บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะได้นำเสนอสรุปผลการวิจัย ปัญหาและอุปสรรค และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อเสนอวิธีการควบคุมความหลากหลายของประชากรที่สามารถปรับตัวตามปัญหาได้ โดย *การจับคู่แบบโอนเอียง* ได้ถูกนำมาใช้ในการสร้างระบบดังกล่าว

การจับคู่แบบโอนเอียงเป็นวิธีที่เพิ่มขยายมาจากการจับคู่แบบมีข้อกำหนด (restricted mating) ซึ่งถูกออกแบบให้เป็นระบบที่ง่ายและสามารถสร้างความหลากหลายที่แตกต่างกันได้โดยสะดวกเพื่อประโยชน์ในการใช้สร้างระบบควบคุมความหลากหลายของประชากร

ระบบควบคุมความหลากหลายของประชากรระบบแรกที่ถูกออกแบบคือระบบควบคุมความหลากหลายของประชากรแบบใช้บิตต่อ โครโมโซมของหน่วยชีวิตของระบบนี้ได้ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนคือส่วนระดับโอนเอียงและส่วนของข้อมูลปกติ แนวคิดของการออกแบบระบบโดยการใช้บิตต่อนี้เพื่อให้กระบวนการวิวัฒนาการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมทำการค้นหาระดับโอนเอียงที่เหมาะสมไปพร้อมๆกับการค้นหาคำตอบของปัญหา

ถึงแม้ว่าผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมความหลากหลายของประชากรแบบใช้บิตต่อมีประสิทธิภาพที่ดีในการแก้ปัญหา หากแต่กระบวนการวิวัฒนาการความหลากหลายของประชากรไม่ได้เป็นไปในทิศทางที่ถูกต้องจึงไม่อาจกล่าวได้ว่าเป็นระบบที่ประสบความสำเร็จ

ระบบควบคุมความหลากหลายของประชากรระบบที่สองที่ออกแบบคือระบบควบคุมความหลากหลายของประชากรแบบหลายกลุ่มประชากรย่อย แนวคิดคือการกำหนดให้กลุ่มประชากรย่อยแต่ละกลุ่มมีระดับความโอนเอียงที่แตกต่างกัน กลุ่มประชากรย่อยแต่ละกลุ่มจะทำงานคู่ขนานกันไป โดยกลุ่มประชากรที่มีประสิทธิภาพที่ดี(มีความหลากหลายของประชากรที่เหมาะสม)จะถูกคัดเลือกเพื่อทำงานต่อไป ส่วนกลุ่มประชากรที่มีประสิทธิภาพต่ำจะถูกกำจัดทิ้ง

ผลการทดลองในส่วนนี้พบว่ามาตรวัดพื้นฐานที่นิยมใช้ในการวัดประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมได้แก่ค่าเฉลี่ยของค่าความเหมาะและค่าดีที่สุดของค่าความเหมาะมีข้อจำกัดในการวัดประสิทธิภาพของกลุ่มประชากรย่อย จึงนำมาซึ่งการศึกษามาตรวัดตัวใหม่ซึ่งมีประสิทธิภาพในการตัดสินเลือกทิศทางของการวิวัฒนาการความหลากหลายของประชากรที่ถูกต้อง

ระบบแบ่งส่วนความหลากหลายของประชากรแบบเท่ากันเป็นระบบอย่างง่ายซึ่งมีกลไกการป้องกันการเติบโตที่มากเกินไปของระดับโอนเอียงใดๆจนเป็นผลทำให้ระดับโอนเอียงอื่นสูญพันธุ์โดยปราศจากโอกาสในการอยู่รอดเพื่อสร้างหน่วยชีวิตที่ดียิ่งขึ้นในภายหลัง

ผลการทดลองของระบบแบ่งส่วนความหลากหลายของประชากรแบบเท่ากันทำให้พบแนวทางในการสร้างมาตรวัดตัวใหม่ซึ่งสามารถชักนำระบบควบคุมความหลากหลายของประชากรให้สามารถวิวัฒนาการไปยังทิศทางของความหลากหลายของประชากรที่เหมาะสมได้โดยถูกเรียกชื่อว่า *การสร้างประโยชน์*

ระบบการควบคุมความหลากหลายของประชากรโดยใช้การสร้างประโยชน์ได้ถูกนำเสนอจากการทดสอบกับปัญหาตัวอย่างพบว่าระบบที่นำเสนอใหม่สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี โดยมีประสิทธิภาพที่สูงในการหาคำตอบพร้อมทั้งสามารถวิวัฒนาการความหลากหลายของประชากรไปยังทิศทางที่ถูกต้องได้

5.2 <u>ปัญหาและอุปสรรค</u>

ในการทดลองพบว่าการสร้างความหลากหลายของประชากรโดยการจับคู่แบบโอนเอียงยังมีข้อจำกัดในบางประการ ซึ่งทำให้ระดับความหลากหลายของประชากรไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนแม้จะกำหนดระดับโอนเอียงที่แตกต่างกันก็ตาม

สำหรับปัญหา one-max (รูปที่ 4.13) พบว่าความหลากหลายของประชากรเมื่อกำหนดระดับโอนเอียง 0 และ 1 มีลักษณะที่ใกล้เคียงกันมากซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการหาคำตอบโดยคำนวณจากค่าความเพียรพยายามเชิงคำนวณของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบไม่ปรับตัวที่กำหนดระดับโอนเอียงเท่ากับ 0 และ 1 (ตารางที่ 4.3) มีค่าไม่แตกต่างกัน (6,000) สำหรับระดับโอนเอียงที่ 2 และ 3 พบว่าสามารถสร้างระดับความหลากหลายของประชากรที่แตกต่างกันได้ดี

สำหรับปัญหาฟังก์ชัน deceptive (รูปที่ 4.14) พบว่าความหลากหลายของประชากรเมื่อกำหนดระดับโอนเอียงที่แตกต่างกันถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มระดับโอนเอียงเท่ากับ 0 และ

กลุ่มระดับโอนเอียง 1 2 และ 3 โดยกลุ่มระดับโอนเอียงกลุ่มหลังมีลักษณะที่สร้างความหลากหลายของประชากรที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่จะแตกต่างจากความหลากหลายของประชากรที่สร้างโดยระดับโอนเอียง 0 เป็นอันมาก ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบไม่ปรับตัวที่กำหนดระดับโอนเอียงเท่ากับ 0 และระดับโอนเอียงอื่นๆจะมีความแตกแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.4) หากแต่ภายในกลุ่มระดับโอนเอียง 1 2 และ 3 มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาที่ไม่แตกต่างกันนัก

สำหรับปัญหาฟังก์ชัน multimodal (รูปที่ 4.15) จะพบกับปัญหาของการแบ่งระดับที่ไม่ชัดเจนของความหลากหลายของประชากรที่เห็นได้ชัดที่สุด ความหลากหลายของประชากรถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจนโดยระดับโอนเอียง 1 2 และ 3 สร้างความหลากหลายของประชากรที่ใกล้เคียงกันเป็นอันมาก รวมทั้งมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาที่ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.5)

เมื่อการกำหนดระดับโอนเอียงไม่สามารถสร้างความแตกต่างของระดับความหลากหลายของประชากรได้อย่างชัดเจน ระบบการควบคุมความหลากหลายของประชากรที่ออกแบบจึงมีแนวโน้มในการวิวัฒนาการไปในเพียง 2 ทิศทางคือทิศทางที่ต้องการความแตกต่างระหว่างคู่ของหน่วยชีวิต(ระดับโอนเอียง 1 2 และ 3 ซึ่งมักมีลักษณะที่ไม่ต่างกัน) และทิศทางที่ไม่ต้องการความแตกต่างระหว่างคู่ของหน่วยชีวิต(ระดับโอนเอียง 0) เท่านั้น สาเหตุของปัญหามีสมมติฐานที่มา 2 ประการคือ ปัญหาจากฟังก์ชันความแตกต่าง D และปัญหาจากการเลือกคู่ของหน่วยชีวิตโดยพิจารณาจากผลคูณของค่าความเหมาะและฟังก์ชันความแตกต่างตามสมการที่ 3.1

สมมติฐานประการแรกของการเกิดปัญหาคือ ฟังก์ชันความแตกต่าง D ที่ใช้ในการทดลองซึ่งกำหนดให้เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นที่มีลักษณะง่าย ฟังก์ชันเชิงเส้นมีผลให้โอกาสในการถูกคัดเลือกของหน่วยชีวิตมีมากขึ้นตามความแตกต่างจากหน่วยชีวิตแรกที่ถูกเลือก โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของโอกาสนี้เป็นสัดส่วนที่คงที่ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันทั้งหมดไม่ว่าจะกำหนดระดับโอนเอียงเป็นเท่าใด ฟังก์ชันเชิงเส้นที่มีลักษณะง่ายนี้จึงอาจไม่เพียงพอต่อการสร้างความหลากหลายของประชากรที่แตกต่างกันได้

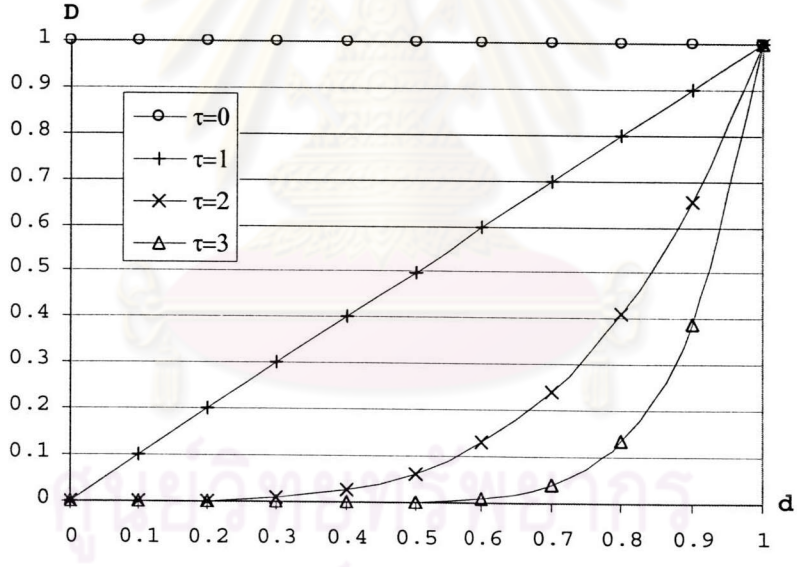
สมมติฐานประการที่สองของการเกิดปัญหาคือ การเลือกคู่ของหน่วยชีวิตโดยพิจารณาจากผลคูณของค่าความเหมาะและฟังก์ชันความแตกต่างอาจให้น้ำหนักของความแตกต่างที่มากเกินไป หน่วยชีวิตที่แม้จะมีความเหมาะสูงก็จะถูกปรับลดโอกาสในการถูกคัดเลือกเป็นอย่างมาก หากหน่วยชีวิตนั้นมีความเหมือนกับหน่วยชีวิตแรกที่ถูกเลือกมากเกินไป หน่วยชีวิตที่ได้รับการคัดเลือกส่วนใหญ่จึงเป็นหน่วยชีวิตที่มีความแตกต่างจากหน่วยชีวิตแรกมากโดยมีค่าความเหมาะพอสมควร การกำหนดระดับโอนเอียงต่ำลง(แต่ไม่เป็นระดับ 0) มีผลให้การปรับลดโอกาสในการ

ถูกคัดเลือกลดลงเพียงเล็กน้อย ด้วยเหตุนี้การกำหนดระดับโอนเอียงที่แตกต่างกันจึงไม่สามารถสร้างความหลากหลายของประชากรที่แตกต่างกันได้อย่างเด่นชัด

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาถึงฟังก์ชันความแตกต่าง D ในรูปแบบอื่นๆนอกเหนือจากรูปแบบเชิงเส้น ทั้งนี้ได้เคยทำการทดลองโดยการเปลี่ยนฟังก์ชันความแตกต่าง D เป็นฟังก์ชันเชิงกำลังดังสมการที่ 5.1 และรูปที่ 5.1 ซึ่งพบว่าระบบควบคุมความหลากหลายของประชากรที่ออกแบบยังคงมีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี หากแต่ยังคงไม่สามารถแก้ปัญหาระดับความหลากหลายของประชากรที่ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนแม้จะกำหนดระดับโอนเอียงที่แตกต่างกันได้

$$D(\tau, d_i) = d_i^{\tau^2} \tag{5.1}$$



รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่าง d และค่าจากฟังก์ชันความแตกต่าง D ของฟังก์ชันเชิงกำลัง

2. ควรมีการศึกษาวิธีการคัดเลือกหน่วยชีวิตในรูปแบบอื่นนอกเหนือจากการพิจารณาจากผลคูณของค่าความเหมาะและฟังก์ชันความแตกต่าง แนวทางหนึ่งคือการคัดเลือกหน่วยชีวิตโดยดูจากลำดับของค่าความเหมาะและลำดับของค่าความแตกต่างจากหน่วยชีวิตแรกที่ถูกเลือก
3. ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมโดยการทดลองใช้วิธีการควบคุมความหลากหลายของประชากรในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมโดยการจับคู่แบบโอนเอียงที่นำเสนอกับปัญหาในโลกจริง (real world

problem) ทั้งนี้เนื่องจากในการวิจัยได้ทำการตัดทอนตัวปฏิบัติการต่างๆซึ่งมักนิยมใช้กับปัญหาในโลกจริง(เช่นการกลาย และ elitism เป็นต้น)เพื่อความชัดเจนในการวิเคราะห์ผลการทดลอง การใช้งานระบบที่ออกแบบกับปัญหาในโลกจริงอาจจำเป็นต้องเพิ่มกลไกพิเศษเฉพาะปัญหาอื่นๆในระบบ เพื่อให้กระบวนการค้นหาคำตอบของปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย