

การระบุพันธุ์ชมพูเพชรด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ “Phet Rose Apple” Identification using Image Processing

ศิริพร อ่วมศิริ^{1*} สุวัจชัย กมลสันติโรจน์² และ สรร รัตนสัญญา³

^{1,2,3}ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*siriporn.ikq@gmail.com

บทคัดย่อ

ชมพูเพชร (Phet Rose Apple) เป็นชมพูพันธุ์การค้าที่มีความสำคัญเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศไทยซึ่งมีอัตราการส่งออกเป็นมูลค่าสูง แต่พ่อค้ามักนำชมพูพันธุ์อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมาจำหน่ายปะปนกับชมพูเพชร ทำให้ผู้บริโภคเกิดความสับสน และไม่เชื่อมั่นในสินค้า จึงทำให้ชมพูเพชรมียอดการจำหน่ายและส่งออกลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของเกษตรกร และสภาพเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการระบุพันธุ์ชมพูเพชรด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ คุณลักษณะเด่นที่สำคัญของชมพูเพชร 2 คุณลักษณะได้ถูกสกัดออกมาจากบริเวณก้นผล ซึ่งคือ อัตราส่วนของพื้นที่กลีบชมพู และขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู จากนั้นนำมาใช้ในการระบุพันธุ์ ด้วยเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถระบุพันธุ์ชมพูเพชรได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีความถูกต้องสูงสุดถึง 97.78% เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการระบุพันธุ์กับผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการทางสถิติ เช่น $R^2 = 0.96$ แสดงว่าวิธีการที่นำเสนอให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับผู้เชี่ยวชาญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: การสกัดคุณลักษณะเด่น, ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน, 3 folds cross-validation, ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

Abstract

Phet Rose Apple has a high impact on the economy of Thailand, which has high value of exports. The merchants however often sell other types of rose apple under this Phet Rose Apple name in the market, which results in customer's hesitation to buy and having no confidence in buying them from the market. This causes continuously decreasing in sale volume of Phet Rose Apple, which has seriously affected lifestyle of farmers and the economy of Thailand. This paper proposes a method to identify Phet Rose Apple using image processing. Two significant features are extracted from the bottom area of rose apple, which are the area of petals's ratio and radius between each petal. The support vector machine then uses these features to identify Phet Rose Apple. The experimental results show that the proposed method can effectively identify Phet Rose Apple with high accuracy up to 97.78%. The results are then compared with the identification by the experts using statistical tests such as $R^2 = 0.96$ which significantly indicates the impressive outcome of the proposed method.

Keywords: Features Extraction, Support Vector Machine, 3 folds cross-validation, R square (R^2)

1. บทนำ

ชมพู่เพชร (Phet Rose Apple) หรือ ชมพู่เพชรสายรุ้ง เป็นชมพู่พันธุ์การค้าที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศไทย เพราะเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่นฮ่องกง เกาหลี และมาเลเซีย (ณัฐชา แคนยุกต์ และ สากล สถิตวิทยานันท์, 2558 : 12) ซึ่งมียอดการจำหน่ายและส่งออกเป็นมูลค่าสูงมาก เนื่องจากการปลูกและดูแลรักษายาก อีกทั้งยังมีปริมาณผลผลิตต่อปีน้อยทำให้ชมพู่เพชรมีราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 200-400 บาท

ชมพู่เพชรนิยมปลูกเพื่อการค้าในแถบจังหวัดเพชรบุรี ราชบุรี และนครปฐม แต่นิยมปลูกมากบริเวณริมแม่น้ำเพชรใน 5 อำเภอของจังหวัดเพชรบุรี (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2553) โดยจะออกผลช่วงเดือนธันวาคมถึง พฤษภาคมของทุกปีเท่านั้น ด้วยเอกลักษณ์ของชมพู่เพชรที่มีเนื้อกรอบแน่น มีรสชาติหวานถึง 15 บริกซ์ (Brix) ซึ่งชมพู่พันธุ์ทั่วไปมีความหวานอยู่ที่ 11 บริกซ์เท่านั้น และมีคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายทำให้ชมพู่เพชรเป็นที่นิยมของผู้บริโภคและจัดเป็นผลไม้เศรษฐกิจของประเทศไทย (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี, 2551 : 16) โดยชมพู่เพชรได้รับความนิยมอย่างมากในการซื้อเป็นของฝากสำหรับโอกาสสำคัญต่างๆ โดยในการประชุมสุดยอดผู้นำอาเซียนครั้งที่ 14 ก็ได้มีการนำชมพู่เพชรมอบเป็นของที่ระลึกให้กับผู้นำของแต่ละประเทศและสร้างความประทับใจให้กับทุกคนเป็นอย่างมากส่งผลให้ชมพู่เพชรมีชื่อเสียง ได้รับการยอมรับ และมีโอกาสทางการค้าเพิ่มสูงขึ้น (กลุ่มศึกษาข้อตกลงเขตการค้าเสรีภาคประชาชน, 2552)

แต่ปัจจุบันในท้องตลาดได้มีการนำชมพู่เพชรสุพรรณที่มีลักษณะใกล้เคียงกับชมพู่เพชรมาวางจำหน่ายปะปน มีการประชาสัมพันธ์เพียงว่าเป็นชมพู่เพชร ไม่ได้ระบุพันธุ์ที่ชัดเจนจึงเกิดความสับสนขึ้นทำให้บ่อยครั้งผู้บริโภคได้รับชมพู่ที่ผิดกลับไป และเมื่อรับประทานแล้วรสชาติของชมพู่ไม่ด้อย่างที่คาดหวังไว้ ทำให้ผู้บริโภคเกิดความไม่เชื่อมั่นในชมพู่เพชร และไม่กล้าซื้อชมพู่เพชรอีก ในเบื้องต้นจังหวัดเพชรบุรีได้มีการแก้ไขปัญหาโดยการนำชมพู่เพชรขึ้นจดทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์และออกเอกสารเผยแพร่ของสำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี เพื่อประชาสัมพันธ์ลักษณะที่โดดเด่นของชมพู่เพชรให้ผู้บริโภคทราบ แต่เนื่องจากลักษณะภายนอกที่คล้ายคลึงกันมากของชมพู่ทั้ง 2 พันธุ์ทำให้บุคคลทั่วไปไม่สามารถคัดแยกพันธุ์ออกจากกันได้อย่างถูกต้อง โดยชมพู่เพชรและชมพู่เพชรสุพรรณมีลักษณะ ดังรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 ชมพู่เพชร (ก) และชมพู่เพชรสุพรรณ (ข)

จากปัญหาดังกล่าวส่งผลให้ในช่วงหลังชมพู่เพชรมียอดการจำหน่ายและส่งออกที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้จำหน่ายรายย่อย และเกษตรกรมีรายได้ลดลง ซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจรวมของประเทศ นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวยังส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของเกษตรกร และภูมิปัญญาไทยอีกด้วย ข้อมูลจากตารางที่ 1 (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี, 2556) พบว่าพื้นที่การปลูกชมพู่เพชรของจังหวัดเพชรบุรีมีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่องทุกปี เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่หันไปประกอบอาชีพอื่น ซึ่งหากเป็นเช่นนี้ต่อไปชมพู่เพชรอาจสูญหายไปจากประเทศไทย

ตารางที่ 1 สรุปพื้นที่ในการเพาะปลูกชมพู่เพชรของจังหวัดเพชรบุรี

ปี พ.ศ.	พื้นที่ในการเพาะปลูกชมพู่เพชร ในจังหวัดเพชรบุรี (ไร่)
2550	1,154
2551	978
2552	898
2553	800
2554	755
2555	730
2556	722

ที่มา:สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี

จากความสำเร็จข้างต้นผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการระบุพันธุ์ชมพู่เพชรด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ เพื่อให้สามารถคัดแยกชมพู่ทั้ง 2 พันธุ์ออกจากกันได้ด้วยรูปภาพ เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับบุคคลทุกกลุ่มสามารถคัดแยกพันธุ์ชมพู่เพชรได้ด้วยตนเอง ลดปัญหาความผิดพลาดในการเลือกซื้อชมพู่เพชร ทำให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจว่าชมพู่ที่ซื้อไปเป็นชมพู่เพชร อีกทั้งยังสามารถเลือกซื้อชมพู่ได้รวดเร็วและง่ายขึ้น เมื่อทุกคนหันกลับมาบริโภคชมพู่เพชรจึงเป็นกระตุ่นยอดการจำหน่ายและส่งออกทำให้ภาพรวมเศรษฐกิจของประเทศ และวิถีชีวิตของเกษตรกรดีขึ้น

2. วัตถุประสงค์

จากลักษณะภายนอกที่มีความใกล้เคียงกันมากของชมพู่เพชรและชมพู่เพชรสุวรรณทำให้ผู้บริโภคสับสนและเกิดความผิดพลาดในการซื้อชมพู่เพชร ผู้บริโภคจึงขาดความเชื่อมั่นไม่กล้าซื้อชมพู่เพชรอีก ซึ่งกระทบต่อรายได้ และวิถีชีวิตของเกษตรกร อีกทั้งยังส่งผลต่อสภาพเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเสนอวิธีการระบุพันธุ์ชมพู่เพชรด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ เพื่อช่วยให้บุคคลทั่วไปสามารถคัดแยกชมพู่ทั้ง 2 พันธุ์ ออกจากกันได้ด้วยตนเอง ลดปัญหาความผิดพลาดในการซื้อชมพู่ของผู้บริโภค เป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นและอำนวยความสะดวกในการเลือกซื้อชมพู่เพชร โดยงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุพันธุ์ชมพู่เพชรด้วยเทคนิค การประมวลผลภาพซึ่งนำลักษณะทางกายภาพที่โดดเด่นของชมพู่เพชรมาช่วยในการตรวจสอบพันธุ์

3. สมมุติฐาน

จากการศึกษาพบว่าชมพู่ในแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะเฉพาะของตัวเองทั้งลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางชีวภาพ แต่ลักษณะทางกายภาพจะสามารถบ่งบอกได้ด้วยตาอย่างชัดเจนจึงเหมาะสมกับความต้องการของผู้วิจัยที่จะใช้เทคนิคการประมวลผลภาพในการคัดแยกพันธุ์ของชมพู่ ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจด้านลักษณะทางกายภาพของชมพู่ ทั้ง 2 พันธุ์ โดยชมพู่เพชรและชมพู่เพชรสุวรรณมีลักษณะทางกายภาพแบ่งตามคุณลักษณะทางด้านรูปร่าง สี ลักษณะ ก้านผล และคุณลักษณะอื่นๆ สรุปได้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปลักษณะทางกายภาพของชมพู่ 2 พันธุ์

คุณลักษณะ \ ชมพู	ชมพูเพชร	ชมพูเพชรสุวรรณ
รูปร่าง	ทรงระฆังคว่ำ หรือไม่แน่นอน	รูปร่างระฆัง หรือไม่แน่นอน
สีผล	สีเขียวอ่อน หรือ สีเขียวอ่อนปนชมพู	สีเขียวเข้มปนแดง
สีของกลีบผล	สีชมพู	สีแดง
ลักษณะของกันผล	ลักษณะแคบชิดกัน	ลักษณะกว้างออกจากกัน
ความมันวาว	ไม่มีความมันวาว	มันวาว
ลักษณะอื่น ๆ	ผลแก่จะมีเส้นเอ็นขึ้นชัดเจนบริเวณข้างผล	-

จากตารางพบว่าถึงแม้ชมพูทั้ง 2 พันธุ์จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน แต่ยังคงมีลักษณะทางกายภาพบางประการที่แตกต่างกัน ได้แก่ ลักษณะของกันผล สี และความมันวาว ผู้วิจัยจึงมีความเชื่อมั่นว่าสามารถนำลักษณะทางกายของชมพูเพชรมาใช้ในการระบุพันธุ์ได้อย่างแน่นอน

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชมพูเพชร พบว่าสำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรีระบุลักษณะทางกายภาพของชมพูเพชรไว้ว่า ผลแก่จะมีรูปทรงระฆังคว่ำ ตรงกลางผลป่องเล็กน้อย กันผลแคบ ช่องว่างระหว่างกลีบแคบชิดกัน กันผลมีสีเขียวอมชมพู เวลาแก่จัดผลจะขึ้นเส้นเอ็นสีชมพู ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนฤณี รัตนามหาวิชัย (2539 : 40) ที่ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของชมพูพันธุ์การค้า 6 พันธุ์แล้วพบว่าผลชมพูเพชรนั้นมีรูปร่างแบบระฆังคว่ำ(Bell-shape) ตามอัตราส่วน 1:1.19 มีสีผิวภายนอกของบริเวณขั้วผลกับบริเวณกันผลแตกต่างกัน โดยบริเวณขั้วผล มีค่าสีเทียบกับ Color chart ของ R.H.S. (The Royal Horticultural Society) คือขั้วผลมีค่า Yellow Green Group 145A, 145B, 145C และบริเวณกันผลมีค่า Red Group 49A, 56A และจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพิ่มเติมพบว่า รูปทรงผลของชมพูเพชรเกิดจากปัจจัยทางด้านการมรีการห่อผล ทำให้มีลักษณะที่ไม่แน่นอน แต่ผลจะมีสีเขียวอ่อนปนชมพู มีลักษณะของกันผลที่แคบสนิทกัน มีช่องว่างระหว่างกลีบชิดติดกัน และผลแก่จัดจะมีเส้นเอ็นสีชมพูขึ้นชัดเจน

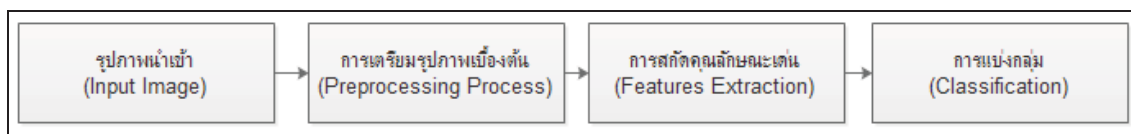


รูปภาพที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของชมพูเพชร

ที่มา: <http://www.letscheckinmag.com> และ <http://www.oknation.net/blog/Smartlearning/2011/03/10/entry-1>

จากการศึกษาผู้วิจัยพบว่าลักษณะที่โดดเด่นทางกายภาพของผลไม้แต่ละชนิดนั้นมีความสำคัญสำหรับการ คัดแยกและจดจำผลไม้เป็นอย่างดี โดย Senthilarasi et al. (2014 : 5) ได้ใช้ลักษณะเด่นทางด้านรูปร่างของกล้วยพันธุ์ Musa ของประเทศอินเดีย เพื่อช่วยในการคัดแยกกล้วยพันธุ์นี้ออกจากผลไม้ชนิดอื่น ได้แก่ เลมอน แอปเปิ้ล มะม่วง ส้ม และทับทิม ในขั้นแรกเขาทำการแปลงรูปภาพสีในระบบ RGB (RGB Image) ให้อยู่ในรูปภาพระบบสีเทา (Gray Scale) จากนั้นทำการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังด้วยเทคนิค Simple Background Subtraction แปลงวัตถุเป็นภาพขาวดำ (Binary Image) โดยวิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งค่าเดียวทั้งภาพ (Global Threshold) และปรับปรุงโครงสร้างของรูปภาพ (Morphological) ด้วยวิธีการขยายภาพ (Dilation) ให้ได้วัตถุที่เรียบเนียนเป็นชั้นเดียวกัน จากนั้นทำการ คัดแยกกล้วยพันธุ์นี้ด้วยลักษณะรูปร่าง โดยการหารูปแบบของระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางกับบริเวณขอบของกล้วยออกมา และขั้นตอนสุดท้ายคือใช้ไบนารีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีน (Binary

Support Vector Machine: Binary SVM) ในการคัดแยกกล้วยพันธุ์นี้ออกจากผลไม้ชนิดอื่นซึ่งให้ผลที่ดีถึง 95% แต่ปัญหาคือวิธีการใช้คุณลักษณะทางด้านรูปร่างเพียงอย่างเดียวนั้นเหมาะสมสำหรับใช้กับผลไม้ที่มีลักษณะภายนอกที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนเท่านั้น ต่อมา Wang et al. (2014 : 5) จึงได้เสนอแนวคิดในการคัดแยกพันธุ์ผลไม้โดยใช้ 3 คุณลักษณะเด่นร่วมกัน คือ สี พื้นผิวและรูปร่าง เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของวิธีแรกที่ไม่สามารถคัดแยกผลไม้ที่มีลักษณะภายนอกเหมือนกันได้ โดยทำการคัดแยกแอปเปิ้ล ลูกแพร์ มะเขือเทศ ส้ม และลำไย ออกจากกัน โดยขั้นแรกทำการหาขอบของรูปภาพ (Edge Detection) ด้วยวิธีการ พรูวิท (Prewitt) และทำการปรับปรุงโครงสร้างของรูปภาพด้วยการทำ Opening และ Closing เพื่อให้ได้รูปทรงของผลไม้ที่ชัดเจน และเริ่มสกัดคุณลักษณะเด่นของผลไม้ (Feature Extraction) โดยแบ่งเป็น 3 คุณลักษณะ คือ 1.คุณลักษณะของสี ด้วยการเปลี่ยนรูปภาพให้อยู่ในระบบสี Hue Saturation Value : HSV เพื่อให้ได้ค่าสีของผลไม้ที่แม่นยำ 2.คุณลักษณะของพื้นผิว โดยใช้เทคนิค Local Binary Patterns : LBP ในการหาคุณสมบัติทางด้านพื้นผิวของผลไม้ และ 3.คุณลักษณะของรูปร่าง ด้วยการคำนวณหาเส้นรอบวง พื้นที่ และความกลมของผลไม้ เมื่อได้ค่าของคุณลักษณะทั้งหมดแล้วนำไปเข้าสู่กระบวนการคัดแยกชนิดผลไม้ด้วยเทคนิคการตัดสินใจ BP Neural Network ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยข้างต้นสามารถสรุปเป็นกรอบมาตรฐาน (Framework) สำหรับการคัดแยกและจดจำผลไม้ได้ ดังรูปภาพที่ 3



รูปภาพที่ 3 กรอบมาตรฐานสำหรับการคัดแยกและจดจำผลไม้

จากรูปภาพที่ 3 พบว่ากรอบมาตรฐานสำหรับการคัดแยกและจดจำผลไม้มี 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 รูปภาพนำเข้า (Image Input) คือการนำรูปภาพที่ต้องการมาประมวลผล โดยมีการกำหนดคุณลักษณะพื้นฐานของรูปภาพที่ต้องการ เช่น กำหนดลักษณะการถ่ายรูปของรูปภาพนำเข้า หรือพื้นหลังของวัตถุ เป็นต้น

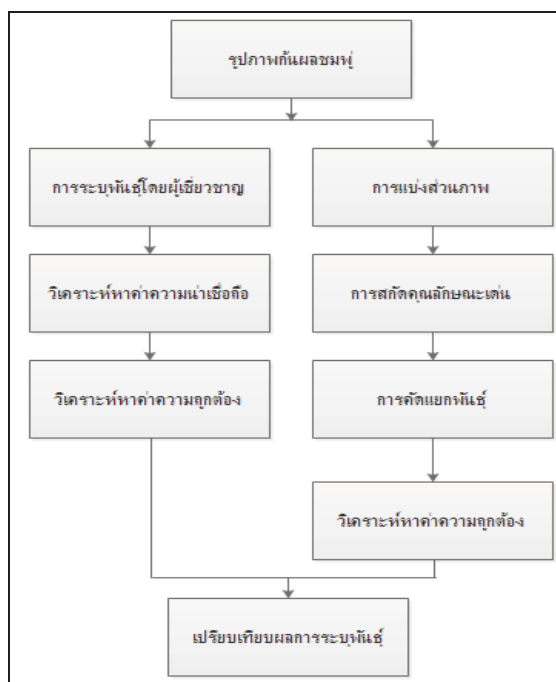
4.2 กระบวนการเตรียมพร้อม (Preprocessing Process) คือการจัดการกับรูปภาพนำเข้าในขั้นเบื้องต้นเพื่อให้ได้รูปภาพที่มีคุณภาพดี พร้อมทั้งจะนำไปใช้งาน เช่น การกำจัดสัญญาณรบกวน การปรับเฉดสีของภาพให้สม่ำเสมอ โดย L. Nattida et al. (2009 : 10) ได้ใช้วิธีการหาค่าขีดแบ่งแบบปรับค่าได้ (Adaptive Threshold) ปรับเฉดสีของภาพให้สม่ำเสมอเพื่อแยกตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยออกจากเอกสารภาพเชิงดิจิทัล ซึ่งทำให้สามารถแยก ตัวอักษรออกจากพื้นหลังได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เป็นต้น

4.3 การสกัดคุณลักษณะเด่น (Features Extraction) คือการนำรูปภาพนำเข้ามาทำการแยกวัตถุหรือสิ่งที่ต้องการออกมาจากพื้นหลัง ซึ่งสุภัทรา แดงคำไสย์ (n.d. : 9) ได้ทำการแยกมะม่วงน้ำดอกไม้จากพื้นหลังสีน้ำเงิน โดยทำการแปลงรูปภาพให้อยู่ในระบบสี YCbCr ก่อนแล้วจึงทำการแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) เพื่อหารูปร่างของมะม่วง วิธีนี้ทำให้สามารถแยกมะม่วงออกจากพื้นหลังได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับวัตถุที่เป็นมีสีเหลืองหรือสีเขียว หลังจากได้วัตถุที่ต้องการจึงใช้กระบวนการต่างๆ เพื่อสกัดเอาคุณลักษณะเด่นของผลไม้ที่ต้องการออกมา เช่น การสกัดคุณลักษณะเด่นของรูปร่าง โดย Nitipong Jaisin (2008 : 7) ได้ทำการคัดแยกพันธุ์มะขามหวานออกจากมะขามพันธุ์อื่นด้วยลักษณะรูปร่างของฝักมะขาม โดยทำการหาความโค้งงอของฝักมะขามด้วยวิธีการเทียบกับวงกลม 360 องศา เพื่อหาจุดที่เป็นหัวและปลายของฝักมะขาม หลังจากนั้นทำการคำนวณหาขนาดมุมของฝักมะขาม และ การสกัดคุณลักษณะเด่นของสี โดย Akin et al. (2012 : 4) ทำการค้นหาและนับจำนวนผลทับทิมที่อยู่บนต้นโดยใช้คุณลักษณะเด่นของสีเป็นหลักและร่วมกับคุณลักษณะรูปร่างของผลเพราะผลของทับทิมจะมีสีแดงที่เด่นชัดออกจากสีเขียวของใบซึ่งพบว่าได้ค่าความถูกต้องถึง 91% เป็นต้น

4.4 การจำแนกประเภท (Classification) คือกระบวนการในการสร้างโมเดลเพื่อจัดข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มที่ถูกต้องตามข้อมูลที่กำหนด โดยการสร้างโมเดลการจำแนกประเภทแบ่งเป็น 2 ส่วน คือการเรียนรู้ (Training) และการจำแนกประเภท (Classification) เช่น เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) ซึ่งปัจจัย พวงสุวรรณ (2014: 6) ได้ทำการรู้จำการเขียนอักษรภาษาไทยด้วยลายมือบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยสกัดคุณลักษณะเด่นของตัวอักษรและทำการรู้จำด้วยอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ (backpropagation neural network) ต้นไม้ตัดสินใจแบบc4.5 และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน พบว่าเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุด ร้อยละ 92.14 เป็นต้น

5. วิธีดำเนินการวิจัย

ภาพรวมของของงานวิจัยในการระบุพันธุ์ชมพูเพชรด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 การระบุพันธุ์ชมพูโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นการนำรูปภาพด้านกันผลของชมพูทั้ง 2 พันธุ์ ไปทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญคัดแยกแล้วทำการวิเคราะห์ผลหาค่าความน่าเชื่อถือและค่าความถูกต้องของการคัดแยกพันธุ์ และส่วนที่ 2 การระบุพันธุ์ชมพูด้วยคอมพิวเตอร์ ด้วยการนำรูปภาพด้านกันผลของชมพูมาสกัดคุณลักษณะเด่น 2 คุณลักษณะ คืออัตราส่วนของพื้นที่กลีบชมพู และขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู แล้วนำค่าที่ได้เข้าสู่กระบวนการคัดแยกพันธุ์ด้วยโมเดลการจำแนกประเภท จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลหาค่าความถูกต้อง และขั้นตอนสุดท้ายคือทำการเปรียบเทียบผลการคัดแยกพันธุ์โดยผู้เชี่ยวชาญกับคอมพิวเตอร์ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ ดังรูปภาพที่ 4



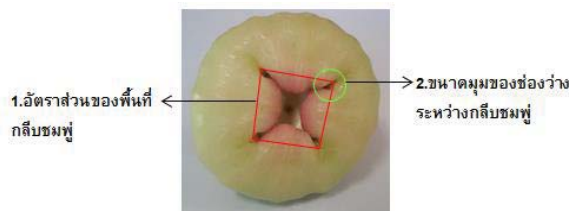
รูปภาพที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

โดยในแต่ละขั้นตอนของการดำเนินงานวิจัยมีรายละเอียด ดังนี้

5.1 รูปถ่ายกันผลชมพู

จากการศึกษาพบว่าคุณลักษณะเด่นทางกายภาพของชมพูเพชรที่มีความสำคัญในการระบุพันธุ์ คือ ลักษณะของกลีบผลชมพูที่แคบสนิทกัน ขนาดของช่องว่างระหว่างกลีบผลชมพู สีของกันผล และเส้นเอ็นบริเวณข้างผลชมพู จากคุณลักษณะเด่นข้างต้นผู้วิจัยให้ความสนใจกับลักษณะของกลีบผลชมพูจึงมี 2 คุณลักษณะที่ต้องทำการวิเคราะห์ คือ 1.การหาอัตราส่วนของพื้นที่กลีบผลชมพูเพื่อแสดงว่าลักษณะกลีบผลชมพู

เพชรมีความแคบชิดกัน และ 2.การหาขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบผลชมพูเพื่อแสดงว่าช่องว่างระหว่างกลีบของชมพูเพชรมีขนาดเล็ก โดยผู้วิจัยเลือกรูปภาพด้านกันผลของชมพูมาใช้ในการวิเคราะห์เพราะในหนึ่งด้านนี้สามารถบ่งบอกคุณลักษณะเด่นได้ครบถ้วน ดังรูปภาพที่ 5 แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะเด่นของชมพูเพชรจากบริเวณกันผล



รูปภาพที่ 5 คุณลักษณะเด่นของชมพูเพชรจากบริเวณกันผล

เมื่อเลือกลักษณะเด่นของชมพูเพชรและลักษณะของรูปภาพชมพูที่ต้องการใช้งานได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำรูปภาพกันผลชมพูไปคัดแยกพันธุ์โดยผู้เชี่ยวชาญและคอมพิวเตอร์ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้รูปภาพชมพูทั้งหมดจำนวน 90 รูป แบ่งเป็นพันธุ์ชมพูเพชรจำนวน 45 รูป และพันธุ์เพชรสุวรรณจำนวน 45 รูป ซึ่งมีรายละเอียดการคัดแยกพันธุ์ ดังนี้

5.2 การระบุพันธุ์โดยผู้เชี่ยวชาญ

การระบุพันธุ์โดยผู้เชี่ยวชาญ มีวิธีการคือทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 15 คน ใช้เครื่องมือในการสัมภาษณ์เป็นรูปภาพกันผลชมพูที่เตรียมไว้จำนวน 90 รูป ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการคัดแยกชมพูทั้ง 2 พันธุ์ ออกจากกัน เมื่อได้ผลของการคัดแยกพันธุ์ของผู้เชี่ยวชาญแล้วนำผลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาค่าความน่าเชื่อถือของการระบุพันธุ์ชมพู

5.3 การวิเคราะห์หาค่าความน่าเชื่อถือ

เนื่องจากผลการระบุพันธุ์ชมพูที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญเป็นผลจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 15 คน จึงต้องทำการหาแนวโน้มของผลลัพธ์ เพื่อวิเคราะห์ว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลที่จะนำไปใช้เป็นตัวแทนคำตอบของผู้เชี่ยวชาญทุกคนและมีความน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธี The Cochran Q Test เพื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างของคำตอบของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 15 คน จากสมการที่ (1)

$$Q = \frac{(k-1) \left[k \sum_{j=1}^k G_j^2 - \left(\sum_{j=1}^k G_j \right)^2 \right]}{k \sum_{i=1}^N Li - \sum_{i=1}^N Li^2} \quad (1)$$

เมื่อ Q หมายถึง ค่าความแตกต่างหรือค่าการยอมรับ G_j หมายถึง คะแนนรวมของคำตอบที่ถูกต้องของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน k หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ และ L_i หมายถึง คะแนนรวมของคำตอบที่ถูกต้องของแต่ละรูปภาพ

เมื่อได้ค่า Q แล้วต้องนำไปเปรียบเทียบกับค่า χ^2 จากตารางค่าวิกฤติของ χ^2 ถ้าค่า Q มีค่าน้อยกว่าค่าของ χ^2 จะแปลผลได้ว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันสามารถเชื่อถือได้ ถ้าวิเคราะห์แล้วพบว่าผลลัพธ์ที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญมีความน่าเชื่อถือ จึงนำผลการระบุพันธุ์ของผู้เชี่ยวชาญไปทำการวิเคราะห์หาค่าความถูกต้อง

5.4 การวิเคราะห์หาค่าความถูกต้อง

การวิเคราะห์หาความถูกต้องแม่นยำของการระบุพันธุ์โดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อต้องการทราบว่าบุคคลที่เป็นผู้เชี่ยวชาญสามารถระบุพันธุ์ได้ความถูกต้องอยู่ในระดับใด เมื่อทำการพัฒนาเครื่องมือการระบุพันธุ์ชมพูเพชรจึงควรได้ค่าความถูกต้องอยู่ในระดับใกล้เคียงกับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อบ่งบอกว่าสามารถใช้เครื่องมือนี้เข้ามาทดแทนได้ โดยทำการวิเคราะห์ว่าผู้เชี่ยวชาญระบุพันธุ์ได้ตรงตามความจริงหรือไม่ มีการคัดแยกชมพูสลับพันธุ์กันหรือไม่ โดยมีวิธีการคือนำผลการคัดแยกพันธุ์ชมพูของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 15 คน มาทำการคำนวณหาค่าความถูกต้องแม่นยำ จากสมการที่ (2)

$$Accuracy = \left[\frac{TP + TN}{TP + FN + TN + FP} \right] 100 \quad (2)$$

เมื่อ *Accuracy* หมายถึง ค่าความถูกต้องแม่นยำของการระบุพันธุ์ชมพูโดยผู้เชี่ยวชาญ *TP* หมายถึง จำนวนผลที่คัดแยกชมพูเพชรได้ถูกต้อง *TN* หมายถึง จำนวนผลที่คัดแยกชมพูเพชรสุพรรณได้ถูกต้อง *FP* หมายถึง จำนวนผลที่คัดแยกชมพูเพชรสุพรรณเป็นชมพูเพชร และ *FN* หมายถึง จำนวนผลที่คัดแยกชมพูเพชรเป็นชมพูเพชรสุพรรณ

เมื่อได้ผลลัพธ์ของการระบุพันธุ์ชมพูของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาวิธีการเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถระบุพันธุ์ของชมพูเพชรได้ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

5.5 การแบ่งส่วนภาพ

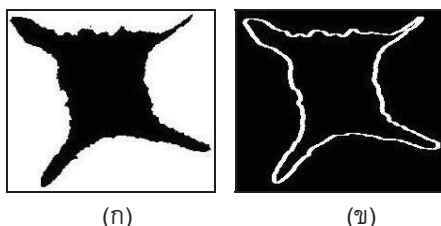
เมื่อนำรูปภาพของกันผลชมพูเข้าสู่ระบบ ในขั้นแรกต้องทำการปรับปรุงรูปภาพให้มีคุณภาพที่ดีเพื่อให้การหาบริเวณกันชมพูทำได้ง่ายขึ้น โดยทำการลดสัญญาณรบกวน และปรับให้รูปภาพอยู่ในระบบสี HSV หลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพของรูปเรียบร้อยแล้ว ต่อไปคือการแบ่งส่วนภาพ แยกบริเวณกันผลชมพูออกจากส่วนของพื้นหลัง เพื่อหาบริเวณพื้นที่ของกลีบชมพู โดยกำหนดค่าขีดแบ่งขึ้นมาเพื่อแบ่งระหว่างจุดที่มีค่าสีของภาพมากกว่าค่าขีดแบ่งจึงกำหนดให้มีค่าเป็น 1 กับจุดที่มีค่าสีของภาพน้อยกว่าค่าขีดแบ่งจึงกำหนดให้มีค่าเป็น 0 ผลลัพธ์ของการแบ่งส่วนภาพจึงออกมาเป็นภาพในระดับขาวดำ หาได้จากสมการที่ (3)

$$G(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{if } I(x,y) > T \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

เมื่อ $G(x,y)$ หมายถึง ผลลัพธ์ค่าสี ณ ตำแหน่ง (x,y) และ $I(x,y)$ หมายถึง ค่าสีของภาพ ณ ตำแหน่ง (x,y) และ

T หมายถึง ค่าขีดแบ่งของสี

เมื่อได้บริเวณพื้นที่ของกลีบชมพูแล้วจึงทำการหาขอบของพื้นที่ด้วยเทคนิคการหาขอบด้วยวิธีการแคนนี่ (Canny) และทำการปรับปรุงโครงสร้างของรูปภาพด้วยวิธีการขยายภาพเพื่อให้ได้ขอบของพื้นที่กลีบชมพูที่ชัดเจนและเรียบเนียนยิ่งขึ้น ซึ่งได้ผลลัพธ์ ดังรูปภาพที่ 6



รูปภาพที่ 6 บริเวณพื้นที่ของกลีบชมพูที่หาด้วยการแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) (ก) และ
การหาขอบภาพ (Edge Detection) (ข)

เมื่อได้บริเวณพื้นที่ของกลีบชมพูเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำพื้นที่ที่ได้ไปสกัดคุณลักษณะ
เด่นที่ต้องการออกมาด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

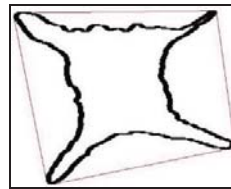
5.6 การสกัดคุณลักษณะเด่นของชมพู

คุณลักษณะเด่นของชมพูเพชรที่ต้องการสกัดออกมาวิเคราะห์ คือ อัตราส่วนของพื้นที่กลีบชมพู และ
ขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู โดยมีวิธีการสกัดคุณลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนี้

5.6.1 การหาอัตราส่วนของพื้นที่กลีบชมพู

จากการที่ศึกษามาลักษณะกลีบของชมพูเพชรจะแคบสนิทกัน ทำให้พื้นที่ของช่องว่างตรงกลาง
เหลือน้อย ผู้วิจัยจึงทำการหาพื้นที่ของช่องว่างตรงกลาง โดยคิดเป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ทั้งหมดของกลีบชมพู
กับพื้นที่ช่องว่างตรงกลาง ซึ่งพื้นที่ช่องว่างตรงกลางสามารถคำนวณได้จากผลลัพธ์ของการแบ่งส่วนภาพ (รูปภาพ
ที่ 6 (ก)) โดยทำการนับจำนวนพิกเซล (Pixel) ของพื้นที่สีดำ จึงมาทำการหาพื้นที่ส่วนที่ 2 คือพื้นที่ทั้งหมดของ
กลีบชมพู

เริ่มจากนำผลลัพธ์ของการหาขอบบริเวณกลีบชมพู (รูปภาพที่ 6 (ข)) มาทำการหาพื้นที่ของกลีบ
ชมพู ที่เชื่อมติดกันทั้งหมดด้วยวิธีการหาขอบเขตของเซตฐาน (Convex hull) แล้วทำการนับจำนวนพิกเซล
บริเวณนี้



รูปภาพที่ 7 พื้นที่ทั้งหมดของกลีบชมพูด้วยการหาขอบเขตของเซตฐาน (Convex hull)

เมื่อได้พื้นที่ที่ต้องการครบทั้ง 2 ส่วนแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายคือการคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่
ทั้งหมดของกลีบชมพูกับพื้นที่ช่องว่างตรงกลาง ซึ่งเรียกว่า อัตราส่วนของพื้นที่กลีบชมพู คำนวณได้จากสมการที่
(4)

$$Ratio = \frac{Hole * 100}{Area} \quad (4)$$

เมื่อ *Ratio* หมายถึง อัตราส่วนของพื้นที่กลีบชมพู (พิกเซล) *Hole* หมายถึง พื้นที่ช่องว่างตรงกลาง
ผล (พิกเซล) และ *Area* หมายถึง พื้นที่ทั้งหมดของกลีบชมพู (พิกเซล)

เมื่อสกัดคุณลักษณะได้ค่าอัตราส่วนของพื้นที่กลีบชมพูแล้วจึงทำการสกัดคุณลักษณะตัวถัดไป คือ
ขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู

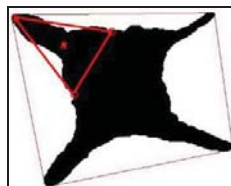
5.6.2 การหาระยะห่างของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู

จากการศึกษามพบว่าชมพูเพชรจะมีขนาดของช่องว่างระหว่างกลีบที่เล็ก ผู้วิจัยจึงทำการหาขนาด
มุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู เริ่มจากการหาจุดกึ่งกลางของช่องว่างระหว่างกลีบชมพูเพื่อใช้เป็นเส้นแกนใน
การวัดองศาของมุม วิธีการคือนำผลของการหาขอบเขตของเซตฐาน (รูปภาพที่ 7) มาทำการหาจุดยอดมุมของกลีบ
ชมพู และนำผลของการหาขอบเขตของกลีบชมพู (รูปภาพที่ 6 (ข)) มาหาจุดกึ่งกลางของกลีบชมพู ซึ่งจะได้จุดจำนวน
3 จุด จากนั้นทำการสร้างสมการเส้นตรงเชื่อมจุดทั้ง 3 เข้าหากัน จะได้รูปสามเหลี่ยมขึ้นมา จึงคำนวณหาจุด

กึ่งกลางของสามเหลี่ยมซึ่งก็คือจุดกึ่งกลางของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู ได้ผลลัพธ์ดังรูปภาพที่ 8 โดยสามารถสร้างสมการเส้นตรงระหว่างจุด 2 จุด ได้จากสมการที่ (5)

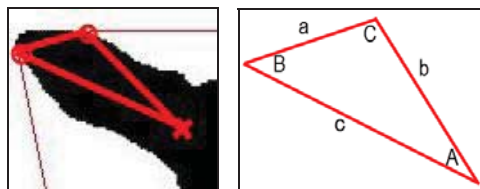
$$Y - Y_1 = \left[\frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2} \right] (X - X_1) \quad (5)$$

เมื่อ X_1, Y_1 หมายถึง ตำแหน่ง X,Y ของจุดที่ 1 และ X_2, Y_2 หมายถึง ตำแหน่ง X,Y ของจุดที่ 2



รูปภาพที่ 8 การหาจุดกึ่งกลางของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู

เมื่อได้จุดกึ่งกลางของช่องว่างระหว่างกลีบชมพูแล้ว ขั้นตอนต่อไปทำการหาขนาดของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู โดยการหาจุดที่เป็นมุมทั้ง 2 ด้านของช่องว่างระหว่างกลีบ ซึ่งคือจุดตัด 2 จุด บนขอบเขตของเซตนั้น (รูปภาพที่ 7) กับขอบของกลีบชมพู (รูปภาพที่ 6 ข) แล้วสร้างสมการเส้นตรงจากจุดกึ่งกลางของช่องว่างระหว่างกลีบชมพูไปยังทั้ง 2 จุด และสร้างสมการเส้นตรงจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 จะได้สามเหลี่ยม ดังรูปภาพที่ 9



รูปภาพที่ 9 การหาขนาดของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู

เมื่อได้ระยะของกลีบชมพูออกมาเป็นรูปสามเหลี่ยมแล้ว จึงทำการคำนวณหาขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู โดยใช้กฎของโคไซน์ (Cosine-Law) ซึ่งมี 2 ขั้นตอน คือ 1.หาความยาวของด้านทั้ง 3 ด้าน และ 2. การหาขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู

โดยวิธีการหาความยาวของด้านแบ่งเป็น 3 กรณี คือ 1.ทั้งสองจุดขนานกับแกน X 2.ทั้งสองจุดขนานกับแกน Y และ 3.ทั้งสองจุดไม่ขนานกับแกน X และไม่ขนานกับแกน Y ดังสมการที่ (6)

$$D = \begin{cases} |X_2 - X_1|, & \text{if } Y_2 = Y_1 \\ |Y_2 - Y_1|, & \text{if } X_2 = X_1 \\ \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}, & \text{if } X_2 \neq X_1 \text{ and } Y_2 \neq Y_1 \end{cases} \quad (6)$$

เมื่อ D หมายถึง ความยาวของด้าน X_1, Y_1 หมายถึง ตำแหน่ง X,Y ของจุดที่ 1 และ X_2, Y_2 หมายถึง ตำแหน่ง X,Y ของจุดที่ 2

เมื่อได้ความยาวของทั้ง 3 ด้าน จึงใช้กฎของโคไซน์ในการคำนวณหาขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู ในที่นี้คือการคำนวณหาขนาดของมุม A ด้วยสมการที่ (7)

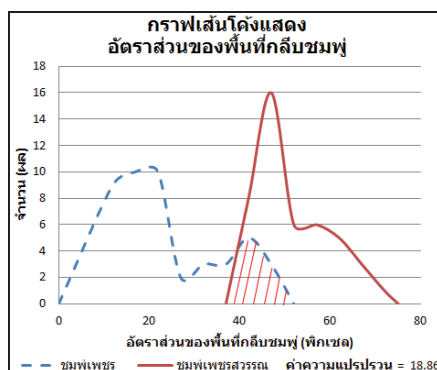
$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos B \quad (7)$$

เมื่อ $\cos B$ หมายถึง ขนาดของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู หรือในที่นี้คือขนาดของมุม B a^2 หมายถึง ความยาวด้าน a ยกกำลัง 2 b^2 หมายถึง ความยาวด้าน b ยกกำลัง 2 และ c^2 หมายถึง ความยาวด้าน c ยกกำลัง 2

เมื่อทำการสกัดคุณลักษณะเด่นได้ครบตามที่ต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำค่าของคุณลักษณะเด่นที่ได้ไปทำการวิเคราะห์เพื่อทำการคัดแยกพันธุ์ชมพูเพชรกับชมพูเพชรสุวรรณ

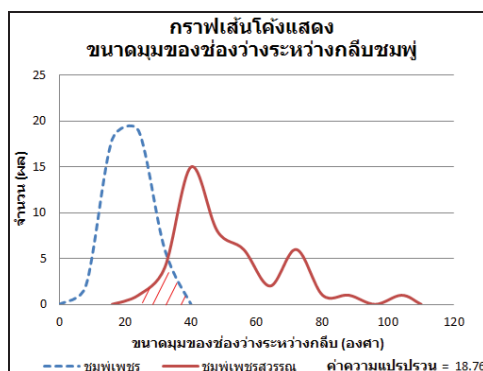
5.7 การคัดแยกพันธุ์ด้วยคอมพิวเตอร์

กระบวนการคัดแยกพันธุ์ คือ การนำค่าของคุณลักษณะเด่นที่สกัดได้ มาใช้เป็นกฎเกณฑ์ของการจำแนกประเภท ซึ่งจากการสกัดคุณลักษณะเด่นทั้ง 2 คุณลักษณะ ผู้วิจัยได้นำค่าที่สกัดได้มาสร้างเป็นกราฟเส้นโค้งความถี่เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยอัตราส่วนของพื้นที่กลีบชมพูได้ผลลัพธ์ ดังรูปภาพที่ 10



รูปภาพที่ 10 กราฟเส้นโค้งแสดงอัตราส่วนของพื้นที่กลีบชมพู

จากรูปภาพที่ 10 จะเห็นว่ากราฟอัตราส่วนพื้นที่กลีบชมพูค่าของชมพูเพชรส่วนใหญ่จะอยู่ที่ช่วง 15-23 พิกเซล และชมพูเพชรสุวรรณอยู่ที่ช่วง 43-50 พิกเซล ซึ่งเป็นช่วงค่าที่แตกต่างกัน นั่นหมายถึงชมพูเพชรและชมพูเพชรสุวรรณส่วนใหญ่มีขนาดช่องว่างตรงกลางที่แตกต่างกัน ชมพูเพชรสุวรรณนั้นมีช่องว่างตรงกลางที่ขนาดใหญ่กว่าชมพูเพชร แต่ถึงแม้ว่าค่าส่วนใหญ่ของชมพูทั้ง 2 พันธุ์จะไม่ได้อยู่ในช่วงเดียวกัน แต่ถ้าสังเกตจากกราฟจะพบว่ามีช่วงที่อัตราส่วนพื้นที่กลีบชมพูของทั้ง 2 พันธุ์ซ้อนทับกันอยู่ คือ ช่วงระหว่างค่า 38-46 พิกเซล นั่นหมายถึงมีชมพูบางส่วนของทั้ง 2 พันธุ์ ที่มีขนาดช่องว่างตรงกลางใกล้เคียงกัน และซึ่งสังเกตจากปริมาณความถี่แล้วพบว่ามีโอกาสจำนวนมากที่จะพบชมพูที่มีค่าอยู่ในช่วงที่ซ้อนทับกัน ในการคัดแยกพันธุ์จึงต้องใช้คุณลักษณะของขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพูเข้ามาประกอบด้วยกัน เพื่อให้ได้ผลการทำนายที่แม่นยำขึ้น โดยขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพูสามารถสร้างเป็นกราฟเส้นโค้งได้ผลลัพธ์ ดังรูปภาพที่ 11



รูปภาพที่ 11 กราฟเส้นโค้งแสดงขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู

จากรูปภาพที่ 11 จะเห็นว่ากราฟขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพูเพชรส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ที่ช่วง 15-25 องศา และชมพูเพชรสุวรรณมีค่าอยู่ที่ช่วง 40-45 องศา นั้นหมายถึงขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพูเพชรสุวรรณมีขนาดใหญ่มากกว่าชมพูเพชร โดยมีช่วงที่ค่าซ้อนทับกันคือระหว่างค่า 15-25 องศา แต่เมื่อสังเกตจากปริมาณความถี่แล้วพบว่าชมพูเพชรที่มีค่าอยู่ในช่วงนี้จำนวนไม่มากนัก

การคัดแยกพันธุ์ชมพูเพชรสายรุ้งด้วยเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) จึงใช้คุณลักษณะเด่นทั้ง 2 อย่างร่วมกันหาสมประสิทธิ์ของสมการเพื่อสร้างเส้นแบ่งคัดแยกชมพูทั้ง 2 พันธุ์ โดยเน้นไปที่การหาเส้นแบ่งที่เหมาะสมที่สุด และใช้เคอร์เนลแบบโพลีโนเมียล (Polynomial) โดยในการสร้างโมเดลคัดแยกพันธุ์ชมพูครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งรูปภาพเพื่อกระบวนการฝึกสอนให้ระบบเรียนรู้จำนวน 50 รูป และข้อมูลสำหรับกระบวนการทดสอบการคัดแยก 40 รูป และได้ทำการทดสอบซ้ำด้วยวิธีการ 3 Folds Cross-Validation ซึ่งมีวิธีการคือแบ่งรูปภาพ 90 รูปออกเป็น 3 ชุดและทำการทดสอบ 3 ครั้ง โดยจบ 1 ครั้ง ก็จะมีการเปลี่ยนกลุ่มของรูปภาพที่ทำหน้าที่ฝึกสอนและทดสอบจนครบ 3 ครั้ง เพราะฉะนั้นรูปภาพทั้ง 90 รูปจึงมีโอกาสทำหน้าที่เป็นทั้งผู้ฝึกสอนและผู้ทดสอบ

เมื่อทำการคัดแยกกลุ่มเพื่อระบุพันธุ์เรียบร้อยแล้ว จึงนำผลลัพธ์การคัดแยกกลุ่มมาทำการวิเคราะห์หาค่าความถูกต้องและแม่นยำของโมเดลการคัดแยก โดยทำการหาค่าความถูกต้องแม่นยำเช่นเดียวกับของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีวิธีการหาค่าความถูกต้องตามหัวข้อที่ 5.4 การวิเคราะห์หาค่าความถูกต้อง และในขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนินการวิจัยคือการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการระบุพันธุ์ชมพูเพชรโดยผู้เชี่ยวชาญกับการระบุพันธุ์ชมพูเพชรด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อหาว่าผลการระบุสายพันธุ์ของทั้ง 2 กลุ่มมีความสอดคล้องกันหรือไม่

5.8 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการระบุพันธุ์

การเปรียบเทียบผลการระบุพันธุ์ชมพูเพชรระหว่างผู้เชี่ยวชาญและคอมพิวเตอร์ นั้นกระทำการเพื่อเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของวิธีการทางคอมพิวเตอร์ว่ามีความถูกต้องและแม่นยำเทียบเคียงกับผู้เชี่ยวชาญได้ โดยทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) หาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R square : R^2) เพื่อดูแนวโน้มว่าผลการระบุพันธุ์ชมพูเพชรโดยผู้เชี่ยวชาญและคอมพิวเตอร์มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยค่า R^2 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (8)

$$R^2 = \frac{(n\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i))^2}{(n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2)(n\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2)} \quad (8)$$

เมื่อ X_i หมายถึง ผลการระบุพันธุ์โดยผู้เชี่ยวชาญ และ Y_i หมายถึง ผลการระบุพันธุ์โดยคอมพิวเตอร์ และ n หมายถึง จำนวนรูปภาพที่ใช้ในการทดสอบในที่นี่คือ 90 รูป

โดยที่ค่า R^2 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผลของผู้เชี่ยวชาญและคอมพิวเตอร์มีความสัมพันธ์กัน แต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าผลของทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความสัมพันธ์กัน

เมื่อทำการดำเนินการวิจัยเรียบร้อยแล้วตามขั้นตอนข้างต้น ผู้วิจัยพบว่าได้ผลการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

6. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1.การระบุพันธุ์ชมพูเพชรโดยผู้เชี่ยวชาญ 2.การระบุพันธุ์ชมพูเพชรด้วยคอมพิวเตอร์ และ 3.การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการระบุพันธุ์ชมพูเพชรระหว่างผู้เชี่ยวชาญและคอมพิวเตอร์ โดยมีในแต่ละส่วน ดังนี้

6.1 ผลการระบุพันธุ์ชมพูเพชรโดยผู้เชี่ยวชาญ

ในการวัดผลการระบุพันธุ์ชมพูเพชรโดยผู้เชี่ยวชาญ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1.การวัดค่าความน่าเชื่อถือ และ 2.การวัดค่าความถูกต้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1.1 ผลการวัดค่าความน่าเชื่อถือ

การวัดความน่าเชื่อถือด้วยวิธี The Cochran Q Test เป็นการตั้งสมมุติฐานว่าผลการคัดแยกพันธุ์ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 15 คนมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน โดยเมื่อทำการคำนวณแล้วได้ค่า $Q = 23.94$ และค่า X^2 มีค่า 29.14 จะเห็นว่าค่า Q ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่า X^2 ซึ่งหมายถึงสมมุติฐานที่ตั้งไว้นั้นเป็นจริงสามารถยอมรับได้จึงสรุปได้ว่าผลการระบุพันธุ์ชมพูเพชรโดยผู้เชี่ยวชาญมีความน่าเชื่อถือ จึงนำผลการคัดแยกพันธุ์มาทำการคำนวณหาความน่าเชื่อถือ

6.1.2 ผลการวัดค่าความถูกต้อง

การคำนวณหาความถูกต้องนั้นผู้วิจัยได้นำจำนวนในผลการคัดแยกพันธุ์ชมพูเพชรของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 15 คน มารวมกัน โดยการสรุปผลแบ่งเป็น 4 กรณี คือ 1.คัดแยกชมพูเพชรได้ถูกต้องจำนวน 589 รูป 2.คัดแยกชมพูเพชรสุพรรณได้ถูกต้องจำนวน 659 รูป 3.คัดแยกชมพูเพชรผิดเป็นชมพูเพชรสุพรรณจำนวน 86 รูป และ 4. คัดแยกชมพูเพชรสุพรรณผิดเป็นชมพูเพชรจำนวน 16 รูป เมื่อคำนวณแล้วได้ค่าความถูกต้องแม่นยำ 92.44% ซึ่งสามารถสรุปผลได้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการระบุพันธุ์ชมพูเพชรโดยผู้เชี่ยวชาญ

ทำนาย \ ถูกต้อง	ชมพูเพชร	ชมพูเพชรสุพรรณ
ชมพูเพชร	589	16
ชมพูเพชรสุพรรณ	86	659
ค่าความถูกต้อง	92.44%	

6.2 ผลการระบุพันธุ์ชมพูเพชรด้วยคอมพิวเตอร์

ผลการระบุพันธุ์ชมพูเพชรด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคซอฟต์แวร์เทอร์เมทรีนและแบ่งรูปภาพเป็นกระบวนกรฝึกสอน 50 รูป และ กระบวนการทดสอบ 40 รูป และสรุปผลโดยแบ่งเป็น 4 กรณี เช่นเดียวกับผู้เชี่ยวชาญพบว่าได้ค่าความถูกต้องแม่นยำสูงถึง 95.00% ซึ่งสามารถสรุปผลได้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการระบุพันธุ์ชมพู่เพชรด้วยคอมพิวเตอร์

ทำนาย \ ถูกต้อง	ชมพู่เพชร	ชมพู่เพชรสุวรรณ
ชมพู่เพชร	20	2
ชมพู่เพชรสุวรรณ	0	18
ค่าความถูกต้อง	95.00%	

อีกทั้งผู้วิจัยยังได้ทำการทดสอบโมเดลการคัดแยกพันธุ์ชมพู่ซ้ำ โดยใช้วิธี 3 Folds Cross-Validation ผลปรากฏว่าได้ค่าความถูกต้องสูงถึง 97.78% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดลการคัดแยกพันธุ์ชมพู่มีความเสถียร

6.3 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการระบุพันธุ์

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์หา R^2 เพื่อดูแนวโน้มว่าผลการระบุพันธุ์ชมพู่เพชรโดยผู้เชี่ยวชาญกับคอมพิวเตอร์มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ผลการคำนวณพบว่าได้ค่า $R^2=0.96$ ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 จึงสามารถสรุปได้ว่าผลการระบุพันธุ์ชมพู่เพชรของผู้เชี่ยวชาญและคอมพิวเตอร์มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

7. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการในการระบุพันธุ์ชมพู่เพชรด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยแบ่งการดำเนินงานวิจัยเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 การระบุพันธุ์ชมพู่เพชรโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 15 คน เพื่อให้คัดแยกชมพู่ทั้ง 2 พันธุ์ออกจากกัน โดยใช้รูปภาพกันผลชมพู่จำนวนทั้งหมด 90 รูป แบ่งเป็นชมพู่เพชร 45 รูป และชมพู่เพชรสุวรรณ 45 รูป และวิเคราะห์หาค่าความน่าเชื่อถือและค่าความถูกต้อง และส่วนที่ 2 การระบุพันธุ์ ชมพู่เพชรด้วยคอมพิวเตอร์ โดยทำการสกัดคุณลักษณะเด่นของชมพู่ออกมา 2 คุณลักษณะ คือ 1.อัตราส่วนของพื้นที่กลีบชมพู่ และขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบชมพู่ แล้วนำมาใช้ร่วมกันเพื่อทำการคัดแยกพันธุ์ชมพู่ด้วยเทคนิค ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนซึ่งแบ่งรูปภาพไว้เรียนรู้ 50 รูปและทดสอบ 40 รูปภาพ แล้วทำการทดสอบซ้ำด้วยวิธีการ 3 Folds Cross-Validation และขั้นตอนสุดท้ายคือการวิเคราะห์สหสัมพันธ์หาค่า R^2 เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างผลการระบุพันธุ์ชมพู่ของผู้เชี่ยวชาญและคอมพิวเตอร์ ผลการดำเนินงานวิจัยพบว่าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 15 คน มีการระบุพันธุ์ชมพู่ไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญซึ่งแสดงถึงความน่าเชื่อถือ โดยมีค่าความถูกต้องของการระบุพันธุ์ชมพู่อยู่ที่ 92% ส่วนการระบุพันธุ์ชมพู่เพชรด้วยคอมพิวเตอร์ได้ค่าความถูกต้องที่สูง 95.00% และเมื่อทดสอบซ้ำยังได้ค่าความถูกต้องสูงถึง 97.78% และสุดท้ายการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของทั้ง 2 กลุ่ม พบว่ามีค่า $R^2=0.96$ ซึ่งหมายถึงทั้ง 2 กลุ่มความสัมพันธ์กันในลักษณะแปรผันตามกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการระบุพันธุ์ ชมพู่เพชรด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพนั้นมีความน่าเชื่อถือและมีความถูกต้องสามารถนำมาใช้แทนการระบุพันธุ์ผู้เชี่ยวชาญได้อย่างดีเยี่ยม

8. อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่าลักษณะทางกายภาพของชมพู่เพชรสามารถนำมาใช้ในการระบุพันธุ์ได้นั้นสรุปได้ว่าเป็นความจริง เนื่องจากการผลการดำเนินงานวิจัยข้างต้นพบว่า เมื่อทำการการสกัดคุณลักษณะเด่นของชมพู่ออกมา 2 คุณลักษณะทั้งอัตราส่วนของพื้นที่กลีบชมพู่ และขนาดมุมของช่องว่างระหว่างกลีบ แล้วนำทั้ง 2 คุณลักษณะมาใช้ร่วมกันในการสร้างโมเดลการคัดแยกพันธุ์ชมพู่เพชรนั้น โมเดลที่สร้างจะสามารถคัดแยกชมพู่เพชรออกจากชมพู่เพชรสุวรรณได้จริงและมีค่าความถูกต้องสูงถึง 97.78% และเมื่อทำการทดสอบซ้ำก็ยังให้ค่าความถูกต้องที่สูงถึง 97.78% อีกทั้งเมื่อทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการระบุพันธุ์ชมพู่โดยผู้เชี่ยวชาญและคอมพิวเตอร์ยังพบว่าผลการระบุพันธุ์ชมพู่มีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน โดยเหตุผลที่มี

ความจำเป็นต้องใช้ทั้ง 2 คุณลักษณะเด่น ร่วมกันในการคัดแยกพันธุ์ เพราะจากรูปภาพที่ 10 และรูปภาพที่ 11 จะสังเกตได้ว่าค่าของคุณลักษณะทั้ง 2 คุณลักษณะ ยังมีการซ้อนทับกันอยู่ ถ้าใช้เพียงคุณลักษณะเดียวจะทำให้ได้ผลการคัดแยกพันธุ์ที่ไม่ดีนัก ซึ่งลักษณะที่ใกล้เคียงกันมากของชมพูทั้ง 2 พันธุ์อาจเกิดจากการกลายพันธุ์ของชมพูที่ปลูกอยู่ในบริเวณเดียวกันนั่นเอง

9. ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่าวิธีการระบุพันธุ์ชมพูเพชรด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยการสกัดคุณลักษณะเด่นนี้ให้ผลลัพธ์ความถูกต้องที่สูงและน่าเชื่อถือได้ แต่เนื่องจากการทดลองข้างต้นยังเป็นเพียงผลการทดลองเบื้องต้น เพราะรูปภาพที่ใช้ในการทดสอบมีจำนวนไม่มากนักจึงควรทำการเพิ่มรูปภาพสำหรับการทดลองเพื่อให้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น และรูปภาพที่ใช้ควรเป็นบริบทที่บุคคลทั่วไปสามารถถ่ายได้เองเพื่ออำนวยความสะดวกให้สามารถใช้งานได้ง่าย อีกทั้งยังควรพัฒนาวิธีในการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังเพื่อให้สามารถแยกผลชมพูได้ชัดเจนในทุกสภาพแวดล้อม และจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่ายังมีคุณลักษณะเด่นอื่นของชมพูเพชรที่สามารถระบุพันธุ์ได้อีก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่าจะนำคุณลักษณะเด่นเหล่านั้นเข้ามาร่วมในการตัดสินใจและทำการสร้างเป็นโมเดลมาตรฐานในการคัดแยกพันธุ์ชมพูเพชรเพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องที่สูงและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

10. กิตติกรรมประกาศ

ในโอกาสนี้ต้องขอขอบพระคุณโครงการพระราชดำริจังหวัดพชรบุรี กลุ่มอาชีพปลูกชมพูเพชรหนองโสน สวนชมพูทุ่งเหิน สวนชมพูทุ่งโพธิ์ สวนชมพูทุ่งโฮ และอาจารย์ศิริวรรณ แฉ่งจำ อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏพชรบุรี ที่ให้การสนับสนุนและข้อมูลเกี่ยวกับชมพูเพชร

11. เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพย์สินทางปัญญา. (2553, 30 เมษายน). เรื่อง การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ ชมพูเพชร. เลขที่ สข 53100034.
- กลุ่มศึกษาข้อตกลงเขตการค้าเสรีภาคประชาชน. (2552, 25 กันยายน). การผลักดันชมพูเพชรสายรุ่งระดับโลก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.ftawatch.org/node/16384>. (วันที่ค้นข้อมูล : 10 มีนาคม 2558).
- ณัฐชา แคนยุกต์ และ สากล สถิตวิทยานันท์. (2558). แนวทางการพัฒนาชมพูเพชรสายรุ่งของเกษตรกรในจังหวัดพชรบุรี. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์, 1(2), 81-92.
- นัฐณี รัตนมหาชัย. (2539). การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะประจำพันธุ์ทางดอกและผลของชมพูพันธุ์การค้า 6 พันธุ์. ปัญหาพิเศษการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปัจจัย พวงสุวรรณ และธีระพงษ์ บริบูรณ์. (2557). การรู้จำการเขียนตัวอักษรไทยด้วยลายมือบนโทรศัพท์เคลื่อนที่. The Tenth National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2014). 8-9 พฤษภาคม 2558 ณ โรงแรมอัสสนา Laguna, กรุงเทพฯ.
- สุภัทรา คำแดงไสย์ และ ปาริฉัตร เสริมวุฒิสาร. โปรแกรมวัดคุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้. ปรินิพนธ์การศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดพชรบุรี. (2551, ม.ป.ป.). ชมพูเพชรสายรุ่ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.phetchaburi.go.th/data/book_chompoo.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล : 5 มีนาคม 2558).
- Akin, C., Kirci, M., Gunes, E.O., & C, Yuksel. (2012). Detection of the Pomegranate Fruits On Tree Using Image Processing. 2012 First International Conference on Agro-Geoinformatics. 2-4

August 2012 Shanghai Jiao Tong University Shanghai, China.

Senthilarasi, M., Mansoor Roomi, S. Md., & Prasanna, M. R. H. (2014). **Shape based approach for Detecting Musa Species in Fruit Industry.** Paper presented at 2014 Sixth International conference on Advanced Computing (ICoAC 2014). 17-19 December 2014 Chennai, India.

Jaisin, N., & Jarimopas, B. (2008). **An experimental machine vision system for sorting sweet tamarind. Journal of food engineering.** 89(2008), 291-297.

Leesom, N., & Surinta, O. (2009). **Thai Handwritten Character Segmentation from Digital Image Documents.** The 3rd Mahasarakham University Research Conference. September 2009 Mahasarakham University, Mahasarakham.

Wang, X., Huang, W., Jin, C., & Ren, F. (2014). **FRUIT RECOGNITION BASED ON MULTI-FEATURE AND MULTI-DECISION.** Paper presented at 3rd Conference of Computational Interdisciplinary Sciences (CCIS 2014). 30 September 2014 - 3 October 2014 Polytechnic School, National University of Asuncion, Paraguay.