บทที่ 8
ผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ผลลัพธ์

ในบทนี้ แสดงถึงวิธีการทดสอบและผลการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น โดยแยกส่วนของการทดสอบเป็น 2 ส่วนหลัก โดยในส่วนแรกจะเป็นการออกแบบโครงสร้างและพารามิเตอร์ของวิธีเจเนติกอัลกอริทึม, วิธีนิชชิ่งเจเนติกอัลกอริทึม, และตัวปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมถึงการทดสอบความสามารถในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาที่พิจารณา รวมถึงการแยกแยะคำตอบระหว่างคำตอบที่ดีที่สุด (คำตอบโกลบอล) และคำตอบที่ดี (คำตอบโลคอล) จากฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ [1, 76] ที่มีความซับซ้อนสูงมากและเป็นฟังก์ชั่นที่มีจุดยอดหลายจุด โดยใช้ฟังก์ชั่น De Jong จำนวน 8 ฟังก์ชั่น อีกทั้งยังเป็นการทดสอบถึงพฤติกรรมของอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบที่ถูกต้อง ในส่วนที่สองจะเป็นการนำส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและวิธีนิชชิ่งเจเนติกอัลกอริทึมที่ได้ ผนวกกับวิธีการแบ่งโหลดและเทคนิคการจัดการกับข้อจำกัดสมการและอสมการต่างๆ ทำการทดสอบกับปัญหาการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าที่มีความคุ้มทุนในทางเศรษฐศาสตร์ทั้งในลักษณะสแตติกและไดแนมิค โดยใช้ระบบไฟฟ้ากำลังมาตรฐาน IEEE 30 บัส, IEEE 118 บัส และระบบไฟฟ้ากำลังของประเทศไทยเป็นระบบไฟฟ้ากำลังพื้นฐานในการทดสอบ รวมถึงการทดสอบความถูกต้องของคำตอบจากผลลัพธ์จากวิธีทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น อีกทั้งยังได้ทดสอบกับระบบไฟฟ้ากำลังจำลองโดยทดสอบความสามารถในการคำนวณสำหรับหน่วยผลิตที่มีกราฟคุณลักษณะต้นทุนราคาเชื้อเพลิงในลักษณะโดยทั่วไป ร่วมกับหน่วยผลิตที่มีกราฟคุณลักษณะต้นทุนราคาเชื้อเพลิงไม่เป็นเชิงเส้น และกราฟมีลักษณะไม่ต่อเนื่อง

8.1 การทดสอบฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์

การทดสอบฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์นี้มุ่งเน้นถึงการวัดประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบโกลบอลของอัลกอริทึม การปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมจากพฤติกรรมการค้นหาคำตอบที่ได้จากวิธีเจเนติกอัลกอริทึมเดิม โดยใช้ผลลัพธ์ของการคำนวณหาพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด มาใช้ในการเปรียบเทียบคำตอบ ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบจะใช้ตัวแปรอินพุท 2 จำนวน ทั้งนี้เพื่อความเข้าใจต่อลักษณะการลู่เข้าของคำตอบได้ดีมากขึ้น สามารถพิจารณาถึงพฤติกรรมดังกล่าวได้จากรูปพื้นที่คำตอบที่แสดงไว้ ซึ่งจากลักษณะฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ทั้งหมด จะพบว่ามีความซับซ้อนสูงมาก และยังมีจุดยอดหลายจุด มีลักษณะการแยกตัวออกจากกัน และลักษณะฟังก์ชั่นที่นำไปสู่จุดยอดโลคอล โดยพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ FORTRAN โดยใช้ GNU FORTRAN Compiler ที่ทำงานบน เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล Pentium III ความเร็วสัญญาณนาฬิกา 800MHz ระบบปฏิบัติการ Linux Mandrake 8.1 (Kernel 2.4.8) และพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด แสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

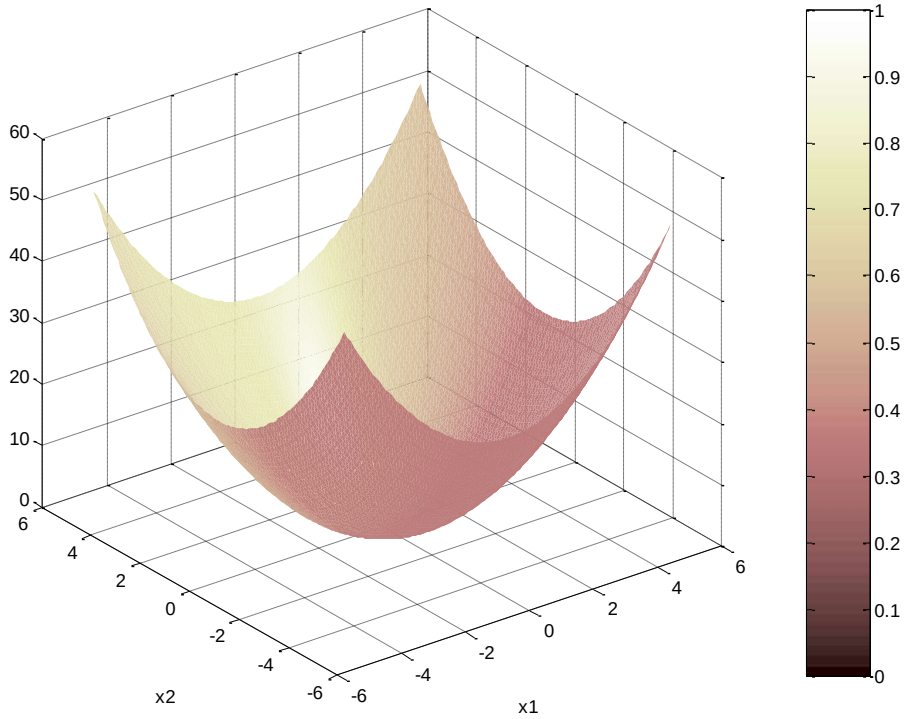
ตารางที่ 8.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ ด้วยวิธี AOGAs

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
ขนาดโครโมโซม, N_c	10
ความน่าจะเป็นในการผ่าเหล่ายีน, P_m	$k2 = 1.0, k4 = 0.5$
ความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนยีน, P_c	$k1 = 1.0, k3 = 0.5$
จำนวนประชากร, N_p	3*(2 N_c)
วิธีการเข้ารหัส	เกรย์
วิธีการคัดเลือก	ทัวนาเมนต์ (ขนาดทัวนาเมนต์ = 4)
วิธีการปรับค่าความเหมาะสม	ตัดค่าซิกม่า
วิธีการผ่าเหล่ายีน	ตลอดโครโมโซม (ปรับค่าอัตโนมัติ)
วิธีการแลกเปลี่ยนยีน	สม่ำเสมอ (ปรับค่าอัตโนมัติ)
วิธีการสร้างชุดโครโมโซมใหม่	สภาวะคงตัว (อีลิสซิส)
วิธีแสดงการลู่เข้า	ค่าชุดโครโมโซมที่ดีที่สุดไม่เปลี่ยนแปลงใน จำนวน 150 รุ่นประชากร

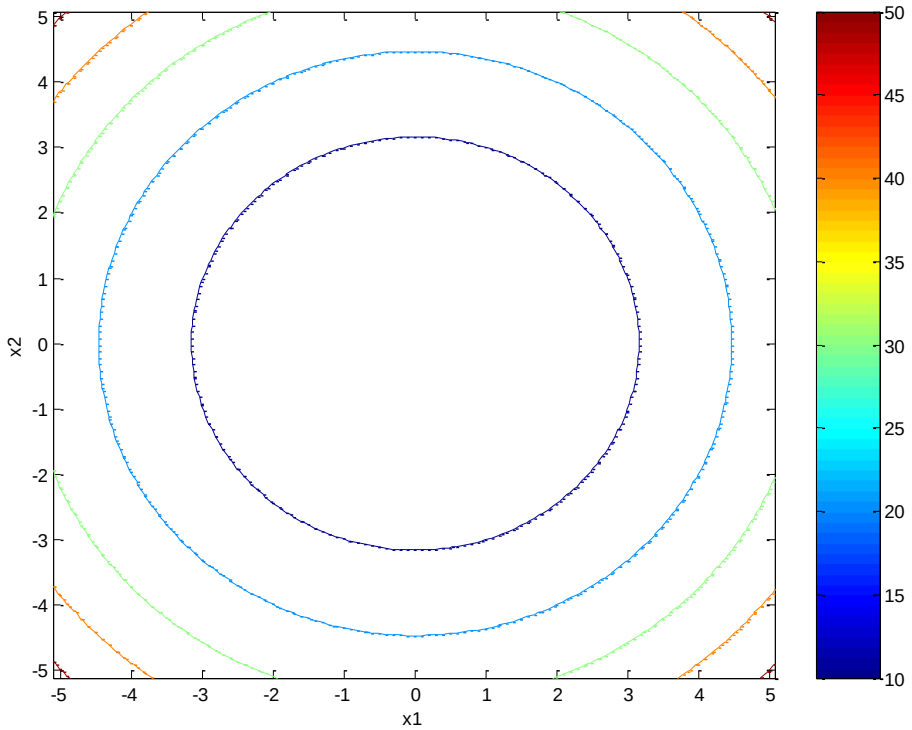
ตารางที่ 8.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ ด้วยวิธี AONGAs

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
ขนาดโครโมโซม, N_c	10
ความน่าจะเป็นในการผ่าเหล่ายีน, P_m	$k2 = 1.0, k4 = 0.5$
ความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนยีน, P_c	$k1 = 1.0, k3 = 0.5$
จำนวนประชากร, N_p	3*(2 N_c)
วิธีการเข้ารหัส	เกรย์
วิธีการคัดเลือก	ทัวนาเมนต์ (ขนาดทัวนาเมนต์ = 4)
วิธีการปรับค่าความเหมาะสม	ตัดค่าซิกม่า
วิธีการผ่าเหล่ายีน	ตลอดโครโมโซม (ปรับค่าอัตโนมัติ)
วิธีการแลกเปลี่ยนยีน	สม่ำเสมอ (ปรับค่าอัตโนมัติ)
วิธีการสร้างชุดโครโมโซมใหม่	ดีเทอร์มินนิสติกคราว์ดิ่ง
วิธีแสดงการลู่เข้า	ค่าชุดโครโมโซมที่ดีที่สุดไม่เปลี่ยนแปลงใน จำนวน 150 รุ่นประชากร

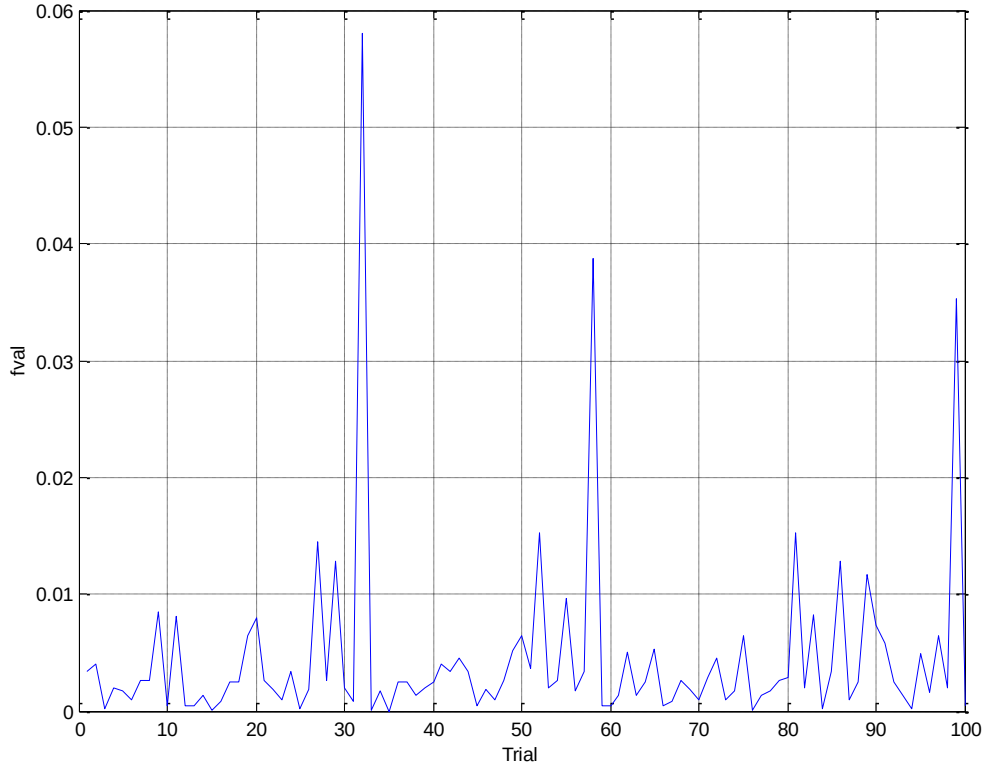
8.1.1 ฟังก์ชั่น $F1$ (De Jong's function)



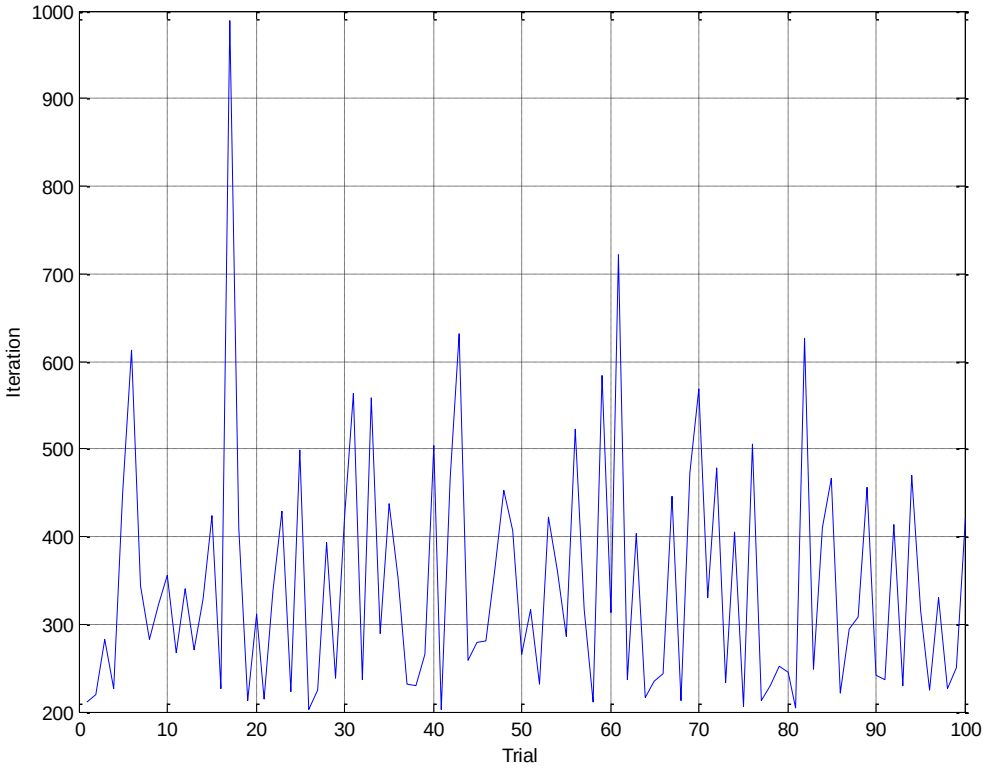
รูปที่ 8.1 ลักษณะฟังก์ชั่น $F1: f\left(x_i \mid_{i=1,2}\right) = \sum_{i=1}^{2}\left(x_i^2\right) \quad x_i \in [-5.12, 5.12]$



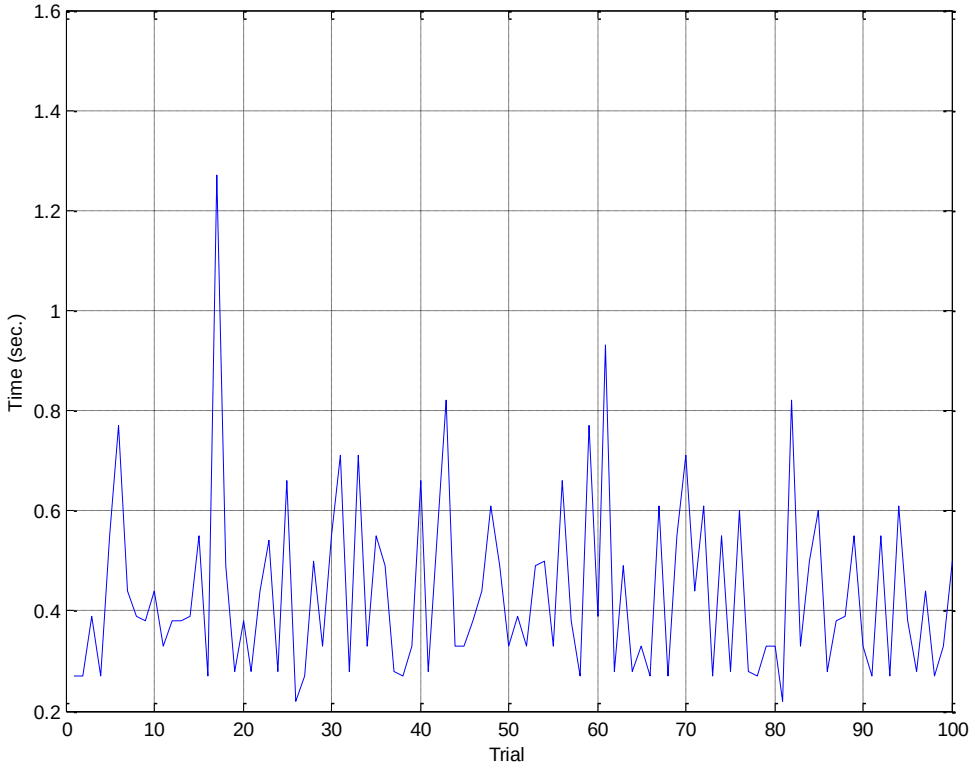
รูปที่ 8.2 ลักษณะเส้นโครงร่างฟังก์ชั่น $F1$



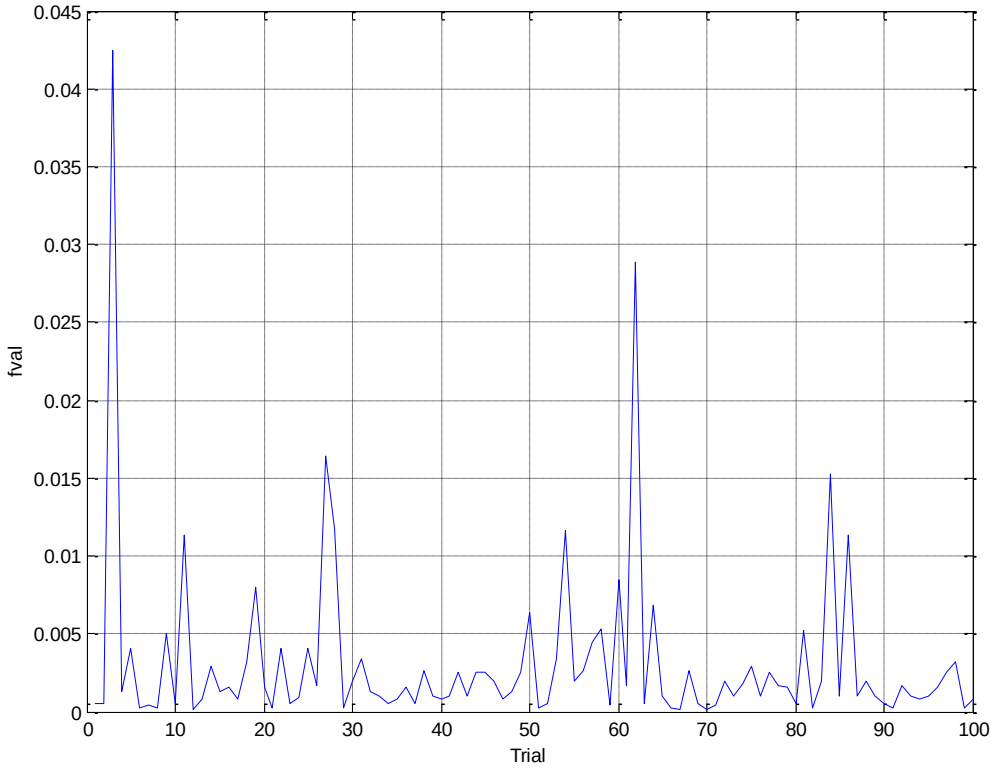
รูปที่ 8.3 ค่าฟังก์ชั่นที่ได้จากการทดสอบฟังก์ชั่น $F1$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



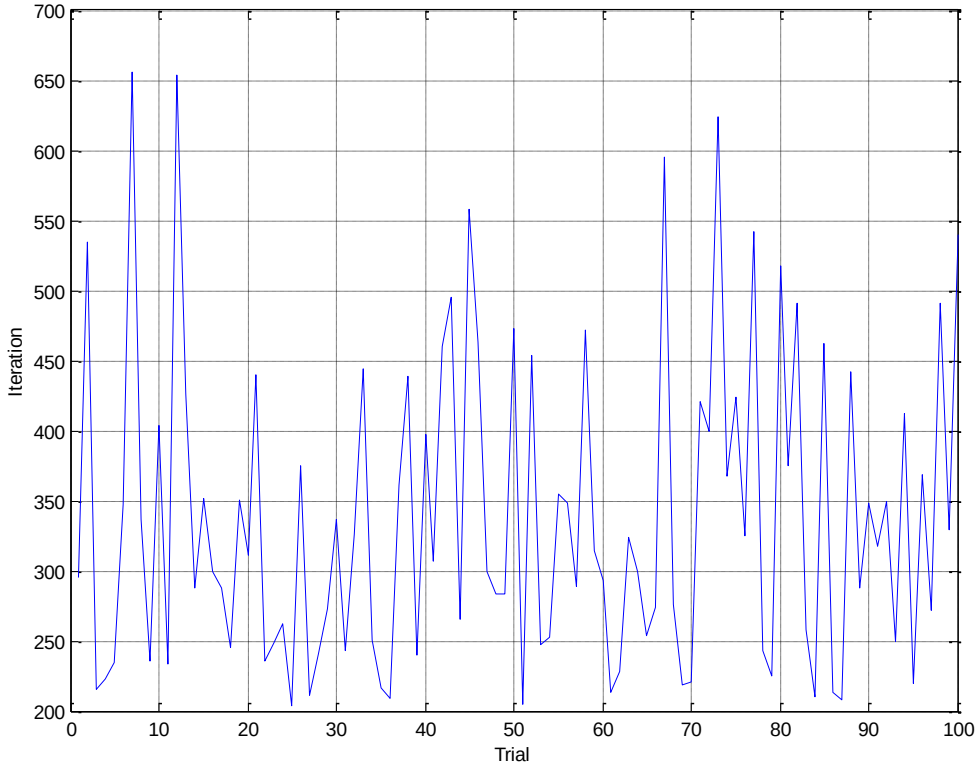
รูปที่ 8.4 จำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F1$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



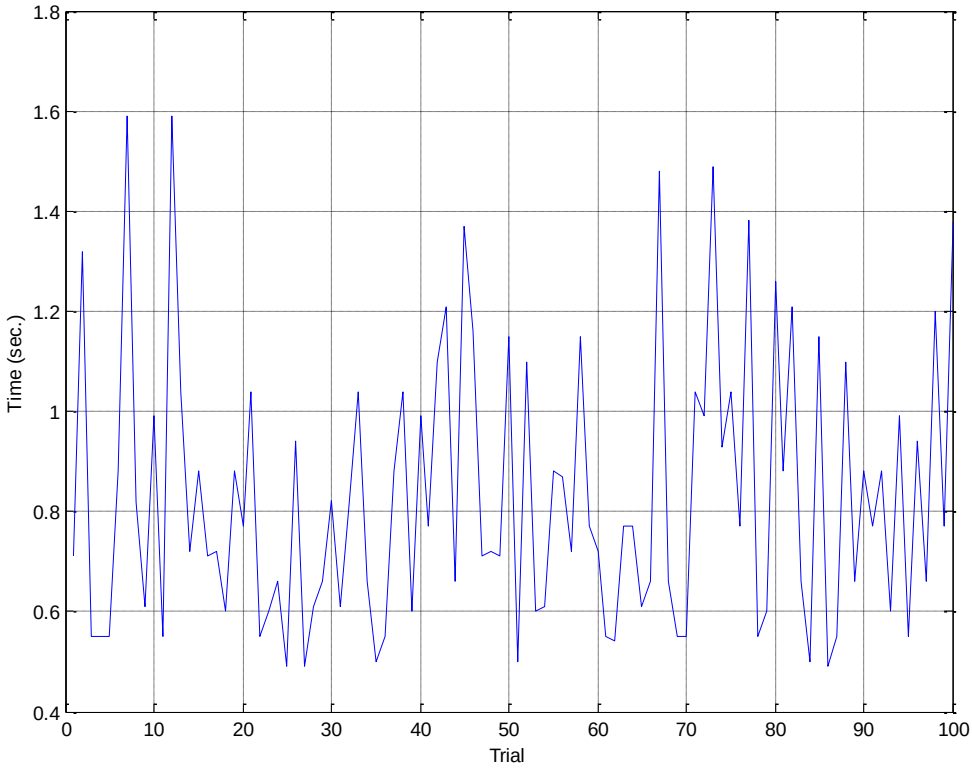
รูปที่ 8.5 เวลาที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F1$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



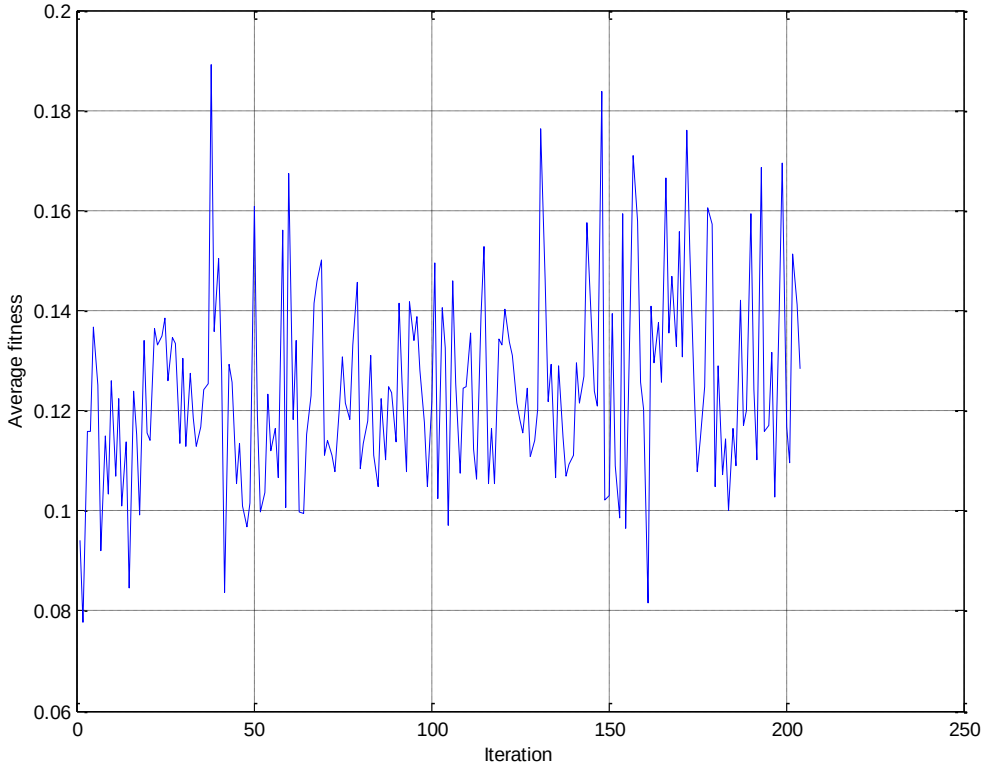
รูปที่ 8.6 ค่าฟังก์ชั่นที่ได้จากการทดสอบฟังก์ชั่น $F1$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



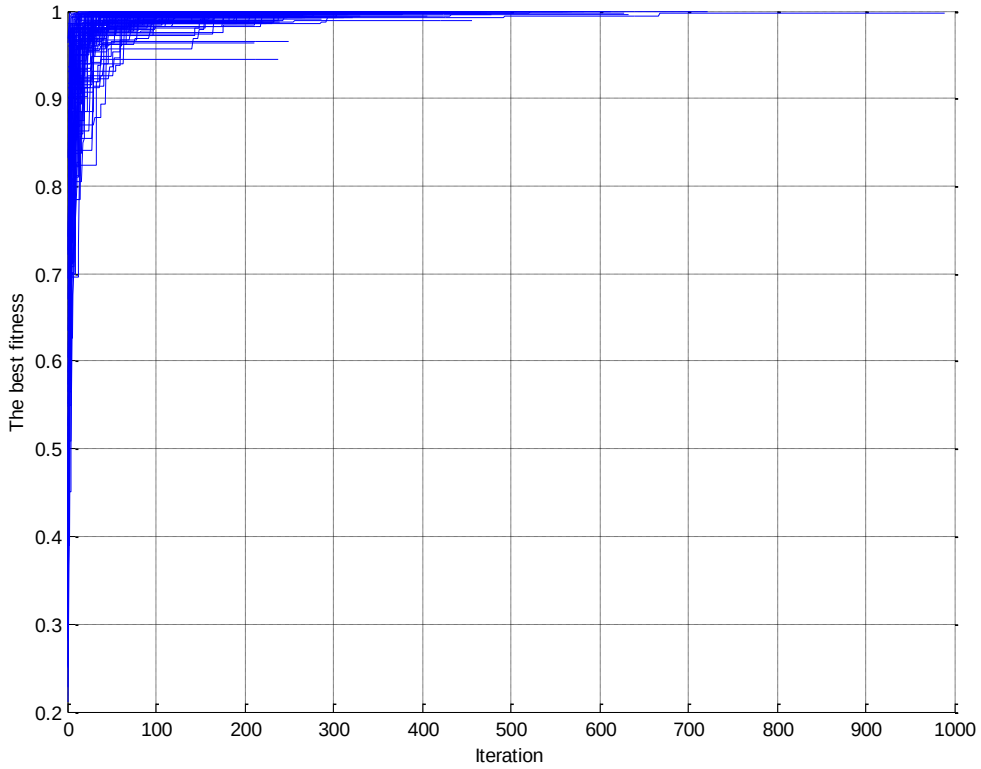
รูปที่ 8.7 จำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F1$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



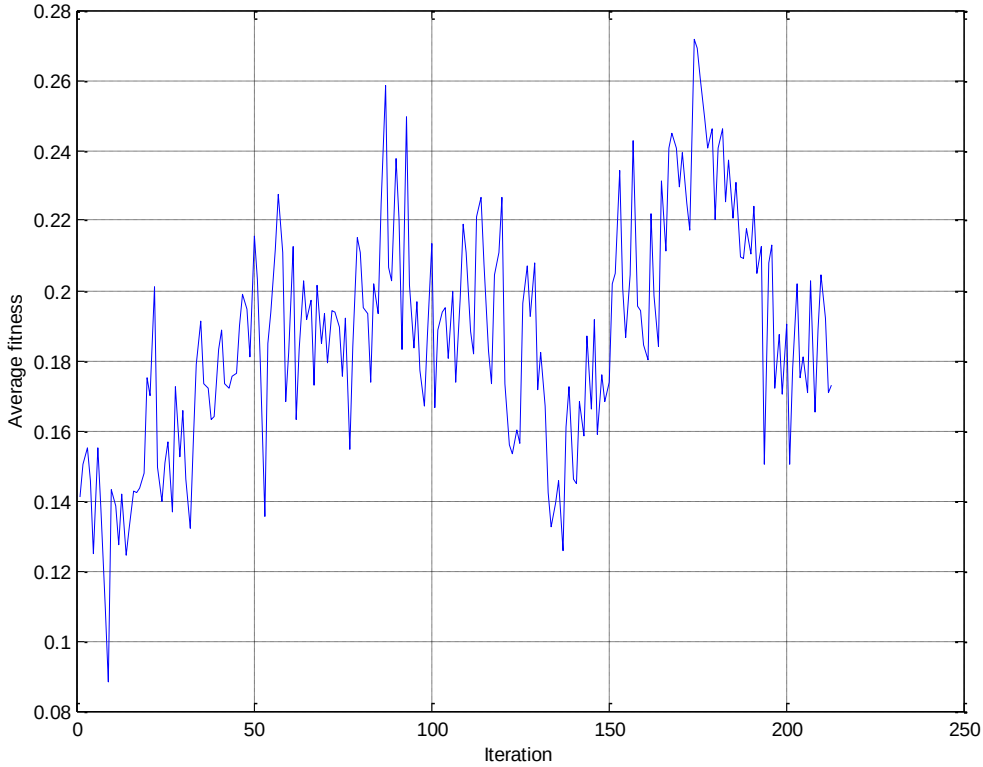
รูปที่ 8.8 เวลาที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F1$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



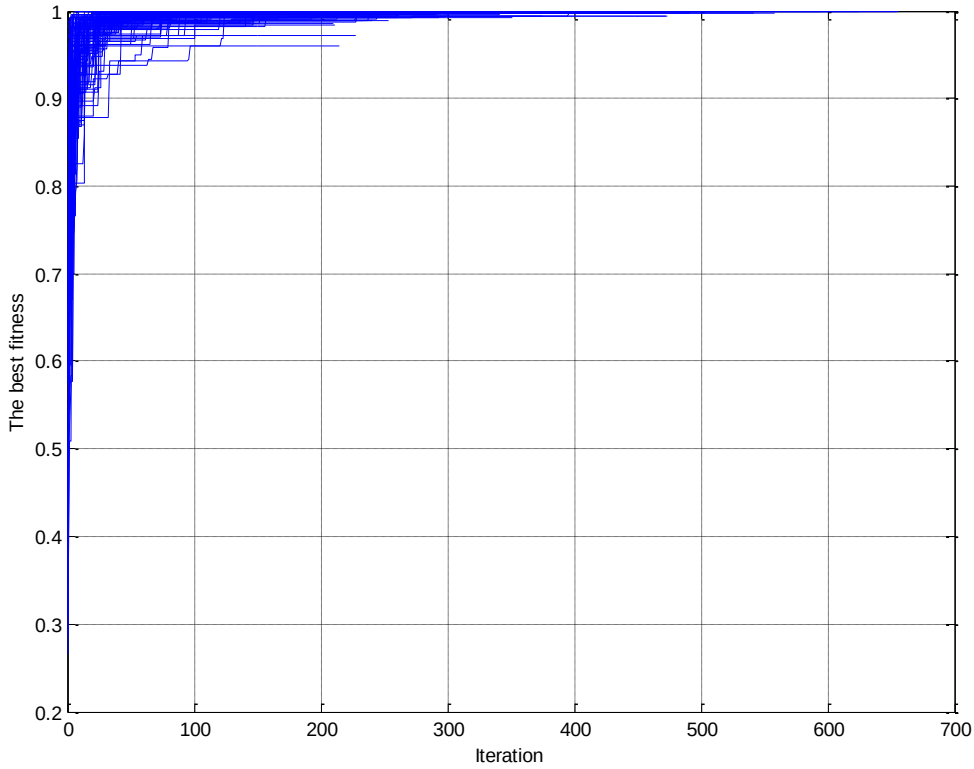
รูปที่ 8.9 ประสิทธิภาพออนไลน์ที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F1$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



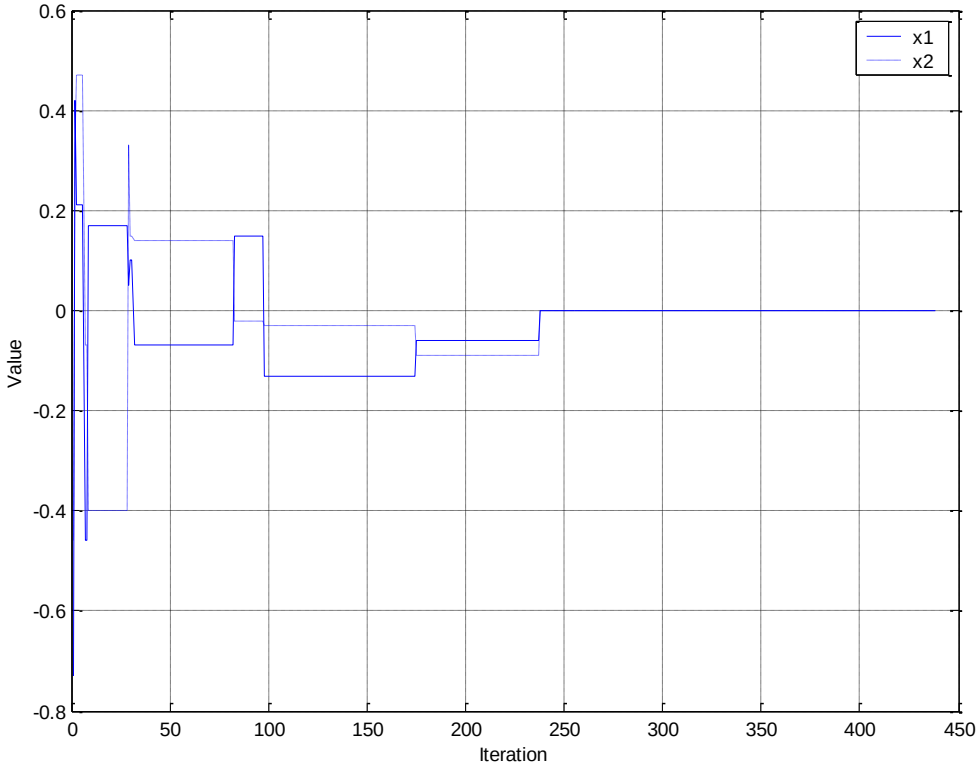
รูปที่ 8.10 ประสิทธิภาพออฟไลน์จากการทดสอบฟังก์ชั่น $F1$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



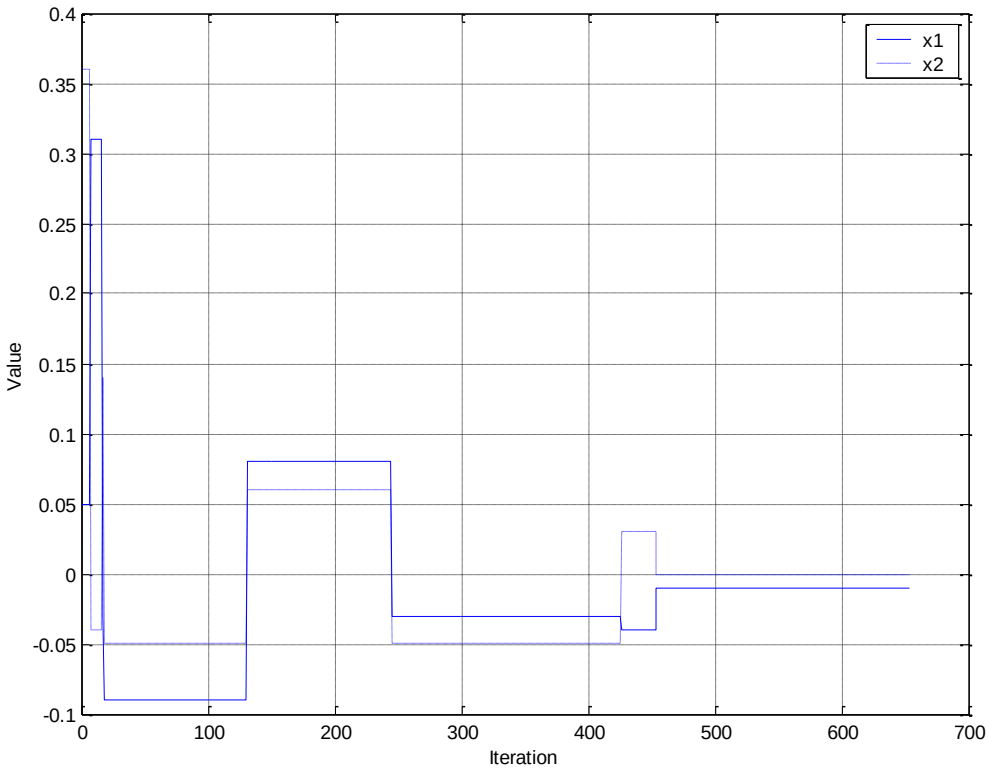
รูปที่ 8.11 ประสิทธิภาพออนไลน์ที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F1$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



รูปที่ 8.12 ประสิทธิภาพออฟไลน์จากการทดสอบฟังก์ชั่น $F1$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)

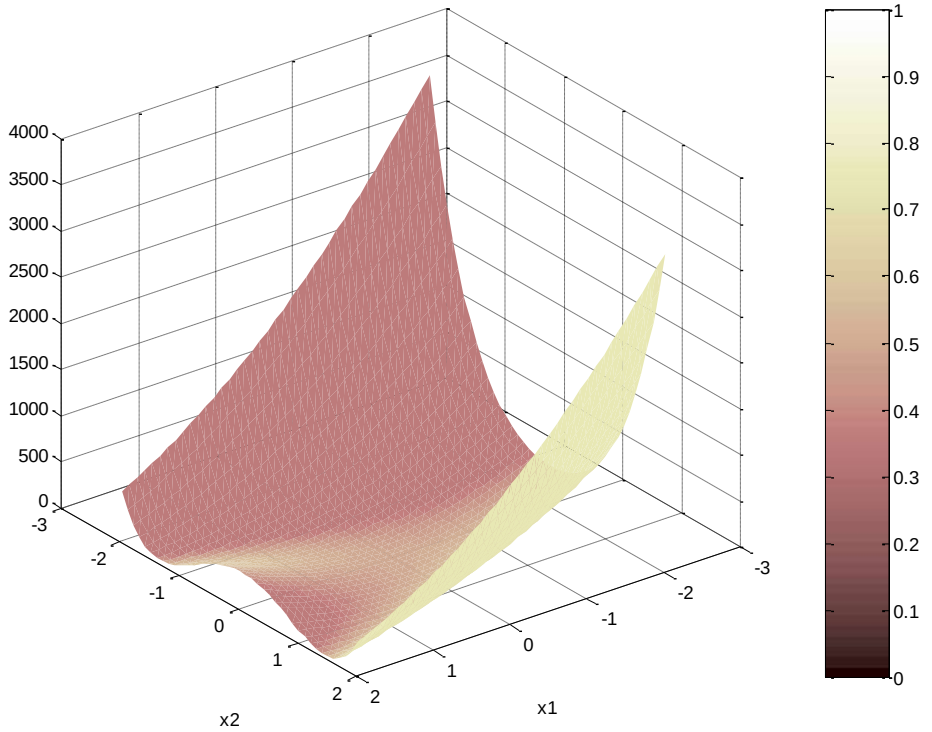


รูปที่ 8.13 การเปลี่ยนแปลงค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F1$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)

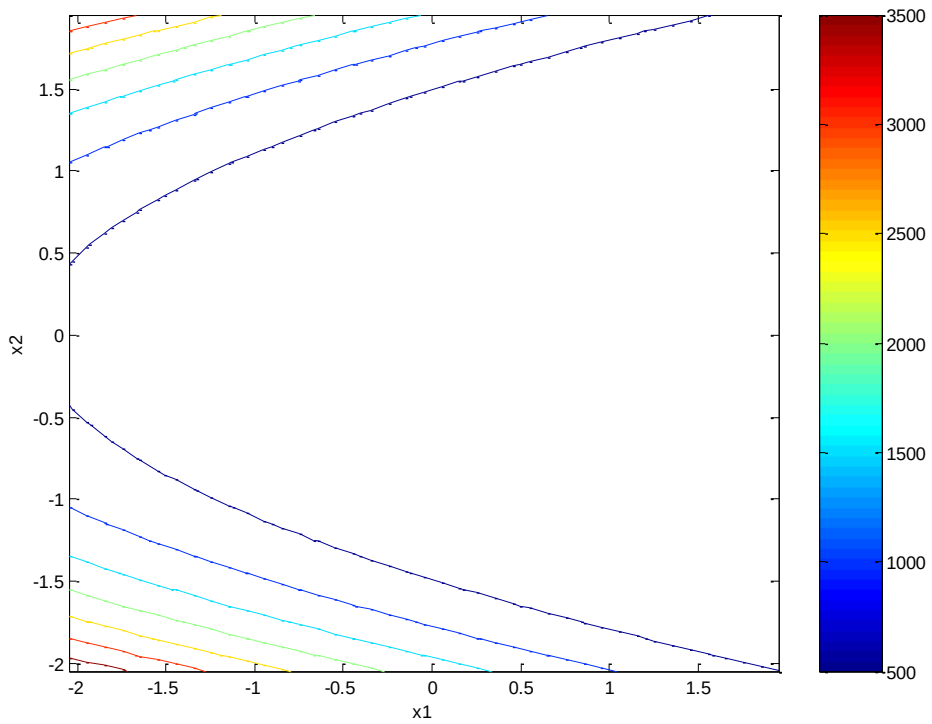


รูปที่ 8.14 การเปลี่ยนแปลงค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F1$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)

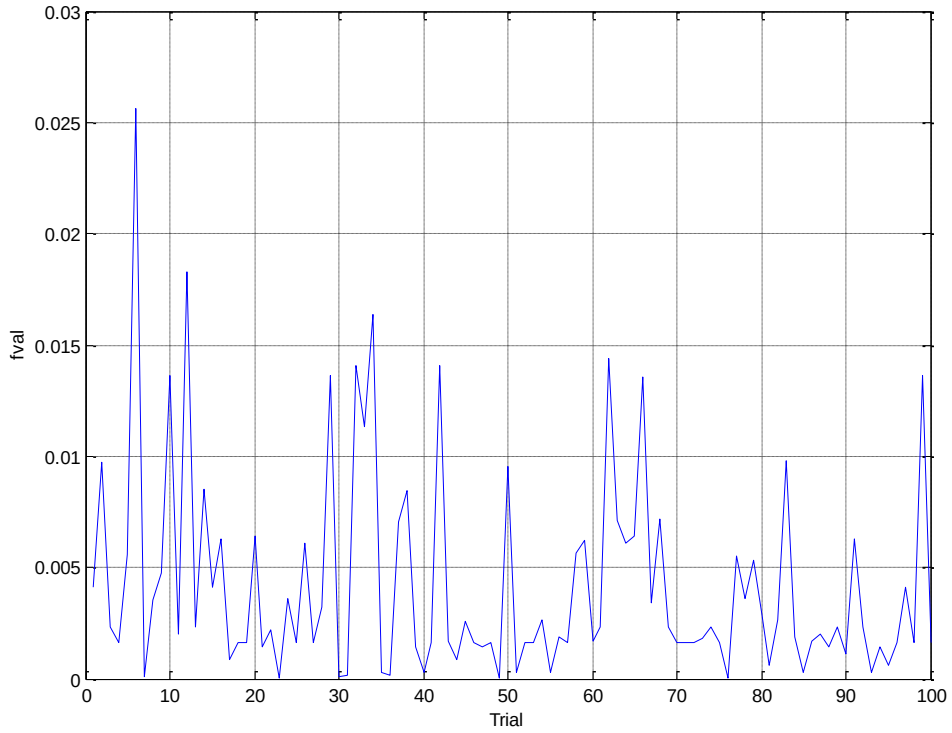
8.1.2 ฟังก์ชั่น F_2 (Rosenbrock's valley function)



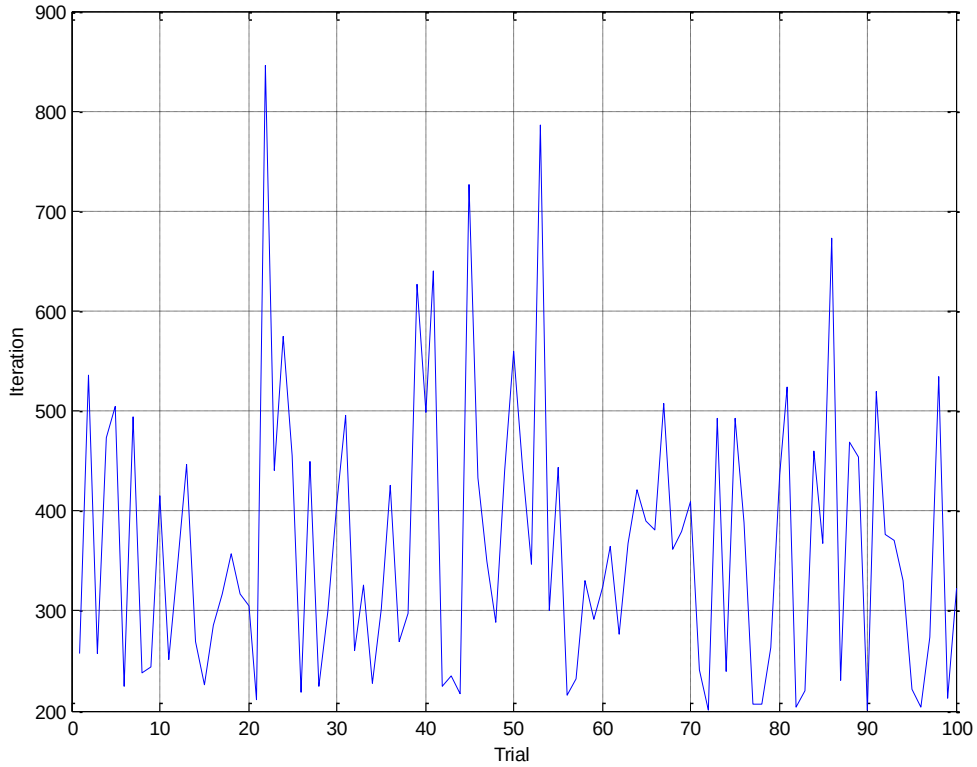
รูปที่ 8.15 ลักษณะฟังก์ชั่น $F2: f\left(x_i \mid_{i=1,2}\right) = 100\left(x_1^2 - x_2\right)^2 + \left(1 - x_1\right)^2 \quad x_i \in \left[-2.048, 2.047\right]$



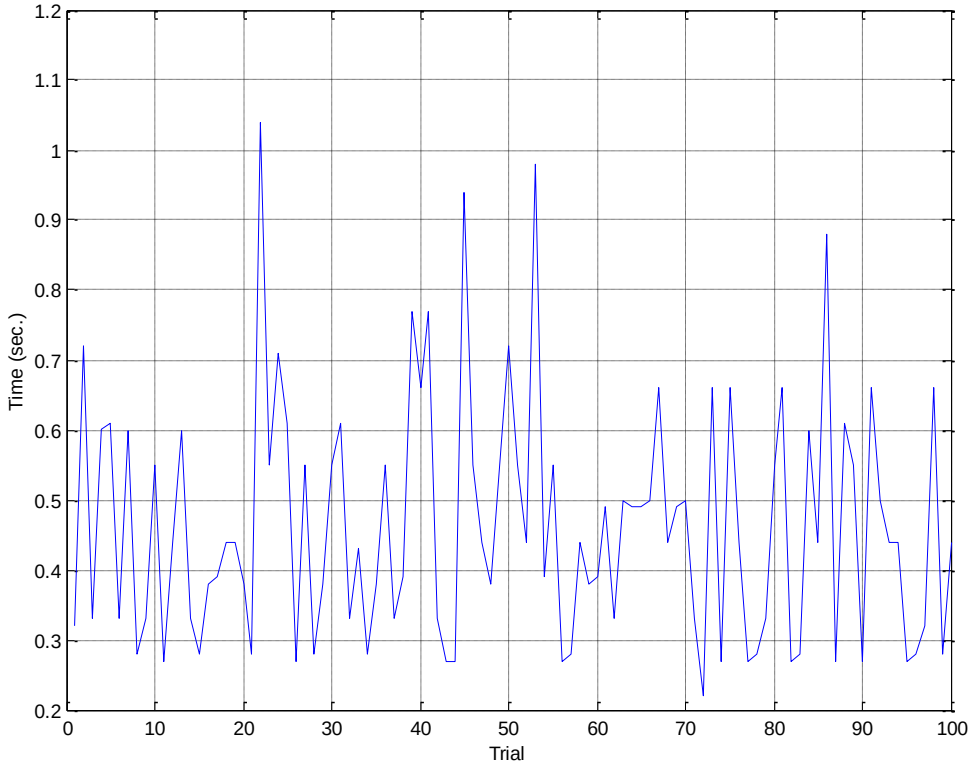
รูปที่ 8.16 ลักษณะเส้นโครงร่างฟังก์ชั่น $F2$



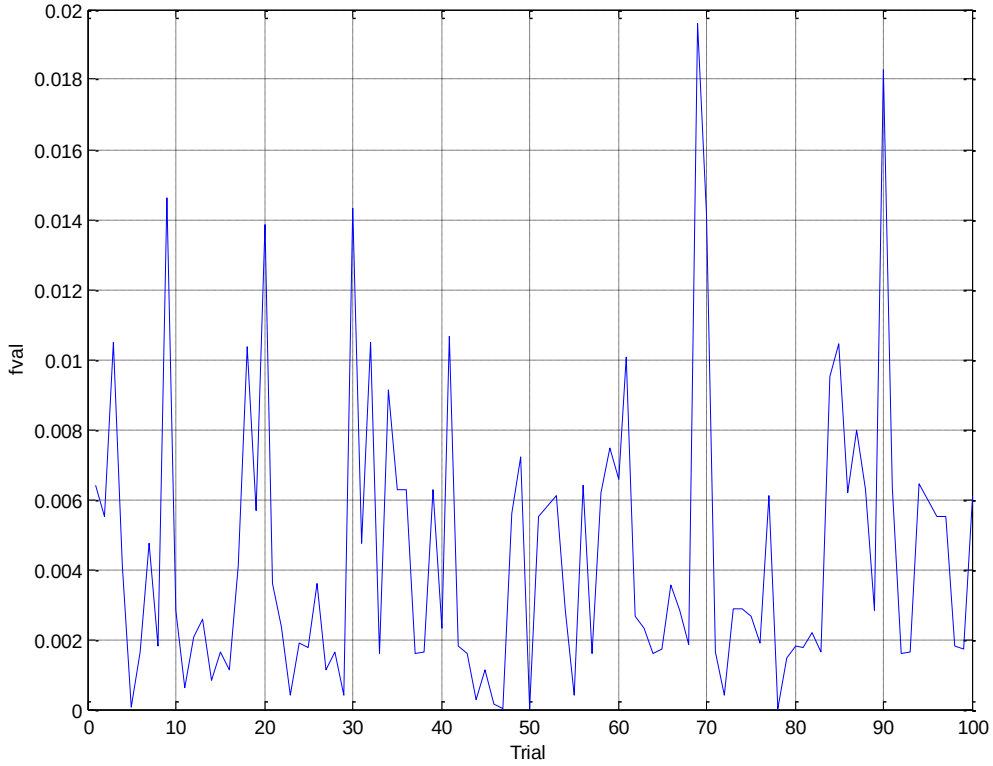
รูปที่ 8.17 ค่าฟังก์ชั่นที่ได้จากการทดสอบฟังก์ชั่น $F2$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



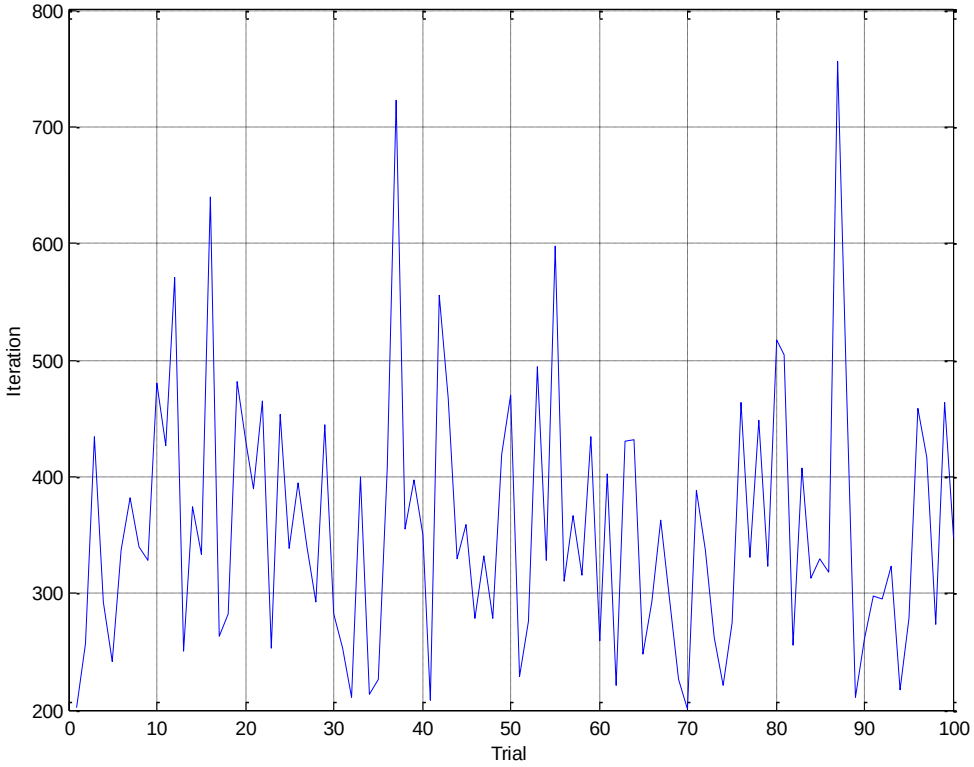
รูปที่ 8.18 จำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F2$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



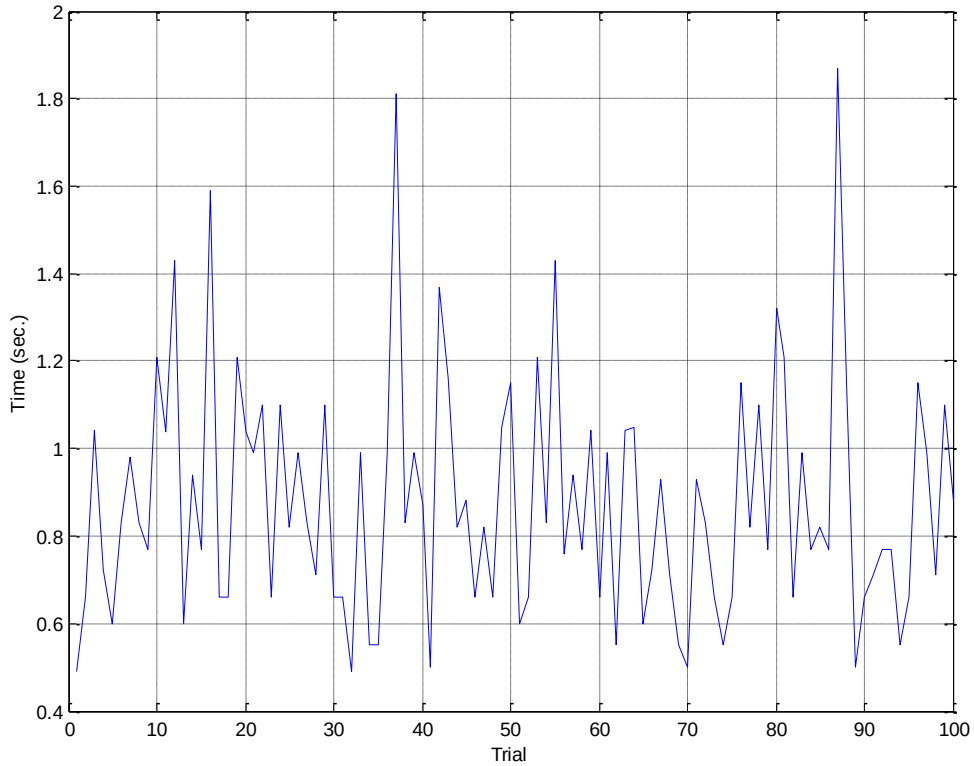
รูปที่ 8.19 เวลาที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F2$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



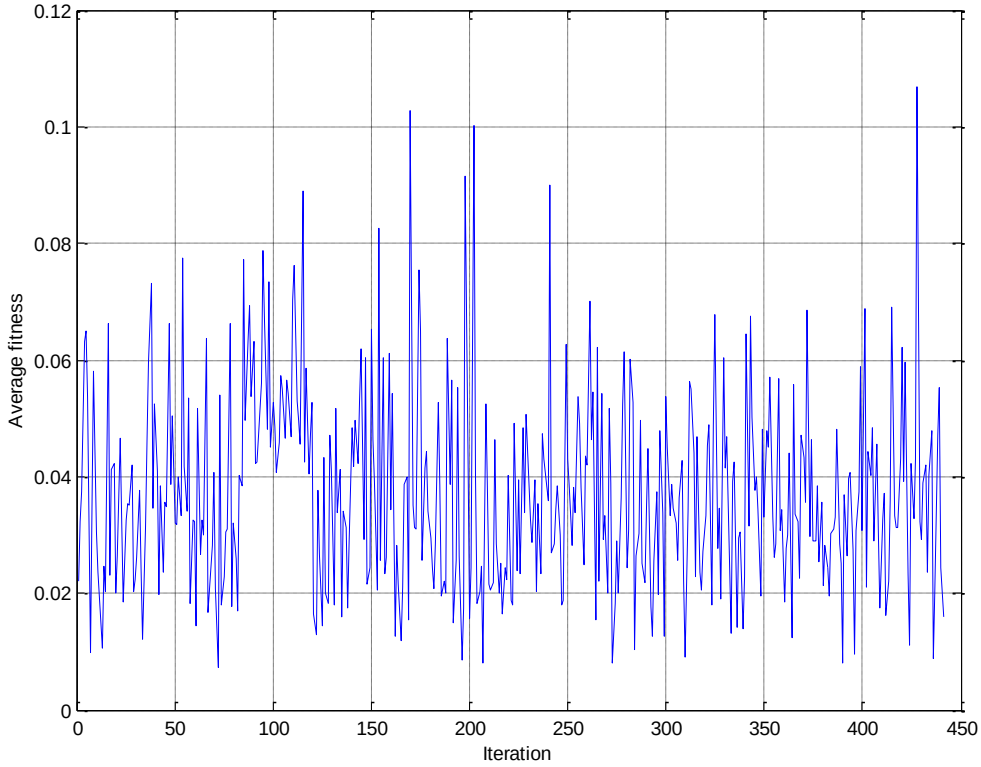
รูปที่ 8.20 ค่าฟังก์ชั่นที่ได้จากการทดสอบฟังก์ชั่น $F2$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



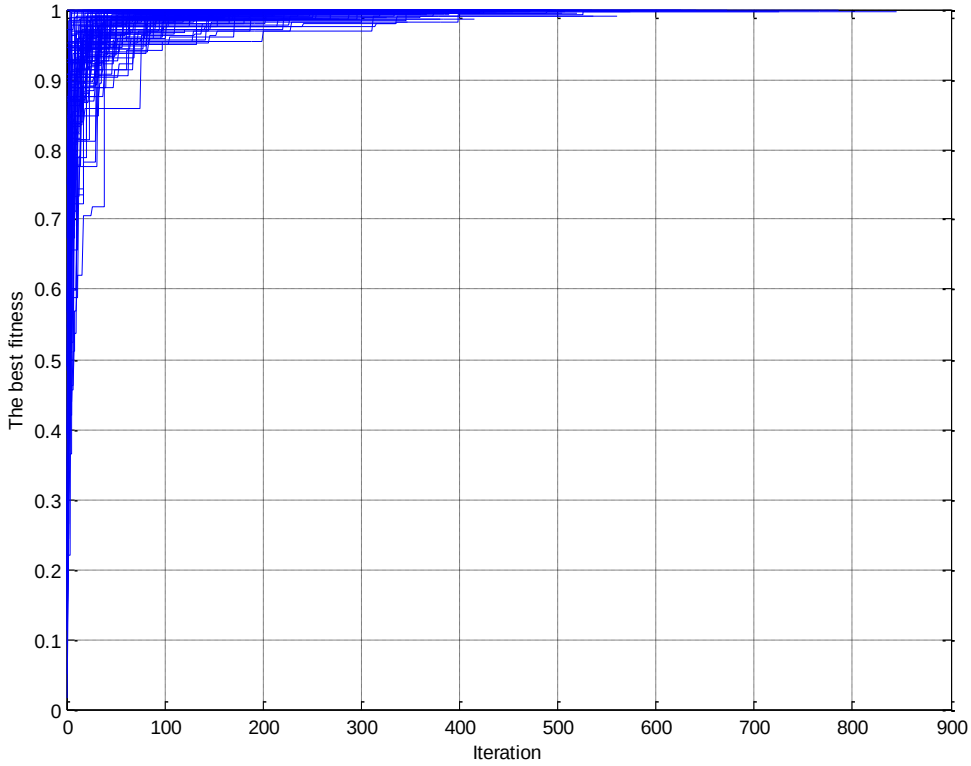
รูปที่ 8.21 จำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F2$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



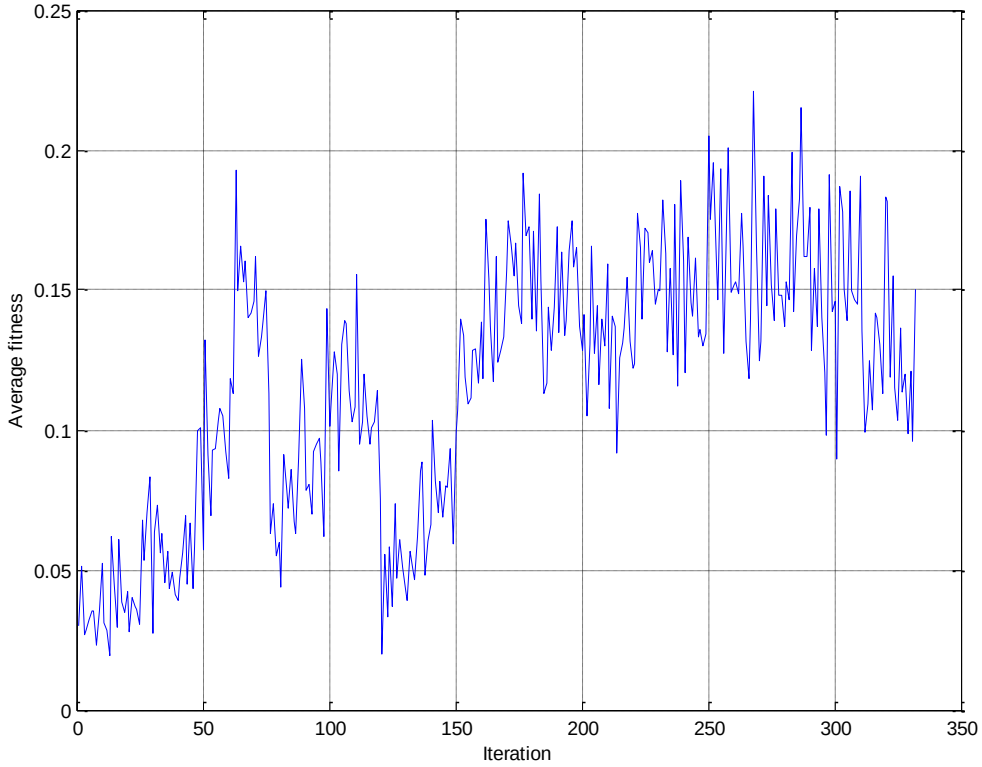
รูปที่ 8.22 เวลาที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F2$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



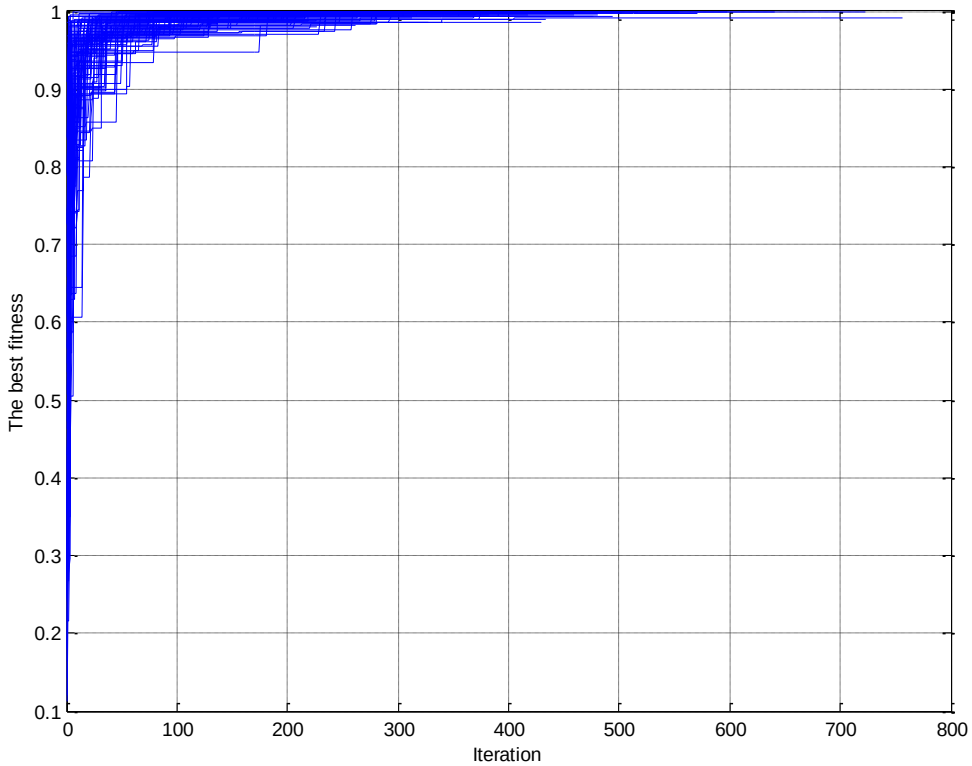
รูปที่ 8.23 ประสิทธิภาพออนไลน์ที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F2$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



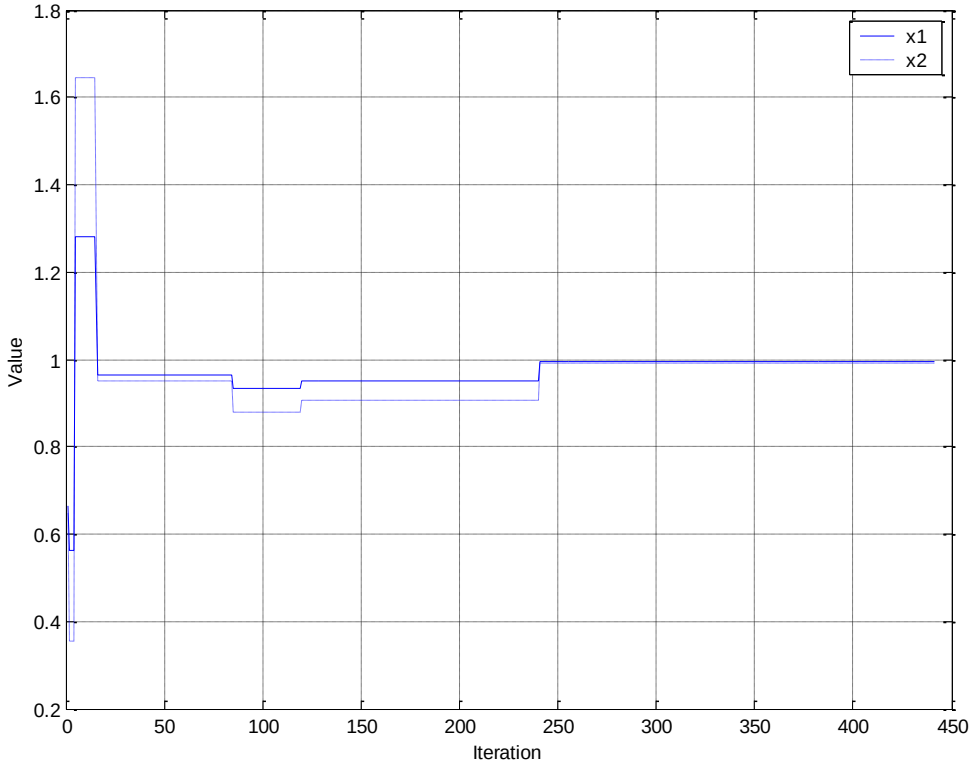
รูปที่ 8.24 ประสิทธิภาพออฟไลน์จากการทดสอบฟังก์ชั่น $F2$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



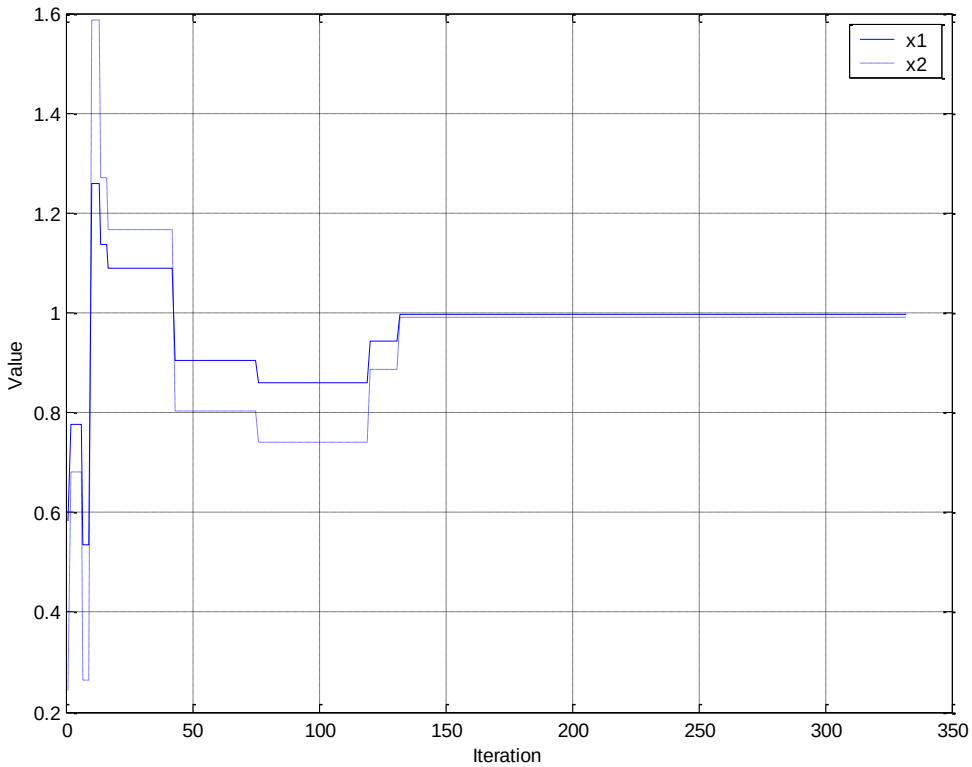
รูปที่ 8.25 ประสิทธิภาพออนไลน์ที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F2$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



รูปที่ 8.26 ประสิทธิภาพออฟไลน์จากการทดสอบฟังก์ชั่น $F2$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)

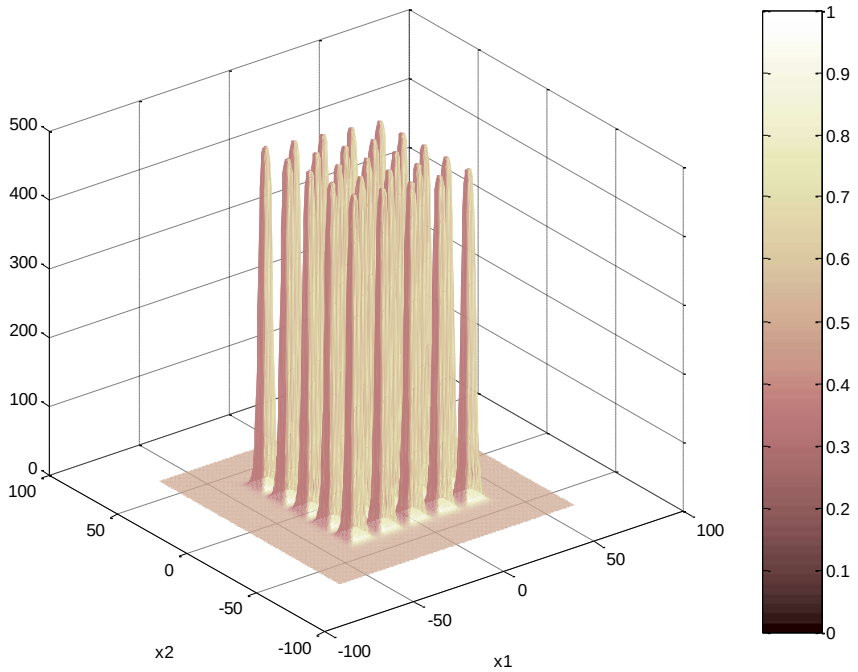


รูปที่ 8.27 การเปลี่ยนแปลงค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F2$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



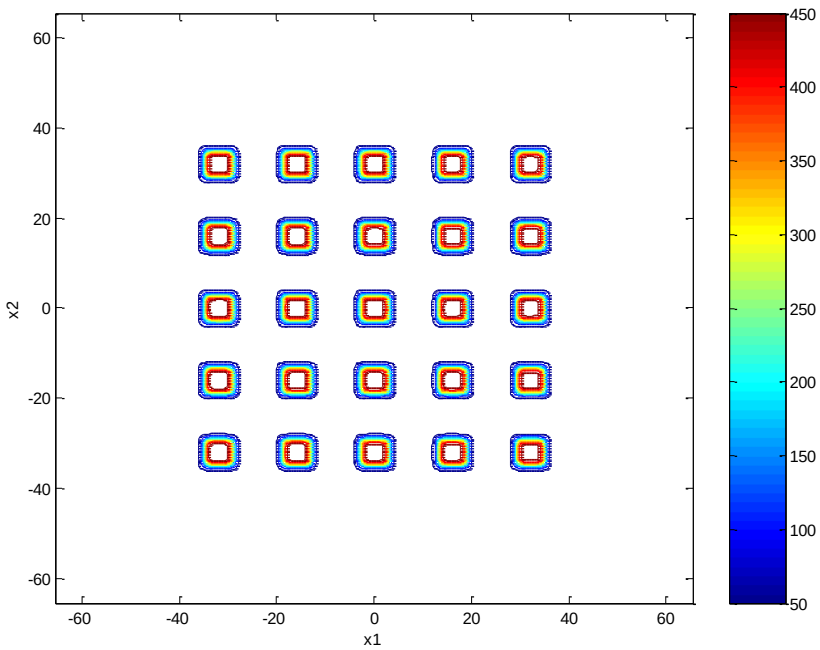
รูปที่ 8.28 การเปลี่ยนแปลงค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F2$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)

8.1.3 ฟังก์ชั่น $F5$ (Shekel's Foxholes function)

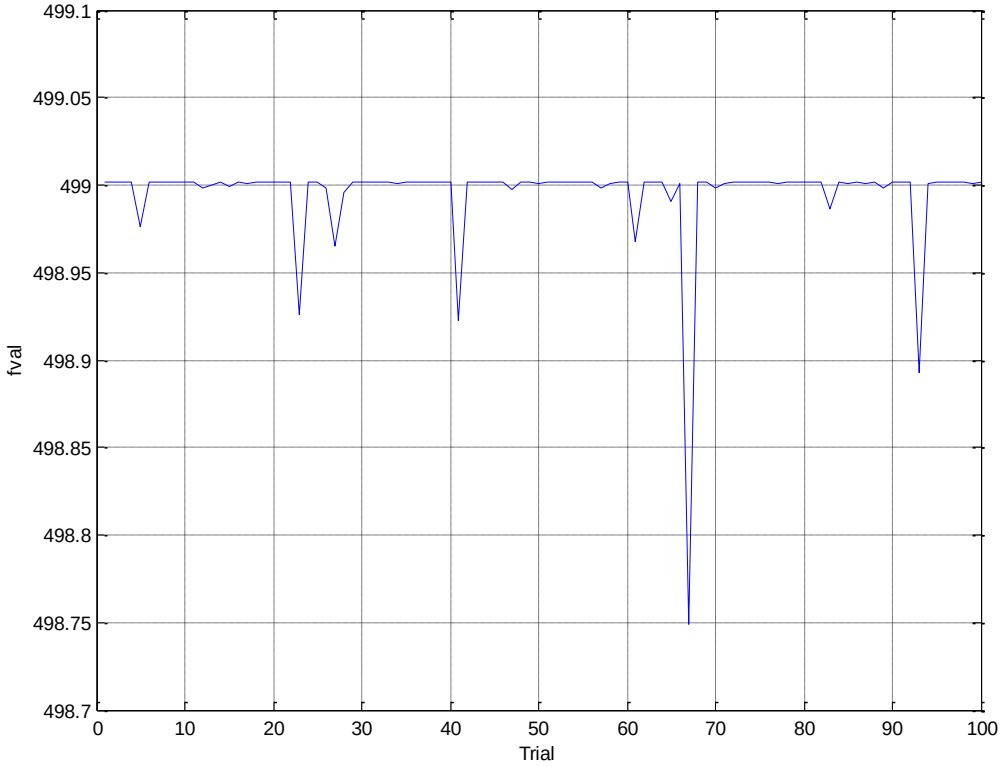


รูปที่ 8.29 ลักษณะฟังก์ชั่น $F5: f\left(x_i\,|_{i=1,2}\right) = 500 + \dfrac{1}{0.002 + \sum_{i=0}^{24} \dfrac{1}{1 + i + \left(x_1 - a_i\right)^6 + \left(x_2 - b_i\right)^6}}$

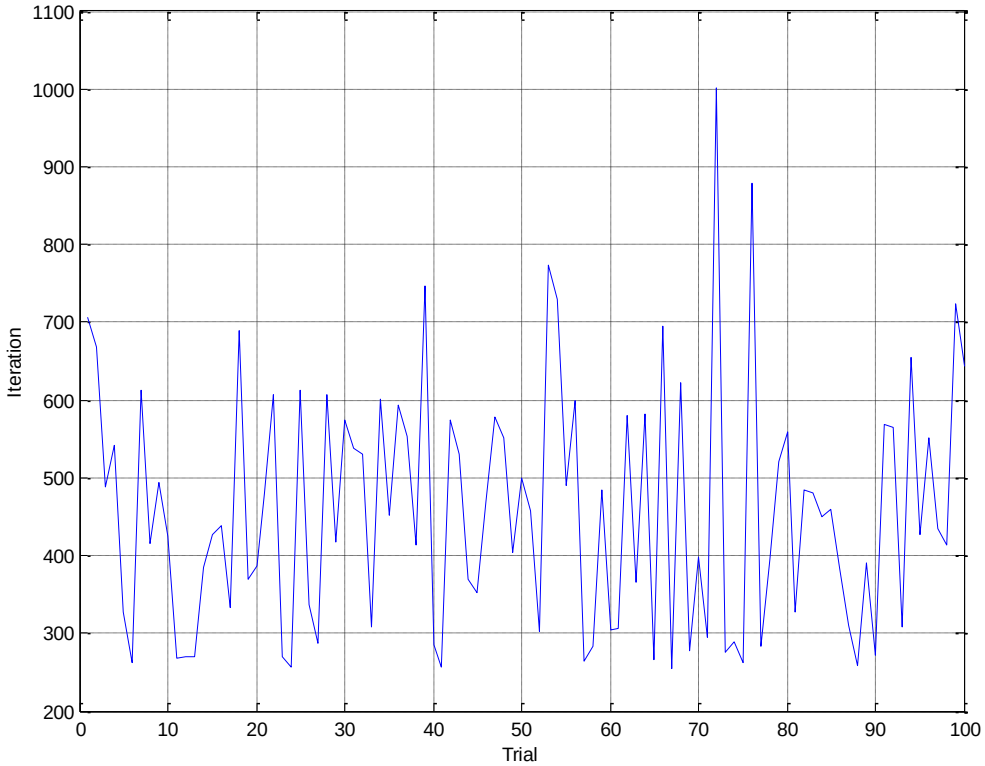
โดยที่ $x_i \in [-65.536, 65.536]$, $a_i = 16[(i \bmod 5) - 2]$, และ $b_i = 16[\lfloor i/5 \rfloor - 2]$



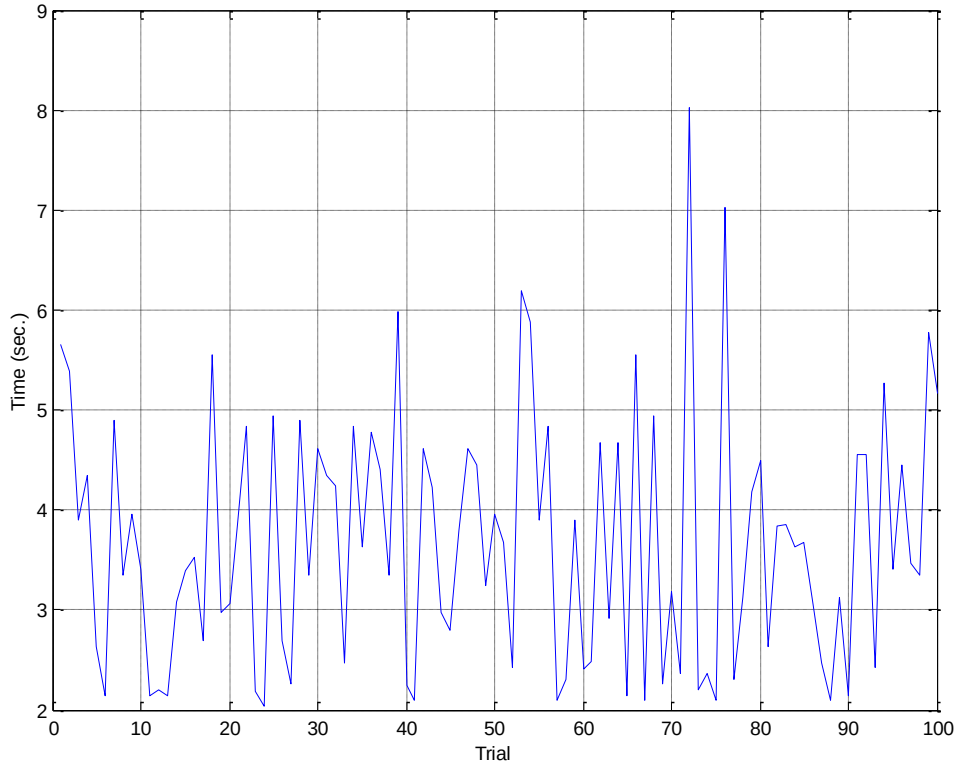
รูปที่ 8.30 ลักษณะเส้นโครงร่างฟังก์ชั่น $F5$



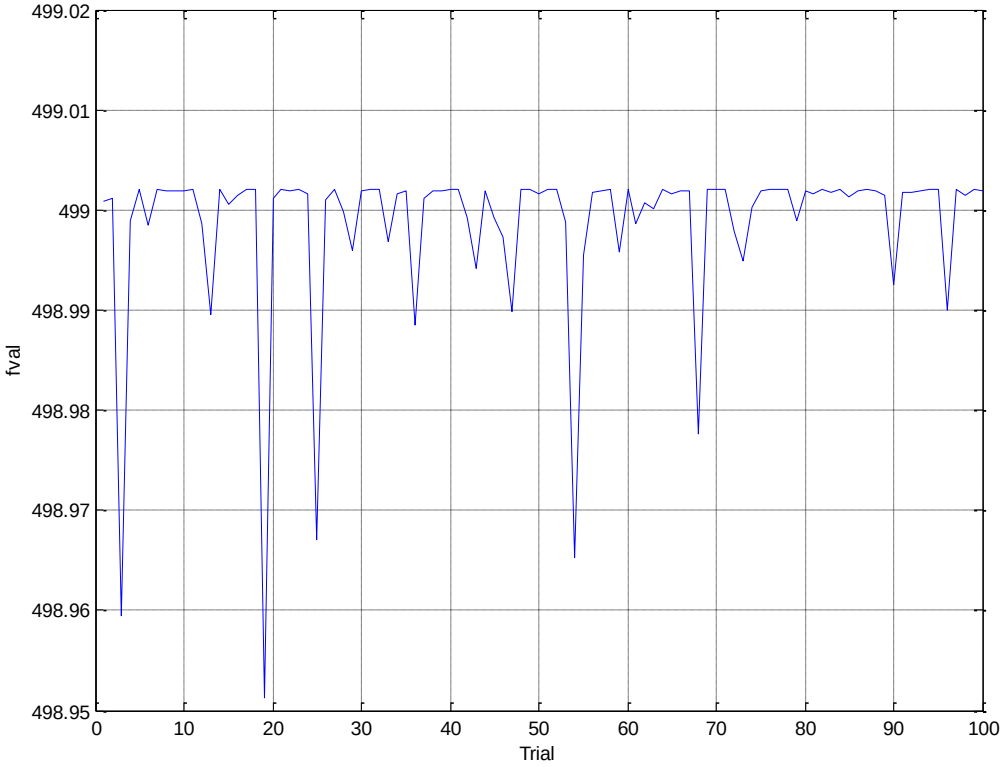
รูปที่ 8.31 ค่าฟังก์ชั่นที่ได้จากการทดสอบฟังก์ชั่น $F5$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



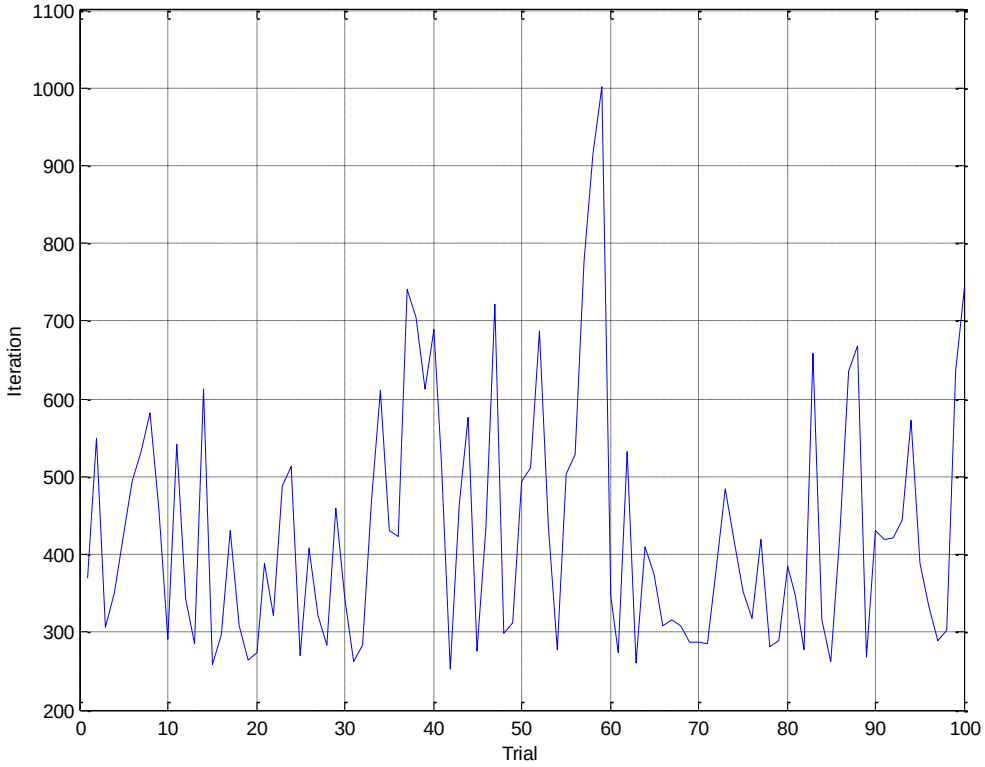
รูปที่ 8.32 จำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F5$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



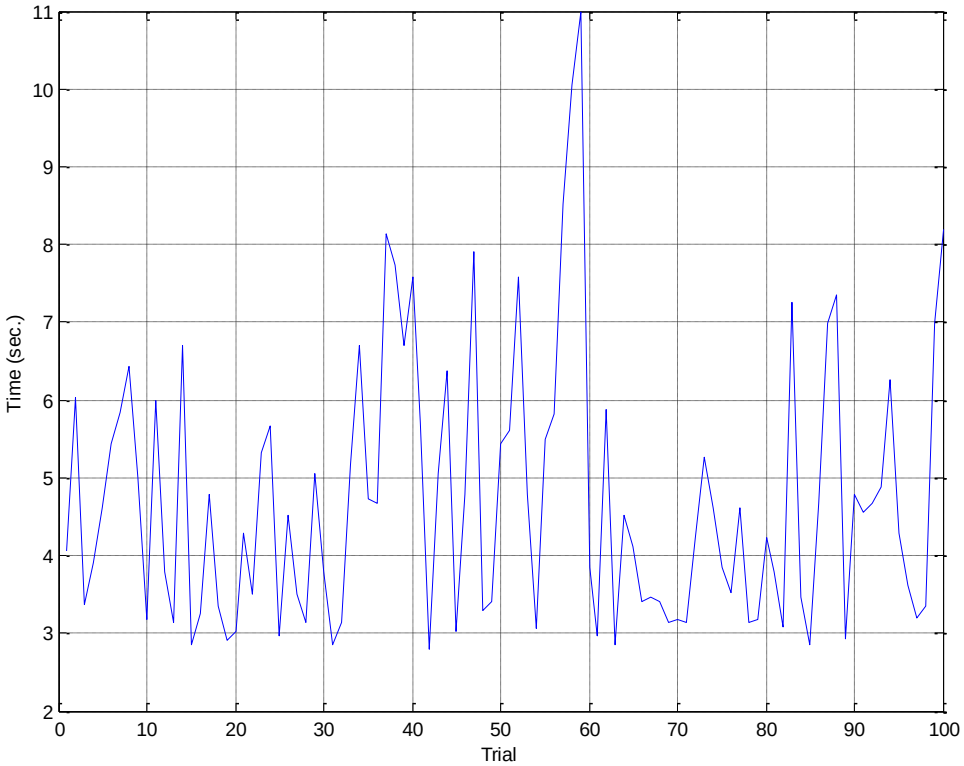
รูปที่ 8.33 เวลาที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F5$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



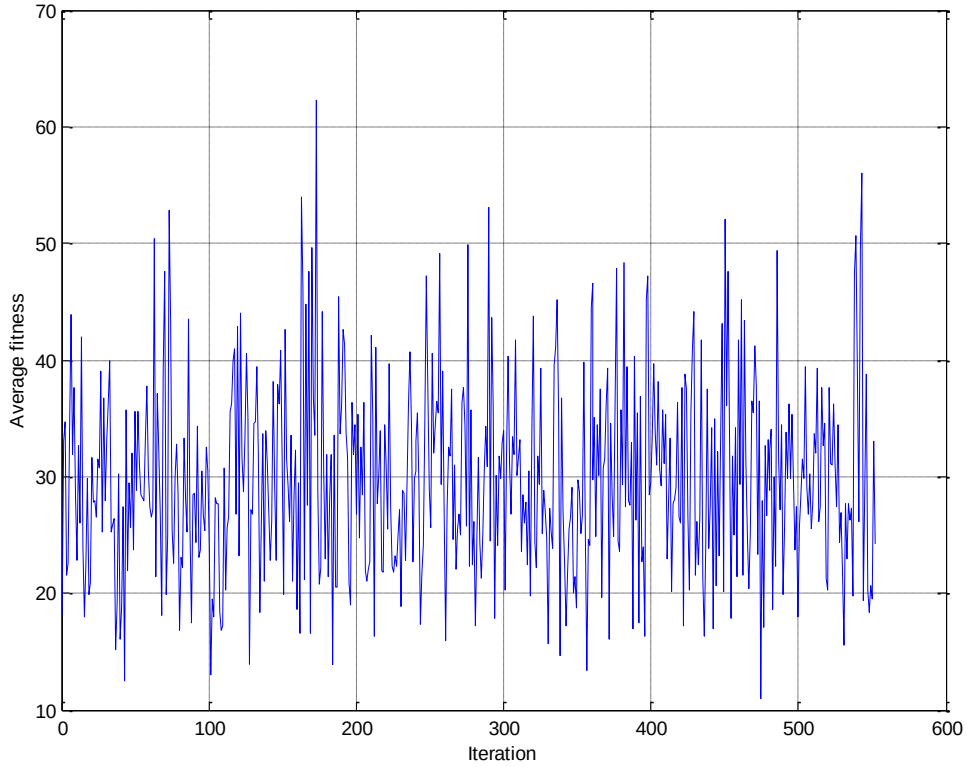
รูปที่ 8.34 ค่าฟังก์ชั่นที่ได้จากการทดสอบฟังก์ชั่น $F5$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



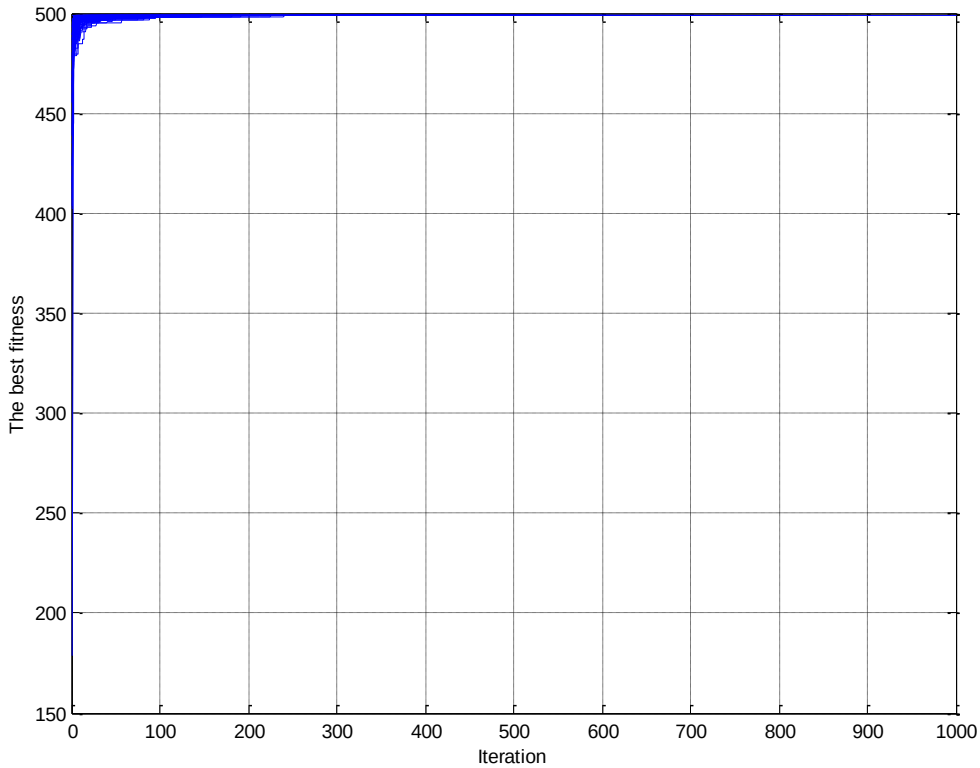
รูปที่ 8.35 จำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F5$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



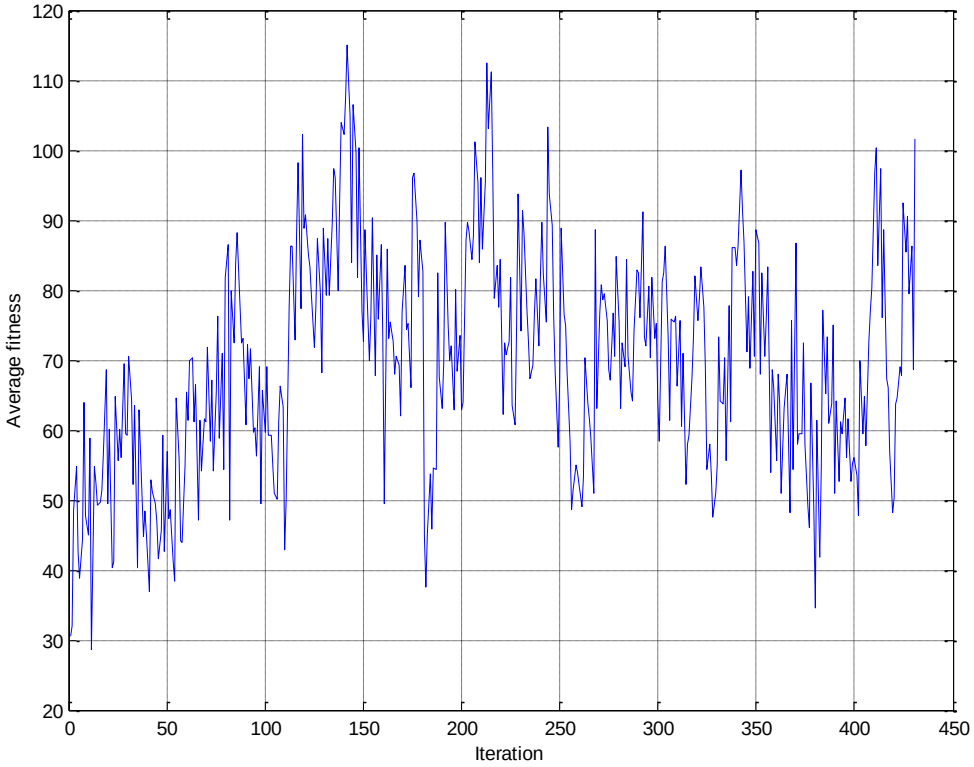
รูปที่ 8.36 เวลาที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F5$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



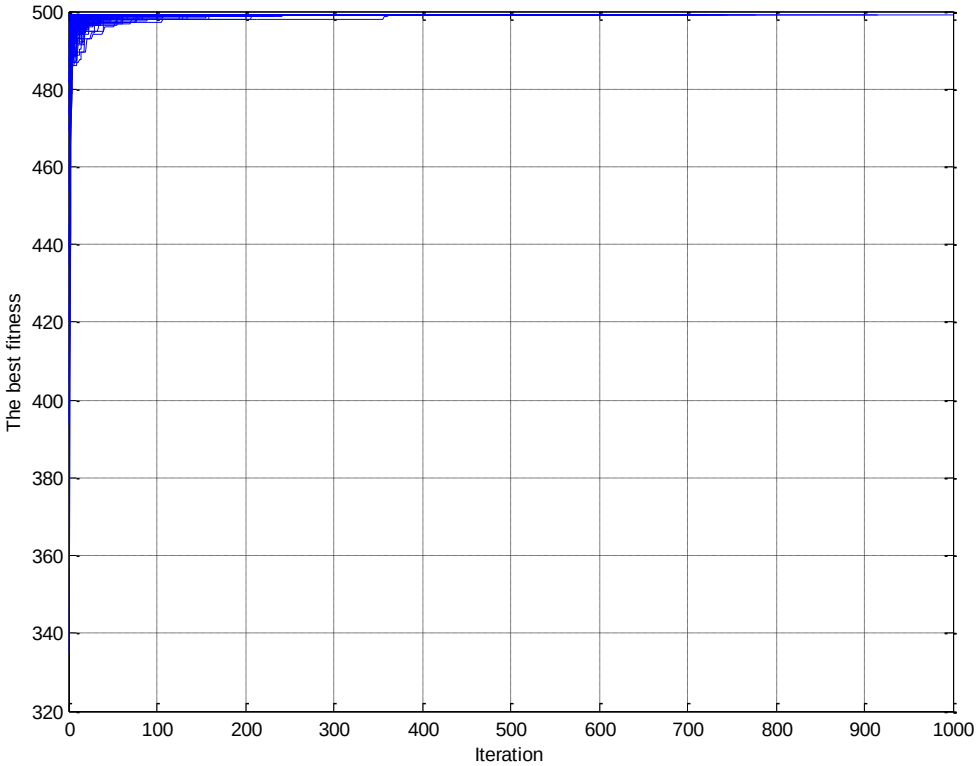
รูปที่ 8.37 ประสิทธิภาพออนไลน์ที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F5$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



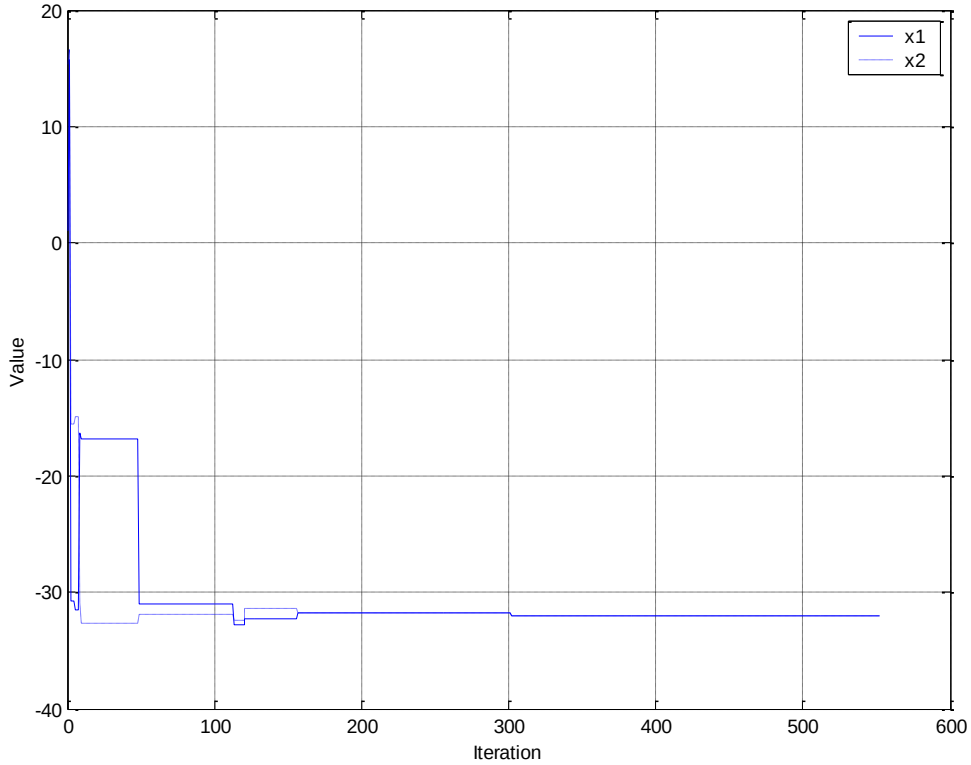
รูปที่ 8.38 ประสิทธิภาพออฟไลน์จากการทดสอบฟังก์ชั่น $F5$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



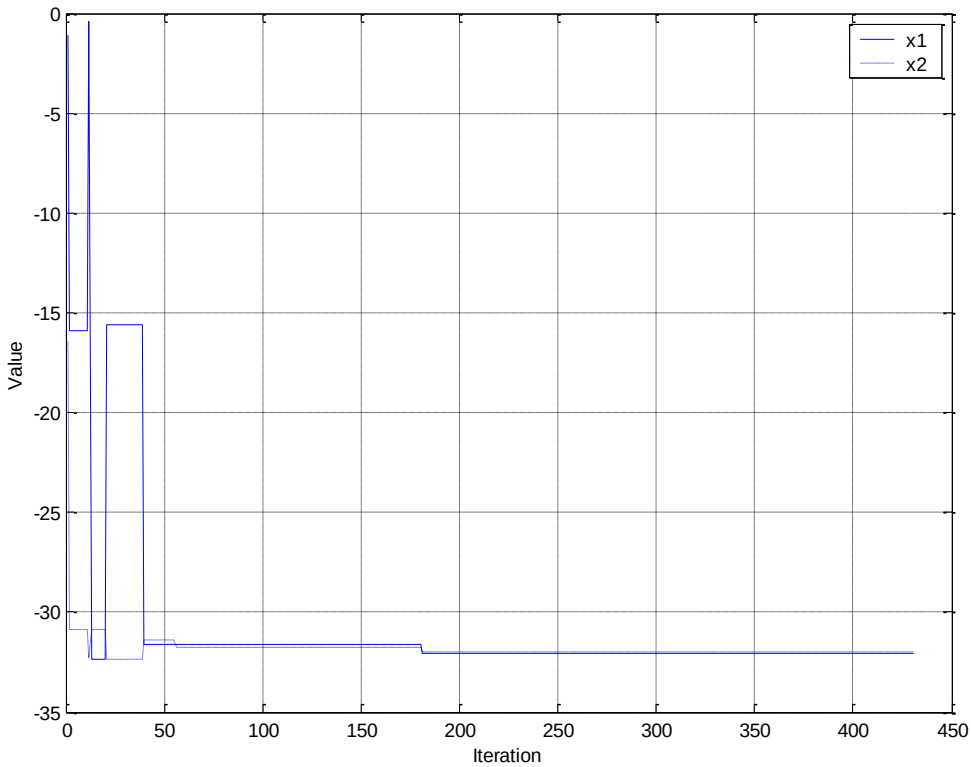
รูปที่ 8.39 ประสิทธิภาพออนไลน์ที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F5$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



รูปที่ 8.40 ประสิทธิภาพออฟไลน์จากการทดสอบฟังก์ชั่น $F5$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)



รูปที่ 8.41 การเปลี่ยนแปลงค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F5$ จำนวน 100 ครั้ง (AOGAs)



รูปที่ 8.42 การเปลี่ยนแปลงค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชั่น $F5$ จำนวน 100 ครั้ง (AONGAs)