สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การทดสอบและผลการทดสอบ

หลังจากที่ได้สร้างระบบขึ้นมาตามที่ได้ออกแบบขั้นตอนวิธีสำหรับตรวจสอบดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในหัวข้อนี้จะนำเอาระบบที่สร้างขึ้นมาทำการทดสอบสมรรถนะในด้านต่างๆในการตรวจสอบฉลากที่พิมพ์บนขวด เพื่อนำมาสรุปความสามารถของขั้นตอนวิธีว่าเป็นอย่างไร รวมทั้งพิจารณาความเป็นไปได้ในการนำเอาระบบไปใช้ในกระบวนการผลิตจริงด้วย

5.1 โปรแกรมการตรวจสอบที่พัฒนาขึ้น

การทดสอบระบบที่ได้สร้างขึ้นนอกจากจะทำการทดสอบการทำงานโดยรวมของระบบ เช่นการควบคุมฮาร์ดแวร์, การทำงานในขั้นตอนต่างๆของระบบ เป็นต้น สิ่งที่สำคัญมากที่สุดในการทดสอบของบทนี้ก็คือการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้นว่ามีความสามารถเพียงพอที่จะนำไปใช้ในระบบการผลิตจริงได้หรือไม่ และเพื่อให้สามารถทดสอบการทำงานของขั้นตอนวิธีได้จึงทำการสร้างโปรแกรมการตรวจสอบจากเทคนิคที่ได้กล่าวไปแล้ว โดยแบ่งเป็นสองส่วนใหญ่ๆคือ ส่วนตั้งค่าซึ่งจะให้ผู้ใช้ตั้งค่าต่างๆที่จำเป็นต่อการตรวจสอบและค่าที่ทำให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น และส่วนตรวจสอบซึ่งจะทำการตรวจสอบภาพฉลากที่ต้องการตรวจสอบแล้วแจ้งแก่ผู้ควบคุมว่าภาพฉลากนั้นมีข้อผิดพลาดหรือไม่อย่างไร

5.2 สภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้นเพื่อการทดสอบ

การทดสอบสมรรถนะของระบบในด้านต่างๆนั้น เพื่อความสะดวกแล้วจะทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพราะการนำระบบไปทดสอบกับกระบวนการผลิตจริงนั้นค่อนข้างยุ่งยากเพราะต้องติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เช่น กล้อง, แหล่งกำเนิดแสง, กลไกป้อนชิ้นงาน และอื่นๆ ซึ่งต้องใช้การออกแบบและระยะเวลานานในการสร้าง แต่เพื่อให้ผลการทดสอบเป็นที่น่าเชื่อถือได้ว่าอาจจะสามารถนำไปใช้ในระบบการผลิตจริงๆได้ จึงพยายามจัดสภาพแวดล้อมต่างๆที่ใช้ในการทดสอบให้ใกล้เคียงกับสภาพของกระบวนการผลิตจริงมากที่สุด โดยสภาพแวดล้อมต่างๆที่ได้สร้างขึ้นมีดังนี้

5.2.1 ขวดที่ใช้ทดสอบ

ขวดที่ใช้ในการทดสอบนั้น จะใช้ขวด ทั้งหมด 48 ขวด โดยแบ่งเป็นขวด 2 ลวดลาย ลวดลายผลส้มจำนวน 20 ขวด และลวดลายใบไม้จำนวน 28 ขวด และสามารถแบ่งเป็นขนาดของความผิดพลาดได้ 2 ขนาด โดยลวดลายที่มีความผิดพลาดขนาดใหญ่จำนวน 45 ขวด และลวดลายที่

มีความผิดพลาดขนาดเล็กจำนวน 15 ขวด และลวดลายที่มีความผิดพลาดแบบเลื่อนตำแหน่งจำนวน 30 ภาพ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.1

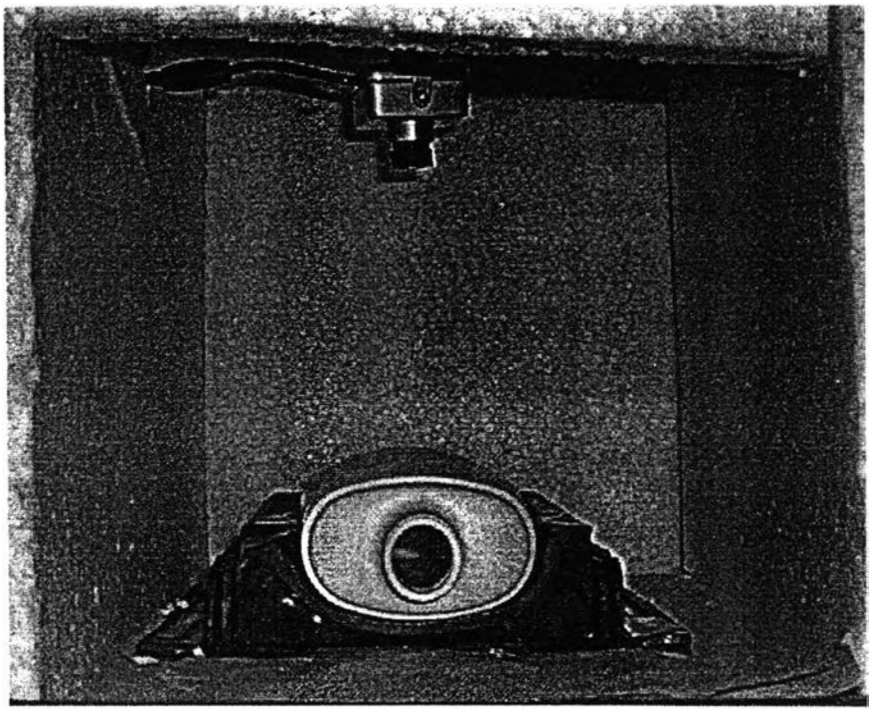
(ก) (ข)

รูปที่ 5.1 ตัวอย่างขวดที่ใช้ในการทดสอบ (ก) ขวดลวดลายรูปส้ม, (ข) ขวดลวดลายรูปใบไม้

5.2.2 สถานีการตรวจสอบจำลองที่จัดสร้างขึ้นเพื่อการทดสอบ

- แท่นยึดจับชิ้นงาน (Jig)

ขวดที่จะทำการตรวจสอบในกระบวนการพิมพ์ขวดนั้นจะทำการป้อนขวดเข้ามาบนแท่นยึดที่มีลักษณะเป็นฐานรองขวดพอดีกับขนาดของขวด โดยสมมติฐานว่าเมื่อขวดถูกป้อนเข้ามาบนแท่นยึดแล้วจะไม่มีการเลื่อนตำแหน่ง ยกเว้นจะมีการหมุนรอบแกนของขวดได้เล็กน้อย เพราะว่าส่วนของแท่นยึดจับชิ้นงานจะต้องใหญ่กว่าขวดเล็กน้อยเพื่อให้ขวดสามารถถูกใส่ลงในแท่นยึดจับชิ้นงานได้ และปัญหาของการหมุนรอบแกนนี้เองที่กลายเป็นปัญหาสำคัญในการพัฒนาขั้นตอนวิธี ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้ใช้แท่นยึดจับชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 5.2 โดยพบว่าเมื่อขวดสวมอยู่บนแท่นยึดชิ้นงานนี้แล้วจะสามารถหมุนไปได้ ± 5 องศา



รูปที่ 5.2 ขวดขณะวางอยู่บนแท่นยึดจับชิ้นงาน

- แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการทดลองนี้ จะใช้หลอดฟลูออเรซเซนต์วางอยู่ด้านหน้าของฉลากโดยให้ทิศทางของแสงส่องในด้านตรงข้ามกับภาพฉลากเพื่อลดการสะท้อนของแสงโดยตรงกับผิวขวด

- กล้องวิดีโอสำหรับถ่ายภาพ

ตำแหน่งของกล้องในการทดสอบนี้จะถูกติดตั้งโดยการวางตั้งฉากกับแกนตั้งของขวด และห่างจากตำแหน่งด้านหน้าของขวด 15 ซม.

- กล่องกันแสงภายนอก

เพื่อให้ปัญหาที่แสงภายนอกจะมารบกวนการถ่ายภาพขวด จึงได้สร้างกล่องกันแสงภายนอกขึ้น โดยเป็นกล่องขนาด 30 ซ.ม. x 30 ซ.ม. x 45 ซ.ม. ภายในบุด้วยโฟมสีขาวเพื่อให้เกิดการสะท้อนกับแสงจากฟลูออเรซเซนต์ ทำให้ภาพที่ได้มีความสว่างกระจายสม่ำเสมอเท่ากันเกือบทั้งภาพ

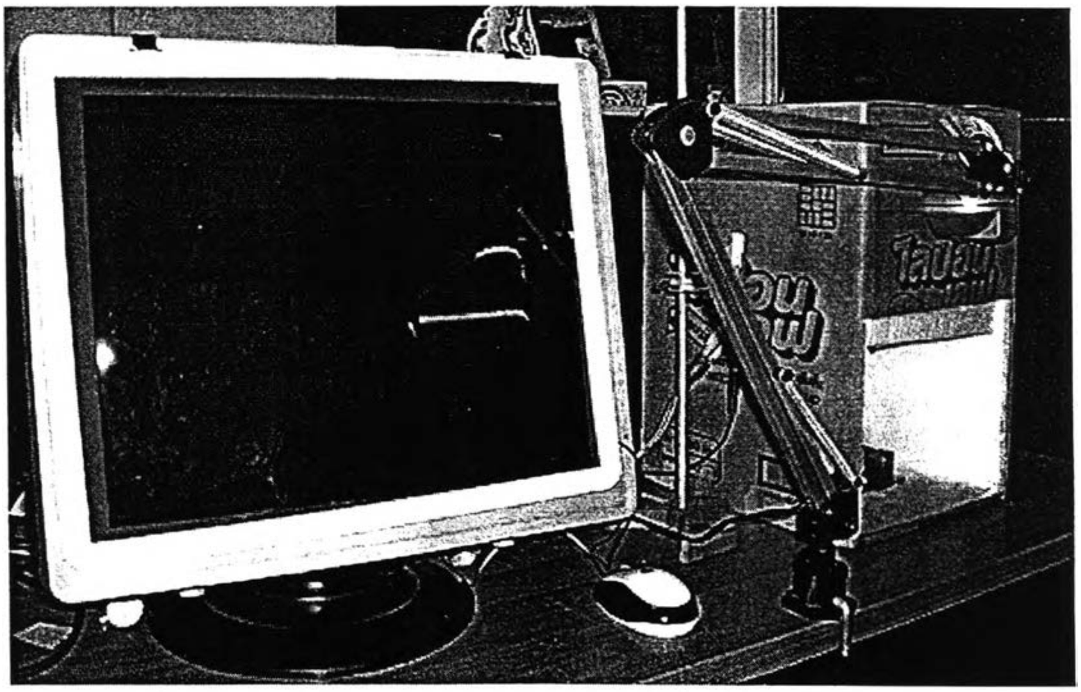
เมื่อทำการจัดสภาพแวดล้อมด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังที่ได้กล่าวมา ได้ทำการทดลองถ่ายภาพขวดเข้ามาดังแสดงในรูปที่ 5.3 และพบว่าภาพที่ถ่ายเข้ามาจะมีขนาดของวัตถุที่ปรากฏบนความละเอียดของภาพขนาด 720 x 576 พิกเซล (ความละเอียดของการ์ดจับภาพ) เท่ากับ 10 ซม. x 6 ซม.

รูปที่ 5.3 ภาพขวดที่ได้ทดลองถ่ายด้วยสถานีทดสอบ

- คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดลองนี้ได้ใช้คอมพิวเตอร์รุ่น Pentium 1.8 GHz, RAM 256 MB เป็นพื้นฐานของระบบโดยใช้เป็นตัวประมวลผลภาพ แสดงผล ฯลฯ

เมื่อสร้างและประกอบสถานีทดสอบแล้วจะมีรูปร่างดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 สภาพแวดล้อม ขณะจัดการทดสอบ

5.3 ตัวแปรที่ทำการศึกษาและทดสอบ

5.3.1 ขนาดจุดบกพร่องที่เล็กที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้

หลักการในขั้นตอนวิธีที่สร้างขึ้นนี้จะทำการตรวจสอบโดยการวัดค่าจำนวนพิกเซลที่เป็นจุดบกพร่อง (Defective Pixel Count) เพื่อเป็นค่าในการตัดสินใจ ดังนั้น การหาขนาดของจุดบกพร่องที่เล็กที่สุดที่ยังสามารถตรวจสอบได้ จะดูจากค่าจำนวนพิกเซลที่วัดได้ ภายใต้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่ตั้งไว้ในการตรวจสอบ กล่าวคือ จะทำการทดสอบกับฉลากที่มีจุดบกพร่องหลายขนาดจนถึงขนาดที่วัดค่าจำนวนพิกเซลที่เป็นจุดบกพร่องที่มีค่าน้อยจนไม่สามารถตัดสินให้ถูกต้องได้ โดยจะเก็บภาพฉลากอ้างอิงที่ถูกต้องโดยการถ่ายภาพขวดที่พิมพ์ได้ถูกต้องจำนวนลวดลายละ 5 ขวดซ้ำๆจำนวนลวดลายละ 20 ภาพ แล้วนำมาหาค่าขีดจำกัด (ค่าควบคุมของค่าเฉลี่ย) และทำการทดสอบกับภาพฉลากที่มีจุดบกพร่องแบบพิมพ์สกปรกและพิมพ์ขาดที่ขนาด 0.25 ตร.มม.(0.5 มม. x 0.5 มม.), 1 ตร.มม. (1 มม. x 1 มม.), 2.25 ตร.มม. (1.5 มม. x 1.5 มม.) และ 4 ตร.มม. (2 มม. x 2 มม.) โดยจุดบกพร่องที่ทำการทดสอบจะอยู่โดยรอบภาพขวด ทั้งบริเวณที่ใกล้เคียงลวดลายที่พิมพ์และบริเวณพื้นที่ว่างแล้วทำการนับค่าจำนวนพิกเซลที่มีจุดบกพร่อง จำนวน 200 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยได้ผลดังตารางที่ 5.1 ซึ่งเห็นได้ว่า ที่ขนาดจุดบกพร่องแบบเปรอะเปื้อนขนาด 1 ตร.มม. มีค่าจำนวนจุดบกพร่องมากกว่าค่าขีดจำกัดที่หาได้ ดังนั้นขนาดจุดบกพร่องที่สามารถตรวจได้คือ 1 ตร.มม.

ตารางที่ 5.1 ค่าจำนวนพิกเซลที่เป็นจุดบกพร่องจากภาพฉลากที่พิมพ์บกพร่องแบบที่พิมพ์ไม่ครบ (Misprint defect) และแบบที่พิมพ์สกปรก (Dirty) ขนาดต่างๆ

		ค่าจำนวนพิกเซลที่เป็นจุดบกพร่องรวมที่วัดได้ จากส่วนของภาพที่ต้องการตรวจสอบ (พิกเซล)					
ขนาดของจุดบกพร่อง (ตร.มม.)		ค่าขีดจำกัด	0.5 x 0.5	1x1	1.5 x 1.5	2 x 2	2.5 x 2.5
ชนิดของจุดบกพร่อง							
พิมพ์ขาด		1478	568	1523	1613	2811	2928
พิมพ์เปรอะเปื้อน	ส่วนของภาพที่เป็นที่ว่าง	15	9	27	45	124	256
	ส่วนของภาพที่มีลวดลาย	1478	464	1628	1778	2549	3328

5.3.2 อัตราความผิดพลาด (Error Rate)

การทดลองหาอัตราความผิดพลาดของขั้นตอนวิธีจะเป็นค่าประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีว่าสามารถตรวจสอบได้ถูกต้องและแม่นยำเพียงใด ซึ่งในการทดสอบนี้จะทำการทดสอบในสภาพที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง โดยชิ้นงาน(ขวด)จะถูกวางบนแท่นยึดจับชิ้นงาน ซึ่งพบว่าสามารถทำให้ขวดหมุนไปตามแนวแกนตั้งได้เล็กน้อย ±5 องศา ชุดตัวอย่างขวดที่นำมาทดลองนี้เป็นภาพขวดที่จำนวน 100 ภาพ จากขวดจำนวนทั้งหมด 48 ขวด ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

- ภาพขวดที่พิมพ์ฉลากถูกต้องไม่มีจุดบกพร่อง (ไม่นับภาพอ้างอิง) จำนวน 10 ภาพ
- ภาพขวดที่พิมพ์ฉลากมีจุดบกพร่อง จำนวน 90 ขวด โดยแบ่งเป็น

- ภาพขวดที่พิมพ์บกพร่องเนื่องจากการพิมพ์ไม่ครบ (Misprint) จำนวน 20 ขวด ภาพสามารถแบ่งขนาดของพื้นที่บกพร่องเป็น 2 ระดับ คือ

1) พื้นที่ผิดพลาดขนาดใหญ่ จำนวน 15 ภาพ
2) พื้นที่ผิดพลาดขนาดเล็ก จำนวน 5 ภาพ

- ภาพขวดที่พิมพ์บกพร่องเนื่องจากการพิมพ์สกปรก (Dirty Printing) จำนวน 40 ภาพ โดยสามารถแบ่งขนาดของพื้นที่บกพร่องเป็น 2 ระดับ คือ

1) พื้นที่ผิดพลาดขนาดใหญ่ จำนวน 30 ภาพ
2) พื้นที่ผิดพลาดขนาดเล็ก จำนวน 10 ภาพ

- ภาพขวดที่พิมพ์บกพร่องเนื่องจากการเลื่อนตำแหน่งของลวดลาย จำนวน 30 ภาพ

โดยการนิยามขนาดพื้นที่ของจุดบกพร่องขนาดเล็ก และใหญ่ คือ

- พื้นที่จุดบกพร่องขนาดเล็ก คือ ขนาดพื้นที่บกพร่องมีขนาดเล็กกว่า 1.5 มม. x 1.5 มม.
- พื้นที่จุดบกพร่องขนาดใหญ่ คือ ขนาดพื้นที่บกพร่องมีขนาดใหญ่กว่า 1.5 มม. x 1.5 มม.

ซึ่งในการทดลองนี้ที่ได้ทำการทดลองกับขวด สบู่เหลว “โชโกบุซึ” ขนาด 250 ลบ.ซม. บริเวณพื้นที่ของฉลากที่ทำการตรวจสอบมีพื้นที่ประมาณ 6000 ตร.มม. ภาพที่ถ่ายตัวอย่างขวดที่การพิมพ์มีจุดบกพร่องประเภทต่างๆแสดงได้ดังรูปที่ 5.5

植物物語
Shokubutsu
Monogatari
Shower Cream
99% Cleansing Ingredients
from Plants
LION
green floral

(ก)

植物物語
Shokubutsu
Monogatari
Shower Cream
99% Cleansing Ingredients
from Plants
LION
orange peel oil

(ข)

植物物語
Shokubutsu
Monogatari
Shower Cream
99% Cleansing Ingredients from Plants
green floral
LION

(ค)

植物物語
Shokubutsu
Monogatari
Shower Cream
99% Cleansing Ingredients from Plants
green floral
LION

(ง)

植物物語
Shokubutsu
Monogatari
Shower Cream
99% Cleansing Ingredients
from Plants
LION
orange peel oil

(จ)

植物物語
Shokubutsu
Monogatari
Shower Cream
99% Cleansing Ingredients
from Plants
JON
green floral

(ฉ)

(ช)

รูปที่ 5.5 ตัวอย่างขวดที่มีจุดบกพร่องแบบต่างๆ (ก) ฉลากลวดลายใบไม้ที่พิมพ์ถูกต้อง (ข) ฉลากลวดลายผลส้มที่พิมพ์ถูกต้อง (ค) ฉลากที่พิมพ์บกพร่องเนื่องจากการพิมพ์เปรอะเปื้อน ที่มีพื้นที่จุดบกพร่องขนาดใหญ่ (ง) ฉลากที่พิมพ์บกพร่องเนื่องจากการพิมพ์เปรอะเปื้อน ที่มีพื้นที่จุดบกพร่องขนาดเล็ก (จ) ขวดที่พิมพ์ฉลากบกพร่องเนื่องจากการพิมพ์ไม่ครบ ที่มีพื้นที่จุดบกพร่องขนาดใหญ่ (ฉ) ขวดที่พิมพ์ฉลากบกพร่องเนื่องจากการพิมพ์ไม่ครบ ที่มีพื้นที่จุดบกพร่องขนาดเล็ก (ช) ขวดที่พิมพ์ฉลากบกพร่องเนื่องจากการพิมพ์ลวดลายเลื่อนตำแหน่ง

จากตารางผลการทดสอบที่ 5.2 พบว่าเทคนิคที่ใช้ตรวจสอบภาพฉลากนั้นจะตรวจสอบผิดพลาดในกรณีดังนี้

- จุดผิดพลาดเนื่องจากการเปรอะเปื้อนและพิมพ์ขาดอยู่บนบริเวณที่มีการพิมพ์ที่ละเอียดสูง เนื่องจากฟังก์ชันการปรับภาพให้ตรงกับต้นแบบไม่สามารถจะทำให้ภาพที่ต้องการตรวจสอบตรงกับภาพอ้างอิงได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้เกิดการเหลื่อมของภาพในบริเวณที่พิมพ์ด้วยความละเอียดสูง ทำให้ค่าพิกเซลที่ผิดพลาดที่เกิดจากจุดเปรอะเปื้อนไม่ทำให้ ค่าจำนวนพิกเซลที่ผิดพลาดเกินค่าขีดจำกัดที่กำหนด

- จุดผิดพลาดเนื่องจากการเลื่อนตำแหน่งที่พนักงานตรวจสอบไม่สามารถตรวจสอบได้ เนื่องจากไม่มีจุดอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบ ระบบจะตรวจพบทำให้ภาพที่พนักงานตรวจสอบระบุว่าเป็นขวดที่ถูก แต่ระบบระบุว่าเป็นขวดที่ผิด

- จุดผิดพลาดเนื่องจากการพิมพ์ไม่ครบที่มีลักษณะเป็นสีจางๆ ตรงจุดผิดพลาด ไม่ได้เป็นการพิมพ์ขาดหายโดยสมบูรณ์ ระบบจะตรวจสอบได้ไม่ดีเนื่องจากค่าจุดเปลี่ยนที่จะสามารถตรวจสอบภาพที่จางได้ต้องมีค่าน้อยมากๆ ซึ่งถ้าใช้ค่านี้พิกเซลจุดผิดพลาดของภาพที่ถูกต้อง จะได้ใกล้เคียงกับภาพที่มีความผิดพลาดมากเกินไป

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบการตรวจสอบอัตราการตรวจสอบผิดพลาด

ประเภทของจุดบกพร่อง	จำนวนภาพขวดที่ตรวจได้ถูกต้อง (ภาพ)
ภาพขวดที่พิมพ์ฉลากถูกต้อง (10 ภาพ)	8 *
ภาพขวดที่พิมพ์ฉลากบกพร่องเนื่องจากการพิมพ์ไม่ครบ (20 ภาพ)	
- พื้นที่จุดบกพร่องขนาดเล็ก (5 ขวด)	2
- พื้นที่จุดบกพร่องขนาดใหญ่ (15 ขวด)	15
ภาพขวดที่พิมพ์ฉลากบกพร่องเนื่องจากการพิมพเปื้อน (40 ภาพ)	
- พื้นที่จุดบกพร่องขนาดเล็ก (10 ขวด)	7
- พื้นที่จุดบกพร่องขนาดใหญ่ (30 ขวด)	28
ภาพขวดที่พิมพ์ฉลากเลื่อนตำแหน่ง (30 ภาพ)	30
ผลการตรวจสอบรวม (100 ขวด)	
- ภาพขวดที่พิมพ์ฉลากถูกต้อง (10 ขวด)	8
- ภาพขวดที่พิมพ์ฉลากบกพร่อง (90 ขวด)	82
อัตราความผิดพลาดพลาด (Error Rate)	
- อัตราความผิดพลาดพลาดเนื่องจากการตรวจชิ้นงานเสียเป็นดี (Misdetection Rate)	8.89%
- อัตราความผิดพลาดพลาดเนื่องจากการตรวจชิ้นงานดีเป็นเสีย (False-alarm Rate)	20%

หมายเหตุ * ระบบตรวจสอบผิดเนื่องจาก ภาพขวดที่ตรวจสอบเป็นภาพที่มีความผิดของลวดลายแบบเลื่อนตำแหน่งซึ่งพนักงานไม่สามารถสังเกตุได้

5.3.3 เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบต่อหนึ่งชิ้นงาน

เวลาที่จะทำการวัดในการทดลองนี้คือเวลาที่ใช้ในการประมวลผลต่อขวด เริ่มตั้งแต่การถ่ายภาพขวดจนกระทั่งได้ผลการตรวจสอบออกมา โดยการวัดค่าเวลาเฉลี่ยของขวดจำนวน 100 ขวด ได้เวลาเฉลี่ยต่อขวดคือ 1.58 วินาที

5.4 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้กล่าวมา สามารถสรุปสมรรถนะของขั้นตอนวิธีการตรวจสอบตามตัวแปรต่างๆ ทีละหัวข้อได้ดังนี้

- จุดบกพร่องขนาดเล็กที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้

ขนาดจุดบกพร่องที่เล็กที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้ จะขึ้นอยู่กับว่าภาพอ้างอิงที่ทำการเก็บเพื่อเป็นภาพมาตรฐานในการตรวจสอบข้อบกพร่องของภาพ ถูกเก็บได้ครอบคลุมองศาการหมุนของขวดรอบแนวแกนตั้งได้มากเพียงใด ถ้าการเก็บภาพอ้างอิงสามารถเก็บได้ครอบคลุมทุกองศาการหมุนของภาพ หรือ ภาพที่ถูกทดสอบไม่มีการหมุนรอบแนวแกน ก็จะสามารถตรวจสอบได้ละเอียด และอีกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความละเอียดคือ จุดบกพร่องที่เกิดขึ้นอยู่ในบริเวณของภาพที่สามารถพบได้ง่ายเพียงใด โดยถ้าจุดบกพร่องเกิดบริเวณที่ลวดลายที่พิมพ์มีความละเอียดและซับซ้อน รอยเปื้อนหรือรอยพิมพ์ขาดที่เป็นจุดบกพร่องก็จะปรากฏอย่างไม่เด่นชัดทำให้การตรวจสอบรอยเปื้อนในบริเวณที่มีลวดลายพิมพ์ด้วยความละเอียดสูงๆได้ไม่สมบูรณ์

- อัตราในการตรวจผิด

ค่าอัตราความผิดพลาดนั้นจะขึ้นอยู่กับชุดตัวอย่างที่นำมาทดสอบ โดยถ้าเป็นความบกพร่องจากการเลื่อนตำแหน่งขั้นตอนวิธีนี้สามารถตรวจสอบได้ดีมาก และถ้ามีความบกพร่องแบบรอยเปื้อนหรือแบบพิมพ์ขาดที่สามารถสังเกตุเห็นได้ง่ายๆ หรือมีขนาดใหญ่ ขั้นตอนวิธีนี้ก็สามารถตรวจสอบได้ดี แต่ถ้าเป็นจุดบกพร่องเป็นรอยเปื้อน หรือพิมพ์ไม่ครบที่มีขนาดเล็กมากๆ ขั้นตอนวิธีนี้ยังตรวจสอบได้ไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากจุดบกพร่องบางแบบจะอยู่ในบริเวณที่มีลวดลายการพิมพ์ที่ละเอียดมาก ทำให้ขั้นตอนวิธีเกิดความสับสนระหว่างการบิดเบี้ยวของลวดลายเนื่องจากการหมุนของขวดรอบแนวแกนตั้ง และเป็นจุดบกพร่อง

- เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบต่อหนึ่งชิ้นงาน

เวลาที่ใช้ตรวจสอบนั้นน้อยกว่าอัตราการการพิมพ์ขวดในสายการผลิตจริงอยู่เล็กน้อยซึ่งอาจจะใช้เวลานานกว่าที่ใช้ในการทดสอบถ้านำไปติดตั้งกับสายการผลิต ดังนั้นถ้ามีการปรับปรุงขั้นตอนวิธีในด้านความเร็ว หรือปรับปรุงอุปกรณ์ที่ใช้ให้มีความรวดเร็วมากขึ้น ก็อาจจะนำไปใช้กับสายการผลิตจริงได้