รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ต้นแบบระบบหุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืชอัตโนมัติภายในโรงเรือนปลูกพืช

ประเภททุน ทุนพัฒนางานวิจัยประยุกต์ รหัสโครงการ KREF056103

ดร.จรสวรรณ โกยวานิช

ได้รับทุนสนับสนุนวิจัยจากกองทุนวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.2 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.3 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.4 เป้าหมาย/ผลงานหลักที่คาดว่าจะได้รับของโครงการ (Outputs)	4
1.5 ผู้ได้รับผลประโยชน์/ผู้นำผลงานไปใช้	5
1.6 ผลกระทบของโครงการ (Impacts)	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	10
3.1 แผนการวิจัย	11
3.2 ตารางแผนงานวิจัย	11
บทที่ 4 ผลการวิจัย	12
4.1 ระเบียบวิธีวิจัย	12
4.2 คำอธิบายแบบจำลอง	13
4.3 ผลการวิจัย	22
4.4 อภิปรายผล	22
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	23
5.1 สรุปผลการวิจัย	23
5.2 ข้อเสนอแนะ	24
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย	25
6.1 ผลผลิตงานวิจัย	25
เอกสารอ้างอิง	26
ภาคผนวก ก สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย	27
ประวัตินักวิจัย	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
ที่มาและความสำคัญ

เนื่องด้วยการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจโลกอันเป็นตัวขับเคลื่อนที่ทำให้ประเทศไทยจำเป็นที่จะต้องดำเนินการในการพัฒนาในหลายๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านอุปกรณ์การแพทย์ หุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ การขนส่งที่ทันสมัย และงานด้านการเกษตรที่ทันสมัย เป็นต้น ทั้งหมดนี้เพื่อที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ของการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน สำหรับการเกษตรยุคใหม่นั้น แม้ประเทศไทยจะถือได้ว่าเป็นหนึ่งในผู้ผลิตอาหารที่สำคัญของทวีปเอเชียแปซิฟิกและของโลก อย่างไรก็ดี นวัตกรรมและเทคโนโลยีในด้านการเกษตรพัฒนาไปอย่างล่าช้าตลอดระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา เมื่อเปรียบเทียบกับงานด้านอื่นๆ นอกจากนั้น จากการแข่งขันที่เพิ่มสูงขึ้นทั้งในประเทศและในระดับโลก กอปรกับปัญหาแรงงานของภาคการเกษตร สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป และความหลากหลายในเชิงผลิตภัณฑ์และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เทคโนโลยีจะเป็นส่วนช่วยพัฒนาในเรื่องของประสิทธิภาพในการทำงานให้เพิ่มสูงขึ้น เกิดการเพิ่มความสามารถในการผลิตและลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิต ผ่านการเก็บข้อมูลแบบทันท่วงที การวิเคราะห์ดูแลและควบคุมระบบ โดยงานวิจัยชิ้นนี้มุ่งหวังที่จะสร้างระบบที่สามารถนำไปใช้ภายในโรงเรือนอัจฉริยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของภาคการเกษตร เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายของอุตสาหกรรม 4.0 ต่อไป โดยระบบหุ่นยนต์ที่จะสร้างมาเพื่อประยุกต์ใช้ภายในโรงเรือนนั้น ประกอบไปด้วย ระบบหุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืช และหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืช

การวิจัยพัฒนาต้นแบบระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติด้านการเกษตรภายในโรงเรือนนี้ มีคุณสมบัติพิเศษกว่าระบบโรงเรือนที่มีอยู่ในประเทศไทย คือ การนำเอาระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติเข้ามามีส่วนช่วยในการผลิต ซึ่งโรงเรือนที่ติดตั้งในประเทศไทย ยังไม่มีการนำระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติมาประยุกต์ใช้กับโรงเรือนปลูกพืช การนำระบบอัตโนมัติเข้ามาประยุกต์ใช้นั้น จะช่วยลดต้นทุนทั้งในเรื่องของแรงงานคนและยังสามารถควบคุมการผลิตได้อย่างแม่นยำ โดยต้นแบบหุ่นยนต์ของงานวิจัยประยุกต์ในครั้งนี้ ประกอบไปด้วยระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติในการลำเลียงถาดปลูกพืชที่มีความสามารถในการขนย้ายถาดบรรจุพืชไปยังตำแหน่งที่ต้องการภายในโรงเรือน รวมถึงระบบหุ่นยนต์ให้น้ำพืชและสารอาหารพืชอัตโนมัติที่สามารถตั้งเวลาการรดน้ำได้อย่างเหมาะสมและซอฟแวร์ในการควบคุมระบบหุ่นยนต์ต่างๆ ทั้งหมดทั้งมวลเหล่านี้ จะสามารถเกิดขึ้นและใช้ได้จริง เนื่องด้วยวิสัยทัศน์ของคณะผู้วิจัย ที่ได้เล็งเห็นถึงประโยชน์ในการพัฒนาต้นแบบระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติด้านการเกษตรภายในโรงเรือน อันจะช่วยในการส่งเสริมด้านการเกษตรของประเทศให้มีการบูรณาการด้านเทคโนโลยีที่ทันสมัย เกิดความสามารถในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แข่งขันกับต่างประเทศ และช่วยลดปัญหาในด้านต่างๆ ของงานทางด้านการเกษตรของประเทศ และยังเป็นการยกระดับการทำการเกษตรแบบดั้งเดิม ไปสู่การเกษตรแบบอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถแก้ปัญหาด้านการขาดแคลนแรงงานส่งผลให้สามารถควบคุมต้นทุนในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยในครั้งนี้ มุ่งเน้นไปที่การปลูกพืชโดยใช้ดินที่ผ่านมาตรฐานอินทรีย์ เนื่องด้วยกระแสความตื่นตัวด้านสุขภาพ และสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริโภค "อาหารเพื่อสุขภาพ" ที่ปลอดภัยและมีประโยชน์ จึงเป็นเหตุให้พืชอินทรีย์เป็นพืชที่มีความต้องการในปัจจุบัน โดยพืชที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ ผักสลัดเรดโอ๊คและกรีนโอ๊ค (Red oak and green oak) ซึ่งเป็นผักสลัดยอดนิยมและเป็นที่ต้องการของตลาด สามารถเจริญเติบโตในดินที่มีค่าความเป็นกรดอยู่ที่ 6.0-6.5 ผักสลัดชนิดนี้มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังจากเพาะเมล็ด ภายใน 15-24 วัน เนื่องจากผักสลัด ดังกล่าวมีอัตราการเติบโตและสามารถเก็บผลผลิตได้เร็ว ทำให้นักวิจัยเลือกผักสลัดชนิดนี้เป็นพืชทดลอง ทั้งนี้ งานวิจัยต้นแบบระบบหุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืชอัตโนมัติภายในโรงเรือนปลูกพืชนั้น สามารถนำไปปรับใช้กับการเพาะปลูกพืชได้หลากหลายชนิด นอกจากนั้น การปลูกพืชอินทรีย์โดยวิธีการเพาะปลูกใช้ถาดปลูกพืชแทนการปลูกพืชบนพื้นดินนั้น มีข้อดีคือสามารถลดระยะเวลาการปรับปรุงดินเพื่อเตรียมการปลูกครั้งต่อไปได้ ซึ่งโดยปกติแล้วการปลูกพืชอินทรีย์ลงในแปลงดินแบบดั้งเดิมนั้น จะต้องไถกลบเศษพืชผักหลังการเก็บเกี่ยวและปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ จึงจะสามารถปลูกพืชในรอบต่อไปได้

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- เพื่อพัฒนาต้นแบบของระบบหุ่นยนต์ภายในโรงเรือนปลูกพืช
- เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืชทางใบโดยระบบอัตโนมัติ เพื่อลดแรงงานคนในการดูแลพืชในโรงเรือน
- เพื่อลดปัญหาด้านแรงงานและลดต้นทุนการเพาะปลูก
- เพื่อต่อยอดทางด้านอุตสาหกรรมการเกษตร ให้มีการใช้ระบบหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติต่างๆ ภายในโรงเรือนปลูกพืช
- เพื่อเพิ่มศักยภาพทางด้านการวิจัยพัฒนาและประยุกต์ใช้ระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติให้เหมาะสมกับการใช้งานในภาคเกษตรกรรม ในบริบทของประเทศไทย
- เพื่อลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ อันจะช่วยลดค่าใช้จ่ายให้แก่เกษตรกรไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

1.2.1 การสร้างต้นแบบโครงสร้างโรงเรือน

1.2.2 การสร้างต้นแบบระบบหุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืช

1.2.3 การสร้างต้นแบบระบบหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืช

1.2.4 การสร้างซอฟแวร์ควบคุมระบบหุ่นยนต์

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย

เนื่องด้วยเกษตรกรไทยโดยเฉลี่ยนั้นมีอายุที่เพิ่มสูงขึ้น แรงงานหนุ่มสาวก็ไม่มีความนิยมที่จะเข้ามาทำงานด้านการเกษตรเหมือนในอดีต สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนแรงงานในอนาคต ดังนั้น ในต่างประเทศจึงมีการนำเทคโนโลยีที่มีระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติเข้ามามีส่วนช่วยในภาคการเกษตรมากขึ้น อย่างไรก็ดี ประเทศไทยก็มีระบบโรงเรือนอัตโนมัติ แต่เป็นเพียงเทคโนโลยีที่อยู่ในขั้นพื้นฐานทั่วไป อันมีเพียงระบบเซ็นเซอร์ต่างๆ แต่ยังไม่มีผู้ผลิตหรือวิจัยในด้านระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับงานภายในโรงเรือนปลูกพืชอย่างจริงจัง ทางคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำเอาองค์ความรู้ที่มีอยู่ ประกอบกับประสบการณ์ตรงจากเกษตรกรในเครือข่ายที่มีการทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิด เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาออกแบบและสร้างระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติภายในโรงเรือน ให้มีความเหมาะสมต่อรูปแบบการทำงานภายในโรงเรือนและสอดคล้องกับความต้องการของเกษตรกรไทย โดยในการศึกษาเพื่อออกแบบระบบหุ่นยนต์ภายในโรงเรือน จะยึดหลักทฤษฎีการออกแบบหุ่นยนต์ (Robot principle) (John J. Craig, 2004) ซึ่งในการออกแบบหุ่นยนต์จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ 1. โครงสร้างหุ่นยนต์ โดยจากการศึกษาพบว่าโครงสร้างหุ่นยนต์ที่เหมาะสมกับการใช้งานภายในโรงเรือน เป็นโครงสร้างหุ่นยนต์ชนิด Cartesian Robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นทั้ง 3 แกน ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีการทำงานไม่ซับซ้อน มีโครงสร้างที่แข็งแรงสามารถขนย้ายวัสดุที่มีน้ำหนักมากได้ดี นอกจากนั้น ยังเป็นโครงสร้างที่บำรุงรักษาได้ง่าย ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเห็นควรว่าเป็นโครงสร้างหุ่นยนต์ที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ภายในโรงเรือนมากที่สุด 2. ระบบไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ อันเป็นระบบที่จะเข้ามามีส่วนช่วยในการขับเคลื่อนระบบหุ่นยนต์ ประกอบไปด้วยมอเตอร์และเซ็นเซอร์ต่างๆ ที่ใช้กับระบบหุ่นยนต์ภายในโรงเรือน และ 3. ระบบควบคุมหุ่นยนต์ อันมีส่วนในการควบคุมหุ่นยนต์ให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ โดยทางผู้วิจัยได้มีการศึกษาการทำงานในระบบต่างๆ ที่จะมาสนับสนุนการทำงานให้หุ่นยนต์สามารถนำไปใช้งานได้อย่างอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.4 เป้าหมาย/ผลงานหลักที่คาดว่าจะได้รับของโครงการ (Outputs)

- เกิดองค์ความรู้ใหม่ในด้านระบบโรงเรือน ระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ ที่ตอบโจทย์ความต้องการของภาคการเกษตรของประเทศไทย

- เกิดการผลิตและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรเพื่อตอบโจทย์ความต้องการของตลาด

- เกิดการต่อยอดผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าการลงทุนในภาคการเกษตร

- เกิดการนำผลลัพธ์ของโครงการไปใช้ประโยชน์ โดยกลุ่มเป้าหมายของโครงการ เช่น ภาคอุตสาหกรรมด้านการเกษตร กลุ่มเกษตรกรปลูกพืชมูลค่าสูง และกลุ่มนักลงทุนด้านการเกษตรสมัยใหม่ เป็นต้น

- เกิดการสร้างต้นแบบโรงเรือนปลูกพืชอัตโนมัติที่มีระบบหุ่นยนต์ต้นแบบ และควบคุมต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.4.1 ต้นแบบโครงสร้างโรงเรือน

- ต้นแบบโรงเรือนปลูกพืชขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2.5 เมตร สูง 2 เมตร จำนวน 1 โรงเรือน

- หลังคาโรงเรือนเป็นหลังคาทรงโค้งและคลุมด้วยพลาสติกใสสำหรับมุงหลังคา

- ด้านข้างโรงเรือนติดตั้งด้วยมุ้งสำหรับกันแมลง และคลุมทับด้วยพลาสติกใสซึ่งสามารถเปิด – ปิดพลาสติกใสได้ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

- พลาสติกใสคลุมโรงเรือนมีความเร็วในการเปิด - ปิด ไม่ต่ำกว่า 5 เซนติเมตรต่อวินาที

1.4.2 ต้นแบบระบบหุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืช

- ต้นแบบหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยระบบอัตโนมัติผ่านชุดควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล

- ต้นแบบหุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืชสามารถขนย้ายถาดปลูกพืชไปยังตำแหน่งที่ต้องการภายในโรงเรือนได้อย่างแม่นยำ

- ต้นแบบหุ่นยนต์ลำเลียงถาดสามารถลำเลียงถาดปลูกพืชครั้งละ 1 ถาด และสามารถยกน้ำหนักได้ไม่เกิน 20 กิโลกรัมต่อครั้ง

- ต้นแบบหุ่นยนต์ลำเลียงสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่ต่ำกว่า 5 เซนติเมตรต่อวินาที โดยขนาดถาดทดลองให้มีความยาว 350 เซนติเมตร กว้าง 270 เซนติเมตร และสูง 95 เซนติเมตร โดยน้ำหนักรวมของถาดทดลอง คือ 4 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.4.3 ต้นแบบระบบหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืช

- ต้นแบบหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืชทางใบ สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ภายในพื้นที่การทำงานของโรงเรือนที่กำหนดไว้ได้

- ต้นแบบหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารทางใบ สามารถปรับระยะความสูงให้เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดที่ปลูกภายในโรงเรือน

- ต้นแบบหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารทางใบ สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่ต่ำกว่า 5 เซนติเมตรต่อวินาที

- ต้นแบบหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารทางใบ สามารถให้น้ำและสารอาหารทางใบตามแนวกว้างในระยะ 1.5 เมตรของโรงเรือน

1.4.4 ซอฟแวร์ควบคุมระบบหุ่นยนต์

- สามารถควบคุมระบบหุ่นยนต์ต่างๆให้สามารถทำงานตามปัจจัยที่กำหนดได้

- สามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของหุ่นยนต์ระยะไกลได้

1.5 ผู้ได้รับผลประโยชน์/ผู้นำผลงานไปใช้

งานวิจัยในครั้งนี้จะช่วยต่อยอดเทคโนโลยีขององค์ความรู้ในเชิงวิชาการ โดยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถนำต้นแบบที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้และต่อยอดให้เกิดเทคโนโลยีใหม่ๆ ต่อไป ในส่วนของผลประโยชน์เชิงสังคมนั้น ผู้บริโภคผลิตผลทางการเกษตร จะได้รับคุณประโยชน์จากการรับประทานผลิตผลทางการเกษตรที่มีคุณภาพสูงขึ้น เกิดการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากการสูญเสียผลิตผลทางการเกษตรและการจำกัดขยะที่เกิดจากผลิตผลทางการเกษตรที่ไม่ได้คุณภาพ

หมายเหตุ จากการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร (Patent search) เพิ่มเติม พบว่า งานวิจัยเรื่องต้นแบบระบบหุ่นยนต์ ลำเลียงถาดปลูกผักสลัดอัตโนมัติภายในโรงเรือน ยังไม่พบผู้ที่จดสิทธิ์บัตรหรือจัดสร้างหุ่นยนต์ดังกล่าว ข้อมูล ณ วันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2561 จากฐานข้อมูลของกรมทรัพย์สินทางปัญญา

1.6 ผลกระทบของโครงการ (Impacts)

เทคโนโลยีทางการเกษตรได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรเป็นอย่างมาก เนื่องด้วยปัจจัยหลายอย่างที่เกิดขึ้น รวมถึงในปัจจุบันสภาพอากาศทั่วโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ภาวะโลกร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

นี้ ส่งผลทำให้ฤดูกาลต่างๆ เปลี่ยนแปลง เช่น ฝนตกนอกฤดูกาลหรือฝนแล้ง ทำให้เกิดการระบาดของโรคพืชและแมลงศัตรูพืชต่างๆ ซึ่งทำให้ผลผลิตทางการเกษตรไม่สามารถผลิตได้ตรงตามความต้องการของตลาด ส่งผลให้ราคาสินค้าทางการเกษตรไม่คงที่ ก่อให้เกิดปัญหาด้านเกษตรกรรมของประเทศ ดังนั้น เทคโนโลยีทางการเกษตรเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะช่วยให้การผลิตสินค้าทางการเกษตรมีความแม่นยำ ลดความเหนื่อยล้าจากการทำงาน ซึ่งแตกต่างจากการผลิตตามวิธีการแบบดั้งเดิมที่ต้องอาศัยธรรมชาติ และแรงงานจากสัตว์หรือมนุษย์เท่านั้น การนำเทคโนโลยีทางการเกษตรมาใช้ในการผลิตที่ถูกต้องและเหมาะสมนั้น นอกจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานแล้ว ยังเพิ่มผลผลิต ลดการสูญเสียผลผลิตในช่วงการเก็บเกี่ยว และเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรอีกด้วย ซึ่งโครงการวิจัยในครั้งนี้จะนำระบบอัตโนมัติต่างๆ มาประยุกต์ใช้ โดยจะช่วยในเรื่องของการควบคุมปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช การลดปัญหาด้านขาดแคลนแรงงานในภาคการเกษตร และยังสร้างกระบวนการผลิตที่มีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาผสมผสานในการทำการเกษตรสมัยใหม่

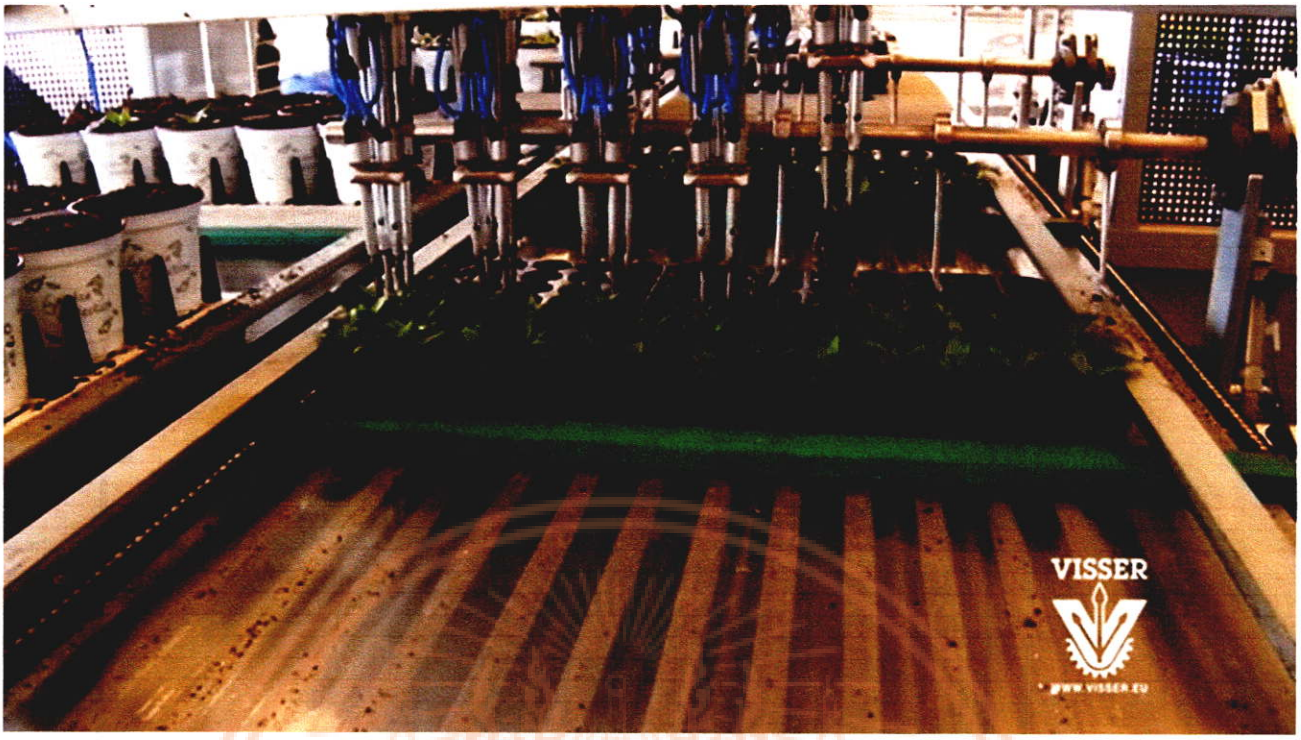
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาหุ่นยนต์ในด้านการเกษตรได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในหลายประเทศทั่วโลก ยกตัวอย่าง เช่นประเทศ เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป ออสเตรเลีย สาธารณรัฐไต้หวัน สาธารณรัฐเกาหลี และอินเดีย เป็นต้น (โต๊ะข่าวเกษตร, 2560) จากการศึกษาพบว่าในประเทศต่าง ๆ ได้มีการนำระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติมาช่วยในการเกษตรมากขึ้น เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการเกษตรและอาหารของโลก ทำให้ประเทศเนเธอร์แลนด์กลายเป็นต้นแบบ ในด้านความรู้ นวัตกรรมทางการเกษตรที่มีชื่อเสียง รวมถึงมีการศึกษาวิจัยและจัดสร้างรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่นำมาช่วยเรื่องของการ เกษตร อาทิเช่น บริษัท Visser Horti System ที่เป็นผู้จัดจำหน่ายระบบอัตโนมัติครบวงจรภายในโรงโรงเรือนขนาดใหญ่ (Visser Horti System, 2017) และพัฒนาระบบหุ่นยนต์ระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้งานในด้านเกษตร ตัวอย่างผลงานของบริษัทนี้ คือ ระบบเครนขนย้ายภายในโรงเรือน (ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2) ระบบเครนขนย้ายภายในโรงเรือนทำหน้าที่ช่วยในการขนย้าย ถาดเพาะปลูกพืชไปยังพื้นที่ที่ต้องการในแต่ละครั้งได้เป็นจำนวนมาก โดยระบบเครนประกอบไปด้วย 1. รางวิ่งที่ติดตั้งระหว่างเสา โรงเรือนทั้งสองด้านตลอดความยาวของโรงเรือน 2. ระบบเคลื่อนที่ของเครนกึ่งอัตโนมัติภายในโรงเรือน 3. ระบบยกถาดเพาะปลูกพืช 4. ระบบจับยึดถาดปลูกพืช ซึ่งระบบเครนจะถูกออกแบบให้มีขนาดเท่ากับความกว้างของโรงเรือน 5. ระบบรดน้ำอัตโนมัติ จากแนวคิดนี้จะเห็นได้ว่าเริ่มมีการนำระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติเข้ามาใช้งานในด้านการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติของบริษัท Visser Horti System

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติของบริษัท Visser Horti System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประเทศไทยที่กำลังก้าวเข้าสู่โมเดล Thailand 4.0 ที่มีการขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยในส่วนของงานด้านการเกษตร ก็จำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนจากการเกษตรแบบดั้งเดิมไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ ที่เน้นการบริหารจัดการและใช้เทคโนโลยีมากขึ้น ในการพัฒนาด้านหุ่นยนต์ทางการเกษตรนั้นถือเป็นการตอบโจทย์การผลิตผลผลิตทางการเกษตรให้มีคุณภาพ ได้มาตรฐานและมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า รวมไปถึงการลดปัญหาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ความแห้งแล้ง และในด้านอื่นๆ เป็นต้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาเริ่มมีการคิดค้นระบบหุ่นยนต์ในทางด้านการเกษตรมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์อากาศยานไร้คนขับสำหรับใช้พ่นปุ๋ยทางใบและการออกตรวจตราพื้นที่ไร่นา (Progress Thailand, 2015) หุ่นยนต์ขับเคลื่อนที่ด้วยล้อเพื่อใช้สำหรับการสำรวจและเก็บข้อมูลทางภาคพื้นดินเพื่อพัฒนาพืชทางการเกษตร (คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2560) สำหรับในต่างประเทศนั้น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำหุ่นยนต์เข้ามาช่วยทางด้านการเกษตร ได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย โดยแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือหุ่นยนต์ที่ใช้ในพื้นที่การเกษตรขนาดใหญ่และหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ได้ภายในโรงเรือน ตัวอย่างหุ่นยนต์ที่ใช้ในพื้นที่การเกษตรขนาดใหญ่ เช่น ประเทศญี่ปุ่นมีการนำรถแทรกเตอร์หุ่นยนต์มาควบคุมระบบการทำฟาร์ม หุ่นยนต์การเกษตรสำหรับการไถพรวนอัตโนมัติและการเพาะปลูก (Sneha, 2015) หุ่นยนต์ที่ใช้สำหรับเตรียมพื้นที่การเกษตรในการทำนาหรือพืชไร่ ส่วนตัวอย่างหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ได้ภายในโรงเรือน อาทิเช่น การคัดเลือกแตงกวาอัตโนมัติโดยหุ่นยนต์ (Henten, 2002) หุ่นยนต์ที่สามารถเก็บเกี่ยวแตงกวาในเรือนกระจกเพื่อลดปัญหา ด้านแรงงาน การออกแบบและทดสอบหุ่นยนต์สำหรับเรือนกระจก (Belforte, 2006) หุ่นยนต์ที่สามารถขนย้ายพืชภายในโรงเรือนกระจกได้อย่างอัตโนมัติและมีการควบคุมโดยโปรแกรมหุ่นยนต์สำหรับการเก็บเกี่ยวพริกหวานในเรือนกระจก (Hemming, 2014) เป็นหุ่นยนต์ที่สามารถตรวจจับการสุกของพริกหวานที่พร้อมเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดความแม่นยำในการเก็บเกี่ยวผลผลิต ทั้งนี้ งานวิจัยในครั้งนี้จะต่อยอดแนวคิดทางด้านการพัฒนาระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติที่ใช้ภายในโรงเรือนเพาะปลูก รวมถึงระบบควบคุมต่างๆภายในโรงเรือน โดยงานวิจัยในครั้งนี้มุ่งหวังที่จะพัฒนาหุ่นยนต์อัตโนมัติที่จะเข้ามาช่วยควบคุมการทำงานภายในโรงเรือน อย่างเช่น การลำเลียงถาดปลูกพืช การรดน้ำพืช และการให้สารอาหารพืช อันจะช่วยให้การเพาะปลูกมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ลดภาระต้นทุนทางด้านการเพาะปลูก นอกจากนั้น งานวิจัยในครั้งนี้ยังมีข้อแตกต่างกับงานวิจัยของต่างประเทศ ในเรื่องของราคา โรงเรือนที่มีราคาที่ถูกกว่าในหลายประเทศ และการบริการหลังการขายหากมีปัญหาในเรื่องของเทคโนโลยีต่างๆ ทั้งหมดทั้งมวลเหล่านี้จะสามารถตอบโจทย์ความต้องการของเกษตรกรไทยด้วยเทคโนโลยีที่ช่วยอำนวยความสะดวก ในราคาที่สมเหตุสมผล อันนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนในด้านเกษตรกรรมของประเทศไทยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แผนงานวิจัย

ในการวิจัยต้นแบบระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติด้านการเกษตรภายในโรงเรือนนั้นเป็นการวิจัยในเชิงการทดลอง เพื่อสร้างต้นแบบระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ โดยเริ่มจากวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นกับภาคการเกษตรของประเทศไทยในด้านต่างๆ จนนำมาสู่การสร้างต้นแบบระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติด้านการเกษตรภายในโรงเรือนนี้ขึ้น โดยจากการศึกษาค้นคว้ารูปแบบและวิธีการเพาะปลูกพืชภายในโรงเรือนทั้งภายในและต่างประเทศ พบว่าการปลูกพืชภายในโรงเรือนมีข้อดีในหลายๆ ด้าน แต่จากการศึกษาทำให้ทราบว่า ในประเทศไทยยังไม่มีการปลูกพืชภายในโรงเรือนด้วยระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติแบบที่มีระบบอัตโนมัติสำหรับหลากหลายกิจกรรม ดังนั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและวางแผนกระบวนการการนำระบบหุ่นยนต์มาใช้ภายในโรงเรือนปลูกพืช ซึ่งแผนงานวิจัย และดำเนินการสำหรับการสร้างต้นแบบระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติด้านการเกษตรภายในโรงเรือน สามารถแบ่งได้เป็น 4 ช่วง ดังต่อไปนี้

หลังจากเดือนที่ 2 จะได้งานวิจัย คือ

- สามารถออกแบบต้นแบบโครงสร้างโรงเรือน และออกแบบโครงสร้างทางกลของระบบหุ่นยนต์
- สามารถวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงของต้นแบบโครงสร้างโรงเรือน พร้อมแก้ไขให้เหมาะสมกับโครงสร้างทางกลของต้นแบบระบบหุ่นยนต์ต่างๆ

หลังจากเดือนที่ 4 โครงการมีผลเพิ่มเติมทางด้านระบบต่างๆ

- การติดตั้งต้นแบบโครงสร้างโรงเรือนที่ประกอบไปด้วย โครงสร้างทางกลของต้นแบบระบบหุ่นยนต์ต่างๆ
- สามารถออกแบบระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งกับระบบหุ่นยนต์ต่างๆ ได้
- สามารถออกแบบซอฟแวร์ระบบควบคุมหุ่นยนต์ต่างๆ ระยะไกลได้

หลังจากเดือนที่ 6 โครงการมีผลเพิ่มเติม ดังนี้

- ติดตั้งระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของหุ่นยนต์ต่างๆ
- สามารถทดสอบระบบหุ่นยนต์ต่างๆ ให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการภายในโรงเรือนได้
- สามารถทดสอบซอฟแวร์ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลได้

หลังจากเดือนที่ 8 โครงการมีผลเพิ่มเติม ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- สามารถทดสอบระบบหุ่นยนต์พร้อมซอฟแวร์ระบบควบคุมหุ่นยนต์ทั้งหมดระยะไกลได้

- หุ่นยนต์สามารถขนย้ายถาดปลูกพืช ไปยังตำแหน่งภายในพื้นที่ทำงานของโรงเรือนที่กำหนดไว้ได้

- หุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืชสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ภายในพื้นที่การทำงานของโรงเรือนที่กำหนดไว้ได้

หลังจากเดือนที่ 10 มีผลเพิ่มเติมในด้าน

- การทดสอบระบบต่างๆ ในพื้นที่โรงเรือน และติดตามแก้ไขเกี่ยวกับระบบต่างๆ ให้นำไปใช้งานได้จริง

- เขียนรายการวิจัยฉบับสมบูรณ์

3.2 ตารางแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัย	เดือนที่					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1.ศึกษาและออกแบบโครงสร้างต้นแบบโรงเรือนปลูกพืชอัตโนมัติ						
2.ศึกษาและออกแบบระบบหุ่นยนต์ต่างๆร่วมกับต้นแบบโรงเรือนปลูกพืชอัตโนมัติ						
3.ผลิตและติดตั้งโครงสร้างต้นแบบโรงเรือน ระบบหุ่นยนต์ และระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ						
4.ติดตั้งระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของระบบหุ่นยนต์						
5.ทดสอบระบบหุ่นยนต์ต่างๆภายในโรงเรือน						
6.ทดสอบและเก็บข้อมูลการทำงานของระบบหุ่นยนต์						
7.ปรับปรุงและแก้ไขระบบหุ่นยนต์ต่างๆ						
8.สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและเขียนรายงาน						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

เนื่องด้วยเกษตรกรไทยโดยเฉลี่ยนั้นมีอายุที่เพิ่มสูงขึ้น แรงงานหนุ่มสาวก็ไม่มีความนิยมที่จะเข้ามาทำงานด้านการเกษตรเหมือนในอดีต สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนแรงงานในอนาคต ดังนั้น ในต่างประเทศจึงมีการนำเทคโนโลยีที่มีระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติเข้ามามีส่วนช่วยในภาคการเกษตรมากขึ้น อย่างไรก็ดี ประเทศไทยก็มีระบบโรงเรือนอัตโนมัติ แต่เป็นเพียงเทคโนโลยีที่อยู่ในขั้นพื้นฐานทั่วไป อันมีเพียงระบบเซ็นเซอร์ต่างๆ แต่ยังไม่มีผู้ผลิตหรือวิจัยในด้านระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับงานภายในโรงเรือนปลูกพืชอย่างจริงจัง ทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำเอาองค์ความรู้ที่มี ประกอบกับประสบการณ์ตรงจากเกษตรกรในเครือข่ายที่มีการทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิด เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาออกแบบและสร้างระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติภายในโรงเรือน ให้มีความเหมาะสมต่อรูปแบบการทำงานภายในโรงเรือนและสอดคล้องกับความต้องการของเกษตรกรไทย โดยในการศึกษาเพื่อออกแบบระบบหุ่นยนต์ภายในโรงเรือน จะยึดหลักทฤษฎีการออกแบบหุ่นยนต์ (Robot principle) (John J. Craig, 2004) ซึ่งในการออกแบบหุ่นยนต์จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ 1. โครงสร้างหุ่นยนต์ โดยจากการศึกษาพบว่าโครงสร้างหุ่นยนต์ที่เหมาะสมกับการใช้งานภายในโรงเรือน เป็นโครงสร้างหุ่นยนต์ชนิด Cartesian Robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นทั้ง 3 แกน ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีการทำงานไม่ซับซ้อน มีโครงสร้างที่แข็งแรงสามารถขนย้ายวัสดุที่มีน้ำหนักมากได้ดี นอกจากนั้น ยังเป็นโครงสร้างที่บำรุงรักษาได้ง่าย ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเห็นควรว่าเป็นโครงสร้างหุ่นยนต์ที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ภายในโรงเรือนมากที่สุด 2. ระบบไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ อันเป็นระบบที่จะเข้ามามีส่วนช่วยในการขับเคลื่อนระบบหุ่นยนต์ ประกอบไปด้วยมอเตอร์และเซ็นเซอร์ต่างๆ ที่ใช้กับระบบหุ่นยนต์ภายในโรงเรือน และ 3. ระบบควบคุมหุ่นยนต์ อันมีส่วนในการควบคุมหุ่นยนต์ให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ โดยทางผู้วิจัยได้มีการศึกษาการทำงานในระบบต่างๆ ที่จะมาสนับสนุนการทำงานให้หุ่นยนต์สามารถนำไปใช้งานได้อย่างอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

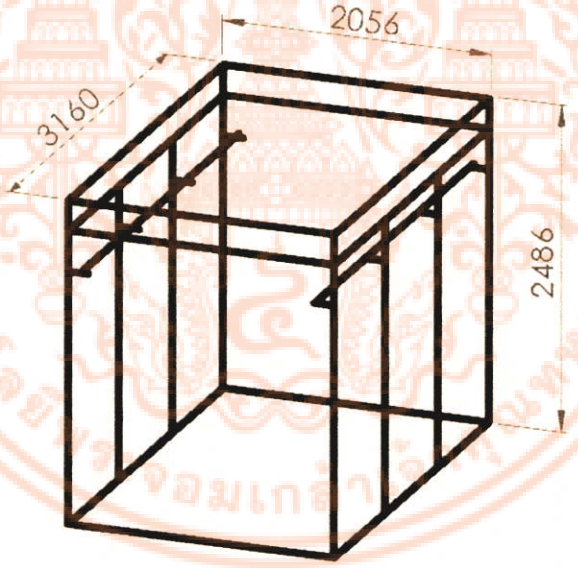
4.2 คำอธิบายแบบจำลอง

จากการดำเนินงานวิจัย คณะผู้วิจัยได้ดำเนินโครงการวิจัยแล้วเสร็จ อันประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.2.1 โครงสร้างโรงเรือนปลูกพืชอัตโนมัติ

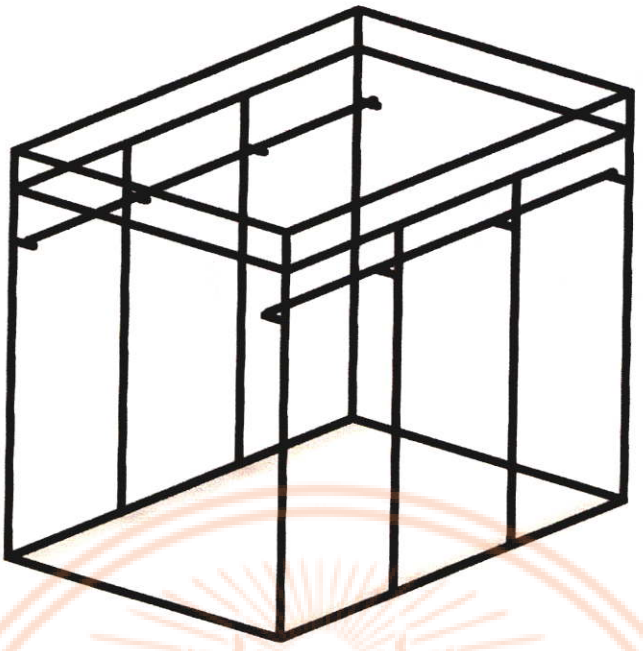
จากการศึกษาหาข้อมูลและวิเคราะห์รูปแบบของโรงเรือนปลูกพืชที่เหมาะสำหรับการทำงานของหุ่นยนต์ภายในโรงเรือน ทำให้ทางผู้วิจัยได้ตัดสินใจออกแบบโครงสร้างของโรงเรือนด้วยแท่งอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 30 x 30 มิลลิเมตร เนื่องจากแท่งอลูมิเนียมโปรไฟล์มีความแข็งแรงสูง น้ำหนักเบา ไม่เป็นสนิม และมีข้อต่อสำเร็จรูปให้เลือกใช้งานได้หลากหลาย ทำให้สามารถประกอบและติดตั้งได้อย่างรวดเร็ว

ในการออกแบบโครงสร้างของโรงเรือนทางผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนขนาดของโรงเรือนจากขนาด ความกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 2 เมตร เป็นขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 2 เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการทดลองการเคลื่อนย้ายกระถางปลูกพืช (รูปที่ 4.1 – 4.5) ดังนี้



รูปที่ 4.1 CAD แสดงขนาดโรงเรือน (หน่วย มิลลิเมตร)

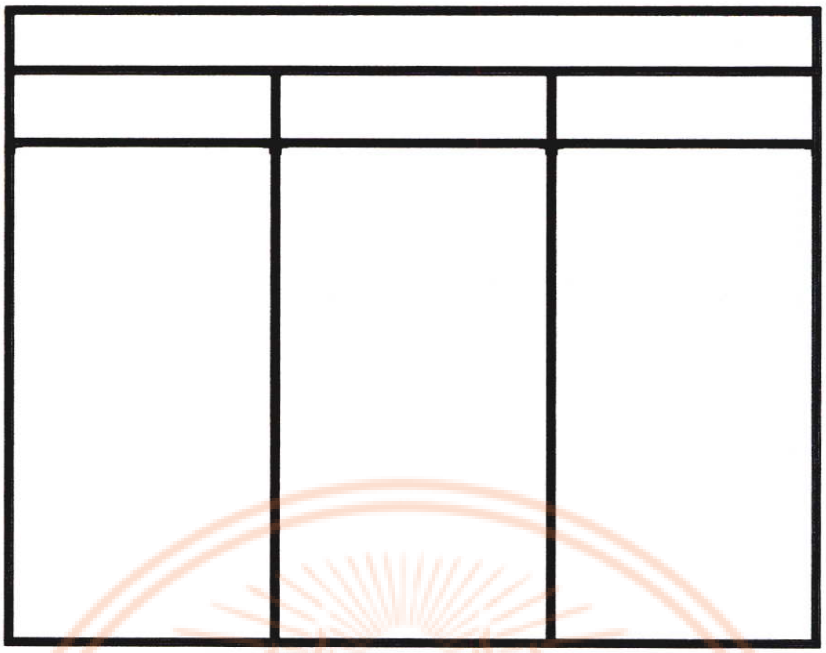
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



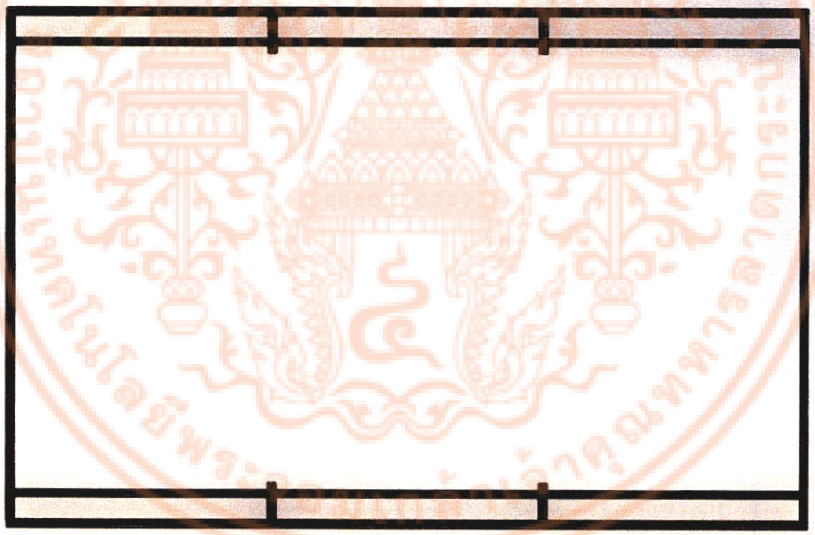
รูปที่ 4.2 CAD ของโรงเรือนด้าน Isometric view

รูปที่ 4.3 CAD ของโรงเรือนด้าน Front view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.4 CAD ของโรงเรือนด้าน Side view



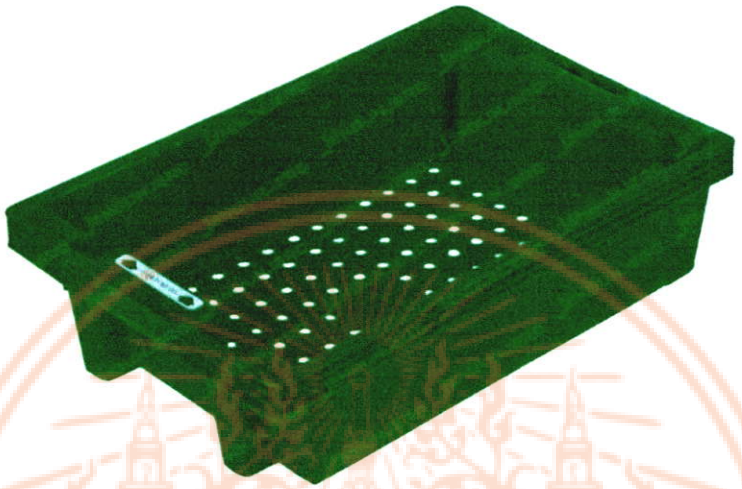
รูปที่ 4.5 CAD ของโรงเรือนด้าน Top view

4.2.2 ระบบหุ่นยนต์

ระบบหุ่นยนต์ในโครงการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืช และหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืช ซึ่งหุ่นยนต์ทั้งสองส่วนนี้จะทำงานอยู่บนชุดฐานหุ่นยนต์เดียวกัน แต่แบ่งพื้นที่ในการทำหน้าที่ต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในการออกแบบหุ่นยนต์ของงานวิจัยนี้มีปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดขนาดของหุ่นยนต์ให้เหมาะสมกับขนาดโรงเรือนคือ ขนาดของถาดปลูกพืช โดยถาดปลูกพืชที่เลือกใช้เป็นถาดที่ขึ้นรูปด้วยการฉีดพลาสติก ซึ่งมีขนาดภายนอกเท่ากับ ความยาว 540 mm ความกว้าง 355 mm ความสูง 145 mm และขนาดภายในเท่ากับ ความยาว 455 mm ความกว้าง 325 mm ความสูง 140 mm ดังแสดงในรูปที่ 4.6 – 4.7 ดังนี้



รูปที่ 4.6 ถาดปลูกพืช

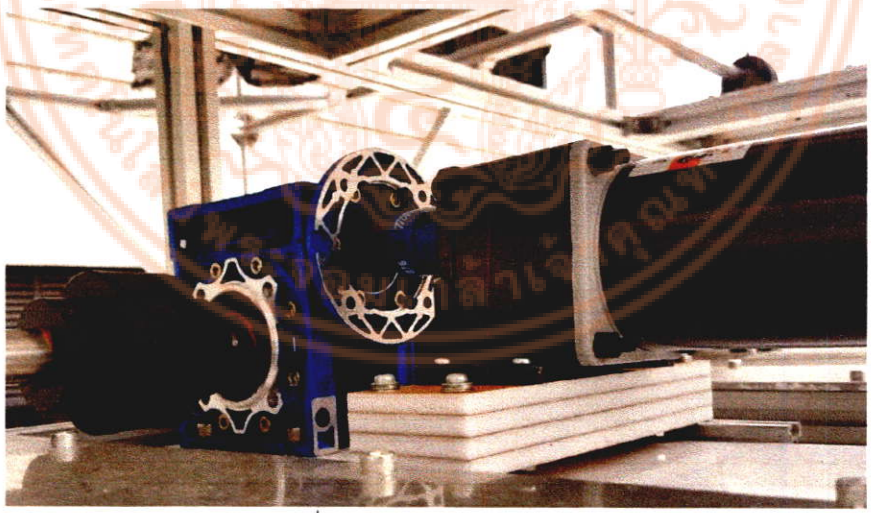
รูปที่ 4.7 ผักที่ปลูกในถาดปลูกพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในการปลูกพืชมีขั้นตอนในการปลูกคือ นำดินใส่ในถาดปลูกพืชและหยอดเมล็ดพืชที่ต้องการปลูกลงในดิน จากนั้นรดน้ำ จนกระทั่งผักเจริญเติบโต โดยขั้นตอนในการรดน้ำจะเป็นหน้าที่ของระบบหุ่นยนต์ให้น้ำ ซึ่งจะเคลื่อนที่ด้านบนของถาดปลูกพืชพร้อมทั้งฉีดน้ำให้ต้นพืชตามระยะเวลาที่กำหนด

ซึ่งในการออกแบบขนาดแขนสำหรับยกถาดปลูกพืชจะต้องคำนึงถึงน้ำหนักโดยรวมของถาดและขนาดของถาดเป็นสำคัญ ซึ่งน้ำหนักของผักที่ปลูกรวมน้ำหนักของดินและน้ำหนักของถาด มีน้ำหนักประมาณไม่เกิน 15 กิโลกรัมต่อ 1 ถาด โดยในการเคลื่อนย้ายถาดปลูกพืชของระบบหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนย้ายถาดปลูกพืชครั้งละ 1 ถาดเท่านั้น ซึ่งวิธีการย้ายจะใช้แขนหุ่นยนต์เกี่ยวถาดปลูกพืชพร้อมผักขึ้นมา และเคลื่อนย้ายถาดปลูกพืชไปยังตำแหน่งต่างๆ ภายในโรงเรือน และวางถาดปลูกพืชลงยังตำแหน่งที่ต้องการ

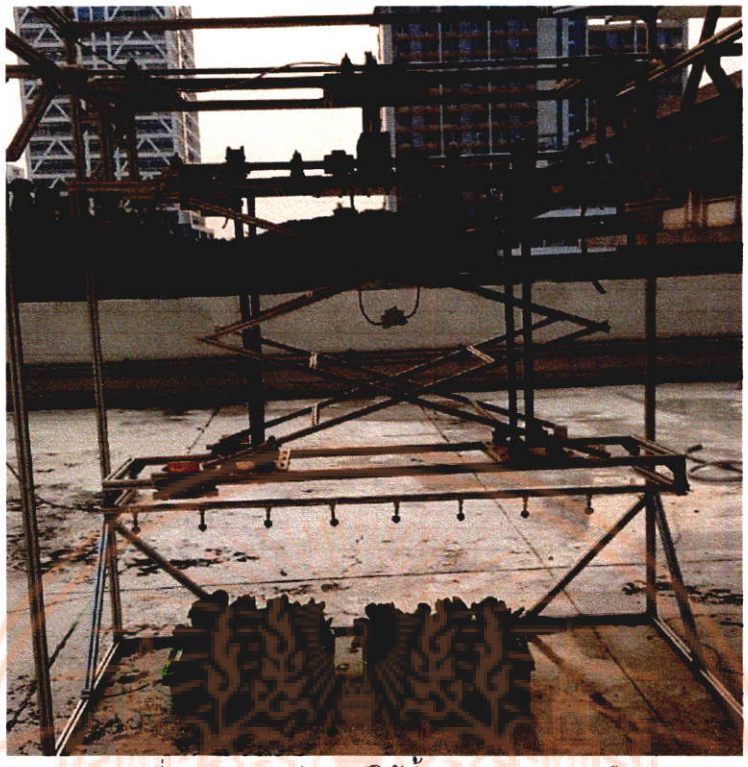
สำหรับการทำงานของระบบหุ่นยนต์ทั้งสองแบบจะใช้รูปแบบการเคลื่อนที่ตามราง โดยรางที่ติดตั้งใช้รางอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 30 x 30 มิลลิเมตร ติดตั้งที่บริเวณด้านบนของเสาโรงเรือนทั้งสองข้างตลอดแนวความยาวของโรงเรือน โดยหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามแนวความยาวของโรงเรือนโดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 50 วัตต์ เป็นตัวขับเคลื่อนผ่านชุดเกียร์ทดแบบ worm gear ทำให้มีความเร็วและแรงบิดตามที่ออกแบบไว้ และส่งกำลังไปยังล้อขับเคลื่อนที่ติดตั้งอยู่บนรางทั้งสองข้างของเสาโรงเรือนผ่านชุดเพลาขับ ส่วนระบบยกถาดปลูกหรือปรับระยะความสูงการให้น้ำ (แกน z) สามารถปรับความสูงโดยการปรับระยะขึ้นลงของชุดฐานหุ่นยนต์ด้านล่าง ซึ่งใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 100 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ เป็นตัวขับเคลื่อนผ่านชุดเกียร์ทดแบบ worm gear ส่งกำลังไปยังเพลาที่ติดตั้งระบบรอกดึงสายพานเพื่อดึงฐานหุ่นยนต์ด้านล่างให้เลื่อนขึ้นลง ปรับตำแหน่งความสูง (รูปที่ 4.8) ดังนี้



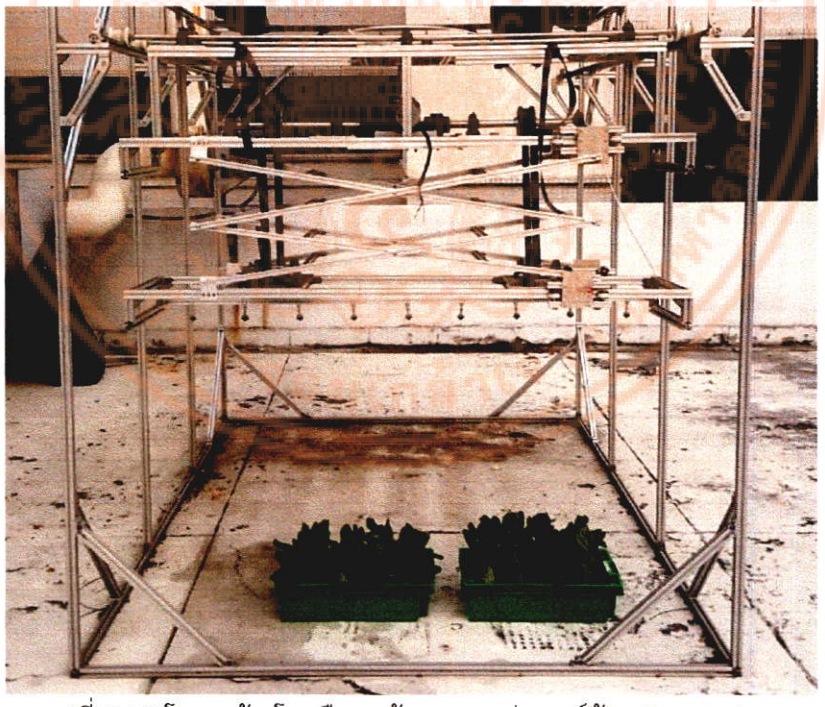
รูปที่ 4.8 มอเตอร์และเกียร์ทด

สำหรับระบบหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืช สามารถแสดงดังรูปที่ 4.9 – 4.11 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

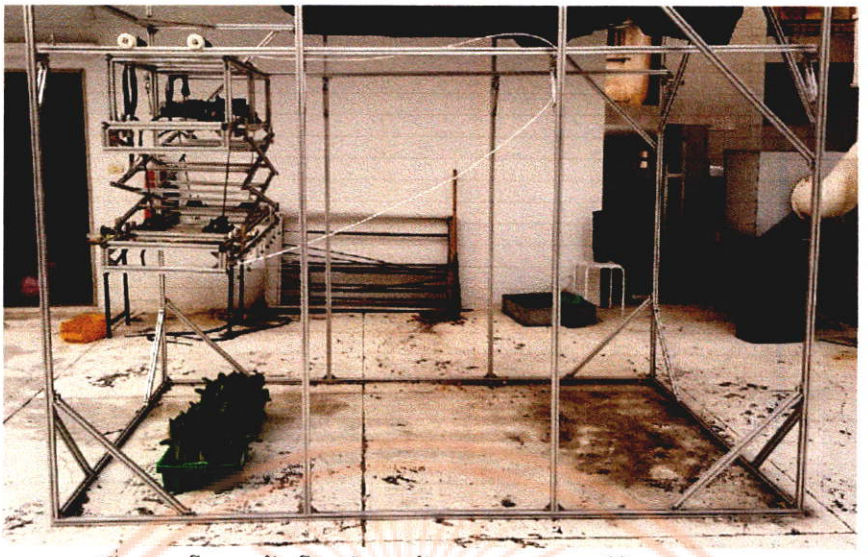


รูปที่ 4.9 ระบบหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืช



รูปที่ 4.10 โครงสร้างโรงเรือนพร้อมระบบหุ่นยนต์ด้าน Front view

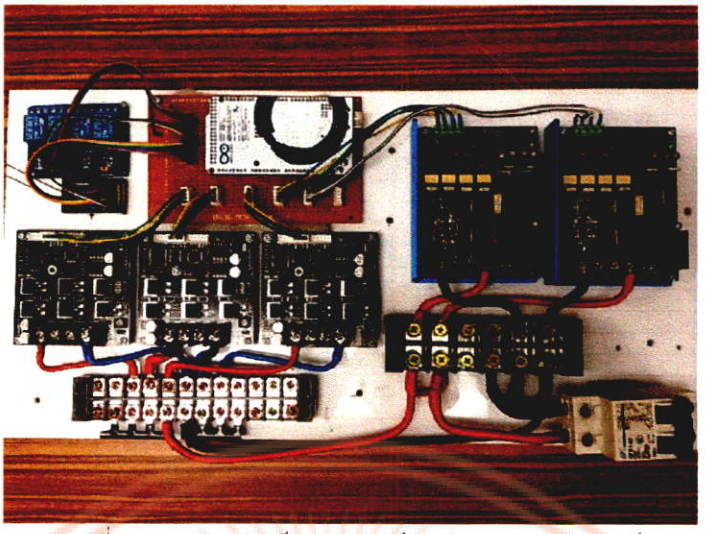
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.11 โครงสร้างโรงเรือนพร้อมระบบหุ่นยนต์ด้าน Side view

สำหรับการควบคุมการทำงานของระบบหุ่นยนต์จะสามารถทำงานได้ 2 รูปแบบ คือ การทำงานแบบ Manual กับการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยการทำงานแบบ Manual จะรับคำสั่งการเคลื่อนที่จากรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย ซึ่งส่งสัญญาณผ่านความคลื่น 2.4 GHz มายังตัวรับสัญญาณจากนั้นแปลงค่าสัญญาณวิทยุเป็นข้อมูลคำสั่งและส่งคำสั่งไปยังตัวประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในโครงการวิจัยนี้ได้ใช้คอนโทรลเลอร์ของ Arduino ในการคำสั่งเพื่อประมวลผล แล้วส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์ความคุมความเร็วมอเตอร์ โดยชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์เป็นชุดควบคุมที่ใช้กับมอเตอร์ชนิดกระแสตรงไร้แปลงถ่าน สามารถควบคุมได้ทั้งความเร็วและตำแหน่งของมอเตอร์ (รูปที่ 4.12) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.12 ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมระบบหุ่นยนต์

ระบบหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืช มีส่วนประกอบการทำงานด้วยตัวกรองน้ำเพื่อกำจัดตะกอน โดยน้ำที่ผ่านตัวกรองจะถูกเพิ่มแรงดันจากปั๊มน้ำแรงดันสูงเพื่อเพิ่มแรงดัน โดยสามารถปรับแรงดันน้ำที่ต้องการ ซึ่งมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดค่าแรงดันและส่งไปยังระบบควบคุมแรงดันสามารถตั้งค่าจากชุดควบควบคุม และน้ำจะถูกส่งไปยังหัวฉีดที่ติดตั้งบริเวณแขนของหุ่นยนต์ สามารถปรับความสูงตามการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย ทำให้สามารถให้น้ำได้ตามความต้องการและเหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด ลดปัญหาด้านแรงงานที่ต้องเข้าไปให้น้ำพืช (รูปที่ 4.13) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.13 ระบบปั๊มน้ำพ่นน้ำและสารอาหาร

4.2.3 ระบบซอฟแวร์ควบคุมหุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืช

สำหรับระบบซอฟแวร์ควบคุมหุ่นยนต์ลำเลียงถาดนั้น ใช้การเขียนโค้ดผ่านโปรแกรม Rasberry Pi จากนั้น Rasberry Pi จะส่งคำสั่งในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืชในแต่ละแกนไปยังชุดอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ โดยใช้บอร์ดควบคุมมอเตอร์แบบกระแสตรง รุ่น Polulu VNH5019 จำนวน 3 บอร์ด เพื่อควบคุมมอเตอร์แต่ละแกน โดยแต่ละบอร์ดจะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังมอเตอร์แต่ละตัว เพื่อให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ อันประกอบไปด้วย 1. ตำแหน่งการเดินหน้า-ถอยหลัง 2. ตำแหน่งการเลื่อนซ้าย-ขวา และ 3. ตำแหน่งการยกขึ้น-ลง โดย Encoder จะส่งสัญญาณตำแหน่งมายังบอร์ด Teensy 3.2 เพื่อประมวลผลตำแหน่งของหุ่นยนต์ ณ ขณะหุ่นยนต์เคลื่อนที่ แล้วส่งค่าตำแหน่งของแขนในแต่ละแกนว่าอยู่ ณ จุดใด ดังนี้

4.2.4 ระบบซอฟแวร์ควบคุมหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืช

การเขียนโปรแกรมสำหรับระบบซอฟแวร์ควบคุมหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืชนั้น มีรูปแบบเดียวกันกับระบบซอฟแวร์ควบคุมหุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืช แต่จะมีความแตกต่างกันในส่วนของระบบการให้น้ำและสารอาหารพืช ที่จะต้องมีการควบคุมความเร็วของระบบปั๊มน้ำ เพื่อรักษาแรงดันให้คงที่ตลอดการให้น้ำและสารอาหารพืช โดยการควบคุมความเร็วของระบบปั๊มน้ำนั้น จะดำเนินการผ่านบอร์ด VNH5019 และสามารถอ่านค่าแรงดันน้ำจากเซ็นเซอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 ผลการวิจัย

การพัฒนาต้นแบบโครงสร้างโรงเรือน ระบบหุ่นยนต์ รวมไปถึงซอฟแวร์ควบคุมระบบหุ่นยนต์นั้น มีการดำเนินงานอันเป็นไปตามเป้าประสงค์ที่ทางคณะผู้วิจัยได้ตั้งไว้ อย่างไรก็ดี ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยนั้น ได้มีการปรับปรุงต้นแบบไม่ว่าจะเป็นทั้งโครงสร้างโรงเรือน ระบบหุ่นยนต์ รวมไปถึงซอฟแวร์ควบคุมระบบหุ่นยนต์ ให้มีความเหมาะสมและแม่นยำต่อการนำไปใช้ในการดำเนินงานจริงมากยิ่งขึ้น โดยหลังจากดำเนินการปรับปรุงขนาดของโครงสร้างโรงเรือน ทดสอบการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน ว่ามีการทำงานตามตำแหน่ง หรือมีความผิดพลาดอย่างไร สามารถสรุปได้ว่า ระบบการทำงานต่างๆ สามารถทำงานได้เป็นไปตามเป้าประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

4.4 อภิปรายผล

ภายหลังจากการทำการทดสอบการโครงสร้าง และการเคลื่อนที่ของระบบต่างๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้วนั้น ทีมวิจัยได้เห็นถึงผลของการทดสอบอันนำไปสู่การปรับปรุงจุดบกพร่องต่างๆ โดยจะแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

4.4.1 ส่วนของโครงสร้างต้นแบบโรงเรือน ที่จะต้องปรับเปลี่ยนขนาดให้มีความเหมาะสมกับการเคลื่อนที่ของถาดปลูกพืช นอกจากนั้น การตั้งโครงสร้างต้นแบบในพื้นที่โล่ง ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง ทำให้วัสดุที่เป็นโลหะเกิดสนิม ดังนั้น การนำโครงสร้างต้นแบบดังกล่าวไปใช้ จึงควรอยู่ในพื้นที่ปิด

4.4.2 ส่วนของระบบแมคคานิกส์ ที่ได้รับความชื้นจากสภาพอากาศ ส่งผลให้การทำงานคลาดเคลื่อน อันเนื่องมาจากความฝืดที่เกิดจากสนิท ดังนั้น การนำโครงสร้างต้นแบบดังกล่าวไปใช้ จึงควรอยู่ในพื้นที่ปิด

4.4.3 ระบบหุ่นยนต์ให้น้ำและจับตะกร้า ที่จำเป็นจะต้องปรับเปลี่ยนจากการใช้ระบบรอกผ่อนแรง ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ทำให้การยกชุดแขนกลไม่อยู่ในแนบระนาบ ดังนั้น จึงเปลี่ยนการสร้างระบบหุ่นยนต์มาเป็นการใช้มอเตอร์ขับผ่านเกียร์โดยตรง นอกจากนั้น ยังต้องมีการปรับเปลี่ยนระบบการจับตะกร้า จากการใช้ตะขอเกี่ยว เป็นการนำมอเตอร์เข้าไปช่วย เพื่อให้การจับตะกร้า มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ภาคเกษตรกรรมถือเป็นหนึ่งในแผนยุทธศาสตร์เป้าหมายหลักที่สำคัญของประเทศที่รัฐบาลมุ่งหวังที่จะให้มีการบูรณาการของเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อให้สามารถพัฒนางานด้านการเกษตรและผลผลิตทางการเกษตรให้พร้อมที่จะแข่งขันในตลาดโลก ประเทศ ไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการส่งออกผลผลิตทางด้านการเกษตรเป็นอันดับต้นๆของโลก แต่เนื่องจากในปัจจุบัน ภาคการเกษตรมีปัญหาในหลายๆ ด้าน ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดที่ทำให้การแข่งขันในภาคอุตสาหกรรมหรือการแข่งขันในเวทีโลกเกิด ความเสียเปรียบ เช่น เรื่องของการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ ข้อจำกัดทางด้านแรงงานในภาคการเกษตร เป็นต้น ดังนั้นการให้ความสำคัญกับการพัฒนาในภาคเกษตรกรรมและส่งเสริมให้มีการนำวิทยาการและเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้เพิ่มสูงขึ้นนั้น จะทำให้สามารถลดต้นทุนในด้านแรงงานคน ด้านการใช้ทรัพยากรทางการเกษตรในการเพาะปลูก และด้านการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ซึ่งปัญหาดังกล่าวสอดรับกับทิศทางของประเทศไทย 4.0 ภายใต้แนวทางการปรับเปลี่ยนการเกษตรแบบเดิม (Traditional Farming) ซึ่งใช้แรงงานเป็นหลักไปสู่การพัฒนาด้วยระบบบริหารจัดการและการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ (Smart Farming) โดยมีการนำเทคโนโลยีด้านหุ่นยนต์อัตโนมัติมาช่วยให้ผลผลิตทางการเกษตรมีคุณภาพและปริมาณสูงขึ้น ภายในงบประมาณที่เหมาะสม หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นการบูรณาการของเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์และบริการ (Value-Added Products and Services) ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้จะมีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้ในภาคการเกษตรของไทย ด้วยการสร้างระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อใช้ภายในโรงเรือนปลูกพืช ซึ่งในต่างประเทศได้มีการพัฒนาและวิจัยไปในบางส่วนแล้ว อย่างไรก็ดี ประเทศไทยยังไม่มีการพัฒนาเทคโนโลยีสมัยใหม่ด้วยตนเอง ประเทศไทยจำเป็นที่จะต้องนำเข้าเทคโนโลยีเหล่านี้จากต่างประเทศซึ่งทำให้เกิดต้นทุนที่สูงขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีสนใจในการออกแบบและสร้างเทคโนโลยีทางด้านระบบหุ่นยนต์เข้ามาใช้ภายในโรงเรือนปลูกพืช อันเป็นการพัฒนาโดยนักวิจัยไทย เกิดการพัฒนาด้านการเกษตรไทยให้สามารถแข่งขันในระดับสากล รวมถึงสามารถนำระบบดังกล่าวไปใช้ได้จริงในภาคอุตสาหกรรมการเกษตรอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นต้นแบบในการนำโครงสร้างและระบบต่างๆ ไปต่อยอดกับการปลูกพืชชนิดต่างๆ อันก่อให้เกิดคุณค่าและความคุ้มค่าต่อการดำเนินงานด้านการเกษตร อย่างไรก็ดี การนำระบบหุ่นยนต์ไปประยุกต์ใช้ในงานใดๆ นั้น จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงจุดคุ้มทุน เนื่องด้วยระบบดังกล่าวมีราคาค่อนข้างสูง หากนำไปประยุกต์ใช้กับพันธุ์พืชที่มีราคาไม่สูง อาจไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน นอกจากนั้น การออกแบบระบบลำเลียงถาดปลูกพืชในส่วนของแขนจับถาดปลูกพืชเพื่อให้มีความเหมาะสมนั้น จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพของพืชแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

6.1 ผลผลิตงานวิจัย

สำหรับผลผลิตของงานวิจัยของโครงการต้นแบบระบบหุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืชอัตโนมัติภายในโรงเรือนปลูกพืชนั้น ประกอบไปด้วยต้นแบบและระบบต่างๆ ดังนี้

1. ต้นแบบโครงสร้างโรงเรือนปลูกพืช
2. ระบบหุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืช
3. ระบบหุ่นยนต์ให้น้ำและสารอาหารพืช
4. ระบบซอฟแวร์ควบคุมหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

Amrita Sneha.A, 2015 "Agricultural Robot for Automatic Ploughing and Seeding". IEEE International Conference (TIAR 2015)

BBC. 2016. "เครื่องจักรกลจะมาทำงานเกษตรแทนคนหรือไม่". Retrieved from http://www.bbc.com/thai/features-38198546. Accessed August 15, 2017.

E.J. VAN HENTEN "An Autonomous Robot for Harvesting Cucumbers in Greenhouses" Autonomous Robots 13, 241–258, 2002

FarmBot. 2017. "FARMBOT GENESIS: Humanity's first open-source CNC farming machine". Retrieved from https://farmbot.io/. Accessed August 1, 2017.

G. Belforte "Robot Design and Testing for Greenhouse Applications" Biosystems Engineering (2006)

John J. Craig, "Introduction to robotics", Third Edition, 2004.

Jochen Hemming "A robot for harvesting sweet-pepper in greenhouses" Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014

Progress Thailand. 2015. "ม.มหิดลลุยสร้าง Robot Farmers ปฏิบัติการเกษตรอัจฉริยะ". Retrieved from http://www.progressth.org/2015/02/robot-farmers.html. Accessed August 10, 2017.

Visser Horti System.2017. Retrieved from https://www.visser.eu/. Accessed October 3 , 2017.

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2560. "หุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อเกษตรกรรมความแม่นยำสูง". Retrieved from http://admission.eng.ku.ac.th/highlights/kuagrobot. Accessed August 16, 2017.

โต๊ะข่าวเกษตร. 2560. "เกษตรฯหนุนภาคเกษตรไทยก้าวสู่ THAILAND 4.0". Retrieved from http://www.komchadluek.net/news/agricultural/268806. Accessed August 11, 2017.12.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สัญญาเลขที่ KREF056103

โครงการ ต้นแบบระบบหุ่นยนต์ลำเลียงถาดปลูกพืชอัตโนมัติภายในโรงเรือนปลูกพืช

รายงานสรุปการเงินรอบ 12 **เดือน**

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย ผู้รับทุน ดร.จรสวรรณ โกยวานิช

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2561 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2562

สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่ายจากรายงานครั้งก่อน	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน	รวมค่าใช้จ่ายสะสมถึงปัจจุบัน	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว					
งบดำเนินงาน					
ค่าตอบแทน	72,000	36,000	36,000	72,000	-
ค่าใช้สอย	55,000	20,000	35,000	55,000	-
ค่าวัสดุ	270,000	84,059.59	185,940.41	270,000	-
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-	-	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	-
รวม	397000	140,059.59	256,940.41	397,000	-

จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินที่ใช้จ่าย

งวดเงินที่ได้รับ	จำนวนเงินที่ได้รับ(บาท)	เมื่อ (ระบุวัน เดือน ปี)
งวดที่ 1	325,000	
รวม	325,000	❶
งวดที่	**จำนวนเงินที่ใช้จ่าย (บาท)**	
งวดที่ 1	397,000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

งวดที่ 2	-	-
ฯลฯ		
รวม	397,000	❷

จำนวนเงินคงเหลือ ❶ - ❷ -72,000 **บาท**

จรสวรรณ โกยวาณิช

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประวัตินักวิจัย

ข้อมูลประวัตินักวิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล ดร.จรสวรรณ โกยวานิช

ตำแหน่ง อาจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
Ph.D.	วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ	University of Regina, Canada	2558
วศ.ม.	วิศวกรรมอุตสาหการ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2550
วศ.บ.	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2549

ประสบการณ์วิจัยหรือสาขาที่ชำนาญ Life Cycle Assessment, Quality Control, Risk Assessment

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2560	The article titled "Decentralized Network Building Change in Large Manufacturing Companies towards Industry 4.0" was chosen as the Best Paper Award	The 14th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC 2017) and Elsevier
2559	The article titled "Human Health Risks of Post- and Oxy-Fuel Combustion Carbon dioxide Capture Technologies: Hypothetically Modeled Scenarios" was chosen as a Key Scientific Article contributing to excellence in Energy research	Renewable Energy Global Innovations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2557	The article titled "An expert system for monitoring and diagnosis of ammonia emissions from the post-combustion carbon dioxide capture process system" was chosen as a Key Scientific Article contributing to excellence in Energy research	Renewable Energy Global Innovations

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2557	IEA Greenhouse Gas R&D Programme Climate Change Graduate Travel Scholarship	Graduate School, University of Regina
2557	Research award	Faculty of Engineering and Applied Science, University of Regina
2557	Saskatchewan Innovation and Opportunity Graduate Scholarship	Provincial Government of Saskatchewan, Canada
2557	International Graduate Student Scholarship	Graduate School, University of Regina
2557	John Spencer Middleton & Jack Spencer Gordon Middleton Scholarship	John Spencer Middleton & Jack Spencer Gordon Middleton
2556-2557	Saskatchewan Innovation and Opportunity Graduate Scholarship	John Spencer Middleton & Jack Spencer Gordon Middleton
2554-2555	Research awards	Carbon Management Canada (CMC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ (ต่อ)

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2549-2550	ทุนเรียนดี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2549	Training scholarship	University of Novisad, Serbia
2549	Thailand Research Fund (TRF)	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2547-2548	ทุนเรียนดี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. Karnwiboon, K., Krajangpit, W., Supap, T., Muchan, P., Saiwan, J., Idem, R., **Koiwanit, J.** (2019). Solvent Extraction Based Reclaiming Technique for the Removal of Heat Stable Salts (HSS) and Neutral Degradation Products from Amines used during the Capture of Carbon Dioxide (CO_2) from Industrial Flue Gases. *Separation and Purification Technology*, doi: https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.115744.
2. **Koiwanit, J.** (2018). Analysis of environmental impacts of drone delivery on an online shopping system. *Advances in Climate Change Research*, *9*(3), 201-207.
3. **Koiwanit, J.** (2018). Energy Efficiency and Environmental Impact Analysis in Grocery Store Market in Canada. *International Journal of GEOMATE, 15*(49), 30-36.
4. Poonpakdee, P., **Koiwanit, J.**, Yuangyai, C. (2018). Epidemic Algorithms on Distributed Systems Towards Industry 4.0. The 21st International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC 2017). November 15-18, 2017, Bangkok, Thailand.
5. Chaicharoenwut, P., **Koiwanit, J.**, Changpetch, P., Buatongkue, S., Yuangyai, C. (2018). Integrating Spatial-Temporal Risk Factors for an Ambulance Allocation Strategy: A Case Study in Bangkok. The Fourth International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST2018). July 4-7, 2018, Phuket, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6. Poonpakdee, P., **Koiwanit, J.**, Yuangyai, C., Chatwiriya, W. (2018). Applying epidemic algorithm for financial service based on Blockchain technology. The Fourth International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST2018). July 4-7, 2018, Phuket, Thailand.
7. **Koiwanit, J.** (2018). Contributions from the Drone Delivery System in Thailand to Environmental Pollution. Journal of Physics: Conference Series, 1026, 012020.
8. Poonpakdee, P., **Koiwanit, J.** (2018). Accuracy of Distributed Systems Towards Industry 4.0: Smart Grids and Urban Drainage Systems Case Studies. *International Journal of GEOMATE, 14*(43), 70-76.
9. **Koiwanit, J.** (2018). A Comparative Assessment of Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions from Hypothetical Electric Airport Transportation Services in Thailand. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 150, 012031.
10. **Koiwanit, J.**, Hamontree, C. (2018). A Comparative of Life Cycle Assessment of a Conventional Van and a Battery Electric Van for an Online Shopping System in Thailand. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 150, 012030.
11. Poonpakdee, P., **Koiwanit, J.** (2018). Accuracy of Distributed Systems Towards Industry 4.0: Smart Grids and Urban Drainage Systems Case Studies. *International Journal of GEOMATE, 14*(43), 70-76.
12. Poonpakdee, P., **Koiwanit, J.**, Yuangyai, C. (2017). Accuracy of Centralized and Decentralized manufacturing systems towards an Industry 4.0's perspective. The Third International Conference on Science, Engineering and Environment (SEE-USQ). November 12-17, 2017, Brisbane, Australia.
13. **Koiwanit, J.**, Chan, V. K., Piewkhow, L., Katipelly, N. D. (2017). Evaluation on Energy Efficiency and Environmental Performance in Loblaw Companies Limited in Canada. The Third International Conference on Science, Engineering and Environment (SEE-USQ). November 12-17, 2017, Brisbane, Australia.
14. Suksangpunya, N., **Koiwanit, J.** (2017). Parametric Study on Mesh Size Optimization in FEM for Elastic Materials under Tensile Loading Condition. International Symposium on Multimedia and Communication Technology (ISMAC 2017). August 23-25, 2017, Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

15. **Koiwanit, J.**, Suksangpunya, N. (2017). Environmental Analysis of a Hypothetical Online Shopping System in Thailand. International Symposium on Multimedia and Communication Technology (ISMAC 2017). August 23-25, 2017, Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand.
16. Poonpakdee, P., **Koiwanit, J.**, Yuangyai, C. (2017). Decentralized Network Building Change in Large Manufacturing Companies towards Industry 4.0. The 14th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC 2017). July 24-26, 2017, Leuven, Belgium.
17. Modwatthana, D., **Koiwanit, J.**, Yuangyai, C., Bunnarong, S., Ketsarapong, S. (2017). Site Suitability Evaluation for Valuation for Eco Industrial Town using GIS and AHP Technique: A Case Study in Samutprakarn Province. Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand.
18. **Koiwanit, J.**, Manuilova, A., Chan, C., Wilson, M., & Tontiwachwuthikul, P. (2016). Human health risks of post- and oxy-fuel combustion carbon dioxide capture technologies: hypothetically modeled scenarios. *International Journal of Greenhouse Gas Control, 47*, 279-290. (Impact factor: 3.946)
19. **Koiwanit, J.**, Manuilova, A., Chan, C., Wilson, M., & Tontiwachwuthikul, P. (2016). A comparative study of human health impacts due to heavy metal emissions from a conventional lignite coal-fired electricity generation station, with post-combustion, and oxy-fuel combustion capture technologies, Greenhouse Gases - Selected Case Studies, Prof. Andrew Manning (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/63895. Available from: http://www.intechopen.com/books/greenhouse-gases-selected-case-studies/a-comparative-study-of-human-health-impacts-due-to-heavy-metal-emissions-from-a-conventional-lignite.
20. **Koiwanit, J.**, Manuilova, A., Chan, C., Wilson, M., & Tontiwachwuthikul, P. (2014). A life cycle assessment study of a hypothetical Canadian oxy-fuel combustion carbon dioxide capture process. *International Journal of Greenhouse Gas Control, 28*, 257-274. (Impact factor: 3.946)
21. **Koiwanit, J.**, Supap, T., Chan, C.W., Gelowitz, D., Idem, R., Tontiwachwuthikul, P. (2014). An expert system for monitoring and diagnosis of ammonia emissions from the post-combustion carbon dioxide capture process system, *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 26, 158-168. (Impact factor: 3.946)
22. Manuilova, A., **Koiwanit, J.**, Piewkhaow, L., Wilson, M., Chan, C.W., Tontiwachwuthikul, P. (2014). Life cycle assessment of post-combustion CO_2 capture and CO_2-enhanced oil recovery

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

based on the boundary dam integrated carbon capture and storage demonstration project in Saskatchewan. Energy Procedia, 63, 7398-7407.

23. Zhou, Q., **Koiwanit, J.**, Piewkhaow, L., Manuilova, A., Chan, C.W., Wilson, M., Tontiwachwuthikul, P. (2014). A comparative of life cycle assessment of post-combustion, pre-combustion and oxy-fuel CO_2 capture. Energy Procedia, 63, 7452-7458.
24. **Koiwanit, J.**, Piewkhaow, L., Zhou, Q., Manuilova, A., Chan, C.W., Wilson, M., Tontiwachwuthikul, P. (2013). A Life Cycle Assessment Study of a Canadian Post-Combustion Carbon Dioxide Capture Process System, *International Journal of Life Cycle Assessment*, *19*(2), 357-369. (Impact factor: 3.988)
25. **Koiwanit, J.** (2007). Development of the Risk Management Guideline For Service Industry: A Case Study of "Medical Spa Center – Ranong Hospital". The 8th Symposium on TQM-Best Practices in Thailand, 175-195.
26. **Koiwanit, J.** (2007). Development of the Risk Management Guideline For Service Industry: A Case Study of "Medical Spa Center". Siam University. *1*(14), 40-50.
27. **Koiwanit, J.**, Pattalawichakul, N. & Sirivongpaisal, N. (2007). Quality Improvement in High Pressure Hydraulic Hose Manufacturing Company. Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand, 56-63.

การเสนอผลงานวิชาการ

1. Koiwanit, J., Hamontree, C. (2018). Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions Comparison of Solid Waste Transportation Systems in Thailand. The Fourth International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST). July 4-7, 2018, Thailand.
2. Koiwanit, J. (2018). Contributions from the Drone Delivery System in Thailand to Environmental Pollution. The International Conference on Electronics, Communications and Control Engineering (ICECC). March 6-8, 2018, Maldives.
3. Poonpakdee, P., Koiwanit, J. (2018). Accuracy of Distributed Systems Towards Industry 4.0: Smart Grids and Urban Drainage Systems Case Studies. International Journal of GEOMATE, 14(43), 70-76.
4. Koiwanit, J. (2018). A Comparative Assessment of Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions from Hypothetical Electric Airport Transportation Services in Thailand. The Eight International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Conference on Future Environment and Energy (ICFEE 2018). January 10-12, 2018, Phuket, Thailand.

5. Koiwanit, J., Hamontree, C. (2018). A Comparative of Life Cycle Assessment of a Conventional Van and a Battery Electric Van for an Online Shopping System in Thailand. The Eight International Conference on Future Environment and Energy (ICFEE 2018). January 10-12, 2018, Phuket, Thailand.
6. Poonpakdee, P., **Koiwanit, J.**, Yuangyai, C. (2017). Accuracy of Centralized and Decentralized manufacturing systems towards an Industry 4.0's perspective. The Third International Conference on Science, Engineering and Environment (SEE-USQ). November 12-17, 2017, Brisbane, Australia.
7. **Koiwanit, J.**, Chan, V. K., Piewkhow, L., Katipelly, N. D. (2017). Evaluation on Energy Efficiency and Environmental Performance in Loblaw Companies Limited in Canada. The Third International Conference on Science, Engineering and Environment (SEE-USQ). November 12-17, 2017, Brisbane, Australia.
8. Suksangpunya, N., **Koiwanit, J.** (2017). International Symposium on Multimedia and Communication Technology (ISMAC 2017). August 23-25, 2017, Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand.
9. **Koiwanit, J.**, Suksangpunya, N. (2017). Environmental Analysis of a Hypothetical Online Shopping System in Thailand. International Symposium on Multimedia and Communication Technology (ISMAC 2017). August 23-25, 2017, Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand.
10. Poonpakdee, P., **Koiwanit, J.**, Yuangyai, C. (2017). Decentralized Network Building Change in Large Manufacturing Companies towards Industry 4.0. The 14th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC 2017). July 24-26, 2017, Leuven, Belgium.
11. **Koiwanit, J.**, Manuilova, A., Chan, C.W., Wilson, M., Tontiwachwuthikul, P. (2015). A study on risks to human health due to NO_2, $PM_{2.5}$, and SO_2 emissions from a post-combustion carbon dioxide capture process in Canada. 3rd Post Combustion Capture Conference (PCCC3).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

12. Manuilova, A., **Koiwanit, J.**, Piewkhaow, L., Wilson, M., Chan, C.W., Tontiwachwuthikul, P. (2014). Life cycle assessment of post-combustion CO_2 capture and CO_2-enhanced oil recovery based on the boundary dam integrated carbon capture and storage demonstration project in Saskatchewan. 12th International conference on greenhouse gas control technologies (GHGT-12).
13. **Koiwanit, J.**, Piewkhaow, L., Chan, C.W., Tontiwachwuthikul, P., Zhou, Q., Manuilova, A., Wilson, M. (2012). A comparative life cycle assessment of three technologies: post-combustion, pre-combustion and oxyfuel-combustion capture, combined with CO_2-EOR and storage. The Carbon Management Canada (CMC) conference.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.