สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ทฤษฎีและแนวความคิดในการออกแบบ

3.1 การประมวลผลและรู้จำภาพ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงกระบวนการต่างๆในการประมวลผลและรู้จำภาพเพื่อที่จะทำให้ระบบมีความสามารถในการจดจำและตรวจสอบวัตถุต่างๆหรือชิ้นงานใดๆ โดยทั่วไปแล้วกระบวนการเหล่านี้จะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆที่ทำงานต่อเนื่องกัน โดยในแต่ละขั้นตอนพยายามที่จะเปลี่ยนแปลงข้อมูลภาพ (Iconic Data) ให้เป็นข้อมูลที่สามารถรู้จำได้ (Recognition Data) ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีและขั้นตอนวิธีต่างๆที่ถูกพัฒนาขึ้นทางด้านการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision), การประมวลผลข้อมูลภาพ (Image Processing) และการจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) ยังไม่สามารถจัดการกับสภาพแวดล้อมที่ไม่จำกัด (Unconstrained Environment) ของวัตถุได้ เพราะขั้นตอนวิธีต่างๆที่ถูกพัฒนาขึ้นมาส่วนใหญ่จะเป็นแบบที่ใช้เฉพาะงาน สำหรับงานประยุกต์นั้นๆ เป็นหลัก

สำหรับกระบวนการในการประมวลผลและการรู้จำ [4] - [9] โดยทั่วไปจะสามารถแบ่งได้เป็นหลายขั้นตอนขึ้นอยู่กันการใช้งานและมุมมองว่าจะมองขั้นตอนต่างๆเหล่านั้นอย่างไร ซึ่งสามารถสรุปออกมาเป็นขั้นตอนใหญ่ๆ 4 ขั้นตอน โดยในแต่ละขั้นตอนจะทำการแปลงข้อมูลเพื่อให้เหมาะสมสำหรับการทำงานในขั้นตอนต่อไป และโดยทั่วไปแล้วลำดับของแต่ละขั้นตอนจะขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าจะต้องทำสิ่งใดก่อนหรือหลัง แต่ส่วนใหญ่จะเรียงลำดับตามที่จะสรุปต่อไปนี้ และนอกจากนี้ในบางขั้นตอนวิธีอาจจะไม่ใช้บางขั้นตอนหรือใช้อย่างไม่เด่นชัด สำหรับรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.1.1 การประมวลผลภาพเบื้องต้น (Preprocessing) หรือการปรับสภาพข้อมูลภาพ (Conditioning)

เนื่องจากในทางปฏิบัติของการประมวลผลข้อมูลภาพนั้น ข้อมูลภาพที่ได้รับจากกล้องจะไม่ได้มีแต่ข้อมูลภาพที่เราสนใจเท่านั้น แต่อาจจะมีข้อมูลส่วนอื่นที่ไม่ต้องการเข้ามาในข้อมูลภาพได้ซึ่งมักจะเป็นข้อมูลที่ไม่แน่นอน (Random Noise) และจะมีผลทำให้การประมวลผลในขั้นตอนอื่นๆ ทำงานผิดพลาดไปได้ ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของกระบวนการนี้ที่จะทำการลดและกำจัดข้อมูลส่วนที่ไม่ต้องการนี้ออกไปหรือทำการแก้ไขให้ได้ข้อมูลภาพที่มีคุณภาพดีที่สุด ก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการอื่นๆถัดไป สำหรับตัวอย่างของฟังก์ชันในขั้นตอนนี้ ได้แก่

3.1.1.1 การเน้นภาพ (Image Enhancement) หน้าที่ของฟังก์ชันนี้จะทำการประมวลผลข้อมูลภาพให้ได้คุณภาพดีกว่าเดิมและเหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป เช่น การกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise Reduction), การทำให้ภาพคมชัดขึ้น (Sharpening) เป็นต้น

3.1.1.2 การสร้างภาพใหม่ (Image Restoration) หน้าที่ของฟังก์ชันนี้จะคล้ายกับการเน้นภาพ แต่จะต่างกันตรงที่กระบวนการนี้จะพยายามสร้างภาพขึ้นมาใหม่หรือนำข้อมูลกลับมาจากภาพเดิมที่ถูกทำให้ข้อมูลเสื่อมลง โดยใช้ความรู้พื้นฐานของปรากฏการณ์ที่ทำให้ภาพนั้นเสื่อมลง หรืออาจกล่าวได้ว่าเทคนิคทางด้านการสร้างภาพขึ้นใหม่ก็คือพยายามที่จะคำนวณหารูปแบบของการทำให้เสื่อมสภาพของข้อมูล (Degradation Model) และใช้กระบวนการย้อนกลับ (Reverse) เพื่อที่จะนำเอาข้อมูลเดิมกลับมา เช่น ในกรณีที่ข้อมูลภาพที่ถ่ายเข้ามาได้มีการเลือนเนื่องจากการเคลื่อนที่ของวัตถุ (Motion Blur) ดังนั้นในส่วนนี้ก็จะทำการคำนวนหารูปแบบของการเลือนว่ามีฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างไร แล้วพยายามที่จะทำให้ข้อมูลส่วนที่เลือนนั้นหายไปโดยข้อมูลภาพส่วนสำคัญเดิมยังคงอยู่

3.1.2 การแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆ (Segmentation)

หน้าที่ของขั้นตอนนี้ก็คือพยายามที่จะแยกข้อมูลภาพที่ผ่านกระบวนการในขั้นตอนที่ 3.1.1 (หรืออาจจะไม่ผ่านก็ได้) ให้เป็นส่วนย่อยๆของภาพวัตถุนั้น ซึ่งขั้นตอนวิธีในการแบ่งภาพก็ยังมีการพัฒนาอยู่เรื่อยๆกระทั่งปัจจุบันนี้ เพราะว่าส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญและเป็นขั้นตอนแรกที่จะทำการดึงข้อมูลออกมาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป สำหรับขั้นตอนนี้สามารถบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.1.2.1 การกำหนดค่า (Labeling)

ส่วนนี้จะเป็นการกำหนดค่าให้กับจุดพิกเซลต่างๆในภาพซึ่งการที่จะกำหนดค่าใดให้กับแต่ละพิกเซลนั้นจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่เราสนใจ เช่น ในกรณีที่คุณสมบัติที่สนใจคือค่าความสว่างของแต่ละพิกเซล ขั้นตอนนี้ก็อาจจะเป็นการแปลงภาพเป็นสองระดับโดยใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) ซึ่งจะให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าพิกเซล 2 ค่า คือ 0 (สีดำ) กับ 1 (สีขาว) แต่ในกรณีที่คุณสมบัติที่เราสนใจคือข้อมูลของขอบภาพ (Edge) กระบวนการหาขอบภาพ (Edge Detection) ก็จะถูกนำมาใช้ในส่วนนี้ เพื่อทำการกำหนดค่าให้กับแต่ละพิกเซลที่เป็นส่วนของขอบภาพกับพิกเซลที่ไม่ใช่ส่วนของขอบภาพ

3.1.2.2 การจัดกลุ่ม (Grouping)

ส่วนนี้จะเป็นการรวบรวมหาเซตของพิกเซลที่ผ่านการกำหนดค่าจากขั้นตอนที่แล้วที่มีค่าเดียวกันและอยู่ติดกัน ตัวอย่างเช่น ถ้ากระบวนการในการให้ค่าคือการแปลงภาพสองระดับ ในส่วนของขั้นตอนนี้ก็จะเป็น กระบวนการกำหนดค่าส่วนประกอบที่ติดต่อกัน (Connected Component Labeling) ซึ่งเป็นการหากลุ่มพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 และอยู่ติดกันให้รวมเป็นเซตเดียวกัน แต่ถ้าในกรณีที่ข้อมูลภาพที่ผ่านการกำหนดค่ามาเป็นข้อมูลของขอบภาพในส่วนของการจัดกลุ่มก็จะเป็นการเชื่อมต่อขอบภาพ (Edge Linking) ซึ่งจะทำการรวบรวมพิกเซลที่เป็นขอบภาพให้อยู่ในรูปของคู่ลำดับของตำแหน่งพิกเซลที่รวมกันเป็นขอบภาพ สำหรับกระบวนการในการจัดกลุ่มนี้จะเป็นการแปลงข้อมูลจากข้อมูลภาพให้เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของเซตของตำแหน่งพิกเซลที่มีเฉพาะคุณสมบัติ

ที่เราสนใจ ส่วนข้อมูลที่ผ่านการปรับสภาพข้อมูลในหัวข้อที่ 3.1.1 และการให้ค่าในหัวข้อที่แล้วนั้นยังคงอยู่ในรูปของข้อมูลภาพอยู่

3.1.3 การดึงลักษณะสำคัญ (Feature Extraction) และการให้คำอธิบาย (Description)

ส่วนนี้จะเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของการประมวลผลภาพเพราะจะเป็นส่วนที่จะดึงค่าหรือวัดค่าลักษณะสำคัญจากข้อมูลที่ได้มาจากกระบวนการแยกภาพในหัวข้อที่แล้ว ซึ่งข้อมูลที่จะทำการดึงออกมานี้โดยทั่วไปจะเรียกว่า ลักษณะสำคัญ (Feature) ในทางอุดมคติแล้วลักษณะสำคัญที่ดีไม่ควรจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวัตถุ (Location) และการจัดวางวัตถุ (Orientation) ในภาพ และควรจะประกอบไปด้วยข้อมูลที่เพียงพอที่จะสามารถแยกแยะวัตถุหนึ่งออกจากวัตถุอื่นๆได้ โดยทั่วไปแล้วลักษณะสำคัญที่ใช้ในงานด้านการประมวลผลและการรู้จำภาพในอุตสาหกรรม จะมาจากข้อมูลทางด้านรูปร่าง (Shape) และความเข้ม (Intensity) ของวัตถุสำหรับตัวอย่างของลักษณะสำคัญต่างๆที่ใช้งานกัน เช่น ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง (Centroid) ของวัตถุ, พื้นที่ของวัตถุ (Area), การวางตัวของวัตถุ เส้นรอบวงของวัตถุ เป็นต้น โดยที่ลักษณะสำคัญใดที่จะเหมาะสมกับการใช้งานนั้นจะขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธีนั้นๆ ที่จะเลือกใช้ลักษณะสำคัญใดที่จะทำให้สามารถรู้จำวัตถุนั้นได้

3.1.4 การรู้จำ(Recognition), การเข้าคู่ (Matching)

จากค่าลักษณะสำคัญต่างๆที่วัดและดึงออกมาได้จากขั้นตอนที่แล้ว จะถูกนำมาผ่านกระบวนการนี้เพื่อทำการวิเคราะห์ว่าภาพของวัตถุที่กำลังวิเคราะห์อยู่นั้นเป็นวัตถุประเภทใดหรือวิเคราะห์ว่าวัตถุนั้นดีหรือเสียอย่างไร โดยส่วนประกอบของระบบรู้จำสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วยส่วนของการแทนรูปแบบ (Pattern Representation) และส่วนของกระบวนการตัดสินใจ (Decision Making) ในส่วนของการแทนรูปแบบนี้ จะเป็นกระบวนการต่างๆที่กล่าวมาแล้ว ที่จะพยายามแทนรูปแบบ (Pattern) ที่ต้องการรู้จำให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลที่สามารถรู้จำได้ สำหรับขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจจะเกี่ยวข้องกับการเลือกเกณฑ์ในการตัดสินใจหรือการวัดค่าความคล้ายคลึง (Similarity Measure) ที่ใช้ในการตัดสินใจว่ารูปแบบนี้เป็นชนิดใด โดยทั่วไปแล้วเทคนิคทางด้านการรู้จำนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ

รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของระบบรู้จำ

- การเข้าคู่ต้นแบบ (Template Matching)

เทคนิคนี้จะมีการเก็บเซตของต้นแบบ (template) โดยที่แต่ละต้นแบบก็จะเป็นตัวแทนของแต่ละชนิดของวัตถุที่จะทำการรู้จำ หลังจากนั้นรูปแบบที่ได้มาจากภาพที่กำลังวิเคราะห์ก็จะนำมาเปรียบเทียบกับรูปแบบของต้นแบบของแต่ละชนิด เพื่อทำการแยกแยะว่าวัตถุที่เรากำลังสนใจในภาพนั้นเป็นวัตถุชนิดใด สำหรับหลักการแยกแยะ (Classification) จะขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ หรือค่าความคล้ายคลึง เช่น ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) หรือพูดได้อย่างง่ายว่ารูปแบบขาเข้า (Input Pattern) จากภาพวัตถุที่กำลังวิเคราะห์จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับรูปแบบต้นแบบของแต่ละชนิด ซึ่งถ้ารูปแบบขาเข้าตรงกันกับชนิดใดมากที่สุด ก็จะถือว่าเป็นวัตถุในชนิดนั้น

โดยทั่วไปแล้วรูปแบบขาเข้าที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเก็บอยู่ในรูปของข้อมูลภาพ (Raw Image Data) ซึ่งการเปรียบเทียบส่วนใหญ่ก็จะเป็นการเปรียบเทียบภาพโดยที่กระบวนการในการตัดสินใจนั้นค่อนข้างง่ายเพราะการตัดสินใจจะดูจากค่าความคล้ายคลึงว่าภาพนี้ตรงกันกับภาพต้นแบบ (Reference Image) ใดมากที่สุด สำหรับตัวอย่างการใช้งานของเทคนิคนี้ เช่น ใช้ในการรู้จำตัวพิมพ์ (Printed Character Recognition) เป็นต้น สำหรับข้อเสียของเทคนิคนี้คือ วิธีการที่จะเลือกต้นแบบที่ดีของแต่ละชนิดและการเลือกเกณฑ์ในการเข้าคู่ (Matching Criterion) ที่เหมาะสมนั้นทำได้ยาก และนอกจากนี้เมื่อมีส่วนของการผิดเพี้ยน (Distortion) ของข้อมูลเกิดขึ้นในรูปแบบที่วิเคราะห์ก็จะทำให้เทคนิคนี้ใช้งานไม่ได้ผล

- การรู้จำโดยใช้ทฤษฎีทางด้านการตัดสินใจ (Decision Theory)

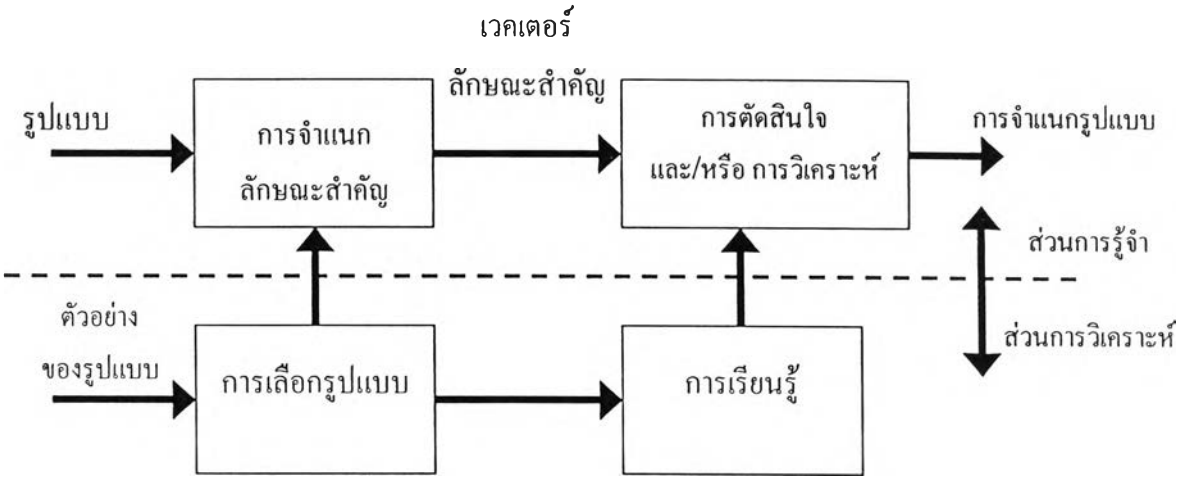
เทคนิควิธีนี้บางทีอาจเรียกว่าการรู้จำทางสถิติ (Statistic Pattern Recognition) โดยที่รูปแบบจะถูกแทนที่ให้อยู่ในรูปของเซตของเวคเตอร์ลักษณะสำคัญขนาด N มิติ (N – Dimension Feature Vector) และกระบวนการในการตัดสินใจจะใช้หลักการของการวัดค่าความคล้ายคลึง (Similarity Measurement) หรือฟังก์ชันที่แยกแยะความแตกต่าง (Discriminate Function) โดยที่ลักษณะสำคัญของรูปแบบอ้างอิงของแต่ละชนิดจะอยู่ในรูปแบบของความน่าจะเป็นหรืออาจจะอยู่ในรูปของฟัซซี่เซต (Fuzzy Set) และกระบวนการในการแยกแยะว่ารูปแบบที่กำลังพิจารณาเป็นของชนิดใดก็จะใช้หลักการในการตัดสินใจทางสถิติ (Statistical Decision Rule) หรืออาจจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.2

สำหรับเทคนิคการเข้าคู่ต้นแบบ อาจจะพิจารณาเป็นกรณีพิเศษของเทคนิคก็ได้ กล่าวคือ แต่ละรูปแบบถูกแทนด้วยเวคเตอร์ลักษณะสำคัญ (Feature Vector) และกระบวนการต่างๆในการตัดสินใจก็จะใช้การวัดค่าความคล้ายคลึงแบบธรรมดา เช่น ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ตัวอย่างการใช้งานของเทคนิคนี้ เช่น การรู้จำตัวอักษร (Character Recognition) การวิเคราะห์ข้อมูลภาพทางการแพทย์ (Biomedical Image Analysis) การวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศ (Remote Sensing) การ

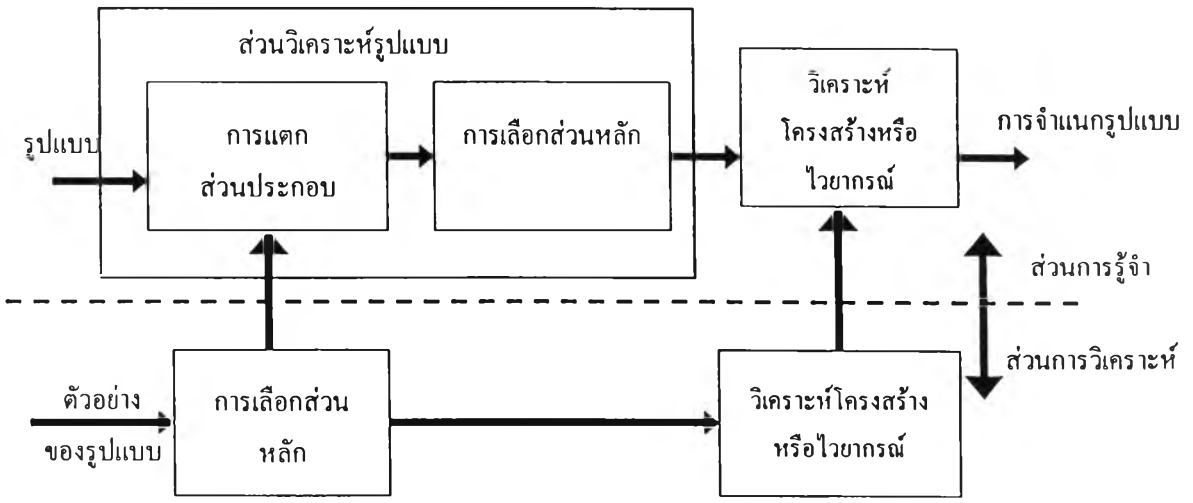
ตรวจสอบและระบุวัตถุเป้าหมาย (Target Detection and Identification) และ การตรวจสอบชิ้นงาน (Part Inspection)

- การรู้จำโดยใช้วิธีทางโครงสร้าง/ไวยากรณ์ (Structural / Syntax Pattern Recognition)

สำหรับวิธีนี้รูปแบบจะแสดงอยู่ในรูปของโครงสร้างข้อมูลแบบต่างๆ เช่น สตริง (String) ทรี (Tree) กราฟ (Graph) ของรูปแบบพื้นฐาน (Primitive) และความสัมพันธ์ (Relation) ของรูปแบบเหล่านี้ โดยกระบวนการในการตัดสินใจจะใช้วิธีการตรวจความถูกต้องของไวยากรณ์ (Syntax Analyzer or Parser) นอกจากนี้ในบางกรณียังใช้วิธีการวัดค่าความคล้ายคลึงระหว่าง สตริง, ทรี, กราฟ ที่ได้จากภาพต้นแบบเปรียบเทียบกับที่ได้จากภาพวัตถุที่กำลังพิจารณา ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบการรู้จำโดยใช้ทฤษฎีทางด้านการตัดสินใจ



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของระบบการรู้จำโดยใช้วิธีทางโครงสร้าง / ไวยากรณ์

สำหรับเทคนิคทางด้านการเข้าคู่ต้นแบบ สามารถมองให้อยู่ในรูปของเทคนิคนี้ได้โดยพิจารณาว่ารูปแบบที่ใช้อยู่ในรูปของ สตริง ทรี และกราฟ ของรูปแบบพื้นฐาน และกระบวนการในการตัดสินใจจะใช้หลักการของการวัดค่าความคล้ายหรือระยะห่างระหว่าง สตริง ทรี และ กราฟของต้นแบบและภาพที่ต้องการเข้าคู่ ตัวอย่างการใช้งานของเทคนิคนี้ เช่น การรู้จำตัวอักษร (Character Recognition) การรู้จำเสียงพูด (Speech Recognition) การจำแนกลายนิ้วมือ (Fingerprint Classification) และการรู้จำวัตถุ (Object recognition)

3.2 เทคนิคและขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการตรวจสอบภาพชิ้นงานอัตโนมัติ

ในปัจจุบันงานวิจัยทางด้านเทคนิคในการตรวจสอบภาพชิ้นงาน [10] สามารถ แบ่งออกได้เป็น 3 วิธีหลักๆ คือ (1) วิธีเปรียบเทียบภาพแบบจุดต่อจุด (Pixel-by-pixel Image Comparison) ระหว่างภาพที่ต้องการตรวจสอบกับภาพอ้างอิง (2) วิธีตรวจสอบลักษณะสำคัญ (Feature Inspection) (3) วิธีทวนสอบคุณสมบัติ (Generic Property Verification) สำหรับรายละเอียดของแต่ละวิธีอธิบายได้ดังนี้

3.2.1 วิธีการเปรียบเทียบภาพแบบจุดต่อจุด [11],[12]

หลักการของวิธีนี้ค่อนข้างง่าย คือ จะใช้การเปรียบเทียบแบบจุดต่อจุดของภาพที่ต้องการตรวจสอบกับภาพอ้างอิงที่เก็บไว้เป็นมาตรฐาน โดยจะเก็บภาพอ้างอิงที่ไม่มีจุดบกพร่อง (Defect Free) และเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ล่วงหน้า ซึ่งในที่นี้เรียกว่า P(x,y) หลังจากนั้นจะถ่ายภาพชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ (W(x,y)) โดยก่อนที่จะทำการเปรียบเทียบจะต้องทำการปรับตำแหน่ง (Alignment) ของภาพทั้งสองให้ตรงกันก่อนแล้วจึงทำการลบภาพ P(x,y) จาก W(x,y) ได้ภาพผลลัพธ์ออกมาเป็น D(x,y) โดยที่ D(x,y) คือ ค่าสัมบูรณ์ (Absolute) ของการลบกันของทั้งสองภาพ ถ้า D(x,y) เท่ากับศูนย์ แสดงว่าภาพทั้งสองเหมือนกันมากที่สุด แต่ถ้าค่าในตำแหน่ง x,y ใดของ D(x,y) ที่มีค่าสูงกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) ที่กำหนดเอาไว้ ก็จะถือว่าเป็นตำแหน่งของพิกเซลที่เป็นจุดเสีย (Defective Pixel)

3.2.2 วิธีตรวจสอบลักษณะสำคัญ [13]

สำหรับวิธีนี้จะไม่ทำการเก็บภาพต้นแบบไว้แต่จะเก็บค่าลักษณะสำคัญ (Feature) ที่วัดออกมาได้จากภาพต้นแบบที่ไม่มีจุดบกพร่อง และเก็บไว้เป็นค่าอ้างอิง (F(p)) หลังจากนั้นการตรวจสอบก็จะทำการวัดลักษณะสำคัญออกมาโดยใช้วิธีเดียวกันกับที่ใช้ในการเก็บค่าเวคเตอร์อ้างอิงและคำนวนออกมาได้เท่ากับ F(w) หลังจากนั้นจึงนำมาคำนวณหาค่าแตกต่างของเวคเตอร์ (Feature Different Vector : D(w) = F(w) – F(p)) และใช้ค่านี้ในการตรวจสอบตามเกณฑ์ตรวจสอบ (Inspection Criteria) ที่กำหนดไว้เพื่อจะตรวจหาจุดบกพร่องที่เกิดขึ้น

3.2.3 วิธีทวนสอบคุณสมบัติ [14]

โดยทั่วไปแล้ววิธีนี้อาจเรียกว่า วิธีไม่มีการอ้างอิง (Non-reference Method) เนื่องจากวิธีนี้จะไม่มีการเก็บค่าต่างๆจากภาพต้นแบบเอาไว้เป็นค่าอ้างอิงอย่าง 2 วิธีแรก แต่วิธีนี้จะใช้ฐานความรู้ (Knowledge Base) ของคุณสมบัติของชิ้นงานที่จะตรวจสอบ โดยที่ฐานความรู้เหล่านี้จะอยู่ในรูปของเซตของกฎ (Rule) ที่กำหนดคุณสมบัติที่ดีของชิ้นงานต่างๆ ส่วนใหญ่แล้ววิธีนี้จะใช้การตรวจสอบคุณสมบัติในพื้นที่เล็กของภาพโดยจะใช้กรอบวินโดวส์ขนาดเล็กๆเคลื่อนที่ไปในบริเวณรอบๆภาพชิ้นงานที่ต้องการจะตรวจสอบ ซึ่งถ้าในขณะใดส่วนของภาพในกรอบวินโดวส์ที่กำลังพิจารณานั้น มีคุณสมบัติที่ขัดแย้งกับกฎที่ตั้งไว้ก็จะถือว่าชิ้นงานมีจุดบกพร่องบริเวณนั้น

3.3 การควบคุมกระบวนการด้วยสถิติ (Statistical Process Control : SPC)

การควบคุมกระบวนการด้วยสถิติ [15] หรือ SPC นั้น มีเครื่องมือที่สำคัญคือ แผนภูมิการควบคุม (Control Chart) ซึ่งมีข้อดีคือ

- สามารถทำให้เข้าใจความแปรปรวนของระบบและช่วยให้เข้าถึงการควบคุมทางสถิติได้
- สามารถทำนายประสิทธิภาพของระบบที่ทำการควบคุมอยู่ได้ ทำให้ทั้งผู้ผลิตและลูกค้ามั่นใจได้ถึงคุณภาพของสินค้าว่าคุ้มค่ากับเงินที่เสียไปกับกระบวนการผลิต
- สามารถปรับปรุงระบบที่อยู่ในการควบคุมได้ ด้วยการลดความแปรปรวนของระบบที่เกิดอยู่เสมอ โดยผลจากการปรับปรุงระบบต่อชิ้นงานจะปรากฏให้เห็นบนแผนภูมิ
- แผนภูมิการควบคุมเป็นสื่อกลางในการสื่อสารในเรื่องประสิทธิภาพของระบบระหว่างพนักงานควบคุมด้วยกัน หรือพนักงานฝ่ายกับวิศวกรผู้ดูแลเครื่องจักร
- แผนภูมิการควบคุมสามารถชี้แนะว่า ความผิดพลาดของระบบนั้นต้องการการแก้ไขที่กระบวนการ หรือต้องการแก้ไขที่การจัดการ (Management) ซึ่งสามารถลดความสับสน การขัดใจกัน และค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา

แผนภูมิการควบคุมมีอยู่ด้วยกันหลายประเภทขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ในการควบคุมกระบวนการใด ในที่นี้จะอธิบายถึง แผนภูมิ $\bar{X}$ and R และ แผนภูมิ $\bar{X}$ and S ซึ่งเป็นแผนภูมิควบคุมธรรมดาที่สามารถแสดงการทำงานของแผนภูมิควบคุมได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 การเก็บข้อมูล โดยมีกระบวนการเป็นขั้นตอนดังนี้

3.3.1.1 การเลือกขนาดกลุ่มย่อย ความถี่ในการเก็บข้อมูลกลุ่มย่อย และจำนวนกลุ่มย่อยที่เป็นไปได้ เพื่อให้มีผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงของระบบให้มากที่สุด

- ขนาดของกลุ่มย่อย เป็นปัจจัยหลักที่จะกำหนดประสิทธิภาพของแผนภูมิ การเลือกขนาดของกลุ่มย่อยควรเลือกเพื่อให้ความแปรปรวนภายในกลุ่มมีค่าน้อยๆ ความแปรปรวนภายในกลุ่มย่อยนั้นจะแสดงถึงความแปรปรวนของระบบในช่วงเวลาสั้นๆซึ่งเป็นเรื่องธรรมดา แต่

ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มย่อยนั้นจะแสดงถึงความเปลี่ยนแปลงภายในระบบซึ่งต้องนำมาหาสาเหตุและนำไปแก้ไข

การเก็บข้อมูลของกลุ่มย่อยควรจะเก็บจากชิ้นงาน 4-5 ชิ้นที่ต่อเนื่องกันจากสายการผลิตสายเดียว ซึ่งต้องผลิตอยู่ภายใต้สิ่งแวดล้อมเดียวกันและเก็บตัวอย่างภายในเวลาไม่ต่างกันมากนัก

- ความถี่ในการเก็บข้อมูลกลุ่มย่อย เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ การเก็บข้อมูลกลุ่มย่อยควรเก็บให้บ่อยเพียงพอ เพื่อตัดปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อระบบเมื่อเวลาผ่านไป เช่น การเปลี่ยนผู้ควบคุม วัสดุชุดใหม่เป็นต้น

สำหรับในช่วงเริ่มกระบวนการเก็บข้อมูลย่อยจะทำบ่อย และต่อเนื่อง เพื่อให้รู้ผลของการควบคุมได้ในช่วงสั้นๆ เมื่อระบบเข้าที่ดีแล้วหรือการปรับปรุงระบบทำสำเร็จแล้ว ความถี่ในการเก็บข้อมูลกลุ่มย่อยก็สามารถลดลงได้ ความถี่ในการเก็บข้อมูลกลุ่มย่อยสำหรับการเฝ้าดูกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง ควรทำทุกๆ 2 ครั้งต่อหนึ่งชุดการผลิต หรือทำทุกๆชั่วโมง เป็นต้น

- จำนวนของกลุ่มย่อย การเลือกจำนวนกลุ่มย่อยควรเลือกให้เหมาะสม เพื่อให้แน่ใจได้ว่าสาเหตุของความแปรปรวนของระบบแสดงออกมา โดยทั่วไปแล้วจำนวนกลุ่มย่อยควรมีจำนวนประมาณ 25กลุ่มขึ้นไป ซึ่งจะทำให้มีการอ่านข้อมูล 100 ครั้งขึ้นไป จะให้ผลที่ดีต่อการประมาณค่าประสิทธิภาพของระบบ

3.3.1.2 การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และพิสัย (R) สำหรับแผนภูมิ $\bar{X}$ and R และหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับแผนภูมิ $\bar{X}$ and S ของข้อมูลแต่ละกลุ่มย่อย

ค่าที่ใช้ในการวาดกราฟข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง, ค่าพิสัยของตัวอย่าง และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในแต่ละกลุ่มย่อย โดยสามารถคำนวณได้ตามสมการ 3.1 – 3.3

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + ... + X_n}{n} \qquad (3.1)$$

$$R = X_{\max} - X_{\min} \qquad (3.2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum \left(X_i - \bar{X} \right)^2}{n-1}} \qquad (3.3)$$

โดยที่ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย

$X_1, X_2 ..., X_i$ คือ ค่าของข้อมูลดิบในแต่ละกลุ่มย่อย

n คือ ขนาดของกลุ่มย่อย

R คือ ค่าพิสัยของกลุ่มย่อย

S คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มย่อย

3.3.2 การคำนวณหาขีดจำกัดบนและล่าง

3.3.2.1 การคำนวณค่า พิสัยเฉลี่ย ($\bar{R}$) และ ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ($\bar{\bar{X}}$) สำหรับแผนภูมิ $\bar{X}$ and R และคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย ($\bar{S}$) และค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ($\bar{\bar{X}}$) สำหรับแผนภูมิ $\bar{X}$ and S ตามสมการที่ 3.4 – 3.6

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + ... + \bar{X}_k}{k} \quad (3.4)$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + ... + R_k}{k} \quad (3.5)$$

$$\bar{S} = \frac{S_1 + S + ... + S_k}{k} \quad (3.6)$$

โดยที่ $\bar{\bar{X}}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

$\overline{X_k}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย

$\bar{R}$ คือ ค่าพิสัยเฉลี่ย

R_k คือ ค่าพิสัยของกลุ่มย่อย

$\bar{S}$ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย

S_k คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มย่อย

3.3.2.2 การคำนวณหาค่าขีดจำกัดบนและค่าขีดจำกัดล่างของค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ตามสมการที่ 3.7 – 3.10

ค่าขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่างสามารถหาได้จากค่าเฉลี่ยของกระบวนการ และค่าพิสัยเฉลี่ยที่คำนวณได้จากข้อที่แล้ว โดยค่าที่ได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนสมาชิกของกลุ่มย่อยซึ่งเป็นค่าที่กำหนดค่าคงที่ที่ใช้คำนวณ ดังตารางที่ 2.1

$$UCL_R = D_4\bar{R} \quad (3.7)$$

$$LCL_R = D_3\bar{R} \quad (3.8)$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \quad (3.9)$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \quad (3.10)$$

โดยที่ UCL_R คือ ค่าขีดจำกัดบนของค่าพิสัย

LCL_R คือ ค่าขีดจำกัดล่างของค่าพิสัย

UCL_X คือ ค่าขีดจำกัดบนของค่าเฉลี่ย

LCL_X คือ ค่าขีดจำกัดล่างของค่าเฉลี่ย

D_3, D_4, A_2 คือ ค่าคงที่ที่ใช้คำนวณค่าขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่าง

ตารางที่ 3.1 ค่าคงที่ที่ใช้คำนวณค่าขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่าง ซึ่งกำหนดโดยจำนวนสมาชิกของกลุ่มย่อย [15]

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_4	3.27	2.57	2.28	2.11	2	1.92	1.86	1.82	1.78
D_3	ND	ND	ND	ND	ND	0.08	0.14	0.18	0.22
A_2	1.88	1.02	0.73	0.58	0.48	0.42	0.37	0.34	0.31

3.3.2.3 การคำนวณหาค่าขีดจำกัดบนและค่าขีดจำกัดล่างของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามสมการที่ 3.11 – 3.14

ค่าขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่างสามารถหาได้จากค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยของกลุ่มย่อยที่คำนวณได้จากข้อที่ 3.3.2.1 โดยค่าที่ได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนสมาชิกของกลุ่มย่อยซึ่งเป็นค่าที่กำหนดค่าคงที่ที่ใช้คำนวณ ดังตารางที่ 3.2

$$UCL_S = B_4\overline{S} \quad (3.11)$$

$$LCL_S = B_3\overline{S} \quad (3.12)$$

$$UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_3\overline{S} \quad (3.13)$$

$$LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_3\overline{S} \quad (3.14)$$

โดยที่ UCL_S คือ ค่าขีดจำกัดบนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

LCL_S คือ ค่าขีดจำกัดล่างของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

UCL_X คือ ค่าขีดจำกัดบนของค่าเฉลี่ย

LCL_X คือ ค่าขีดจำกัดล่างของค่าเฉลี่ย

B_3, B_4, A_3 คือ ค่าคงที่ที่ใช้คำนวณค่าขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่าง

ตารางที่ 3.2 ค่าคงที่ที่ใช้คำนวณค่าขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่าง ซึ่งกำหนดโดยจำนวนสมาชิกของกลุ่มย่อย [15]

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B_4	3.27	2.57	2.27	2.09	1.97	1.88	1.82	1.76	1.72
B_3	ND	ND	ND	ND	0.03	0.12	0.19	0.24	0.28
A_3	2.66	1.95	1.63	1.43	1.29	1.18	1.10	1.03	0.98

3.3.3 คำอธิบายจากแผนภูมิในด้านการควบคุมระบบ

3.3.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภูมิพิสัย

- เมื่อข้อมูลพิสัยมีค่าเกินค่าขีดจำกัดที่กำหนด ถ้าการคำนวณค่าพิสัยไม่ผิด และอุปกรณ์ไม่ผิดพลาดแสดงว่าระบบมีคุณภาพในการผลิตที่แย่ลงเนื่องจากสาเหตุแวดล้อมต่างๆ

- เมื่อค่าพิสัยมีค่าเพิ่มขึ้นติดต่อกันในช่วง 7 ค่า ถ้าระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงว่าระบบมีความผิดปกติเนื่องจากสาเหตุที่ไม่ปกติ เช่น วัสดุตั้งต้นไม่คงตัว ทำให้ผลผลิตที่ได้จะมีความแตกต่างกันมากขึ้นเรื่อยๆ

3.3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภูมิค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- เมื่อข้อมูลค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเกินค่าขีดจำกัดที่กำหนด ถ้าการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่ผิด และอุปกรณ์ไม่ผิดพลาดแสดงว่าระบบมีคุณภาพในการผลิตที่แย่ลงเนื่องจากสาเหตุแวดล้อมต่างๆ

- เมื่อค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเพิ่มขึ้นติดต่อกันในช่วง 7 ค่า ถ้าระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงว่าระบบมีความผิดปกติเนื่องจากสาเหตุที่ไม่ปกติ เช่น วัสดุตั้งต้นไม่คงตัว ทำให้ผลผลิตที่ได้จะมีความแตกต่างกันมากขึ้นเรื่อยๆ

3.3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภูมิค่าเฉลี่ย

- เมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยเกินค่าขีดจำกัดที่กำหนด ถ้าการคำนวณค่าและอุปกรณ์การวัดไม่ผิดพลาด แสดงว่า ผลผลิตที่กำลังวัดมีความผิดพลาดเกิดขึ้น

- เมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นติดต่อกันในช่วง 7 ค่า แสดงว่า อุปกรณ์ที่ใช้วัดเริ่มมีความผิดพลาด หรือ ผลผลิตมีการเปลี่ยนแปลงและกำลังจะเกิดความผิดพลาดขึ้น

3.4 งานวิจัยที่ใกล้เคียง

ในขั้นตอนการพัฒนาขั้นตอนวิธีในการตรวจสอบนั้นได้เริ่มจากการสำรวจงานวิจัยที่ใกล้เคียง จากการสำรวจได้พบว่าขั้นตอนวิธีในการตรวจสอบต่างๆในงานวิจัย และ ระบบตรวจสอบ นั้นอยู่บนพื้นฐานของเทคนิคการเปรียบเทียบภาพแบบจุดต่อจุด (Pixel by Pixel Image Comparison) โดยในแต่ละงานวิจัยและ ระบบตรวจสอบนั้นจะแตกต่างกันไปตามการประยุกต์ใช้งานและเทคนิคในการสร้าง (Implementation) เพื่อให้การทำงานมีความรวดเร็ว สำหรับงานวิจัยและระบบตรวจสอบที่ใกล้เคียงที่ได้ทำการสำรวจและศึกษามา ได้นำมาสรุปในวิทยานิพนธ์นี้มีดังต่อไปนี้

3.4.1 การตรวจสอบโดยสายตาประดิษฐ์ (Inspection by Artificial vision) [16]

งานวิจัยนี้เกี่ยวกับการพัฒนาระบบตรวจสอบภาพพิมพ์ที่เกิดจากการปั๊มลงบนแผ่นโลหะ (Tampoprint Impression) โดยที่ขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้นนั้นจะอยู่บนพื้นฐานเทคนิคการเปรียบเทียบภาพแบบ 256 ระดับ (Gray-scale Image Comparison) ระหว่างภาพอ้างอิงกับภาพที่ต้องการ

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตรวจสอบโดยก่อนการเปรียบเทียบนั้น จะทำการปรับตำแหน่งแบบครึ่งพิกเซล (Subpixel Alignment) ระหว่างภาพอ้างอิงกับภาพที่ต้องการตรวจสอบให้ตรงกันก่อน และแปลงภาพที่เกิดจากการลบกันให้เป็นภาพแบบสองระดับซึ่งพิกเซลที่เป็นจุดบกพร่องจะมีค่าเป็น 1 ส่วนพิกเซลอื่นๆจะมีค่าเป็น 0 หลังจากนั้นก็ทำการนับพิกเซลทีเป็นจุดบกพร่อง (ค่าเป็น1) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนด เพื่อทำการตัดสินว่าชิ้นงานนั้นดีหรือเสีย

3.4.2 ระบบสำหรับการตรวจสอบการพิมพ์ตัวอักษรโดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ปกติของภาพตัวอักษรที่ถูกแบ่งส่วน (System for Inspection Pad-printed Character Using The Normalized Correlation of The Segmental Character Image) [17],[18]

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบสำหรับการตรวจสอบตัวอักษรที่พิมพ์บนตลับเทปวิดีโอ (Pad-printed Character on Video Cassette) ขั้นตอนวิธีที่ใช้อยู่บนพื้นฐานเทคนิค Template Matching โดยทำการวัดค่า Normalized Correlation ระหว่างภาพตัวอักษรต้นแบบกับภาพตัวอักษรที่ทำการตรวจสอบมาใช้ตัดสินใจ และสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

- การดึงภาพตัวอักษร (Character Extraction) ทำหน้าที่แยกส่วนของภาพตัวอักษรที่พิมพ์บนตลับเทปออกมาเพื่อทำการตวจสอบที่ละตัวด้วยวิธี Horizontal / vertical Projection Profile ที่ใช้ในงานวิจัยด้านการรู้จำตัวอักษร (Character Recognition)

- การปรับตำแหน่ง (Positioning) จากนั้นตัวอักษรที่ถูกดึงออกมาจากภาพจะถูกปรับตำแหน่งให้ตรงกันระหว่างภาพตัวอักษรที่ดึงออกมาได้กับภาพตัวอักษรอ้างอิง โดยการวัดค่าสหสัมพันธ์ปกติ (Normalized Correlation) ของโครงร่างทางแนวนอก / แนวตั้ง (Horizontal / Vertical Projection Profile) ของตัวอักษรทั้งสองในการหาตำแหน่งที่ตรงกันของภาพตัวอักษรทั้งสอง

- การตรวจสอบแบบแยกส่วนโดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ (Segmental Inspection using Correlation) ในส่วนนี้จะตรวจสอบภาพตัวอักษรโดยทำการแบ่งออกเป็นส่วนๆ (Segmented character) และหาค่าสหสัมพันธ์ในแต่ละส่วนแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่กำหนดเอาไว้ก่อน เหตุที่ต้องแบ่งตัวอักษรออกเป็นส่วนๆ เพื่อทำให้สามารถตรวจสอบหาจุดบกพร่องขนาดเล็กในแต่ละส่วนของตัวอักษรนั้นได้

3.4.3 การตรวจสอบด้วยภาพแบบเร็วสำหรับการควบคุมคุณภาพ (Fast Visual Inspection for Quality Control) [11]

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบตรวจสอบสำหรับการตรวจสอบฉลากที่พิมพ์อยู่บนถังบรรจุ (Printed Container) โดยได้พัฒนาในทั้งส่วนของอุปกรณ์ และส่วนของขั้นตอนวิธี ซึ่งทำให้ระบบทำงานได้เร็วเท่ากับความเร็วของกระบวนการผลิต ในส่วนของขั้นตอนวิธีในการตรวจสอบนั้นเป็นการรวมกันระหว่างวิธีการเปรียบเทียบภาพแบบจุดต่อจุดและวิธีตรวจสอบคุณลักษณะ คือจะนำภาพที่เกิดจากการลบกันระหว่างภาพอ้างอิงและภาพที่จะทำการตรวจสอบ และผ่านการทำให้

เป็นภาพสองระดับแล้วมาทำการหาค่า n-tuple vector ที่ได้นิยามเอาไว้เพื่อนำมาทำการตรวจสอบคุณลักษณะ โดยวิเคราะห์หาค่าความถี่การเกิด (Occurrence) ของแต่ละสมาชิกใน n-tuple vector และตัดสินใจจากค่าความถี่นี้ว่าชิ้นงานใดเป็นชิ้นงานดีและชิ้นงานใดเป็นชิ้นงานเสีย