



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การทำนายปริมาณน้ำมันในผลปาล์มและทะลายปาล์ม
ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ
Oil Quantity of Oil Palm and Plam Bunch
Using Image Processing Techniques

คณะนักวิจัย รศ.ดร.มิตรชัย จงเชียวชำนาญ
ดร.สมชัย หลิมศิริโรรัตน์
ผศ.ดร.ธเนศ เคารพพวงค์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก เงินรายได้มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ประจำปีงบประมาณ 2554 รหัสโครงการ ENG540598S

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอกรรมวิธีการทำนายปริมาณน้ำมันในผลปาล์มและทะลายปาล์มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพประกอบด้วยกระบวนการหลักสี่กระบวนการคือ กระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้น กระบวนการตัดแยกระดับความสุขของผลปาล์ม กระบวนการทำนายปริมาณน้ำมันในผลปาล์ม และ กระบวนการทำนายปริมาณน้ำมันในทะลายปาล์ม ในกระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้นได้นำเสนอกรรมวิธีการชดเชยสีสำหรับอุปกรณ์กล้องต่างรุ่นกันด้วยเทคนิคการคำนวณค่าฟังก์ชันสีของกล้องจากภาพมาตรฐานและชดเชยสีด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ กระบวนการตัดแยกระดับความสุขของผลปาล์ม มีพื้นฐานอยู่บนโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าสองชั้นโดยใช้ค่าสีอิฐที่ได้จากผิวของผลปาล์ม กระบวนการทำนายปริมาณน้ำมันในผลปาล์ม พัฒนาด้ายแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากสมการพหุนาม และกระบวนการทำนายปริมาตรทะลายปาล์มจะใช้เทคนิคการคำนวณปริมาตรจากภาพสามมิติเพื่อทำนายปริมาณน้ำมันปาล์ม ในส่วนของกระบวนการทำนายปริมาณน้ำมันในผลปาล์ม คณะผู้วิจัยได้พัฒนาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งติดตั้งอยู่บนโทรศัพท์มือถือ ผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยตัวอย่างผลปาล์มจำนวน 64 ผล และทะลายปาล์มน้ำมัน 10 ทะลาย เปรียบเทียบกับวิธีการชอกท์เลตพบว่ามีความคลาดเคลื่อนจากการทำนายร้อยละของปริมาณน้ำมันในผลและทะลายปาล์มโดยเฉลี่ย 3.30 และ 10.29 ตามลำดับ จากช่วงของปริมาณน้ำมันที่ทดสอบร้อยละ 30-73

Abstract

This research presents a simple scheme based on an image processing technique for determining oil content in oil palm fruit. The scheme has four main algorithms for color correction, classification, oil extraction rate (OER) of oil palm fruit and bunch determination. The color correction algorithm can correct image color from the device-dependence effect in the RGB color model by the device profile function. The classification process is developed on a two-layer feedforward neural network by using features from the hue values of oil palm fruits. The OER determination function is modeled by using the polynomial regression model. The OER determination of oil palm bunch is modeled by using 3D reconstruction model. The results demonstrate that the proposed scheme can classify and determine the OER with a simple calculation. The scheme is implemented on a mobile device/phone and tested with 64 oil palm fruit samples and 10 bunch samples. Comparing with the standard Soxhlet extraction measurement, the scheme achieves a mean error of OER 3.30 and 10.29 for oil palm fruit and bunch, respectively with the OER range of 30-73.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่กรุณาให้ทุนวิจัย ภายใต้สัญญา
ทุน ENG540598S

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ที่กรุณาสับสนุนให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง

คำนำ

งานวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อรายงานผลการศึกษาระบบวิธีการทำนายน้ำมันในผลปาล์มและทะลายปาล์มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ ต่อ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภายใต้สัญญาวิทยุรับทุนเลขที่ ENG540598S โดยเนื้อหาของรายงานฉบับนี้เพื่อศึกษาการทำนายน้ำมันในผลปาล์มและทะลายปาล์มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ ขั้นตอนต่างๆประกอบด้วย การอธิบายผลของการศึกษาและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวิธีการชดเชยสีสำหรับอุปกรณ์กล้องต่างรุ่นกัน วิธีการจำแนกผลปาล์มออกเป็นกลุ่มต่างๆรวมถึงการทำนายน้ำมันในผลปาล์ม ตลอดจนการสร้างแบบจำลองสามมิติของทะลายปาล์มเพื่อคำนวณปริมาตรของทะลายปาล์ม จากผลการศึกษาดังกล่าวได้นำไปสู่การนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว มาประยุกต์เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปบนอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ จากนั้นได้ทำการทดสอบโปรแกรมดังกล่าวด้วยกลุ่มตัวอย่างผลและทะลายปาล์มเปรียบเทียบกับวิธีการชอกท์เลต ผลสำเร็จของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวที่นำเสนอ เป็นองค์ความรู้ที่สำคัญสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเชิงระบบเครื่องวัดปริมาณน้ำมันในผลและทะลายปาล์ม ซึ่งผลเบื้องต้นของงานวิจัยนี้ไปสู่การจดสิทธิบัตรสองฉบับ ผู้วิจัยเชื่อว่าบนพื้นฐานของงานวิจัยนี้จะมีความเป็นไปได้สูงในการนำองค์ความรู้ของงานวิจัยนี้ไปพัฒนาเป็นระบบทำนายน้ำมันจากทะลายปาล์มเพื่อในงานรับซื้อขายผลปาล์มได้จริงเพื่อเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรปาล์มและลานรับซื้อปาล์ม ให้ความยุติธรรมในการรับซื้อปาล์มโดยพิจารณาจากคุณภาพของปาล์มน้ำมัน และในที่สุดเกษตรกรจะให้ความสำคัญอย่างยิ่งต่อการใช้แนวทางวิชาการในการทำเกษตรกรรมด้านปาล์มน้ำมันตั้งแต่การเพาะปลูกจนถึงการดูแลผลผลิตหลังเก็บเกี่ยว

รองศาสตราจารย์ มิตรชัย จงเขียวชำนาญ

หัวหน้าโครงการวิจัย

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| คำนำ..... | 5 |
| สารบัญ..... | 6 |
| รายการตาราง..... | 7 |
| รายการภาพประกอบ..... | 8 |
| ตัวย่อและสัญลักษณ์..... | 9 |
| บทนำ..... | 10 |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... | 13 |
| ระเบียบวิธีวิจัย..... | 14 |
| วิธีการวิจัยและวิเคราะห์ผลการวิจัย..... | 15 |
| การประมวลผลภาพเบื้องต้น..... | 15 |
| - กระบวนการการชดเชยสีสำหรับอุปกรณ์กล้องต่างรุ่น..... | 15 |
| - ประสิทธิภาพของกระบวนการชดเชยสี..... | 18 |
| ลักษณะสีของผลปาล์มและทะเลายปาล์มน้ำมัน..... | 21 |
| การตัดแยกระดับความสุกและทำนายปริมาณน้ำมันของผลปาล์มน้ำมัน..... | 22 |
| - แบบจำลองการแบ่งระดับความสุกของผลปาล์มน้ำมัน..... | 23 |
| - ประสิทธิภาพของแบบจำลองการตัดแยกระดับความสุกของผลปาล์มน้ำมัน..... | 24 |
| - กระบวนการทำนาย OER..... | 24 |
| - ประสิทธิภาพของกระบวนการการทำนาย OER..... | 27 |
| การทำนาย OER ในทะเลายปาล์มน้ำมัน..... | 28 |
| - กระบวนการทำนาย OER ในทะเลายปาล์มด้วยภาพสามมิติ..... | 28 |
| - ประสิทธิภาพของกระบวนการการทำนาย OER ในทะเลายปาล์ม..... | 29 |
| การออกแบบโปรแกรมทำนาย OER ในผลปาล์มบนอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่..... | 30 |
| สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... | 32 |
| บรรณานุกรม..... | 33 |
| งบประมาณ..... | 36 |
| ภาคผนวก..... | 36 |
| - ร่าง Manuscript ที่ส่งไปยัง Elsevier Computers and Electronics in Agriculture | |
| - คำขอรับสิทธิบัตร พร้อมหลักฐานเลขที่คำขอ "อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำมันในผลปาล์ม" | |
| - หนังสือสัญญาโอนสิทธิขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร "เครื่องวัดปริมาณน้ำมัน ในทะเลายปาล์ม" | |

รายการตาราง

| ตาราง | | หน้า |
|-------|---|------|
| 1 | ค่าสีอ้างอิงบนปริภูมิ RGB จากแผ่น STANDARD GRETAGMACBETH COLOR CHECKER..... | 16 |
| 2 | ประสิทธิภาพของกระบวนการชดเชยสีจากการเปรียบเทียบค่าของผลรวมระยะทางแบบยุคลิด..... | 20 |
| 3 | เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเส้นตรงระหว่างค่าสีอ้างอิงกับค่าสีต้นฉบับและค่าสีที่ถูกชดเชย..... | 21 |
| 4 | ช่วงปริมาณน้ำมันของผลปาล์มในแต่ละระดับความสุก..... | 24 |
| 5 | ค่าสัมประสิทธิ์ของเวกเตอร์ทำนายปริมาณน้ำมัน..... | 27 |
| 6 | ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการทำนายปริมาณน้ำมันในผลปาล์ม..... | 27 |
| 7 | ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการทำนายปริมาณน้ำมันในทะลายปาล์ม..... | 29 |
| 8 | ระยะเวลาการประมวลผลของโปรแกรมทำนาย OER ในผลปาล์ม..... | 31 |

รายการภาพประกอบ

| ภาพประกอบ | หน้า |
|---|------|
| 1 กระบวนการชดเชยสีสำหรับอุปกรณ์กล้องต่างรุ่น..... | 15 |
| 2 แผ่นภาพสีอ้างอิง..... | 16 |
| 3 ภาพแสดงการทดลองกระบวนการชดเชยสีด้วยวิธีการ DDC..... | 18 |
| 4 ภาพถ่ายของแผ่นภาพสีอ้างอิงจากกล้องดิจิทัล 3 รุ่น..... | 19 |
| 5 สีของผลปาล์มขณะผลปาล์มสุก..... | 22 |
| 6 สีของทะเลลายปาล์มขณะทะเลลายปาล์มสุก..... | 22 |
| 7 ภาพรวมของอัลกอริทึมสำหรับคัดแยกระดับความสุกของผลปาล์มน้ำมัน..... | 23 |
| 8 โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับตัวคัดแยกระดับความสุกของผลปาล์ม..... | 23 |
| 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันกับค่าเฉลี่ยสีผิวของผลปาล์มทั้งผล..... | 25 |
| 10 ผลปาล์มที่ถูกปกปิดด้วยก๊อบผล..... | 25 |
| 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันในผลปาล์มของ 45 ผลตัวอย่าง..... | 26 |
| 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันในผลปาล์มกับค่าเฉลี่ยสีผิวบนพื้นที่ส่วนล่างในแต่ละระดับความสุก..... | 26 |
| 13 กระบวนการทำนายปริมาณน้ำมันในผลปาล์ม..... | 27 |
| 14 แบบจำลองการทดลองหาปริมาตรทะเลลายปาล์มด้วยกล้องวัดระยะ..... | 28 |
| 15 การคำนวณหาความหนาของทะเลลายปาล์มจากเส้นแบ่งครึ่งที่จุดใดๆ..... | 28 |
| 16 การวัดปริมาตรทะเลลายปาล์ม..... | 29 |
| 17 โครงสร้างของโปรแกรมทำนายปริมาณน้ำมันในผลปาล์ม..... | 30 |
| 18 ตัวอย่างโปรแกรมบนอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่..... | 31 |

ตัวย่อและสัญลักษณ์

$\check{R}, \check{G}, \check{B}$ ค่าสีอ้างอิงของสีแดง เขียว และน้ำเงิน ตามลำดับ

R, G, B ค่าสีจากภาพถ่ายของสีแดง เขียว และน้ำเงิน ตามลำดับ

$\alpha_{R,i}, \alpha_{G,i}, \alpha_{B,i}$ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชุดเซตสีบนระนาบ แดง เขียว และน้ำเงิน ตามลำดับ

\check{x}_i , และ คือ ค่าสีอ้างอิงบนระนาบสี x

x_i ค่าสีที่ได้จากภาพถ่ายบนระนาบสี x

$\alpha_{x,i}$ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชุดเซตสีบนระนาบสี x

e_i ค่าความคลาดเคลื่อนจากสมการถดถอย

n จำนวนสีทั้งหมด

α เวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์สำหรับชุดเซตสี

X เมตริกซ์แวนเดอร์มอนด์ (Vandermonde matrix) ของค่าสีที่ได้จากภาพถ่ายผ่านภาพสีอ้างอิง

\check{X} เวกเตอร์ของค่าสีอ้างอิง

R'_j, G'_j, B'_j ค่าสี แดง เขียว และน้ำเงิน ของช่องสี j

E_T ค่าของผลรวมระยะทางแบบยุคลิด

m, c ค่าความชันและจุดตัดแกน y ตามลำดับ

k จำนวนส่วนของพื้นที่ผิวผลปาล์ม

y ระดับความสุขของผลปาล์ม

f^1, f^2 ฟังก์ชันซิกมอยด์ของเวกเตอร์ (sigmoid)

p เวกเตอร์ของสีผิวของผลปาล์ม

W^1, W^2 เมตริกซ์ค่าน้ำหนักของเลเยอร์ซ่อนและเลเยอร์ผลลัพธ์

b^1, b^2 เวกเตอร์ค่าน้ำหนักของเลเยอร์ซ่อนและเลเยอร์ผลลัพธ์

a^1, a^2 ค่าน้ำหนักผลลัพธ์ของเลเยอร์ซ่อนและเลเยอร์ผลลัพธ์

g_i สัมประสิทธิ์ของเวกเตอร์ทำนาย

h ค่าเฉลี่ยสี่อิวของบริเวณพื้นที่ส่วนล่าง

D ระยะห่างระหว่างกล่องกับเส้นแบ่งครึ่ง

d_i ระยะทางที่กล่องวัดระยะอ่านได้

d'_i ความหนาของทะเลลายปาล์มที่จุดใดๆ

v_o ปริมาณน้ำมันปาล์ม

ρ_p ความหนาแน่นรวมของทะเลลายปาล์ม

ρ_o ความหนาแน่นของน้ำมันปาล์ม

c สัดส่วนของมวลเนื้อปาล์มชั้นนอกต่อทะเลลาย