

บทที่ 1

บทนำและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน การขยายตัวทางเศรษฐกิจ และการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีอัตราความต้องการพลังงานสูงขึ้นตามลำดับ หน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในด้านพลังงานจะต้องวางแผนการจัดหาและจัดส่งพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ครอบคลุมทั้งในภาคอุตสาหกรรมและครัวเรือน โดยพลังงานที่ส่งถึงผู้บริโภคจะต้องมีคุณภาพและเสถียรภาพอยู่ในระดับเกณฑ์มาตรฐาน

การจัดกำลังการผลิตให้ได้เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้านับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการใช้ไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าจากกลุ่มการใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ ซึ่งส่งผลให้ความถี่ของรูปคลื่นพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงจากระดับมาตรฐาน อีกทั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าจะต้องถูกปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมสอดคล้องกับปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น (ลดลง) ในช่วงเวลาหนึ่ง และรักษาระดับความถี่ให้อยู่ภายในระดับการเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้ รวมทั้งการชดเชยความสูญเสียจากการส่งพลังงานไฟฟ้าผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูง

ในการจัดกำลังผลิตของหน่วยผลิตไฟฟ้าที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบนั้น สิ่งหนึ่งที่จะต้องพิจารณาคว้ไปกับการควบคุมระบบไฟฟ้ากำลังในสภาวะระบบปกติ คือความคุ้มทุนในทางเศรษฐศาสตร์ของกำลังการผลิตไฟฟ้ารวม เทียบกับมูลค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าทั้งระบบ เนื่องจากต้นทุนเชื้อเพลิงเป็นต้นทุนหลักสำหรับการผลิตไฟฟ้า และต้นทุนของการใช้เชื้อเพลิงสำหรับการผลิตไฟฟ้ารวมทั้งระบบมีมูลค่ามหาศาลในแต่ละวัน ดังนั้นการคำนวณกำลังการผลิตของหน่วยผลิตไฟฟ้า จำเป็นต้องใช้เทคนิคและวิธีการคำนวณตามหลักคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน เพื่อให้ได้รูปแบบและกลยุทธ์ที่เหมาะสม สำหรับการสั่งเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งระบบ ภายใต้ข้อจำกัดในการผลิตไฟฟ้าต่างๆ โดยวิธีการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าที่มีหลักการและเหตุผล นอกจากจะช่วยให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าอยู่ในระดับที่ต่ำที่สุดแล้ว ยังส่งผลให้การใช้เชื้อเพลิงจากทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่จำกัด เกิดประสิทธิภาพสูงสุดอีกด้วย

การวิเคราะห์หา กำลังการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมในแต่ละหน่วยผลิตนับว่าเป็นปัญหาที่มีฟังก์ชันเป้าหมายที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น มีความซับซ้อนสูง และเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากระบบไฟฟ้ากำลังมีขนาดใหญ่ อีกทั้งยังมีข้อจำกัดในการผลิตไฟฟ้าอยู่มากมาย โดยถ้าฟังก์ชันอัตราพลังงานความร้อนของแต่ละหน่วยผลิต มีลักษณะไม่เป็นฟังก์ชันโค้งเรียบหรือมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างไม่สม่ำเสมอ ทำให้ฟังก์ชันเป้าหมายโดยรวมทั้งระบบ ทวีความไม่เป็นเชิงเส้นมากขึ้นอีก

การวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวโดยทั่วไปจะใช้วิธีตามหลักการของการจัดแฟลคเตอร์แลมป์ค่าให้มีค่าเท่าๆกันทุกหน่วยผลิตโดยหลักการดังกล่าวมีพื้นฐานมาจากการแก้สมการลากรางซ์ของฟังก์ชันเป้าหมาย รวมทั้งข้อจำกัดสมการการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการ และสมการการชดเชยความสูญเสียในการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูง วิธีการนี้เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างมากสำหรับระบบซอฟต์แวร์จัดการพลังงานโดยทั่วไป เนื่องจากมีความสามารถในการคำนวณหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว สามารถใช้ในการคำนวณ ณ. เวลาจริงได้เป็นอย่างดี แต่วิธีการคำนวณดังกล่าวมีข้อจำกัดในเรื่องการหาค่าอนุพันธ์ของสมการต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าของแต่ละหน่วยผลิต และข้อจำกัดในการคำนวณในกรณีที่ฟังก์ชันอัตราต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นต่อกำลังการผลิต มีลักษณะลดลง

ในสภาวะการทำงานจริงของหน่วยผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนหรือพลังงานความร้อนร่วมนั้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าในบางช่วงจะเกิดปัญหาเรื่องความสูญเสียจากการปิด/เปิดวาล์วไอน้ำ โดยจะพบมากในหน่วยผลิตที่มีวาล์วควบคุมปริมาณไอน้ำอยู่หลายตัว ทำให้ฟังก์ชันอัตราความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นไม่สม่ำเสมอตลอดช่วงการผลิตทั้งหมด ส่งผลให้ต้องมีการประมาณฟังก์ชันดังกล่าวเป็นลักษณะเป็นสมการควอดราติกที่มีลักษณะเรียบ เพื่อที่จะสามารถนำไปคำนวณค่าอนุพันธ์ได้ ซึ่งการแก้ปัญหาโดยวิธีนี้ นอกจากจะทำให้เกิดความยุ่งยากในการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ยังส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ไม่สะท้อนต้นทุนที่แท้จริงของการผลิตไฟฟ้า และถ้าพิจารณาถึงต้นทุนรวมที่ใช้ในการผลิตในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ (ล้านบาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ทำให้การวิเคราะห์และปรับปรุงวิธีการจัดกำลังการผลิตให้ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น จะช่วยให้สามารถลดต้นทุนสะสมในการผลิตไฟฟ้าได้เป็นอย่างมาก

ในกรณีโรงผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนที่ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าในช่วงการผลิตหนึ่งได้ (หรือมีความสามารถในการผลิตแต่ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง) ทั้งนี้จากสันตัวของแกนเพลลา หรือการทำงานที่ผิดปกติของอุปกรณ์เสริมต่างๆ ทำให้ฟังก์ชันอัตราความร้อนมีค่าไม่ต่อเนื่องตลอดช่วงการผลิต ทำให้การวิเคราะห์การจัดกำลังการผลิตเป็นไปด้วยความยุ่งยากมากขึ้นอีก

สำหรับระบบการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ประกอบไปด้วยหน่วยผลิตหลายประเภท ร่วมการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยกระจายอยู่ตามสภาพทางภูมิศาสตร์, ข้อจำกัดในการก่อสร้าง, และเหตุผลจากการวางแผน ซึ่งประกอบไปด้วยโรงไฟฟ้าพลังน้ำ, โรงไฟฟ้าพลังความร้อน, โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส และ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม เป็นต้น โดยหน่วยผลิตไฟฟ้าจากประเภทต่างๆ ก็มีค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิง และฟังก์ชันอัตราพลังงานความร้อนที่ต่างกันไปตามชนิดและลักษณะทางกายภาพของหน่วยผลิต

โรงไฟฟ้าบางประเภทยังมีค่าอัตราต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น ในลักษณะลดลง เช่น โรงไฟฟ้าประเภทพลังความร้อนร่วม เป็นต้น หรือโรงไฟฟ้าบางแห่งที่มีกราฟอัตราต้นทุนราคาเชื้อเพลิงเป็นชุดของสมการเส้นตรง เช่น โรงไฟฟ้าสมัยใหม่ ทำให้ผลลัพธ์จากการแก้ปัญหการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งระบบด้วยวิธีข้างต้นนั้น มีค่าไม่ถูกต้อง

1.2 วิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาขบวนการแก้ไขปัญหการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงในการจัดการข้อจำกัด รวมถึงการกำหนดหาตำแหน่งการผลิตที่ใช้ต้นทุนเชื้อเพลิงรวมต่ำที่สุด และมีความรวดเร็วในการหาผลลัพธ์ของปัญหาดังกล่าว เป็นสิ่งที่นักวิจัยหลายท่านพยายามค้นคว้าวิจัย เพื่อที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์คำนวณและสั่งการผลิตได้ในลักษณะเวลาจริง [1-5]

วิธีในทางคณิตศาสตร์แบบเดิมที่เป็นนิยามกันอย่างมากระบบซอฟต์แวร์จัดการพลังงาน คือวิธีการคำนวณรอบแลมเบิดา โดยเป็นวิธีที่สะดวกและมีความรวดเร็วในการคำนวณ และนิยมใช้ในโปรแกรมที่ทำงานในลักษณะเวลาจริง แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดอยู่ที่ลักษณะกราฟฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่จะต้องสามารถนำมาหาค่าอนุพันธ์ได้ตลอดช่วงการผลิต อีกทั้งฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นของทุกหน่วยผลิตที่จะต้องมีลักษณะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

วิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่ง เป็นวิธีที่นิยมมากอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งใช้การวนรอบค้นหาคำตอบตลอดช่วงการผลิตในลักษณะดิคริตแทนการหาคำตอบโดยตรงจากวิธีทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจากหลักการนี้ ทำให้การแก้ปัญหการจัดกำลังการผลิตด้วยวิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่ง จะไม่ขึ้นกับลักษณะของฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิง โดยสามารถใช้ได้กับฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงหลายประเภท เช่น ฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงของหน่วยผลิตความร้อนหรือความร้อนร่วมที่คิดผลของความสูญเสียจากลิ้นปิด/เปิดไอน้ำ และฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่เป็นลักษณะเส้นตรงหลายเส้นเชื่อมต่อกัน เป็นต้น แต่เนื่องจากวิธีนี้อาศัยการคำนวณจากขั้นการผลิตที่กำหนดขึ้น ทำให้ต้องใช้เวลาในการคำนวณเป็นอย่างมาก โดยถ้าปรับขนาดของขั้นการคำนวณให้เล็กลง เพื่อให้คำตอบที่ได้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น ก็ต้องใช้เวลาในการคำนวณสูงขึ้น ตามลำดับ ซึ่งวิธีนี้จะไม่เหมาะสมกับระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่

วิธีการค้นหาโดยใช้ค่าเกรเดียนต์เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถใช้คำนวณสำหรับปัญหาดังกล่าวได้จากพื้นฐานของหลักการของการลดลงของค่าเกรเดียนต์ เป็นทิศทางในการปรับค่าตัวแปรควบคุม วิธีนี้ต้องใช้เวลาในการคำนวณมาก และมีแนวโน้มสูงที่จะได้คำตอบที่ไม่ถูกต้องจากปัญหาที่ซับซ้อนและมีจุดยอดหลายจุด อีกทั้งยังมีความยุ่งยากในการจัดการกับข้อจำกัดในลักษณะอสมการ

วิธีนิวตัน ได้ปรับปรุงจากวิธีการค้นหาโดยใช้ค่าเกรเดียนต์ให้รวดเร็วขึ้น โดยเพิ่มการวิเคราะห์ในส่วนของการหาค่าเฮสเซียนต์จากสมการลากรางจ์ แต่ก็ยังคงมีความยุ่งยากในการจัดการกับข้อจำกัดในลักษณะอสมการ ซึ่งวิธีปกติจะใช้ฟังก์ชันปรับโทษในการแสดงความเหมาะสมของคำตอบจากข้อจำกัดในลักษณะอสมการ

วิธีการโปรแกรมเชิงเส้น ในปัจจุบันได้พัฒนาขึ้นใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบการสร้างสมการของปัญหาให้อยู่ในรูปของสมการของการโปรแกรมเชิงเส้นโดยวิธีนี้จะต้องใช้การประมาณฟังก์ชันเป้าหมายที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น มาเป็นฟังก์ชันใหม่ที่มีลักษณะเชิงเส้น ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ขาดความเที่ยงตรงไปบ้าง แต่โดยวิธีนี้จะสามารถจัดการกับข้อจำกัดในลักษณะอสมการได้เป็นอย่างดี

วิธีอื่นที่เรียบง่าย เป็นวิธีที่พัฒนาต่อจากวิธีการโปรแกรมเชิงเส้น โดยใช้เส้นทางการค้นหาภายในขอบเขตของคำตอบ แทนที่การค้นหาจากจุดคำตอบ เช่นวิธีซิมเพิร์กซ์ ดังนั้นวิธีนี้ใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังจัดการกับข้อจำกัดในลักษณะอสมการได้ดีเช่นกัน

จากวิธีที่กล่าวถึงข้างต้นนั้น จะพบว่าส่วนใหญ่จะมีพื้นฐานจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และการคำนวณหาค่าอนุพันธ์จากฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงหลักพร้อมกับฟังก์ชันการจำกัดการผลิต โดยเมื่อถ้าพิจารณาถึงลักษณะของฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงตามความเป็นจริงซึ่งอาจจะไม่มีลักษณะเรียบหรือมีความไม่ต่อเนื่องเกิดขึ้นในบางช่วงการผลิต ทำให้การจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ ด้วยวิธีดังกล่าวไม่สามารถคำนวณได้โดยตรง

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา นักวิจัยหลายท่านได้คิดค้นศาสตร์การคำนวณประเภทใหม่ๆ จากแนวคิดทางธรรมชาติหลายประเภท เช่นการทำงานของกลู่มเซลล์ประสาท การคัดเลือกและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุศาสตร์ทางธรรมชาติ และลักษณะการเย็นตัวของวัตถุที่ถูกทำให้หลอมละลาย เป็นต้น โดยพัฒนามาเป็นวิธีการคำนวณวิธีต่างๆ เช่น นิรอลเน็ตเวิร์ค, เจเนติกอัลกอริทึม, และซิมูเลเตดแอนนิลิ่ง ซึ่งจากผลการทดสอบความสามารถของวิธีเหล่านั้นก็ได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์แบบเดิม [6-9]

ศาสตร์การคำนวณแบบอ่อนนั้นได้ถูกนำมาใช้แก้ปัญหาในทางระบบไฟฟ้ากำลังหลายประเภทด้วยกัน [10-13] เช่น ปัญหาการแยกประเภท การตีความปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ปัญหา และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การหาคำตอบที่เหมาะสมของปัญหา เป็นต้น ซึ่งจากความสามารถในการแก้ไขปัญหาโดยไม่ต้องพึ่งการคำนวณที่ซับซ้อนจากหลักคณิตศาสตร์ ทำให้วิธีการคำนวณแบบใหม่นี้มีความโดดเด่นสำหรับปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้โดยตรงโดยวิธีคณิตศาสตร์เดิม หรือปัญหาที่ยากต่อการจัดสร้างสมการคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับปัญหาเหล่านั้น

วิธีเจเนติกอัลกอริทึมได้แนวคิดจากขบวนการทางพันธุศาสตร์จากธรรมชาติ มาพัฒนาเป็นอัลกอริทึมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาทั้งในด้านการหาค่าที่เหมาะสมและการประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ ซึ่งจากปัญหาการจัดกำลังการผลิตที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ข้างต้น วิธีเจเนติกอัลกอริทึมสามารถนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาลักษณะฟังก์ชันการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ไม่สามารถหาอนุพันธ์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากวิธีเจเนติกอัลกอริทึมมองปัญหาในลักษณะเป็น “กล่องดำ” กล่าวคือวิธีเจเนติกไม่พิจารณาถึงสมการทางคณิตศาสตร์หรือข้อจำกัดทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงปัญหาการจัดกำลังการผลิต และไม่มีข้อกำหนดในเรื่องลักษณะของสมการเป้าหมาย ทำให้ไม่ต้องทำการประมาณค่าฟังก์ชันให้เป็นสมการที่สามารถหาอนุพันธ์ได้ หรือเปลี่ยนฟังก์ชันให้อยู่ในรูปเชิงเส้น ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ มีความเที่ยงตรงสูง อีกทั้งวิธีเจเนติกอัลกอริทึมสามารถจัดการกับข้อจำกัดต่างๆ ได้ดีกว่าวิธีทาง คณิตศาสตร์แบบเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของข้อจำกัดในลักษณะดิสครีตข้างต้น

เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติของจุดเด่นของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมในการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมแบบขนาน ทำให้เจเนติกอัลกอริทึมมีโอกาสที่จะให้ผลลัพธ์ที่เป็นจุดต่ำสุดแบบชั่วคราว น้อยกว่าวิธีในทางคณิตศาสตร์ที่ใช้หลักการค้นหาโดยใช้ค่าเกรเดียนต์เป็นพื้นฐาน เจเนติกอัลกอริทึมจะใช้เวลาในการคำนวณเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้นหรือไม่เป็นเชิงเส้น (ในอัตราที่น้อย) เมื่อจำนวนหน่วยผลิตที่ต้องทำการจัดกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อเทียบกับวิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่ง จะพบว่าวิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่ง ใช้เวลาในการคำนวณเพิ่มขึ้นในลักษณะเอ็กโปเนนเชียล เมื่อจำนวนหน่วยผลิตที่ต้องทำการจัดกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น โดยที่ผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองวิธีคล้ายคลึงกัน

Walters และคณะ [14] เริ่มประยุกต์วิธีเจเนติกอัลกอริทึมในการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์เมื่อคำนึงถึงความสูญเสียในระบบส่ง โดยพิจารณาผลกระทบจากความสูญเสียจากเส้นปิด/เปิดไอน้ำ ที่มีต่อฟังก์ชันอินพุต-เอาต์พุตของหน่วยผลิต โดยจำลองการเพิ่มเทอมฟังก์ชันไซน์ในสมการเดิม Walters และคณะ ยังได้นำเสนอแนวทางการเข้ารหัสของค่ากำลังการผลิตใน 2 ลักษณะคือการนำโครโมโซมไบนารีสตริงมาเชื่อมต่อกันเป็นลูกโซ่ และการแยกบิต (ยีน) ในแต่ละโครโมโซมมาเชื่อมต่อกันในลำดับเลขน้อยเดียวกัน ฟังก์ชันความเหมาะสมจะใช้สมการต้นทุนการผลิตไฟฟ้ารวมรวมกับการปรับค่าความผิดพลาดจากสมการการผลิตไฟฟ้า โดยทำการปรับค่าความผิดพลาดจากค่าสูงสุด/ต่ำสุด ของสมการทั้งสองส่วน และนำมารวมเป็นฟังก์ชันความเหมาะสมสุดท้ายโดยมีแฟลเตอร์การปรับค่าของทั้งสองส่วน เป็นการปรับค่าให้เหมาะสม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีเจเนติกอัลกอริทึมมีความใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่ง แต่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่า และเมื่อใช้คำนวณในปัญหาที่มีหน่วยผลิตไฟฟ้ามากขึ้น เวลาที่ใช้ในการคำนวณก็มีลักษณะเพิ่มขึ้นอย่างสม่าเสมอ วิธีเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีที่สามารถใช้กับฟังก์ชันอินพุต-เอาต์พุตประเภทต่างๆ ได้เป็นอย่างดี และเมื่อพัฒนาวิธีการเข้ารหัสให้ดีขึ้นก็สามารถลดเวลาในการคำนวณลงได้ เช่นวิธีในการเข้ารหัสในลักษณะที่ 2 เป็นต้น

Sheble และคณะ [15] ได้ปรับปรุงการทำงานของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมให้ดีขึ้นโดยการใช้ค่าอิทธิพลที่สัมพันธ์กับค่าการปรับโทษ สำหรับการปรับค่าความน่าจะเป็นในแลกเปลี่ยนยีน และการผ่าเหล่าจากเดิมที่กำหนดให้มีค่าคงที่ มาเป็นแฟลเตอร์ที่เปลี่ยนแปลง โดยที่เมื่อรอบในการคำนวณสูงขึ้นค่าความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนยีนจะลดลงในลักษณะเอ็กโปเนนเชียล ส่วนค่าความน่าจะเป็นในการผ่าเหล่าจะเพิ่มขึ้นในลักษณะเอ็กโปเนนเชียล ทั้งนี้เนื่องจากรอบการคำนวณสูงขึ้นความหลากหลายของยีนในประชากรรุ่นนั้นจะลดลง ค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากรอบการคำนวณจะถูกรวบรวมเข้าสู่คำตอบที่เหมาะสม ดังนั้นการแลกเปลี่ยนยีนที่เกิดขึ้นจะไม่ช่วยให้เกิดการค้นหาคำตอบในพื้นที่ใหม่ๆ ซึ่งต้องใช้การผ่าเหล่าเป็นการทดแทน โดยผลที่ได้ทำให้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมใช้เวลาในการเข้าสู่คำตอบได้เร็วขึ้น

Bakirtzis และคณะ [16] ได้ทดสอบวิธีเจเนติกอัลกอริทึมกับระบบไฟฟ้ากำลังที่มีจำนวนหน่วยผลิตไฟฟ้าสูงถึง 72 หน่วย โดยปรับปรุงตัวปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์ เพื่อกระตุ้นการแลกเปลี่ยนลักษณะทางพันธุศาสตร์ในรอบการคำนวณ โดยที่ตัวปฏิบัติการ “การเปลี่ยนหน่วยผลิต” จะเลือกหน่วย

ผลิต 2 หน่วย ทำการเปลี่ยนค่ากำลังการผลิตของหน่วยผลิตคู่หนึ่งด้วยค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.1 และตัวปฏิบัติการ “การเลื่อนกำลังการผลิต” จะเลือกหน่วยผลิตขึ้นมา 1 หน่วย ทำการเพิ่ม/ลดกำลังการผลิตนั้นด้วยจำนวนที่สุ่มขึ้น โดยที่ผลต่างระหว่างกำลังการผลิตทั้งหมดและความต้องการโหลดจะถูกกระจายกลับไปยังหน่วยผลิตกลุ่มหนึ่ง (ที่ได้จากสุ่ม) ในอัตราที่เท่ากัน การทดสอบจะใช้หน่วยผลิตที่คำนึงถึงผลกระทบจากความสูญเสียจากล้นปิด/เปิดไอน้ำ เทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่ง เวลาที่ใช้ในการคำนวณจะลดลงเมื่อเทียบกับวิธีไดแนมิก โปรแกรมมิ่งและวิธีเจเนติกอัลกอริทึมเดิม

Wong และคณะ [17] ได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีเจเนติกอัลกอริทึม โดยการรวมความสามารถของเทคนิคซิมูเลเตดแอนนิวลิ่ง เพื่อลดการใช้หน่วยความจำในการคำนวณ ลดผลจากการแปลงกำลังการผลิตเป็นค่าตรรกะในส่วนการเข้ารหัส และใช้วิธีหน่วยผลิต “อ้างอิง” ในการชดเชยความสูญเสียจากส่งผ่านพลังงานในระบบส่ง โดยทดสอบกับหน่วยผลิตที่คำนึงถึงผลกระทบจากความสูญเสียจากล้นปิด/เปิดไอน้ำ และผลของอัตราการเพิ่ม/ลดกำลังการผลิต เทียบกับวิธีเจเนติกอัลกอริทึมเดิม, วิธีอินคริเมนทัลเจเนติกอัลกอริทึม, วิธีเจเนติกแอนนิวลิ่ง 2 วิธี และวิธีซิมูเลเตดแอนนิวลิ่ง พบว่าวิธีเจเนติกแอนนิวลิ่งให้คำตอบที่ดีกว่าทั้งในค่าที่ดีที่สุดและคำตอบที่แย่ที่สุดในการคำนวณ 30 ครั้ง อีกทั้งยังใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าวิธีที่ทดสอบทั้งหมด

Li และคณะ [18] นำเสนอการจัดการกับข้อจำกัดทางด้านสิ่งแวดล้อม สำหรับปัญหาการจัดกำลังการผลิตภายใต้ข้อจำกัดอัตราอัตราการเพิ่ม/ลดกำลังการผลิต ด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งจะช่วยลดความยุ่งยากในการพิจารณาเป้าหมายการจัดกำลังการผลิตที่มีค่าต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่ต่ำที่สุด และการลดมลภาวะที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม จากการใช้ระยะทางระหว่างผลลัพธ์ในการคำนวณเทียบกับตำแหน่งการผลิตไฟฟ้าที่เป็นไปได้ร่วมกับแฟกเตอร์ค่าน้ำหนัก มาเป็นตัวปรับการค้นหาวงจรของวิธีเจเนติกอัลกอริทึม แทนการใช้สมการข้อจำกัดเพิ่มในสมการฟังก์ชันความเหมาะสม ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นกำลังการผลิตที่เหมาะสมในแต่ละหน่วยผลิตภายใต้ระดับการควบคุมการปล่อยมลภาวะสู่สิ่งแวดล้อม

Chen และคณะ [19] พัฒนาวิธีเจเนติกอัลกอริทึม สำหรับปัญหาการจัดกำลังการผลิตขนาดใหญ่ โดยใช้ค่าแลมบ์ดาเป็นตัวแปรในการค้นหา แทนการใช้กำลังการผลิตของแต่ละหน่วยผลิต และปรับเปลี่ยนสมการความเหมาะสมให้เป็นฟังก์ชันของค่าความผิดพลาดในการจัดกำลังการผลิต และค่าความต้องการโหลด ซึ่งจากการทดสอบพบว่าวิธีดังกล่าวให้ผลลัพธ์ค่าต้นทุนการผลิตที่ใกล้เคียงกับวิธีการคำนวณรอบแลมบ์ดา และจำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เมื่อคำนวณปัญหาที่มีจำนวนหน่วยผลิตมีค่าสูงขึ้น เวลาที่ใช้ในการคำนวณจะมีค่าสูงกว่าวิธีการคำนวณรอบแลมบ์ดาสำหรับปัญหามาน้อย แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นเมื่อจำนวนหน่วยผลิตมีค่าสูงขึ้น โดยที่เมื่อใช้จำนวนการจัดกำลังการผลิตสำหรับปัญหาที่มีจำนวนหน่วยผลิตเท่ากับ 34 หรือมากกว่า จะพบว่าวิธีที่นำเสนอใช้เวลาในการคำนวณ (เฉลี่ย) ต่ำกว่าวิธีการคำนวณรอบแลมบ์ดา

Orero และคณะ [20] นำเสนอวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและวิธีดีเทอร์มินิสติกควาดีนิกสำหรับการจัดกำลังการผลิตเมื่อคำนึงผลกระทบจากช่วงการผลิตต้องห้าม โดยใช้การปรับโทษในฟังก์ชันเป้าหมาย

เมื่อกำลังการผลิตของหน่วยผลิตอยู่ในช่วงการผลิตต้องห้าม ทำให้ค่าความเหมาะสมในชุดโครโมโซมนั้นมีค่าน้อยมาก ผลการทดสอบพบว่าวิธีดีเทอร์มินนิสติกคร่าว์ดิงให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีเจเนติกอัลกอริทึม และวิธีนี้มีประสิทธิภาพที่ดีเมื่อทดสอบจากผลกระทบของตัวปฏิบัติการผ่าเหล่า

Yang และคณะ [21] เสนอวิธีอีวอลูชันนารีโปรแกรมมิ่งสำหรับปัญหาการจัดกำลังการผลิตเมื่อหน่วยผลิตไฟฟ้ามีฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงที่ไม่สม่ำเสมอ โดยทดสอบเทียบกับวิธีไดแนมิกโปรแกรมมิ่ง และวิธีเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งพบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีที่นำเสนอมี ความเที่ยงตรงโดยใช้เวลาในการคำนวณที่เป็นเหตุเป็นผลสำหรับหน่วยผลิตที่มีลักษณะฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงในลักษณะต่างๆ ได้

Song และคณะ [22] เสนอวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีเจเนติกอัลกอริทึม โดยการใช้เทคนิคต่างๆ สำหรับวิธีการเข้า/ถอดรหัส, การสร้างฟังก์ชันเป้าหมายและฟังก์ชันความเหมาะสมภายใต้การจัดการกับสมการข้อจำกัดการผลิต, ตัวปฏิบัติการทางพันธุศาสตร์, การผสมผสานระหว่างวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและตัวปฏิบัติการที่ปรับปรุงให้มีความสามารถสูง โดยเมื่อทดสอบเทียบกับวิธีเจเนติกอัลกอริทึมเดิม สำหรับระบบไฟฟ้ากำลังที่มีจำนวนหน่วยผลิต 6 หน่วย พบว่าอัตราความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทดสอบผลกระทบการแปลงค่าความเหมาะสมที่ไม่เป็นเชิงเส้น, การทดสอบผลจากการแลกเปลี่ยนยีน, ผลกระทบจากการผ่าเหล่า, ค่าต้นทุนราคาเชื้อเพลิง, และเวลาที่ใช้ในการคำนวณโดยรวมมีค่าน้อยกว่าวิธีเจเนติกอัลกอริทึมเดิม

Li และคณะ [23] เสนอการจัดกำลังการผลิตในลักษณะไดแนมิกด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึมภายใต้ข้อจำกัดอัตราการเพิ่ม/ลดกำลังการผลิต โดยทดสอบกับระบบไฟฟ้ากำลังที่มีจำนวนหน่วยผลิต 25 หน่วย ซึ่งพบว่าข้อจำกัดดังกล่าวมีผลกระทบต่อต้นทุนราคาเชื้อเพลิงรวม โดยถ้าจำกัดอัตราการเพิ่ม/ลดกำลังการผลิต จะช่วยลดค่าต้นทุนราคาเชื้อเพลิงรวมได้

Ongsakul และคณะ [24] เสนอการทำงานแบบขนานด้วยวิธีไมโครเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับวิธีเมอริทอเดอร์โหลดคิง และการย้ายชุดโครโมโซมที่ดีที่สุดสำหรับส่วนประมวลผลที่ใกล้เคียงกัน สำหรับการจัดกำลังการผลิตภายใต้ข้อจำกัดอัตราการเพิ่ม/ลดกำลังการผลิต สำหรับหน่วยผลิตชนิดความร้อนร่วมที่มีฟังก์ชันต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ในลักษณะลดลงเป็นขั้นบันได โดยใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีเมอริทอเดอร์โหลดคิง (การจัดกำลังการผลิตตามราคาต้นทุนการผลิต) มาเป็นค่าเริ่มต้นสำหรับวิธีไมโครเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งจะช่วยลดเวลาการคำนวณลง เมื่อเทียบกับผลลัพธ์จากการคำนวณของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมเดิม, วิธีไมโครเจเนติกอัลกอริทึม, และวิธีเมอริทอเดอร์โหลดคิง

Ongsakul และคณะ [25] ยังได้พัฒนาวิธีเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับวิธีชิมูเลเตดแอนนิวาลิง สำหรับปัญหาการจัดกำลังการผลิตในลักษณะไดแนมิก เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณลง โดยใช้ผลลัพธ์จากวิธีชิมูเลเตดแอนนิวาลิง มาเป็นค่ากำลังการผลิตเริ่มต้นสำหรับวิธีเจเนติกอัลกอริทึม ทำให้การค้นหาคำตอบจากวิธีนี้ มีความรวดเร็วขึ้นจากเดิมเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังให้คำตอบที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีอื่นๆ เช่น วิธีเจเนติกอัลกอริทึม, วิธีชิมูเลเตดแอนนิวาลิง, วิธีเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับวิธีเมอริทอเดอร์โหลดคิง, และวิธีการโลคอลเซิร์ช เป็นต้น

Lin และคณะ [26] เสนอวิธีอีวอลูชันนารี โปรแกรมมิ่งร่วมกับเทปูเชิร์ชและควอดราติก โปรแกรมมิ่งสำหรับการแก้ไขปัญหาการจัดกำลังการผลิตที่หน่วยผลิตจากผลกระทบของความสูญเสียจากสิ้นปิด/เปิดไอน้ำ รวมทั้งช่วงการผลิตต้องห้าม โดยใช้การสร้างฟังก์ชันความเหมาะสมจากความแตกต่างระหว่างเวกเตอร์จากชุดโครโมซมั้นเทียบกับเวกเตอร์จากชุดคำตอบที่ดีที่สุด และจากผลลัพธ์ที่ทดสอบ พบว่าวิธีที่นำเสนอมีประสิทธิภาพสูงมากกว่าวิธีอีวอลูชันนารี โปรแกรมมิ่งเดิม

1.3 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความมุ่งหมายการศึกษาวิจัยหาวิธีการแก้ปัญหาการผลิตไฟฟ้าที่คุ้มทุนในทางเศรษฐศาสตร์ในลักษณะสแตติกและไดนามิกแบบใหม่ โดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมเป็นพื้นฐานในการคำนวณ โดยศึกษาวิจัยหาวิธีการจัดการกับข้อจำกัดในการผลิตที่มีอยู่อย่างเหมาะสม จัดทำแผนการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีต้นทุนกำลังการผลิตต่ำ สำหรับหน่วยผลิตไฟฟ้าที่มีอยู่โดยทั่วไป ร่วมกับหน่วยผลิตไฟฟ้าที่มีฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงแตกต่างออกไปจากผลกระทบของข้อจำกัดต่างๆ รวมถึงฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงชนิดอื่นที่ไม่สามารถหาต้นทุนของฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงได้ หรือปัญหาการจัดกำลังการผลิตที่ไม่สามารถแก้ไขได้โดยวิธีทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อยู่โดยทั่วไป

1.4 ทฤษฎีและแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แสดงการแก้ปัญหาการผลิตไฟฟ้าที่คุ้มทุนในทางเศรษฐศาสตร์ในลักษณะสแตติกและไดนามิก โดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึม และนำเสนอการพัฒนาวิธีการคำนวณที่เหมาะสมสำหรับปัญหาดังกล่าว รวมถึงการจัดการกับสมการข้อจำกัดภายใต้ปัญหาดังกล่าว เช่น จัดกำลังการผลิตให้มีความสมดุล นอกจากนั้นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานวิจัยนี้ยังใช้วิธีการแก้ปัญหาที่มีพื้นฐานมาจากวิธีไดนามิก โปรแกรมมิ่งโดยมีการปรับปรุงวิธีการคำนวณให้ดีขึ้นโดยปรับเปลี่ยนการทำงานจากเทคนิคการหาค่าพื้นฐาน ทั้งนี้เพื่อช่วยลดเวลาในการคำนวณและช่วยลดการใช้หน่วยความจำ อีกทั้งยังมีการปรับเปลี่ยนอัลกอริทึมในหลายส่วนเพื่อให้เหมาะสมเฉพาะสำหรับปัญหาการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้า และมีการทดสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมเทียบกับผลลัพธ์จากโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาคด้วยวิธีอื่นๆ โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถรองรับกราฟอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นของต้นทุนเชื้อเพลิงได้หลายรูปแบบ ทั้งในแบบที่ใช้ในจัดกำลังการผลิตจริง และแบบที่มีข้อจำกัดในการผลิตในช่วงการผลิตต่างๆ ตามลักษณะของหน่วยผลิตต่างๆ รวมถึงกราฟที่มีลักษณะเฉพาะของประเทศไทยทั้งหมด

1.5 สมมติฐานของการศึกษาและขอบเขตการวิจัย

การจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ทั้งระบบนั้นประกอบไปด้วยปัญหาคำนวณย่อยหลายส่วนด้วยกัน เช่น ปัญหาการวางแผนการเดินเครื่องล่องหน้า ปัญหาข้อจำกัดการใช้

เชื้อเพลิง, ปัญหาการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าของหน่วยผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำร่วมกับหน่วยผลิตไฟฟ้าพลังความร้อน และปัญหาการจัดกำลังการผลิตให้สอดคล้องกับข้อตกลงที่ระบุไว้ในสัญญาการซื้อขายไฟฟ้า เป็นต้น ในงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้า โดยพิจารณากลุ่มโรงไฟฟ้าพลังความร้อน โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม ซึ่งสามารถใช้เชื้อเพลิงของหน่วยผลิตไฟฟ้าได้หลายชนิด และโรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส เป็นสำคัญ ทั้งนี้หน่วยผลิตไฟฟ้าประเภทอื่น เช่น หน่วยผลิตไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ หน่วยผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานชีวมวล หรือใช้เชื้อเพลิงจากกากเศษวัสดุเหลือทางอุตสาหกรรม ที่สามารถทดสอบหาต้นทุนกำลังการผลิตผันแปรตลอดช่วงกำลังการผลิต ก็สามารถนำมา รวมคำนวณการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าได้

การวิเคราะห์ข้อจำกัดการผลิตไฟฟ้าต่างๆ จะกำหนดให้อยู่ภายใต้การนิยามปัญหาการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าที่คุ้มทุนในทางเศรษฐศาสตร์ในลักษณะสเตติกและไดนามิก โดยสมการและอสมการข้อจำกัดในการคำนวณประกอบไปด้วย สมการการผลิตไฟฟ้าให้มีความสมดุลย์, อสมการขีดจำกัดสูง/ต่ำสุด ในการผลิตไฟฟ้าของหน่วยผลิตไฟฟ้า และ อสมการอัตราการเพิ่ม/ลดกำลังการผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาหนึ่ง

การคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบส่งจะใช้วิธีการจากสัมประสิทธิ์ความสูญเสียในระบบส่ง ในลักษณะเดียวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำงานบนเครื่องเมนเฟรม ณ. ศูนย์ควบคุมกำลังไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ปรับปรุงค่าดังกล่าวอย่างอัตโนมัติ ส่วนในงานวิจัยนี้ใช้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสีย จากสมมติฐานการเปลี่ยนแปลงของโหลดที่ไม่ทำให้สภาวะการไหลของพลังงานในระบบกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนรูปแบบอย่างฉับพลัน โดยไม่เน้นถึงสภาวะการไหลของพลังงานภายหลังจากการจัดกำลังการผลิต เนื่องจากการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าว

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

1. ศึกษาปัญหาการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมถึงข้อจำกัดที่มีในการผลิตไฟฟ้า
2. ศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหา
3. ศึกษาและวิจัหาอัลกอริทึมที่เหมาะสมในการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้า รวมถึงการพัฒนาอัลกอริทึมขึ้นใหม่เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดในการจัดกำลังการผลิตที่มีอยู่เดิม ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. พัฒนาและทดสอบ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้น
5. ทดสอบการจัดกำลังการผลิตไฟฟ้าที่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ ภายใต้อำนาจการผลิตไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้ากำลังที่แตกต่างกัน