *gen* เฉลี่ยมีน้อยที่สุดเป็น 50.8 เมื่อ *pop* มีค่าเป็น 5 ทำให้ *gen* เฉลี่ยค่ามาก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อปฏิสัมพันธ์ของ *pop* และ p_m เปลี่ยนไปก็ไม่อาจทำให้ *gen* ที่พบคำตอบเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ OX

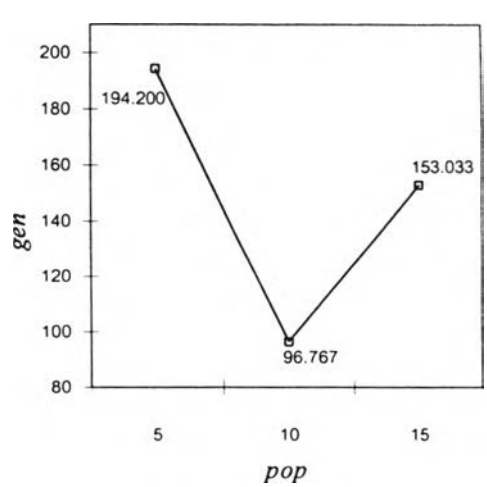
เมื่อพิจารณาผลจากปัจจัยต่างๆทางสถิติ ดังตารางที่ 7.72 สรุปได้ว่าไม่มีปัจจัยใด มีผลทำให้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 7.72 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX

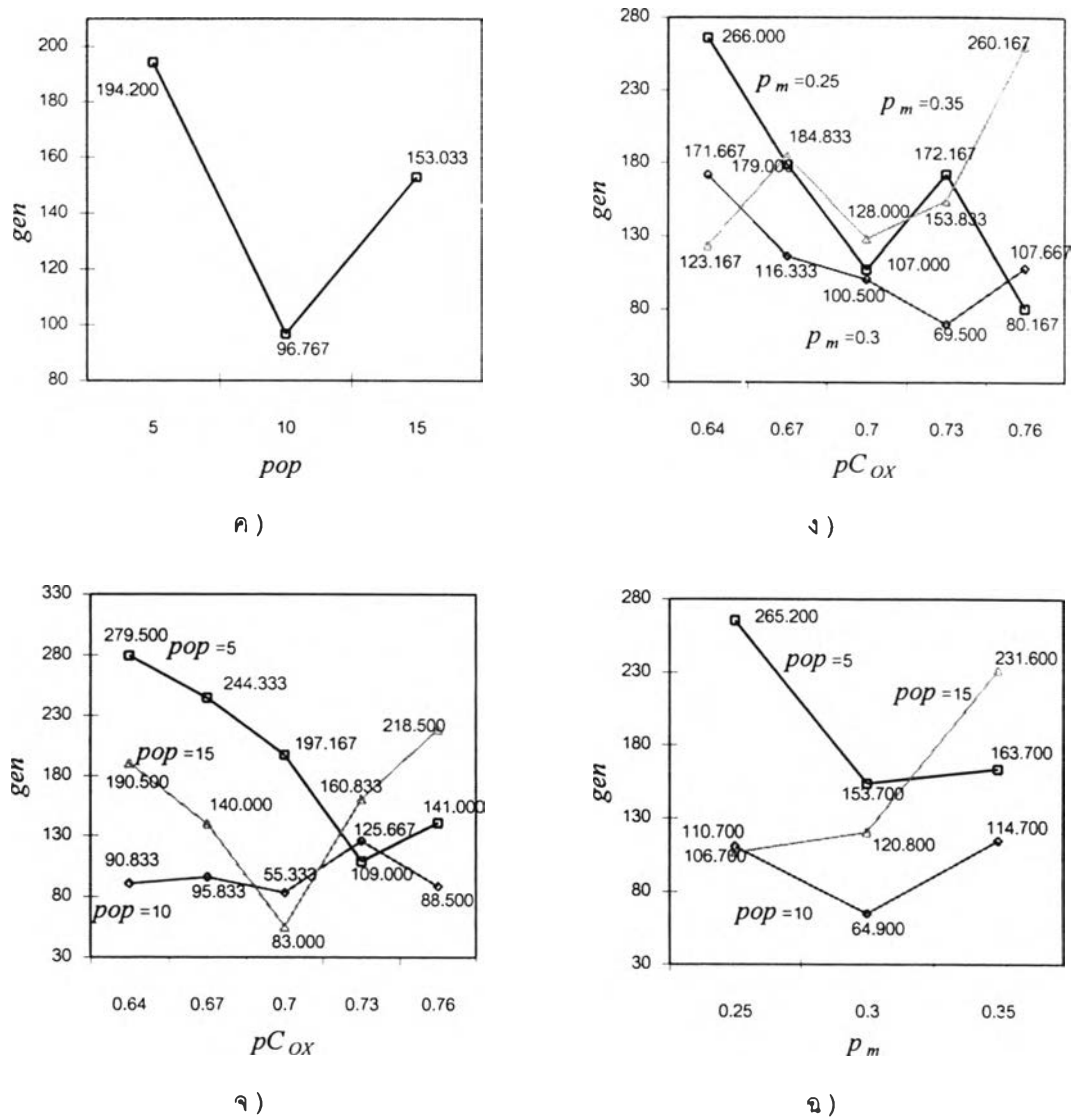
แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	55957.067	2	27978.533	1.040	.362
pC_{OX} (B)	58197.111	4	14549.278	.541	.076
pop (C)	143538.9	2	71769.433	2.668	.080
AB	175935.8	8	21991.978	.818	.591
AC	129055.1	4	32263.767	1.199	.324
BC	160696.7	8	20087.086	.747	.650
ABC	567019.4	16	35438.711	1.317	.229
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	1210502	45	26900.044		
รวม	2500902	89			



ก)



ข)



รูปที่ 7.24 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเฉลี่ย จากการครอสโอเวอร์แบบ OX

สามารถวิเคราะห์ถึงค่า *gen* เฉลี่ยของแต่ละระดับปัจจัยได้ดังรูป 7.24 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รูปที่ 7.24 ก) แสดงถึงค่าเนอเนอเรชั่นที่พบคำตอบเฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก pC_{OX} เป็น 0.64, 0.67, 0.7, 0.73 และ 0.76 เมื่อค่า pC_{OX} มีค่าเป็น 0.7 ทำให้ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 111.833 เมื่อ pC_{OX} เพิ่มมากขึ้นหรือลดลงจาก 0.4 ทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่ามากขึ้น

รูปที่ 7.24 ข) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก p_m เป็น 0.25, 0.3 และ 0.35 เมื่อค่า p_m เป็น 0.3 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าเป็น 113.133 เมื่อค่า p_m เพิ่มมากขึ้นหรือลดลงจาก 0.3 ทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่ามากขึ้น

รูปที่ 7.24 ค) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก *pop* เป็น 5 10 และ15 เมื่อค่า *pop* เป็น 10 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าเป็น 96.767 เมื่อค่า *pop* เพิ่มมากขึ้นหรือลดลงจาก 10 ทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่ามากขึ้น

รูปที่ 7.24 ง) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยร่วมระหว่าง pC_{OX} และ p_m จะเห็นได้ว่าค่า p_m มีค่าเป็น 0.3 และ pC_{OX} เป็น 0.73 ผลทำให้ได้ค่า *gen* เฉลี่ยน้อยที่สุดเป็น 69.5 และเมื่อ p_m มีค่าเป็น 0.3 ทำให้ค่า *gen* เฉลี่ยทั้งหมดมีค่าน้อย

รูปที่ 7.24 จ) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยร่วมระหว่าง pC_{OX} และ *pop* จะเห็นได้ว่าค่า *pop* มีค่าเป็น 15 และ pC_{OX} เป็น 0.7 ผลทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 83 เมื่อ pC_{OX} มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงกว่า 0.7 ทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่ามากขึ้น เมื่อ *pop* มีค่าเป็น 10 ทำให้ได้ *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยเช่นกัน

รูปที่ 7.24 ฉ) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยร่วมระหว่าง *pop* และ p_m เมื่อ p_m เป็น 0.3 และ *pop* มีค่าเป็น 10 ค่า *gen* เฉลี่ยมีน้อยที่สุดเป็น 64.9 เมื่อ *pop* มีค่าเป็น 5 และ 10 ทำให้ *gen* เฉลี่ยค่ามาก

<u>การวิเคราะห์ผลของปัจจัยจากการครอสโอเวอร์แบบ CX</u>

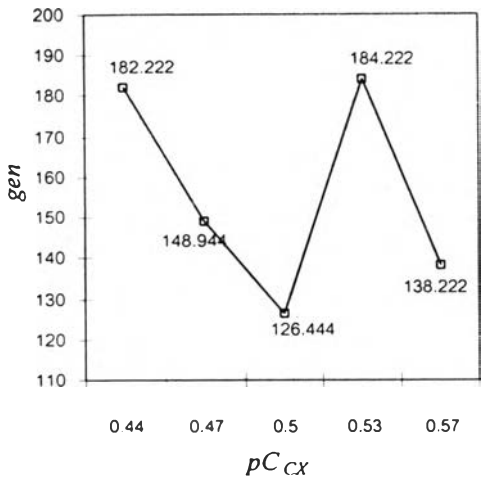
เมื่อพิจารณาผลจากปัจจัย มิวเตชั่น, ครอสโอเวอร์แบบ CX และ จำนวนประชากร ทางสถิติได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.73 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX

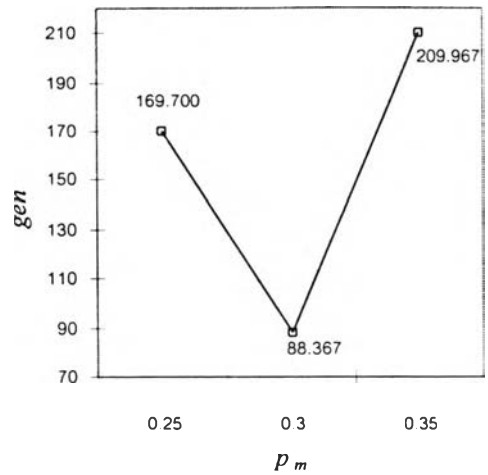
แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง	ดีกรีของความอิสระ	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F	Sig
p_m (A)	230230.8	2	115115.4	2.784	0.72
pC_{CX} (B)	49022.267	4	12255.567	.296	.879
pop (C)	637480.0	2	318740.0	7.708	.001
AB	231665.1	8	28958.142	.7	.689
AC	277648.9	4	69412.228	1.679	.172
BC	303017.9	8	37877.233	.916	.512
ABC	290354.5	16	18147.158	.439	.234
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	1860494	45	41350.967		
รวม	3880213	89			

จากตารางที่ 7.73 สรุปได้ว่าปัจจัยขอจำนวนประชากร มีผลทำให้ค่า TCR เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

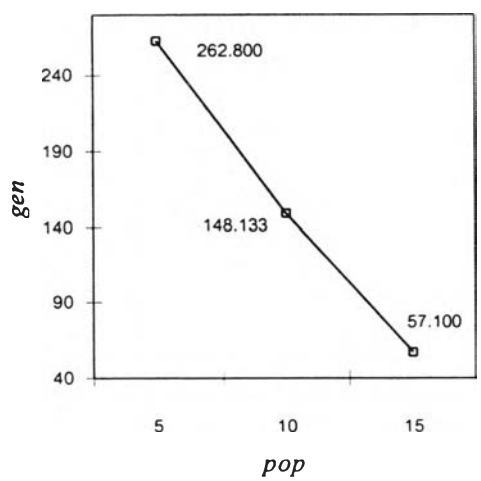
ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยสามารถนำคำตอบมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้



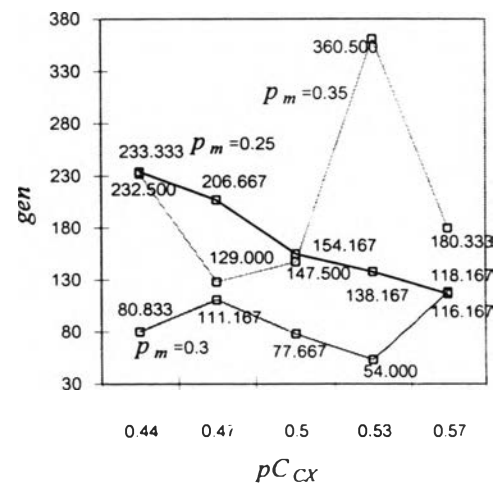
ก)



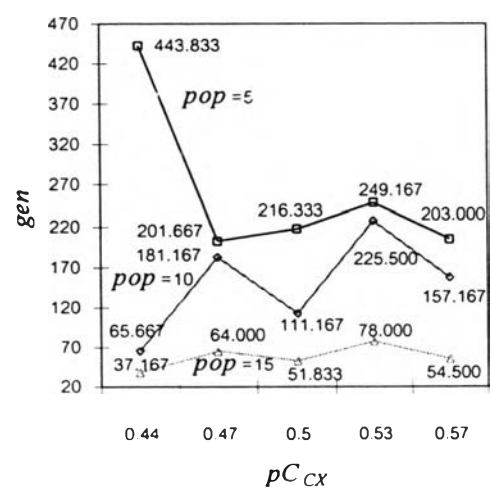
ข)



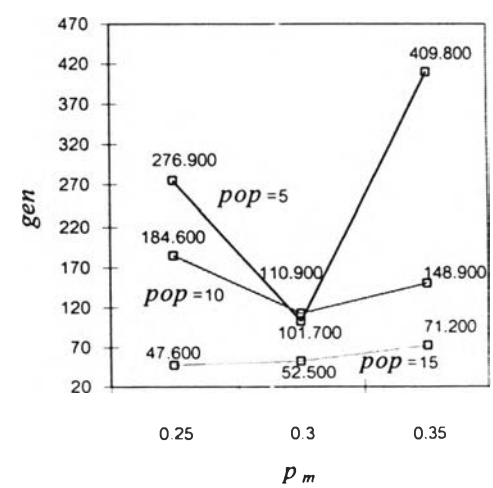
ค)



ง)



จ)



ฉ)

รูปที่ 7.25 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเฉลี่ย จากการครอสโอเวอร์แบบ CX

รูปที่ 7.25 ก) แสดงถึงค่า *gen* ที่พบคำตอบเฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก pC_{CX} เป็น 0.44, 0.47, 0.5, 0.53 และ 0.57 เมื่อค่า pC_{CX} มีค่าเป็น 0.5 ทำให้ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 126.444 เมื่อ pC_{CX} เพิ่มมากขึ้นหรือลดลงจาก 0.5 ทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่ามากขึ้น

รูปที่ 7.25 ข) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก p_m เป็น 0.25, 0.3 และ 0.35 เมื่อค่า p_m เป็น 0.3 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าเป็น 88.367 เมื่อค่า p_m เพิ่มมากขึ้นหรือลดลงจาก 0.3 ทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่ามากขึ้น

รูปที่ 7.25 ค) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยหลัก *pop* เป็น 5, 10 และ15 เมื่อค่า *pop* เป็น 5 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าเป็น 262.8 และเมื่อค่า *pop* เป็น 15 ได้ค่า *gen* เฉลี่ยมีค่าเป็น 57.1

รูปที่ 7.25 ง) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยร่วมระหว่าง pC_{CX} และ p_m จะเห็นได้ว่าค่า p_m มีค่าเป็น 0.3 และ pC_{CX} เป็น 0.53 ผลทำให้ได้ค่า *gen* เฉลี่ยน้อยที่สุดเป็น 54.000 และเมื่อ p_m มีค่าเป็น 0.3 ทำให้ค่า *gen* เฉลี่ยทั้งหมดมีค่าน้อย

รูปที่ 7.25 จ) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยร่วมระหว่าง pC_{CX} และ *pop* จะเห็นได้ว่าค่า *pop* มีค่าเป็น 15 และ pC_{CX} เป็น 0.44 ผลทำให้ *gen* เฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดเป็น 37.167 เมื่อ *pop* มีค่าเป็น 5 ทำให้ได้ *gen* เฉลี่ยมีค่ามาก

รูปที่ 7.25 ฉ) แสดงถึงค่า *gen* เฉลี่ย เมื่อแปรค่าปัจจัยร่วมระหว่าง *pop* และ p_m เมื่อ p_m เป็น 0.25 และ *pop* มีค่าเป็น 15 ค่า *gen* เฉลี่ยมีน้อยที่สุดเป็น 47.6 เมื่อ *pop* มีค่าเป็น 5 และ 10 ทำให้ *gen* เฉลี่ยค่ามาก

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการครอสโอเวอร์แบบ PMX มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการครอสโอเวอร์แบบ OX และ CX แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเฉลี่ยของวิธีการครอสโอเวอร์ทั้งสามวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญ 5% สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX คือ *pop* ปัจจัยที่มีผลต่อ TCR ของวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX คือ *pop* ดังนั้นในการนำไปใช้งานควรกำหนดค่าปัจจัยเหล่านี้ให้เหมาะสม

7.2 สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ GAs ในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลทางด้านคุณภาพกับปัญหาการจัดผังโรงงานแบบ TCR ที่พิจารณาถึงค่าความใกล้ชิดระหว่างแผนก

(Total Cloness Rating with Adjacent Department) และ ปัญหาการจัดผังโรงงานแบบ TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก (Total Cloness Rating with Distance Between Department) โดยให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล และระดับคะแนนแบบเชิงเส้น จากการทดลองพบว่า คำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีกว่าการใช้ฮิวริสติก

แต่จากการทดลองพบว่า จำนวนประชากรควรกำหนดไม่ให้มีจำนวนมากจนเกินไป (ประมาณ 100) เนื่องจาก ถ้าจำนวนประชากรมากเกินไปแล้วจะทำให้กระบวนการคัดเลือกสตริง (รีโปรดักชั่น) แบบวงล้อรูลเล็ทมีโอกาสที่จะทำงานผิดพลาดสูง หรือคัดเลือกสตริงที่มีค่าฟิตเนสต่ำ ดังนั้นในการนำ GAs ไปช่วยในการหาคำตอบควรทำการศึกษาเบื้องต้นก่อน และเมื่อวิเคราะห์ผลของปัจจัยต่างๆพบว่า การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแต่ละปัจจัยมีผลต่อคำตอบที่ได้และระยะเวลาในการหาคำตอบ แต่ปัจจัยที่มีความไวต่อต่อคำตอบที่ได้และระยะเวลาในการหาคำตอบ คือ จำนวนประชากรและค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ดังนั้นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะทำให้ได้คำตอบที่ดีและรวดเร็ว และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของโอเปอร์เรเตอร์ต่างๆกับปัญหาที่แตกต่างกันจะแตกต่างกันออกไป จากการทดลองค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานควรมีค่าดังต่อไปนี้ (ในกรณีปัญหาขนาด 10 สถานี)

จำนวนประชากร มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 10-15

ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ PMX มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.3 – 1.0

ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ OX มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.1 – 0.7

ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ CX มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.5 – 1.0

ค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.01 – 0.3