สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

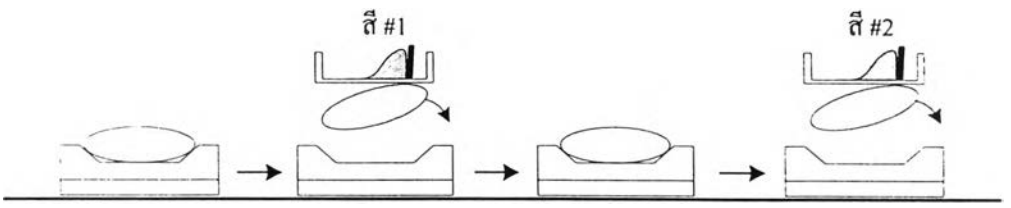
บทที่ 2

การพิมพ์ซิลค์สกรีนบนขวดพลาสติก

2.1 การพิมพ์ซิลค์สกรีน ในสายการพิมพ์ขวดพลาสติก

การพิมพ์ซิลค์สกรีน(Silkscreen) คือ การพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ผ่านแม่แบบ (Template) ที่มีลักษณะคล้ายผ้าตาข่ายแบบละเอียดซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับการพิมพ์ลวดลายเฉพาะของแต่ละสี โดยขณะพิมพ์หมึกพิมพ์จะไหลผ่านช่องตาข่ายของแม่แบบซึ่งทาบอยู่บนพื้นที่ที่ต้องการพิมพ์ไปติดบนพื้นผิวของวัสดุที่ต้องการ เหมาะกับการพิมพ์ขวดที่โค้งมน พิมพ์เสื้อ เป็นต้น

การพิมพ์ขวดพลาสติกด้วยการพิมพ์ซิลค์สกรีนในโรงงานอุตสาหกรรม [1] จะใช้วิธีพิมพ์ซิลค์สกรีนพิมพ์ทีละสีตามสายการผลิต (รูปที่ 2.1) โดยในการพิมพ์แต่ละสีนั้น ขวดพลาสติกที่วางอยู่บนแท่นจะถูกให้ความร้อนเพื่อให้สีติดง่าย แล้วจะถูกตัวยึดจับที่ปากขวดและก้นขวด ยกขวดขึ้นสัมผัสกับแม่แบบ พร้อมๆกับหมุนขวดเล็กน้อย เนื่องจากขวดมีความโค้ง ขณะที่เหนือแม่แบบหมึกพิมพ์ ถูกปาดด้วยแผ่นยางแข็ง ทำให้หมึกพิมพ์ไหลผ่านช่องตาข่ายของแม่แบบติดลงบนขวด กระบวนการพิมพ์นี้จะใช้เวลาประมาณ 1 – 2 วินาทีต่อหนึ่งสี



รูปที่ 2.1 กระบวนการพิมพ์ขวดด้วยวิธีซิลค์สกรีน

2.2 การควบคุมคุณภาพของการพิมพ์ขวดพลาสติก

ความผิดพลาดของการพิมพ์ขวดพลาสติก แบบที่ควบคุมโดยใช้พนักงานตรวจสอบเป็นระยะที่พบเห็นแบ่งเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ เรียงตามความถี่ที่พบ ดังนี้

1) การเลื่อนตำแหน่งของลวดลาย คือ สีถูกพิมพ์ไม่ตรงตำแหน่งที่ต้องการ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.2 การเลื่อนตำแหน่งอาจทำให้เกิดการเหลื่อมกันของลวดลายที่พิมพ์ การเลื่อนตำแหน่งนี้อาจไม่สามารถตรวจพบได้ด้วยสายตา ในกรณีที่เลื่อนไปไม่มากและลวดลายของสีใกล้เคียงมีการเลื่อนไปด้วย ในกรณีนี้ อาจตรวจว่าเป็นขวดที่พิมพ์ถูกต้องได้

สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเลื่อนตำแหน่งของสีที่ใช้พิมพ์เกิดจาก การติดตั้งแม่พิมพ์ไม่ตรงตำแหน่ง อุปกรณ์ยึดจับขวดชำรุด ฯลฯ สามารถตรวจสอบได้โดยสังเกตเทียบกับตำแหน่งของลวดลายของสีใกล้เคียง

2) การเปรอะเปื้อน คือ สีถูกพิมพ์เกินพื้นที่ที่ต้องการทำให้ลวดลายไม่ถูกต้อง ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.3 อาจซ้อนทับกับลวดลายของสีอื่น หรือ มีคราบสกปรกเปื้อนขวดในขณะทำการพิมพ์

สาเหตุหลักเกิดจาก แม่แบบชำรุด การหมุนขวดที่ผิดพลาดขณะพิมพ์ ความเข้มข้นของสีที่ใช้พิมพ์ไม่ได้มาตรฐาน เครื่องพิมพ์สกปรก ฯลฯ สามารถตรวจสอบโดยสังเกตลวดลายของสีที่พิมพ์ว่ามีสีเปรอะเปื้อน และสังเกตขวดว่ามีคราบสกปรกหรือไม่

3) ลวดลายไม่สมบูรณ์ คือ ลวดลายที่ต้องการมีสีติดไม่ครบถ้วน จาง หรือขาดหายเป็นบางส่วน ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.4 ถ้าลวดลายที่พิมพ์เป็นข้อความ อาจทำให้ความหมายผิดเพี้ยนได้

สาเหตุหลักเกิดจากแม่แบบอุดตัน แม่แบบชำรุด การหมุนขวดที่ผิดพลาดขณะพิมพ์ ความเข้มข้นของสีที่ใช้พิมพ์ไม่ได้มาตรฐาน สามารถตรวจสอบโดยสังเกตลวดลายของสีที่พิมพ์ว่าครบถ้วนหรือไม่

รูปที่ 2.2 ขวดที่มีลวดลายไม่ตรงตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยส่วนของตัวอักษรด้านซ้ายล่าง ผลส้ม และใบไม้ พิมพ์ในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.3 ขวดที่มีการพิมพ์เปรอะเปื้อน โดยเปื้อนที่ตำแหน่งมุมบนซ้ายของภาพ

รูปที่ 2.4 ขวดที่มีการพิมพ์ลวดลายไม่สมบูรณ์ โดยพิมพ์ไม่ครบถ้วนที่ตัวอักษรด้านล่างซ้ายของภาพ

4) ความเข้มของลวดลายไม่ตรงตามต้องการ คือ สีที่ใช้พิมพ์ลวดลาย จางหรือเข้มเกินไป ไม่ได้มาตรฐานตามที่ต้องการ

สาเหตุหลักเกิดจาก สีที่ผสมไม่ได้ที่, สีใกล้หมด ฯลฯ ตรวจโดยเปรียบเทียบกับสีที่เข้มและอ่อนที่สุดที่ยอมรับได้

สำหรับระบบควบคุมคุณภาพที่ใช้อยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมพิมพ์ขวดพลาสติกที่มีไว้สำหรับการตรวจความผิดพลาดที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักคือ ระบบควบคมคุณภาพแบบใช้พนักงานตรวจสอบ และระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติ ดังนี้

1) ระบบควบคุมคุณภาพแบบใช้พนักงานตรวจสอบ จะใช้สายตาของพนักงานที่มีความเชี่ยวชาญเป็นพิเศษตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในการพิมพ์ขวดจะใช้สายตาของพนักงานตรวจสอบคุณภาพของขวดที่พิมพ์เสร็จแล้วโดยเทียบกับขวดอ้างอิง การตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากจากการเลื่อนของลวดลาย การเปรอะเปื้อน และลวดลายที่ไม่สมบูรณ์ สามารถตรวจสอบได้ละเอียดประมาณ 1 มิลลิเมตร ส่วนความผิดพลาดจากความเข้มของลวดลายที่ไม่ตรงตามต้องการยังตรวจสอบได้ไม่ดีนัก โดยเฉพาะกรณีที่ความเข้มสีใกล้เคียงกับสีเข้มหรืออ่อนที่สุด

2) ระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติ เป็นการนำเอาเครื่องมือมาทำหน้าที่ควบคุมคุณภาพแทนพนักงานโดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบนอกสายการผลิต (Off-line) และแบบภายในสายการผลิต (In-line) ดังนี้

2.1) แบบนอกสายการผลิต เป็นระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติที่ทำการตรวจสอบคุณภาพขณะที่ผลิตภัณฑ์ไม่อยู่บนสายการผลิต โดยมักจะใช้พนักงานทำหน้าที่สุ่มผลิตภัณฑ์ที่เสร็จสมบูรณ์จากสายการผลิต ไปตรวจสอบด้วยเครื่องมือตรวจสอบคุณภาพ

2.2) แบบในสายการผลิต เป็นระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติที่ทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังจากที่ผลิตเสร็จแล้วในทันทีหรือขณะทำการผลิต โดยจะตรวจสอบบนสายการผลิต หรือติดตั้งให้เป็นส่วนหนึ่งของสายการผลิต

ข้อดีของระบบควบคุมคุณภาพแบบในสายการผลิตคือสามารถตรวจสอบแบบชิ้นต่อชิ้น (100% Check) ได้ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบทุกชิ้น สามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากการตรวจสอบคุณภาพเป็นส่วนหนึ่งของสายการผลิต แต่ระบบนี้จะมีราคาสูงเนื่องจากต้องออกแบบโดยเฉพาะและต้องสามารถทำงานตรวจสอบคุณภาพได้ทันกับอัตราการผลิตของเครื่องจักร

2.3 ระบบตรวจสอบภาพชิ้นงานโดยทั่วไป

ในระบบการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ส่วนของการตรวจสอบชิ้นงานที่ผลิตขึ้นมานับเป็นส่วนสำคัญในขั้นตอนการผลิต เพราะโดยทั่วไปแล้วฝ่ายการผลิตก็ต้องการให้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ 100 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่ถูกส่งออกไปยังมือลูกค้า ในขบวนการตรวจสอบ ส่วนที่ยากที่สุด

ส่วนหนึ่งคือการตรวจสอบคุณภาพภายนอกของชิ้นงาน (Visual Appearance) ส่วนใหญ่แล้วการตรวจสอบแบบนี้จะใช้พนักงานเข้ามาทำหน้าที่นี้ ซึ่งประสิทธิภาพในการตรวจสอบไม่คงที่และยังไม่ดีพอในบางครั้ง ดังนั้นการสร้างระบบตรวจสอบภาพชิ้นงานอัตโนมัติ (Automated Visual Inspection System) เพื่อทำหน้าที่เป็นระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง

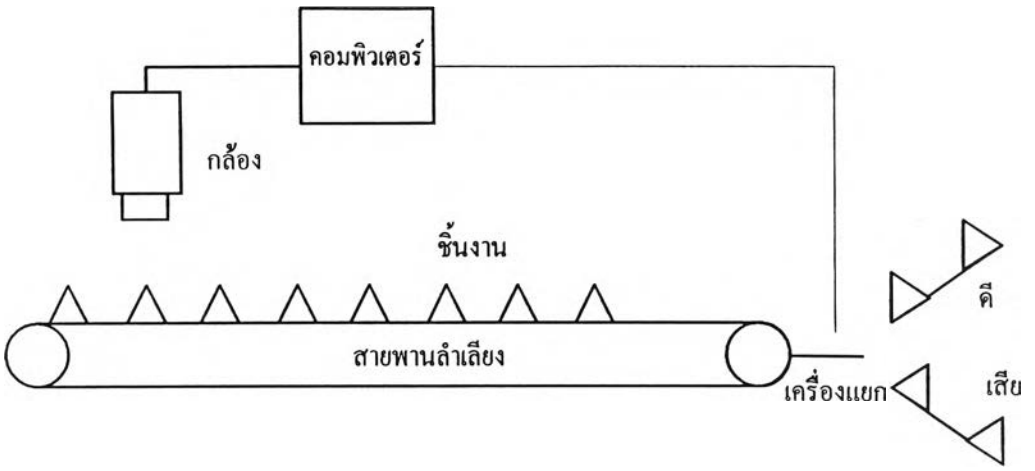
ข้อดีของการใช้ระบบการตรวจสอบภาพชิ้นงานอัตโนมัติคือ

- ระบบสามารถทำงานได้รวดเร็วมาก โดยสามารถตรวจสอบฉลากเสร็จได้ภายใน 1.58 วินาที
- ไม่ต้องใช้พนักงานมาทำงานที่ซ้ำซากน่าเบื่อ (Routine)
- คุณภาพในการตรวจสอบชิ้นงานดี และสม่ำเสมอ
- ระบบสามารถปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมที่พนักงานไม่สามารถเข้าไปตรวจสอบได้
- สามารถเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจากชิ้นงานที่ตรวจสอบเพื่อใช้ในการปรับปรุงการผลิตได้

นอกจากนี้หากใช้พนักงานตรวจสอบจะไม่สามารถตรวจสอบขวดทุกขวดแบบชิ้นต่อชิ้นขณะพิมพ์ได้ ต้องตรวจสอบภายหลัง เนื่องจากเครื่องพิมพ์ขวดทำงานได้เร็วกว่าพนักงานตรวจสอบมากทำให้หากเกิดความผิดพลาดจนเกิดความเสียหายจำนวนมากก่อนที่จะตรวจพบความเสียหายในกรณีที่ใช้ระบบการตรวจสอบภาพชิ้นงานอัตโนมัติทำหน้าที่เป็นระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติ จะสามารถทำงานได้รวดเร็วทันกับเครื่องพิมพ์ขวด ทำให้สามารถตรวจสอบขวดได้ทุกขวดแบบชิ้นต่อชิ้นขณะพิมพ์ เมื่อเกิดความผิดพลาดจะสามารถหยุดการพิมพ์ได้ทันทีจึงเป็นการลดความเสียหาย แต่ระบบตรวจสอบอัตโนมัติจะมีข้อเสียที่ด้อยกว่าการใช้พนักงานตรวจสอบอยู่ดังนี้

- อาจจะตรวจสอบความผิดพลาดที่นอกเหนือจากที่กำหนดเอาไว้ไม่ได้
- ไม่มีดุลพินิจแบบมนุษย์ทำให้อาจตรวจสอบสิ่งที่มนุษย์บอกว่าถูกต้อง เป็นสิ่งที่ผิดพลาดได้ เช่น การเลื่อนของลวดลายบนพื้นที่กว้างๆที่ไม่มีสิ่งเปรียบเทียบมนุษย์จะบอกว่าลวดลายไม่เลื่อน แต่ระบบตรวจสอบจะบอกว่ามีความผิดพลาด

โครงสร้างโดยทั่วไปของระบบการตรวจสอบภาพชิ้นงาน [2] นั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.5 โดยกล้องและคอมพิวเตอร์ จะทำหน้าที่แทนพนักงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบในระบบการผลิต ส่วนสายพานลำเลียงจะทำหน้าที่เลื่อนชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่จะทำการถ่ายภาพชิ้นงาน จากนั้นกล้องจะเก็บข้อมูลภาพและส่งไปให้คอมพิวเตอร์เพื่อทำการวิเคราะห์ และประมวลผลต่างๆ และหลังจากได้ผลลัพธ์ในการตรวจสอบแล้วคอมพิวเตอร์จะควบคุมเครื่องแยกเพื่อทำหน้าที่แยกชิ้นงานที่ดีและที่เสียออกจากกัน



รูปที่ 2.5 โครงสร้างโดยทั่วไปของระบบตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติ

2.4 ระบบตรวจสอบภาพอัตโนมัติที่มีการพัฒนาขึ้นมาใช้งานแล้ว

จากการสำรวจและศึกษาระบบที่มีการผลิตมาใช้งานและจำหน่ายแล้วซึ่งได้ทำมา 2 ระบบ คือ Image Checker 30 [3] และ VIScanner SE24 [4] สำหรับรายละเอียดของแต่ละระบบสามารถสรุปได้ดังนี้

2.4.1 Image Checker 30

รายละเอียดของวิธีการตรวจสอบของระบบนี้ คือ จะมีฟังก์ชันต่างๆ จำนวนมาก เพราะนอกจากที่ระบบนี้สามารถนำไปใช้ในระบบการตรวจสอบการพิมพ์ได้แล้ว ระบบนี้ยังสามารถนำไปตรวจสอบชิ้นงานทั่วไปได้อีกด้วย ฟังก์ชันที่มีในระบบนี้ ได้แก่ ฟังก์ชันที่เกี่ยวกับการวัด (Measurement) ที่สามารถทำงานร่วมกับระบบควบคุมแขนกล (Robot Controller) เพื่อนำไปใช้ในสายงานด้านการประกอบชิ้นงาน (Assembly Line) ฟังก์ชันที่ต่างๆที่มีอยู่ในระบบนั้นจะแบ่งออกเป็นฟังก์ชันย่อยๆหลายฟังก์ชันทำงานต่อเนื่องกัน และในแต่ละฟังก์ชันย่อยเหล่านั้นได้แก่ ฟังก์ชันตรวจสอบ (Checker Function), ฟังก์ชันปรับตำแหน่ง (Position Adjustment Function), ฟังก์ชันผลลัพธ์ (Output Function) สำหรับข้อมูลภาพที่ใช้ในการประมวลผลต่างๆของระบบนี้จะเป็นข้อมูลภาพสองระดับ (Binary Image) แต่ข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูล 256 ระดับ จึงต้องทำการแปลงข้อมูลเป็นสองระดับก่อนโดยใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) ที่ผู้ใช้กำหนด สำหรับรายละเอียดของแต่ละฟังก์ชันนั้นมีดังต่อไปนี้

● ฟังก์ชันตรวจสอบ เป็นฟังก์ชันที่ทำการวัดค่าต่างๆออกมาจากภาพแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ เพื่อตัดสินใจว่าชิ้นงานนั้นดี หรือเสีย ฟังก์ชันนี้สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 3 ฟังก์ชันย่อยดังนี้

- เส้น (Line) เป็นฟังก์ชันสำหรับวัดค่าจำนวนพิกเซลที่กำหนด (ค่า 0 คือพิกเซลสีดำ และ ค่า 1 คือพิกเซลสีขาว) ในบริเวณของเส้นที่กำหนดโดยผู้ใช้แล้วนำค่านั้นมาเปรียบเทียบกับค่าขอบจำกัดบนและล่าง (Upper and Lower Limit) ที่กำหนดโดยผู้ใช้ ถ้าภาพใดนับจำนวนพิกเซลมีค่าอยู่ในขอบเขตดังกล่าวก็จะถือว่าเป็นชินงานที่ดี มิฉะนั้นแล้วก็จะจัดเป็นชิ้นงานที่เสีย

- กรอบวินโดวส์ (Window) ฟังก์ชันนี้คล้ายกับฟังก์ชันเส้นที่กล่าวไปแล้วแต่เป็นการนับจำนวนพิกเซลในบริเวณพื้นที่ที่กำหนด

- ฟังก์ชันเปรียบเทียบรูปแบบ (Pattern Matching) เป็นฟังก์ชันสำหรับการตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบแบบจุดต่อจุดระหว่างภาพที่ต้องการตรวจสอบกับภาพอ้างอิงภาพในบริเวณกรอบวินโดวส์ที่กำหนดแล้ววัดค่าออกมาเป็นจำนวนจุดที่แตกต่างกันของทั้งสองภาพแล้วนำค่าที่ได้มาตัดสินว่าชิ้นงานดีหรือเสีย

● ฟังก์ชันปรับตำแหน่ง ในระบบนี้การปรับตำแหน่งจะทำการปรับตำแหน่งในแนวตั้งและแนวนอนโดยใช้ข้อมูลขอบภาพ (Edge Data) ของภาพชิ้นงานเป็นจุดอ้างอิง ในการคำนวณตำแหน่งที่เลื่อนไป เพื่อนำไปบวกชดเชยเข้าไปเพื่อปรับตำแหน่งของฟังก์ชันตรวจสอบที่กล่าวมาแล้ว

● ฟังก์ชันเอาท์พุท จะเป็นฟังก์ชันที่ทำการตัดสินใจจากผลการตรวจสอบของฟังก์ชันตรวจสอบต่างๆ ที่เรียกใช้งาน เพื่อจะให้ผลลัพธ์สุดท้ายออกมาในรูป ผ่าน หรือไม่ผ่าน โดยผลลัพธ์สุดท้ายจะได้จากการรวมกันทางตรรก (Logic Combination) ของผลลัพธ์ของฟังก์ชันตรวจสอบย่อยต่างๆที่ใช้งาน

จากรายละเอียดของฟังก์ชันทั้ง 3 ส่วนที่ได้กล่าวมานั้น ระบบจะนำไปใช้งานตรวจสอบชิ้นงานอะไร จะขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานทำการปรับแต่งและตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแต่ละฟังก์ชันซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ เกณฑ์ในการตัดสิน สภาพแวดล้อมต่างๆ และองค์ประกอบอื่นๆ นอกจากนี้ในระบบนี้ยังมีฟังก์ชันอื่นที่น่าสนใจ เช่น ฟังก์ชันคำนวณ (Numeric Calculation) ส่วนการดึงลักษณะสำคัญ (Feature Extraction) ซึ่งเป็นฟังก์ชันสำหรับการดึงลักษณะสำคัญ (Feature) ที่ต้องการภายในบริเวณพื้นที่กรอบวินโดวส์ที่กำหนด ซึ่งลักษณะสำคัญได้แก่ จำนวนวัตถุ (Number of Objects) จุดศูนย์กลางของวัตถุ(Center of Gravity) พื้นที่ (Arca) และอื่นๆ

2.4.2 VIScanner SE 24

ลักษณะของเครื่องนี้จะคล้ายกับระบบ Image Checker 30 ที่กล่าวมาแล้ว คือ หลักการในการตรวจสอบจะใช้การตรวจสอบโดยการนับจำนวนพิกเซลของภาพชิ้นงานในบริเวณพื้นที่ที่กำหนดซึ่งเรียกว่า กรอบวินโดวส์ แต่ในระบบนี้จะไม่แบ่งออกเป็นฟังก์ชั่นย่อยๆที่ทำงานต่อเนื่องกันดังเช่นระบบแรก แต่จะแบ่งเป็นกรอบวินโดวส์ย่อยๆ หลายๆอัน โดยรวมขั้นตอนต่างๆของการตรวจสอบทั้งหมดอยู่ในฟังก์ชันกรอบวินโดวส์อย่างดียว เช่น การแปลงภาพสองระดับ, การปรับตำแหน่ง, การนับจำนวนพิกเซล ซึ่งจะทำให้การใช้งานค่อนข้างง่ายกว่าระบบแรกที่จะต้องทำการตั้งค่าฟังก์ชันหลายฟังก์ชันจึงจะใช้ตรวจสอบได้