

ระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก
Artificial Intelligence for Quality Recognition of Dried Banana



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาใดๆของเอกสารนี้ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2563

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก
Artificial Intelligence for Quality Recognition of Dried Banana



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาใดๆของเอกสารนี้ เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2563

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR QUALITY RECOGNITION OF DRIED
BANANA



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2563
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก
Artificial Intelligence for Quality Recognition of Dried Banana

นักศึกษาผู้จัดทำ นายจรรุวัฒน์ कुमारป รหัส 60010129
นายชนกฤต คำหุ้ง รหัส 60010383
นายภาสวุฒิ เชษฐาสุวรรณ รหัส 60010790

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)
หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
ปีการศึกษา 2563

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.รวิภัทร ลาภเจริญสุข	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายจรรวัฒน์	คุณารูป	รหัส 60010129
	นายธนกฤต	คำหุ่ง	รหัส 60010383
	นายภาสวุฒิ	เชษฐาสวรรณ	รหัส 60010790
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วิภัทร ลากเจริญสุข		
ปีการศึกษา	2563		

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก โดยระบบปัญญาประดิษฐ์นี้สามารถตรวจจับกล้วยตากที่พร้อมเก็บเพื่อจำหน่ายและระบุคุณภาพของกล้วยตากผ่านเว็บแอปพลิเคชันและ Line chat bot ระบบปัญญาประดิษฐ์สำหรับตรวจจับกล้วยตากที่พร้อมเก็บเพื่อจำหน่ายถูกพัฒนาผ่านเทคนิค Convolution Neuron Network โดยใช้ข้อมูลจากรูปภาพของกล้วยตาก ระบบระบุคุณภาพของกล้วยตากถูกพัฒนาผ่านเทคนิค Multiple Linear Regression โดยใช้ค่าสีของกล้วยตากเพื่อทำนายคุณภาพ ได้แก่ ความหวานและเนื้อสัมผัสของกล้วยตาก จากการทดสอบระบบโดยใช้ตัวอย่างที่ไม่ทราบค่าพบว่าระบบปัญญาประดิษฐ์สำหรับตรวจจับกล้วยตากที่พร้อมเก็บเพื่อจำหน่ายนั้นแสดงสมรรถนะในการตรวจสอบด้วยค่า Accuracy, Precision Recall, F1-Score เท่ากับ 100% สำหรับระบบระบุคุณภาพของกล้วยตากแสดงค่า r^2 เท่ากับ 0.80 และ RMSE เท่ากับ 6.02 %Brix ในการทำนายความหวานของกล้วยตาก ในขณะที่ผลการทำนายค่าเนื้อสัมผัสมีค่า r^2 เท่ากับ 0.68 และ RMSE เท่ากับ 23.14 N/mm ระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตากนี้มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 61 kg และระยะเวลาดำเนินทุนเท่ากับ 5 เดือน จากข้อมูลทั้งหมดนี้กล่าวได้ว่าระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตากสามารถประยุกต์ใช้ในการบ่งบอกคุณภาพของกล้วยตากได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงการนี้มีส่วนช่วยยกระดับการเกษตรกรรมของประเทศไทยสู่การเป็นเกษตรอัจฉริยะได้อย่างแท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Thesis Title	Artificial Intelligence for Quality Recognition of Dried Banana		
Authors	Charuwat	Kunaroop	60010129
	Thanakit	Khamhung	60010383
	Passawut	Chetthasuwan	60010790
Thesis Advisor	Asst.Prof. Ravipat Lapcharoensuk		
Year	2020		

Abstract

This project aims to develop artificial intelligence for quality recognition of dried banana. This artificial intelligence can detect and indicate optimal commercial picked up time and quality of dried banana through web application and the line chat bot platform. The artificial intelligence for detecting optimal commercial picked up time of dried banana was developed with convolution neuron network technique base on image of dried banana and the platform of identification of quality of dried banana was created by multiple linear regression with color of dried banana for prediction of sweetness and texture property. From performance test with unknown samples presented that the artificial intelligence for detecting optimal commercial picked up time of dried banana showed performance of detection with accuracy, precision recall, F1-score on 100%. For platform of identification of quality of dried banana showed $r^2 = 0.80$ and RMSE = 6.02 %Brix for prediction of sweetness of dried banana. While result of prediction of texture presented $r^2 = 0.68$ and RMSE = 23.14 N/mm. All above information indicated that artificial intelligence for quality recognition of dried banana could apply to identify quality of dried banana which presented that this project help to enhance agriculture of Thailand to be agricultural intelligence.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรอำเภอบางคล้าสำหรับการให้
คำแนะนำข้อมูลในการผลิตกล้วยตากพร้อมทั้งการสนับสนุนตัวอย่างในการทดลอง พร้อมทั้งสถานที่
และอุปกรณ์ในการทดลองในโครงการครั้งนี้

นายจาร์วัฒน์ คุณารูป รหัส 60010129

นายธนกฤต คำหุง รหัส 60010383

นายภาสวุฒิ เชษฐาสุวรรณ รหัส 60010790



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	ก
Abstract.....	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 Artificial Intelligence.....	4
2.2 สมบัติทางกายภาพ เซิงกล เคมีและทัศนศาสตร์ของผลึกผลึกเพชร.....	7
บทที่ 3 วิธีการทดลอง.....	9
3.1 กระบวนการทำการทดลอง.....	9
3.2 การเก็บข้อมูล.....	10
3.3 การจัดการข้อมูล.....	12
3.4 Machine learning algorithm training.....	12
3.5 การพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก.....	13
3.6 การพัฒนา Dashboard และ Line Chat bot.....	14
3.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์.....	14
3.8 การทดสอบการใช้งาน.....	16
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	17
4.1 คุณภาพของกล้วยตาก.....	17
4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก.....	22
4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์.....	23
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	24
บรรณานุกรม.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้ใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ผู้ใช้จำเป็นต้องรับผิดชอบต่อเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 Deep Learning.....	4
รูปที่ 2.2 Convolutional Neural Network Architecture	5
รูปที่ 2.3 Image recognition.....	5
รูปที่ 2.4 Artificial neural network, ANN	6
รูปที่ 3.1 Sample Banana.....	10
รูปที่ 3.2 Measurement of sample size).....	11
รูปที่ 3.3 texture analyzer (stable micro system model TA. HD. Plus, London, UK)	11
รูปที่ 3.4 OKU SAN NO, Malaysia.....	12
รูปที่ 3.5 Microcentrifuge (Spectrafuge 7M, Labnet, USA)	12
รูปที่ 3.6 Process of machine learning.....	14
รูปที่ 3.7 Line chat bot	14
รูปที่ 4.1 Results of diameter of dried bananas.....	17
รูปที่ 4.2 Results of length of dried bananas.....	17
รูปที่ 4.3 Results of red color of dried bananas.....	18
รูปที่ 4.4 Results of green color of dried bananas.....	18
รูปที่ 4.5 Results of blue color of dried bananas.....	18
รูปที่ 4.6 Results of hardness of dried bananas.....	19
รูปที่ 4.7 Results of firmness of dried bananas.....	19
รูปที่ 4.8 Results of toughness of dried bananas.....	19
รูปที่ 4.9 Results of brix of dried bananas.....	20
รูปที่ 4.10 Break Even Point Graph.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 Methods of operation.....	3
ตารางที่ 4.1 Properties of dried bananas that changed in the period of 0 - 72 hours.21	
ตารางที่ 4.2 Performance of artificial intelligence for classification dried banana	22
ตารางที่ 4.3 Performance of artificial intelligence for prediction of dried banana quality	22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

กล้วยตากเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีผู้นิยมบริโภคเป็นจำนวนมากเนื่องจากรสชาติดี และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง กระบวนการแปรรูปกล้วยตากคือการนำกล้วยไปตากด้วยพลังงาน แสงอาทิตย์ซึ่งถือว่าเป็นแนวทางเพิ่มมูลค่าและช่วยยืดอายุเก็บรักษาให้นานขึ้นให้แก่กล้วยจากปัญหา กล้วยล้นตลาด ปัจจุบันกระบวนการตากดำเนินการโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ช่วงป้องกันการ ปนเปื้อนของฝุ่นละออง แมลงหรือสัตว์ที่เป็นพาหะนำเชื้อโรค ปัญหาสำคัญของตู้อบพลังงาน แสงอาทิตย์ในปัจจุบันคือเรื่องของการควบคุมสภาวะในการตาก ได้แก่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ อากาศซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มีงานวิจัยที่พัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อัจฉริยะ (รวีภัทร ลากเจริญสุข และคณะ, 2562) ที่สามารถควบคุมสภาวะในการตากและมีระบบการ ติดตามพร้อมทั้งแจ้งเตือนสภาวะในการตากผ่านเว็บแอปพลิเคชัน อย่างไรก็ตามตู้อบพลังงาน แสงอาทิตย์ดังกล่าวยังมีปัญหาในเรื่องของการตรวจสอบ ติดตาม และแจ้งเตือนคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตลอดระยะเวลาการตากรวมถึงการแจ้งเตือนเมื่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ถึงเวลาที่เหมาะสมต่อการ เก็บผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่าย วิสาหกิจชุมชนแปรรูป ให้ข้อมูลว่าปัจจุบันเกษตรกรต้องเป็นผู้ตรวจสอบ คุณภาพเองจากการสังเกตสี ลักษณะของผลิตภัณฑ์และการชิมโดยอาศัยประสบการณ์ของเกษตรกร ซึ่งเป็นวิธีที่เสียเวลา ต้องทำหลายตัวอย่าง ไม่สามารถตรวจสอบได้ทุกชิ้นและมีความแม่นยำต่ำอีกด้วย ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย ได้แก่ การวิเคราะห์ภาพถ่าย Image Recognition และ การใช้ ปัญญาประดิษฐ์ จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ส่งผลให้สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้และ ยกระดับราคาของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

เทคโนโลยี Image Recognition หรือระบบการจดจำลักษณะจากรูปเพื่อจำแนกสิ่งของ บุคคล รวมไปถึงการจำแนกคุณภาพของผลิตภัณฑ์ถือเป็นแขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เทคโนโลยีนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ ตัดสิน และติดตามคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์กล้วยตากได้แทนการทำงานของมนุษย์ โดยหลักการของเทคโนโลยีนี้คือบันทึกข้อมูลรูปภาพ และข้อมูลคุณภาพของกล้วยตากที่ระยะเวลาในการตากต่างๆ จากนั้นนำข้อมูลเหล่านี้เข้าสู่ กระบวนการ Machine Learning เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์จาก รูปภาพ แบบจำลองนี้ถูกนำมาพัฒนาสู่ปัญญาประดิษฐ์ต่อไป ก่อนหน้านี้งานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีนี้เพื่อตรวจจับการลอกคราบของปูม้าโดยอัตโนมัติเพื่อการผลิตปูม้ามีเชิงพาณิชย์ (สุขกฤษ นิมิตรกุล และคณะ, 2560) ซึ่งสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ดัดแปลงเนื้อหาในโครงการวิจัยที่มุ่งเน้นในการพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพการค้ำ
ไม่ผ่านการตีพิมพ์ของกล้วยตากแทนการใช้นมนุษย์ในการวิเคราะห์และตัดสินใจคุณภาพของผลิตภัณฑ์เกษตรกรสามารถ

ตรวจสอบคุณภาพของกล้วยตากผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันได้หลากหลายแพลตฟอร์มตลอดระยะเวลา

การตากและยังมีการแจ้งเตือนเมื่อกล้วยตากมีคุณภาพที่ดีแล้วผ่านทางแอปพลิเคชัน Line ซึ่งจะช่วยควบคุมคุณภาพและเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์กล้วยตาก ยกระดับอาชีพเกษตรกรกรมไทยสู่เกษตรกรอัจฉริยะต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาปัญญาประดิษฐ์สำหรับรู้จำคุณภาพของกล้วยตากที่สามารถแจ้งเตือนคุณภาพพร้อมทั้งเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเพื่อจำหน่ายตามความต้องการของตลาด

1.2.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กระบวนการ Machine learning จากข้อมูลสมบัติทางกายภาพเพื่อทำนายคุณภาพและวันที่เหมาะสมสำหรับการเก็บกล้วยตากเพื่อจำหน่ายตามความต้องการของตลาด

1.2.3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และเคมีของกล้วยตากที่ระยะเวลาต่างๆ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ตัวอย่างกล้วยตากจะใช้กล้วยน้ำหว้า จำนวน 200 ลูกอบด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

1.3.2 การบันทึกภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยตากใช้กล้องดิจิทัล webcam logitech C270 เพื่อบันทึกภาพผลิตภัณฑ์กล้วยตาก โดยบันทึกภาพทุกๆ 6 ชั่วโมง

1.3.3 สมบัติทางกายภาพ เคมี และเชิงกลที่ศึกษา ได้แก่ ขนาด แพลคเตอร์รูปร่าง สี และความหวาน

1.3.4 ระบบรู้จำคุณภาพถูกพัฒนากระบวนการ machine learning แบบจำลองเพื่อใช้พัฒนาระบบรู้จำคุณภาพที่สร้างจากข้อมูลภาพเพื่อทำนายสมบัติทางเคมี สมบัติเชิงกล และบ่งบอกเวลาที่เหมาะสมในการเก็บผลิตภัณฑ์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network (CNN)

1.3.5 เทคนิค Multiple linear regression (MLR), วิธี Artificial neural network (ANN) และวิธี Support vector machine (SVM) ถูกนำมาสร้างแบบจำลองเพื่อใช้พัฒนาระบบรู้จำคุณภาพจากข้อมูล ขนาด แพลคเตอร์รูปร่าง และค่าสี เพื่อทำนายสมบัติทางเคมี และเชิงกล โดยเทคนิคที่ให้สมรรถนะในการทำนายดีที่สุดถูกเลือกเพื่อนำไปพัฒนาระบบรู้จำคุณภาพ

1.3.6 เทคนิค Artificial neural network (ANN), Multiple linear regression (MLR) และ Support vector machine (SVM) ถูกนำมาสร้างแบบจำลองเพื่อใช้พัฒนาระบบรู้จำคุณภาพจากข้อมูล ขนาด แพลคเตอร์รูปร่าง และค่าสี เพื่อทำนายระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่าย โดยเทคนิคที่ให้สมรรถนะในการทำนายดีที่สุดถูกเลือกเพื่อนำไปพัฒนาระบบรู้จำคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 1.3.7 วนใช้การทดสอบสมรรถนะแบบจำลองต่อข้อมูล 5 จำแนกการด้วยวิธี split test การค่า validation เพื่อหาเทคนิคที่ให้ผลการทำนายได้ดีที่สุด ไม่ว่าจะกรณีใด ห้ามคัดลอกข้อมูลหรือเนื้อหาใดๆ ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตอย่างชัดแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.3.8 การพัฒนาระบบรู้จำคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยตากดำเนินการโดยใช้ภาษา Python

1.3.9 การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพ เหนียว และเคี้ยวของกล้วยตากที่ระยะเวลาการอบต่างๆ ถูกวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA)

1.3.10 ระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพที่พัฒนาขึ้นถูกป้อนเข้าสู่บอร์ด Nvidia Jetson Nano และส่งข้อมูลไปแสดงผลยัง Device ต่างๆ โดยใช้ Pocket wifi ในการปล่อยสัญญาณอินเทอร์เน็ตเพื่อส่งข้อมูลไปแสดงบน Dashboard

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ระบบปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถรู้จำคุณภาพของกล้วยตากทราบเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเพื่อการค้าของกล้วยตากและมีการแจ้งเตือนข้อมูลที่เป็นไปยังเกษตรกรอัตโนมัติ

1.4.2 ยกกระดับคุณภาพและเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์กล้วยตากส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้มากขึ้นสะดวกสบายและเพิ่มพูนคุณภาพชีวิต

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

สำหรับขั้นตอนการดำเนินงานแสดงแผนดำเนินงานดังตารางที่ 0.1

ตารางที่ 0.1 Methods of operation

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี / เดือน									
	พุทธศักราช 2563				พุทธศักราช 2564					
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง										
2 พัฒนาปัญญาประดิษฐ์										
3 ติดตั้งกล้องและอุปกรณ์ต่างๆ										
4 เก็บข้อมูลกล้วยตาก										
5 พัฒนาแอปพลิเคชัน										
6 ทดสอบคุณภาพของกล้วยตาก										
7 สรุปผลเขียนรายงาน										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Artificial Intelligence (Pasu Jitnamkorn, 2562)

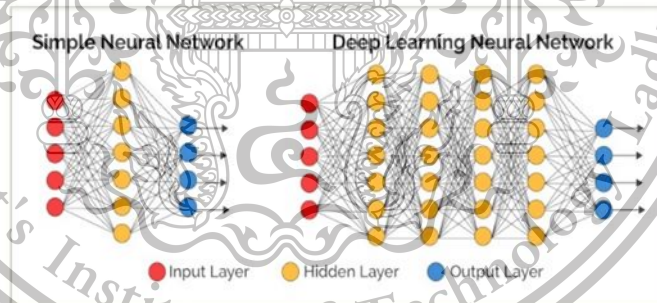
ปัญญาประดิษฐ์คือ เครื่องจักรกลหรือระบบที่มีคุณลักษณะและความสามารถที่เหมือนหรือเหนือมนุษย์ ทั้งในแง่ สติปัญญา ความสามารถที่มนุษย์สามารถทำได้ ความคิดเชิงเหตุและผล รวมทั้งความคิดเชิงสร้างสรรค์ และทักษะทางสังคม เป็นต้น

2.1.1 Machine Learning (Pasu Jitnamkorn, 2562)

ส่วนการเรียนรู้ของเครื่อง ถูกใช้งานเสมือนเป็นสมองของ AI (Artificial Intelligence) เราอาจพูดได้ว่า AI ใช้ Machine Learning ในการสร้างความฉลาด ที่เกิดจากการเรียนรู้ของปัญญาประดิษฐ์ ไม่ได้เกิดจากการเขียนโดยใช้มนุษย์ มนุษย์มีหน้าที่เขียนโปรแกรมให้ AI (เครื่อง) เรียนรู้จากข้อมูลเท่านั้น ที่เหลือเครื่องจัดการเอง

2.1.2 Deep Learning (Pasu Jitnamkorn, 2562)

การสร้างการเรียนรู้ให้คอมพิวเตอร์โดยใช้การเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาท (Neuron) และในแต่ละเซลล์จะถูกเชื่อมโยงกันเป็นโครงข่ายซึ่งใน Neuron จะเรียกว่า “โหนด (Node)” และแต่ละโหนดจะถูกแบ่งออกเป็นชั้น (Layer)



รูปที่ 2.1 Deep Learning

ที่มา : Verne global (2563)

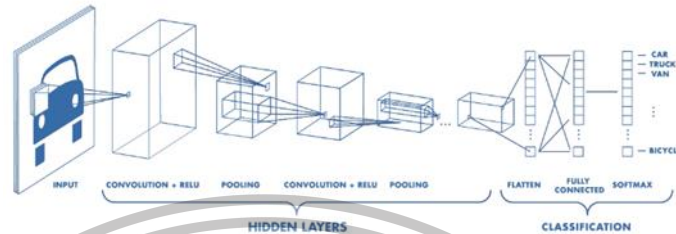
2.1.3 Convolution Natural Network (Pasu Jitnamkorn, 2562)

โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน จัดเป็น “Deep learning” ประเภทหนึ่ง (เพราะมีหลาย layer) CNN เก่งในการแก้ปัญหาด้าน Classification (การจำแนกประเภท) ที่เป็นรูปภาพแต่ทั้งนี้ทั้งนั้นมนุษย์ก็ยังคงเป็นผู้ออกแบบ architecture ของ Neural Network (NN) ในการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งนั้นอยู่ที่ (Feature & Layer) โดย CNN จะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองเห็นทีละน้อยๆ และนำกลุ่มของพื้นที่ย่อยๆ มาผสานกัน เพื่อดูว่าสิ่งที่เห็นอยู่คืออะไร โดยทำการแยกคุณลักษณะของสิ่งที่มองเห็นอยู่ (Feature Extraction) เช่น สายเส้น และการตัดกันของสี ซึ่งการที่เรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ว่าพื้นที่ตรงนี้เป็นเส้นตรงหรือสี่เหลี่ยม เพราะเราดูทั้งจุดที่สนใจและบริเวณรอบ ๆ ประกอบกัน และจะมี Hidden Layer เป็นส่วนที่สอน “Model” ให้เรียนรู้ และ ทำการแยกคุณลักษณะของข้อมูล (Feature Extraction)

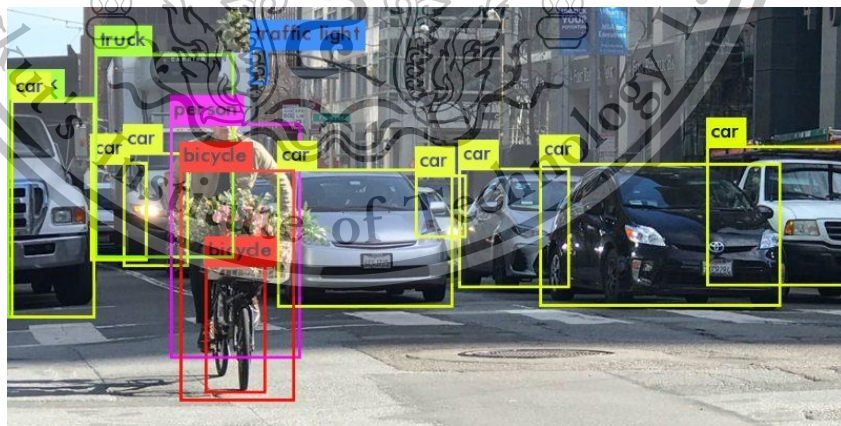


รูปที่ 2.2 Convolutional Neural Network Architecture

ที่มา : Medium (2562)

2.1.4 Image recognition

ระบบการจดจำลักษณะจากรูปภาพ คือระบบการตรวจหาลักษณะของวัสดุและปรับภาพวัสดุ โดยอัตโนมัติ กรอบจะปรากฏขึ้นบนวัสดุที่ถูกตรวจจับ และโพกัส สี และค่าการวัดแสงจะถูกปรับโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้เมื่อบันทึกด้วยคุณภาพแบบ HD เทคโนโลยีการบีบอัดจะจัดสรรความจุของข้อมูลให้ลดลง แต่ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากขึ้นเพื่อปรับคุณภาพของภาพ ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลตัวอย่างที่เก็บบันทึกไว้ อาจจะเป็นทั้งหมดของวัสดุ หรือเพียงบางส่วน ขึ้นกับชนิดของวิธีแยกแยะลักษณะ ระบบการรู้จำลักษณะ เป็นส่วนหนึ่งของ เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์



รูปที่ 2.3 Image recognition

ที่มา : Azati.ai (2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ NVIDIA Jetson Nano Jetson Nano ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่ไม่มีเครื่องหมายการค้าและเครื่องหมายของ NVIDIA หรือผู้พัฒนาสินค้าในระดับอุตสาหกรรมที่ผลิต

โดยค่ายการ์ดจอยักษ์ใหญ่ออย่าง NVIDIA ซึ่งแบ่งออกเป็นสองรุ่นคือ Jetson Nano Developer Kit

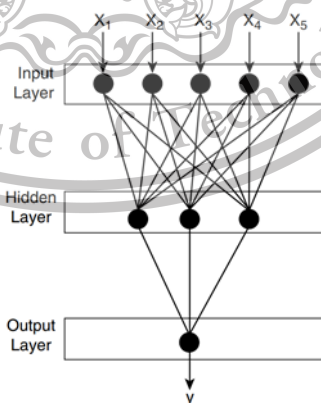
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

และ Jetson Nano Module ใช้สำหรับงานที่ประมวลผลเกี่ยวกับ machine learning, image processing, AI

2.1.6 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network, ANN) (ศุภโชค แสงสว่าง, 2559)

โครงข่ายประสาทเทียมคือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทในสมองมนุษย์มีคุณลักษณะคล้ายกับการส่งผ่านสัญญาณประสาทในสมองของมนุษย์ กล่าวคือ มีความสามารถในการรวบรวมความรู้ (Knowledge) โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) และความรู้เหล่านี้จะจัดเก็บอยู่ในโครงข่ายในรูปค่าน้ำหนัก (Weight) ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้เมื่อมีการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ เข้าไป ค่าน้ำหนักเปรียบเสมือนความรู้ที่รวบรวมไว้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาเฉพาะอย่างของมนุษย์ การประมวลผลต่างๆ เกิดขึ้นในหน่วยประมวลผลย่อย เรียกว่า โหนด (Node) ซึ่งโหนดเป็นการจำลองลักษณะการทำงานมาจากเซลล์การส่งสัญญาณ (Signal) ระหว่างโหนดที่เชื่อมต่อกัน (Connection) จำลองมาจากการเชื่อมต่อของเดนไดรต์และแอกซอนในระบบประสาทของมนุษย์ภายในโหนดจะมีฟังก์ชันกำหนดสัญญาณส่งออกที่เรียกว่า ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) หรือฟังก์ชันการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำหน้าที่เสมือนกระบวนการทำงานในเซลล์ โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยเซลล์ประสาทเทียมหรือโหนดจำนวนมากเชื่อมต่อกัน ซึ่งการเชื่อมต่อจะแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย ที่เรียกว่า “ชั้น (Layer)” ชั้นแรกเป็นชั้นที่นำเอาข้อมูลเข้า เรียกว่า “ชั้นรับข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer)” และชั้นสุดท้ายเรียกว่า “ชั้นส่งข้อมูลออก (Output Layer)” ส่วนชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นรับข้อมูลป้อนเข้าและชั้นส่งข้อมูลออกเรียกว่า “ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer)” โดยทั่วไปชั้นแอบแฝงอาจมีมากกว่าหนึ่งชั้นก็ได้ด้วยเหตุนี้จึงสามารถแบ่งประเภทของโครงข่ายประสาทเทียมตามจำนวนชั้นของโครงข่ายได้ 2 แบบคือ โครงข่ายแบบชั้นเดียว (Single Layer) และโครงข่ายแบบหลายชั้น (Multi Layer) ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network, ANN)



รูปที่ 2.4 Artificial neural network, ANN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 2.1.7 Support vector machine (SVM) (คมคิด ชัชราภรณ์ และคณะ, 2555) ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น เป็นวิธีการจำแนกกลุ่มข้อมูลที่อาศัยระนาบการตัดสินใจมาใช้ในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2

ส่วน โดยพยายามสร้างเส้นแบ่งกลางระหว่างกลุ่มให้มีระยะห่างระหว่างขอบเขตทั้งสองกลุ่มมากที่สุด

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ดังตัวอย่างในภาพที่ 5 ซึ่งซอฟต์แวร์ทเวกเตอร์แมชชีนจะใช้ฟังก์ชันแม핑 (Mapping Function) เพื่อแปลงข้อมูลจากโดเมนเดิมไปยังโดเมนที่เรียกว่าฟีเจอร์สเปซ (Feature Space) และใช้ฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) ในการวัดความคล้ายกันของข้อมูลในฟีเจอร์สเปซ ในงานวิจัยนี้ใช้เคอร์เนลฟังก์ชัน คือ โพลีโนเมียลเคอร์เนล (Polynomial Kernel) ในการทดสอบข้อมูลด้วยเทคนิคนี้

2.2 สมบัติทางกายภาพ เชิงกล เคมีและทัศนศาสตร์ของผลิตภัณฑ์

2.2.1 สมบัติทางกายภาพ หรือสมบัติทางฟิสิกส์ (physical properties)

เป็นสมบัติของวัสดุที่เกี่ยวกับการตอบสนองต่อแรงกระทำทางกายภาพ ได้แก่ แรงกล ความร้อน แสงสว่าง ไฟฟ้า เป็นต้น และนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการออกแบบ กระบวนการแปรรูป รวมทั้งการออกแบบเครื่องจักรและอุปกรณ์แปรรูป โดยขนาด (size) และ รูปร่าง (shape) เป็นสมบัติทางกายภาพ (physical properties) ขนาดและรูปร่าง เป็นสมบัติที่แยกกันไม่ออก หากจะอธิบายวัสดุว่ามีขนาดอย่างไรต้องบอกรูปร่างด้วยเสมอ หากวัสดุที่มีรูปร่างไม่เป็นทรงกลม แต่คล้ายหรือใกล้เคียงทรงกลม เช่น ผลไม้ เมล็ดธัญพืช และถั่วเมล็ดแห้ง จะใช้ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (geometric mean diameter, GMD) เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่ใช้ออกขนาด

2.2.2 สมบัติทางกล (mechanical properties)

เมื่อมีแรงกลมากระทำต่อวัสดุ เช่น การวัดเนื้อสัมผัส (texture) ต้องใช้แรงกด เนื้อสัมผัส (texture) หมายถึง ลักษณะที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ด้วยการสัมผัส ผู้บริโภครับรู้เนื้อสัมผัสของอาหารได้ด้วยการสัมผัสด้วยมือ โดยการจับ แตะ บีบ บี ระหว่างการบดเปลือก การสัมผัสด้วยฟัน เพดานปาก ลิ้น และอาจรับรู้ด้วยการฟังเสียงจากการเคี้ยว การเคี้ยว เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ที่ผู้บริโภคใช้เนื้อสัมผัสเป็นเกณฑ์หลักเพื่อพิจารณา ตัดสินการยอมรับการประเมินเนื้อสัมผัสของวัสดุ เพื่อให้ได้ค่าของเนื้อสัมผัส ในเชิงปริมาณ สามารถทำได้โดยวิธีการดังนี้

1. การทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) โดยใช้ผู้ชิมที่ได้รับการฝึกฝน (trained panel) เพื่อประเมินค่าเนื้อสัมผัสของวัสดุ และอาจนำค่ามาสัมพันธ์กับความชอบของผู้บริโภค

2. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือวัด (texture analysis) โดยการใช้เครื่องมือเพื่อจำลองแรงกระทำจากการสัมผัสของมนุษย์ในรูปแบบต่างๆ เช่น แรงกระทำของฟัน ระหว่างการเคี้ยว การบด การตัด การดึง การหัก แล้ววัดค่าที่ตอบสนองกับแรงกระทำในเชิงปริมาณ

2.2.3 Brix

หน่วยที่ใช้ออกความเข้มข้น ของของแข็งที่ละลายอยู่ในสารละลาย เป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนัก มักใช้กับน้ำเชื่อม น้ำผลไม้ มีน้ำตาลไม่เข้มข้น เช่น น้ำเชื่อมเข้มข้น 10 บริกซ์ หมายถึงน้ำเชื่อม น้ำหนัก 100 กรัม มีน้ำตาลซูโครสละลายอยู่ 10 กรัม (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ในน้ำผลไม้ หรือน้ำผลไม้เข้มข้น ค่าที่วัดได้ เป็นการวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ (total soluble solids) ได้แก่ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรักโทส กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดแอมิโนอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

วิตามินซี และแร่ธาตุต่างๆ หน่วยที่วัดได้เป็นเปอร์เซ็นต์ นำหนักต่อปริมาตร การวัดค่า Brix อาจวัดได้ด้วย hydrometer รายงานผลเป็น degree Brix

2.2.4 สมบัติเชิงทัศนศาสตร์ (optical properties)

เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับแสงและการมองเห็น ได้แก่ สี (color) ความเงา (gloss) และ Translucency โดย สี เป็นสมบัติทางกายภาพของวัสดุ ด้านสมบัติเชิงทัศนศาสตร์ ที่มีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค สีของวัสดุและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเป็นคุณสมบัติทางกายภาพอย่างหนึ่งซึ่งแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงกับคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากสีเป็นคุณสมบัติที่เกิดจากการรับรู้สัญญาณในรูปของคลื่นแสงที่ตกกระทบดวงตาของมนุษย์ซึ่งมีเซลล์รับและส่งสัญญาณผ่านไปยังสมอง และแปลงค่าเป็นค่าสีต่างๆ ตามที่แต่ละบุคคลมีอยู่ในระบบความทรงจำ สีของวัสดุและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการยอมรับและไม่ยอมรับของผู้บริโภค ถ้าสีของวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรผิดปกติไปผู้บริโภคส่วนใหญ่จะไม่ยอมรับ โดยอาจไม่คำนึงถึงคุณภาพด้านอื่น เช่น กลิ่น รสชาติ หรือเนื้อสัมผัสเลย

จึงมีระบบค่าของสีซึ่งเป็นที่เข้าใจตรงกัน โดยไม่ได้รับอิทธิพลจากความรู้สึกนึกคิดส่วนบุคคล ระบบค่าของสีที่ใช้เป็นมาตรฐานสากล และที่นิยมใช้ในการบอกค่าสีของอาหารมีดังนี้คือ

1. ระบบค่าสีมันเซลล์ (Munsell Color System)
2. ระบบ C.I.E. (X, Y และ Z)
3. ระบบ Hunter (L,a,b)
4. ระบบ C.I.E. LAB (L^* , a^* , b^*)

การวัดสี (color measurement)

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source) แหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ คือ ดวงอาทิตย์
2. วัตถุที่เราต้องการมองเห็นสี (objective) เป็นวัตถุที่ต้องการศึกษา (specimen)
3. มุมมองผู้สังเกตการณ์ (observer) มีอุปกรณ์จับสัญญาณแสง (spectrometer) หรือหมายถึง ดวงตาของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 กระบวนการทำการทดลอง

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การวิเคราะห์ภาพถ่าย, Machine learning, ปัญญาประดิษฐ์ การเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษา Python, การใช้งาน Nvidia Jetson Nano
2. การเตรียมตัวอย่างกล้วย กล้วยน้ำว้าแก่ที่อายุการเก็บเกี่ยว 100-120 วันหลังตัดปลี นำตัวอย่างมาป่นโดยแบ่งเป็นหริวงเรียงบนพื้นที่ปูด้วยกระดาษหรือกระสอบ ใช้เวลา 5-7 วัน จะได้น้ำว้าสุกอมพอดี นำกล้วยน้ำว้าลูกใหญ่สุกอมพอดีตัดปลายลูกให้ลึกเข้ามาในลูกเล็กน้อยเพื่อไม่ให้กล้วยมีสีดำปลายลูกเมื่อตาก
3. ตากกล้วยน้ำว้าบนเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะโดยควบคุมใช้อุณหภูมิเท่ากับ 55 องศาเซลเซียส โดยตัวอย่างกล้วยตากถูกเก็บเพื่อ ถ่ายภาพ ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเชิงกล ครั้งละ 16 ตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปทดลองดำเนินการทุก 6 ชั่วโมงเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และเคมีจะดำเนินการทั้งหมด 12 ครั้ง
4. บันทึกภาพของกล้วยตากโดยกล้องดิจิทัล WEBCAM LOGITECH C270
5. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (GMD) ของกล้วยตาก
6. วัดค่าทางเคมี โดยจะวัดค่าความหวานจากเครื่อง Brix Refractometer
7. วัดค่าเชิงกล โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer
8. สร้าง Model Algorithm โดยนำ Dataset ต่างๆมา Train เพื่อออกแบบระบบรู้จำคุณสมบัตินทางกายภาพต่างๆของกล้วยตาก
9. วิเคราะห์ One-Way ANOVA เพื่อทดสอบสมมติฐานทางสถิติ จากอิทธิพลของเวลาตากต่อสมบัติต่างๆของตัวอย่าง
10. พัฒนาโปรแกรมสำหรับระบบรู้จำคุณภาพของกล้วยตากผ่านบอร์ด Nvidia Jetson Nano โดยติดตั้ง Python3, Tensorflow, OpenCV, และแพ็คเกจพื้นฐานที่จำเป็นในการพัฒนาลงบนบอร์ด
11. ติดตั้งและเชื่อมต่อกล้อง WEBCAM LOGITECH C270 กับบอร์ด Nvidia Jetson Nano และอุปกรณ์ต่างๆ บนเครื่องอบกล้วย และเรียกใช้ Model รู้จำคุณภาพกล้วยตากที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจสอบและติดตามคุณภาพของกล้วยตาก
12. พัฒนา Dashboard เพื่อแจ้งเตือนไปยัง Device ที่เกษตรกรสะดวก เพื่อเก็บกล้วยตากเมื่อถึงเวลาที่เหมาะสมเช่นโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ โดยใช้ NB-IoT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

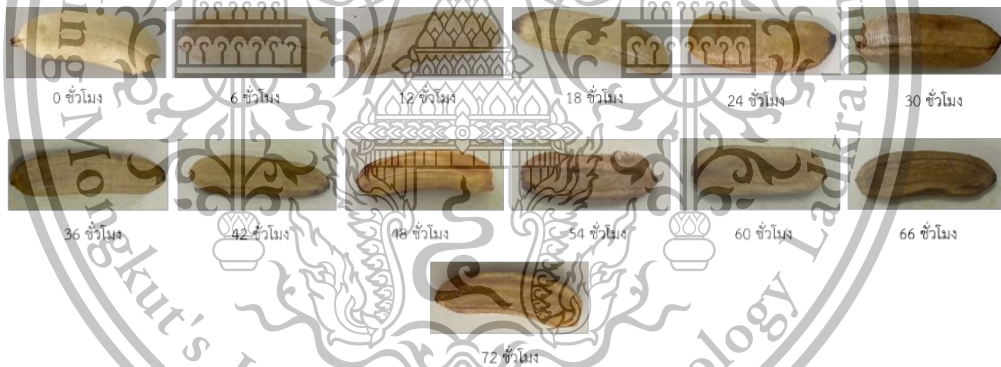
13. ทดสอบระบบและเปรียบเทียบคุณภาพของกล้วยตากที่เก็บโดยเวลาที่เหมาะสมจากการใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก และการเก็บกล้วยตากจากประสบการณ์จากเกษตรกร

14. สรุปผลและเขียนรายงาน

3.2 การเก็บข้อมูล

ข้อมูลสมบัติของกล้วยตาก ได้แก่ รูปภาพ ขนาด สี ความหวาน และเนื้อสัมผัส ได้มาจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่สุกตากในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะ จำนวน 240 ตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง ตัวอย่างกล้วยตากถูกเก็บไปทดสอบครั้งละ 10 ตัวอย่าง ทุกๆ 6 ชั่วโมง จำนวน 12 ครั้ง และครั้งสุดท้าย (ที่เวลาการตาก 72 ชั่วโมง) เก็บตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบ 120 ตัวอย่าง นอกจากนั้นตัวอย่างกล้วยตากที่ใช้ในโครงการนี้ได้มาจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชน (วิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลผลิตการเกษตรอำเภอบางคล้า) จำนวน 50 ตัวอย่าง ขั้นตอนในการวัดและเก็บข้อมูลต่างๆ เป็นดังนี้

รูปภาพของกล้วยตากถูกถ่ายด้วยกล้องดิจิทัล (Logitech C270) และถ่ายด้วยกล้องดิจิทัลระดับอุตสาหกรรม (Bastler (acA2500-14uc, China)) รูปที่ 3.1 แสดงรูปของกล้วยตากที่ระยะเวลาต่างๆ



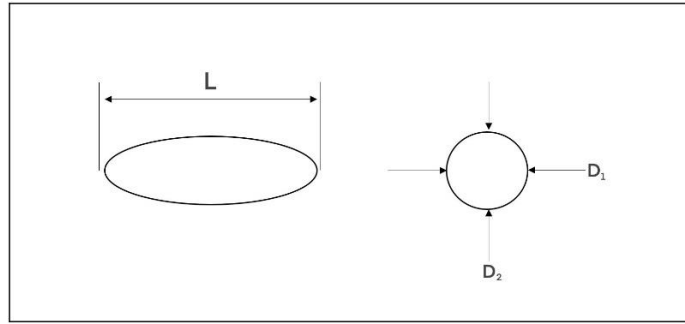
รูปที่ 3.1 Sample Banana

การวัดขนาดของตัวอย่างกล้วยตากถูกรายงานด้วยความยาว (length, L) และเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter, D) โดยวัดตรงกลางของผลกล้วยรอบผลกล้วยที่ทุกๆ 180 องศา 2 จุด (D1 และ D2) และหาค่าเฉลี่ย การวัดขนาดใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ดิจิทัล (Mitutoyo, ABS digimatic caliper, No. 938882, Japan) รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งในการวัดขนาดของตัวอย่างกล้วยตาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.2 Measurement of sample size

สีของตัวอย่างกล้วยตากในระยะต่างๆ ถูกเก็บข้อมูลจากภาพที่ถ่ายด้วยกล้องดิจิทัลตั้ง
อธิบายไว้ข้างต้น โดยการวิเคราะห์สีของภาพผลิตภัณฑ์ที่ใช้โปรแกรม ImageJ ในการวิเคราะห์ค่าสีของ
ตัวอย่างถูกรายงานด้วยค่า R (ความเป็นสีแดง) G (ความเป็นสีเขียว) B (ความเป็นสีน้ำเงิน) โดยจุดวัด
ค่าสีของตัวอย่างจะเป็นจุดเดียวกับจุดที่วัดเนื้อสัมผัสและความหวาน

การวัดสมบัติเชิงกลใช้เครื่อง texture analyzer (stable micro system model TA. HD.
Plus, London, UK) รูปที่ 3.3 ทดสอบโดยวิธี Instrumental Texture Profile Analysis (TPA) เป็น
การจำลองการเคี้ยวของฟันกรามสองครั้ง หัวกดแบนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ค่าที่
ได้มา ได้แก่ ความแข็ง (Hardness) ความแน่นเนื้อ (Firmness) และความเหนียว (Toughness)



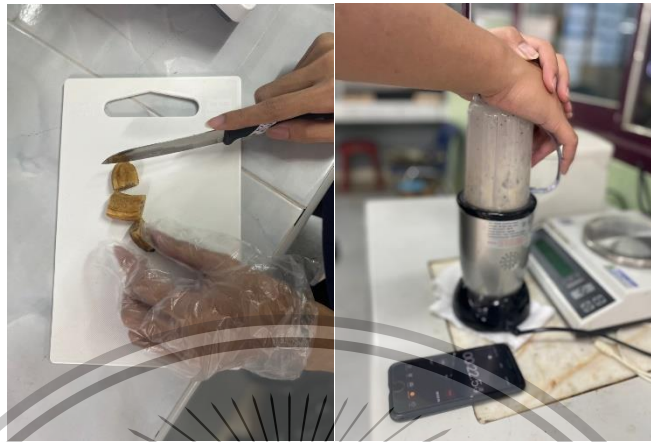
รูปที่ 3.3 texture analyzer (stable micro system model TA. HD. Plus, London, UK)

การวัดความหวานทำได้โดยการนำเนื้อกล้วยตากบริเวณกลางลูกที่ผ่านการวัดเนื้อสัมผัส
จำนวน 10 g มาปั่นด้วยเครื่องบดให้ละเอียด (OKU SAN NO, Malaysia) ใช้เนื้อกล้วย 1 ส่วนต่อน้ำ
กลั่น 3 ส่วน โดยปริมาตร รูปที่ 3.4 ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Microcentrifuge
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

(Spectrafuge 7M, Labnet, USA) รูปที่ 3.5 ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm เป็นเวลา 10 min วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วยเครื่อง Refractometer (Atago, PAL-1, Japan)



รูปที่ 3.4 OKU SAN NO, Malaysia



รูปที่ 3.5 Microcentrifuge (Spectrafuge 7M, Labnet, USA)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกล้วยตาก (ขนาด สี ความหวาน และเนื้อสัมผัส) ตามระยะเวลาในการตากถูกเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบ 1 ทาง (1 way ANOVA) ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3 การจัดการข้อมูล

ข้อมูลค่าสี ขนาด ความหวานและเนื้อสัมผัสของตัวอย่างกล้วยตากถูกจัดการเพื่อให้ข้อมูลมีความพร้อมที่สุดก่อนการนำเข้าสู่กระบวนการ Machine learning algorithm training โดยดำเนินการค้นหาข้อมูลผิดพลาด (Missing value) หา Outlier ด้วยวิธี Boxplot และหาความสัมพันธ์ของข้อมูล (correlation) การจัดการข้อมูลดำเนินผ่านภาษา Python 3.6

3.4 Machine learning algorithm training

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ในโครงการนี้ การพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตากด้วยการคำนวณการ Machine learning มีอยู่ 2 ส่วนส่วนคือ 1. ระบบตรวจจับกล้วยตากที่พร้อมเก็บเพื่อจำหน่าย 2. ระบบระบุคุณภาพของกล้วยตาก โดยมีขั้นตอนดังนี้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบตรวจจับกล้วยตากที่พร้อมเก็บเพื่อจำหน่ายเพื่อแยกกล้วยที่พร้อมเก็บจำหน่าย ข้อมูลรูปภาพของกล้วยตากทั้ง 110 ระบุประเภทเป็น 2 ประเภท ได้แก่ กล้วยตากที่พร้อมเก็บจำหน่าย (จำนวน 110 ตัวอย่าง) และกล้วยตากยังไม่พร้อมเก็บจำหน่าย (จำนวน 110 ตัวอย่าง) การจำแนกประเภท (Classification) ถูกดำเนินการโดยใช้เทคนิค Convolution neuron network (CNN) สมรรถนะของการจำแนกวัดด้วยความถูกต้อง (Accuracy) ความแม่นยำ (Precision) ความถูกต้องในการทำนายแต่ละกลุ่ม (Recall) และค่า F1-score ผ่านกระบวนการ Self-consistency test การสร้างระบบตรวจจับกล้วยตากที่พร้อมเก็บเพื่อจำหน่ายนี้ถูกดำเนินการผ่านโปรแกรม CiRA Core version 1.6.2c

ระบบระบุคุณภาพของกล้วยตากถูกพัฒนาขึ้นเพื่อบอกถึงคุณภาพที่สำคัญ ได้แก่ ความหวาน เนื้อสัมผัสของกล้วยตาก ข้อมูลของค่าสี RGB ถูกกำหนดเป็นตัวแปรต้นสำหรับการทำนายคุณภาพของกล้วยตาก เทคนิค Machine learning ได้แก่ Linear regression (LR), Multiple linear regression (MLR), Support vector machine (SVM) และ Artificial neuron network (ANN) ถูกนำมาพัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายคุณภาพกล้วยตาก เทคนิคที่แสดงสมรรถนะดีที่สุดจะถูกเลือกไปพัฒนาระบบระบุคุณภาพของกล้วยตาก การทดสอบสมรรถนะในการทำนายดำเนินการด้วยกระบวนการ Leave-one-out cross-validation test ค่าทางสถิติ ได้แก่ The coefficient of determination (r^2) และค่า root mean square error (RMSE) โมดูลสำหรับการวิเคราะห์ machine learning (Scikit-learn) ถูกดำเนินการด้วยภาษา Python 3.6 เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

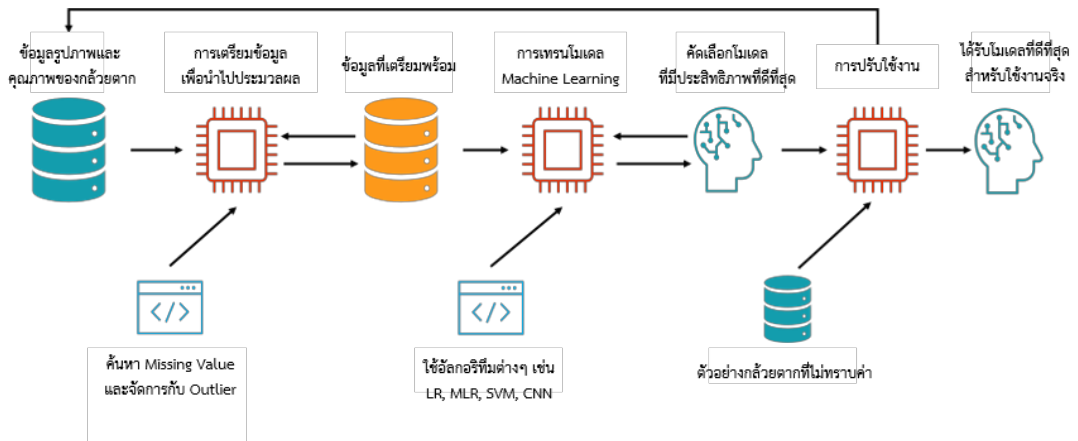
3.5 การพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก

ข้อมูลสมบัติของกล้วยตาก ได้แก่ รูปภาพ ขนาด สี ความหวาน และเนื้อสัมผัส ได้มาจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ถูกตากในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะ ข้อมูลเหล่านี้ถูกเตรียมเพื่อนำไปประมวลผลโดยการค้นหา Missing Value และจัดการกับ Outlier เมื่อได้ข้อมูลที่เตรียมพร้อมสำหรับการนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการเทรนโมเดลโดยใช้อัลกอริทึมต่างๆ อาทิเช่น Linear Regression, Multiple Linear Regression, Support Vector Machine, Convolutional neural network ให้รู้จำคุณภาพของกล้วยตากและคัดเลือกโมเดลที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด จากนั้นนำโมเดลที่ได้มาปรับใช้งานจริง โดยนำตัวอย่างกล้วยตากที่ไม่ทราบค่ามาหาสมรรถนะในการทำนายคุณภาพของกล้วยตากเพื่อได้รับโมเดลที่ดีที่สุดสำหรับการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

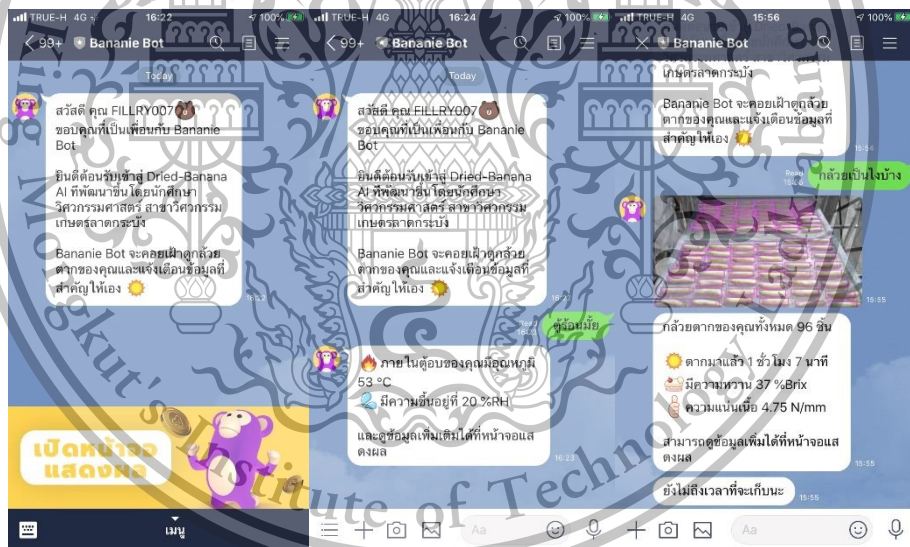
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.6 Process of machine learning

3.6 การพัฒนา Dashboard และ Line Chat bot

Dashboard เพื่อแสดงผลของระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตากถูกพัฒนาด้วยภาษา html, CSS และ Java script ผ่านแพลตฟอร์ม Node red version 1.2.3 และในส่วนของ Line Chat bot พัฒนาด้วย Line developers



รูปที่ 3.7 Line chat bot

3.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก เป็นการวิเคราะห์ถึงต้นทุนของการพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก (ค่าใช้จ่ายคงที่) ได้แก่ ค่าเสื่อมสภาพและดอกเบี้ยจากทุนในการสร้างเครื่อง โดยการคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight-Line Depreciation) เป็นวิธีที่นิยมใช้เพราะคำนวณง่าย (พิมพ์พรรณ ปรีอาม

นอกจากนี้ยังเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรที่สอนในโรงเรียนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

และคณะ 2560) โดยรายละเอียดในการคำนวณค่าเสื่อมสภาพ ดอกเบี้ยจากทุนในการสร้างเครื่องและ ต้นทุนคงที่เป็นดังนี้

$$\text{ค่าเสื่อมราคาเครื่อง (บาทต่อปี)} = \frac{\text{ราคาเครื่อง (บาท)} - \text{ราคาซากเครื่อง (บาท)}}{\text{อายุการใช้งาน (ปี)}} \quad (3.1)$$

โดยที่ราคาซาก เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนเครื่องและอายุการใช้งานในส่วนของฮาร์ดแวร์ หลังการเก็บเกี่ยว เท่ากับ 10 ปี (พิมพ์พรรณ ปรีองาม และคณะ 2560)

$$\text{ดอกเบี้ยในการลงทุน (บาทต่อปี)} = \frac{\text{ราคาเครื่อง (บาท)} - \text{ราคาซากเครื่อง(บาท)}}{2} \times \frac{\text{อัตราดอกเบี้ยต่อปี(เปอร์เซ็นต์)}}{100} \quad (3.2)$$

โดยที่ อัตราดอกเบี้ยต่อปี (MOR) เท่ากับ 7.8018 เปอร์เซ็นต์ (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2562)

$$\text{ต้นทุนคงที่ (บาทต่อปี)} = \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่อง (บาทต่อปี)} + \text{ดอกเบี้ยในการลงทุน (บาทต่อปี)} \quad (3.3)$$

ส่วนต้นทุนผันแปร (Variable cost) ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้งานระบบปัญญาประดิษฐ์ เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก ในแต่ละครั้งของการอบ ได้แก่ ค่าบำรุงรักษา ค่าเสื่อมสภาพ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าบำรุงรักษา (บาทต่อปี)} = \text{ราคาเครื่อง (บาท)} \times \text{ค่าซ่อมแซม (เปอร์เซ็นต์ต่อปี)} \quad (3.4)$$

โดยที่ค่าซ่อมแซมประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ของต้นทุนในการสร้างเครื่อง (พิมพ์พรรณ ปรีองาม และคณะ 2560)

$$\text{ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)} = (\text{ความสิ้นเปลืองไฟฟ้า (กิโลวัตต์)} \times \text{ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมง)}) \times \text{ค่าหน่วยไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)} \times \text{วันทำงาน (วัน)} \quad (3.5)$$

$$\text{ต้นทุนผันแปร (บาทต่อปี)} = \text{ค่าบำรุงรักษา (บาทต่อปี)} \quad (3.6)$$

จากข้อมูลต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรจะนำมาคำนวณต้นทุนรวมทั้งหมดได้ดังนี้

$$\text{ต้นทุนรวมทั้งหมด (บาทต่อปี)} = \text{ต้นทุนคงที่ (บาทต่อปี)} + \text{ต้นทุนผันแปร (บาทต่อปี)} \quad (3.7)$$

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Even Point) ซึ่งเป็นจุดที่รายรับที่ได้จากการขายผลิตภัณฑ์หรือจากการบริการเท่ากับต้นทุนทั้งหมดที่ลงทุน โดยจุดคุ้มทุนสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{จุดคุ้มทุน (กิโลกรัมต่อปี)} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่ (บาทต่อปี)}}{\text{รายรับจากการขายกล้วยตากต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)} - \text{ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)}} \quad (3.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิยอนุญาตให้ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยที่รายรับที่ได้มาจากการขายกล้วยตากหลังจากหักต้นทุนเท่ากับ 30 บาทต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ซึ่งคือเวลาที่ทำให้การลงทุนเริ่มต้นได้รับการคืนทุน โดยไม่คำนึงถึงค่าของเงินที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา คำนวณได้จาก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{ราคาเครื่อง (บาท)}}{\text{รายได้ต่อปี (บาทต่อปี) - ต้นทุนรวมทั้งหมด (บาทต่อปี)}} \quad (3.9)$$

3.8 การทดสอบการใช้งาน

หลังจากได้แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับระบบตรวจจับกล้วยตากที่พร้อมเก็บเพื่อจำหน่าย และระบบระบุคุณภาพของกล้วยตาก แบบจำลองดังกล่าวถูกทดสอบสมรรถนะอีกครั้งกับตัวอย่างที่ไม่ทราบค่า (Unknown sample) จำนวน 50 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่างกล้วยตากพร้อมเก็บเพื่อจำหน่าย จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรอำเภอบางคล้า สมรรถนะของระบบตรวจจับกล้วยตากที่พร้อมเก็บเพื่อจำหน่าย รายงานโดยค่าความถูกต้อง (Accuracy) ความแม่นยำ (Precision) ความถูกต้องในการทำนายแต่ละกลุ่ม (Recall) และค่า F1-score ส่วนสมรรถนะของระบบระบุคุณภาพของกล้วยตากรายงานด้วย The coefficient of determination r^2 และค่า root mean square error (RMSE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

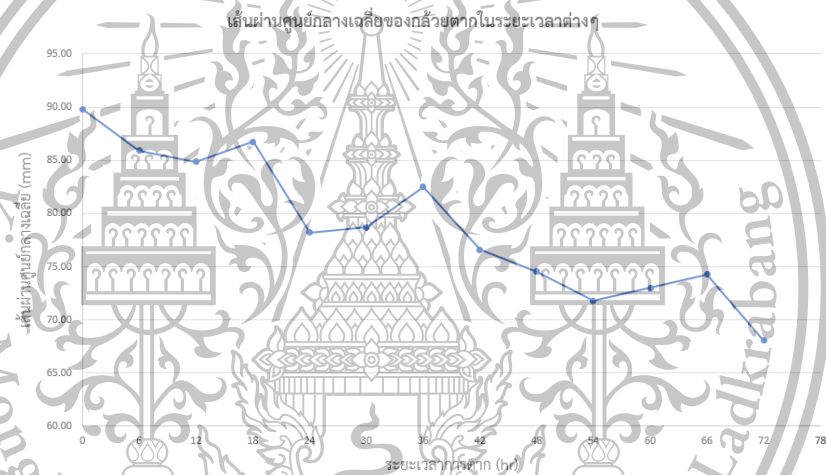
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

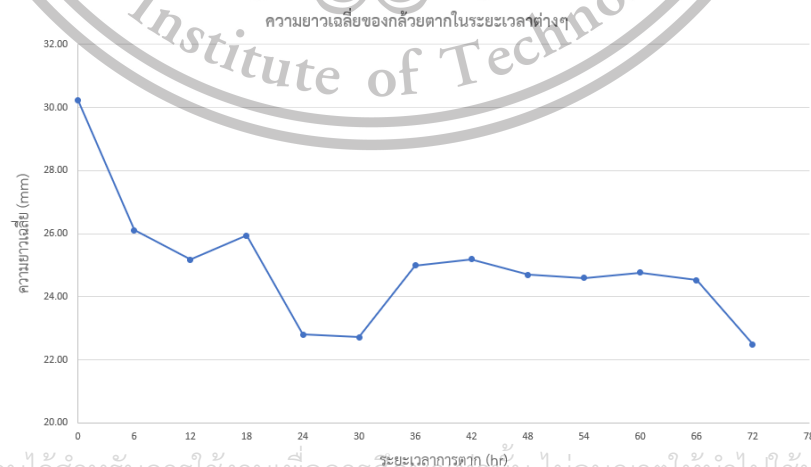
ผลการทดลอง

4.1 คุณภาพของกล้วยตาก

ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) สำหรับคุณภาพของกล้วยตาก พบว่าในช่วงระยะเวลา 72 ชั่วโมง มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพกล้วยตากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่แสดงในตารางที่ 4.1 โดย เส้นผ่านศูนย์กลาง (รูปที่ 4.1) ความยาว (รูปที่ 4.2) ความเป็นสีแดง (รูปที่ 4.3) ความเป็นสีเขียว (รูปที่ 4.4) ความเป็นสีน้ำเงิน (รูปที่ 4.5) ความแข็ง (รูปที่ 4.6) ความแน่นเนื้อ (รูปที่ 4.7) และความเหนียว (รูปที่ 4.8) มีค่าลดลง สำหรับความหวาน (รูปที่ 4.9) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป



รูปที่ 4.1 Results of diameter of dried bananas.

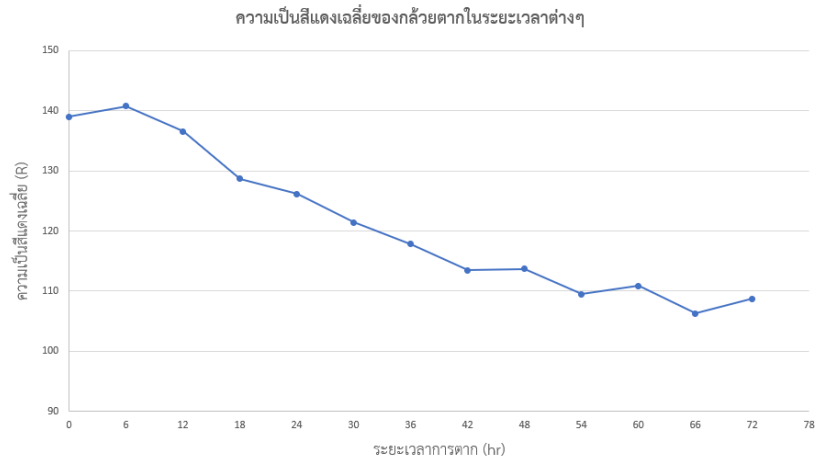


รูปที่ 4.2 Results of length of dried bananas.

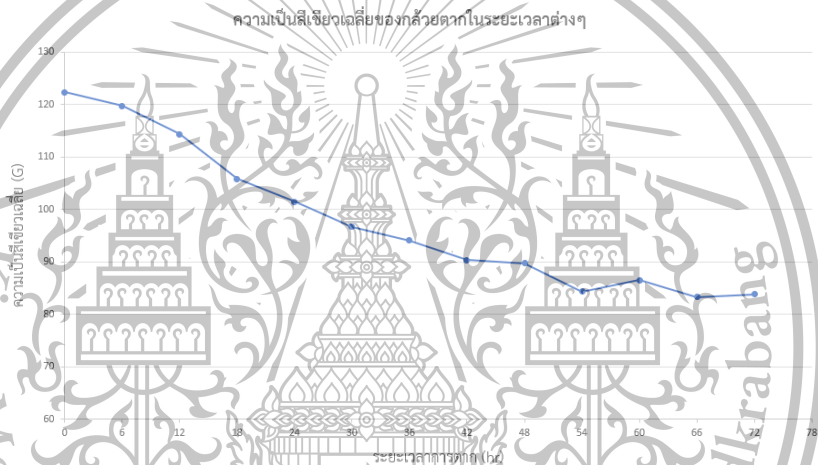
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

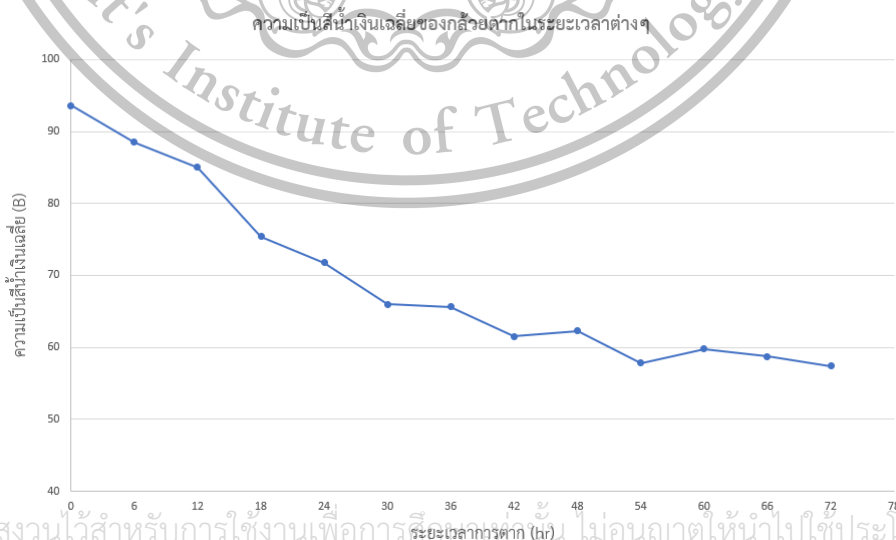
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.3 Results of red color of dried bananas.



รูปที่ 4.4 Results of green color of dried bananas.

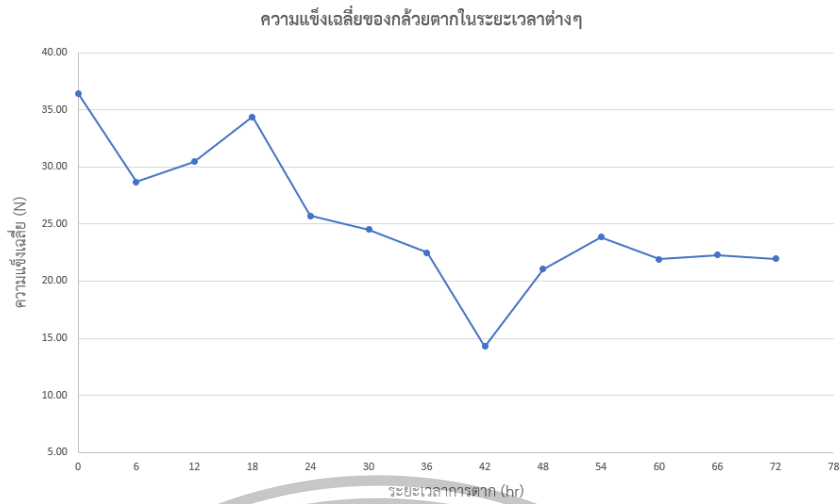


รูปที่ 4.5 Results of blue color of dried bananas.

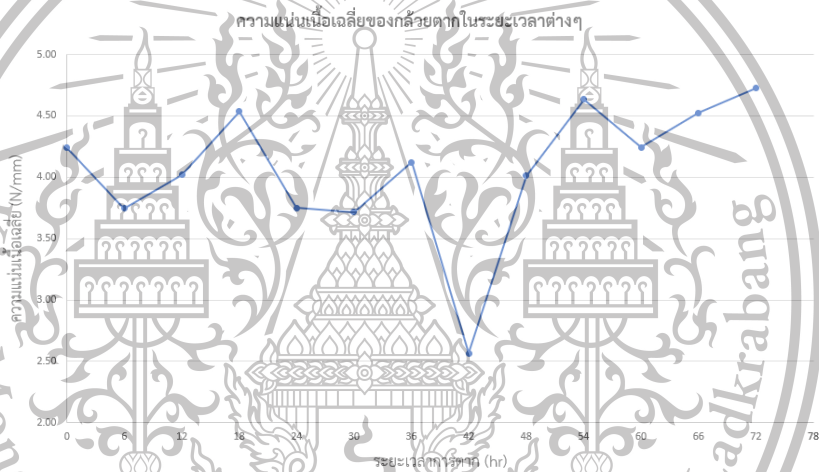
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าวิจัย ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

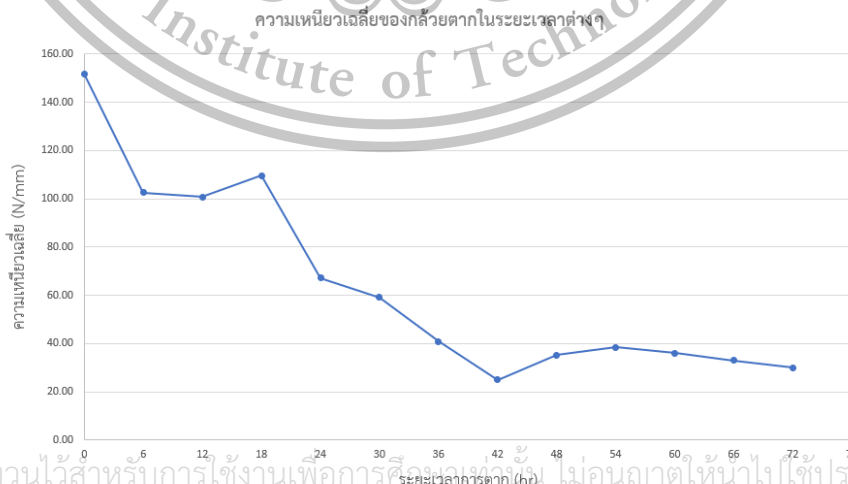
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.6 Results of hardness of dried bananas.



รูปที่ 4.7 Results of firmness of dried bananas.



รูปที่ 4.8 Results of toughness of dried bananas.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำไปใช้เพื่อการพาณิชย์ การทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.9 Results of brix of dried bananas.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.1 Properties of dried bananas that changed in the period of 0 - 72 hours.

คุณสมบัติ	ระยะเวลาตากกล้วย (hr)												
	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	89.82 ± 5.48 ^a	85.93 ± 3.54 ^{ab}	84.86 ± 4.64 ^{ab}	86.74 ± 5.24 ^{ab}	78.23 ± 8.15 ^{cde}	78.68 ± 6.70 ^{cd}	82.50 ± 5.20 ^{bc}	76.61 ± 5.15 ^{def}	74.53 ± 7.24 ^{def}	71.76 ± 2.92 ^{fg}	73.01 ± 2.92 ^{efg}	74.27 ± 5.06 ^{def}	68.09 ± 6.38 ^g
ความยาว(mm)	30.23 ± 2.07 ^a	26.11 ± 1.30 ^b	25.18 ± 2.21 ^b	25.94 ± 1.59 ^b	22.81 ± 1.71 ^b	22.72 ± 1.30 ^{de}	24.99 ± 2.35 ^{bf}	25.20 ± 1.82 ^b	24.70 ± 1.92 ^{bcde}	24.60 ± 2.84 ^{bcde}	24.76 ± 2.84 ^{bcd}	24.52 ± 3.25 ^{bcde}	22.49 ± 2.71 ^e
ความเป็นสีแดง (R)	139.00 ± 3.80 ^a	140.80 ± 3.80 ^a	136.60 ± 6.36 ^a	128.70 ± 6.43 ^b	126.20 ± 4.85 ^{bc}	121.40 ± 8.30 ^{cd}	117.80 ± 6.44 ^{de}	113.50 ± 7.43 ^{de}	113.70 ± 4.97 ^{ef}	109.50 ± 5.02 ^{ef}	110.90 ± 4.89 ^{fg}	106.30 ± 3.83 ^g	108.70 ± 6.06 ^{fg}
ความเป็นสีเขียว (G)	122±3.68 ^a	120±3.68 ^{ab}	114±7.36 ^b	106±7.63 ^c	102±5.50 ^{cd}	97±8.55 ^{de}	94±6.30 ^{ef}	90±7.06 ^{fg}	90±4.27 ^{gh}	84±5.02 ^{hi}	87±4.72 ^{shi}	83±4.11 ⁱ	84±4.78 ^{hi}
ความเป็นสีน้ำเงิน (B)	93.60 ± 4.17 ^a	88.50 ± 4.17 ^{ab}	85.00 ± 9.73 ^b	75.40 ± 7.66 ^c	71.80 ± 5.01 ^c	66.00 ± 7.16 ^d	65.60 ± 6.45 ^d	61.50 ± 5.58 ^{de}	62.30 ± 4.57 ^{de}	57.80 ± 4.21 ^e	59.80 ± 3.85 ^{de}	58.70 ± 4.45 ^e	57.40 ± 3.03 ^e
ความแข็ง (N)	36.44 ± 4.93 ^a	28.68 ± 4.93 ^{bcd}	30.46 ± 0.75 ^{abc}	34.38 ± 4.60 ^{ab}	25.71 ± 8.46 ^{cd}	24.53 ± 9.10 ^{cd}	22.49 ± 8.56 ^d	14.26 ± 3.97 ^e	21.07 ± 10.07 ^{de}	23.85 ± 8.05 ^{cd}	21.93 ± 9.73 ^d	22.30 ± 6.46 ^d	21.95 ± 11.28 ^d
ความแน่นเนื้อ (N/mm)	4.24 ± 0.56 ^a	3.75 ± 0.56 ^{ab}	4.02 ± 0.75 ^a	4.54 ± 0.46 ^a	3.75 ± 1.19 ^{ab}	3.72 ± 1.25 ^{ab}	4.12 ± 1.38 ^a	2.57 ± 0.71 ^b	4.01 ± 1.93 ^a	4.63 ± 1.60 ^a	4.24 ± 1.85 ^a	4.52 ± 1.39 ^a	4.73 ± 2.63 ^a
ความเหนียว (N/mm)	151.76±31.54 ^a	102.53±31.54 ^b	100.82±22.87 ^b	109.63±17.61 ^b	67.26±21.38 ^c	59.10±19.09 ^c	40.80±25.81 ^d	24.93±7.42 ^d	35.26±18.27 ^d	38.50±12.44 ^d	35.99±9.17 ^d	32.96±9.46 ^d	30.08±9.46 ^d
ความหวาน (%brix)	29.99±1.86 ^a	36.15±1.86 ^b	37.73±3.07 ^{bc}	36.16±2.81 ^b	40.03±2.37 ^c	47.09±3.27 ^d	49.75±4.71 ^{de}	50.77±4.10 ^e	56.19±3.91 ^f	60.00±4.23 ^g	60.92±3.28 ^g	62.88±3.65 ^g	68.29±3.47 ^h

4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก

4.2.1 สมรรถนะของระบบตรวจจับกล้วยตากที่พร้อมเก็บเพื่อจำหน่าย

สมรรถนะของระบบตรวจจับกล้วยตากที่พร้อมเก็บเพื่อจำหน่าย โดยระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพกล้วยตากที่ถูกพัฒนาขึ้นผ่าน Machine Learning แสดงค่า Accuracy, Precision Recall, F1-Score ของการทำนายตัวอย่างในการสร้างแบบจำลองแบบและตัวอย่างที่ไม่ทราบค่า ได้ 100% แสดงให้เห็นว่า ระบบปัญญาประดิษฐ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ มีความสามารถในการประยุกต์ใช้เพื่อระบบการตรวจจับกล้วยตากที่พร้อมเก็บเพื่อจำหน่ายได้อย่างแม่นยำดังแสดงใน ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 Performance of artificial intelligence for classification dried banana

	จำนวน ตัวอย่าง	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)
ตัวอย่างใช้สร้าง แบบจำลอง	240	100	100	100	100
ตัวอย่างที่ไม่ทราบค่า	50	100	100	100	100

4.2.2 ระบบระบุคุณภาพของกล้วยตาก

สมรรถนะในการระบุคุณภาพของกล้วยตาก สำหรับความหวาน ในตัวอย่างที่ใช้สร้างแบบจำลองมีค่า r^2 เท่ากับ 0.88 RMSE เท่ากับ 1.19 และตัวอย่างที่ไม่ทราบค่ามีค่า r^2 เท่ากับ 0.80 RMSE เท่ากับ 6.02 สำหรับเนื้อสัมผัสโดยนําค่า Toughness ที่เกษตรกรต้องการ โดยมีค่า r^2 เท่ากับ 0.70 RMSE เท่ากับ 8.70 และตัวอย่างที่ไม่ทราบค่ามีค่า r^2 เท่ากับ 0.68 RMSE เท่ากับ 23.14 ดังแสดงใน ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 Performance of artificial intelligence for prediction of dried banana quality

	จำนวนตัวอย่าง	ความหวาน		เนื้อสัมผัส (จาก Toughness)	
		r^2	RMSE	r^2	RMSE
ตัวอย่างใช้สร้าง แบบจำลอง	240	0.88	1.19	0.70	8.70
ตัวอย่างที่ไม่ ทราบค่า	50	0.80	6.02	0.68	23.14

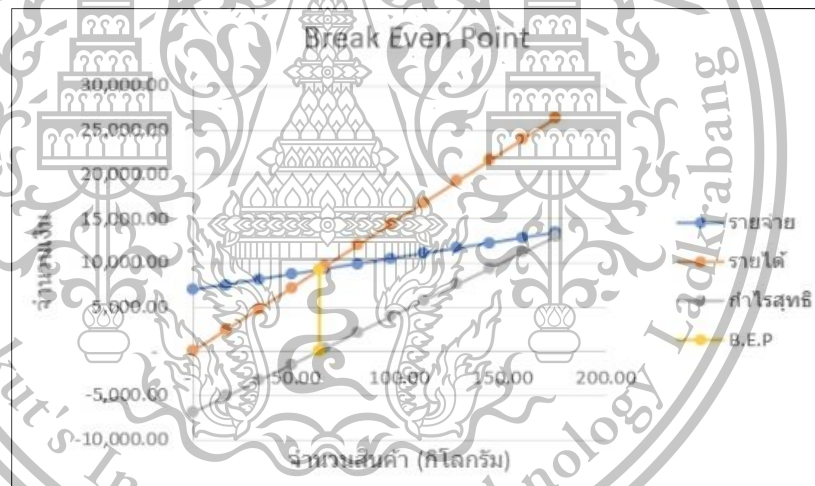
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตากมีต้นทุนในการสร้าง 4890 บาท ไม่รวมค่าติดตั้งและวางระบบ โดยมีต้นทุนคงที่เท่ากับ 6894 บาทต่อปี ซึ่งเป็นผลรวมของค่าเสื่อมราคาเครื่อง (978 บาทต่อปี) และค่าไฟฟ้า (1026 บาทต่อปี) สำหรับค่าใช้จ่ายผันแปรมาจากค่ากล้วยและถุง (37 บาท) ต้นทุนรวมทั้งหมดเท่ากับ 37 บาทต่อกิโลกรัม การประเมินจุดคุ้มทุนตามสมการที่ (12) โดยต้นทุนผันแปรต่อหน่วยที่ความสามารถในการอบแห้งสูงสุด คือ 8 กิโลกรัมต่อรอบ ดังนั้นหาก 1 ปี อบแห้ง 100 รอบ แต่ละรอบอบแห้ง 3 วัน จะได้ต้นทุนผันแปรต่อหน่วยเท่ากับ 5.4 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นจะคุ้มทุนเมื่อขายกล้วยตากได้ 61.01 กิโลกรัมต่อเดือนรูปที่ 4.10 แสดงถึงแผนภูมิของการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตาก อย่างไรก็ตามจากความสามารถในการอบแห้งกล้วย 8 กิโลกรัมต่อรอบและระยะเวลาในการทำงานต่อปีที่กล่าวไว้ข้างต้นทำให้ใน 1 ปี จะมีความสามารถในการผลิตเท่ากับ 16 กิโลกรัมต่อเดือนซึ่งมีค่าสูงกว่าจุดคุ้มทุนที่ได้คำนวณมาข้างต้น เมื่อคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากสมการที่ (3.13) จะสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 5 เดือน



รูปที่ 4.10 Break Even Point Graph

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตากที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้มีความสามารถในการตรวจสอบและจำแนกคุณภาพของกล้วยตากได้ เกษตรกรสามารถติดตามระยะเวลาการคั่วที่เหลือในการตากกล้วยและค่าความหวานได้ตลอดเวลาผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน บนทุกแพลตฟอร์มไม่ว่าจะเป็นสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต แล็ปท็อปและยังมีระบบที่เกษตรกรสามารถสื่อสารกับระบบนี้เพื่อสอบถามความคืบหน้าและข้อมูลคุณภาพของกล้วยตากและแจ้งเตือนให้กับเกษตรกรเมื่อกล้วยตากใกล้จะตากเสร็จแล้วผ่านแอปพลิเคชัน Line นอกจากนี้ระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตากยังสามารถทำให้ความสูญเสียของกล้วยตากที่ไม่ได้มาตรฐานลดลงจึงทำให้อัตราการผลิตสูงขึ้น คุณภาพใกล้เคียงกันทุกรอบของกรรเก็บ และยังสามารถคาดการณ์เวลาในการเก็บได้จึงทำให้เกษตรกรสามารถฝากให้ผู้อื่นที่ไม่มีความเชี่ยวชาญเก็บแทนได้ ระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตากที่ประกอบไปด้วยกล้อง (Logitech C270) คับบอร์ดไมโครโพรเซสเซอร์ (Nvidia Jetson Nano Developer Kit (Kit-B01)) ซึ่งมีต้นทุนเพียง 4890 บาทส่งผลให้ต้นทุนได้ภายในระยะเวลา 5 เดือน ซึ่งได้รับความพึงพอใจจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในกรณีศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างมาก และระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตากยังสามารถใช้ร่วมกับโซลาร์เซลล์ได้เนื่องจากมีการใช้พลังงานน้อยอาจจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายของค่าไฟได้ จากข้อมูลทั้งหมดนี้กล่าวได้ว่าระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อรู้จำคุณภาพของกล้วยตากจะเป็นส่วนช่วยยกระดับการเกษตรกรรมของประเทศไทยสู่การเป็นเกษตรอัจฉริยะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2563). อัตราดอกเบี้ยประจำวันของธนาคารพาณิชย์. สืบค้น 1 ก.พ. 2563, จาก https://www.bot.or.th/thai/statistics/_layouts/application/interest/in_rate.aspx.
- น้อย ไทยเจริญ. วิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรอำเภอบางคล้า. (23 ตุลาคม 2562). สัมภาษณ์.
- ปานมนัส ศิริสมบุรณ์. (2559). การวัดเนื้อสัมผัสของผลิตผลทางการเกษตรและอาหาร (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด มีน เซอร์วิส ซัพพลาย.
- เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. (2536). การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิมพ์พรรณ ปรี่องาม, นางลักษณ์ เล็กรุ่งเรืองกิจ และ ภวินท์ ธัญภัทรานนท์. (2560). เครื่องล้างทำความสะอาดอ้อยสำหรับทำอ้อยคั้นน้ำ. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 23(2), 52-58.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดนนทบุรี. (ม.ป.ป.). วิสาหกิจชุมชน. สืบค้น 8 กุมภาพันธ์ 2563, จาก http://www.nonthaburi.doae.go.th/community_01.html
- สมชาติ โสภณธรรมฤทธิ์. (2540). การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อนิรุทธิ์ ต่ายขาว และ สมบัติ ทีฆทรัพย์. (2556). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติและชนิดพาความร้อนแบบบังคับ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีเทิร์นเอเชีย. 29-30.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.