



Simulation of Path Planning for Artificial Intelligence-Based
Automatic Water Hyacinth Collection Boat System
การจำลองการวางแผนเส้นทางของเรือเก็บวัชพืชน้ำอัตโนมัติ

จัดทำโดย

นางสาวปรมัตต์ จันทร์หอม

รหัสนักศึกษา 6105064

เสนอ

ดร.เอกวิจน์ เชาว์วิชรัตน์

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา SCMA 498 โครงการวิจัย
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของโมเดลการวางแผนเส้นทางสำหรับเรือเก็บวัชพืชน้ำอัตโนมัติโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อช่วยลดเวลาและพลังงานในกระบวนการเก็บวัชพืชน้ำ โดยการศึกษาทดลองภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ที่จำลองขึ้นใน Pygame เครื่องมือพัฒนาเกมที่เขียนด้วยภาษา Python การทดสอบทำในรูปแบบการจำลองการเกิดวัชพืชน้ำแบบสุ่ม และได้ทดสอบแต่ละโมเดลการนำทาง ได้แก่ Nearest Triangle Navigation Model, K-means Clustering Navigation Model, และ K-means Re-Clustering Navigation Model โดยศึกษาผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลระยะทางรวมและระยะของศากการหมุนรวม เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมของแต่ละโมเดล ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าจากสถานการณ์ที่ต่างกัน คือ การเริ่มต้นของเรือที่จุด $(0,0)$ และ $(0,y)$ ส่งผลให้แต่ละโมเดลได้ผลลัพธ์ต่างกัน แต่หากพิจารณาการเริ่มต้นที่จุดเดียวกันก็พบว่า Nearest Triangle Navigation Model และ K-means Re-Clustering Navigation Model ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในแง่ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่ ส่วนองศาการหมุนรวม แต่ละโมเดลได้ผลลัพธ์ไม่ต่างกันมากนัก โดย Nearest Triangle Navigation Model ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด นอกจากนี้ จากการศึกษาเปรียบเทียบค่า K หากต้องการใช้ K-means Clustering Navigation Model ควรเลือกค่า K ที่น้อย และหากต้องการใช้ K-means Re-Clustering Navigation Model ควรเลือกค่า K ที่มาก เพื่อได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ผลลัพธ์เหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและพัฒนาเทคนิคการวางแผนเส้นทางเพื่อการจัดการวัชพืชน้ำในสภาพการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และยังเป็นพื้นฐานสำหรับการวิจัยและพัฒนาต่อยอดในอนาคต

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	1
สารบัญ.....	๗
สารบัญรูปภาพ.....	๙
สารบัญตาราง.....	๑
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
2.1 ผลกระทบของผักตบชวาต่อระบบนิเวศน้ำ	2
2.2 การใช้ปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่องในการจัดการวัชพืชน้ำ	2
2.3 การจำลองสถานการณ์ด้วยซอฟต์แวร์การจำลอง Pygame	3
2.4 การคลัสเตอร์ข้อมูล.....	4
2.5 การใช้อัลกอริธึมการคลัสเตอร์ในการวางแผนเส้นทางเรือกำจัดวัชพืช	4
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	6
3.1 การออกแบบโมเดลและการจำลอง.....	6
3.2 การเตรียมการและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	7
3.3 การวิเคราะห์และการประเมินผลข้อมูล	7
บทที่ 4 ผลการวิจัย	9
4.1 ผลลัพธ์จากการจำลองการเคลื่อนที่ของเรือกำจัดวัชพืชน้ำ	9
4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถของโมเดล	13
4.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่า K	14
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล.....	16

5.1 สรุปผลการวิจัย	16
5.2 การอภิปรายผล	17
5.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ	17
เอกสารอ้างอิง	18
ภาคผนวก	19
A: โค้ดและเอกสารอ้างอิง	19

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการจำลองเคลื่อนที่เรือกำจัดวัชพืชน้ำ.....	3
รูปที่ 4.1: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลที่ตำแหน่ง (0,0)	13
รูปที่ 4.2: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลที่ตำแหน่ง (0,-y)	14
รูปที่ 4.3: การเปรียบเทียบค่า K ของ K-means Clustering Navigation Model.....	14
รูปที่ 4.4: การเปรียบเทียบค่า K ของ K-means re-Clustering Navigation Model.....	15

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 สถิติของระยะทางและองศาการหมุนสำหรับโมเดลการนำทางเรือต่างๆ.....	9-13
---	------

บทที่ 1

บทนำ

การขยายพันธุ์และการแพร่กระจายของวัชพืชน้ำในแหล่งน้ำทั้งสาธารณะและเอกชนเป็นปัญหาทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในหลายประเทศทั่วโลก ในประเทศไทย ผักตบชวาเป็นหนึ่งในวัชพืชที่เป็นปัญหาสำคัญ เนื่องจากการกระจายตัวที่กว้างขวางและเร็วทำให้คุณภาพของน้ำในพื้นที่ต่างๆ เสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ระบบนิเวศวิทยาของน้ำได้รับผลกระทบอย่างหนัก กรมชลประทานได้ประเมินว่าประสิทธิภาพในการส่งน้ำและการระบายน้ำลดลงถึง 40 - 70 เปอร์เซ็นต์เนื่องจากการอุดตันของผักตบชวา และต้องใช้งบประมาณไม่น้อยกว่า 65 ล้านบาทต่อปีเพื่อการกำจัดวัชพืชเหล่านี้ [1]

การจัดการวัชพืชน้ำจึงเป็นหัวข้อวิจัยที่มีความจำเป็นและเร่งด่วน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาและประเมินผลโมเดลการวางแผนเส้นทางการนำทางอัตโนมัติสำหรับเรือกำจัดวัชพืชน้ำ โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ โดยมุ่งเน้นไปที่การลดการใช้พลังงานและเวลาที่จำเป็นในกระบวนการกำจัดผักตบชวา ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพของกระบวนการกำจัดและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ขอบเขตของการวิจัยนี้จำกัดอยู่ที่การทดสอบภายในสภาพแวดล้อมการจำลองที่สร้างขึ้นในระบบ Pygame โดยใช้ภาษา Python การทดสอบแต่ละโมเดลจะมีการจำลองการเกิดของวัชพืชน้ำแบบสุ่มในลักษณะที่เหมือนกัน คือ เริ่มต้นด้วยการวางตำแหน่งผักตบชวา 50 จุดแบบสุ่ม โดยเพิ่ม 10 จุดใหม่ทุก 10 วินาทีจนครบ 100 จุด ทดสอบซ้ำใน 100 สถานการณ์ต่างๆ สำหรับแต่ละโมเดล และกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นสำหรับแต่ละโมเดล สองแบบคือ จุดกลาง (0,0) และตำแหน่งกลางล่างสุด (0,-y) ของขอบเขตโมเดล นอกจากนี้โมเดลที่เริ่มต้นที่ (0,-y) มีข้อกำหนดว่าต้องกำจัดวัชพืชได้ไม่เกิน 10 จุดต่อหนึ่งรอบ และจำเป็นต้องกลับไปยังจุดเริ่มต้นหลังจากที่การกำจัดสามเหลี่ยมครบต่อรอบ ซึ่งมีรูปแบบการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน 3 โมเดล ดังนี้: Nearest Triangle Navigation Model, K-means Clustering Navigation Model, และ K-means Re-Clustering Navigation Model โดยมีการเก็บข้อมูลระยะทางรวม และองศามุมการหมุนรวมเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแต่ละโมเดล การนำทางที่พัฒนาขึ้น

ผลการศึกษาจะช่วยเสนอกลยุทธ์ใหม่ๆ ในการจัดการกับปัญหาวัชพืชน้ำที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช, ลดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ, และปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยรวม ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงคุณภาพชีวิตและความยั่งยืนของทรัพยากรน้ำ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การควบคุมและจัดการวัชพืชน้ำเป็นประเด็นสำคัญในการอนุรักษ์และการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืน ผักตบชวาได้รับการจัดอันดับว่าเป็นหนึ่งในวัชพืชน้ำที่เป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้ลายระบบนิเวศน้ำทั่วโลก การศึกษานี้มุ่งหวังที่จะประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ในการวางแผนเส้นทางอัตโนมัติสำหรับเรือกำจัดวัชพืชน้ำ โดยใช้ผักตบชวาเป็นกรณีศึกษา บทนี้จะทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำเสนอความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการพัฒนาโมเดลการวางแผนเส้นทางอัตโนมัติ

2.1 ผลกระทบของผักตบชวาต่อระบบนิเวศน้ำ

ผักตบชวา (Water Hyacinth) ส่งผลกระทบร้ายแรงต่อระบบนิเวศน้ำจืด ทั้งในด้านกายภาพและชีวภาพโดยการบดบังแสงแดดและลดออกซิเจนในน้ำ การเติบโตอย่างรวดเร็วของวัชพืชน้ำทำให้เกิดการแย่งชิงทรัพยากรชีวภาพกับพืชน้ำพื้นเมือง ส่งผลให้ความหลากหลายทางชีวภาพและผลผลิตของพืชน้ำลดลง ผลกระทบเหล่านี้ส่งผลให้ความสามารถในการผลิตออกซิเจนของพืชน้ำลดลง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนชีวิตในน้ำ ในแง่ของการจัดการวัชพืช ข้อมูลชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาแนวทางการควบคุมและกำจัดผักตบชวาที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน โดยการใช้เทคโนโลยีที่ลดผลกระทบต่อระบบนิเวศน้ำและคุณภาพน้ำในระยะยาว การใช้แนวทางด้านวิทยาศาสตร์ในการจัดการวัชพืชน้ำจึงไม่เพียงแต่จำเป็นต่อการรักษาระบบนิเวศน้ำและคุณภาพน้ำเท่านั้น แต่ยังช่วยให้สามารถประเมินผลกระทบของวิธีการจัดการต่างๆ ต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมอีกด้วย [2]

2.2 การใช้ปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่องในการจัดการวัชพืชน้ำ

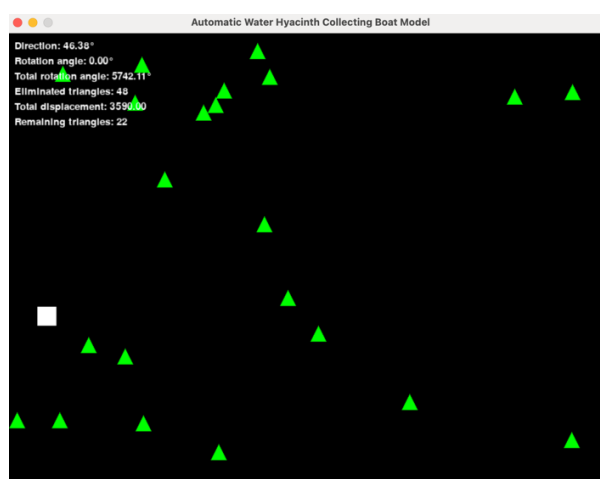
การใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) เป็นกลยุทธ์หลักในการแก้ไขปัญหาการแพร่กระจายของวัชพืชน้ำ มีการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิคเหล่านี้อย่างกว้างขวางในการตรวจจับและกำจัดวัชพืชในระบบนิเวศน้ำ ตัวอย่างเช่น ตามการศึกษาโดย Ghatrehsamani et al. (2023), มีการพัฒนาแพลตฟอร์ม AI สำหรับการวิเคราะห์ภาพจากข้อมูลเซ็นเซอร์และภาพถ่ายเพื่อระบุและแยกแยะพื้นที่ความหนาแน่นสูงของวัชพืช โดยใช้การจำแนกประเภทแบบจำลองเฝ้าดู [3] และในการศึกษาของ Adeniji et al. (2023), ทำการวิจัยการใช้หุ่นยนต์ AI ในการกำจัดวัชพืชน้ำ โดยหุ่นยนต์เหล่านี้ออกแบบมาเพื่อเคลื่อนที่อย่างอิสระในระบบนิเวศน้ำ และสามารถตรวจจับพื้นที่ที่ต้องการการกำจัดอย่างเฉพาะเจาะจง นอกจากนี้ยังช่วยลดความต้องการใช้แรงงานมนุษย์ในกระบวนการกำจัดวัชพืชซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการดำเนินงาน [4]

การบูรณาการของ AI ในการจัดการวัชพืชน้ำไม่เพียงแต่เพิ่มความสามารถในการตรวจจับและกำจัดวัชพืชได้ตรงจุดและอย่างมีประสิทธิภาพเท่านั้น แต่ยังช่วยให้สามารถปรับเปลี่ยนแผนการจัดการตามความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้อย่างยืดหยุ่น และนำไปสู่การลดผลกระทบต่อระบบนิเวศน้ำ

2.3 การจำลองสถานการณ์ด้วยซอฟต์แวร์การจำลอง Pygame

การใช้งานซอฟต์แวร์การจำลองในการวิจัยเป็นส่วนสำคัญในการทดสอบและพัฒนาทฤษฎีใหม่ๆ ก่อนการนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมจริง การใช้ซอฟต์แวร์การจำลองอย่าง Pygame ซึ่งเป็นไลบรารีภาษา Python ที่ออกแบบมาเพื่อการพัฒนาเกม มีความสามารถในการจำลองกราฟิกและการโต้ตอบแบบเรียลไทม์ ซึ่งทำให้สามารถสร้างสถานการณ์การจำลองที่มีความซับซ้อนและเป็นระบบได้อย่างแม่นยำ จึงได้รับการใช้งานอย่างกว้างขวางในการจำลองสถานการณ์ต่างๆ ในงานวิจัย [5]

การพัฒนาและการทดสอบอัลกอริธึมการนำทางสำหรับเรือกำจัดวัชพืชน้ำในสภาพแวดล้อมที่ควบคุม การใช้ Pygame จึงเหมาะสมในการวิจัยนี้ เนื่องจาก Pygame สามารถสร้างโมเดลการเคลื่อนที่ของเรือและการกระจายตัวของวัชพืชในน้ำ ทำให้สามารถทดสอบการตอบสนองของอัลกอริธึมในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน และวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อการปฏิบัติการจริง นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถทำการปรับเปลี่ยนและปรับปรุงอัลกอริธึมได้โดยไม่ต้องเสี่ยงกับอุปกรณ์หรือทรัพยากรจริง ๆ ในระหว่างกระบวนการพัฒนา และช่วยให้นักวิจัยสามารถทดสอบสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมภายใต้สภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ดี



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการจำลองเคลื่อนที่เรือกำจัดวัชพืชน้ำ

2.4 การคลัสเตอร์ข้อมูล

การคลัสเตอร์ข้อมูลคือกระบวนการจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันเข้าด้วยกัน เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และใช้งาน วัตถุประสงค์หลักคือการแยกข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกันออกจากชุดข้อมูลใหญ่ โดยข้อมูลในกลุ่มเดียวกันมีความคล้ายคลึงกันมากกว่าข้อมูลในกลุ่มอื่นๆ ซึ่งช่วยให้สามารถวิเคราะห์และสรุปข้อมูลได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างเทคนิคการคลัสเตอร์ข้อมูล ดังนี้

1. การแบ่งกลุ่มโดยจุดศูนย์กลาง (Centroid-based Clustering): การจัดกลุ่มข้อมูลโดยกำหนดจุดศูนย์กลางสำหรับแต่ละกลุ่มและจัดให้ข้อมูลที่ใกล้จุดศูนย์กลางนั้นมากที่สุด
2. การคลัสเตอร์แบบลำดับขั้น (Hierarchical Clustering): สร้างลำดับขั้นของกลุ่มโดยเริ่มจากข้อมูลแต่ละตัวเป็นกลุ่มเดี่ยวและรวมกลุ่มที่ใกล้ที่สุดจนกว่าจะได้กลุ่มใหญ่
3. การคลัสเตอร์ตามความหนาแน่น (Density-based Clustering): จัดกลุ่มข้อมูลตามพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของข้อมูลสูง

การคลัสเตอร์ข้อมูลเป็นเครื่องมือช่วยให้เข้าใจข้อมูลได้ดีขึ้น และยังเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยเฉพาะในการตรวจหาแนวโน้มหรือการสรุปลักษณะเฉพาะของข้อมูล นอกจากนี้ยังมีความสำคัญในการสร้างฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าถึงและการใช้งานข้อมูลในอนาคต

2.5 การใช้อัลกอริธึมการคลัสเตอร์ในการวางแผนเส้นทางเรือกำจัดวัชพืช

การจำลองการนำทางและเส้นทางสำหรับเรือเก็บวัชพืชน้ำ โดยใช้อัลกอริธึมการคลัสเตอร์เป็นส่วนสำคัญในการจำแนกและจัดกลุ่มวัชพืชน้ำ อัลกอริธึมการคลัสเตอร์ที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย:

2.5.1 การคลัสเตอร์ K-means: ใน K-means Clustering Navigation Model นี้ เป็นเทคนิคการจัดกลุ่มแบบจุดศูนย์กลาง เทคนิคนี้แบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มตามความคล้ายคลึงกันของข้อมูลโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดผลรวมของระยะห่างในกำลังสองระหว่างจุดข้อมูลและศูนย์กลางของกลุ่ม (centroid) ที่ถูกจัด

2.5.1.1 วิธีการทำงานของ K-means มีดังนี้

1. กำหนดจำนวนกลุ่ม (k): เริ่มต้นโดยกำหนดจำนวนกลุ่ม k ที่ต้องการจัดกลุ่มข้อมูล
2. การเลือกจุดศูนย์กลางแบบสุ่ม: จุดศูนย์กลางเริ่มต้นของแต่ละกลุ่ม (centroids) จะถูกเลือกขึ้นมาแบบสุ่มจากข้อมูลที่มี
3. การจัดกลุ่มข้อมูล: ข้อมูลแต่ละจุดจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ศูนย์กลางของมันมีระยะห่างน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับจุดศูนย์กลางกลุ่มอื่นๆ

4. การปรับปรุงศูนย์กลางกลุ่ม: หลังจากที่มีข้อมูลถูกจัดกลุ่มแล้ว, จุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มจะถูกคำนวณใหม่โดยการหาค่าเฉลี่ยของทุกจุดในกลุ่มนั้นๆ
5. การทำซ้ำ: ขั้นตอนที่สามและสี่จะถูกทำซ้ำจนกระทั่งจุดศูนย์กลางของกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือไม่มีเลย (เสถียร), หรือจนกว่าจะถึงจำนวนการทำซ้ำสูงสุดที่กำหนดไว้

2.5.1.2 การใช้งาน K-means

การคลัสเตอร์ K-means นิยมใช้ในหลากหลายสาขาวิชาเพื่อการจัดกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน, การจำแนกประเภทข้อมูล, การลดมิติของข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ที่ง่ายขึ้น, และการปรับปรุงความเข้าใจในโครงสร้างของข้อมูล

K-means เป็นเทคนิคที่เรียบง่ายแต่มีประสิทธิภาพสูงในการหากลุ่มข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกัน, แต่อาจมีข้อจำกัดในบางสถานการณ์ เช่น การที่ต้องกำหนดจำนวนกลุ่มล่วงหน้าและการที่อาจไม่เหมาะกับข้อมูลที่มีรูปแบบการกระจายที่ซับซ้อนหรือกลุ่มที่มีขนาดต่างกันอย่างมาก

ในโมเดลนี้ ใช้ค่า K ที่แตกต่างกันถูกทดลองใช้เพื่อกำหนดจำนวนกลุ่มวัชพืชที่เหมาะสมที่สุด โดยเริ่มจากกลุ่มที่ใกล้เคียงกับเรือในการเริ่มต้นการกำจัด

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

บทนี้อธิบายวิธีการที่ใช้ในการศึกษาและพัฒนากระบวนการวางแผนเส้นทางอัตโนมัติสำหรับเรือเก็บวัชพืชน้ำ โดยใช้แนวทางที่เหมาะสมกับการวิจัยในด้านคณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์ และคณิตศาสตร์ประยุกต์ ตามลักษณะงานวิจัยที่กล่าวมาด้านบน รายละเอียดของการวิจัยแต่ละขั้นตอนจะรวมถึงการเลือกใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์เชิงตัวเลข และการวัดประสิทธิภาพของระบบ ดังนี้:

3.1 การออกแบบโมเดลและการจำลอง

พัฒนาโมเดลการจำลองการเคลื่อนที่ของเรือกำจัดวัชพืชในสภาพแวดล้อมจำลองที่สร้างขึ้นด้วย Pygame ใน Python โดยมีรายละเอียดดังนี้:

1. การกำหนดพารามิเตอร์: การจำลองเริ่มต้นด้วยการวางสามเหลี่ยม 50 จุดแทนวัชพืชน้ำ และเพิ่มอีก 10 จุดใหม่ทุก 10 วินาทีจนครบ 100 จุด การทดสอบจะทำซ้ำใน 100 สถานการณ์ต่างๆ โดยแต่ละสถานการณ์จะใช้รูปแบบการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันตามแต่ละโมเดล
2. การออกแบบและการจำลองกระบวนการ: การเคลื่อนที่ของเรือจะถูกจำลองตามอัลกอริธึมที่กำหนด โดยมีการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นและจบของเรือสองแบบคือจุดกลาง (0,0) เพื่อเริ่มจากศูนย์กลางของการจำลองและตำแหน่งกลางล่างสุด (0,-y) นอกจากนี้โมเดลที่เริ่มต้นที่ (0,-y) มีข้อกำหนดว่าต้องกำจัดวัชพืชได้ไม่เกิน 10 จุดต่อหนึ่งรอบ และจำเป็นต้องกลับไปยังจุดเริ่มต้นหลังจากที่การกำจัดสามเหลี่ยมครบรอบรอบ ซึ่งเป็นการทดสอบสถานการณ์การกลับสู่สถานีเริ่มต้นหรือสถานีจบการเดินทางในเงื่อนไขแตกต่างกัน
3. การประยุกต์ใช้อัลกอริธึมการคลัสเตอร์ในการวางแผนเส้นทางเรือกำจัดวัชพืช: การคลัสเตอร์ช่วยให้เรือสามารถทำการกำจัดวัชพืชได้อย่างมีระเบียบและลำดับความสำคัญ ลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัด
 - การประยุกต์ใช้คลัสเตอร์ K-means: การใช้อัลกอริธึม K-means ในรูปแบบที่ประยุกต์ ใน K-means Re-Clustering Navigation Model นี้ พัฒนาเพื่อให้เรือสามารถจัดการกับการเพิ่มจำนวนวัชพืชหรือเมื่อเรือกำลังจะกลับสู่สถานีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยวัชพืชที่ถูกแบ่งด้วย K-means ใหม่ทุกครั้งที่มีการเพิ่มวัชพืชหรือเรือกลับสถานี การจัดกลุ่มนี้ช่วยให้เรือสามารถระบุและกำจัดกลุ่มวัชพืชที่ใกล้ที่สุดจนหมดได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

4. โมเดลการนำทาง

- 4.1 Nearest Triangle Navigation Model: เรือกำจัดวัชพืชที่ใกล้ที่สุดไปเรื่อย ๆ จนหมด
- 4.2 K-means Clustering Navigation Model: เรือกำจัดกลุ่มวัชพืชที่ถูกแบ่งด้วย K-means โดยเริ่มกำจัดจากกลุ่มที่ใกล้ที่สุดจนหมด
- 4.3 K-means re-Clustering Navigation Model: เรือกำจัดกลุ่มวัชพืชที่ถูกแบ่งด้วย K-means ใหม่ทุกครั้งที่มีการเพิ่มวัชพืชหรือเรือกลับสถานี

3.2 การเตรียมการและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การติดตั้งและเริ่มการจำลอง: เริ่มต้นการจำลองด้วยการสร้างสามเหลี่ยมตามที่กำหนด พารามิเตอร์ไว้ ทำการจำลองจะทำซ้ำใน 100 สถานการณ์ต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแต่ละโมเดล
2. การเก็บข้อมูล: ในแต่ละรอบการจำลองของแต่ละโมเดล บันทึกด้วยไฟล์ CSV ประกอบด้วย
 - ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่ (Total Displacement): วัดระยะทางทั้งหมดที่เรือเคลื่อนที่เพื่อกำจัดวัชพืชน้ำ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเรือในการใช้พลังงานและเวลาอย่างเหมาะสมในการทำงาน
 - องศาการหมุนรวม (Total Rotation Angle): วัดองศาการหมุนรวมทั้งหมดที่เรือเคลื่อนที่เพื่อกำจัดวัชพืชน้ำ เพื่อบ่งบอกถึงความซับซ้อนของเส้นทางเรือ ซึ่งองศาการหมุนรวมที่น้อยหมายถึงการเปลี่ยนทิศทางน้อยลงและการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพ

3.3 การวิเคราะห์และการประเมินผลข้อมูล

1. การคำนวณพารามิเตอร์การเคลื่อนที่: ใช้ข้อมูลจากการจำลองการเคลื่อนที่ของเรือเพื่อวัดระยะทางรวมที่เดินทางและองศาการหมุนรวมที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบการทดสอบ โดยการวัดระยะทางรวมและองศาการหมุนรวมจะช่วยกำหนดประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของเรือและความเหมาะสมของแต่ละโมเดลการนำทางที่ตั้งไว้
2. การวิเคราะห์และการประเมินผลข้อมูล: ใช้โค้ด Python ในการอ่านข้อมูลจากไฟล์ CSV และรวบรวมเป็น DataFrame และวิเคราะห์สถิติเบื้องต้นหาค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (std) สำหรับระยะทางรวมและองศาการหมุนรวม

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลลัพธ์จากการจำลองการเคลื่อนที่ของเรือกำจัดวัชพืชน้ำ

การศึกษานี้ได้ทดสอบโมเดลการนำทางต่างๆ ดังต่อไปนี้:

1. Nearest Triangle Navigation Model: เรือกำจัดวัชพืชที่ใกล้ที่สุดไปเรื่อย ๆ จนหมด
2. K-means Clustering Navigation Model: เรือกำจัดกลุ่มวัชพืชที่ถูกแบ่งด้วย K-means โดยเริ่มกำจัดจากกลุ่มที่ใกล้ที่สุดจนหมด โดยค่า $K = \{2,4,6,8,10\}$
3. K-means re-Clustering Navigation Model: เรือกำจัดกลุ่มวัชพืชที่ถูกแบ่งด้วย K-means ใหม่ทุกครั้งที่มีการเพิ่มวัชพืชหรือเรือกลับสถานี โดยค่า $K = \{2,4,6,8,10\}$

ดังตารางแสดงผลลัพธ์ด้านล่างนี้

ตารางที่ 4.1 สถิติของระยะทางและองศามุมการหมุนสำหรับโมเดลการนำทางเรือต่างๆ

ชื่อโมเดล	ตำแหน่งเริ่มต้นของเรือ	ค่า K	ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่		องศามุมการหมุนรวม	
			ระยะทางรวม	ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่	ระยะทางรวม	ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่
1.Nearest Triangle Navigation Model	(0,0)	-	9531.28	1214.00	9671.30	1162.22
1.Nearest Triangle Navigation Model	(0,-y)	-	8857.24	517.56	12267.03	1087.72

ชื่อโมเดล	ตำแหน่ง เริ่มต้น ของเรือ	ค่า K	ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่		องศาหมุนการหมุนรวม	
			ระยะทาง รวม	ระยะทาง รวม เมื่อ เปลี่ยน ทิศทาง	ระยะทาง รวม	ระยะทาง รวม เมื่อ เปลี่ยน ทิศทาง
2.K-means Clustering Navigation Model	(0,0)	2	9610.42	1132.43	9815.11	1171.33
2.K-means Clustering Navigation Model	(0,0)	4	9680.06	1121.97	9775.39	1119.52
2.K-means Clustering Navigation Model	(0,0)	6	9952.60	1259.10	10019.24	1030.43
2.K-means Clustering Navigation Model	(0,0)	8	9739.08	1122.87	9927.18	1072.93
2.K-means Clustering Navigation Model	(0,0)	10	10042.96	1144.40	10166.22	985.84
2.K-means Clustering Navigation Model	(0,-y)	2	9183.44	551.93	12428.29	999.07

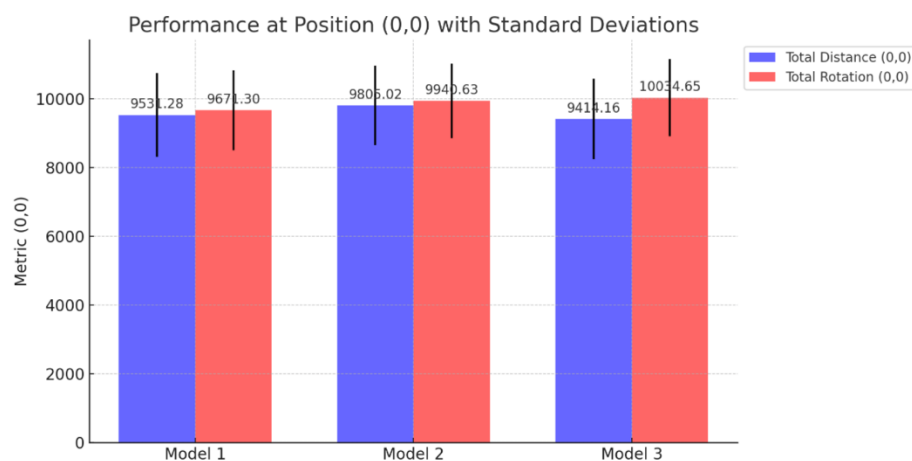
ชื่อโมเดล	ตำแหน่งเริ่มต้นของเรือ	ค่า K	ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่		องศาหมุนการหมุนรวม	
			ระยะทาง	พื้นที่ที่เรือเคลื่อนที่	ระยะทาง	พื้นที่ที่เรือเคลื่อนที่
2.K-means Clustering Navigation Model	(0,-y)	4	9481.10	498.05	12231.65	1007.11
2.K-means Clustering Navigation Model	(0,-y)	6	9492.70	540.37	12576.74	1066.70
2.K-means Clustering Navigation Model	(0,-y)	8	9556.64	443.48	12218.93	930.69
2.K-means Clustering Navigation Model	(0,-y)	10	9609.38	533.60	12467.57	990.27
3.K-means re-Clustering Navigation Model	(0,0)	2	9846.64	1154.10	10119.24	1068.40
3. K-means re-Clustering Navigation Model	(0,0)	4	9556.84	1117.83	9998.76	1177.05

ชื่อโมเดล	ตำแหน่ง เริ่มต้น ของเรือ	ค่า K	ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่		องศาหมุนการหมุนรวม	
			ระยะทาง รวม	ระยะทาง รวมที่เรือเคลื่อนที่	ระยะทาง รวม	ระยะทาง รวมที่เรือเคลื่อนที่
3.K-means re-Clustering Navigation Model	(0,0)	6	9233.44	1077.96	9994.66	1210.03
3.K-means re-Clustering Navigation Model	(0,0)	8	9314.88	1313.47	10170.93	1130.93
3.K-means re-Clustering Navigation Model	(0,0)	10	9119.02	1194.24	9889.68	1046.88
3.K-means re-Clustering Navigation Model	(0,-y)	2	9264.40	662.18	12377.15	1060.51
3.K-means re-Clustering Navigation Model	(0,-y)	4	9649.80	558.78	12225.87	1039.04
3.K-means re-Clustering Navigation Model	(0,-y)	6	9582.76	529.35	12497.31	1120.96

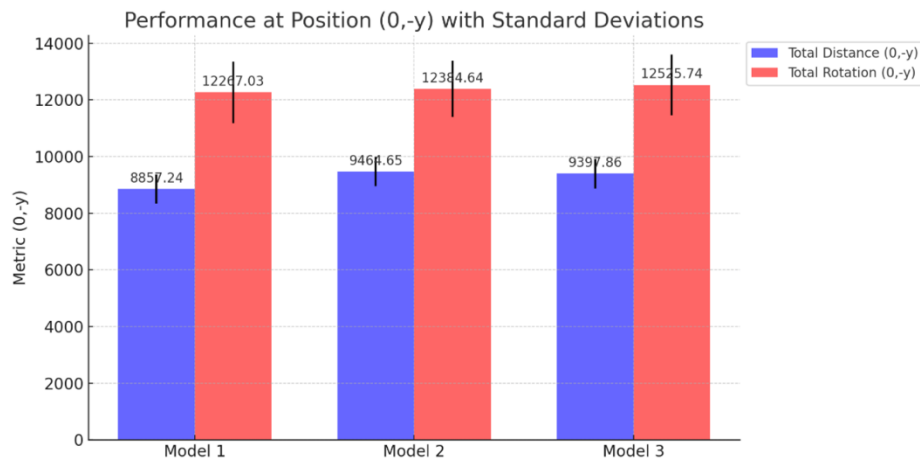
ชื่อโมเดล	ตำแหน่งเริ่มต้นของเรือ	ค่า K	ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่		องศาหมุนรวม	
			ระยะทาง	พื้นที่เดินทางรวม	ระยะทาง	พื้นที่เดินทางรวม
3.K-means re-Clustering Navigation Model	(0,-y)	8	9287.72	419.68	12700.51	1023.01
3.K-means re-Clustering Navigation Model	(0,-y)	10	9204.64	459.04	12827.86	1133.30

4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถของโมเดล

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลในการกำจัดวัชพืชน้ำ โดยใช้ระยะทางรวมที่เดินทางและมุมการหมุนรวมเป็นตัวชี้วัดหลัก การศึกษานี้วิเคราะห์ข้อมูลที่ตำแหน่งเริ่มต้นสองแห่งคือ (0,0) และ (0,-y) เพื่อตรวจสอบว่าตำแหน่งเริ่มต้นมีผลต่อความสามารถของแต่ละโมเดล แสดงตามกราฟ ดังนี้:



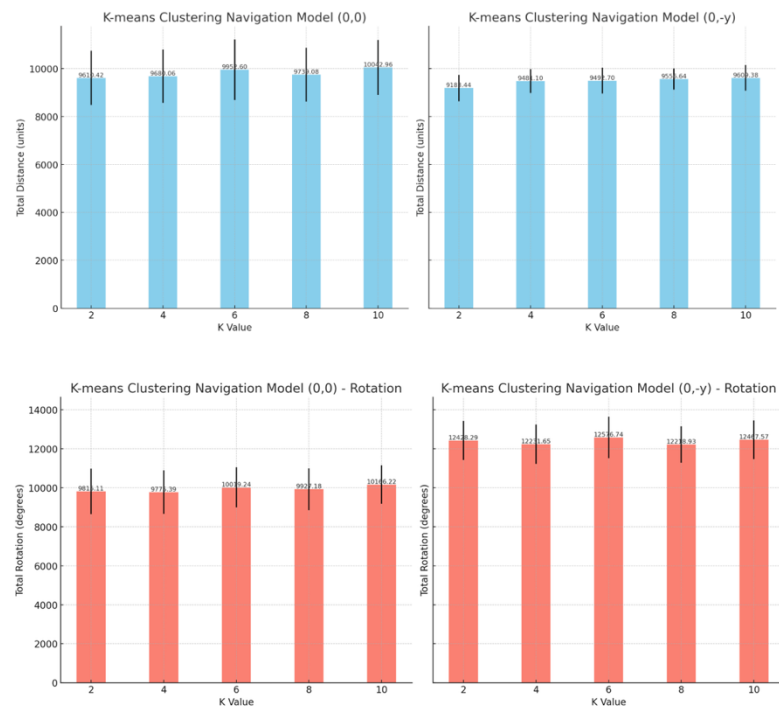
รูปที่ 4.1: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลที่ตำแหน่ง (0,0)



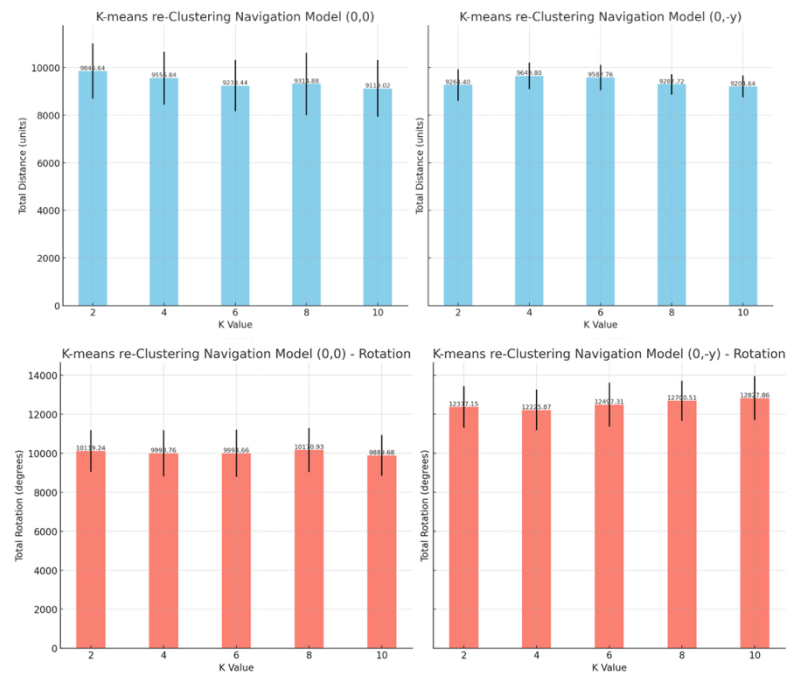
รูปที่ 4.2: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลที่ตำแหน่ง (0,-y)

4.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่า K

ค่า K คือจำนวนกลุ่มที่ข้อมูลจะถูกจัดกลุ่มใหม่ในแต่ละรอบของการจำลอง การใช้ค่า K ที่แตกต่างกันใน K-means Clustering Navigation Model และ K-means re-Clustering Navigation Model มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชน้ำ การเลือกค่า K ที่เหมาะสมสามารถช่วยให้การนำทางของเรือมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดระยะเวลาในการเดินทาง และลดการใช้พลังงาน วิเคราะห์ค่า K ที่ต่างกัน แสดงตามกราฟ ดังนี้:



รูปที่ 4.3: การเปรียบเทียบค่า K ของ K-means Clustering Navigation Model



รูปที่ 4.4: การเปรียบเทียบค่า K ของ K-means re-Clustering Navigation Model

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้ทำการทดลองและประเมินผลการใช้งานของโมเดลการนำทางอัตโนมัติ 3 โมเดล เพื่อกำจัดวัชพืชน้ำโดยเฉพาะผักตบชวา โดยเมื่อค่าระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่น้อย และค่าองศามุมการหมุนรวมน้อย จะมีประสิทธิภาพในการลดระยะทางการเดินทางและการใช้พลังงาน จากผลการวิจัยจึงพบว่า

5.1.1 การเปรียบเทียบระหว่างโมเดล:

จากรูป 4.1 และ 4.2 พบว่า โมเดลที่เรือออกจากจุดเริ่มต้น (0,0) K-means Re-Clustering Model มีระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่น้อยที่สุด ตามด้วย Nearest Triangle Navigation Model และ K-means Clustering Navigation Model ตามลำดับ ส่วนองศามุมการหมุนรวมที่น้อยที่สุดคือ Nearest Triangle Navigation Model ตามด้วย K-means Clustering Navigation Model และ K-means re-Clustering Navigation Model ตามลำดับ

โมเดลที่เรือออกจากจุดเริ่มต้น (0,y) Nearest Triangle Navigation Model มีระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่น้อยที่สุด ตามด้วย K-means Re-Clustering Model และ K-means Clustering Navigation Model ตามลำดับ ส่วนองศามุมการหมุนรวมที่น้อยที่สุดคือ K-means re-Clustering Navigation Model ตามด้วย K-means Clustering Navigation Model และ Nearest Triangle Navigation Model ตามลำดับ แต่มีค่าไม่ต่างกันมากนัก

5.1.2 การเปรียบเทียบระหว่างค่า K:

จากการพิจารณาเทียบค่า K การปรับตัวของแต่ละโมเดลต่อสภาวะที่เปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมของการจำลองสามารถประเมินได้จากการเปลี่ยนแปลงค่า K ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ควบคุมจำนวนกลุ่มในการคลัสเตอร์ ค่า K ที่เหมาะสมสามารถช่วยให้โมเดลการนำทางมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยลดระยะทางการเคลื่อนที่และเพิ่มความรวดเร็วในการกำจัดวัชพืช

- การวิเคราะห์รูปที่ 4.3: K-means Clustering Navigation Model

- ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่ (Total Distance): พบว่ายิ่งค่า K น้อย ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่จะน้อยตามไปด้วย
- องศาหมุนรวม (Total Rotation): พบว่ายิ่งค่า K น้อย องศาหมุนรวมจะน้อยตามไปด้วย
- การวิเคราะห์รูปที่ 4.4: K-means Re-Clustering Navigation Model
 - ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่ (Total Distance): พบว่ายิ่งค่า K มาก ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่จะน้อยตามไปด้วย โดยค่า K=10 มีระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่น้อยที่สุด
 - องศาหมุนรวม (Total Rotation): พบว่ายิ่งค่า K มาก องศาหมุนรวมจะน้อยตามไปด้วย โดยค่า K=10 มีองศาหมุนรวมน้อยที่สุด

5.2 การอภิปรายผล

จากงานวิจัยนี้พบว่าสถานการณ์ที่ต่างกัน คือ การเริ่มต้นของเรือที่จุด (0,0) และ (0,y) ส่งผลให้แต่ละโมเดลได้ผลลัพธ์ต่างกัน แต่หากพิจารณาการเริ่มต้นที่จุดเดียวกันก็พบว่า Nearest Triangle Navigation Model และ K-means Re-Clustering Navigation Model ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในแง่ระยะทางรวมที่เรือเคลื่อนที่ ส่วนองศาหมุนรวม แต่ละโมเดลได้ผลลัพธ์ไม่ต่างกันมากนัก โดย Nearest Triangle Navigation Model ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

นอกจากนี้ จากการศึกษาเปรียบเทียบค่า K หากต้องการใช้ K-means Clustering Navigation Model ควรเลือกค่า K ที่น้อย และหากต้องการใช้ K-means Re-Clustering Navigation Model ควรเลือกค่า K ที่มาก เพื่อได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

5.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดในด้านของสภาวะแวดล้อม การจำลองที่ยังไม่สามารถทดสอบในสภาวะแวดล้อมจริงได้อย่างเต็มที่ การวิจัยในอนาคตควรเน้นที่การทดสอบและปรับปรุงโมเดลในสภาวะแวดล้อมที่หลากหลายเพื่อเพิ่มความเข้าใจและปรับปรุงประสิทธิภาพของโมเดล การนำระบบประเมินผลมาใช้เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงโมเดลอย่างต่อเนื่องจะช่วยให้ผลลัพธ์มีความแม่นยำและเชื่อถือได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] คู่มือการใช้งาน “ระบบติดตาม ปริมาณผักตบชวา” โดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [2] Lahon, D., Sahariah, D., Debnath, J., Nath, N., Meraj, G., Farooq, M., Kanga, S., Singh, S., & Chand, K. (2023). Growth of water hyacinth biomass and its impact on the floristic composition of aquatic plants in a wetland ecosystem of the Brahmaputra floodplain of Assam, India. PeerJ, 11. <https://doi.org/10.7717/peerj.14811>.
- [3] Ghatrehsamani, S., Jha, G., Dutta, W., Molaei, F., Nazrul, F., Fortin, M., Bansal, S., Debangshi, U., & Neupane, J. (2023). Artificial Intelligence Tools and Techniques to Combat Herbicide Resistant Weeds—A Review. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su15031843>.
- [4] Adeniji, A., Jack, K., Idris, M., Oyewobi, S., Musa, H., & Oyelami, A. (2023). Deployment of an Artificial Intelligent Robot for Weed Management in Legumes Farmland. ABUAD Journal of Engineering Research and Development (AJERD). <https://doi.org/10.53982/ajerd.2023.0602.04-j>.
- [5] Hunt, J. (2019). Building Games with pygame. Advanced Guide to Python 3 Programming. <https://doi.org/10.1007/978-3-030->.

ภาคผนวก

A: โค้ดและเอกสารอ้างอิง

โค้ดและเอกสารทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์และจำลองสำหรับโครงการวิจัยนี้ได้ถูกจัดเก็บใน GitHub ภายใต้ repository ชื่อ "water-hyacinth-project" รหัสโค้ดและข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงได้โดยตรงผ่านลิงก์ด้านล่างนี้:

- GitHub Repository Link:

<https://github.com/Pingpongness/water-hyacinth-project>

- QR Code for Repository Access:



A.1 คำอธิบายไฟล์ใน Repository

Repository ประกอบด้วยไฟล์หลายประเภทซึ่งรวมถึง:

- โค้ดจำลอง (Simulation Code): ไฟล์ Python ที่ใช้ในการจำลองและวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ของเรือกำจัดวัชพืชน้ำ
- ข้อมูลผลลัพธ์ (Output Data): ข้อมูลที่ได้จากการจำลองในรูปแบบ CSV ที่บันทึกการเคลื่อนที่และค่าที่เกี่ยวข้อง
- เอกสารการวิจัย (Research Documentation): เอกสาร PDF ที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยนี้, รวมถึงรายงานฉบับสมบูรณ์

A.2 ขั้นตอนการใช้งาน

1. ดาวน์โหลด Repository: ใช้คำสั่ง `git clone https://github.com/Pingpongness/water-hyacinth-project.git` เพื่อคัดลอกโค้ดและไฟล์ที่จำเป็นทั้งหมดไปยังคอมพิวเตอร์
2. การติดตั้งและการตั้งค่า: ใช้คำสั่ง `pip install -r requirements.txt` ใน root directory ของ repository เพื่อติดตั้งไลบรารี Python ที่จำเป็น
3. การรันโค้ด: เปิดไฟล์ Python ตามที่ระบุในโฟลเดอร์โค้ดและใช้ IDE หรือเครื่องมือที่สนับสนุน Python เช่น Anaconda หรือ Jupyter Notebook ในการรันโค้ด

A.3 คำแนะนำเพิ่มเติม

ไฟล์ README.md ใน repository มีรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงการและวิธีการใช้งานโค้ด อ้างอิงเอกสารนี้เพื่อข้อมูลที่ละเอียดยิ่งขึ้น