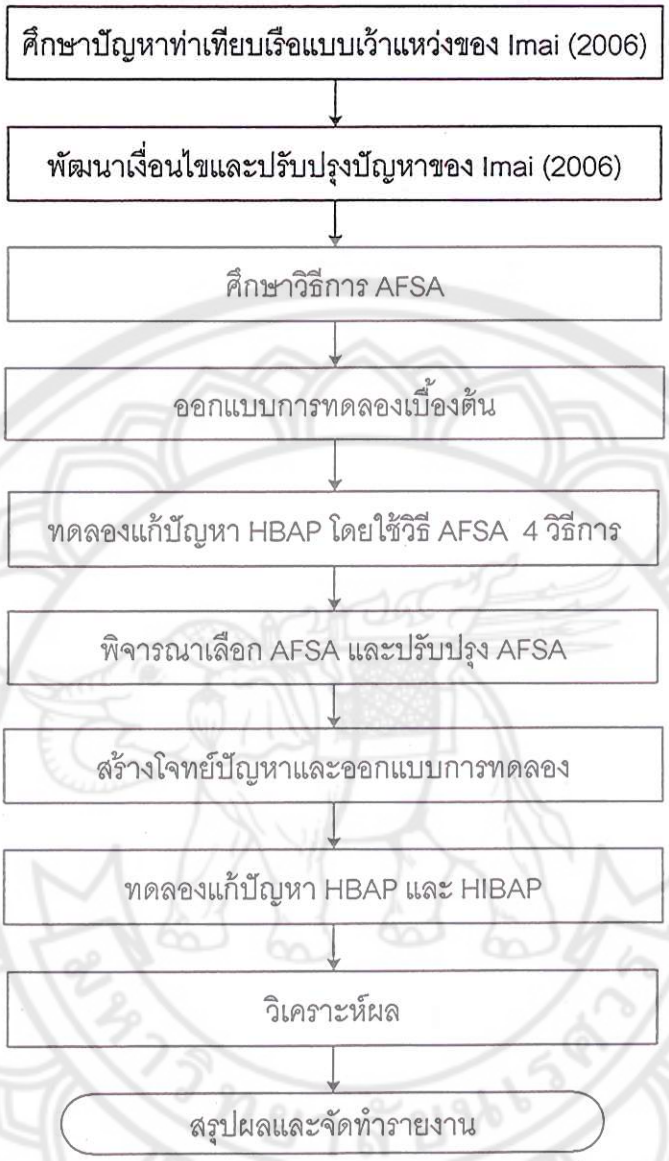
# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือนั้นเป็นปัญหาที่ต้องการจัดการการเข้าเทียบท่าของเรือที่มาใช้บริการในท่าเทียบเรือ ซึ่งงานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะศึกษาการลดเวลารวมที่เรือใช้บริการบนท่าเรือของเรือทุกลำสำหรับท่าเทียบเรือทุกท่า โดยจะพิจารณาปัญหา HIBAP และอธิบายถึงขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

ในการพิจารณาปัญหาผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยของ Imai, et al. (2006) ซึ่งเปรียบเทียบเวลาการขนถ่ายตู้คอนเทรนเนอร์ระหว่างท่าเรือแบบผสมที่มีท่าเทียบเรือปกติกับท่าเรือแบบผสมที่บางท่าเทียบเรือเป็นแบบเว้าแหว่ง โดยพิจารณาขนาดของเรือในปัญหาเพียง 2 ขนาด คือ เรือขนาดเล็กและเรือขนาดใหญ่พบว่าเวลาที่เรือขนส่งตู้คอนเทรนเนอร์ขนาดใหญ่ใช้ขนถ่ายตู้คอนเทรนเนอร์บนท่าเรือแบบเว้าแหว่งนั้น ใช้เวลาน้อยกว่าการขนถ่ายตู้คอนเทรนเนอร์บนท่าเทียบเรือแบบปกติ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาแบบจำลองและข้อตกลงเบื้องต้นของปัญหาด้วย งานวิจัยนี้มีความสนใจที่พัฒนาเงื่อนไขและข้อตกลงเบื้องต้นของปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง โดยจะพิจารณาขนาดของเรือเพิ่มขึ้นเป็น 3 ขนาด คือ เรือขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และได้ปรับปรุงเงื่อนไขการเทียบท่าในท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง โดยพิจารณาเงื่อนไขในการเข้าออกท่าเทียบเรือซึ่งจะคำนึงถึงความกว้างของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งด้วย และจะนำเสนอประยุกต์ใช้วิธีการ AFSA จากงานวิจัยของธีรวัชร แก้วเปี้ย และขวัญนิธิ คำเมือง (2556) ทั้ง 4 วิธีการ และนำเสนอผลการทดลองเบื้องต้นเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการ AFSA ทั้ง 4 วิธีการสำหรับปัญหา HBAP และพิจารณาเลือกวิธีการ AFSA ที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบดีที่สุดจากการทดลองเบื้องต้น เพื่อนำไปใช้แก้ไขปัญหา HBAP และ HIBAP นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้นำเสนอแนวทางในปรับปรุงวิธีการ AFSA โดยใช้วิธีการจัดเรียงลำดับของพฤติกรรมการหาคำตอบในวิธีการ AFSA เพื่อหวังว่าวิธีการปรับปรุงที่นำมาประยุกต์จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบให้กับวิธีการ AFSA ได้ ซึ่งสามารถขั้นตอนในการทำงานวิจัยจะแสดงดังภาพ 64




**ภาพ 64 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย**

ซึ่งในหัวข้อถัดไปจะอธิบายถึงเงื่อนไขและข้อตกลงเบื้องต้นของปัญหา Imai, et al. (2006) และปัญหาในงานวิจัยนี้

**พัฒนาเงื่อนไขและปรับปรุงปัญหาท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง**

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาปัญหาของ Imai, et al. (2006) ให้มีความหลากหลายมากขึ้น โดยกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นเพิ่มเติมจาก Imai, et al. (2006) ดังนั้นในหัวข้อนี้จะแยกอธิบายลักษณะการเข้าและออกจากท่าเทียบเรือออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ การเข้าออกจากท่าเทียบเรือแบบ

ปกติและการเข้าออกจากท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง ซึ่งในการแก้ปัญหาการจัดสรรท่าเรือนั้นได้กำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นไว้ ดังนี้

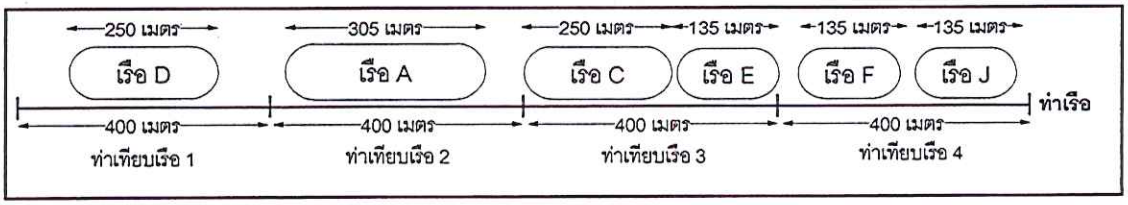
1. ลักษณะการเข้าและออกท่าเทียบเรือแบบปกติของปัญหาในงานวิจัยนี้

เงื่อนไขของปัญหาที่ศึกษาจะอ้างอิงตามงานวิจัยของ Imai, et al. (2006) ดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 โดยมีเงื่อนไขเพิ่มขึ้นมาเพื่อให้การทำงานของท่าเทียบเรือมีความซับซ้อนมากขึ้น และได้เพิ่มขนาดของเรือเป็น 3 ขนาดซึ่งแตกต่างจากงานของ Imai, et al. (2006) ที่พิจารณาเรือเพียงสองขนาด ซึ่งเหตุผลในการเพิ่มขนาดของเรือเป็น 3 ขนาด เพื่อต้องการให้ปัญหามีความหลากหลายมากและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น โดยอธิบายลักษณะการเข้าออกจากท่าเทียบเรือด้วยตัวอย่าง ซึ่งมีรายละเอียดของเรือที่จะเข้ามาเทียบท่าดังแสดงในตาราง 10

**ตาราง 10 แสดงตัวอย่างขนาดและเวลาที่ใช้ปฏิบัติงานของเรือเพื่ออธิบายลักษณะการเข้าเทียบท่าของปัญหาในงานวิจัย**

| เรือ | ขนาด | ความยาวเรือ(เมตร) | ความกว้างเรือ (เมตร) |
|---|---|---|---|
| A,B | ใหญ่ | 305 | 43 |
| C,D | กลาง | 250 | 32 |
| E,F | เล็ก | 135 | 25 |
| G | กลาง | 250 | 32 |
| J | เล็ก | 135 | 25 |
| I,H | เล็ก | 135 | 25 |

ในปัญหาใหม่ได้พิจารณาขนาดเรือสามขนาด คือ เรือขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่จะแสดงลักษณะการเข้าเทียบท่าของเรือดังภาพ 65

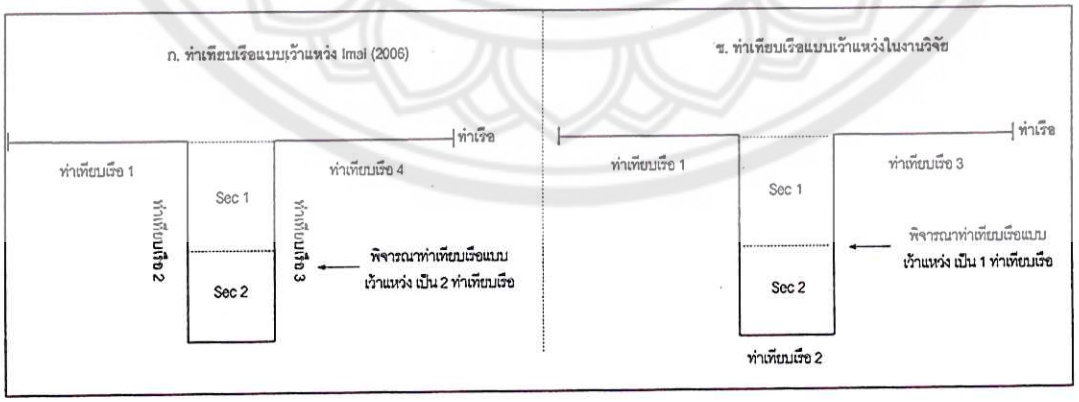



**ภาพ 65 แสดงการเทียบท่าเรือในท่าเรือปกติของปัญหาใหม่**

จากภาพ 65 จะแสดงการเทียบท่าภายในท่าเทียบเรือของเรือ โดยกำหนดให้เรือ A เป็นขนาดใหญ่จะใช้พื้นที่ในการเทียบท่าหนึ่งลำต่อหนึ่งท่าเทียบเรือ แต่ในกรณีที่มีเรือเทียบท่าในท่าเทียบเรือใดๆ และยังมีพื้นที่ว่างภายในท่าเทียบเรือนั้นพอสำหรับเรือขนาดอื่น สามารถอนุญาตให้เรือเข้ามาเทียบท่าภายในท่าเทียบเรือนั้นได้ไม่เกิน 2 ลำต่อหนึ่งท่าเทียบเรือ ซึ่งจะเห็นว่ามีโอกาสเกิดขึ้นได้สองกรณี คือ เรือขนาดกลางกับเรือขนาดเล็ก สามารถเทียบท่าเดียวกันได้ และเรือขนาดเล็กกับเรือขนาดเล็กสามารถเทียบท่าในท่าเทียบเรือเดียวกันได้ สำหรับการออกจากท่าเทียบเรือของเรือทุกขนาดจะไม่พิจารณาถึงความกว้างของท่าเทียบเรือ

2. ลักษณะการเข้าและออกจากท่าบนท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งของปัญหาในงานวิจัยนี้

สำหรับท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งในงานวิจัยนี้ ได้พิจารณาท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งเป็นหนึ่งท่าเทียบเรือดังภาพ 66 (ข) ซึ่งลักษณะท่าเทียบเรือคล้ายคลึงกับท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งในงานวิจัยของ Imai, et al. (2006) ที่พิจารณาท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งเป็นสองท่าเทียบเรือดังภาพ 66 (ก) และพิจารณาขนาดเรือ 3 ขนาด คือ เรือขนาดเล็ก เรือขนาดกลาง และเรือขนาดใหญ่ โดยใช้ข้อมูลขนาดของเรือตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

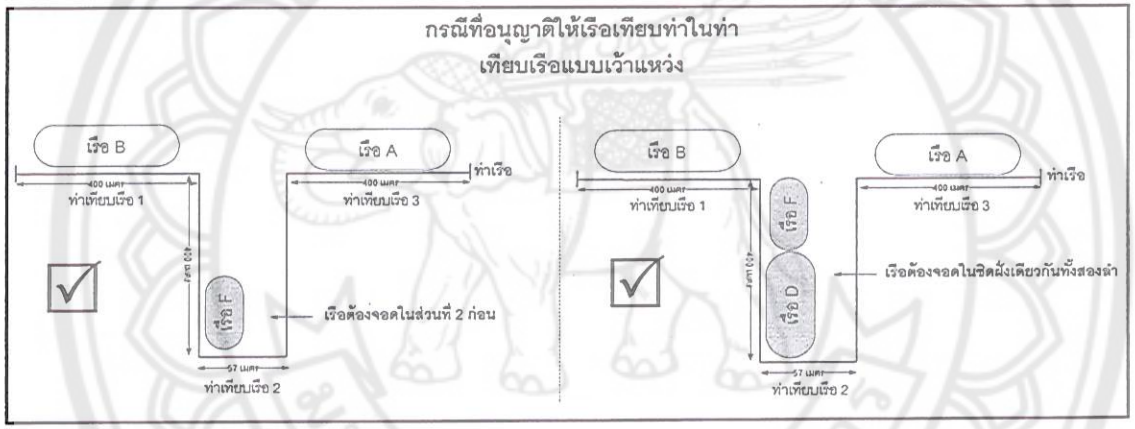



**ภาพ 66 แสดงท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งของปัญหาใหม่**

จากภาพ 66 ได้กำหนดท่าเทียบเรือแต่ละท่ามีความยาวรวม 400 เมตร และมีความกว้างของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง 57 เมตร ในกรณีที่มีเรือเข้ามาเทียบท่าภายในท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งมากกว่า 1 ลำ แต่สูงสุดไม่เกิน 2 ลำ สามารถจัดแบ่งท่าเทียบเรือออกเป็น 2 ส่วน

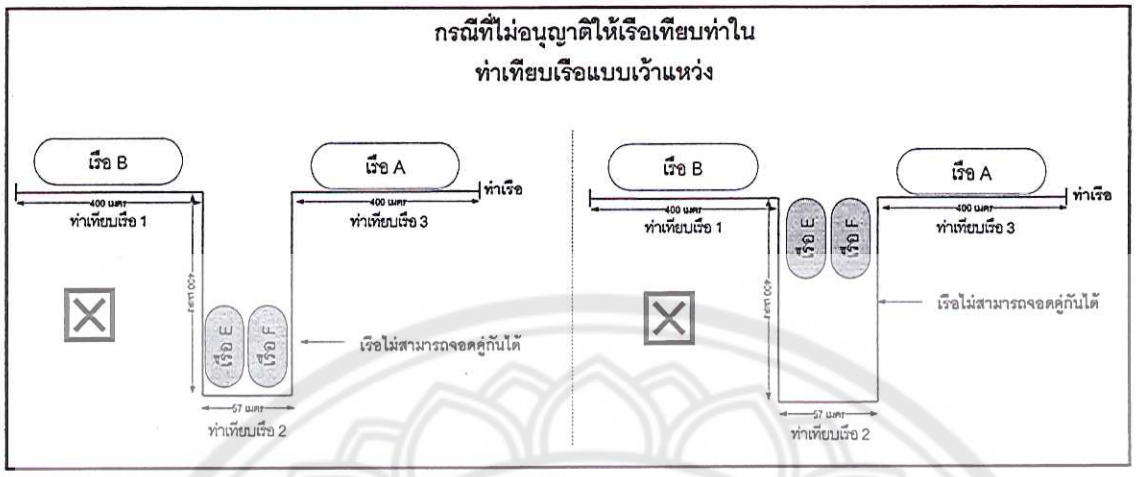
โดยกำหนดให้เงื่อนไขเบื้องต้นในการเทียบท่า ในการเข้าเทียบท่าของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งมีความแตกต่างจากเงื่อนไขของ Imai, et al. (2006) ดังนั้นจึงได้อธิบายและยกตัวอย่างประกอบโดยใช้ข้อมูลจากตาราง 10

เงื่อนไขที่หนึ่ง กำหนดให้ในกรณีที่มีเรือเข้ามาเทียบท่าในท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง เรือที่เข้ามาต้องเทียบท่าชิดฝั่งเดียวกัน และในขณะที่ท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งว่างเรือที่เข้ามาจะต้องเข้าเทียบท่าในส่วนที่ 2 ก่อน ดังภาพ 67




**ภาพ 67 แสดงการเทียบท่าที่อนุญาตให้เรือเทียบท่าได้**

ลักษณะการเทียบท่าตามข้อตกลงเบื้องต้นจะไม่อนุญาตให้เรือเทียบท่าภายในส่วนที่ 1 หรือภายในส่วนที่ 2 ของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งเกิน 1 ลำ ดังภาพ 68 และภาพ 69



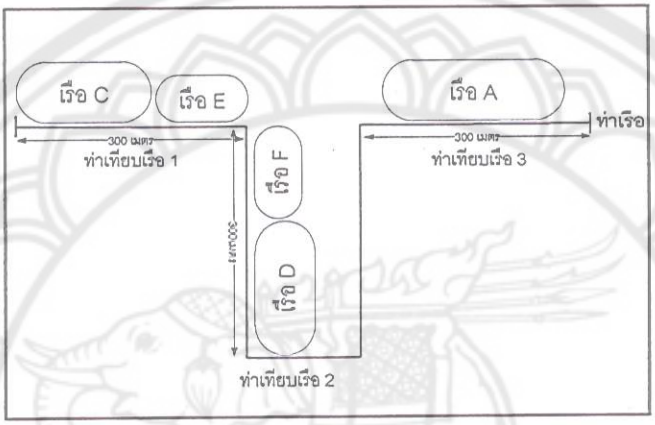

**ภาพ 68 แสดงการเทียบท่าที่ไม่อนุญาตให้เรือเทียบท่าได้เมื่อมีเรือ 2 ลำ**

จากภาพ 68 ในกรณีที่มีเรือเข้ามารับบริการมากกว่าหนึ่งลำในท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง โดยเรือที่เข้ามาเทียบท่าไม่สามารถเทียบท่าคู่กันได้ถึงแม้ว่าความกว้างรวมของเรือทั้งสองลำจะมีค่าน้อยกว่าความกว้างของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง เนื่องจากกำหนดให้ไม่อนุญาตให้เรือเทียบท่าภายในส่วนที่ 1 หรือภายในส่วนที่ 2 ของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งเกิน 1 ลำ

**ภาพ 69 แสดงการเทียบท่าที่ไม่อนุญาตให้เรือเทียบท่าได้เมื่อมีเรือ 1 ลำ**

จากภาพ 69 ในกรณีที่ท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งว่าง โดยมีเรือเข้ามาเทียบท่าบนท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งเพียงลำเดียว ถ้าเป็นเรือขนาดเล็กและขนาดกลางเรือที่เข้ามาต้องเข้าเทียบท่าในส่วนที่ 2 ของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งก่อน เรือไม่สามารถเทียบท่าในส่วนที่ 1 หรือเทียบท่ากึ่งกลางของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งได้

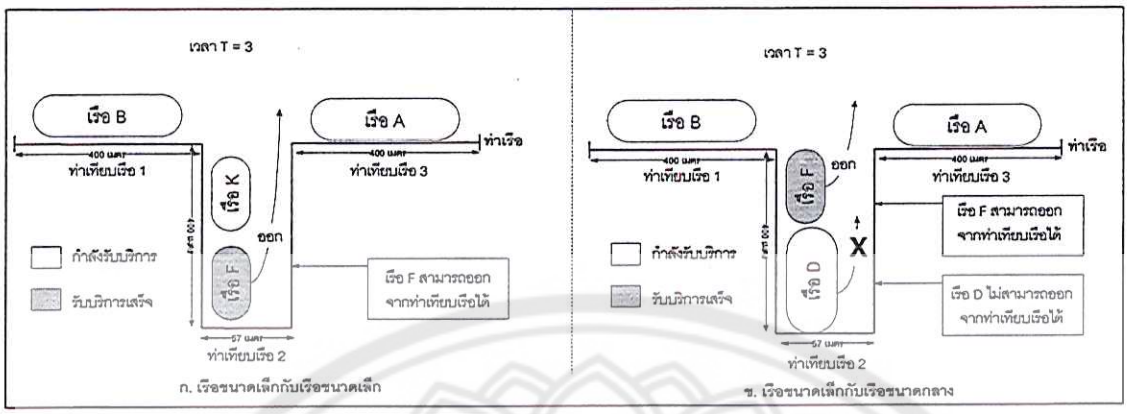
เงื่อนไขที่สอง กำหนดให้เรือทุกขนาดสามารถเทียบท่าได้ทุกท่าเทียบเรือ จากภาพ 70 จะอนุญาตให้เรือทุกขนาดสามารถเทียบท่าได้ทุกท่า กล่าวคือ ไม่มีการกำหนดหรือระบุขนาดเรือในการเข้าเทียบท่าเรือทั้งท่าเทียบเรือแบบปกติและท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง ซึ่งแตกต่างจากข้อตกลงเบื้องต้นของ Imai, et al. (2006) ที่ระบุให้เรือขนาดใหญ่เทียบท่าในท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งเท่านั้น




**ภาพ 70 แสดงการเทียบท่าเรือในท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งของปัญหาใหม่**

จากภาพแสดงให้เห็นว่าเรือทุกขนาดสามารถเทียบท่าได้ทุกท่าเทียบเรือไม่ว่าจะเป็นในท่าเทียบเรือแบบปกติหรือท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง

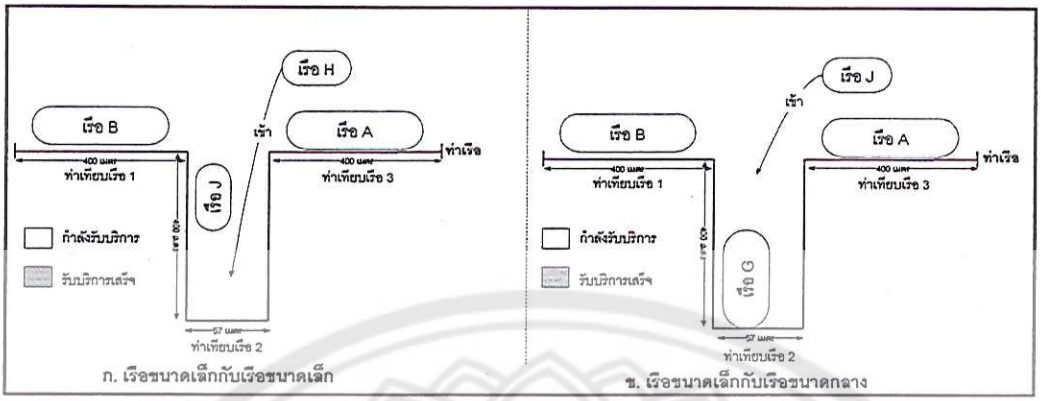
เงื่อนไขที่สาม ลักษณะการเข้าเทียบท่าและออกจากท่าเทียบเรือของปัญหา HIBAP จะคำนึงถึงความกว้างของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง ซึ่งจะพิจารณาความผลรวมความกว้างของเรือที่เทียบท่าอยู่ในส่วนที่ 2 กับเรือที่เทียบท่าในส่วนที่ 1 ของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง โดยไม่พิจารณาถึงโอกาสที่จะเกิดการชนกันของเรือที่อยู่ส่วนที่ 1 สามารถแสดงดังภาพ 71 และภาพ 72




**ภาพ 71 แสดงการออกจากท่าของเรือในท่าเรือแบบเว้าแหว่ง**

จากภาพ 71 (ก) แสดงให้เห็นกรณีที่เรือออกจากท่าเทียบเรือ จากภาพ ก เรือ F ที่รับบริการเสร็จแล้วสามารถออกจากท่าเทียบเรือได้โดยไม่ต้องรอให้เรือ E ที่อยู่ในส่วนที่ 1 รับบริการเสร็จก่อน ถ้าความกว้างรวมของเรือ E และเรือ F มีค่าน้อยกว่าความกว้างของท่าเทียบเรือเว้าแหว่ง ในกรณีเรือนี้เรือ E และเรือ F มีค่าความกว้างของเรือรวม 50 เมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าความกว้างของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง เรือ F จึงสามารถออกจากท่าเทียบเรือได้ ดังนั้นเรือที่รับบริการในท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งในส่วนที่ 2 เมื่อรับบริการเสร็จสิ้นแล้วสามารถออกจากท่าเทียบเรือได้โดยไม่จำเป็นต้องรอเรือส่วนที่ 1 เสร็จสิ้น และจากภาพ 71 (ข) อธิบายถึงกรณีที่เรือเทียบท่าในส่วนที่ 1 รับบริการเสร็จสามารถออกจากท่าเทียบเรือได้โดยไม่ต้องคำถึงขนาดของเรือและความกว้างของท่าเทียบเรือ แต่ถ้าเกิดกรณีที่เรือ D รับบริการเสร็จก่อนเรือ E ในกรณีนี้เรือ D ต้องรอให้เรือ E รับบริการเสร็จก่อน เนื่องจากความกว้างรวมระหว่างเรือ D กับ E มากกว่าความกว้างของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง

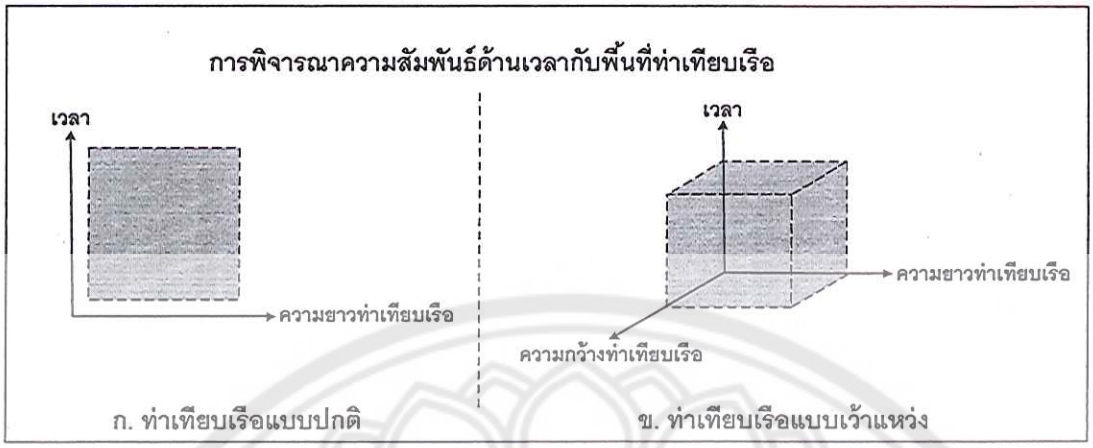
ในทางตรงกันข้ามเมื่อท่าเทียบเรือในส่วนที่ 2 ว่างและขณะเดียวกัน ถ้ามีเรือกำลังรับบริการในส่วนที่ 1 อยู่ เรือที่มาถึงก็สามารถเข้ารับบริการได้ถ้าท่าเทียบเรือมีความยาว และความกว้างของท่าเทียบเรือเพียงพอที่เรือจะสามารถเข้าเทียบท่าได้ดังภาพ 72




**ภาพ 72 แสดงเรือเข้าเทียบท่าในกรณีมีเรือกำลังรับบริการ**

จากภาพ 72 (ก) แสดงให้เห็นว่าภายในท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งในส่วนที่ 2 ว่างอยู่ ซึ่งมีพื้นที่เพียงพอสำหรับเรือ H สามารถเข้าเทียบท่าได้ถึงแม้ว่ายังมีเรือ J ที่รับบริการอยู่ภายในส่วนที่ 1 นอกจากนี้ต้องคำถึงความกว้างรวมของเรือ J และเรือ H เนื่องจากเรือ J กำลังรับบริการอยู่ภายในส่วนที่ 1 ซึ่งในกรณีนี้ความกว้างรวมของเรือ J และเรือ H เท่ากับ 50 เมตร มีค่าน้อยกว่าความกว้างของท่าเทียบเรือดังนั้นเรือ H จึงสามารถเข้าเทียบท่าได้ และในกรณีมีเรือรับบริการอยู่ในส่วนที่ 2 แต่ส่วนที่ 1 ของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งว่างเรือที่มาถึงสามารถรับบริการได้เลย ถ้าความยาวรวมระหว่างเรือที่กำลังรับบริการอยู่ในส่วนที่ 2 และเรือที่มาถึงมีค่าความยาวไม่เกินความยาวของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งที่พิจารณาอยู่ ดังภาพ 72 (ข) ซึ่งความยาวรวมของเรือ J รวมกับเรือ G ไม่เกิดความยาวของท่าเทียบเรือ

จากเงื่อนไขการเข้าเทียบท่าของเรือบนท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งนั้น สามารถแสดงความแตกต่างของความสัมพันธ์การเข้าเทียบท่าบนท่าเทียบเรือปกติ และท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง ณ เวลาใดๆ ได้ดังภาพ 73




**ภาพ 73 แสดงการพิจารณาความสัมพันธ์การเทียบท่าของเรือระหว่างเวลากับพื้นที่ท่าเทียบเรือ**

จากภาพ 73 แสดงให้เห็นถึงเงื่อนไขที่ต้องพิจารณาเมื่อเรือเข้ามารับบริการบนท่าเทียบเรือ ณ เวลาใดๆ และแสดงให้เห็นความแตกต่างในการพิจารณาการเทียบท่าบนท่าเทียบเรือแบบปกติและท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง ภาพ 73(ก) แสดงถึงเงื่อนไขที่ต้องพิจาณาเมื่อเรือมาเทียบท่าบนท่าเทียบเรือแบบปกติ ซึ่งต้องคำถึงความสัมพันธ์ด้านเวลาและความยาวของท่าเทียบเรือ แต่สำหรับท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งต้องพิจารณาเงื่อนไขในการเข้าเทียบท่าเพิ่มเติมจากท่าเทียบเรือแบบปกติ โดยต้องพิจารณาความกว้างของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งด้วย ดังนั้นเรือทุกๆ ลำ เมื่อเข้ามารับบริการบนท่าเทียบเรือทุกๆ ท่า ณ เวลาใด ๆ ต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์และไม่ละเมิดเงื่อนไขดังที่ได้กล่าวมา

จากการศึกษาปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งของ Imai, et al. (2006) และการพัฒนาเงื่อนไขปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถพิจารณาความแตกต่างของเงื่อนไขในปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง ระหว่างปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งของ Imai, et al. (2006) และเงื่อนไขปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งที่พัฒนาขึ้นมาในงานวิจัยนี้ ดังตาราง 11

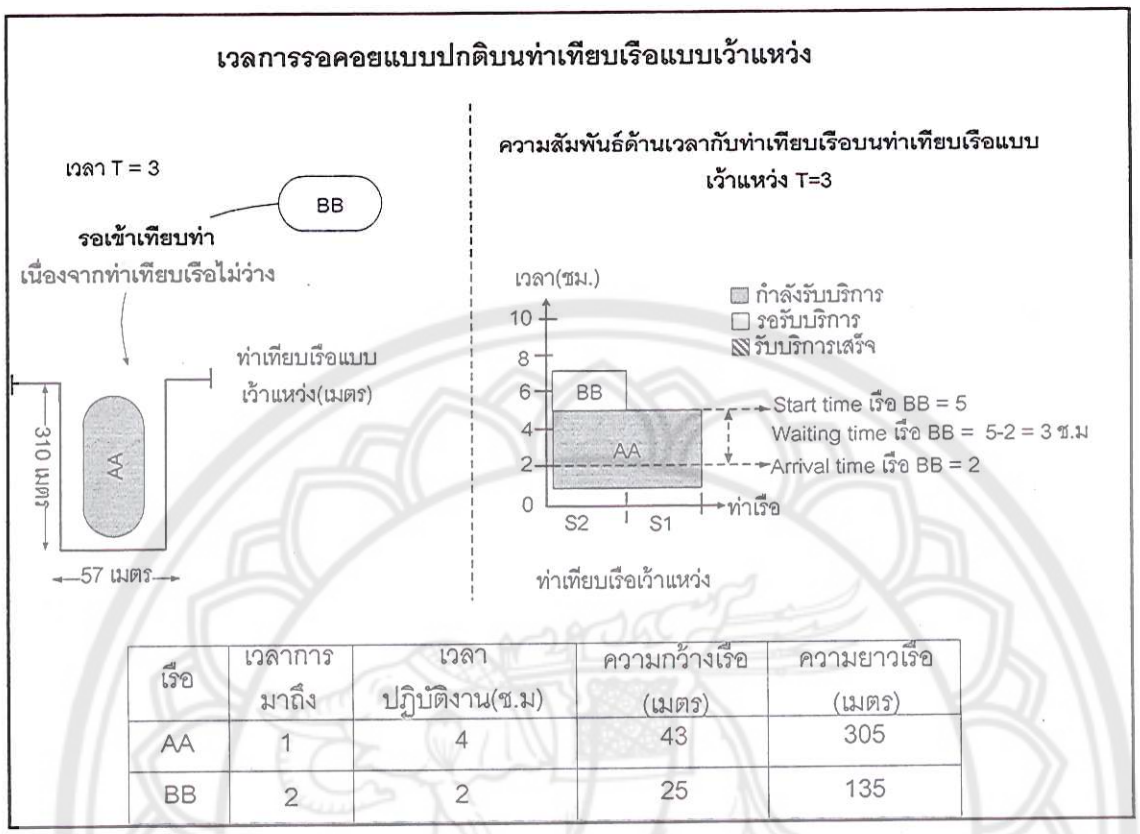
**ตาราง 11 แสดงความแตกต่างของลักษณะท่าเทียบแบบเว้าแหว่ง**

| เงื่อนไข | Imai, et al.(2006) | งานวิจัย |
|---|---|---|
| **ขนาดของเรือ** | **เรือมี 2 ขนาด** | **เรือมี 3 ขนาด** |
| การเทียบท่า | เรือขนาดใหญ่สามารถเทียบท่าได้เฉพาะท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง | เรือขนาดใหญ่สามารถเทียบท่าได้ทั้งท่าเทียบเรือแบบปกติและท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง |
| ความกว้างท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง | ไม่มีพิจารณาความกว้างในการเข้าและออกจากท่าเทียบเรือ | พิจารณาความกว้างในการเข้าและออกจากท่าเทียบเรือ |

**ลักษณะการเกิดเวลาการรอคอยของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง**

จากเงื่อนไขลักษณะการเข้าและออกจากท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านั้นส่งผลโดยตรงกับวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ เนื่องจากลักษณะการเข้าเทียบท่าบางกรณีก่อให้เกิดสาเหตุของการเกิดเวลาการรอคอยในลักษณะอื่นๆ นอกจากเวลาการรอคอยในการเข้าเทียบท่า ซึ่งโดยทั่วไปสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดเวลาการรอคอยมีเหตุมาจากท่าเทียบเรือไม่ว่าง ส่งผลให้เรือที่มาถึง ณ เวลา ใดๆ ไม่สามารถเข้ารับบริการได้ตามกำหนดเวลาจึงก่อให้เกิดเวลาการรอคอยในการเข้ารับบริการของเรือ แต่สำหรับปัญหาในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งและพิจารณาความกว้างของท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง จึงทำให้เกิดเวลาการรอคอยในการเข้าออกจากท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งในบางกรณี ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้แบ่งลักษณะของสาเหตุที่ก่อให้เวลาการรอคอยออกเป็น 2 สาเหตุ คือ เวลาการรอคอยแบบปกติและเวลาการรอคอยตามเงื่อนไข

สาเหตุแรก เวลาการรอคอยแบบปกติ คือ เวลาการรอคอยที่เกิดจากการรอเข้าเทียบท่าเนื่องจากท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งมีเรือรับบริการอยู่ และไม่มีพื้นที่ว่างเพียงพอให้เทียบท่า ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพ 74

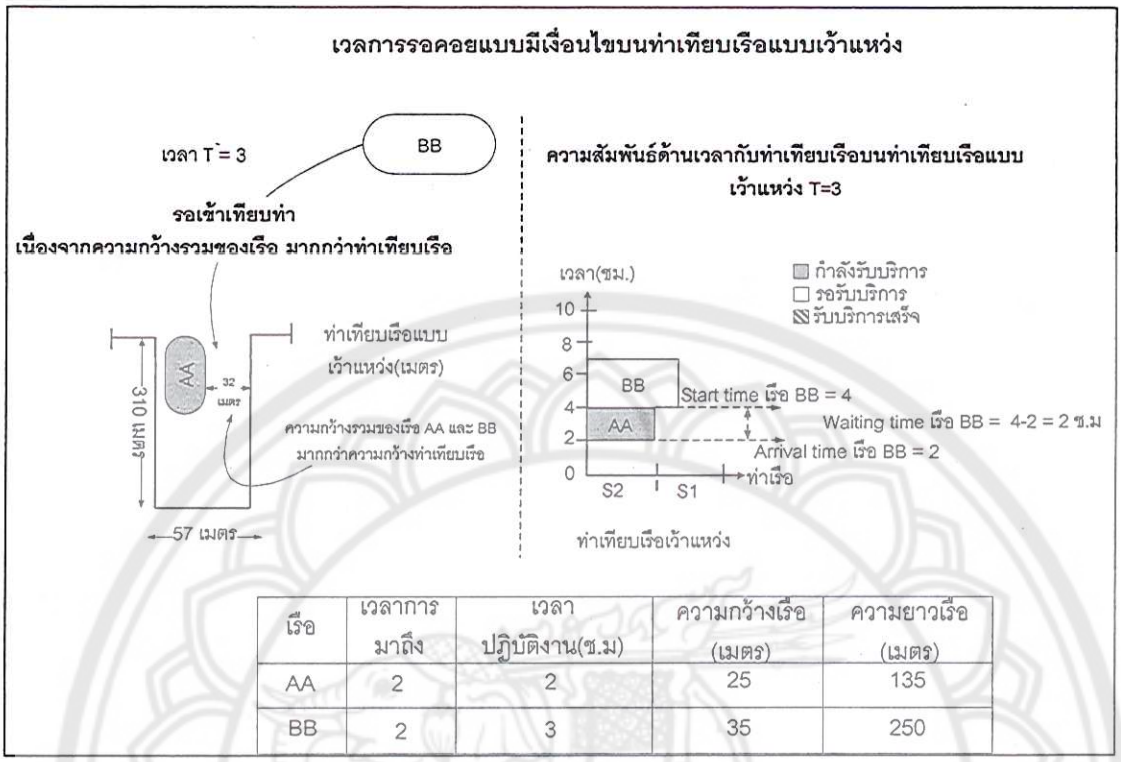



| เรือ | เวลาการมาถึง | เวลาปฏิบัติงาน(ช.ม) | ความกว้างเรือ (เมตร) | ความยาวเรือ (เมตร) |
|---|---|---|---|---|
| AA | 1 | 4 | 43 | 305 |
| BB | 2 | 2 | 25 | 135 |

**ภาพ 74 แสดงการพิจารณาเวลาการรอคอยการเข้าเทียบท่าแบบปกติบนท่าเทียบเรือเว้าแหว่ง**

จากภาพ 74 อธิบายลักษณะการเกิดเวลาการรอคอยการเข้าเทียบท่าแบบปกติและแสดงให้เห็นความพันธ์ระหว่างการเข้าเทียบท่ากับเวลา ณ เวลา T=3 ของเรือ BB จากภาพสามารถอธิบายการหาเวลาการรอคอยได้จากเวลาเริ่มรับบริการจริงของเรือ BB = 5 ลบด้วยเวลาการมาถึงของเรือ BB = 2 ดังนั้นเวลาการรอคอยของเรือ BB มีค่าเท่ากับ 3 ชั่วโมง

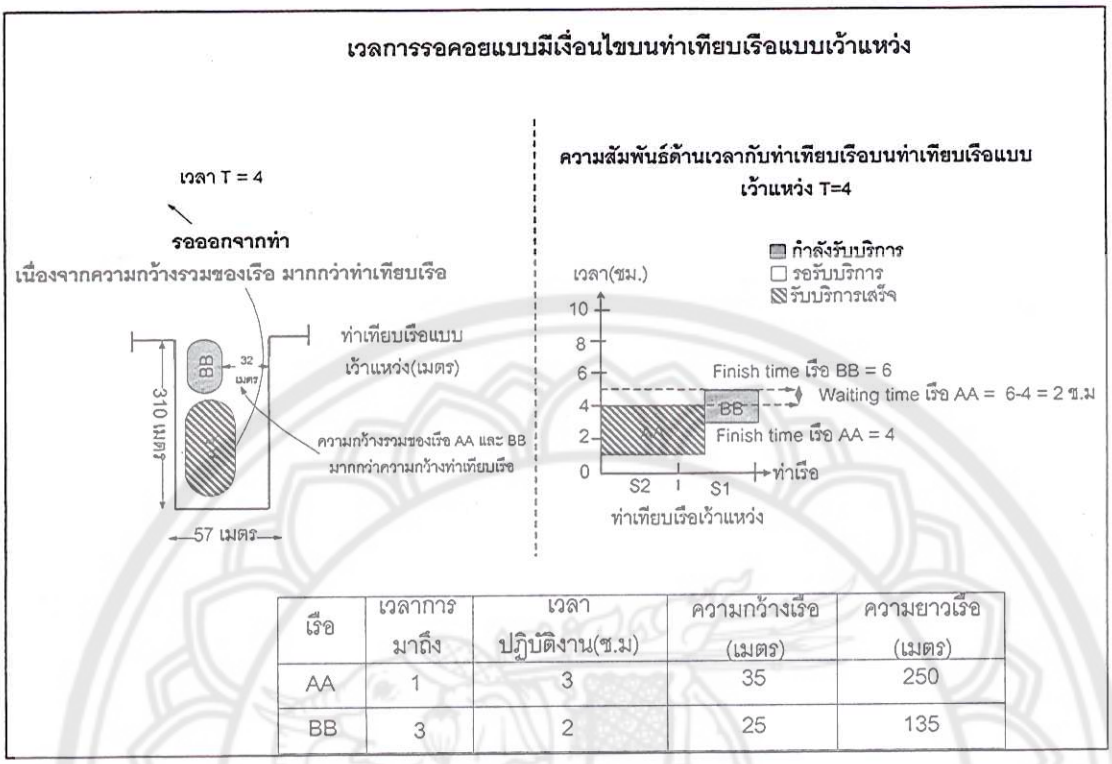
สาเหตุที่สอง เวลาการรอคอยตามเงื่อนไข คือ เวลาการรอคอยที่เกิดจากเงื่อนไขการพิจารณาความกว้างของเรือและท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง แบ่งออกได้เป็น 2 กรณี คือ เวลาการรอคอยเข้าเทียบท่า และเวลาการรอคอยออกจากท่าเทียบเรือ สามารถแสดงได้ดังภาพ 75 และภาพ 76 ตามลำดับ




| เรือ | เวลาการมาถึง | เวลาปฏิบัติงาน(ช.ม) | ความกว้างเรือ (เมตร) | ความยาวเรือ (เมตร) |
|---|---|---|---|---|
| AA | 2 | 2 | 25 | 135 |
| BB | 2 | 3 | 35 | 250 |

**ภาพ 75 แสดงการพิจารณาเวลาการรอคอยการเข้าเทียบท่าแบบมีเงื่อนไขบนท่าเทียบเรือเว้าแหว่ง**

ภาพ 75 แสดงการเกิดเวลาการรอแบบมีเงื่อนไขในกรณีที่เรือรอรับบริการเข้าเทียบท่าบนท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง ซึ่งเวลาการรอคอยในกรณีเกิดจากเรือที่เข้ารับบริการมีความกว้างรวมมากกว่าความกว้างของช่องว่างท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง ดังนั้นจากภาพแสดงให้เห็นความสัมพันธ์การเข้าเทียบท่ากับเวลา ณ เวลา T=3 ของเรือ BB และการหาเวลาการรอคอยของเรือ BB ซึ่งสามารถหาได้จากเวลาเริ่มรับบริการจริงของเรือ BB = 4 ลบด้วยเวลาการมาถึงของเรือ BB = 2 ดังนั้นเวลาการรอคอยของเรือ BB มีค่าเท่ากับ 2 ชั่วโมง และกรณีที่เกิดเวลาการรอคอยออกจากท่าเทียบเรือแบบมีเงื่อนไขบนท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งสามารถแสดงได้ดังภาพ 76




| เรือ | เวลาการมาถึง | เวลาปฏิบัติงาน(ช.ม) | ความกว้างเรือ (เมตร) | ความยาวเรือ (เมตร) |
|---|---|---|---|---|
| AA | 1 | 3 | 35 | 250 |
| BB | 3 | 2 | 25 | 135 |

**ภาพ 76 แสดงการพิจารณาเวลาการรอคอยการออกเทียบท่าแบบมีเงื่อนไขบนท่าเทียบเรือเว้าแหว่ง**

จากภาพ 76 แสดงการเกิดเวลาการรอแบบมีเงื่อนไขในกรณีที่เรือรับบริการเสร็จสิ้นบนท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง ซึ่งเวลาการรอคอยในกรณีเกิดจากเรือที่เข้ารับบริการมีความกว้างรวมมากกว่าความกว้างของช่องว่างท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง ดังนั้นจากภาพแสดงให้เห็นความสัมพันธ์การเข้าเทียบท่ากับเวลา ณ เวลา T=4 ของเรือ AA และการหาเวลาการรอคอยของเรือ AA สามารถหาได้จากเวลาเสร็จสิ้นของเรือ BB = 6 ลบเวลาเสร็จสิ้นของเรือ AA = 4 ดังนั้นเวลาการรอคอยของเรือ AA มีค่าเท่ากับ 2 ชั่วโมง ดังนั้นการพิจารณาเงื่อนความกว้างของท่าเทียบเรือบนท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่งนั้น มีโอกาสก่อให้เกิดเวลาการรอคอยแบบมีเงื่อนไขได้ทั้ง 2 กรณีดังที่กล่าวมาข้างต้น

**สร้างโจทย์ปัญหาและออกแบบการทดลองสำหรับปัญหาในงานวิจัย**

1. สร้างข้อมูลนำเข้าสำหรับปัญหา

ในการกำหนดโจทย์ปัญหาเพื่อนำมาใช้ในการทดลองแก้ไขปัญหาสำหรับงานวิจัยนี้กำหนดบางข้อมูลนำเข้าขึ้นมาจากการสุ่ม เป็นผลมาจากข้อจำกัดทางการเก็บข้อมูลและข้อจำกัด

ทางด้านเวลา เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถเก็บข้อมูลจริง ณ สถานที่จริง และในการเก็บข้อมูลต้องใช้เวลานานในการเก็บข้อมูลจึงไม่สามารถใช้ข้อมูลจริงได้

ดังนั้น ข้อมูลนำเข้าขึ้นมาจากการสุ่มในงานวิจัยนี้ คือ เวลาการมาถึงของเรือจะสุ่มข้อมูลโดยมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง 0-240 ชั่วโมง (~U[0-240]) สำหรับเวลาในการรับบริการของเรือ ณ ท่าเทียบเรือนั้นจะสุ่มข้อมูลโดยมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มเช่นกัน เรือขนาดเล็กทำการสุ่มในช่วง 10-40 ชั่วโมง (~U[10-40]) เรือขนาดกลางสุ่มข้อมูลอยู่ในช่วง 30-70 ชั่วโมง (~U[30-70]) และเรือขนาดใหญ่สุ่มข้อมูลในช่วง 50-80 ชั่วโมง (~U[50-80]) ในส่วนของข้อมูลนำเข้าสำคัญที่ไม่ทำการสุ่ม คือ ความยาวของเรือ ความกว้างของเรือ ความกว้างของท่าเทียบเรือ และความยาวของท่าเทียบเรือ ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

2. การออกแบบการทดลอง

2.1 กำหนดขนาดปัญหาสำหรับการทดลอง

ขนาดของปัญหาที่ใช้ในการทดลองจะพิจารณาถึงจำนวนเรือและจำนวนของท่าเทียบเรือ สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดให้พิจารณาแบ่งขนาดของปัญหาออกเป็น 3 ขนาดปัญหา คือ ปัญหาขนาดเล็กพิจารณาเรือ 20 ลำ ท่าเทียบเรือ 5 ท่า ปัญหาขนาดกลางพิจารณาเรือ 30 ลำ ท่าเทียบเรือ 5 ท่า และปัญหาขนาดใหญ่พิจารณาเรือ 45 ลำ ท่าเทียบเรือ 7 ท่า ในขนาดปัญหาที่พิจารณาเรือทั้งหมด 5 ท่าเทียบเรือนั้น กำหนดให้แบ่งเป็นท่าเทียบเรือแบบปกติ 3 ท่า และท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง 2 ท่า สำหรับขนาดปัญหาที่พิจารณาเรือทั้งหมด 7 ท่าเทียบเรือ กำหนดให้แบ่งเป็นท่าเทียบเรือแบบปกติ 4 ท่า และท่าเทียบเรือแบบเว้าแหว่ง 3 ท่า

2.2 ออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการ AFSA พบว่า ยังไม่มีงานวิจัยใดที่นำวิธีการ AFSA มาใช้ปัญหา HIBAP ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเสนอค่าพารามิเตอร์ของวิธีการเลียนแบบการรวมกลุ่มของฝูงปลาที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้ โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบ $2^k$ แฟคทอเรียลเต็มรูปในการออกแบบทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของวิธีการหาคำตอบโดยใช้วิธีการ AFSA ที่เหมาะสม โดยพิจารณาค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการหาคำตอบของวิธีการเลียนแบบการรวมกลุ่มของฝูงปลามี ดังนี้

2.2.1 จำนวนประชากรเริ่มต้นของปลา $(n)$ จะพิจารณาร่วมกับจำนวนรอบสูงสุดในการค้นหาคำตอบ (*Maxgen*)

2.2.2 ขอบเขตการมองเห็น (*Visual*) ของปลาแต่ละตัวที่สามารถเห็นเห็นตำแหน่งใหม่ที่ปลาสามารถเคลื่อนที่ไปได้ การกำหนดค่า *Visual* แต่ละขนาดปัญหามีค่าแตกต่างกันเนื่องจาก *Visual* มีผลเกี่ยวเนื่องกับวิธีการหาค่า $d_{ij}$ ($d_{ij} < Visual$) กำหนดให้ $d_{ij}$ คือ ระยะการเคลื่อนที่จากปลาตัวที่ $i$ ไปยังปลาตัวที่ $j$ ต้องมีค่าไม่เกิน *Visual* ถ้าหากว่า $d_{ij} \geq Visual$ แสดงว่าปลาตัวที่ $j$ ไม่ได้อยู่ภายใน*Visual* ของปลาตัวที่ $i$ ดังนั้นจากที่กล่าวมาทำให้การกำหนดค่า *Visual* ต้องกำหนดให้สอดคล้องกับค่า $d_{ij}$ และ *Step* ซึ่งแปรผันตามค่าของ *Visual* ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการกำหนด *Visual* จึงพิจารณาจากระยะขอบเขตการมองเห็นสูงสุดของปลา $\max(Visual)$ ในแต่ละขนาดปัญหา ซึ่งในงานวิจัยของธีรวัชร แก้วเปี้ย และขวัญนิธิ คำเมือง (2556) ได้นำเสนอวิธีการคำนวณ $\max(Visual)$ สำหรับปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบผสมขึ้นมาดังสมการที่ 3.1

$$\frac{SN+(BN-1)}{BN} = \max(Visual) \qquad (3.1)$$

จากสมการแสดงการคำนวณ $\max(Visual)$ อีกนัยหนึ่งก็คือขอบเขตของระยะห่างระหว่างตัวแทนคำตอบ ซึ่งสามารถใช้ได้เฉพาะปัญหาในงานวิจัยนี้เท่านั้นโดยกำหนดให้ $SN$ คือ จำนวนเรือทั้งหมด และ $BN$ คือ จำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด โดยที่ค่า $\max(Visual)$ จะแปรผันตามจำนวนเรือและจำนวนท่าเทียบเรือ และนอกจากนี้ยังได้นำเสนอวิธีการหาระยะห่างระหว่างตำแหน่งปลาปัจจุบันกับตำแหน่งใหม่ดังสมการที่ 3.2

$$d_{ij} = \frac{\sum P}{BN} \qquad (3.2)$$

จากสมการกำหนดให้ $P$ คือ ค่าความแตกต่างระหว่างเวคเตอร์ตำแหน่งของปลาหรือตัวแทนคำตอบ โดยที่ค่า $d_{ij}$ จะแปรผันตามจำนวนเรือและจำนวนท่าเทียบเรือด้วยเช่นกัน

2.2.3 ระยะการเคลื่อนของปลา (*Step*) คือ ระยะการเคลื่อนที่ของปลาที่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยทั่วไปแล้วต้องมีค่าไม่เกินขอบเขตการมองเห็นของปลาตัวนั้น ($Step \leq Visual$)

2.2.4 ความหนาแน่นของกลุ่มปลา ($\delta$) โดยทั่วไปนิยมใช้ค่าความหนาแน่นของกลุ่มปลาที่มีค่าไม่เกิน 1 ($0 < \delta < 1$)

2.2.5 จำนวนครั้งที่สามารถสุ่มเลือกตำแหน่ง ($try_num$) เป็นการกำหนดจำนวนครั้งการสุ่มหาตำแหน่งคำตอบในพฤติกรรมการหาอาหาร จากพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการ AFSA ที่ได้กล่าวมานั้นสามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดดังตาราง 12

**ตาราง 12 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการทดลองเบื้องต้น**

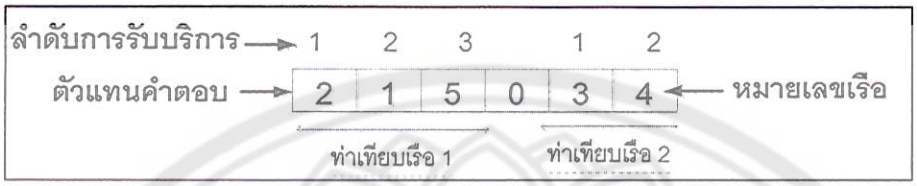
| Size | $n \times Maxgen$ | *Visual* | *Step* | $\delta$ | $try_num$ |
|---|---|---|---|---|---|
| เล็ก | 10X500<br>20x250 | 30%,90% ของ<br>max(*Visual*) | 10%,90% ของ<br>*Visual* | 0.3,0.9 | 10,20 |
| กลาง | 10X500<br>20x250 | 30%,90% ของ<br>max(*Visual*) | 10%,90% ของ<br>*Visual* | 0.3,0.9 | 10,20 |
| ใหญ่ | 10X500<br>20x250 | 30%,90% ของ<br>max(*Visual*) | 10%,90% ของ<br>*Visual* | 0.3,0.9 | 10,20 |

จากตารางแสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้แต่ละขนาดปัญหา ซึ่งกำหนดให้พารามิเตอร์แบ่งเป็น 2 ระดับ โดยพิจารณาจำนวนประชากรปลาเริ่มต้น 10 ตัว วนหาคำตอบ 500 รอบ และประชากรปลาเริ่มต้น 20 ตัว วนหาคำตอบ 250 รอบ สำหรับของเขตการมองเห็นของปลาพิจารณาที่ 30%, 90% ของ max(*Visual*) ซึ่งมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของโจทย์ และ *Step* นั้นพิจารณาที่ 10%, 90% ของ *Visual* ที่ใช้ในการทดลองของแต่ละขนาดปัญหา ดังนั้นระยะการเคลื่อนที่ของปลาที่ใช้ในปัญหาแต่ละขนาดมีค่าแตกต่างกันด้วย โดยค่า $\delta$ พิจารณาที่ 0.3 และ 0.9 สุดท้ายการกำหนดค่า $try_num$ กำหนดไว้ที่ 10 และ 20 ครั้ง

**การประยุกต์ใช้วิธีการ AFSA ให้เหมาะสมกับปัญหา HIBAP**

วิธีการเลียนแบบการรวมกลุ่มของฝูงปลามีแนวความคิดพัฒนามาจากพฤติกรรมดำรงชีวิตเพื่อหาอาหารของปลาในธรรมชาติที่มีลักษณะการดำรงชีวิตอยู่กันเป็นฝูงหรือกลุ่ม โดยวิธีการจำลองลักษณะการรวมกลุ่มของปลาเบื้องต้นมี 4 พฤติกรรม คือ พฤติกรรมการเคลื่อนอย่างอิสระของปลา พฤติกรรมการหาอาหาร พฤติกรรมการรวมกลุ่มของปลา และพฤติกรรม

การเคลื่อนที่ตามกัน จากการศึกษางานวิจัยของ ธีรวัชร และ ขวัญนิธิ (2556) ได้นำเสนอวิธีการสร้างตัวแทนคำตอบ (Representation) เพื่อนำไปใช้หาคำตอบในวิธีการ AFSA สำหรับปัญหา HIBAP และ HBAP สามารถแสดงดังภาพ 77




ภาพ 77 แสดงการสร้างตัวแทนคำตอบ

จากตัวอย่างตัวแทนคำตอบในภาพ 77 สามารถอธิบายได้ว่า ข้อมูลนำเข้าของปัญหากำหนดมีเรือทั้งหมด 5 ลำ มีหมายเลข 1, 2, 3, 4, 5 และมีท่าเทียบเรือ 2 ท่า โดยใช้เลข 0 เป็นตัวแบ่งท่าเทียบเรือ ดังนั้นจึงอธิบายได้ว่า เรือหมายเลข 2 เข้ามารับบริการบนท่าเทียบเรือ 1 เป็นลำดับที่ 1 ตามด้วยหมายเลข 1, 5 เป็นลำดับที่ 2, 3 ตามลำดับ ในท่าเทียบเรือที่ 2 มีเรือหมายเลข 3, 4 เข้ารับบริการในลำดับ 1, 2 ตามลำดับ และจากการตัวแทนคำตอบสามารถนำมาพิจารณาเพื่อหาตำแหน่งปลาตัวอื่นๆ ที่อยู่ภายในของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันได้ดังภาพตัวอย่างในภาพ 78

**ภาพ 78 แสดงตัวอย่างการหาค่าความต่างระหว่างตัวแทนคำตอบ**

จากภาพ 78(ก) อธิบายการหาค่าความต่างระหว่างตัวแทนคำตอบ โดยกำหนดพิจารณาตำแหน่งของตัวแทนคำตอบ ถ้าหมายเลขในตัวแทนคำตอบเหมือนกัน ให้ $P$ มีค่าเป็น 0 แต่ในกรณีที่หมายเลขต่างกันให้มีค่าเป็น 1 และภาพ 78(ข) อธิบายถึงวิธีการคำนวณเพื่อหาค่า $d_{ij}$ จาก

สมการที่ 3.2 ซึ่งจากตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งปลา $X_j^t$ อยู่ใน *Visual* ของปลา $X_i^t$ ณ เวลา $t$ เนื่องจากค่า $d_{ij} < Visual$

นอกจากนี้ในงานวิจัยของธีรวัชร แก้วเปี้ย และขวัญนิธิ คำเมือง (2556) ได้นำเสนอวิธีการ AFSA และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการ AFSA โดยนำเสนอวิธีการ AFSA ทั้งหมด 4 วิธีการ ที่ได้นำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบผสม

โดยกำหนดให้

$n$ คือ จำนวนปลา

$\delta$ คือ ความหนาแน่นของกลุ่มปลา $(0 < \delta < 1)$

$nf$ คือ จำนวนของปลาที่อยู่ในขอบเขตการมองเห็นของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบัน

$Visual$ คือ ระยะขอบเขตการมองเห็นของปลา

$Rand()$ คือ ค่าจากการสุ่ม $(0 < Rand() < 1)$

$try_number$ คือ จำนวนครั้งที่สามารถสุ่มเลือกตำแหน่ง

$Step$ คือ ขอบเขตระยะการเคลื่อนเข้าหาคำตอบของปลา โดย $(Step \le Visual)$

$X_i^t$ คือ เวกเตอร์ตำแหน่งของปลา $i$ ณ เวลา $t$

$X_i^{t+1}$ คือ เวกเตอร์ตำแหน่งปลาตัวที่ $i$ ณ เวลาที่ $t+1$

$X_j^t$ คือ เวกเตอร์ตำแหน่งที่สุ่มขึ้นมา ณ เวลา $t$

$X_c^t$ คือ เวกเตอร์ตำแหน่งศูนย์กลางของกลุ่มปลา ณ เวลา $t$

$X_f^t$ คือ เวกเตอร์ตำแหน่งที่มีค่าคำตอบดีที่สุดของกลุ่มปลา ณ เวลา $t$

$d_{ij}, d_{ic}, d_{if}$ คือ ระยะห่างระหว่างตำแหน่งปลา $i$ กับตำแหน่งคำตอบใหม่ที่พบ

$f_{obj}(a)$ คือ ค่าฟังค์ชันเป้าประสงค์ของเวคเตอร์ตัวแทนคำตอบ $a$

$Maxgen$ คือ จำนวนรอบสูงสุดในการค้นหาคำตอบ

$t$ คือ เวลาในการค้นหาคำตอบ ณ ปัจจุบัน

ขั้นตอนการทำ AFSA แบบที่ 1 $(AFSA-1)$ มีรายละเอียดดังนี้

$step\ 1: Initialization_AF$

$Define(n, \delta, Rand(), try_number, Visual, Maxgen, t = 1)$

$initialize\ fish\ positions, X_i^t\ \forall i = 1 \ldots n$

$step\ 2: Check\ t\ (For\ each\ AF)$

$if: t \geq Maxgen \rightarrow stop\ AFSA$

$else: go\ to\ step\ 3$

$step\ 3: follow$

$if: AF\ in\ Visual = \phi\ or\ (nf / n) \geq \delta$

$update\ visual$

$if: new_visual \geq 0.5 \rightarrow prey$

$else: go\ to\ swarm$

$else: let\ X_f^t = Best(AF\ in\ Visual)$

$if: f_{obj}(X_f^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$. X_i^{t+1} = X_f^t\ and\ go\ to\ step\ 2.$

$else: update\ visual$

$if: new_visual \geq 0.5 \rightarrow prey$

$else: go\ to\ swarm$

$step\ 4: prey$

$if: AF\ in\ Visual = \phi$

$go\ to\ swarm$

$else: let\ X_j^t = Random(AF\ in\ Visual)$

$Do$

$if: f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$X_i^{t+1} = X_j^t\ and\ go\ to\ step\ 2$

$While\ current_try_number \leq try_number$

$go\ to\ swarm$

$step\ 5: swarm$

$if: AF\ in\ Visual = \phi\ or\ (nf / n) \geq \delta$

$go\ to\ move$

$else: let\ X_c^t = Center(AF\ in\ Visual)$

$if: f_{obj}(X_c^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$X_i^{t+1} = X_c^t\ and\ go\ to\ step\ 2$

$else: go\ to\ move$

$step\ 6: move$

$let\ X_j = Random(new_position)$

$if: f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$X_i^{t+1} = X_j^t\ and\ go\ to\ step\ 2$

$else: X_i^{t+1} = X_i^t\ and\ go\ to\ step\ 2$

จากวิธีการ $AFSA-1$ ขั้นแรก ($step\ 1$) เป็นกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับวิธีการ AFSA และขั้นตอนที่สอง ($step\ 2$) เป็นวิธีการการตรวจสอบเงื่อนของรอบในการหาคำตอบปัจจุบันก่อนเริ่มหาคำตอบในพฤติกรรมการเคลื่อนที่ตามกัน ถ้าหาก $t$ มีค่าน้อยกว่าจำนวนรอบสูงสุดในการค้นหาคำตอบ ($t < Maxgen$) ให้ทำ AFSA รอบถัดไป ($t+1$) และเริ่ม $step\ 3$ ณ เวลา $t+1$ แต่ในกรณี $t = Maxgen$ ให้หยุดกระบวนการ AFSA

ขั้นตอนที่สาม ($step\ 3$) เป็นการหาตำแหน่งของปลาที่มีคำตอบดีที่สุด ($X_f^t$) ภายใน *Visual* ของพฤติกรรมการเคลื่อนที่ตามกัน เมื่อปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันมีสมาชิกอยู่ใน *Visual* และพบคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิม โดย $f_{obj}(X_f^t) < f_{obj}(X_i^t)$ จะกำหนดให้ $X_i^{t+1} = X_f^t$ จากนั้นไปทำ $step\ 2$ ณ เวลา $t+1$ แต่ในกรณีที่ไม่พบตำแหน่งที่มีคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิมหรือในกรณีที่ปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันไม่มีสมาชิกอยู่ใน *Visual* หรือค่าความหนาแน่นของกลุ่มปลาน้อยกว่าที่กำหนด ($(nf / n) \geq \delta$) ให้หาค่าระยะขอบเขตการมองเห็นของปลาใหม่จากสมการของ Yun cai (2010) โดย $new_visual = \left(visual \times (1 - (t / Maxgen))\right)$ ซึ่งจะส่งผลให้ค่าขอบเขตการมองเห็นของปลาในพฤติกรรมการหาอาหารของปลาและพฤติกรรมการรวมกลุ่มของฝูงปลาจะมีค่าลงเรื่อยๆ ตามรอบการหาคำตอบ โดยที่ค่าของ $new_visual$ จะนำมาใช้ในการตัดสินใจเพื่อเลือกทำขั้นตอนถัดไป ถ้าหาก $new_visual \geq 0.5$ ให้ทำ $step\ 4$ และถ้าหาก $new_visua < 0.5$ ให้ข้ามไปทำ $step\ 5$

ขั้นตอนที่สี่ (*step* 4) เป็นการหาตำแหน่งของปลาในพฤติกรรมการหาอาหารของปลา โดยจะสุ่มวนหาตำแหน่งของปลา ($X_j^t$) ที่พบภายใน *Visual* เมื่อปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันมีสมาชิกอยู่ใน *Visual* และสามารถหาคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิมเมื่อ $f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$ จะกำหนดให้ $X_i^{t+1} = X_j^t$ และจากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ แต่ถ้าหากไม่พบตำแหน่งปลาที่มีคำตอบที่ดีกว่าตำแหน่งปัจจุบันจะสุ่มตำแหน่งปลาใหม่ขึ้นมา โดยจำนวนครั้งในการสุ่มคำตอบนั้นต้องไม่เกิน *try_number* ครั้ง และถ้ายังไม่สามารถหาคำตอบที่ดีกว่าเดิมได้จนครบ *try_number* ครั้ง หรือในกรณีที่ปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันไม่มีสมาชิกอยู่ใน *Visual* ให้ทำ *step* 5

ขั้นตอนที่ห้า (*step* 5) เป็นการหาตำแหน่งศูนย์กลางของกลุ่มปลา ($X_c^t$) ในพฤติกรรมการรวมกลุ่มของปลาซึ่งจะพิจารณาจากตัวร่วมที่มีมากที่สุดภายใน *Visual* ของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบัน โดยการหาตำแหน่งศูนย์กลาง $X_c^t$ ใน *Visual* เมื่อปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันมีสมาชิกอยู่ใน *Visual* และสามารถหาคำตอบได้ดีกว่าคำตอบเดิมเมื่อ $f_{obj}(X_c^t) < f_{obj}(X_i^t)$ จะกำหนดให้ $X_i^{t+1} = X_c^t$ และจากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ แต่ถ้าไม่พบคำตอบที่ดีกว่าหรือปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันไม่มีสมาชิกอยู่ใน *Visual* หรือค่าความหนาแน่นของกลุ่มปลาน้อยกว่าที่กำหนด ($(nf/n) \geq \delta$) ให้ทำขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนสุดท้าย (*step* 6) อธิบายวิธีการหาตำแหน่งคำตอบในพฤติกรรมการเคลื่อนอย่างอิสระของปลาโดยวิธีการสุ่มตำแหน่ง $X_j^t$ ขึ้นมา ในกรณีที่พบคำตอบที่ดีกว่าดีกว่าคำตอบเดิมเมื่อ $f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$ จะกำหนดให้ $X_i^{t+1} = X_j^t$ จากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ แต่ถ้าหากไม่สามารถหาตำแหน่งที่มีคำตอบดีกว่าดีกว่าคำตอบเดิมให้ $X_i^{t+1} = X_i^t$ และจากนั้นให้ไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ เช่นเดียวกัน

สำหรับวิธีการ AFSA แบบที่ 2 $(AFSA-2)$ นั้นมีกระบวนการคล้ายคลึงกับ $AFSA-1$ แต่แตกต่างกันที่พฤติกรรมการรวมกลุ่มของปลา วิธีการแรกนั้นเป็นการหาตำแหน่ง $X_c^t$ ได้จากตัวร่วมของปลา(ตำแหน่งปลาที่พบมากที่สุดภายใน *Visual* ของปลาแต่ละตัวที่อยู่ภายใน *Visual* ของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบัน) ซึ่งวิธีการ $AFSA-2$ นั้น $X_c^t$ หาได้จากตำแหน่งผลรวมตำแหน่งสมาชิกปลาทุกตัวที่อยู่ใน *Visual* ของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันหารด้วยจำนวนสมาชิกทั้งหมด (จำนวนของปลาที่อยู่ในขอบเขตการมองเห็นของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบัน, *nf*) จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถแสดงความแตกต่างของวิธีการหาตำแหน่ง $X_c^t$ ระหว่างวิธีการ $AFSA-1$ และ $AFSA-2$ โดยใช้ข้อมูลในตาราง 13

**ตาราง 13 แสดงตัวอย่างตัวแทนคำตอบเพื่ออธิบายตำแหน่งศูนย์กลางของกลุ่มปลา**

| ตำแหน่งปลาปัจจุบัน ($X_i^t$) | ตัวแทนคำตอบ | ปลาที่พบใน $Visual = 2.5$ ของปลา $X_i^t$ |
|---|---|---|
| $X_1^t$ | 2 1 3 0 5 4 | $X_3^t$, $X_4^t$, $X_5^t$ |
| $X_2^t$ | 1 2 0 3 4 5 | $X_4^t$, $X_5^t$ |
| $X_3^t$ | 4 1 3 0 5 2 | $X_1^t$, $X_4^t$ |
| $X_4^t$ | 3 1 2 0 4 5 | $X_1^t$, $X_3^t$ |
| $X_5^t$ | 1 2 0 3 5 4 | $X_1^t$, $X_2^t$, $X_3^t$ |

ข้อมูลจากตารางสามารถนำมาหา $X_c^t$ ในวิธีการ $AFSA-1$ ได้จากการพิจารณาตำแหน่งปลาที่พบมากที่สุดภายใน *Visual* ของปลาแต่ละตัวที่อยู่ภายใน *Visual* ของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบัน ซึ่งการพิจารณาตัวร่วมนั้นจะไม่พิจารณาตำแหน่งปลา $X_i^t$ ร่วมกับตำแหน่งของสมาชิกปลาภายใน *Visual* โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

กำหนดให้พิจารณาตำแหน่งปลา $X_1^t$ จากข้อมูลในตาราง 13 แสดงให้เห็นว่าพบตำแหน่งปลา $X_3^t$, $X_4^t$ และ $X_5^t$ ภายใน *Visual* ซึ่งสามารถหาตัวร่วมได้จากการพิจารณาตำแหน่งปลาภายใน *Visual* ของปลา $X_3^t$, $X_4^t$ และ $X_5^t$ ซึ่งพบว่าตำแหน่งปลา $X_3^t$ มีสมาชิก 2 ตัว คือ $X_1^t$, $X_4^t$ แต่จะพิจารณาเพียงตำแหน่งปลา $X_4^t$ เท่านั้นเนื่องจากกำหนดให้ไม่พิจารณาตำแหน่งปลา ณ ปัจจุบัน และเมื่อพิจารณาตำแหน่งปลา $X_4^t$ พบว่า มีสมาชิก 2 ตัว คือ $X_1^t$, $X_3^t$ แต่จะพิจารณาเพียงตำแหน่งปลา $X_3^t$ และพิจารณาตำแหน่งปลาตัวสุดท้าย $X_5^t$ มีสมาชิก 3 ตัว คือ $X_1^t$, $X_2^t$, $X_3^t$ แต่จะพิจารณาเพียงตำแหน่งปลา $X_2^t$, $X_3^t$ ดังนั้นตัวร่วมที่พบมากที่สุดภายใน *Visual* ของตำแหน่งปลา $X_1^t$ คือ ตำแหน่งปลา $X_3^t$ และนอกจากนี้อาจเกิดในกรณีที่ตัวร่วมมีจำนวนเท่ากันจะพิจารณาให้สุ่มเลือกตำแหน่งจากตัวร่วมที่พบมากที่สุดมา 1 ตำแหน่ง

และสำหรับการพิจารณาหาตำแหน่ง $X_c^t$ ในวิธีการ $AFSA-2$ สามารถอธิบายได้ดังภาพ 79

**ภาพ 79 แสดงตัวอย่างการหาตำแหน่งศูนย์กลางในวิธีการ $AFSA-2$**

จากภาพได้แสดงตัวอย่างวิธีการหาตำแหน่ง $X_c^t$ ในวิธีการ $AFSA-2$ โดยพิจารณาที่ตำแหน่งปลา $X_1^t$ ซึ่งสามารถหาได้จากผลรวมของตำแหน่งปลาทั้งหมดที่พบภายใน *Visual* หารด้วย $nf = 4$ ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มและพิจารณาลบตำแหน่งของผลลัพธ์มีค่าน้อยที่สุดออก 1 ตำแหน่ง (จำนวนตำแหน่งที่ต้องลบหาได้จาก BN-1) เนื่องจากตัวอย่างมีจำนวนท่าเทียบเรือเท่ากับ 2 ท่า (BN=2) หลังจากนั้นกำหนดให้สร้างตัวแทนคำตอบใหม่โดยมีหมายเลขของตัวแทนคำตอบเท่ากับจำนวนเรือทั้งหมดและนำตัวแทนคำตอบใหม่มาพิจารณาคู่กับผลลัพธ์ก่อนหน้านี้ ซึ่งในการพิจารณาหา $X_c^t$ นั้นจะเรียงลำดับค่าของผลลัพธ์จากน้อยไปมากและจะจัดเรียงตำแหน่งของตัวแทนคำตอบใหม่ตามตำแหน่งของผลลัพธ์ที่จัดเรียงไปก่อนหน้า และสุดท้ายจะแทรกหมายเลข 0 ในตัวแทนคำตอบใหม่โดยพิจารณาตำแหน่งที่แทรกตามตำแหน่งปลาปัจจุบัน $(X_1^t)$ โดยวิธีการที่กล่าวมานั้นจะสามารถหาตำแหน่ง $X_c^t$ ในวิธีการ $AFSA-2$ ได้

และในลำดับถัดไปจะนำเสนอขั้นตอนการทำ AFSA แบบที่ 2 $(AFSA-2)$ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

$step\ 1: Initialization_AF$

$Define(n, \delta, Rand(), try_number, Visual, Maxgen, t = 1)$

$initialize\ fish\ positions, X_i^t\ \forall i = 1 \ldots n$

$step\ 2: Check\ t\ (For\ each\ AF)$

$if: t \geq Maxgen \rightarrow stop\ AFSA$

$else: go\ to\ step\ 3$

$step\ 3: follow$

$if: AF\ in\ Visual = \phi\ or\ (nf / n) \geq \delta$

$update\ visual$

$if: new_visual \geq 0.5 \rightarrow prey$

$else: go\ to\ swarm$

$else: let\ X_f^t = Best(AF\ in\ Visual)$

$if: f_{obj}(X_f^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$X_i^{t+1} = X_f^t\ and\ go\ to\ step\ 2$

$else: update\ visual$

$if: new_visual \geq 0.5 \rightarrow prey$

$else: go\ to\ swarm$

$step\ 4: prey$

$if: AF\ in\ Visual = \phi$

$go\ to\ swarm$

$else: let\ X_j^t = Random(AF\ in\ Visual)$

$Do$

$if: f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$X_i^{t+1} = X_j^t\ and\ go\ to\ step\ 2$

$While\ current_try_number \leq try_number$

$go\ to\ swarm$

*step* 5 : *swarm*

*if* : $AF\ in\ Visual = \phi\ or\ (nf / n) \geq \delta$

*go to move*

*else* : *let* $X_c^t = Center(AF\ in\ Visual)$

*if* : $f_{obj}(X_c^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$X_i^{t+1} = X_c^t$ *and go to step* 2

*else* : *go to move*

*step* 6 : *move*

*let* $X_j = Random(new_position)$

*if* : $f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$X_i^{t+1} = X_j^t$ *and go to step* 2

*else* : $X_i^{t+1} = X_i^t$ *and go to step* 2

จากที่ได้กล่าวมาวิธี $AFSA-1$ และ $AFSA-2$ เป็นวิธีการที่ประยุกต์มาจาก AFSA ของ Yun Cai (2010) ซึ่งมีความแตกต่างจาก AFSA แบบปกติและจากการพิจารณาวิธีการทั้งสองพบว่า มีลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาคำตอบแบบแทนที่ โดยพิจารณาวิธีการเคลื่อนที่เข้าหาคำตอบที่พบ เมื่อพบคำตอบใหม่และเป็นคำตอบที่ดีกว่าคำตอบปัจจุบัน จะนำคำตอบใหม่ไปแทนคำตอบปัจจุบันทันที ซึ่งแตกจาก AFSA แบบปกติ อาจมีผลทำให้นำไปสู่การติดอยู่ในพื้นที่ของคำตอบเฉพาะที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะประยุกต์ใช้ AFSA แบบปกติที่มีลักษณะขยับเคลื่อนที่เข้าหาคำตอบที่ดีเพื่อนำมาแก้ไขปัญหาจึงได้นำเสนอเพิ่มเติมจาก 2 วิธีการ ที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้า โดยนำเสนอวิธีการ AFSA แบบที่ 3 $(AFSA-3)$ มีรายละเอียด ดังนี้

*step* 1 : *Initialization* _ *AF*

$Define(n, \delta, Rand(), try_number, Visual, Maxgen, t = 1)$

*initialize fish positions*, $X_i^t\ \forall i = 1 \ldots n$

*step* 2 : *Check* $t$ $(For\ each\ AF)$

*if* : $t \geq Maxgen \rightarrow stop\ AFSA$

*else* : *go to step* 3

*step* 3 : *follow*

$if : AF\ in\ Visual = \phi\ or\ (nf / n) \geq \delta$

$go\ to\ prey$

$else : let\ X_f^t = Best(AF\ in\ Visual)$

$if : f_{obj}(X_f^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + \frac{X_f^t - X_i^t}{\| X_f^t - X_i^t \|} \times Step \times Rand()$$

$go\ to\ step\ 2$

$else : go\ to\ prey$

*step* 4 : *prey*

$let\ X_j^t = X_i^t + Visual \times Rand()$

$Do$

$if : f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + \frac{X_j^t - X_i^t}{\| X_j^t - X_i^t \|} \times Step \times Rand()$$

$go\ to\ step\ 2$

$While\ current_try_number \leq try_number$

$go\ to\ swarm$

*step* 5 : *swarm*

$if : AF\ in\ Visual = \phi\ or\ (nf / n) \geq \delta$

$go\ to\ move$

$else : let\ X_c^t = Center(AF\ in\ Visual)$

$if : f_{obj}(X_c^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + \frac{X_c^t - X_i^t}{\| X_c^t - X_i^t \|} \times Step \times Rand()$$

$go\ to\ step\ 2$

$else : go\ to\ move$

*step* 6 : *move*

$let\ X_j^t = X_i^t + Visual \times Rand()$

$if : f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$X_i^{t+1} = X_j^t\ and\ go\ to\ step\ 2$

$else : X_i^{t+1} = X_i^t\ and\ go\ to\ step\ 2$

จากวิธีการ *AFSA*−3 ขั้นแรก (*step* 1) อธิบายถึงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ และขั้นตอนที่สอง (*step* 2) เป็นวิธีการการตรวจสอบเงื่อนของรอบในการหาคำตอบปัจจุบันก่อนเริ่มหาคำตอบในพฤติกรรมการเคลื่อนที่ตามกัน ถ้าหาก $t$ มีค่าน้อยกว่าจำนวนรอบสูงสุดในการค้นหาคำตอบ ($t < Maxgen$) ให้ทำ AFSA รอบถัดไป ($t+1$) และเริ่ม *step* 3 ณ เวลา $t+1$ แต่ในกรณี $t = Maxgen$ ให้หยุดกระบวนการ AFSA

ขั้นตอนที่สาม (*step* 3) เป็นการหาตำแหน่งของปลาที่มีคำตอบดีที่สุด ($X_f^t$) ภายใน *Visual* ของพฤติกรรมการเคลื่อนที่ตามกัน เมื่อปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันมีสมาชิกอยู่ใน *Visual* และพบคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิม โดย $f_{obj}(X_f^t) < f_{obj}(X_i^t)$ สามารถหา $X_i^{t+1}$ ได้จากสมการ ซึ่งเป็นสมการที่แสดงถึงการเปลี่ยนตำแหน่งจาก $X_i^t$ เป็น $X_i^{t+1}$ ในรอบเวลาถัด ($t+1$) จากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ แต่ในกรณีที่ไม่พบตำแหน่งที่มีคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิม หรือในกรณีที่ปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันไม่มีสมาชิกอยู่ใน *Visual* หรืออีกกรณีหนึ่ง คือค่าความหนาแน่นของกลุ่มปลาน้อยกว่าที่กำหนด ($(nf/n) \geq \delta$) ให้ทำขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่สี่ (*step* 4) เป็นการสุ่มวนหาตำแหน่ง ($X_j^t$) ที่อยู่ภายใน *Visual* ของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันในพฤติกรรมการหาอาหารปลาจะสามารถหาได้จากสมการ ในกรณีที่พบคำตอบที่ดีกว่า เมื่อ $f_{obj}(X_j) < f_{obj}(X_i^t)$ สามารถหา $X_i^{t+1}$ ได้จากสมการซึ่งเป็นสมการที่แสดงถึงการเปลี่ยนตำแหน่งจาก $X_i^t$ เป็น $X_i^{t+1}$ ในรอบเวลาถัด ($t+1$) และจากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ แต่ถ้าหากไม่พบตำแหน่งที่มีคำตอบที่ดีกว่าตำแหน่งปัจจุบันจะสุ่มตำแหน่งใหม่ขึ้นมา โดยจำนวนครั้งในการสุ่มคำตอบนั้นต้องไม่เกิน *try_number* ครั้ง และถ้ายังไม่สามารถหาคำตอบที่ดีกว่าเดิมได้จนครบ *try_number* ครั้ง ให้ทำขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ห้า (*step* 5) เป็นการหาตำแหน่งศูนย์กลาง ($X_c^t$) ในพฤติกรรมการรวมกลุ่มของปลาซึ่งกรณีที่พบคำตอบที่ดีกว่า เมื่อ $f_{obj}(X_c^t) < f_{obj}(X_i^t)$ สามารถหา $X_i^{t+1}$ ได้จากสมการ ซึ่งเป็นสมการที่แสดงถึงการเปลี่ยนตำแหน่งจาก $X_i^t$ เป็น $X_i^{t+1}$ ในรอบเวลาถัด ($t+1$) และ จากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ แต่ถ้าไม่พบคำตอบที่ดีกว่าตำแหน่งเดิม หรือในกรณีที่ปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันไม่มีสมาชิกอยู่ใน *Visual* หรืออีกกรณีหนึ่ง คือ ค่าความหนาแน่นของกลุ่มปลาน้อยกว่าที่กำหนด ($(nf/n) \geq \delta$) ให้ทำขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่สุดท้าย (*step* 6) เป็นการสุ่มหาตำแหน่งใหม่ ($X_j^t$) ที่อยู่ภายใน *Visual* ของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันของพฤติกรรมการเคลื่อนอย่างอิสระของปลาซึ่งหาได้จากสมการ ในกรณีที่พบคำตอบที่ดีกว่า เมื่อ $f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$ จะกำหนดให้ $X_i^{t+1} = X_j^t$ ในรอบเวลาถัด $(t+1)$ และจากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ แต่ถ้าไม่พบตำแหน่งที่มีคำตอบดีกว่ากำหนดให้ $X_i^t = X_i^{t+1}$ จากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ ด้วยเช่นกัน

จากวิธีการ $AFSA-3$ แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนตำแหน่งจาก $X_i^t$ เป็น $X_i^{t+1}$ โดยพิจารณาการเคลื่อนที่แบบขยับเข้าหาตำแหน่ง $X_i^t$ เข้าหาตำแหน่งที่มีคำตอบดีกว่าตำแหน่งเดิม ซึ่งอาจช่วยลดอัตราการลู่เข้าหาคำตอบ ที่รวดเร็วเกินไป และอาจช่วยให้วิธีการสามารถหาคำตอบในพื้นที่ได้ดีขึ้น แต่ก็ยังมีโอกาสที่วิธีการ $AFSA-3$ อาจติดอยู่ในพื้นที่ของคำตอบเฉพาะที่ เนื่องจาก สมการที่กำหนดเปลี่ยนตำแหน่งจาก $X_i^t$ เป็น $X_i^{t+1}$ นั้นได้พิจารณาอยู่ในระยะขอบเขตของ *Visual* และ *Step* ซึ่งอาจนำไปสู่การติดอยู่ในพื้นที่ของคำตอบเฉพาะที่ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาและนำเสนอวิธีการ AFSA แบบที่ 4 $(AFSA-4)$ เพื่อหวังว่าวิธีการ $AFSA-4$ อาจนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ดีกว่าผลลัพธ์ของวิธีการทั้ง 3 แบบที่ได้นำเสนอไปก่อนหน้า

สำหรับวิธีการ $AFSA-4$ เป็นการประยุกต์ใช้วิธีการแบบที่ 1 และแบบที่ 3 เข้าด้วยกัน โดยผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการหาคำตอบในพฤติกรรมการเคลื่อนอย่างอิสระของปลาในวิธีการ $AFSA-1$ ที่มีลักษณะการหาคำตอบแบบสุ่มโดยไม่พิจารณาถึง *Visual* และมีลักษณะของการแทนที่คำตอบ ณ เวลา $t+1$ แบบแทนที่นั้นจะนำมาแทนในพฤติกรรมการเคลื่อนอย่างอิสระของปลาของวิธีการ $AFSA-3$ ซึ่งสามารถนำขั้นตอนการทำ AFSA แบบที่ 4 $(AFSA-4)$ ได้ดังนี้

*step* 1 : *Initialization _ AF*

$Define(n, \delta, Rand(), try_number, Visual, Maxgen, t=1)$

*initialize fish positions*, $X_i^t \ \forall i = 1 \ldots n$

*step* 2 : *Check t* $(For\ each\ AF)$

*if* : $t \geq Maxgen \rightarrow stop\ AFSA$

*else* : *go to step* 3

*step* 3 : *follow*

*if* : $AF\ in\ Visual = \phi\ or\ (nf / n) \geq \delta$

*go to prey*

*else* : *let* $X_f^t = Best(AF\ in\ Visual)$

*if* : $f_{obj}(X_f^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + \frac{X_f^t - X_i^t}{\| X_f^t - X_i^t \|} \times Step \times Rand()$$

*go to step* 2

*else* : *go to prey*

*step* 4 : *prey*

*let* $X_j^t = X_i^t + Visual \times Rand()$

*Do*

*if* : $f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + \frac{X_j^t - X_i^t}{\| X_j^t - X_i^t \|} \times Step \times Rand()$$

*go to step* 2

*While current _ try _ number* $\leq$ *try _ number*

*go to swarm*

*step* 5 : *swarm*

*if* : $AF\ in\ Visual = \phi\ or\ (nf / n) \geq \delta$

*go to move*

*else* : *let* $X_c^t = Center(AF\ in\ Visual)$

*if* : $f_{obj}(X_c^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + \frac{X_c^t - X_i^t}{\| X_c^t - X_i^t \|} \times Step \times Rand()$$

*go to step* 2

*else* : *go to move*

*step* 6 : *move*

*let* $X_j = Random(new_position)$

*if* : $f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$X_i^{t+1} = X_j^t$ *and go to step* 2

*else* : $X_i^{t+1} = X_i^t$ *and go to step* 2

จากกระบวนการของวิธีการ $AFSA-4$ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถอธิบายได้ ดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง (*step* 1) อธิบายถึงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ และขั้นตอนที่สอง (*step* 2) เป็นวิธีการการตรวจสอบเงื่อนของรอบการหาคำตอบปัจจุบันก่อนเริ่มหาคำตอบในพฤติกรรมการเคลื่อนที่ตามกัน ถ้า $t$ มีค่าน้อยกว่าจำนวนรอบสูงสุดในการค้นหาคำตอบ ($t < Maxgen$) ให้ทำ AFSA รอบถัดไป $(t+1)$ และเริ่ม *step* 3 ณ เวลา $t+1$ แต่ในกรณี $t = Maxgen$ ให้หยุดกระบวนการ AFSA

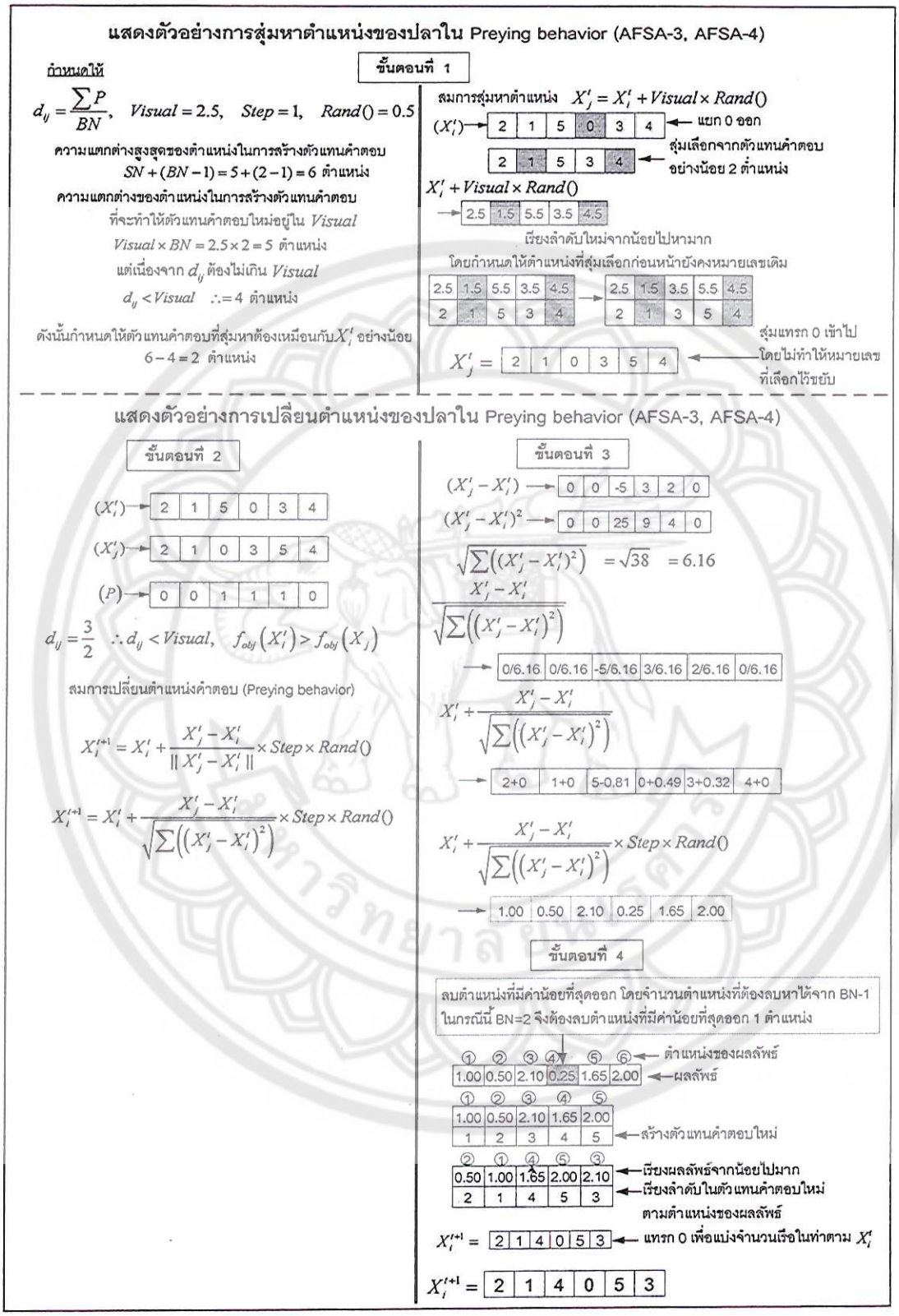
ขั้นตอนที่สาม (*step* 3) เป็นการหาตำแหน่งของปลาที่มีคำตอบดีที่สุด ($X_f^t$) ภายใน *Visual* ของพฤติกรรมการเคลื่อนที่ตามกัน เมื่อปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันมีสมาชิกอยู่ใน *Visual* และพบคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิม โดย $f_{obj}(X_f^t) < f_{obj}(X_i^t)$ สามารถหา $X_i^{t+1}$ ได้จากสมการ ซึ่งเป็นสมการที่แสดงถึงการเปลี่ยนตำแหน่งจาก $X_i^t$ เป็น $X_i^{t+1}$ ในรอบเวลาถัด $(t+1)$ และ จากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ แต่ในกรณีที่ไม่พบตำแหน่งที่มีคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิม หรือในกรณีที่ปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันไม่มีสมาชิกอยู่ใน *Visual* หรืออีกกรณีหนึ่ง คือค่าความหนาแน่นของกลุ่มปลาน้อยกว่าที่กำหนด $((nf/n) \geq \delta)$ ให้ทำขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่สี่ (*step* 4) เป็นการสุ่มวนหาตำแหน่ง ($X_j^t$) ที่อยู่ภายใน *Visual* ของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันในพฤติกรรมการหาอาหารปลาจะสามารถหาได้จากสมการ ในกรณีที่พบคำตอบที่ดีกว่า เมื่อ $f_{obj}(X_j) < f_{obj}(X_i^t)$ สามารถหา $X_i^{t+1}$ ได้จากสมการซึ่งเป็นสมการที่แสดงถึงการเปลี่ยนตำแหน่งจาก $X_i^t$ เป็น $X_i^{t+1}$ ในรอบเวลาถัด $(t+1)$ และจากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ แต่ถ้าหากไม่พบตำแหน่งที่มีคำตอบที่ดีกว่าตำแหน่งปัจจุบันจะสุ่มตำแหน่งใหม่ขึ้นมา โดยจำนวนครั้งในการสุ่มคำตอบนั้นต้องไม่เกิน $try_number$ ครั้ง และถ้ายังไม่สามารถหาคำตอบที่ดีกว่าเดิมได้จนครบ $try_number$ ครั้ง ให้ทำขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ห้า (*step* 5) เป็นการหาตำแหน่งศูนย์กลาง ($X_c^t$) ในพฤติกรรมการรวมกลุ่มของปลาซึ่งกรณีที่พบคำตอบที่ดีกว่า เมื่อ $f_{obj}(X_c^t) < f_{obj}(X_i^t)$ สามารถหา $X_i^{t+1}$ ได้จากสมการ ซึ่งเป็นสมการที่แสดงถึงการเปลี่ยนตำแหน่งจาก $X_i^t$ เป็น $X_i^{t+1}$ ในรอบเวลาถัด $(t+1)$ และ จากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ แต่ถ้าไม่พบคำตอบที่ดีกว่าตำแหน่งเดิม หรือในกรณีที่ปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบันไม่มีสมาชิกอยู่ใน *Visual* หรืออีกกรณีหนึ่ง คือ ค่าความหนาแน่นของกลุ่มปลาน้อยกว่าที่กำหนด $((nf/n) \geq \delta)$ ให้ทำขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนสุดท้าย (*step* 6) อธิบายวิธีการหาตำแหน่งคำตอบในพฤติกรรมการเคลื่อนอย่างอิสระของปลาโดยวิธีการสุ่มตำแหน่ง $X_j^t$ ขึ้นมา ในกรณีที่พบคำตอบที่ดีกว่าดีกว่าคำตอบเดิมเมื่อ $f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$ จะกำหนดให้ $X_i^{t+1} = X_j^t$ จากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ แต่ถ้าหากไม่สามารถหาตำแหน่งที่มีคำตอบดีกว่าดีกว่าคำตอบเดิมให้ $X_i^{t+1} = X_i^t$ และจากนั้นไปทำ *step* 2 ณ เวลา $t+1$ เช่นเดียวกัน

ในงานวิจัยได้สามารถนำเสนอวิธีการเปลี่ยนตำแหน่งคำตอบของปลา ณ เวลา $t$ ไปยังเวลา $t+1$ ในวิธีการ $AFSA-3$ และ $AFSA-4$ โดยใช้ตัวแทนคำตอบดังภาพ 80




**ภาพ 80 แสดงตัวอย่างการสุ่มหาตำแหน่งและการเปลี่ยนตำแหน่งของปลาในวิธีการ $AFSA-3$ และ $AFSA-4$**

จากภาพข้างต้นได้อธิบายการเปลี่ยนตำแหน่งของปลาโดยใช้ตัวแทนคำตอบของปลา ณ เวลา $t$ ไปยังเวลา $t+1$ โดยยกตัวอย่างการเปลี่ยนตำแหน่งของปลาในพฤติกรรมหาอาหารของปลาซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน

**ขั้นตอนที่หนึ่ง เป็นวิธีการสุ่มหาตำแหน่ง $X_j^t$ โดยกำหนดให้ตัวแทนคำตอบของ $X_j^t$** ต้องสุ่มภายใน *Visual* ของ $X_i^t$ เท่านั้น ขั้นตอนที่สอง เป็นการตรวจสอบตัวแทนคำตอบของ $X_j^t$ ว่าอยู่ใน *Visual* ของ $X_i^t$ จริงหรือไม่ และในกรณีที่พบว่า $X_j^t$ มีคำตอบที่ดีกว่าดีกว่าคำตอบเดิม เมื่อ $f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$ (ในปัญหาที่ต้องการหาค่าต่ำที่สุด) จะทำขั้นตอนต่อไป ซึ่งในขั้นตอนที่สามจะนำตัวแทนคำตอบของ $X_i^t$ และ $X_j^t$ ไปหาตำแหน่งคำตอบใหม่โดยใช้สมการของพฤติกรรมหาอาหารของปลา และขั้นตอนสุดท้ายจะแปลงค่าที่ได้จากสมการให้กลับมาอยู่ในรูปของตัวแทนคำตอบเพื่อนำไปใช้แทนตำแหน่งคำตอบของ $X_i^{t+1}$ ดังนั้นในแต่ละพฤติกรรมของวิธีการ $AFSA-3$ และ $AFSA-4$ จะสามารถหาตำแหน่งคำตอบ $X_i^{t+1}$ ได้ตามสมการการเปลี่ยนตำแหน่งของพฤติกรรมนั้นๆ

จากวิธีการ AFSA ทั้ง 4 แบบ ที่กล่าวมา ธีรวัชร และ ขวัญนิธิ (2556) ได้นำทดลองหาคำตอบในปัญหาการสรรท่าเทียบเรือแบบผสมที่มีลักษณะท่าเรือเป็นแบบปกติ โดยพิจารณาปัญหา 3 ขนาด กำหนดให้ ปัญหาขนาดเล็กมีจำนวน เรือ 20 ลำ 5 ท่าเทียบเรือ ปัญหาขนาดกลางมีจำนวน เรือ 30 ลำ 5 ท่าเทียบเรือ และปัญหาขนาดใหญ่มีจำนวน เรือ 45 ลำ 7 ท่าเทียบเรือ ซึ่งทำการทดลองหาคำตอบซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง สามารถแสดงพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการทดลองดังตาราง 14

**ตาราง 14 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในงานวิจัยของธีรวัชร แก้วเปี้ย และขวัญนิธิ คำเมือง (2556)**

| Size | $n$ | *Visual* | *Step* | $\delta$ | *try_num* |
|---|---|---|---|---|---|
| เล็ก | 10,20 | 4.8 | 2.4 | 0.9 | $2^n$ |
| | | 2.4 | 1.2 | 0.6 | $2^n$ |
| | | 1.2 | 0.6 | 0.3 | $2^n$ |
| กลาง | 10,20 | 5.2 | 2.6 | 0.9 | $2^n$ |
| | | 2.6 | 1.3 | 0.6 | $2^n$ |
| | | 1.3 | 0.65 | 0.3 | $2^n$ |
| ใหญ่ | 10,20 | 5.8 | 2.9 | 0.9 | $2^n$ |
| | | 2.9 | 1.45 | 0.6 | $2^n$ |
| | | 1.45 | 0.72 | 0.3 | $2^n$ |

จากผลการทดลองหาคำตอบ AFSA ทั้ง 4 วิธีการ พบว่า ค่าคำตอบเฉลี่ยที่มีค่าดีที่สุดในการทดลองหาที่กำหนดให้ $n=$ 10 ตัว วนหาคำตอบ 1000 รอบ ในปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ พบว่าวิธีการ $AFSA-4$ สามารถหาคำตอบได้ดีที่สุด และในการทดลองหาที่กำหนดให้ $n=$ 20 ตัว วนหาคำตอบ 500 รอบ พบว่า ในปัญหาขนาดกลางและใหญ่วิธีการ $AFSA-4$ มีคำตอบที่ดีที่สุด แต่ในปัญหาขนาดเล็กนั้นพบค่าคำตอบเฉลี่ยที่ดีที่สุดในวิธีการ $AFSA-1$ ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลของค่าพารามิเตอร์ที่พบคำตอบได้ดังตาราง 15

**ตาราง 15 แสดงพารามิเตอร์ที่พบคำตอบเฉลี่ยที่มีค่าดีที่สุดของธีรวัชร แก้วเปี้ย และขวัญนิธิ คำเมือง**

| 10x1000 ($try_num = 20$) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Size | *AFSA* | *Visual* | *Step* | $\delta$ |
| เล็ก | $AFSA-4$ | 2.4 | 1.2 | 0.6 |
| กลาง | $AFSA-4$ | 5.2 | 2.6 | 0.9 |
| ใหญ่ | $AFSA-4$ | 5.8 | 2.9 | 0.9 |
| 20x500 ($try_num = 40$) | | | | |
| Size | *AFSA* | *Visual* | *Step* | $\delta$ |
| เล็ก | $AFSA-1$ | 1.2 | - | 0.3 |
| กลาง | $AFSA-4$ | 5.2 | 2.6 | 0.9 |
| ใหญ่ | $AFSA-4$ | 5.8 | 2.9 | 0.9 |

ดังนั้นจากการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของวิธีการ AFSA และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการ AFSA ทั้ง 4 วิธีการ พบว่าวิธีการ $AFSA-4$ มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบเฉลี่ยสำหรับปัญหาการจัดสรรท่าเทียบแบบผสมได้ดีที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำวิธีการ AFSA แบบที่ 4 มาประยุกต์ใช้สำหรับการแก้ไขปัญหาในงานวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยยังมีแนวความคิดในการพิจารณาถึงการปรับปรุงวิธีการ $AFSA-4$ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบ

**การปรับปรุงวิธีการ AFSA4**

จากการทบทวนวรรณกรรมของวิธีการ AFSA ในบทที่ 2 ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางในการปรับปรุงวิธีการ AFSA ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอการปรับปรุงลำดับของกระบวนการของวิธีการเลียนแบบการรวมกลุ่มของฝูงปลา ซึ่งวิธีการปรับปรุงนี้เป็นการจัดเรียงลำดับของกระบวนการหาคำตอบของวิธีการเลียนแบบการรวมกลุ่มของฝูงปลาใหม่ซึ่งแตกต่างไปจากวิธีการ $AFSA-4$ ในการปรับปรุงผู้วิจัยพิจารณาเงื่อนไขในการพิจารณาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ตามกันและพฤติกรรมการรวมกลุ่มของฝูงปลา เนื่องจากทั้ง 2 พฤติกรรมมีเงื่อนไขในการพิจารณาพฤติกรรมเหมือนกัน คือ การพิจารณาถึงค่าความหนาแน่นของกลุ่มปลา โดยมีค่าไม่เกินความหนาแน่นของกลุ่มปลาที่กำหนดไว้ $\left(\frac{nf}{n} < \delta\right)$ ดังนั้นผู้วิจัยเสนอวิธีการปรับปรุง AFSA แบบที่ 4 (Improve AFSA-4,

$IAFSA-4$) และนำเสนอผลการทดลองเปรียบเทียบกับปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบผสมที่มีท่าเทียบเรือแบบปกติ โดยวิธีการ $IAFSA-4$ มีรายละเอียดของวิธีการดังนี้

$step\ 1: Initialization_AF$

$Define(n, \delta, Rand(), try_number, Visual, Maxgen, t=1)$

$initialize\ fish\ positions, X_i^t\ \forall i=1\ldots n$

$step\ 2: Check\ t\ (For\ each\ AF)$

$if: t \geq Maxgen \rightarrow stop\ AFSA$

$else: go\ to\ step\ 3$

$step\ 3: swarm$

$if: AF\ in\ Visual = \phi\ or\ (nf/n) \geq \delta$

$go\ to\ follow$

$else: let\ X_c^t = Center(AF\ in\ Visual)$

$if: f_{obj}(X_c^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + \frac{X_c^t - X_i^t}{\| X_c^t - X_i^t \|} \times Step \times Rand()$$

$go\ to\ step\ 2$

$else: go\ to\ follow$

$step\ 4: follow$

$if: AF\ in\ Visual = \phi\ or\ (nf/n) \geq \delta$

$go\ to\ prey$

$else: let\ X_f^t = Best(AF\ in\ Visual)$

$if: f_{obj}(X_f^t) < f_{obj}(X_i^t)$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + \frac{X_f^t - X_i^t}{\| X_f^t - X_i^t \|} \times Step \times Rand()$$

$go\ to\ step\ 2$

$else: go\ to\ prey$

$$step\ 5: prey$$

$$let\ X_j^t = X_i^t + Visual \times Rand()$$

$$Do$$

$$if: f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + \frac{X_j^t - X_i^t}{\| X_j^t - X_i^t \|} \times Step \times Rand()$$

$$go\ to\ step\ 2$$

$$While\ current_try_number \le try_number$$

$$go\ to\ move$$

$$step\ 6: move$$

$$let\ X_j = Random(new_position)$$

$$if: f_{obj}(X_j^t) < f_{obj}(X_i^t)$$

$$X_i^{t+1} = X_j^t\ and\ go\ to\ step\ 2$$

$$else: X_i^{t+1} = X_i^t\ and\ go\ to\ step\ 2$$

จากลำดับขั้นของวิธีการ $IAFSA-4$ ข้างต้นมีรายละเอียดวิธีการหาคำตอบในแต่ละพฤติกรรมเช่นเดียวกับวิธีการ $AFSA-4$ แต่มีความแตกต่างใส่ส่วนของการจัดเรียงลำดับพฤติกรรม โดยวิธีการ $IAFSA-4$ นำพฤติกรรมการรวมกลุ่มของฝูงปลามาพิจารณาเป็นพฤติกรรมแรก แต่การจัดเรียงลำดับของ $AFSA-4$ นั้นพิจารณาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ตามกันเป็นพฤติกรรมแรก

การปรับปรุงวิธีการ $AFSA-4$ ดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าพฤติกรรมที่พบคำตอบดีที่สุดในแต่ละการทดลองสำหรับปัญหา HBAP และ HIBAP คือ พฤติกรรมการหาอาหารของปลา (P) ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ต้องกระทำก่อนพฤติกรรมการรวมกลุ่มของฝูงปลา (S) โดยพิจารณาได้จากตารางแสดงพฤติกรรมที่พบคำตอบดีที่สุดจากผลการทดลองเบื้องต้นจากการทดลอง 1 ครั้ง โดยใช้วิธีการ $AFSA-4$ ในภาคผนวก และนอกจากนี้ยังมีพฤติกรรมเคลื่อนที่ตามกัน (F) ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ต้องกระทำก่อนพฤติกรรมการรวมกลุ่มของฝูงปลาเช่นกัน โดยจะพิจารณาการหาตำแหน่งใหม่จากตำแหน่งปลาที่มีค่าคำตอบที่ดีที่สุดภายในระยะขอบเขตการมองเห็นของปลา ณ ตำแหน่งปัจจุบัน ซึ่งทำให้มีโอกาสที่จะขยับเข้าตำแหน่งใหม่ค่อนข้างสูงในพฤติกรรมนี้ ดังนั้นเป็นเหตุให้ผู้วิจัยปรับปรุงการจัดเรียงดับของวิธีการ $AFSA-4$ โดยนำพฤติกรรมการรวมกลุ่มของฝูงปลามาพิจารณาเป็นขั้นตอนแรก ซึ่งอาจจะช่วยเพิ่มโอกาสในพิจารณาการหาคำตอบในขั้นตอนของพฤติกรรมการรวมกลุ่มของฝูงปลาได้มากขึ้น ในลำดับถัดไป

ผู้วิจัยได้นำเสนอพารามิเตอร์ของวิธีการ AFSA ที่นำไปทดลองในปัญหา HIBAP โดยสามารถแสดงข้อมูลของพารามิเตอร์ได้ดังตาราง 16

**ตาราง 16 แสดงค่าพารามิเตอร์ $AFSA-4$ และ $IAFSA-4$ ในการทดลองเบื้องต้น**

| Size problem | $n \times Maxgen$ | $Visual$ | $Step$ | $\delta$ | $try_num$ |
|---|---|---|---|---|---|
| เล็ก | 10X500 | 30%,90% | 10%, 90% | 0.3, 0.9 | 10,20 |
| $\max(Visual) = 4.8$ | 20x250 | $\max(Visual)$ | $Visual$ | | |
| กลาง | 10X500 | 30%,90% | 10%, 90% | 0.3, 0.9 | 10,20 |
| $\max(Visual) = 6.8$ | 20x250 | $\max(Visual)$ | $Visual$ | | |
| ใหญ่ | 10X500 | 30%,90% | 10%, 90% | 0.3, 0.9 | 10,20 |
| $\max(Visual) = 7.3$ | 20x250 | $\max(Visual)$ | $Visual$ | | |

จากตารางกำหนดให้ $\max(Visual)$ ของปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ มีค่าท่ากับ4.8, 6.8 และ 7.3 ตามลำดับ ซึ่งแต่ละขนาดปัญหาจะพิจารณาพารามิเตอร์ทั้งหมดจำนวน 5 พารามิเตอร์ โดยทำการออกแบบการทดแบบ $2^5$ แฟคทอเรียลเต็มรูป จึงต้องทดลองทั้งหมด 32 การทดลอง ทำซ้ำ 5 ครั้ง ต่อหนึ่งขนาดปัญหา ซึ่งสามารถนำเสนอรายละเอียดผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้หลักการทางสถิติโดยใช้ข้อมูลจากตาราง 16 เพื่อนำไปพิจารณาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมไว้ในบทที่ 4