



## การออกแบบและสร้างเรือเก็บขยะแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกลสำหรับแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร

## Design and Fabrication of Remote Controlled Garbage Collecting Boat for Agricultural Water Resources

เกรียงไกร แซมสีม่วง<sup>1\*</sup>, จุลพงษ์ พฤกษ์ศรี<sup>1</sup>, พงศ์พิชญ์ ต่วนญา<sup>1</sup>, วีรศักดิ์ หมู่เจริญ<sup>1</sup>Grianggai Samseemoung<sup>1\*</sup>, Junlaphong Bhucksasri<sup>1</sup>, Pongpitch Tuenpusa<sup>1</sup>, Weerasak Moocharoen<sup>1</sup><sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 12110<sup>1</sup>Agricultural engineering, Faculty of engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi (RMUTT), Pathumthani, 12110

\*Corresponding author: Tel: +66-8-9641-7532 or +66-8-2798-8098, Fax: +66-2-549-3581,

E-mail: [kkriankai@hotmail.com](mailto:kkriankai@hotmail.com), [grianggai@exchange.rmUTT.ac.th](mailto:grianggai@exchange.rmUTT.ac.th), [grianggai.s@en.rmUTT.ac.th](mailto:grianggai.s@en.rmUTT.ac.th)

## บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างเรือเก็บขยะแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกลสำหรับแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุไปใช้งาน โดยสามารถทำการเก็บขยะที่มีขนาดเล็กได้ ในการออกแบบนั้นจะใช้แหล่งต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรงแบบ EMAXGT 3520/04 Out runner Brushless Motor 1150 KV ชุดโครงสร้างของเรือเก็บขยะจะเป็นวัสดุอลูมิเนียม โดยมีขนาด 900 mm×700 mm×300 mm จากการทดสอบหาความสามารถในการเก็บขยะลอยน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นถุงพลาสติก และขวดน้ำ จำนวน 50 pieces โดยความเร็วมอเตอร์จะอยู่ที่ 7000 rpm ในพื้นที่ขนาด 25 m<sup>2</sup> พบว่าเรือที่ทำการออกแบบนั้น สามารถทำการเก็บขยะคิดเป็น 76.33% มีความสามารถในการทำงานอยู่ที่ 27 pieces/min มีค่าใช้จ่ายในการทำงานอยู่ที่ 0.22 baht/m<sup>2</sup> และมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 31 days จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าเรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุนั้น จะมีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานสูงกว่าการใช้แรงงานคน โดยสามารถช่วยลดได้ทั้งแรงงานคน เวลาในการทำงาน ต้นทุน และยังสามารถช่วยลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นในการทำงานลงได้อีกด้วย

คำสำคัญ: เรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุ, ต้นกำลัง, ความเร็วมอเตอร์, ประสิทธิภาพ, ขยะลอยน้ำ

## Abstract

The main purpose of design and fabrication of remote controlled garbage collecting boat for agricultural water resources is to study the feasibility of using the unmanned remote control garbage collecting boat in term of small garbage collection. In the design was used a directly current motor sourced EMAXGT 3520/04 Out runner Brushless Motor 1150 KV and the main of structure was made from material aluminums with dimension 900 mm×700 mm×300 mm. Field performance test under controlled field conditions were used the plastic bags and bottles around 50 pieces with the motor speed 7000 RPM with actual area covered 25 m<sup>2</sup>. The results of the field performance test were 76.33% and the effective work capacity 27 pieces/min. The cost of garbage collecting was around 0.22 baht/m<sup>2</sup> and the break-even point in 31 days. The unmanned remote control garbage collecting boat could be effective to work and could be reduce labor force, actual operating time, cost, and the danger that may arise in the work down, too.

Keywords: Unmanned remote control garbage collecting boat, power system, motor speed, efficiency, garbage

## 1 บทนำ

ปริมาณขยะของประเทศไทยถือเป็นข้อมูลที่น่าสนใจเนื่องจากปริมาณขยะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่อง โดยขยะมูลฝอยเป็นขยะที่มีปริมาณมากที่สุดของประเทศไทย ในปีพ.ศ. 2555 มีขยะมูลฝอยปริมาณ 16 M tons ซึ่งเป็นขยะที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานคร ร้อยละ 22 หรือเฉลี่ย 9,800 tons/day

สำหรับขยะกลุ่มนี้ได้มีการกำจัดอย่างถูกวิธีตามหลักวิชาการเพียง 5.8 M tons หรือคิดเป็นร้อยละ 36 ส่วนที่เหลืออีกกว่า 10 M tons นั้นจะถูกกำจัดโดยการเผาทิ้ง กองทิ้งในบ่อดิน ในพื้นที่กร้างและตามแหล่งน้ำต่างๆ ตามลำดับ (สำนักข่าวออนไลน์ไทยพับลิก้า, 2556) การเก็บเก็บสิ่งปฏิกูลที่อยู่บนผิวน้ำ โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะใช้แรงงานคน หรือการทำแพงดักเก็บ หากสิ่งปฏิกูลมีปริมาณมากหรือแหล่งน้ำมีขนาดใหญ่ วิธีการดังกล่าวนี้จะมี

ประสิทธิภาพต่ำ และต้องใช้ต้นทุนในการดำเนินการที่สูงขึ้น โดยในปัจจุบันได้มีการสร้างเรือเก็บขยะขึ้นมาหลากหลายรูปแบบ (ประปาไทยดอตคอม, 2559; วิชาการดอตคอม, 2559; ธีรธรรม และคณะ, 2556) แต่ยังมีปัญหาต่างๆ มากมาย เช่น ปัญหาในการบรรทุกน้ำหนักได้น้อย ปัญหาในการควบคุมเรือให้ถึงจุดที่มีขยะอยู่ และปัญหาในด้านระยะเวลาทำงานที่ยาวนานขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและสร้างเรือเก็บขยะในคูคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกล เพื่อทำการแก้ไขปัญหาในการเก็บขยะมูลฝอยที่ลอยอยู่ในแหล่งน้ำทางการเกษตรต่างๆ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำการออกแบบและสร้างเรือเก็บขยะในคูคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกลต้นแบบ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการเก็บขยะ จากนั้นทำการออกแบบระบบอัลกอริทึมของชุดควบคุมเรือ และสุดท้ายทำการออกแบบชุดเก็บขยะมูลฝอยในคูคลอง แบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกลขึ้น

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขยะมูลฝอยที่ลอยบนผิวน้ำในคูคลอง

1) ทำการศึกษาถึงปัญหา และวิธีการเก็บขยะบนผิวน้ำ โดยใช้แรงงานคน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทราบถึงปัญหาความยากลำบากในการเก็บขยะรวมถึงการหาข้อมูลเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเรือเก็บขยะในคูคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกล กับแรงงานคน และทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเชิงเศรษฐศาสตร์ การดำเนินการศึกษาโดยการสัมภาษณ์จากคนเก็บขยะในพื้นที่ที่มีขยะในคูคลอง

2) ทำการศึกษาลักษณะของประเภทขยะที่ลอยบนผิวน้ำ วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงประเภทของขยะมูลฝอย เช่น ขวดน้ำ กล่องโฟมใส่อาหาร ถุงพลาสติก และเศษใบไม้ เป็นต้น การดำเนินการศึกษาโดยการแยกประเภทของขยะ จากนั้นทำการวัดขนาดเพื่อแยกขนาดออกมาเป็น เล็ก กลาง ใหญ่ โดยข้อมูลที่ได้เราจะนำไปทำการออกแบบชุดหัวเกี่ยวขยะ และชุดตะแกรงรองรับขยะด้านในตัวเรือต่อไป (Figure 1)

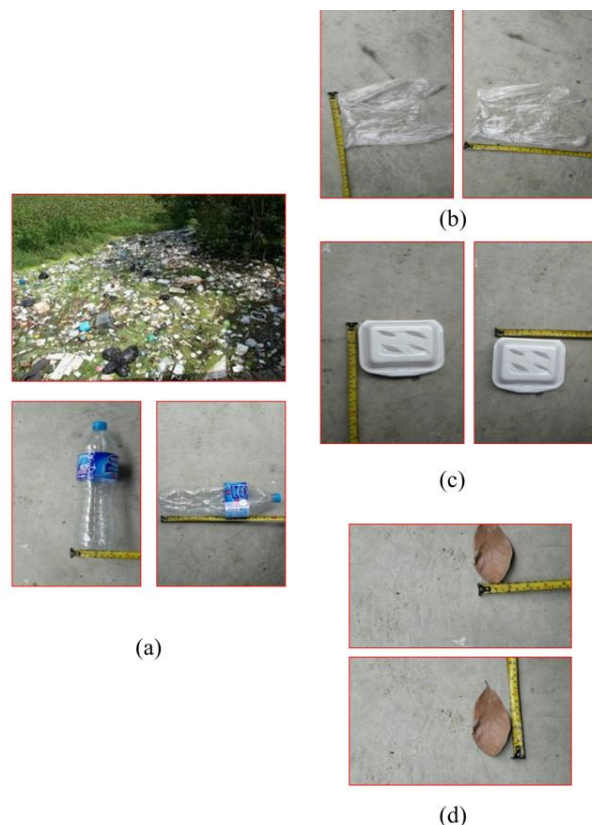


Figure 1 Specifications of the garbage in the irrigations canal (a) Agricultural irrigations canal and a bottle dimension (100 mmx320 mm) (b) a plastic bag dimension (150 mmx270 mm) (c) a foam box dimension (110 mmx140 mm) (d) a foliage dimension (40 mmx90 mm) (ทีนิสส์สังคม, 2559).

### 2.2 ทำการศึกษาลักษณะของวิธีการเก็บขยะบนผิวน้ำในคูคลอง

1) การศึกษาถึงปัญหาและวิธีการเก็บขยะโดยแรงงานคน วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาในการเก็บขยะโดยใช้แรงงานคน รวมถึงการหาข้อมูลเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเรือเก็บขยะในคูคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกล กับแรงงานคนเก็บ และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเชิงเศรษฐศาสตร์ การดำเนินการศึกษาโดยการสอบถามของผู้ที่รับจ้างเก็บขยะในคูคลองทั่วไป (Figure 2)



Figure 2 Specifications of the garbage collecting. (a) The risk from the garbage collecting; (b) Garbage collecting in the agricultural canal; (c) Garbage collecting in the river (ทีนิวส์สังคม, 2559).

### 2.3 ออกแบบและสร้างเรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกล

1) เกณฑ์ในการออกแบบ จะมีข้อกำหนดที่สำคัญดังต่อไปนี้ การเก็บขยะโดยการลำเลียงขยะมายังตะกร้ารองรับขยะด้วยชุดหัวเกี่ยวขยะ กลไกการทำงานของเรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกล ทำงานง่ายไม่ซับซ้อนมากเกินไปและ ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้สะดวกและมีความปลอดภัย การบำรุงรักษาง่าย อุปกรณ์ชิ้นส่วนหากชำรุดสามารถถอดเปลี่ยนได้ และมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด และสามารถใช้งานเพียง 1 คน

2) ในการออกแบบเรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกลนั้น จะทำการออกแบบให้มีส่วนประกอบหลักๆ 5 ส่วน ได้แก่ โครงสร้างของเรือ โดยจะเป็นวัสดุโลหะอะลูมิเนียม ชุดหัวเกี่ยวขยะ (THAITRATOR ([www.thaitractor.com](http://www.thaitractor.com))) ใบพัดเรือ (MABUCHI Model: DOWNSOL 3V 7000 rpm, AliExpress.com, CHINA) มอเตอร์ (EMAX GT3520/04 Out runner Brushless Motor 1150 KV for RC Airplane) เป็นมอเตอร์เครื่องบินบังคับ ระบบรับส่งสัญญาณ (บริษัท เฉิงกั๋ง อิเลคทริคัล เอ็นจิเนียริง (ประเทศไทย) จำกัด (Chenggang Electrical Engineering (Thailand) Co.,Ltd)) และชุดรีโมทควบคุมการบังคับเรือ (Wireless trigger control (Jelsoft Enterprises Ltd.)) ซึ่งวิธีการออกแบบนั้นจะดำเนินการโดยรวบรวมข้อมูลการศึกษา จากหัวข้อ 2.1 และ 2.2 รวมถึงการประยุกต์ใช้ความรู้ และหลักการทางวิศวกรรมเพื่อให้เรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกล ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์

3) การสร้างเรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกล ดำเนินการสร้าง ณ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยโครงสร้างเรือเก็บขยะในคลอง

แบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกล ทำมาจากวัสดุโลหะอะลูมิเนียม ขนาด 900 mmx700 mmx300 mm ทำการยึดประกอบกันเป็นโครงและระบบชุดหัวเกี่ยวขยะจะทำหน้าที่เกี่ยวขึ้นขยะบนผิวน้ำและทำการส่งขยะไปยังตะกร้ารองรับขยะด้านในตัวเรือ ส่วนชุดใบพัดเรื่อนั้นจะทำหน้าที่ควบคุมทิศทางเรือ ซ้าย-ขวา (Figure 3,4) (สำนักข่าวออนไลน์ไทยพับลิก้า, 2556)

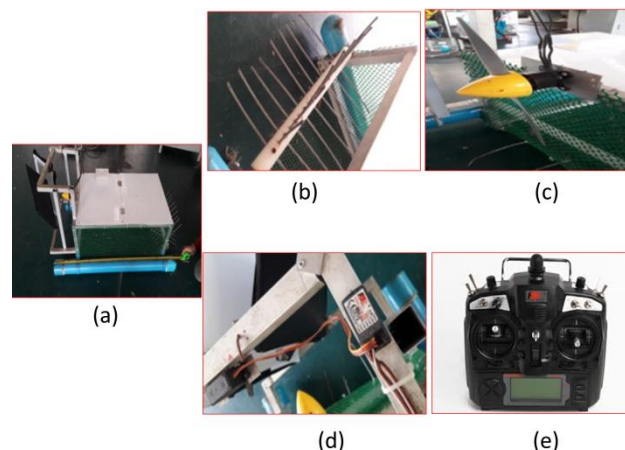


Figure 3 Specifications of the design and fabrication of unmanned remote control garbage collecting boat: (a) garbage collecting boat, (b) head set pertaining garbage, (c) boat propeller, (d) System Transceiver, (e) remote controller.

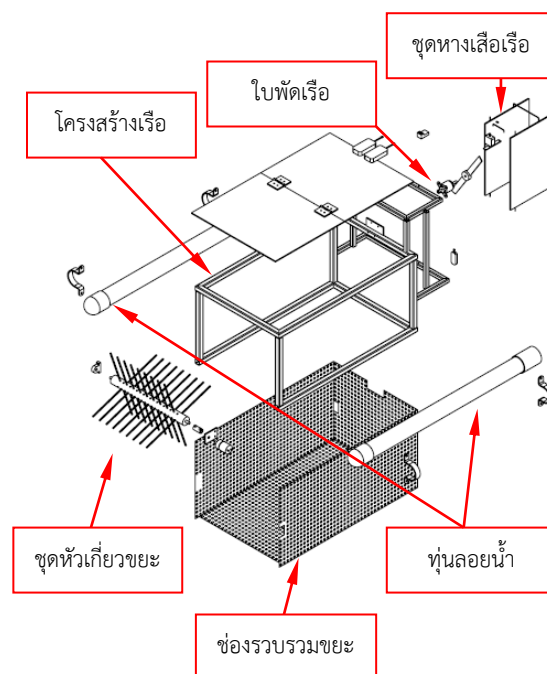


Figure 4 System details of the unmanned remote control garbage collecting boat.

## 2.4 หลักการทำงานของเรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกล

Figure 5, 6 แสดงหลักการทำงานของเรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกลนั้น จะเริ่มต้นจากมอเตอร์ และตัวเฟืองทด จะเป็นต้นกำลังให้ชุดเก็บขยะทำการหมุน ควบคุมทิศทาง และทำการเกี่ยวขยะที่ลอยอยู่บนผิวน้ำให้เข้ามายังตระแกรงสำหรับเก็บขยะ โดยตะแกรงเก็บขยะจะทำเป็นช่องไว้ได้เรือ ทำให้สามารถลอยน้ำได้ไม่เกิดภาระขึ้นกับตัวเรือ ส่วนชุดวงจรสำหรับการบังคับทิศทางของเรือ จะใช้รีโมทบังคับวิทยุในการควบคุมเรือ โดยใบพัดในการควบคุมการเคลื่อนที่ ต้นกำลังมาจากแบตเตอรี่ 12 V และมอเตอร์ทดรอบจำนวน 2 ตัว (ณัฐวรท และคณะ, 2556; เกรียงไกร และ เกียรติศักดิ์, 2557)



Figure 5 Work operating of the unmanned remote control garbage collecting boat.

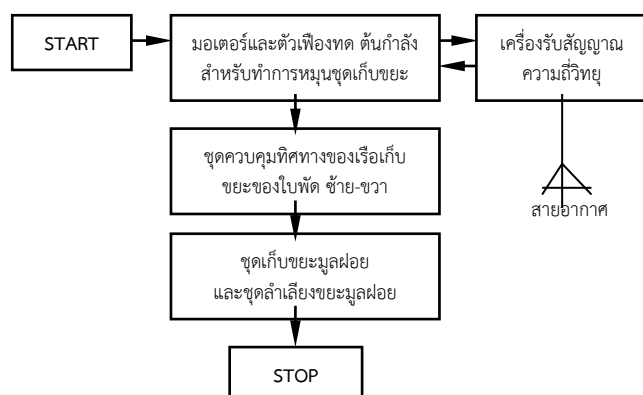


Figure 6. Created the unmanned remote control garbage collecting boat procedure.

## 2.5 การทดสอบและประเมินผล

เรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกลได้ถูกทดสอบสมรรถนะการทำงาน และคุณภาพในการเก็บขยะในคลอง โดยจะประเมินสมรรถนะการทำงานจากเปอร์เซ็นต์การเก็บขยะในคลอง (% , Equation 1) และความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องต้นแบบ ( $\text{kg hr}^{-1}$ , Equation 2) (Samseemoung et al., 2011)

$$\frac{\text{จำนวนขยะที่เครื่องต้นแบบเก็บได้}}{\text{จำนวนขยะที่ใช้ทดสอบทั้งหมด}} \times 100 \quad (1)$$

$$\frac{\text{น้ำหนักของขยะที่เครื่องต้นแบบเก็บได้ทั้งหมด}}{\text{เวลาที่ใช้ทดสอบทั้งหมด}} \quad (2)$$

ส่วนการทดสอบแรงลอยตัว จะคำนวณจากสูตร

$$F = \rho g v \quad (3)$$

โดยที่ ค่า F หมายถึง แรงลอยตัว (มีหน่วยเป็น นิวตัน) ค่า  $\rho$  หมายถึง ความหนาแน่นของของเหลว (มีหน่วยเป็น  $\text{kg/m}^3$ ) ต่อมา ค่า g หมายถึง ค่าคงที่ของแรงโน้มถ่วงโลก มีค่าเท่ากับ 9.8 หรือ 10 (มีหน่วยเป็น  $\text{m/s}^2$ ) และสุดท้ายค่า V หมายถึง ปริมาตรของวัตถุที่จม (มีหน่วยเป็น  $\text{m}^3$ )

## 2.6 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

### 2.6.1 การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมจะเกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องต้นแบบฯ สมมุติว่าเกษตรกรผู้ใช้ทำการซื้อเครื่องต้นแบบฯ แทนการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องต้นแบบฯ ได้ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดดอกเบี้ยที่ 10%) ซึ่งเป็นต้นทุนคงที่ทั้งหมด จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการเก็บขยะในคลอง และต้นทุนแปรผัน (Hunt, 1995)

### 2.6.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อทำการลงทุนใช้เครื่องต้นแบบฯ ไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปก่อนหน้านี้นี้ภายในระยะเวลากี่ปี โดยคิดดอกเบี้ยที่ 10% แต่ไม่ทราบค่า  $n$  ทำการเปลี่ยนค่า  $n$  ไปเรื่อยๆ จนค่าทั้งสองข้างของสมการเท่ากัน ก็จะได้ค่า  $n$  โดยที่  $n$  นั้น คือระยะเวลาคืนทุน (ปี)

### 2.6.3 การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน

เป็นการคาดคะเนว่าการหาจำนวนหน่วยขายของเครื่องต้นแบบฯ ที่ทำให้ยอดขายรวมเท่ากับค่าใช้จ่ายรวม/ต้นทุนทั้งหมด จึงเป็นจุดที่ไม่มีกำไรหรือขาดทุนเกิดขึ้นในการใช้เครื่องต้นแบบฯ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ราคาขาย} - \text{ต้นทุนคงที่} - \text{ต้นทุนแปรผัน} = \text{กำไร} \quad (4)$$

### 3 ผลและวิจารณ์

#### 3.1 เปอร์เซ็นต์การเก็บขยะในคูคลอง

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบฯ ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ต่างๆ 3000 rpm, 5000 rpm และ 7000 rpm พบว่าที่ความเร็วรอบ 7000rpm มีเปอร์เซ็นต์การเก็บขยะในคูคลอง 39%, 58.33% และ 76.33% ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์การเก็บขยะในคูคลองจะเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์ และมีค่าสูงที่สุดเมื่อความเร็วรอบมอเตอร์อยู่ที่ 7000 rpm

#### 3.2 ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องต้นแบบฯ

ความสามารถในการเก็บขยะของเครื่องต้นแบบฯ จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบมอเตอร์ โดยที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 3000 rpm, 5000 rpm และ 7000 rpm เรือเก็บขยะเครื่องต้นแบบฯ สามารถทำงานได้  $13.92 \text{ kghr}^{-1}$ ,  $20.76 \text{ kghr}^{-1}$  และ  $27.54 \text{ kghr}^{-1}$  ตามลำดับ (Figure 7)

แต่ในการทำงานควรจะใช้ความเร็วรอบที่ทำให้เรือมีเปอร์เซ็นต์ในการเก็บขยะสูงที่สุด และมีปริมาณขยะที่หลงเหลืออยู่น้อยที่สุด ซึ่งเท่ากับ 7000 rpm และจากการสังเกตขณะทำการทดสอบพบว่า ที่ความเร็วรอบนี้เป็นความเร็วที่ผู้ควบคุมเรือเก็บขยะสามารถควบคุมทิศทางเรือหันเข้าสู่เป้าหมายได้อย่างง่ายดายและมีความแม่นยำมากที่สุด ทำให้ใช้เวลาไม่น้อยไม่เปลืองแบตเตอรี่ กว่าความเร็วรอบมอเตอร์ที่ต่ำกว่านี้

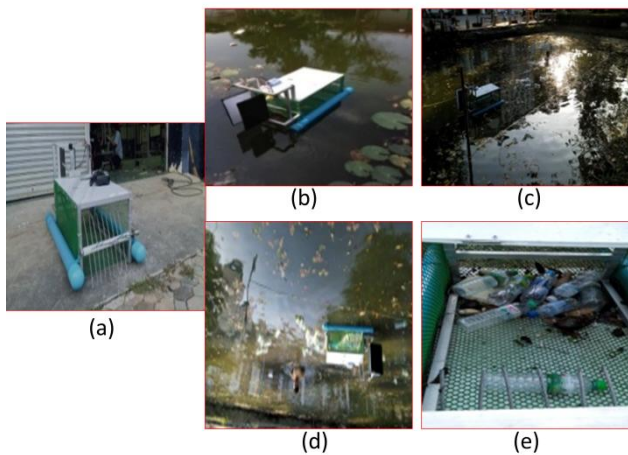


Figure 7 Experimental set up and field preparation, (a) the unmanned remote control garbage collecting boat; (b) the unmanned remote control garbage collecting boat in the canal; (c) field preparation set up; (d) garbage collecting boat in the canal repairing; (e) garbage in the boat.

#### 3.3 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบฯ

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยคิดที่ราคาเครื่องต้นแบบฯ 7,000 bath อายุการใช้งาน 5 year อัตราดอกเบี้ยคิดที่ 10% ใช้ผู้ควบคุมเครื่อง 1 คน ความสามารถในการ

การทำงานของเรือเก็บขยะ  $27.54 \text{ kghr}^{-1}$  และทำงาน  $1,440 \text{ hr year}^{-1}$  จะได้ค่าใช้จ่ายจากการใช้เรือเก็บขยะในคูคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกลต่อวันจะอยู่ที่  $0.023 \text{ bath/day}$  โดยคิดจากมูลค่าเครื่อง ราคา 7,000bath พื้นที่การทำงานภายในต่อวันเท่ากับ  $12,000 \text{ m}^2/\text{day}$  ในขณะที่ถ้าใช้แรงงานคนในการเก็บขยะต่อวันจะอยู่ที่  $0.22 \text{ bath/day}$  โดยคิดจากค่าแรงงานคนจำนวน 2 คน ราคา 560 bath/day ทำงานวันละ 8 hr พื้นที่การทำงานภายในต่อวันเท่ากับ  $2,500 \text{ m}^2/\text{day}$

ดังนั้นถ้าใช้เรือเก็บขยะในคูคลองแบบบังคับวิทยุแทนแรงงานคนจะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ถึง 220 bath/day และสามารถคืนทุนภายในระยะเวลาเพียง 31.8 day หรือประมาณ 1 เดือน

#### 3.4 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของขยะที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบ

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพโดยทำการเก็บขยะเป็นจำนวนทั้งหมด 50 pieces มาทำการวัดขนาดความกว้าง ความยาว น้ำหนัก แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าไปบันทึกเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบชุดเก็บขยะ และช่องทางเข้าออกของตะแกรงเก็บขยะ โดยใช้ค่า maximum size เป็นค่าในการออกแบบ ค่าที่ได้จากการวัดขนาดขยะตัวอย่าง ดังแสดงในตารางด้านล่างนี้

Table 1 The average width, length and weight of garbage samples in canal.

| Garbage sizing | Width (mm) | Length (mm) | Weight (kg) |
|----------------|------------|-------------|-------------|
| Maximum size   | 100        | 320         | 0.04        |
| Medium size    | 110        | 140         | 0.01        |
| Minimum size   | 40         | 90          | 0.001       |
| Average        | 83.33      | 183.33      | 0.017       |

การคำนวณหาแรงลอยตัวของเรือเก็บขยะบังคับวิทยุควบคุมระยะไกล โดยเราจะใช้ทอพีริซีเพื่อเป็นหุ่นลอยน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 inch จำนวน 2 ท่อน มีขนาดความยาวท่อนละ 1100 mm

$$\begin{aligned}
 \text{จาก ปริมาตรทรงกระบอก} &= \frac{\pi d^2 d}{4} \\
 &= \pi (0.0722)^2 \times 1.1 \\
 &= 4.478 \times 10^{-3} \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

จาก  $F = \rho g v$

$$\begin{aligned}
 F &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 4.478 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\
 F &= 43.93 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\text{ท่อฟิวซี 1 ท่อน รับน้ำหนักได้ } \frac{43.93}{9.81} = 4.47 \text{ kg}$$

ดังนั้น ท่อฟิวซี 2 ท่อน จะสามารถรับน้ำหนักได้  
 $4.47 \times 2 = 8.90 \text{ kg}$

### 3.5 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเรือเก็บขยะ บังคับวิทยุควบคุมระยะไกล

การทดสอบจะทดสอบที่ความเร็วรอบมอเตอร์ในการทดสอบ 3 ระดับ คือ 3000 rpm, 5000 rpm และ 7000 rpm ผลที่ได้จากการทดสอบจะแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ หน่วยเป็นรอบต่อนาที (Figure 8) น้ำหนักขยะที่เก็บได้ หน่วยเป็นกิโลกรัม และจำนวนขยะที่เก็บได้โดยเรือ จำนวน 50 pieces ใช้เวลาในการทดสอบครั้งละ 1min ขนาดพื้นที่ 25 m<sup>2</sup> ข้อมูลที่ได้จะเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพจากการใช้แรงงานคนเก็บขยะ ดังแสดงในตารางที่ 2

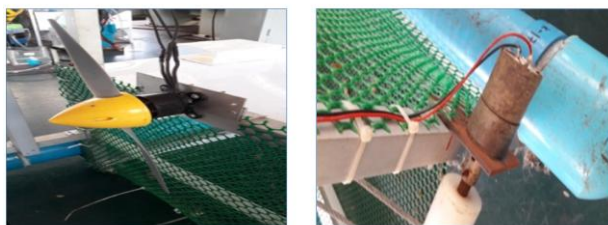


Figure 8 Position of motor speed test (rpm) and performance of the garbage collecting boat (%).

Table 2 Motor speed test (rpm), weight of garbage (kg) and the garbage collected (50 pieces) of the ship garbage collection in the canal. Take the time to test each 1 minute (min) and the size of test area 25 m<sup>2</sup>.

| No. | Motor speeds (rpm) | Performance of the garbage collecting boat (pieces) | Performance from labor force (pieces) | Weight of garbage (kg) |
|-----|--------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 1   | 3000               | 13.67 <sup>a</sup>                                  | 50                                    | 0.232                  |
| 2   | 5000               | 20.33 <sup>b</sup>                                  | 50                                    | 0.346                  |
| 3   | 7000               | 27.00 <sup>c</sup>                                  | 50                                    | 0.459                  |

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant levels according to Duncan's Multiple Range Test.

ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ และประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบในการเก็บจำนวนชิ้นของขยะกลุ่มตัวอย่างที่เก็บได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยพบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการ

ทดสอบที่ดีที่สุดคือ 7000 rpm ซึ่งที่ความเร็วรอบ 7000 rpm มีจำนวนชิ้นขยะที่เก็บได้ใกล้เคียงกับจำนวนชิ้นขยะที่เก็บโดยใช้แรงงานคนมากที่สุดคือ 27pieces หรือคิดเป็น 0.459kgmin<sup>-1</sup>

### 3.5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์การเก็บขยะในคูคลอง (%) และความเร็วรอบมอเตอร์ในการทดสอบ (rpm)

จากการทดสอบที่ความเร็วรอบมอเตอร์ในการทดสอบ 3 ระดับ คือ 3000 rpm, 5000 rpm และ 7000 rpm พบว่ามีจำนวนเปอร์เซ็นต์การเก็บขยะในคูคลอง ดังนี้ 39%, 58.33% และ 76.33% ตามลำดับ

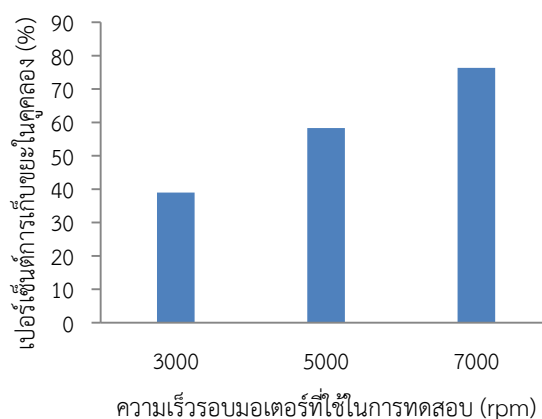


Figure 9 The relationship between the percentage of the ship garbage collection in the canal (%) and motor speed (rpm).

### 3.5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องต้นแบบ (kg hr<sup>-1</sup>) และความเร็วรอบมอเตอร์ในการทดสอบ (rpm)

จากการทดสอบที่ความเร็วรอบมอเตอร์ในการทดสอบ 3 ระดับ คือ 3000 rpm, 5000 rpm และ 7000 rpm พบว่าเครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงานจริง ดังนี้ คือ 13.92 kg hr<sup>-1</sup>, 20.76 kg hr<sup>-1</sup> และ 27.54 kg hr<sup>-1</sup> ตามลำดับ

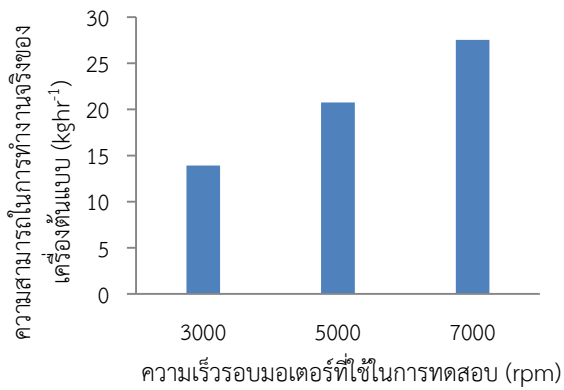


Figure 10 The relationship between the working ability of the prototype ( $\text{kg hr}^{-1}$ ) and motor speed (rpm).

### 3.5.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์ในการทดสอบ (rpm) กับระยะความสูงของชุดหัวเกี่ยวขยะ (m)

การทดสอบจะทดสอบที่ความเร็วรอบมอเตอร์ในการทดสอบ 3 ระดับ คือ 3000 rpm, 5000 rpm และ 7000 rpm โดยใช้ระดับความสูงของชุดหัวเกี่ยวขยะ ที่ 0.2 m, 0.4 m และ 0.6 m ในการทดสอบเพื่อทำการหาความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด และค่าระยะความสูงของชุดหัวเกี่ยวขยะที่ดีที่สุดแสดงในตารางด้านล่างนี้

Table 3 Motor speed test (rpm) and the elevation of the garbage head set (m) of the ship garbage collection in the canal. Take the time to test each 1 minute (min) and size of the test area  $25 \text{ m}^2$ .

| No. | Motor speed test (rpm) | Elevation of the garbage head set (m) | Number of garbage collecting (pieces) | Weight of garbage (kg) |
|-----|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 1   | 3000                   | 0.2                                   | 12.00 <sup>b</sup>                    | 0.204                  |
|     |                        | 0.4                                   | 11.00 <sup>ab</sup>                   | 0.170                  |
|     |                        | 0.6                                   | 8.67 <sup>a</sup>                     | 0.119                  |
| 2   | 5000                   | 0.2                                   | 22.67 <sup>d</sup>                    | 0.340                  |
|     |                        | 0.4                                   | 16.33 <sup>c</sup>                    | 0.272                  |
|     |                        | 0.6                                   | 10.67 <sup>ab</sup>                   | 0.187                  |
| 3   | 7000                   | 0.2                                   | 27.00 <sup>e</sup>                    | 0.459                  |
|     |                        | 0.4                                   | 23.33 <sup>d</sup>                    | 0.374                  |
|     |                        | 0.6                                   | 15.00 <sup>c</sup>                    | 0.255                  |

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant levels according to Duncan's Multiple Range Test.

ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ และระยะความสูงของชุดหัวเกี่ยวขยะมีผลต่อจำนวนชิ้นของขยะกลุ่มตัวอย่างที่เก็บได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบที่ดีที่สุดคือ 7000 rpm และระยะความสูงของชุดหัวเกี่ยวขยะที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.2 m

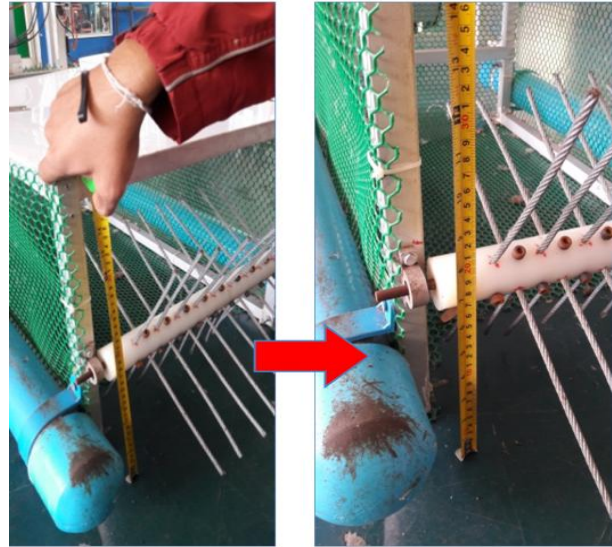


Figure 11 Experimental set up for the suitable elevation of the garbage head set (0.2 m) of the ship garbage collection in the canal.

## 4 สรุป

จากการทดสอบสมรรถนะเรือเก็บขยะเครื่องต้นแบบฯ โดยใช้ค่าชี้วัดการศึกษา ได้แก่ ค่าเปอร์เซ็นต์การเก็บขยะ และค่าความสามารถในการทำงานของเรือเก็บขยะเครื่องต้นแบบฯ พบว่า มีประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ยอยู่ที่ 76.33% มีความสามารถในการทำงานอยู่ที่ 27 pieces/min มีค่าใช้จ่ายในการทำงานอยู่ที่ 0.22 bath/ $\text{m}^2$  และจะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 31 day จากข้อมูลชี้ให้เห็นได้ชัดว่าเรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุนี้มีทั้งประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานที่สูงกว่าแรงงานคน โดยเรือเก็บขยะในคลองแบบบังคับวิทยุนี้ สามารถช่วยลดได้ทั้ง แรงงานคน เวลาในการทำงาน ต้นทุน และยังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงขึ้นอีกด้วย

จากความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์การเก็บขยะในคลอง (%) และความเร็วรอบมอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ (rpm) พบว่าที่ความเร็วรอบมอเตอร์ในการทดสอบ 3 ระดับ คือ 3000 rpm, 5000 rpm และ 7000 rpm จะมีจำนวนเปอร์เซ็นต์การเก็บขยะในคลอง ดังนี้ 39%, 58.33% และ 76.33% ตามลำดับ

จากความสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องต้นแบบ ( $\text{kg hr}^{-1}$ ) และความเร็วรอบมอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ (rpm) พบว่าที่ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ 3 ระดับ คือ 3000 rpm, 5000 rpm และ 7000 rpm

เครื่องต้นแบบนั้นจะมีความสามารถในการทำงานจริง ดังนี้  $13.92 \text{ kg hr}^{-1}$ ,  $20.76 \text{ kg hr}^{-1}$  และ  $27.54 \text{ kg hr}^{-1}$  ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ (rpm) กับระยะความสูงของชุดหัวเกี่ยวขย (m) พบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบที่ดีที่สุดคือที่ 7000 rpm และระยะความสูงของชุดหัวเกี่ยวขยที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.2 m

โดยที่ผลสัมฤทธิ์ของงานวิจัยนี้ พบว่าเกษตรกรผู้ใช้สามารถลดปัญหาในด้านการบรรทุกขยของเรือลง สามารถลดปัญหาในด้านการควบคุมเรือให้ถึงจุดที่มีขยอยู่ลง สามารถลดปัญหาการเมื่อลำของผู้ปฏิบัติงานลง สามารถลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นในการเกี่ยวขยลง และสุดท้ายสามารถที่จะลดปัญหาในด้านระยะเวลาทำงานลง

## 5 ข้อเสนอแนะหรือแนวคิงานวิจัย

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับงานทางด้านวิศวกรรมเกษตรโดยตรง โดยข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องต้นแบบฯ ไม่ว่าจะเป็นความเร็วรอบมอเตอร์ที่เหมาะสม ค่าเปอร์เซ็นต์การเกี่ยวขยในคูคลอง ค่าความสามารถในการทำงาน และค่าระดับความสูงของชุดหัวเกี่ยวขยที่เหมาะสม ซึ่งจะเห็นว่าเป็นข้อมูลจำเป็นพื้นฐานที่สำคัญเพื่อใช้ในการต่อยอด และพัฒนาการออกแบบให้เรือเกี่ยวขยในคูคลองให้สามารถใช้งานได้กับการเกี่ยวขยประเภทอื่นๆ เช่น วัชพืชผักตบชวาที่มีอยู่ในแหล่งน้ำเป็นจำนวนมาก และยังสามารพัฒนาให้เรือเกี่ยวขยในคูคลองแบบบังคับวิทยุควบคุมระยะไกลสามารถเกี่ยวขยได้ในปริมาณที่สูงมากกวานี้

## 6 กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ที่สนับสนุนเงินงบประมาณอุปกรณ์ บุคลากร และสถานที่ ในการเตรียมการทดสอบงานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้วิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

## 7 เอกสารอ้างอิง

- ทีนิวส์สังคม. 2559. แหล่งข้อมูล: <http://social.tnews.co.th/content/138997/>. เข้าถึงเมื่อ 5 กรกฎาคม 2559.
- สำนักข่าวออนไลน์ไทยพับลิกา. 2556. สถานการณ์ขยของไทย Thai Publica. แหล่งข้อมูล: <http://thaipublica.org/2013/05/weast-1/>. เข้าถึงเมื่อ 5 กรกฎาคม 2559.
- ประปาไทยดอตคอม. 2559. มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม. แหล่งข้อมูล: <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/>. เข้าถึงเมื่อ 5 กรกฎาคม 2559.

เว็บอร์ดิวิชาการดอตคอม. วิทยุบังคับ PROPORTIONNAL 2 CHANNEL. 2559. แหล่งข้อมูล:

<http://www.vcharkarn.com/vcafe/186885>. เข้าถึงเมื่อ 5 กรกฎาคม 2559.

ณัฐวรท มิรัตน์ไพโร, สุทัศน์อ่อนอก, รัชพล โพธิ์อำพล, เดชฤทธิ์ กลิ่นสุนทร. 2556. เรือเกี่ยวขยในคูคลอง. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชวมงคลธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร.

เกรียงไกร แซมสีม่วง, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์. 2557. การพัฒนาระบบถ่ายภาพทางอากาศระยะไกลแบบติดตั้งบนเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุสำหรับการเฝ้าระวังการระบาดของโรคพืชในพื้นที่ปลูกพืชมันสำปะหลัง. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 20(1), 1-9.

Samseemoung, G., Jayasuriya, H.P.W., Soni, P. 2011. Oil palm pest infestation monitoring and evaluation by helicopter-mounted low altitude remote sensing platform. Journal of Applied Remote Sensing 5(1), 3540.

Hunt, D. 1995. Farm Power and Machinery. (9th ed.). Iowa, State University Press. Ames: Iowa.