

8.3 บทวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ

ในส่วนของการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบนี้ กล่าวถึงลักษณะของปัญหาการจัดกำลังการผลิตที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ ประเด็นที่ทำให้ปัญหาดังกล่าวมีความซับซ้อนและยุ่งยากในการคำนวณ วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวการผลิตที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นตามสมมุติฐานเบื้องต้น การวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและวิธีนิซิงเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับตัวปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูง ในส่วนท้ายบทแสดงถึงผลของการใช้วิธีแชร์ริงอัลกอริทึมในการแบ่งกำลังการผลิตไปสู่หน่วยผลิตต่างๆ และการใช้อัลกอริทึมดังกล่าวร่วมกับวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและวิธีนิซิงเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ ทั้งในลักษณะสเตติกและไดนามิก

8.3.1 ปัญหาการจัดกำลังการผลิตที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์

การจัดกำลังการผลิตที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถจัดสร้างเป็นปัญหาการค่าเหมาะสมที่สุด ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันโดยเทียบเป้าหมายของการจัดกำลังการผลิตที่ทำให้ต้นทุนราคาเชื้อเพลิงรวมทั้งระบบมีค่าต่ำที่สุด ภายใต้เงื่อนไขของการจัดกำลังผลิตที่ต้องมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการโหลดรวมถึงความสูญเสียในระบบส่งและข้อจำกัดในการผลิตไฟฟ้าของแต่ละหน่วยผลิต เช่นขีดจำกัดสูง/ต่ำสุดในการผลิต อัตราการผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาหนึ่ง เป็นต้น

พื้นที่คำตอบแสดงถึงกลุ่มของคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาที่พิจารณา โดยมีลักษณะแตกต่างกันแบบตามความซับซ้อนและลักษณะของฟังก์ชันเป้าหมายหลัก สำหรับปัญหาการจัดกำลังการผลิตนั้น พื้นที่คำตอบที่มีลักษณะซับซ้อนส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากลักษณะของกราฟคุณลักษณะต้นทุนเชื้อเพลิงของแต่ละหน่วยผลิตไฟฟ้า รวมถึงข้อจำกัดของการผลิตในรูปแบบของสมการและอสมการที่มีอยู่ในปัญหาการจัดกำลังการผลิต ถึงแม้ว่าโดยทั่วไปนั้น จะประมาณลักษณะของกราฟดังกล่าวให้อยู่ในรูปของสมการควอดราติกทั้งนี้เพื่อทำให้ง่ายต่อการคำนวณ ลดความซับซ้อนในพื้นที่คำตอบ และเพื่อวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงร่างกราฟให้อยู่ภายใต้ข้อจำกัดในทางคณิตศาสตร์ เช่นการจัดกำลังการผลิตในลักษณะการจัดค่าแลมบ์ดาให้เท่ากันทั้งระบบ ที่มีข้อกำหนดให้กราฟที่ใช้จะต้องมีลักษณะคอนเวกซ์ และมีค่าต่อเนื่องตลอดช่วงกำลังการผลิต

ลักษณะของของกราฟต้นทุนราคาเชื้อเพลิงมีผลกับรูปร่างของพื้นที่คำตอบ n มิติมากที่สุด โดยถ้ากราฟดังกล่าวมีลักษณะเรียบและมีค่าต่อเนื่องกัน เช่น กราฟรูปแบบสมการเส้นตรง หรือ กราฟรูปแบบสมการควอดราติก พื้นที่คำตอบที่ได้จะมีลักษณะเป็นพื้นที่ผิวเรียบ และส่วนของพื้นที่คำตอบที่ใกล้กับคำตอบที่ดีที่สุดจะมีลักษณะไปในทางเดียวกัน หรืออีกนัยหนึ่งคือ พื้นที่คำตอบที่มีจุดยอดของคำตอบที่ดีที่สุดเพียงจุดเดียว โดยถ้ากราฟดังกล่าวมีลักษณะไม่เรียบ พื้นที่คำตอบที่ได้ (สำหรับค่าความต้องการโหลด ณ. ขณะนั้น) ก็จะมีลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอด้วย โดยช่วงของกราฟที่มีลักษณะไม่เรียบ จะส่งผลให้เกิดลักษณะพื้นที่ที่ไม่สม่ำเสมอตามช่วงการผลิตนั้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดเป็นพื้นที่กลุ่ม

คำตอบที่ดี (คำตอบโลคอล) อีกทั้งเมื่อรวมข้อจำกัดในการผลิตไฟฟ้าของแต่ละหน่วยผลิต ซึ่งทำให้พื้นที่คำตอบในช่วงขีดจำกัดของการผลิตดังกล่าวมีค่าไม่สม่ำเสมอ และลักษณะของการชดเชยความสูญเสียในระบบส่งที่เป็นสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น โดยรวมแล้วจะทำให้เกิดความยุ่งยากในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดจากพื้นที่ดังกล่าวรวมถึงการแยกแยะคำตอบที่ดีที่สุดจากกลุ่มของคำตอบที่ดี

รูปที่ 8.124 แสดงพื้นที่คำตอบให้เห็นอย่างชัดเจน จากผลของการจำกัดกำลังการผลิตของหน่วยผลิตไฟฟ้า 2 หน่วย ซึ่งจะพบว่าผลของความสูญเสียจากเส้นปิด/เปิดไอน้ำร่วมกับความไม่ต่อเนื่องของเส้นกราฟต้นทุนราคาเชื้อเพลิงทำให้กลุ่มคำตอบที่เป็นไปได้ (คำตอบที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดสมการการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการโหลดรวมถึงความสูญเสียในสายส่ง โดยมีลักษณะเป็นเส้นดังรูป) มีจุดยอด 2 จุดคือจุดคำตอบโลคอลและจุดคำตอบโกลบอล ซึ่งมีค่าต้นทุนราคาเชื้อเพลิงรวมที่แตกต่างกันเล็กน้อย แต่สภาวะการจำกัดกำลังการผลิตใน 2 ตำแหน่งดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง หรือในกรณีรูปที่ 8.131 แสดงพื้นที่คำตอบจากลักษณะกราฟต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่เป็นเส้นตรงจำนวนหลายเส้น จะพบว่าพื้นที่คำตอบมีลักษณะเป็นกลุ่มพื้นที่สี่เหลี่ยมเรียบหลายพื้นที่เชื่อมต่อกัน โดยแต่ละพื้นที่ก็มีการลักษณะการบิดตัวแตกต่างกันออกไป ตามค่าผลรวมของต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่ได้ และเมื่อพิจารณากลุ่มคำตอบที่เป็นไปได้ จะพบว่าลักษณะของพื้นที่ดังกล่าว ส่งผลให้เกิดจุดยอด 2 จุดที่ค่าใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 8.132 ดังนั้นการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดจากพื้นที่คำตอบทั้งหมดอาจมีความยุ่งยากมากขึ้น

ข้อจำกัดการจำกัดกำลังการผลิตให้สมดุลมีส่วนที่จะทำให้รูปร่างของพื้นที่คำตอบ มีลักษณะต่างกัน ตัวอย่างเช่นดังรูปที่ 8.131 พบว่าหน่วยผลิตทั้งสองหน่วยมีความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปสู่โหลดได้ในช่วงกำลังการผลิตรวมค่าหนึ่ง โดยถ้าพิจารณาเพียงเฉพาะการคำนวณหาการจำกัดกำลังการผลิตเฉพาะค่าความต้องการโหลดค่าหนึ่ง พื้นที่คำตอบเฉพาะค่าโหลดนี้จะหดตัวลงเป็นลักษณะเส้นคำตอบตามแนวขวาง และเมื่อพิจารณารูปที่ 8.132 ที่แสดงภาพตัดขวางของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดเทียบกับจำนวนสภาวะการจำกัดกำลังการผลิตทั้งหมด พบว่ามีความซับซ้อนเกิดขึ้นในเส้นคำตอบดังกล่าว โดยแสดงอยู่ในลักษณะจุดยอดสองกลุ่ม คือกลุ่มคำตอบที่ดีและกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งคำตอบที่ดีที่สุดจากทั้งสองกลุ่มมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก

ลักษณะความซับซ้อนในเส้นคำตอบ จะมีลักษณะต่างกัน ตามค่าความต้องการโหลดของปัญหาที่พิจารณา โดยมีลักษณะไม่แน่นอนและไม่ขึ้นกับค่าความต้องการโหลด เส้นคำตอบของปัญหาที่มีค่าความต้องการโหลดสูง อาจจะมีการซับซ้อนน้อยกว่าเส้นคำตอบของปัญหาที่มีค่าความต้องการโหลดต่ำก็เป็นไปได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของสมการต้นทุนราคาเชื้อเพลิงเป็นหลัก

ผลของข้อจำกัดอัตราการเพิ่ม/ลดกำลังการผลิตในช่วงเวลาหนึ่งสำหรับปัญหาที่ใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึม มีส่วนสำคัญที่จะช่วยลดจำนวนพื้นที่หรือเส้นคำตอบให้น้อยลง ในลักษณะการลดช่วงกำลังการผลิตของแต่ละหน่วยผลิตลง โดยที่ข้อจำกัดดังกล่าวอาจจะพิจารณาร่วมไปกับขีดจำกัดสูง/ต่ำสุดของแต่ละหน่วยผลิตไฟฟ้าได้ในเวลาเดียวกัน

8.3.2 วิธีเจเนติกอัลกอริทึมที่ร่วมกับตัวปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูง

งานวิจัยนี้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิธีเจเนติกอัลกอริทึมพร้อมด้วยการปรับปรุงการทำงานของอัลกอริทึมโดยรวมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จากวิธีการเข้ารหัสเกรย์ วิธีการปรับค่าความละเอียดของคำตอบที่ต้องการ การแปลงค่าความเหมาะสมโดยใช้การตัดเศษซิกมา การคัดเลือกแบบทัวนาเมนต์ เทคนิคการปรับค่าความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนยีนและการผ่าเหล่ายีนให้มีค่าที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติ การแลกเปลี่ยนยีนแบบสม่ำเสมอ การผ่าเหล่ายีนแบบกระโดด รวมถึงการสร้างการแทนที่แบบอิลิทิส เป็นต้น

การทดสอบประสิทธิภาพและพฤติกรรมการลู่เข้าสู่คำตอบของอัลกอริทึมโดยรวม การทดสอบการทำงานที่สัมพันธ์กันของตัวปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์ และการปรับปรุงอัลกอริทึมในส่วนต่างๆ นั้น เริ่มจากการทดสอบฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน (De Jong's hard functions) และมีจุดยอดหลายจุด จำนวนทั้งหมด 8 ฟังก์ชัน F1, F2, F5, F6, F7, F8, F9, และ F10 ที่มีความยากง่ายแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของสมการทางคณิตศาสตร์ ดังรูปที่ 8.1, 8.15, 8.29, 8.43, 8.57, 8.71, 8.85, และ 8.99 ตามลำดับ

จากข้อดีของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมที่อาศัยการเข้ารหัสคำตอบแทนการคำนวณโดยตรงจากคำตอบนั้นและใช้เฉพาะค่าความเหมาะสมจากฟังก์ชันเป้าหมาย มาใช้เป็นข้อมูลสำหรับการค้นหาคำตอบ ทำให้การคำนวณหาคำตอบที่ถูกต้องจากฟังก์ชันดังกล่าวทำได้โดยง่าย ซึ่งไม่ต้องใช้ความรู้ในด้านการคำนวณทางดิฟเฟอเรนเชียล ก็สามารถหาคำตอบได้เช่นเดียวกัน โดยเวลาที่ใช้ในการคำนวณก็มีค่าน้อยมาก ดังผลการคำนวณที่แสดงไว้ในตารางที่ 8.3-8.10

จากลักษณะการทำงานของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมที่ใช้การสุ่มค่าเป็นหลักในขบวนการทางพันธุศาสตร์ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ในการคำนวณแต่ละครั้งมีค่าไม่เท่ากัน การทดสอบจึงใช้การคำนวณซ้ำกันเป็นจำนวน 100 ครั้ง โดยปรับเปลี่ยนค่า SEED ให้มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งพบว่าคำตอบที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อยมาก โดยผลการคำนวณในแต่ละครั้งแสดงไว้ในตารางที่ 8.3-8.10 และผลการทดสอบฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดโดยสรุปแสดงไว้ในตารางที่ 8.26 – 8.27

การทดสอบฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์นี้ยังแสดงผลของพฤติกรรมการลู่เข้าสู่คำตอบที่ถูกต้อง โดยแสดงผลของประสิทธิภาพออนไลน์ (ค่าเฉลี่ยของค่าความเหมาะสมทั้งหมด) เทียบกับจำนวนรุ่นประชากรที่สร้างขึ้น และประสิทธิภาพออฟไลน์ (ค่าคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากการคำนวณ) เทียบกับจำนวนรุ่นประชากรที่สร้างขึ้น ตัวอย่างเช่น รูปที่ 8.107 แสดงประสิทธิภาพออนไลน์ที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชัน F10 จำนวน 100 ครั้ง ซึ่งพบว่ามีลักษณะกราฟดังกล่าวมีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่มีผลของการแกว่งบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากผลด้านลบของตัวปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์และความซับซ้อนของปัญหา รูปที่ 8.108 แสดง ประสิทธิภาพออฟไลน์จากการทดสอบฟังก์ชัน F10 จำนวน 100 ครั้ง ซึ่งพบว่าคำตอบที่ค้นหาได้นั้นมีค่าดีขึ้นเป็นลำดับตามจำนวนรุ่นประชากรที่ผลิตขึ้น โดยเมื่อคำตอบที่ได้นั้นมีค่าคงที่ตลอดจำนวนช่วงรุ่นประชากรหนึ่ง โปรแกรมการคำนวณก็จะสิ้นสุดลง คำตอบที่ดีที่สุดที่ถูกเก็บรักษาไว้จะเป็นคำตอบของปัญหาการหาค่าตัวแปรควบคุมที่เหมาะสม

เมื่อพิจารณาถึงความยากง่ายของฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่ทดสอบ เทียบกับประสิทธิภาพการเข้าสู่คำตอบที่ถูกต้อง พบว่าจากฟังก์ชันที่ไม่ซับซ้อนมากนัก เช่น F1 และ F2 วิธีเจเนติกอัลกอริทึมสามารถค้นหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว และมีความแข็งแกร่งในการคำนวณจากจุดเริ่มต้นที่แตกต่างกัน โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพียง 0.007955

เมื่อฟังก์ชันที่ใช้ในการทดสอบมีความซับซ้อนสูงขึ้น เจเนติกอัลกอริทึมต้องใช้จำนวนรอบการคำนวณที่สูงขึ้นตาม เพื่อค้นหาพื้นที่คำตอบอื่นๆ ที่ให้ค่าฟังก์ชันที่ดีกว่า ดังตารางที่ 8.26 แสดงให้เห็นว่าเวลาการคำนวณในฟังก์ชัน F10 มีค่ามากกว่าเวลาการคำนวณในฟังก์ชัน F1 ประมาณ 7 เท่า

สิ่งหนึ่งที่สำคัญเมื่อนำเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง กล่าวคือปัญหาที่มีจุดยอดหลายจุด หรือมีส่วนพื้นที่คำตอบที่ดีหลายส่วน นั่นคือจำนวนขนาดของประชากรที่เลือกใช้ โดยถ้าเลือกใช้ขนาดของประชากรที่เหมาะสม ทำให้มีชุดโครโมโซมกระจายกันอยู่ตลอดพื้นที่คำตอบอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ถึงแม้ว่าชุดโครโมโซมดังกล่าวจะเป็นตัวแทนของพื้นที่คำตอบที่ดีได้ไม่ครบทุกส่วนก็ตาม

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดสอบด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม มีแนวโน้มที่จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อปัญหาที่ทดสอบมีความซับซ้อนสูงมาก เนื่องจากมีพื้นที่คำตอบที่ให้ค่าเป้าหมายที่ใกล้เคียงกันหลายจุด และค่าคำตอบที่ดีที่สุดมีค่าใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีจากส่วนพื้นที่คำตอบที่ดีหลายส่วน

8.3.3 วิธีนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับตัวปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูง

โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิธีนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึม เป็นส่วนงานวิจัยต่อเนื่องที่พัฒนาจากเจเนติกอัลกอริทึมเดิมโดยปรับเปลี่ยนขบวนการแทนที่ประชากรรุ่นใหม่จากหลักการดีเทอร์มินิสติกคร่าวๆ จากการนำชุดโครโมโซมลูกที่ได้มาเปรียบเทียบกับชุดโครโมโซมพ่อ-แม่ เพื่อแทนที่ชุดโครโมโซมที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยใช้ระยะทางยูคลิเดียนระหว่างชุดโครโมโซมทั้งสอง

วิธีนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมนี้ยังนำมาร่วมใช้งานร่วมกับตัวปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์และเทคนิคที่ผ่านการปรับปรุงการทำงานมาแล้วได้เป็นอย่างดี กล่าวคือวิธีการเข้ารหัสเกรย์ วิธีการปรับค่าความละเอียดของคำตอบที่ต้องการ การแปลงค่าความเหมาะสมโดยใช้การตัดเศษชักรมา การคัดเลือกแบบทัวนาเมนต์ เทคนิคการปรับค่าความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนยีนและการผ่าเหล่ายีนให้มีค่าที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติ การแลกเปลี่ยนยีนแบบสม่ำเสมอ การผ่าเหล่ายีนแบบกระโดด เป็นต้น เช่นเดียวกับเทคนิคต่างๆ ที่ใช้กับวิธีเจเนติกอัลกอริทึม ยกเว้นการสร้างการแทนที่แบบอิลิทิส เนื่องจากวิธีการแทนที่ชุดโครโมโซมลูกจากหลักการดีเทอร์มินิสติกคร่าวๆ สามารถรักษาชุดโครโมโซมที่ดีที่สุดไว้ได้เสมอ

วิธีนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมมีความสามารถในการรักษาพื้นที่คำตอบที่ดีไว้ตลอด รวมทั้งยังมีความสามารถในการค้นหาพื้นที่คำตอบอื่นที่ดีกว่า ทำให้ความหลากหลายในทางพันธุศาสตร์ถูกเก็บรักษาไว้ได้มากกว่าวิธีเจเนติกอัลกอริทึมพื้นฐาน ซึ่งจะส่งผลต่อการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดจากพื้นที่

คำตอบที่ซับซ้อน เนื่องจากส่วนพื้นที่คำตอบที่ดีที่ถูกเก็บไว้นั้นอาจจะมีคำตอบ (ที่จุดยอด) สูงกว่า หรือเป็นชุดโครโมโซมที่มีโอกาสจะถูกคัดเลือกไปเป็นชุดโครโมโซมพ่อแม่ ต่อไป

ซึ่งจากการทดสอบฟังก์ชันคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน F1, F2, F5, F6, F7, F8, F9, และ F10 เมื่อปรับพารามิเตอร์ในการทดสอบเหมือนกับวิธีเจเนติกอัลกอริทึม พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีนี้ซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมนี้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ถูกต้องได้ในทุกฟังก์ชันที่ทำการทดสอบ และค่าที่ได้ใกล้เคียงกับคำตอบที่ได้จากวิธีเจเนติกอัลกอริทึมพื้นฐาน แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าคำตอบที่ได้กับวิธีเจเนติกอัลกอริทึม พบว่า โดยส่วนใหญ่วิธีนี้ซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมจะให้ผลลัพธ์ที่มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่า เมื่อทดสอบฟังก์ชันทั้งหมดจำนวน 100 ครั้ง อีกทั้งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดสอบก็มีค่าน้อยกว่าผลจากวิธีเจเนติกอัลกอริทึม โดยรายละเอียดการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบทางคณิตศาสตร์ของทั้งสองวิธี แสดงไว้ในตารางที่ 8.26 -8.27

เนื่องจากแนวคิดการทำงานของวิธีนี้ซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมที่สามารถรักษาพื้นที่คำตอบที่ดีไว้ในแต่ละรุ่นประชากรนั้น และยังเมื่อนำมาใช้ร่วมกับการปรับค่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนรหัสและการผ่าเหล่ารหัสโดยอัตโนมัติ ทำให้ประสิทธิภาพออนไลน์มีลักษณะการเพิ่มขึ้นในอัตราที่น้อยกว่าวิธีเจเนติกอัลกอริทึม ดังรูปที่ 8.109 ที่แสดงประสิทธิภาพออนไลน์ที่ดีที่สุดจากการทดสอบฟังก์ชัน F10 จำนวน 100 ครั้ง

และเมื่อพิจารณาถึงเวลาที่ใช้ในการคำนวณ ก็เป็นไปดังที่คาดการณ์ไว้ นั่นคือวิธีนี้ซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมจะใช้เวลาในการคำนวณที่มากกว่าวิธีเจเนติกอัลกอริทึม เนื่องจากการคำนวณที่ใช้การปรับเปลี่ยนชุดโครโมโซมพ่อแม่เดิมอย่างช้าๆ ในแต่ละรุ่นประชากร โดยจากตารางที่ 8.26 พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการคำนวณมีค่าสูงกว่า ในการทดสอบฟังก์ชันคณิตศาสตร์ทั้งหมด 8 ฟังก์ชัน อีกทั้งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละการทดสอบก็มีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากวิธีเจเนติกอัลกอริทึม

แต่เนื่องจากการทำงานของวิธีคือวิธีนี้ซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมที่ค้นหาคำตอบในลักษณะขนานตลอดทั้งกลุ่มประชากร ซึ่งแตกต่างจากวิธีทางคณิตศาสตร์ที่ค้นหาคำตอบในลักษณะความสัมพันธ์ค่าเกรเดียนต์จากค่าตัวแปรควบคุมปัจจุบัน วิธีนี้ซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมพยายามรักษากลุ่มของพื้นที่คำตอบที่ดี จากผลของการค้นหาที่ผ่านมา และพยายามค้นหาพื้นที่คำตอบใหม่ๆ ไปพร้อมกัน ทำให้ลักษณะดังกล่าวมีประโยชน์สำหรับการประยุกต์ใช้งานกับปัญหาการหาคำตอบที่เหมาะสมเมื่อลักษณะของปัญหานั้นมีคำตอบที่เป็นไปได้หลายคำตอบ หรือกระทั่งแสดงคำตอบโลคอลที่ให้ค่าใกล้เคียงกับคำตอบโกลบอล เช่นการคำนวณสภาวะการไหลของพลังงานที่แตกต่างกันในหลายรูปแบบ เป็นต้น

ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนแสดงไว้ในรูปที่ 8.124 เมื่อคำตอบโลคอลมีค่าที่ใกล้เคียงกับคำตอบโลคอลเป็นอย่างมาก หรือกระทั่งอาจจะมีค่าเท่ากันในช่วงค่าความต้องการโหลดค่าหนึ่ง ดังนั้นวิธีการแสดงผลคำตอบที่เป็นไปได้หลายจุดจะให้ข้อมูลการตัดสินใจจัดกำลังการผลิตได้ดีกว่า ซึ่งต้องอาศัยอัลกอริทึมการคำนวณเพิ่มเติมเพื่อแยกกลุ่มพื้นที่คำตอบที่ดีหลายกลุ่ม จากกลุ่มของประชากรรวมทั้งหมด ซึ่งในปัจจุบันยังคงมีความพยายามในการสร้างอัลกอริทึมเพื่อค้นหาคำตอบเหล่านี้ เช่นวิธีการแบ่งกลุ่มคำตอบ, การแลกเปลี่ยนยีนสำหรับแต่ละกลุ่มคำตอบ เป็นต้น [55, 60, 61, 68]

ตารางที่ 8.26 ผลการเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์จากการทดสอบทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี AOGAs และ

AONGAs

ฟังก์ชัน	อัลกอริทึมที่ใช้ทดสอบ	ค่ามากที่สุด	ค่าน้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
F1	AOGAs	0.058	0	0.004547	0.007955
	AONGAs	0.0425	0.0001	0.003139	0.005736
F2	AOGAs	0.0256	0.000016	0.004229	0.004726
	AONGAs	0.019616	0.000016	0.004459	0.004064
F5	AOGAs	499.002	498.7487	498.995	0.02965
	AONGAs	499.002	498.9513	498.9986	0.008697
F6	AOGAs	1.1379	0.0198	0.396252	0.311181
	AONGAs	1.0216	0	0.285911	0.230231
F7	AOGAs	837.9579	831.0488	836.8491	1.276953
	AONGAs	837.9553	835.1147	837.5234	0.470111
F8	AOGAs	0.17887	0.0039	0.078356	0.041779
	AONGAs	0.1688	0.00292	0.067952	0.040068
F9	AOGAs	0.99754	0.97791	0.994613	0.005078
	AONGAs	0.99754	0.97659	0.994609	0.005549
F10	AOGAs	1.32323	0.24276	0.811538	0.247419
	AONGAs	1.34145	0.24159	0.791252	0.247334

ตารางที่ 8.27 ผลการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี

AOGAs และ AONGAs

ฟังก์ชัน	อัลกอริทึมที่ใช้ทดสอบ	ค่ามากที่สุด	ค่าน้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
F1	AOGAs	1.27	0.219997	0.4362	0.178222
	AONGAs	1.59	0.489998	0.8307	0.274933
F2	AOGAs	1.04	0.220001	0.4648	0.174057
	AONGAs	1.870003	0.49	0.8785	0.274901
F5	AOGAs	8.02002	2.04	3.6681	1.259551
	AONGAs	10.98999	2.8	4.7423	1.72326
F6	AOGAs	1.04	0.27	0.4813	0.17336
	AONGAs	1.92	0.5	0.8697	0.297717
F7	AOGAs	6.76001	1.43	2.4703	0.879517
	AONGAs	9.72	2.47	4.3961	1.611268
F8	AOGAs	7.14	2.14	3.873	1.295038
	AONGAs	19.45	5.82001	10.1202	3.427778
F9	AOGAs	7.03	1.76	2.9763	0.904183
	AONGAs	9.56	2.41	4.4972	1.646831
F10	AOGAs	5.87	1.81	3.1264	1.048892
	AONGAs	19.66998	5.94	9.7615	3.277073

8.3.4 วิธีแชร์ริงอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดกำลังการผลิต

วิธีแชร์ริงอัลกอริทึมได้ถูกวิจัยค้นคว้าขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการออกแบบฟังก์ชันการปรับโทรมและแฟกเตอร์การปรับโทรมที่เหมาะสม สำหรับการปรับโทรมสมการการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการโหลดรวมถึงความสูญเสียในระบบส่ง การแก้ไขปัญหการออกแบบดังกล่าวจะช่วยลดขั้นตอนการออกแบบและลดผลกระทบจากการออกแบบที่ไม่เหมาะสมต่อพฤติกรรมการณ์หาคำตอบของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและวิธีนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึม ที่ตามมาได้เป็นอย่างมาก เช่นผลของการเพิ่มจำนวนกลุ่มประชากร, ผลของการเกิดชุดโครโมโซมที่ติดมากเกินไป (ซูเปอร์อินดิวิดวล), ผลของการเข้าสู่ที่เร็วเกินไป, ผลของลักษณะปัญหาที่มีฟังก์ชันเป้าหมายหลายชุด และการค้นหาคำตอบที่ไม่จำเป็นจากฟังก์ชันการปรับโทรม

ในช่วงเริ่มต้นของการคำนวณด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและวิธีนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมนั้น จะต้องออกแบบและจัดสร้างกลุ่มของประชากรเริ่มต้น โดยที่จำนวนของประชากรทั้งหมดจะต้องถูกกำหนดขึ้นในช่วงนี้ การกำหนดจำนวนของประชากรนั้นถึงแม้ว่าจะไม่มีสูตรการคำนวณที่ชัดเจน แต่โดยทั่วไปก็สามารถพิจารณาได้จากความซับซ้อนของปัญหา นั่นคือถ้าปัญหามีความซับซ้อนสูงมากทำให้พื้นที่คำตอบมีความซับซ้อนตลอดทุกช่วง การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งพิกัดคำตอบเพียงเล็กน้อยทำให้คำตอบที่ได้เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน และมีพื้นที่คำตอบที่คิอยู่มากมาย เช่นดังพื้นที่คำตอบดังรูปที่ ดังนั้นการกำหนดค่าจำนวนของประชากรที่น้อยเกินไป ทำให้ในแต่ละชุดโครโมโซมเริ่มต้นที่สุ่มนั้นไม่สามารถเป็นตัวแทนที่สะท้อนความแตกต่างในพื้นที่คำตอบได้มากนัก ถึงแม้ว่าการสุ่มค่าเริ่มต้นจะมีลักษณะสม่ำเสมอก็ตาม ทำให้การค้นหาคำตอบโดยการปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์ เป็นไปด้วยความลำบากมากขึ้น ซึ่งต้องใช้เวลาการผลิตกลุ่มประชากรจำนวนหลายรุ่นมากขึ้นเพื่อที่จะได้คำตอบที่ดีที่สุดหรือถ้าในเหตุการณ์ที่เลวร้ายที่สุดคือคำตอบสุดท้ายที่ได้ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด แต่ในกรณีของวิธีแชร์ริงอัลกอริทึมจะช่วยทำให้คำตอบที่ได้ในแต่ละชุดโครโมโซม อยู่ภายใต้ข้อจำกัดสมการการผลิตเสมอ ทำให้สามารถลดพื้นที่คำตอบได้เป็นจำนวนหลายเท่าตัว (จากพื้นที่คำตอบที่มีลักษณะ 2 มิติมาสู่พื้นที่คำตอบที่มีลักษณะ 1 มิติ) และสามารถออกแบบจำนวนของประชากรเริ่มต้นให้มีค่าน้อยลงได้ ลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละรุ่นประชากรและจำนวนรุ่นประชากรได้เป็นอย่างมาก อีกทั้งยังค่าที่เที่ยงตรงมากกว่าการใช้ฟังก์ชันการปรับโทรมเป็นตัวชี้้นำการค้นหาคำตอบ

รูปที่ 8.124 และ 8.131 แสดงความแตกต่างระหว่างพื้นที่คำตอบจากการใช้ฟังก์ชันการปรับโทรมสมการการผลิตไฟฟ้าและการใช้วิธีแชร์ริงอัลกอริทึม จะพบว่าพื้นที่คำตอบจากการใช้ฟังก์ชันการปรับโทรมยังคงเป็นลักษณะเป็นพื้นที่ผิวขนาดเท่ากับผลคูณของช่วงการผลิตที่เป็นไปได้ของแต่ละหน่วยผลิต (ซึ่งอาศัยเพียงฟังก์ชันปรับโทรมที่เพิ่มเติมเข้ามาปรับเปลี่ยนค่าความเหมาะสม) สำหรับการจ่ายโหลดที่ตำแหน่งความต้องการค่าหนึ่ง แต่สำหรับพื้นที่คำตอบจากวิธีแชร์ริงอัลกอริทึมนั้นจะมีลักษณะคล้ายเส้นคำตอบที่ลากในแนวเส้นทแยงมุมของพื้นที่คำตอบทั้งหมด ดังนั้นการค้นหาคำตอบโดยใช้วิธีแชร์ริงอัลกอริทึมทำให้พื้นที่คำตอบทั้งหมดหดตัวลงมาสู่พื้นที่คำตอบที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดสมการการผลิตไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งจะช่วยลดการค้นหาคำตอบที่ไม่จำเป็นได้เป็นอย่างมาก

ข้อเสียของการออกแบบใช้ฟังก์ชันการปรับโทษาที่ไม่เหมาะสมนั้น ยังมีผลกับค่าความเหมาะสมที่ได้ในแต่ละชุดโครโมโซม เนื่องจากขบวนการทางพันธุศาสตร์ที่ดำเนินไปโดยอาศัยการสุ่มนั้นทำให้ค่ากำลังการผลิตจากการถอดรหัสนั้นอาจมีผลรวมที่สูงมากหรือต่ำมากเกินไปกว่าค่าความต้องการโหลดและค่าความสูญเสียในระบบส่ง ทำให้ค่าการปรับโทษามีค่าสูงมาก ซึ่งเมื่อรวมกับค่าผลรวมต้นทุนราคาเชื้อเพลิง ทำให้ค่าความเหมาะสมของชุดโครโมโซมนั้นมีค่าต่ำกว่าค่าจากชุดโครโมโซมอื่นมากเกินไป ทำให้กลุ่มประชากรเกิดสภาวะที่มีความแตกต่างของค่าความเหมาะสมในระดับสูงมาก หรือมีชุดโครโมโซมบางชุดที่มีค่าความเหมาะสมดีมากเกินไป ทำให้ขบวนการคัดเลือกชุดโครโมโซมต้นแบบได้รับอิทธิพลจากชุดโครโมโซมดังกล่าว ซึ่งส่งผลให้เกิดความสูญเสียความหลากหลายในทางพันธุศาสตร์ของกลุ่มประชากรอย่างรวดเร็ว และท้ายที่สุดชุดโครโมโซมเหล่านั้นก็จะถูกคัดเลือกให้เป็นชุดโครโมโซมต้นแบบเป็นจำนวนมาก และเกิดสภาวะการลู่ที่เข้าที่เร็วมากเกินไป อีกทั้งคำตอบที่ได้ก็ไม่ใช่ว่าคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหานั้น

ถ้าพิจารณาตัวอย่างของฟังก์ชันการปรับโทษาสมการการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการโหลดและความสูญเสียในระบบส่งดังสมการที่ 6.2 พบว่าฟังก์ชันของค่าความเหมาะสมประกอบไปด้วยเทอมที่สำคัญ 2 ส่วนคือเทอมจากฟังก์ชันเป้าหมายหลักหรือฟังก์ชันสมการผลรวมต้นทุนราคาเชื้อเพลิงและเทอมจากฟังก์ชันการปรับโทษาจากความแตกต่างระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นและกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงจากความต้องการโหลดและความสูญเสียในระบบส่ง โดยถ้าการออกแบบฟังก์ชันปรับโทษาและแฟลคเตอร์ค่าน้ำหนักไม่เหมาะสมจะทำให้อัลกอริทึมเกิดความยุ่งยากในการค้นหาคำตอบที่สะท้อนถึงลักษณะของฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการอย่างแท้จริง โดยในสมการดังกล่าวนี้ อาจจะพิจารณาได้เป็นฟังก์ชันที่มี 2 เป้าหมาย ซึ่งจำเป็นต้องใช้แฟลคเตอร์ค่าน้ำหนักในการปรับแต่งอิทธิพลของแต่ละฟังก์ชันเป้าหมายเพื่อให้ค่าความเหมาะสมที่ได้เป็นตัวชี้แนะการค้นหาคำตอบที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งถ้าพิจารณาค่าความเหมาะสมที่ได้จากฟังก์ชันดังกล่าวพบว่าในบางกรณีนั้น ค่าความเหมาะสมไม่ได้สะท้อนถึงค่าผลรวมของต้นทุนราคาเชื้อเพลิงหรือค่าความผิดพลาดจากสมการการผลิตไฟฟ้า ค่าความเหมาะสมบางค่าที่เท่ากันอาจได้จากค่าจากเทอมทั้งสองที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีเจเนติกอัลกอริทึมไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างนี้ได้ด้วยตัวเอง และจะส่งผลกระทบโดยตรงกับพฤติกรรมในการค้นหาคำตอบ เนื่องจากลักษณะของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมที่ใช้เพียงค่าความเหมาะสมในขบวนการทางพันธุศาสตร์

วิธีการแบ่งกำลังการผลิตแบบสุ่ม (วิธีแชร์ริงอัลกอริทึม) ที่พัฒนาขึ้น จะจัดการกับข้อจำกัดสมการการผลิตไฟฟ้าก่อนที่จะประเมินหาค่าความเหมาะสมของแต่ละชุดโครโมโซม ซึ่งทำให้แน่ใจได้ว่าค่ากำลังการผลิตในแต่ละชุดโครโมโซมมีค่าถูกต้องตามข้อจำกัดดังกล่าว ทำให้ไม่ต้องใช้เทอมสมการปรับโทษาเพิ่มเติม ซึ่งสามารถใช้ฟังก์ชันค่าความเหมาะสมที่แท้จริงของปัญหาการจัดกำลังการผลิตได้ โดยมีเพียงฟังก์ชันผลรวมต้นทุนราคาเชื้อเพลิงเท่านั้น จากลักษณะฟังก์ชันความเหมาะสมนี้จะมีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับต้นทุนราคาเชื้อเพลิงรวมจากวิธีการจัดกำลังการผลิตที่ถอดรหัสมาจากชุดโครโมโซม โครโมโซมชุดใดแสดงวิธีการจัดกำลังการผลิตที่ดีกว่าก็จะมีค่าความเหมาะสมมากกว่า ทำให้การค้นหาคำตอบของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมหรือวิธีหาค่าเหมาะที่สุดของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมมุ่งไปสู่การค้นหาคำตอบที่

ให้ค่าผลรวมกำลังการผลิตที่ต่ำที่สุดโดยตรง และทำให้ ประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบโดยรวมสูงขึ้น

ผลลัพธ์ที่สนับสนุนสมมุติฐานดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 8.12 ซึ่งพบว่าสำหรับวิธีเจเนติก อัลกอริทึมถึงแม้ว่าจะใช้ตัวปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและให้ผลลัพธ์การจัดกำลัง การผลิตที่มีค่าผลรวมต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่า แต่ก็ไม่สามารถจัดกำลังการผลิตให้เกิดความสมดุล ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตและกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงได้ แต่ในกรณีที่วิธีแซร์ริงอัลกอริทึมพบว่าสามารถ จัดกำลังการผลิตที่เกิดความสมดุลของกำลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี โดยที่ค่าผลรวมต้นทุนราคา เชื้อเพลิงที่ได้เป็นค่าที่ดีที่สุดสำหรับค่าความต้องการโหลด ณ. ขณะนั้น อีกทั้งเวลาที่ใช้ในการคำนวณยัง มีค่าน้อยกว่าวิธีที่ไม่ใช้วิธีแซร์ริงอัลกอริทึม ทั้งนี้วิธีที่ใช้วิธีแซร์ริงอัลกอริทึมจะลดการค้นหาคำตอบที่ จำเป็นหรือคำตอบที่ไม่เข้าเงื่อนไขข้อจำกัดการผลิตไฟฟ้า ทำให้จำนวนพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ลดลง เป็นอย่างมากนั่นเอง โดยการทดลองดังกล่าวกำหนดให้จำนวนของประชากรมีค่าเท่ากัน พฤติกรรม ของการค้นหาคำตอบแสดงไว้ดังรูปที่ 8.130 ซึ่งพบว่าการจัดกำลังการผลิตโดยใช้วิธีแซร์ริงอัลกอริทึม สามารถเข้าสู่คำตอบที่ถูกต้องได้รวดเร็วกว่า โดยที่ความถูกต้องของคำตอบที่ได้จากทั้งสองวิธีสามารถ เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่ง ซึ่งพบว่าคำตอบที่ได้จากวิธีแซร์ริงอัลกอริทึมมี ลักษณะใกล้เคียงกัน

8.3.5 วิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่งสำหรับการจัดกำลังการผลิตกำลังไฟฟ้าที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์

วิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่งเป็นวิธีหนึ่งซึ่งนำมาใช้แก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมในลักษณะต่างๆ แทนการใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ค่าเกรเดียนต์เป็นแนวทางการค้นหาคำตอบได้เป็นอย่างดี เนื่องจาก วิธีนี้ใช้การค้นหาคำตอบจากเส้นทางการคัดเลือกที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดโดยแบ่งช่วงของคำตอบออกเป็น ขึ้น และคำนวณวนรอบจนกระทั่งได้คำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวทำให้วิธีไดแนมิก โปรแกรมมิ่งสามารถนำมาใช้แทนวิธีทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมในบางปัญหา เช่น ปัญหาข้อจำกัดทาง คณิตศาสตร์ หรือการคำนวณค่าเกรเดียนต์ที่ซับซ้อนมากเกินไป

ปัญหาการจัดกำลังการผลิตที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์นับว่าเป็นปัญหาหนึ่งซึ่งมีความยุ่งยาก ในการคำนวณเมื่อลักษณะกราฟต้นทุนราคาเชื้อเพลิงไม่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดของการคำนวณทาง คณิตศาสตร์ วิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่งนั้นสามารถนำมาพัฒนาใช้แก้ปัญหานี้ได้เป็นอย่างดี โดยมี คุณสมบัติที่พิเศษคือความสามารถในการคำนวณการจัดกำลังการผลิตโดยไม่ขึ้นกับลักษณะกราฟต้นทุน ราคาเชื้อเพลิง ที่อาจมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ ตลอดช่วงกำลังการผลิต

จุดด้อยของวิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่งโดยทั่วไปนั่นคือเวลาที่ต้องใช้ในการคำนวณหาคำตอบ ทั้งนี้เนื่องจากวิธีดังกล่าวมีพื้นฐานจากการแบ่งช่วงกำลังการผลิตเป็นขั้นย่อย และทำการคำนวณวนรอบ ช่วงการผลิตตามขั้นการผลิตนั้น ทำให้เมื่อนำไปใช้แก้ปัญหาที่มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ต้องใช้เวลาการคำนวณ ที่สูงขึ้นตาม ซึ่งจากงานวิจัยทั่วไปพบว่าเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะเพิ่มขึ้นในลักษณะเอ็กโปเนนเชียล [19, 37, 40]

การปรับปรุงประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบด้วยวิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่งที่สำคัญคือการใช้เทคนิคการปรับซุม [40, 78] ซึ่งใช้การคำนวณจากขั้นการคำนวณเริ่มต้นที่มีค่ากว้างและถูกปรับเปลี่ยนให้ลดลง (ปรับซุม) ตามรอบการคำนวณ ซึ่งจะช่วยให้ลดเวลาและหน่วยความจำในการคำนวณได้ลงเป็นอย่างมาก ดังรายละเอียดการทำงานที่แสดงไว้ในบทที่ 3 ซึ่งจากลักษณะการปรับซุมดังกล่าวเมื่อนำมาใช้ในการคำนวณการจัดกำลังการผลิตสามารถช่วยลดเวลาในการคำนวณได้เป็นอย่างมาก [40] งานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่งร่วมกับเทคนิคการปรับซุม เพื่อใช้เป็นคำตอบอ้างอิงสำหรับการเปรียบเทียบผลลัพธ์การคำนวณจากวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและวิธีนิซซึ่งเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งผลลัพธ์จากการคำนวณการจัดกำลังการผลิตสำหรับระบบไฟฟ้าที่แตกต่างกัน แสดงไว้ในตารางที่ 8.12, 8.16, และ 8.18

วิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการคำนวณการจัดกำลังการผลิต แต่เมื่อนำมาใช้กับปัญหาที่มีความซับซ้อนสูงและมีจุดยอดหลายจุด จะต้องพึงระวังเรื่องการสภาวะการค้นหาในกรณีที่ปัญหามีจุดยอดที่ให้ค่าใกล้เคียงกันมาก จำนวนหลายจุด ซึ่งมีโอกาสเป็นไปได้ที่จะทำให้วิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่งเลือกพื้นที่ใกล้จุดยอดที่ไม่เหมาะสมก่อนเริ่มขบวนการซุม โดยถ้าขอบเขตของการซุมที่มีค่าไม่มากพอ อาจส่งผลให้คำตอบที่ได้มีค่าไม่ถูกต้อง

การลดผลของปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยการพยายามแบ่งขั้นการคำนวณเริ่มต้นให้มีขนาดเล็กลง โดยถ้าลำดับขั้นเริ่มต้นมีค่าสูง ทำให้วิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่งมีโอกาสที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดจากการแซมปลิงได้สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ปัญหามีความซับซ้อนสูงและมีจุดยอดหลายจุด โดยถ้ายังพยายามแบ่งขั้นการคำนวณให้น้อยลงมากเท่าไร ก็จะทำให้ต้องใช้เวลาสูงขึ้นตามลำดับ ซึ่งอาจจะขัดแย้งกับแนวคิดของการปรับซุมที่ต้องการลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณลง

สิ่งหนึ่งที่ควรระวังในการนำวิธีไดแนมิกมาใช้ในการคำนวณการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้า คือการปรับค่าขั้นการผลิตให้มีค่าที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงช่วงกำลังการผลิตของแต่ละหน่วยผลิตที่เป็นไปได้ จากค่าอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้น/ลดลง และขีดจำกัดการผลิตไฟฟ้าของแต่ละหน่วยผลิต ขั้นกำลังการผลิตจะต้องมีค่าน้อยกว่าช่วงการผลิตที่เป็นไปได้น้อยที่สุดจากหน่วยผลิตทั้งหมด

8.3.6 วิธีเจเนติกอัลกอริทึมและนิซซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับตัวปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการจัดกำลังการผลิตที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ในลักษณะสแตติก

จากการทดสอบการจัดกำลังการผลิตในลักษณะสแตติกสำหรับระบบไฟฟ้ากำลังขนาดเล็กกลาง และระบบไฟฟ้ากำลังจริง พบว่าโดยรวมแล้ววิธีวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและวิธีนิซซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถให้แนวการจัดกำลังการผลิตที่ใกล้เคียงกับผลที่ได้รับจากวิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่ง โดยค่าที่ได้มีความผิดเพี้ยนไปจากผลของการเข้ารหัสแบบดิสคริต ผลของตำแหน่งการแซมปลิงค่าช่วงกำลังการผลิต และผลของพฤติกรรมการค้นหาคำตอบโลคอล (Local Search) ด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีประสิทธิภาพไม่ด้นัก

การพิจารณาพฤติกรรมการค้นหาคำตอบที่ถูกต้องเป็นสิ่งที่จะต้องทำให้มีความเข้าใจต่อการทำงานของอัลกอริทึม ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้น การทดสอบการจัดกำลังการผลิตสำหรับระบบไฟฟ้ากำลังที่มีหน่วยผลิตไฟฟ้า 2 หน่วยผลิตจะทำให้เข้าใจถึงพฤติกรรมดังกล่าวในลักษณะที่สามารถมองเห็นได้ในพื้นที่รูปร่าง 3 มิติ รูปที่ 8.124 (บน-ขวา) แสดงพื้นที่คำตอบทั้งหมดของปัญหาการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าที่มี 2 หน่วยผลิต และการกระจายตัวของชุดโครโมโซมในลักษณะฟีโนไทป์ ในกลุ่มประชากรในรุ่นแรก โดยวิธีเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับวิธีแชร์ริงอัลกอริทึม พบว่าจากผลของการสุ่มค่าเริ่มต้นแบบสุ่มมาเสมอ ชุดคำตอบหรือค่าที่ได้จากแต่ละชุดโครโมโซมมีการกระจายตัวตลอดช่วงเส้นคำตอบ และชุดคำตอบที่ดีที่สุดในรอบการคำนวณแรกนั้นจะอยู่ในพื้นที่จุดต่ำสุดโลคอล และเมื่อการคำนวณสิ้นสุดลงพบว่าคำตอบที่ดีที่สุดเป็นคำตอบโกลบอลที่มีความถูกต้อง ดังรูป 8.124 (ล่าง-ซ้าย) ซึ่งจากการทดสอบในลักษณะเดียวกันด้วยวิธีนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึม คำตอบที่ดีที่สุดที่ได้รับจะเป็นคำตอบโกลบอลเช่นเดียวกัน โดยจะมีกลุ่มประชากรย่อยกระจายอยู่ในกลุ่มของคำตอบโลคอล ดังรูปที่ 8.124 (ล่าง-ขวา) ทั้งนี้เป็นคุณสมบัติของวิธีนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมเองที่พยายามรักษากลุ่มคำตอบที่ดี (คำตอบ โลคอล) ไว้ตลอดการสร้างประชากรรุ่นใหม่

เทคนิคการปรับความน่าจะเป็นในการผ่าเหล่าโดยอัตโนมัติไม่นำมาใช้ในปัญหาการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าโดยใช้วิธีแชร์ริงอัลกอริทึม ทั้งนี้เนื่องจาก เทคนิคดังกล่าวต้องใช้การคำนวณหาความเหมาะสมของชุดโครโมโซมลูกชุดใหม่ ทำให้ต้องใช้เวลาในการคำนวณสูงขึ้นโดยไม่จำเป็นเนื่องจากผลของการแลกเปลี่ยนยีนก่อนหน้านั้น อาจจะส่งผลทำให้ชุดโครโมโซมจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าไม่สมดุลย์ เทคนิคการผ่าเหล่ายีนแบบกระโดดถูกนำมาใช้แทนวิธีดังกล่าว ซึ่งจากการทดสอบการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าขนาดกลางและขนาดใหญ่พบว่าผลลัพธ์ที่ได้ยังมีค่าที่ดี ซึ่งจะลดเวลาในการคำนวณลงได้เป็นอย่างมาก อีกทั้งวิธีการผ่าเหล่ายีนแบบกระโดดจะช่วยทำให้การเข้าสู่คำตอบที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยได้ดี เนื่องจากวิธีนี้ใช้การสุ่มค่าในลักษณะฟีโนไทป์แทนการสุ่มค่าในลักษณะเจโนไทป์ดังวิธีที่ใช้โดยทั่วไป

สำหรับการทดสอบระบบไฟฟ้ากำลังขนาดกลาง IEEE 118 Bus และระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ THA 424 Bus พบว่าเมื่อทำงานร่วมกับวิธีแชร์ริงอัลกอริทึม วิธีเจเนติกอัลกอริทึมและนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมสามารถจัดกำลังการผลิตได้เป็นอย่างดี ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับวิธีโคเนมิกโปรแกรมมิ่ง ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 8.16 และ 8.18 โดยที่ระบบทดสอบความสูญเสียในระบบส่งประมาณ 3 %

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึม พบว่าส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันมาก ค่าผลลัพธ์ต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดและค่าเฉลี่ยต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่ได้ของทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อทดสอบระบบ IEEE 118 Bus ด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมจะมีค่าน้อยกว่าการทดสอบระบบ THA 424 Bus ทั้งนี้เมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ เช่นขนาดของกลุ่มประชากรมีจำนวนเท่ากัน โดยผลการเปรียบเทียบแสดงไว้ในตารางที่ 8.28 – 8.29

8.3.6 วิธีเจเนติกอัลกอริทึมและนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับตัวปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการจัดกำลังการผลิตที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ในลักษณะไดแนมิก

สำหรับการทดสอบการจัดกำลังการผลิตที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ในลักษณะไดแนมิก เริ่มต้นจากการทดสอบระบบไฟฟ้ากำลังขนาดเล็ก IEEE 30 Bus โดยจำลองให้มีหน่วยผลิตไฟฟ้า 2 หน่วย ที่ตำแหน่งบัสที่ 1 และ บัสที่สอง 2 ตามลำดับ สถานะเริ่มต้นของระบบมีค่าความต้องการโหลด 806.75 เมกกะวัตต์ และค่าความสูญเสียในระบบส่งประมาณ 2.8% และข้อมูลที่ใช้ในการผลิตเป็นข้อมูลของหน่วยผลิตที่ 5 และ 6 ตามลำดับ โดยคำนึงถึงผลของช่วงการผลิตต้องห้าม ผลลัพธ์ที่ได้แสดงไว้อย่างละเอียดในตารางที่ 8.20 และ 8.21 และพฤติกรรมการเข้าสู่คำตอบแสดงไว้ในรูปที่ 8.167-8.176

รูปที่ 8.167 แสดงลักษณะของช่วงกำลังการผลิตต้องห้ามที่มีผลต่อพื้นที่คำตอบ รูปที่ 8.168 แสดงการเปรียบเทียบค่าต้นทุนกำลังการผลิตรวมกับค่าความต้องการโหลด ซึ่งพบว่าวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมจะให้คำนวณหาสถานะการผลิตที่มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามค่าโหลดที่คาดการณ์ ซึ่งจากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ณ ตำแหน่งเริ่มต้น ยังเป็นตำแหน่งที่มีต้นทุนการผลิตที่ยังมีค่าไม่ต่ำที่สุด รูปที่ 8.171 และ 8.172 แสดงให้เห็นลักษณะการปรับกำลังการผลิตของหน่วยผลิตในแต่ละคาบเวลา

เงื่อนไขการจัดกำลังการผลิตในลักษณะไดแนมิกทำให้สามารถจัดการกับผลของการเปลี่ยนแปลงโหลดอย่างรวดเร็วได้เป็นอย่างดี เมื่อร่วมกับผลการคาดการณ์โหลดล่วงหน้า สามารถนำมาใช้การวางแผนการผลิตเพื่อป้องกันสถานะที่หน่วยผลิตไฟฟ้าไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ทันตามความต้องการ การทดสอบระบบ THA 424 Bus แสดงให้เห็นว่าวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมสามารถวางแผนการผลิตเมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้การปรับเปลี่ยนการผลิตจะอยู่ภายใต้ข้อจำกัดการเพิ่ม/ลดกำลังการผลิตไฟฟ้า ผลลัพธ์การจัดกำลังการผลิตของระบบ IEEE 118 Bus และ THA 424 Bus แสดงไว้ในตารางที่ 8.23 และ 8.24 ตามลำดับ และพฤติกรรมการเข้าสู่คำตอบจากตำแหน่งการสุ่มค่าเริ่มต้นที่ต่างกัน แสดงไว้ในรูปที่ 8.183-8.192 และรูปที่ 8.186-8.195 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึม พบว่าส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันมาก ค่าผลลัพธ์ต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดและค่าเฉลี่ยต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่ได้ของทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิธีนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมจะมีค่าน้อยกว่าวิธีเจเนติกอัลกอริทึม เมื่อทดสอบระบบ IEEE 118 และระบบ THA 424 Bus ทั้งนี้เมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ เช่นขนาดของกลุ่มประชากรมีจำนวนเท่ากัน

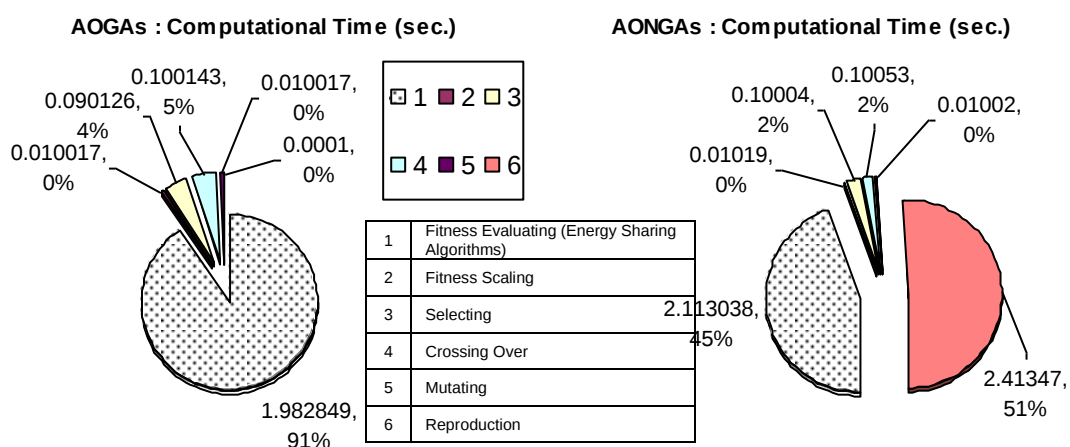
เวลาที่ใช้ในการคำนวณของวิธีนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมเป็นไปตามลักษณะที่คาดการณ์ไว้ กล่าวคือจะมีค่ามากกว่าวิธีเจเนติกอัลกอริทึม เนื่องจากผลของการปรับเปลี่ยนชุดโครโมโซมอย่างซ้ำๆ และผลของการรักษาพื้นที่คำตอบที่ดี การคำนวณในช่วงการสร้างกลุ่มประชากรรุ่นใหม่จะใช้เวลามากขึ้นหลายหมื่นเท่าตัว ดังรูปที่ 8.203 ทั้งนี้เนื่องจากวิธีดิสทอร์มินิสติกคร่าวๆ ต้องคำนวณหาค่าความเหมาะสมของชุดโครโมโซมลูกใหม่ทั้ง 2 ชุด ก่อนที่จะนำไปแทนชุดโครโมโซมพ่อแม่ ที่เหมาะสม

ตารางที่ 8.28 ผลการเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์จากการทดสอบการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าด้วยวิธี AOGAs และ AONGAs

ปัญหา	อัลกอริทึมที่ใช้ทดสอบ	ค่ามากที่สุด	ค่าน้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
IEEE118B-S	AOGAs	12510619.00	12488250.44	12.47322	0.00146
	AONGAs	12474515.06	12470363.00	12.49880	0.00451
THA424B-S	AOGAs	1088687.35	1092762.83	1089684.01	5.5E-04
	AONGAs	1088441.17	1088115.08	1088224.57	6.58484E-07
IEEE118B-D	AOGAs	3110163.88	3110163.88	3131253.33	0.133443
	AONGAs	3122428.75	3114783.10	3122416.67	0.019372
THA424B-D	AOGAs	279555.59	279195.74	279396.33	65.69492
	AONGAs	279491.95	279271.91	279407.77	54.21002

ตารางที่ 8.29 ผลการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณจากการทดสอบการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าด้วยวิธี AOGAs และ AONGAs

ปัญหา	อัลกอริทึมที่ใช้ทดสอบ	ค่ามากที่สุด	ค่าน้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
IEEE118B-S	AOGAs	13.17108	4.75989	7.081827	1.418373
	AONGAs	37.1246	8.22567	16.90093	6.457319
THA424B-S	AOGAs	98.85205	32.03285	49.82477	14.83764
	AONGAs	275.3403	64.69714	104.2362	35.71241
IEEE118B-D	AOGAs	357.0537	81.07666	140.1988	47.67721
	AONGAs	534.1055	63.73058	153.0965	92.79692
THA424B-D	AOGAs	1095.205	252.4512	438.959	145.6148
	AONGAs	1536.586	451.132	913.0936	299.5487



รูปที่ 8.203 เวลาที่ใช้ในการคำนวณในการทำงานภายในวิธีเจเนติกและนิชซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมจากการคำนวณการจัดกำลังผลิตไฟฟ้าในลักษณะไดแนมิก