บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัย

ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบผสมเหมาะกับการนำไปประยุกต์กับท่าเรือขนาดใหญ่ที่สามารถรองรับเรือที่เข้ามารับบริการได้หลายขนาด ในปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบผสมนั้นจะแบ่งท่าเทียบเรือออกเป็นท่าและมีเงื่อนไขในการกำหนดลักษณะการเข้าเทียบท่าของเรือที่เข้ามารับบริการมีลักษณะแตกต่าง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ กำหนดให้ภายในท่าเทียบเรือหนึ่งท่าสามารถรับบริการเรือได้มากกว่าหนึ่งลำ และกำหนดให้เรือหนึ่งลำสามารถใช้ท่าเทียบเรือที่เข้ามารับบริการเกินหนึ่งท่าเทียบเรือได้ นอกจากข้อกำหนดในการเข้าเทียบของเรือแล้วผู้วิจัยยังพิจารณาถึงลักษณะและข้อจำกัดของท่าเทียบเรือด้วย เนื่องจากพบว่ามีท่าเทียบเรือที่มีลักษณะต่างจากท่าเทียบเรือทั่วไปซึ่งมีลักษณะเป็นช่องสามารถขนถ่ายตู้คอนเทรนเนอร์ลงจากเรือได้สองฝั่งและสามารถใช้เครนในการขนถ่ายได้มากกว่าท่าเทียบเรือแบบปกติ ซึ่งเรียกท่าเทียบเรือแบบนี้ว่า "ท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง" ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาปัญหา HIBAP และนอกจากนี้ยังได้นำวิธีการเมตาฮิวริสติกส์มาประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอและพัฒนาวิธีการ AFSA มาประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหา เนื่องจากวิธีการ AFSA ในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อนำไปใช้กับปัญหาต่างๆ และจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ยังไม่มีการนำมาประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหา HIBAP

ในงานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการ AFSA ทั้งหมด 4 แบบ ดังนี้ AFSA แบบที่ 1 ($AFSA-1$) เป็นวิธีการที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาตำแหน่งที่มีค่าคำตอบดีกว่าตำแหน่งปัจจุบันแบบแทนที่ซึ่งจะไม่คำนึงถึงระยะการเคลื่อนที่ของปลา($Step$) , AFSA แบบที่ 2 ($AFSA-2$) มีวิธีการหาคำตอบคล้ายกับวิธีการ AFSA แบบที่ 1 แตกต่างกันที่พฤติกรรมการรวมกลุ่มของปลา โดย AFSA แบบที่ 1 จะพิจารณาหาค่าคำตอบจากตัวร่วมที่อยู่ในระยะของเขตการมองเห็น ($Visual$) ของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบัน แต่ $AFSA-2$ จะพิจารณาตำแหน่งศูนย์กลางของตัวร่วมที่อยู่ใน $Visual$ ของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบัน, AFSA แบบที่ 3 ($AFSA-3$) เป็นวิธีการที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาตำแหน่งที่มีค่าคำตอบดีกว่าตำแหน่งปัจจุบันโดยใช้วิธีการขยับเข้าหาตำแหน่งของคำตอบและระยะการเคลื่อนที่ของปลาต้องมีค่าไม่เกินระยะขอบเขตการมองเห็น($Step \le Visual$) และสำหรับวิธีการ AFSA แบบที่ 4 ($AFSA-4$) เป็นวิธีการที่มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบขยับเข้าหาตำแหน่งของคำตอบคล้ายกับ $AFSA-3$ แต่ในวิธีการนี้จะนำเอาพฤติกรรมการเคลื่อนที่อย่าง

อิสระของปลาในวิธีการ $AFSA-1$ ที่มีลักษณะการสุ่มหาคำตอบ X_j^t โดยที่ไม่คำนึงถึง *Visual* ในการสุ่มหาคำตอบใหม่ ซึ่งจะนำมาใช้แทนพฤติกรรมการเคลื่อนที่อย่างอิสระของปลาในวิธีการ $AFSA-3$ ที่มีลักษณะการสุ่มหาคำตอบ X_j^t ที่คำนึงถึง *Visual* ในการสุ่มหาคำตอบใหม่ด้วย ซึ่งจากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิในการหาค่าคำตอบเฉลี่ยของ AFSA ทั้ง 4 วิธีการ พบว่า วิธีการ $AFSA-4$ นั้นมีประสิทธิในการหาค่าคำตอบเฉลี่ยที่มีค่าดีที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงวิธีการ AFSA โดยใช้วิธีการจัดเรียงลำดับพฤติกรรมเพื่อหวังว่าวิธีการปรับปรุงที่นำมาประยุกต์ใช้อาจจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบ และในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการ $IAFSA-4$ ซึ่งเป็นวิธีการที่ปรับปรุงการจัดเรียงลำดับพฤติกรรมของวิธีการ $AFSA-4$

ดังนั้นการทดลองในงานวิจัยนี้แบ่งขนาดปัญหา HIBAP ออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่แนะนำโดยใช้หลักการทางสถิติและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการ $AFSA-4$ และ $IAFSA-4$ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการหาคำตอบในปัญหา HBAP เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของประสิทธิภาพท่าเทียบเรือ ซึ่งสามารถนำเสนอรายละเอียดของผลสรุปที่ได้จากการทำวิจัยดังนี้

1. ประสิทธิภาพการหาคำตอบของท่าเทียบเรือ

จากการทดลองสามารถอธิบายได้ว่าค่าเฉลี่ยของคำตอบในแต่ละการทดลองของปัญหา HIBAP ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ มีผลลัพธ์ดีกว่าค่าคำตอบเฉลี่ยจากปัญหา HBAP และยังแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของคุณภาพคำตอบโดยพิจารณาจากช่วงระยะความห่างระหว่างคำตอบ ถ้าขนาดปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นค่าคำตอบเฉลี่ยจะมีความแตกต่างกันมากขึ้น ดังนั้นจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคำตอบดีที่สุดทำให้ทราบว่าท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งสามารถช่วยลดเวลารวมในการปฏิบัติงานในการขนถ่ายตู้คอนเทรนเนอร์ได้

2. ประสิทธิภาพการหาคำตอบของวิธีการ AFSA

จากการศึกษาและพัฒนาวิธีการ AFSA เพื่อนำมาประยุกต์แก้ไขปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบผสมโดยใช้วิธีการ $AFSA-4$ และวิธีการ $IAFSA-4$ พบว่า ในปัญหา HBAP ขนาดเล็กวิธีการ $IAFSA-4$ มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบดีกว่าวิธีการ $AFSA-4$ และสำหรับปัญหา HIBAP ขนาดเล็กที่แก้ปัญหาโดยใช้วิธีการ $AFSA-4$ มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบดีกว่าวิธีการ $IAFSA-4$ ในปัญหา HBAP และ HIBAP ขนาดกลาง พบว่า วิธีการ $IAFSA-4$ มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบดีกว่าวิธีการ $AFSA-4$ และในปัญหา HBAP ขนาดใหญ่ พบว่า วิธีการ $AFSA-4$ มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบดีกว่าวิธีการ $IAFSA-4$

และสำหรับปัญหา HIBAP วิธีการ $IAFSA-4$ มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบดีกว่าวิธีการ $AFSA-4$

ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าวิธีการ AFSA นั้นมีความยืดหยุ่นในการจัดเรียงลำดับกระบวนการหาคำตอบสูง เนื่องจากเมื่อนำเอาวิธีการปรับปรุงการจัดเรียงลำดับกระบวนการในการหาคำตอบวิธีการ AFSA มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการหาคำตอบ พบว่า วิธีการ $IAFSA-4$ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบของวิธีการ$AFSA-4$ ในปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบผสมในงานวิจัยนี้ได้ ซึ่งพิจารณาได้จากผลการเปรียบค่าเฉลี่ยของคำตอบที่มีค่าต่ำที่สุดดังได้กล่าวไว้ข้างต้น พบว่า วิธีการ $IAFSA-4$ สามารถหาค่าคำตอบเฉลี่ยที่มีค่าต่ำที่สุดได้ดีกว่าวิธีการ $AFSA-4$ เป็นส่วนใหญ่

3. พฤติกรรมการเคลื่อนที่เข้าหาคำตอบของวิธีการ AFSA

จากการทบทวนวรรณกรรมศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปลาซึ่งพบมีลักษณะการเคลื่อนที่อยู่ 2 ลักษณะ คือ แบบแรกเคลื่อนที่เข้าหาคำตอบแบบแทนที่ และแบบที่สองจะขยับเคลื่อนที่เข้าหาคำตอบ ซึ่งจากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนที่ทั้งสองแบบ พบว่า การเคลื่อนที่ในแบบแรกนั้นจะไม่คำถึงระยะการเคลื่อนที่ของปลา (*Step*) เมื่อปลาพบตำแหน่งคำตอบที่ดีกว่าตำแหน่งปัจจุบันที่อยู่ภายในระยะขอบเขตการมองเห็น (*Visual*) ปลาจะเข้าไปหาตำแหน่งคำตอบใหม่ทันที ซึ่งแตกต่างกับการเคลื่อนที่เข้าหาคำตอบในแบบที่สองที่คำนึงถึงระยะการเคลื่อนที่ของปลา (*Step*) เมื่อปลาพบตำแหน่งคำตอบที่ดีกว่าตำแหน่งปัจจุบันที่อยู่ภายในระยะขอบเขตการมองเห็น (*Visual*) ปลาจะค่อยๆขยับเข้าไปหาตำแหน่งคำตอบใหม่ และจากการทดลองเบื้องต้นในปัญหา HBAP พบว่า การเคลื่อนที่โดยใช้วิธีการขยับเข้าไปหาตำแหน่งคำตอบใหม่ให้ผลลัพธ์ดีกว่าการเคลื่อนที่เข้าหาคำตอบแบบแทนที่ ซึ่งจากการพิจารณาสามารถอธิบายได้ว่าวิธีการขยับเข้าไปหาตำแหน่งคำตอบใหม่ที่คำนึงถึงระยะการเคลื่อนที่ของปลา (*Step*) สามารถช่วยหาคำตอบได้ดีกว่า แต่บางครั้งอาจก่อให้เกิดการติดอยู่ในพื้นที่คำตอบหรืออาจทำให้ใช้เวลาในการออกจากพื้นที่คำตอบนั้นต้องใช้เวลานาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำแนวคิดในพฤติกรรมการเคลื่อนที่อย่างอิสระของปลาจากวิจัยของ Yun Cai (2010) ซึ่งมีลักษณะการหาตำแหน่งคำตอบแบบสุ่มมาประยุกต์ใช้กับวิธี AFSA เพื่อหวังว่าจะช่วยเพิ่มโอกาสการหลุดออกจากพื้นที่คำตอบซึ่งนำเสนอได้ดังวิธีการ $AFSA-4$ และผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าคำตอบของวิธีการ $AFSA-4$ ที่มีลักษณะการหาตำแหน่งคำตอบใหม่แบบสุ่มในพฤติกรรมการเคลื่อนที่อิสระของปลาให้ผลลัพธ์ดีกว่าวิธีการ $AFSA-3$ ที่มีพฤติกรรมการเคลื่อนที่อิสระของปลาแบบปกติ

4. ประสิทธิภาพของพฤติกรรมวิธีการ AFSA

จากการทดลองแก้ไขปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบผสมในปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยใช้วิธีการ AFSA พบว่า วิธีการ AFSA มีความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบค่อนข้างไวในช่วงเวลาแรกซึ่งมีลักษณะการลู่เข้าหาคำตอบแบบก้าวกระโดด และสำหรับพฤติกรรมที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบดีที่สุด คือ พฤติกรรมการหาอาหารของปลา เนื่องจากพฤติกรรมการหาอาหารสามารถกำหนดจำนวนครั้งที่สามารถหาคำตอบภายในระยะขอบเขตการมองเห็นได้ทำให้สามารถหาคำตอบภายในพื้นที่ได้กว่า 1 ครั้ง จึงเป็นเหตุให้พฤติกรรมการหาอาหารมีโอกาสพบคำตอบที่ดีได้มากกว่าพฤติกรรมอื่น ถึงแม้ว่าจำนวนครั้งในการสุ่มหาคำตอบ (*try_num*) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและโอกาสที่ทำให้พบคำตอบที่ดีกว่าคำตอบ ณ ตำแหน่งปัจจุบัน แต่ในการกำหนดค่า *try_num* ต้องขึ้นอยู่กับลักษณะปัญหาที่นำมาประยุกต์ใช้ด้วย ซึ่งจากการวิเคราะห์กราฟทางสถิติที่แสดงผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย โดยภาพรวมแล้ว *try_num* ในงานวิจัยนี้ควรกำหนดจำนวนครั้งในการสุ่มคำตอบให้มีค่าเท่ากับ 10 ครั้ง อาจเนื่องมาจากพฤติกรรมการหาอาหารสามารถสุ่มพบคำตอบที่มีค่าดีกว่าคำตอบเดิมได้ไว และความแตกต่างของค่าคำตอบระหว่างปัญหาที่กำหนด *try_num* =10 ครั้ง และ *try_num* =20 มีความแตกต่างกันน้อยมาก

5. พฤติกรรมการหาคำตอบของกลุ่มปลาและพารามิเตอร์วิธีการ AFSA

จากการทดลองหาพารามิเตอร์ พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญและมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการหาคำตอบของวิธีการ AFSA มากที่สุด คือ ระยะขอบเขตการมองเห็นของปลา (*Visual*) ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคำตอบของกลุ่มปลาในแต่ละรอบทำให้ทราบว่าค่า *Visual* ที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไขปัญหากำหนดให้มีค่าเท่ากับ 90% ของระยะของเขตการมองเห็นสูงสุด (max(*Visual*)) เนื่องจากการวิเคราะห์โดยใช้กราฟค่าเฉลี่ยของคำตอบและกราฟค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มต่อรอบนั้น พบว่า ในปัญหาที่กำหนดให้ *Visual* = 90% ของ max(*Visual*) มีลักษะกราฟมีความแปรปรวนมากกว่าปัญหาที่กำหนดให้ *Visual* = 30% ของ max(*Visual*) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าระยะของเขตการมองเห็นที่แตกต่างกันเป็นสาเหตุให้พื้นในการหาคำตอบของปลาแตกต่างกันด้วย เมื่อระยะขอบเขตการมองเห็นของปลาที่กว้างขึ้นจะช่วยเพิ่มพื้นที่ในการหาคำตอบของปลาแต่ละตัวและอาจทำให้การกระจายตัวของค่าคำตอบของกลุ่มปลาสูงขึ้นตามพื้นที่การหาคำตอบด้วย ซึ่งเป็นเหตุให้โอกาสในการหาคำตอบที่ดีกว่าตำแหน่งเดิมของปลาแต่ละตัวมีโอกาสสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

นอกจากคุณภาพของคำตอบแล้วผู้วิจัยยังสามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในด้านเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง *Visual* ซึ่งจากการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่าเมื่อ *Visual* มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบมีค่าลดลง ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากพฤติกรรมส่วนใหญ่นั้นจะทำการพิจารณาตำแหน่งคำตอบใหม่จากภายใน *Visual* เมื่อขอบเขตการมองเห็นของปลากว้างขึ้นจะทำให้พื้นที่ของคำตอบกว้างขึ้นและยังอาจส่งผลต่อการเพิ่มโอกาสในการตำแหน่งคำตอบของปลาที่ดีกว่าตำแหน่งเดิมได้ กล่าวคือ เมื่อปลาสามารถหาตำแหน่งคำตอบที่ดีกว่าตำแหน่งคำตอบเดิม ปลาจะออกจากกระบวนการหาคำตอบของวิธีการ AFSA ณ รอบการหาคำตอบปัจจุบัน เพื่อไปเริ่มหาคำตอบใหม่ในรอบการหาคำตอบใหม่ในรอบถัดไป นั้นหมายว่าถ้าหาปลาสามารถหาตำแหน่งคำตอบที่ดีกว่าตำแหน่งเดิมได้ไวจะส่งผลให้จำนวนพฤติกรรมที่ต้องใช้หาคำตอบในรอบนั้นๆ มีจำนวนลดลงและจะส่งผลให้เวลาในการหาคำตอบมีค่าลดลงด้วย โดยเฉพาะเวลาที่ใช้หาตำแหน่งคำตอบในพฤติกรรมการหาอาหารของปลาที่ต้องทำการสุ่มหาตำแหน่งคำตอบมากกว่า 1 ครั้ง และนอกจากนี้ยังสามารถอธิบายได้ว่าถ้าขนาดปัญหาใหญ่ขึ้นความแตกต่างของเวลาเฉลี่ยระหว่างปัญหาที่กำหนดให้ *Visual* =30% กับ *Visual* =90% มีแนวโน้มลดลงตามขนาดปัญหาและมีค่าลดลงจนมีค่าใกล้เคียงกันมาในปัญหาขนาดใหญ่

ดังนั้นการพิจารณาที่ได้กล่าวมาจึงทำให้ทราบว่า *Visual* เป็นพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบโดยตรงกับระยะการเคลื่อนที่ของปลา (*Step*) เนื่องจากการกำหนดระยะการเคลื่อนที่ของปลาต้องมีค่าไม่เกินระยะขอบเขตการมองเห็น($Step \leq Visual$) และจากการผลการวิเคราะห์โดยใช้หลักการทางสถิติ พบว่า *Step* มักมีกระทบร่วม 2 ปัจจัยร่วมกับ *Visual* เกือบทุกการทดลอง ซึ่งอาจจะอธิบายได้ว่าระยะการเคลื่อนที่ของปลามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบ เมื่อระยะการเคลื่อนที่ของปลากว้างขึ้นจะช่วยเพิ่มพื้นที่ในการหาคำตอบของปลาแต่ละตัว ซึ่งเป็นเหตุให้มีโอกาสในการหาคำตอบที่ดีกว่าตำแหน่งเดิมสูงขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามก็อาจทำให้โอกาสที่จะพบตำแหน่งที่มีคำตอบแย่กว่าเดิมได้ด้วยเช่นกัน เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ค่า P-value ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างจากกราฟค่าคำตอบของกลุ่มปลา และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างจากกราฟค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคำตอบกลุ่มปลา สรุปได้ว่าปัญหาที่กำหนด *Visual* และ *Step* ที่มีค่าแตกต่างกันมีผลให้คำตอบแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และสำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ มีความแปรปรวนในการหาคำตอบมาก เนื่องจากผลการวิเคราะห์โดยใช้ค่า P-value พบว่า n, try_num และ *delta* ในปัญหาส่วนใหญ่ไม่ส่งผลให้คำตอบแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งอาจเนื่องมาจากพฤติกรรมและวิธีการหาตำแหน่งของปลาในงานวิจัยโดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

จากวิธีการ AFSA กำหนดให้ปลาแต่ละตัวมี *Visual* ของตัวเอง ทำให้การเคลื่อนที่หรือการหาตำแหน่งใหม่ของปลาแต่ละตัวนั้นเป็นอิสระต่อกัน และเมื่อพิจารณาจำนวนคำตอบที่ n =10x500 และ n =20x250 ซึ่งทั้งสองค่าจะให้จำนวนคำตอบเท่ากันกัน คือ 10,000 คำตอบ จึงทำให้จำนวนประชากรเริ่มต้น (n) มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบน้อยมาก และสำหรับสาเหตุที่ส่งผลให้ *try_num* มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบน้อยมากอาจเกิดจากค่าคำตอบระหว่างปัญหาที่กำหนด*try_num* =10 ครั้ง และ *try_num* =20 ครั้ง ให้ผลลัพธ์ของคำตอบใกล้เคียงกันจึงส่งผลให้จำนวนครั้งในการสุ่มหาคำตอบไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบ และสาเหตุที่ส่งผลให้ค่าความแน่นของกลุ่มปลา (*delta*) มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบน้อยมากสามารถแบ่งออกได้ 2 สาเหตุ โดยสาเหตุแรกอาจเกิดจากความแตกต่างของค่าคำตอบระหว่างปัญหาที่กำหนด *delta* =0.3 และ *delta* =0.9 ครั้ง มีความแตกต่างกันน้อยมาก และสาเหตุที่สองอาจเกิดจากประสิทธิภาพในการหาคำตอบของพฤติกรรมการรวมกลุ่มของปลา และพฤติกรรมการเคลื่อนที่ตามกัน ซึ่งทั้งสองพฤติกรรมจะพิจารณาถึงเงื่อนไขค่าความแน่นของกลุ่มปลาในระยะของขอบเขตการมองเห็น (nf / n) จะต้องไม่เกินค่าความแน่นของกลุ่มปลาที่กำหนด ($(nf / n) < \delta$) ก่อนเริ่มกระบวนการหาคำตอบในพฤติกรรม ซึ่งจากการทดลอง พบว่า ทั้งสองพฤติกรรมสามารถหาค่าคำตอบที่ต่ำที่สุดได้ในบางการทดลองเท่านั้น จึงทำให้ *delta* ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคำตอบและส่งผลกระทบระหว่างปัจจัยร่วมกับพารามิเตอร์ตัวอื่นน้อยมาก

จากรายละเอียดของข้อสรุปที่ผู้วิจัยได้กล่าวมานั้นสามารถอธิบายได้ว่าท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งสามารถช่วยลดเวลาในการปฏิบัติงานของเรือ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบผสม และสามารถแก้ปัญหา HIBAP ได้โดยใช้วิธีการ AFSA ซึ่งแสดงให้เห็นว่า *Visual* และ *Step* เป็นพารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยที่สำคัญในวิธีการ AFSA

ข้อเสนอแนะ

เมื่อพิจารณาจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัญหา HIBAP และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิธีการ AFSA พบว่า ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบผสมและวิธีการ AFSA ยังสามารถพัฒนาศึกษาเพิ่มได้อีกมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวทางในการพัฒนาและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ในปัญหา HIBAP สามารถพิจารณาเพิ่มเติมในส่วนของการจัดลำดับการทำงานของเครนและเส้นทางการขนถ่ายตู้คอนเทรนเนอร์จากท่าเทียบเรือไปยังพื้นที่จัดเก็บสินค้า เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความแตกต่างระหว่างปัญหา HBAP กับ HIBAP

2. ถ้าหากเพิ่มการพิจารณาช่วงเวลา น้ำขึ้น น้ำลง หรือ พิจารณาความลึกของท่าเทียบเรือสำหรับเรือที่เข้ามาเทียบท่าในท่านั้นๆ จะช่วยให้ปัญหา HIBAP มีความสมจริงยิ่งขึ้น

3. ถ้าหากพิจารณาลักษณะการเทียบท่าของเรือเพิ่มเติมในปัญหา HBAP และ HIBAP ในกรณีที่อนุญาตให้เรือ 1 ลำ สามารถใช้พื้นที่ในการเทียบท่าเกิน 1 ท่าเทียบเรือได้ จะช่วยเพิ่มความซับซ้อนของปัญหาในงานวิจัยนี้ได้

4. ถ้าหากว่าข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดลองได้จากการเก็บข้อมูลจริงจะทำให้สามารถพัฒนาเงื่อนไขการเข้าและออกจากท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งให้มีความสมจริงมากขึ้น

5. ในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาและนำเสนอผลลัพธ์ของเวลาการปฏิบัติงานเท่านั้น ถ้าหากคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดจากเวลาการปฏิบัติงานหรือคำนึงค่าปรับที่เกิดเวลาการรอคอยเกินกำหนดด้วย จะทำให้สามารถนำเสนอผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าใช้จ่ายและอาจจะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าใช้จ่ายที่เกิดจากเวลาการปฏิบัติงานระหว่างปัญหา HBAP กับ HIBAP เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการดำเนินงานวางแผนการลงทุนสำหรับท่าเรือได้อีกด้วย

6. จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและจากการทดลองในงานวิจัยนี้ทำให้ทราบว่าวิธีการ AFSA มีความยืดหยุ่นในการจัดเรียงกระบวนการสูง ดังนั้นวิธีการปรับปรุง AFSA โดยใช้วิธีการจัดเรียงลำดับกระบวนการในการหาคำตอบนั้น สามารถนำไปพัฒนาเพื่อหาการจัดเรียงลำดับที่เหมาะสม หรือการจัดเรียงลำดับที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบสำหรับปัญหา HBAP กับ HIBAP ได้ และนอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้พฤติกรรมการกระโดดและพฤติกรรมการกลืนกิน ซึ่งเป็นช่องทางหนึ่งในการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการ AFSA