

# การวัดความหวานของสับปะรดโดยการประมวลผลภาพดิจิทัล Pineapple Sweetness Measurement by Digital Image Processing

ชมทิพ พรพนมชัย, อนพัทธ์ เจ, กรกฤศ สุปายนันต์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยมหิดล, ศาลายา, นครปฐม

E-mail: chomtip.por@mahidol.ac.th, {anaphat.tse & kornkrit.sup}@student.mahidol.ac.th

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการวัดความหวานของผลสับปะรดโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ระบบที่พัฒนาขึ้นเรียกว่า “ระบบการวัดความหวานของสับปะรดโดยการประมวลผลภาพ” หรือ “Pineapple Sweetness Measurement by Digital Image Processing” หรือเรียกย่อ ๆ ว่า “PSMDIP” ระบบได้พัฒนาโดยใช้โปรแกรม MATLAB ประกอบด้วย 5 โปรแกรมย่อยดังนี้ 1) โปรแกรมย่อยส่วนรับภาพ 2) โปรแกรมย่อยส่วนประมวลผลล่วงหน้า 3) โปรแกรมย่อยส่วนสร้างฐานข้อมูล 4) โปรแกรมย่อยส่วนวิเคราะห์ความหวาน และ 4) โปรแกรมย่อยส่วนแสดงผลรูปสับปะรดที่ใช้ในการทำการวิจัยนี้ได้ถูกรวบรวมและเก็บข้อมูลภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ถูกควบคุมระดับความเข้มข้นของแสง ผลการทดลองมีความถูกต้องแม่นยำร้อยละ 83.08

## Abstract

This research paper developed a system in which allows users to determine the sweetness level of pineapple by using an image of the meat part of an apple. The system, developed based on the usage of MATLAB, consists of four main modules namely- 1) Image Acquisition, 2) Image Preprocessing, 3) Database Creation, 4) Sweetness Determination, and 5) Result Determination. All pineapple pictures are taken in the controlled environment. The precision of the system are around 83.00 per cent.

**Keywords:** pineapple; pineapple sweetness determination; texture extraction; image processing

## 1. บทนำ

การตรวจสอบควบคุมคุณภาพของผลผลิตของผลไม้ทางการเกษตรมีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมการนำเข้า-ส่งออกของผลไม้ที่เป็นผลผลิตทางการเกษตรหลักของประเทศไทย การควบคุมคุณภาพของรสชาติของผลไม้ให้ได้มาตรฐานก็มีผลต่อความเชื่อมั่นในคุณภาพของผลไม้ทางการเกษตรของไทยต่อลูกค้า ในการวัดความหวาน ความเปรี้ยวของผลไม้ที่ใช้ปฏิกิริยาทางเคมีในห้องปฏิบัติการต้องใช้เวลาในการประมวลผลนาน ซึ่งอาจจะมีผลต่อความสดของผลไม้ที่จะนำเข้าสู่ อ อ ก ฉะนั้นงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการประเมินความหวานของผลไม้ทางการเกษตรไทยด้วยเทคนิคใหม่ โดยนำเทคนิคการประมวลผลภาพมาช่วยในการวัดความหวานของผลไม้ ซึ่งเทคนิคใหม่นี้จะให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วกว่าการประมวลผลด้วยปฏิกิริยาทางเคมีเพียงผู้ใช้งานระบบนี้ใช้กล้องถ่ายภาพถ่ายรูปเนื่อผลไม้ที่ต้องการวัดความหวานก่อน จากนั้นใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผลความหวานของผลไม้ด้วยวิธีการประมวลผลภาพ งานวิจัยนี้ได้ทดสอบวัดความหวานของผลสับปะรดในลำดับแรกก่อน ซึ่งขั้นตอน วิธีการ และผลการทดลอง จะได้นำเสนอในลำดับถัดไป

## 2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

นักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยได้ใช้หลากหลายวิธีการในการประมวลผลภาพมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์ควบคุมผลผลิตด้านการเกษตร เทคนิคต่างๆ ที่ได้นำมาใช้มีดังนี้

### 2.1 การวิเคราะห์ด้วยสัณฐานวิทยา (Morphological)

การวิเคราะห์ทางสัณฐานวิทยาเป็นการวิเคราะห์ทางรูปร่างโครงสร้างของผลไม้ต่างๆ เช่น ส่วนโค้ง ส่วนเว้า ความกว้าง ความยาว ฯลฯ ของผลไม้ นั้น นักวิจัยที่ใช้เทคนิคการเปรียบเทียบทางสัณฐานวิทยาใช้ในการรู้จำภาพถ่ายผลไม้มีพอสังเขปต์ ดังนี้ Arirazhagan และคณะ (2010) รู้จำรูปผลไม้จำนวน 15 ประเภทจากรูปถ่ายผลไม้ทั้งหมด 2,635 รูปด้วยความถูกต้องแม่นยำร้อยละ 86.00 และ Song และคณะ (2013) ทดสอบการรู้จำและนับจำนวนผลไม้จากภาพถ่ายด้วยความถูกต้องแม่นยำร้อยละ 74.20 [1, 2]

### 2.2 การวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

#### (Artificial Neural network)

โครงข่ายประสาทเทียม เป็นเทคนิคการประมวลผลภาพที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง ซึ่งหลักการทำงานจะเรียนแบบโครงข่ายประสาทของมนุษย์ กล่าวคือโครงข่ายประสาทเทียมมีโครงสร้าง 3 ชั้นคือ ชั้นรับข้อมูลเข้า (input layer) ชั้นซ่อน (hidden layer) และชั้นแสดงผล (output layer) นักวิทยาศาสตร์ที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการรู้จำผลไม้มีพอสังเขปต์ดังนี้ Gatica และคณะ (2013) รู้จำผลมะกอก (Olive fruit) ด้วยความแม่นยำร้อยละ 97.00 Khairunniza และ Kamaruddin (2014) วัดความหวานของมะม่วงโชคอนันต์ (Chokanan mango) ด้วยความแม่นยำร้อยละ 78.00 Pratap และคณะ (2014)

รู้จำภาพถ่ายผลไม้ด้วยความถูกต้องแม่นยำร้อยละ 96.00 Naskar และ Bhattacharya (2015) รู้จำภาพถ่ายผลไม้ด้วยความถูกต้องแม่นยำร้อยละ 95.00 Ding and Yu (2010) ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back propagate neural networks ในการรู้จำผิวของผลไม้ด้วยความถูกต้องร้อยละ 94.67 นอกจากนี้ยังมี Wang และคณะ (2011) รู้จำผลไม้จากภาพถ่ายด้วยความถูกต้องร้อยละ 92.00 Ittaturut และคณะ (2016) และคณะใช้โครงข่ายประสาทเทียมวัดความหยาบของผลแอปเปิ้ล [3-9]

### 2.3 การวิเคราะห์ด้วยระบบยุคลิด (Euclidean distance)

ระบบยุคลิดเป็นเทคนิคการประมวลผลภาพวิธีหนึ่งซึ่งที่เปรียบเทียบค่าของภาพที่ต้องการค้นหา กับค่าของภาพในฐานข้อมูล โดยใช้สมการที่ (1) ดังนี้

$$D = \text{SQRT} (X^2 - Y^2)$$

(1)

โดยที่ D = ผลลัพธ์ X=ค่าที่ต้องการค้นหา Y=ค่าในฐานข้อมูล

โดยที่ค่า D ยิ่งเข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าค่า X และ ค่า Y มีความใกล้เคียงกันมากนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้ระบบยุคลิดในการรู้จำผลไม้มีพอสังเขปดังนี้ Qin

และ Tang (2011) รู้จำภาพของผิวของผลไม้ด้วยความถูกต้องร้อยละ 95.70 Seng (2009) ใช้ระบบยุคลิดในการตรวจสอบผลกล้วยและแอปเปิ้ลด้วยความถูกต้องร้อยละ 97.50 และ Mattsson (2011) รู้จำผลไม้จำนวน 14 ชนิดด้วยความแม่นยำร้อยละ 90.00 [10-12]

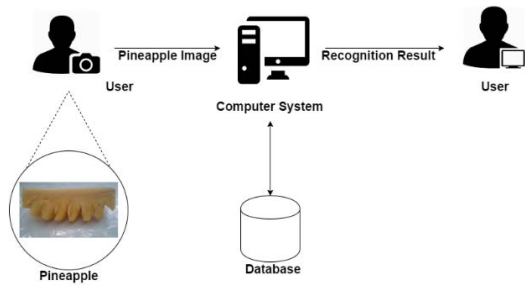
จากรวบรวมที่เกี่ยวข้อพบว่าการประมวลผลภาพโดยการเปรียบเทียบภาพแบบยุคลิดเป็นการประมวลผลที่เร็วและให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้การเปรียบเทียบภาพเนื้อผลสับปะรดแบบยุคลิด

### 3. วิธีการและขั้นตอนการวิจัย

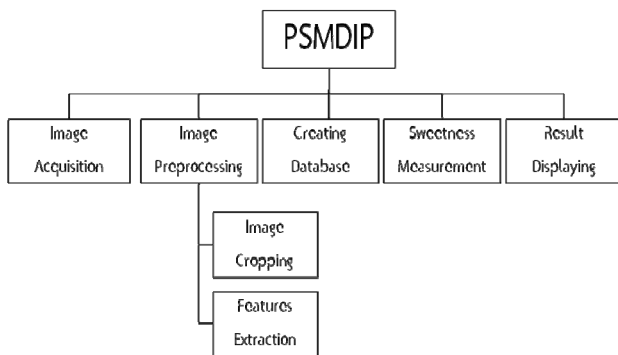
เพื่อความเข้าใจในส่วนขั้นตอนการวิจัยในที่นี้จะขออธิบายระบบการวัดความหยาบของสับปะรด โดยใช้ conceptual diagram ในการอธิบายก่อน จากนั้นจะแปลง conceptual diagram ให้เป็น system structure chart ซึ่งรายละเอียดของทั้ง conceptual diagram และ system structure chart มีดังนี้

#### 3.1 System conceptual diagram

การทำงานของ conceptual diagram เริ่มจากผู้ใช้งานถ่ายรูปเนื้อสับปะรดด้วยกล้องถ่ายรูป หรือ กล้องของโทรศัพท์มือถือส่งภาพไปให้ระบบ PSMDIP ประมวลผลและเมื่อระบบสามารถวัดความหยาบของเนื้อสับปะรดได้แล้วก็จะแสดงผลทางหน้าจอ (ดังแสดงในรูปที่ 1)



รูปที่ 1 System conceptual diagram ของระบบ PSMDIP



รูปที่ 2 System structure chart ของระบบ PSMDIP

### 3.2 System structure chart

ระบบ PSMDIP ประกอบด้วย 5 โปรแกรมย่อยคือ

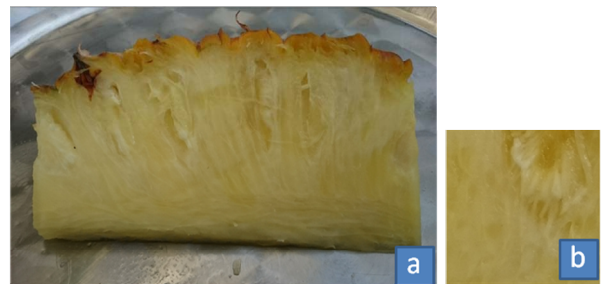
- 1) โปรแกรมย่อยการรับภาพสับปะรด (Image Acquisition)
- 2) โปรแกรมย่อยการประมวลผลล่วงหน้า (Image Preprocessing)
- 3) โปรแกรมย่อยการสร้างฐานข้อมูล (Creating Database)
- 4) โปรแกรมย่อยการวัดความหวาน (Sweetness Measurement) และ
- 5) โปรแกรมย่อยการแสดงผล (Result

Displaying) ดังแสดงในรูป system structure chart ในรูปที่ 2

ซึ่งแต่ละโปรแกรมย่อยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.2.1 โปรแกรมย่อยการรับภาพสับปะรด (Image Acquisition)

ขั้นตอนนี้เป็นการถ่ายภาพรูปชิ้นสับปะรด โดยการควบคุมสภาวะแวดล้อมทั้งด้านแสงและเงาของชิ้นสับปะรด โดยภาพถ่ายของรูปชิ้นสับปะรดในขั้นตอนนี้จะมีขนาดภาพ 1800 \* 1600 pixels ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3 (a)



รูปที่ 3 แสดงภาพถ่าย (a)

ชิ้นสับปะรดในการทดลอง

(b) ภาพ Cropping สับปะรดของ รูป 3 (a)

#### 3.2.2 โปรแกรมย่อยการประมวลผลล่วงหน้า (Preprocessing)

โปรแกรมย่อยการประมวลผลล่วงหน้าแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ การตัดเฉพาะส่วนรูปภาพ (Image Cropping) และการหาคุณลักษณะ (Features) ของชิ้นสับปะรด รายละเอียดของทั้ง 2 ขั้นตอนมีดังนี้

##### 3.2.2.1 การตัดเฉพาะส่วนรูปภาพ

###### (Image Cropping)

ขั้นตอนนี้จะสุ่มตัดภาพชิ้นสับปะรดให้มีขนาดเล็กลง

เพื่อลดเวลาในการประมวลผลภาพชั้นสลับประด และการประมวลผลเฉพาะส่วนเนื้อของสลับประด โดยภาพตัดของชั้นสลับประดในขั้นตอนี้จะมีขนาด 600 \* 600 pixels ดังแสดงในรูปที่ 3(b)

### 3.2.2.2 การหาคุณลักษณะ (Features)

#### ของชั้นสลับประด

คุณลักษณะที่ใช้ในการประมวลผลจะมีทั้งหมด 12 ค่า ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยของสีแดง (mean red) ของภาพชั้นสลับประด เป็นค่าเฉลี่ยสีแดงของรูปเนื้อสลับประดที่ทดสอบ
2. ค่าเฉลี่ยของสีเขียว (mean green) ของภาพชั้นสลับประด เป็นค่าเฉลี่ยสีเขียวของรูปเนื้อสลับประดที่ทดสอบ
3. ค่าเฉลี่ยของสีน้ำเงิน (mean blue) ของภาพชั้นสลับประด เป็นค่าเฉลี่ยสีน้ำเงินของรูปเนื้อสลับประดที่ทดสอบ
4. ค่าเฉลี่ยของสีเทา (mean gray) ของภาพชั้นสลับประด เป็นค่าเฉลี่ยสีเทาของรูปเนื้อสลับประดที่ทดสอบ

กำหนดให้ค่า  $P(i, j)$  เป็นค่า Normalized Gray-tone Spatial-dependence matrix ของรูปเนื้อสลับประด

$N$

เป็นจำนวนช่วงของค่าสีเทาของรูปเนื้อสลับประด

5. ค่า energy ของภาพพื้นผิวชั้นสลับประด  
ค่า energy ของพื้นผิวสลับประดคำนวณได้ดังสมการที่ 2

$$\sum_i \sum_j \{P(i, j)\}^2 \quad (2)$$

6. ค่า contrast ของภาพพื้นผิวชั้นสลับประด  
ค่า contrast ของพื้นผิวสลับประดคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$\sum_0 N^2 \{ \sum_i \sum_j P(i, j) \} \quad (3)$$

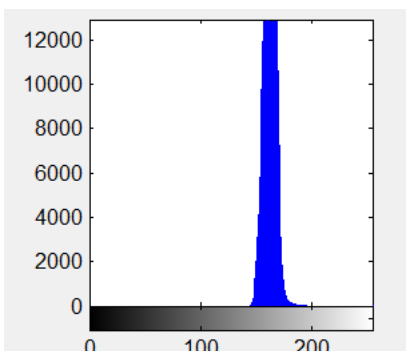
7. ค่า homogeneity ของภาพพื้นผิวชั้นสลับประด  
ค่า homogeneity ของพื้นผิวสลับประดคำนวณได้ดังสมการที่ 4

$$\sum_i \sum_j \{ [1 / (1 + (i - j)^2)] * P(i, j) \} \quad (4)$$

8. ค่า entropy ของภาพพื้นผิวชั้นสลับประด  
ค่า homogeneity ของพื้นผิวสลับประดคำนวณได้ดังสมการที่ 5

$$- \{ \sum \sum P(i, j) * \log(P(i, j)) \} \quad (5)$$

9. ค่าเฉลี่ยของ histogram ของภาพชั้นเนื้อสับปะรด ค่า histogram เป็นค่าที่แสดงกราฟความถี่ของสีในช่วงความสว่างที่น้อยจนไปถึงความสว่างที่มาก ดังแสดงในรูปที่ 4 ความสว่าง-ความถี่สามารถปรับให้สมดุลได้โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า histogram equalization
10. ค่าเฉลี่ยของ red histogram equalization ของภาพชั้นเนื้อสับปะรดเป็นค่าเฉลี่ยของ histogram ของสีแดง
11. ค่าเฉลี่ยของ green histogram equalization ของภาพชั้นเนื้อสับปะรดเป็นค่าเฉลี่ยของ histogram ของสีเขียว
12. ค่าเฉลี่ยของ blue histogram equalization ของภาพชั้นเนื้อสับปะรดเป็นค่าเฉลี่ยของ histogram ของสีน้ำเงิน



รูปที่ 4 แสดงภาพ Histogram ของรูปสับปะรด

โดยที่ค่าคุณลักษณะทั้ง 12 ค่าจะเป็นค่าของเลขทศนิยมที่ใช้ในการบงบอกคุณลักษณะของชั้นเนื้อสับปะรด

### 3.2.3 โปรแกรมย่อยการสร้างฐานข้อมูล (Creating Database)

ในการทดลองนี้ระบบฐานข้อมูลจะสร้างโดยการถ่ายภาพชั้นสับปะรดจำนวน 100 รูป โดยภาพทั้ง 100 รูปจะหาค่าคุณลักษณะของเนื้อสับปะรดดังได้บรรยายไว้ในหัวข้อที่ 3.2.2 ในขณะเดียวกันชั้นเนื้อสับปะรดทั้ง 100 ชั้นจะกำกับความหวานโดยใช้เครื่อง Brix Refractometer (ดังแสดงในรูปที่ 5) ในการวัดความหวาน



รูปที่ 5 เครื่องวัดความหวานแบบ Brix Refractometer

### 3.2.4 โปรแกรมย่อยการวัดความหวาน (Sweetness Measurement)

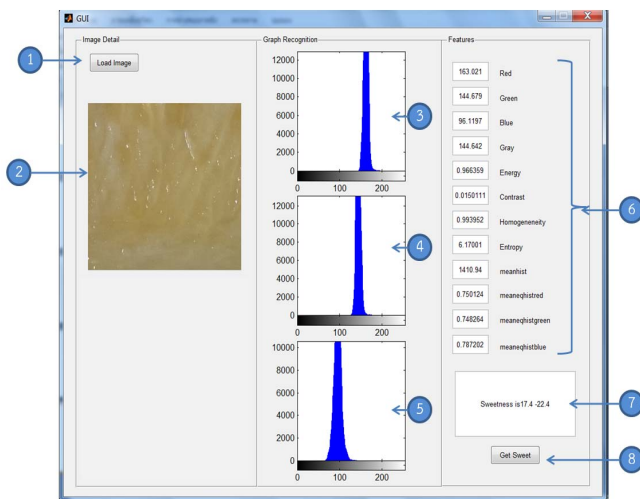
ส่วนการวัดความหวานของชั้นเนื้อสับปะรดที่จะทำการทดลอง โดยการหาค่าคุณลักษณะของเนื้อสับปะรดที่ต้องการทราบความหวานตามขั้นตอนการที่ 3.2.2.2 แล้วจะนำค่าคุณลักษณะทั้ง 12 ค่าเทียบกับค่าคุณลักษณะของชั้นเนื้อสับปะรดทั้ง 100 รูป ในฐานข้อมูล

ในการทดลองนี้จะใช้เทคนิคการเปรียบเทียบแบบยุคลิด (Euclidean Distance) ดังแสดงในสมการที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบได้ค่าชั้นเนื้อสับปะรดที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับฐานข้อมูลที่สุดแล้วก็จะดึงค่าความหวานของชั้นเนื้อสับปะรดในฐานข้อมูลนั้นและแสดงผลในโปรแกรมย่อยส่วนแสดงผล

### 3.2.4 โปรแกรมย่อยการแสดงผล (Display Result)

โปรแกรมย่อยส่วนแสดงผลจะแบ่งเป็น 3 แฉก (ดังแสดงในรูปที่ 6) ดังนี้

แฉกที่ 1 จะเป็นปุ่มอ่านภาพสับปะรด “Load Image” ดังที่แสดงในวงกลมที่ 1 และส่วนแสงภาพตัดสับปะรด “Cropping Image” ดังที่แสดงในวงกลมที่ 2



รูปที่ 6

ผลลัพธ์ที่แสดงในโปรแกรมย่อยส่วนแสดงผล

แฉกที่ 2 เป็นกราฟแสดง Histogram ของสีแดง สีเขียว

และสีน้ำเงินของชั้นเนื้อสับปะรด

ดังแสดงในวงกลมที่ 3 – 5 ตามลำดับ

แฉกที่ 3 ส่วนบนแสดงค่าคุณลักษณะของสับปะรดทั้ง 12 ค่าที่หาได้จากขั้นตอนในข้อ 3.2.2.2 ดังแสดงในวงกลมที่ 6 ส่วนถัดมาจะเป็นแถบหน้าต่างแสดงช่วงความหวานของสับปะรด ดังแสดงในวงกลมที่ 7 ส่วนล่างสุดเป็นปุ่มกดเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลและแสดงความหวานของเนื้อสับปะรด (Get Sweet) ดังแสดงในวงกลมที่ 8

## 4 ผลการทดลอง

ระบบ PSMDIP ได้สอนระบบด้วยภาพสับปะรดสายพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 100 รูปและบันทึกข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล จากนั้นได้ทดสอบระบบกับสับปะรดจำนวน 1,005 ภาพ โดยเมื่อระบบ PSMDIP แสดงช่วงความหวานผ่านระบบแล้วคณะวิจัยได้ตรวจสอบความแม่นยำของระบบโดยการนำสับปะรดของรูปนั้นๆ นั้นไปวัดด้วยเครื่องวัดความหวาน Brix Refractometer (ดังแสดงในรูปที่ 5) โดยระบบ PSMDIP

สามารถแสดงผลช่วงความหวานมีความถูกต้องแม่นยำร้อยละ 83.08

## 5 สรุปผลการทดลอง

การวิจัยนี้ได้ติดตั้งและทดสอบระบบ PSMDIP

ด้วยการวัดความหวานของเนื้อสับปรดด้วยวิธีการทางภาพประมวลผลภาพตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ในของการวิจัย โดยการพิจารณาจากสี แดง-เขียว-น้ำเงิน และลดลายเนื้อเยื่อสับปรดในการพิจารณาความหวาน จากผลการทดลองพบว่าระบบ PSMDIP สามารถบอกช่วงความหวานได้ถูกต้องร้อยละ 83.08 ซึ่งในอนาคตยังสามารถนำระบบ PSMDIP ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ตรวจสอบความหวานของผลไม้อื่นๆ ได้

## 6 กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนบางส่วนจาก คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยมหิดล

## 7 เอกสารอ้างอิง

- [1] Arirazhagan S., Newlin R., Selva S., Ganesan L., "Fruit recognition using color & texture feature", Journal of Emerging Trends in Computing and Information Science, Vol.1, No 2, 2010, 90-94.
- [2] Song Y., Glasbey C.A., Horgan G.W., Polder G., Dieleman J.A., "Automatic fruit recognition and counting from multiple images", Biosystems Engineering, Vol. 118, 2014, 203-215.
- [3] Gatica G., Best S., Ceroni J., Lefranc G., "Olive fruits recognition using neural networks", Procedia Computer Science, Vol. 17, 2013, 412-419.
- [4] Khairunniza-Bejo S., Kamaruddin S., "Chokanan mango sweetness determination using HSB color space", in Proceeding of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Computational Intelligence, Modeling & Simulation, 20-22 Sep 2014, Langkawi, Malaysia, pp.216-221.
- [5] Pratap B., Agarwal N., Joshi S., Gupta S., "Development of Ann Based Efficient fruit recognition technique", Global Journal of Computer Science and Technology, Vol. XIV, 2014, 1-6.
- [6] Naskar S., Bhattacharya T., "A fruit recognition technique using multiple features and artificial neural network", International Journal of Computer Applications, Vol. 116, 2015, 23-28.
- [7] Ding Z., Yu Y., "Texture image recognition based on Bi-spectrum slice and BP Neural network ensembles", 2010. In Proceeding of Intelligent Computing and Intelligent System, 29-



- 31 Oct 2010, Xiamen, China, pp. 393-395
- [8] Wang X., Huang W., Jin C., Hu M., Ren F., "Fruit recognition based on multi-feature and multi-decision", In the Proceeding of international conference on cloud computing and intelligence system, 27-29 Nov 2014, Hong Kong, China, pp. 113-117.
- [9] Ittaturut T., Lekhalawan A., Tangjitwattanakorn W., Pornpanomchai C., "Apple Sweetness Measurement By Image Processing Technique", in Proceeding of the ICT International Student Project Conference, 27-28 May 2016, Nakhon Pathom, Thailand, pp. 182-185,.
- [10] Qin Y., Tang Y., "Dynamic texture recognition based on multiple statistical features with LBP/WLD", In the Proceeding of International Conference on Computer Science and Networking Technology, 24-26 Dec 2011, Harbin, China, pp. 957-960.
- [11] Seng W.C., Mirisae, S.H. "A new method for fruits recognition system", In the Proceeding of International Conference on Electrical Engineering and Informatics, 5-7 Aug 2009, Selangor, Malaysia, pp. 130-134.
- [12] Mattsson O., "Fruit Recognition by Hierarchical Temporal Memory", Master thesis in complex adaptive systems, 2011, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden.