รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อน

Classifying Young Aromatic Coconuts Flesh

ผศ.ดร.ธเนศ เคารพาพงศ์

นายศุภชัย มะเดื่อ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประจำปีงบประมาณ 2553

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อน โดยการประมวลผลภาพจากภาพถ่ายบริเวณก้นของผลมะพร้าวน้ำหอมอ่อน ซึ่งในการวิจัยได้ทำการจำแนกประเภทชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนออกเป็น 3 ประเภทคือมะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นเดียว มะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นครึ่ง และมะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อสองชั้น

การวิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาระนาบสีของภาพที่มีนัยสำคัญในการจำแนกประเภทชั้นเนื้อ โดยการคำนวณหาปริมาณร้อยละของพื้นที่สีที่ได้การทำขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม บนพื้นที่สนใจในแต่ละระนาบสีของภาพในระบบสี RGB HSV และระบบสี CIELAB ผลการทดลองพบว่ามีเพียงภาพในระนาบ S ระบบสี HSV และภาพในระนาบ A ระบบสี CIELAB เท่านั้น ที่มีนัยสำคัญในการจำแนกประเภทชั้นเนื้อคือ มีปริมาณพื้นที่สีสนใจเพิ่มขึ้นตามอายุของผลที่เปลี่ยนไป จากนั้นได้ทำการทดลองเพื่อหาผลลัพธ์ในการจำแนก โดยการเปรียบเทียบหาค่าระยะห่างระหว่างกราฟที่น้อยที่สุด โดยการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจตรงจุดกึ่งกลางของผล จากนั้นคำนวณหาร้อยละของพื้นที่สีขาวบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวน และทำการเปรียบเทียบหาค่าระยะห่าง ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของวงแหวนกับร้อยละของพื้นที่สีที่สนใจในแต่ละวงแหวนของภาพนำเข้า กับกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าว ของสมการจำแนกที่ได้จากการประมาณเส้นโค้งแบบโพลิโนเมียลกำลังสองของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ผลมะพร้าวที่นำมาทดสอบจะอยู่ในประเภทชั้นเนื้อที่มีค่าระยะห่างน้อยที่สุด จากผลการทดลองพบว่าภาพในระนาบ S ระบบสี HSV ให้ผลการจำแนกที่ดีที่สุดโดยมีความถูกต้องในการจำแนกมะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นเดียวร้อยละ 88.89 ประเภทเนื้อชั้นครึ่งร้อยละ 86.67 และประเภทเนื้อสองชั้นร้อยละ 85.29 และความถูกต้องในการจำแนกรวมร้อยละ 86.95

คำสำคัญ: การประมวลผลภาพ, มะพร้าวน้ำหอมอ่อน, การจำแนก, เส้นโค้งแบบโพลิโนเมียล

ABSTRACT

This research proposes a method for young aromatic coconut classification from an image of the bottom part of the coconut using image processing techniques. Coconuts are classified into 3 categories: single layer, one-and-a-half layer and double layer. Preliminary experiments were conducted to search for significant color components in 3 color standards: RGB, HSV and CIELAB. Percentage of the color area inside interest region was used as a classification threshold. Experimented results showed that the S plane in HSV color standard and the A plane in CIELAB color standard were significant. Their intensities are correlated with coconuts age. In classification phase, the minimum distance interested regions for classification are defined. Circular rings around the center of the coconuts for each ring the percentage of white pixels with are computed. Then the relation between the ring order and the percentage of the white pixels of each ring and plotted. The graph is approximated by a second-order polynomial function. Each coconut category has its own polynomial function. In classification mode, the graph of the unknown sample is compared against these 3 polynomial functions. The function that yield the minimum distance is the answer. From experiments, the image in S plane of the HSV color space yields the highest accuracy, that is 88.89% for single layer coconuts. 86.67% for one-and-a-half layer coconuts and 85.95% for double layer coconuts. This yields the overall accuracy of 86.95%.

Keyword: Fresh Aromatic Coconuts, Image Processing, Classification, Polynomial Regression

สารบัญ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1. ความสำคัญของงานวิจัย 1

1.2. การตรวจเอกสาร 3

1.3. วัตถุประสงค์ 7

1.4. ขอบเขตของการวิจัย 7

1.5. ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย 7

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

บทที่ 2 การออกแบบและพัฒนาระบบ 9

2.1. วัสดุและอุปกรณ์ 9

2.1.1. วัสดุและการเลือกตัวอย่าง 9

2.1.2. อุปกรณ์ 10

2.1.3. การออบแบบชุดควบคุมแสงประดิษฐ์ 11

2.2. แนวทางในการทดลอง 12

2.2.1. ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล 13

2.3. วิธีการทดลอง 14

2.3.1. การทดลองการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อน 14

2.3.1.1. การแบ่งแยกวัตถุและการหาพื้นที่สนใจ 16

2.3.1.2. การหาลักษณะเด่น 17

2.3.1.3. การสร้างสมการจำแนก 22
2.3.1.4. การจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อน 22
2.3.2. การทดลองเพื่อปรับปรุงวิธีการจำแนก 22
2.3.2.1. การทดลองเพิ่มจำนวนวงแหวนของพื้นที่สนใจ 23
2.3.2.2. การเพิ่มจำนวนพื้นที่วงแหวนสนใจเป็น 20 วง 23
บทที่ 3 ผลการทดสอบ 25
3.1. การเก็บบันทึกข้อมูล 25
3.2. ผลการทดลองการจำแนกชั้นเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอ่อน 27
3.2.1. ผลการหาลักษณะเด่นในแต่ละระนาบสี 27
3.2.1.1. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ R ระบบสี RGB 27
3.2.1.2. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ G ระบบสี RGB 30
3.2.1.3. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ B ระบบสี RGB 33
3.2.1.4. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ L ระบบสี CIELAB 35
3.2.1.5. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ A ระบบสี CIELAB 37
3.2.1.6. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ B ระบบสี CIELAB 40
3.2.1.7. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ H ระบบสี HSV 42
3.2.1.8. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ S ระบบสี HSV 45
3.2.1.9. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ V ระบบสี HSV 47
3.2.2. ผลการจำแนกชั้นเนื้อ 51
3.2.2.1. ผลการจำแนกของภาพในระนาบ A ระบบสี CIELAB 51
3.2.2.2. ผลการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV 51
3.2.3. ผลการทดลองปรับปรุงวิธีการจำแนก 52

3.2.3.1. การจำแนกเมื่อทำการเพิ่มจำนวนวงแหวนสนใจ 52
3.2.3.2. การจำแนกเมื่อเพิ่มจำนวนพื้นที่วงแหวนสนใจเป็น 20 วง 54
บทที่ 4 59
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 59
4.1. สรุปผล 59
4.1.1. ผลการหาระนาบสีที่มีนัยสำคัญในการจำแนก 59
4.1.2. ผลการจำแนกชั้นเนื้อโดยการเพิ่มจำนวนวงแหวนบนพื้นที่สนใจ 59
4.1.3. สาเหตุที่ทำให้ผลการจำแนกเกิดการผิดพลาด 60
4.1.3.1. สาเหตุจากภาพนำเข้าไม่ปกติ 60
4.1.3.2. สาเหตุจากขั้นตอนในการประมวล 61
4.2. ข้อเสนอแนะ 63
บรรณานุกรม 64

รายการรูปภาพ

รูปที่ 1 ภาพตัดตามยาวของผล (เมล็ด) มะพร้าวอ่อนแสดงประเภทชั้นเนื้อภายใน 2
รูปที่ 2 ลักษณะของมะพร้าวที่นำมาทดสอบ 10
รูปที่ 3 ชุดควบคุมแสงประดิษฐ์ 12
รูปที่ 4 ขั้นตอนการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อน 15
รูปที่ 5 แผนภาพแสดงขั้นตอนการหาขนาดของผลและพื้นที่สนใจ 16
รูปที่ 6 ขั้นตอนการหาขนาดของผลและพื้นที่สนใจ 18
รูปที่ 7 พื้นที่สนใจระบบสี RGB 19
รูปที่ 8 ระบบสี HSV 20
รูปที่ 9 ระบบสี CIELAB 20
รูปที่ 10 ภาพสีขาวดำในระนาบ S ระบบสี HSV 21
รูปที่ 11 แผนภาพแสดงขั้นตอนการหาระนาบสีที่มีนัยสำคัญในการจำแนก 21
รูปที่ 12 การสร้างวงแหวนสนใจจำนวน 20 วง 24
รูปที่ 13 ภาพที่ได้จากการถ่ายรูปมะพร้าวภายในชุดควบคุมแสงประดิษฐ์ 25
รูปที่ 14 ตัวอย่างเนื้อเยื่อภายในผลของมะพร้าวทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ 26
รูปที่ 15 ตัวอย่างพื้นที่สนใจของมะพร้าวทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ 27
รูปที่ 16 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ R ระบบสี RGB 28
รูปที่ 17 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ R 29
รูปที่ 18 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ R ระบบสี RGB 30
รูปที่ 19 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ G ระบบสี RGB 30
รูปที่ 20 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ G 31
รูปที่ 21 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ G ระบบสี RGB 32
รูปที่ 22 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ B ระบบสี RGB 33
รูปที่ 23 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ B 34
รูปที่ 24 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ B ระบบสี RGB 35
รูปที่ 25 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ L ระบบสี CIELAB 35

รูปที่ 26 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ L 36
รูปที่ 27 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ L ระบบสี CIELAB 37
รูปที่ 28 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ A ระบบสี CIELAB 38
รูปที่ 29 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ A 39
รูปที่ 30 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ A ระบบสี CIELAB 40
รูปที่ 31 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ B ระบบสี CIELAB 40
รูปที่ 32 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ B 41
รูปที่ 33 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ B ระบบสี CIELAB 42
รูปที่ 34 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ H ระบบสี HSV 43
รูปที่ 35 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ H 44
รูปที่ 36 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ H ระบบสี HSV 45
รูปที่ 37 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ S ระบบสี HSV 45
รูปที่ 38 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ S 46
รูปที่ 39 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV 47
รูปที่ 40 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ V ระบบสี HSV 48
รูปที่ 41 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ V 49
รูปที่ 42 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ V ระบบสี HSV 50
รูปที่ 43 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV พื้นที่สนใจ 5 วงแหวน 53
รูปที่ 44 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV พื้นที่สนใจ 6 วงแหวน 53
รูปที่ 45 การประมาณกราฟเส้นโค้งแบบโพลิโนเมียลของมะพร้าวเนื้อชั้นเดียว 55
รูปที่ 46 การประมาณกราฟเส้นโค้งแบบโพลิโนเมียลของมะพร้าวเนื้อชั้นครึ่ง 56
รูปที่ 47 การประมาณกราฟเส้นโค้งแบบโพลิโนเมียลของมะพร้าวเนื้อสองชั้น 56
รูปที่ 48 กราฟสมการจำแนกโดยใช้การประมาณแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสาม 57
รูปที่ 49 กราฟสมการจำแนกโดยใช้การประมาณแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสี่ 57
รูปที่ 50 ปัญหาการเกิดรอยถลอก 60
รูปที่ 51 มะพร้าวที่ได้รับแสงแดดมากเกินไปจนมีลักษณะเป็นสีเหลือง 61
รูปที่ 52 มะพร้าวที่มีลักษณะก้ำกึ่งของชั้นเนื้อ 62

รายการตาราง

ตารางที่ 1 สถิติการผลิตมะพร้าว 10 อันดับแรกของโลก 1
ตารางที่ 2 การกำหนดค่าเริ่มต้นของกล้องถ่ายภาพก่อนทำการถ่ายภาพ 14
ตารางที่ 3 การกำหนดพื้นที่สนใจวงแหวน 4 วง 19
ตารางที่ 4 การกำหนดพื้นที่สนใจวงแหวน 5 วง 23
ตารางที่ 5 การกำหนดพื้นที่สนใจวงแหวน 6 วง 23
ตารางที่ 6 การกำหนดขนาดรัศมีวงแหวน 20 วง 24
ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ R ระบบสี RGB 28
ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ G ระบบสี RGB 31
ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ B ระบบสี RGB 33
ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ L ระบบสี CIELAB 36
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ A ระบบสี CIELAB 38
ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ B ระบบสี CIELAB 41
ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ H ระบบสี HSV 43
ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ S ระบบสี HSV 46
ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ V ระบบสี CIELAB 48
ตารางที่ 16 ผลการจำแนกของภาพในระนาบ A ระบบสี CIELAB 51
ตารางที่ 17 ผลการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV 51
ตารางที่ 18 ผลการจำแนกเมื่อกำหนดพื้นที่วงแหวนสนใจ 4, 5 และ 6 วง 54
ตารางที่ 19 ผลการจำแนกเมื่อใช้พื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 20 วง 58
ตารางที่ 20 ผลการจำแนกโดยยอมรับว่าผลที่ก้ำกึ่งสามารถเป็นได้ทั้ง 2 ประเภทชั้นเนื้อ 62

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

RGB	Red Green Blue
HSV	Hue Saturation Value
CIE	Commission Internationale de I’Eclairageue