โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยใช้คุณลักษณะผสม
Classification of fruit in a box (FIB) using hybrid features

ชื่อนิสิต นายจิรภัทร วัชรสิงห์ 583 36156 23
นางสาวธนพร ถิระเลิศพานิชย์ 583 36339 23

ภาควิชา คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
สาขาวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2561

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงงานทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงงานทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด
The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the senior project authors' files submitted through the faculty.

การจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยใช้คุณลักษณะผสม

นางสาวจิรภัทร วัชรสิงห์
นางสาวธนพร ถิระเลิศพานิชย์

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Classification of fruit in a box (FIB) using hybrid features

Jirapat Watcharasing
Thanaporn Thiralertphanich

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Bachelor of Science Program in Computer Science
Department of Mathematics and Computer Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อโครงงาน	การจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยใช้คุณลักษณะผสม
โดย	นางสาวจิรภัทร วัชรสิงห์
	นางสาวธนพร ถิระเลิศพานิชย์
สาขาวิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกานต์ พิมลธเรศ
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศศิภา พันธุวดีธร

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับโครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิตในรายวิชา 2301499 โครงงานวิทยาศาสตร์ (Senior Project)

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะ เนียมมณี) หัวหน้าภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกานต์ พิมลธเรศ) อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานหลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศศิภา พันธุวดีธร) อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพร พลายมาศ) กรรมการ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอื้อมพร ฟักสุวรรณ) กรรมการ

นางสาวจิรภัทร วัชรสิงห์, นางสาวธนพร ถิระเลิศพานิชย์: การจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยใช้คุณลักษณะผสม. (Classification of fruit in a box (FIB) using hybrid features) อ.ที่ปรึกษาโครงงานหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกานต์ พิมลธเรศ, อ.ที่ปรึกษาโครงงานร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศศิภา พันธุวดีธร, 61 หน้า.

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาการจำแนกชนิดของผลไม้ในกล่องให้มีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากคุณลักษณะสีและพื้นผิวจากรูปภาพ ผู้วิจัยได้คัดเลือกผลไม้ 20 ชนิดที่มีสีและพื้นผิวที่หลากหลายเพื่อวิเคราะห์ในการศึกษานี้ ถึงแม้ว่าในงานวิจัยก่อนหน้าได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถของคุณลักษณะสีและพื้นผิว แต่คุณลักษณะแต่ละคุณลักษณะไม่สามารถใช้จำแนกชนิดของผลไม้ได้อย่างถูกต้องเพียงพอสำหรับการใช้งานจริง ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาคุณลักษณะหกคุณลักษณะ ได้แก่ ฮิสโทแกรมสี ตัวอธิบายเค้าโครงสี สหสัมพันธ์สี เมทริกซ์การเกิดร่วมของระดับสีเทา แบบรูปทวิภาคเฉพาะที่ และเมทริกซ์ความแตกต่างโทนสีเทาของเพื่อนบ้าน ซึ่งจะนำมาใช้ร่วมกันเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกชนิดของผลไม้ในกล่อง โดยขั้นตอนการประมวลผลภาพก่อนจะถูกใช้กับรูปภาพผลไม้เพื่อเตรียมภาพให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขของงานวิจัย จากนั้นคุณลักษณะรูปภาพทั้งหกคุณลักษณะจะถูกสกัดออกมาจากแต่ละรูปภาพ และท้ายที่สุดกระบวนการจำแนกผลไม้จะถูกใช้ผ่านวิธีการในการจำแนกที่เป็นที่นิยมได้แก่ ตัวจำแนกการถดถอยเชิงโลจิสติก ตัวจำแนกนาอีฟเบย์ ตัวจำแนกการวิเคราะห์การจำแนกประเภทเชิงเส้น การค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว ต้นไม้ตัดสินใจ วิธีป่าสุ่ม ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น หลังจากทดสอบและประเมินผลการทดลองพบว่าการผสมคุณลักษณะเข้าด้วยกันให้ความถูกต้องสูงในทุกวิธีการจำแนกและมีประสิทธิภาพในการจำแนกชนิดของผลไม้ในกล่อง

ภาควิชา คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต จิรภัทร วัชรสิงห์

ลายมือชื่อนิสิต ธนพร ถิระเลิศพานิชย์

สาขาวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาโครงงานหลัก

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาโครงงานร่วม

5833615623, 5833633923: MAJOR COMPUTER SCIENCE
KEYWORDS : IMAGE RETRIEVAL/ COMPUTER VISION/ MACHINE LEARNING/ COLOR HISTOGRAM, COLOR LAYOUT DESCRIPTOR (CLD)/ COLOR CORRELOGRAM/ LOCAL BINARY PATTERN (LBP)/ GRAY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX (GLCM)/ NEIGHBORHOOD GRAY-TONE DIFFERENCE MATRIX (NGTDM)

JIRAPAT WATCHARASING, THANAPORN THIRALERTPHANICH: CLASSIFICATION OF FRUIT IN A BOX (FIB) USING HYBRID FEATURES. ADVISOR : ASST. PROF. SUPHAKANT PHIMOLTARES, Ph.D., CO-ADVISOR : ASST. PROF. SASIPA PANTHUWADEETHORN, 61 pp.

The purpose of this paper is to develop an effective classification of fruit in a box by considering the color and texture features from the images. Twenty fruit types with various appearances in color and texture were selected to be analyzed in this study. Although the capability of many color or texture features were previously studied in many researches, each feature cannot be used to identify the fruit type accurately enough for practical use. In this study, six features, i.e., HSV Color Histogram, Color Layout Descriptor (CLD), Color Correlogram, Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM), Local Binary Pattern (LBP), and Neighboring Gray Tone Difference Matrix (NGTDM), are combined in order to increase accuracy of fruit-in-a-box classification. An image preprocessing stage is applied to fruit images to prepare the images in good condition. Then, six image features are extracted from each image. Finally, the fruit classification process is adopted through the well-known classification methods such as Logistic Regression classifier, Naïve Bayes classifier, Linear Discriminant Analysis (LDA) classifier, k-Nearest Neighbor (kNN), Decision Tree, Random Forest, Support Vector Machine (SVM), and Multi-Layer Perceptron (MLP). After experiments were tested and evaluated, it shows that, with the appropriate classification method, the hybridization of features yields high accuracy with independence of classification method and effectiveness in the classification of fruit in a box.

Department : Mathematics and Computer Science Student's Signature Jirapat W.
Student's Signature Thanaporn T.
Field of Study : Computer Science Advisor's Signature
Academic Year : 2018 Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัย “การจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยใช้คุณลักษณะผสม” นี้ได้รับการสนับสนุนและความช่วยเหลืออย่างเต็มที่จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกานต์ พิมลธเรศ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศศิภา พันธุวดีธร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม ในการเอาใจใส่ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ในงานวิจัย ตรวจทานแก้ไขข้อผิดพลาด รวมถึงคอยให้กำลังใจตั้งแต่เริ่มต้นดำเนินงานวิจัยจนกระทั่งสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพร พลายมาศ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอื้อมพร ฟักสุวรรณ กรรมการสอบโครงงาน ซึ่งได้ช่วยชี้แนะให้โครงงานมีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ท่านอื่นที่มิได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ให้ผู้วิจัยได้มีความรู้ และความเข้าใจในทฤษฎีต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ในการดำเนินงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่ได้จัดสถานที่ให้นิสิตในการดำเนินงานวิจัย รวมถึงงบประมาณค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติมิตรทุกท่านที่ได้สนับสนุน ให้คำปรึกษา และให้กำลังใจเสมอตลอดการดำเนินงานวิจัยนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและเหตุผลการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.6 โครงสร้างของรายงาน 4

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 25

3.1 การสกัดคุณลักษณะจากภาพถ่ายผลไม้ในกล่อง 25

3.2 การสร้างตัวจำแนกเพื่อใช้จำแนกชนิดของผลไม้ในกล่อง 29

3.3 การแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบ Graphical User Interfaces (GUI) 30

บทที่ 4 ผลการวิจัย 33

4.1 การตั้งค่าการทดลอง 33

4.2 ผลการวิจัย..... 34
4.3 การอภิปรายผล..... 37
บทที่ 5 ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ..... 39
5.1 ข้อสรุป..... 39
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 40
รายการอ้างอิง..... 41
ภาคผนวก ก แบบเสนอหัวข้อโครงงาน รายวิชา 2301399 Project Proposal ปีการศึกษา 2561 . 45
ประวัติผู้เขียน..... 51

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 การกำหนดค่าของตัวแปรสำหรับขั้นตอนวิธีต่าง ๆ 29
ตารางที่ 4.1 เปอร์เซนต์ความถูกต้องจากการทดสอบตัวจำแนกด้วยชุดคุณลักษณะที่แตกต่างกัน 35
ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์การจำแนกที่ผิดพลาดจากการทดลองชุดของคุณลักษณะที่ดีที่สุดกับเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น..... 37

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 พื้นที่สี HSV 5
ภาพที่ 2.2 ฮิสโทแกรมสีแสดงการกระจายตัวของสีต่าง ๆ ในรูปภาพ 6
ภาพที่ 2.3 แสดงวิธีการกราดแบบ zigzag บนค่าสัมประสิทธิ์ร่วม 64 ค่า 7
ภาพที่ 2.4 แสดงภาพรวมของกระบวนการสกัดคุณลักษณะของ CLD 7
ภาพที่ 2.5 การสร้างดัชนีของสหสัมพันธ์สี 8
ภาพที่ 2.6 แสดงการนับจำนวนคู่จุดภาพแนวตั้ง แนวนอนและแนวทแยงมุม 8
ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างกระบวนการสกัดคุณลักษณะ GLCM ในแนวนอน 0 องศา 9
ภาพที่ 2.8 แสดงการทำงานพื้นฐานของแบบรูปทวิภาคเฉพาะที่ 10
ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างแบบรูปทวิภาคเฉพาะที่วงกลมเมื่อใช้ค่า P และ R ที่ต่างกัน 10
ภาพที่ 2.10 การสกัดคุณลักษณะโดยใช้วิธีการ NGTDM 12
ภาพที่ 2.11 กราฟฟังก์ชันโลจิสติก 13
ภาพที่ 2.12 การแบ่งข้อมูลโดยใช้ตัวจำแนกการวิเคราะห์การจำแนกประเภทเชิงเส้น 16
ภาพที่ 2.13 จำนวนข้อมูลที่ใช้พิจารณาการจำแนกเมื่อเลือกค่า k ที่ต่างกัน 16
ภาพที่ 2.14 ต้นไม้ตัดสินใจสำหรับการเลือกซื้อคอมพิวเตอร์ 17
ภาพที่ 2.15 การโหวตต้นไม้ที่ให้ผลการจำแนกที่ดีที่สุด 18
ภาพที่ 2.16 ภาพรวมการจำแนกข้อมูลโดยใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน 19
ภาพที่ 2.17 การหาระนาบการแบ่งประเภทของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน 19
ภาพที่ 2.18 ส่วนประกอบของเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น 20
ภาพที่ 2.19 ภาพแสดงการแบ่งข้อมูลของวิธีตรวจสอบไขว้ เมื่อให้ค่า k = 5 22
ภาพที่ 3.1 การสกัดเวกเตอร์คุณลักษณะจากรูปภาพ 25
ภาพที่ 3.2 กระบวนการสกัดคุณลักษณะจากภาพถ่ายผลไม้ในกล่อง 26
ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างเวกเตอร์คุณลักษณะที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะของภาพ Banana_1.jpg 28
ภาพที่ 3.4 ส่วนประกอบของหน้าจอสำหรับแสดงผลลัพธ์การจำแนก 30
ภาพที่ 3.5 หน้าจอเริ่มต้น 31
ภาพที่ 3.6 หน้าต่างสำหรับเลือกรูปภาพ 31
ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างผลลัพธ์ของการจำแนกรูปภาพผลไม้ 32
ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างภาพถ่ายผลไม้ในกล่องที่นำมาใช้ในงานวิจัย 34
ภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถูกต้องจากการทดสอบตัวจำแนกด้วยชุดคุณลักษณะที่ต่างกัน 36

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุผลการวิจัย

ผลไม้สดจัดเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุอันมีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย และนับเป็นสินค้าชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคจำนวนมาก การขายผลไม้สดในร้านค้าทั่วไป เจ้าของร้านหรือพนักงานขายจะเป็นผู้ชั่งน้ำหนักและคำนวณราคาสินค้า ในขณะที่การขายผลไม้สดในห้างสรรพสินค้ามีหลายรูปแบบ เช่น ลูกค้าเลือกผลไม้ใส่ถุงแล้วนำไปให้พนักงานชั่งน้ำหนักและระบุชนิดสินค้าเพื่อติดป้ายรหัสแท่ง (Barcode) หรือลูกค้าเลือกผลไม้ที่บรรจุอยู่ในกล่องที่ชั่งน้ำหนักและติดป้ายรหัสแท่งเรียบร้อยแล้ว นำไปชำระเงินที่จุดชำระค่าสินค้าและบริการ ซึ่งจะเห็นว่าห้างสรรพสินค้าส่วนใหญ่ใช้รหัสแท่งเพื่อบอกข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาประยุกต์กับธุรกิจซื้อขายสินค้าเพื่อลดข้อผิดพลาดในการกรอกข้อมูลสินค้าและการคำนวณเงินค่าสินค้าของพนักงานขาย ซึ่งช่วยเสริมสร้างความมั่นใจ เพิ่มความสะดวกสบายและความรวดเร็วในการชำระเงินแก่ลูกค้า นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ยังสามารถทดแทนการใช้รหัสแท่งของห้างสรรพสินค้าได้ ร้านค้าหรือห้างสรรพสินค้าสามารถใช้กล่องบรรจุภัณฑ์ในการบรรจุผลไม้สดเพื่อเตรียมวางขาย เมื่อลูกค้าหยิบกล่องผลไม้ไปชำระค่าสินค้า เครื่องชั่งน้ำหนักและคำนวณราคาสินค้าอัตโนมัติจะจำแนกชนิดของผลไม้จากภาพถ่ายของผลไม้ในกล่องและแสดงราคาสินค้าที่ลูกค้าต้องชำระ

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้พัฒนาจึงสนใจทำโครงงานวิจัยเรื่อง การจำแนกผลไม้ในกล่องพลาสติกใสในชื่อระบบ Fruit in a box (FIB) โดยนำคุณลักษณะสีและพื้นผิวที่ได้จากภาพถ่ายผลไม้ในกล่องมาวิเคราะห์ นำขั้นตอนวิธีต่าง ๆ มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนกผลไม้ เพื่อให้ได้ผลการจำแนกถูกต้อง แม่นยำและมีประสิทธิภาพมากที่สุด รวมถึงแสดงผลการจำแนกผลไม้และจำนวนเงินที่ลูกค้าต้องชำระ ทั้งยังสามารถนำผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้และต่อยอดในร้านค้าผลไม้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาโปรแกรมการจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยการนำคุณลักษณะสีและพื้นผิวในรูปแบบต่าง ๆ จากภาพถ่ายผลไม้ในกล่องมาจำแนกชนิดผลไม้ โดยใช้ขั้นตอนวิธีที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกผลไม้ที่ดีที่สุด

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ผลไม้ที่ใช้ในการจำแนกมี 20 ชนิด ได้แก่ สตรอว์เบอร์รี แอปเปิ้ลแดง แอปเปิ้ลเขียว เชอร์รี เงาะ ชมพู่ บลูเบอร์รี กีวี องุ่นเขียว กล้วย สาลี่ แก้วมังกร เสาวรส สละ มะขามฝรั่ง ลำไย มะม่วง มะยงชิดและส้ม
2. ผลไม้แต่ละชนิดบรรจุในกล่องพลาสติกใส โดยเก็บภาพถ่ายผลไม้ชนิดละ 50 ภาพ
3. กล่องใส่ผลไม้ต้องเป็นกล่องพลาสติกใส
4. ในการถ่ายภาพผลไม้ในกล่อง ควรตั้งกล้องให้ห่างจากผลไม้ในกล่องเป็นระยะประมาณ 30 เซนติเมตร และพื้นหลังของภาพถ่ายผลไม้ในกล่องต้องเป็นสีขาว
5. ภาพถ่ายผลไม้ในกล่องต้องมีความละเอียดตั้งแต่ 72 dpi และมีขนาด 1,000 X 1,000 pixels

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยการจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยใช้คุณลักษณะผสม มีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

ก. แผนการศึกษา

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎี
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาประสิทธิภาพคุณลักษณะต่าง ๆ และขั้นตอนวิธีในการจำแนก
4. ออกแบบและเขียนโปรแกรมจำแนกผลไม้ในกล่อง
5. ทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมจำแนกผลไม้ในกล่อง
6. ประเมินผลและอภิปรายผล
7. จัดทำเอกสาร

ข. ระยะเวลาที่ศึกษา

ขั้นตอน	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎี									
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง									
3. ศึกษาประสิทธิภาพ คุณลักษณะต่าง ๆ และขั้นตอนวิธีในการจำแนก									
4. ออกแบบและเขียนโปรแกรมจำแนกผลไม้ในกล่อง									
5. ทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมจำแนกผลไม้ในกล่อง									
6. ประเมินผลและอภิปรายผล									
7. จัดทำเอกสาร									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยในครั้งนี้มีดังนี้

ก. ประโยชน์ด้านความรู้และประสบการณ์ต่อนิสิต

1. มีความรู้ ความเข้าใจขั้นตอนในการดำเนินการพัฒนาระบบ
2. ได้ฝึกคิดวิเคราะห์ รู้จักทำงานอย่างมีแบบแผน มีระเบียบวินัย ตรงต่อเวลาและมีความรับผิดชอบต่องาน
3. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการเตรียมรูปภาพ การแยกคุณลักษณะต่าง ๆ จากรูปภาพ การจำแนกรูปภาพ
4. ได้รับความรู้การเขียนโปรแกรมและพัฒนาระบบจำแนกรูปภาพ

ข. ประโยชน์ที่ได้จากโครงงานที่พัฒนาขึ้น

1. ลดข้อผิดพลาดในการกรอกรหัสสินค้าผิดชนิดของพนักงานขาย
2. ลดข้อผิดพลาดในขั้นตอนการชำระเงินของลูกค้า
3. ลูกค้าสามารถซื้อสินค้าได้อย่างสะดวกสบายและรวดเร็ว

1.6 โครงสร้างของรายงาน

บทที่ 2 กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกผลไม้ในกล่อง รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดคุณลักษณะและการสร้างตัวจำแนกเพื่อใช้ในการจำแนกผลไม้

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการวิจัยในการจำแนกผลไม้ในกล่อง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะแบ่งกระบวนการออกเป็นสามขั้นตอนย่อย ได้แก่ การสกัดคุณลักษณะจากภาพถ่ายผลไม้ในกล่อง การสร้างตัวจำแนกเพื่อใช้จำแนกชนิดของผลไม้ในกล่อง และการแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบ Graphical User Interfaces (GUI)

บทที่ 4 กล่าวถึงกระบวนการทดลอง และผลของการดำเนินการวิจัยของตัวจำแนกคุณลักษณะที่เสนอสำหรับการจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยพิจารณาประสิทธิภาพของการสกัดคุณลักษณะและการจำแนกประเภทผลไม้ในกล่อง รวมถึงการอภิปรายผลการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยการจำแนกผลไม้ในกล่องและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกผลไม้ในกล่อง รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดคุณลักษณะและการจำแนกผลไม้

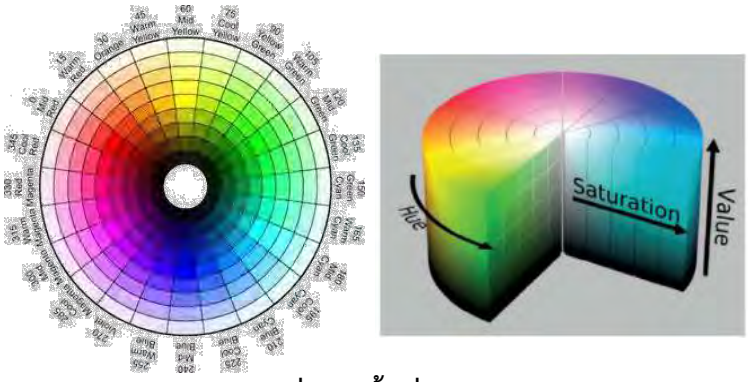
2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การสกัดคุณลักษณะจากรูปภาพ

งานวิจัยนี้ สนใจศึกษาคุณลักษณะ (Features) 6 ตัว เนื่องจากเป็นคุณลักษณะที่สามารถให้ข้อมูลทางด้านสีและพื้นผิวของรูปภาพได้อย่างครบถ้วน ซึ่งคุณลักษณะทั้ง 6 ตัวมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1.1 ฮิสโทแกรมสี (Color Histrogram)

ฮิสโทแกรมสี เป็นคุณลักษณะสีในการค้นคืนของรูปภาพ (Image Retrieval) จากค่าการกระจายตัวของสีต่าง ๆ ในรูปภาพ ซึ่งจะสอดคล้องกันกับความถี่ โดยงานวิจัยนี้ สนใจศึกษาพื้นที่สี HSV ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 อย่างคือ ค่าสี (Hue) ความอิ่มตัวของสี (Saturation) และค่าความสว่างของสี (Brightness)

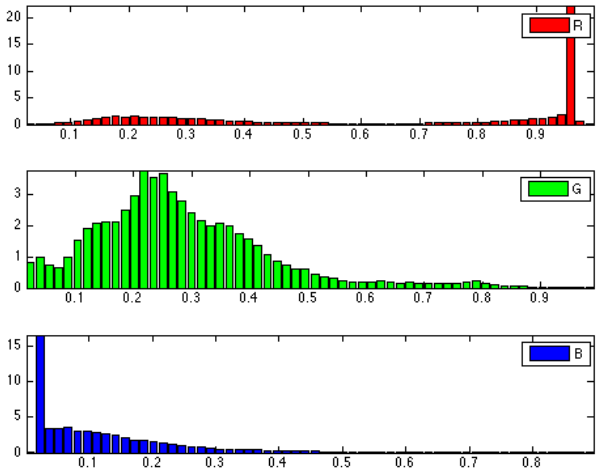


ภาพที่ 2.1 พื้นที่สี HSV

(ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV)

ในการหาฮิสโทแกรมสีนั้น พื้นที่สี (Color Space) จะถูกเปลี่ยนเป็นค่าในระดับต่าง ๆ ซึ่งค่าต่าง ๆ เหล่านี้จะเรียกว่า บิน (Bin) โดยการสร้างฮิสโทแกรมสีนั้น จะสร้าง

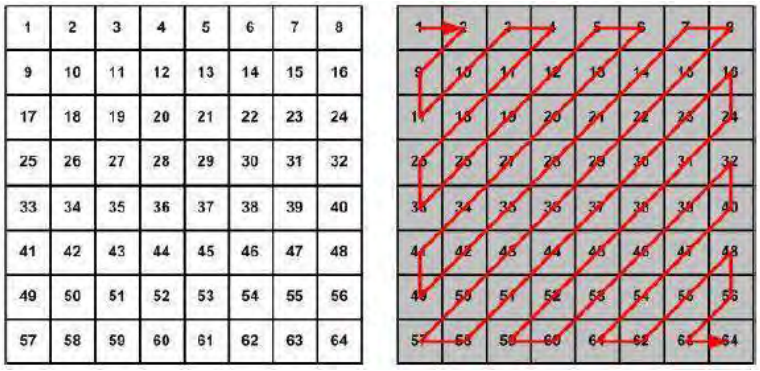
จากการนับจำนวนพิกเซล (Pixel) แล้วนำค่าในพิกเซลมาจัดกลุ่มเพื่อนับความถี่ในแต่ละบิน ดังภาพที่ 2.2



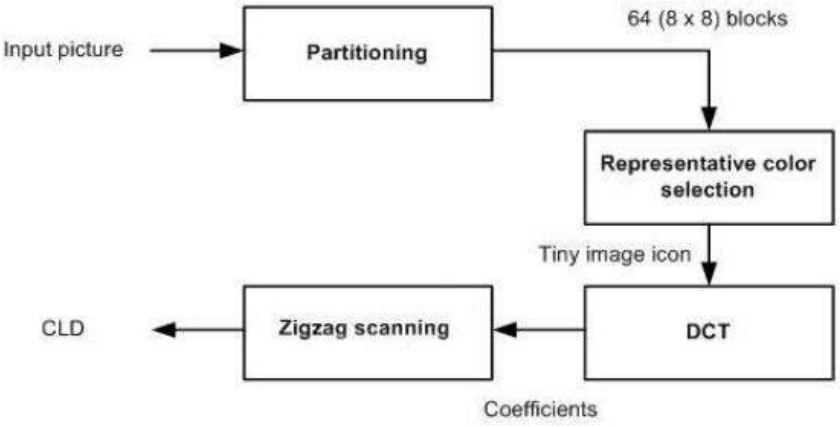
ภาพที่ 2.2 ฮิสโทแกรมสีแสดงการกระจายตัวของสีต่าง ๆ ในรูปภาพ
(ที่มา: http://www.numerical-tours.com/matlab/multidim_1_color/)

2.1.1.2 ตัวอธิบายเค้าโครงสี (Color Layout Descriptor - CLD)

ตัวอธิบายเค้าโครงสี [1] เป็นคุณลักษณะสีที่แสดงค่าการกระจายตัวของสีต่าง ๆ ในรูปภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังสามารถค้นคืนรูปภาพได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากมีความกะทัดรัดและไม่มีการเปลี่ยนแปลงความละเอียดของรูปภาพ กระบวนการสกัดคุณลักษณะสีของตัวอธิบายเค้าโครงสีประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนการแบ่งรูปภาพให้เป็นตารางขนาด 8X8 หรือ 64 พิกเซล ซึ่งรูปภาพที่นำมาใช้นั้นจะต้องอยู่ในพื้นที่สี RGB (R: Red แทนสีแดง G: Green แทนสีเขียว และ B: Blue แทนสีน้ำเงิน) ขั้นตอนที่สองเป็นการแทนค่าสีที่เลือกมาจากแต่ละบล็อกตาราง โดยเลือกจากการคำนวณค่าเฉลี่ยของสีในแต่ละพิกเซลของแต่ละบล็อกตาราง จากนั้นสีที่อยู่ในพื้นที่สีของ RGB จะถูกแปลงเป็นพื้นที่สี YCbCr (Y: Yellow แทนสีเหลือง Cb: Blue Chrominance แทนความแตกต่างของสีน้ำเงิน และ Cr: Red Chrominance แทนความแตกต่างของสีแดง) ขั้นตอนที่สามเป็นการนำแต่ละบล็อกรูปภาพมาแปลงโคไซน์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Cosine Transform - DCT) จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ร่วม (Coefficients) 8x8 ค่า ซึ่งคือค่าสัมประสิทธิ์ร่วม 64 ค่าในรูปแบบแถวลำดับสองมิติ (Array 2D) และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการนำแถวลำดับสองมิติที่ได้จากขั้นตอนที่สามมาวัดความคล้ายคลึงกันของรูปภาพ โดยกระบวนการขั้นตอนกราดรูปภาพแบบ zigzag ดังภาพที่ 2.3 และภาพรวมของกระบวนการดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.3 แสดงวิธีการกราดแบบ zigzag บนค่าสัมประสิทธิ์ร่วม 64 ค่า
(ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Color_layout_descriptor)

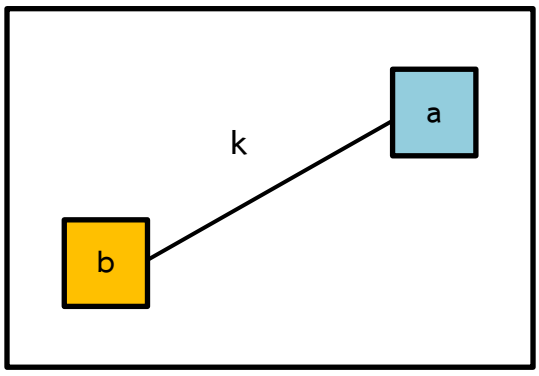


ภาพที่ 2.4 แสดงภาพรวมของกระบวนการสกัดคุณลักษณะของ CLD
(ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Color_layout_descriptor)

2.1.1.3 สหสัมพันธ์สี (Color Correlogram)

สหสัมพันธ์สี เป็นคุณลักษณะของสีที่มีประสิทธิภาพในการค้นคืนของรูปภาพ (Image Retrieval) ซึ่งอยู่ในรูปของกราฟหรือตาราง เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของค่าคู่สีในแต่ละพิกเซลใด ๆ กับระยะห่างของพิกเซลนั้น

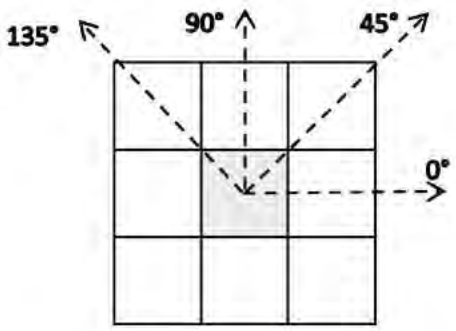
จากงานวิจัยเรื่องดัชนีของภาพจากสหสัมพันธ์สี โดย Huang และคณะ [2] ได้อธิบายการทำดัชนีของสหสัมพันธ์สีเอาไว้ว่า สำหรับตารางที่เก็บคู่ของสีตำแหน่งที่ k จะมีข้อมูลคู่สี (a, b) ที่บอกความน่าจะเป็นว่า ณ ระยะทาง k จากพิกเซล a มีโอกาสที่จะเป็นสีในพิกเซล b อยู่เท่าไร ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การสร้างดัชนีของสหสัมพันธ์สี

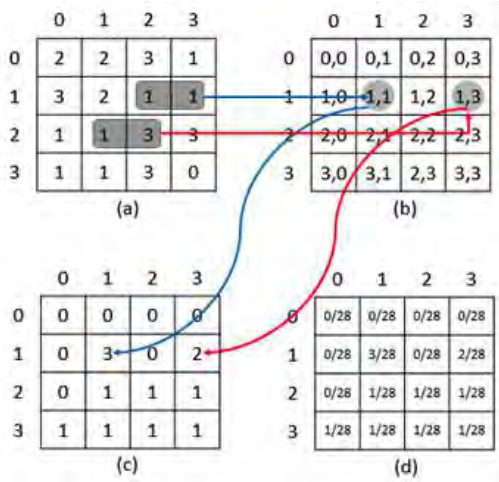
2.1.1.4 ค่าเมทริกซ์การเกิดร่วมของระดับสีเทา (Gray-Level Co-Occurrence Matrix - GLCM)

ค่าเมทริกซ์การเกิดร่วมของระดับสีเทา เป็นวิธีในการสกัดคุณลักษณะจากข้อมูลเชิงพื้นผิวของรูปภาพ โดยจะทำการคำนวณและเปรียบเทียบการเกิดขึ้นของระดับสีเทาในภาพจากการนับจำนวนคู่จุดภาพที่อยู่ใกล้กัน (Neighboring Cells) มาสร้างเมทริกซ์ความสัมพันธ์ (Co-Occurrence Matrix) ซึ่งสามารถนำมาพิจารณาได้ 4 ระดับคือ แนวนอน (Horizontal) ที่ระดับ 0 องศา แนวตั้ง (Vertical) ที่ระดับ 90 องศา แนวทแยงมุม (Diagonal) ที่ระดับ 45 องศา และ 135 องศา แสดงดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แสดงการนับจำนวนคู่จุดภาพแนวตั้ง แนวนอนและแนวทแยงมุม (ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/8-connected-Neighbours-pixels-Grey-Level-Co-occurrence-Matrix_fig3_324175901)

จากนั้นนำเมทริกซ์ความสัมพันธ์มาแปลงให้เป็นเมทริกซ์ความน่าจะเป็น (Probability Matrix) โดยการนำค่าแต่ละช่องของเมทริกซ์ความสัมพันธ์หารด้วยผลรวมของค่าพิกเซลในภาพตั้งต้น ดังภาพที่ 2.7



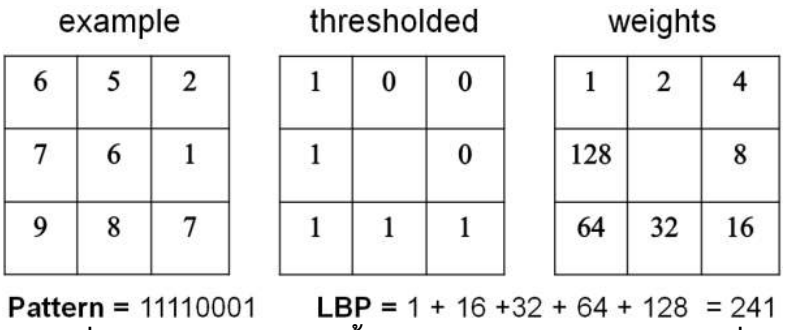
ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างกระบวนการสกัดคุณลักษณะ GLCM ในแนวนอน 0 องศา
(a) ภาพตั้งต้น (b) ดัชนีของเมทริกซ์ GLCM
(c) เมทริกซ์ความสัมพันธ์ (d) เมทริกซ์ความน่าจะเป็น
(ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/GLCM-constructions-a-Original-image-b-GLCM-indices-c-Co-occurrence-matrix-d_fig1_286680919)

จากงานวิจัยของ A. Khotanzad และ Y. Hua Hong [3] เมทริกซ์ความน่าจะเป็นที่ได้สามารถนำไปคำนวณหาคุณลักษณะสำหรับวัดพื้นผิวภาพได้ทั้งหมด 49 วิธี โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการเลือกใช้ค่าคุณลักษณะจาก GLCM จำนวน 13 วิธี [4] ดังนี้

1. ค่าโมเมนต์อันดับสองเชิงมุม (Angular second moment)
2. ค่าความต่าง (Contrast)
3. ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation)
4. ค่าผลรวมกำลังสอง (Sum of square)
5. ค่าโมเมนต์ผลต่างผกผัน (Inverse different moment)
6. ค่าผลรวมเฉลี่ย (Sum average)
7. ค่าผลรวมของความเบี่ยงเบน (Sum variance)
8. ค่าผลรวมเอนโทรปี (Sum entropy)
9. ค่าเอนโทรปี (Entropy)
10. ค่าผลต่างของความเบี่ยงเบน (Difference variance)
11. ค่าผลต่างเอนโทรปี (Difference entropy)
12. ค่าวัดข้อมูลสหสัมพันธ์แบบที่ 1 (Information measure of correlation 1)
13. ค่าวัดข้อมูลสหสัมพันธ์แบบที่ 2 (Information measure of correlation 2)

2.1.1.5 ค่าแบบรูปทวิภาคเฉพาะที่ (Local Binary Pattern - LBP)

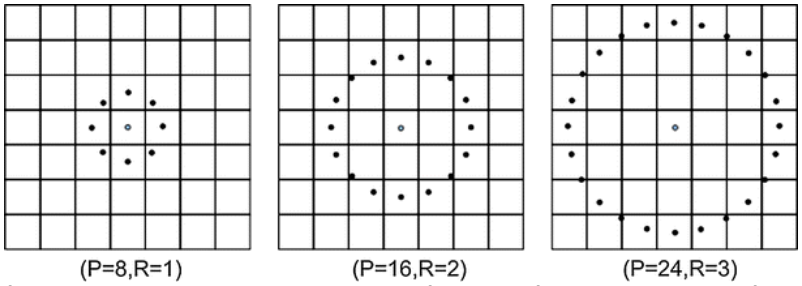
แบบรูปทวิภาคเฉพาะที่ [5] เป็นคุณลักษณะพื้นผิวที่มีประสิทธิภาพและนิยมใช้ในการค้นคืนรูปภาพเป็นอย่างมาก โดยการทำงานของแบบรูปทวิภาคเฉพาะที่ จะคำนวณหาค่าเพื่อใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ขนาด 3x3 พิกเซล และใช้จุดศูนย์กลางของพื้นที่เป็นค่าอ้างอิงในการคำนวณ ผลที่ได้จะอยู่ในแบบรูป (Pattern) ของเลขฐานสอง ซึ่งสามารถแปลงเป็นฮิสโทแกรม เพื่อแสดงคุณลักษณะพื้นผิวของรูปภาพได้ ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงการทำงานพื้นฐานของแบบรูปทวิภาคเฉพาะที่

(ที่มา: http://www.ee.oulu.fi/research/imag/lbp/LBP_surveyReport.htm)

ในการเพิ่มประสิทธิภาพแบบรูปทวิภาคเฉพาะที่ให้ดียิ่งขึ้น สามารถทำได้ด้วยการปรับรูปแบบการทำงานของแบบรูปทวิภาคเฉพาะที่ให้เป็นรูปแบบวงกลม โดยเพิ่มตัวแปรขึ้นมา 2 ตัวคือ ตัวแปร P แทนจำนวนตำแหน่งรอบจุดศูนย์กลาง ซึ่งอาจมี 8 จุด หรือ 16 จุดต่อจุดศูนย์กลาง 1 ตำแหน่งและตัวแปร R คือรัศมีระหว่างตำแหน่ง P กับจุดศูนย์กลางของวงกลมดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างแบบรูปทวิภาคเฉพาะที่วงกลมเมื่อใช้ค่า P และ R ที่ต่างกัน

(ที่มา : https://link.springer.com/article/10.1007/s10044-011-0264-4)

จากการทำงานข้างต้น สามารถนำมาเขียนเป็นสมการเพื่อคำนวณหาค่าแบบรูปทวิภาคเฉพาะที่ของแต่ละพื้นที่ได้ดังสมการ (1)

$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c)2^p \qquad (1)$$

โดยที่ $LBP_{P,R}$ คือ ค่า LBP ของพิกเซลที่ต้องการ

P คือ จำนวนตำแหน่งรอบจุดศูนย์กลาง

R คือ รัศมีระหว่างจุดศูนย์กลางและตำแหน่งรอบจุดศูนย์กลาง

g_p คือ ค่าของพิกเซลที่ตำแหน่งรอบจุดศูนย์กลาง

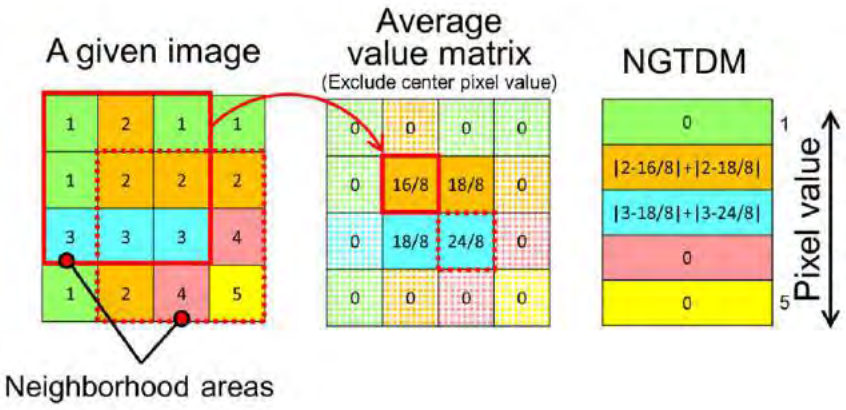
g_c คือ ค่าของพิกเซลที่จุดศูนย์กลาง

ฟังก์ชัน S มีค่าดังนี้

$$s(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \qquad (2)$$

2.1.1.6 เมทริกซ์ความแตกต่างโทนสีเทาของเพื่อนบ้าน (Neighborhood Gray-Tone Difference Matrix - NGTDM)

จากเมทริกซ์ความแตกต่างของระดับสีเทาจากเพื่อนบ้านใกล้เคียง เป็นการหาคุณลักษณะของพื้นผิวแบบหนึ่ง โดยเริ่มจากการกำหนดขนาดของกรอบเพื่อนบ้านที่ต้องการ จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของพิกเซลภายในกรอบเพื่อนบ้านที่ไม่รวมพิกเซลกึ่งกลางมาเก็บลงในเมทริกซ์ค่าเฉลี่ย (Average value matrix) แล้วหาผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างระหว่างค่าสีของพิกเซลกึ่งกลางและระดับสีเฉลี่ยของพิกเซลในกรอบเพื่อนบ้าน และเก็บลงในช่องเวกเตอร์ตามค่าสีของจุดกึ่งกลางนั้น ๆ



ภาพที่ 2.10 การสกัดคุณลักษณะโดยใช้วิธีการ NGTDM
(ที่มา: https://github.com/shinaji/texture_analysis)

เมทริกซ์ความแตกต่างของระดับสีเทาจากเพื่อนบ้านใกล้เคียง สามารถนำไปคำนวณหาคุณลักษณะสำหรับวัดพื้นผิวภาพได้ทั้งหมด 5 แบบ [6] ดังนี้

1. ค่าความหยาบ (Coarseness)
2. ค่าความต่าง (Contrast)
3. ค่าความปนเป (Busyness)
4. ค่าความซับซ้อน (Complexity)
5. ค่าความเด่น (Strength)

2.1.2 วิธีที่ใช้ในการสร้างตัวจำแนก

งานวิจัยนี้ สนใจศึกษาวิธีในการสร้างตัวจำแนก ทั้งหมด 8 วิธี ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถจำแนกประเภทของข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นที่นิยม โดยทั้ง 8 วิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.2.1 ตัวจำแนกการถดถอยเชิงโลจิสติก (Logistic Regression Classifier)

ตัวจำแนกการถดถอยเชิงโลจิสติก [7] และ [8] นิยมใช้สำหรับการจำแนกประเภท โดยใช้ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่สนใจ ที่มีตัวแปรต้นอย่างน้อย 1 ตัวขึ้นไป มีเงื่อนไขคือ ตัวแปรต้นนั้นต้องเป็นอิสระต่อกัน (Dependent variable) และตัวแปรต้นต้องเกิดขึ้นก่อนเหตุการณ์ที่สนใจ กล่าวคือ ต้องทราบค่าตัวแปรต้นจึงจะสามารถหาโอกาสที่อาจเกิดขึ้นของเหตุการณ์ที่สนใจได้นั่นเอง

ตัวจำแนกการถดถอยเชิงโลจิสติก ได้รับการพัฒนามาจาก ฟังก์ชันโลจิสติก (Logistic Function) หรือเรียกอีกชื่อว่าฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid Function) โดยมีสมการ (3) และ กราฟของฟังก์ชันดังภาพที่ 2.11

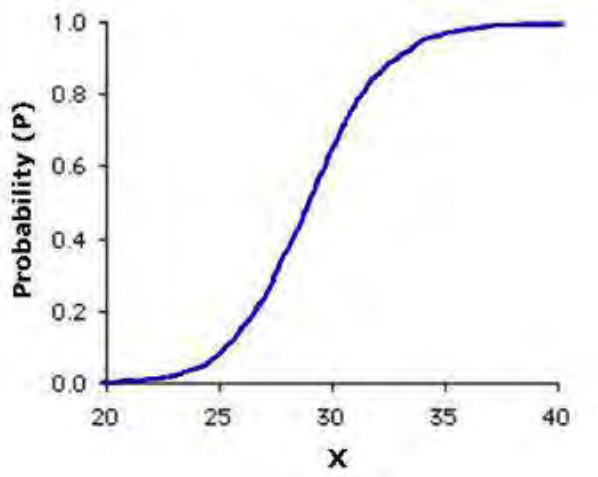
$$P(x) = \frac{e^{\alpha+\beta_1 x_1+\cdots+\beta_n x_n}}{1+e^{\alpha+\beta_1 x_1+\cdots+\beta_n x_n}} \tag{3}$$

โดยที่ $P(x)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

α คือ ค่าคงที่ (จุดตัดแกน)

x_n คือ ค่าของตัวแปรต้น

β_n คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรต้น



ภาพที่ 2.11 กราฟฟังก์ชันโลจิสติก

(ที่มา: http://www.biomedware.com/files/documentation/spacestat/Statistics/Multivariate_Modeling/Regression/About_Aspatial_Logistic_Regression.htm)

สำหรับการนำฟังก์ชันโลจิสติกมาใช้ในการจำแนกข้อมูล จะนำค่า $P(x)$ มาพิจารณาแบ่งประเภทข้อมูล y ใด ๆ ตามเงื่อนไขดังสมการ (4)

$$y = \begin{cases} 1, & P(x) \geq 0.5 \\ 0, & P(x) < 0.5 \end{cases} \tag{4}$$

จะเห็นว่าตัวจำแนกการถดถอยเชิงโลจิสติกจะสามารถจำแนกข้อมูลได้เพียงสองประเภท คือ 0 และ 1 เท่านั้น ดังนั้นหากประเภทของข้อมูลมีจำนวนมากขึ้นจำเป็นต้องใช้วิธีการทางสถิติอื่น ๆ เข้ามาช่วย สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธี 1 vs All โดยมีวิธีการคือ สร้างตัวจำแนกจำนวนเท่ากับประเภทของข้อมูลที่ต้องการจำแนก ซึ่งแต่ละตัวจำแนกจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท โดยกลุ่มที่สนใจ เป็น 1 และประเภทอื่น ๆ เป็น 0 จากนั้นให้ตัวจำแนกทั้ง n แบบจำแนกเป็นอิสระต่อกัน โดยตัวจำแนกที่ให้ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดจะเป็นคำตอบของข้อมูลนั้น ๆ

2.1.2.2 ตัวจำแนกนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes Classifier)

ตัวจำแนกนาอีฟเบย์ เป็นวิธีการจำแนกข้อมูลออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยใช้หลักการจากทฤษฎีของเบย์ (Bayes' Theorem) [13] ซึ่งเป็นสมการที่อยู่บนพื้นฐานของความน่าจะเป็นสำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเพื่อใช้ในการสร้างเงื่อนไขความน่าจะเป็นสำหรับแต่ละความสัมพันธ์ โดยสามารถคำนวณความน่าจะเป็นของสมมติฐานต่าง ๆ จากทฤษฎีของเบย์ ในสมการที่ (5)

$$P(h|D) = \frac{P(D|h) \times P(h)}{P(D)} \tag{5}$$

โดยที่ $P(h|D)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ h ถ้าเกิดเหตุการณ์ D ก่อน

$P(D|h)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ D ถ้าเกิดเหตุการณ์ h ก่อน

$P(h)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ h

$P(D)$ คือ ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ D

จากทฤษฎีของเบย์สามารถนำไปใช้ในการจำแนกข้อมูลโดยการแปลงสมการ (5) ให้อยู่ในรูปของสมการ (6)

$$P(C_i|X) = \frac{P(X|C_i) \times P(C_i)}{P(X)} \quad (6)$$

โดยที่ $P(C_i|X)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ข้อมูลที่มีคุณลักษณะ X จะเป็นประเภท C_i (Posterior Probability)

$P(X|C_i)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ชุดข้อมูลสอนเป็นประเภท C_i และมีคุณลักษณะ X (Likelihood)

$P(C_i)$ คือ ความน่าจะเป็นของประเภท C_i (Prior Probability)

$P(X)$ คือ ความน่าจะเป็นของคุณลักษณะ X

จะเห็นได้ว่า $P(X)$ ของทุกประเภทจะมีค่าคงที่ ดังนั้นจึงสามารถพิจารณาเฉพาะ $P(X|C_i) \times P(C_i)$ ได้ และ $P(X|C_i)$ สามารถหาได้ดังสมการ (7)

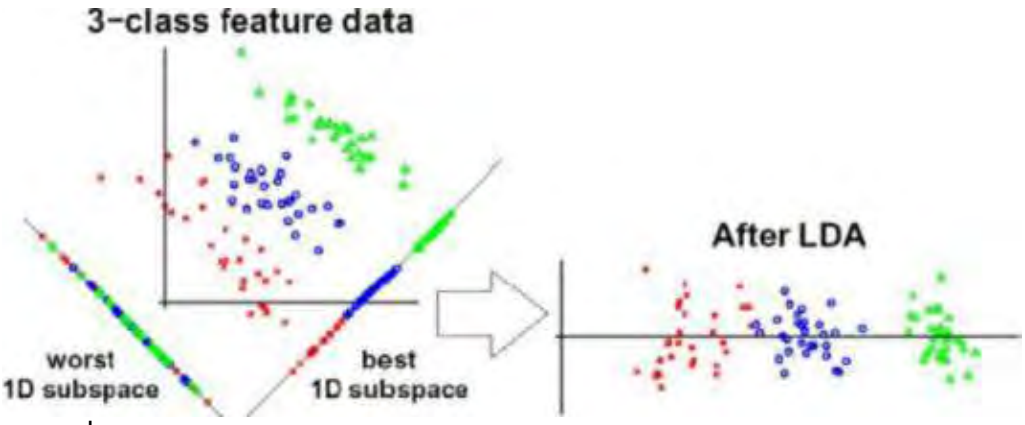
$$P(X|C_i) = \prod_{k=1}^{n} P(X_k|C_i) \quad (7)$$

ในการจำแนกประเภทข้อมูลใด ๆ จะนำสมการข้างต้นมาคำนวณค่าความน่าจะเป็นกับทุก ๆ กลุ่มของข้อมูล และเลือกคำตอบที่ให้ค่า $P(C_i|X)$ ที่มากที่สุด

2.1.2.3 ตัวจำแนกการวิเคราะห์การจำแนกประเภทเชิงเส้น (Linear Discriminant Analysis Classifier – LDA Classifier)

การวิเคราะห์การจำแนกประเภทเชิงเส้น [9] เป็นวิธีการทางสถิติที่เหมาะสมในการจำแนกข้อมูลที่มีลักษณะเป็นตัวแปรจัดประเภท (Categorical Variable) มากกว่า 2 ประเภทขึ้นไป โดยใช้การวิเคราะห์ตัวแปรตามด้วยชุดของตัวแปรต้นที่เป็นอิสระต่อกัน การวิเคราะห์การจำแนกประเภทเชิงเส้นจะมีการเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในระบบพิกัดใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ข้อมูลที่อยู่ต่างประเภทกันกระจายออกห่างจากกันมากที่สุดในระนาบเส้นตรง ดังภาพที่ 2.12

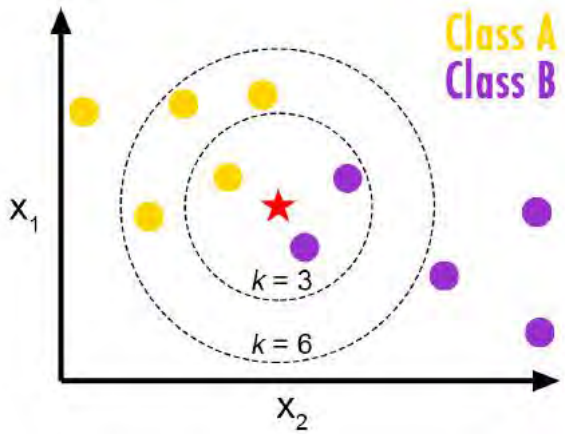
หลังจากที่ข้อมูลอยู่ในพิกัดใหม่แล้ว จะทำการแบ่งประเภทของข้อมูลโดยใช้ทฤษฎีของเบย์ ในหัวข้อ 2.1.2.2 เพื่อหาผลลัพธ์ว่าข้อมูลดังกล่าวอยู่ในประเภทใด



ภาพที่ 2.12 การแบ่งข้อมูลโดยใช้ตัวจำแนกการวิเคราะห์การจำแนกประเภทเชิงเส้น (ที่มา: https://mlalgorithm.wordpress.com/2016/06/18/linear-discriminant-analysis-lda/)

2.1.2.4 การค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว (k-Nearest Neighbor - kNN)

การค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว [10] เป็นวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลวิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน โดยมีหลักการในการจำแนกข้อมูลโดยวิเคราะห์จากข้อมูลที่มีค่าระยะห่าง (Distance) ใกล้เคียงกับข้อมูลที่ต้องการพิจารณาที่สุดจำนวน k ตัว ดังแสดงในภาพที่ 2.13



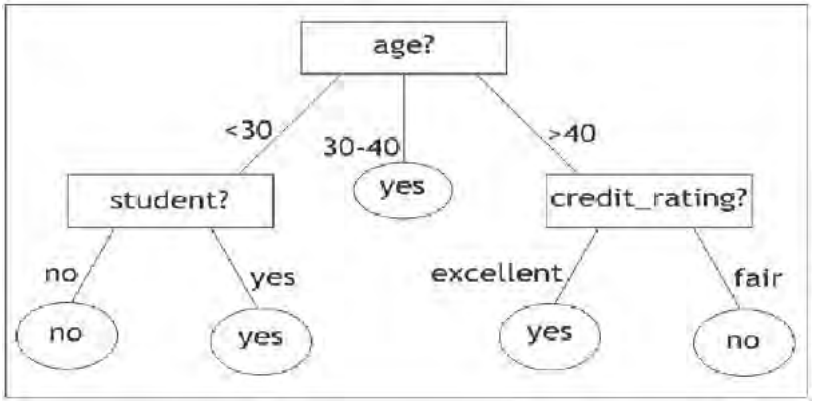
ภาพที่ 2.13 จำนวนข้อมูลที่ใช้พิจารณาการจำแนกเมื่อเลือกค่า k ที่ต่างกัน (ที่มา: https://busy.org/@hongtao/ai-k-nearest-neighbours-knn)

ขั้นตอนวิธีในการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว จะเริ่มจากการกำหนดค่า k ซึ่งเป็นบริเวณที่จะนำมาวิเคราะห์คำตอบของการจำแนก โดยกำหนดเป็นเลขคี่ เพื่อให้ได้คำตอบเพียงคำตอบเดียว แล้วคำนวณระยะห่างของข้อมูลที่ต้องการพิจารณากับกลุ่ม

ข้อมูลตัวอย่าง จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาเรียงจากน้อยไปมากและเลือกพิจารณาเฉพาะ k อันดับแรก หากมีจำนวนข้อมูลของประเภทใดมากกว่า ก็จะจัดให้ข้อมูลที่พิจารณาอยู่ในประเภทนั้น

2.1.2.5 ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ต้นไม้ตัดสินใจ [11] เป็นวิธีการในการจำแนกประเภทที่ใช้คุณลักษณะของข้อมูลเป็นเกณฑ์การจำแนก โดยคุณลักษณะดังกล่าวจะถูกเลือกไปเป็นปม (Node) ของแผนผังต้นไม้ ดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 ต้นไม้ตัดสินใจสำหรับการเลือกซื้อคอมพิวเตอร์
(ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/Decision-Tree-for-the-concept-to-buy-a-computer-3_fig1_224562242)

การสร้างตัวจำแนกด้วยต้นไม้ตัดสินใจ ใช้วิธีคำนวณว่าคุณลักษณะใดเหมาะสมที่จะนำมาใช้แบ่งต้นไม้ ซึ่งในส่วนของงานวิจัยนี้เลือกใช้ความไม่บริสุทธิ์ของจีนี (Gini impurity) เป็นตัววัด เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าแบบอื่นๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ (8) โดยจะเลือกคุณลักษณะที่ให้ค่าความไม่บริสุทธิ์จีนีน้อยที่สุดในการแบ่งต้นไม้

$$G = \sum_{k=1}^{K} \hat{p}_{mk}(1 - \hat{p}_{mk}) \tag{8}$$

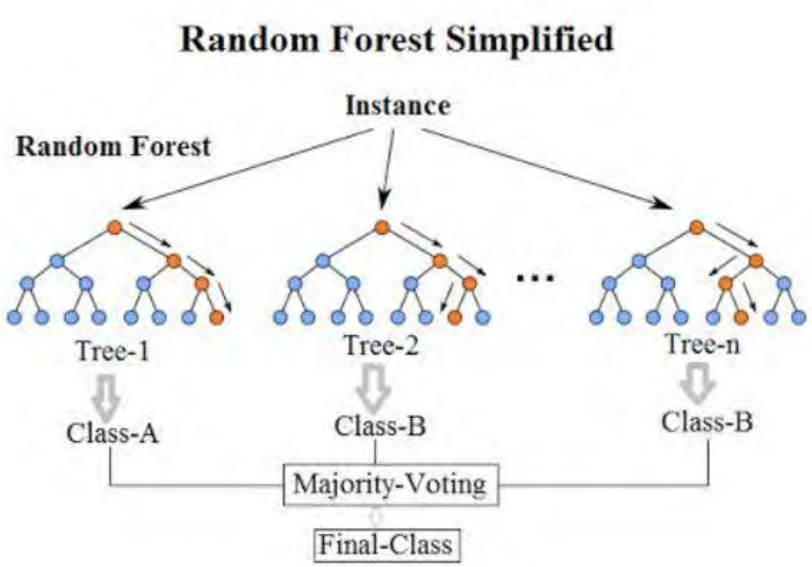
โดยที่ G คือ ค่าความไม่บริสุทธิ์ของจีนี

K คือ จำนวนคุณลักษณะ

$\hat{p}_{mk}$ คือ สัดส่วนของคุณลักษณะ k เทียบกับกลุ่มตัวอย่าง

2.1.2.6 วิธีป่าสุ่ม (Random Forest)

วิธีป่าสุ่ม [12] เป็นวิธีการในการจำแนกประเภทโดยใช้ต้นไม้ตัดสินใจที่มีการแบ่งคุณลักษณะแตกต่างกันหลาย ๆ แบบ มาจำแนกข้อมูล โดยคิดค่าความถูกต้องเป็นอิสระต่อกัน จากนั้นทำการโหวต (Vote) ผลการจำแนกที่ถูกเลือกโดยต้นไม้ตัดสินใจมากที่สุดมาเป็นคำตอบ มีวิธีการดังภาพที่ 2.15

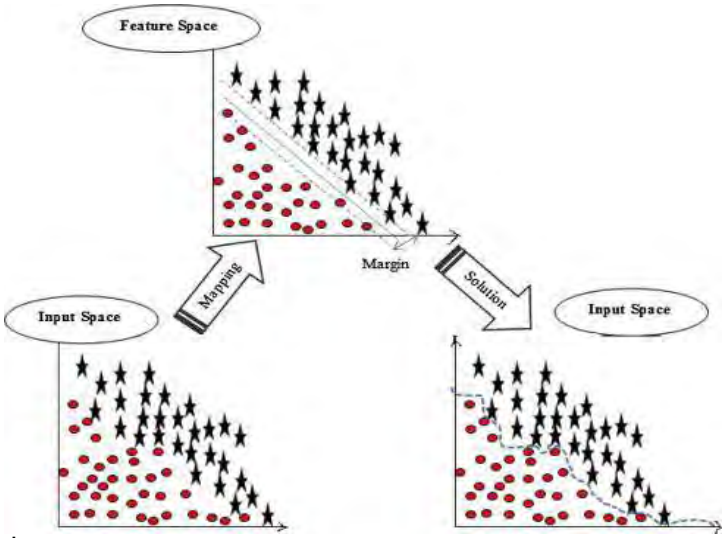


ภาพที่ 2.15 การโหวตต้นไม้ที่ให้ผลการจำแนกที่ดีที่สุด
(ที่มา: https://medium.com/@williamkoehrsen/random-forest-simple-explanation-377895a60d2d)

2.1.2.7 ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine - SVM)

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน [14] เป็นวิธีในการจำแนกที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในด้านการประมวลผลภาพ เนื่องจากเหมาะกับข้อมูลที่เป็นเวกเตอร์ (Vector) ที่มีขนาดหลายมิติ

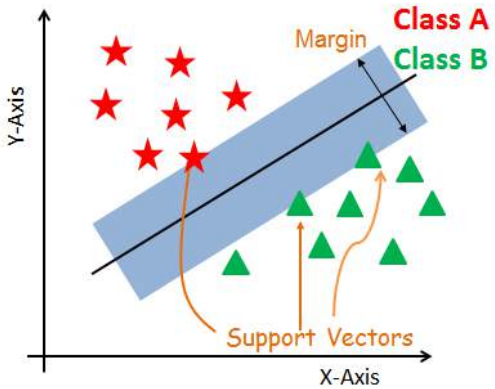
วิธีการจำแนกของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน คือ ทำการแมพ (Map) เวกเตอร์ในปริภูมินำเข้า (Input Space) ไปสู่ปริภูมิคุณลักษณะ (Feature Space) โดยใช้ฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) เพื่อทำให้สามารถแบ่งประเภทข้อมูลได้โดยการสร้างระนาบเส้นตรง เรียกว่า ไฮเปอร์เพลน (Hyperplane) มาแบ่งประเภทตามจำนวนคำตอบที่ต้องการ ดังแสดงขั้นตอนในภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 ภาพรวมการจำแนกข้อมูลโดยใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

(ที่มา: https://www.researchgate.net/publication/272946328_Twin_Support_Vector_Machine_A_review_from_2007_to_2014**)**

ในการหาระนาบสำหรับการแบ่งประเภทที่เหมาะสมที่สุด ใช้ตำแหน่งของซัพพอร์ตเวกเตอร์ (Support vector) เป็นตัวแทนของกลุ่มข้อมูล จากนั้นพิจารณาระนาบที่เป็นระยะห่างที่สุดระหว่างข้อมูลที่อยู่ใกล้กันมากที่สุด (Margin) โดยจะต้องไม่มีข้อมูลเกินเข้ามาในระหว่างขอบระนาบทั้งสอง จากนั้นจึงหาระนาบที่รักษาระยะห่างจากขอบมากที่สุด (Maximum margin) ซึ่งจะถือว่าระนาบดังกล่าวคือระนาบสำหรับการแบ่งประเภทที่เหมาะที่สุด แสดงดังรูปที่ 2.17

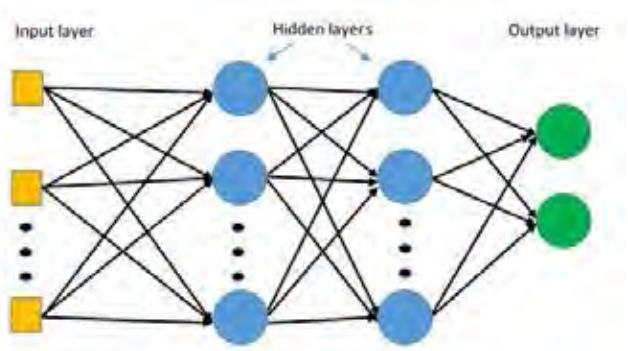


ภาพที่ 2.17 การหาระนาบการแบ่งประเภทของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

(ที่มา: https://www.datacamp.com/community/tutorials/svm-classification-scikit-learn-python)

2.1.2.8 เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron - MLP)

เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น [15] เป็นโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network - ANN) ประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นรูปแบบการประมวลผลสารสนเทศเลียนแบบมนุษย์ที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยมีส่วนประกอบ คือ ชั้นขาเข้า (Input layer) สำหรับป้อนข้อมูล ชั้นซ่อนตัว (Hidden layer) สำหรับการคำนวณ และ ชั้นขาออก (Output layer) สำหรับการแสดงผลคำตอบ ดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 ส่วนประกอบของเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น
(ที่มา: https://subscription.packtpub.com/book/big_data_and_business_intelligence/9781786468574/4/ch04lvl1sec28/multi-layer-perceptron)

นอกจากนี้เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น ยังมีหลักการทำงานที่สำคัญอยู่สองประการดังนี้

1. การแพร่เดินหน้า (Forward Propagation) ในขั้นตอนนี้จะทำการป้อนข้อมูลจากชั้นขาเข้า จำนวนหนึ่งจะเข้าสู่เซลล์ของการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมจากการสุ่มค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายในโครงข่าย ซึ่งระบบจะทำการคำนวณแล้วให้ผลลัพธ์เป็นคำตอบที่ต้องการออกมาทางชั้นขาออก โดยจะนำคำตอบที่ได้ มาเทียบกับคำตอบจริงว่ามีความถูกต้องหรือไม่ หากผิด ค่าที่ผิดพลาดนั้นจะถูกนำไปพิจารณาต่อไป
2. การแพร่ย้อนกลับ (Back Propagation) ในขั้นตอนนี้จะเป็นการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ภายในโครงข่ายประสาท โดยเมื่อนำผลที่ได้จากชั้นขาออกไปเทียบกับคำตอบจริงแล้วจะคำนวณค่าความต่างจากผลจริง จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้ย้อนกลับไปตามลำดับจากชั้นขาออกไปชั้นขาเข้าเพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ภายในโครงข่ายให้ดียิ่งขึ้น

จะเห็นว่ายิ่งทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ค่าพารามิเตอร์ก็จะยิ่งถูกปรับให้คำนวณได้ถูกต้องมากขึ้น สุดท้ายจึงอาจต้องมีเกณฑ์ในการตัดสินว่าจะหยุดการเรียนรู้เมื่อใด โดยอาจเป็นค่าความถูกต้องที่ยอมรับได้ หรือเมื่อคำตอบที่ทำนายออกมาไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอีกต่อไป

2.1.3 การทำข้อมูลให้เป็นมาตรฐานเพื่อการเรียนรู้ของเครื่อง (Standardization)

การทำข้อมูลให้เป็นมาตรฐานเพื่อการเรียนรู้ของเครื่อง คือการแปลงหน่วยของข้อมูลทั้งหมดในชุดข้อมูลให้มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 1 ซึ่งเมื่อแปลงแล้วจะทำให้ข้อมูลอยู่ในสเกล (scale) เดียวกัน ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของเครื่องดียิ่งขึ้น โดยสามารถแปลงข้อมูลให้เป็นมาตรฐานโดยใช้สมการ (9)

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{S.D.} \tag{9}$$

โดยที่ Z คือ คะแนนมาตรฐาน

x_i คือ ค่าของข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่จะแปลงเป็นค่ามาตรฐาน

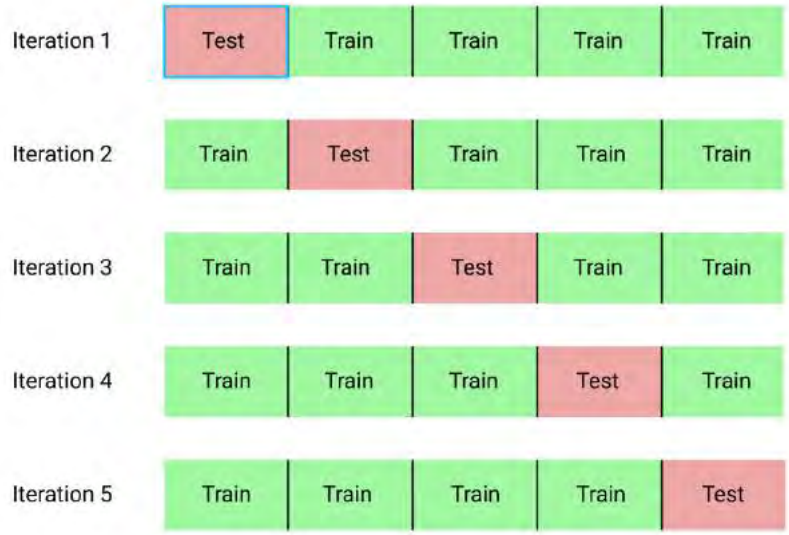
$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$S.D.$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.1.4 วิธีการตรวจสอบไขว้ (k-Fold Cross Validation)

วิธีการตรวจสอบไขว้เป็นวิธีเพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของตัวจำแนกที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากเป็นการทดสอบโดยการเลือกชุดทดสอบหลาย ๆ แบบ มาทดสอบด้วยการวนซ้ำ เพื่อให้มั่นใจว่าตัวจำแนกที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง

ขั้นตอนของการตรวจสอบไขว้จะแบ่งข้อมูลออกเป็นหลายส่วน ตามจำนวนค่า k ที่เลือก เช่น 5-fold cross-validation คือ การแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ส่วน โดยที่แต่ละส่วนมีจำนวนข้อมูลเท่ากัน หลังจากนั้นข้อมูลหนึ่งส่วนจะถูกใช้เป็นตัวทดสอบประสิทธิภาพของตัวจำแนก และอีก 4 ส่วนใช้เป็นข้อมูลสอน และทำซ้ำเช่นนี้จนครบทุกแบบของการแบ่ง แสดงได้ดังภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 ภาพแสดงการแบ่งข้อมูลของวิธีตรวจสอบไขว้ เมื่อให้ค่า k = 5
(ที่มา: https://digitalmind.io/post/train-test-split-and-cross-validation)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้คุณลักษณะ

ในการรู้จำผลไม้ คุณลักษณะที่สำคัญจะถูกสกัดจากรูปภาพและใช้เป็นค่านำเข้าในตัวจำแนกการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อที่จะนำไปใช้ในการจำแนกชนิดของผลไม้ จากการศึกษาการสกัดคุณลักษณะสำคัญ พบว่า มีงานวิจัยอยู่หลายชิ้นที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนรูปภาพด้วยวิธีการสกัดคุณลักษณะที่หลากหลาย ท่ามกลางงานวิจัยเหล่านี้ คุณลักษณะสีและพื้นผิวเป็นคุณลักษณะสำคัญที่ใช้ในการค้นคืนรูปภาพ ได้แก่ งานวิจัยของ S. Sural และคณะ [16] นำเสนอวิธีการสกัดคุณลักษณะสีโดยพิจารณาจากความแปรปรวนของสี ความอิ่มตัวและค่าความเข้มของสี ในแต่ละพิกเซลของรูปภาพ จากนั้นนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้กับการแบ่งส่วนและการสร้างฮิสโทแกรมเพื่อค้นคืนรูปภาพ จากผลการวิจัยนี้พบว่า การแบ่งส่วนและการสร้างฮิสโทแกรมโดยใช้พื้นที่สี HSV มีประสิทธิภาพมากกว่าการสร้างโดยใช้พื้นที่สี RGB เช่นเดียวกับงานวิจัยของ W. Rasheed และคณะ [17] นำเสนอการค้นคืนรูปภาพด้วยวิธีการแยกบินในรูปภาพตามการใช้ความถี่สูงสุด โดยจะพิจารณาจากสหสัมพันธ์สี ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวเป็นข้อมูลที่แสดงถึงการกระจายของสีและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของคู่สีใด ๆ ในรูปภาพ งานวิจัยของ A. Jalab [18] นำเสนอเรื่องระบบการค้นคืนรูปภาพด้วยตัวอธิบายเค้าโครงสีในการสกัดคุณลักษณะสีและตัวกรอง Gabor ในการค้นคืนภาพ โดยตัวอธิบายเค้าโครงสีจะเป็นคุณลักษณะที่บอกถึงกระจายตัวของสีในรูปภาพและตัวกรอง Gabor เป็นคุณลักษณะพื้นผิว จากผลงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้ทั้งตัวอธิบายเค้าโครงสีและตัว

กรอง Gabor นั้นให้ผลลัพธ์การค้นคืนที่ดีกว่าการใช้คุณลักษณะเพียงตัวใดตัวหนึ่ง นอกจากนี้ งานวิจัยของ G. Arockia Selva Saroja และ C. Helen Sulochana [19] ได้นำเสนอการวิเคราะห์พื้นผิวจากรูปภาพที่มีพื้นผิวไม่สม่ำเสมอโดยใช้ค่าเมทริกซ์การเกิดร่วมของระดับสีเทาในการสกัดคุณลักษณะ ซึ่งประสิทธิภาพการวิเคราะห์คุณลักษณะพื้นผิวนั้นขึ้นอยู่กับชุดข้อมูลและรูปภาพพื้นผิว งานวิจัยของ Y. He และคณะ [20] นำเสนอวิธีการสกัดคุณลักษณะพื้นผิวจากรูปภาพของดอกไอริส (Iris) โดยใช้แบบรูปทวิภาคเฉพาะที่ และใช้การเข้ารหัสแบบก้อน (Chunked Encoding) เพื่อลดขนาดของคุณลักษณะให้เล็กลง และงานวิจัยของ G. Ioakim และคณะ [21] นำเสนอระบบที่สามารถค้นคืนและจัดเรียงรูปภาพอัลตราซาวนด์โดยใช้เมทริกซ์ความแตกต่างโทนสีเทาของเพื่อนบ้านในการสกัดคุณลักษณะพื้นผิวจากรูปภาพและใช้การค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว ซึ่งจากผลงานวิจัยนี้พบว่า เมทริกซ์ความแตกต่างโทนสีเทาของเพื่อนบ้านมีเปอร์เซ็นความถูกต้องในการค้นคืนดีที่สุด

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกผลไม้

จากการศึกษาพบว่ามีงานวิจัยอยู่หลายชิ้นที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกผลไม้ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสองกลุ่มตามการจำแนกชนิดผลไม้ดังนี้ กลุ่มที่หนึ่งเป็นการจำแนกผลไม้หลายชนิด [22]-[25] ได้แก่ งานวิจัยของ Hossam M. Zawbaa และคณะ [22] นำเสนอการจำแนกผลไม้อัตโนมัติโดยพิจารณาจากคุณลักษณะสีและรูปร่างของผลไม้ และใช้การแปลงลักษณะเด่นที่ไม่แปรผันตามขนาด (Scale Invariant Feature Transform: SIFT) ร่วมกับวิธีป่าสุ่มเพื่อช่วยในการจำแนกชนิดของผลไม้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Woo Chaw Seng [23] มีการทำวิจัยเกี่ยวกับการจำแนกผลไม้เช่นกัน โดยพิจารณาคุณลักษณะสี รูปร่างและขนาดของผลไม้ และใช้การค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว ในการจำแนกชนิดผลไม้ ในขณะเดียวกัน งานวิจัยของ Siyuan Lu และคณะ [24] นำเสนอการจำแนกชนิดผลไม้ด้วย HPA-SLFN โดยจะพิจารณาจากคุณลักษณะสี รูปร่าง และพื้นผิวของผลไม้ ร่วมกับการวิธีการหาค่าเหมาะที่สุดของฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization) ฝูงผึ้งประดิษฐ์ (Artificial Bee Colony) และจำแนกชนิดผลไม้ด้วยโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Warawut Suphamitmongkol และคณะ [25] ได้นำเสนอการจำแนกส้มสายพันธุ์ต่าง ๆ ด้วย Infrared Spectroscopy แบบใกล้ พร้อมทั้งใช้วิธีในการจำแนกหลายแบบ ได้แก่ การค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว ตัวจำแนกการวิเคราะห์การจำแนกประเภทเชิงเส้น ตัวจำแนกการถดถอยเชิงโลจิสติก ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และการโปรแกรมสมการกำลังสองแบบหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Quadratic Programming - MCQP) กลุ่มที่สองเป็นการจำแนกผลไม้ชนิดเดียวโดยใช้คุณภาพของผลไม้ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากคุณลักษณะต่าง ๆ

ที่ได้จากรูปภาพ [26] - [27] ได้แก่ งานวิจัยของ Evi Dewi Sri Mulyani และคณะ [26] นำเสนอการจำแนกระดับความสุกของแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic Method) และงานวิจัยของ Abdul Wajid และคณะ [27] นำเสนอการรู้จำระดับความสุกของส้มโดยใช้คุณลักษณะสีและค่าสีเทาเป็นหลัก ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการจำแนก ได้แก่ ตัวจำแนกนาอีฟเบย์ โครงข่ายประสาทประดิษฐ์ และต้นไม้ตัดสินใจ จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าต้นไม้การตัดสินใจ ให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวไปข้างต้นแสดงให้เห็นว่า มีวิธีที่ใช้ในการสร้างตัวจำแนกสำหรับการจำแนกชนิดของผลไม้ที่มีประสิทธิภาพหลากหลายแบบ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเลือกนำมาใช้ทั้งหมด 8 วิธี โดยจะกล่าวถึงในบทที่ 3 ต่อไป

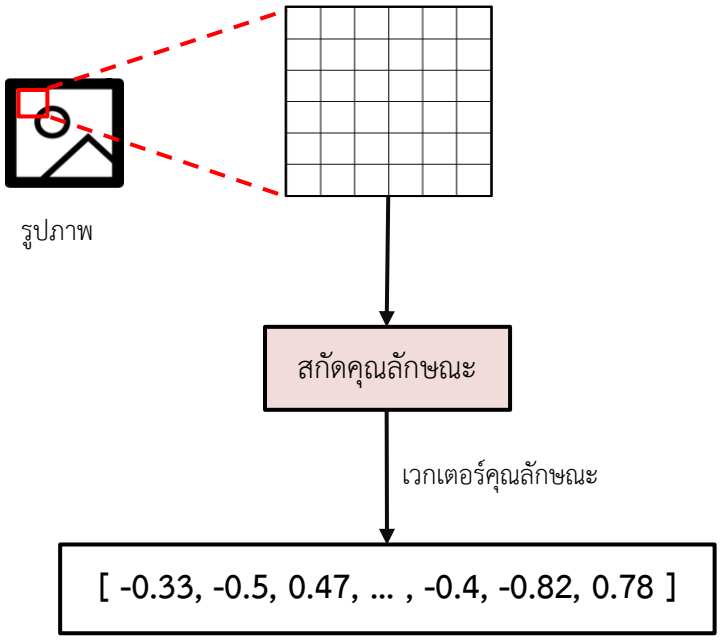
บทที่ 3
วิธีการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการวิจัยการจำแนกผลไม้ในกล่อง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะแบ่งกระบวนการออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย ได้แก่

1. การสกัดคุณลักษณะจากภาพถ่ายผลไม้ในกล่อง
2. การสร้างตัวจำแนกเพื่อใช้จำแนกชนิดของผลไม้ในกล่อง
3. การแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบ Graphical User Interfaces (GUI)

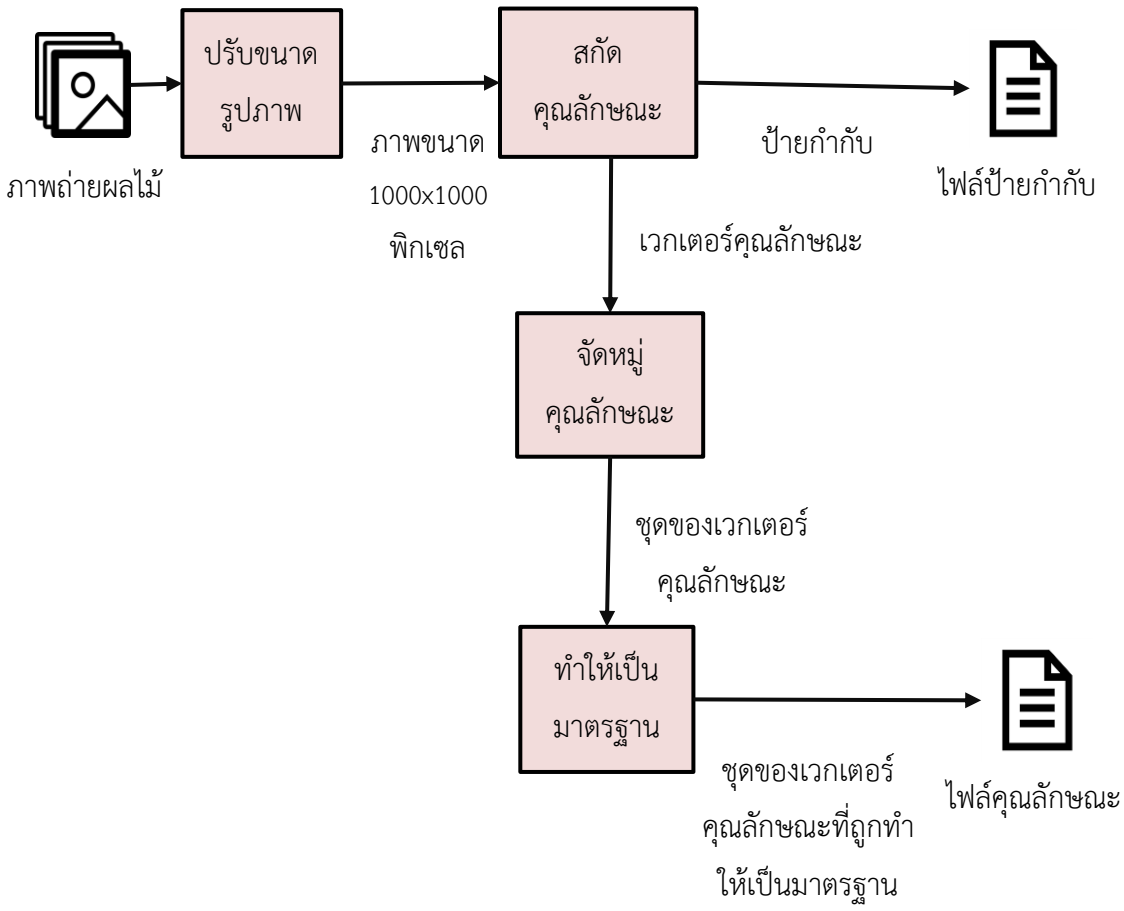
3.1 การสกัดคุณลักษณะจากภาพถ่ายผลไม้ในกล่อง

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำภาพถ่ายผลไม้ในกล่องที่ได้รวบรวมจากการถ่ายภาพผลไม้ทั้ง 20 ชนิด จำนวนทั้งหมด 1000 ภาพ มาทำการปรับให้มีขนาด 1000 x 1000 พิกเซล เท่า ๆ กัน จากนั้นกราดภาพเพื่อคำนวณค่าคุณลักษณะจากแต่ละพิกเซลภายในภาพและทำให้อยู่ในรูปของแถวลำดับ (Array) จำนวนจริง ผลลัพธ์ที่เป็นแถวลำดับดังกล่าว เรียกว่า เวกเตอร์คุณลักษณะ (Feature vector) ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 การสกัดเวกเตอร์คุณลักษณะจากรูปภาพ

ต่อมาจะนำเวกเตอร์คุณลักษณะที่ได้นี้มาจัดหมู่เป็นชุดของคุณลักษณะแบบต่าง ๆ โดยในแต่ละชุดจะถูกทำให้ค่าเป็นมาตรฐาน (Standardization) ดังวิธีการที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.1.3 และทำการจัดเก็บชุดของคุณลักษณะและป้ายกำกับ (Label) ของผลไม้ทั้ง 20 ชนิด ในรูปของไฟล์ HDF5 เพื่อนำไปใช้ในการสร้างตัวจำแนกการจำแนกภาพถ่ายผลไม้ในกล่องด้วยขั้นตอนวิธีต่าง ๆ ต่อไป โดยสามารถแสดงกระบวนการสกัดคุณลักษณะดังกล่าวในภาพรวมได้ตามภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 กระบวนการสกัดคุณลักษณะจากภาพถ่ายผลไม้ในกล่อง

คุณลักษณะที่ถูกสกัดในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งได้เป็นสองกลุ่มคือ คุณลักษณะสี และคุณลักษณะพื้นผิว โดยมีรายชื่อและขนาดของเวกเตอร์คุณลักษณะที่สกัดออกมาจากแต่ละรูปภาพดังนี้

1. คุณลักษณะสี

1.1. HSV ฮิสโทแกรม (HSV histogram - HSV) มีขนาด 64 มิติ โดยแบ่ง 32 ค่าแรกแทนเฉดสี (Hue) 16 ค่าต่อมาแทนความอิ่มตัวของสี (Saturation) และ 16 ค่าหลังแทน ค่าความสว่างของสี (Value)

1.2. ตัวอธิบายเค้าโครงสี (Color Correlogram - CC) มีขนาด 64 มิติ ค่าในแต่ละมิติแสดงค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของแต่ละคู่สีภายในภาพ โดยกำหนดวิธีหาระยะห่างของคู่สีใด ๆ ด้วยค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ที่น้อยที่สุด (Least Absolute Deviations)

1.3. สหสัมพันธ์สี (Color Layout Descriptor - CLD) มีขนาด 48 มิติ ค่าในแต่ละมิติแสดงถึงการกระจายตัวของสีภายในภาพ ซึ่งในส่วนของการสกัดคุณลักษณะนี้ได้มีการปรับผลลัพธ์จากวิธี CLD ปกติ จากผลลัพธ์ที่เป็นอาร์เรย์ของจำนวนจริงขนาด 8x8 สำหรับแต่ละช่องสี แปลงเป็นอาร์เรย์ของจำนวนจริงขนาด 4x4 สำหรับแต่ละช่องสีแทน กล่าวคือผลลัพธ์ใหม่จะได้ความหลากหลายจากการดึงสีจากภาพที่น้อยลงกว่าของเดิม ทำเช่นนี้เพื่อลดขนาดเวกเตอร์คุณลักษณะของ CLD ให้ใกล้เคียงกับขนาดของเวกเตอร์คุณลักษณะแบบอื่น ๆ ซึ่งนำไปสู่การลดความเสี่ยงที่การจำแนกจะให้น้ำหนักคุณลักษณะแบบใดแบบหนึ่งมากจนเกินไป

2. คุณลักษณะพื้นผิว

2.1. ค่าเมทริกซ์การเกิดร่วมของระดับสีเทา (Gray-Level Co-Occurrence Matrix - GLCM) มีขนาด 13 มิติ มาจากการคำนวณคุณลักษณะของ GLCM ที่อธิบายในหัวข้อที่ 2.1.1.4 โดยเริ่มแรกจะได้ผลลัพธ์เป็นเวกเตอร์ขนาด 13 มิติ จำนวน 4 เวกเตอร์จากการคำนวณค่าวัดพื้นผิวภาพในสี่ทิศทาง จากนั้นนำเวกเตอร์ทั้ง 4 มาเฉลี่ยให้เหลือผลลัพธ์เป็นเวกเตอร์ 13 มิติจำนวนเวกเตอร์เดียว

2.2. แบบรูปทวิภาคเฉพาะที่ (Local Binary Patterns - LBP) มีขนาด 36 มิติ โดยกำหนดค่ารัศมีและจำนวนจุดรอบจุดศูนย์กลางเท่ากับ 8 ในการหาค่าแพทเทิร์นของพื้นผิวที่เป็นตัวแทนในแต่ละพิกเซลของภาพ ดังที่อธิบายการคำนวณคุณลักษณะในหัวข้อที่ 2.1.1.5

2.3. เมทริกซ์ความแตกต่างโทนสีเทาของเพื่อนบ้าน (Neighborhood Gray-Tone Difference Matrix - NGTDM) มีขนาด 5 มิติ แต่ละมิติประกอบด้วยค่าต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความหยาบ (Coarseness) ค่าความต่าง (Contrast) ค่าความปนเป (Busyness) ค่าความซับซ้อน (Complexity) และค่าความเด่น (Strength) ดังที่อธิบายการคำนวณคุณลักษณะในหัวข้อที่ 2.1.1.6

ตัวอย่างผลลัพธ์ของเวกเตอร์คุณลักษณะทั้ง 6 แบบดังกล่าวสามารถแสดงออกมาได้ดังภาพที่ 3.3

```
Extracting features from image number 1 : ./fruit/Banana_1.jpg
glcm :    [-0.3264509 -0.4956398  0.474854  ... -0.4029103 -0.8184486  0.7832208]
lbp :     [-0.528542  -0.1462623  0.3444903 ...  1.4215295 -0.4307664 -0.3620221]
hsv :     [ 0.2321764 -0.1042166 -0.3511347 ... -0.1096045 -0.6990645 -0.2297645]
cc :      [-0.5149799 -0.7179855 -1.1105596 ...  0.5644682 -0.8578047 -0.6694665]
cld :     [-0.6312135  0.1564689  1.4882946 ...  0.2889091  0.1148158 -0.2384096]
ngtdm :   [ 1.1306904 -0.418441  -0.4380992 -0.6732403 -0.1055803]
```

ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างเวกเตอร์คุณลักษณะที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะของภาพ Banana_1.jpg

โดยเมื่อนำเวกเตอร์คุณลักษณะทั้ง 6 แบบข้างต้นมาจัดหมู่ จะได้ชุดคุณลักษณะทั้งหมด 63 แบบ ดังต่อไปนี้

1. {GLCM}
2. {LBP}
3. {HSV}
4. {CC}
5. {CLD}
6. {NGTDM}
7. {GLCM, LBP}
8. {GLCM, HSV}
9. {GLCM, CC}
10. {GLCM, CLD}
11. {GLCM, NGTDM}
12. {LBP, HSV}
13. {LBP, CC}
14. {LBP, CLD}
15. {LBP, NGTDM}
16. {HSV, CC}
17. HSV, CLD}
18. {HSV, NGTDM}
19. {CC, CLD}
20. {CC, NGTDM}
21. {CLD, NGTDM}
22. {GLCM, LBP, HSV}
23. {GLCM, LBP, CC}
24. {GLCM, LBP, CLD}
25. {GLCM, LBP, NGTDM}
26. {GLCM, HSV, CC}
27. {GLCM, HSV, CLD]
28. {GLCM, HSV, NGTDM}
29. {GLCM, CC, CLD}
30. {GLCM, CC, NGTDM}
31. {GLCM, CLD, NGTDM}
32. {LBP, HSV, CC}
33. {LBP, HSV, CLD}
34. {LBP, HSV, NGTDM}
35. {LBP, CC, CLD}
36. {LBP, CC, NGTDM}
37. {LBP, CLD, NGTDM}
38. {HSV, CC, CLD}
39. {HSV, CC, NGTDM}
40. {HSV, CLD, NGTDM}
41. {CC, CLD, NGTDM}
42. {GLCM, LBP, HSV, CC}
43. {GLCM, LBP, HSV, CLD}
44. {GLCM, LBP, HSV, NGTDM}
45. {GLCM, LBP, CC, CLD}
46. {GLCM, LBP, CC, NGTDM}
47. {GLCM, LBP, CLD, NGTDM}
48. {GLCM, HSV, CC, CLD}
49. {GLCM, HSV, CC, NGTDM}
50. {GLCM, HSV, CLD, NGTDM}
51. {GLCM, CC, CLD, NGTDM}
52. {LBP, HSV, CC, CLD}
53. {LBP, HSV, CC, NGTDM}
54. {LBP, HSV, CLD, NGTDM}
55. {LBP, CC, CLD, NGTDM}
56. {HSV, CC, CLD, NGTDM}
57. {GLCM, LBP, HSV, CC, CLD}
58. {GLCM, LBP, HSV, CC, NGTDM}
59. {GLCM, LBP, HSV, CLD, NGTDM}
60. {GLCM, LBP, CC, CLD, NGTDM}
61. {GLCM, HSV, CC, CLD, NGTDM}
62. {LBP, HSV, CC, CLD, NGTDM}
63. {GLCM, LBP, HSV, CC, CLD, NGTDM}

3.2 การสร้างตัวจำแนกเพื่อใช้จำแนกชนิดของผลไม้ในกล่อง

สำหรับขั้นตอนนี้จะนำชุดของคุณลักษณะที่ได้ทำการสกัดจากหัวข้อที่ 3.1 มาใช้ในการสร้างตัวจำแนกการจำแนกภาพผลไม้ในกล่อง เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดคุณลักษณะที่มีเปอร์เซนต์ความถูกต้องมากที่สุด โดยมีการกำหนดค่าของตัวแปรสำหรับขั้นตอนวิธีต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 การกำหนดค่าของตัวแปรสำหรับขั้นตอนวิธีต่าง ๆ

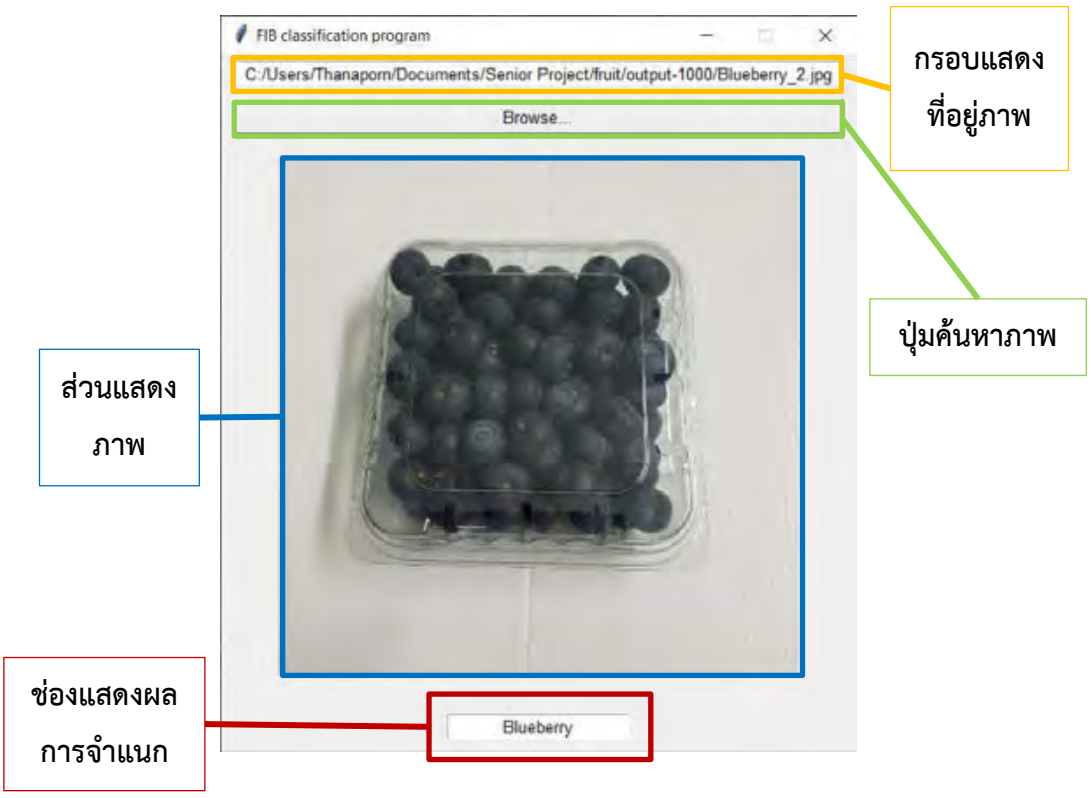
ขั้นตอนวิธี	ตัวแปร	การกำหนดค่า
ตัวจำแนกการถดถอยเชิงโลจิสติก (Logistic Regression Classifier)	ขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงคณิตศาสตร์ (Solver)	สมการเส้นตรง (liblinear)
ตัวจำแนกนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes Classifier)	ค่าในการเกลี่ยความแปรปรวน (Variance smoothing)	10^{-9}
ตัวจำแนกการวิเคราะห์การจำแนกประเภทเชิงเส้น (Linear Discriminant Analysis Classifier - LDA Classifier)	ขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงคณิตศาสตร์ (Solver)	การแยกค่าเอกฐาน (Singular value decomposition - SVD)
การค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว (k-Nearest Neighbor)	จำนวนเพื่อนบ้าน (k)	9
ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)	เกณฑ์ในการแบ่งต้นไม้ (Criteria)	ความไม่บริสุทธิ์ของจีนี (Gini impurity)
วิธีป่าสุ่ม (Random Forest)	จำนวนต้นไม้	100
	เกณฑ์ในการแบ่งต้นไม้ (Criteria)	ความไม่บริสุทธิ์ของจีนี (Gini impurity)
ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine - SVM)	เคอร์เนล (Kernel)	การแบ่งแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Radial Basis Function - RBF)
เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron - MLP)	อัตราการเรียนรู้ (α)	0.1
	ปมซ่อนตัว (Hidden node)	100
	ฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation functions)	ฟังก์ชันโลจิสติก (Logistic Function)

3.3 การแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบ Graphical User Interfaces (GUI)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบของส่วนต่อประสานผู้ใช้เพื่อแสดงผลลัพธ์ในการจำแนกผลไม้ในกล่อง และขั้นตอนวิธีการใช้งาน โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. ส่วนประกอบของส่วนต่อประสานผู้ใช้

ผู้วิจัยได้ออกแบบหน้าจอสำหรับส่วนต่อประสานผู้ใช้เพื่อแสดงผลลัพธ์ในการจำแนกผลไม้ เพื่อให้เห็นภาพเบื้องต้นของการจำแนก และเป็นแนวทางสำหรับการนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรมคำนวณราคาสินค้าอัตโนมัติต่อไป โดยมีส่วนประกอบดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ส่วนประกอบของหน้าจอสำหรับแสดงผลลัพธ์การจำแนก

1. ปุ่มค้นหาภาพ สำหรับเลือกภาพที่ต้องการจำแนก
2. กรอบแสดงที่อยู่ภาพ แสดงที่อยู่ของภาพหลังจากเลือกปุ่มค้นหาภาพ
3. ส่วนแสดงภาพ แสดงภาพที่เลือก
4. กรอบแสดงผลการจำแนก แสดงผลลัพธ์จากการจำแนกภาพว่าเป็นผลไม้ชนิดใด

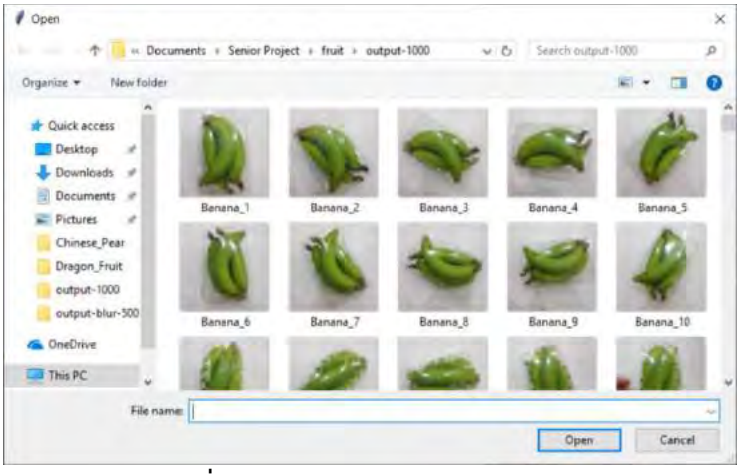
2. ขั้นตอนการใช้งาน

สำหรับการใช้งานส่วนต่อประสานผู้ใช้ในการจำแนกผลไม้ มีขั้นตอนดังนี้

1. เมื่อเปิดโปรแกรมจะแสดงหน้าจอเริ่มต้นที่ยังไม่มีการเลือกรูปใด ๆ โดยในหน้าเริ่มต้นนี้สามารถกดที่ปุ่ม Browse... ดังภาพที่ 3.5 เพื่อค้นหาภาพที่ต้องการในการจำแนกชนิดผลไม้

ภาพที่ 3.5 หน้าจอเริ่มต้น

2. เมื่อกดปุ่ม Browse... จะเข้าสู่หน้าต่างเลือกรูปภาพ สามารถเลือกภาพที่ต้องการนำมาใช้จำแนก หรือกดปุ่ม Cancel เพื่อกลับสู่หน้าเริ่มต้นได้



ภาพที่ 3.6 หน้าต่างสำหรับเลือกรูปภาพ

3. หากเลือกรูปภาพแล้ว ระบบจะแสดงรูปภาพที่เลือก ที่อยู่ของภาพ และผลลัพธ์จากการจำแนกว่ารูปภาพดังกล่าวคือผลไม้ชนิดใด

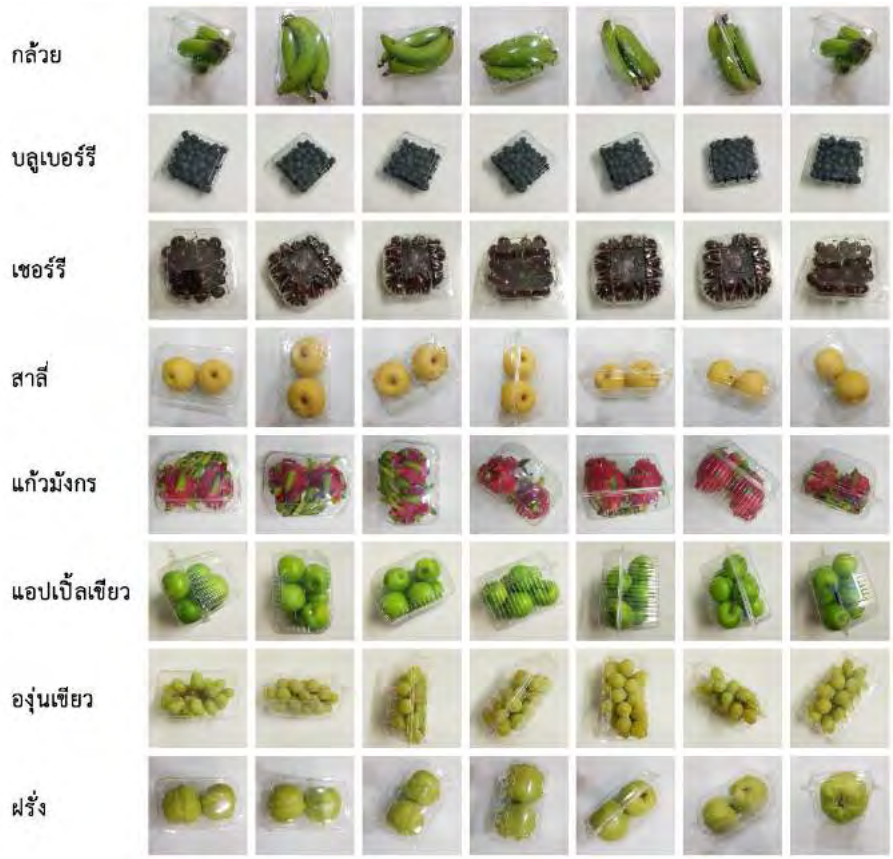
ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างผลลัพธ์ของการจำแนกรูปภาพผลไม้

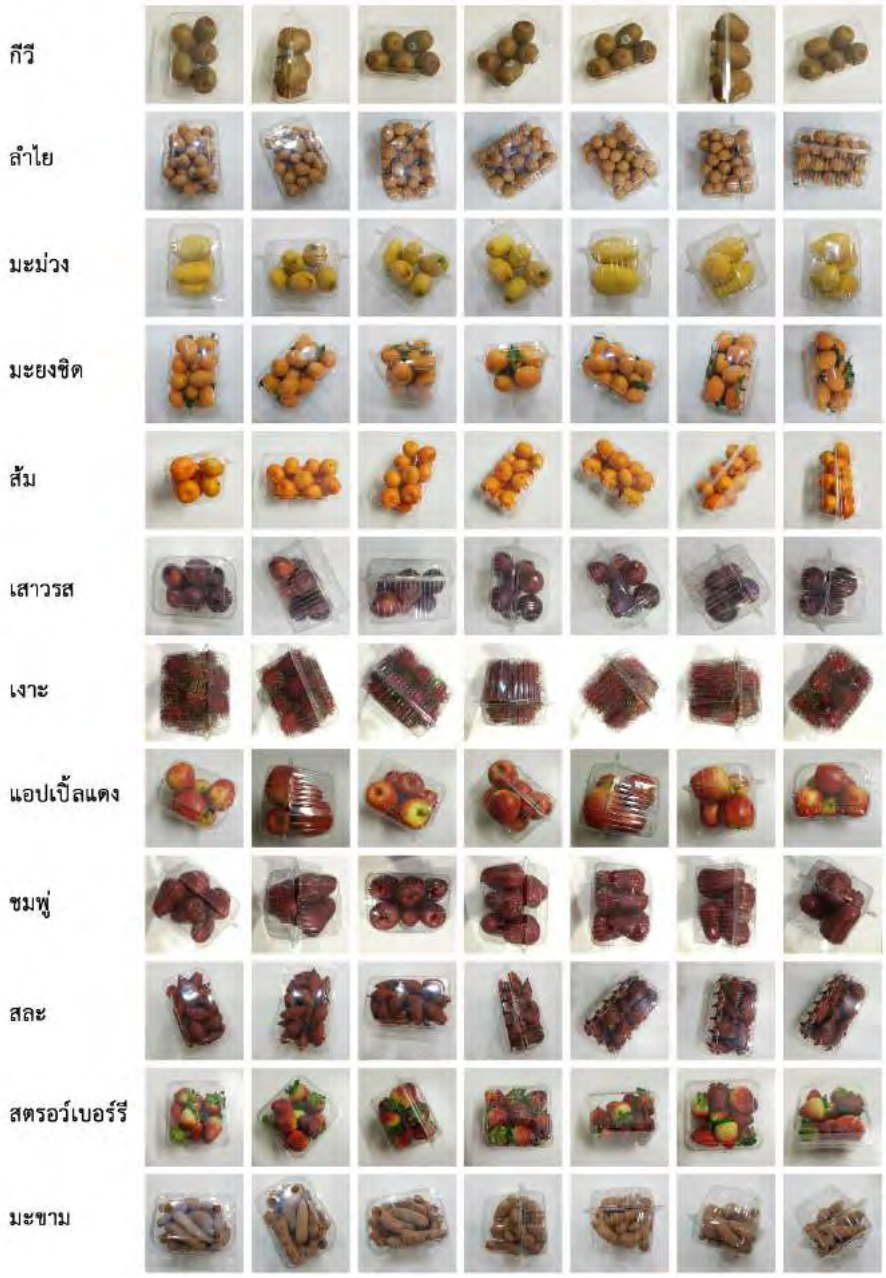
บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึง การตั้งค่าการทดลอง ผลการวิจัย และการอภิปรายผลการทดลองการจำแนกผลไม้ในกล่องโดยใช้คุณลักษณะผสม โดยพิจารณาจากความถูกต้องของการจำแนกด้วยวิธีการตรวจสอบไขว้ (k-Fold Cross Validation)

4.1 การตั้งค่าการทดลอง

รูปภาพที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นภาพถ่ายผลไม้ที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสจำนวนทั้งหมด 20 ชนิด ได้แก่ แอปเปิ้ลแดง แอปเปิ้ลเขียว เชอร์รี เงาะ ชมพู่ บลูเบอร์รี กีวี องุ่นเขียว กล้วย สาลี่ แก้วมังกร เสาวรส สละ มะขาม ฝรั่ง ลำไย มะม่วง มะยงชิดและส้ม ชนิดละ 50 ภาพ รวมเป็นจำนวนทั้งหมด 1000 ภาพ แต่ละภาพมีความละเอียด 72 dpi มีการปรับขนาดภาพให้มีขนาด 1000x1000 pixels โดยทุกรูปต้องมีพื้นหลังสีขาว และมีมุมการถ่ายขนานกับพื้นหลัง ดังตัวอย่างในภาพที่ 4.1





ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างภาพถ่ายผลไม้ในกล่องที่นำมาใช้ในงานวิจัย

4.2 ผลการวิจัย

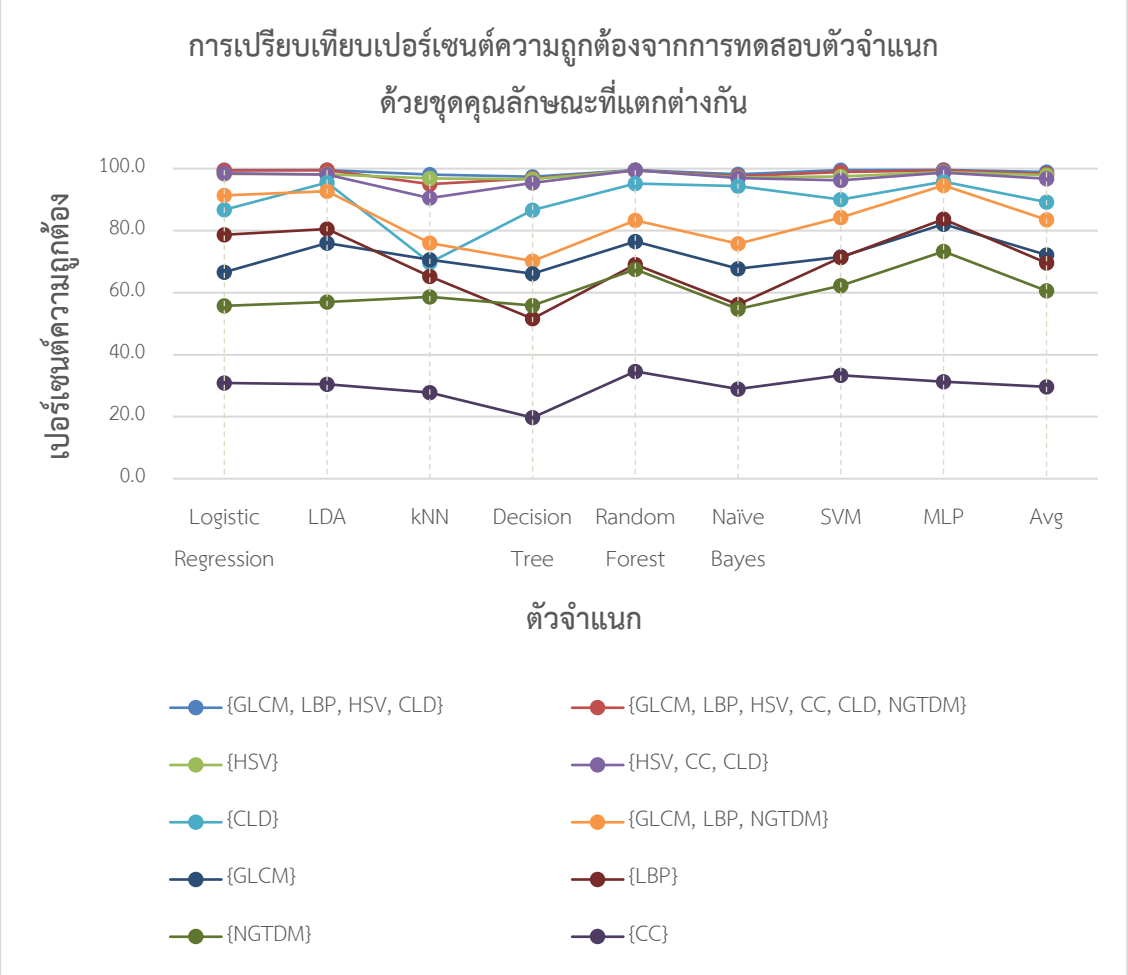
ผู้วิจัยได้นำภาพถ่ายผลไม้ในกล่องทั้งหมด 20 ชนิด จำนวน 1000 ภาพ โดยมีรายละเอียดตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.1 มาสกัดคุณลักษณะให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสอนขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Training Set) และชุดสำหรับทดสอบ (Test Set) สำหรับสร้างตัวจำแนกด้วยวิธีต่าง ๆ ทั้งหมด 8 วิธี ดังนี้

1. ตัวจำแนกการถดถอยเชิงโลจิสติก (Logistic Regression Classifier)
2. ตัวจำแนกนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes Classifier)
3. ตัวจำแนกการวิเคราะห์การจำแนกประเภทเชิงเส้น (Linear Discriminant Analysis Classifier – LDA Classifier)
4. การค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว (k-Nearest Neighbor - kNN)
5. ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)
6. วิธีป่าสุ่ม (Random Forest)
7. ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine - SVM)
8. เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron - MLP)

สำหรับการทดสอบตัวจำแนกจะทำด้วยวิธีการตรวจสอบไขว้ 5 ส่วน (5-Fold Cross Validation) โดยในแต่ละรอบของการทดสอบจะประกอบด้วย ข้อมูลคุณลักษณะของผลไม้สำหรับสอนขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจำนวน 800 ภาพ และชุดสำหรับทดสอบจำนวน 200 ภาพ และวิธีวัดประสิทธิภาพของชุดคุณลักษณะจะคำนวณจากค่าความถูกต้องในการจำแนกเฉลี่ยของทุกตัวจำแนก ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์ชุดของคุณลักษณะที่ให้เปอร์เซต์ความถูกต้องที่ดีที่สุด โดยผลการทดลองดังกล่าวได้ผลลัพธ์เป็นดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซนต์ความถูกต้องจากการทดสอบตัวจำแนกด้วยชุดคุณลักษณะที่แตกต่างกัน

ตัวจำแนก / คุณลักษณะ	Logistic Regression	LDA	kNN	Decision Tree	Random Forest	Naïve Bayes	SVM	MLP	เฉลี่ย
{GLCM, LBP, HSV, CLD}	99.5	99.5	98.1	97.4	99.5	98.2	99.5	99.6	98.9
{GLCM, LBP, HSV, CC, CLD, NGTDM}	99.4	99.5	95.0	96.8	99.4	97.6	98.9	99.4	98.3
{HSV}	98.3	98.2	96.8	96.6	99.5	97.2	97.5	98.9	97.9
{HSV, CC, CLD}	98.5	98.1	90.5	95.4	99.5	97.0	96.2	98.7	96.7
{CLD}	86.7	95.5	69.7	86.6	95.2	94.4	90.0	95.8	89.2
{GLCM, LBP, NGTDM}	91.4	92.7	76.0	70.2	83.3	75.8	84.3	94.6	83.5
{GLCM}	66.6	76.0	70.6	66.1	76.5	67.7	71.5	82.1	72.1
{LBP}	78.7	80.5	65.3	51.6	69.1	56.2	71.3	83.7	69.6
{NGTDM}	55.8	57.0	58.6	55.9	67.5	54.7	62.3	73.3	60.6
{CC}	30.9	30.5	27.8	19.7	34.6	28.9	33.3	31.3	29.6



ภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถูกต้องจากการทดสอบตัวจำแนกด้วยชุดคุณลักษณะที่ต่างกัน

จากตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 เมื่อใช้คุณลักษณะแบบเดียวในการจำแนกพบว่าคุณลักษณะที่ให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยมากที่สุดสำหรับทุกตัวจำแนกคือ HSV มีค่าเป็น 97.9% ส่วนคุณลักษณะที่ให้ค่าความถูกต้องในอันดับต่อมา คือ CLD GLCM NGTDM LBP และ CC ซึ่งมีค่าเป็น 89.2% 72.1% 69.6% 60.6% และ 29.6% ตามลำดับ

เมื่อใช้ชุดคุณลักษณะที่เป็นสีหรือพื้นผิวเพียงอย่างเดียว พบว่า ชุดคุณลักษณะสีซึ่งประกอบด้วย HSV CC และ CLD ให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยเป็น 96.7% และชุดคุณลักษณะที่เป็นพื้นผิวเพียงอย่างเดียวซึ่งประกอบด้วย GLCM LBP และ NGTDM ให้ค่าความถูกต้องเป็น 83.5% จะเห็นได้ว่าสำหรับทุกตัวจำแนกการจำแนก ชุดคุณลักษณะที่เป็นสีเพียงอย่างเดียวให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูงกว่าชุดคุณลักษณะที่เป็นพื้นผิวเพียงอย่างเดียว

ลำดับสุดท้ายจะเป็นการพิจารณาชุดของคุณลักษณะที่ให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยเป็นอันดับหนึ่ง เปรียบเทียบกับชุดที่ใช้คุณลักษณะทั้ง 6 แบบ พบว่าชุดที่เป็นอันดับหนึ่งซึ่งประกอบด้วย GLCM LBP HSV และ CLD มีค่าความถูกต้องเป็น 98.9% และชุดที่ใช้คุณลักษณะทั้ง 6 แบบ มีค่าความถูกต้องเป็น 98.3% จากผลลัพธ์ดังกล่าว จะเห็นว่าทั้งสองชุดจะให้ค่าความถูกต้องใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นอาจต้องพิจารณาเรื่องประสิทธิภาพในด้านอื่น ๆ เช่น เวลาในการจำแนก โดยชุดที่มีการสกัดคุณลักษณะน้อยแบบกว่าย่อมใช้เวลาในการจำแนกน้อยกว่า ดังนั้นการเลือกชุดคุณลักษณะที่ประกอบด้วย GLCM LBP HSV และ CLD จึงเหมาะสมมากกว่า

นอกจากนี้จากผลการทดลองข้างต้นยังแสดงให้เห็นว่า การใช้คุณลักษณะผสมทั้งสีและพื้นผิวร่วมกัน จะให้การจำแนกที่ถูกต้องมากกว่าการใช้คุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ศึกษาในหัวข้อ 2.2

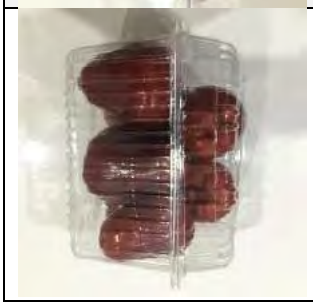
4.3 การอภิปรายผล

จากผลการเปรียบเทียบในตาราง 4.1 และรูปภาพ 4.2 พบว่าชุดคุณลักษณะที่ให้ผลการจำแนกดีที่สุดในทุกตัวจำแนกคือ GLCM LBP HSV และ CLD ซึ่งมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยเป็น 98.9% อย่างไรก็ตาม หากต้องนำชุดคุณลักษณะดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในโปรแกรมอื่น ๆ จำเป็นต้องเลือกใช้ตัวจำแนกที่ให้ประสิทธิภาพจำแนกที่ดีที่สุดด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกตัวจำแนกเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้นที่ให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกเป็น 99.6% ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุดในการทดสอบ

ค่าความถูกต้อง 99.6% ข้างต้น นับว่าเป็นค่าความถูกต้องที่สูงมาก ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ว่ารูปภาพรูปใดที่ทำให้ตัวจำแนกที่ดีที่สุดจำแนกผิดพลาด โดยรูปภาพที่จำแนกผิดทั้งหมดจากการทดสอบด้วยวิธีการตรวจสอบไขว้ 5 ส่วน (5-Fold Cross Validation) แสดงในตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์การจำแนกที่ผิดพลาดจากการทดลองชุดของคุณลักษณะที่ดีที่สุดกับเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น

ภาพ	ชื่อภาพ	คำตอบจริง	คำตอบจากการจำแนก
	Mango_43.jpg	มะม่วง	สาลี่

ภาพ	ชื่อภาพ	คำตอบจริง	คำตอบจากการจำแนก
	Salacca_5.jpg	สละ	เสาวรส
	Rose_Apple_6.jpg	ชมพู่	สละ
	Rose_Apple_43.jpg	ชมพู่	สละ

จากตารางที่ 4.2 พบว่าชนิดของผลไม้ในคำตอบจริงและคำตอบจากการจำแนกมีสีที่ใกล้เคียงกัน และเนื่องจากกล่องใสที่นำมาใช้ทดสอบมีลวดลายซึ่งอาจบดบังพื้นผิวจริงของผลไม้บางส่วน ทำให้ผลในการจำแนกประเภทอาจเกิดข้อผิดพลาดได้

บทที่ 5
ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้กล่าวถึง สรุปผลการวิจัยการจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยใช้คุณลักษณะผสม และข้อเสนอแนะ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ข้อสรุป

ในงานวิจัยเล่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมการจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยการนำคุณลักษณะสี และคุณลักษณะพื้นผิวมาจำแนกชนิดของผลไม้ โดยใช้ขั้นตอนวิธีที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกผลไม้ดีที่สุด สามารถแบ่งขั้นตอนในงานวิจัยออกเป็นสองขั้นตอน คือ การสกัดคุณลักษณะ และการสร้างตัวจำแนกเพื่อใช้จำแนกชนิดของผลไม้ในกล่อง

คุณลักษณะทั้งหมดที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 6 แบบ ได้แก่ HSV ฮิสโทแกรม (HSV histogram - HSV) ตัวอธิบายเค้าโครงสี (Color Layout Descriptor - CLD) สหสัมพันธ์สี (Color Correlogram - CC) เมทริกซ์การเกิดร่วมของระดับสีเทา (Gray Level Co-occurrence Matrix - GLCM) แบบรูปทวิภาคเฉพาะที่ (Local Binary Pattern - LBP) และเมทริกซ์ความแตกต่างโทนสีเทาของเพื่อนบ้าน (Neighboring Gray Tone Difference Matrix - NGTDM) โดยเมื่อสกัดแล้วจะนำคุณลักษณะทั้ง 6 มาจัดหมู่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับสร้างตัวจำแนกด้วยวิธีต่าง ๆ ทั้งหมด 8 วิธี ได้แก่ ตัวจำแนกการถดถอยเชิงโลจิสติก (Logistic Regression classifier) ตัวจำแนกนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes classifier) ตัวจำแนกการวิเคราะห์การจำแนกประเภทเชิงเส้น (Linear Discriminant Analysis Classifier – LDA Classifier) การค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว (k-Nearest Neighbor - kNN) ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) วิธีป่าสุ่ม (Random Forest) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine - SVM) และเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron - MLP)

จากการทดลองพบว่าชุดของคุณลักษณะที่ประกอบด้วย เมทริกซ์การเกิดร่วมของระดับสีเทาแบบรูปทวิภาคเฉพาะที่ HSV ฮิสโทแกรม และ ตัวอธิบายเค้าโครงสี ที่นำไปใช้กับเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น ให้ค่าความถูกต้องเป็น 99.6% ซึ่งเป็นค่าความถูกต้องในการจำแนกที่ดีที่สุด ผู้วิจัยจึงเห็นว่าชุดของคุณลักษณะที่ใช้ร่วมกับวิธีดังกล่าวเหมาะสมสำหรับนำไปพัฒนาโปรแกรมการจำแนกผลไม้ในกล่องต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยใช้คุณลักษณะผสม ผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการเพิ่มข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. กระบวนการในการสกัดคุณลักษณะมีหลากหลายกระบวนการ หากทดลองใช้กระบวนการอื่น ๆ ที่สกัดคุณลักษณะสีและพื้นผิวได้เหมือนกัน อาจทำให้ได้ค่าความถูกต้องในการจำแนกชนิดของผลไม้ดียิ่งขึ้น
2. การปรับค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนวิธีการจำแนกผลไม้ต่าง ๆ อาจสามารถปรับค่าเพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องในการจำแนกชนิดของผลไม้ได้ดีขึ้น
3. การเพิ่มชนิดผลไม้มีผลต่อค่าความถูกต้องในการจำแนกชนิดของผลไม้ เนื่องจากในการวิจัยนี้มีชุดคุณลักษณะ 2 ชุดที่ได้ค่าความถูกต้องในการจำแนกชนิดของผลไม้ใกล้เคียงกัน ดังนั้นหากมีจำนวนชนิดผลไม้เพิ่ม อาจทำให้เห็นความแตกต่างของแต่ละชุดคุณลักษณะมากยิ่งขึ้น
4. ภาพถ่ายผลไม้ที่นำมาทดสอบในงานวิจัยนี้ควรมีสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกชนิดผลไม้ให้ดีมากยิ่งขึ้น อาทิเช่น การถ่ายรูปผลไม้ในสภาวะที่แสงแตกต่างกัน การสร้างจุดรบกวนในภาพ (Noise) การสร้างภาพเบลอ การปรับความละเอียดภาพ การปรับขนาดรูปภาพในขนาดต่าง ๆ ความหลากหลายของเครื่องมือที่ใช้ถ่ายภาพผลไม้
5. สามารถนำงานวิจัยนี้ไปต่อยอดเพื่อพัฒนาโปรแกรมในการจำแนกผลไม้อัตโนมัติ โดยใช้ชุดคุณลักษณะของงานวิจัยนี้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับร้านค้าผลไม้เพื่อต่อยอดทางด้านธุรกิจต่อไป

รายการอ้างอิง

[1] Peerapon Chantharainthron, Sasipa Panthuwadeethorn and Suphakant Phimoltares, “Robust video editing detection using Scalable Color and Color Layout Descriptors,” 14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE), 2017.

[2] Jing Huang, S. Ravi Kumar, Mandar Mitra, Wei-Jing Zhu and Ramin Zabih, "Image indexing using color correlograms," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 762-768, 1997.

[3] Alireza Khotanzad and Yaw Hua Hong, "Rotation invariant image recognition using features selected via a systematic method,"Pattern Recognition., vol. 23, no. 10, pp. 1089-1101, 1990.

[4] Haralick texture features [Online]. 1999. Available from: http://murphylab.web.cmu.edu/publications/boland/boland_node26.html [Visited date: 2019, Apr 6]

[5] Yuqing He, Guangqin Feng, Yushi Hou, Li Li and Evangelia Micheli-Tzanakou, “Iris Feature Extraction Method based on LBP and Chunked Encoding,” Seventh International Conference on Natural Computation, Sept. 2011.

[6] NGTDM. 2016. Available from: https://pyradiomics.readthedocs.io/en/latest/index.html [Visited date: 2019, Apr 6]

[7] Regression [Online]. 2018. Available from: https://medium.com/greyatom/logistic-regression-89e496433063 [Visited date: 2019, Apr 6]

[8] การวิเคราะห์การถดถอยพหุโลจิสติก (Multiple logistic regression) [Online]. 2010. Available from: http://rlc.nrct.go.th/download/Research_Zone/phase14_4.pdf [Visited date: 2019, Apr 6]

[9] Linear Discriminant Analysis (LDA) [Online]. 2016. Available from: https://mlalgorithm.wordpress.com/2016/06/18/linear-discriminant-analysis-lda/ [Visited date: 2019, Apr 6]

[10] Introduction to k-Nearest Neighbors: Simplified (with implementation in Python) [Online]. 2014. Available from:

https://www.analyticsvidhya.com/blog/2018/03/introduction-k-neighbours-algorithm-clustering/ [Visited date: 2019, Apr 6]

[11] Decision tree learning [Online]. 2019. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Decision_tree_learning [Visited date: 2019, Apr 6]

[12] The Random Forest Algorithm [Online]. 2018. Available from: https://towardsdatascience.com/the-random-forest-algorithm-d457d499ffcd [Visited date: 2019, Apr 6]

[13] Milton, J.S. Arnold and Jesse C., "Introduction to Probability and Statistics: Principles and Applications for Engineering and the Computing Sciences", McGraw Hill, 1995.

[14] อัลกอริทึม Support Vector Machine (SVM) [Online]. 2011. Available from: http://kokzard.blogspot.com/2011/10/jfjkdshfkjsldf.html [Visited date: 2019, Apr 6]

[15] Introduction to Neural Networks with Scikit-Learn [Online]. 2018. Available from: https://stackabuse.com/introduction-to-neural-networks-with-scikit-learn/ [Visited date: 2019, Apr 6]

[16] Shamik Sural, Gang Qian and Sakti Pramanik, “Segmentation and Histogram Generation using the HSV Color Space for Image Retrieval,” International Conference on Image Processing, Dec. 2002.

[17] Waqas Rasheed, Youngeun An, Sungbum Pan, Ilhoe Jeong, Jongan ParkInternational and Jinsuk Kang, “Image Retrieval using Maximum Frequency of Local Histogram based Color Correlogram,” Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering, May 2008.

[18] Hamid A. Jalab, “Image Retrieval System Based on Color Layout Descriptor and Gabor Filters,” IEEE Conference on Open Systems, Nov. 2011.

[19] G. Arockia Selva Saroja and C. Helen Sulochana, “Texture Analysis of Non-Uniform Images using GLCM,” IEEE Conference on Information & Communication Technologies, July 2013.

[20] Yuqing He, Guangqin Feng, Yushi Hou, Li Li and Evangelia Micheli-Tzanakou, “Iris Feature Extraction Method based on LBP and Chunked Encoding,” Seventh International Conference on Natural Computation, Sept. 2011.

[21] G. Ioakim, E. Kyriacou, A. A. Sofokleous, C. Chistodoulou and C. S. Pattichis, “An MPEG-7 image retrieval system of atherosclerotic carotid plaque images,” IEEE 12th International Conference on Bioinformatics & Bioengineering (BIBE), Jan. 2013.

[22] Hossam M. Zawbaa, Maryam Hazman, Mona Abbass and Aboul Ella Hassanien, “Automatic Fruit Classification using Random Forest Algorithm,” 14th International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS), Dec. 2014.

[23] Woo Chaw Seng, “A New Method for Fruits Recognition System,” International Conference on Electrical Engineering and Informatics, Aug 2009.

[24] Siyuan Lu, Zhihai Lu, Preetha Phillips, Shuihua Wang, Jianguo Wu and Yudong Zhang, “Fruit Classification by HPA-SLFN,” 8th International Conference Wireless Communications & Signal Processing (WCSP), Oct. 2016.

[25] Warawut Suhamitmongkol, Guangli Nie, Rong Liu and Yong Shi, “Classification for Orange Varieties Using Near Infrared Spectroscopy,” IEEE 11th International Conference on Data Mining Workshops, Jan. 2012.

[26] Evi Dewi Sri Mulyani, Susanto, and Jeni Poniman, “Classification of Maturity Level of Fuji Apple Fruit With Fuzzy Logic Method,” 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), Oct. 2017.

[27] Abdul Wajid, Niraj Kumar Singh, Pan Junjun, Muhammad and Ali Mughal, “Recognition of Ripe, Unripe and Scaled Condition of Orange Citrus based on Decision Tree Classification,” International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET), April 2018.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบเสนอหัวข้อโครงงาน รายวิชา 2301399 Project Proposal
ปีการศึกษา 2561

ชื่อโครงงาน (ภาษาไทย)	การจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยใช้คุณลักษณะผสม
ชื่อโครงงาน (ภาษาอังกฤษ)	Classification of fruits in a box (FIB) using hybrid features
อาจารย์ที่ปรึกษา	1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกานต์ พิมลธเรศ
	2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศศิภา พันธุวดีธร
ผู้ดำเนินการ	1. นางสาวจิรภัทร วัชรสิงห์ เลขประจำตัวนิสิต 5833615623
	2. นางสาวธนพร ถิระเลิศพานิชย์ เลขประจำตัวนิสิต 5833633923
	สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักการและเหตุผล

ผลไม้สดจัดเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุอันมีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย และนับเป็นสินค้าชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคจำนวนมาก การขายผลไม้สดในร้านค้าทั่วไป เจ้าของร้านหรือพนักงานขายจะเป็นผู้ชั่งน้ำหนักและคำนวณราคาสินค้า ในขณะที่การขายผลไม้สดในห้างสรรพสินค้ามีหลายรูปแบบ เช่น ลูกค้าเลือกผลไม้ใส่ถุงแล้วนำไปให้พนักงานชั่งน้ำหนักและระบุชนิดสินค้าเพื่อติดป้ายรหัสแท่ง (bar code) หรือลูกค้าเลือกผลไม้ที่บรรจุอยู่ในกล่องที่ชั่งน้ำหนักและติดป้ายรหัสแท่งเรียบร้อยแล้ว นำไปชำระเงินที่จุดชำระค่าสินค้าและบริการ ซึ่งจะเห็นว่าห้างสรรพสินค้าส่วนใหญ่ใช้รหัสแท่งเพื่อบอกข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาประยุกต์กับธุรกิจซื้อขายสินค้าเพื่อลดข้อผิดพลาดในการกรอกข้อมูลสินค้าและการคำนวณเงินค่าสินค้าของพนักงานขาย ซึ่งช่วยเสริมสร้างความมั่นใจ เพิ่มความสะดวกสบาย และความรวดเร็วในการชำระเงินแก่ลูกค้า นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ยังสามารถทดแทนการใช้รหัสแท่งของห้างสรรพสินค้าได้ ร้านค้าหรือห้างสรรพสินค้าสามารถใช้กล่องบรรจุภัณฑ์เพื่อบรรจุผลไม้สดเตรียมวางขาย เมื่อลูกค้าหยิบกล่องผลไม้ไปชำระค่าสินค้า เครื่องชั่งคำนวณราคาสินค้าอัตโนมัติจะจำแนกชนิดของผลไม้จากภาพถ่ายของผลไม้ในกล่องและแสดงราคาสินค้าที่ลูกค้าต้องชำระ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีงานวิจัยอยู่หลายชิ้นที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกผลไม้ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสองกลุ่มดังนี้ กลุ่มที่หนึ่งเป็นการจำแนกผลไม้หลายชนิดได้แก่ งานวิจัยของ Hossam M. Zawbaa และคณะ [1] ได้นำเสนอการจำแนกผลไม้อัตโนมัติ โดยพิจารณาคุณลักษณะสีและรูปร่างของผลไม้ และใช้การแปลงลักษณะเด่นที่ไม่

แปรผันตามขนาด (Scale Invariant Feature Transform: SIFT) ร่วมกับขั้นตอนวิธี Random Forest(RF) [2] มาช่วยในการจำแนกชนิดของผลไม้ งานวิจัยของ Woo Chaw Seng [3] ที่มีการทำวิจัยเกี่ยวกับการจำแนกผลไม้เช่นกัน โดยพิจารณาคุณลักษณะสี รูปร่างและขนาดของผลไม้ โดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว (k-Nearest Neighbor Algorithm) ในการจำแนกชนิดผลไม้ และงานวิจัยของ Siyuan Lu และ คณะ [4] ที่นำเสนอการใช้คุณลักษณะของ สี รูปร่าง และพื้นผิวของผลไม้ ร่วมกับการวิธีการหาค่าเหมาะที่สุดของฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization) และฝูงผึ้งประดิษฐ์ (Artificial Bee Colony) และใช้การจำแนกด้วยโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ (Artificial Neuron Network) กลุ่มที่สองเป็นการจำแนกผลไม้ชนิดเดียวโดยใช้คุณภาพของผลไม้ซึ่งวิเคราะห์จากคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ได้จากรูปภาพ เช่น การจำแนกแอปเปิ้ลด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ(Fuzzy Logic Method) [5] หรือ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น(Probability Density Function) [6] การจำแนกฝรั่งด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principle Component Analysis) และโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ [7] จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่างานวิจัยในกลุ่มที่หนึ่งมีความใกล้เคียงกับโครงงานนี้ซึ่งเลือกใช้สีและพื้นผิวเป็นคุณลักษณะหลักเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ดี การจำแนกชนิดผลไม้ของงานวิจัยดังกล่าวเป็นเพียงผลไม้แบบผลเดี่ยวเท่านั้น

การศึกษาเรื่องคุณลักษณะสีจากหนังสือ Color in Computer Vision [8] และในงานวิจัยของ Peerapon Chantharainthron [9] ที่ศึกษาเรื่องการตรวจหาการตัดต่อวิดีโอบนพื้นฐานของลักษณะเอ็มเพ็กเจ็ด จะเห็นได้ว่าทั้งหนังสือและงานวิจัยได้กล่าวถึงคุณลักษณะสีหลายรูปแบบ เช่น Color histogram, Auto color correlation และคุณลักษณะสีของมาตรฐาน MPEG-7 ได้แก่ Scalable Color Descriptor (SCD) Color Layout Descriptor (CLD) และ Color Structure Descriptor (CSD) ซึ่งคุณลักษณะสีดังกล่าวมีความหลากหลาย งานวิจัยของ Savvas A. Chatzichristofis และคณะ ที่นำเสนอเรื่องตัวบ่งชี้คุณลักษณะสีและขอบ CEDD (Color and Edge Directivity Descriptor) [10] ที่ใช้สำหรับการทำดัชนีและค้นคืนรูปภาพ และนำเสนอเรื่องฮิสโทแกรมของสีและพื้นผิวที่คลุมเครือ FCTH (Fuzzy Color and Texture Histogram) [11] โดยงานวิจัยทั้งสองใช้คุณลักษณะสีและพื้นผิวร่วมกับฮิสโทแกรม จะเห็นได้ว่า คุณลักษณะสีและพื้นผิวดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการค้นคืนรูปภาพ ผู้พัฒนาจึงสนใจจะศึกษาคุณลักษณะสีและพื้นผิวแบบต่าง ๆ ดังกล่าวมาใช้ในการจำแนกชนิดของผลไม้

ผู้พัฒนายังสังเกตว่า การซื้อขายผลไม้มักจะเป็นการซื้อขายในปริมาณมากกว่าหนึ่งลูก ซึ่งร้านค้าจะนิยมบรรจุผลไม้ในกล่องพลาสติกใสเพื่อให้ผู้ซื้อเห็นสภาพความสดใหม่ของผลไม้ได้อย่างชัดเจน เมื่อผู้พัฒนาได้ทดลองถ่ายภาพกล่องผลไม้และพบปัญหาเรื่องการสะท้อนแสงจากพื้นผิวของกล่องพลาสติกใส ซึ่งทำให้ยากต่อการวิเคราะห์สีและพื้นผิวของผลไม้ในกล่อง อีกทั้งในการใช้งานจริงสภาพแวดล้อมของแสงอาจแตกต่างกันในแต่ละร้านค้า นอกจากนี้กล่องผลไม้มักเก็บอยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ และหากกล่องผลไม้ถูกเคลื่อนย้ายไปในที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเดิม อากาศโดยรอบจะควบแน่นเป็นหยดน้ำแล้วเกาะตามพื้นผิวของกล่องพลาสติก ทำให้บดบังผลไม้ที่อยู่ภายในกล่อง ส่งผลให้การจำแนกผลไม้ผิดพลาดได้ จึงทำให้ผู้พัฒนาต้องการศึกษาหาวิธีที่จะมาช่วยปรับปรุงการวิเคราะห์ภาพถ่ายของผลไม้ในกล่องพลาสติกใสให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้พัฒนาจึงสนใจทำโครงงานวิจัยเรื่อง การจำแนกผลไม้ในกล่องพลาสติกใสในชื่อระบบ Fruits in a box (FIB) โดยนำคุณลักษณะสีและพื้นผิวที่ได้จากภาพถ่ายผลไม้ในกล่องมาวิเคราะห์ และใช้ขั้นตอน

วิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว(k-Nearest Neighbor Algorithm) [12] มาช่วยในการจำแนกชนิดของผลไม้ให้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ทั้งยังสามารถนำผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้และต่อยอดในร้านค้าผลไม้ต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาโปรแกรมการจำแนกผลไม้ในกล่อง โดยการนำคุณลักษณะสีและพื้นผิวในรูปแบบต่าง ๆ จากภาพถ่ายผลไม้ในกล่องมาจำแนกชนิดผลไม้ โดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว (k-Nearest Neighbor Algorithm)

ขอบเขตของโครงงาน

1. จำแนกผลไม้ชนิดต่างๆจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ สตรอว์เบอร์รี แอปเปิ้ลแดง เชอร์รี เงาะและชมพู่ โดยถ่ายภาพผลไม้ชนิดต่างๆ ชนิดละ 50 ภาพต่อ 1 กล่อง
2. กล่องใส่ผลไม้ต้องเป็นกล่องพลาสติกใส
3. ในการถ่ายภาพผลไม้ในกล่อง ควรตั้งกล้องให้ห่างจากผลไม้ในกล่องเป็นระยะประมาณ 30 เซนติเมตร และพื้นหลังของภาพถ่ายผลไม้ในกล่องต้องเป็นสีขาว
4. ภาพถ่ายผลไม้ในกล่องต้องมีความละเอียดตั้งแต่ 72 dpi มีขนาดไม่ต่ำกว่า 300 X 300 pixels และไม่เกิน 2000 X 2000 pixels

วิธีการดำเนินงาน

ค. แผนการศึกษา

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎี
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาประสิทธิภาพคุณลักษณะต่าง ๆ และขั้นตอนวิธีในการจำแนก
4. ออกแบบและเขียนโปรแกรมจำแนกผลไม้ในกล่อง
5. ทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมจำแนกผลไม้ในกล่อง
6. ประเมินผลและอภิปรายผล
7. จัดทำเอกสาร

ง. ระยะเวลาที่ศึกษา

ขั้นตอน	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1._ศึกษาค้นคว้าทฤษฎี									
2._ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง									
3._ศึกษาประสิทธิภาพอัลกอริทึมกับคุณลักษณะต่างๆ									
4._ออกแบบและเขียนโปรแกรมจำแนกผลไม้ในกล่อง									
5._ทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมจำแนกผลไม้ในกล่อง									
6._ประเมินผลและอภิปรายผล									
7._จัดทำเอกสาร									

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ก. ประโยชน์ด้านความรู้และประสบการณ์ต่อนิสิต

1. มีความรู้ ความเข้าใจขั้นตอนในการดำเนินการพัฒนาระบบ
2. ได้ฝึกคิดวิเคราะห์ รู้จักทำงานอย่างมีแบบแผน มีระเบียบวินัย ตรงต่อเวลาและมีความรับผิดชอบต่องาน
3. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการเตรียมรูปภาพ การแยกคุณลักษณะต่าง ๆ จากรูปภาพ การจำแนกรูปภาพ
4. ได้รับความรู้การเขียนโปรแกรมและพัฒนาระบบจำแนกรูปภาพ

ข. ประโยชน์ที่ได้จากโครงงานที่พัฒนาขึ้น

1. ลดข้อผิดพลาดในการกรอกรหัสสินค้าผิดชนิดของพนักงานขาย
2. ลดข้อผิดพลาดในขั้นตอนการชำระเงินของลูกค้า
3. ลูกค้าสามารถซื้อสินค้าได้อย่างสะดวกสบายและรวดเร็ว

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

ฮาร์ดแวร์

คอมพิวเตอร์ส่วนตัวที่มี CPU ความเร็วไม่ต่ำกว่า 1.6 GHz RAM ความจุไม่ต่ำกว่า 8 GB และ SSD ความจุไม่ต่ำกว่า 256 GB จำนวน 2 เครื่อง

ซอฟต์แวร์

1. ระบบปฏิบัติการ Windows หรือ macOS
2. ซอฟต์แวร์ค้นคืนภาพ img(Rummager) เวอร์ชัน 1.0.4211.38468 หรือสูงกว่า
3. Jupyter Notebook เวอร์ชัน 4.4.0
4. ไลบรารี Python สำหรับการคำนวณและการทำงานกับข้อมูล เช่น numpy, scipy, pandas

งบประมาณ

1. External Hard Disk ความจุ 1 TB	2 ชิ้น	7,800	บาท
2. ค่าเข้าเล่มหนังสือ	1 ชิ้น	300	บาท
3. ตาชั่งดิจิตอล	1 ชิ้น	3,000	บาท
	รวม	**11,100**	**บาท**

เอกสารอ้างอิง

[1] Hossam M. Zawbaa, Maryam Hazman, Mona Abbass and Aboul Ella Hassanien, “Automatic fruit classification using random forest algorithm,” 14th International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS), Dec. 2014.

[2] Andy Liaw and Matthew Wiener, “Classification and Regression by Random Forest,” Vol. 2/3, Dec. 2002.

[3] Woo Chaw Seng, “A new method for fruits recognition system,” International Conference on Electrical Engineering and Informatics, Aug 2009.

[4] Siyuan Lu, Zhihai Lu, Preetha Phillips, Shuihua Wang, Jianguo Wu and Yudong Zhang, “Fruit classification by HPA-SLFN,” 8th International Conference Wireless Communications & Signal Processing (WCSP), Yangzhou, China, Oct. 2016.

[5] Evi Dewi Sri Mulyani, Susanto, and Jeni Poniman, “Classification of Maturity level of Fuji Apple Fruit With Fuzzy Logic Method,” 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), Denpasar, Indonesia, October 2017.

[6] A.Gopal, R.Subhasree, V. K. Srinivasan, N. K. Varsha, and Sumathi Poobal, “Classification of Color Objects like Fruits using Probability Density Function (PDF),” International Conference on Machine Vision and Image Processing (MVIP), Taipei, Taiwan, Dec. 2012.

[7] Ashok kanade and Arvind Shaligram, “Development of Machine Vision Based System for Classification of Guava Fruits on the Basis of CIE1931 Chromaticity Coordinates,” 2nd International Symposium on Physics and Technology of Sensors, Pune, India, March 2015.

[8] T. Gevers, A. Gijsenij, J. Van de Weijer and JM. Geusebroek, “Color in Computer Vision,”2012.

[9] Peerapon Chantharainthron, “Video Editing Detection Based on MPEG-7 Features,” Department of Mathematics and Computer Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 2016.

[10] Savvas A. Chatzichristofis and Yiannis S. Boutalis, “CEDD: Color and Edge Directivity Descriptor. A Compact Descriptor for Image Indexing and Retrieval,” Department of Electrical and Computer Engineering Democritus University of Thrace, pp. 312–322, 2008.

[11] Savvas A. Chatzichristofis and Yiannis S. Boutalis, “FCTH: Fuzzy Color and Texture Histogram - A Low Level Feature for Accurate Image Retrieval,” Ninth International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services, May 2008.

[12] Mucherino A., Papajorgji P.J. and Pardalos P.M., (2009) “k-Nearest Neighbor Classification,” Data Mining in Agriculture, Springer Optimization and Its Applications, vol. 34, Springer, New York, NY, 2009.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจิรภัทร วัชรสิงห์
รหัสนิสิต 5833615623
วันเดือนปีเกิด 8 มีนาคม 2540
ภูมิลำเนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร
กำลังศึกษาในสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาวธนพร ถิระเลิศพานิชย์
รหัสนิสิต 5833633923
วันเดือนปีเกิด 7 กรกฎาคม 2540
ภูมิลำเนา จังหวัดศรีสะเกษ
กำลังศึกษาในสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย