

การวิเคราะห์และตรวจสอบความบกพร่องของผ้าย้อม

Analysis and Defect Detection of Dyed Fabric

ณัฐวัชร มาลัย¹, สินชัย ชินวรรัตน์²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

โทร 0-2913-2500 ต่อ 8308 โทรสาร 0-2258-0026

¹อีเมล panjoe@hotmail.com, ²อีเมล sch@kmitnb.ac.th

Nattavat Malai¹, Sinchai Chinworarat²

^{1,2}Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Monkut's Institute of Technology North

1518 Piboonsongkarm Rd. Bangsue, Bangkok 10800

Tel: 0-2913-2500 ext 8303, Fax: 0-2258-0026

¹E-mail: panjoe@hotmail.com, ²E-mail sch@kmitnb.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาและสร้างโปรแกรมตรวจสอบความเพี้ยนของสีของผ้าย้อมโทนเดียวโดยใช้หลักการของโครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural Network) โครงข่ายประสาทเทียมที่เลือกใช้นั้น จะเป็นโครงข่ายที่ไม่มีการป้อนกลับ (Feed Forward Network) ที่มี 3 ชั้น และใช้ระเบียบวิธีแบบแพร่กลับ (Back Propagation Training Algorithm) ซึ่งจัดเป็นโครงสร้างที่มีการใช้งานในระบบจำแนก (Classification system) ทั่วไป นอกจากนี้มีการสร้างโปรแกรมสำหรับตรวจสอบความเพี้ยนของสีด้วยโดยใช้หลักการในเชิงปริมาณเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างและข้อดีข้อเสียของแต่ละหลักการในโปรแกรมเพื่อการวิเคราะห์ผลการทดลองโปรแกรมอย่างแท้จริง

Abstract

This paper presents the study, design and produce the colour defect detection program of Dyed Fabric by apply Artificial Neural Network Theory. The applied theory consists of Feed Forward Network in 3-layer type and Back Propagation Training Algorithm for structure of general classification system. Moreover this program will be compared result with another algorithm that is statistical theory for assess the program performance and analyse advantage of neural network applying obviously.

Keywords: Artificial Neural Network, Feed Forward Network, Back Propagation Training Algorithm, Classification system

1. บทนำ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 2 ระยะด้วยกัน คือ

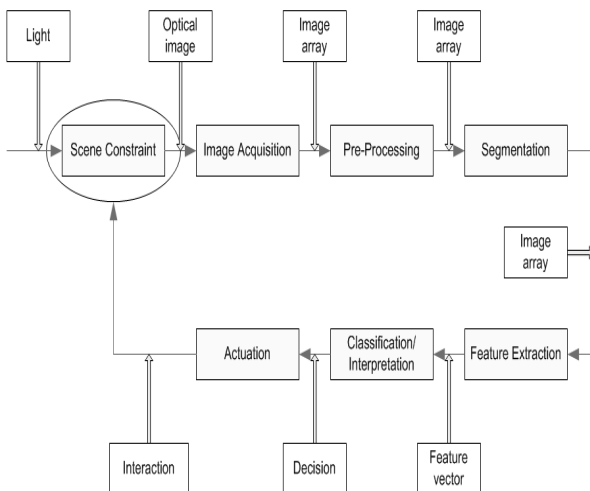
1. ระยะแรกจะเป็นสร้างระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพอย่างง่าย ที่การตัดสินใจคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งในที่นี้คือ ผ้าสีพื้นเดียวแบบไม่มีลวดลาย สามารถทำได้โดยใช้ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของรอยด่างที่จัดเป็นของเสีย ที่ผู้ใช้งานระบบหรือผู้ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นผู้กำหนดให้เท่านั้น ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยในขั้นตอนนี้คือระบบที่สามารถทำการวัดคุณสมบัติต่างๆ ของรอยด่างที่ปรากฏอยู่บนผืนผ้าสี เช่น พื้นที่, ขนาดของ Bounding box, เคนสีเฉลี่ย เป็นต้น และทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของรอยด่างเหล่านี้กับค่าคุณสมบัติของรอยด่างที่จัดเป็นของเสียที่กำหนดโดยผู้ใช้งานระบบ แล้วตัดสินใจว่า รอยด่างที่ตรวจจับได้จากภาพของผลิตภัณฑ์ในขณะนั้นเป็นของเสียหรือไม่ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว ระบบจะสามารถทำการตัดสินใจคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ว่าเป็นชิ้นงานเสียหรือไม่ นอกจากนั้น ผลการตัดสินใจคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะสามารถนำไปใช้งานกลไกที่เกี่ยวข้องต่อไปได้

2. ระยะที่สองของงานวิจัยนี้ จะเป็นการเพิ่มความสามารถในการตัดสินใจให้กับระบบตรวจสอบที่ได้จากการวิจัยในระยะแรก ทั้งนี้เพื่อลดความยุ่งยากให้กับผู้ใช้งานระบบตรวจสอบ ซึ่งจะพบว่า การทำงานของระบบที่ได้จากการวิจัยในระยะแรกนั้น ผู้ใช้งานจะต้องระบุคุณสมบัติของรอยด่างที่จัดว่าเป็นของเสียในเชิงปริมาณ หรือกล่าวง่าย ๆ อีกนัยหนึ่งก็คือ ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของรอยด่างที่เป็นตัวเสียที่ใช้เปรียบเทียบกับคุณสมบัติของรอยด่างที่ตรวจจับได้จากภาพในขณะนั้น ผู้ใช้งานจะต้องระบุออกมาเป็นตัวเลขให้กับระบบเท่านั้น ซึ่งในทางปฏิบัตินั้น การที่จะให้ผู้ใช้งานระบบทำการระบุค่าคุณสมบัติต่างๆ ของรอยด่างที่จัดเป็นตัวเสียในรูปของตัวเลข ค่อนข้างซับซ้อน

และไม่สะดวก แต่ถ้าให้ผู้ใช้งานเพียงระบุว่า รอยต่างใดจัดเป็นตัวเสียบ้าง ซึ่งเป็นหน้าที่โดยปกติของผู้ใช้งานระบบหรือผู้ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่แล้วนั้น จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้ง่ายขึ้น ดังนั้น ในระยะที่สองของการวิจัยนี้จะเป็นการนำระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) มาใช้เพื่อทำให้การใช้งานระบบสามารถทำได้ง่ายดายนมากขึ้น โดยหากพิจารณาจากมุมมองของผู้ใช้งานนั้น จะพบว่า จากภาพตัวอย่าง ผู้ใช้เพียงทำการระบุว่า รอยต่างที่ตรวจจับได้ภาพของผลิตภัณฑ์ในขณะนั้น มีรอยต่างใดบ้างที่จัดเป็นของเสียหรือของดี ซึ่งหลังจากนั้น ระบบจะสามารถทำการตรวจสอบภาพของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจที่ได้จากตัวอย่างที่ระบุโดยผู้ใช้นั้นเอง อนึ่ง สำหรับโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่เลือกใช้นั้น จะเป็นโครงข่ายที่ไม่มีกรป้อนกลับ (feed forward network) ที่มี 3 ชั้น และใช้ระเบียบวิธีแบบแพร่กลับ (Back propagation training algorithm) ซึ่งจัดเป็นโครงข่ายที่มีการใช้งานในระบบจำแนก (Classification system) ทั่วไป

2. ระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพอัตโนมัติ (Automated visual inspection system)

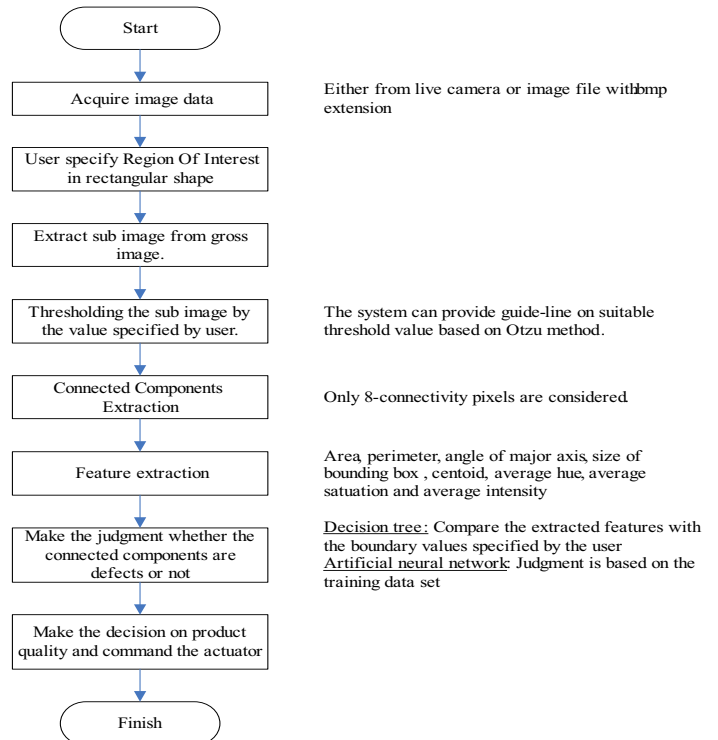
ระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพอัตโนมัติ (Automated visual inspection system) จัดเป็นการนำเอาความรู้เรื่อง Machine Vision ไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีหัวข้อในการตรวจสอบอยู่หลายๆ หัวข้อ เช่น การตรวจสอบการปนเปื้อนบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบความผิดเพี้ยนของสีบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ และ การนับชิ้นส่วนต่างๆ ที่อยู่บนผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ซึ่งผลการตรวจสอบดังกล่าวอาจใช้เพื่อคัดแยกงานดีออกจากงานเสียหรือเพื่อใช้คัดเลือกเกรดของชิ้นงานได้เช่นกัน ในรูปที่ 1 เป็นการแสดงส่วนประกอบของระบบตรวจสอบชิ้นงานจากภาพอัตโนมัติของระบบ Machine Vision



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของระบบตรวจสอบชิ้นงานจากภาพอัตโนมัติ[2]

งานส่วนใหญ่ของระบบตรวจสอบผืนผ้าด้วยภาพนี้ จะเป็นการทำงานของโปรแกรมทั้งสิ้น ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแสดงไว้ในรูปที่ 2 และสามารถอธิบายรายละเอียดการ

ทำงานได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบตรวจสอบชิ้นงานจากภาพ

ในตอนเริ่มแรกนั้น โปรแกรมจะทำการดึงข้อมูลภาพสีไม่ว่าจะมาจากกล้องหรือจากไฟล์ภาพที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ และแสดงภาพขึ้นมา เพื่อให้ผู้ใช้ทำการระบุบริเวณที่สนใจ ทั้งนี้ เนื่องจาก บริเวณของ ผลิตภัณฑ์อาจจะไม่ครอบคลุมทั้งบริเวณภาพ หลังจากนั้น โปรแกรมจะทำการแยกข้อมูลภาพเฉพาะบริเวณที่ระบุโดยผู้ใช้ว่า เป็นบริเวณที่จะต้องทำการตรวจสอบ และทำการแปลงให้เป็นภาพที่มีสองระดับ (Binary image) โดยใช้ค่า Threshold ที่ระบุโดยผู้ใช้ ซึ่งโปรแกรมสามารถช่วยระบุค่า Threshold ที่เหมาะสมให้กับผู้ใช้ เพื่อให้ผู้ใช้ช่วยประกอบการตัดสินใจได้ด้วย สำหรับค่า Threshold ที่ระบุโดยโปรแกรมนั้นได้มาจากการเลือกค่า Threshold โดยวิธีของ Otsu[6] ซึ่งเป็นวิธีการเลือกค่า Threshold แบบอัตโนมัติที่จัดว่า มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายมากที่สุด หลังจากที่ได้ภาพที่มีเพียงสองระดับแล้ว โปรแกรมจะทำการกระบวนการ Connected Components Extraction หรือ Connected Components Labeling เพื่อทำการตรวจจับรอยต่างที่ปรากฏขึ้นในภาพ ซึ่งโปรแกรมจะทำการพิจารณาพิกเซลที่มีการเชื่อมต่อแบบ 8 ทิศทางเท่านั้น และจากขั้นตอนนี้จะทำให้โปรแกรมทราบว่า มีรอยต่างจำนวนเท่าใดอยู่ในภาพ นอกจากนั้น จะทำให้โปรแกรมทราบว่า รอยต่างที่ตรวจจับได้นั้นครอบคลุมพิกัดของพิกเซลใดบ้าง หลังจากนั้น โปรแกรมจะทำการตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆของรอยต่างที่ตรวจจับได้ ซึ่งได้แก่ มุมของแกนหลักของรอยต่างแต่ละชิ้น พื้นที่ เส้นรอบรูป ขนาดของ Bounding box ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของรอยต่าง นอกจากนั้น โปรแกรมยังทำการวัดคุณสมบัติของสีของรอยต่างแต่ละชิ้นด้วย ซึ่งคุณสมบัติของสีที่ทำการตรวจวัด คือ เฉดสีเฉลี่ย ค่า saturation เฉลี่ย ค่าสว่างเฉลี่ยของรอยต่างแต่ละชิ้น ซึ่งถ้าเป็นการทำงานของ

โปรแกรมที่ได้จากการวิจัยในระยะแรกนั้น จากคุณสมบัติต่างๆ ของ รอยต่างแต่ละชิ้นจะนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดโดยผู้ใช้ เพื่อ พิจารณาว่า รอยต่างใดบ้างที่จัดเป็นของเสียตามข้อกำหนดของผู้ใช้ ซึ่งหากมีเพียงหนึ่งรอยต่างที่จัดเป็นของเสีย ผืนผ้าช่วงนั้นจะจัดว่า เป็นชิ้นงานเสียทันที และถ้าเป็นโปรแกรมที่ได้จากการวิจัยในระยะที่ สอง ซึ่งเป็นการนำระบบโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ การตัดสินใจ ของโปรแกรมจะทำได้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของรอยต่างที่ป้อนให้ กับระบบโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อใช้สำหรับการสอนโครงข่าย ประสาทเทียมนั่นเอง

3. การดึงข้อมูลภาพ (Image acquisition)

คือ กระบวนการที่เริ่มตั้งแต่การถ่ายภาพโดยกล้อง ตลอด จนถึง การดึงภาพซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในกล้องมาสู่คอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์ประมวลผล เพื่อที่จะได้ประมวลผลและตัดสินใจส่งงานจาก ผลที่ได้ต่อไป กระบวนการดังกล่าวมีรายละเอียดปลีกย่อยที่สำคัญดังนี้

ประเภทของกล้องที่ใช้ในงานตรวจสอบชิ้นส่วนในเชิง อุตสาหกรรม กล้องที่ใช้กับงานตรวจสอบชิ้นส่วนในปัจจุบันนั้นจะ เป็นกล้องดิจิทัล ซึ่งใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เรียกกันว่าเซ็นเซอร์ รับภาพ(Image sensor) เพื่อใช้ในการรับภาพ เซ็นเซอร์ดังกล่าว มี ขนาดเล็กมาก เท่าเล็บมือคนเท่านั้น ซึ่งจะประกอบด้วยไดโอดที่มีความไวต่อแสงเรียงตัวกันอยู่เป็นจำนวนมาก ทันทันใดที่แสงมีการ ตกกระทบไดโอดเหล่านี้ ไดโอดแต่ละตัวจะทำการจดจำความ เข้มแสงหรือความสว่างของแสงที่ตกกระทบ ไดโอดแต่ละตัวไว้ โดย ปริมาณประจุไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวไดโอดซึ่งแปรผันกับแรงดันตก คร่อมตัวไดโอดนั้น จะเพิ่มขึ้นตาม ความเข้มของแสงที่ตกกระทบ ซึ่ง ความเข้มแสงที่ได้จดจำไว้ในไดโอดแต่ละตัว จะถูกแปลงให้อยู่ในรูป ข้อมูลที่เป็นดิจิทัลและเก็บไว้ในหน่วยความจำที่อยู่ในตัวกล้อง เพื่อ รอส่งต่อไปให้อุปกรณ์ที่อยู่ภายนอกกล้องต่อไป

สำหรับไดโอดนี้เรียกกันว่า เซลล์รับภาพ (พิกเซล pixel) ซึ่งหนึ่งเซลล์รับภาพจะให้ค่าความเข้มแสงที่ตกกระทบเพียงค่าหนึ่ง เท่านั้น โดยทั่วไปค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพจะมีค่าระหว่าง 0-255 เท่านั้น (ช่วงข้อมูลดังกล่าว สามารถแทนด้วยข้อมูลขนาด 1 byte หรือ 8 บิต ที่จะให้ความละเอียด 2⁸ หรือ 256 ระดับ ซึ่งเป็นความ ละเอียดของกล้องที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปในห้องทดลอง อย่างไรก็ตาม จะมีกล้องบางประเภทที่ให้ค่าความเข้มแสงที่มีความละเอียดสูง ถึง 16 บิตเลยทีเดียว) โดยหากค่าที่ได้มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าที่เซลล์ รับภาพนั้น มีความเข้มแสงต่ำสุดหรือเป็นด้านมืด และหากมีค่า เท่ากับ 255 ก็แสดงว่าที่เซลล์รับภาพที่ตำแหน่ง นั้นมีความเข้มแสง สูงสุดหรือเป็นด้านสว่าง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3



0

255

รูปที่ 3 แสดงความเข้มแสงเทียบกับค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพ

กล้องสีก็ยังใช้เซลล์รับภาพเหล่านี้เช่นกัน โดยทำการแยก สีหลัก 3 สี ได้แก่ สีเขียว แดง และน้ำเงินออกจากกัน โดยการติดตั้ง ตัว กรองแสงสี (filter) แต่ละสีไว้หน้าเซลล์รับภาพแล้วทำการวัด ความเข้มของแต่ละสีนั่นเอง

4. การแยกบริเวณ (Segmentation)

การแยกบริเวณที่เป็นวัตถุที่เราสนใจออกจากพื้นหลัง ที่ จะทำให้เราทราบ ว่า ในภาพมีวัตถุอยู่ที่ขึ้น และพิกเซลใดเป็นของ วัตถุชิ้นใด ซึ่งกระบวนการดังกล่าว ถือเป็นพื้นฐานของการประมวล ชั้นสูง ที่จะนำไปสู่การตัดสินใจเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อไป และจะพบว่า วิธีการแยกบริเวณนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ด้วยกัน คือ การแยกบริเวณด้วยการใช้ค่า Threshold หรือ ที่เรียกว่า Area based segmentation หรือ Region based segmentation และอีกวิธีหนึ่งคือ การแยกบริเวณด้วยขอบวัตถุที่ ตรวจจับได้ด้วยตัว ตรวจจับขอบ ซึ่งเรียกกันว่า Edge based segmentation และเนื่อง จากใน การตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติ นั้น จะเป็นการ ทำงานที่มีแสงกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอ ทำให้ภาพที่ได้จะมี บริเวณที่เป็นวัตถุและพื้นหลัง ที่มีความเข้มแสงแตกต่างกันอย่างเห็น ได้ชัดเจน ด้วยสาเหตุดังกล่าว จึงทำให้การแยกบริเวณด้วย วิธีแรก สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนั้นจะพบว่า ด้วยวิธีการแยกบริเวณวิธีแรกจะทำให้เรารู้บริเวณ ทั้งหมดของวัตถุ แต่ละชิ้น (แทนที่จะรู้แค่เพียงขอบวัตถุเหมือนในกรณีที่ใช้การแยกบริเวณ โดยการใช้วิธี Edge based segmentation) ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำ ไปคำนวณลักษณะ (Feature) ต่างๆของวัตถุได้ง่ายกว่า ดังนั้น ใน งานวิจัยนี้จะเป็น การแยก บริเวณ ด้วยวิธี Area based segmentation หรือการแยกด้วยค่า Threshold ซึ่งมีอยู่ 3 ขั้นตอน ด้วยกันคือ

1. การเลือกและการใช้ค่า Threshold กับภาพ Gray scale ตั้งต้น
2. กระบวนการ Connected Component Labeling เพื่อจำแนกว่า พิกเซลใดเป็นของวัตถุชิ้นใด
3. การจัดเก็บพิกัดของพิกเซลที่เป็นของวัตถุชิ้นเดียวกัน

1. การเลือกและการใช้ค่า Threshold

การใช้ค่า Threshold เพื่อแปลงภาพ Gray scale ให้ เป็นภาพที่มีเพียง 2 ระดับ (binary image) นั้น ได้กล่าวถึงไว้บ้าง แล้ว ใน ตอนที่กล่าวถึงองค์ประกอบต่างๆของระบบตรวจสอบชิ้น งาน กระบวนการดังกล่าวจัดเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญสำหรับ กระบวนการแยกบริเวณเป็นอย่างมาก นอกจากนั้น ยังเป็นกระบวนการที่นำไปใช้อย่างแพร่หลายในงานตรวจสอบชิ้นงาน เนื่องจาก เป็นกระบวนการที่ง่าย และทำได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถทำได้โดย การเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงของภาพ Gray scale ตั้งต้น ณ พิกเซลที่กำลังพิจารณา กับค่าคงที่ค่าหนึ่ง ที่เรียกกันว่าค่า Threshold หากความเข้มแสงของภาพตั้งต้นน้อยกว่าค่า Threshold แล้ว ก็ให้ภาพขาออกที่ตำแหน่งเดียวกันเป็นจุดมืด และในทางกลับ กันถ้าความเข้มแสงมากกว่าหรือเท่ากับ ค่า Threshold ก็ให้ภาพขา ออกที่ตำแหน่งนั้นเป็นจุดสว่างหรือค่า 255 ซึ่งสามารถเขียนได้ด้ สมการที่ 1

$$O = \begin{cases} 0, & \text{If } I < T \\ 2^B - 1, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

เมื่อ B คือ จำนวนบิตของระบบภาพ

I คือ ค่าความเข้มแสงของพิกเซล ณ ตำแหน่งที่กำลังพิจารณา

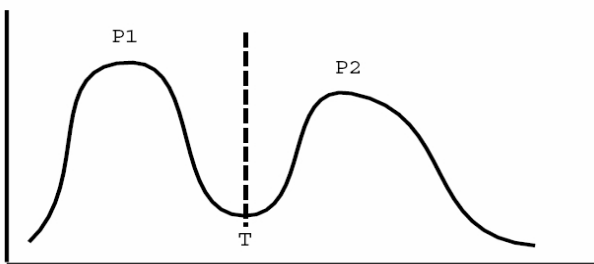
O คือ ค่าความเข้มแสงของภาพขาออกที่ตำแหน่งเดียวกัน

T คือ ค่า Threshold

คำถามที่ตามมาคือ แล้วค่า Threshold ที่เหมาะสมนั้น ควรจะมีค่าเท่าใดกันแน่ ก่อนที่จะไปถึงคำตอบของคำถามดังกล่าว เราควรพิจารณาวิธีการใช้ค่า Threshold ที่มีการให้ค่าจำกัดความไวในงาน machine vision ทั่วไป ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบด้วยกัน

1. Global Thresholding คือ การใช้ค่า Threshold ค่าเดียวกับทั้งภาพ
2. Local Thresholding คือ การแบ่งภาพหลักออกเป็นภาพย่อยๆ ที่แต่ละภาพย่อยเหล่านั้นจะมีค่า Threshold เป็นของตัวเอง สำหรับการทำงานของระบบตรวจสอบชิ้นส่วนด้วยภาพแบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของ Machine vision นั้น ค่า Threshold ที่ใช้จะเป็นลักษณะ Local Thresholding ซึ่งแต่ละบริเวณจะถูกกำหนดค่าโดยผู้ใช้งาน

การเลือกค่า Threshold ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละบริเวณย่อยๆ แบบอัตโนมัติ นั้น โดยทั่วไปแล้ว ตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่า ความเข้มแสงของบริเวณที่เป็นวัตถุที่สนใจ และบริเวณที่เป็นฉากหลังมีความแตกต่างกันพอประมาณ ซึ่งค่า Threshold ที่เลือกใช้นั้น จะต้องสามารถแบ่งฉากหลังและวัตถุออกจากกันได้เป็นอย่างดี ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงฮิสโตแกรมที่วัตถุและพื้นหลังมีค่าความเข้มแสงแยกออกจากกัน

จากรูปที่ 4 ซึ่งแสดงฮิสโตแกรมที่มี 2 ยอด (Bimodal histogram) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานแต่ละประเภทว่า ส่วนที่เป็นวัตถุนั้นจะเป็นด้านมืด (P1) หรือด้านสว่าง (P2) ซึ่งค่า Threshold ที่เหมาะสมนั้น จะต้องสามารถแบ่งแยกบริเวณที่เป็นวัตถุและบริเวณที่เป็นพื้นหลังได้อย่างถูกต้อง ในปัจจุบันมีวิธีการเลือกค่า Threshold ที่มีสมมุติฐานว่าฮิสโตแกรมมี 2 ยอดอยู่หลากหลายวิธี แต่วิธีที่เป็นที่นิยมมากที่สุด อีกทั้งยังนำมาใช้ใน MATLAB ด้วย คือ วิธีการของOtsu(Otsu's Thresholding method)[6]

หลักการเลือกค่าThreshold ของOtsu นั้นคือจะต้องเป็นค่าที่สามารถทำให้ฮิสโตแกรมทั้งสองกลุ่มมีการกระจายตัวน้อยที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติเราไม่สามารถทำการเปลี่ยนรูปร่างของฮิสโตแกรมทั้งสองยอดได้ แต่เราสามารถเปลี่ยนลักษณะการกระจายตัวของทั้งสองยอดได้ด้วยการใช้ค่าThresholdเป็นตัวแบ่ง นั่นคือถ้าเราเพิ่ม

ค่าดังกล่าว เราก็กำลังทำให้การกระจายตัวของยอดหนึ่งลดลงและการกระจายตัวของอีกยอดหนึ่งเพิ่มขึ้น ซึ่งเป้าหมายของ Otsu คือ การเลือกค่าThreshold ที่ทำให้ "การกระจายตัวรวม" ของทั้งสองยอดมีค่าต่ำที่สุด "การกระจายตัวรวม" ของทั้งสองยอดนั้น สามารถวัดได้ โดยความแปรปรวนภายในกลุ่มรวมกัน (Within-class variance, σ_{within}^2) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของความแปรปรวน (Variance) คูณกับจำนวนพิกเซลของแต่ละกลุ่มและสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วัดการกระจายตัวรวมของทั้งสองกลุ่มนั้น แสดงไว้ในสมการที่ 2

$$\sigma_{\text{within}}^2(T) = n_D(T)\sigma_D^2(T) + n_B(T)\sigma_B^2(T) \quad (2)$$

เมื่อ T คือ ค่า Threshold ที่ใช้แบ่งทั้งสองบริเวณออกจากกัน

$n_D(T)$ คือ จำนวนพิกเซลทั้งหมดของบริเวณด้านมืด (Dark area) ที่มีค่าความเข้มแสงตั้งแต่ 0 จนถึงค่าความเข้มแสงเท่ากับ T-1 ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$n_D(T) = \sum_{i=0}^{T-1} p(i) \quad (3)$$

$n_B(T)$ คือ จำนวนพิกเซลทั้งหมดของด้านสว่าง (Blight area) ที่มีค่าความเข้มแสงตั้งแต่ T จนถึงค่าความเข้มแสงเท่ากับค่าสูงสุดคือ $2^B - 1$ เมื่อ B คือจำนวนบิตของระบบภาพ ซึ่งถ้าเป็นระบบทั่วไปที่เป็นระบบภาพ 8 บิต พจน์ $2^B - 1$ จะมีค่าเท่ากับ 255 และจำนวนพิกเซลทั้งหมดของด้านสว่างสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4

$$n_B(T) = \sum_{i=T}^{2^B-1} p(i) \quad (4)$$

$\sigma_D(T)$ คือ ความแปรปรวน (Variance) ของบริเวณด้านมืด

$\sigma_B(T)$ คือ ความแปรปรวน (Variance) ของบริเวณด้านสว่าง

$p(i)$ คือ จุดพิกเซลที่ i ในพิกัดภาพ

เราสามารถใช้อสมการที่ 2 เพื่อหาค่า Threshold ที่เหมาะสมได้ โดยการเลือกค่า Threshold ที่ทำให้พจน์ดังกล่าวมีค่าน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม การคำนวณสมการที่ 13 กับทุกค่า Threshold ที่เป็นไปได้ นั้นมีความยุ่งยากมาก เนื่องจากจะต้องคำนวณความแปรปรวนของแต่ละบริเวณ ทั้งบริเวณที่มืดและสว่างของ Threshold ทุกค่า ซึ่งเราสามารถเลือกค่า Threshold ที่เหมาะสมได้ ด้วยวิธีการที่ง่ายกว่านั้น นั่นคือ ถ้าเรานำค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มรวมกันมาลบออกจากค่าความแปรปรวนรวม เราจะได้ 2 พจน์ที่ Otsu เรียกว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between-class variance, $\sigma_{\text{Between}}^2$) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$\sigma_{\text{Between}}^2 = \sigma^2 - \sigma_{\text{within}}^2 \quad (5)$$

$$\text{หรือ } \sigma_{\text{Between}}^2 = n_D(T)[\mu_D(T) - \mu]^2 + n_B(T)[\mu_B(T) - \mu]^2 \quad (6)$$

เมื่อ $\sigma_{\text{Between}}^2$ คือ ความแปรปรวนรวมของทั้งฮิสโตแกรม

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทั้งฮิสโตแกรม

จากสมการข้างต้นจะสังเกตเห็นว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between-class variance, $\sigma_{\text{Between}}^2$) คือ ผลบวกถ่วงน้ำหนักของ

ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละบริเวณกับค่าเฉลี่ยรวมของทั้งฮิสโตแกรม ซึ่งค่าเฉลี่ยของทั้งฮิสโตแกรมก็คือ ผลบวกถ่วงน้ำหนักของค่าเฉลี่ยของแต่ละบริเวณและสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 7

$$\sigma_{\text{Between}}^2 = n_D(T) u_B(T) + n_B(T) u_D(T) \quad (7)$$

เมื่อแทนค่าของสมการที่ 7 ลงไปในสมการที่ 6 แล้วทำการจัดพจน์ใหม่จะได้ว่า เราสามารถคำนวณความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม $\sigma_{\text{Between}}^2$ ได้ง่ายขึ้นดังสมการที่ 8

$$\sigma_{\text{Between}}^2 = n_D(T) n_B(T) [u_D(T) - u_B(T)]^2 \quad (8)$$

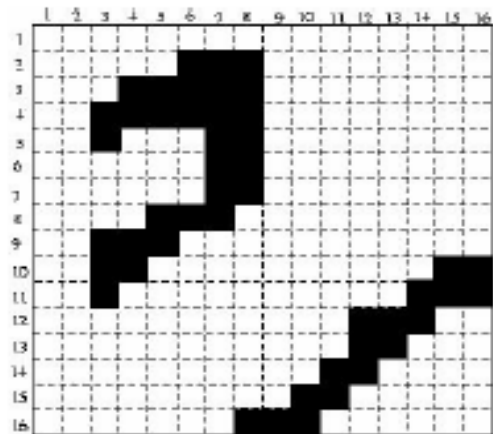
เมื่อเปรียบเทียบอย่างง่าย ๆ ระหว่างสมการที่ 8 และสมการที่ 2 ซึ่งเป็นการคำนวณค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มและการคำนวณความแปรปรวนภายในกลุ่มรวมกันตามลำดับ จะพบว่า สมการทั้งสองสามารถนำไปใช้หาค่า Threshold ได้อย่างอัตโนมัติ และให้ค่า Threshold ที่เท่ากัน จะพบว่า สมการที่ 2 เป็นการคำนวณที่เปรียบเทียบอันดับนี้วัดการกระจายตัวของแต่ละบริเวณรวมกัน ซึ่งถ้ามีค่าสูงแสดงว่า สมาชิกที่อยู่ในแต่ละบริเวณจะมีการกระจายตัวออกห่างไปจากค่าเฉลี่ยมาก ซึ่งไม่เป็นการดี เนื่องจากความเข้มแสงของบริเวณเดียวกันควรจะใกล้เคียงกันให้มากที่สุด ดังนั้นในการใช้สมการที่ 2 เพื่อหาค่า Threshold แบบอัตโนมัติ นั้น จะต้องเลือกค่า Threshold ที่ทำให้ผลการคำนวณตามสมการที่ 2 มีค่าน้อยที่สุดในขณะที่สมการที่ 8 ซึ่ง เป็นการคำนวณที่เปรียบเทียบเหมือนการวัดระยะห่างในฮิสโตแกรมระหว่าง 2 บริเวณหรือ 2 ยอด ซึ่งหากค่าที่ได้มีค่าสูงเท่าใดก็ยิ่งดีเท่านั้น ดังนั้นในการใช้สมการที่ 8 เพื่อหาค่า Threshold แบบอัตโนมัติ นั้น จะต้องเลือก ค่า Threshold ที่ทำให้ผลการคำนวณตามสมการที่ 8 มีค่ามากที่สุด

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบความซับซ้อนในการคำนวณนั้น จะพบว่า เราสามารถคำนวณค่าตามสมการที่ 8 ได้ง่ายกว่า ดังนั้น สมการที่ 8 จึงเป็นสมการสุดท้าย ที่เราจะนำไปเขียนโปรแกรมเพื่อหาค่า Threshold แบบอัตโนมัติตามวิธีของ Otsu ซึ่งมีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

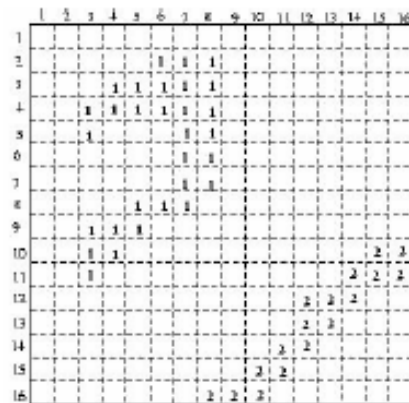
1. คำนวณฮิสโตแกรมและแยกกลุ่มของพิกเซลออกเป็น 2 กลุ่มโดยใช้ค่า Threshold, T
2. หาค่าความเข้มแสงเฉลี่ยของพิกเซลทั้งสองกลุ่ม
3. หาค่ากำลังสองของผลต่างของค่าเฉลี่ยของทั้งสองบริเวณ
4. คูณผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ด้วยผลคูณระหว่างจำนวนพิกเซลของทั้งสองบริเวณ
5. เลือกค่า Threshold ที่ทำให้ผลการคำนวณในข้อ 4 มีค่ามากที่สุด

5. Connected components labeling

ซึ่งผลที่ได้จากการทำงานของกระบวนการย่อยนี้ คือ จะทำให้เราทราบว่าพิกเซลในแต่ละตำแหน่งนั้น จุดใดเป็นของวัตถุชิ้นใด ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5 ซึ่งแสดงหมายเลขของชิ้นวัตถุที่พิกเซลตำแหน่งนั้นๆ เป็น "สมาชิก" อยู่



รูปที่ 5.1 ภาพ Binary image ที่ได้จากวิธี Global Thresholding ซึ่งในที่นี้เป็นการพิจารณาวัตถุสีดำที่มีพื้นหลังเป็นสีขาว



รูปที่ 5.2 ผลที่ได้จากการทำงานของ Connected Components Labeling ที่ทำให้เราทราบว่า พิกเซลในแต่ละตำแหน่งนั้น เป็นของวัตถุชิ้นใด ซึ่งในรูปนั้นจะมีวัตถุอยู่ 2 ชิ้นด้วยกัน คือวัตถุหมายเลข 1 และ 2

หลังจากที่เราทราบพิกเซลแต่ละตำแหน่งเป็นของบริเวณหรือวัตถุใดแล้ว ขั้นตอนที่สำคัญต่อมาคือ เราจะทำการเก็บพิกัดของ พิกเซลที่จัดอยู่ในบริเวณหรือวัตถุเดียวกันเหล่านี้ได้อย่างไร สำหรับเรื่องนี้ มีประเด็นที่จะต้องพิจารณาอยู่ 2 เรื่องด้วยกัน คือ

1. วิธีการเก็บพิกัดของกลุ่มพิกเซล ซึ่งจัดเป็นการบีบอัดข้อมูล (Data compression) แบบหนึ่งที่จะต้องเลือกใช้วิธีที่ใช้เนื้อที่หน่วยความจำน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ วิธีการเก็บพิกัดของกลุ่มพิกเซลมีหลายแบบด้วยกันเช่น Chain code, Run-length encoding เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันออกไป
 2. โครงสร้างของข้อมูล (Data structure) ส่วนนี้จะเป็นกล่าวถึงการเก็บข้อมูลที่ได้จากหัวข้อก่อนหน้าเขาด้วยกัน เพื่อความสะดวกในการอ้างอิง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วโครงสร้างที่เลือกใช้ในภาษา C++ จะเป็น Linked list ที่มีลักษณะเป็นอาร์เรย์แบบเปิด ที่สามารถเก็บข้อมูลเพิ่มได้ไม่จำกัด ทั้งนี้ เนื่องจากจำนวนพิกเซลที่จัดอยู่ในวัตถุเดียวกันนั้น เราไม่สามารถรู้จำนวนที่แน่นอนล่วงหน้าได้
- การแยกบริเวณออกเป็นส่วนๆ นั้น จะสามารถทำได้เป็นอย่างดีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับแสงต่างกันมากๆ กับตัววัตถุที่พิจารณาเพื่อให้สามารถแยกส่วนที่เป็นวัตถุและส่วนที่เป็นฉากหลังออกจากกัน

โดยวิธี Global Thresholding ได้อย่างชัดเจนนั่นเอง

6. การคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature extraction)

หลังจากที่เราแยกบริเวณที่อยู่ในภาพออกเป็นส่วนๆ ที่แต่ละส่วนมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันและทำการจัดเก็บพิกัดของพิกเซลที่เป็นของบริเวณเดียวกันโดยเลือกใช้รูปแบบการเก็บที่เหมาะสมแล้วเราจะทำการคำนวณหาหรือวัดคุณสมบัติต่างๆ ของแต่ละบริเวณหรือของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในรูป ซึ่งในทางปฏิบัติ การคำนวณหาคุณสมบัติบางประการนั้นสามารถทำไปพร้อมๆ กันกับ กระบวนการ Connected Components Labeling ได้เลย เช่น การคำนวณหาพื้นที่ ซึ่งเป็นเพียงการนับจำนวนพิกเซลที่เป็นของบริเวณหรือวัตถุหนึ่งๆ หรือการหาเส้นรอบวงของวัตถุที่เป็นการนับจำนวนพิกเซลของวัตถุที่มีด้านใดด้านหนึ่งติดอยู่กับบริเวณที่เป็นฉากหลัง แต่คุณสมบัติบางประการก็จะต้องทำหลังจากที่เสร็จสิ้นกระบวนการดังกล่าวไปแล้วเพื่อให้ทราบพื้นที่ทั้งหมดของวัตถุเสียก่อน เช่น การหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ หรือ การหาเฉลี่ยเฉลิย (Average hue) หรือความเข้มแสงเฉลี่ย (Average intensity) ของวัตถุทั้งชิ้น เป็นต้น และด้วยการที่บางบริเวณอาจมีค่าคุณสมบัติบางอย่างคล้ายคลึงกัน เช่น บริเวณที่เป็นสีและบริเวณที่เป็นแอปเปิ้ลต่างก็มีขนาดและเส้นรอบรูปเท่าๆ กัน หากเราต้องการนับจำนวนผลไม้แต่ละชนิดที่อยู่ในภาพ เราจำเป็นต้องใช้คุณสมบัติอื่น ๆ มาพิจารณาร่วมด้วย เพื่อให้เห็นความแตกต่างของบริเวณที่เป็นผลไม้ทั้งสองชนิด ซึ่งหมายถึงเวลาที่โปรแกรมใช้คำนวณจะต้องเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน ดังนั้นผู้ออกแบบจำเป็นต้องเลือกลักษณะเด่น (Salient features) เพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถใช้จำแนกผลไม้ออกจากกันได้อย่างชัดเจน แทนที่จะทำการวัดคุณสมบัติทุกอย่างของทุกบริเวณที่มีอยู่ในภาพ ทั้งนี้เพื่อลดความสิ้นเปลืองดังกล่าว

ผลที่ได้จากกระบวนการนี้ คือ ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในภาพ ซึ่งถ้าหากนำมาจัดวางในรูปแบบเวกเตอร์เราก็จะได้ Feature vector ซึ่งเป็นการแสดงค่าคุณสมบัติทั้งหมดที่วัดจากวัตถุนั้นๆ ที่อยู่ในรูปของเวกเตอร์ ยกตัวอย่างเช่น วัตถุชิ้นหนึ่งที่มีพื้นที่เท่ากับ 120 พิกเซลและเส้นรอบวงยาว 50 พิกเซล และวัตถุชิ้นที่สองที่ปรากฏในภาพมีพื้นที่เท่ากับ 200 พิกเซลและเส้นรอบวงยาว 30 พิกเซล เราจะสามารถเขียน Feature vector ของวัตถุชิ้นแรก (Obj1) และของวัตถุชิ้นที่สอง (Obj2) ซึ่งเป็น เวกเตอร์ขนาด 2 มิติทั้งคู่ได้ดังนี้

$$\text{Obj1} = \begin{pmatrix} 120 \\ 50 \end{pmatrix}$$

$$\text{Obj2} = \begin{pmatrix} 200 \\ 30 \end{pmatrix}$$

เมื่อ ตำแหน่งแรก คือ พื้นที่ของวัตถุที่มีหน่วยเป็นพิกเซล

ตำแหน่งที่สอง คือ ความยาวรอบรูปของวัตถุที่มีหน่วยเป็นพิกเซล

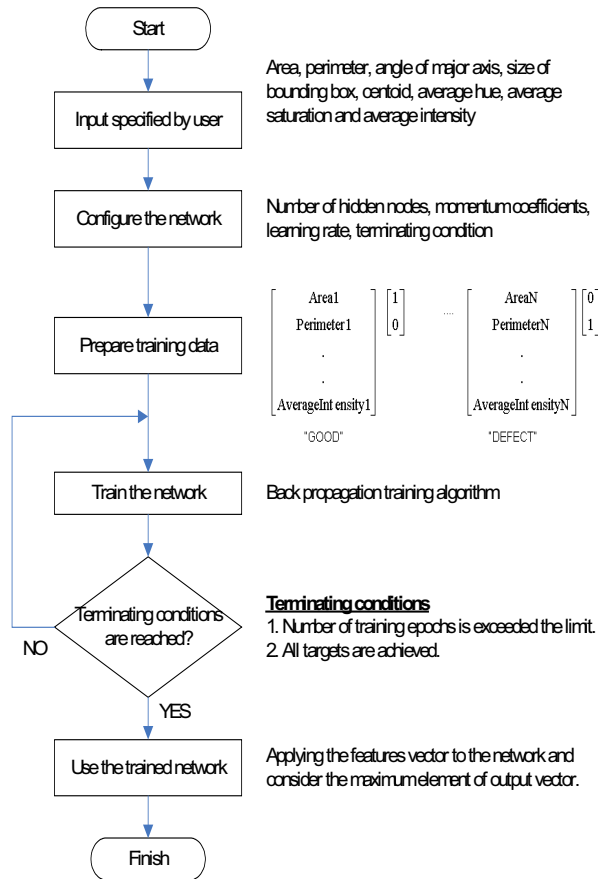
7. การจำแนกวัตถุและการแปลความหมาย (Classification and Interpretation)

คำว่า "วัตถุ" ในที่นี้หมายถึง บริเวณของภาพที่มีความเข้มแสงค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นบริเวณๆ หรือเป็นชิ้นๆ แยก ออกจากพื้นหลังด้วยกระบวนการแยกบริเวณ (Segmentation) ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุที่ได้มาจากกระบวนการคำนวณหา คุณสมบัติของวัตถุ (Feature extraction) จะถูกนำมาเขียนให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ซึ่งเรียกว่า Feature vector และเมื่อมาถึงขั้นตอนนี้ เราจะสามารถแทนวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในภาพด้วย Feature vector 1 เวกเตอร์ต่อ 1 วัตถุ ซึ่งการตัดสินใจต่างๆ ของโปรแกรมจะกระทำโดยการพิจารณาค่าที่อยู่ใน Feature vector เหล่านี้เท่านั้น นอกจากนั้น ยังมีข้อสังเกตบางประการคือเมื่อขั้นตอนก่อนหน้าเสร็จสิ้นลง โปรแกรมจะสามารถแยกวัตถุหรือบริเวณที่สนใจออกจากฉากหลัง และรู้เพียงคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุแต่ละชิ้นเท่านั้น แต่ไม่สามารถจะรู้ได้ว่า วัตถุชิ้นนั้นๆ คืออะไร เช่น หากในภาพที่มีฉากหลังเป็นสีดำ ซึ่งทำให้สามารถแบ่งแยกวัตถุออกจากฉากหลังได้อย่างชัดเจน และมีเพียงส้มและกล้วยอย่างละลูกอยู่ในภาพ หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature extraction) ลง โปรแกรมก็จะได้ Feature vector ของบริเวณที่เป็นกล้วยและส้มอย่างละเวกเตอร์เท่านั้น แต่โปรแกรมจะไม่สามารถระบุได้ว่าเวกเตอร์ใดหรืออีกนัยหนึ่งก็คือบริเวณใดเป็นผลไม้ชนิดใดก็ตาม แต่ด้วย กระบวนการจำแนกวัตถุ (Classification) นี้เองที่จะทำให้โปรแกรมสามารถ "เข้าใจ" ได้ว่าบริเวณแต่ละบริเวณนั้นจัดเป็นผลไม้ชนิดใด

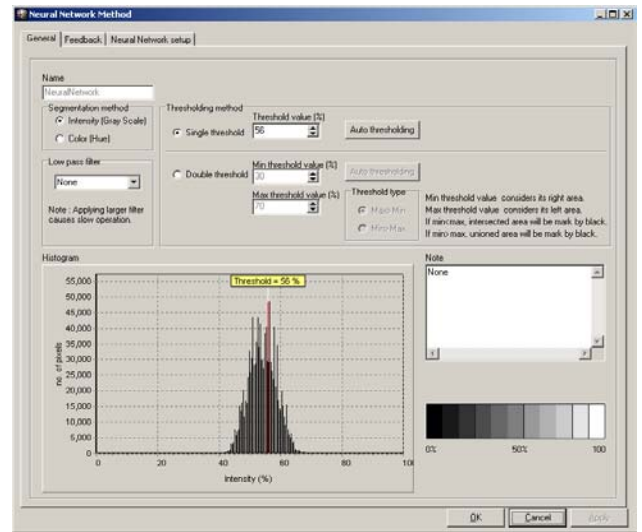
การจำแนก (Classification) คือ กระบวนการจัดกลุ่มให้วัตถุที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นว่าเป็นวัตถุที่อยู่ในกลุ่มที่ 1,2 หรือกลุ่มอื่นๆ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวัดหรือการคำนวณซึ่งเป็นคุณสมบัติของวัตถุนั้นๆ เปรียบเทียบกับคุณสมบัติของวัตถุตัวอย่างที่อยู่ในแต่ละกลุ่ม ดังนั้น ก่อนที่ระบบจะสามารถทำการตัดสินใจดังกล่าวได้ ระบบจะต้องมีตัวอย่างของวัตถุในแต่ละกลุ่ม รวมทั้งหมายเลขกลุ่มหรือชื่อเรียกของแต่ละกลุ่มเสียก่อน สำหรับการตัดสินใจว่า จากคุณสมบัติของวัตถุที่กำลังพิจารณาเทียบกับคุณสมบัติของวัตถุตัวอย่างที่อยู่ในแต่ละกลุ่มนั้น วัตถุที่กำลังพิจารณาจะจัดอยู่กลุ่มใด โปรแกรมหรือส่วนของโปรแกรมที่ทำหน้าที่ดังกล่าวเรียกว่า Classifier ซึ่งหากพิจารณาการเข้าออกของข้อมูลนั้น ตัว Classifier จะรับ Feature vector เข้าไปและให้หมายเลขหรือชื่อกลุ่มที่วัตถุที่กำลังพิจารณานั้นๆ จัดว่าเป็นสมาชิกของออกมา Classifier มีหลักการทำงานแตกต่างกันออกไป ในปัจจุบัน สำหรับงานวิจัยแล้วมี 2 วิธีที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายคือ ระเบียบวิธีของ k-Nearest Neighborhood classifier ซึ่งเป็นตัวจำแนกที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบระยะห่างระหว่าง Feature vector ของวัตถุกับของกลุ่มตัวอย่าง และจะจำแนกวัตถุนั้นๆ เข้ากับกลุ่มที่มีระยะทางใกล้ที่สุดและ Classifier อีกแบบหนึ่งคือ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural network)[5] ที่เป็นการ จำลองการทำงานของสมองมนุษย์ ผลของการทำงานของ Classifier นั้น จะทำให้สามารถทราบได้ว่า บริเวณที่แยกออกมานั้นเป็นวัตถุชนิดใด ซึ่งจะทำให้สามารถตีความหมายภาพ (Interpretation) และตัดสินใจสั่งการส่วนเคลื่อนไหวต่างๆ ได้ เช่น

AMM045

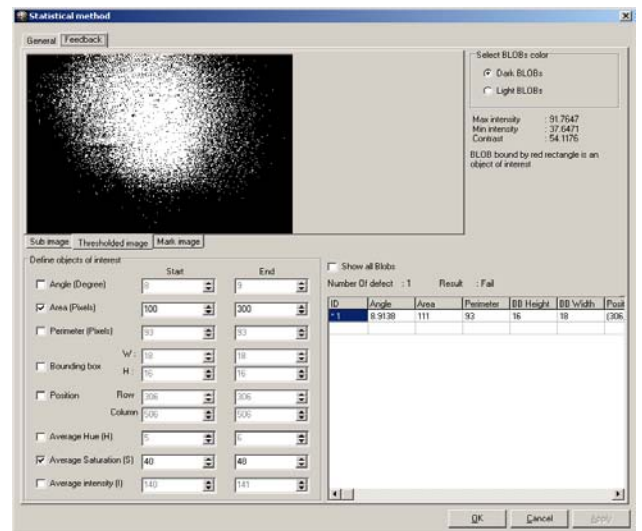
กรณีตัวอย่างข้างต้นที่เป็นการนับสาลีและบริเวณที่เป็นแอปเปิ้ลที่อยู่ภาพเดียวกัน หลังจากที่ใช้ classifier ในการจำแนกวัตถุต่างๆที่อยู่ในภาพว่าบริเวณใดเป็นสาลีและบริเวณใดเป็นแอปเปิ้ลได้แล้ว โปรแกรมก็จะสามารถตีความหมายโดยการนับจำนวนลูกดีลูกเสียหรือการคัดเกรดของผลไม้แต่ละชนิดที่อยู่ในภาพได้



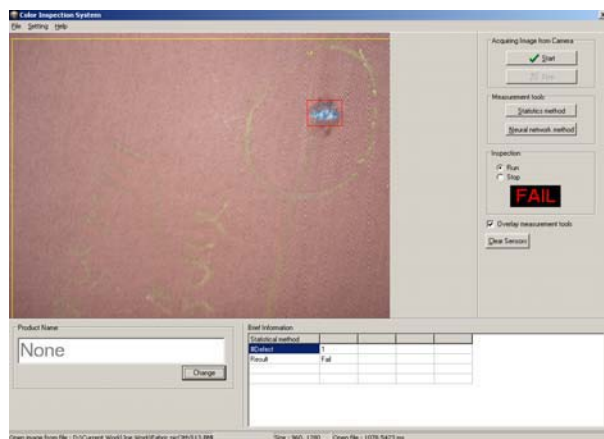
รูปที่ 6 แสดงขั้นตอนการทำงานของ classifier ของ Neural Network



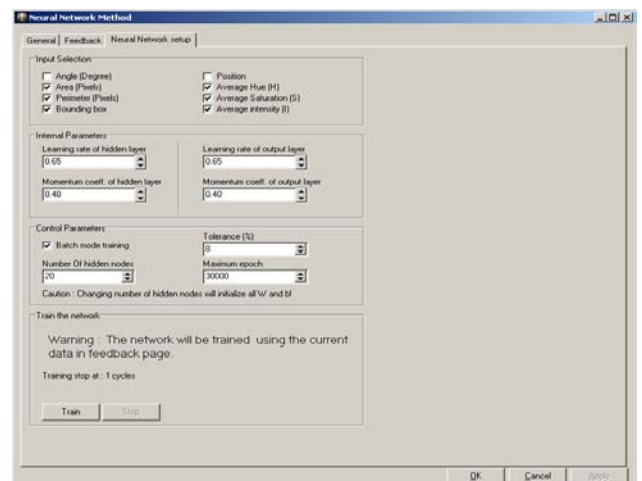
รูปที่ 7.2 แสดงหน้าต่างที่ใช้เลือกวิธีการ Segmentation และการเลือกค่า Threshold



รูปที่ 7.3 หน้าต่างที่แสดงคุณสมบัติต่างๆ และ ใช้กำหนดลักษณะของรอยต่างที่จัดเป็นตัวเสีย

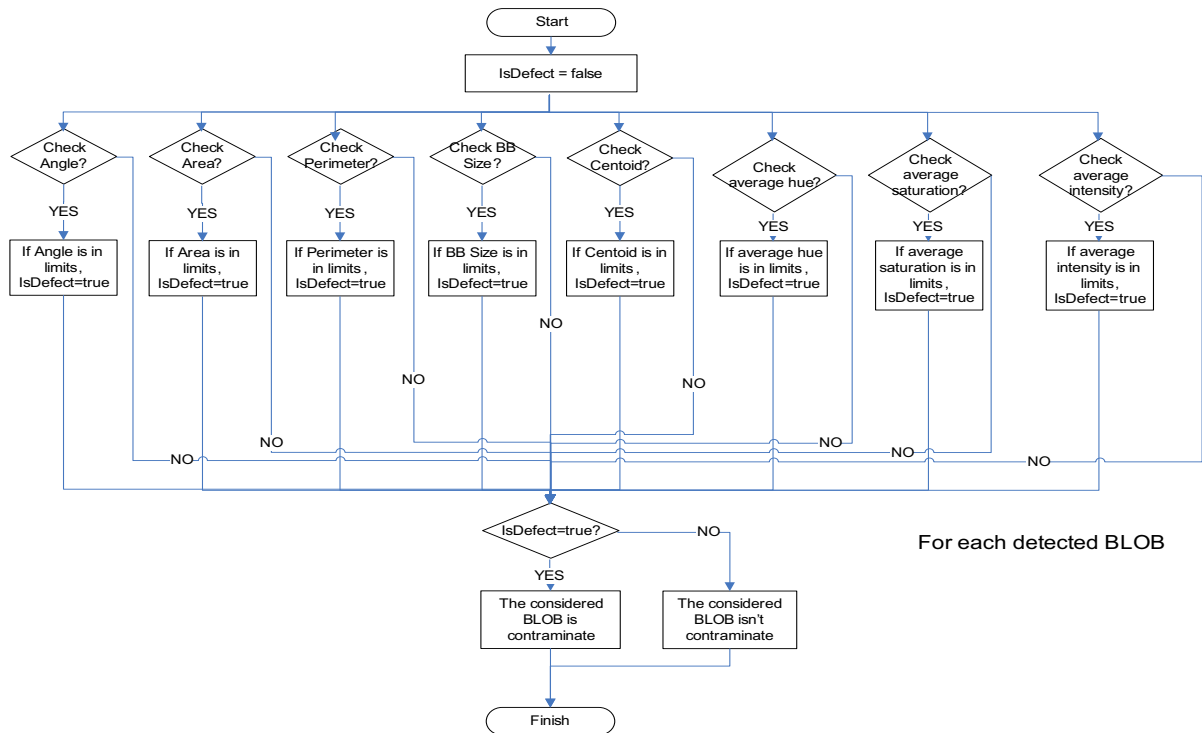


รูปที่ 7 ผลการทำงานของโปรแกรมที่ได้จากการวิจัย
 รูปที่ 7.1 หน้าหลักของโปรแกรมตรวจสอบรอยต่างบนผืนผ้า



รูปที่ 7.4 หน้าต่างสำหรับการ setup ค่าการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network)

AMM045



รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนการทำงานของ classifier โดย statistical method

8. ผลการทดลอง

จากการทดลอง พบว่า การทำงานของเครื่องมือวัดทั้งสองชนิดนั้น จะมีประสิทธิภาพแตกต่างกันอย่างมาก โดยที่เครื่องมือที่ทำงานโดยโครงข่ายประสาทเทียมนั้น จะมีความถูกต้องมากกว่า ยกตัวอย่างเช่น โครงข่ายที่ถูก train มาเพื่อใช้ในการตรวจสอบภาพ 1 ภาพ ซึ่งมีตัวเสียประเภทหนึ่งนั้น สามารถนำไปตรวจสอบตัวเสียประเภทเดียวกันในภาพอื่นๆ ได้เลย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดที่ทำงานโดยวิธีทางสถิติ นั้น จะพบว่า เครื่องมือชนิดหลังนี้จะมีการทำงานที่ผิดพลาดอยู่มาก

โปรแกรมนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่มาก เช่น ถ้าสีของพื้นหลังและรอยต่างใกล้เคียงกันมากๆ หรือ มีสีหลายสีในภาพ และในส่วนของโครงข่ายประสาทเทียมจำเป็นต้องมีการเรียนรู้รอยต่างตัวอย่างให้มากที่สุด ในการตรวจสอบจริง ถ้าเจอรอยต่างตัวใหม่ๆ โปรแกรมอาจจะไม่สามารถ detect เจอ โปรแกรมนี้ถูกจำกัดในการ detect เฉพาะผ้าสีโทนเดียวเท่านั้น

9. บทสรุป

การทำงานของระบบตรวจสอบรอยต่างที่ได้นำเสนอไปนั้น สามารถสรุปผลและเสนอต่อได้ดังนี้

1. การนำระบบโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ นั้น เมื่อพิจารณาจากมุมมองของผู้ใช้ นั้น จะทำให้ระบบมีความเป็นอัตโนมัติมากขึ้น นั่นคือ แทนที่ผู้ใช้จะต้องทำการระบุค่าตัวเลขเพื่อใช้เปรียบเทียบว่า รอยต่างที่ตรวจจับได้นั้นเป็นของเสียหรือไม่ แต่ด้วยการใช้ระบบดังกล่าว ผู้ใช้เพียงแค่ระบุว่า รอยต่างใดจัดเป็นของเสียหรือไม่เพียงเท่านั้น ซึ่ง

หลังจากนั้น โปรแกรมจะสามารถตัดสินใจได้อย่างอัตโนมัติว่า รอยต่างเป็นของเสียหรือไม่ ซึ่งผลที่ได้จะนำไปตัดสินคุณภาพของผลิตภัณฑ์อีกทีหนึ่ง

2. การทำงานของระบบตรวจสอบรอยต่างของผืนผ้าที่นำเสนอ นั้น จะพบว่า จากการการทำงานของโปรแกรมสามารถนำไปปรับใช้กับงานได้มากมาย ไม่ว่าจะเป็นการตรวจนับชิ้นส่วนที่มีลักษณะเฉพาะ การตรวจจับรอยปนเปื้อนชิ้นงานอื่นๆ

3. ระบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ถูกสอนโดยระเบียบวิธีแบบแพร่กลับ (Back propagation training algorithm) นั้น แม้ว่าจะเป็นระเบียบวิธีที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย แต่จัดว่าเป็นวิธีที่ใช้เวลานาน

เอกสารอ้างอิง

[1] G.J. Awcock and R.Thomas "Applied Image Processing", McGraw-hill, Inc, 1996.
 [2] Ramesh Jain, Rangachar Kasturi and Brian G. Schunck, "Machine Vision", McGraw-hill, Inc, 1995.
 [3] I.Pitas, "Digital image processing algorithms and application", John Wiley & Sons, Inc., 2000.
 [4] J.R. Parker, "Algorithms for image processing and computer vision", John Wiley & Sons, Inc., 1996.
 [5] Hagan, Demuth and Beale , "Neural Network Design", PSW Publishing Company, 1995.
 [6] http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/MORSE/threshold.pdf.