บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

การทดลองและผลการทดลอง

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติจะช่วยให้ทราบถึงประสิทธิภาพอย่างแท้จริงของแต่ละวิธีหรือขั้นตอนวิธี ในการวิจัยนี้ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

1. การทดลองที่ 1 การทดลองการศึกษาปัจจัยและค่าระดับปัจจัยของขั้นตอนวิธี

1.1 การออกแบบการทดลองที่ 1

การทดสอบเพื่อหาปัจจัยและระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดของขั้นตอนวิธีเจนิติก (Genetic Algorithms) และเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง (Shuffle Frog Leaping Algorithms) โดยจะนำขั้นตอนวิธีดังกล่าวไปทดสอบหาค่าสูงสุดให้กับสมการฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่คัดเลือกมาจากฟังก์ชันทดสอบในบทที่ 2 จำนวน 2 สมการคือ 1. ฟังก์ชันทดสอบของทอดด์ (Todd's function) เป็นสมการแบบ 2 มิติ (todd, 1997) และ 2. สมการพาราโบลิก (Parabolic Function) เป็นสมการแบบ 3 มิติ (Sempattarachai and Luangpaiboon, 2005) ซึ่งจะนำค่าคำตอบที่ได้จากแต่ละระดับปัจจัยมาทดสอบสถิติ การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อหาข้อสรุปว่าระดับปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการหาค่าคำตอบของขั้นตอนวิธีดังกล่าว และหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมของแต่ละขั้นตอนวิธี

1.1.1 การทดสอบระดับปัจจัยของขั้นตอนวิธีเจนิติก (Genetic Algorithms)

ปัจจัยของขั้นตอนวิธีเจนิติกที่พิจารณา คือ ขนาดของประชากร (Population Size: Pop), จำนวนรุ่น (Number of Generations: Gen), ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (Probability of Crossover: PC), ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (Probability of Mutation: PM) และนอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยรูปแบบการสลับสายพันธุ์ 4 แบบ โดยเลือก One Point, Two Points, Position Based และ Alternating Edges และรูปแบบการกลายพันธุ์ 4 แบบ โดยเลือก Center Inverse, Adjacent Two Genes Change, Shift Change และ Three Genes Adjacent Swap วิธีการทดสอบเป็นการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) ร่วมกับวิธีทดลองแบบวิธีลาตินสแควร์ (Latin Squares) (Montgomery, 1997) ในการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่ใช้คือแบบ 2^{k-1} เมื่อ k คือจำนวนปัจจัย ซึ่งปัจจัยและระดับปัจจัยต่างๆ ได้แสดงในตาราง 4 สำหรับการออกแบบการทดลองโดยวิธีลาตินสแควร์จะใช้อักษร A ถึง D เป็นสัญลักษณ์แทนระดับปัจจัยต่างๆ ตามตาราง 3 เพื่อนำไปทดสอบกับปัจจัยที่เหลือคือวิธีการสลับสายพันธุ์และ

วิธีการกลายพันธุ์อย่างละ 4 แบบ ดังตาราง 5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าจะต้องทำการทดลอง 16 ครั้งต่อการทำซ้ำ 1 ครั้ง ดังนั้นถ้ากำหนดการทำซ้ำ 5 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งให้ใช้หมายเลขสุ่มเริ่มต้นแตกต่างกัน จะทำให้เกิดการทดลองทั้งสิ้น 16 x 5 = 80 การทดลอง ทั้งนี้ระดับปัจจัยที่นำมาพิจารณาในบทความวิจัยนี้อยู่บนพื้นฐานของการทดสอบโปรแกรมและรายงานการวิจัยในอดีต (Gyori, et al., 2001; Murata, et al., 1996; Nearchou, 2004; Pongcharoen, et al., 2002)

ตาราง 4 ปัจจัยและค่าระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเชิงแฟกทอเรียล

ปัจจัย (Factor)	ระดับของปัจจัย (Levels)	
	ต่ำ (-)	สูง (+)
ขนาดของประชากรคูณกับจำนวนรุ่น (Pop*Gen)	10*40	40*10
ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (PC)	0.1	0.9
ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (PM)	0.1	0.9

ตาราง 5 แสดงตารางการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin Square)

COP / MOP	One Point	Two Points	Position Based	Alternating Edges
Center Inverse	A	D	C	B
Adjacent Two Genes Change	B	A	D	C
Shift Change	C	B	A	D
Three Genes Adjacent Swap	D	C	B	A

1.1.2 การทดสอบระดับปัจจัยของเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง (Shuffle Frog Leaping Algorithms)

การทดลองศึกษาค่าระดับปัจจัยของเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิงที่ใช้ในขั้นตอนวิธีมีมีติก จะมีปัจจัยที่พิจารณาได้แก่ จำนวนการแบ่งกลุ่มของกบ (Number of Memeplexes) และจำนวนการทำซ้ำของความพยายามในการปรับปรุงค่าความเหมาะสมหรือความแข็งแรง (Fitness) ของกบตัวที่มีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุดในแต่ละกลุ่ม (Number of

Iterations) โดยในแต่ละปัจจัยมีระดับของปัจจัยที่ 3 ระดับ คือ ต่ำ กลาง และสูง ดังแสดงตาราง 6 สำหรับระดับปัจจัยที่เหมาะสมของขั้นตอนวิธีเจนิติกนั้นผู้วิจัยจะนำระดับปัจจัยที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลอง 1.1.1 มาใช้ในการทดสอบนี้ โดยการออกแบบการทดลองนี้เป็นแบบแฟกทอเรียลสมบูรณ์ (Full Factorial Design) ดังนั้น การทดลองนี้จึงเป็นแบบ $3^2 = 9$ การทดลองต่อ 1 การทดลองที่มีเลขเริ่มต้นของการสุ่มที่แตกต่างกัน โดยค่าระดับปัจจัยกลาง นั้นสามารถดูได้จากงานทบทวนวรรณกรรมของ (Amiri et al., 2007) เพื่อให้การทดลองเป็นไปอย่างครอบคลุมในค่าระดับปัจจัยต่ำ จะคำนวณจากครึ่งหนึ่งของค่าระดับปัจจัยกลาง และค่าระดับปัจจัยสูงให้เพิ่มค่าจากค่ากลางขึ้นอีก 1 เท่าของค่ากลาง

ตาราง 6 แสดงช่วงการตั้งค่าระดับปัจจัยของเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกปิง

ปัจจัย (Factor)	ระดับของปัจจัย (Levels)		
	ต่ำ (-)	กลาง (0)	สูง (+)
จำนวนของการแบ่งกลุ่ม (Memeplexes)	3	5	10
จำนวนการปรับปรุงของกบตัวที่แย่ที่สุด (Iterations)	25	50	100

1.2 ผลการทดลองที่ 1

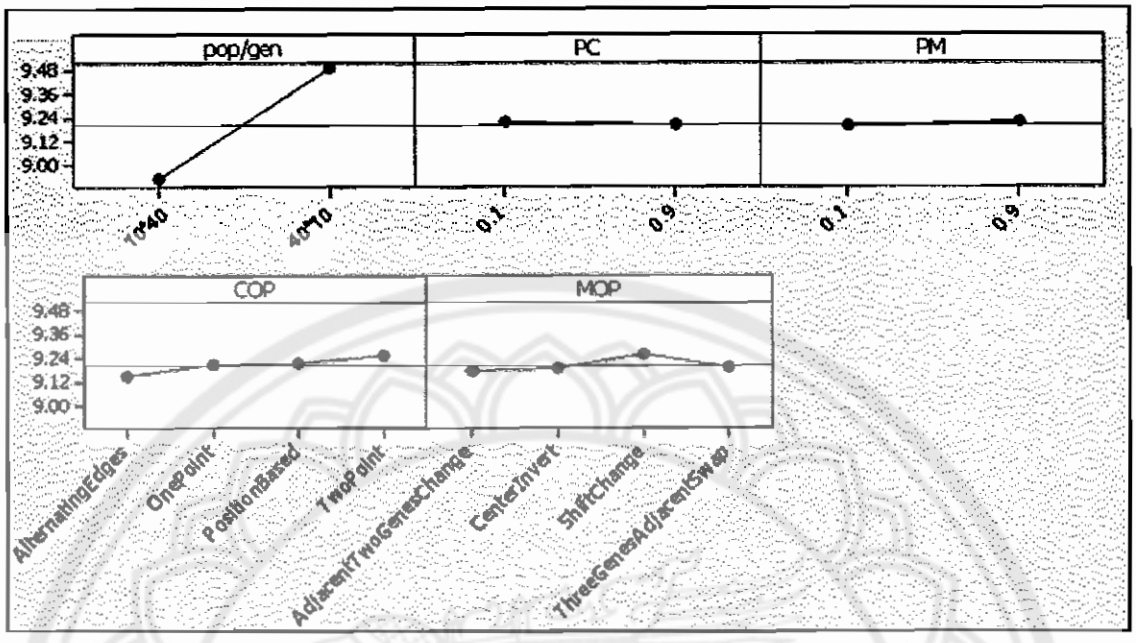
1.2.1 ผลการทดสอบระดับปัจจัยของขั้นตอนวิธีเจนิติก (Genetic Algorithms)

หลังจากทำการทดลองตามที่ออกแบบไว้ สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปทดสอบสถิติ การวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ในรูปแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (General Liner Model) ซึ่งได้ผลดังตาราง 7 จะพบว่า สมการที่ 1 และสมการที่ 2 ตามสมการฟังก์ชันที่คัดเลือกมาทดสอบนั้นค่าขนาดของประชากรคูณกับจำนวนรุ่น (Pop*Gen) นั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ทำให้ทราบว่าปัจจัยนี้ของขั้นตอนวิธีเจนิติกมีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบของปัญหาสมการคณิตศาสตร์ทั้ง 2 สมการ นอกจากปัจจัยนี้แล้ว ปัจจัยที่เหลือมีค่า P มากกว่า 0.05 ทำให้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

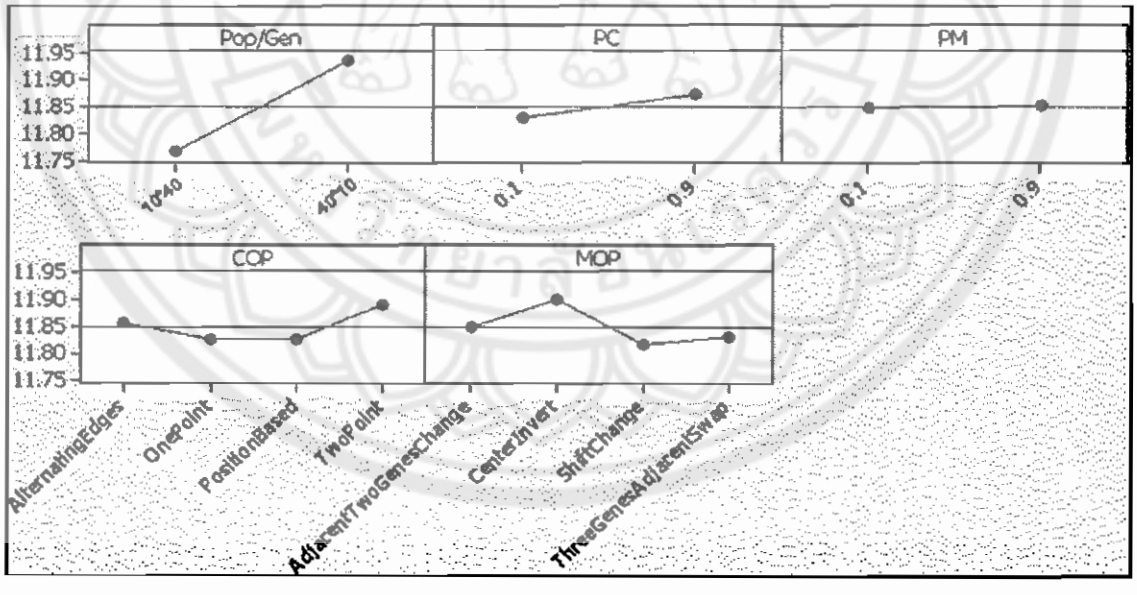
ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักของขั้นตอนวิธีเจนิติก

Source	DF	สมการที่ 1		สมการที่ 2	
		F	P	F	P
Pop*Gen	1	14.51	0.000	25.61	0.000
PC	1	1.02	0.315	0.01	0.934
PM	1	0.01	0.915	0.04	0.850
COP	3	0.50	0.685	0.15	0.926
MOP	3	0.68	0.567	0.13	0.942
Error	59				
Total	79				

จากกราฟแสดงผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ของขั้นตอนวิธีเจนิติกในการทดสอบหาค่าสูงสุดของฟังก์ชันทดสอบทั้งสองพบว่า สมการทดสอบที่ 1 สามารถสรุปได้ว่า ค่าขนาดของประชากรคูณกับจำนวนรุ่น (Pop*Gen) ควรใช้ค่าที่ 40*10, ค่าความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (PC) ควรใช้ที่ 0.9, ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (PM) นั้นไม่มีผลสามารถใช้ค่าระดับปัจจัยใดก็ได้, การสลับสายพันธุ์ (COP) ในการทดลองนี้ควรใช้ Two points, การกลายพันธุ์ (MOP) ควรใช้ Centre Inverse ดังแสดงไว้ในกราฟภาพ 32 และสมการทดสอบที่ 2 สามารถสรุปได้ว่า ค่าขนาดของประชากรคูณกับ จำนวนรุ่น (Pop*Gen) ควรใช้ค่าที่ 40*10, ค่าความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (PC) และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (PM) ในการทดลองนี้ ไม่มีผลสามารถใช้ค่าระดับปัจจัยใดก็ได้ การสลับสายพันธุ์ (COP) ในการทดลองนี้ควรใช้ Two points และ การกลายพันธุ์ (MOP) ควรใช้ Shift Change ดังแสดงไว้ในกราฟภาพ 33



ภาพ 32 กราฟแสดงผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ของขั้นตอนวิธีเจนิติก ในการหาค่าสูงสุดของสมการทดสอบที่ 1

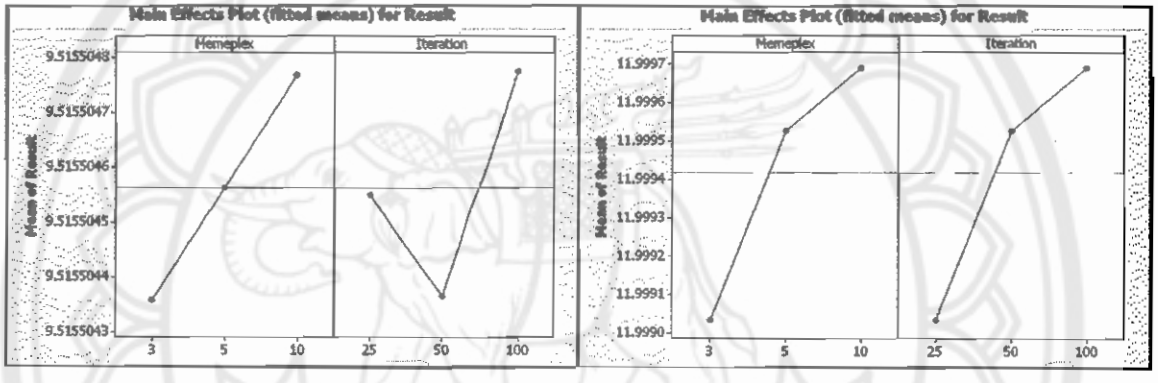


ภาพ 33 กราฟแสดงผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ของขั้นตอนวิธีเจนิติก ในการหาค่าสูงสุดของสมการทดสอบที่ 2

1.2.2 ผลการทดสอบระดับปัจจัยของเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง (Shuffle Frog Leaping Algorithms) ที่ใช้ในขั้นตอนวิธีมีมีติก

จากการนำผลการทดลองในการหาค่าสูงสุดของสมการทดสอบทั้งสองสมการไปทดสอบค่าทางสถิติ การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) พบว่า จำนวนของการแบ่งกลุ่ม และจำนวนของการทำซ้ำในการพยาพยามปรับปรุงกบตัวที่มีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุดของแต่ละกลุ่ม ทั้งสองไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากกราฟแสดงผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ในภาพ 34 สามารถสรุปได้ว่า จำนวนของการแบ่งกลุ่มควรกำหนดไว้ที่ 10 และจำนวนของการทำซ้ำในการพยาพยามปรับปรุงกบตัวที่มีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุดของแต่ละกลุ่มควรกำหนดไว้ที่ 100



(a) กรณีสมการทดสอบที่ 1 (b) กรณีสมการทดสอบที่ 2

ภาพ 34 แสดงผลกระทบจากปัจจัยหลักของวิธีมีมีติก (Main Effect Plot)

จากผลสรุปที่ได้จากการทดลองที่ 1 ผู้วิจัยจะนำผลนั้นไปใช้ในการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของแต่ละขั้นตอนวิธีตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ต่อไป สำหรับค่าระดับปัจจัยอื่นๆ บางค่าที่ยังไม่ได้กล่าวถึงหรือยังไม่ได้ทำการทดลองนั้นผู้วิจัยจะกำหนดระดับปัจจัยให้เท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่าปัจจัยของขั้นตอนวิธีที่ได้กล่าวไว้แล้ว เพื่อให้การทำงานของแต่ละขั้นตอนวิธีมีโอกาสได้ใกล้เคียงกันในการหาค่าผลเฉลย เพื่อไม่ให้เกิดการเอนเอียง (Bias) ของผลการทดลองในการทดสอบค่าทางสถิติ

2. การทดลองที่ 2 การทดสอบหาลักษณะหรือรูปแบบการทำงานของขั้นตอนวิธีเจนิติกร่วมกับการค้นหาแบบเฉพาะที

2.1 การออกแบบการทดลองที่ 2

การทดสอบหาลักษณะหรือรูปแบบการทำงานของขั้นตอนวิธีเจนิติกร่วมกับการค้นหาแบบเฉพาะทีแพร์ไวส์อินเตอร์เชนจ์ (Pair-wise Interchange) และการค้นหาแบบเฉพาะที่

ด้วยเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง (Shuffle Frog Leaping Algorithms) กระบวนการทำงานของขั้นตอนวิธีเจนิติกจะแบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลัก คือ การสร้างประชากรเริ่มต้น การสลับสายพันธุ์ การกลายพันธุ์ การประเมินค่าความแข็งแรง และการคัดสรร ซึ่งในแต่ละกระบวนการดังกล่าวนี้จะสามารถแทรกการค้นหาแบบเฉพาะที่เข้าไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของประชากรได้ แต่ยังสรุปไม่ได้ว่าจะต้องแทรกในกระบวนการใดถึงจะมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นผู้วิจัยจะทำการทดลองแทรกการค้นแบบเฉพาะที่ในแต่ละส่วนและทดลองแทรกทุกส่วนพร้อมกัน เพื่อหาว่ารูปแบบใดจึงจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดของฟังก์ชันทดสอบทั้ง 11 ฟังก์ชันตามที่ได้กล่าวในบทที่ 2 ซึ่งในแต่ละฟังก์ชันทดสอบจะใช้กลุ่มตัวอย่างของผลเฉลยมาพิจารณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอย่างน้อย 30 ตัวอย่างในแต่ละรูปแบบ เพื่อหาข้อสรุปของรูปแบบการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 ผลการทดลองที่ 2

จากการนำขั้นตอนวิธีเจนิติกที่ทำงานร่วมกับการค้นหาแบบเฉพาะที่แพร์ไวส์อินเตอร์เชนจ์ (Pair-wise Interchange) และการค้นหาแบบเฉพาะที่ด้วยเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง (Shuffle Frog Leaping Algorithms) ไปทดลองค้นหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดให้กับฟังก์ชันทดสอบทั้งหมด 11 ฟังก์ชัน โดยแต่ละฟังก์ชันจะใช้ค่าเริ่มต้นของการสุ่ม (seed number) สำหรับแต่ละขั้นตอนวิธี จำนวน 30 ค่า ดังนั้นใน 1 ฟังก์ชันทดสอบจะได้ค่าผลเฉลย 30 ผลเฉลย ต่อ 1 รูปแบบของขั้นตอนวิธีเจนิติกที่ทำงานร่วมกับการค้นหาแบบเฉพาะที่ ซึ่งค่าของผลเฉลยทั้ง 30 ค่าจะนำมาพิจารณาประสิทธิภาพของแต่ละรูปแบบจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงไว้ในตาราง 8-18 ซึ่งจะพิจารณาเห็นได้ว่าสำหรับปัญหาที่ต้องการหาค่าสูงสุด (ตาราง 8-11 และ 13-17) ขั้นตอนวิธีเจนิติกที่แทรกการค้นหาแบบเฉพาะที่ในทุกกระบวนการทำงานพร้อมกัน จะได้ค่าเฉลี่ยของผลเฉลยสูงกว่าแทรกทีละกระบวนการทำงาน และสำหรับปัญหาที่ต้องการค่าต่ำสุด (ตาราง 12 และ 18) ขั้นตอนวิธีเจนิติกที่แทรกการค้นหาแบบเฉพาะที่ในทุกกระบวนการทำงานพร้อมกัน จะได้ค่าเฉลี่ยของผลเฉลยต่ำกว่าแทรกทีละกระบวนการทำงาน

สำหรับการทำงานของการค้นหาแบบเฉพาะที่ร่วมกับทุกส่วนของขั้นตอนวิธีเจนิติกพร้อมกัน นอกจากจะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของผลเฉลยที่ดีกว่าแล้ว ค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานยังมีค่าน้อยที่สุดอีกด้วย นั่นหมายความว่าค่าของผลเฉลยที่สามารถค้นหาได้ทั้ง 30 ค่า มีค่าใกล้เคียงกันมากไม่แตกต่างกันมาก แต่ในความสามารถที่หาผลเฉลยเฉลี่ยได้ดีนั้น ก็ต้องการเวลาที่มากตามไปด้วยเช่นกัน

ตาราง 8 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 1 ฟังก์ชันทดสอบของทอดด์ (Todd's function) ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x) = 9.515504816

	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
PI ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	9.515504085	0.000007682	9.512825427	0.028158138	0.006862855	0.075441813
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	9.515504546	0.000002837	9.515406611	0.001032052	0.000301262	0.657612267
การกลายพันธุ์ ของ GA	9.515504776	0.000000420	9.515350737	0.001619241	0.000473254	0.472345867
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	9.515504768	0.000000504	9.515420472	0.000886385	0.000243765	0.717698667
การคัดสรร ของ GA	9.515504815	0.000000011	9.515423955	0.000849782	0.000147777	0.805491573
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	9.515504816	0.000000000	9.515482454	0.000235006	0.000102296	4.137950080
SFL ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	9.515504816	0.000000000	9.515501469	0.000035174	0.000009073	0.264380160
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	9.515504816	0.000000000	9.515504701	0.000001209	0.000000250	2.258581013
การกลายพันธุ์ ของ GA	9.515504816	0.000000000	9.515504767	0.000000515	0.000000177	2.249234240
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	9.515504816	0.000000000	9.515504767	0.000000515	0.000000177	2.253240000
การคัดสรร ของ GA	9.515504816	0.000000000	9.515504683	0.000001398	0.000000415	2.258247200
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	9.515504816	0.000000000	9.515504815	0.000000011	0.000000250	9.077385973

ตาราง 9 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 2 สมการบรานิน (Branin Function) ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 5.150395778

	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
PI ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	5.147187703	0.062287932	5.103600828	0.908569982	0.051745452	0.076109440
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	5.149898758	0.009650132	5.141021704	0.182006867	0.012769685	0.512737280
การกลายพันธุ์ ของ GA	5.150361438	0.000666745	5.141268654	0.177212090	0.008445526	0.394567360
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	5.150227311	0.003270953	5.144970999	0.105327420	0.005680635	0.578164693
การคัดสรร ของ GA	5.150203490	0.003733461	5.136678761	0.266329377	0.016541626	0.666291413
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	5.150241836	0.002988935	5.147501512	0.056195021	0.003740193	3.339802400
SFL ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	5.150390907	0.000094575	5.144788303	0.108874643	0.006972773	0.267384480
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	5.150394021	0.000034114	5.150052764	0.006659954	0.000455391	2.293631413
การกลายพันธุ์ ของ GA	5.150371744	0.000466644	5.150102637	0.005691621	0.000240583	2.286287520
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	5.150371744	0.000466644	5.150102637	0.005691621	0.000240583	2.289625653
การคัดสรร ของ GA	5.150384842	0.000212333	5.149769244	0.012164774	0.000549842	2.292963787
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	5.150395704	0.000001437	5.150332041	0.001237517	0.000068512	9.225599093

ตาราง 10 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 3 สมการคาเมลแบ็ค (Camelback Function) ค่าสูงสุดจริงเป็นค่าอนันต์ เมื่อค่า x และ y ค่าน้อยมาก ๆ จึงไม่สามารถหาเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดได้

	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
PI ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	11.063054763		9.238641066		0.945281054	0.074106560
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	11.404024465		10.112271473		0.459458312	0.648933120
การกลายพันธุ์ ของ GA	12.150275238		10.144194552		0.651327579	0.445306987
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	12.796076077		10.414912658		0.699880231	0.691995040
การคัดสรร ของ GA	11.573855345		10.185247468		0.490334531	0.826521813
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	12.995320763		10.851146671		0.718436359	3.752061867
SFL ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	11.758689699		10.637549051		0.587570453	0.266383040
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	14.076629999		11.485910378		0.704664117	2.280612693
การกลายพันธุ์ ของ GA	12.741036706		11.510039356		0.462139699	2.272601173
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	12.741036706		11.510039356		0.462139699	2.273936427
การคัดสรร ของ GA	12.452665734		11.261662979		0.585229252	2.278943627
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	14.433180315		12.223426131		0.650724257	9.165512693

ตาราง 11 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 4 สมการโกลด์สเตนไพรซ์ (Goldstein-price Function) ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 9.522878745

	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
PI ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	8.496426422	10.778802823	6.316060574	33.674881901	1.058899652	0.072103680
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	8.971141387	5.793808498	7.719568821	18.936604910	0.967519790	0.995765173
การกลายพันธุ์ ของ GA	9.459789559	0.662501200	7.879322202	17.259030457	1.054736381	0.515407787
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	9.458736672	0.673557594	8.262219943	13.238211215	0.751837255	0.919989547
การคัดสรร ของ GA	9.161610377	3.793688628	6.921593845	27.316161107	1.142895325	0.958044267
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	9.519575230	0.034690298	8.683755821	8.811651880	0.435834113	4.426030987
SFL ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	9.188981198	3.506266917	8.067039143	15.287809926	0.555732654	0.269387360
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	9.522807117	0.000752168	9.183850402	3.560145541	0.272218406	2.294299040
การกลายพันธุ์ ของ GA	9.508630211	0.149624230	9.151191551	3.903096994	0.272990470	2.280612693
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	9.508630211	0.149624230	9.151191551	3.903096994	0.272990470	2.282949387
การคัดสรร ของ GA	9.518500708	0.045973882	9.053274297	4.931328652	0.338066199	2.288624213
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	9.517646070	0.054948458	9.361167922	1.698129603	0.125329262	9.202899787

ตาราง 12 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 5 ฟังก์ชันทดสอบของมอนท์โกเมอรี่ (Montgomery's function) ค่าต่ำสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = -66.03402

	ผลเฉลยต่ำสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
PI ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	-66.033878068	0.000214938	-62.280644783	5.684002302	3.261342402	0.073438933
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	-65.960300643	0.111638451	-64.785194800	1.891184574	1.119303436	0.822182240
การกลายพันธุ์ ของ GA	-66.033991866	0.000042605	-64.653421582	2.090738104	1.174851052	0.476017813
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	-65.995730154	0.057985030	-64.919890846	1.687204798	1.123863211	0.783459893
การคัดสรร ของ GA	-66.030770107	0.004921543	-64.939718902	1.657177767	0.728765685	1.010119147
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	-66.008596616	0.038500434	-65.612323589	0.638604784	0.380520844	4.158980320
SFL ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	-66.004078791	0.045342096	-64.941220378	1.654903975	0.808850286	0.263712533
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	-66.034018995	0.000001522	-65.917115384	0.177036952	0.117811994	2.269930667
การกลายพันธุ์ ของ GA	-66.033987084	0.000049847	-65.903399510	0.197807872	0.092819456	2.258581013
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	-66.033987084	0.000049847	-65.903399510	0.197807872	0.092819456	2.261585333
การคัดสรร ของ GA	-66.032531263	0.002254500	-65.808834494	0.341014383	0.175402782	2.267593973
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	-66.033756829	0.000398539	-65.992184143	0.063355005	0.036100761	9.114773067

ตาราง 13 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 6 สมการพาราโบลิก (Parabolic Function) ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 12

	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
PI ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	11.999799053	0.001674558	11.965724014	0.285633217	0.052028917	0.075441813
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	11.999995969	0.000033592	11.995576787	0.036860108	0.004132062	0.558803520
การกลายพันธุ์ ของ GA	11.999991320	0.000072333	11.995751559	0.035403675	0.005914114	0.421606240
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	11.999991320	0.000072333	11.997476231	0.021031408	0.003235846	0.614216533
การคัดสรร ของ GA	11.999919790	0.000668417	11.994962597	0.041978358	0.005588955	0.686654027
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	11.999945004	0.000458300	11.998477433	0.012688058	0.002646034	3.657258880
SFL ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	11.999943812	0.000468233	11.997825338	0.018122183	0.003353606	0.255033387
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	11.999998890	0.000009250	11.999860700	0.001160833	0.000123580	2.202166560
การกลายพันธุ์ ของ GA	11.999996982	0.000025150	11.999917455	0.000687875	0.000114491	2.192152160
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	11.999996982	0.000025150	11.999917455	0.000687875	0.000114491	2.194155040
การคัดสรร ของ GA	11.999999933	0.000000558	11.999726788	0.002276767	0.000397813	2.199829867
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	11.999998622	0.000011483	11.999974838	0.000209683	0.000030252	8.839377067

ตาราง 14 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 7 สมการเรสไตรจิน (Rastrigin Function) ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 80

	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
PI ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	79.927477234	0.090653458	77.218368276	3.477039655	1.959698735	0.069099360
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	79.916728941	0.104088824	78.746732407	1.566584491	0.655660266	0.609209333
การกลายพันธุ์ ของ GA	79.786177450	0.267278188	78.684652319	1.644184601	0.722508917	0.376875253
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	79.759401837	0.300747704	78.807860367	1.490174541	0.765133734	0.643258293
การคัดสรร ของ GA	79.814336469	0.232079414	78.548782755	1.814021556	0.693267038	0.770441173
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	79.991455207	0.010680991	79.214880851	0.981398936	0.455352407	3.621540853
SFL ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	79.969917390	0.037603262	78.962270779	1.297161526	0.616583623	0.261709653
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	79.997330053	0.003337434	79.806108321	0.242364599	0.208378697	2.228537813
การกลายพันธุ์ ของ GA	79.998919065	0.001351169	79.858878130	0.176402338	0.115231758	2.220860107
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	79.998919065	0.001351169	79.858878130	0.176402338	0.115231758	2.221193920
การคัดสรร ของ GA	79.997588714	0.003014107	79.736253961	0.329682549	0.320959651	2.225533493
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	79.996073710	0.004907862	79.959781152	0.050273560	0.034820100	8.954542667

ตาราง 15 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 8 สมการโรเซนบร็อค (Rosenbrock Function) ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 80

	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
PI ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	79.999817038	0.000228702	79.974597051	0.031753686	0.030522919	0.072771307
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	79.999746731	0.000316586	79.995361425	0.005798219	0.004230718	0.497715680
การกลายพันธุ์ ของ GA	79.999891621	0.000135474	79.993926700	0.007591625	0.008164971	0.386555840
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	79.999996488	0.000004390	79.997379530	0.003275587	0.003133302	0.583505707
การคัดสรร ของ GA	79.999829206	0.000213492	79.992429044	0.009463695	0.008983767	0.635914400
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	79.999969622	0.000037973	79.999109509	0.001113114	0.000872732	3.402893120
SFL ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	79.999880455	0.000149431	79.998502107	0.001872366	0.002038706	0.268719733
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	79.999996497	0.000004379	79.999789157	0.000263554	0.000235094	2.295634293
การกลายพันธุ์ ของ GA	79.999998523	0.000001846	79.999925315	0.000093356	0.000068569	2.289625653
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	79.999998523	0.000001846	79.999925315	0.000093356	0.000068569	2.290627093
การคัดสรร ของ GA	79.999996067	0.000004916	79.999828514	0.000214357	0.000186182	2.295300480
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	79.999999088	0.000001140	79.999967661	0.000040424	0.000030747	9.234945867

ตาราง 16 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 9 สมการชีเคล (Shekel Function) ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 23.445230201

	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
PI ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	23.388016597	0.244030890	19.362601408	17.413472839	3.335738089	0.076109440
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	23.430739518	0.061806529	22.677528055	3.274449171	1.101892235	1.069537920
การกลายพันธุ์ ของ GA	23.399738084	0.194035702	22.418942062	4.377385635	1.178457647	0.573157493
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	23.426446477	0.080117465	22.830525967	2.621873314	0.752983291	0.980743573
การคัดสรร ของ GA	23.438921112	0.026909904	22.043279369	5.979684652	1.852091918	1.446413173
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	23.441210169	0.017146481	23.026540847	1.785818908	0.621051789	4.678393867
SFL ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	23.445061514	0.000719494	23.022662647	1.802360439	0.474279599	0.283073707
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	23.445229688	0.000002188	23.408757825	0.155564162	0.041972448	2.439174027
การกลายพันธุ์ ของ GA	23.444233968	0.004249193	23.416905558	0.120811964	0.030983058	2.430161067
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	23.444233968	0.004249193	23.416905558	0.120811964	0.030983058	2.434500640
การคัดสรร ของ GA	23.444108552	0.004784124	23.400861992	0.189241942	0.064156542	2.435502080
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	23.445202585	0.000117789	23.435602721	0.041063704	0.008630008	9.816448693

ตาราง 17 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 10 สมการสไตบลินส์กิ (Styblinski Function) ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 348.3323313675

	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
PI ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	348.326102144	0.001788299	345.132420427	0.918637362	4.087476597	0.076443253
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	348.330039517	0.000657950	347.977178335	0.101958102	0.413878320	0.594855360
การกลายพันธุ์ ของ GA	348.319282001	0.003746241	347.819070596	0.147348014	0.470275395	0.409255147
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	348.332134372	0.000056554	348.026756923	0.087724973	0.368472853	0.631241013
การคัดสรร ของ GA	348.316975378	0.004408431	347.726739935	0.173854500	0.542257737	0.670297173
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	348.331069526	0.000362252	348.210803151	0.034888584	0.256551496	3.824833173
SFL ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	348.327882609	0.001277159	348.152166602	0.051722091	0.152801139	0.376875253
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	348.332237412	0.000026973	348.320920439	0.003275874	0.014527637	3.347813920
การกลายพันธุ์ ของ GA	348.332263005	0.000019626	348.322238165	0.002897579	0.011868695	3.340470027
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	348.332263005	0.000019626	348.322238165	0.002897579	0.011868695	3.338800960
การคัดสรร ของ GA	348.332050331	0.000080681	348.314696086	0.005062775	0.020179103	3.345811040
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	348.332041039	0.000083348	348.329585353	0.000788332	0.002156728	13.529454400

ตาราง 18 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 11 สมการทดสอบของดีจอง (Dejong testing function) ค่าต่ำสุดจริงอยู่ที่ f(x,y,z) = 0

	ผลเฉลยต่ำสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
PI ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	0.023120134	2.312013400	1.067799528	106.779952800	1.053243993	0.075441813
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	0.022719352	2.271935200	0.241479743	24.147974300	0.178726740	0.699672747
การกลายพันธุ์ ของ GA	0.014703704	1.470370400	0.297876506	29.787650600	0.126001913	0.468340107
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	0.012699792	1.269979200	0.223938834	22.393883400	0.179090505	0.702677067
การคัดสรร ของ GA	0.039752604	3.975260400	0.233904956	23.390495600	0.199132302	0.887275840
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	0.004483753	0.448375300	0.108486785	10.848678500	0.090269997	4.116586027
SFL ทำงานร่วมกับ GA						
การสร้างประชากร ของ GA	0.007088839	0.708883900	0.160261191	16.026119100	0.101340389	0.293421920
การสลับสายพันธุ์ ของ GA	0.004483753	0.448375300	0.035624545	3.562454500	0.022325141	2.525631680
การกลายพันธุ์ ของ GA	0.001477885	0.147788500	0.020495010	2.049501000	0.012966170	2.513614400
การประเมินค่าความแข็งแรง ของ GA	0.001477885	0.147788500	0.020495010	2.049501000	0.012966170	2.522293547
การคัดสรร ของ GA	0.003882579	0.388257900	0.040607606	4.060760600	0.023406665	2.527634560
ทุกกระบวนการของ GA พร้อมกัน	0.000676320	0.067632000	0.010074667	1.007466700	0.008113066	10.155269227

จากการทดลองที่ 2 การค้นหาแบบเฉพาะที่ต้องทำงานร่วมกับทุกกระบวนการทำงานของขั้นตอนวิธีเจนิติกทั้ง 5 กระบวนการ จึงจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของผลเฉลยที่ดีกว่า ดังนั้นในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทดสองต่อไป จะเลือกขั้นตอนวิธีเจนิติกที่ทำงานร่วมกับการค้นหาแบบเฉพาะที่แพร์ไวส์อินเตอร์เชนจ์ (Pair-wise Interchange) และทำงานร่วมกับการค้นหาแบบเฉพาะที่ด้วยเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง (Shuffle Frog Leaping Algorithms) ในทุกๆ กระบวนการพร้อมกันไปใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบต่อไป

3. **การทดลองที่ 3 การทดสอบหาประสิทธิภาพของแต่ละขั้นตอนวิธี**

3.1 การออกแบบการทดลองที่ 3

การทดสอบหาประสิทธิภาพของแต่ละขั้นตอนวิธี จะพิจารณาจากความสามารถของแต่ละขั้นตอนวิธีในการหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดให้แต่ละฟังก์ชันทดสอบจำนวน 11 ฟังก์ชันตามที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 โดยจะทดสอบขั้นตอนวิธีทั้งหมด 6 ขั้นตอนวิธี คือ

3.1.1 ขั้นตอนวิธีเจนิติก

3.1.2 ขั้นตอนวิธีเจนิติกทำงานร่วมกับแพร์ไวส์อินเตอร์เชนจ์

3.1.3 ขั้นตอนวิธีเจนิติกทำงานร่วมกับเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง

3.1.4 ขั้นตอนวิธีเจนิติกทำงานร่วมกับแพร์ไวส์อินเตอร์เชนจ์และเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง

3.1.5 เทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิง

3.1.6 เทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิงทำงานร่วมกับแพร์ไวส์อินเตอร์เชนจ์

ในแต่ละฟังก์ชันทดสอบ จะนำแต่ละขั้นตอนวิธีไปทดลองหาผลเฉลยจำนวน 30 ครั้ง โดยมีค่าเริ่มต้นของการสุ่มที่แตกต่างกัน 30 ค่า และใช้ค่าเริ่มต้นของการสุ่มชุดเดียวกันกับทุกๆ ขั้นตอนวิธีและทุกๆ ฟังก์ชันทดสอบ ดังนั้นจะได้ค่าผลเฉลยทั้งหมด 180 ค่า ต่อ 1 ฟังก์ชัน ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยทั้ง 30 ค่าที่ได้จากแต่ละขั้นตอนวิธี

3.2 ผลการทดลองที่ 3

ประสิทธิภาพของแต่ละขั้นตอนวิธี จะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากค่าของผลเฉลย 30 ค่าของแต่ละฟังก์ชันทดสอบและแต่ละขั้นตอนวิธี ดังแสดงไว้ในตาราง 18-28

จากผลการทดลอง สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ต้องการหาค่าสูงสุด เมื่อพิจารณาจากตาราง 19-22 และ 24-28 จะเห็นว่าขั้นตอนวิธีเจนิติกที่ทำงานร่วมกับการค้นแบบเฉพาะที่แพร์ไวส์อินเตอร์เชนจ์และเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิงพร้อมกัน จะมีค่าเฉลี่ยของผลเฉลยสูงกว่าขั้นตอน

วิธีอื่นๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 1 และ 2 (ตาราง 19-20) ขั้นตอนวิธีเจนิติกที่ทำงานร่วมกับเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิงเพียงอย่างเดียวอาจมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่า แต่ค่าเฉลี่ยก็สูงกว่าไม่แตกต่างกันมาก และขั้นตอนวิธีที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ขั้นตอนวิธีเจนิติก

จากผลการทดลอง สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ต้องการหาค่าต่ำสุด เมื่อพิจารณาจากตาราง 23 และ 29 จะเห็นว่าขั้นตอนวิธีเจนิติกที่ทำงานร่วมกับแพร์ไวส์อินเตอร์เซนจ์และเทคนิคชัฟเฟิลฟรอกลิปปิงพร้อมกัน จะมีค่าเฉลี่ยของผลเฉลยต่ำกว่าขั้นตอนวิธีอื่นๆ และขั้นตอนวิธีที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ขั้นตอนวิธีเจนิติก

ตาราง 19 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 1 ฟังก์ชันทดสอบของทอดด์ (Todd's function)

ขั้นตอนวิธี	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
GA	9.515504813	0.000000032	9.505993326	0.099957808	0.017577850	0.043395733
GA ทำงานร่วมกับ PI	9.515504816	0.000000000	9.515482454	0.000235006	0.000102296	4.137950080
GA ทำงานร่วมกับ SFL	9.515504816	0.000000000	9.515504815	0.000000011	0.000000250	9.077385973
GA ทำงานร่วมกับ PI และ SFL	9.515504816	0.000000000	9.515504814	0.000000021	0.000000000	14.438094293
SFL	9.515504816	0.000000000	9.515499410	0.000056813	0.000010964	0.230331200
SFL ทำงานร่วมกับ PI	9.515504816	0.000000000	9.515488610	0.000170312	0.000044944	0.273393120

* ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x) = 9.515504816

ตาราง 20 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 2 สมการบรานิน (Branin Function)

ขั้นตอนวิธี	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
GA	5.147665996	0.053001403	5.085406036	1.261839765	0.070118519	0.046066240
GA ทำงานร่วมกับ PI	5.150241836	0.002988935	5.147501512	0.056195021	0.003740193	3.339802400
GA ทำงานร่วมกับ SFL	5.150395704	0.000001437	5.150332041	0.001237517	0.000068512	9.225599093
GA ทำงานร่วมกับ PI และ SFL	5.150394944	0.000016193	5.150312560	0.001615759	0.000068867	14.092931307
SFL	5.150390907	0.000094575	5.145157632	0.101703757	0.006327215	0.235004587
SFL ทำงานร่วมกับ PI	5.150344299	0.000999515	5.145631358	0.092505901	0.004796725	0.275729813

* **ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่** f(x,y) = 5.150395778

ตาราง 21 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 3 สมการคาเมลแบ็ค (Camelback Function)

ขั้นตอนวิธี	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
GA	12.377729984		9.420513161		1.008280652	0.045398613
GA ทำงานร่วมกับ PI	12.995320763		10.851146671		0.718436359	3.752061867
GA ทำงานร่วมกับ SFL	14.433180315		12.223426131		0.650724257	9.165512693
GA ทำงานร่วมกับ PI และ SFL	13.768898649		12.347265219		0.613757111	14.063555733
SFL	11.379013687		10.398470610		0.507084443	0.233001707
SFL ทำงานร่วมกับ PI	11.874251368		10.524492641		0.485242204	0.276397440

*** ค่าสูงสุดจริงเป็นค่าอนันต์ เมื่อค่า x และ y ค่าน้อยมากๆ จึงไม่สามารถหาเปอร์เซ็นต์ผิดพลาด**

ตาราง 22 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 4 สมการโกลด์สเตนไพรซ์ (Goldstein-price Function)

ขั้นตอนวิธี	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
GA	9.127988759	4.146750122	5.638729367	40.787554709	1.419013950	0.043395733
GA ทำงานร่วมกับ PI	9.519575230	0.034690298	8.683755821	8.811651880	0.435834113	4.426030987
GA ทำงานร่วมกับ SFL	9.517646070	0.054948458	9.361167922	1.698129603	0.125329262	9.202899787
GA ทำงานร่วมกับ PI และ SFL	9.521751083	0.011841608	9.408338516	1.202789955	0.111961040	14.162364480
SFL	9.328871327	2.037276996	8.477103908	10.981709050	0.447380927	0.235672213
SFL ทำงานร่วมกับ PI	9.155945798	3.853172521	8.210464060	13.781701103	0.467993161	0.277065067

* ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 9.522878745

ตาราง 23 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 5 ฟังก์ชันทดสอบของมอนท์โกเมอรี่ (Montgomery's function)

ขั้นตอนวิธี	ผลเฉลยต่ำสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
GA	-65.236983504	1.207008896	-60.536752593	8.324901932	4.788059536	0.045064800
GA ทำงานร่วมกับ PI	-66.008596616	0.038500434	-65.612323589	0.638604784	0.380520844	4.158980320
GA ทำงานร่วมกับ SFL	-66.033756829	0.000398539	-65.992184143	0.063355005	0.036100761	9.114773067
GA ทำงานร่วมกับ PI และ SFL	-66.034016260	0.000005664	-66.010512606	0.035598914	0.020212174	14.076240640
SFL	-65.911482081	0.185567862	-64.495731630	2.329539183	1.033585405	0.232334080
SFL ทำงานร่วมกับ PI	-65.853255069	0.273745156	-64.725618020	1.981405918	0.770538807	0.274060747

* ค่าต่ำสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = -66.03402

ตาราง 24 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 6 สมการพาราโบลิก (Parabolic Function)

ขั้นตอนวิธี	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
GA	11.999041760	0.007985333	11.967568946	0.270258783	0.042046887	0.044063360
GA ทำงานร่วมกับ PI	11.999945004	0.000458300	11.998477433	0.012688058	0.002646034	3.657258880
GA ทำงานร่วมกับ SFL	11.999998622	0.000011483	11.999974838	0.000209683	0.000030252	8.839377067
GA ทำงานร่วมกับ PI และ SFL	11.999999903	0.000000808	11.999981849	0.000151258	0.000020260	13.721397067
SFL	11.999993465	0.000054458	11.998338275	0.013847708	0.001825928	0.226659253
SFL ทำงานร่วมกับ PI	11.999980650	0.000161250	11.998350854	0.013742883	0.001845076	0.268052107

* ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 12

ตาราง 25 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 7 สมการรัสไตรจิน (Rastrigin Function)

ขั้นตอนวิธี	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
GA	79.742489164	0.321888545	76.370133147	4.537333566	2.436695963	0.043729547
GA ทำงานร่วมกับ PI	79.991455207	0.010680991	79.214880851	0.981398936	0.455352407	3.621540853
GA ทำงานร่วมกับ SFL	79.996073710	0.004907862	79.959781152	0.050273560	0.034820100	8.954542667
GA ทำงานร่วมกับ PI และ SFL	79.999177747	0.001027816	79.963667126	0.045416092	0.035925528	13.961075040
SFL	79.773552099	0.283059876	78.755604516	1.555494355	0.532194700	0.225324000
SFL ทำงานร่วมกับ PI	79.866876115	0.166404856	79.078598284	1.151752145	0.459437075	0.271056427

* ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 80

ตาราง 26 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 8 สมการโรเซนบร็อค (Rosenbrock Function)

ขั้นตอนวิธี	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
GA	79.999165880	0.001042650	79.960020449	0.049974439	0.051431724	0.044397173
GA ทำงานร่วมกับ PI	79.999969622	0.000037973	79.999109509	0.001113114	0.000872732	3.402893120
GA ทำงานร่วมกับ SFL	79.999999088	0.000001140	79.999967661	0.000040424	0.000030747	9.234945867
GA ทำงานร่วมกับ PI และ SFL	79.999999190	0.000001013	79.999979114	0.000026108	0.000016583	14.105282400
SFL	79.999918610	0.000101738	79.998182604	0.002271745	0.001817416	0.234670773
SFL ทำงานร่วมกับ PI	79.999948538	0.000064328	79.998404754	0.001994057	0.001386731	0.277732693

* ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 80

ตาราง 27 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 9 สมการชีเคล (Shekel Function)

ขั้นตอนวิธี	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
GA	23.411242085	0.144968148	17.821854640	23.985158230	3.898815188	0.045064800
GA ทำงานร่วมกับ PI	23.441210169	0.017146481	23.026540847	1.785818908	0.621051789	4.678393867
GA ทำงานร่วมกับ SFL	23.445202585	0.000117789	23.435602721	0.041063704	0.008630008	9.816448693
GA ทำงานร่วมกับ PI และ SFL	23.445049676	0.000769986	23.438289920	0.029602102	0.007775525	14.946492000
SFL	23.443375697	0.007909942	22.681314679	3.258298236	0.820549870	0.250026187
SFL ทำงานร่วมกับ PI	23.426375458	0.080420379	22.543096184	3.847836039	1.006107027	0.292420480

* ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 23.445230201

ตาราง 28 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 10 สมการสไตบลินส์กิ (Styblinski Function)

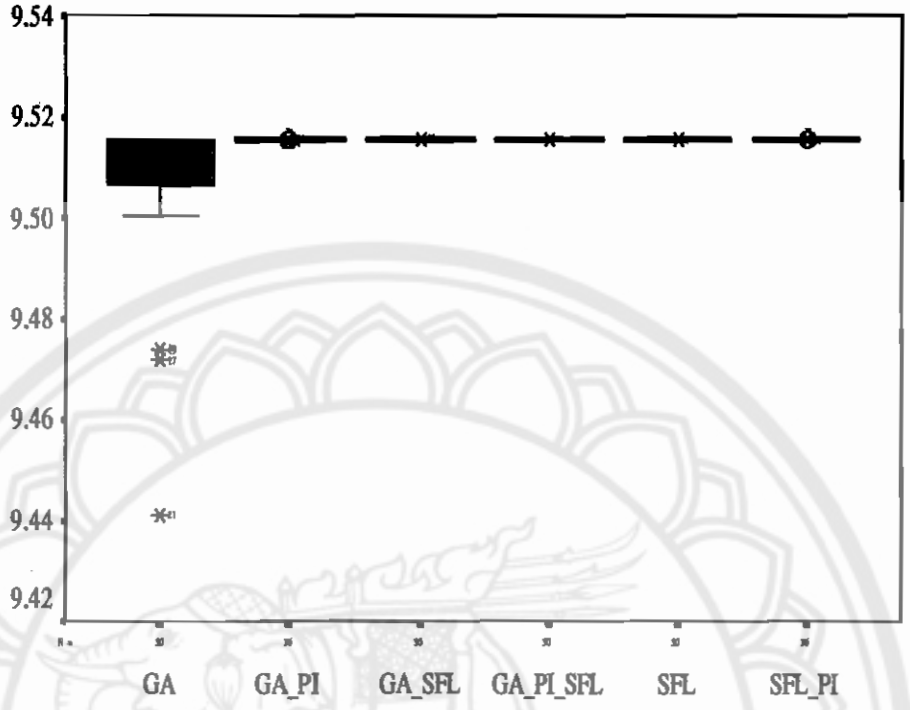
ขั้นตอนวิธี	ผลเฉลยสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
GA	348.328862475	0.000995857	344.279250740	1.163567164	4.867924276	0.048402933
GA ทำงานร่วมกับ PI	348.331069526	0.000362252	348.210803151	0.034888584	0.256551496	3.824833173
GA ทำงานร่วมกับ SFL	348.332041039	0.000083348	348.329585353	0.000788332	0.002156728	13.529454400
GA ทำงานร่วมกับ PI และ SFL	348.332278832	0.000015082	348.329913892	0.000694014	0.002329532	18.607756640
SFL	348.330728982	0.000460016	348.114748793	0.062464077	0.227138621	0.337819093
SFL ทำงานร่วมกับ PI	348.327767790	0.001310122	348.176812009	0.044646834	0.148371394	0.384886773

* ค่าสูงสุดจริงอยู่ที่ f(x,y) = 348.3323313675

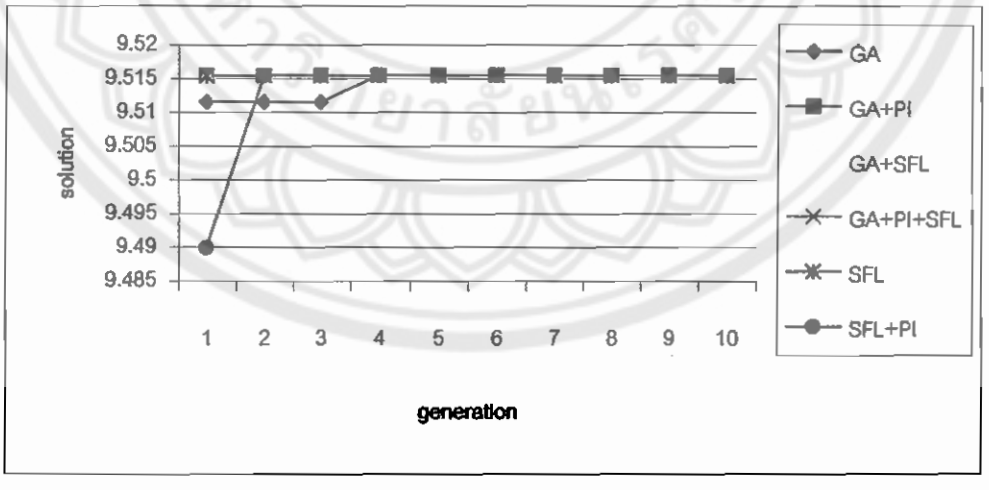
ตาราง 29 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 11 สมการทดสอบของดีจอง (Dejong's function)

ขั้นตอนวิธี	ผลเฉลยต่ำสุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าผลเฉลยสูงสุดจากค่าจริง	ค่าเฉลี่ยผลเฉลย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยผลเฉลยจากค่าจริง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
GA	0.039752604	3.975260400	1.100870755	110.087075500	1.098897076	0.048069120
GA ทำงานร่วมกับ PI	0.004483753	0.448375300	0.108486785	10.848678500	0.090269997	4.116586027
GA ทำงานร่วมกับ SFL	0.000676320	0.067632000	0.010074667	1.007466700	0.008113066	10.155269227
GA ทำงานร่วมกับ PI และ SFL	0.000275538	0.027553800	0.008585093	0.858509300	0.005291064	15.254267893
SFL	0.001878667	0.187866700	0.149967763	14.996776300	0.090235262	0.259372960
SFL ทำงานร่วมกับ PI	0.010295098	1.029509800	0.167608868	16.760886800	0.130811942	0.302434880

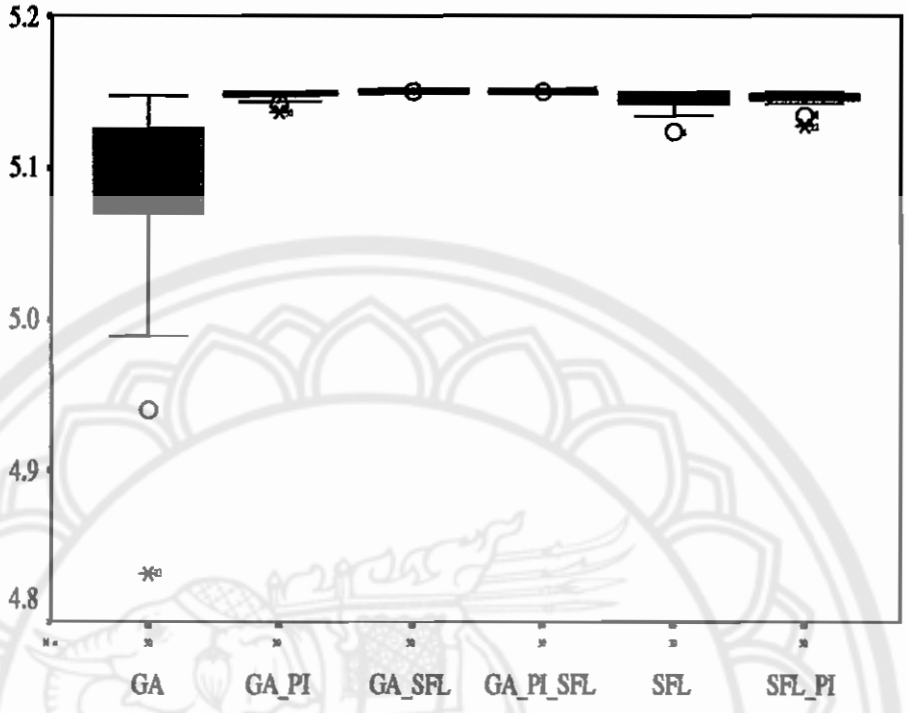
* ค่าต่ำสุดจริงอยู่ที่ f(x,y,z) = 0



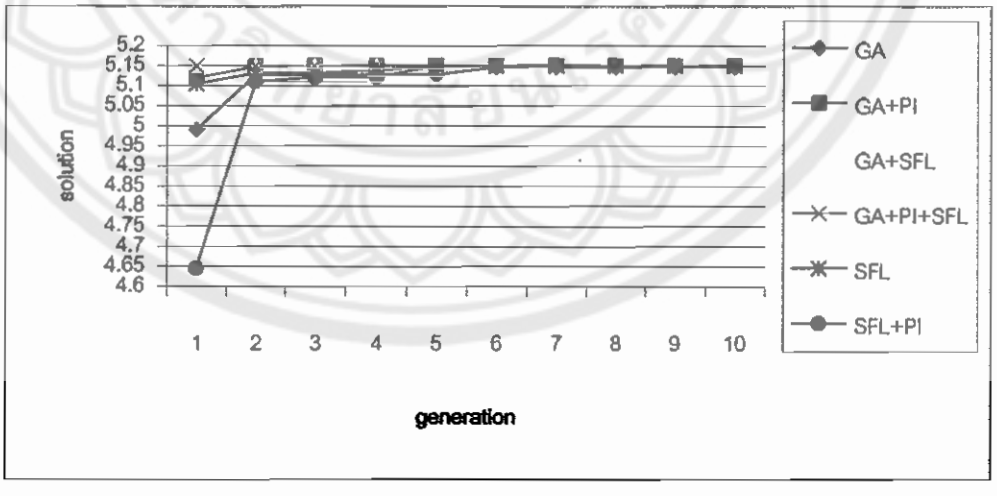
ภาพ 35 กราฟ Boxplot แสดงการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนวิธีในการหาผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 1 ฟังก์ชันทดสอบของทอดด์ (Todd's function)



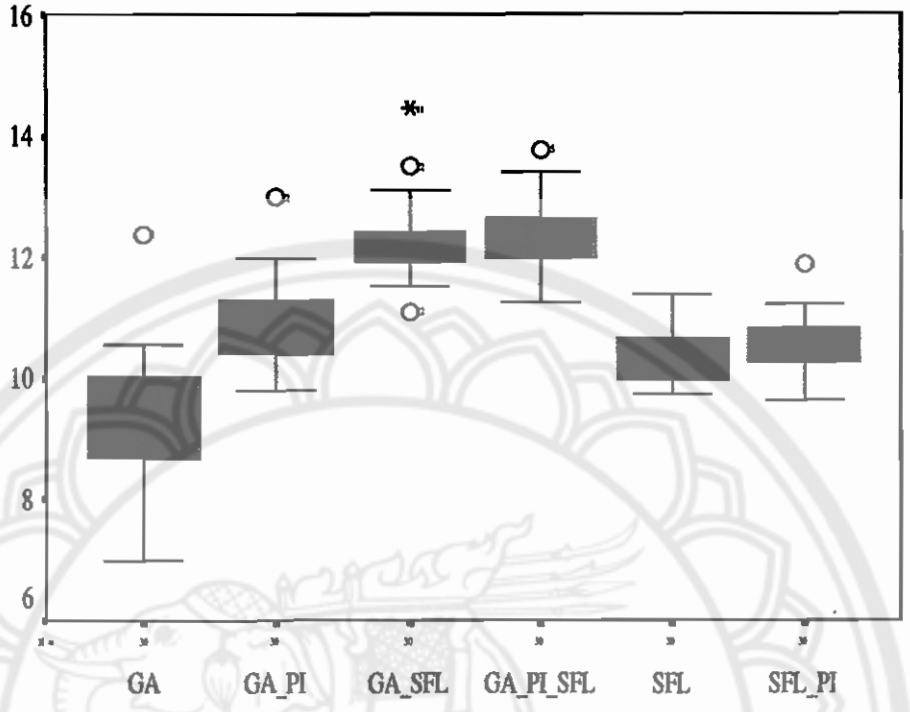
ภาพ 36 กราฟแสดงการลู่เข้าของค่าคำตอบในขั้นตอนวิธีต่าง ๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 1 ฟังก์ชันทดสอบของทอดด์ (Todd's function)



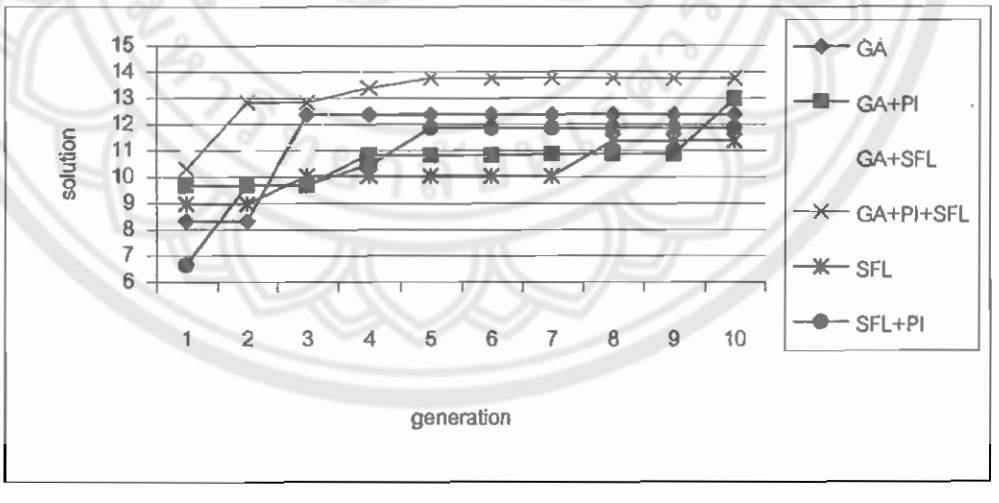
ภาพ 37 กราฟ Boxplot แสดงการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนวิธีในการหาผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 2 สมการบรานิน (Branin Function)



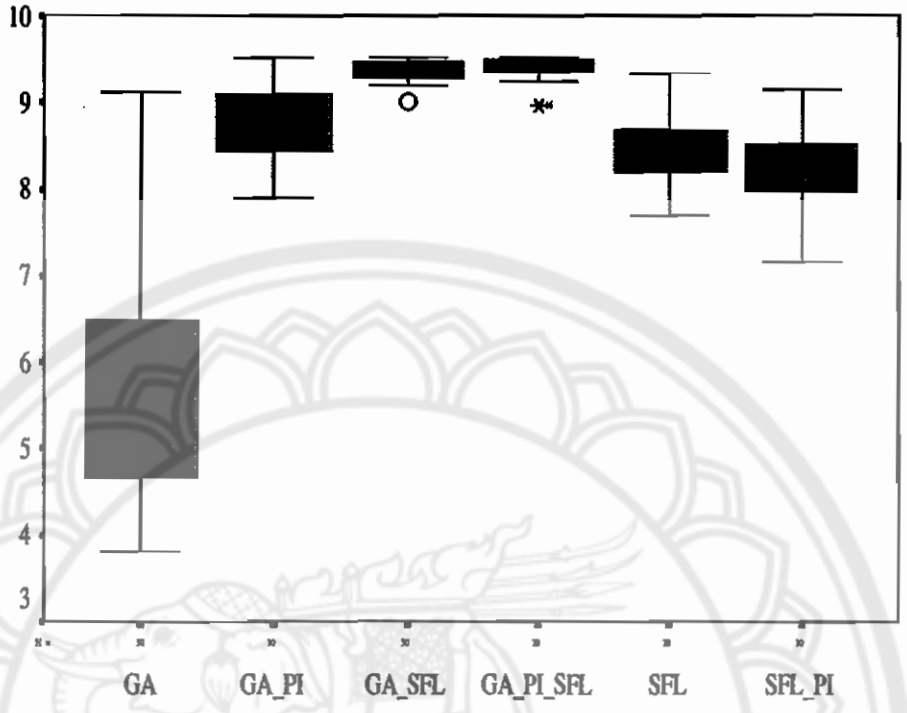
ภาพ 38 กราฟแสดงการลู่เข้าของค่าคำตอบในขั้นตอนวิธีต่างๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 2 สมการบรานิน (Branin Function)



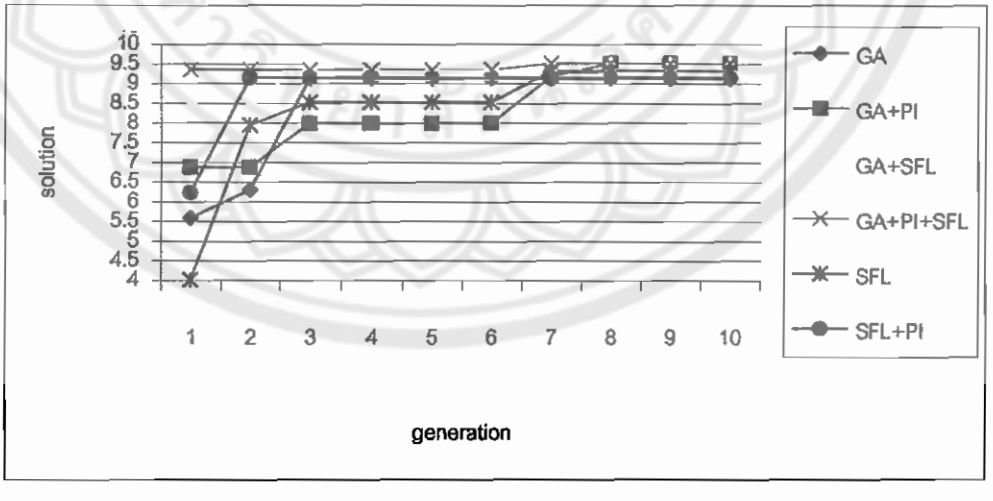
ภาพ 39 กราฟ Boxplot แสดงการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนวิธีในการหาผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 3 สมการคาเมลแบ็ค (Camelback Function)



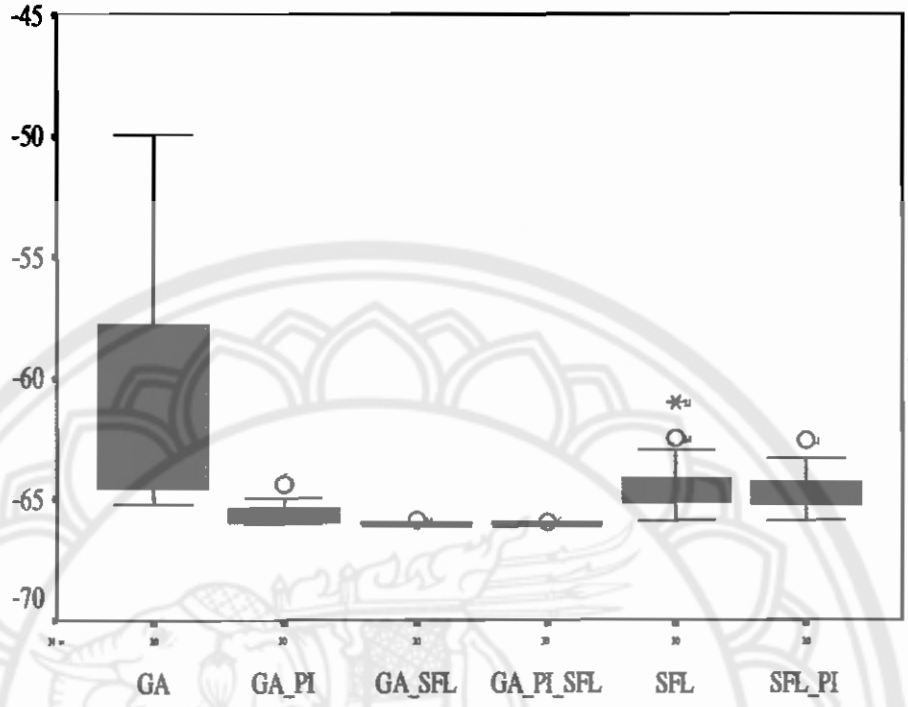
ภาพ 40 กราฟแสดงการลู่เข้าของค่าคำตอบในขั้นตอนวิธีต่างๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 3 สมการคาเมลแบ็ค (Camelback Function)



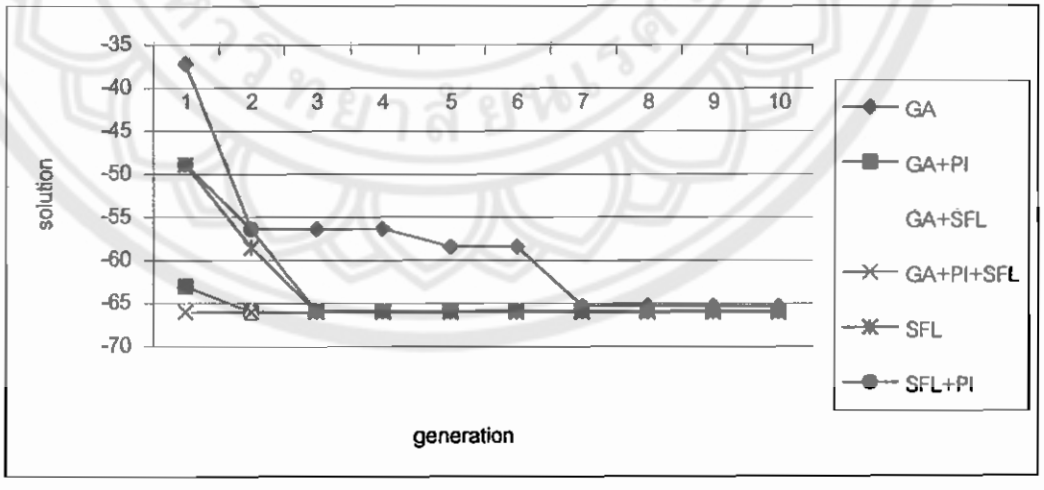
ภาพ 41 กราฟ Boxplot แสดงการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนวิธีในการหาผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 4 สมการโกลด์สเตนไพรซ์ (Goldstein-price Function)



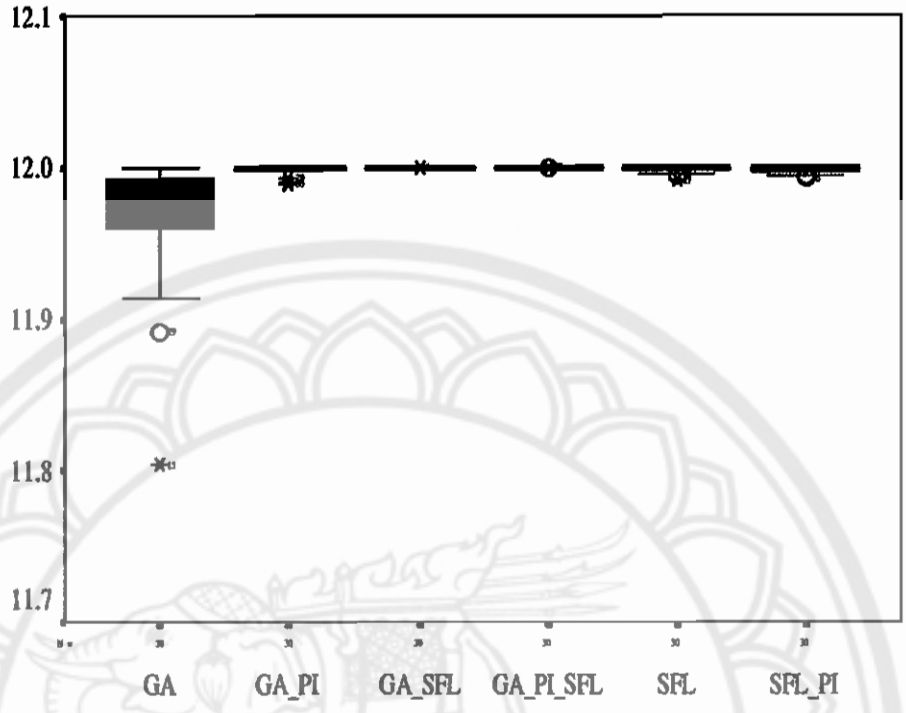
ภาพ 42 กราฟแสดงการลู่เข้าของค่าคำตอบในขั้นตอนวิธีต่างๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 4 สมการโกลด์สเตนไพรซ์ (Goldstein-price Function)



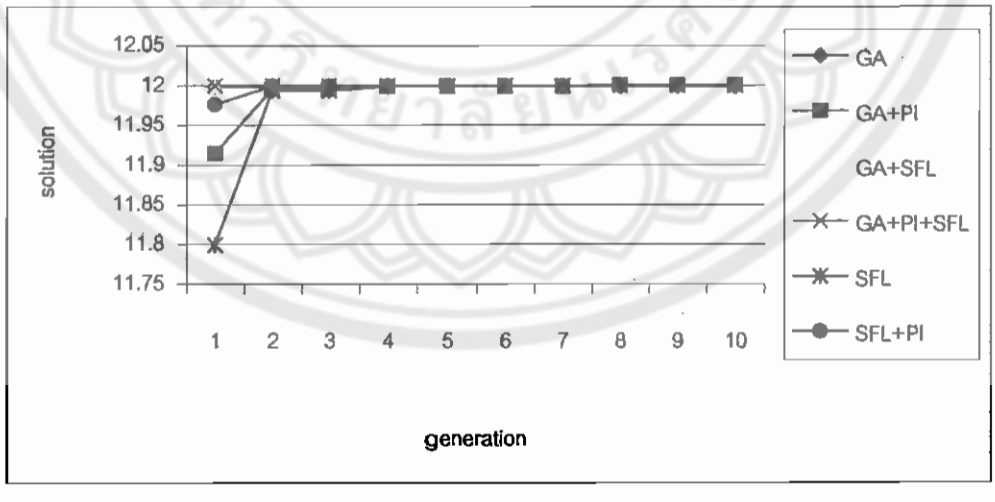
ภาพ 43 กราฟ Boxplot แสดงการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนวิธีในการหาผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 5 ฟังก์ชันทดสอบของมอนท์โกเมอรี่ (Montgomery's function)



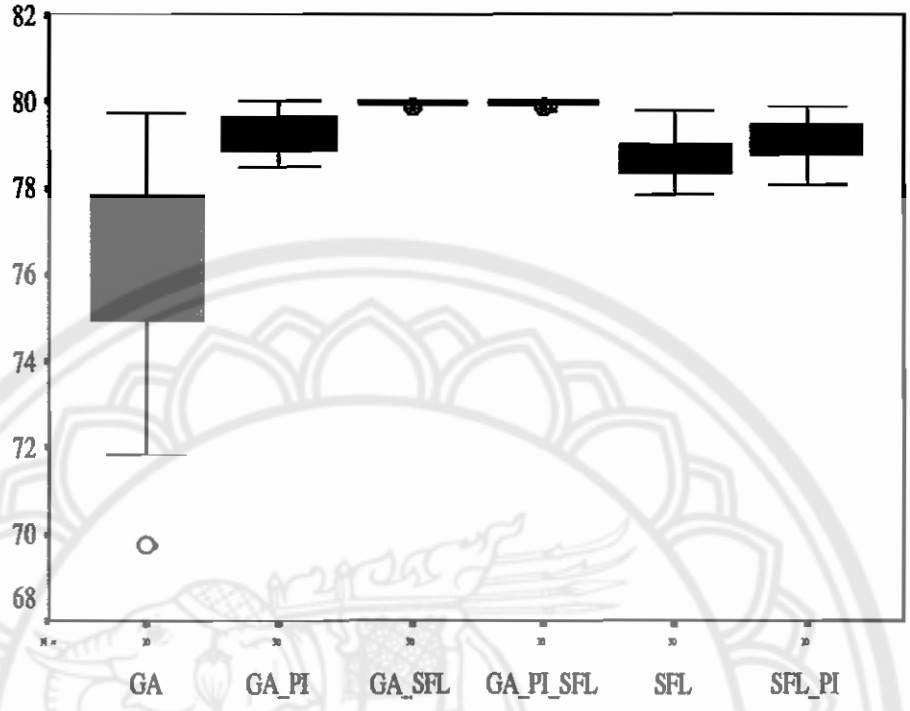
ภาพ 44 กราฟแสดงการลู่เข้าของค่าคำตอบในขั้นตอนวิธีต่างๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 5 ฟังก์ชันทดสอบของมอนท์โกเมอรี่ (Montgomery's function)



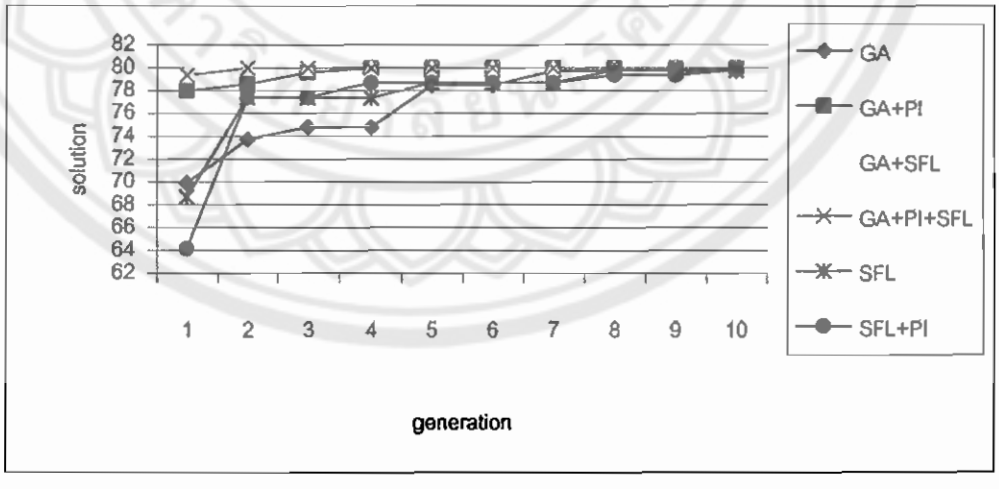
ภาพ 45 กราฟ Boxplot แสดงการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนวิธีในการหาผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 6 สมการพาราโบลิก (Parabolic Function)



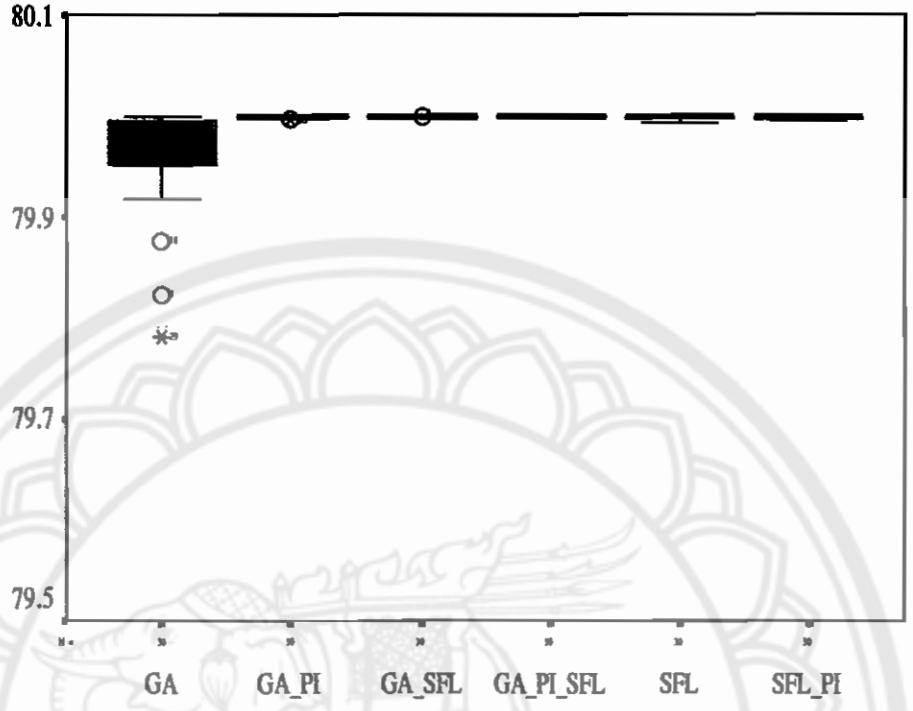
ภาพ 46 กราฟแสดงการลู่เข้าของค่าคำตอบในขั้นตอนวิธีต่าง ๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 6 สมการพาราโบลิก (Parabolic Function)



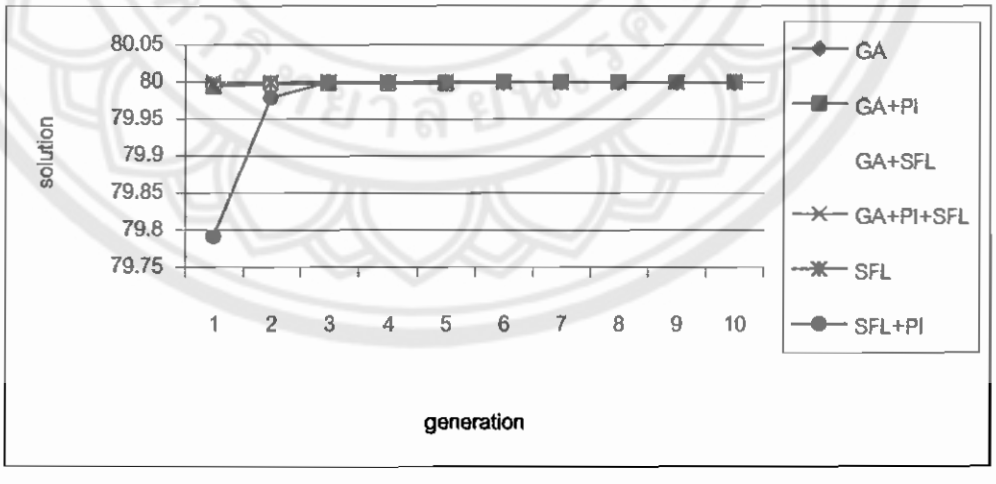
ภาพ 47 กราฟ Boxplot แสดงการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนวิธีในการหาผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 7 สมการเรสไตรจิน (Rastrigin Function)



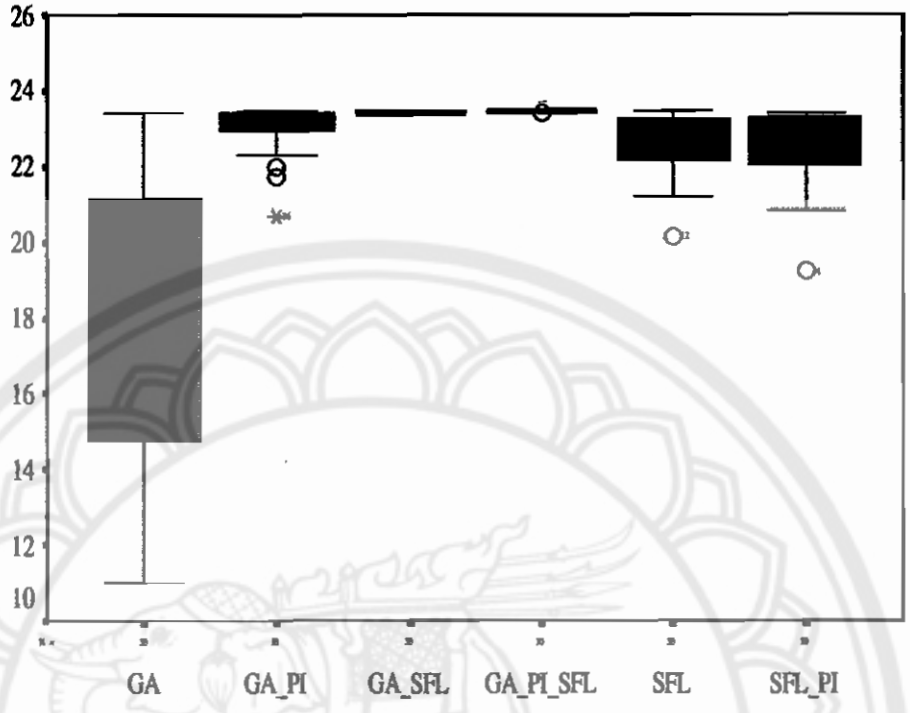
ภาพ 48 กราฟแสดงการลู่เข้าของค่าคำตอบในขั้นตอนวิธีต่าง ๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 7 สมการเรสไตรจิน (Rastrigin Function)



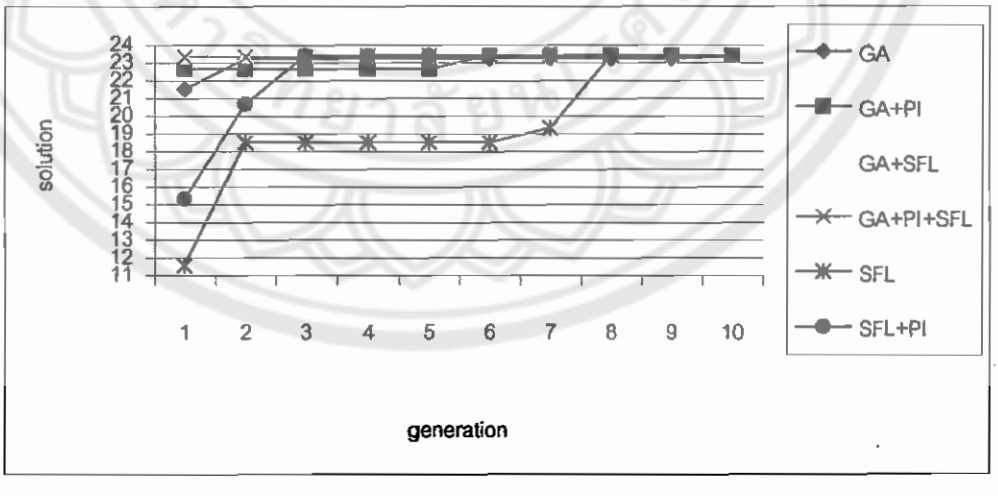
ภาพ 49 กราฟ Boxplot แสดงการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนวิธีในการหาผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 8 สมการโรเซนบร็อค (Rosenbrock Function)



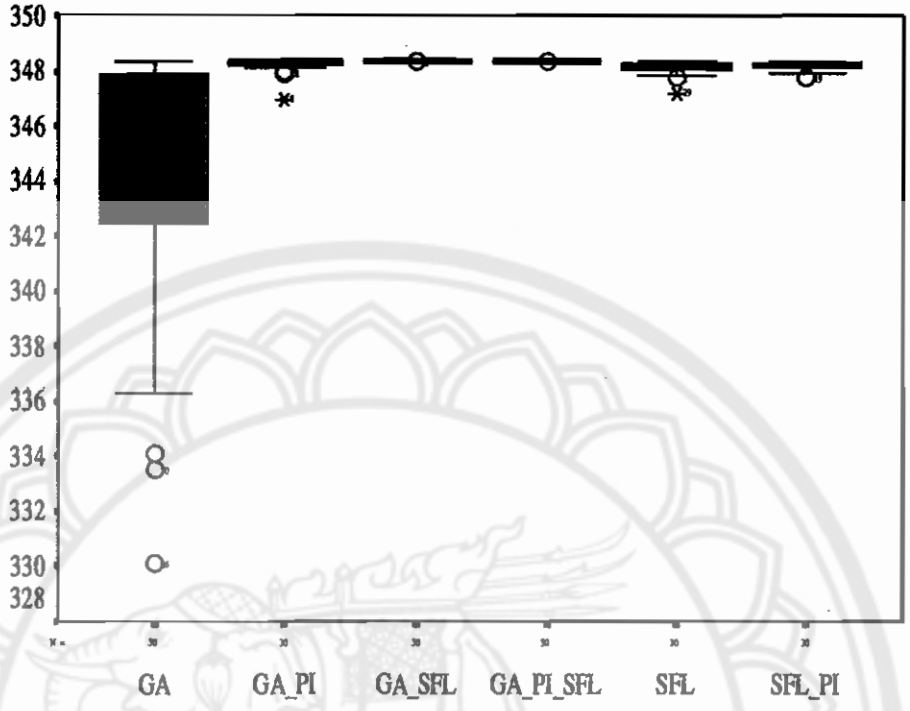
ภาพ 50 กราฟแสดงการลู่เข้าของค่าคำตอบในขั้นตอนวิธีต่างๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 8 สมการโรเซนบร็อค (Rosenbrock Function)



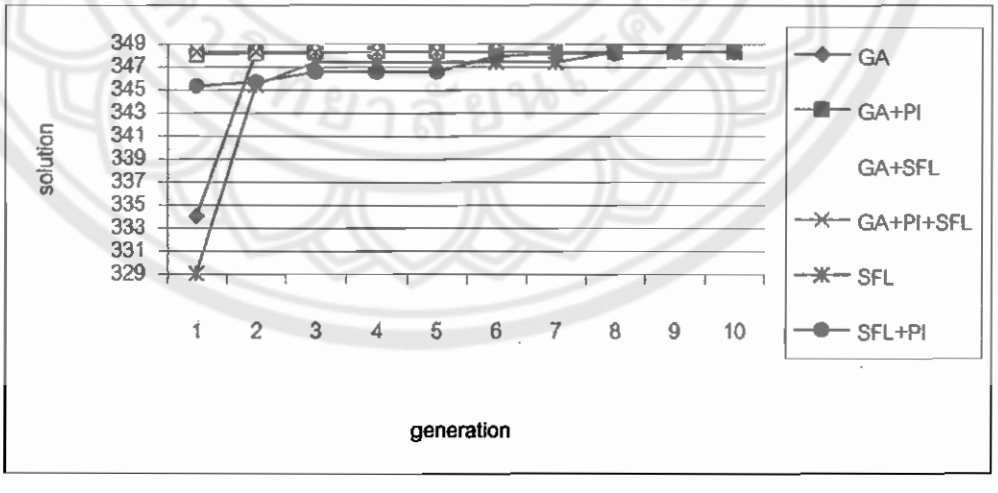
ภาพ 51 กราฟ Boxplot แสดงการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนวิธีในการหาผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 9 สมการชีเคล (Shekel Function)



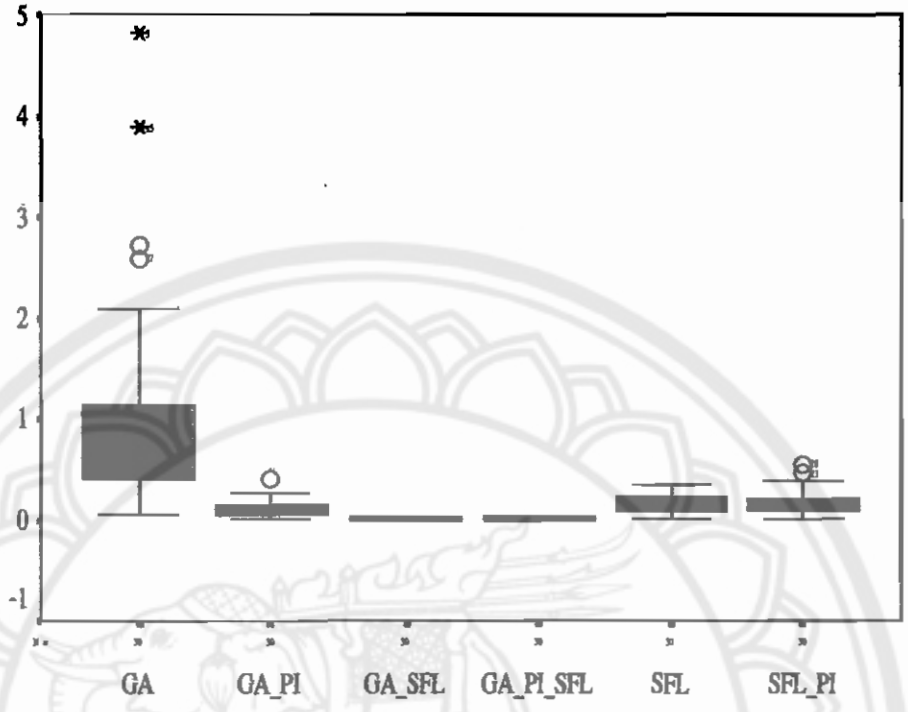
ภาพ 52 กราฟแสดงการลู่เข้าของค่าคำตอบในขั้นตอนวิธีต่าง ๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 9 สมการชีเคล (Shekel Function)



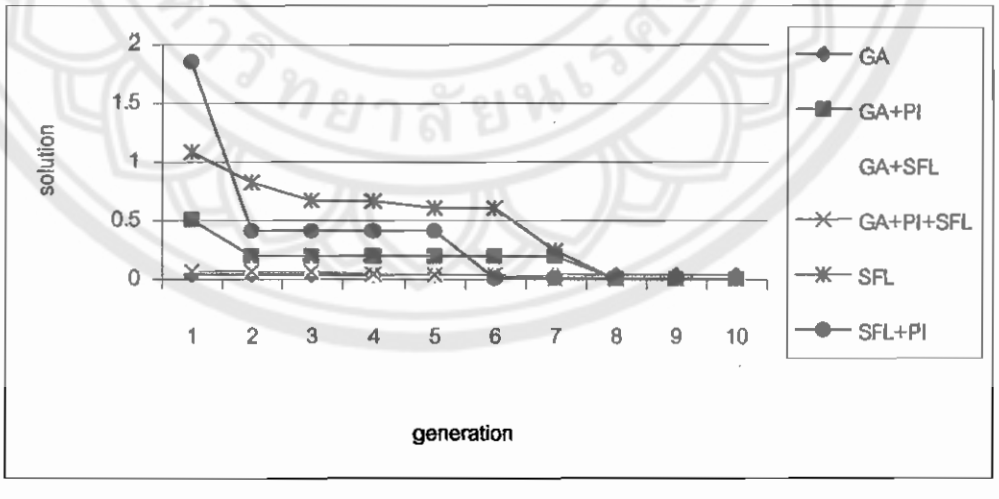
ภาพ 53 กราฟ Boxplot แสดงการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนวิธีในการหาผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 10 สมการสไตบลินส์กิ (Styblinski Function)



ภาพ 54 กราฟแสดงการลู่เข้าของค่าคำตอบในขั้นตอนวิธีต่างๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 10 สมการสไตบลินส์กิ (Styblinski Function)



ภาพ 55 กราฟ Boxplot แสดงการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนวิธีในการหาผลเฉลยของฟังก์ชันทดสอบที่ 11 (สมการทดสอบของดีจอง Dejong's function)



ภาพ 56 กราฟแสดงการลู่เข้าของค่าคำตอบในขั้นตอนวิธีต่างๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 11 (สมการทดสอบของดีจอง Dejong's function)

ฟังก์ชันทดสอบที่มีค่าเฉลี่ยผลเฉลยที่ได้จากเทคนิคซัฟเฟิลฟรอกลิปปิงทำงานร่วมกับการค้นหาแบบเฉพาะที่แพร์ไวส์อินเตอร์เชนจ์ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคซัฟเฟิลฟรอกลิปปิงเพียงอย่างเดียวนั้นได้แก่ฟังก์ชันทดสอบที่ 2 3 5 6 7 8 และ 10

จากผลการทดลอง เมื่อนำตัวอย่างที่มีค่าคำตอบดีที่สุดจาก 30 ตัวอย่างของแต่ละขั้นตอนวิธี ในแต่ละฟังก์ชันทดสอบ มาเพื่อพิจารณาเปรียบเทียบว่าขั้นตอนวิธีใดจะมีความสามารถในการหาค่าคำตอบดีที่สุดมากกว่ากัน ซึ่งจะได้ข้อสรุปตามที่แสดงในตาราง 30 คือ ในสมการทดสอบที่ 1 2 3 และ 9 ขั้นตอนวิธีเจนิติกที่ทำงานร่วมกับการค้นหาแบบเฉพาะที่ด้วยเทคนิคซัฟเฟิลฟรอกลิปปิงจะสามารถหาค่าคำตอบดีที่สุดได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีอื่นๆ สำหรับฟังก์ชันทดสอบที่ 4 5 6 7 8 10 และ 11 ขั้นตอนวิธีเจนิติกที่ทำงานร่วมกับการค้นหาแบบเฉพาะที่แพร์ไวส์อินเตอร์เชนจ์และเทคนิคซัฟเฟิลฟรอกลิปปิงหร้อมกันจะสามารถหาค่าคำตอบดีที่สุดได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีอื่นๆ จากที่ได้กล่าวมาเป็นการกล่าวสรุปโดยเปรียบเทียบค่าคำตอบดีที่สุดเพียงอย่างเดียว และเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าคำตอบที่ได้จาก 30 ตัวอย่างของแต่ละขั้นตอนวิธี ในแต่ละฟังก์ชันทดสอบ โดยจะได้ข้อสรุปตามที่แสดงในตาราง 31 คือ ในสมการทดสอบที่ 1 และ 2 ขั้นตอนวิธีเจนิติกที่ทำงานร่วมกับการค้นหาแบบเฉพาะที่ด้วยเทคนิคซัฟเฟิลฟรอกลิปปิงจะมีคำตอบเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับค่าคำตอบจริงมากที่สุด ส่วนที่เหลือในสมการทดสอบที่ 3-11 ขั้นตอนวิธีเจนิติกที่ทำงานร่วมกับการค้นหาแบบเฉพาะที่แพร์ไวส์อินเตอร์เชนจ์และเทคนิคซัฟเฟิลฟรอกลิปปิงหร้อมกันจะมีคำตอบเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับค่าคำตอบจริงมากที่สุด

ตาราง 30 ตารางสรุปผลการเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีที่ดีที่สุดในการหาค่าผลเฉลยดีที่สุด

สมการทดสอบที่	ขั้นตอนวิธีที่ดีที่สุด	ค่าของฟังก์ชัน	ผลเฉลยจริง	ผลเฉลยดีที่สุดที่ได้	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
1	GA ทำงานกับ SFL	Maximum	9.515504816	9.515504816	0.000000000
2	GA ทำงานกับ SFL	Maximum	5.150395778	5.150395704	0.000001437
3	GA ทำงานกับ SFL	Maximum	ค่าอนันต์	14.433180315	คำนวณไม่ได้
4	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Maximum	9.522878745	9.521751083	0.011841608
5	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Minimum	-66.034020000	-66.034016260	0.000005664
6	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Maximum	12.000000000	11.999999903	0.000000808
7	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Maximum	80.000000000	79.999177747	0.001027816
8	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Maximum	80.000000000	79.999999190	0.000001013
9	GA ทำงานกับ SFL	Maximum	23.445230201	23.445202585	0.000117789
10	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Maximum	348.332331368	348.332278832	0.000015082
11	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Minimum	0.000000000	0.000275538	0.027553800

ตาราง 31 ตารางสรุปผลการเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีที่มีค่าเฉลี่ยผลเฉลยดีที่สุด

สมการทดสอบที่	ขั้นตอนวิธีที่ดีที่สุด	ค่าของฟังก์ชัน	ผลเฉลยจริง	ผลเฉลยเฉลี่ยที่ดีที่สุด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
1	GA ทำงานกับ SFL	Maximum	9.515504816	9.515504815	0.000000011
2	GA ทำงานกับ SFL	Maximum	5.150395778	5.150332041	0.001237517
3	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Maximum	ค่าอนันต์	12.347265219	คำนวณไม่ได้
4	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Maximum	9.522878745	9.408338516	1.202789955
5	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Minimum	-66.034020000	-66.010512606	0.035598914
6	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Maximum	12.000000000	11.999981849	0.000151258
7	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Maximum	80.000000000	79.963667126	0.045416092
8	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Maximum	80.000000000	79.999979114	0.000026108
9	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Maximum	23.445230201	23.438289920	0.029602102
10	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Maximum	348.332331368	348.329913892	0.000694014
11	GA ทำงานกับ PI และ SFL	Minimum	0.000000000	0.008585093	0.858509300