

การพัฒนา ระบบตรวจจับสถานะการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อยโดย  
ใช้เทคนิคการวิเคราะห์คลื่นเสียง

DEVELOPMENT OF OPERATIONAL STATUS DETECTING SYSTEM FOR  
SUGARCANE HARVESTERS USING ACOUSTIC ANALYSIS TECHNIQUE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2559

KMITL-2016- EN-M-100-213

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาระบบตรวจจับสถานะการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อยโดย  
ใช้เทคนิคการวิเคราะห์คลื่นเสียง

DEVELOPMENT OF OPERATIONAL STATUS DETECTING SYSTEM FOR  
SUGARCANE HARVESTERS USING ACOUSTIC ANALYSIS TECHNIQUE



T148755



เลขทမ်း  
เลขทะเบียน **148755**  
วันเดือนปี **23 พ.ย. 2560**

b. 00265373  
i. ....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในห้องสมุดเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF OPERATIONAL STATUS DETECTING SYSTEM FOR  
SUGARCANE HARVESTERS USING ACOUSTIC ANALYSIS TECHNIQUE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2016

KMITL-2016- EN-M-100-213

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาระบบตรวจจับสถานการณ์ทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อย  
โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์คลื่นเสียง

Thesis Title Development of Operational Status Detecting System for Sugarcane  
Harvesters using Acoustic Analysis Technique

นักศึกษา นายศิริเมศร์ วีระสกุลวัฒน์

รหัสประจำตัว 57601308

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.วสุ อุดมเพทายกุล

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-100-213

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ศิวลักษณ์	ปฐวีรัตน์	
ผศ.ดร.ธีรพงศ์	ผลโพธิ์	
ผศ.ดร.ประสันต์	ชุ่มใจหาญ	
ดร.วสุ	อุดมเพทายกุล	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพุธที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2559 เวลา 13.00-15.00 น.  
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตจากฝ่ายวิชาการ  
วันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2559  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบตรวจจับสถานะการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อยโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์คลื่นเสียง
นักศึกษา	นายศิรเมศร์ วีระสกุลวัฒน์
รหัสประจำตัว	57601308
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.วสุ อุดมเพทายกุล

### บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบตรวจจับสถานะการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อยโดยการวิเคราะห์คลื่นเสียงที่บันทึกได้ในขณะรถตัดอ้อยทำงาน เพื่อช่วยในการวัด และประเมินประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างเวลาที่ใช้ในการตัดอ้อยต่อเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำงาน โดยทั่วไปการวัด และบันทึกกิจกรรมการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรที่ละเอียดต้องใช้เวลา ความชำนาญ และความรอบคอบในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร ในการศึกษา ได้ทำการติดตั้งไมโครโฟนไว้บนชุดพัดลมเป่าใบของรถตัดอ้อย เมื่อมีการตัดอ้อยพัดลมจะดูดสิ่งเจือปนขึ้นมากระทบกับฝากรอบพัดลมหลักอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดเสียงดังก่อนที่จะถูกเป่าออกไป จากการทดสอบบนพื้นที่เก็บเกี่ยวอ้อยจำนวน 3 แปลง ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 4.25 3.19 และ 4.02 ไร่ตามลำดับ ในเขตพื้นที่อำเภอพิมาย และอำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมาในมีนาคม 2559 เมื่อนำสัญญาณเสียงการทำงานของรถตัดอ้อยที่บันทึกได้มาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เพื่อหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D.) ของ ค่ารากเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square, RMS) ของสัญญาณเสียง ค่าที่ได้แสดงถึงค่าความแปรปรวนของระดับความดังของเสียงที่วัดได้ในขณะทำงาน โดยมีค่ามากที่สุดเมื่อมีเสียงของวัสดุกระทบฝากรอบพัดลมเป่าใบซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่มีการตัดอ้อย (มีช่วงเวลาน้อยมาก) ระดับของความแปรปรวนนี้สามารถใช้เป็นตัวแปรในการจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยได้ โดยเมื่อทราบสถานะการตัดก็สามารถทราบเวลาที่ใช้ในการตัดทั้งหมด และสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งผลจากการวิเคราะห์สัญญาณเสียงจากการทำงานที่เกิดขึ้นดังกล่าว สามารถระบุประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานบนแปลงทดสอบทั้ง 3 แปลง คิดเป็น 35.99% 26.60% 36.33% ตามลำดับ โดยมีความผิดพลาด 2.56%, 1.27% และ 0.62% ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อนำผลการจำแนกสถานะการทำงานร่วมกับข้อมูลพิกัดที่บันทึกได้จากระบบระบุพิกัดด้วยดาวเทียม (Global Navigation Satellite System, GNSS) สามารถแสดงผลในรูปแบบที่สถานะการทำงาน เพื่อใช้พิจารณาว่าการเคลื่อนที่แบบใดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพเชิงเวลาของรถตัดอ้อย และหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขการทำงานของรถตัดอ้อยให้มีประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis</b>	Development of Operational Status Detecting System for Sugarcane Harvesters using Acoustic Analysis Technique
<b>Student</b>	Mr. Siramet Veerasakulwat
<b>Student ID</b>	57601308
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Agricultural Engineering
<b>Year</b>	2016
<b>Thesis Advisor</b>	Dr. Vasu Udompetaikul

## ABSTRACT

The goal of this research is to apply the acoustic analysis technique to develop an operational status detecting system for sugarcane harvesters. Determination of operational status is very important to accurately determine machine's time efficiency which is the ratio between crop cutting time and the total time used in the field. Typically, recording of field activities is tedious and time consumed, therefore, it was very difficult to get adequate information for improving of machine's efficiency under various working conditions. In this study, a set of microphone and sound recorder was installed on the primary extractor's hood of a sugarcane harvester. Whenever the cane is cut and chopped, residue will be extracted by the primary suction fan causing residues to hit the extractor's hood and to make noise which can be recorded by the system. In the experiment, operating data of a cane harvester from 3 locations in Nakhonratchasima province was recorded using the system in March 2016. A video camera was also installed on the harvester for recording actual activities as the reference. From the analyses, standard deviation (S.D.) of the root mean square (RMS) of the acoustic signal (SD of the RMS) could be used for classification of cutting signals. It simply represented the variation of the sound loudness. Residues hitting the hood caused high fluctuations in sound level. The hitting sound happened almost immediately after the sugarcane has been cut, so the operation or cutting status can be identified. With this technique, time efficiency for the test fields could be rapidly determined, i.e., 35.99%, 26.60%, and 36.33%, respectively, for the fields in this study. Classification errors were as small as 2.23%, 1.41%, and 4.73% respectively. Finally, operational status derived from this technique combining with the GNSS location data could be used to develop the operational status map. This map is useful for identifying locations where the machine work inefficiently. The developed system helps providing important data for optimizing of the agricultural machine's efficiency.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างดียิ่งจากท่านอาจารย์ ดร. วสุ อุดมเพทายกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความตั้งใจจริง และความทุ่มเทอย่างมากจากท่านอาจารย์จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆท่านที่ให้ความรักความเมตตาช่วยเหลือข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่ศึกษา และทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณ และขอบคุณไว้ในโอกาสนี้

ขอขอบคุณบริษัทอุตสาหกรรมโคราชจำกัด จังหวัดนครราชสีมา ที่อนุญาตให้ดำเนินการวิจัย และติดตั้งระบบบันทึกภาพ และเสียงบนรถตัดอ้อยของบริษัทในช่วงการศึกษางานบนพื้นที่จริง ในเขตพื้นที่อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ขอขอบคุณพี่บ้าน้ำาาเจ้าของไร่อ้อยเขตพื้นที่อำเภอพิมาย ที่หยิบบ่มข้าวปลาอาหารให้ทานในช่วงที่เก็บข้อมูลในพื้นที่ตัดอ้อย

ขอกราบขอบพระคุณยาย บิดา มารดา ครอบครัววีระสกุลวัฒน์ และครอบครัวสุราษฎร์ ที่เคารพรักของข้าพเจ้าที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จครั้งนี้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนการศึกษา และให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ หากมีสิ่งใดที่ขาดตกบกพร่องหรือมีข้อผิดพลาดประการใดข้าพเจ้าต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย และหวังว่าคุณค่าของวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่มากนักน้อยสำหรับทุกท่านที่สนใจอ่าน และศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไปในภายภาคหน้า

นายศิริเมศร์ วีระสกุลวัฒน์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
รายการคำย่อและสัญลักษณ์.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การปลูกอ้อย.....	4
2.1.1 พื้นที่ปลูกอ้อย.....	4
2.1.2 วิธีการเก็บเกี่ยวอ้อย.....	6
2.2 สมรรถนะของเครื่องจักรกลเกษตร.....	11
2.2.1 ความสามารถในการทำงาน (capacity).....	12
2.2.2 ประสิทธิภาพเชิงเวลา (Time Efficiency).....	12
2.3 เสียง.....	15
2.4 การทดสอบโดยไม่ทำลาย (Non Destructive Testing – NDT).....	17
2.4.1 การตรวจสอบด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic Testing – UT).....	17
2.4.2 การทดสอบโดยวิธีการรับคลื่นเสียง (Acoustic Emission Testing, AE).....	18
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	21
3.1 การติดตั้งชุดบันทึกเสียงและชุดบันทึกภาพ.....	22
3.2 การวิเคราะห์ผล.....	25
3.2.1 การศึกษาแนวทางการจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยด้วยสัญญาณเสียง.....	25
3.2.2 การจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยโดยพิจารณาสัญญาณเสียง.....	
ในขณะที่ทำงานทั้งแปลง.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ/หรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.2.3 การประเมินประสิทธิภาพเชิงเวลาของรถตัดอ้อยในแต่ละแปลงและการประยุกต์ใช้	25
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	27
4.1 การศึกษาแนวทางการจำแนกสถานะการทำงานด้วยสัญญาณเสียง.....	29
4.2 การจำแนกสถานะการทำงานโดยพิจารณาสัญญาณเสียงในขณะที่ทำงานทั้งแปลง.....	35
4.3 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา.....	46
4.4 การพัฒนาแผนที่แสดงสถานะการทำงานของรถตัดอ้อย.....	47
บทที่ 5 สรุปผล.....	50
บรรณานุกรม.....	52
ภาคผนวก.....	54
ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่.....	55
ประวัติผู้เขียน.....	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ลักษณะโดยทั่วไปของแปลงปลูกอ้อย.....	27
4.2 การจำแนกสัญญาณเสียงช่วงที่มีสถานะการทำงาน “ตัด” และ “ไม่ตัด” .....	32
4.3 การจำแนกสัญญาณเสียงช่วงที่มีสถานะการทำงาน “ตัด” และ “ไม่ตัด” .....	40
4.4 ค่าความผิดพลาดการจำแนกสัญญาณเสียงช่วงสถานะการทำงาน “ตัด” และ “ไม่ตัด” .....	40
4.5 การจำแนกสัญญาณเสียงช่วงที่มีสถานะการทำงาน “ตัด” และ “ไม่ตัด” .....	46
4.6 ค่าความผิดพลาดการจำแนกสัญญาณเสียงช่วงสถานะการทำงาน “ตัด” และ “ไม่ตัด” .....	46
4.7 ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานของรถตัดอ้อย .....	47



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ/หรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนที่แสดงพื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาลประเทศไทยปีการผลิต 2558/59.....	6
2.2 การทำงานของรถตัดอ้อยแบบสับท่อน.....	7
2.3 รถตัดอ้อย Case IH (Austoft) A4000.....	7
2.4 รถตัดอ้อย CAMECO .....	8
2.5 รถตัดอ้อย John Deere .....	8
2.6 โครงสร้างและลักษณะการทำงานของตัดอ้อยชนิดสับท่อน.....	9
2.7 เครื่องเกี่ยวตัดอ้อยทั้งต้น (เป็นลำ) ยี่ห้อ CAMECO .....	10
2.8 รถคืบอ้อย.....	11
2.9 รถตัดอ้อยชนิดเดินตาม ESM Canethumper .....	11
3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาลในจังหวัดนครราชสีมา ปีการผลิต 2558/59.....	21
3.2 แผนภาพแสดงระบบบันทึกข้อมูลและประเมินผล.....	22
3.3 ตำแหน่งติดตั้งไมโครโฟนสำหรับบันทึกเสียงเบื้องต้น.....	23
3.4 จุดติดตั้งชุดบันทึกภาพ.....	23
3.5 ข้อมูลเสียงที่ได้จากบริเวณด้านบนชุดหัวตัด.....	23
3.6 ข้อมูลเสียงที่ได้จากบริเวณด้านบนชุดพัดลมใหญ่.....	24
3.7 จุดติดตั้งชุดบันทึกภาพและเสียง.....	24
4.1 ลักษณะพื้นที่ของแปลงอ้อยที่เก็บข้อมูลแปลงที่ 1 (4.25 ไร่) .....	28
4.2 ลักษณะพื้นที่ของแปลงอ้อยที่เก็บข้อมูลแปลงที่ 2 (3.91 ไร่) .....	28
4.3 ลักษณะพื้นที่ของแปลงอ้อยที่เก็บข้อมูลแปลงที่ 3(4.02 ไร่) .....	28
4.4 ลักษณะสัญญาณเสียงของรถตัดอ้อยตลอดระยะเวลาที่ทำงานภายในแปลง .....	30
4.5 สัญญาณเสียงของรถตัดอ้อยที่สถานการณ์ทำงานที่ต่างกัน.....	30
4.6 ค่า S.D. ของสัญญาณเสียงจากรูปที่ 4.5.....	31
4.7 สัญญาณเสียง “ตัด” แลวที่ 1.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แะVIIต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 สัญญาณเสียง “ตัด” แฉวที่ 2.....	33
4.9 สัญญาณเสียง “ตัด” แฉวที่ 3.....	33
4.10 สัญญาณเสียง “ไม่ตัด” แฉวที่ 1.....	34
4.11 สัญญาณเสียง “ไม่ตัด” แฉวที่ 2.....	34
4.12 สัญญาณเสียง “ไม่ตัด” แฉวที่ 3.....	35
4.13 ลักษณะสัญญาณเสียงของรถตัดอ้อยตลอดระยะเวลาที่ทำงานภายในแปลงที่ 1.....	36
4.14 ลักษณะสัญญาณเสียงของรถตัดอ้อยตลอดระยะเวลาที่ทำงานภายในแปลงที่ 2.....	36
4.15 ลักษณะสัญญาณเสียงของรถตัดอ้อยตลอดระยะเวลาที่ทำงานภายในแปลงที่ 3.....	37
4.16 ลักษณะของสัญญาณเสียงการทำงานและลักษณะของค่า RMS. ภายในแปลงที่ 1.....	37
4.17 ลักษณะของสัญญาณเสียงการทำงานและลักษณะของค่า RMS. ภายในแปลงที่ 2.....	38
4.18 ลักษณะของสัญญาณเสียงการทำงานและลักษณะของค่า RMS. ภายในแปลงที่ 3.....	38
4.19 Histogram Signals RMS ของสัญญาณเสียงภายในแปลงที่ 1.....	39
4.20 Histogram Signals RMS ของสัญญาณเสียงภายในแปลงที่ 2.....	39
4.21 Histogram Signals RMS ของสัญญาณเสียงภายในแปลงที่ 3.....	39
4.22 Histogram Signals RMS รวมของสัญญาณเสียงภายในแปลงที่ 1.....	41
4.23 Histogram Signals RMS รวมของสัญญาณเสียงภายในแปลงที่ 2.....	41
4.24 Histogram Signals RMS รวมของสัญญาณเสียงภายในแปลงที่ 3.....	41
4.25 Histogram S.D. of the RMS ของสัญญาณเสียงในแปลงที่ 1 ที่มีการจำแนกและไม่จำแนก สถานะการตัดล่วงหน้า .....	42
4.26 Histogram S.D. of the RMS ของสัญญาณเสียงในแปลงที่ 2 ที่มีการจำแนกและไม่จำแนก สถานะการตัดล่วงหน้า .....	43
4.27 Histogram S.D. of the RMS ของสัญญาณเสียงในแปลงที่ 3 ที่มีการจำแนกและไม่จำแนก สถานะการตัดล่วงหน้า .....	43
4.28 Histogram ของ S.D. of the RMS ของสัญญาณเสียงในแปลงที่ 1 ที่ (a) จำแนกสถานะการตัดไว้ล่วงหน้า และ (b) รวมสัญญาณทั้งแปลง .....	44
4.29 Histogram ของ S.D. of the RMS ของสัญญาณเสียงในแปลงที่ 2 ที่รวมสัญญาณทั้งแปลง .....	44
4.30 Histogram ของ S.D. of the RMS ของสัญญาณเสียงในแปลงที่ 2 ที่รวมสัญญาณทั้งแปลง .....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา VIII ต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.31 เส้นทางเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยภายในแปลงที่ 1.....	48
4.31 เส้นทางเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยภายในแปลงที่ 2.....	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และXต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายการคำย่อและสัญลักษณ์

GNSS	Global Navigation Satellite Systems
Hz	Hertz
dB	Decibel
f	Frequency
NDT	Non Destructive Testing
VT	Visual Testing
RT	Radiographic Testing
UT	Ultrasonic Testing
MT	Magnetic Particle Testing
PT	Penetrant Testing
ET	Eddy Current Testing
CR	Computed Radiographic Test
PAUT	Phased Array UT
TOFD	Time of Flight Diffraction
AET	Acoustic Emission Testing
TIR	Thermal Infrared Testing
ACFM	Alternating Current Field Measurement
FFT	Fast Fourier Transform
SPCC	เหล็กคาร์บอนรีดเย็น มีคุณสมบัติตาม JIS G 3141
S.D.	Standard Deviation
ms	Milliseconds
rpm	Revolutions per minute
RMS	Root Mean Square

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

“อ้อย” เป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศและเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทราย และพลังงานทดแทน ที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของไทยเป็นอย่างมาก ประเทศไทยผลิตน้ำตาลทรายได้มากเป็นอันดับ 5 ของโลก และส่งออกมากเป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากบราซิล การส่งออกน้ำตาลทรายในช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2557 มีปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2553 มีการส่งออกน้ำตาล 4.50 ล้านตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 6.50 ล้านตัน ในปี 2557 โดยการส่งออกน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นมีผลจากความต้องการที่มากขึ้นของประเทศผู้นำเข้าน้ำตาลสำคัญของโลก ได้แก่ สหภาพยุโรป อินโดนีเซีย จีน สหรัฐอเมริกา สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ และมาเลเซีย ในขณะที่ความต้องการบริโภคภายในประเทศก็มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากความต้องการของภาคอุตสาหกรรมมีมากขึ้น โดยในปีการผลิต 2557/58 ผลผลิตอ้อยโรงงานอยู่ที่ 103.10 ล้านตัน สามารถผลิตน้ำตาลได้ 10.37 ล้านตัน จากเนื้อที่เพาะปลูก 8.52 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นจาก 8.46 ล้านไร่ ในปี 2556/57 ร้อยละ 0.71 เนื่องจากมีการส่งเสริมการปลูกอ้อยโรงงานจากผู้ประกอบการ และภาครัฐ โดยขยายพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานในพื้นที่นาดอน ซึ่งเป็นตัวเลือกที่ทำให้เกษตรกรหันมาปรับเปลี่ยนจากพื้นที่ปลูกข้าวไปเป็นพืชเศรษฐกิจอื่นที่มีความเหมาะสม เพื่อเพิ่มรายได้นอกเหนือจากมันสำปะหลัง และยางพารา (พงษ์ไพบูลย์, 2557)

เนื่องจากผลตอบแทนจากการเพาะปลูกอ้อยค่อนข้างดี และมีการส่งเสริมให้เกษตรกรขยายเนื้อที่เพาะปลูกอ้อยอย่างต่อเนื่องทั้งจากภาครัฐ และเอกชน ส่งผลให้เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยโรงงานเกิดความต้องการแรงงานเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยโรงงาน ซึ่งต้องใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมากและใช้ระยะเวลาานาน แต่ในสภาวะการณปัจจุบันแรงงานภาคเกษตรยังมีไม่เพียงพอ จากโครงสร้างประชากรมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่วัยสูงอายุ และแรงงานรุ่นใหม่ขาดแรงจูงใจในการทำงานในภาคเกษตร เพราะเป็นงานหนัก และไม่มีสวัสดิการ ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ ส่งผลกระทบให้เกิดการเคลื่อนย้ายแรงงานออกจากภาคเกษตรเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยโรงงานจัดหาแรงงานได้ยากขึ้น ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในภาคเกษตรกรรม ทำให้มีการนำเครื่องเกี่ยวตัดอ้อยแบบต่างๆจากต่างประเทศมาใช้งานในประเทศ โดยโรงงานน้ำตาลหรือในเกษตรกรรายใหญ่ เพื่อทดแทนการขาดแคลนแรงงานในการเกี่ยวตัดอ้อย แต่เนื่องจากเครื่องเกี่ยวตัดอ้อยมีกลไกซับซ้อน และมีราคาสูงมาก ทำให้เกษตรกรรายใหญ่บางรายลังเลต่อการตัดสินใจที่จะนำรถตัดอ้อยมาใช้แทนแรงงานคน แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลดีผลเสียแล้ว จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการนำรถตัดอ้อยมาใช้ ทั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในระยะยาว อีกทั้งยังสามารถลดเวลาในการเก็บเกี่ยวอ้อยเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคน

อย่างไรก็ตาม รถตัดอ้อยที่นำมาใช้มีการใช้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากการบำรุงรักษาตามแผนการซ่อมบำรุงหรือตามระยะเวลาการใช้งานที่กำหนด โดยส่วนมากเป็นการบำรุงรักษาแบบซ่อมเมื่อเสีย อีกทั้งสภาพแวดล้อมบางพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมสำหรับการทำงานของรถตัดอ้อย เช่น สภาพพื้นที่ และระยะห่างระหว่างแถวในการปลูกอ้อยในบางพื้นที่ไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของรถตัดอ้อย ส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการคั้นนุ่นที่นานขึ้น หากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการทำงานโดยพิจารณาการใช้งานรถตัดอ้อยให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น จะช่วยให้เกิดการใช้งานของรถตัดอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพของรถตัดอ้อยจึงเป็นสิ่งสำคัญโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีข้อมูลเชิงประสิทธิภาพที่เพียงพอเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ในปัจจุบันการเก็บข้อมูลเชิงประสิทธิภาพด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมเก็บข้อมูลได้ไม่มาก เนื่องจากวิธีการเก็บข้อมูลดังกล่าวต้องใช้เวลาและแรงงานในการเก็บข้อมูลจำนวนมาก อีกทั้งการเก็บข้อมูลจำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ และมีประสบการณ์ในการเก็บข้อมูล เพื่อทำการจับเวลา บันทึกข้อมูลการเคลื่อนที่ และบันทึกสถานะการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรเป็นช่วงๆ ตลอดการทำงานภายในแปลง ทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่ครอบคลุมการทำงานทั้งหมด อีกทั้งต้องในการเก็บข้อมูลของแต่ละแปลงอาจต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลทั้งวัน แต่ในปัจจุบันมีการวัดประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรด้วยระบบ Global Navigation Satellite System (GNSS) เข้ามาติดตามการทำงานของรถตัดอ้อยตลอดระยะเวลาการทำงานทั้งหมดภายในแปลง เพื่อนำข้อมูลการเคลื่อนที่ที่ได้ มาทำการวิเคราะห์ และ Optimize การทำงานใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของรถตัดอ้อยให้สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากระบบดังกล่าวยังไม่สามารถที่จะตรวจจับการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยโดยที่ไม่มีการตัดอ้อยเช่นการเลี้ยว ซึ่งถือเป็นความสูญเสียเชิงเวลาอย่างหนึ่งทำให้ระบบดังกล่าวจำเป็นต้องใช้กล้องวิดีโอบันทึกภาพการตัดอ้อย และนำมาเปรียบเทียบกับเคลื่อนที่ทั้งหมดเพื่อเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพเชิงเวลา ทั้งนี้ระบบดังกล่าวช่วยอำนวยความสะดวกเพียงแค่นี้ไม่ต้องไปบันทึกค่าในแปลงแต่ไม่สามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพได้อย่างอัตโนมัติ (วสุ อุดมเพทายกุล และคณะ, 2558)

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำระบบบันทึกข้อมูลเสียงในการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อยโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์คลื่นเสียง เพื่อศึกษาว่ามีการทำงานหรือไม่ทำงาน (จังหวะที่ทำงานคือรถเดินหน้าแล้วทำการตัดอ้อย, จังหวะที่ไม่ทำงานคือรถเดินหน้าแล้วไม่มีการตัดอ้อย) เพื่อศึกษาและวัดประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถลดการสูญเสียเชิงเวลาของการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร และได้พื้นที่ในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบบันทึกข้อมูลเสียงในการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อย
- 1.2.2 เพื่อระบุสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์คลื่นเสียง
- 1.2.3 เพื่อประยุกต์ระบบที่พัฒนาขึ้นร่วมกับระบบระบุพิกัดด้วยดาวเทียม (GNSS) เพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

ทำการบันทึกข้อมูลเสียงการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อย (TRM M6 2015 series 200HP, ไทยรุ่งเรืองแมนูแฟคเจอร์) ขณะตัดอ้อยในฤดูกาลผลิต 2558/2559 เพื่อนำข้อมูลเสียงที่ได้มาวิเคราะห์หาสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยโดยศึกษาการทำงานในพื้นที่เก็บเกี่ยวอ้อยจำนวน 3 แปลง ในเขตพื้นที่อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์คลื่นเสียงจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยในระหว่างการทำงานว่าอยู่ในช่วงที่มีการ “ตัด” หรือ “ไม่ตัด” และคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานของรถตัดอ้อยได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งเทคนิคที่พัฒนาขึ้นยังสามารถนำไปใช้ในการศึกษาวิจัยในเชิงลึกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของรถตัดอ้อย นอกจากนี้เทคนิคการวิเคราะห์คลื่นเสียงสามารถนำไปใช้คำนวณหาชั่วโมงการทำงานจริงของรถตัดอ้อยเพื่อให้มีการบำรุงรักษาตามแผนการซ่อมบำรุงหรือตามระยะเวลาการใช้งานที่กำหนด เพื่อรักษาสภาพเครื่องยนต์ และชิ้นส่วนต่างๆ ของรถตัดอ้อยให้เหมาะสมตามการใช้งาน สามารถใช้งานรถตัดอ้อยให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิคการวัดประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรด้วยระบบ GNSS ที่พัฒนาขึ้นก่อนหน้านี้ เพื่อให้สามารถบันทึก และวัดประสิทธิภาพการทำงานทั้งแปลงได้อย่างครบถ้วนช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดการการเคลื่อนที่เพื่อลดการสูญเสียเชิงเวลาในการทำงานของรถตัดอ้อย และได้พื้นที่ในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการตรวจจับสถานะการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อยโดยใช้เทคนิคคลื่นเสียงผู้วิจัยจำเป็นต้องศึกษาการปลูกอ้อย ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการนำทฤษฎีเบื้องต้น และแนวความคิดที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยที่ต้องการศึกษาให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

### 2.1 การปลูกอ้อย

#### 2.1.1 พื้นที่ปลูกอ้อย

ในปีการผลิต 2558/59 จากการสำรวจเขตพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั่วประเทศมีจังหวัดที่เพาะปลูกทั้งหมดรวม 47 จังหวัด จำนวน 11,012,839 ไร่ แบ่งเป็นปลูกอ้อยโรงงาน 10,278,045 ไร่ และพื้นที่ปลูกอ้อยทุกพันธุ์ 734,794 ไร่ โดยมีพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2557/58 จำนวน 481,912 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 4.58 เนื่องจากรัฐบาลพยายามผลักดันนโยบายบริหารพื้นที่เกษตรกรรมของพืช (Zoning) โดยปรับเปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวที่อยู่ในเขตพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมไปสู่การปลูกอ้อยโรงงาน มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทั้งนี้ อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมให้ชาวนาหันมาปรับเปลี่ยนพื้นที่ไร่นาให้เป็นพื้นที่ปลูกอ้อยเนื่องจากอ้อยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แทบทุกส่วน อ้อยนอกจากจะผลิตเป็นน้ำตาลทรายแล้วยังสามารถนำไปผลิตเป็นวัตถุดิบผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน และยังสามารถนำอ้อยไปเป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าหรือนำไปผลิตเป็นเยื่อกระดาษได้อีกด้วย นอกจากนี้ โรงงานน้ำตาลทรายส่วนใหญ่ยังมีนโยบายเตรียมพร้อมที่จะพัฒนา และขยายกำลังการผลิตเพื่อรองรับกับปริมาณผลผลิตอ้อยที่เพิ่มมากขึ้นจากการขยายพื้นที่เพาะปลูก เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยว่าตลาดรับซื้ออ้อยสามารถรองรับผลผลิตอ้อยที่แน่นอน และมีความมั่นคงจากการยึดอาชีพชาวไร่อ้อยได้ในระยะยาว ซึ่งมีการสรุปผลการสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยในพื้นที่แต่ละภาคได้ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559)

ภาคเหนือมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 9 จังหวัดได้แก่ จังหวัดแพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร พิจิตร นครสวรรค์ และเพชรบูรณ์ มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 2,537,836 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2557/58 จำนวน 123,793 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 5.13 โดยในเขตพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ และกำแพงเพชร มีการปรับเปลี่ยนพื้นที่เพาะปลูกจากเดิมที่เป็นนาข้าว มันสำปะหลัง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มาเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยเพิ่มมากขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559)

ภาคกลางมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 12 จังหวัดได้แก่ จังหวัดอุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี สระบุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี กาญจนบุรี นครปฐม ราชบุรี เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 3,053,232 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2557/58 จำนวน 60,648 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 2.03 เนื่องจากมีโรงงานน้ำตาลตั้งขึ้นใหม่ทำให้เกษตรกรมีหันมาปลูกอ้อยเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ จังหวัดสระบุรี กาญจนบุรี ลพบุรี และราชบุรี (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559)

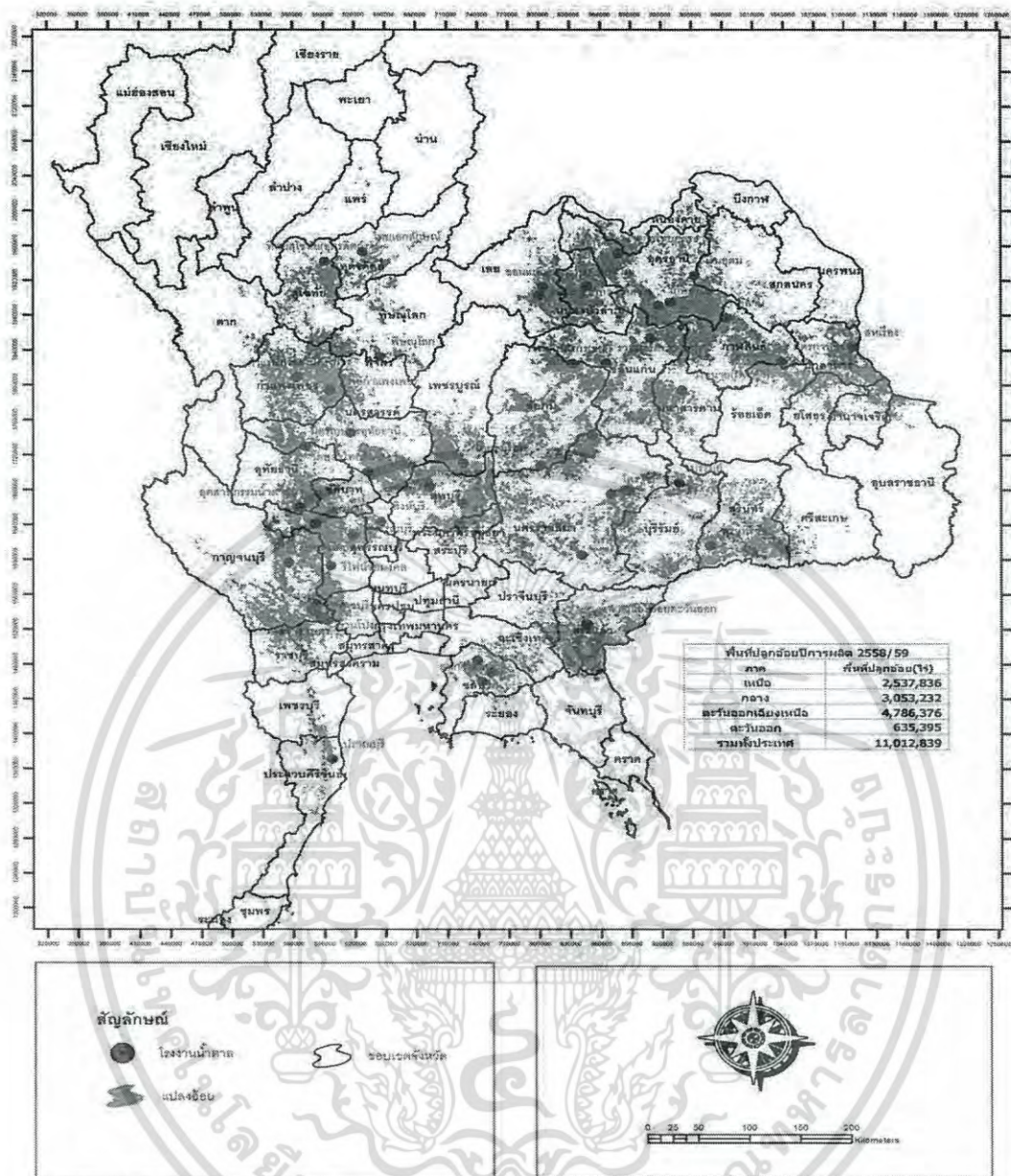
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 20 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเลย หนองบัวลำภู อุดรธานี หนองคาย บึงกาฬ สกลนคร นครพนม ชัยภูมิ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ มุกดาหาร อำนาจเจริญ ยโสธร นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 4,786,376 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2557/58 จำนวน 220,243 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 4.82 โดยมีการเพาะปลูกอ้อยเพิ่มมากขึ้นในเขตพื้นที่จังหวัดเลย หนองบัวลำภู อุดรธานี ขอนแก่น ชัยภูมิ ยโสธร อำนาจเจริญ และมุกดาหาร (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559)

ภาคตะวันออกมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดปราจีนบุรี สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง และจันทบุรี มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 635,395 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2557/58 จำนวน 77,228 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 13.84 ซึ่งจังหวัดที่มีการส่งเสริมพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุดคือจังหวัดสระแก้วเนื่องจากมีการขยายโรงงานน้ำตาล (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แผนที่แสดงพื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาลประเทศไทยปีการผลิต 2558/59  
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559

### 2.1.2 วิธีการเก็บเกี่ยวอ้อย

การเก็บเกี่ยวอ้อยจะมีวิธีการเก็บเกี่ยวอยู่ 2 วิธีหลักๆคือใช้แรงงานคน และใช้เครื่องเก็บเกี่ยว สำหรับเครื่องตัดอ้อยเท่าที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน สามารถจำแนกตามลักษณะของการเกี่ยวตัดได้ 2 แบบคือ เครื่องตัดอ้อยแบบตัดเป็นท่อน (Combine Harvester) และเครื่องตัดอ้อยแบบเกี่ยวตัดทั้งต้น (Whole Stalk Harvester) โดยที่แต่ละแบบจะมีลักษณะการทำงานดังนี้

2.1.2.1 เครื่องตัดอ้อยชนิดสับเป็นท่อน (Combine Harvester) เป็นเครื่องเกี่ยวตัดอ้อยที่ทำการตัดยอดอ้อยก่อนแล้วจึงตัดโคนอ้อย จากนั้นอ้อยจะถูกลำเลียงเข้าไปในเครื่อง โดยทางโคนอ้อยจะเข้าไปก่อนแล้วจะถูกตัดออกเป็นท่อนโดยมีใบมีดตัดเป็นท่อน (Chopper) ใบ และกาบอ้อยจะถูกลอกออกโดย ชุดลูกกลิ้งแล้วจึงถูกเป่าออกไปโดยพัดลม จากนั้นอ้อยจะถูกลำเลียงส่งขึ้นไปเอกสารนเป็นเอกสารที่สวงนไวสำหรับการไซงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปไซประโยชน์ตามการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ท่อส่งออก ในขณะที่ทำงานจะต้องมีรถบรรทุกหรือรถเทเลอร์วิ่งควบคู่ไปด้วยกับรถเกี่ยวตัดเพื่อ  
บรรทุกอ้อยที่ออกมาจากท่อส่งออกแสดงดังรูปที่ 2.2 เครื่องตัดอ้อยชนิดนี้สามารถใช้งานได้ทั้งใน  
สภาพการตัดอ้อยเผา และอ้อยสด บริษัทที่ทำการจำหน่าย และผลิตเครื่องตัดอ้อยแบบนี้ ได้แก่  
AUSTOFT (ประเทศออสเตรเลีย) CAMECO (ประเทศสหรัฐอเมริกา) John Deere (ประเทศ  
สหรัฐอเมริกา) CLAAS (ประเทศเยอรมัน) MESSEY FERGUSON (ประเทศอังกฤษ) รวมทั้งยังมี  
บริษัทจากประเทศรัสเซีย คิวบา บราซิล ฝรั่งเศส และจีน อีกด้วย (สุกรี นันทะสุคนธ์ และอรรถสิทธิ์  
บุญธรรม, 2551)



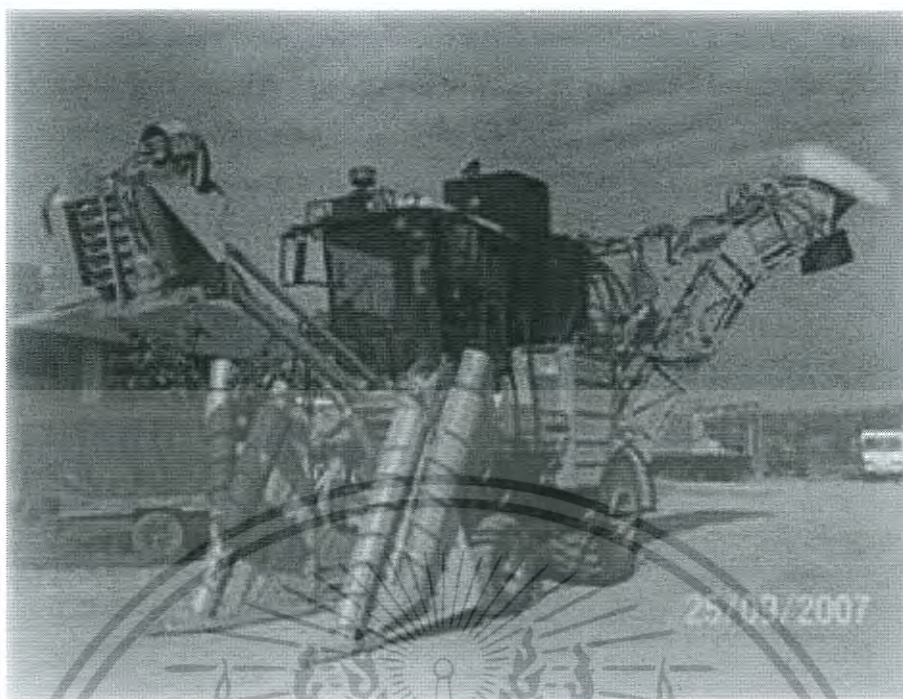
รูปที่ 2.2 การทำงานของรถตัดอ้อยแบบสับท่อน



รูปที่ 2.3 รถตัดอ้อย Case IH (Austoft) A4000

ที่มา : <http://www.caseih.com/apac/en-int/products/harvesters/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ [sugar-cane-harvester-austoft-4000](http://www.caseih.com/apac/en-int/products/harvesters/sugar-cane-harvester-austoft-4000) เท่านั้นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



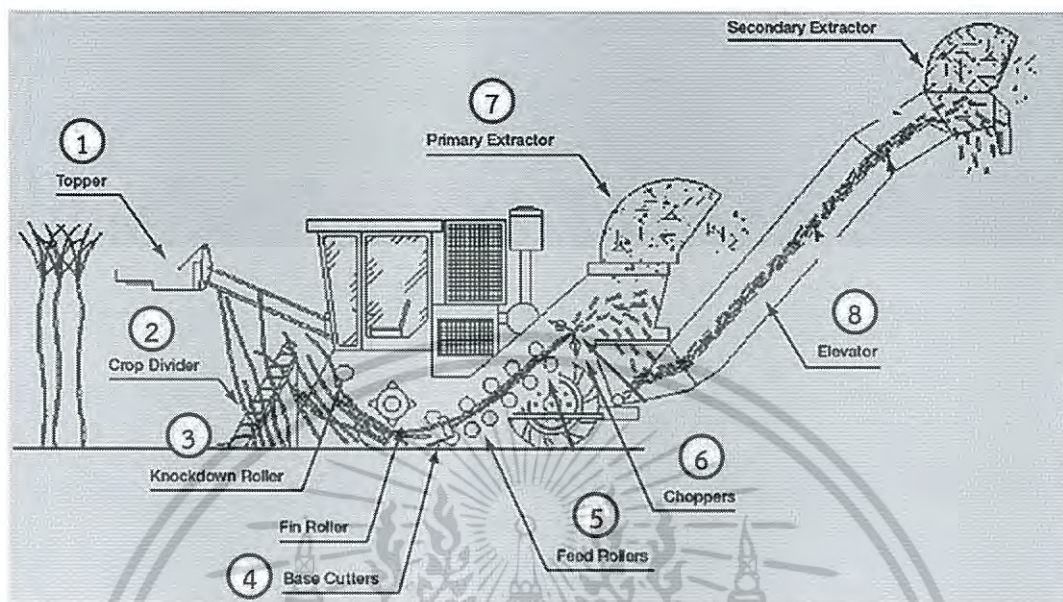
รูปที่ 2.4 รถตัดอ้อย CAMECO  
ที่มา : <http://www.nrkharvester.com/project.php>



รูปที่ 2.5 รถตัดอ้อย John Deere

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบ และการทำงานของรถตัดอ้อยแบบสับท่อนสามารถแบ่งการทำงานของเครื่อง ออกได้เป็น 8 ส่วน ดังนี้



รูปที่ 2.6 โครงสร้าง และลักษณะการทำงานของตัดอ้อยชนิดสับท่อน  
ที่มา : Jensen TA *et al.* (2012)

1. ชุดตัดยอดอ้อย ทำหน้าที่ในการตัดยอดอ้อย และสลัดใบส่วนยอดอ้อย ออกทิ้ง สามารถปรับระดับความสูงต่ำของชุดตัดยอดให้เหมาะสมกับความสูงของอ้อยได้ ประกอบด้วย 2 อุปกรณ์ ได้แก่ อุปกรณ์รวบยอด ทำหน้าที่ดึงยอดอ้อยเข้าสู่ชุดมีดตัดยอด และจานใบมีดตัดยอด ทำหน้าที่ตัดยอดอ้อยและสลัดยอดทิ้ง

2. ชุดเกลียวแบ่งต้นอ้อย ทำหน้าที่ยกต้นอ้อย และแบ่งแยกอ้อยออกจากร่องที่ไม่ได้ตัด สามารถปรับระดับความสูงของชุดเกลียวแบ่งได้ ประกอบด้วย 2 อุปกรณ์ ได้แก่ แขนยกเกลียว ทำหน้าที่ยกโครงเกลียวปรับระดับความสูงของชุดเกลียวแบ่ง และเกลียวลำเลียงต้นอ้อย ซึ่งมีเกลียวนอกทำหน้าที่พลิกต้นอ้อยให้ตั้งขึ้น และเกลียวในทำหน้าที่ดึงต้นอ้อยเข้าใบมีดตัด

3. ลูกกลิ้งโน้ม และลูกกลิ้งครีบ ทำหน้าที่แยก และโน้มต้นอ้อยให้ปลายยอดอ้อยไปข้างหน้ารถตัด เพื่อให้สะดวกต่อการตัดโคน

4. ชุดมีดตัดต้นอ้อย ทำหน้าที่ตัดโคนต้นอ้อยที่ระดับใกล้ผิวดิน เพื่อส่งต้นอ้อยเข้าสู่ชุดลำเลียง และสามารถปรับระดับความสูงของใบมีดในการตัดได้

5. ชุดลูกกลิ้งลำเลียงอ้อย ทำหน้าที่ลำเลียงอ้อย และทำการแยกใบออกจากลำอ้อย ประกอบด้วย 3 อุปกรณ์ ได้แก่ ลูกกลิ้งกดอ้อย ช่วยโน้มต้นอ้อยให้ชุดมีดตัด ลูกกลิ้งครีบ ทำการเรียงหรือป้อนต้นอ้อยเข้าสู่ชุดมีดตัด ลูกกลิ้งยกอ้อย ทำหน้าที่ยกลำอ้อยจากการตัดให้สูงขึ้น ลูกกลิ้งลำเลียงอ้อย รับลำอ้อยจากลูกกลิ้งยกลำอ้อยลำเลียงสู่ชุดสับท่อนอ้อย

6. ชุดสับท่อนอ้อย ทำหน้าที่สับลำอ้อยให้เป็นท่อนสั้นๆ แบ่งได้เป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบโรตารี ซึ่งลูกกลิ้ง 2 ลูก แต่ละลูกมีใบมีด 2-4 ใบหมุนเข้าหากันทำมุม 180 องศา และแบบหมุนเหวี่ยง เป็นใบมีดหมุนตัดเหมือนกับเครื่องตัดหญ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ชุดพัดลมทำความสะอาด ทำหน้าที่ดูดแยกเศษใบอ้อย และสิ่งเจือปนมาจากที่นอนอ้อย ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วน ได้แก่ ชุดพัดลมใหญ่ ติดตั้งอยู่เหนือชุดสับท่อน มีหน้าที่ทำความสะอาดอ้อยที่ผ่านการสับท่อนแล้ว มีทั้งแบบพัดลมแนวอน และแบบแนวตั้ง และชุดพัดลมเล็ก ติดตั้งอยู่ปลายสายพานลำเลียง มีหน้าที่ทำความสะอาดอีกครั้งก่อนลำเลียงลงรถบรรทุก

8. ชุดสายพานลำเลียงที่นอนอ้อย ทำหน้าที่ลำเลียงที่นอนอ้อยที่ทำความสะอาดแล้วลงรถบรรทุก สามารถควบคุมทิศทางหมุนซ้าย-ขวาได้ประมาณ 170 องศา

2.1.2.2 เครื่องเกี่ยวตัดอ้อยแบบเกี่ยวตัดทั้งต้นแสดงดังรูปที่ 2.7 เป็นเครื่องเกี่ยวตัดอ้อยที่ทำการตัดยอดอ้อยก่อน แล้วจึงตัดโคนอ้อย จากนั้นอ้อยจะถูกลำเลียงวางกองอยู่ในแปลงการกำจัดกาบ และใบอ้อยทำโดยการเผาอาจจะเผาก่อนหรือหลังการตัดก็ได้ เครื่องเกี่ยวตัดอ้อยแบบนี้โดยปกติใช้ร่วมกับเครื่องคีบอ้อย (Cane Loader) แสดงดังรูปที่ 2.8 และรถบรรทุกเพื่อที่จะได้ทำการขนส่งไปสู่โรงงานน้ำตาลต่อไป เครื่องเกี่ยวตัดอ้อยแบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในประเทศสหรัฐอเมริกา และแถบประเทศอเมริกาใต้ บริษัทที่ทำการผลิตจำหน่ายเครื่องเกี่ยวตัดอ้อยแบบนี้ส่วนมากเป็นบริษัทของประเทศสหรัฐอเมริกา เช่น บริษัท CAMECO, BROUSSARD, THOMSON และมีบางบริษัทจากประเทศบราซิล (สุกรี นันทะสุคนธ์ และอรรถสิทธิ์ บุญธรรม, 2551) อีกทั้งยังมีรถตัดอ้อยชนิดเดินตาม ESM Canethumper แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.7 เครื่องเกี่ยวตัดอ้อยทั้งต้น (เป็นลำ) ยี่ห้อ CAMECO  
ที่มา : วิจัยและพัฒนาเครื่องเกี่ยวตัดอ้อยทั้งลำขนาดเล็กลากพ่วงโดยรถแทรกเตอร์  
(สุกรี นันทะสุคนธ์ และอรรถสิทธิ์ บุญธรรม, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 รถคืบอ้อย

ที่มา : <http://oldweb.ocsb.go.th/webboard.asp?where=answer&id=1783&VIEW=0>



รูปที่ 2.9 รถตัดอ้อยชนิดเดินตาม ESM Canethumper

ที่มา : <http://www.esm-ept.de/en/produkte/canethumperr-technology/>

## 2.2 สมรรถนะของเครื่องจักรกลเกษตร

การวัดสมรรถนะของเครื่องจักรกลเกษตรนิยมใช้อัตราการทำงานเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญต่อสมรรถนะของเครื่องจักรกลเกษตร เนื่องจากฤดูกาล และสภาพของอากาศมีผลโดยตรงต่อความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตร สำหรับสมรรถนะนั้นจะต้องคำนึงถึงด้านการทำงานโดยปราศจากการสูญเสียผลผลิต และด้านความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลผลิตหรือทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง โดยทั่วไปผู้ใช้เครื่องจักรกลเกษตรมักจะคำนึงถึงแต่ในด้านของความเร็วในการทำงาน และความเรียบร้อยเป็นระเบียบของผลงาน โดยไม่คำนึงถึงผลเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นเนื่องจากความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้หาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียหายของพืชผล และดิน ดังนั้นในการประเมินสมรรถนะของเครื่องจักรกลเกษตรจะต้องพิจารณาทั้งด้านปริมาณงาน และคุณภาพของผลงาน (วินิต ชินสุวรรณ, 2530)

### 2.2.1 ความสามารถในการทำงาน (Capacity)

การระบุความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรในรูปแบบพื้นที่ต่อเวลาเพียงอย่างเดียวนั้นเพียงพอสำหรับการบ่งชี้ถึงสมรรถนะที่แท้จริงของเครื่องจักรกลเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเครื่องเกี่ยวเกี่ยวที่มีความแตกต่างของผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ และสภาพของพืชที่สามารถทำให้เครื่องเกี่ยวเกี่ยวเครื่องหนึ่งมีความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ (Field Capacity) ต่ำ แต่มีความสามารถในการทำงานเชิงวัสดุ (Material Capacity) สูงเมื่อเทียบกับเครื่องเกี่ยวเกี่ยวอีกเครื่องหนึ่ง ซึ่งเหมือนกันแต่ทำงานในพื้นที่ที่มีผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สภาพของพืชที่แตกต่างกัน ในกรณีนี้ความสามารถในการทำงานควรจะระบุหรือเปรียบเทียบกันในด้านของความสามารถในการทำงานเชิงวัสดุ

สำหรับในกรณีของเครื่องเกี่ยวรวม (Combine) และเครื่องจักรกลเกษตรชนิดอื่น ๆ ที่ต้องมีการแยก และการทำความสะอาด การเปรียบเทียบหรือระบุความสามารถในการทำงานเชิงวัสดุที่ป้อนเข้าไปทั้งหมด (Throughput Capacity) จะเป็นการเหมาะสมกว่าการเปรียบเทียบหรือการระบุความสามารถในการทำงาน ซึ่งคิดแต่เฉพาะน้ำหนักของเมล็ดที่เกี่ยวเกี่ยวได้ต่อหน่วยเวลา วัสดุที่ป้อนเข้าไปทั้งหมดนั้นได้แก่ เมล็ด เปลือก ฟาง วัชพืช และสิ่งเจอปนอื่นๆ

จากการกล่าวมาข้างต้นจะแสดงให้เห็นความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร 3 ชนิด คือ ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานเชิงวัสดุ และความสามารถในการทำงานเชิงวัสดุที่ป้อนเข้าไปทั้งหมด การหาความสามารถในการทำงานชนิดต่างๆ สามารถทำงานชนิดๆต่างๆสามารถทำได้โดยการวัดพื้นที่ น้ำหนัก และเวลา (วินิต ชินสุวรรณ, 2530)

### 2.2.2 ประสิทธิภาพเชิงเวลา (Time Efficiency)

ประสิทธิภาพเชิงเวลาคืออัตราส่วนระหว่างเวลาที่เครื่องจักรกลเกษตรใช้ในการปฏิบัติงานได้จริงต่อเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการดำเนินงาน สำหรับกิจการฟาร์มซึ่งต้องใช้เครื่องจักรกลเกษตร ผู้ดำเนินการจะต้องคำนึงถึงเวลาที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆดังต่อไปนี้

1. เวลาที่ใช้ในการเตรียมเครื่องจักรกลเกษตรก่อนการนำไปใช้งาน ซึ่งรวมทั้งเวลาที่ใช้ในการนำออกจากโรงเรือน และเวลาในการเก็บเข้าโรงเรือน
2. เวลาที่ใช้ในการเดินทางของเครื่องจักรกลเกษตรไปยังพื้นที่ และกลับจากพื้นที่
3. เวลาที่ใช้ในการเตรียมเครื่องจักรกลเกษตรในพื้นที่ทั้งก่อน และหลังการปฏิบัติงาน รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษาประจำวัน
4. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานทางทฤษฎี (theoretic afield time) ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานโดยใช้ความเร็วในการขับเคลื่อนที่เหมาะสมอย่างต่อเนื่อง และใช้หน้ากว้างของการทำงานอย่างเต็มที่
5. เวลาที่ใช้ในการเลี้ยวโค้งต่างๆโดยไม่มีกรปฏิบัติงาน
6. เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุเข้าหรือออกจากเครื่องจักรกลเกษตร รวมทั้งเวลาที่ไม่ได้ทำการขนถ่ายวัสดุในขณะที่ปฏิบัติงาน
7. เวลาในการปรับแต่งเครื่องจักรกลเกษตร
8. เวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษา แต่ไม่รวมเวลาที่ใช้ในการบำรุงประจำวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 9. เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซม

## 10. เวลาส่วนตัวของผู้ควบคุมเครื่องจักรกลเกษตร

จากเวลาที่กล่าวมาข้างต้นจากข้อ 1-3 ก็นับว่าเป็นการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร เวลาตามข้อ 4-9 เท่านั้นที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร อัตราส่วนของข้อ 4 ต่อเวลารวมทั้งหมดตามข้อ 4-9 เรียกว่าประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่ (Field Efficiency)

ความเร็วในการขับเคลื่อนมีผลต่อความสามารถในการทำงานจริงเชิงพื้นที่ ประสิทธิภาพเชิงเวลาการทำงานในพื้นที่จะลดลง เมื่อความเร็วในการขับเคลื่อนเพิ่มขึ้นจะทำให้เวลาที่ต้องใช้ในการทำงานจริงลดลง โดยเวลาที่สูญเสียเท่าเดิม จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงเวลาการทำงานในพื้นที่ลดลง ซึ่งในทางปฏิบัติผู้ควบคุมเครื่องจักรกลเกษตร จะไม่พยายามขับเคลื่อนด้วยความเร็วต่ำ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเชิงเวลาการทำงานในพื้นที่สูงขึ้น ดังนั้นผู้ควบคุมเครื่องจักรกลเกษตรที่ดี จึงต้องพิจารณาถึงสภาพของพืช และชนิดของพืช หรือสภาพของดิน เพื่อที่จะทำการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลเกษตร โดยใช้ความเร็วสูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่ทำให้คุณภาพของการปฏิบัติงานลดลง

สำหรับองค์ประกอบต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่ มีดังต่อไปนี้คือ

1. ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี ความเร็วในการขับเคลื่อนมีผลต่อความสามารถจริงในการทำงานเชิงพื้นที่ ประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่จะลดลงเมื่อความเร็วในการขับเคลื่อนเพิ่มขึ้น เพราะความเร็วในการขับเคลื่อนเพิ่มขึ้นจะทำให้เวลาที่ต้องใช้ในการทำงานจริงลดลง แต่ถ้าเวลาที่สูญเสียยังคงเท่าเดิมก็จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่ลดลง แต่ในทางปฏิบัติจะเป็นการไม่ถูกต้อง และไม่เหมาะสมที่จะพยายามขับเคลื่อนด้วยความเร็วต่างๆ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่สูง ผู้ใช้เครื่องจักรกลเกษตรที่ดีจะต้องพิจารณาถึงสภาพของพืช และสภาพของดินเพื่อที่จะทำการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลเกษตรโดยใช้ความเร็วสูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่ทำให้คุณภาพของผลงานลดลง โดยทั่วไปความเร็วในการขับเคลื่อนจะถูกจำกัดโดยสิ่งต่างๆดังต่อไปนี้

1. ขีดความสามารถของแต่ละชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลเกษตร

2. ขีดความสามารถของผู้ใช้ที่จะสามารถควบคุมการทำงานของ

เครื่องจักรกลเกษตรได้ถูกต้องแม่นยำ

3. ความขรุขระของพื้นที่ซึ่งอาจจะทำให้บางชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล

เกษตรไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือได้รับความเสียหาย

4. คุณภาพของผลงาน

2. ความคล่องแคล่วในการขับเคลื่อน เครื่องจักรกลเกษตรต้องการความคล่องแคล่วในการขับเคลื่อนสำหรับทั้งการทำงานในพื้นที่ และการขับเคลื่อนบนถนน การออกแบบเครื่องจักรกลเกษตรจะต้องคำนึงถึงการเลี้ยวโค้งแคบๆ ในช่วงหัวแปลง และในขณะทำงานระหว่างแถวของพืชซึ่งปลูกแบบขั้นบันไดหรือปลูกเป็นแนวโค้ง

รัศมีการเลี้ยว (Turning Radius) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งซึ่งมีผลต่อการสูญเสียเวลาในการเลี้ยวที่หัวแปลง และที่มุมของพื้นที่ รัศมีการเลี้ยวที่ระบุโดยโรงงานผู้ผลิตเป็นรัศมีของส่วนที่ยื่นยาวที่สุดเมื่อเครื่องจักรกลเกษตรเลี้ยวแคบที่สุด แต่ในบางกรณีรัศมีการเลี้ยวจะถูกกำหนดว่าเป็นรัศมีไกลสุดของส่วนที่ใช้งานของเครื่องจักรกลเกษตรเมื่อทำการเลี้ยวแคบที่สุด ความคล่องแคล่วในการขับเคลื่อนบนถนนเพื่อความรวดเร็ว สะดวก และปลอดภัยก็เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้เผยแพร่เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักรกลเกษตรบางชนิดซึ่งมีความกว้างมาก อาจทำให้มีความคล่องแคล่วในการขับเคลื่อนบนถนนเพิ่มขึ้นได้โดยการทำให้มีขนาดเล็กลง หรือโดยการเปลี่ยนหรือปรับจุดต่อเพื่อทำให้ความกว้างลดลงแต่มีความยาวเพิ่มขึ้น

3. รูปแบบของการทำงานในพื้นที่ การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่ที่สามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ และการเปลี่ยนแปลงแบบของการทำงานในพื้นที่ แม้ว่ารูปแบบของการทำงานในพื้นที่จะขึ้นอยู่กับรูปร่าง และขนาดของพื้นที่ แต่รูปแบบของการทำงานในพื้นที่บางแบบก็สามารถศึกษาได้โดยไม่ขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของพื้นที่ วัตถุประสงค์หลักของการหารูปแบบของการทำงานในพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพก็เพื่อที่จะลดระยะทางการขับเคลื่อนให้เหลือน้อยที่สุด นอกจากนี้แล้วจำนวนครั้งที่เลี้ยวโค้งโดยปราศจากการทำงาน ระยะทางที่เลี้ยวโค้ง และการขับเคลื่อนในพื้นที่โดยปราศจากการทำงาน ล้วนแต่เป็นสิ่งจำเป็นที่ทำให้เกิดการเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ซึ่งจะต้องพยายามลดลงให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

4. รูปร่างของพื้นที่ ประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่สำหรับพื้นที่ซึ่งมีรูปร่างแปลกๆ หรือมีลักษณะไม่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะต่ำกว่าประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่สำหรับพื้นที่ซึ่งมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า แม้ว่าพื้นที่นั้นๆ มีขอบหรือด้านเป็นแนวตรงก็ตาม ทั้งนี้เพราะจะสูญเสียเวลามากในการเลี้ยว พื้นที่ที่มีความยาวมากจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่สูงขึ้น เมื่อพิจารณาในกรณีที่เป็นไม่ได้ในทางปฏิบัติ จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงาน สามารถเป็น 100เปอร์เซ็นต์ ได้ในกรณีที่พื้นที่ที่มีความกว้างเท่ากับหน้ากว้างของเครื่องจักรกลเกษตร แต่มีความยาวมาก ในกรณีเช่นนี้เครื่องจักรกลเกษตรสามารถทำงานเป็นแนวเส้นตรงไปได้เรื่อยๆ โดยไม่มีการหยุดชะงักหรือสูญเสียเวลาในการเลี้ยวโค้ง

5. ขนาดของพื้นที่ ประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่สำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ไม่จำเป็นจะต้องสูงกว่าประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่สำหรับพื้นที่ขนาดเล็ก ในกรณีที่ความกว้าง และความยาวของพื้นที่ และหน้ากว้างของเครื่องจักรกลเกษตรเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าโดยที่ความเร็วในการขับเคลื่อน และอัตราส่วนระหว่างรัศมีการเลี้ยว และหน้ากว้างของเครื่องจักรกลเกษตรคงเดิม ประสิทธิภาพของรูปแบบการทำงานจะมีค่าคงเดิมแต่ถ้าขนาดของเครื่องจักรกลเกษตรไม่เปลี่ยนแปลง ประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่จะสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะเวลาที่เครื่องจักรกลเกษตรทำงานจะสูงขึ้นเมื่อเทียบกับเวลาที่สูญเสียในการเลี้ยวโค้ง

6. ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่มีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการทำงานในพื้นที่ของเครื่องเกี่ยวเกี่ยว ความเร็วในการขับเคลื่อนที่ใช้การเกี่ยวเกี่ยวจะต้องลดลงสำหรับพื้นที่ที่มีผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง นอกจากนี้แล้วเวลาที่จะต้องหยุดเพื่อถ่ายผลผลิตออกจากเครื่องเกี่ยวเกี่ยวก็ยิ่งเพิ่มขึ้นอีกด้วย

7. สภาพของพืช และดิน ความเร็วในการขับเคลื่อนของเครื่องจักรกลเกษตรจะลดลงในกรณีที่สภาพของพืชหรือสภาพของดินไม่เหมาะสมในทางคณิตศาสตร์สภาพเช่นนี้จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่สูง แต่จะเป็นสภาพที่ไม่พึงปรารถนาในการทำงาน ในกรณีที่พืชล้มไปด้านใดด้านหนึ่งจนทำให้การเกี่ยวเกี่ยวทำได้ในทิศทางเดียว จะทำให้เสียเวลามาก

8. ข้อจำกัดของระบบกิจกรรมต่างๆ ในการผลิตทางการเกษตรมีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมอื่นๆ ซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่ของเครื่องจักรกลเกษตรหนึ่งๆ ถูกจำกัดโดยความสามารถของเครื่องจักรกลเกษตรอื่นๆ ดังนั้นการจัดระบบเครื่องจักรกลเกษตรที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็น เช่นการเกี่ยวเกี่ยวซึ่งประกอบด้วยเครื่องเกี่ยวเกี่ยวหรือเครื่องเกี่ยวหวด รถบรรทุกเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิฉะนั้นผู้ใดเห็นประโยชน์หรือมูลค่า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขนย้าย และอุปกรณ์ช่วยขนถ่าย ประกอบกันเป็นระบบ ในกรณีนี้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรกลเกษตรแต่ละเครื่องขึ้นอยู่กับการทำงานของระบบ การจัดช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรแต่ละเครื่องให้เหมาะสม และสอดคล้องกับช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรอื่นๆ เป็นลักษณะของการจัดระบบเครื่องจักรกลเกษตร (วินิต ชินสุวรรณ, 2530)

ในการหาสมรรถนะของเครื่องจักรกลเกษตร ประสิทธิภาพเชิงเวลา และประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ ในการดำเนินงานของเครื่องจักรกลเกษตรเป็นตัวชี้ที่สำคัญประการหนึ่ง ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างเวลาในการทำงานจริงกับเวลาในการทำงานทั้งหมด และอัตราส่วนระหว่างเวลาในการทำงานกับระยะทางในการเคลื่อนที่โดยหาได้ดังสมการที่ 1 – 4

$$\text{ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ทางทฤษฎี} = \frac{\text{หน้ากว้างเครื่องจักรฯ (ม.)} \times \text{ความยาวพื้นที่ (ม.)}}{\text{ระยะเวลาการเคลื่อนที่ในพื้นที่ส้ม}} \quad (1)$$

$$\text{ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่จริง} = \frac{\text{หน้ากว้างการทำงานเครื่องจักรฯ (ม.)} \times \text{ความยาวพื้นที่ (ม.)}}{\text{ระยะเวลาทำงานรวมทั้งหมด (นาท)}} \quad (2)$$

$$\text{ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่} = \frac{\text{ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่จริง}}{\text{ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ทางทฤษฎี}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{ประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา} = \frac{\text{เวลาทำงานทั้งหมดในพื้นที่} - \text{เวลาที่สูญเสียในพื้นที่}}{\text{เวลาทำงานทั้งหมดในพื้นที่}} \times 100 \quad (4)$$

## 2.3 เสียง

เสียง (Sound / Audio) เป็นคลื่นเชิงกลที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุต้นกำเนิดเสียง จะทำให้เกิดการอัดตัว และขยายตัวของคลื่นเสียง (Waveform) โดยจะเปลี่ยนแปลงไปตาม Amplitude และ Frequency ของการสั่นสะเทือน และถูกส่งผ่านตัวกลางหรืออากาศ ทำให้ตัวกลางหรืออากาศเกิดการสั่นไปมา และส่งไปยังส่วนรับเสียงซึ่งก็คือหูของมนุษย์ หรือเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการรับเสียง โดยเสียงสามารถเดินทางผ่านสสารในสถานะก๊าซ ของเหลว และของแข็งก็ได้ แต่ไม่สามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ (Glen M. Ballou, 2002)

แอมพลิจูด (Amplitude) คือ ความสูงระหว่างยอดคลื่น และท้องคลื่นของคลื่นเสียง ที่แสดงถึงความเข้มของเสียง หรือความดังของเสียง ยิ่งแอมพลิจูดมีค่ามาก ความเข้มหรือความดังของเสียงก็ยิ่งเพิ่มขึ้น ดังนั้นคลื่นเสียงที่มีแอมพลิจูดสูงจะให้เสียงที่ดังกว่าคลื่นเสียงที่มีแอมพลิจูดต่ำ

ความถี่ (Frequency) คือความเร็วในการสั่นสะเทือนของวัตถุต้นกำเนิดเสียง โดยวัตถุที่สั่นเร็วเสียงจะสูงกว่าวัตถุที่สั่นช้าสูง มีหน่วยวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนเป็นรอบต่อวินาที หรือเฮิรตซ์ (Hz)

เสียงแบบดิจิทัล (Digital Audio) คือ ในการบันทึก จัดเก็บ วิเคราะห์ และแสดงผลสัญญาณเสียง ด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์ จะต้องทำการเข้ารหัส (Encode) ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบข้อมูล Digital โดยเลือกใช้ Sampling Rate & Resolution ที่มีความละเอียดเพียงพอ เช่น 44.1 kHz 16 Bit

ความดันเสียง (sound pressure) คือ ค่าความดันบรรยากาศที่จุดใดๆ ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง

ระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level, SPL) เป็นอัตราส่วนระหว่างความดันเสียงเทียบกับความดันเสียงมาตรฐานซึ่งสามารถหาได้ดังสมการที่ 5 (John M. EARGLE, 1992)

$$SPL = 20 \log \frac{P_1}{P_0} \quad (5)$$

โดยที่  $P_1$  คือ ความดันเสียง ( $N/m^2$ )

$P_0$  คือ ความดันเสียงเริ่มต้นที่มนุษย์ได้ยิน ( $0.00002 N/m^2$ )

SPL คือ ระดับความดันเสียงมีหน่วยวัดเป็นเดซิเบล (dB)

โดยทั่วไปค่าความดันเสียงมักจะวัดเป็นค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square หรือ RMS) เป็นศัพท์ทางคณิตศาสตร์ และสถิติ ซึ่งเป็นการวัดทางสถิติของปริมาณความดันเสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาซึ่งสามารถหาได้ดังสมการที่ 6 (วีรเดช คุณวิทย์ไพศาล และ วิทยา ยงเจริญ, 2556)

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N p_n^2} \quad (6)$$

โดยที่  $N$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$p_n$  คือ ค่าเฉลี่ยของค่าข้อมูลนั้นๆ

RMS คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสอง

ความเข้มเสียง (Sound Intensity) ความเข้มเสียงเป็นปริมาณทางฟิสิกส์แสดงถึงระดับความดังของเสียง ซึ่งเสียงที่มีความเข้มเสียงน้อยที่สุดที่มนุษย์ปกติสามารถได้ยินมีค่าเท่ากับ  $10^{-12}$  วัตต์ต่อตารางเมตร ความเข้มเสียงมากที่สุดที่มนุษย์ปกติสามารถทนได้มีค่าเท่ากับ 1 วัตต์ต่อตารางเมตร ในทางปฏิบัตินิยมใช้ระดับความเข้มเสียง (Sound Intensity Level, L) ในการบอกความดังของเสียงแทนความเข้มเสียง โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียง และระดับความเข้มเสียงซึ่งสามารถหาได้ดังสมการที่ 7 (John M. EARGLE, 1991)

$$L = 10 \log \frac{P_1}{P_0} \quad (7)$$

โดยที่  $P_0$  คือ ความเข้มเสียงอ้างอิงที่มนุษย์เริ่มได้ยิน =  $10^{-12} W/m^2$

$P_1$  คือ ความเข้มเสียงใดๆ ที่ต้องการวัด

L คือ ระดับความเข้มเสียงมีหน่วยวัดเป็นเดซิเบล (dB)

ดังนั้น เสียงเบาที่สุดที่มนุษย์ปกติสามารถรับรู้ได้ คือ 0 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 การทดสอบโดยไม่ทำลาย (Non Destructive Testing – NDT)

การทดสอบโดยไม่ทำลาย (Nondestructive Testing) หมายถึง การทดสอบที่ใช้หลักการทางฟิสิกส์เพื่อให้ทราบถึงคุณภาพของชิ้นงานที่ถูกทดสอบโดยการหารอยความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) ในชิ้นงาน ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปประเมินความเหมาะสมในการใช้งานของชิ้นงาน การทดสอบจะไม่มีผลต่อการนำชิ้นงานไปใช้งานหรือลดประโยชน์ของชิ้นงานนั้นหลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้ เช่น รังสี แสง คลื่นเสียง แม่เหล็ก และไฟฟ้า เป็นต้น การทดสอบโดยไม่ทำลายในแต่ละวิธีมีข้อได้เปรียบ และข้อเสียเปรียบ ความสามารถในการทดสอบ ความเหมาะสม ความไวในการทดสอบ และต้นทุนในการทดสอบที่แตกต่างกัน

การทดสอบโดยไม่ทำลาย ใช้ทดสอบหารอยบกพร่องของชิ้นงาน เช่น รอยร้าว การกัดกร่อน รอยบกพร่องจากเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต โดยไม่ทำลายชิ้นงาน ประยุกต์ใช้ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิต เหล็ก ระหว่างการก่อสร้าง และหลังการใช้งาน อุปกรณ์การผลิตที่ควรได้รับการทดสอบได้แก่ ถ้อ เครื่องจักรในสายการผลิตได้เปรียบ และข้อเสียเปรียบ ความสามารถในการทดสอบ ความเหมาะสม ความไวในการทดสอบ และต้นทุนในการทดสอบที่แตกต่างกัน (บริษัทศิเวทเอสตีงอินสพีคชั่นแอนด์คอนซัลติง จำกัด, 2559)

วิธีการทดสอบ แบ่งออกได้ดังนี้

วิธีการทดสอบโดยไม่ทำลายพื้นฐาน 5 วิธี ได้แก่

1. การทดสอบโดยวิธีการตรวจพินิจ (Visual Testing, VT)
2. การทดสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี (Radiographic Testing, RT)
3. การทดสอบโดยวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic Testing, UT)
4. การทดสอบโดยวิธีอนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing, MT)
5. การทดสอบโดยวิธีใช้สารแทรกซึม (Penetrant Testing, PT)

วิธีการทดสอบโดยไม่ทำลายขั้นสูง (Advanced NDT)

1. การทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวน (Eddy Current Testing, ET)
2. การทดสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี-เทคนิค (Computed Radiographic Test, CR)
3. การทดสอบโดยวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูง-เทคนิคการจัดเฟสของสัญญาณ (Phased Array UT, PAUT)
4. การทดสอบโดยวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูง-เทคนิค (Time of Flight Diffraction, TOFD)
5. การทดสอบโดยวิธีการรับคลื่นเสียง (Acoustic Emission Testing, AET)
6. การทดสอบโดยวิธีรังสีความร้อนอินฟราเรด (Thermal Infrared Testing, TIR)
7. การทดสอบโดยการวัดสนามไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Field Measurement, ACFM)
8. การทดสอบการกัดกร่อนของพื้นถึงเก็บน้ำมัน ด้วยวิธี Tank Floor Scans

### 2.4.1 การตรวจสอบด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic Testing – UT)

การตรวจสอบด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic Testing) เป็นเทคนิค NDT Inspection ที่เป็นที่ยอมรับวิธีหนึ่ง โดยการใช้คลื่นอัลตราโซนิคความถี่สูงเพื่อตรวจหารอยแตกบนพื้นผิว และความบกพร่องภายใน วัดความหนาของวัตถุ และกำหนดเกณฑ์การยอมรับ และการปฏิเสธวัตถุที่ทำการตรวจสอบจากพื้นฐานของรหัสหรือมาตรฐานอ้างอิง การตรวจหาความบกพร่องเป็นวิธีการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในห้องสมุดเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าไม่เหมาะสมหรือไม่ควรค่า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เร็ว และแม่นยำเพื่อประเมินความสมบูรณ์ภายในชิ้นงาน คลื่นเสียงจะแทรกซึมลึกเข้าไปในวัตถุที่ทำการค้นหาความบกพร่อง รอยแตก ร้าว การแยกออกเป็นชั้น รอยแยกของการเชื่อม และความไม่ต่อเนื่องอื่นๆ

การตรวจสอบด้วยคลื่นเฉือน (shear wave) การตรวจสอบด้วยวิธี A-scan จะส่งผ่านคลื่นอัลตราโซนิกที่ปรับเทียบมุลงในวัสดุที่ทำการตรวจสอบจนพบจุดบกพร่องแล้วจะสะท้อนพลังงานกลับไปเป็นตัวรับส่งสัญญาณ (transducer) จอแสดงผลจะแสดงระยะทางที่คลื่นเดินทางไปยังรอยความไม่สมบูรณ์ และความแรงของสัญญาณที่ส่งกลับมา การตรวจสอบด้วยวิธี Ultrasonic Testing ส่วนใหญ่ใช้ในการรับประกันความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมที่สำคัญในอุปกรณ์หรือโครงสร้าง แต่ยังสามารถใช้ตรวจสอบเพื่อตรวจหาหรือบอกปริมาณความบกพร่องที่เกิดขึ้นในบริเวณอื่นๆ ได้ด้วย การตรวจสอบมักใช้หลังการเชื่อม ถ้าแนวเชื่อมอยู่นอกเหนือจากข้อกำหนด แนวเชื่อมจะถูกเจียรออกและเชื่อมใหม่ การตรวจสอบด้วยวิธี Ultrasonic Testing มีข้อดีกว่าวิธี Radiographic Testing (RT) คือไม่มีความเสี่ยงจากรังสี และไม่รบกวนการทำงานในพื้นที่รอบข้าง

มีเทคนิคการตรวจสอบด้วยคลื่นความถี่สูงที่ทันสมัยหลายวิธีที่แตกต่างกัน และความหลากหลายของเทคโนโลยี เช่น Phased Array (คลื่นเสียงความถี่สูงแบบจัดเรียงเฟส) และ TOFD (การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง) ดาคอนมีความเชี่ยวชาญสูงในเทคนิคการตรวจสอบ Ultrasonic Testing ทั้งหมดจากการวัดความหนาผ่านการตรวจสอบหากการสึกกร่อน ณ บริเวณค้ำยัน (บริษัท ดาคอน อินสเปกชันเซอร์วิส เซส จำกัด, 2559)

ข้อดี และข้อเสียของการตรวจสอบ NDT Inspection ด้วยวิธี Ultrasonic Testing ได้แก่:

1. สามารถตรวจหา และวัดขนาดจุดบกพร่องภายใน
2. ใช้กรอบเวลาเดียวกันเพื่อการวัดความหนาหรือบางของชิ้นส่วนที่ทำการตรวจสอบ
3. ต้องการทางเข้าเพียงด้านเดียวเท่านั้นของชิ้นส่วนที่ทำการตรวจสอบ
4. ไม่มีอันตรายจากรังสี
5. สามารถตรวจหาจุดบกพร่องเชิงระนาบของการใช้งานได้
6. จำเป็นต้องใช้ทักษะ และประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงาน
7. ไม่ต้องมีการบันทึกผลการตรวจสอบถาวรดังเช่นที่มีในภาพถ่ายรังสี
8. การอ่านค่าผิดพลาดทำให้เกิดการซ่อมแซมที่ไม่จำเป็นได้

#### 2.4.2 การทดสอบโดยวิธีการรับคลื่นเสียง (Acoustic Emission Testing, AET)

การทดสอบโดยวิธีการรับคลื่นเสียงใช้หลักการตรวจจับพลังงานซึ่งอยู่ในรูปของคลื่นยืดหยุ่นแบบชั่วคราว (Transient Elastic Wave) ที่ปลดปล่อยจากรอยบกพร่องของวัสดุการตรวจจับคลื่นยืดหยุ่นสามารถทำได้โดยใช้หัวตรวจสอบยึดติดที่ผิวหน้าของวัสดุ หัวตรวจสอบจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานในรูปของคลื่นเสียงให้เป็นคลื่นไฟฟ้า และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าจะถูกขยายสัญญาณด้วยอุปกรณ์ขยายสัญญาณเบื้องต้นส่งผ่านไปยังตัวกรองความถี่ (Filter) แล้วส่งผ่านสัญญาณนั้นไปวิเคราะห์เทียบกับรอยบกพร่องต่อไปการวิเคราะห์สัญญาณอาจทำได้ทั้งในโดเมนเวลา (Time domain) และโดเมนความถี่ (Frequency domain) ซึ่งความถี่ที่นำไปวิเคราะห์โดยทั่วไปมักอยู่ในช่วงตั้งแต่ 20 kHz จนถึง 1 MHz (เชิดพงษ์ จอมเดช และอาษา ประทีปเสน, 2549)

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วินิต ชินสุวรรณ ชัยวัฒน์ ป๋องกัน และศุภวัฒน์ คลังกลาง (2548) ศึกษาความสามารถในการทำงานจริงเชิงพื้นที่ และประสิทธิภาพการทำงานจริงในพื้นที่ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในเขตพื้นที่ตำบลบึงเนียม อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยทำการศึกษาทั้งหมดจำนวน 10 เครื่อง ซึ่งเป็นเครื่องที่มีถึงบรรจุเมล็ดจำนวน 5 เครื่อง และไม่มีถึงบรรจุเมล็ดจำนวน 5 เครื่อง จากผลการศึกษารูปได้ว่า ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบมีถึงบรรจุเมล็ด โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 4.62 ไร่ต่อชั่วโมง และความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไม่มีถึงบรรจุเมล็ด โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.64 ไร่ต่อชั่วโมง สำหรับประสิทธิภาพการทำงานจริงเชิงพื้นที่ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวโดยแบบมีถึงบรรจุเมล็ดโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 59.87 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการทำงานจริงเชิงพื้นที่ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไม่มีถึงบรรจุเมล็ดโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 68.17 เปอร์เซ็นต์

ทิตินัย เทียนแย้ม และคณะ (2556) ศึกษาพบว่า การปลูกอ้อยในประเทศไทยใช้แรงงานคนในกระบวนการตัดอ้อยทั้งในกระบวนการเตรียมท่อนพันธุ์ และในกระบวนการปลูก โดยคนงานต้องทำงานอยู่ในพื้นที่กลางแจ้งในช่วงกลางวัน ส่งผลให้เกิดความเหนื่อยล้าในการทำงานทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนแรงงานในกระบวนการเหล่านี้ เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยจึงหันมาใช้เครื่องปลูกอ้อยมากขึ้น การศึกษาสมรรถนะของเครื่องปลูกอ้อยที่ใช้ในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องปลูกอ้อยแบบป้อนเป็นลำ ซึ่งต้องใช้ลำอ้อยที่เก็บเกี่ยวโดยแรงงาน และเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์ที่สามารถใช้ท่อนพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวโดยรถตัดอ้อย ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลต่างๆ ในพื้นที่เพาะปลูกอ้อยเขตจังหวัดขอนแก่น โดยวิธีการเก็บข้อมูลภาคสนาม ขณะที่เครื่องมีการใช้งานจริง นำมาวิเคราะห์ในประเด็นต่างๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงาน การวิเคราะห์ความสามารถในการทำงาน และวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการทำงาน โดยผลการศึกษาพบว่า เครื่องปลูกอ้อยแบบป้อนเป็นลำ มีสมรรถนะต่ำกว่าเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์ ซึ่งเกิดจากการใช้เวลา และแรงงานในการขนถ่ายท่อนพันธุ์ โดยเครื่องปลูกอ้อยแบบป้อนเป็นลำมีประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ยร้อยละ 45.94 ความสามารถการทำงานเฉลี่ย 2.22 ไร่ต่อชั่วโมง และเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์ มีประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ยร้อยละ 65.36 ความสามารถทำงานเฉลี่ย 2.63 ไร่ต่อชั่วโมง

จักรพงศ์ ตรีตรง (2555) เสนอวิธีการตรวจสอบสภาพของมอเตอร์แบบออนไลน์ โดยเน้นมอเตอร์ที่ได้ความนิยมนำไปใช้งานกันแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมคือมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ และนำเสนอความก้าวหน้าในการพัฒนาวิธีการตรวจสอบสภาพมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งที่สามารถพบเห็นได้ทั้งในภาคอุตสาหกรรม (การใช้งาน) และภาคการศึกษา (การวิจัย และการพัฒนา) โดยจะเน้นที่วิธีการตรวจสอบการเสียหายของมอเตอร์แบบออนไลน์ โดยจะเริ่มเสนอบทวิเคราะห์ถึงสาเหตุของการเสียหายของมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดนี้ การสำรวจการเสียหายของมอเตอร์ที่พบกันในอุตสาหกรรม เครื่องมือการตรวจจับการเสียหายมอเตอร์ที่ใช้กันในภาคอุตสาหกรรม วิธีการตรวจสอบการเสียหายที่ได้รับความนิยมกัน โดยที่วิธีการของการตรวจสอบการเสียหายนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 4 วิธีการหลัก คือ การวิเคราะห์ด้วยกระแสไฟฟ้ามอเตอร์ การวิเคราะห์ด้วยคลื่นการสั่นสะเทือน การวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายทางความร้อน และการวิเคราะห์ด้วยคลื่นเสียง โดยการวิเคราะห์ด้วยคลื่นเสียงนั้นใช้หลักการเปรียบเทียบสเปกตรัมมอเตอร์แบบสภาพดี และแบบโรเตอร์เสียหาย (ใช้ FFT ในการวิเคราะห์) ซึ่งพบว่าเสียงสามารถตรวจจับสภาวะการทำงานของมอเตอร์จะให้ความแม่นยำสูงสำหรับการเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการหนีศูนย์ของโรเตอร์ รองลงมาคือ การตรวจสอบการเสียหายของแบร์ริง และการเสียหายของโรเตอร์

วีรเดช คุณวิทย์ไพศาล และวิทยา ยงเจริญ (2556) ศึกษาการตรวจสอบความเสียหายของเกียร์ตรงด้วยการวิเคราะห์สัญญาณอะคูสติก (Acoustic Emission) เชิงสถิติ งานวิจัยนี้ใช้ชุดเกียร์ของรถจักรยานยนต์พร้อมชุดภาระงานจำลองความเสียหาย 6 สถานะของเกียร์คือแบบปกติ, เกียร์แตกร้าว 25% 1 ฟัน, เกียร์แตกร้าว 50% 1 ฟัน, เกียร์แตกหัก 50% 1 ฟัน, เกียร์แตกหัก 100% 1 ฟัน, เกียร์แตกหัก 50% 1 ฟัน และ 100% 1 ฟันบนเกียร์เดียวกัน การวิเคราะห์สัญญาณอะคูสติกเชิงสถิติ สามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องจักรโดยระบุความเสียหายของเกียร์ได้อย่างชัดเจน

K.Shoji K.Arai T.Matsumoto A.Ushio และ T.Kawamura (2556) ได้พัฒนาระบบวัดปริมาณผลผลิต (Yield Monitor) ในการเก็บเกี่ยวข้าวด้วยเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวของญี่ปุ่น โดยใช้ไมโครโฟนฟังเสียงที่เมล็ดข้าวที่ไหลตกกระทบกับแผ่นเพลทโลหะที่ทำขึ้นขนาด 3x40x60 มม. การทดสอบสมมติฐานของงานวิจัยนี้คือการดำเนินการตรวจสอบปริมาณผลผลิตข้าวโดยใช้เซ็นเซอร์ไมโครโฟนเป็นตัวแปลงสัญญาณเสียงที่ได้นำไปทำการวิเคราะห์ทำนายหาปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวในแปลงทดลองโดยใช้รถเกี่ยวขนาดแบบญี่ปุ่น (Jidatsu) ซึ่งมีหน้ากว้าง 0.9 ม. โดยข้อมูลสัญญาณเสียงที่ได้จะถูกบันทึกที่ sampling rate 20 kHz ทำการเก็บเกี่ยวในแปลงทดลองทั้งหมด 7 ครั้ง จากนั้นนำข้อมูลสัญญาณเสียงที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ผลโดยวิธีการ FFT โดยการทดลองเก็บเกี่ยวข้าวได้ทั้งหมด 1,570 กิโลกรัม เมื่อนำน้ำหนักของข้าวที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลเสียงที่ทำการวิเคราะห์โดยเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมดพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองครั้งนี้อยู่ที่ 3.5% ของน้ำหนักข้าวทั้งหมดซึ่งการทดลองดังกล่าวสามารถนำแนวคิด และวิธีการมาประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆได้

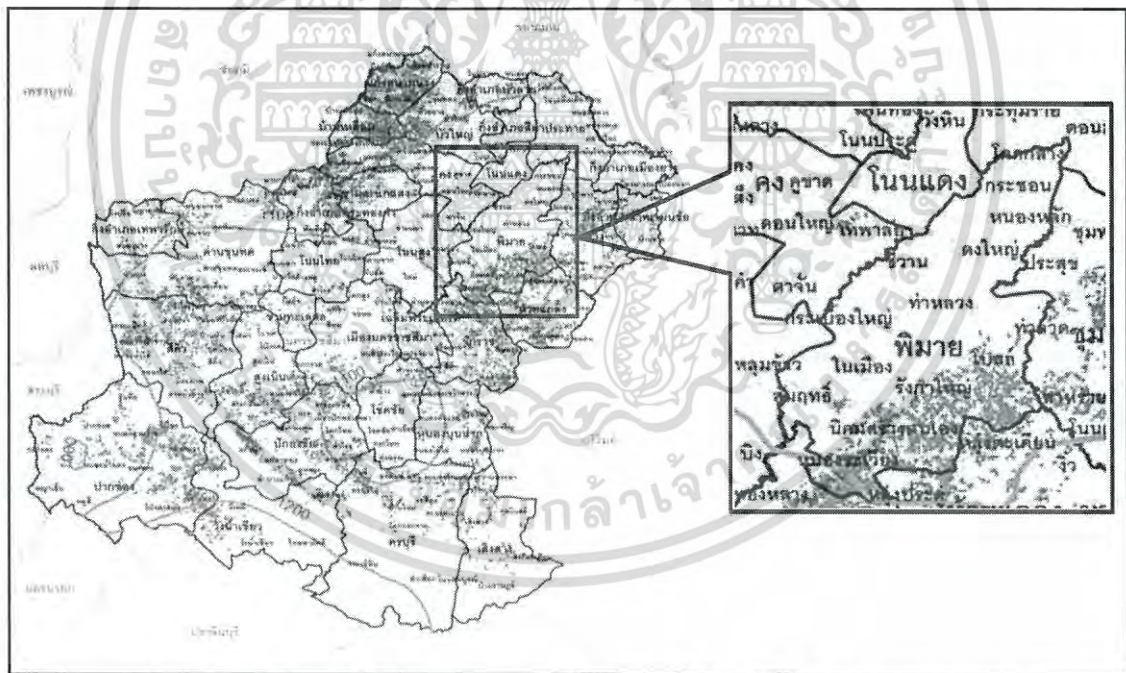
วสุ อุดมเพทายกุล ลือพงษ์ ลือนาม และเชิดพงษ์ เขียวชาญรัตน์ (2558) ได้พัฒนาระบบการบันทึกข้อมูลการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรแบบอัตโนมัติเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย เครื่องรับสัญญาณ Global Navigation Satellite System (GNSS) และเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ โดยข้อมูลพิกัด และความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลเกษตรจะถูกบันทึกลง SD card ทุกๆ 1 วินาที โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน ระบบดังกล่าวถูกใช้ทดสอบกับรถตัดอ้อยในการเก็บเกี่ยวอ้อยบนพื้นที่ 6 ไร่ ในจังหวัดสระแก้ว ในช่วงเดือนเมษายน 2557 จากการศึกษาพบว่า รถตัดอ้อยใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวทั้งหมด 5:04 ชั่วโมง โดย 16.9% 37.2% และ 31.9% ของเวลาทั้งหมดใช้ในการหยุดนิ่ง เคลื่อนที่-ถอยหลัง และกลับรถตามลำดับ เมื่อพิจารณาเวลาที่คาบเกี่ยวกันแล้วสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงเวลาของการเก็บเกี่ยวครั้งนี้ได้เท่ากับ 45.0% โดยส่วนใหญ่ข้อมูลจากพิกัด และทิศทางที่บันทึกได้สามารถใช้จำแนกกิจกรรมของรถตัดอ้อยได้ในส่วนของข้อเสนอแนะควรมีการพัฒนาเทคนิคหรืออุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อตรวจจับว่าชุดหัวตัดทำการตัดอ้อยอยู่หรือไม่ เพื่อให้ระบบสามารถบันทึก และวิเคราะห์ผลการทำงานได้อย่างครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการดำเนินเก็บข้อมูลของรถตัดอ้อยในวันที่ 10 - 22 มีนาคม 2559 ฤดูกาลผลิต 2558/2559 เขตพื้นที่อำเภอพิมายจังหวัดนครราชสีมา (รูปที่ 3.1) เก็บข้อมูลการดำเนินงานในการเก็บเกี่ยวอ้อยจำนวน 3 แปลง โดยทำการบันทึกข้อมูลเสียงของรถตัดอ้อยตั้งแต่ติดเครื่องยนต์บริเวณจุดหยุดพักก่อนเข้าแปลง การเคลื่อนที่เข้าแปลง การทำงานภายในแปลงจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเสร็จ โดยได้ติดตั้งระบบบันทึกเสียงบนรถตัดอ้อย (TRM M6 2015 series 200HP, ไทยรุ่งเรืองแมนูแฟคเจอร์) หลักการทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 3.2 โดยเสียงจากการทำงานของรถตัดอ้อยที่เกิดขึ้นจะถูกรับสัญญาณโดยไมโครโฟน (ATR-3350, Audio Technica, Japan) แล้วส่งสัญญาณไปยังเครื่องบันทึกเสียง (DR-05, Tascam, Japan) ที่ Sampling Rate 44,100 Hz Size 16 Bit และถูกบันทึกลงบนหน่วยความจำ SD Card ในรูปแบบ Raw Data (นามสกุล avi) ในขณะเดียวกันจะทำการบันทึกการเคลื่อนไหวของรถตัดอ้อยโดยกล้องวิดีโอ (G1W, HD Blackbox, China) เพื่อใช้ในการอ้างอิงสถานะการทำงาน ข้อมูลภาพ และเสียง จะถูกประมวลผลในภายหลังบนคอมพิวเตอร์

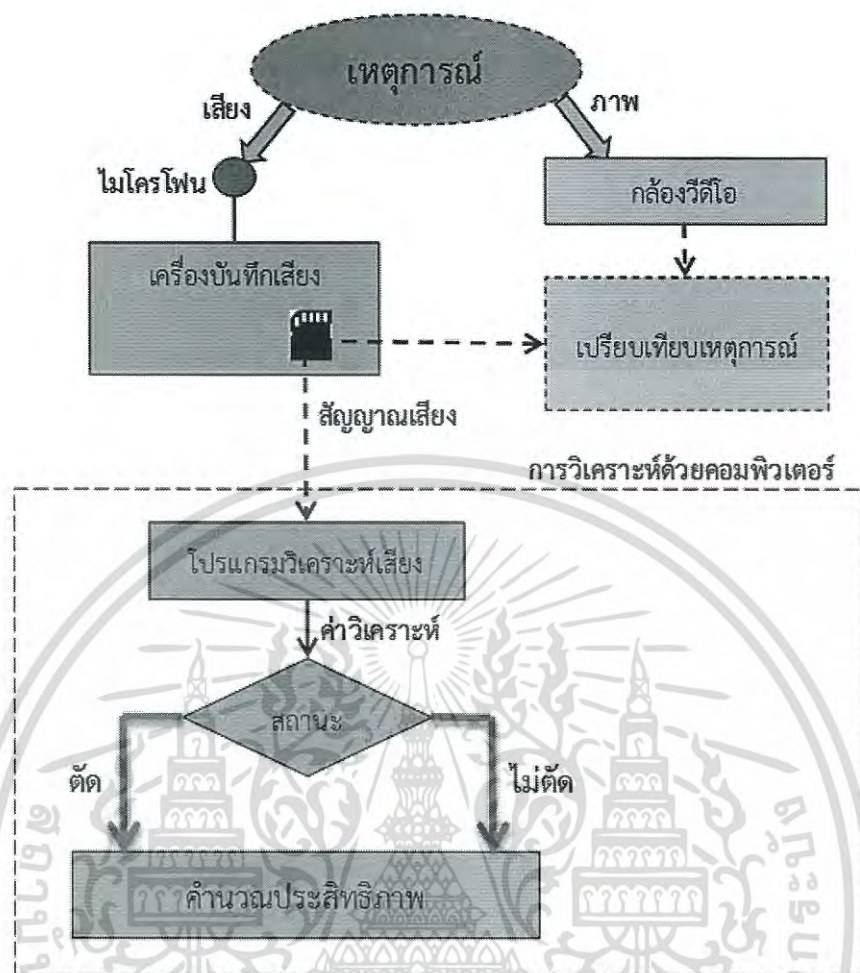


รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ปลูกอ้อย และที่ตั้งโรงงานน้ำตาลในจังหวัดนครราชสีมา

ปีการผลิต 2558/59

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย 2559

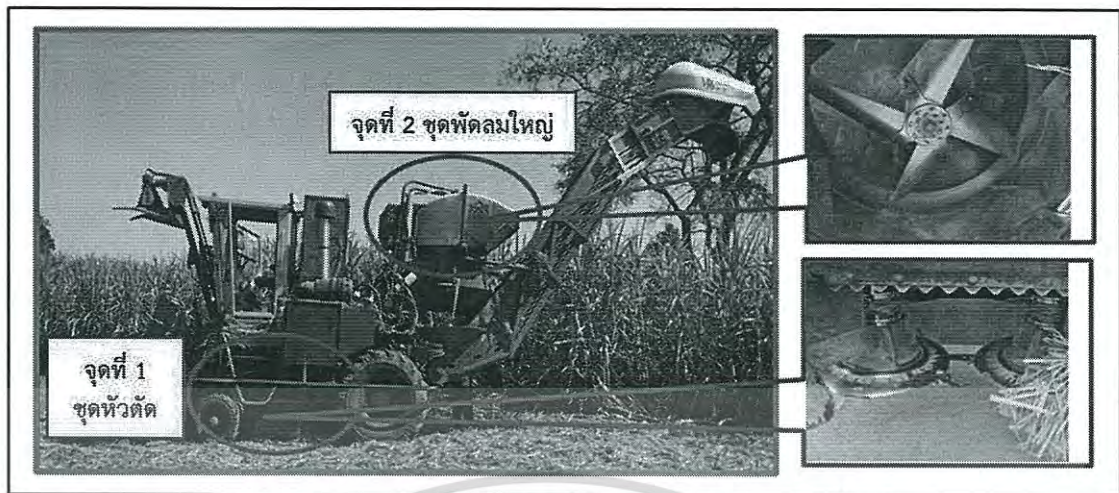
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



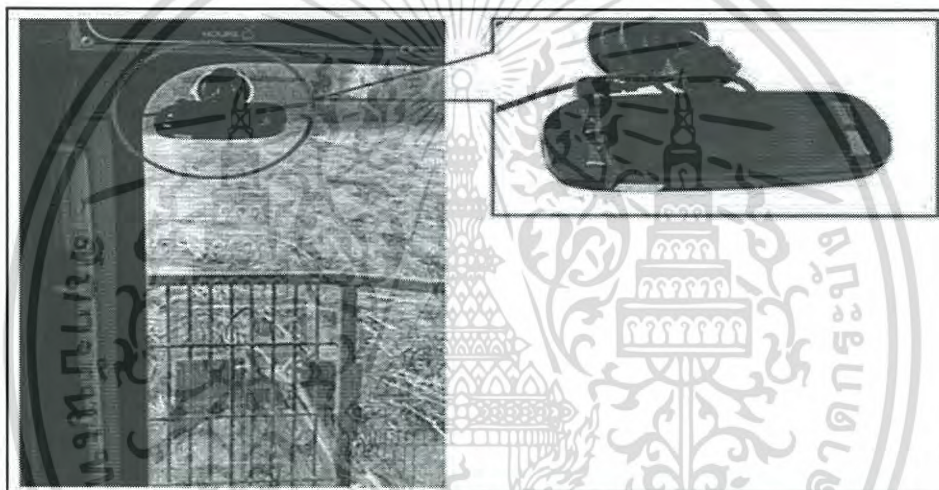
รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงระบบบันทึกข้อมูล และประเมินผล

### 3.1 การติดตั้งชุดบันทึกเสียงและชุดบันทึกภาพ

ในการทดลองติดตั้งไมโครโฟนเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการบันทึกเสียง โดยในเบื้องต้นได้ทำการติดตั้งไมโครโฟนเพื่อบันทึกเสียงไว้ 2 ตำแหน่งคือจุดที่ 1 บริเวณด้านบนชุดหัวตัด และจุดที่ 2 บริเวณด้านบนชุดพัดลมเป่าใบอ้อย (พัดลมใหญ่) แสดงดังรูปที่ 3.3 ตัวเครื่องบันทึกเสียงจะอยู่ในห้องคนขับเพื่อป้องกันฝุ่นละออง และความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น ส่วนชุดบันทึกภาพจะถูกติดตั้งที่กระจกด้านหน้าบริเวณมุมบนซ้ายของกระจกหน้ารถในห้องโดยสารเพื่อไม่ให้บดบังทัศนวิสัยของพนักงานขับรถแสดงดังรูปที่ 3.4

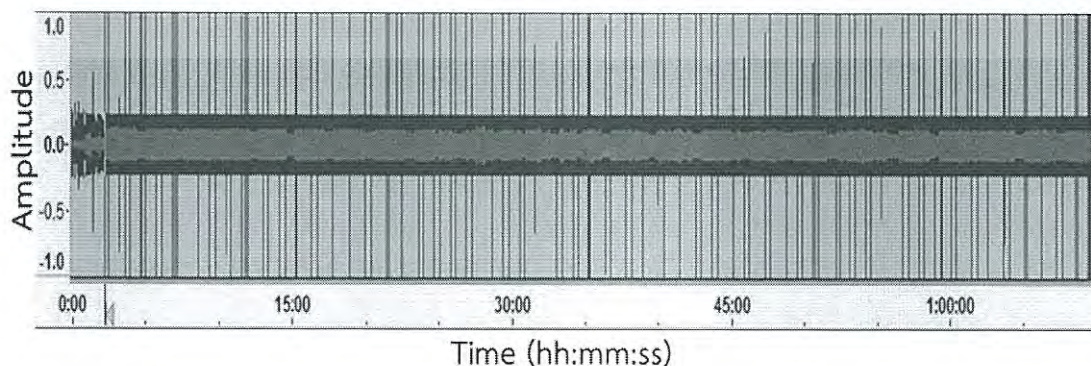


รูปที่ 3.3 ตำแหน่งติดตั้งไมโครโฟนสำหรับบันทึกเสียงเบื้องต้น



รูปที่ 3.4 จุดติดตั้งจุดบันทึกภาพ

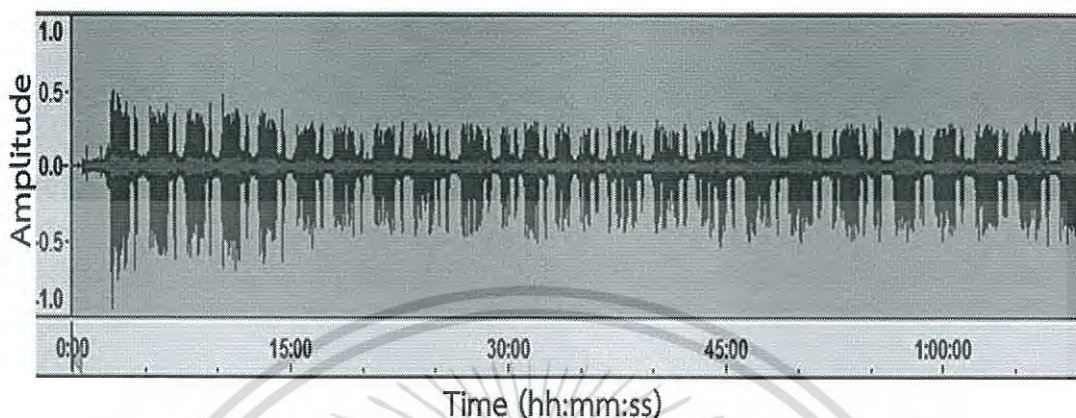
จากนั้นนำข้อมูลเสียงที่ได้มาพิจารณา พบว่าข้อมูลเสียงที่ได้จากจุดที่ 1 บริเวณด้านบนชุดหัวตัดไม่เหมาะที่จะนำมาใช้แยกแยะสถานะการทำงานในงานวิจัยนี้ เนื่องจากมีเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงอื่นๆ เข้ามารบกวนอย่างมากเช่น เสียงเครื่องยนต์, เสียงใบมีดกระทบดิน, เสียงใบมีดกระทบหิน, เสียงใบมีดกระทบตอไม้ เป็นต้น ทำให้ยากต่อการนำข้อมูลมาใช้แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ข้อมูลเสียงที่ได้จากจุดที่ 1 บริเวณด้านบนชุดหัวตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ข้อมูลเสียงที่ได้จากจุดติดตั้งไมโครโฟนบริเวณจุดที่ 2 ด้านบนชุดพดลมใหญ่มีสัญญาณเสียงที่สอดคล้องกับสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยแสดงดังรูปที่ 3.6 ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะแยกแยะสถานะการทำงานได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 3.6 ข้อมูลเสียงที่ได้จากจุดที่ 2 บริเวณด้านบนชุดพดลมใหญ่

จากนั้นจึงกำหนดให้บริเวณด้านบนชุดพดลมใหญ่เป็นจุดติดตั้งไมโครโฟน เพื่อบันทึกข้อมูลเสียงสำหรับการตรวจจับสถานะการทำงานของระบบการตัดของรถตัดอ้อย และติดตั้งชุดบันทึกภาพเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสถานะการทำงานในพื้นที่การทำงานจริงแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 จุดติดตั้งชุดบันทึกภาพ และเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 การวิเคราะห์ผล

ใช้โปรแกรม Matlab R2016a (The MathWorks Inc., USA) เพื่อวิเคราะห์หาค่าทางสถิติที่เหมาะสมของค่าสัญญาณเสียงสำหรับการประเมินสถานะการทำงาน และหาประสิทธิภาพในการทำงานของรถตัดอ้อย พร้อมทั้งวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดในการทำนายเทียบกับข้อมูลการทำงานจริงที่ได้จากการจดบันทึก และภาพเคลื่อนไหวที่บันทึกจากกล้องวิดีโอที่ติดตั้งบนรถตัดอ้อย โดยในการศึกษานี้ แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูล และการนำเสนอผลการศึกษา ออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

### 3.2.1 การศึกษาแนวทางการจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยด้วยสัญญาณเสียง

ทำการสุ่มเลือกแนวของการทำงานของรถตัดอ้อยในแปลงที่ศึกษามา 3 แถว และสุ่มเลือกช่วงของสัญญาณเสียงการทำงานในช่วงที่ “ตัด” และ “ไม่ตัด” ของแต่ละแถวมาอย่างละ 1 ช่วง รวมทั้งหมดเป็นข้อมูลเสียง 6 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ และเลือกค่าทางสถิติที่เหมาะสมเพื่อการจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยโดยใช้สัญญาณเสียงที่บันทึกได้ พร้อมพิจารณาหาค่าความผิดพลาดในการจำแนก

### 3.2.2 การจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยโดยพิจารณาสัญญาณเสียงในขณะทำงานทั้งแปลง

ใช้ค่าทางสถิติที่ได้ในข้อ 3.2.1 เพื่อจำแนกสถานะการตัดของรถตัดอ้อยของข้อมูลเสียงที่บันทึกได้จากการทำงานทั้งแปลงของแปลงศึกษาจำนวน 3 แปลง แล้ววิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของการทำนายเทียบกับข้อมูลอ้างอิงที่จดบันทึก และถ่ายวิดีโอไว้ พร้อมทั้งศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะการทำนายให้สูงขึ้น เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพในการทำงานของรถตัดอ้อยต่อไป

### 3.2.3 การประเมินประสิทธิภาพเชิงเวลาของรถตัดอ้อยในแต่ละแปลงและการประยุกต์ใช้

ทำการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงเวลาของรถตัดอ้อยจากข้อมูลสัญญาณเสียง ซึ่งคืออัตราส่วนระหว่างเวลาที่เครื่องจักรกลเกษตรใช้ในการปฏิบัติงานจริงต่อเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการดำเนินงาน โดยผลของการจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยจากข้อมูลสัญญาณเสียงในช่วงที่ “ตัด” และ “ไม่ตัด” สามารถนำผลการวิเคราะห์สถานะการทำงานดังกล่าวไปคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงเวลาของแต่ละแปลงได้ดังสมการที่ 8

$$\text{ประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา} = \frac{\text{เวลาทำงานทั้งหมดในพื้นที่} - \text{เวลาที่สูญเสียในพื้นที่}}{\text{เวลาทำงานทั้งหมดในพื้นที่}} \times 100 \quad (8)$$

ผลการวิเคราะห์สัญญาณเสียงจำแนกสถานะการทำงานในช่วงที่ “ตัด” และ “ไม่ตัด” ของรถตัดอ้อย นอกจากจะนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงเวลาแล้ว ยังนำผลการจำแนกสถานะการทำงาน ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการวัดประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรด้วยระบบ GNSS ที่พัฒนาขึ้นก่อนหน้า โดยนำผลการจำแนกสถานะการทำงานมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลพิกัดการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยที่บันทึกได้จาก GPS ที่ติดตั้งไว้บนรถตัดอ้อยขณะทำงานในแปลงศึกษา ทำการ Link สัญญาณเสียง และข้อมูลพิกัดสัญญาณ GPS ด้วยเวลาในการทำงาน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไป Plot เป็นแผนที่สถานะการทำงานของรถตัดอ้อย เพื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยทั้งหมดภายในแปลงจากแผนที่สถานะการทำงานของแต่ละแปลง โดยพิจารณาว่าการเคลื่อนที่ใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของวิศวกรรมศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ วัฒนศิริกุล อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการเคลื่อนที่ในช่วงที่ “ตัด” และ “ไม่ตัด” การเคลื่อนที่ใดเป็นการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแต่ไม่มีการตัด และการเคลื่อนที่แบบใดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพเชิงเวลาของรถตัดอ้อย เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานเพิ่มมากขึ้น ซึ่งวิธีการ และผลการทดลองโดยละเอียดจะอธิบายในบทถัดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

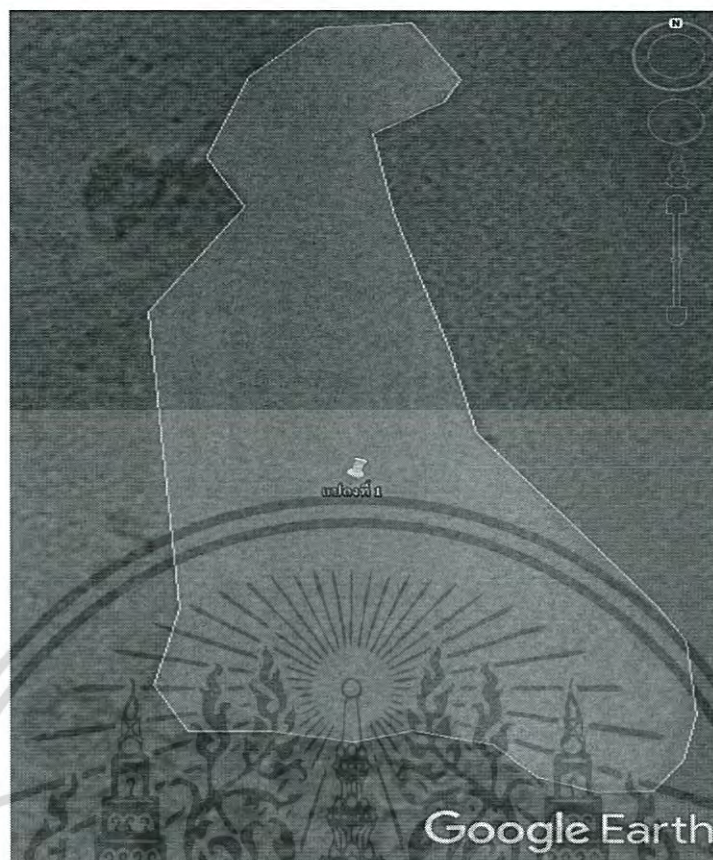
## บทที่ 4 ผลการศึกษา

การเก็บข้อมูลดำเนินการในวันที่ 10 - 22 มีนาคม 2559 ทำการศึกษาการทำงานในเขตพื้นที่อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมาจำนวน 3 แปลง โดยลักษณะของพื้นที่เดิมเป็นพื้นที่ทำนาแล้วมีปรับเปลี่ยนให้เป็นพื้นที่ปลูกอ้อยเมื่อไม่นานมานี้ จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตคุณภาพ และการเก็บเกี่ยวของอ้อย โดยลักษณะโดยทั่วไปของแปลงปลูกอ้อยแสดงดังตารางที่ 4.1 และลักษณะรูปร่างพื้นที่ของแปลงปลูกอ้อยแสดงในโปรแกรม Google Map (Google Inc., USA) แสดงดังรูปที่ 4.1 - 4.3

ตารางที่ 4.1 ลักษณะโดยทั่วไปของแปลงปลูกอ้อย

ลักษณะ	แปลงที่		
	1	2	3
พิกัด (Lat / Lon)	15° 5' 21.76" N 102° 21' 44.49" E	15° 5' 20.94" N 102° 21' 41.60" E	15° 6' 30.64" N 102° 21' 21.66" E
ชนิดดิน	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย
พันธุ์อ้อย	LK11	LK11	LK11
ความหนาแน่นอ้อย (หนา/บาง)	อ้อยบาง	อ้อยหนา	อ้อยหนา
ปริมาณอ้อยล้ม	0 %	40%	20%
ระยะห่างระหว่างแถว	1.4 เมตร	1.4 เมตร	1.4 เมตร
ความลึกของร่องปลูกอ้อย	ไม่ลึก	ค่อนข้างลึก	ไม่ลึก
อุปสรรคภายในแปลง (ตอไม้, ต้นไม้, ก้อนหิน)	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ความสะดวกในการทำงาน ด้วยรถตัดอ้อย	ทำงานสะดวก	ทำงานไม่สะดวก	ทำงานสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

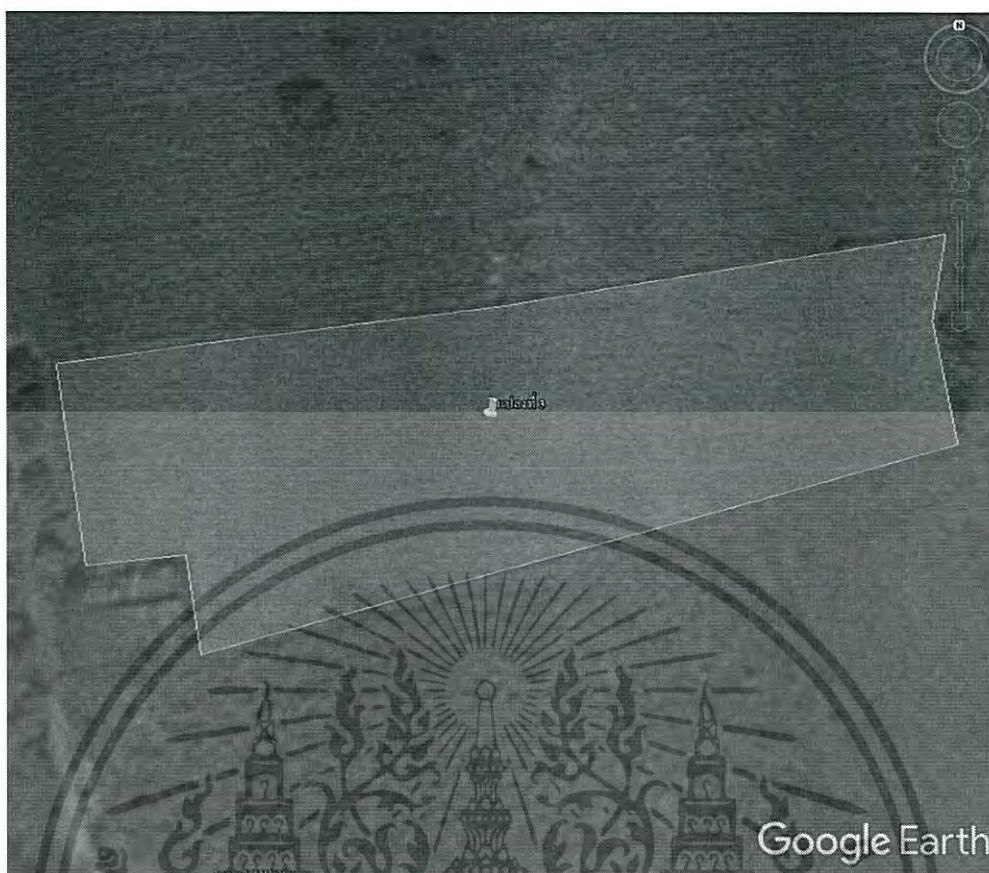


รูปที่ 4.1 ลักษณะพื้นที่ของแปลงอ้อยที่เก็บข้อมูลแปลงที่ 1 (4.25 ไร่)



รูปที่ 4.2 ลักษณะพื้นที่ของแปลงอ้อยที่เก็บข้อมูลแปลงที่ 2 (3.91 ไร่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



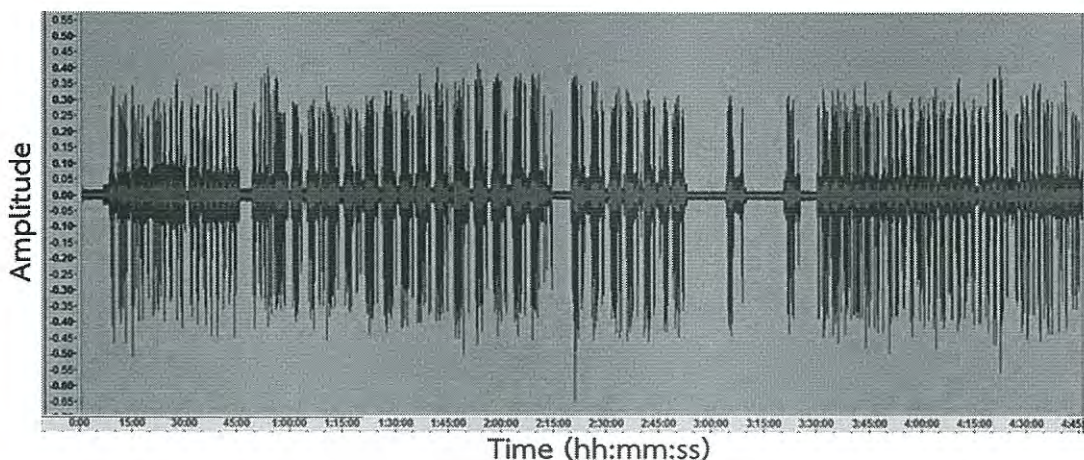
รูปที่ 4.3 ลักษณะพื้นที่ของแปลงอ้อยที่เก็บข้อมูลแปลงที่ 3 (4.02 ไร่)

จากการบันทึกข้อมูลเสียงของรถตัดอ้อย ตั้งแต่เริ่มทำการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเสร็จ แล้วนำมาวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม MatLab ( Version R2016a, The MathWorks, Inc., USA) ที่ผู้วิจัยได้สร้างสมการเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ขึ้นเพื่อใช้ในการจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อย โดยนำข้อมูลเสียงมาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติที่เหมาะสมของค่าสัญญาณเสียง สำหรับใช้ในการประเมินสถานะการทำงานของรถตัดอ้อย

#### 4.1 การศึกษาแนวทางการจำแนกสถานะการทำงานด้วยสัญญาณเสียง

ในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาแนวทางเบื้องต้นการจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยโดยใช้สัญญาณเสียงที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ โดยใช้เฉพาะสัญญาณเสียงที่บันทึกได้ในแปลงที่ 1 มาพิจารณา (รูปที่ 4.4) โดยตลอดการทำงานของรถตัดอ้อย 4 ชั่วโมง 46 นาที พบว่าสามารถจำแนกช่วงเวลาที่มีการตัด และไม่ตัดอ้อยได้โดยคร่าว ๆ ด้วยสายตาจากแอมพลิจูดหรือความดังของเสียงในขณะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

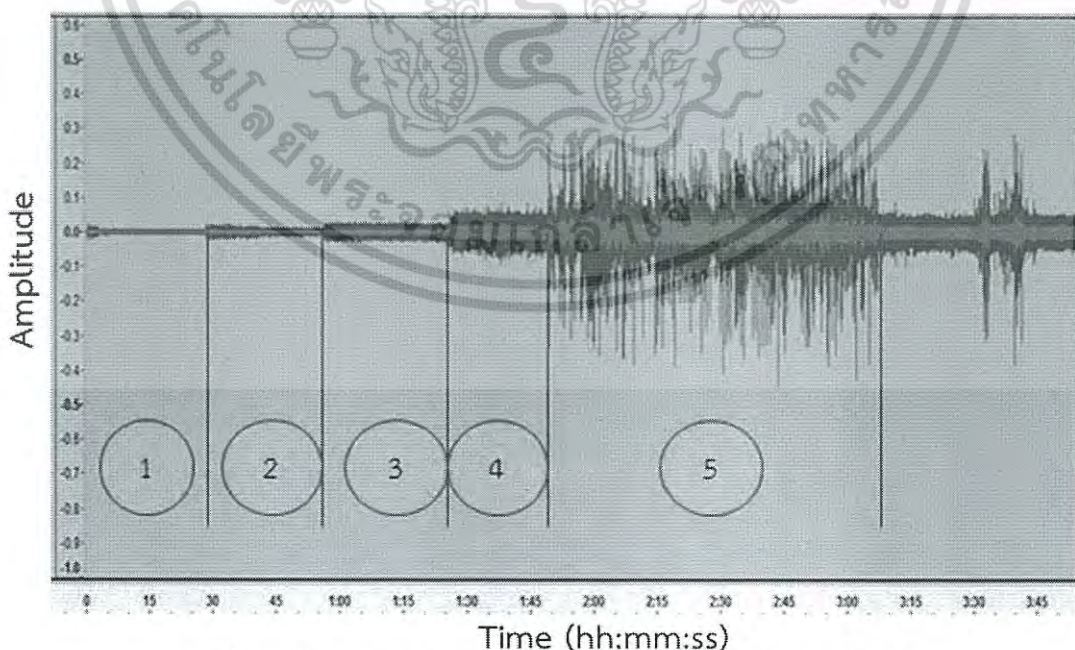


รูปที่ 4.4 ลักษณะสัญญาณเสียงของรถตัดอ้อยตลอดระยะเวลาที่ทำงานภายในแปลง (4 ชั่วโมง 46 นาที)

โดยเมื่อนำข้อมูลเสียงมาเปรียบเทียบกับวิดีโอที่บันทึกไว้ สามารถจำแนกสถานะของรถตัดอ้อยได้เป็น 5 ช่วงได้อย่างชัดเจน คือ

- 1) สตาร์ทเครื่องยนต์ (ไม่เคลื่อนที่)
- 2) เปิดระบบการทำงานของรถตัดอ้อย (ไม่เคลื่อนที่)
- 3) เร่งเครื่อง พร้อมเคลื่อนที่เข้าสู่แปลง (ความเร็วรอบ 1,000 rpm)
- 4) เร่งเครื่องให้พร้อมสำหรับการตัด (ความเร็วรอบ 3,000 rpm)
- 5) ทำการตัดอ้อยในแปลง (มีสถานะการทำงาน “ตัด”)

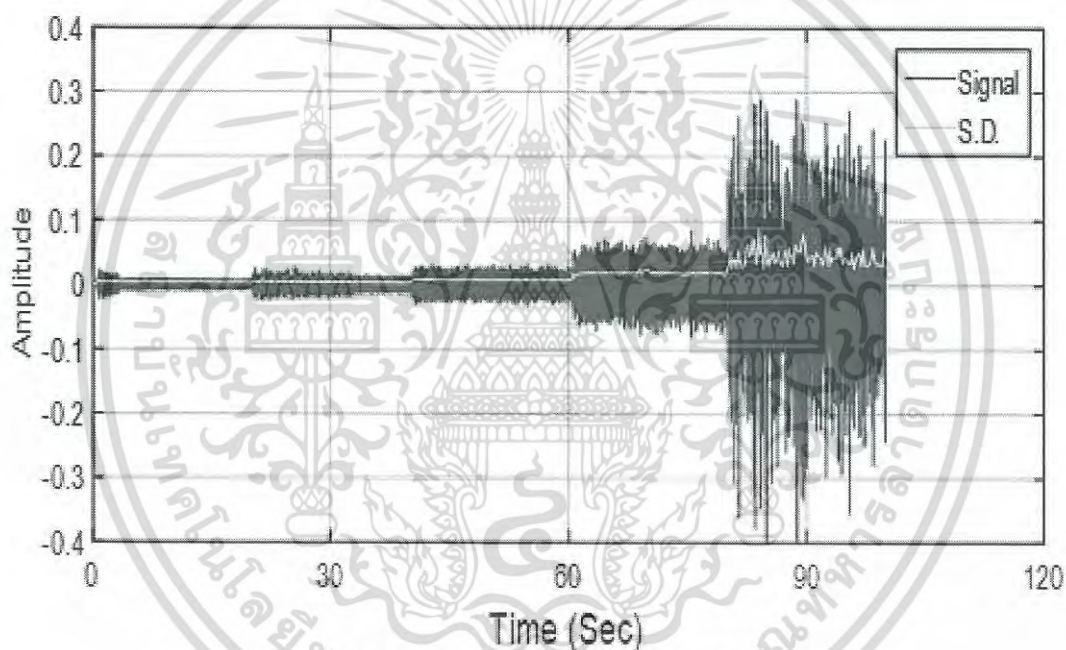
สัญญาณเสียงที่บันทึกได้จากทั้ง 5 ช่วง ถูกคัดเลือกจากสัญญาณในรูปที่ 4.4 นำมาแสดงในรูปที่ 4.5 โดยช่วงที่ 1 ถึง 4 ถือเป็นช่วงที่มีสถานะ “ไม่ตัด” และช่วงที่ 5 มีสถานะ “ตัด”



รูปที่ 4.5 สัญญาณเสียงของรถตัดอ้อยที่สถานะการทำงานที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้ผลการวิเคราะห์สัญญาณเสียงสอดคล้องกับข้อมูลพิกัดที่บันทึกในระบบติดตามการเคลื่อนที่ด้วยระบบ GNSS ที่พัฒนาโดย วสุ และคณะ (2558) ซึ่งบันทึกข้อมูลพิกัดที่ความถี่ 5 Hz หรือทุก ๆ 200 ms จึงทำการแสดงผลลัพธ์ของสถานะการทำงานที่วิเคราะห์จากสัญญาณเสียงบนคาบเวลาเดียวกัน ทั้งนี้สัญญาณเสียงถูกบันทึกที่ความถี่ 44,100 Hz การหาค่าสถานะการทำงานจึงทำการหาค่าทางสถิติของเสียงที่ความถี่ 44,100 Hz เพื่อนำมาแสดงผลที่ความถี่ 5 Hz (โดยใช้ข้อมูลสัญญาณเสียง 8,820 จุด เป็นตัวแทนของข้อมูลพิกัด 1 จุด) จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าค่า Standard Deviation (S.D.) ของค่าสัญญาณเสียงในช่วงย่อย 200 ms เป็นค่าทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับการประเมินสถานะการทำงาน เนื่องจากในช่วงที่ไม่มีการตัดระดับของสัญญาณเสียงจะเบาและมีค่า S.D. ต่ำกว่าในขณะที่มีการตัด ระดับของสัญญาณเสียงจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้มีค่า S.D. ที่สูงตาม ผลการใช้ค่า S.D. วิเคราะห์สัญญาณเสียงในขณะที่ทำงานแสดงดังรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า ช่วงที่มีการตัดจะมีค่า S.D. สูงกว่าช่วงอื่น



รูปที่ 4.6 ค่า S.D. ของสัญญาณเสียงจากรูปที่ 4.5

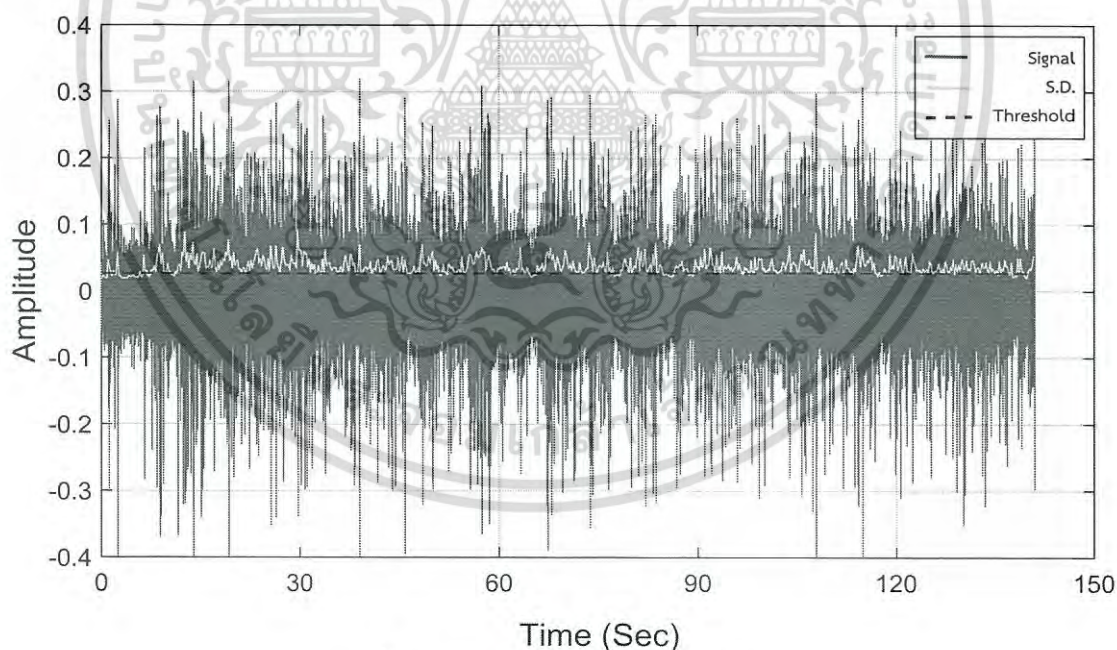
ในการหาเงื่อนไขที่ใช้ในการจำแนกสถานะการทำงาน (ค่า Threshold) พิจารณาจากความแตกต่างของค่า S.D. ในช่วงที่ “ตัด” และ “ไม่ตัด” โดยพบว่าค่า S.D. สูงสุดในช่วงที่ “ไม่ตัด” (ช่วงที่ 1 ถึง 4 ในรูปที่ 4.4) มีค่าเท่ากับ 0.0252 และค่า S.D. ต่ำสุดในช่วงที่ “ตัด” (ช่วงที่ 5 ในรูปที่ 4.6) มีค่าเท่ากับ 0.0265 ถึงแม้ค่าทั้งสองจะมีความแตกต่างกันไม่มาก แต่ก็สามารถนำมาใช้เป็นเงื่อนไขในการจำแนกสถานะการทำงานในเบื้องต้นได้ โดยใช้ค่ากึ่งกลางของค่าทั้งสอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0259 มาเป็นค่าอ้างอิงในการแบ่งสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยโดยกำหนดให้เสียงที่มีค่า S.D. มากกว่าค่าอ้างอิงนี้ มีสถานะการทำงาน “ตัด” และมีค่าค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าอ้างอิงมีสถานะการทำงาน “ไม่ตัด”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวัดสมรรถนะของระบบการจำแนกสถานะการทำงานด้วยค่า S.D. ที่พัฒนาขึ้นนี้ ทำการสุ่มเลือกแถวของการทำงานของรถตัดอ้อยมา 3 แถว แล้วสุ่มเลือกช่วงของสัญญาณเสียงการทำงานในช่วงที่ “ตัด” และ “ไม่ตัด” ของแต่ละแถวมาอย่างละ 1 ช่วง รวมทั้งหมดเป็นข้อมูลเสียง 6 ตัวอย่าง แสดงดังรูปที่ 4.7 ถึง 4.12 เพื่อพิจารณาหาค่าความผิดพลาดในการจำแนก โดยการนำข้อมูลสัญญาณเสียงแต่ละตัวอย่างมาหาค่า S.D. ในช่วงย่อย 200 ms และแสดงผลที่อัตรา 5 Hz และเปรียบเทียบกับค่า Threshold (0.0259) พบว่าในแต่ละช่วงของการทำงานจะมีสัญญาณเสียงที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของสถานะการทำงานมีค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นคิดเป็น 5.89% ในช่วงที่ “ตัด” และ 3.21% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” แสดงดังตารางที่ 4.2

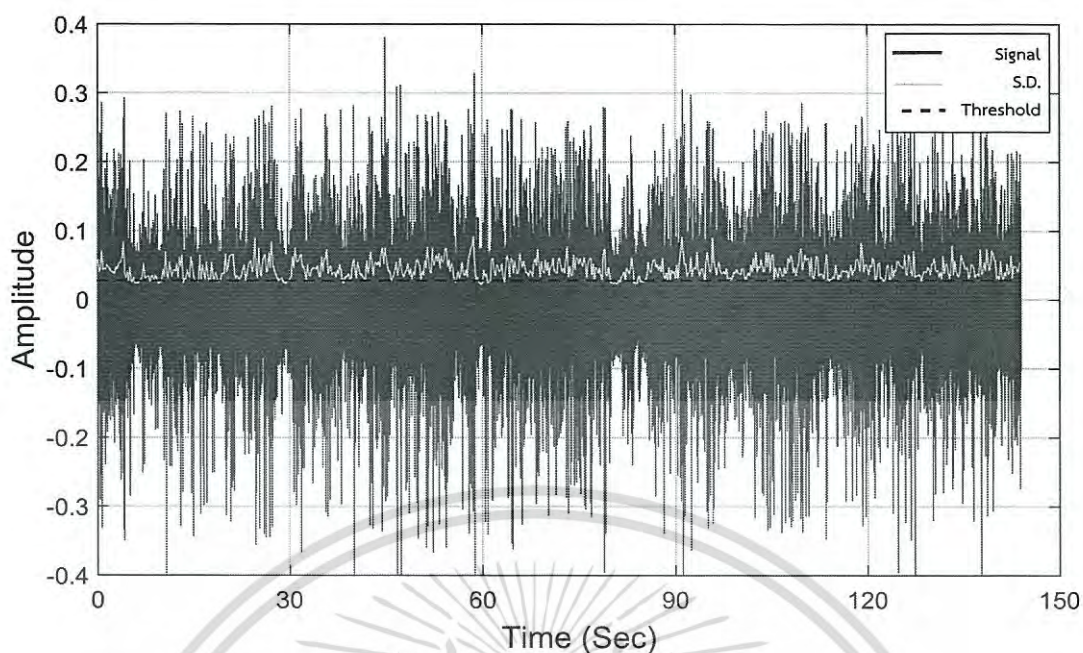
ตารางที่ 4.2 การจำแนกสัญญาณเสียงช่วงที่มีสถานะการทำงาน “ตัด” และ “ไม่ตัด”

แถวที่	ช่วงที่มีสถานะ “ตัด”				ช่วงที่มีสถานะ “ไม่ตัด”			
	จำนวนจุด	ทำนายถูกต้อง	ทำนายผิดพลาด	% ผิดพลาด	จำนวนจุด	ทำนายถูกต้อง	ทำนายผิดพลาด	% ผิดพลาด
1	705	636	69	9.79	360	350	10	2.78
2	720	699	21	2.92	450	447	3	0.67
3	625	594	31	4.96	550	516	34	6.18
เฉลี่ย		643.00	40.33	5.89		437.67	15.67	3.21

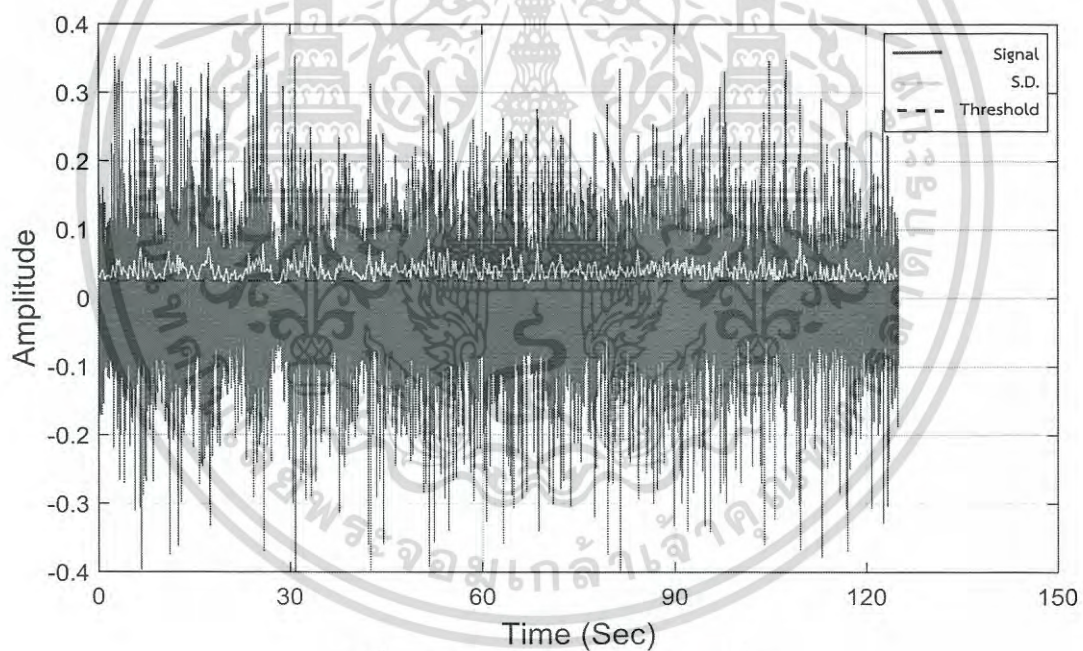


รูปที่ 4.7 สัญญาณเสียง “ตัด” แถวที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

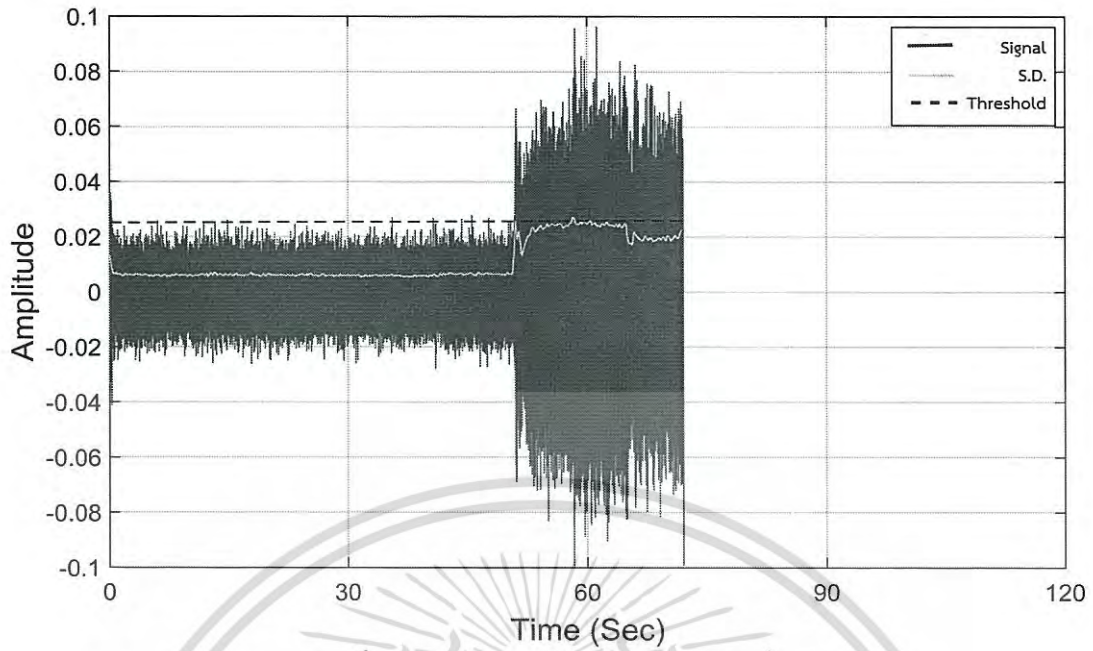


รูปที่ 4.8 สัญญาณเสียง “ตัด” แถวที่ 2

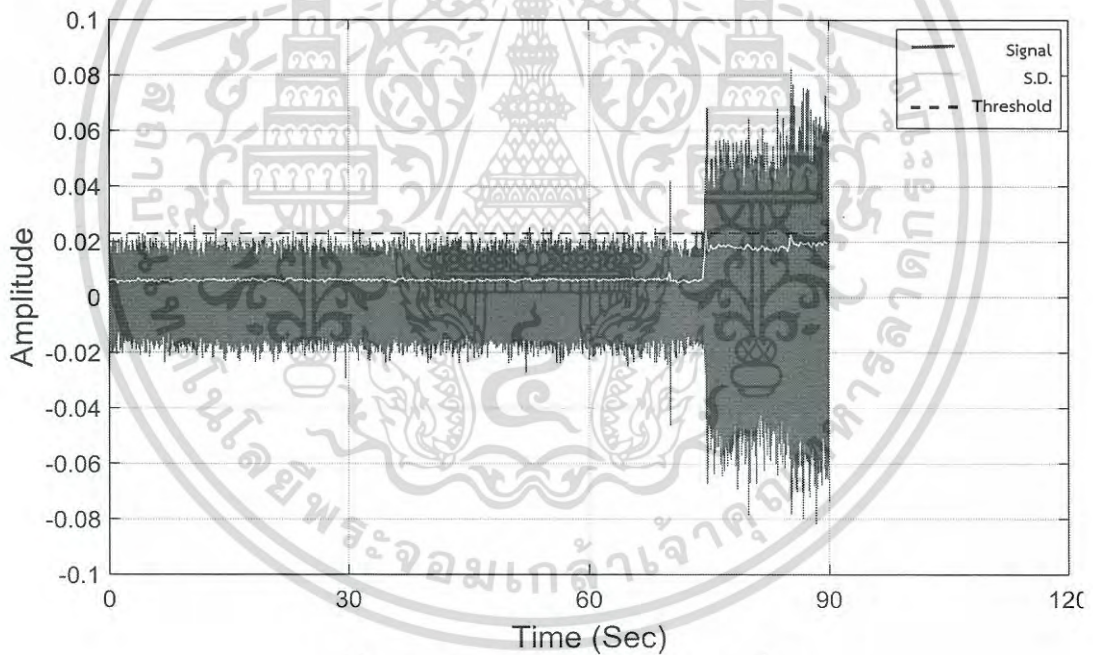


รูปที่ 4.9 สัญญาณเสียง “ตัด” แถวที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

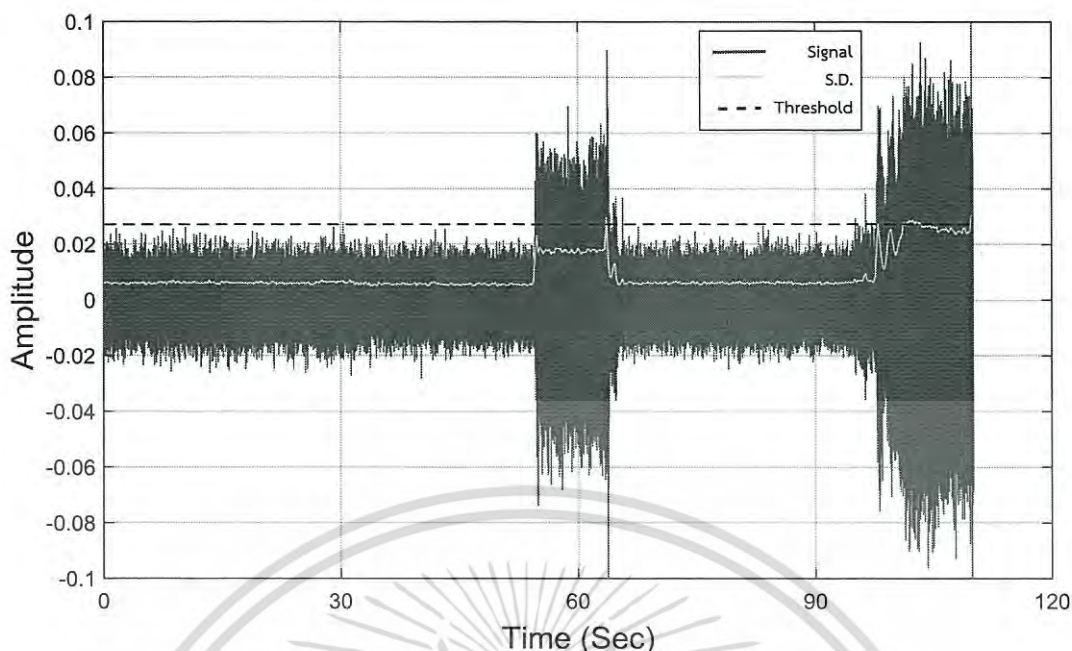


รูปที่ 4.10 สัญญาณเสียง “ไม่ตัด” แถวที่ 1



รูปที่ 4.11 สัญญาณเสียง “ไม่ตัด” แถวที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 สัญญาณเสียง “ไม่ตัด” แถวที่ 3

อย่างไรก็ตาม เมื่อเทียบกับการใช้ค่า S.D. แล้ว การใช้ค่า RMS ของสัญญาณเสียงมีความเหมาะสมในการใช้งานทั้งในทางทฤษฎี และปฏิบัติมากกว่า ดังเหตุผลต่อไปนี้

1. ค่า RMS มีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับความดังของเสียง (Sound Intensity Level) ถึงแม้ไม่มีการสอบเทียบ (Calibration) ตัวไมโครโฟนเพื่อหาค่าความดันที่แท้จริงของเสียง (Sound Pressure) แต่ค่าที่วัดได้ถูกบันทึกเป็นสัดส่วนกับค่าเต็มสเกล (Full Range  $\pm 1.0$ ) ในสภาวะการทดสอบ และการติดตั้งนั้น ๆ สามารถนำมาใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบได้ภายในกลุ่มข้อมูลที่เก็บได้ในแต่ละแปลง

2. ค่า SD ที่คำนวณได้ไม่แตกต่างกับค่า RMS เนื่องจากค่าเฉลี่ยของสัญญาณเสียงมีค่าใกล้เคียงศูนย์ทำให้สมการทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน

3. เนื่องจากไม่ต้องทำการคำนวณ และลบค่าเฉลี่ยของสัญญาณ การหา RMS จึงใช้เวลาและหน่วยความจำน้อยกว่า เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณมาก เช่นข้อมูลจากทั้งแปลงที่ใช้เวลาเก็บข้อมูลเป็นเวลาหลายชั่วโมง

ดังนั้น การศึกษาในลำดับต่อไปจึงใช้ RMS ของสัญญาณเสียง เป็นค่าที่ใช้ระบุความดังของเสียงที่บันทึกได้จากไมโครโฟนในขณะที่รถตัดอ้อยกำลังทำงาน รวมถึงการวิเคราะห์ผลในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

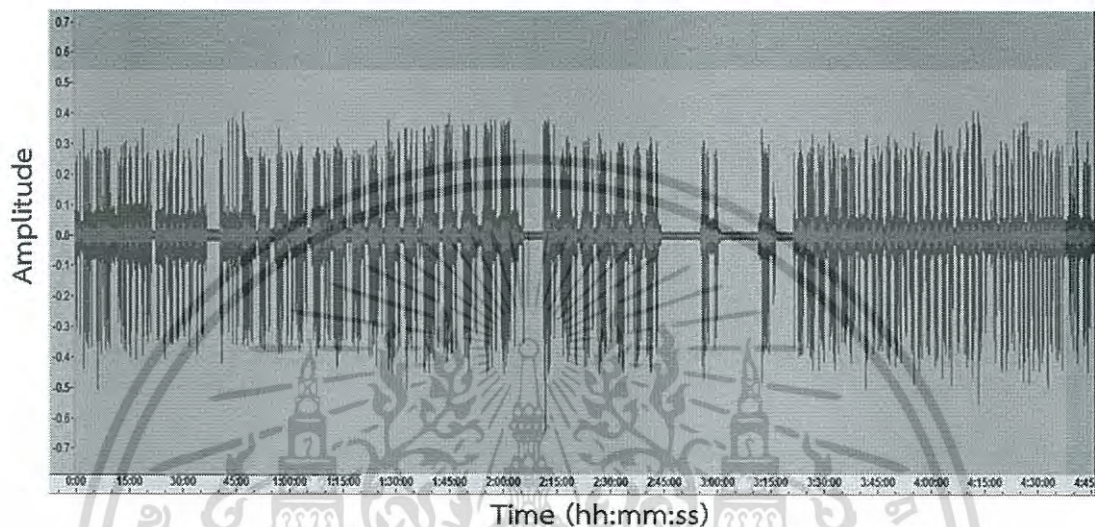
#### 4.2 การจำแนกสถานะการทำงานโดยพิจารณาสัญญาณเสียงในขณะทำงานทั้งแปลง

เนื่องจากแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยที่นำเสนอในหัวข้อ 4.1 เป็นการใช้อุปกรณ์บันทึกโดยไมโครโฟนที่ติดตั้งอยู่บริเวณด้านบนชุดพัดลมใหญ่ ซึ่งอาจมีความสามารถในการจับ/บันทึกสัญญาณเสียงที่แตกต่างกันหากสภาพการทำงานแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ของแปลงหนึ่งอาจไม่สามารถใช้ในการทำนายสถานะการทำงานของแปลงอื่นได้อย่างถูกต้อง การใช้ข้อมูลทั้งหมดที่บันทึกได้ภายในแปลงเดียวกันเพื่อนำมาวิเคราะห์จำแนกสถานะการทำงาน

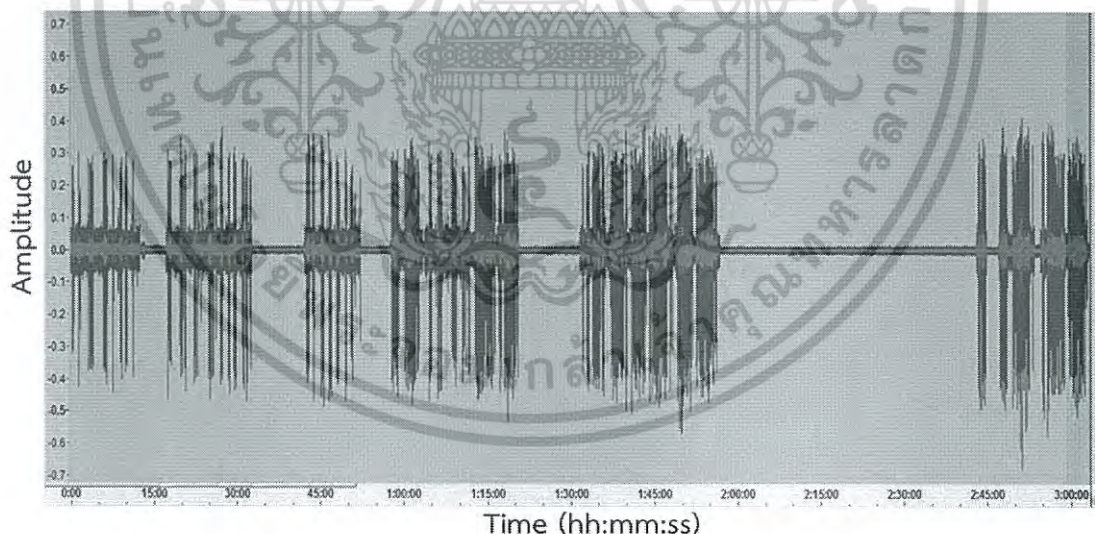
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในแปลงนั้น จึงเป็นแนวทางที่ช่วยในการหา Threshold ที่เหมาะสมสำหรับแปลงนั้นๆ ได้ โดยการบันทึกข้อมูลของการทำงานของทั้งแปลงเป็นสิ่งที่สามารถทำได้โดยสะดวกด้วยเทคโนโลยีการตรวจจับ และบันทึกเสียงในปัจจุบัน

สัญญาณเสียงที่บันทึกได้ตลอดการทำงานของรถตัดอ้อยทั้ง 3 แปลง แสดงดังรูปที่ 4.13 – 4.15 โดยแปลงที่ 1 2 และ 3 ใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวอ้อย 4:46:18 3:04:34 และ 3:43:49 ชั่วโมงตามลำดับ

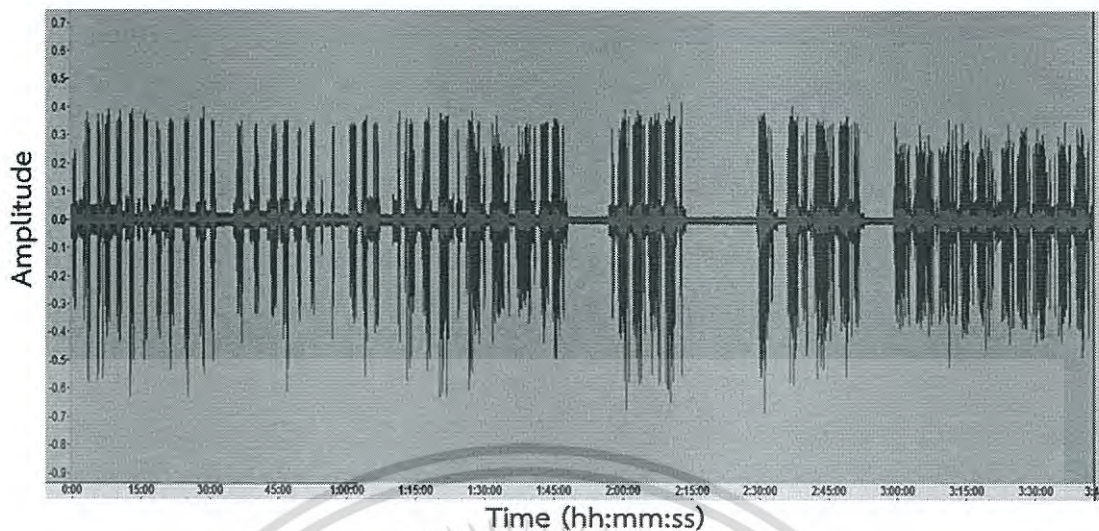


รูปที่ 4.13 ลักษณะสัญญาณเสียงของรถตัดอ้อยตลอดระยะเวลาที่ทำงานภายในแปลงที่ 1



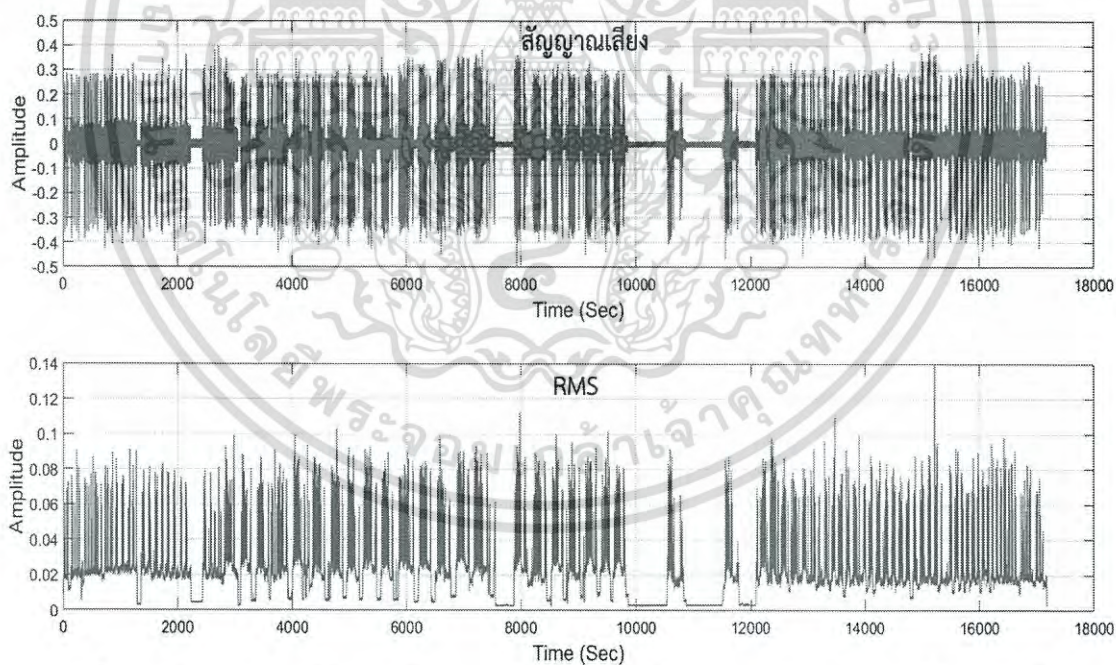
รูปที่ 4.14 ลักษณะสัญญาณเสียงของรถตัดอ้อยตลอดระยะเวลาที่ทำงานภายในแปลงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



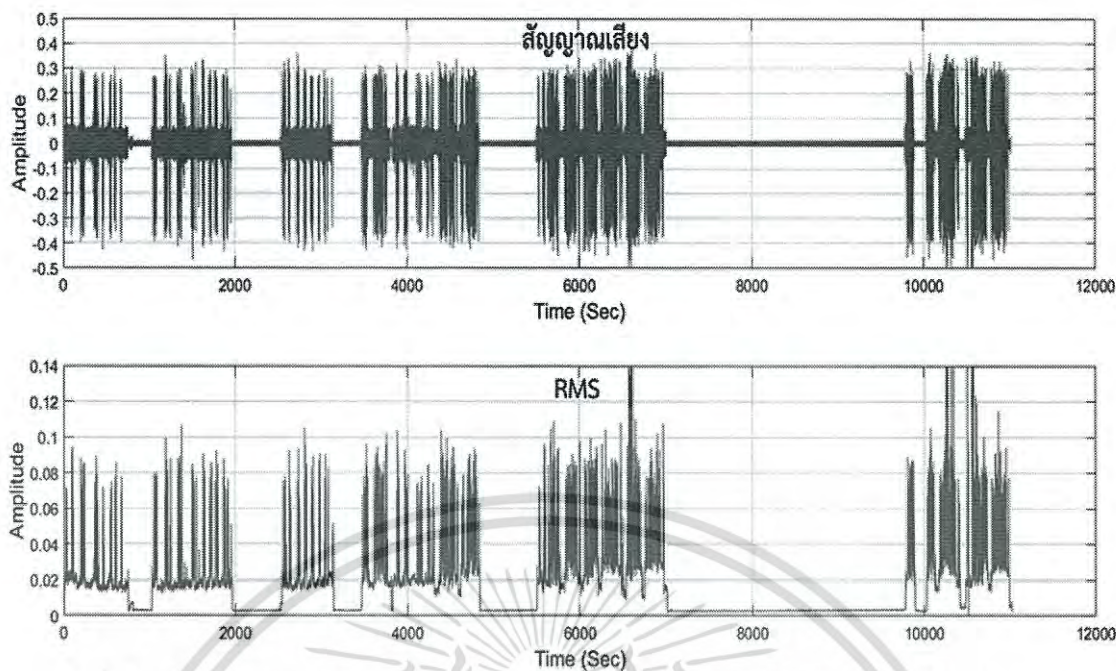
รูปที่ 4.15 ลักษณะสัญญาณเสียงของรถตัดอ้อยตลอดระยะเวลาที่ทำงานภายในแปลงที่ 3

ความดังหรือค่า RMS ของสัญญาณเสียงที่บันทึกได้ (รูปที่ 4.16 - 4.18) แสดงถึงการทำงานของรถตัดอ้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีการหยุด หรือเบารอบเครื่องยนต์ เช่นเดียวกับการแสดงด้วยค่า S.D. ของสัญญาณในการศึกษาก่อนหน้านี้

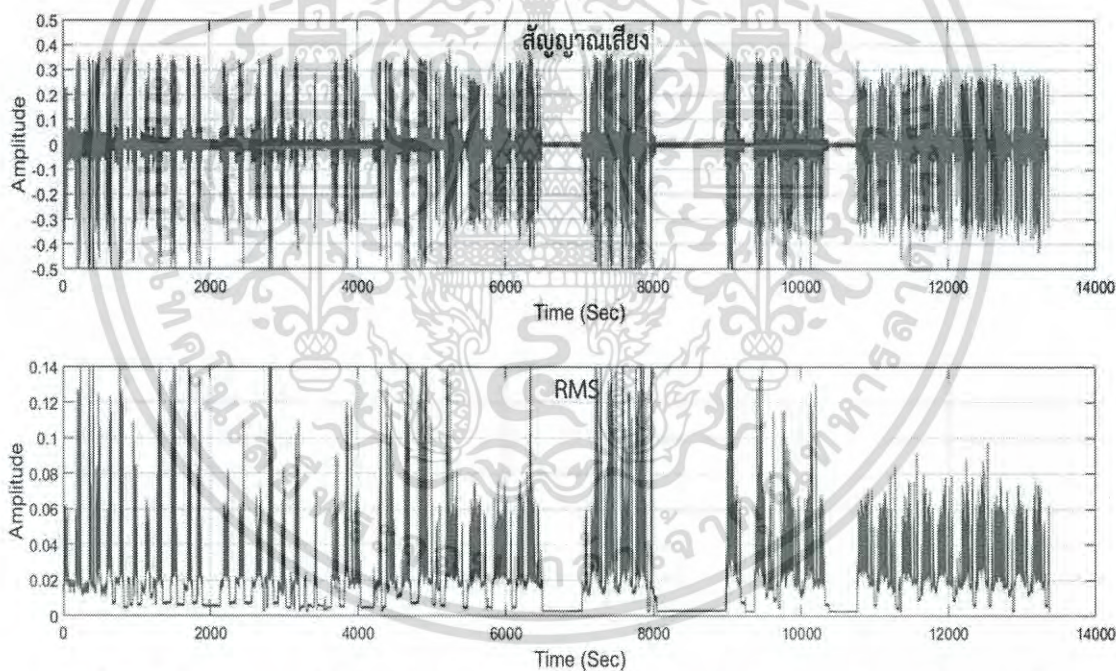


รูปที่ 4.16 ลักษณะของสัญญาณเสียงการทำงาน และลักษณะของค่า RMS. ภายในแปลงที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ลักษณะของสัญญาณเสียงการทำงาน และลักษณะของค่า RMS. ภายในแปลงที่ 2

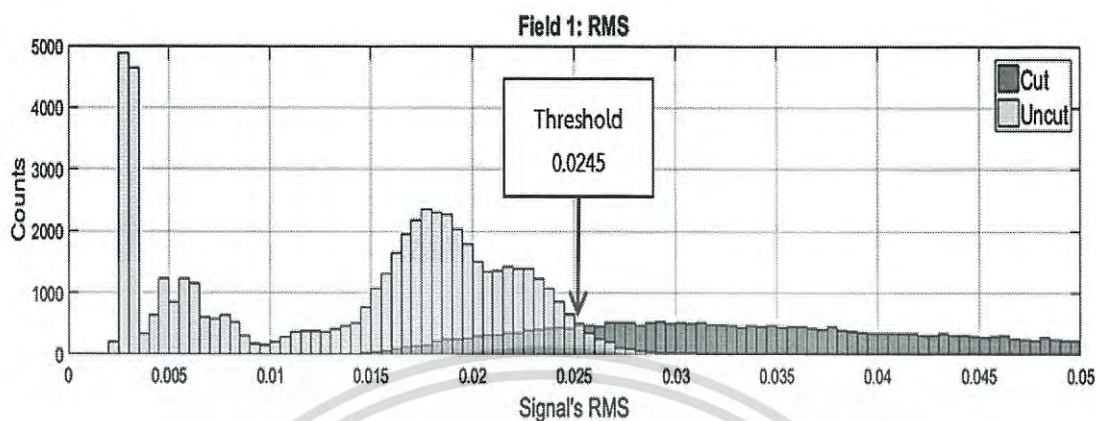


รูปที่ 4.18 ลักษณะของสัญญาณเสียงการทำงาน และลักษณะของค่า RMS. ภายในแปลงที่ 3

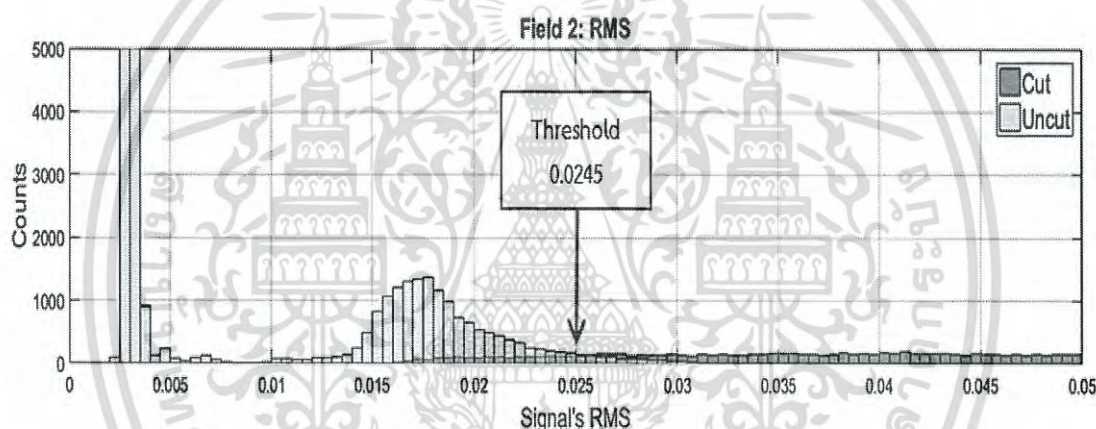
ในการจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยนั้น สามารถแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจน โดยใน Histogram ของค่า RMS ของการทำงานในช่วงที่ “ตัด” และในช่วงที่ “ไม่ตัด” โดยสัญญาณทั้งสองส่วนได้จากการตัดต่อสัญญาณอย่างละเอียด โดยพิจารณาจากภาพวิดีโออ้างอิงที่บันทึกไว้ และนำมาแสดงเป็น Histogram คู่กันในภาพเดียวกัน จากนั้นจึงสามารถกำหนดค่า Threshold ที่เป็นจุดแบ่งระหว่าง RMS ของเสียงที่มาจาก การ “ตัด” ออกจาก RMS ของเสียงที่มาจากการทำงานแต่ “ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

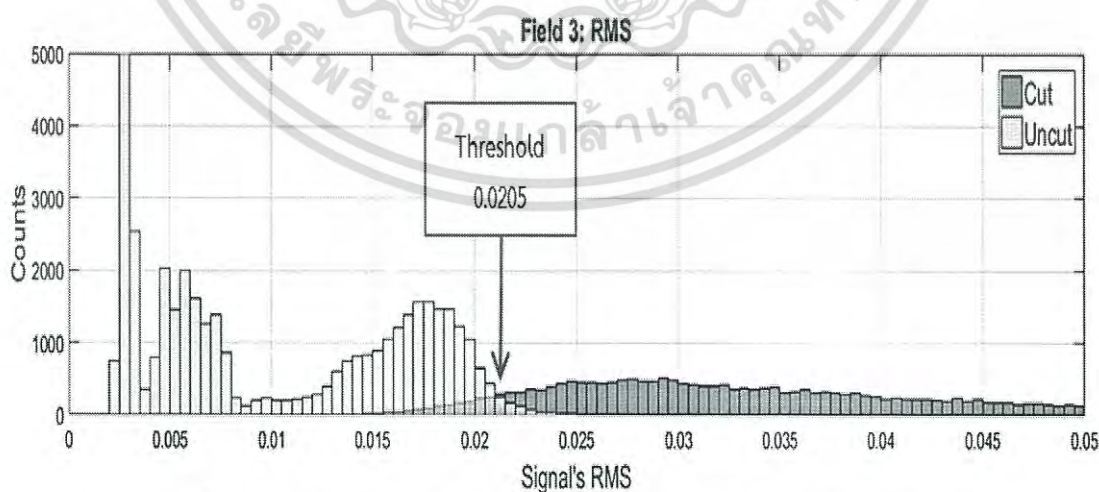
ตัด”ซึ่งโดยทั่วไปคือจุดตัดระหว่างกราฟประชากรของทั้งสองกลุ่ม โดยผลการแสดง Histogram และการกำหนดค่า Threshold ของทั้ง 3 แปลงแสดงดังรูปที่ 4.19 - 4.21



รูปที่ 4.19 Histogram Signals RMS ของสัญญาณเสียงภายในแปลงที่ 1



รูปที่ 4.20 Histogram Signals RMS ของสัญญาณเสียงภายในแปลงที่ 2



รูปที่ 4.21 Histogram Signals RMS ของสัญญาณเสียงภายในแปลงที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณา RMS Histogram ของทั้ง 3 แปลงพบว่าค่า Threshold ของแปลงที่ 1-3 มีค่าเท่ากับ 0.0245 0.0245 และ 0.0205 ตามลำดับ ค่าดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยได้ โดยแปลงที่ 1 มีสถานะการทำงานคิดเป็น 33.22% ในช่วงที่ “ตัด” และ 66.78% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” แปลงที่ 2 มีสถานะการทำงานคิดเป็น 25.66% ในช่วงที่ “ตัด” และ 74.34% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” และแปลงที่ 3 มีสถานะการทำงานคิดเป็น 39.91% ในช่วงที่ “ตัด” และ 63.09% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” แสดงดังตารางที่ 4.3 และในสถานะการทำงานดังกล่าวมีความผิดพลาดของสัญญาณเสียงในแต่ละสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยของแปลงที่ 1 มีค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นคิดเป็น 15.86% ในช่วงที่ “ตัด” และ 4.39% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” แปลงที่ 2 มีค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นคิดเป็น 10.40% ในช่วงที่ “ตัด” และ 2.86% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” และแปลงที่ 3 มีค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นคิดเป็น 4.95% ในช่วงที่ “ตัด” และ 3.04% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 การจำแนกสัญญาณเสียงช่วงสถานะการทำงาน “ตัด” และ “ไม่ตัด”

แปลงที่	Threshold	สถานะการทำงานของรถตัดอ้อย		
		ช่วงที่มีสถานะ “ตัด”	ช่วงที่มีสถานะ “ไม่ตัด”	รวม
1	0.0245	33.22%	66.78%	100%
2	0.0245	25.66%	74.34%	100%
3	0.0205	36.91%	63.09%	100%

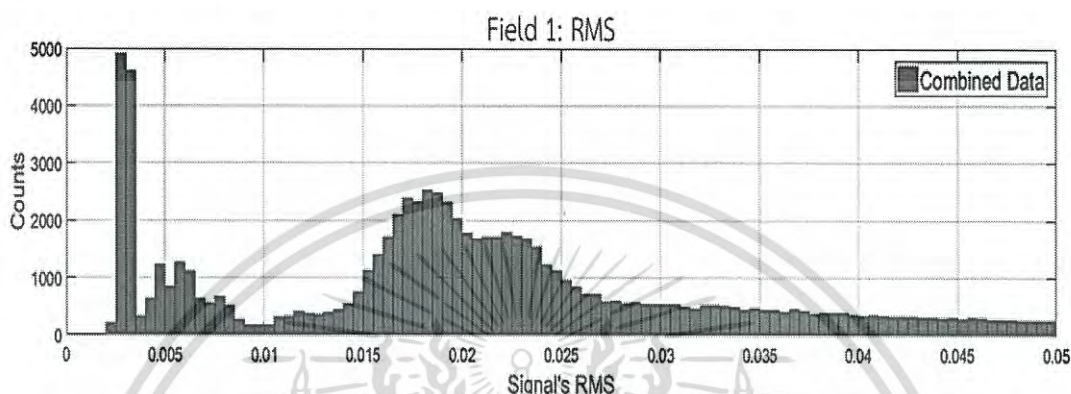
ตารางที่ 4.4 ค่าความผิดพลาดการจำแนกสัญญาณเสียงช่วงสถานะการทำงาน “ตัด” และ “ไม่ตัด”

แปลงที่	Threshold	ช่วงที่มีสถานะ “ตัด”			ช่วงที่มีสถานะ “ไม่ตัด”		
		ทำนาย ถูกต้อง	ทำนาย ผิดพลาด	รวม	ทำนาย ถูกต้อง	ทำนาย ผิดพลาด	รวม
1	0.0245	84.14%	15.86%	100%	95.61%	4.39%	100%
2	0.0245	89.60%	10.40%	100%	97.14%	2.85%	100%
3	0.0205	95.05%	4.95%	100%	96.96%	3.04%	100%

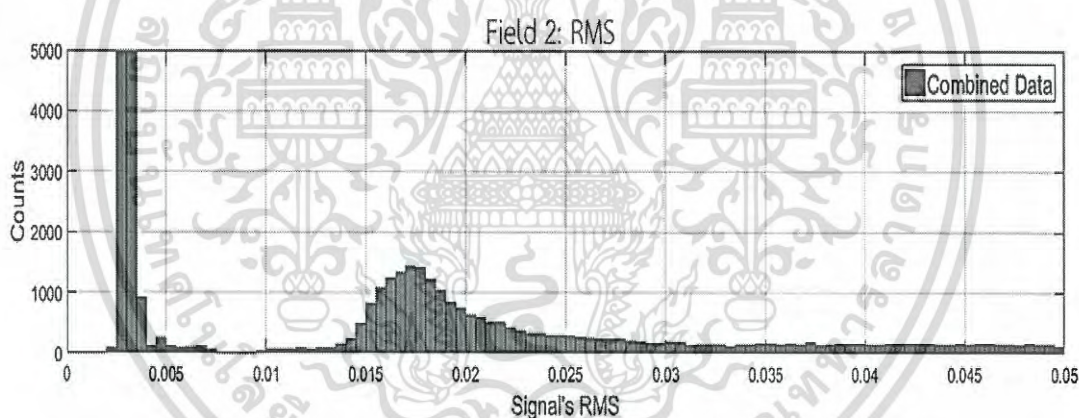
ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยวิธีหาค่า Root Mean Square (RMS) ของสัญญาณเสียงมีแนวโน้มสามารถนำมาใช้วิเคราะห์สถานะการทำงานของรถตัดอ้อยได้ แต่อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ดังกล่าว ใช้สัญญาณเสียงที่ถูกจำแนกสถานะการทำงาน “ตัด” และ “ไม่ตัด” ไว้ก่อนแล้ว ซึ่งในการทำงานจริงข้อมูลสัญญาณเสียงที่ทั้งสองสถานะได้จะเป็นสัญญาณเสียงที่รวมกัน ไม่มีการจำแนกไว้ล่วงหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

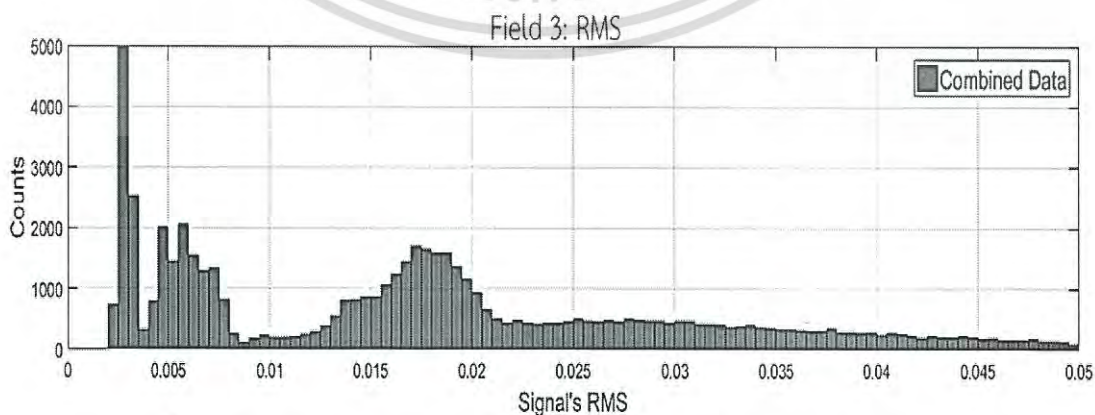
หากพิจารณา RMS Histogram ของสัญญาณเสียงรวมตลอดการทำงานของรถตัดอ้อยทั้งแปลงของแปลงที่ 1-3 (รูปที่ 4.22 - 4.24) พบว่า Peak ของสัญญาณเสียงที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันอยู่หลายกลุ่ม (ซึ่งอาจครอบคลุมสถานะการทำงานในลักษณะต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.1) แต่ไม่พบ Threshold หรือ จุดที่ใช้จำแนกสถานะการทำงานระหว่าง “ตัด” และ “ไม่ตัด” ได้อย่างชัดเจน ดังนั้นวิธีการดังกล่าวยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ และจำเป็นต้องมีการปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์เสียงเพิ่มเติม



รูปที่ 4.22 Histogram Signals RMS รวมของสัญญาณเสียงภายในแปลงที่ 1



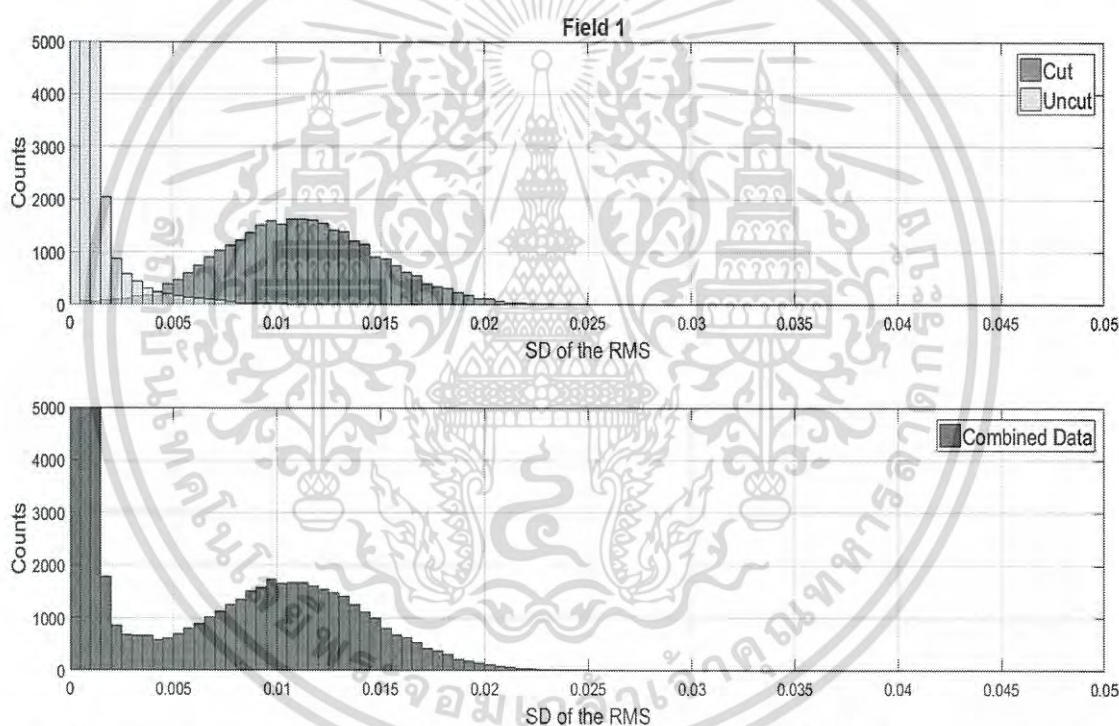
รูปที่ 4.23 Histogram Signals RMS รวมของสัญญาณเสียงภายในแปลงที่ 2



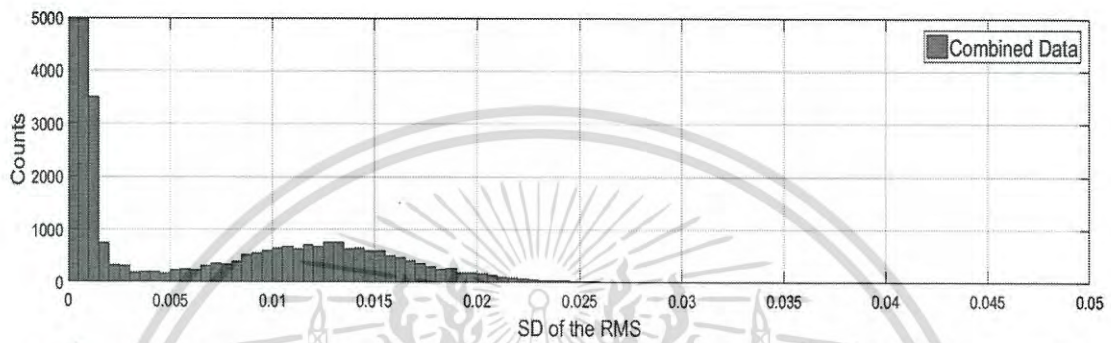
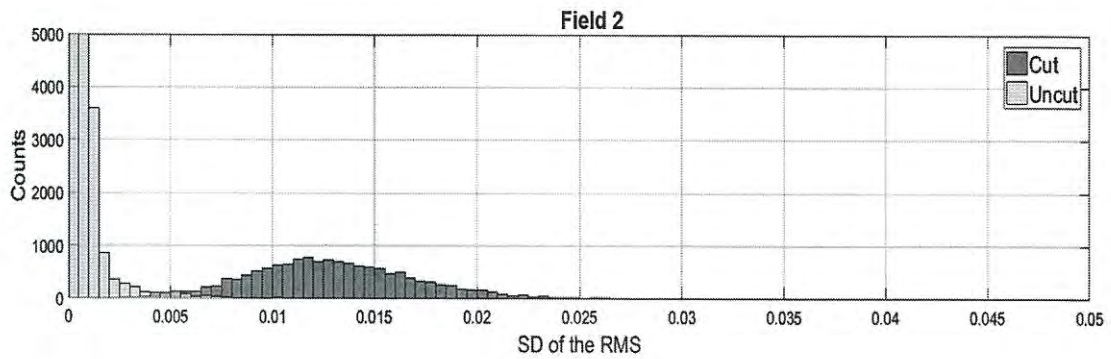
รูปที่ 4.24 Histogram Signals RMS รวมของสัญญาณเสียงภายในแปลงที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

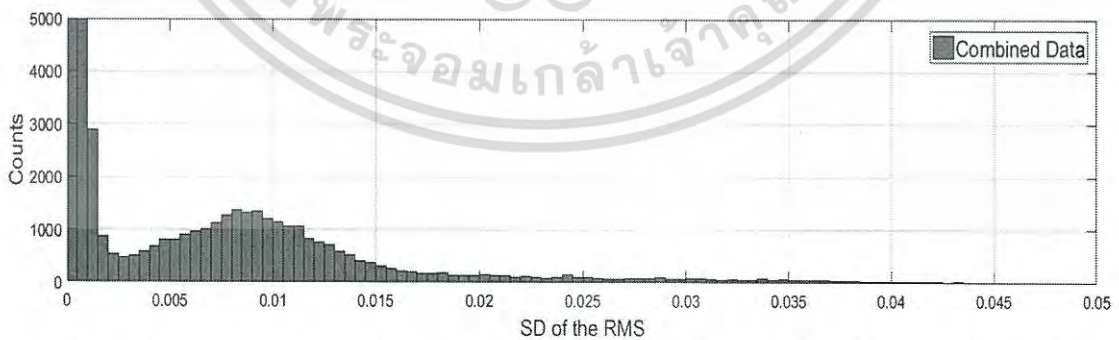
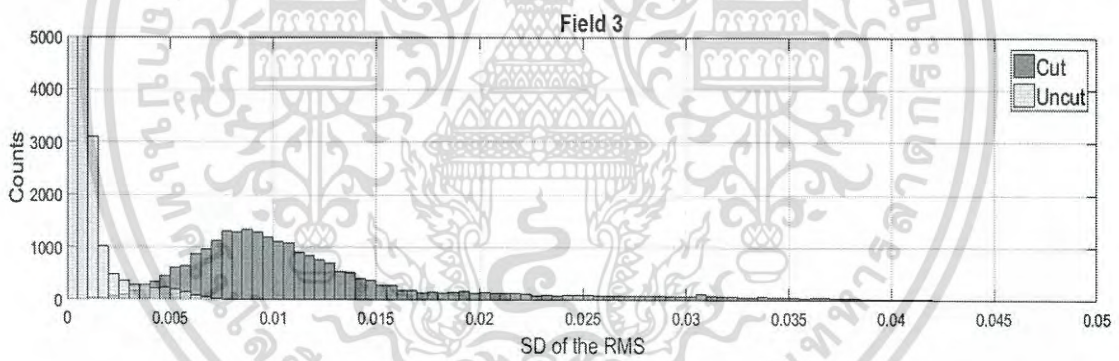
จากการพิจารณาลักษณะของสัญญาณเสียงที่ได้เพิ่มเติม พบว่าในช่วงจังหวะที่ “ไม่ตัด” ไม่  
 ว่าจะเป็นช่วงที่ไม่ทำงาน ที่รอบเครื่องเดินเบา หรือเร่งเครื่องแต่ไม่มีการตัด จะมีความแปรปรวนของ  
 ค่าสัญญาณเสียงค่อนข้างน้อย (ความดังกัง) แต่ในช่วงที่มีการ “ตัด” ระดับความดังของเสียงที่ได้จะ  
 สูง และมีความแปรปรวนของค่าสัญญาณเสียงที่มาก เนื่องจากการเร่งเครื่อง และนอกจากนั้น ยังมี  
 เสียงดัง และดังมากสลับกันไปมาที่เกิดจากการกระแทกของเศษวัสดุกับปลอกพัดลมใหญ่ขณะตัดอ้อย  
 (ความดังกัง) การที่สัญญาณเสียงเกิดค่าความแปรปรวนในลักษณะดังกล่าว สามารถนำมาใช้เป็น  
 แนวทางในการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยการหาค่า Standard Deviation (S.D.) ของค่าระดับความดัง  
 หรือค่า RMS ที่ได้มาในขั้นตอนแรก โดยในการศึกษานี้ ทำการหาค่า S.D. ของค่า RMS ครอบคลุม  
 ช่วงเวลา 1 วินาทีก่อน และ 1 วินาทีหลังจากจุดที่พิจารณา (รวมเป็น 2.2 วินาที โดยรวมเวลา ณ จุด  
 ที่พิจารณาอีก 200 ms) ค่าสัญญาณที่ได้ของทั้ง 3 แพลง แสดงดังรูปที่ 4.25 – 4.27 ตามลำดับ  
 สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ Histogram ของค่าที่ได้ ทั้งในลักษณะที่มีการจำแนก และไม่จำแนก  
 สถานะการตัดล่วงหน้า



รูปที่ 4.25 Histogram S.D. of the RMS ของสัญญาณเสียงในแปลงที่ 1 ที่มีการจำแนก และไม่  
 จำแนกสถานะการตัดล่วงหน้า



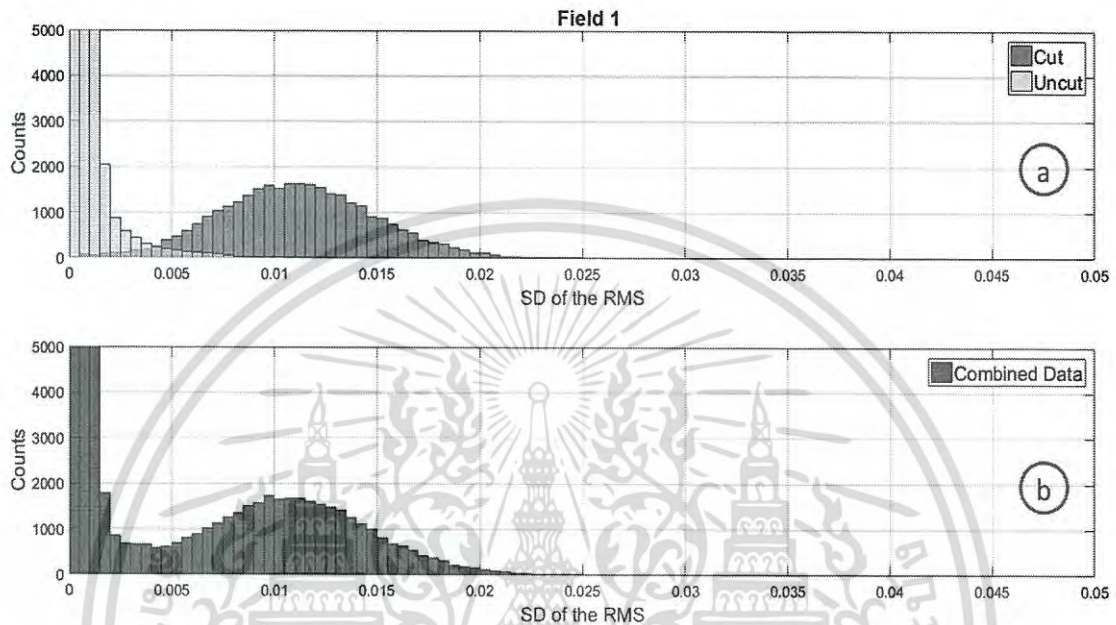
รูปที่ 4.26 Histogram S.D. of the RMS ของสัญญาณเสียงในแปลงที่ 2 ที่มีการจำแนก และไม่จำแนกสถานะการตัดล่องหน้า



รูปที่ 4.27 Histogram S.D. of the RMS ของสัญญาณเสียงในแปลงที่ 3 ที่มีการจำแนก และไม่จำแนกสถานะการตัดล่องหน้า

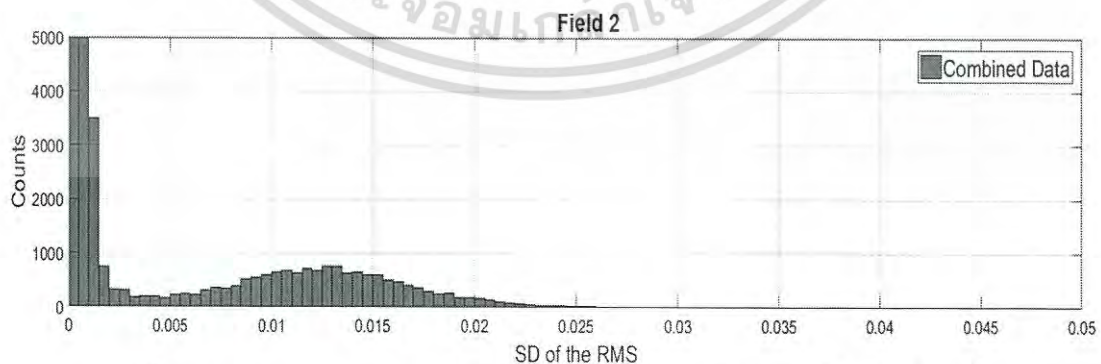
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณา Histogram ของแปลงที่ 1 พบว่าการใช้เทคนิค S.D. ของ ค่า RMS สามารถแบ่งกลุ่มของสัญญาณจากกลุ่มข้อมูล “ตัด” และ “ไม่ตัด” ได้อย่างชัดเจน มีความเหมาะสม และสะดวกต่อการกำหนดค่า Threshold โดยเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณเสียง (a) ที่จำแนกสถานะการทำงานระหว่าง “ตัด” และ “ไม่ตัด” กับ (b) สัญญาณเสียงรวมที่ไม่ได้จำแนกสถานะแสดงดังรูปที่ 4.28



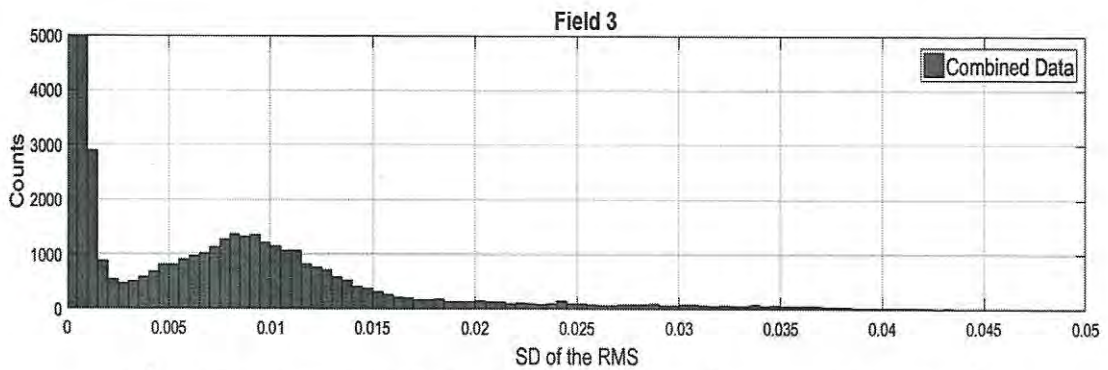
รูปที่ 4.28 Histogram ของ S.D. of the RMS ของสัญญาณเสียงในแปลงที่ 1 ที่ (a) จำแนกสถานะการตัดไว้ล่วงหน้า และ (b) รวมสัญญาณทั้งแปลง

โดย Threshold ในรูป 4.25 (a) กำหนดจากจุดตัดของประชากรทั้ง 2 กลุ่ม ส่วน Threshold ในรูปที่ 4.28 (b) พิจารณาจากจุดที่ต่ำที่สุด (Valley) ระหว่าง Peak ทั้งสองยอด (ของประชากร “ตัด” และ “ไม่ตัด”) โดยพบว่าค่า Threshold มีค่าใกล้เคียงกันมาก (ตารางที่ 4.4 และ 4.5) โดยผลการพิจารณา histogram ของข้อมูลของแปลงอื่น ๆ แสดงดังรูปที่ 4.29 - 4.30



รูปที่ 4.29 Histogram ของ S.D. of the RMS ของสัญญาณเสียงในแปลงที่ 2 ที่รวมสัญญาณทั้งแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 Histogram ของ S.D. of the RMS ของสัญญาณเสียงในแปลงที่ 3 ที่รวมสัญญาณทั้งแปลง

โดยภาพรวม พบว่าเสียงที่มีความแปรปรวนของเสียงน้อยคือช่วงสถานะการทำงาน “ไม่ตัด” ไม่ว่าจะเป็นการเดินเบาของเครื่องยนต์ หรือในช่วงที่มีการเร่งเครื่องเตรียมตัดโดยทั้ง 2 ช่วงนี้ให้ค่า S.D. ที่ต่ำทั้งหมดจะเห็นได้ว่าจุดยอด (Peak) ของ RMS Histograms ในรูปที่ 4.22 - 4.24 ของเสียงในช่วง “ไม่ตัด” มีอยู่หลายยอด แต่เมื่อนำมาหาค่า S.D. of the RMS แล้วจะเหลือข้อมูลสัญญาณเสียงอยู่กลุ่มเดียวไม่ว่าเสียงจะดังหรือเสียงเบา แต่ส่วนที่อยู่ในสถานะการทำงาน “ตัด” จะมีความแปรปรวนของเสียงมากกว่ากลุ่มแรก มีความสูงของจุดยอด (Peak) ที่สูงขึ้น และมีความกว้างของฐานที่แคบลง โดยถึงแม้ข้อมูลสัญญาณเสียงของ 2 กลุ่มนี้จะไม่ได้แยกกันโดยเด็ดขาดแต่การวิเคราะห์ด้วย S.D. of the RMS ก็มีความเด่นชัดมากกว่าการวิเคราะห์ด้วย RMS เพียงอย่างเดียวอย่างชัดเจน

เมื่อนำเทคนิคดังกล่าวมาใช้ในการจำแนกสถานะการทำงานทั้งแปลงจะเห็นได้ว่า ระดับความแปรปรวนของความดังของเสียงถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือตัด “ตัด” กับ “ไม่ตัด” และที่ต่ำสุด (Valley) ระหว่างข้อมูลทั้งสองช่วงสามารถนำมาใช้เป็นค่า Threshold สำหรับจำแนกสถานะการทำงานของแต่ละแปลงได้ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการหาค่าอ้างอิงสัญญาณเสียงที่มีการจำแนกสถานะ “ตัด” กับ “ไม่ตัด” ไว้ล่วงหน้า

จาก Histogram ที่ได้ พบว่าค่า Threshold ของแปลงที่ 1-3 มีค่าเท่ากับ 0.004 0.0045 และ 0.0025 ตามลำดับ เมื่อนำค่าดังกล่าวไปจำแนกหาสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยภายในแปลงพบว่า แปลงที่ 1 มีสถานะการทำงานคิดเป็น 35.99% ในช่วงที่ “ตัด” และ 64.01% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” แปลงที่ 2 มีสถานะการทำงานคิดเป็น 26.60% ในช่วงที่ “ตัด” และ 73.60% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” และแปลงที่ 3 มีสถานะการทำงานคิดเป็น 36.33% ในช่วงที่ “ตัด” และ 63.17% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” แสดงดังตารางที่ 4.5 และในสถานะการทำงานดังกล่าวมีค่าความผิดพลาดของสัญญาณเสียงในแต่ละสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยของแปลงที่ 1 มีค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นคิดเป็น 2.23% ในช่วงที่ “ตัด” และ 2.56% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” แปลงที่ 2 มีค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นคิดเป็น 1.41% ในช่วงที่ “ตัด” และ 1.27% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” และแปลงที่ 3 มีค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นคิดเป็น 4.73% ในช่วงที่ “ตัด” และ 0.62% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” แสดงดังตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การจำแนกสัญญาณเสียงช่วงสถานะการทำงาน “ตัด” และ “ไม่ตัด”

แปลงที่	Threshold	สถานะการทำงานของรถตัดอ้อย		
		ช่วงที่มีสถานะ “ตัด”	ช่วงที่มีสถานะ “ไม่ตัด”	รวม
1	0.004	35.99%	64.01%	100%
2	0.0045	26.60%	73.40%	100%
3	0.0025	36.33%	63.17%	100%

ตารางที่ 4.6 ค่าความผิดพลาดการจำแนกสัญญาณเสียงช่วงสถานะการทำงาน “ตัด” และ “ไม่ตัด”

แปลงที่	Threshold	ช่วงที่มีสถานะ “ตัด”			ช่วงที่มีสถานะ “ไม่ตัด”		
		ทำนาย ถูกต้อง	ทำนาย ผิดพลาด	รวม	ทำนาย ถูกต้อง	ทำนาย ผิดพลาด	รวม
1	0.004	97.44%	2.56%	100%	97.77%	2.23%	100%
2	0.0045	98.73%	1.27%	100%	98.59%	1.41%	100%
3	0.0025	99.38%	0.62%	100%	95.27%	4.73%	100%

### 4.3 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา

การที่สามารถกำหนดค่า Threshold เพื่อจำแนกสัญญาณเสียงช่วงสถานะการทำงาน “ตัด” และ “ไม่ตัด” ของรถตัดอ้อยภายในแปลงทั้ง 3 แปลง ทำให้สามารถนำค่ามาคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานได้โดยตรง เนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา เป็นสัดส่วนของเวลาที่ทำงานแล้วได้ตัวเนื้องาน ซึ่งในที่นี้คือการ “ตัด” ต่อเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำงาน ซึ่งเท่ากับค่าร้อยละของการ “ตัด” ตามแนวทางการวิเคราะห์ที่ใช้ กล่าวคือ พื้นที่ใต้กราฟทั้งหมดของ Histogram คือ จำนวนจุดของข้อมูลทั้งหมดที่บันทึก และวิเคราะห์ของแปลงนั้น ๆ ซึ่งมีการบันทึกที่อัตรา 5 Hz เมื่อมีการกำหนดค่า Threshold ก็จะสามารถทราบจำนวนจุดที่มีสถานะ “ตัด” และสามารถคำนวณหาสัดส่วนของเวลาที่ใช้ในการตัดอ้อยต่อเวลาทั้งหมดได้โดยตรง ซึ่งก็คือ ค่า “ความสามารถการทำงานเชิงเวลา” นั้นเอง แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา} &= \frac{\text{เวลาที่ทำงานทั้งหมด} - \text{เวลาที่ไม่ตัดอ้อย}}{\text{เวลาที่ทำงานทั้งหมด}} \times 100 \\
 &= \frac{\text{เวลาที่ตัดอ้อย}}{\text{เวลาที่ทำงานทั้งหมด}} \times 100 \\
 &= \frac{\text{จำนวนจุดข้อมูลที่มีสถานะ “ตัด”}}{\text{จำนวนจุดข้อมูลทั้งหมดที่บันทึกได้}} \times 100
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยพบว่ามีสัญญาณเสี่ยงสถานะการทำงานในช่วงที่ “ตัด” ของแปลงที่ 1-3 คิดเป็น 35.99% 26.60% และ 36.33% ตามลำดับ ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานของแปลงที่ 1-3 จึงมีค่าเท่ากับ 35.99% 26.60% และ 36.33% ตามลำดับด้วย (ตารางที่ 4.7)

ค่าความผิดพลาดในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา ก็มีค่าเช่นเดียวกันกับค่าความผิดพลาดในการจำแนกสถานะการตัดต้งที่แสดงในตารางที่ 4.5 คือ 2.56%, 1.27% และ 0.62% ในแปลงที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นมาสามารถใช้ในการหาค่าประสิทธิภาพเชิงเวลาของการทำงานของรถตัดอ้อยได้โดยตรง มีความสะดวก และแม่นยำ สามารถนำไปใช้ในการศึกษา และวิจัยด้านการพัฒนาประสิทธิภาพของรถตัดอ้อยหรือเครื่องจักรกลเกษตรอื่น ๆ ได้ต่อไป

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานของรถตัดอ้อย

แปลงที่	สถานะการทำงานของรถตัดอ้อย			ประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา
	“ตัด”	“ไม่ตัด”	Total	
1	35.99%	64.01%	100%	35.99%
2	26.60%	73.40%	100%	26.60%
3	36.33%	63.17%	100%	36.33%

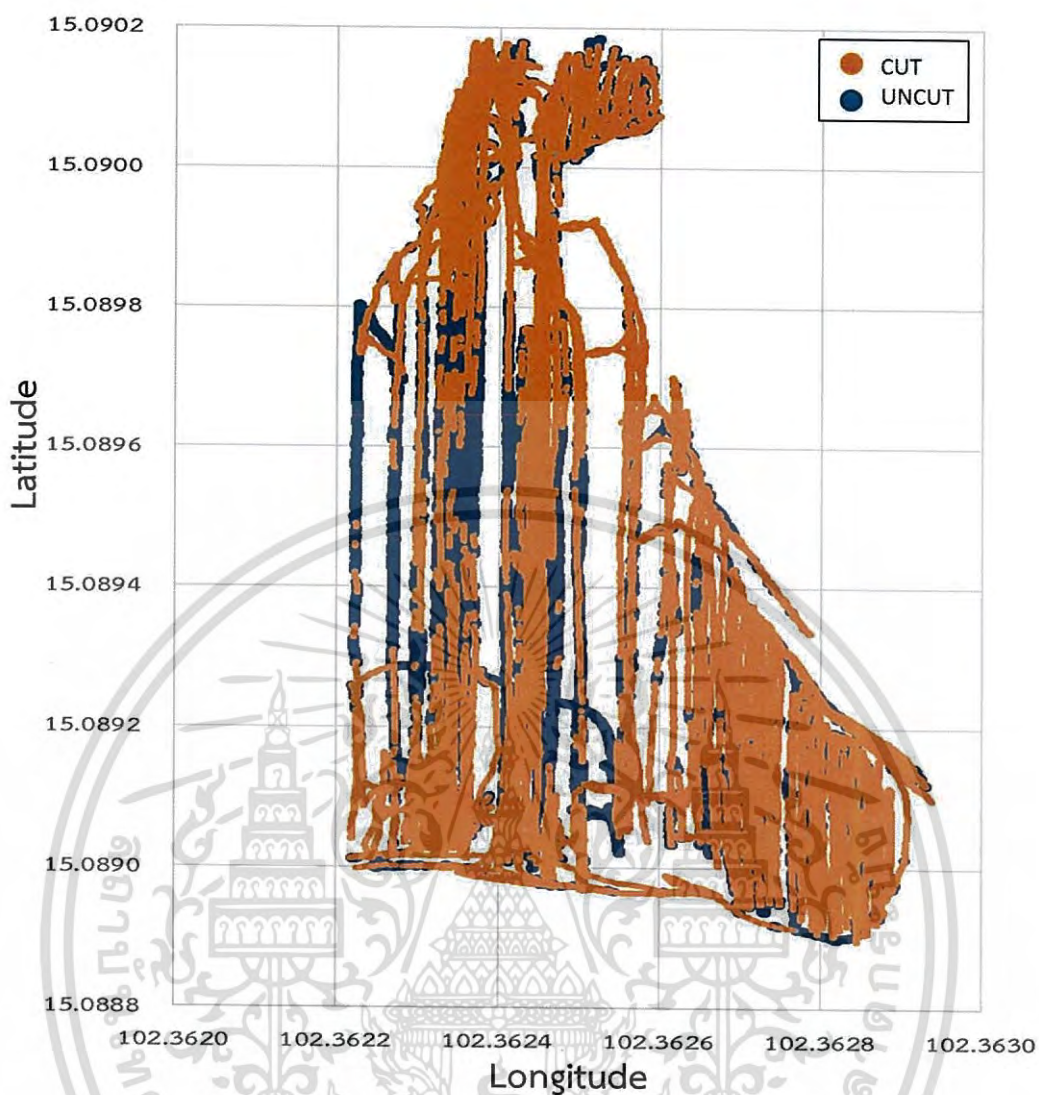
#### 4.4 การพัฒนาแผนที่แสดงสถานะการทำงานของรถตัดอ้อย

เมื่อสามารถจำแนกข้อมูลสัญญาณเสี่ยงในแต่ละสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยในช่วงที่ “ตัด” และ “ไม่ตัด” ที่อัตรา 5 Hz ได้ ก็สามารถนำมาแสดงผลร่วมกับข้อมูลพิกัดที่บันทึกในระบบติดตามการเคลื่อนที่ด้วยระบบ GNSS ได้ เพื่อแสดงเส้นทางในการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยพร้อมกับการแสดงสถานะการทำงานตลอดการทำงานภายในแปลง ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างสูงในการวินิจฉัยเพื่อแก้ปัญหาหากมีการเคลื่อนที่ที่ส่งผลให้การทำงานมีความล่าช้า หรือหากมีการหยุดที่ไม่จำเป็น ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของรถตัดอ้อยได้

เส้นทางสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยภายในแปลงที่ 1-2 แสดงดังรูปที่ 4.29 และ 4.30 ส่วนแปลงที่ 3 ระบบระบุพิกัดเกิดเหตุขัดข้องเสียหายเนื่องจากเสารับสัญญาณ GPS เกี่ยวกับกิ่งไม้ทำให้เสารับสัญญาณหักจึงไม่สามารถที่ข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยภายในแปลงได้

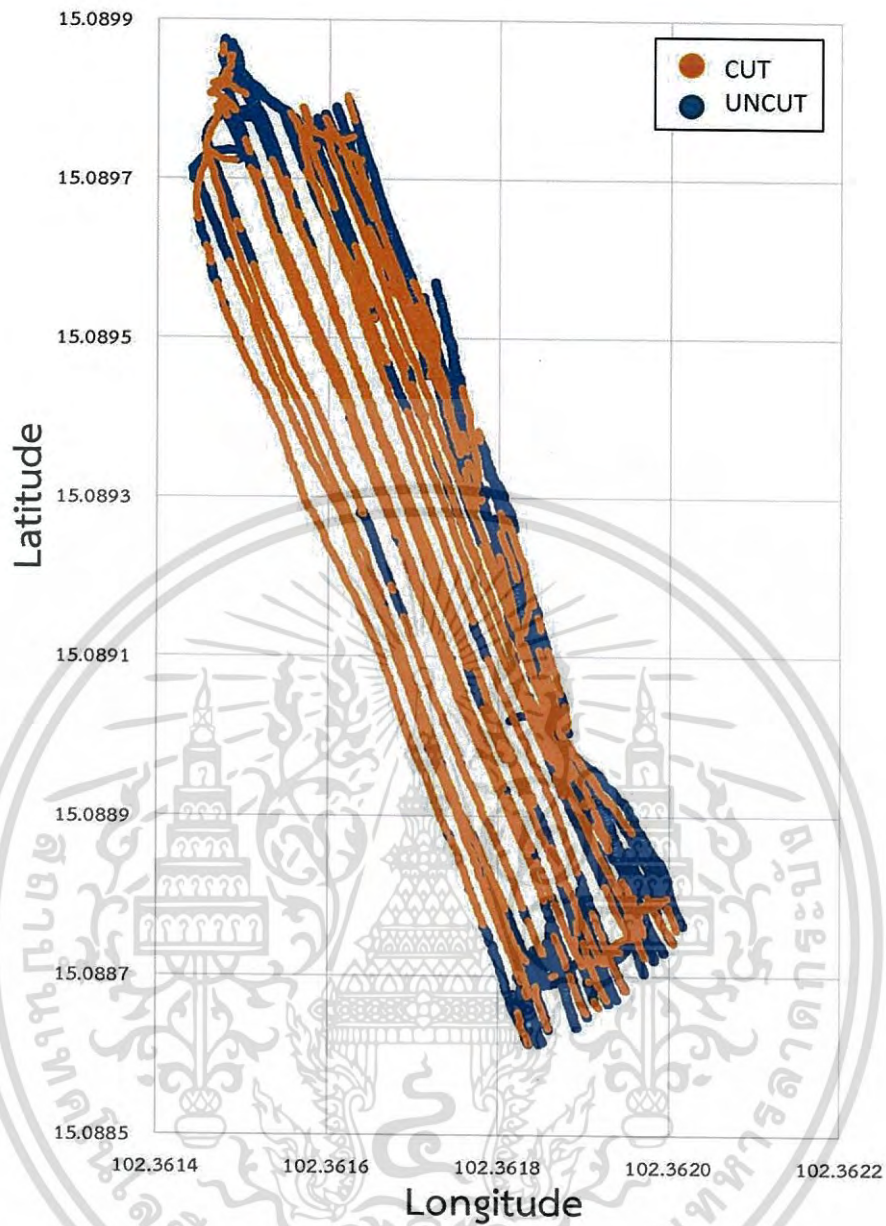
อนึ่ง เส้นทางเคลื่อนที่ในรูปที่ 4.31 และ 4.32 อาจดูไม่ตรง และระยะระหว่างแถวอาจดูไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้เนื่องมาจากข้อจำกัดด้านความแม่นยำของเครื่องรับ GNSS ที่ใช้ (U-blox NEO-M8N, Switzerland) โดยหากใช้เครื่องรับที่มีความแม่นยำสูงขึ้นก็จะได้รูปที่มีความสวยงาม และถูกต้องมากขึ้น อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้มุ่งเน้นในการพัฒนาเทคนิคที่การวัดประสิทธิภาพเชิงเวลา ซึ่งเครื่องรับ GNSS ที่ใช้ มีความแม่นยำด้านเวลาที่เพียงพอภายใต้งบประมาณที่มี ส่วนความแม่นยำด้านตำแหน่งเป็นปัจจัยที่รองลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 เส้นทางการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยภายในแปลงที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 เส้นทางการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยภายในแปลงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบติดตามการทำงานของรถตัดอ้อยในวันที่ 10 - 22 มีนาคม 2559 ทำการศึกษาการทำงานในเขตพื้นที่อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมาจำนวน 3 แปลง โดยแปลงที่ 1-3 มีขนาดพื้นที่ 4.25 3.19 และ 4.02 ไร่ตามลำดับ เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับสถานะการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อยโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์คลื่นเสียง โดยการบันทึกข้อมูลเสียงของรถตัดอ้อยตั้งแต่เริ่มทำการตัดอ้อยจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเสร็จ โดยได้ติดตั้งระบบบันทึกเสียงบนรถตัดอ้อย (TRM M6 2015 series 200HP, ไทยรุ่งเรืองแมนูแฟคเจอร์) ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์สัญญาณเสียงเพื่อหาวิธีที่ดีที่สุดในการจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อย โดยผลจากการวิเคราะห์สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยได้ ด้วยวิธีการวิเคราะห์หาค่าชี้วัดระดับความดังของสัญญาณเสียง โดยใช้วิธีการหาค่า Standard Deviation (S.D.) และการหาค่า Root Mean Square (RMS) ของสัญญาณเสียงในเบื้องต้นได้ แต่ไม่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อจำแนกสถานะการทำงานทั้งแปลง

2. ระดับความดังของสัญญาณเสียงสามารถใช้ในการจำแนกค่าความดังของเสียงในหลายกิจกรรมการทำงานของรถตัดอ้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีการหยุด เบารอบเครื่องยนต์ หรือการเร่งเครื่องด้วยความเร็วรอบปานกลาง สามารถแสดงความต่างของสัญญาณเสียงได้อย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตาม ความดังของเสียงที่ความเร็วรอบเครื่องที่สูง (เตรียมตัด) ซึ่งมีความดังของเสียงบางส่วนใกล้เคียงกับความดังของเสียงในส่วนที่เป็นสถานะตัด ทำให้ยากต่อการจำแนก และไม่สามารถหาจุดที่จะกำหนดเป็นค่า Threshold เพื่อนำมาใช้ในการจำแนกสถานะได้ง่าย

3. ค่า Standard Deviation (S.D.) ของค่า Root Mean Square (RMS) ของสัญญาณเสียงช่วยในการจำแนกสถานะการตัดได้ชัดเจนมากขึ้น เนื่องจากเสียงในช่วงที่ “ไม่ตัด” ถึงแม้จะดังหรือค่อย แต่จะมีความแปรปรวนของระดับความดังเสียงไม่มาก แต่ในช่วงที่ “ตัด” เสียงที่เกิดจากการกระแทกทำให้เกิดเสียงดัง และดังมากสลับกันจึงมีความแปรปรวนสูงกว่า โดยสามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน

4. เทคนิคการวิเคราะห์เสียงด้วยค่า S.D. of RMS เมื่อนำมาใช้จำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยจากสัญญาณเสียงการทำงานทั้งหมดภายในแปลงทดสอบจำนวน 3 แปลง พบว่ามีค่าความผิดพลาดในการจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อย 2.56% 1.27% 0.62% ในช่วงที่ “ตัด” และ 2.23% 1.41% 4.73% ในช่วงที่ “ไม่ตัด” ตามลำดับ

5. ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ในการระบุประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตร โดยเป็นสัดส่วนของเวลาที่ทำงานแล้วได้งาน ซึ่งในที่นี้คือสถานะการทำงาน “ตัด” ต่อเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำงาน ซึ่งเท่ากับร้อยละของการ “ตัด” โดยในแปลงที่ทดลองจำนวน 3 แปลง รถตัดอ้อยมีประสิทธิภาพเชิงเวลา 35.99% 26.60% และ 36.33% ตามลำดับ

6. ระบบตรวจจับสถานะการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อยโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์คลื่นเสียงนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิคการวัดประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรด้วยระบบ GNSS ได้ โดยแสดงให้เห็นการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยว่าการเคลื่อนที่ใด “ตัด” และ “ไม่ตัด” ในลักษณะแผนที่สถานะการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อย เมื่อพิจารณาแผนที่สถานะการทำงานของแต่ละแปลง จะเห็นลักษณะการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยได้ว่าการเคลื่อนที่ใดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพเชิงเวลาของรถตัดอ้อย เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานเพิ่มมากขึ้น ซึ่งต่างจากเดิมที่แสดงได้เพียงสถานะการที่รถตัดอ้อยหยุดนิ่ง เคลื่อนที่ถอยหลัง และกลับรถ แต่ไม่สามารถแสดงสถานะการเคลื่อนที่ “ตัด” และ “ไม่ตัด”

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในส่วนของข้อเสนอแนะ ควรมีการพัฒนาเทคนิคหรืออุปกรณ์เพิ่มเติมที่สามารถบันทึกข้อมูลการทำงานของรถตัดอ้อยตัดได้โดยอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลการทำงานได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และสะดวกต่อการทำงานในพื้นที่จริง



## บรรณานุกรม

- พงษ์ไท ไทโยธิน, 2557. “สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2558”  
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557. หน้า 45-49
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559. “รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2558/59”  
สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559. หน้า 10-16
- สุกรี นันทะสุนันท์และอรรถสิทธิ์ บุญธรรม, 2551. “วิจัยและพัฒนาเครื่องเกี่ยวตัดอ้อยทั้งลำขนาดเล็ก  
ลากพ่วงโดยรถแทรกเตอร์”, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร หน้า 10-16
- วินิต ชินสุวรรณ, 2530. “เครื่องจักรกลเกษตรและการจัดการเบื้องต้น”, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Glen M. Ballou, 2002. HANDBOOK FOR SOUND ENGINEERS THIRD EDITION, Butterword –  
Heinemann, Printed in the United States of America, 2002.
- John M. EARGLE, 1992. HANDBOOK OF RECORDING ENGINEERING SECOND EDITION,  
Van Nostrand Reinhold, New York, Printed in the United States of America,  
1992.
- วีรเดช คุณวิทย์ไพศาล และวิทยา ยงเจริญ, 2556. “การศึกษาความเสียหายของเกียร์ตรงด้วยการ  
วิเคราะห์สัญญาณอะคูสติกเชิงสถิติ”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่ง  
ประเทศไทย ครั้งที่ 27
- บริษัทซิเวเทสติ้งอินสเป็คชันแอนด์คอนซัลติ้ง จำกัด, 2559. “การทดสอบโดยไม่ทำลาย  
(Nondestructive Testing), แหล่งที่มา  
[http://www.siwateesting.net/?portfolio\\_page=art-week-2014-malmo](http://www.siwateesting.net/?portfolio_page=art-week-2014-malmo),  
เข้าดูเมื่อวันที่ 4/09/2559
- บริษัท ดาคอนอินสเป็คชันเซอร์วิส เซส จำกัด, 2559. “การตรวจสอบด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic  
Testing – UT)”, แหล่งที่มา  
[http://www.daconinspection.com/th/services/inspection-services/conventional-  
-ndt/ultrasonic-testing/](http://www.daconinspection.com/th/services/inspection-services/conventional-ndt/ultrasonic-testing/) เข้าดูเมื่อวันที่ 4/10/2559
- เชิดพงษ์ จอมเดชและอาษา ประทีปเสน 2549, “ตรวจสอบอะคูสติกอิมิสชันแบบเรโซแนนซ์โดย  
ใช้เพียโซอิเล็กทริกเซรามิกสเฟลิกเตียว (คุณลักษณะและคุณสมบัติในการตรวจสอบ)”,  
วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ปีที่ 29 ฉบับที่ 4 ตุลาคม – ธันวาคม 2549. หน้า 486
- วินิต ชินสุวรรณ ชัยวัฒน์ ป๋องกัน และศุภวัฒน์ คลังกลาง, 2548. .การศึกษาประสิทธิภาพการ  
ทำงานจริงในพื้นที่ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว., แหล่งที่มา  
[https://app.enit.kku.ac.th/mis/project/project\\_detail.php?projectID=AE04-  
15&start=2100&proName=&proDep=&proYear](https://app.enit.kku.ac.th/mis/project/project_detail.php?projectID=AE04-15&start=2100&proName=&proDep=&proYear)
- ทิตินัย เทียนแย้ม ขวัญตรี แสงประชานารักษ์ ณีรัฐกฤษฎ์ วีรกุลวัฒนาและสุรียา อนุตรพงษ์พันธ์,  
2556. “การเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องปลูกอ้อยแบบเป็นลำและแบบโรยท่อนพันธุ์ในพื้นที่  
จังหวัดขอนแก่น”, ประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่  
14 และนานาชาติ ครั้งที่ 6 หน้า 262-265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จักรพงษ์ ตรีตรง, 2555, “การตรวจสอบสภาพมอเตอร์ไฟฟ้าแบบออนไลน์”, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 22 ฉบับที่ 2 พ.ศ. - ส.ศ. 2555 หน้า 436 – 448
- K.Shoji, K.Arai, T.Matsumoto, A.Ushio and T.Kawamura, 2013, Microphone sensor for grain yield monitoring, Precisionagriculture '13, 7-11 July 2013, Page 57-62
- วสุ อุดมเพทายกุล ลือพงษ์ ลือนาม และเชิดพงษ์ เขียวชาญวัฒนา, 2558. “การวัดประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรด้วยระบบ GNSS”, ประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติครั้งที่ 16 และนานาชาติครั้งที่ 6 หน้า 221-228



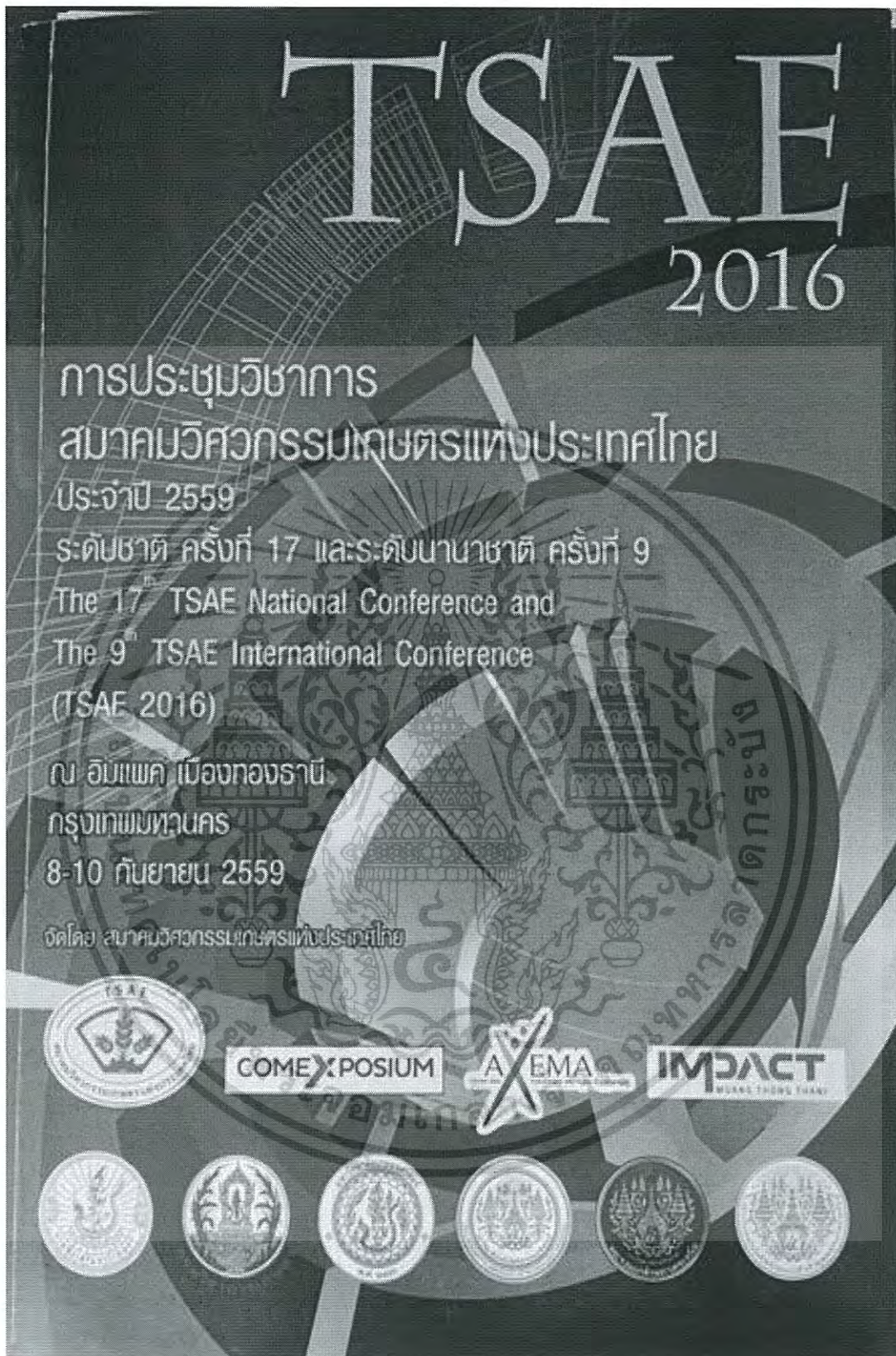
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**TSAE**  
2016

การประชุมวิชาการ  
สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย  
ประจำปี 2559  
ระดับชาติ ครั้งที่ 17 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 9  
The 17<sup>th</sup> TSAE National Conference and  
The 9<sup>th</sup> TSAE International Conference  
(TSAE 2016)  
ณ อิมแพค เมืองทองธานี  
กรุงเทพมหานคร  
8-10 กันยายน 2559  
จัดโดย สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

Logos: COMEXPOSIUM, AXEMA, IMPACT (MURANG THONG THANI)

Logos of member institutions: 1. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2. Rajabhat Mahasarakham, 3. Rajabhat Nakhon Phanom, 4. Rajabhat Sakon Nakhon, 5. Rajabhat Udon Thani, 6. Rajabhat Yasothon.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The 17<sup>th</sup> TSAE National Conference and The 9<sup>th</sup> TSAE International Conference : TSAE 2016  
 การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 17 ประจำปี 2559 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 9

TPHF-04	การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธีและน้ำมันรำข้าวทอดซ้ำด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี.....	301
TPHF-05	ผลกระทบของปัจจัยการสกัดต่อสารพอลิแซ็กคาไรด์และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากเห็ดหูหนูดำ.....	310
TPHF-06	การศึกษาการอบแห้งยางแผ่นด้วยลมร้อนในอุโมงค์ลมแบบเปิด .....	316
TPHF-07	การพัฒนาช่องคายกากของเครื่องสกัดน้ำมันแบบเกลียวอัดสำหรับเมล็ดมะคาเดเมียแตกซีก.....	323
TPHF-08	ระดับความสุกและอุณหภูมิที่พียงที่เหมาะสมของการผลิตกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมกรอบ.....	330
TPHF-09	การศึกษาปัจจัยของการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากโรสแมรี่ โดยใช้เครื่องกลั่นแบบทอกสันทรงกรวย337	
PTHF-10	สมบัติทางกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของบะหมี่เสริมแป้งเมล็ดบัว .....	341
PTHF-11	การอบแห้งรังไหมด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั่นความร้อน: จลนพลศาสตร์การอบแห้งและสมบัติเชิงกล .....	345
PTHF-12	ชุดลำเลียงวัสดุลอยน้ำสำหรับระบบคัดแยกคุณภาพมังคุดโดยความถ่วงจำเพาะ .....	351
TPM-01	วิจัยและพัฒนาเครื่องหยอดปุ๋ยอ้อยแบบผสมแม่ปุ๋ยภายในตัวเอง .....	355
TPM-02	การจำลองพฤติกรรมการไหลของดินผ่านไถดินดานด้วยโปรแกรมทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ361	
TPM-03	การวิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยแบบกึ่งอัตโนมัติ.....	365
TPM-04	การทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสำหรับกลไกตัดท่อนต้นฐึนเครื่องปลูกรุ่นสำปะหลัง .....	372
TPM-05	การพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง .....	376
TPM-06	การออกแบบและพัฒนาไถระเบิดดินดานแบบขาโยกตัวได้โดยใช้แหงบสปริงรถยนต์ .....	381
TPM-07	การประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องคีบอ้อย .....	386
TPM-08	การพัฒนาอุปกรณ์พรวนกลบเศษวัสดุอ้อยแบบใจงานชนิดใช้กำลังขับ.....	392
TPM-09	การพัฒนาเครื่องปลูกลับปรดแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง .....	399
TPM-10	อุปกรณ์ตัดท่อนสารเคมีตัดท้ายรถแทรกเตอร์แบบมีกลไกควบคุมความสูงการตัด.....	405
TPM-11	การศึกษาและทดสอบชุดปลิดฝักถั่วลิสงตามแนวแกน.....	410
TPM-12	การตรวจจับสถานะการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อยโดยใช้เทคนิคคลื่นเสียง.....	415
TPM-13	เครื่องโรยปุ๋ยคอกบนจอบหมุน.....	421
TSWE-01	ผลของขนาดท่อและอัตราการไหลต่อค่าสัมประสิทธิ์ของฮาเซนวิลเลียมของท่อพีวีซี.....	426
TSWE-02	การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรกรรม กรณีศึกษาหมู่บ้านราชฎร์พัฒนา ตำบลสระ อำเภอเจียงม่วน จังหวัดพะเยา.....	430
TSWE-03	การศึกษาพารามิเตอร์แรงดันของดินในพื้นที่ไร่ของจังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย.....	436

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The 17<sup>th</sup> TSAE National Conference and The 9<sup>th</sup> TSAE International Conference : TSAE 2016  
การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 17 ประจำปี 2559 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 9

TPM-12

### การตรวจจับสถานะการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อยโดยใช้เทคนิคคลื่นเสียง

ศิริเมศร์ วีระสกุลวัฒน์<sup>1</sup>, ลือพงษ์ ลือนาม<sup>2</sup>, วสุ อุดมเพทายกุล<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
<sup>2</sup>ภาควิชาพัฒนาระบบและการจัดการสหวิทยาการ คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ 10520

ผู้เขียนติดต่อกับ: วสุ อุดมเพทายกุล E-mail: vasu.ud@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาระบบบันทึกข้อมูลที่เกิด GNSS ในขณะที่ทำงานของรถตัดอ้อย เพื่อใช้ในการศึกษาและปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงาน อย่างไรก็ตาม ลำพังข้อมูลพิกัด ทิศทาง และความเร็วในการเคลื่อนที่ที่บันทึกได้ยังไม่สามารถใช้จ่ายงานกิจกรรมการทำงานของรถตัดอ้อยในแปลงได้อย่างสมบูรณ์โดยเฉพาะในช่วงเลี้ยวกลับรถที่มีภาวะเคลื่อนที่โดยที่จุดใบมีดไม่ได้ทำการตัดอ้อย จำเป็นต้องนำภาพวิดีโอที่บันทึกไว้ในขณะทำงานมาช่วยในการจำแนกกิจกรรมเพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพในขณะที่ทำงาน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับสถานะการทำงานของรถตัดอ้อย (กำลังตัดหรือไม่ตัด) โดยใช้เทคนิคคลื่นเสียง โดยการติดตั้งไมโครโฟนไว้บนชุดพดลมเผาใบ โดยเมื่อมีการตัดอ้อยพดลมจะดูดสิ่งเจือปนขึ้นมากระทบกับฝาครอบพดลมหลัก ทำให้เกิดเสียงดังก่อนที่จะถูกเป่าออกไป จากการทดสอบบนพื้นที่เก็บเกี่ยวอ้อย 4.02 ไร่ ในเขตพื้นที่อำเภอพิมายและอำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา ในช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม 2559 โดยพบว่าค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของสัญญาณเสียงที่เกิดขึ้นขณะตัดกับไม่ตัดมีความแตกต่างกันสอดคล้องกับสถานะการทำงานของรถตัดอ้อย เทคนิคเชิงคลื่นเสียงนี้จึงสามารถนำมาใช้ตรวจจับสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยได้ โดยจากการทดสอบวิเคราะห์สัญญาณเสียงการทำงานทั้งในช่วงที่ "ตัด" และ "ไม่ตัด" พบว่ามีค่าความผิดพลาดในการจำแนกสถานะการทำงานที่เกิดขึ้นคิดเป็น 5.89% ในช่วงที่มีการตัดอ้อยและ 3.21% ในช่วงที่ไม่มีการตัดอ้อย

คำสำคัญ: เทคนิคเชิงคลื่นเสียง, รถตัดอ้อย, การตัดอ้อย, ประสิทธิภาพการทำงาน

### Detection of Sugarcane Harvester's Cutting Status using Acoustic Technique

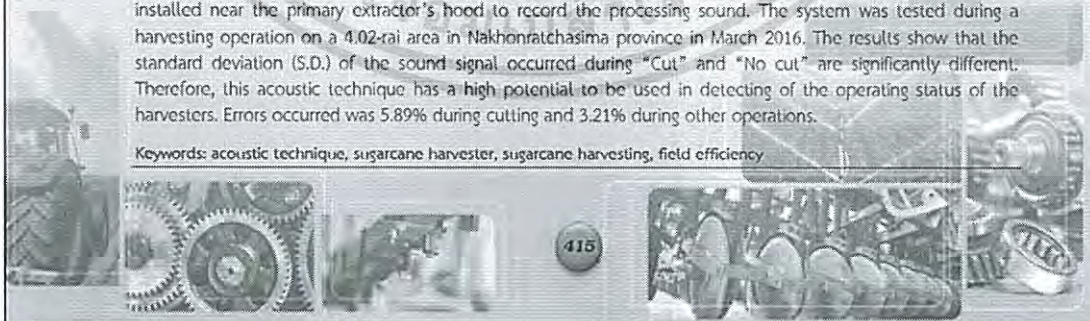
Siramet Vecrasakulwat<sup>1</sup>, Luepong Lucnam<sup>2</sup>, Vasu Udompetaikul<sup>1\*</sup>

Corresponding author: Vasu Udompetaikul. E-mail: vasu.ud@kmitl.ac.th

Abstract

Recently, an agricultural machine monitoring system has been developed. It records operational information of sugarcane harvesters for using in a study of machine efficiency's improvement. However, only coordinate information, heading direction and traveling speed could be recorded in the current system. The actual status of the operations, "Cut" and "No Cut", has not yet been defined. Lacking of this information has become a problem in interpreting of efficiency, especially during turning and traveling without cutting. Therefore, video recorded was necessary to assist in identification of activities and then processing of the data still be time-consuming. This study aimed to develop a system to detect the status of sugarcane harvesters (being "Cut" or "No Cut") by using the acoustic technique. In the operations of the machine, after cutting and chopping, leaves and residue are pneumatically removed from the clean billets by the primary extractor. At the extractor's exit, all materials hit the extractor hood making loud noises before blowing away. Therefore, a recording system was installed near the primary extractor's hood to record the processing sound. The system was tested during a harvesting operation on a 4.02-rai area in Nakhonratchasima province in March 2016. The results show that the standard deviation (S.D.) of the sound signal occurred during "Cut" and "No cut" are significantly different. Therefore, this acoustic technique has a high potential to be used in detecting of the operating status of the harvesters. Errors occurred was 5.89% during cutting and 3.21% during other operations.

Keywords: acoustic technique, sugarcane harvester, sugarcane harvesting, field efficiency



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1 บทนำ

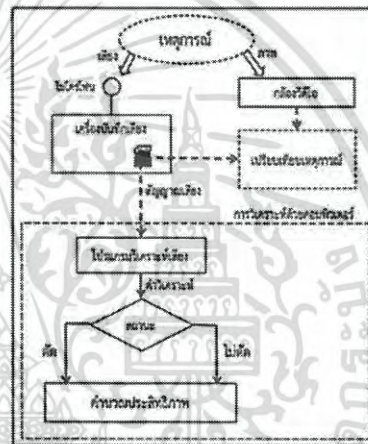
"อ้อย" เป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญมากต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในปีการผลิต 2556/57 ทั้งประเทศมีผลผลิตอ้อย 103.7 ล้านตัน ผลิตเป็นน้ำตาลได้ประมาณ 11.3 ล้านตัน ในจำนวนนี้ใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศ ไทยส่งออกน้ำตาลทรายได้มากเป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากบราซิล อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลจึงมีส่วนช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศได้อย่างเป็นรูปธรรม [1] เนื่องจากผลตอบแทนจากการเพาะปลูกอ้อยค่อนข้างดีและมีการส่งเสริมให้เกษตรกรขยายเนื้อที่เพาะปลูกอ้อยอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีความต้องการแรงงานเพิ่มมากขึ้นในกระบวนการผลิตอ้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูเก็บเกี่ยว จึงมีการนำเข้าเครื่องเกี่ยวตัดอ้อยมาใช้งานเพิ่มมากขึ้น แต่เครื่องเกี่ยวตัดอ้อยมีกลไกซับซ้อนและมีราคาสูง และพบว่ามีการนำมาใช้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ ทั้งจากการใช้งานที่ไม่ถูกต้องและสภาพแวดล้อมในการใช้งานไม่เหมาะสม จึงได้ปริมาณและคุณภาพของงานที่ต่ำ ต้องใช้ระยะเวลาในการคืนทุนค่อนข้างนาน ดังนั้นการศึกษาประสิทธิภาพของรถตัดอ้อยจึงมีความสำคัญเพื่อให้เกิดการใช้งานของรถตัดอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ โดยจำเป็นต้องมีข้อมูลเชิงประสิทธิภาพที่เพียงพอเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แต่ในปัจจุบันการเก็บข้อมูลเชิงประสิทธิภาพเก็บได้ไม่มากเนื่องจากวิธีการเก็บข้อมูลแบบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจำเป็นต้องใช้เวลาและแรงงานในจำนวนมากและได้ข้อมูลที่ไม่ครอบคลุม

ในปัจจุบันมีการพัฒนาอุปกรณ์วัดประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรด้วยระบบ GNSS [2] เพื่อติดตามการทำงานของรถตัดอ้อย อย่างไรก็ตาม ระบบดังกล่าวยังไม่สามารถที่จะตรวจสอบการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยโดยที่ไม่มีการตัดอ้อย เช่น ขณะแล่น โดยจำเป็นต้องใช้กล้องวิดีโอบันทึกภาพการตัดอ้อยและนำมาดูซ้ำเพื่อระบุเวลาที่ไม่มีรถตัดอ้อยในภายหลัง จึงจะสามารถนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพเชิงเวลาได้ ทำให้ระบบดังกล่าวช่วยอำนวยความสะดวกเพียงแค่นี้ไม่ต้องไปบันทึกค่าในแปลง ยังไม่สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพได้โดยอัตโนมัติ

จากประเด็นดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบบันทึกข้อมูลเสียงในกาทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อย และใช้เทคนิคการวิเคราะห์คลื่นเสียงเพื่อระบุสถานะการทำงานของรถตัดอ้อย (จังหวะที่มีสถานะ "ตัด" คือ รถเดินหน้าและมีการการตัดอ้อย จังหวะที่มีสถานะ "ไม่ตัด" คือ รถเดินหน้าแต่ไม่มีการตัดอ้อย รถอ้อยหลัง รถแล่น และรถหยุดนิ่งกับที่) ช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง มีข้อมูลที่เป็นต่อการพัฒนาและการใช้งานรถตัดอ้อยอย่างเต็มประสิทธิภาพต่อไป

2 อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ระบบบันทึกเสียงบนรถตัดอ้อย (TRM M6 2015 series 200HP, ไทยรุ่งเรืองเมนูแพคเจอรัง) หลักการทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 1 โดยเสียงจากการทำงานของรถตัดอ้อยที่เกิดขึ้นจะถูกรับสัญญาณโดยไมโครโฟน (ATR-3350, Audio Technica, Japan) แล้วส่งสัญญาณไปยังเครื่องบันทึกเสียง (DR-05, Tascam, Japan) ที่ Sampling Rate 44,100 Hz และถูกบันทึกลงบนหน่วยความจำ SD Card ในรูปแบบ Raw Data (นามสกุล avi) ในขณะที่เดียวกันจะทำการบันทึกการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยโดยกล้องวิดีโอ (GIW, HD Blackbox, China) เพื่อใช้ในการอ้างอิงสถานะการทำงาน ข้อมูลภาพและเสียงจะถูกประมวลผลในภายหลังบนคอมพิวเตอร์



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงระบบบันทึกข้อมูลและประเมินผล

2.1 การติดตั้งชุดบันทึกเสียงและชุดบันทึกภาพ

ไมโครโฟนจะถูกติดตั้งไว้ที่บริเวณด้านบนของพดลัมใหญ่ เนื่องจากได้ทำการทดลองติดตั้งไมโครโฟนไว้ที่บริเวณด้านบนของชุดตัด, ด้านข้างของชุดตัดและบริเวณด้านบนของพดลัมใหญ่ แต่ข้อมูลเสียงที่ได้จากบริเวณด้านบนของชุดตัดและด้านข้างของชุดตัดไม่สามารถนำมาใช้แยกแยะสถานะการทำงานได้เนื่องจากมีเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงอื่นๆเข้ามาบรบกวนอย่างมากเช่น เสียงเครื่องยนต์, เสียงใบมีดกระทบดิน, เสียงใบมีดกระทบหิน, เสียงใบมีดกระทบกอไม้ เป็นต้น ทำให้ยากต่อการนำข้อมูลมาใช้ แต่ข้อมูลเสียงบริเวณด้านบนของพดลัมใหญ่สามารถแยกแยะสถานะการทำงานได้อย่างชัดเจนจึงกำหนดให้จุดดังกล่าวเป็นจุดติดตั้งไมโครโฟน ส่วนตัวเครื่องบันทึกเสียงจะอยู่ในห้องคนขับเพื่อป้องกันฝุ่นละอองและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น ชุดบันทึกภาพจะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

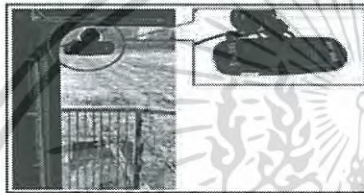


The 17<sup>th</sup> TSAE National Conference and The 9<sup>th</sup> TSAE International Conference : TSAE 2016  
 การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 17 ประจำปี 2559 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 9

ถูกติดตั้งที่กระดานหน้าบริเวณมุมบนซ้ายของกระจกหน้ารถใน  
 ห้องโดยสารเพื่อไม่ให้บังทัศนวิสัยของพนักงานขับรถ (รูปที่ 2  
 และ 3)



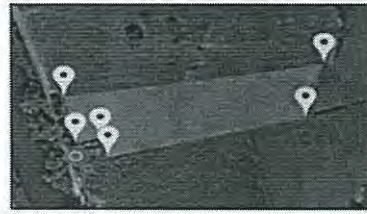
รูปที่ 2 จุดติดตั้งจุดบันทึกภาพและเสียง



รูปที่ 3 จุดติดตั้งจุดบันทึกภาพ

2.2 ข้อมูลและการวิเคราะห์ผล

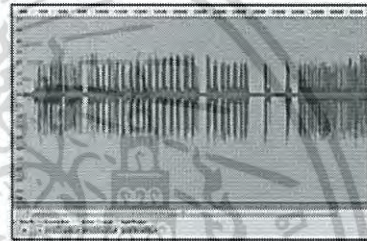
การเก็บข้อมูลดำเนินการในวันที่ 19 มีนาคม 2559  
 วิศวกรศึกษาการทำงานในเขตพื้นที่อำเภอพิมายจังหวัด  
 นครราชสีมา แปลงที่ศึกษามีพื้นที่ 6,425 ตารางเมตร (4.02ไร่) ทำ  
 การบันทึกข้อมูลเสียงของรถตัดอ้อยตั้งแต่เครื่องยนต์บริเวณจุด  
 หยุดพักก่อนเข้าแปลง การเคลื่อนที่เข้าแปลง การทำงานภายใน  
 แปลงจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเสร็จ ลักษณะพื้นที่ของแปลงปลูกอ้อย  
 แสดงในโปรแกรม Google Map (Google Inc., USA) ดังรูปที่ 4  
 และใช้โปรแกรม Oclave Version 3.6 [2] เพื่อวิเคราะห์หาค่าทาง  
 สถิติที่เหมาะสมของค่าสัญญาณเสียงสำหรับการประเมิน  
 สถานะการทำงานของรถตัดอ้อย



รูปที่ 4 ลักษณะพื้นที่ของแปลงอ้อยที่เก็บข้อมูล

3 ผลและวิจารณ์

เสียงที่บันทึกได้ตลอดการทำงานของรถตัดอ้อยเป็นเวลา 4  
 ชั่วโมง 24 นาที โดยสามารถจำแนกช่วงเวลาที่มีการตัดและไม่ตัด  
 อ้อยได้โดยคร่าวๆด้วยสายตา จากแอมพลิจูดของสัญญาณเสียงการ  
 ทำงานแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ลักษณะสัญญาณเสียงของรถตัดอ้อยตลอดระยะเวลาที่ทำงานภายในแปลง (4 ชั่วโมง 24 นาที)

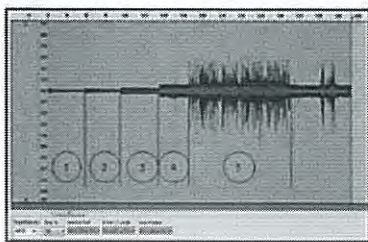
เมื่อนำข้อมูลเสียงมาเปรียบเทียบกับวิธีที่สามารถจำแนก  
 สถานะของรถตัดอ้อยได้เป็น 5 ช่วงโดยยังหาค่าเงิน คือ

- 1) สตาร์ทเครื่องยนต์ (ไม่เคลื่อนที่)
- 2) เปิดระบบการทำงานของรถตัดอ้อย (ไม่เคลื่อนที่)
- 3) เร่งเครื่อง หรือเคลื่อนที่เข้าสู่แปลง (ความเร็วรอบ 1,000 rpm)
- 4) เร่งเครื่องให้พร้อมสำหรับการตัด (ความเร็วรอบ 3,000 rpm)
- 5) ทำการตัดอ้อยในแปลง (มีสถานะการทำงาน "ตัด")

สัญญาณเสียงที่บันทึกได้จากทั้ง 5 ช่วง ถูกคัดเลือกเพื่อนำมา  
 แสดงในรูปที่ 6 โดยช่วงที่ 1 ถึง 4 ถือเป็นช่วงที่ไม่มีสถานะ "ไม่ตัด"  
 และช่วงที่ 5 มีสถานะ "ตัด" คือมีการตัดอ้อย

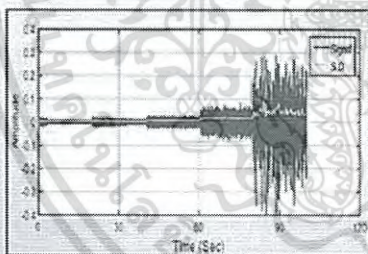


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 สัญญาณเสียงของรถตัดอ้อยที่สถานการณ์ทำงานที่ต่างกัน

เพื่อให้ผลการวิเคราะห์สัญญาณเสียงสอดคล้องกับข้อมูลที่เกิดที่บันทึกในระบบติดตามการเคลื่อนที่ด้วยระบบ GNSS ที่พัฒนาโดย วสุ และคณะ [3] ซึ่งบันทึกข้อมูลที่เกิดที่ความถี่ 5 Hz หรือทุก ๆ 200 ms จึงทำการแสดงผลของสถานะการทำงานที่วิเคราะห์จากสัญญาณเสียงบนความถี่เดียวกัน ทั้งนี้สัญญาณเสียงถูกบันทึกที่ความถี่ 44,100 Hz การหาค่าสถานะการทำงานจึงเป็นการหาค่าทางสถิติของเสียงที่ความถี่ 44,100 Hz เพื่อนำมาแสดงผลที่ความถี่ 5 Hz (โดยใช้ข้อมูลสัญญาณเสียง 8,820 จุด เป็นตัวแทนของข้อมูลที่เกิดที่ 1 จุด) จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าค่า Standard Deviation (S.D.) ของค่าสัญญาณเสียงในช่วงย่อย 200 ms เป็นค่าทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับการประเมินสถานะการทำงาน เนื่องจากในช่วงที่ไม่มีมีการตัดระดับของสัญญาณเสียงจะค่อนข้างมีความสม่ำเสมอไม่ว่าจะดังหรือค่อย ส่งผลให้ค่า S.D. มีค่าคงที่และไม่สูงนัก แต่ในขณะที่มีการตัด ระดับของสัญญาณเสียงจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้มีค่า S.D. ที่สูงตาม ผลการใช้ค่า S.D. วิเคราะห์สัญญาณเสียงในขณะทำงานตามรูปที่ 7 แสดงดังรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่า ช่วงที่มีการตัดจะมีค่า S.D. สูงกว่าช่วงอื่น



รูปที่ 7 ค่า S.D. ของสัญญาณเสียงจากรูปที่ 6

ในการหาเงื่อนไขที่ใช้ในการจำแนกสถานะการทำงาน (ค่า Threshold) จากค่า S.D. นั้น พบว่าค่า S.D. สูงสุด (Max) ในช่วงที่ "ไม่ตัด" (ช่วงที่ 1 ถึง 4 ในรูปที่ 7) มีค่าเท่ากับ 0.0252 และค่า

S.D. ต่ำสุด (Min) ในช่วงที่ "ตัด" (ช่วงที่ 5 ในรูปที่ 7) มีค่าเท่ากับ 0.0265 ถึงแม้ค่าทั้งสองจะมีความแตกต่างกันไม่มาก แต่ก็สามารถนำมาใช้เป็นเงื่อนไขในการจำแนกสถานะการทำงานในเบื้องต้นได้ โดยใช้ค่ากึ่งกลางของค่าทั้งสอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0259 มาเป็นค่าอ้างอิงในการแบ่งสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยโดยกำหนดให้เสียงที่มีค่า S.D. มากกว่าค่าอ้างอิงนี้ มีสถานะการทำงาน "ตัด" และมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าอ้างอิงมีสถานะการทำงาน "ไม่ตัด"

ในการวัดสมรรถนะของระบบการจำแนกสถานะการทำงานด้วยค่า S.D. ที่พัฒนาขึ้นนี้ ทำการสุ่มเลือกแถวของการทำงานจากรถตัดอ้อยมา 3 แถว แล้วสุ่มเลือกช่วงของสัญญาณเสียงการทำงานในช่วงที่ "ตัด" และ "ไม่ตัด" ของแต่ละแถวมาอย่างละ 1 ช่วง รวมทั้งหมดเป็นข้อมูลเสียง 6 ตัวอย่าง ดังรูปที่ 8 ถึง 13 เพื่อพิจารณาค่าความผิดพลาดในการจำแนก โดยการนำข้อมูลสัญญาณเสียงแต่ละตัวอย่างมาหาค่า S.D. ในช่วงย่อย 200 ms และแสดงผลที่อัตรา 5 Hz และเปรียบเทียบกับค่า Threshold (0.0259) พบว่าในแต่ละช่วงของการทำงานจะมีสัญญาณเสียงที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของสถานะการทำงานมีความผิดพลาดที่เกิดขึ้นคิดเป็น 5.89% ในช่วงที่ "ตัด" และ 3.21% ในช่วงที่ "ไม่ตัด" แสดงดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 การจำแนกสัญญาณเสียงช่วงที่มีสถานะการทำงาน "ตัด"

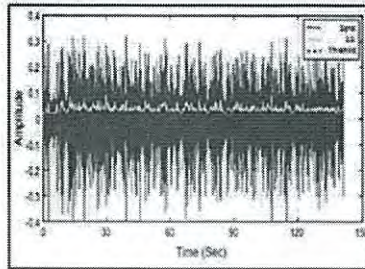
แถวที่	จำนวนจุด	ช่วงที่มีสถานะ "ตัด"		
		จำนวนจุดที่ตรง	จำนวนจุดผิดพลาด	% ผิดพลาด
1	705	636	69	9.79
2	720	699	21	2.92
3	625	594	31	4.96
เฉลี่ย		643.00	40.33	5.69

ตารางที่ 2 การจำแนกสัญญาณเสียงช่วงที่มีสถานะการทำงาน "ไม่ตัด"

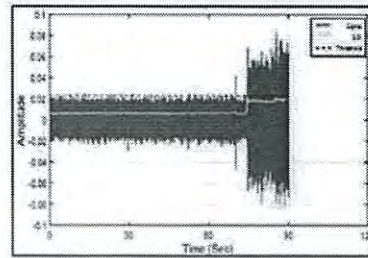
แถวที่	จำนวนจุด	ช่วงที่มีสถานะ "ไม่ตัด"		
		จำนวนจุดที่ตรง	จำนวนจุดผิดพลาด	% ผิดพลาด
1	360	350	10	2.78
2	450	447	3	0.67
3	550	516	34	6.18
เฉลี่ย		437.67	15.67	3.21



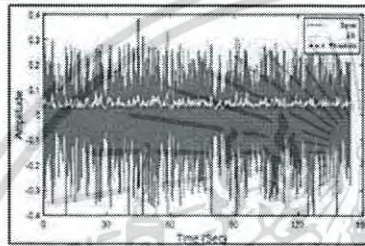
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



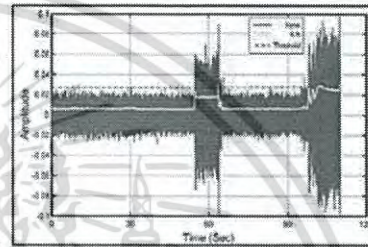
รูปที่ 8 สัญญาณเสียง "คลิก" แฉวที่ 1



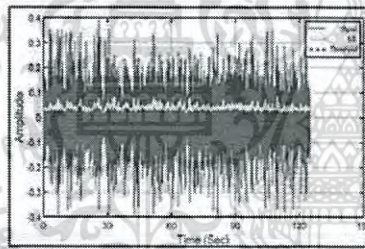
รูปที่ 12 สัญญาณเสียง "ไม่คลิก" แฉวที่ 2



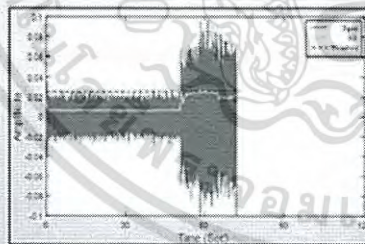
รูปที่ 9 สัญญาณเสียง "คลิก" แฉวที่ 2



รูปที่ 13 สัญญาณเสียง "ไม่คลิก" แฉวที่ 3



รูปที่ 10 สัญญาณเสียง "คลิก" แฉวที่ 3



รูปที่ 11 สัญญาณเสียง "ไม่คลิก" แฉวที่ 1

#### 4 สรุป

จากการทดสอบติดตามการทำงานของรถตัดอ้อยใบแปลงอ้อยขนาด 4.02 ไร่ ระบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เทคนิคการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงที่บันทึกได้จากบริเวณที่คลุมใหญ่ สามารถตรวจจับการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อยได้ดี สามารถจำแนกสถานะการทำงานของรถตัดอ้อยในระหว่างการทำงาน ได้แก่ ช่วงที่มีการตัดและไม่มีการตัดอ้อย โดยมีค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นคิดเป็น 5.89% ในช่วงที่ "คลิก" และ 3.21% ในช่วงที่ "ไม่คลิก"

ค่าผิดพลาดดังกล่าวยังสามารถลดลงได้หากมีการวิเคราะห์ที่ละเอียดมากขึ้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิคการวัดประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาของเครื่องจักรกลเกษตรด้วยระบบ GNSS ที่พัฒนาขึ้นก่อนหน้านี้ เพื่อให้สามารถบันทึกและวัดประสิทธิภาพการทำงานทั้งแปลงได้อย่างครบถ้วน

#### 5 กิดกิจกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทอุตสาหกรรมโคราช จำกัด จังหวัดนครราชสีมา ที่อนุญาตให้ดำเนินการวิจัย และติดตั้งระบบบันทึกภาพและเสียงบนรถตัดอ้อยของบริษัท





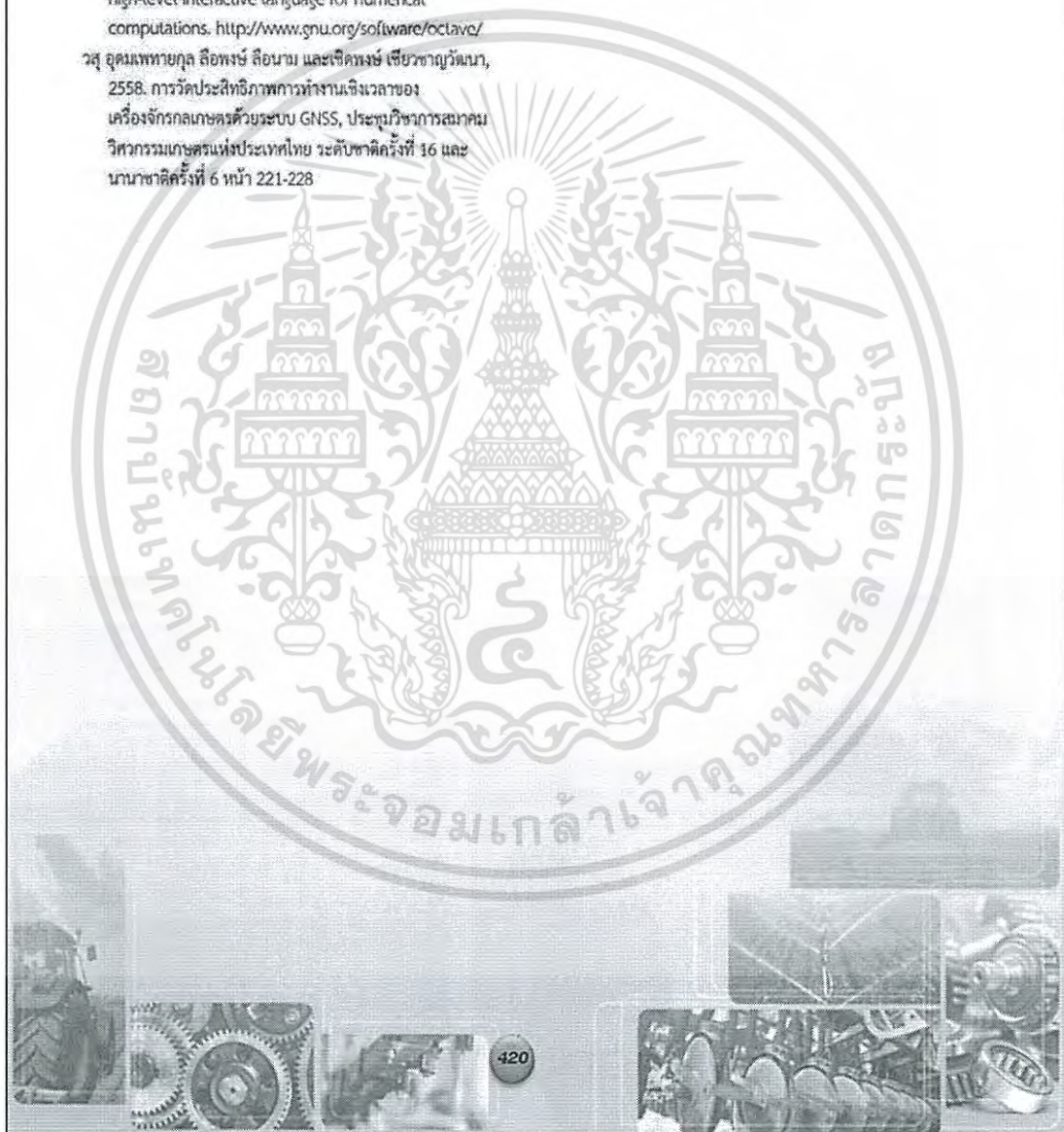
The 17<sup>th</sup> TSAE National Conference and The 9<sup>th</sup> TSAE International Conference : TSAE 2016  
การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 17 ประจำปี 2559 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 9

#### 6 เอกสารอ้างอิง

ประสิทธิ์ ใจกลี, 2558. โครงการจัดทำต้นทุนผลผลิตและถ่ายทอด  
ความรู้เพื่อลดต้นทุนการผลิตอ้อยของเกษตรกรในปีเพาะปลูก  
2557/58, เอกสารประกอบการฝึกอบรม, สำนักงาน  
คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

John W. Eaton, David Bateman, Søren Hauberg, Rik  
Wechbring. 2015. GNU Octave version 4.0.0 manual: a  
high-level interactive language for numerical  
computations. <http://www.gnu.org/software/octave/>

วสุ อุดมทรัพย์กุล ลือพงษ์ ลือนาม และเชิดพงษ์ เขียวชาญวัฒนา,  
2558. การวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรด้วยระบบ GNSS, ประชุมวิชาการสมาคม  
วิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติครั้งที่ 16 และ  
นานาชาติครั้งที่ 6 หน้า 221-228



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายศิริเมศร์ วีระสกุลวัฒน์
วัน เดือน ปีเกิด	31 ธันวาคม 2521
ที่อยู่	62 ม. 12 ต.กระหวัน อ.ขุนหาญ จ.ศรีสะเกษ 331500
โทรศัพท์	083-0347276
E-mail	siramet.v@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	- ระดับปริญญาตรี ได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรม เกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2547
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	
พ.ศ.2547	- Yarnapund Public CO.,LTD. Position: Engineer (Quality Engineering Sub-Section, Quality Assurance Department)
พ.ศ.2549	- Maruyasu Industries (Thailand) Co.,Ltd. Position: Leader Engineer & QC (Quality Control & Engineering Section)
พ.ศ.2554	- Thai Rebirth Co.,Ltd. Position: Supervisor (Production Department)
ผลงานวิจัย	- ส่งผลงานเข้าร่วมการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17 ประจำปี 2559 วันที่ 8 – 10 กันยายน 2559 ณ ศูนย์แสดงสินค้า และการประชุม อิมแพ็ค เมืองทองธานี กรุงเทพฯ เรื่อง การตรวจจับสถานะการทำงานของระบบการตัดในรถตัดอ้อยโดยใช้เทคนิคคลื่นเสียง (Detection of Sugarcane Harvester's Cutting Status using Acoustic Technique) - รางวัล Best Presentation Award ในการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17 ประจำปี 2559 วันที่ 8 – 10 กันยายน 2559 ณ ศูนย์แสดงสินค้า และการประชุม อิมแพ็ค เมืองทองธานี กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้