227846

การคัดคุณภาพผักและผลไม้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์

(Grading of Fruits and Vegetables with Computer Vision System)

ดร. พูนพัฒน์ พูนน้อย.
อาจารย์. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร
คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

บทนำ

คุณภาพของผักและผลไม้เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค ผักและผลไม้ที่มีคุณภาพดีจึงมีมูลค่าเชิงพาณิชย์สูงกว่าผักและผลไม้ที่มีคุณภาพต่ำ การกำหนดระดับชั้นคุณภาพของผักและผลไม้นั้น สามารถทำได้โดยพิจารณาจากลักษณะของผักและผลไม้ในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (Henderson and Perry, 1976)

1. ลักษณะทางกายภาพ (Physical characteristics) เช่น ความชื้น (Moisture content) ขนาด น้ำหนัก รูปร่าง เนื้อสัมผัส สี ตำหนิ สิ่งปนเปื้อน

2. ลักษณะทางเคมี (Chemical characteristics) เช่น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณวิตามินซี ปริมาณน้ำตาล

3. ลักษณะทางชีวภาพ (Biological) เช่น ความเสียหายที่เกิดจากเชื้อราและแมลง จำนวนแบคทีเรีย

โดยทั่วไปแล้วการคัดคุณภาพจะพิจารณาลักษณะของผักและผลไม้ร่วมกันหลาย ๆ ด้าน จึงทำให้การคัดคุณภาพแตกต่างกับการคัดแยกทั่วไปซึ่งมักพิจารณาลักษณะของผักและผลไม้เพียงด้านใด ด้านหนึ่งเท่านั้น

สำหรับการคัดคุณภาพผักและผลไม้ ผู้ผลิตสามารถกำหนดระดับชั้นคุณภาพอาหารของตนได้ โดยอ้างอิงจากมาตรฐานที่กำหนดขึ้นโดยหน่วยงานกลางของราชการ เช่น สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรมแห่งชาติ (มกอช.) เป็นต้น

การคัดคุณภาพผักและผลไม้ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการตรวจสอบแบบอัตวิสัย (Subjective measurement) โดยใช้แรงงานคนในการคัดคุณภาพ ถึงแม้ว่ากระบวนการคัดคุณภาพดังกล่าวไม่ต้องการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีการทำงานซับซ้อน แต่ก็มีข้อจำกัดหลายประการ เนื่องจากกระบวนการคัดแยกแบบอัตวิสัยนั้นใช้เวลามากและมีความไม่แน่นอน เป็นผลมาจากความชำนาญของแต่ละบุคคล ความเจ็บป่วยหรือความเหนื่อยล้าจากการทำงานในแต่ละวัน นอกจากนั้นในบางช่วงของการผลิตผู้ประกอบการยังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่มีความเชี่ยวชาญในการคัดแยกคุณภาพอีกด้วย

http://www.gettyimages.com

ระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถใช้คัดคุณภาพของผักและผลไม้ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยในปัจจุบันมีการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีนี้กับผักและผลไม้ เช่น การตรวจสอบและคัดคุณภาพของส้มและมะนาว (Blasco, Aleixos, Gomez, *et al.,* 2007; Blasco, Aleixos and Molto, 2007) การคัดขนาด รูปร่างและตำหนิของมะขามหวาน (Jarimopas and Jaisin, 2008) และการคัดคุณภาพตามขนาด รูปร่าง ความสุก ความแก่ และปริมาณตำหนิของมะม่วง (Poonnoy and Tansakul, 2003)

ในบทความนี้จะได้อธิบายถึงส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์ที่ใช้ในการคัดคุณภาพของผักและผลไม้ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบคุณภาพของผักและผลไม้ไทย รวมถึงอาหารชนิดอื่น ๆ ได้อีกด้วย

ระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์

ระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์ เป็นอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ที่เลียนแบบการมองเห็นและการตัดสินใจของมนุษย์ การพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์จึงเกี่ยวข้องกับศาสตร์หลายแขนง เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent) ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic control system) คณิตศาสตร์ (Mathematics) สถิติ (Statistics) ฟิสิกส์ (Physics) เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์มีความสามารถในการจดจำ (Recognition) จำแนก (Identification) และการตรวจจับ (Detection) วัตถุต่าง ๆ เช่น ใบหน้า ลายนิ้วมือ ป้ายทะเบียนรถ เซลล์มะเร็ง รวมถึงผักและผลไม้ด้วย

ระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์อาจมีส่วนประกอบที่แตกต่างกันไปตามลักษณะและหน้าที่ในการทำงาน เช่น ระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์สำหรับตรวจสอบความผิดปกติของอวัยวะด้วยภาพสนามแม่เหล็ก (Magnetic Resonance Imaging, MRI) ในโรงพยาบาล ย่อมมีความแตกต่างทั้งเรื่องอุปกรณ์และขั้นตอนวิธี (Algolithm) ในการประมวลผลของระบบตรวจวัดคุณภาพของพิซซา (Sun and Brosnan, 2003) อย่างไรก็ตามระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์ส่วนใหญ่มีหลักการทำงานคล้ายกัน

หลักการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์

การทำงานของระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์นั้นคล้ายกับการมองเห็นของมนุษย์ ซึ่งเกิดจากการที่แสงไปกระตุ้นเซลล์รูปแท่ง (Rod cell) และเซลล์รูปกรวย (Cone cell) ที่จอตา (Retina) ให้สร้างกระแสประสาทตามแสงที่ได้รับ กระแสประสาทนี้จะถูกส่งผ่านเส้นประสาทไปยังสมอง เมื่อสมองได้รับกระแสประสาทก็จะแปรความหมายของภาพที่เห็นโดยเปรียบเทียบกับความทรงจำที่มีอยู่แล้วจำแนกว่าสิ่งที่มองเห็นนั้นคืออะไร จากนั้นสมองจะตัดสินใจว่าควรทำอย่างไร เช่น หากเรามองเห็นสิ่งของวางกีดขวางทางเดิน สมองอาจตัดสินใจให้เราเดินหลบไปทางอื่น หรือให้เคลื่อนย้ายสิ่งของนั้นออกจากทางเดินเสีย หลักการนี้คล้ายกับการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์ เพียงแต่ในระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์จะใช้อุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการทำงานแทนร่างกายและสมอง

ระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์รับสัญญาณภาพโดยใช้อุปกรณ์รับภาพ (image sensor) แทนตาของเรา ซึ่งภายในอุปกรณ์รับภาพจะมีชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแสงสว่างที่ได้รับเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งผ่านสายสัญญาณไปยังหน่วยประมวลผล (Processor) ในหน่วยประมวลผลจะมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งทำหน้าที่คล้ายสมองมนุษย์ คือ ทำหน้าที่ตีความภาพที่เห็นตามเงื่อนไขที่ผู้ออกแบบระบบกำหนดไว้ แล้วรายงานผลให้กับผู้ควบคุมกระบวนการ หรือในกรณีที่เป็นระบบอัตโนมัติหน่วยประมวลผลจะส่งสัญญาณระบบควบคุมกลไกทำงานตามที่กำหนดไว้

ส่วนประกอบสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์

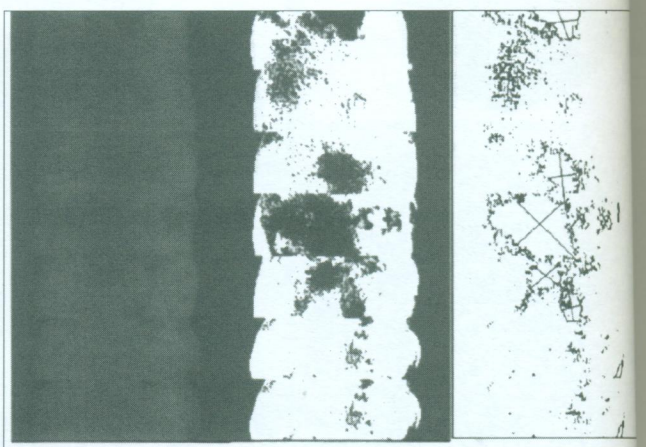
ระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ

1) แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงเป็นชิ้นส่วนสำคัญที่ทำให้อุปกรณ์รับภาพสามารถจับภาพได้ดีและมีความผิดเพี้ยนน้อย ทั้งนี้แหล่งกำเนิดแสงมีอ
หลายชนิดด้วยกัน เช่น หลอดฟลูออเรสเซนส์ (Fluorescent) หลอดฮาโลเจน (Halogen) หลอดซีนอน (Xenon) เป็นต้น การเลือกใช้งานแห
กำเนิดแสงควรพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมในการใช้งาน ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ สีและรูปร่างของวัตถุ

2) อุปกรณ์รับภาพ

อุปกรณ์รับภาพทำหน้าที่เปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าซึ่งคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้ โดยทั่วไปแล้วในการคัดคุณภาพของผลผลิตจะใช้กล้องซีซีดี (CCD) เป็นอุปกรณ์ในการจับภาพในช่วงแสงที่สามารถมองเห็น (Visible light) ได้ อย่างไรก็ตามเมื่อต้องการเพิ่มคุณภาพของภาพอาจใช้กล้องซีซีดีที่มีความสามารถในการรับแสงในช่วงใกล้อินฟราเรด (Near infrared) ทำงานร่วมกับกล้องซีซีดีที่จับภาพในช่วงแสงที่มองเห็นซึ่งจะทำให้ภาพนั้นชัดเจนมากขึ้น เช่น การตรวจจับตำหนิบนผิวส้ม (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การตรวจสอบตำหนิของผลส้มโดยใช้ภาพถ่ายอินฟราเรด
(a) ภาพถ่ายช่วงแสงปกติ (b) ภาพถ่ายช่วงแสงอินฟราเรด
(c) รอยตำหนิ
ที่มา : Aleixos, Blasco, Navarron, *et al.*, 2002

3) ส่วนประมวลผล

ส่วนประมวลผลของระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์ทำหน้าที่วิเคราะห์และแปลความหมายภาพที่ได้จากอุปกรณ์รับภาพ ซึ่งปัจจุบันส่วนประมวลผลเป็นแบบดิจิตอลที่มีความสามารถในการประมวลผลได้แม่นยำและรวดเร็ว โดยมีลำดับการทำงานหลักสี่ขั้นตอน ดังนี้

ก. การประมวลผลภาพ (Image processing)

เนื่องภาพถ่ายที่ได้จากอุปกรณ์รับภาพอาจมีแสงรบกวน มีความผิดปกติของภาพ ซึ่งมีสาเหตุหลายประการ หน่วยประมวลผลจะปรับภาพที่มีความผิดปกตินี้ให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมก่อนที่จะจำแนกวัตถุออกจากพื้นหลัง โดยวิธีการและเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น การแบ่งระดับสี การหาขอบของชิ้นอาหารและการรวมกลุ่มของพิกเซล (Pixel) ที่มีลักษณะเหมือนกัน เช่น การแยกภาพผลมะม่วงสีเขียวออกจากพื้นหลังที่มีสีขาว โดยใช้ความแตกต่างของสี

ข. การวิเคราะห์ภาพ (Image analysis)

หลังจากที่ภาพถ่ายผ่านกระบวนการประมวลผลเบื้องต้นแล้ว ภาพของวัตถุที่ต้องการตรวจวัดจะถูกกำหนดขอบเขตอย่างชัดเจน กระบวนการวิเคราะห์ภาพจะทำเฉพาะในขอบเขตที่กำหนดไว้เท่านั้น

การวิเคราะห์ภาพถ่ายเพื่อหาลักษณะที่ต้องการตรวจวัดทำได้โดยใช้ข้อมูลระดับความเข้มของสี เนื่องจากภาพถ่ายดิจิตอลนั้นประกอบด้วยจุดสีเล็ก ๆ (Pixel) จำนวนหลายล้านจุด ขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพ ซึ่งแต่ละจุดเป็นผลของการผสมสีของแม่สี 3 สี คือ แดง (R) เขียว (G) และน้ำเงิน (B) โดยทั่วไปความเข้มของสีแต่ละสีจะถูกแบ่งออกเป็น 256 ค่า (ตั้งแต่ 0 ถึง 255) เช่น สีดำจะมีค่า RGB เท่ากับ (0,0,0) สีแดง (255,0,0) หรือสีขาว (255,255,255) โดยค่าตัวเลขทั้งหมดนี้จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ภาพต่อไป ซึ่งวิธีในการวิเคราะห์ภาพพื้นฐานมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ

Thresholding

เป็นวิธีที่ใช้ค่าความแตกต่างของความเข้มของสีในการแย
วัตถุชนิดหนึ่งออกจากวัตถุอีกชนิดหนึ่ง เช่น พื้นหลังของฉากเป็นส
ขาว (255,255,255) ในขณะเดียวกันวัตถุที่ต้องการแยกมีสีแด
(150,0,0) ก็จะสามารถแยกวัตถุนั้นออกจากพื้นหลังได้ แต่เมื่อนำวิ
การนี้มาใช้กับอาหารที่มีองค์ประกอบที่มีสีใกล้เคียงกัน เช่น พริกแด
กับซอสมะเขือเทศ โปรแกรมจะไม่สามารถจำแนกส่วนประกอบ
ชนิดนี้ออกจากกันได้ (Sun and Brosnan, 2003)

Edge detection

เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ภาพแบบ Thresholding จำเป็
ต้องตรวจสอบระดับความเข้มของสีในแต่ละจุดจึงต้องใช้เวลาในการ
ประมวลผลนาน แต่วิธี Edge detection จะทำการเปรียบเทียบ
เฉพาะจุดที่มีค่าความแตกต่างเกินกว่าค่าปรกติ เช่น ในพื้นที่ติดต่อ
ระหว่างสีดำกับสีขาว จะมีค่าความแตกต่างของความเข้มของสีแตก
ต่างกันมาก เราจึงสามารถกำหนดเส้นระหว่างการเชื่อมต่อระหว่างจุด
2 จุดนั้นได้

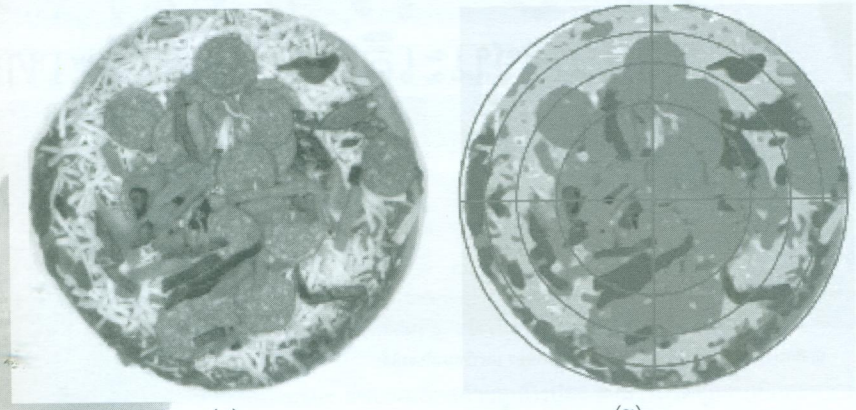
Region segmentation

วิธีนี้เป็นวิธีการวิเคราะห์ภาพแบบหนึ่งโดยจะจับกลุ่มของ
เม็ดสีที่มีลักษณะเหมือนกัน (Homogenous) ไว้ด้วยกัน ซึ่งวิธีนี้จะได้
ผลดีก็ต่อเมื่อวัตถุที่ต้องการแบ่งแยกนั้นมีสีสม่ำเสมอ

กระบวนการวิเคราะห์ภาพสำหรับผักและผลไม้ เป็น
กระบวนการที่ซับซ้อนเนื่องจากสีและสัณฐาน ไม่สม่ำเสมอ การ
วิเคราะห์ภาพอาจจำเป็นต้องใช้หลายวิธีร่วมกัน

ค. การแปลความหมาย (Interpretation)

หลังจากที่หน่วยประมวลผลสามารถจำแนกวัตถุที่ต้องการตรวจวัดออกจากพื้นหลัง (Background) รวมถึงแยกวัตถุทั้งชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันที่อยู่ติดกันออกจากกันได้แล้วโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ภาพถ่าย หน่วยประมวลผลนั้นจะนำข้อมูลเหล่านั้นมาแปลความหมายตามที่กำหนดไว้ เช่น การวัดปริมาณของส่วนผสมบนหน้าพิซซา (Sun and Brosnan, 2003) ดังแสดงในภาพที่ 2



(ก) (ข)

ภาพที่ 2 (ก) ภาพของพิซซาที่ใช้ในการทดสอบ (ข) ภาพที่ได้หลังจากการวิเคราะห์
ที่มา : Sun and Brosnan, (2003)

สรุป

ระบบคอมพิวเตอร์วิสัยทัศน์เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการคัดคุณภาพของอาหาร รวมถึงผักและผลไม้ ซึ่งช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพรวมถึงกำลังการผลิตของผู้ประกอบการได้ อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีดังกล่าวมีราคาแพงเนื่องจากต้องนำเข้าอุปกรณ์และซอฟท์แวร์จากต่างประเทศ หากมีการปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับผักและผลไม้ของไทย โดยบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นร่วมกับองค์ความรู้ทางวิศวกรรม ก็จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมผลิตผักและผลไม้เพื่อการจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ

บรรณานุกรม

Aleixos, N., J. Blasco, F. Navarron, *et al.* (2002). Multispectral inspection of citrus in real-time using machine vision and digital signal processors. **Computers and Electronics in Agriculture** 33(2): 121-137.

Blasco, J., N. Aleixos, J. Gomez, *et al.* (2007). Citrus sorting by identification of the most common defects using multispectral computer vision. **Journal of Food Engineering** 83(3): 384-393.

Blasco, J., N. Aleixos and E. Molto. (2007). Computer vision detection of peel defects in citrus by means of a region oriented segmentation algorithm. **Journal of Food Engineering** 81(3): 535-543.

Henderson, S.M. and R.L. Perry. (1976). **Agricultural Process Engineering.** 3rd ed. Westport: AVI Publishing. 442 p.

Jarimopas, B. and N. Jaisin. (2008). An experimental machine vision system for sorting sweet tamarind. **Journal of Food Engineering** 89(3): 291-297.

Poonnoy, P. and A. Tansakul. (2003). Design and development of mango sorter with machine vision system. pp. 167-174. In **APEC Symposium on Postharvest Handling Systems,** September 1-3, Radisson Hotel, Bangkok, Thailand.

Sun, D.-W. and T. Brosnan. (2003). Pizza quality evaluation using computer vision--part 2: pizza topping analysis. **Journal of Food Engineering** 57(1): 91-95.