# ระบบตรวจสอบภาพชิ้นงานโดยใช้พีซีสำหรับการตรวจสอบฉลากที่พิมพ์บนขวด

นายประดิษฐ์ มิตราปิยานุรักษ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-092-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# A PC-based Visual Inspection System for Inspecting Printed Label on Bottles

Mr.Pradit Mittrapiyanuruk

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1996
ISBN 974-634-092-1

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | ระบบตรวจสอบภาพชิ้นงานโดยใช้พีซีสำหรับการตรวจสอบฉลากที่พิมพ์บนขวด |
| โดย | นายประดิษฐ์ มิตราปิยานุรักษ์ |
| ภาควิชา | วิศวกรรมไฟฟ้า |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี |

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
( รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
( รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล )

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
( รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์ )

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
( รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี )

.....กรรมการ
( ดร.วิวัฒน์ วงศ์วราวิภัทร์ )

.....กรรมการ
( กิตติวัตร โสมวดี )

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ประดิษฐ์ มิตราปิยานุรักษ์ : ระบบตรวจสอบภาพชิ้นงานโดยใช้พีซีสำหรับการตรวจสอบฉลากที่พิมพ์บนขวด (A PC-BASED VISUAL INSPECTION SYSTEM FOR INSPECTING PRINTED LABEL ON BOTTLES) อ.ที่ปรึกษา : รศ.กฤษดา วิศวธีรานนท์ , รศ.ดร.เอกชัย ลีลารัศมี, 118 หน้า. ISBN 974-634-092-1

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการพัฒนาระบบการตรวจสอบภาพชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบหาจุดบกพร่องของฉลากที่พิมพ์บนขวด โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พีซีเป็นฐานในการพัฒนาและสร้างระบบ ระบบจะประกอบด้วย กล้องซีซีดี, การ์ดเก็บภาพ, จอวิดีโอมอนิเตอร์, แหล่งกำเนิดแสง, การ์ดดิจิตอลอินพุตเอาท์พุต และเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี อัลกอริทึมในการตรวจสอบที่พัฒนาขึ้นมี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เป็นอัลกอริทึมที่สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบชิ้นงานได้ทั่วไป ซึ่งใช้หลักการนับจำนวนพิกเซลจากภาพวัตถุมาวิเคราะห์ ส่วนอัลกอริทึมแบบที่ 2 จะเป็นอัลกอริทึมเฉพาะสำหรับการตรวจสอบหาจุดบกพร่องของฉลากที่พิมพ์บนขวด ซึ่งอยู่บนพื้นฐานวิธีการเปรียบเทียบแบบจุดต่อจุดระหว่างภาพฉลากอ้างอิงที่ไม่มีจุดบกพร่องกับภาพฉลากที่ต้องการตรวจสอบและได้นำเทคนิคการปรับภาพให้ตรงกับต้นแบบมาใช้ในการทำให้ภาพทั้งสองที่จะนำมาเปรียบเทียบตรงกันสนิทก่อน ได้นำระบบต้นแบบและอัลกอริทึมไปทดสอบการทำงานกับชุดตัวอย่างขวด 100 ขวด ผลการทดสอบสรุปได้ว่าอัลกอริทึมแบบที่ 1 ใช้เวลาในการตรวจสอบสั้นเพียง 0.82 วินาทีต่อ 1 ชิ้นงาน ส่วนอัลกอริทึมแบบที่ 2 มีความแม่นยำในการตรวจสอบสูงกว่าแต่ใช้เวลาในการตรวจสอบนานกว่ามาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ประดิษฐ์ มิตราปิยานุรักษ์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

## C715694 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: PC-BASED/VISUAL INSPECTION/IMAGE PROCESSING/DEFECT DETECTION/PRINTED LABEL ON BOTTLES

PRADIT MITTRAPIYANURUK : A PC-BASED VISUAL INSPECTION SYSTEM FOR INSPECTING PRINTED LABEL ON BOTTLES, THESIS ADVISOR :ASSO.PROF. KRISADA VISAVATEERANON , ASSO.PROF.EKACHAI LEELARASMEE, Ph.d.

118 pp. ISBN 974-634-092-1

This thesis presents development of an automated visual inspection system for defect detection of printed label on bottles by using a personal computer (PC). The system is composed of a CCD camera, a frame grabber card, a video monitor, a light source, a digital input/output card and a PC. Two inspection algorithms are developed. The first algorithm is based on the object's image pixel counting that can also be used for general purpose inspection. The second algorithm is specially developed for detecting the defect of printed label on bottles. It is based on the pixel-by-pixel image comparison between the defect-free reference label image and the inspected label image. The Model-Fitting technique is also utilized for exactly registering of both images before comparison. The prototype system and developed algorithms are tested on 100 printed labels. From the results, it can be conclude that the first algorithm has a short inspection time, of only 0.82 second per label, while the second algorithm needs much more inspection time but has a very high inspection accuracy.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ปราชญ์ มิตรภาพยานุรักษ์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัศมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมทั้ง รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล , ดร.วิวัฒน์ วงศ์วราวิภัทร์ และคุณกิตติวัตร โสมวดี ซึ่งท่านเหล่านี้ได้ร่วมกันเป็นคณะกรรมการของวิทยานิพนธ์นี้ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยมาด้วยดีและข้าพเจ้าขอขอบคุณ บริษัท ลีโอ อิเลคทรอนิคส์ จำกัด และ บริษัท ไลอ้อน ประเทศไทย จำกัด ที่ได้สนับสนุนทุนในงานวิจัยนี้ทั้งหมด รวมทั้งสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ที่ได้ให้ทุนการศึกษาแก่ข้าพเจ้าตลอดที่ทำการศึกษาอยู่เป็นเวลา 2 ปี จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้อันมีส่วนในการช่วยหาเอกสารบทความในวารสารต่างๆสำหรับประกอบงานวิจัย, ช่วยในการพิมพ์, จัดรูปเล่มและช่วยเหลือในเรื่องอื่น ๆ

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ประดิษฐ์ มิตราปิยานุรักษ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ ..... 1

1.1 แนวเหตุผลและความเป็นมา ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ ..... 2

1.3 ขั้นตอนการวิจัย ..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 3

1.5 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ..... 3

2. การออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบภาพชิ้นงานโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พีซี ..... 4

2.1 ระบบตรวจสอบภาพชิ้นงานโดยทั่วไป ..... 4

2.2 ระบบตรวจสอบภาพชิ้นงานที่มีการพัฒนาขึ้นมาใช้งานแล้ว ..... 7

2.3 ความต้องการของระบบ ..... 8

2.4 ส่วนประกอบของระบบ ..... 10

2.4.1 ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ ..... 11

2.4.2 ส่วนประกอบทางซอฟท์แวร์ ..... 12


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. ทฤษฎีพื้นฐาน ..... 17
3.1 ขบวนการประมวลผลและรู้จำภาพ ..... 17
3.2 เทคนิคและอัลกอริทึมที่ใช้กันในการตรวจสอบภาพชิ้นงานอัตโนมัติ ..... 23

4. อัลกอริทึมในการตรวจสอบ ..... 25
4.1 นิยามของปัญหาในขบวนการพิมพ์ฉลากบนขวด ..... 25
4.2 แนวทางในการพัฒนาอัลกอริทึม ..... 26
4.3 การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการตรวจสอบชิ้นงานทั่วไป ..... 27
4.3.1 ฟังก์ชันในการตรวจสอบที่มีอยู่ในระบบที่มีการพัฒนาขึ้นมาใช้งานแล้ว ..... 27
4.3.2 อัลกอริทึมแบบใช้งานทั่วไปที่พัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์ ..... 29
4.4 การพัฒนาอัลกอริทึมเฉพาะสำหรับการตรวจสอบฉลากที่พิมพ์บนขวด ..... 47
4.4.1 งานวิจัยที่ใกล้เคียง ..... 48
4.4.2 อัลกอริทึมเฉพาะสำหรับการตรวจสอบฉลากที่พิมพ์บนขวด ที่พัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์ ..... 50

5. การทดสอบระบบและอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้น ..... 73
5.1 โปรแกรมการตรวจสอบที่พัฒนาขึ้น ..... 73
5.2 สภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้นในการทดสอบ ..... 74
5.3 ตัวแปรที่ทำการศึกษาและทดสอบ ..... 78
5.3.1 ขนาดจุดบกพร่องที่เล็กที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้ ..... 80
5.3.2 อัตราในการตรวจผิด ..... 89
5.3.3 ความซ้ำได้ ..... 96
5.3.4 เวลาในการตรวจสอบ ..... 99
5.4 วิจารณ์ผลการทดลอง ..... 101

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ..... 104

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รายการอ้างอิง ..... 107
ภาคผนวก ..... 111
ประวัติผู้เขียน ..... 118

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 5.1 พารามิเตอร์การตรวจสอบของฟังก์ชันในอัลกอริทึมแบบใช้งานทั่วไปที่ตั้งค่าสำหรับการทดลองหาขนาดของจุดบกพร่องที่เล็กที่สุดที่สามารถตรวจได้ 81
ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงช่วงขอบเขต mean±3*SD ของจำนวนพิกเซลที่นับได้ในกรอบวินโดวส์จากภาพฉลากที่พิมพ์บกพร่องแบบพิมพ์สกปรก 81
ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงช่วงขอบเขต mean±3*SD ของจำนวนพิกเซลที่นับได้ในกรอบวินโดวส์จากภาพฉลากที่พิมพ์บกพร่องแบบพิมพ์ขาด 82
ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงช่วงขอบเขตที่ครอบคลุมช่วง mean±3*SD ในช่วงมุมการหมุนต่างๆ ของค่าจำนวนพิกเซลที่นับได้จากภาพฉลากที่พิมพ์บกพร่องแบบที่พิมพ์สกปรกขนาดต่างๆ 82
ตารางที่ 5.5 ตารางแสดงช่วงขอบเขตที่ครอบคลุมช่วง mean±3*SD ในช่วงมุมการหมุนต่างๆ ของค่าจำนวนพิกเซลที่นับได้จากภาพฉลากที่พิมพ์บกพร่องแบบที่พิมพ์ไม่ครบ 83
ตารางที่ 5.6 พารามิเตอร์การตรวจสอบของอัลกอริทึมแบบที่ 2 (แบบเฉพาะ) ที่ตั้งค่าสำหรับการทดลองหาขนาดของจุดบกพร่องที่เล็กที่สุดที่สามารถตรวจได้ 87
ตารางที่ 5.7 ตารางแสดงค่าจำนวนพิกเซลที่เป็นจุดบกพร่องจากภาพฉลากที่พิมพ์บกพร่องแบบที่พิมพ์ไม่ครบ และแบบที่พิมพ์สกปรก ขนาดต่างๆ ภายในมุม ±15 88
ตารางที่ 5.8 พารามิเตอร์การตรวจสอบของฟังก์ชันในอัลกอริทึมแบบใช้งานทั่วไปที่ตั้งค่าสำหรับการทดสอบอัตราการตรวจผิด 90
ตารางที่ 5.9 พารามิเตอร์การตรวจสอบของอัลกอริทึมแบบที่ 2 (แบบเฉพาะ) ที่ตั้งค่าสำหรับการทดสอบอัตราการตรวจผิด 94
ตารางที่ 5.10 ผลการทดลองอัตราการตรวจผิด 95
ตารางที่ 5.11 ตารางแสดงค่าทางสถิติของการทดสอบความซ้ำได้ 97
ตารางที่ 5.12 ตารางแสดงเวลาเฉลี่ยในการตรวจสอบต่อหนึ่งชิ้นงาน 99
ตารางที่ 5.13 ตารางแสดงเวลาในการประมวลผลของแต่ละฟังก์ชันของอัลกอริทึมแบบที่ 1 100
ตารางที่ 5.14 ตารางสรุปผลการทดลอง 101

# สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของระบบการตรวจสอบภาพชิ้นงานอัตโนมัติ 5
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของการพัฒนาระบบตรวจสอบภาพชิ้นงาน 5
รูปที่ 2.3 รูปของระบบตรวจสอบตัวอักษรที่พิมพ์บนหัวเทปวีดีโอ 6
รูปที่ 2.4 ข้อกำหนดด้านเวลาในการติดต่อกับภายนอก 10
รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ 11
รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบทางซอฟต์แวร์ 13
รูปที่ 2.7 แผนภูมิการทำงาน (Flowchart) ของโปรแกรมส่วนการตรวจสอบ 14
รูปที่ 2.8 รูปถ่ายของส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์และระบบที่สร้างขึ้น 15
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของขบวนการประมวลผลและรู้จำภาพ 18
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของระบบการรู้จำ 20
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของระบบการรู้จำโดยใช้ทฤษฎีทางด้านการตัดสินใจ 22
รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมของระบบการรู้จำโดยใช้วิธีทางโครงสร้าง 22
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างภาพฉลากบนขวดที่ตรวจสอบ 25
รูปที่ 4.2 แผนภูมิการไหลของข้อมูลของอัลกอริทึมแนวทางที่ 1 30
รูปที่ 4.3 ลักษณะของ spatial lowpass filter ขนาดต่างๆ 31
รูปที่ 4.4 ลักษณะของ spatial highpass filter ขนาด 3x3 32
รูปที่ 4.5 ลักษณะของ Edge Detection Mask แบบต่างๆ 33
รูปที่ 4.6 ลักษณะกรอบวินโดวส์แบบต่างๆ 35
รูปที่ 4.7 หลักการในการระบายสีรูปปิด (Scan-line Polygon Fill Algorithm) 36
รูปที่ 4.8 การแทนรูปปิดหลายเหลี่ยมในรูปของหน้ากากกรอบวินโดวส์ (Mask Window) 37
รูปที่ 4.9 ลักษณะของฟังก์ชันนับพิกเซลบนเส้นแบบต่างๆ 39
รูปที่ 4.10 ลักษณะของฟังก์ชันเปรียบเทียบรูปแบบในกรอบวินโดวส์ 40
รูปที่ 4.11 ตัวอย่างแสดงการเลื่อนตำแหน่งของกรอบวินโดวส์แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า 42
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างการหาขอบภาพในแนวเส้นตรงและแนวระนาบ 44
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างการใช้งานของฟังก์ชันการตรวจสอบแบบใช้งานทั่วไป 46
รูปที่ 4.14 แผนภูมิสายงานของอัลกอริทึมการตรวจสอบ (แนวทางที่ 2) ที่พัฒนาขึ้น 52

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.15 การหาตำแหน่งของพื้นที่ในการตรวจสอบ 53
รูปที่ 4.16 การหาค่า vertical / horizontal projection profile 55
รูปที่ 4.17 ตัวอย่างของการหาตำแหน่งของฉลาก 57
รูปที่ 4.18 ตัวอย่างของการตรวจสอบแบบหยาบ 58
รูปที่ 4.19 ตัวอย่างของการหาตำแหน่งของจุดควบคุมในภาพและการหาตำแหน่งที่ตรงกัน ของจุดควบคุมของภาพต้นแบบและภาพอินพุท 61
รูปที่ 4.20 การประมาณค่าแบบเส้นตรง 64
รูปที่ 4.21 ภาพอธิบายการคำนวณค่าเวคเตอร์การเลื่อนตำแหน่งโดยการประมาณค่า 65
รูปที่ 4.22 ภาพอธิบายการคำนวณค่าความสว่างของภาพใหม่ 67
รูปที่ 4.23 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการลบภาพและการดึงพิกเซลที่เป็นจุดบกพร่อง 69
รูปที่ 4.24 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึมแนวทางที่ 2 กับ ภาพฉลากดี 71
รูปที่ 4.25 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึมแนวทางที่ 2 กับ ภาพฉลากที่บกพร่อง 72
รูปที่ 5.1 ขวดเป้าหมายและแท่นยึดชิ้นงานขวดจำลองที่ใช้ในการทดสอบ 76
รูปที่ 5.2 ภาพถ่ายสถานีการตรวจสอบจำลองที่สร้างขึ้นในการทดสอบ 77
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงช่วงขอบเขต mean±3SD ของค่าจำนวนพิกเซลที่นับได้ใน กรอบวินโดวส์จากภาพฉลากที่พิมพ์บกพร่องแบบพิมพ์ขาด 84
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงช่วงขอบเขต mean±3SD ของค่าจำนวนพิกเซลที่นับได้ใน กรอบวินโดวส์จากภาพฉลากที่พิมพ์บกพร่องแบบพิมพ์สกปรก 85
รูปที่ 5.5 ภาพถ่ายขวดที่มีจุดบกพร่องแบบต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ 91
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงค่าทางสถิติในการทดสอบความซ้ำได้ 98
รูปที่ ก.1 พารามิเตอร์ในการตรวจสอบของฟังก์ชันต่างๆในอัลกอริทึมแนวทางที่ 1 114
รูปที่ ก.2 ลักษณะของเมนูในส่วนโปรแกรมตั้งค่าของอัลกอริทึมแนวทางที่ 1 115
รูปที่ ก.3 พารามิเตอร์ในการทำงานของอัลกอริทึมแนวทางที่ 2 117
รูปที่ ก.4 ลักษณะของเมนูในส่วนโปรแกรมตั้งที่สร้างจากอัลกอริทึมแนวทางที่ 2 117