

การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

DEVELOPMENT OF PLASTIC-SHEET PUNCHER CONTROL SYSTEM

นเร็นต์ ชัยธานี

NAREN CHAITHANEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาทศมศักดิ์สุทรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-EN-M-080-135

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

DEVELOPMENT OF PLASTIC-SHEET PUNCHER CONTROL SYSTEM



T105473

นเร็นศ ชัยธานี

NAREN CHAITHANEE

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....105473
วัน,เดือน,ปี..... 24 พ.ย. 2552



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-EN-M-030-135

DEVELOPMENT OF PLASTIC-SHEET PUNCHER CONTROL SYSTEM

NAREN CHAITHANEE

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2009

KMITL-2009-EN-M-030-135

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก
Thesis Title Development of Plastic-Sheet Puncher Control System
นักศึกษา นายนเร็นศ ชัยธานี
รหัสประจำตัว 49060307
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อุจน์ต์ พิณโสภณ
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-EN-M-030-135

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.มนต์ศักดิ์	พิมสาร	
ดร.ณัฐวุฒิ	เดไปวา	
ดร.อำนาจ	คณะรัฐ	
ดร.จิตะพล	หุยะนันท์	
ผศ.ดร.อุจน์ต์	พิณโสภณ	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2552 เวลา 09.30-11.30 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 1

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2552

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก
นักศึกษา	นาย นเร็นศ ชัยธานี
รหัสนักศึกษา	49060307
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.อุนนต์ พิณโสภณ

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับสร้างแบบในการทอพรอม ซึ่งระบบควบคุมประกอบด้วยสองส่วนหลักๆคือ ส่วนที่ 1 โปรแกรมประมวลผลภาพ ทำหน้าที่วิเคราะห์ภาพต้นแบบเพื่อค้นหาพิกัดการเจาะจากขอบ โดยได้นำเอาทฤษฎีการหาขอบภาพด้วยวิธี Laplacian of Gaussian (LOG) มาใช้ในการคำนวณหาพิกัดของขอบภาพต้นแบบ ซึ่งการหาขอบภาพด้วยวิธี LOG นั้นมีข้อดีคือการหาขอบภาพจากตำแหน่งที่อนุพันธ์อันดับที่สองของความเข้มของพิกเซลมีค่าเท่ากับศูนย์ (Zero crossing) ทำให้ได้ขอบภาพที่บาง และในส่วนที่ 2 ระบบควบคุมตำแหน่งของหัวเจาะ ควบคุมการเคลื่อนที่และจังหวะการเจาะของหัวเจาะจำนวน 4 หัวเจาะ ให้เคลื่อนที่ไปตามพิกัดที่ได้คำนวณจากโปรแกรมประมวลผลภาพ และทำการเจาะในตำแหน่งดังกล่าว ซึ่งจากการทดสอบระบบการควบคุมตำแหน่งของหัวเจาะพบว่าเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกนั้นมีค่าความผิดพลาดในการเจาะตามแนวแกน X เท่ากับ 0.0443 มิลลิเมตรต่อการเคลื่อนที่ 10 มิลลิเมตร และความผิดพลาดตามแนวแกน Y เท่ากับ 1.2542 มิลลิเมตรต่อการเคลื่อนที่ 10 มิลลิเมตร

Thesis Title	Development of Plastic-Sheet Puncher Control System
Student	Mr. Naren Chaithanee
Student ID.	49060307
Degree	Master of Engineering
Programme	Mechanical Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Unnat Pinsopon

ABSTRACT

This thesis is to study and develop the plastic-sheet puncher control system for the use in carpet patterning process. The control system consists of two parts. The first part is the image processing program by which the raw image is analyzed in order to obtain punching coordinates from the image edge. Laplacian of Gaussian (LOG) edge detection technique is used to calculate the edge coordinate of raw image. With the LOG edge detection, the image edge is defined as the locations which second derivatives of the pixel intensities are zeros (zero crossing). Therefore, thin edge could be obtained. The second part of the plastic-sheet puncher control system is the punchers coordinate control system. The motions of four punchers are controlled to follow the punching coordinates calculated from image processing program, and punch onto those positions. The experimental results show that the punching errors along x and y axis of the plastic-sheet puncher control system are 0.0443 millimeters per 10 millimeters of travel and 1.2542 millimeters per 10 millimeters of travel accordingly.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำปรึกษาจาก ผศ.ดร.อุณหัต พิน โสภณ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และ ดร.ณัฐวุฒิ เดไปวา ข้าพเจ้ารู้สึกทราบบ้างในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ทั้งสองท่าน และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกๆท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ชมรมยานยนต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณคุณคุณมานพ มาสมทบ ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆตลอดมา

ขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้มอบทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นเร็นศ ชัยธานี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก.....	1
1.2 การหาขอบภาพ	3
1.3 วัตถุประสงค์.....	4
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	4
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.7เค้าโครงวิทยานิพนธ์.....	5
บทที่ 2 การประมวลผลภาพและการหาขอบภาพ.....	6
2.1 ภาพและความหมายของพิกเซล.....	6
2.2 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing).....	7
2.2.1 การแทนภาพด้วยภาพแบบดิจิทัล.....	7
2.2.2 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบดิจิทัล.....	9
2.3 การสร้างภาพไบนารี.....	10
2.4 การคอนโวลูชัน (Convolution).....	11
2.5 การหาขอบภาพ.....	12
2.5.1 วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง.....	13
2.5.1 วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับที่สอง	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกและการควบคุม.....	20
3.1 หลักการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก.....	20
3.2 หลักการออกแบบเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก.....	20
3.3 ส่วนประกอบของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก.....	22
3.3.1 ชุดหัวเจาะ.....	22
3.3.2 โซลินอยด์วาล์ว.....	23
3.3.3 มอเตอร์.....	23
3.3.4 ลิเนียร์เบริง.....	24
3.3.5 สกรูส่งกำลัง.....	25
3.3.6 ลูกกลิ้งป้อนแผ่นพลาสติก.....	25
3.3.7 โครงสร้างหลัก.....	26
3.3.8 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์.....	26
3.4 การออกแบบโปรแกรมหาขอบภาพและพิกัดการเจาะ.....	27
3.4.1 โปรแกรมหาขอบภาพและพิกัดการเจาะ.....	27
3.4.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมหาขอบภาพและพิกัดการเจาะ.....	31
3.4.3 การสร้างโค้ดในการสั่งงาน.....	32
3.5 การควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก.....	33
3.5.1 การควบคุมตำแหน่งการเจาะของหัวเจาะ.....	33
3.5.2 การสั่งงานหัวเจาะ.....	36
3.5.3 การส่งถ่ายข้อมูลของเครื่องเจาะกับคอมพิวเตอร์.....	36
3.6 วิธีการใช้งาน โปรแกรม Plastic Sheet Puncher.....	37
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	45
4.1 การเลือกวิธีการหาขอบภาพมาใช้กับโปรแกรมหาพิกัดการเจาะ.....	45
4.1.1 การทดสอบวิธีการหาขอบภาพด้วยภาพต่างๆที่รู้ตำแหน่งขอบภาพที่แน่นอน.....	45
4.1.2 ผลการเกิดขอบภาพจากการเลือกค่าเทรสโวลด์.....	49
4.2 การทดลองหาสมรรถนะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก.....	52
4.2.1 การเตรียมโค้ดสั่งงานสำหรับการทดลองหาสมรรถนะของเครื่องเจาะ.....	53

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2 การทดลองหาสมรรถนะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก.....	54
4.2.3 การวัดค่าความผิดพลาดของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก.....	58
4.2.4 ผลการวัดค่าความผิดพลาดของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก.....	60
4.3 การทดลองโปรแกรมหาขอบภาพและเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกกับงานจริง	62
บทที่ 5 สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ	65
5.1 สรุปการวิจัย.....	65
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	66
บรรณานุกรม.....	67
ภาคผนวก.....	69
ภาคผนวก ก. ความเร็วของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกเมื่อทดลองกับภาพอื่นๆ.....	70
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	74
ภาคผนวก ค. แบบเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก.....	82
ประวัติผู้เขียน	85

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ลักษณะการเกิดขอบภาพของภาพเส้นตรงในแนวนอน	47
4.2 ลักษณะการเกิดขอบภาพของภาพเส้นตรงเอียง 30 องศา	48
4.3 ลักษณะการเกิดขอบภาพของภาพส่วนโค้ง	48

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนในการทอพรอม	1
2.1 ตำแหน่งของพิกเซล	6
2.2 เมตริกซ์ของพิกเซลในภาพ	7
2.3 การทำ Sampling และ Quantization	8
2.4 ภาพทresholdเลอร์	9
2.5 การทำคอน ไวลูชัน	11
2.6 การหาขอบภาพ	12
2.7 ไดอะแกรมการหาขอบภาพโดยวิธีของ Canny	16
3.1 ส่วนประกอบเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก	21
3.2 เครื่องเจาะแผ่นพลาสติก	22
3.3 ชุดหัวเจาะ	22
3.4 โซลินอยด์วาล์ว	23
3.5 มอเตอร์	24
3.6 ลิเนียร์แบร์ริง	24
3.7 สกรูส่งกำลัง	25
3.8 ลูกกลิ้งป้อนแผ่นพลาสติก	25
3.9 โครงสร้างหลัก	26
3.10 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	26
3.11 การเลือกสีอ้างอิง	28
3.12 ผลการเปลี่ยนเป็นภาพไบนารี	28
3.13 ผลการเปลี่ยนเป็นภาพเกรย์สเกล	28
3.14 ขั้นตอนการหาขอบภาพของโปรแกรม	29
3.15 ไดอะแกรมการหาขอบภาพด้วยวิธี LOG	30
3.16 ไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมหาพิกัดการเจาะ	31
3.17 การสร้างโค้ดสั่งงาน	32
3.18 ไดอะแกรมการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก	33
3.19 การสั่งงานหัวเจาะ	36
3.20 โปรแกรม Plastic sheet puncher	37

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21 ส่วนประกอบต่างๆในเมนูบาร์.....	38
3.22 ใสรูปเข้ามาในโปรแกรม.....	39
3.23 เลือกไฟล์ภาพ.....	39
3.24 แสดงภาพในโปรแกรม.....	40
3.25 เลือกวิธีการหาขอบภาพ.....	40
3.26 กำหนดสีต้นแบบ.....	41
3.27 เลือกสีต้นแบบ.....	41
3.28 เลือกสีสำหรับวาดจุด.....	42
3.29 ผลลัพธ์การหาขอบภาพและพิกัดการเจาะ.....	42
3.30 แสดงพิกัด X-Y.....	43
3.31 ส่งข้อมูลให้กับเครื่องเจาะ.....	43
3.32 ส่งข้อมูลเสร็จสมบูรณ์.....	44
4.1 ภาพต้นแบบ.....	46
4.2 ตำแหน่งของขอบภาพ.....	47
4.3 ผลจากการกำหนดค่าเทรสโฮลด์ที่ต่างกันด้วยวิธีการหาขอบภาพของ Sobel.....	50
4.4 ผลจากการกำหนดค่าเทรสโฮลด์ที่ต่างกันด้วยวิธีการหาขอบภาพของ Canny.....	51
4.5 ผลจากการหาขอบภาพด้วยวิธี LOG.....	52
4.6 การสุ่มค่า.....	53
4.7 ผลจากการสุ่มค่าพิกัดการเจาะ.....	54
4.8 ใตอะแกรมการทดลองหาประสิทธิภาพของโปรแกรม.....	55
4.9 พิกัดที่ได้จากการสุ่มของโปรแกรม.....	56
4.10 ภาพของแต่ละส่วนที่ได้จากการแสดกน.....	57
4.11 ภาพจากการเจาะแล้วนำมาแสดกน.....	58
4.12 การเปรียบเทียบขนาด.....	59
4.13 การวัดระยะห่างของรู.....	59
4.14 ค่าความผิดพลาดตามแนวแกน X.....	60
4.15 ค่าความผิดพลาดตามแนวแกน Y.....	61
4.16 การเลือกสีที่ต้องการหาขอบ.....	62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.17 ผลการหาขอบภาพในส่วนของสี่เหลี่ยม.....	63
4.18 การหาขอบภาพของภาพทรูคัลเลอร์	63
4.19 ผลที่ได้จากการหาขอบภาพของภาพทรูคัลเลอร์	64
4.20 ผลที่ได้จากการเจาะ	64

ขั้นตอนในการเจาะรูบนแผ่นพลาสติกนั้นเป็นขั้นตอนอีกขั้นตอนหนึ่งที่มีความที่สำคัญ และเป็นขั้นตอนที่เป็นเหตุให้เกิดการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับทำแบบทอพรหมขึ้นมา ในขั้นตอนนี้โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปยังไม่มีเครื่องมือเฉพาะทางที่ใช้ในการเจาะรูตามแบบลายเส้น โดยทั่วไปจะเป็นการใช้แรงงานคนในการตอกเพื่อเจาะรูตามลายเส้น เพื่อให้เกิดการพัฒนากระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมทอพรหม จึงได้มีการสร้างเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับทำแบบทอพรหม โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการลดขั้นตอนการผลิต และยังสามารถจัดสรรทรัพยากรบุคคลไปทำงานในส่วนอื่นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตได้อีกด้วย

ดังนั้นในบทความวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก เพื่อให้เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสามารถนำไปใช้งานได้จริง และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกนี้ประกอบด้วยสองส่วนหลักๆ คือ ส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์และส่วนของระบบควบคุมภายในตัวเครื่อง ซึ่งในส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นทำหน้าที่หาพิกัดในการเจาะของหัวเจาะจากภาพต้นแบบ ใช้ทฤษฎีการหาขอบภาพเข้ามาช่วยในการคำนวณ ซึ่งได้นำเอาเทคนิคการหาขอบภาพของ Roberts Sobel, Prewitt, Canny และวิธี Laplacian of Gaussian (LOG) มาศึกษาเปรียบเทียบกับความเหมาะสมกับการใช้งานจริง และในอีกส่วนหนึ่งคือส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก ซึ่งเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ในสองแนวแกน มีหัวเจาะแผ่นพลาสติก 4 หัวติดตั้งไว้บนคานเดียวกันสำหรับเจาะแผ่นพลาสติกให้เป็นลายเส้นประ การทดลองได้นำเอาวิธีการหาขอบภาพแบบต่างๆเหล่านี้ มาทำการตรวจหาขอบภาพที่เป็นภาพพื้นฐานทั่วไปคือ ภาพที่มีส่วนของเส้นตรงในแนวนอน แนวเอียง 30 องศาและภาพส่วนโค้ง เพื่อดูถึงความสามารถในการหาขอบภาพ และเลือกวิธีการหาขอบภาพที่เหมาะสมกับการใช้งานมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมหาขอบภาพ

เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกได้ถูกสร้างขึ้นและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่ปี พ.ศ.2548 จัตุพล อนันตกุล และคณะ [7] ได้สร้างเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับสร้างแบบทอพรหม โดยตัวเครื่องมีลักษณะคล้ายเครื่องพิมพ์แต่มีขนาดใหญ่กว่ามีการเคลื่อนที่แบบสองแนวแกน หนึ่งแกนสำหรับป้อนแผ่นพลาสติก อีกหนึ่งแกนสำหรับเคลื่อนที่พาดหัวเจาะไปด้วยกัน ใช้สเตปปีงมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนและใช้โซลินอยด์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนหัวตอก ซึ่งมีทั้งหมด 4 หัว

ในปี พ.ศ.2549 สมบัติ ทำนา และคณะ [11] ได้ทำการพัฒนาเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับสร้างแบบทอพรหม โดยได้พัฒนาในส่วนของความเร็วในการเจาะของตัวเครื่อง ทำให้ตัวเครื่อง มีความเร็วมากขึ้น คิดเป็น 10 รูดอวินาที

ในปี พ.ศ.2550 วรพงษ์ วงษ์สมศรี และคณะ [10] ได้ทำการพัฒนาเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับสร้างแบบทอพรหมค่อในส่วนของตัวเครื่องเจาะให้มีความแม่นยำในการเจาะมากขึ้น คิดเป็น 96 เปอร์เซ็นต์

ในปี พ.ศ.2551 พิศาล มุลอำคา [9] ได้ทำการพัฒนาเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับสร้างแบบทอพรหมในส่วนของตัวเครื่อง โดยการนำวิธีการทางไฟในด้อยเลเมนต์มาวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเครื่องเจาะเพื่อดูพฤติกรรมการสั่นสะเทือนของตัวเครื่องในเวลาที่เครื่องทำงาน และได้ทำการออกแบบโครงสร้างตัวเครื่องเจาะใหม่เพื่อลดการสั่นสะเทือนของตัวเครื่องขณะเครื่องทำงาน

จากการพัฒนาเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกอย่างต่อเนื่องทำให้เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกนั้นมีประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่ก็ยังคงมีข้อด้อยอยู่คือ โปรแกรมแปลงภาพเป็นพิกัดในการเจาะนั้นสามารถใช้ได้กับภาพขาวดำเท่านั้น และจะส่งเจาะทุกจุดที่เป็นพื้นที่สีดำทำให้เครื่องเจาะใช้เวลาในการทำงานนานเพราะต้องเจาะรูทุกๆ ซึ่งไม่มีความจำเป็น และข้อด้อยอีกอย่างคือ ระบบควบคุมตำแหน่งของหัวเจาะและระยะการป้อนแผ่นพลาสติก ใช้เป็นสแต็ปมอเตอร์ไม่มีการเช็คตำแหน่งเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของระยะทาง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเอาเทคนิคการหาขอบภาพแบบต่างมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาค่าที่เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกต้องเจาะแผ่นพลาสติกทุกๆ ด้วยวิธีการหาขอบภาพนั้นจะทำให้เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกเจาะเฉพาะขอบของบริเวณสี่ที่ค้องเจาะเท่านั้น ทำให้เครื่องเจาะใช้เวลาในการทำงานน้อยลงและสามารถใช้หาขอบของภาพทิวทัศน์เลอร์ (ภาพสี) ได้และสามารถเลือกได้หลายสี ในส่วนของระบบควบคุมตำแหน่งของหัวเจาะและระยะป้อนแผ่นพลาสติกได้เปลี่ยนมาใช้ดีซีมอเตอร์ร่วมกับเอนโคเดอร์เพื่อเช็คตำแหน่ง ทำให้มีความแม่นยำมากขึ้น

1.2 การหาขอบภาพ

ในปัจจุบันเทคนิคการหาขอบภาพนั้นมีความสำคัญอย่างมากในการทำงานในด้านประมวลผลภาพ (Image processing) ไม่ว่าจะเป็นการตรวจหาตัวหนังสือและตัวเลขบนป้ายทะเบียนรถเพื่อรู้ว่าเป็นตัวอะไร [5] หรือจะเป็นการตรวจหาขอบถนนและป้ายจราจรของรถอัจฉริยะ[12] หรือจะเป็นหุ่นยนต์เตะฟุตบอลที่ต้องเช็คเส้นขอบสนาม [1] การจำแนกเมล็ดชาด้วยการหาขอบภาพของเมล็ดชา[8] และอื่นๆ ล้วนแต่ต้องใช้เทคนิคการหาขอบภาพมาช่วยในการทำงาน เช่นเดียวกันในบทความวิจัยนี้ได้นำเอาเทคนิคการหาขอบภาพแบบต่างๆมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมสั่งงานเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก โดยได้นำเอาเทคนิคการหาขอบภาพของ Roberts, Sobel , Prewitt , Canny และวิธี LOG เพื่อใช้ศึกษาเปรียบเทียบถึงความเหมาะสมกับการใช้งานจริง เนื่องจากวิธีการเหล่านี้มีวิธีการใช้งานที่ง่ายและมีการนำมาประยุกต์ใช้งานกันมาก[3] เช่น การปรับความเร็วในการคำนวณทิศทางของภาพโดยวิธีของ Sobel [2] เป็นต้น ซึ่งในวิธีของ Roberts นั้นมีข้อดีตรงที่ใช้เวลาในการ

ประมวลผลน้อย เนื่องจากมีขนาดของค่าตัวร่วม(Mask coefficient) ที่เล็กทำให้ประมวลผลได้รวดเร็ว ส่วนวิธีของ Sobel และ Prewitt จะใช้เวลาในการประมวลผลที่มากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีของ Roberts แต่การตอบสนองต่อสัญญาณรบกวนต่ำ ในวิธี LOG มีข้อดีคือให้ขอบที่บางกว่า แต่มีข้อเสียคือตอบสนองต่อสัญญาณรบกวนสูง และวิธีการของ Canny มีข้อดีคือสามารถขจัดสัญญาณรบกวนได้ดี แต่วิธีของ Canny มีกระบวนการที่ซับซ้อนและใช้เวลาในการประมวลผลที่นาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเอาเทคนิคการหาขอบภาพเหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมหาพิกัดการเจาะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกเพื่อดูว่าวิธีใดมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานกับโปรแกรมมากที่สุด

1.3 วัตถุประสงค์

1. ออกแบบและสร้างเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก
2. ออกแบบระบบควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก
3. ออกแบบโปรแกรมหาพิกัดการเจาะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาวิธีการหาขอบภาพของ Roberts, Sobel, Prewitt, Canny และวิธี LOG เพื่อเลือกเอาวิธีที่เหมาะสมที่สุดมาใช้กับโปรแกรมหาพิกัดการเจาะ
2. เขียนโปรแกรมหาพิกัดการเจาะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกให้สามารถใช้ได้กับภาพทิวทัศน์เลอร์
3. สร้างเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกที่สามารถเจาะแผ่นพลาสติกขนาด 600×900 มิลลิเมตร ความละเอียดในการเจาะรู 200×300 รู มีขนาดของรูเจาะ 1.5 มิลลิเมตร มีระยะห่างของรูจากจุดศูนย์กลางถึงจุดศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร
4. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกที่มีการเคลื่อนที่ในสองแนวแกน โดยมีหัวเจาะ 4 หัวติดตั้งอยู่บนคานเดียวกันเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน และชุดลูกกลิ้งสำหรับป้อนแผ่นพลาสติก

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาทฤษฎีการหาขอบภาพและวิธีการหาขอบภาพของ Roberts, Sobel, Prewitt, Canny และวิธี LOG
2. ศึกษาลักษณะการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก
3. ศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมวิซวลเบสิก

4. ทำการเขียนโปรแกรมหาขอบภาพและพิกัดการเจาะเพื่อสั่งงานเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก
5. ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก
6. ทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรม
7. ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรม
8. สรุปผลการทดลอง
9. นำเสนอผลงาน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องเจาะแผ่นพลาสติก
2. สามารถควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกให้ทำงานได้รวดเร็วและแม่นยำ
3. ได้โปรแกรมหาพิกัดการเจาะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

1.7 คำโครงวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอเกี่ยวกับการควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก โดยใช้เทคนิคในการหาขอบภาพเข้ามาช่วยในการหาขอบของภาพต้นแบบ จากนั้นก็ทำการหาพิกัดของขอบภาพเพื่อใช้สั่งงานเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกให้เจาะในตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ประกอบไปด้วย

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก กระบวนการในการทอพรหม วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตการวิจัย ขั้นตอนการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีการประมวลผลภาพและการหาขอบภาพ วิธีการหาขอบภาพแบบต่างๆที่ได้นำมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมหาขอบภาพของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก ซึ่งประกอบด้วยวิธีของ Roberts, Sobel, Prewitt, Canny และวิธี LOG

บทที่ 3 กล่าวถึงชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องเจาะ หลักการทำงาน และหลักการควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก การใช้งานโปรแกรม Plastic Sheet Puncher

บทที่ 4 กล่าวถึงการเลือกวิธีการหาขอบภาพมาใช้กับโปรแกรมหาพิกัดการเจาะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก และวิธีการทดสอบความแม่นยำของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก และผลการทดลอง

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

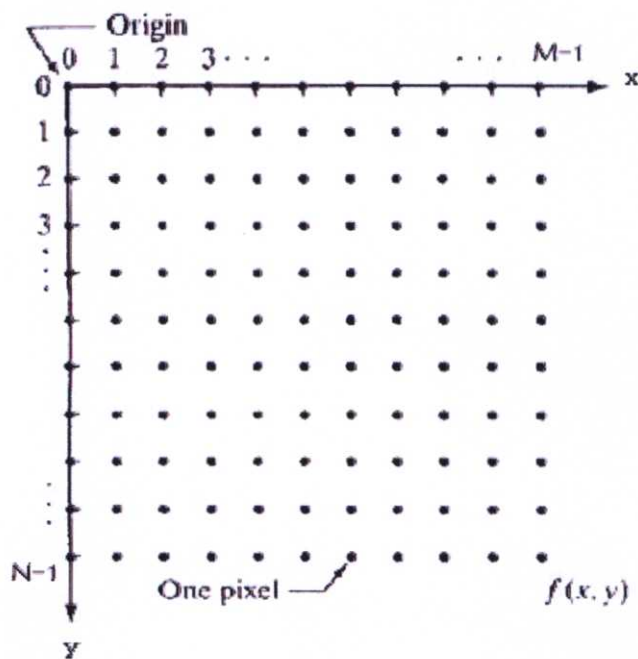
บทที่ 2

การประมวลผลภาพและการหาขอบภาพ

ปัจจุบันวิทยาการด้านคอมพิวเตอร์มีการพัฒนามากขึ้น มนุษย์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับจัดการกับรูปภาพในด้านต่างๆ เช่น จัดรูปแบบของสีและแสงเงาของภาพให้เป็นข้อมูลดิจิทัล โดยมีวิธีการทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้นหรือทำให้ภาพให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของภาพ และการประมวลผลภาพ

2.1 ภาพและความหมายของพิกเซล

พิกเซล (Pixel) คือ ความเข้มแสงที่รวมกันทำให้เกิดเป็นภาพ[12] ภาพหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยพิกเซลมากมาย ซึ่งภาพแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมีความหนาแน่นของพิกเซลเหล่านี้แตกต่างกันออกไป ความหนาแน่นนี้เป็นตัวบอกถึงความละเอียด (Resolution) ของภาพ ซึ่งมีหน่วยเป็น ppi (Pixel Per Inch) คือ จำนวนพิกเซลต่อนิ้ว โดยทั่วไปถือว่าภาพที่มีความละเอียดสูงหรือคุณภาพดีจะมีความละเอียด 300×300 ppi ขึ้นไป ค่า ppi ยิ่งสูงขึ้นภาพก็จะมีรายละเอียดและคมชัดมากขึ้นรูปที่ 2.1 แสดงถึงตำแหน่งแต่ละพิกเซล



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งของพิกเซล

N = จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดในแกน Y

M = จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดในแกน X

ในภาพหนึ่ง ๆ เราสามารถอธิบายได้ในรูปแบบเมตริกซ์ของพิกเซลขนาด $N \times M$ ดังรูปที่ 2.2 โดยใช้คู่ลำดับ $f(i, j)$ แทนค่าของแต่ละพิกเซล และบ่งชี้ความเข้มแสงที่พิกเซลนั้น ๆ ของภาพ

	0				$j \rightarrow M$
0	$f(0,0)$	$f(0,1)$	$f(0,2)$	$f(0,3)$	$f(0,4)$
	$f(1,0)$	$f(1,1)$	$f(1,2)$	$f(1,3)$	$f(1,4)$
	$f(2,0)$	$f(2,1)$	$f(2,2)$	$f(2,3)$	
i	$f(3,0)$	$f(3,1)$	$f(3,2)$		
\downarrow	$f(4,0)$	$f(4,1)$	$f(4,2)$		
N					

รูปที่ 2.2 เมตริกซ์ของพิกเซลในภาพ

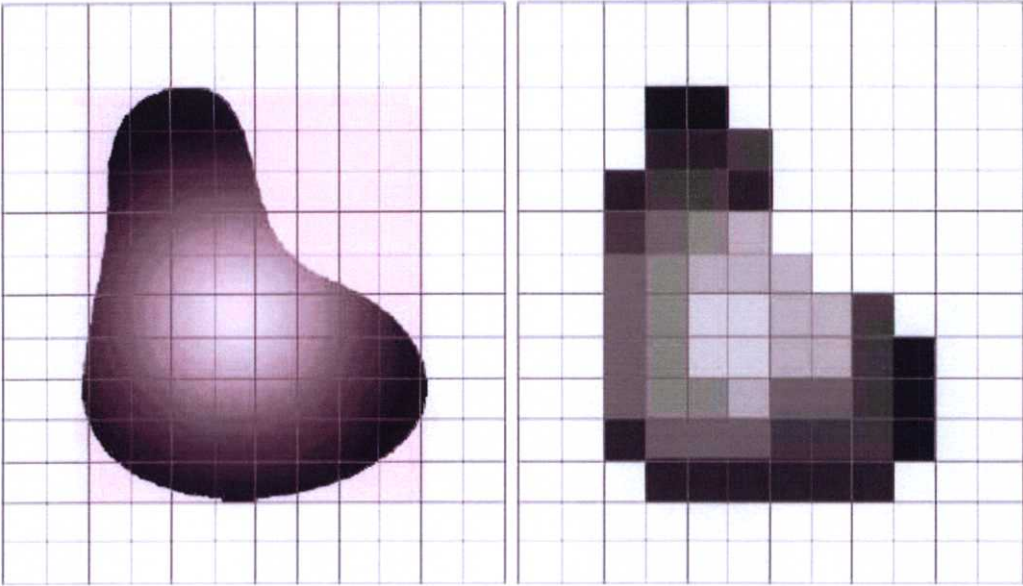
ค่าที่กำกับแต่ละพิกเซลจะแสดงถึงค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงในภาพที่พิกเซลนั้น โดยค่าของพิกเซลดังกล่าวจะเขียนแทนด้วย $f(i, j)$

2.2 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing)

2.2.1 การแทนภาพด้วยภาพแบบดิจิทัล

ภาพแบบดิจิทัล (Digital Image) เป็นภาพที่ถูกแปลงมาจากอนาลอก ให้อยู่ในรูปของตัวเลขโดยภาพอนาลอกถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่เรียกว่าพิกเซล ในแต่ละพิกเซลจะถูกระบุตำแหน่งด้วยคู่อออดิเนต (x, y) และค่าระดับความเข้มแสงของพิกเซลนั้นๆ โดยเราสามารถแปลงภาพเป็นภาพแบบดิจิทัลได้โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

เมื่อเรานำสัญญาณอนาลอกที่ต้องการประมวลผลผ่านส่วนที่เรียกว่า ดิจิไตเซอร์ (Digitizer) ซึ่งจะมีหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล จากนั้นทำการควอนไทซ์ (Quantizing) เพื่อแปลงค่าความเข้มแสงให้เป็นตัวเลข ฟังก์ชันของภาพ $f(x, y)$ จะถูกทำให้เป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่องทั้งระนาบของภาพซึ่งเรียกว่า การสุ่มภาพ (Image Sampling) ของฟังก์ชันที่ได้เรียกว่า การควอนไทซ์ระดับความเข้มแสง (Grey Level Quantization) ก็จะได้ข้อมูลที่เป็นดิจิทัล ดังรูปที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การทำ Sampling และ Quantization [12]

สมมติว่าสัญญาณภาพต่อเนื่อง $f(x, y)$ ถูกดิจิทัลซ์ในระนาบ x และ y เป็นช่วงเท่า ๆ กัน เราสามารถจัด $f(x, y)$ ให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์ ขนาด $m \times n$ ได้ดังสมการที่ 2.1

$$\begin{aligned}
 f(x,y) = & \begin{matrix} f(1,0) & f(1,1) & f(1,2) & \dots & f(1,n-1) \\ f(0,0) & f(0,1) & f(0,2) & \dots & f(0,n-1) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ f(m-1,0) & f(m-1,1) & f(m-1,2) & \dots & f(m-1,n-1) \end{matrix} \quad (2.1)
 \end{aligned}$$

ซึ่งทางขวาของสมการ จะเรียกว่าข้อมูลภาพดิจิทัล และทุก ๆ สมาชิกของเมทริกซ์จะเรียกว่าพิกเซล จากขบวนการสร้างภาพดิจิทัลดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าเราสามารถทราบขนาดของความละเอียดของภาพ $m \times n$ พิกเซล และจำนวนระดับของความเข้มแสง ในทางปฏิบัติการทำควอนไทเซชันในระบบภาพดิจิทัลจะมีค่าดังสมการ

$$A = m \times n \times j \quad (2.2)$$

$$G = 2^j \quad (2.3)$$

เมื่อ B = ขนาดของข้อมูลภาพที่เป็นดิจิทัลที่เก็บในหน่วยความจำ

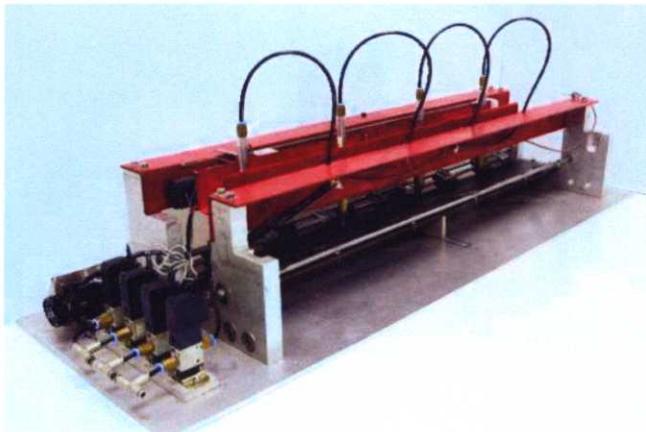
G = ระดับความเข้มแสงที่ต้องการใช้ในการเก็บข้อมูลภาพ

j = จำนวนบิตที่ใช้ในการแทนข้อมูลภาพ 1 พิกเซล

2.2.2 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบดิจิทัล

โดยทั่วไปแล้วภาพจะมีความเข้มตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป แต่ที่นิยมใช้กันมาก คือค่าระดับความเข้มของพิกเซลที่เท่ากับ 256 ระดับ ซึ่งจะทำให้ค่าของพิกเซลอยู่ในช่วง (0-255) โดยใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลขนาด 1 ไบต์หรือ 8 บิต สำหรับข้อมูล 1 พิกเซล (256) ในกรณีที่ต้องการภาพที่มีความเข้มสูงอาจจะต้องการจำนวนบิตสำหรับการเก็บข้อมูลมากกว่า 8 บิต คืออาจจะเป็น 16 หรือ 24 บิต โดยจะแยกความแตกต่างของภาพแต่ละประเภทให้เห็นอย่างชัดเจนได้ดังนี้

1. ภาพ 2 ระดับ คือมีพิกเซลสีขาวกับสีดำเท่านั้น หรือเรียกอีกอย่างว่าภาพไบนารี โดยแต่ละพิกเซลจะมีขนาดของข้อมูลเท่ากับ 1 บิต
2. ภาพ 16 ระดับ คือในแต่ละพิกเซลจะมีขนาดของข้อมูล 4 บิต ซึ่งทำให้สามารถแสดงได้ 16 ระดับสี
3. ภาพ 256 ระดับ คือในแต่ละพิกเซลจะมีขนาดของข้อมูล 8 บิต ซึ่งทำให้สามารถแสดงภาพได้ความเข้มถึง 256 ระดับ
4. ภาพทิวคัลเลอร์ (True Color) คือในแต่ละพิกเซลจะมีขนาดของข้อมูล 24 บิตทำให้สามารถแสดงภาพออกมาได้เหมือนจริงมากที่สุด เพราะสามารถแสดงสีได้ถึง 16,777,216 สี ภาพทิวคัลเลอร์สามารถแสดงได้เฉพาะภาพสีเท่านั้น ไม่สามารถแสดงเป็นภาพขาวดำได้ ดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 ภาพทิวคัลเลอร์

โดยทั่วไปวิธีการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักวัตถุในภาพได้นั้นแบ่งออกได้เป็นสองระดับด้วยกันคือ การประมวลผลภาพในระดับต่ำ (Low-Level Image Processing) และการประมวลผลภาพในระดับสูง (High-Level Image Processing) การประมวลผลภาพในระดับต่ำจะเป็นการประมวลผลเชิงตัวเลขเกือบทั้งหมด เพื่อหาตัวแปรต่างๆ มาอธิบายข้อมูลภาพ โดยมีจุดประสงค์ที่จะนำตัวแปรเหล่านั้นไปใช้ในการประมวลผลภาพระดับสูงต่อไป

โดยทั่วไปแล้วการประมวลผลภาพระดับต่ำจะประกอบด้วย การประมวลผลภาพก่อน (Pre-Processing) เช่นการกำจัดสัญญาณรบกวน หรือการทำให้ภาพคมชัดการหาขอบภาพ เป็นต้น

การประมวลผลระดับสูงเป็นการนำผลลัพธ์ หรือสัญลักษณ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพระดับต่ำมาตีความหรือประมวลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักและเข้าใจภาพได้ สำหรับความแตกต่างของการประมวลผลภาพ ทั้ง 2 ประเภทนั้น คือ การประมวลผลภาพระดับต่ำจะใช้ค่าความสว่างของจุดภาพ (พิกเซล) ส่วนการประมวลผลภาพระดับสูงนั้นข้อมูลภาพที่นำมาประมวลผลจะถูกแสดงในรูปสัญลักษณ์ ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านี้จะแสดงถึงสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในภาพเช่น ขนาดของวัตถุ รูปร่าง และความสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุภาพ

2.3 การสร้างภาพไบนารี

การสร้างภาพไบนารีสามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการทำเทรชโฮลด์ (Thresholding Technique) โดยพิจารณาว่าพิกเซลใดเป็นสีขาวหรือสีดำ จะกระทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างพิกเซลของภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า “ค่าเทรชโฮลด์” (Threshold Value) เทคนิคนี้ใช้กันมากในกรณีที่มีข้อมูลภาพมีลักษณะที่ต่างกันระหว่างวัตถุ (Object) และพื้นหลัง (Background) โดยค่าของพิกเซลของภาพใด ๆ ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโฮลด์จะถูกเปลี่ยนเป็น 0 (จุดดำ)

ในการสร้างภาพไบนารีโดยใช้เทคนิคเทรชโฮลด์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมและคมชัด สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ค่าเทรชโฮลด์ เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลด์ที่ไม่เหมาะสม (ค่าเทรชโฮลด์ที่มีค่าน้อยเกินไปหรือมากเกินไป) ภาพที่ได้อาจจะมืดเกินไป หรือสว่างมากเกินไป หรือภาพที่ได้มีสิ่งรบกวน(Noise) เกิดขึ้น อันเป็นผลทำให้ภาพที่ได้ไม่สวยงามเท่าที่ควร ดังนั้นปัญหาของการสร้างภาพไบนารี คือวิธีการกำหนดค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละภาพที่จะนำมาทำการสร้างภาพไบนารี ซึ่งมีวิธีการคำนวณหาค่าเทรชโฮลด์หลายวิธี โดยแต่ละวิธีเหมาะสมกับลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันไป เช่น การหาค่าเทรชโฮลด์โดยกำหนดค่าล่วงหน้า (Pre-assigned Threshold Value) การหาค่าเทรชโฮลด์จากค่ากลาง (Mid-range Threshold Value) ซึ่งแต่ละวิธีอธิบายได้ดังนี้

1. การหาค่าเทรชโฮลด์โดยการกำหนดค่าล่วงหน้า เป็นการกำหนดค่าเทรชโฮลด์โดยการกำหนดเองจากผู้ใช้ ซึ่งการกำหนดนี้จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้คนนั้น ๆ โดยการเลือกค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า ค่าเทรชโฮลด์ โดยค่าที่เลือกมานี้จะเป็นค่าที่อยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของระดับความเข้มแสงของภาพ เช่น ภาพอินพุทมีระดับความเข้มแสง 256 ระดับ จะมีค่าได้ตั้งแต่ 0-255 เมื่อเลือกค่าเทรชโฮลด์ได้แล้วสามารถสร้างภาพไบนารีได้

2. การหาค่าเทรชโฮลด์จากค่ากลาง เป็นการหาเทรชโฮลด์ที่แตกต่างจากการหาค่าเทรชโฮลด์วิธีแรก สำหรับวิธีนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าเทรชโฮลด์โดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้

กำหนดโดยการหาค่าเทรสโพลด์นี้ใช้วิธีทางสถิติในเรื่องการหาค่ากลางหรือค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเทรสโพลด์ที่คำนวณได้จากค่ากึ่งกลางที่อยู่ระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุด (Maximum Level) และระดับความเข้มต่ำสุด (Minimum Level) ของภาพ เมื่อทำการคำนวณค่าเทรสโพลด์ได้แล้วก็สามารถสร้างภาพไบนารีได้โดยนำค่าเทรสโพลด์ที่ได้มาใช้

2.4 การคอนโวลูชัน (Convolution)

การทำคอนโวลูชัน คือการคำนวณเป็นพื้นที่รอบ ๆ ค่าของพิกเซล โดยการนำค่าของพิกเซลที่ล้อมรอบพิกเซลที่กำลังพิจารณาทำการคำนวณกับตัวเลขคงที่กลุ่มหนึ่งที่เรียกว่า ค่าตัวร่วม หรือ Mask Coefficient เข้าไปคูณกับค่าของพิกเซลเหล่านั้น แล้วนำผลคูณที่ได้มาบวกเข้าด้วยกัน ผลลัพธ์จะเก็บไว้ในตำแหน่งที่กำลังพิจารณาของภาพ (ตำแหน่งตรงกลาง) การทำคอนโวลูชันจะทำการสแกนจากตำแหน่งบนซ้ายไปยังตำแหน่งล่างขวา แสดงดังสมการที่ 2.4 และตัวอย่างดังรูปที่ 2.5

$$B(i, j) = \sum_{K=0}^{n-1} \sum_{L=0}^{m-1} A(K, L).G(i - K, j - L) \quad (2.4)$$

$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$	$\otimes \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} \end{bmatrix}$	$= \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & \cdots & b_{2n} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & \cdots & b_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & b_{m3} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix}$
ภาพต้นแบบ	ค่าตัวร่วม	ภาพผลลัพธ์

รูปที่ 2.5 การทำคอนโวลูชัน

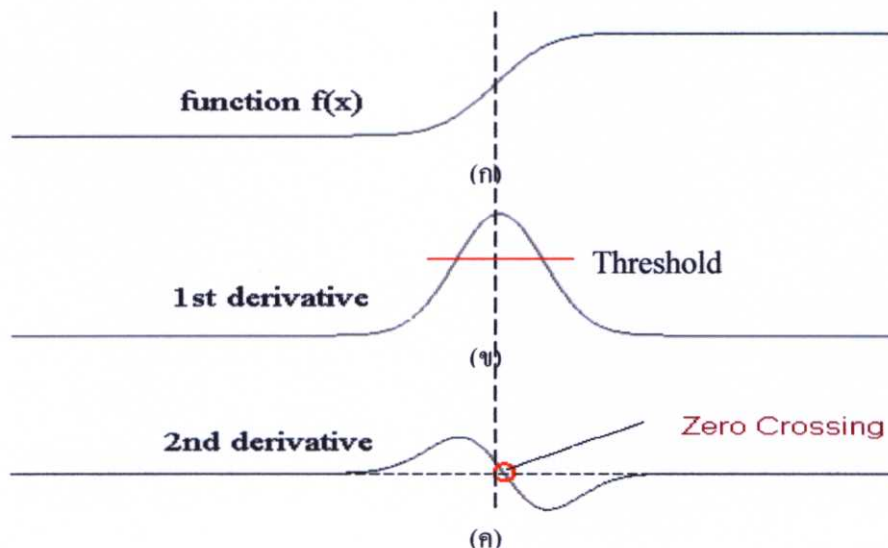
ตัวอย่างการคำนวณคอนโวลูชันที่ตำแหน่ง B₂₂

$$\begin{aligned} b_{22} &= (a_{11} \times g_{11}) + (a_{12} \times g_{12}) + (a_{13} \times g_{13}) \\ &\quad + (a_{21} \times g_{21}) + (a_{22} \times g_{22}) + (a_{23} \times g_{23}) \\ &\quad + (a_{31} \times g_{31}) + (a_{32} \times g_{32}) + (a_{33} \times g_{33}) \end{aligned}$$

2.5 การหาขอบภาพ

จุดหลายๆจุดในภาพที่วางเรียงกันและมีการเปลี่ยนแปลงความสว่างอย่างทันทีนั้นสามารถเรียกได้ว่าเป็นขอบของภาพ ขอบสามารถสร้างขึ้นได้โดยเงา ความหยาบละเอียด และ เรขาคณิต [11] ขอบสามารถกำหนดได้ด้วยความไม่ต่อเนื่องที่เพิ่มขึ้นในภาพ ไปถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาพ การเริ่มของความไม่ต่อเนื่องนี้มาจากความแตกต่างของแต่ละส่วนในภาพ ขอบในรูปภาพโดยทั่วไปแล้วเกิดขึ้นที่มีมิติหรือขนาดต่างๆ และการเปลี่ยนไปขององศาที่ต่างกันหรือระดับของความชัน (gradient)

วิธีการหาขอบภาพสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลักๆคือ วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง (Gradient edge detection) และวิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับที่สอง (Laplacian edge detection) โดยวิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งก็คือการหาค่าสูงสุด-ต่ำสุดของอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของความเข้มของพิกเซล หรือส่วนที่ตำแหน่งที่ค่าของอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งค่านี้เรียกว่าค่าเทรชโฮลด์ ดังรูปที่ 2.6 (ข) เป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของพิกเซลในภาพ ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่นวิธีของ Roberts, Prewitt, Sobel และ Canny เป็นต้น และในวิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับที่สองคือ ค่าของอนุพันธ์อันดับที่สองของความเข้มของพิกเซลเท่ากับศูนย์ หรือพิจารณาได้จากตำแหน่งที่ค่าอนุพันธ์อันดับที่สองของความเข้มของพิกเซลเปลี่ยนแปลงจากค่าที่เป็นบวกไปเป็นค่าที่เป็นลบหรือจากค่าที่เป็นลบไปเป็นค่าที่เป็นบวก (Zero-crossing) [4] ดังรูปที่ 2.6 (ค) ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่นวิธี Laplacian of Gaussian (LOG) และวิธีของ Marrs-Hildreth เป็นต้น



รูปที่ 2.6 การหาขอบภาพ (ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพจากอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง
(ค) ภาพจากอนุพันธ์อันดับที่สอง

2.5.1 วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง

การหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งสามารถแสดงได้ด้วยสมการ 2.5

$$|\nabla f| = \begin{vmatrix} G_x \\ G_y \end{vmatrix} = \left[\frac{\partial f}{\partial x} \right]^2 + \left[\frac{\partial f}{\partial y} \right]^2 = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} \quad (2.5)$$

โดยที่ $\frac{\partial}{\partial x} f(x, y)$ คือการหาขอบภาพในทิศทางตามแนวนอน (x) และ $\frac{\partial}{\partial y} f(x, y)$ จะเป็นการหาขอบภาพในทิศทางตามแนวตั้ง (y) ถ้าหาทั้งสองทิศทางจะเป็นขนาดของเวกเตอร์ส่วนทิศทางของขอบภาพหาได้จากสมการ

$$\angle \nabla f(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \quad (2.6)$$

เมื่อมุมวัดเทียบกับแกน X

การหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งสามารถทำได้ดังสมการที่ (2.7) และ (2.8)

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h, y) - f(x, y)}{h} \quad (2.7)$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x, y+h) - f(x, y)}{h} \quad (2.8)$$

โดยเราสามารถประมาณผลเฉลยของอนุพันธ์ได้ดังสมการ (2.9) และ (2.10)

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h, y) - f(x, y)}{h_x} = f(x+1, y) - f(x, y), (h_x = 1) \quad (2.9)$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x, y+h) - f(x, y)}{h_y} = f(x, y+1) - f(x, y), (h_y = 1) \quad (2.10)$$

ในระบบของคอมพิวเตอร์ภาพที่เห็นนั้นเกิดจากความสว่างในแต่ละพิกเซลที่เรียงกันเป็นพื้นที่ในสองมิติบนแกน x และแกน y แต่จะใช้ i และ j เพื่อใช้แทนตำแหน่งต่างๆของพิกเซลในการคำนวณ โดย i แทนพิกัดในแกน x และ j แทนพิกัดในแกน y

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(i, j+1) - f(i, j) \quad (2.11)$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} = f(i-1, j) - f(i, j) \text{ or } \frac{\partial f}{\partial y} = f(i, j) - f(i+1, j) \quad (2.12)$$

วิธีการหาขอบภาพของ Roberts

เป็นวิธีการหาขอบภาพอย่างง่ายที่สุดด้วยหลักการเปรียบเทียบความแตกต่างของสีระหว่างพิกเซลสองพิกเซลที่อยู่ติดกัน ดังสมการที่ 2.13 และสมการที่ 2.14 เป็นการหาขอบภาพตามแนวแกน X และแกน Y ตามลำดับ

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(i, j) - f(i+1, j+1) \quad (2.13)$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} = f(i+1, j) - f(i, j+1) \quad (2.14)$$

สามารถคำนวณอนุพันธ์ข้างบนได้ด้วย การประมาณค่าของมันให้อยู่ในรูปแบบ 2×2 ซึ่งจะได้อัตราส่วนของ Roberts คือ

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

ตัวกรองเหล่านี้มีขนาดเล็ก ดังนั้นตำแหน่งของเส้นจะแม่นยำขึ้นและสามารถคำนวณได้รวดเร็ว แต่ปัญหาของทางที่สั้นที่สุดของตัวกรองเหล่านี้คือ จุดอ่อนเรื่องสัญญาณรบกวน และมันจะมีการตอบสนองกับเส้นคั่นแบบค้ำยักเว้นว่าเส้นนั้นคมมากๆ

วิธีการหาขอบภาพของ Prewitt

วิธีการหาขอบภาพของ Prewitt เป็นวิธีที่มีการกระทำในรูปแบบ 3×3 ซึ่งสามารถจัดการกับสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า ด้วยการใช้เมตริก 3×3 ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากจตุรูป pixel (i,j)

$$\begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 \\ a_7 & [i, j] & a_3 \\ a_6 & a_5 & a_4 \end{bmatrix}$$

อนุพันธ์เศษส่วนย่อยของ Prewitt คำนวณได้จาก

$$G_x = (a_2 + ca_3 + a_4) - (a_0 + ca_7 + a_6) \quad (2.15)$$

$$G_y = (a_6 + ca_5 + a_4) - (a_0 + ca_1 + a_2) \quad (2.16)$$

ค่าคงที่ C หมายถึง pixel ที่อยู่ใกล้ตรงกลางของรูปแบบเมตริก G_x และ G_y คือ การประมาณค่าที่ตำแหน่ง [i,j] โดย Prewitt ได้กำหนดให้ $C = 1$ ดังนั้นจะสามารถเขียนรูปแบบค่าตัวรวมของ Prewitt ได้ดังนี้

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

รูปแบบเหล่านี้มีขนาดที่ใหญ่กว่า มันยังมีความแตกต่างกันในทิศทางเดียวกันและค่าเฉลี่ยในทิศทางอื่นๆ ดังนั้นทำให้มีผลกับสัญญาณรบกวนที่น้อยกว่า

วิธีการหาขอบภาพของ Sobel

วิธีการของ Sobel เมื่อเทียบกับของ Prewitt แล้ว นับว่าเป็นวิธีที่คล้ายกันมาก ความแตกต่างของทั้งสองวิธีคือ น้ำหนักของค่าสัมประสิทธิ์ตรงกลาง ซึ่งของ Sobel จะเท่ากับ 2 อนุพันธ์เศษส่วนย่อยของ Sobel สามารถคำนวณได้จาก

$$G_x = (a_2 + 2a_3 + a_4) - (a_0 + 2a_7 + a_6) \quad (2.17)$$

$$G_y = (a_6 + 2a_5 + a_4) - (a_0 + 2a_1 + a_2) \quad (2.18)$$

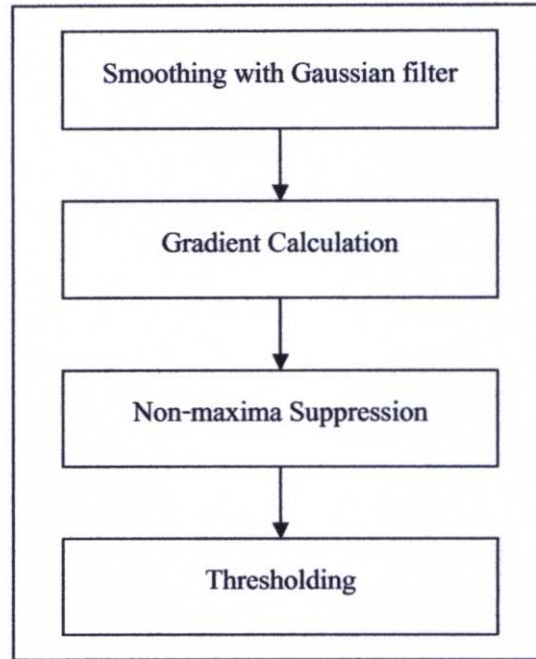
ดังนั้น รูปแบบค่าตัวรวมของ Sobel จะเท่ากับ

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

แม้ว่า รูปแบบของ Prewitt จะดูใช้ง่ายกว่า รูปแบบของ Sobel แต่ถึงอย่างไร Sobel ก็ยังดีกว่าในเรื่องของสัญญาณรบกวน

วิธีการขอบภาพของ Canny



รูปที่ 2.7 ไคอะแกรมการหาขอบภาพโดยวิธีของ Canny

ขั้นตอนการหาขอบโดยวิธีของ Canny ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.7 การทำงานของวิธีการหาขอบภาพของ Canny นั้นเริ่มต้นจากการปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) ด้วยตัวกรองเกาส์เซียน (Gaussian filter) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน หลังจากนั้นจะคำนวณค่าขนาด (magnitude) และทิศทาง (Orientation) ของความชันโดยใช้การหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ถัดมาจึงใช้ non-maxima suppression กับขนาดของความชัน เพื่อให้ได้ขอบที่บางลง และในขั้นตอนสุดท้ายจะใช้เทรชโฮลด์ 2 ค่าเพื่อหาพิกเซลที่เป็นขอบและทำการเชื่อมต่อขอบโดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทำ Smoothing ในขั้นตอนแรกของการหาขอบโดยอัลกอริทึมนี้จะต้องกำจัดสัญญาณรบกวนออกก่อน โดยใช้ตัวกรองเกาส์เซียนซึ่งสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าตัวร่วมขนาดเล็กน้อยของกรอบเกาส์เซียนนี้ หากมีขนาดกว้างจะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก แต่ถ้ากว้างมากเกินไปจะมีผลทำให้ขอบย่อยๆที่เป็นส่วนรายละเอียดนั้นหายไป สำหรับการคำนวณหาภาพที่ได้จากการใช้ตัวกรองเกาส์เซียน เป็นดังสมการที่ 2.19

$$S[i, j] = G[i, j, \sigma] \times I[i, j] \tag{2.19}$$

เมื่อ $I[i, j]$ คือ ภาพที่ต้องการหาขอบ

$G[i, j, \sigma]$ คือ ตัวกรองเกาส์เซียน

σ คือ ระดับของความเรียบ

$S[i, j]$ คือ ภาพที่ผ่านการกรอง(Smoothing image)

การหาขนาดและทิศทางของความชัน(Gradient Calculation) ในขั้นแรกนำภาพที่ผ่านการกรอง $S[i, j]$ มาสร้างอนุพันธ์เศษส่วนย่อย $P[i, j]$ และ $Q[i, j]$ ตามลำดับ ดังสมการที่ 2.20 และสมการที่ 2.21

$$P[i, j] = (S[i, j+1] - S[i, j] + S[i+1, j+1] - S[i+1, j]) / 2 \tag{2.20}$$

$$Q[i, j] = (S[i, j] - S[i+1, j] + S[i, j+1] - S[i+1, j+1]) / 2 \tag{2.21}$$

หลังจากนั้นนำค่าอนุพันธ์เศษส่วนย่อย มาคำนวณด้วยสูตรมาตรฐานสำหรับการแปลงรูปแบบจากพิกัดฉากไปเป็นพิกัดเชิงขั้ว (rectangular-to-polar conversion) เพื่อหาขนาดและทิศทางของความชัน ตามสมการที่ 2.22 และ 2.23

$$M[i, j] = \sqrt{P[i, j]^2 + Q[i, j]^2} \tag{2.22}$$

$$\theta[i, j] = \tan^{-1}(Q[i, j] / P[i, j]) \tag{2.23}$$

เมื่อ $M[i, j]$ คือ ขนาดของความชัน

$\theta[i, j]$ คือ ทิศทาง

การทำ Non-maxima Suppression สำหรับการหาขอบโดยวิธีของ Canny จุดที่ถือเป็นเส้นขอบได้นั้นต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดเฉพาะที่และเป็นทิศทางเดียวกับความชันด้วย ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้ทำให้ได้ขอบที่บางเพียง 1 พิกเซล ภาพที่ได้หลังการทำ Non-maxima Suppression จะให้ค่าเป็นศูนย์ในทุกจุดยกเว้นจุดที่เป็นค่าสูงสุดเฉพาะที่ (local maxima points) ซึ่งจะยังคงค่าเดิมไว้

การทำ Thresholding แม้ว่าภาพจะผ่านการกรองในขั้นตอนแรกแล้วก็ตาม ภาพที่ได้ก็อาจยังมีเส้นขอบที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริงปรากฏอยู่เนื่องจากสัญญาณรบกวนหรือลักษณะของวัตถุในภาพเป็นพื้นผิวที่มีลวดลายหรือมีรายละเอียดภายในมาก ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดค่าเทรโซลด์ขึ้นมา 2 ค่าคือ เทรโซลด์ค่าสูง (T1) และ เทรโซลด์ค่าต่ำ (T2) โดยพิกเซลที่มีค่ามากกว่า T1 จะถูกปรับเป็น 1 (เป็นพิกเซลที่เป็นขอบ) แต่ถ้าน้อยกว่า T2 จะถูกปรับเป็น 0 ส่วนค่าที่อยู่ระหว่างค่า เทรโซลด์ทั้งสอง การปรับเป็นค่า 0 หรือ 1 นั้นขึ้นอยู่กับพิกเซลที่อยู่รอบข้าง หากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบ (ค่า >T1) มีค่ามากกว่า T2 แล้ว จะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีค่าเป็น 1 และถือเป็นหนึ่งในขอบภาพด้วยเช่นกัน

2.5.2 วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับที่สอง

การหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับที่สองสามารถแสดงได้ด้วยสมการ 2.24

$$(\nabla^2 f)(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (2.24)$$

วิธีการหาขอบภาพแบบ Laplacian of Gaussian (LOG)

การประมาณค่าของอนุพันธ์เศษส่วนย่อยแบบ 3×3 ได้จาก

$$\nabla^2 f = 4(a_8) - (a_1 + a_3 + a_5 + a_7) \quad (2.25)$$

$$\nabla^2 f = 8(a_8) - (a_0 + a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7) \quad (2.26)$$

ซึ่งจะได้ค่าตัวร่วมที่ใช้ในการหาขอบภาพดังนี้

$$G = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad G = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

เนื่องจากการหาขอบภาพด้วยวิธี LOG นั้นเป็นการทำอนุพันธ์อันดับที่สองดังนั้นจึงตอบสนองกับภาพที่มีสัญญาณรบกวนได้ง่าย ซึ่งจะทำให้ขอบภาพที่ได้มานั้นมีสัญญาณรบกวนและได้ตำแหน่งขอบภาพที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้นการหาขอบภาพด้วยวิธีนี้จึงจำเป็นต้องมีการกรองสัญญาณรบกวนออกก่อน โดยใช้ตัวกรองเกาเซียนเป็นตัวกรองสัญญาณ โดยการกรองสัญญาณนั้นก็คือการทำเบลอ (Blur) กับภาพโดยเฉลี่ยค่าของพิกเซลที่อยู่รอบข้างนั่นเอง ซึ่งตัวกรองเกาเซียนนั้นหาได้จากสมการ 2.27 ซึ่งจะทำให้ได้ค่าตัวร่วมขึ้นมาตัวหนึ่งเพื่อใช้เป็นตัวกรองสัญญาณจากภาพต้นแบบก่อนนำไปคอนโวลูชันกับการหาขอบภาพด้วยวิธี LOG

$$S(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2.27)$$

เมื่อ $S(x, y)$ คือ ตัวกรองเกาเซียน

σ คือ ระดับของความเรียบ

ยกตัวอย่างที่ค่า $\sigma = 1$ และความกว้างของค่าตัวร่วมเท่ากับ 5×5 จะได้ค่าตัวร่วมสำหรับการกรองสัญญาณภาพดังนี้

$$S = \frac{1}{273} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 7 & 26 & 41 & 26 & 7 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

การกำหนดค่า σ ที่มากเกินไปจะทำให้ส่วนประกอบของขอบภาพบางส่วนหายไปและถ้ากำหนดค่า σ น้อยเกินไปก็จะทำให้เกิดขอบภาพในส่วนที่ไม่ต้องการขึ้น

บทที่ 3

เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกและการควบคุม

เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือที่เข้ามาช่วยงานทางด้านอุตสาหกรรมการทอพรหมในส่วนของการทำลวดลายก่อนที่จะมีการทอพรหมลงบนผืนผ้า ซึ่งช่วยให้สามารถลดขั้นตอนในการทำงานและช่วยให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้น โดยในบทนี้จะได้กล่าวถึงหลักการการทำงานและการควบคุมของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกให้ได้ตามเงื่อนไขของการทำงานจริงและวิธีการงานใช้โปรแกรมหาขอบภาพและพิกัดการเจาะ

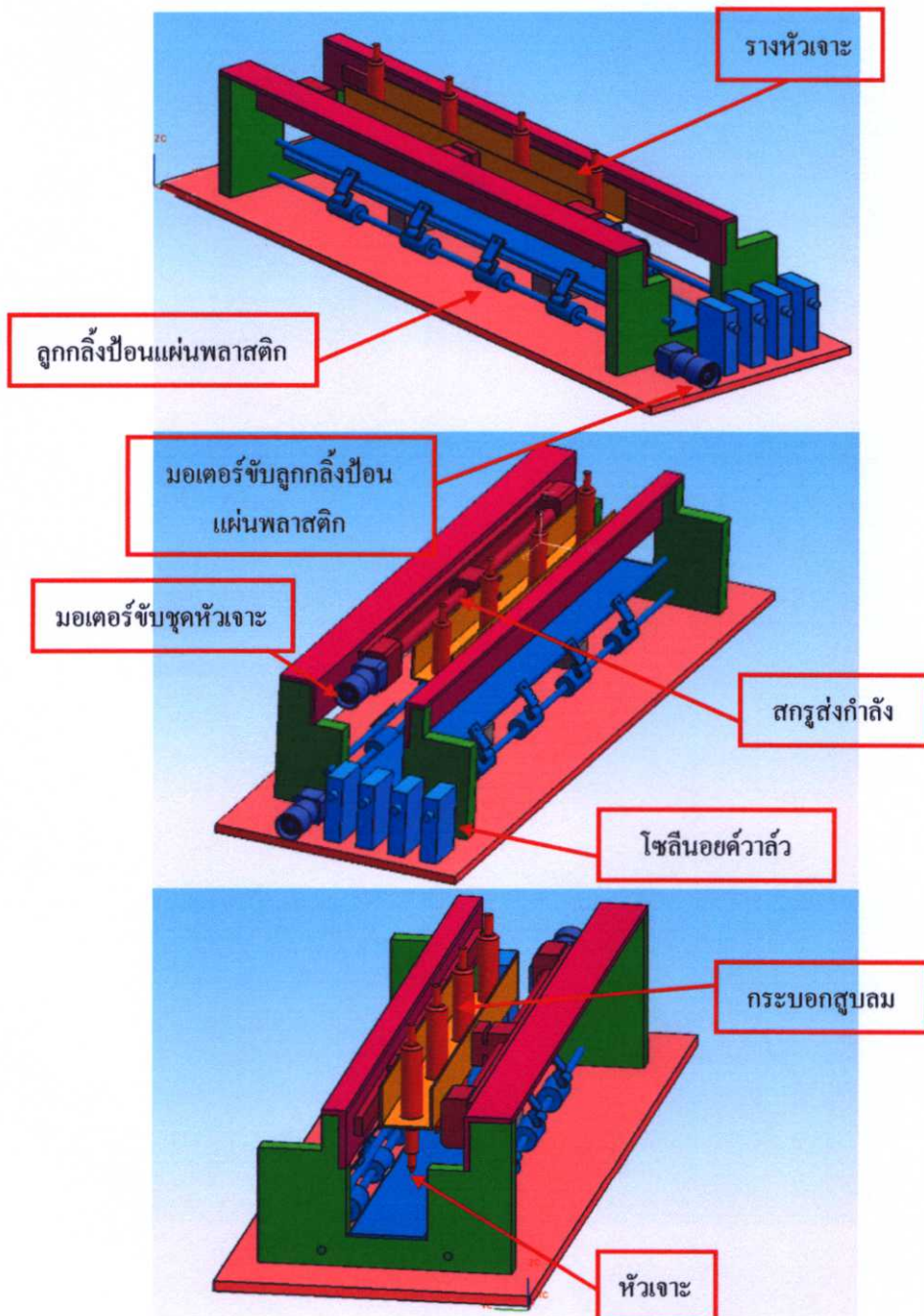
3.1 หลักการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเจาะแผ่นพลาสติกให้เป็นรูเส้นประตามแบบที่ได้ออกแบบไว้เพื่อใช้เป็นแบบในการทอพรหม ชุดควบคุมตัวเครื่องเจาะจะรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะทำการเจาะในตำแหน่งต่างๆ ให้เกิดเป็นรูตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยตัวเครื่องได้มีการออกแบบและสร้างขึ้นมามีลักษณะดังรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 ตัวเครื่องมีลักษณะเป็นเครื่องที่เคลื่อนที่ในสองแนวแกน (X,Y) คล้ายกับเครื่องพิมพ์แตกต่างกันที่เครื่องพิมพ์มีหัวพิมพ์หัวเดียวแต่เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกมีหัวเจาะทั้งหมด 4 หัว การเคลื่อนที่ทั้งสองแนวแกนใช้กำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า แกนแรกจะใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนรางหัวเจาะที่มีหัวเจาะทั้ง 4 หัวติดตั้งอยู่ให้เคลื่อนที่ไปและกลับในทิศทางตามแนวแกน X ส่งกำลังผ่านสกรูส่งกำลังส่วนอีกแกนจะเป็นมอเตอร์ขับเคลื่อนชุดป้อนแผ่นพลาสติกให้เคลื่อนในทิศทางตามแกน Y มีหัวเจาะไว้สำหรับเจาะแผ่นพลาสติกอยู่ 4 หัวติดตั้งอยู่ปลายกระบอกลมส่งงานด้วยโซลินอยด์ว่าแล้วหัวเจาะมีทั้งหมด 4 หัวถูกติดตั้งให้อยู่ในแนวเดียวกันบนรางเลื่อนอันเดียวกันฉะนั้นหัวเจาะทั้ง 4 หัวจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน ส่วนตัวเครื่องเจาะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์(รูปที่ 3.10) โดยจะรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์อีกที

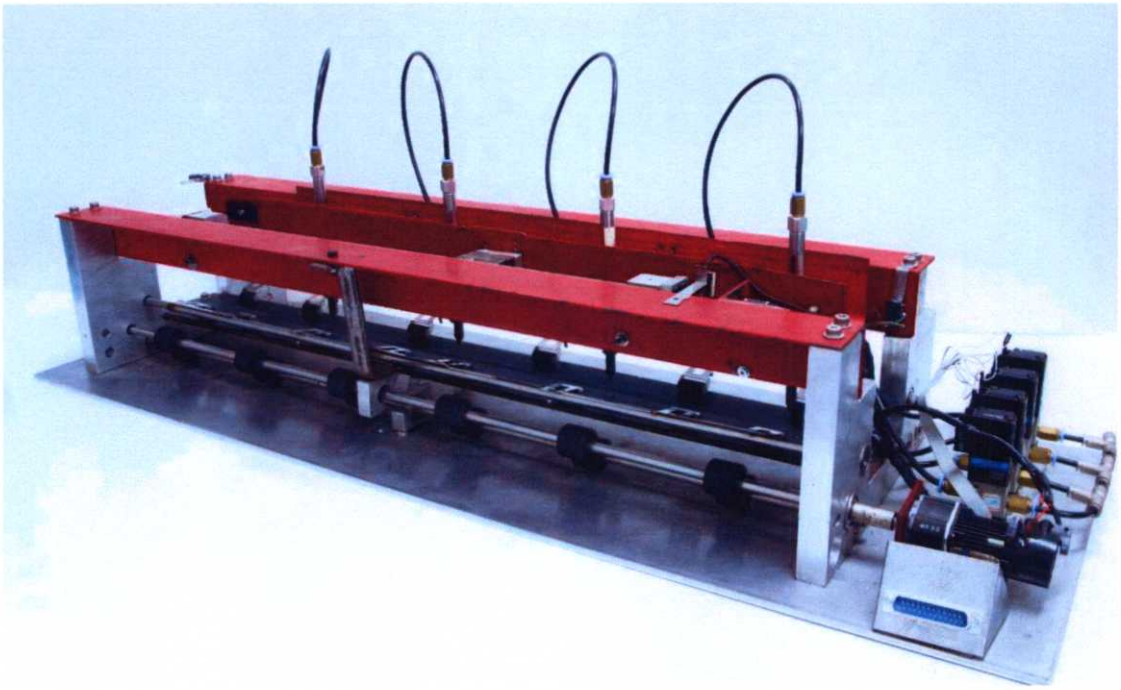
3.2 หลักการออกแบบเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกถูกออกแบบโดยมีพื้นฐานมาจากเครื่องพิมพ์ ได้ออกแบบตัวเครื่องเจาะให้สามารถเจาะแผ่นพลาสติกขนาด 600×900 มิลลิเมตร ขนาดของรูที่เจาะมีขนาด 1.5 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างรูมีขนาด 3 มิลลิเมตร ดังนั้นความละเอียดของการเจาะมีค่าเท่ากับ 200×300 จุด ซึ่งความละเอียดขนาดนี้ถือว่ามีความละเอียดสูงเมื่อเทียบกับใช้คนในการเจาะ ส่วนระบบการเจาะได้เลือกเอาระบบนิวเมติกส์เข้ามาช่วย โดยใช้กระบอกลมขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางของลูกสูบ 10 มิลลิเมตร ระยะชัก 50 มิลลิเมตร ที่ปลายก้านสูบได้ติดตั้งหัวเจาะเอาไว้ มีโซลินอยด์วาล์วควบคุมจังหวะการทำงานของกระบอกสูบ และจากการทดลองเจาะแผ่นพลาสติก โดยการปรับแรงดันกระบอกสูบไปที่ค่าต่างๆพบว่าต้องใช้แรงดันอย่างน้อย 5 บาร์ เพื่อให้หัวเจาะสามารถเจาะแผ่นพลาสติกขาดได้ ส่วนอัตราการไหลสูงสุดจากการคำนวณอยู่ที่ประมาณ 17 ลิตร ต่อนาทีที่อัตราการไหลของอากาศอิสระ FAD (Free Air Delivery) โดยคิดจากความเร็วสูงสุดที่เครื่องเจาะสามารถเจาะได้โดยอยู่ที่ 12 รูต่อวินาทีต่อหัวเจาะ 4 หัว



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

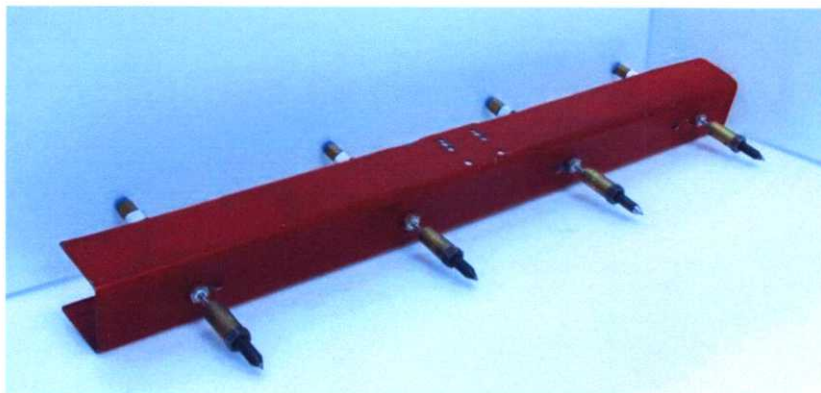


รูปที่ 3.2 เครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

3.3 ส่วนประกอบของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

3.3.1 ชุดหัวเจาะ

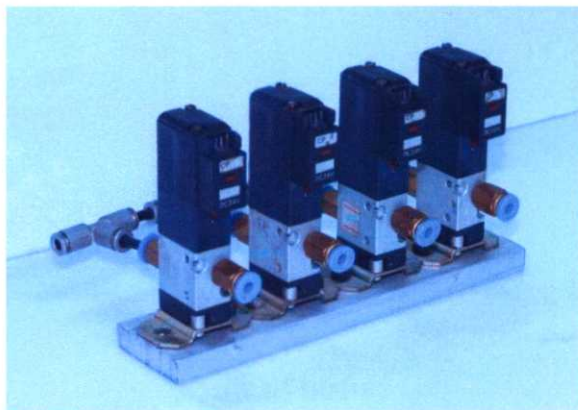
ชุดหัวเจาะ ทำหน้าที่ในการเจาะแผ่นพลาสติกให้ทะลุเป็นรู ประกอบด้วย ครอบอกสูบลม หัวเจาะและรางหัวเจาะ หัวเจาะมีทั้งหมด 4 หัว มีลักษณะเป็นแท่งเหล็กกลมทำการตัดเฉียงตรงปลายและมีรูตรงกลางไว้สำหรับเจาะแผ่นพลาสติก หัวเจาะได้ออกแบบให้มีระบบคลายเศษพลาสติก ออกจากรูของหัวเจาะ โดยมี แกนเหล็กและสปริงอยู่ตรงกลางรูไว้คอยดันเศษพลาสติก ออกจากหัวเจาะ



รูปที่ 3.3 ชุดหัวเจาะ

3.3.2 โซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์ว ทำหน้าที่ปิด-เปิดให้ลมจากถังลมไหลผ่านไปยังชุดหัวเจาะเป็นวาล์วแบบ 3/2 โดยถูกควบคุมการทำงานด้วยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ มีรูขนาด 4 มิลลิเมตร โซลินอยด์วาล์ว จะมีทั้งหมด 4 ตัว เท่ากับจำนวนของหัวเจาะ



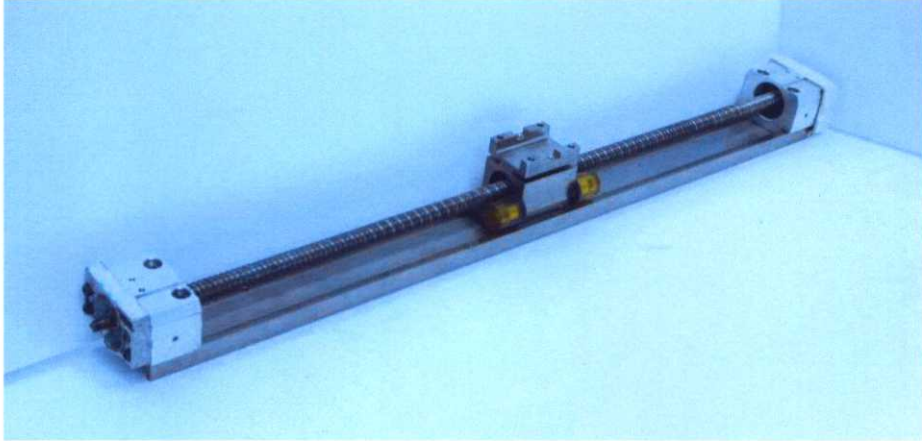
รูปที่ 3.4 โซลินอยด์วาล์ว

3.3.3 มอเตอร์

มอเตอร์มีทั้งหมดสองตัวมีความเร็ว 8000 รอบต่อนาที มีอัตราทด 1:64 สำหรับตัวที่ใช้ป้อนแผ่นพลาสติก และ 1:16 สำหรับตัวที่ใช้เลื่อนตำแหน่งหัวเจาะทำงานที่ไฟกระแสตรง 12 โวลต์ โดยตัวหนึ่งทำหน้าที่ขับเคลื่อนชุดหัวเจาะให้เคลื่อนที่ไปทางซ้ายและขวาซึ่งส่งกำลังผ่านสกรูส่งกำลัง ส่วนมอเตอร์อีกตัวทำหน้าที่ขับเคลื่อนแผ่นพลาสติก ให้เคลื่อนที่เข้าไปในตัวเครื่อง มอเตอร์ทั้งสองตัวถูกควบคุมชุดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และตรวจสอบตำแหน่งด้วยตัวเอนโค้ดเดอร์ที่มีความละเอียด 3 ฟันต่อรอบสำหรับตรวจสอบตำแหน่งของหัวเจาะ และ 12 ฟันต่อรอบสำหรับตรวจสอบตำแหน่งของลูกกลิ้งป้อนแผ่นพลาสติก รายละเอียดในการเลือกขนาดของมอเตอร์และความละเอียดของเอนโค้ดเดอร์ได้อธิบายในหัวข้อต่อไป

3.3.5 สกรูส่งกำลัง

สกรูส่งกำลัง ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่จากการหมุนเป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง รับกำลังจากมอเตอร์แล้วส่งกำลังไปยังชุดหัวเจาะให้เคลื่อนที่เป็นเชิงเส้น สกรูส่งกำลังนี้มีระยะพิทเท่ากับ 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.7 สกรูส่งกำลัง

3.3.6 ลูกกลิ้งป้องกันแผ่นพลาสติก

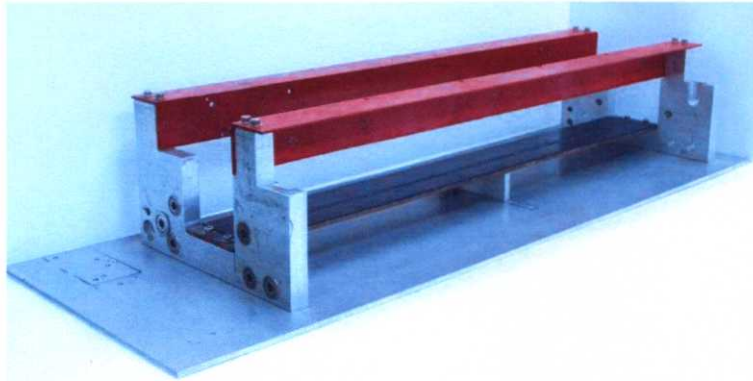
ลูกกลิ้งป้องกันแผ่นพลาสติกมีหน้าที่ดึงแผ่นพลาสติกเข้าไปในเครื่องเจาะ ลูกกลิ้งมีทั้งหมดสองตัวติดตั้ง โดยให้ผิวของลูกกลิ้งทั้งสองสัมผัสกันหมุนไปด้วยกันเพื่อดึงแผ่นพลาสติกเข้าไปภายในตัวเครื่อง ลูกกลิ้งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.8 ลูกกลิ้งป้องกันแผ่นพลาสติก

3.3.7 โครงสร้างหลัก

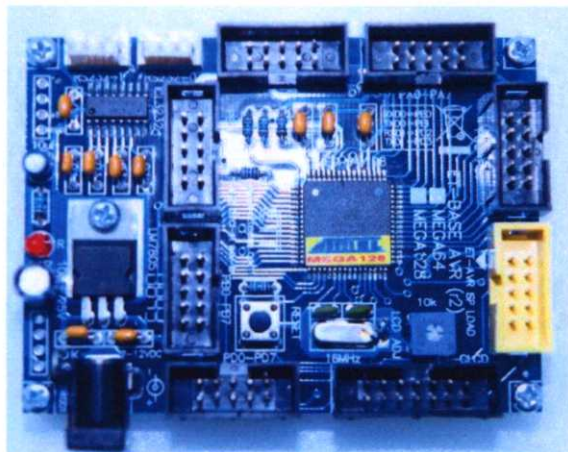
โครงสร้างหลัก ทำหน้าที่เป็นตัวยึดติดอุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกัน ซึ่งถูกออกแบบให้มีความแข็งแรงต่อแรงต่างๆ เช่น แรงจากหัวเจาะ เป็นต้นและถูกออกแบบในเรื่องของการสั่นสะเทือน โดยออกแบบให้โครงสร้างให้มีการสั่นสะเทือนที่น้อยโดยใช้วิธีการทางไฟร์ในตั้อิเลเมนต์เข้ามาช่วยในการออกแบบ [9]



รูปที่ 3.9 โครงสร้างหลัก

3.3.8 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานเครื่องเจาะทั้งหมดโดยรับคำสั่งมาจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะควบคุมมอเตอร์ทั้งสองตัวเพื่อให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการและควบคุมชุดโซลินอยด์โดยให้สั่งหัวเจาะทำการเจาะในตำแหน่งที่เหมาะสมซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้จะเป็นของยี่ห้อ Atmel รุ่น ATmega128 ดังรูปที่ 3.10 ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้ สามารถใช้งานอินเตอร์รัปได้ 4 ตัว เหมาะที่จะนำมานับเอนโค้ดเดอร์ และรับสัญญาณจากลิมิตสวิตช์



รูปที่ 3.10 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4 การออกแบบโปรแกรมหาขอบภาพและพิกัดการเจาะ

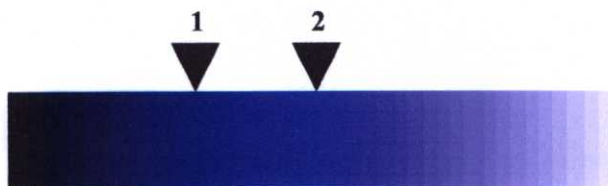
การควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกนั้นแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักๆคือ ส่วนแรกเป็นการหาพิกัดในการเจาะ ซึ่งในส่วนนี้จะอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยได้นำเอาเทคนิคการหาขอบภาพแบบ LOG (ซึ่งเหตุผลในการเลือกใช้วิธีการหาขอบภาพแบบ LOG นั้นได้ถูกอธิบายในบทต่อไป) มาประยุกต์ใช้ร่วมด้วย คือก่อนที่จะหาพิกัดการเจาะนั้นจะต้องมีลายเส้นของภาพก่อนซึ่งลายเส้นนี้ก็คือขอบของภาพที่ได้จากการหาขอบภาพ จากนั้นก็หาพิกัดการเจาะตามลายเส้นที่ได้ก่อนที่จะส่งข้อมูลให้กับเครื่องเจาะ และอีกส่วนหนึ่งก็คือส่วนของชุดควบคุมตัวเครื่องเจาะ โดยมีหัวใจหลักคือตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลพิกัดการเจาะจากคอมพิวเตอร์แล้วส่งงานอุปกรณ์ต่างๆในตัวเครื่อง เช่น มอเตอร์ โซลินอยด์วาล์ว เป็นต้น ให้สามารถทำงานให้สอดคล้องกับคำสั่งที่ได้รับจากคอมพิวเตอร์

3.4.1 โปรแกรมหาขอบภาพและพิกัดการเจาะ

โปรแกรมหาขอบภาพและพิกัดการเจาะนั้นนอกจากจะมีหน้าที่ในการหาขอบภาพและพิกัดในการเจาะแล้วยังมีหน้าที่ในการเป็นโปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้งานอีกด้วย การทำงานของโปรแกรมในการหาขอบภาพนั้นได้ออกแบบให้มีการทำงานอยู่ 2 ลักษณะการทำงานคือ หาขอบภาพเฉพาะสีที่ต้องการ และหาขอบภาพทุกสีทั่วทั้งภาพ

การหาขอบภาพเฉพาะสีที่ต้องการนั้น ผู้ใช้ต้องเลือกสีจากภาพต้นแบบเพื่อที่จะนำมาใช้เป็นสีในการอ้างอิงสองค่า ดังรูปที่ 3.11 โดยสองค่าที่เลือกมานำมาใช้เป็นค่าอ้างอิงต่ำสุด-สูงสุด จากนั้น โปรแกรมจะทำการเปลี่ยนภาพให้อยู่ในรูปของภาพไบนารี โดยเปลี่ยนบริเวณช่วงของสีที่ผู้ใช้เลือกให้เป็นสีดำ และบริเวณอื่นเป็นสีขาวดังรูปที่ 3.12 ซึ่งเปรียบเสมือนการกำหนดค่า เทรสโพลด์ แบบใช้ค่าต่ำสุด-สูงสุด ดังนั้นการเลือกสีควรเลือกบริเวณที่เป็นสีเข้มหนึ่งค่าและสีอ่อนหนึ่งค่า จากนั้นก็นำภาพไบนารีที่ได้ไปคอนโวลูชันกับค่าตัวร่วมของวิธี LOG เพื่อทำการหาขอบภาพ

การหาขอบภาพของทุกสีทั่วทั้งภาพนั้นทำโดยการเปลี่ยนภาพทรูคัลเลอร์ให้เป็นภาพเกรย์สเกลก่อน ซึ่งการทำภาพเกรย์สเกลนั้นทำโดยการปรับเปลี่ยนสัดส่วนค่าสีของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน(RGB) ด้วยการนำค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนเป็นภาพเกรย์สเกลมาคูณกับสีเหล่านี้โดย สีแดงคูณด้วย 0.299 สีเขียวคูณด้วย 0.587 และสีน้ำเงินคูณด้วย 0.114 ก็จะได้ภาพที่เป็นภาพเกรย์สเกลดังรูปที่ 3.13 จากนั้นก็นำภาพเกรย์สเกลที่ได้ไปคอนโวลูชันกับค่าตัวร่วมของวิธี LOG แล้วหาตำแหน่งของอนุพันธ์อันดับที่สองมีค่าเป็นศูนย์ รูปที่ 3.14 เป็นไคอะแกรมการหาขอบภาพของ โปรแกรม และรูปที่ 3.15 เป็นไคอะแกรมการหาขอบภาพด้วยวิธี LOG



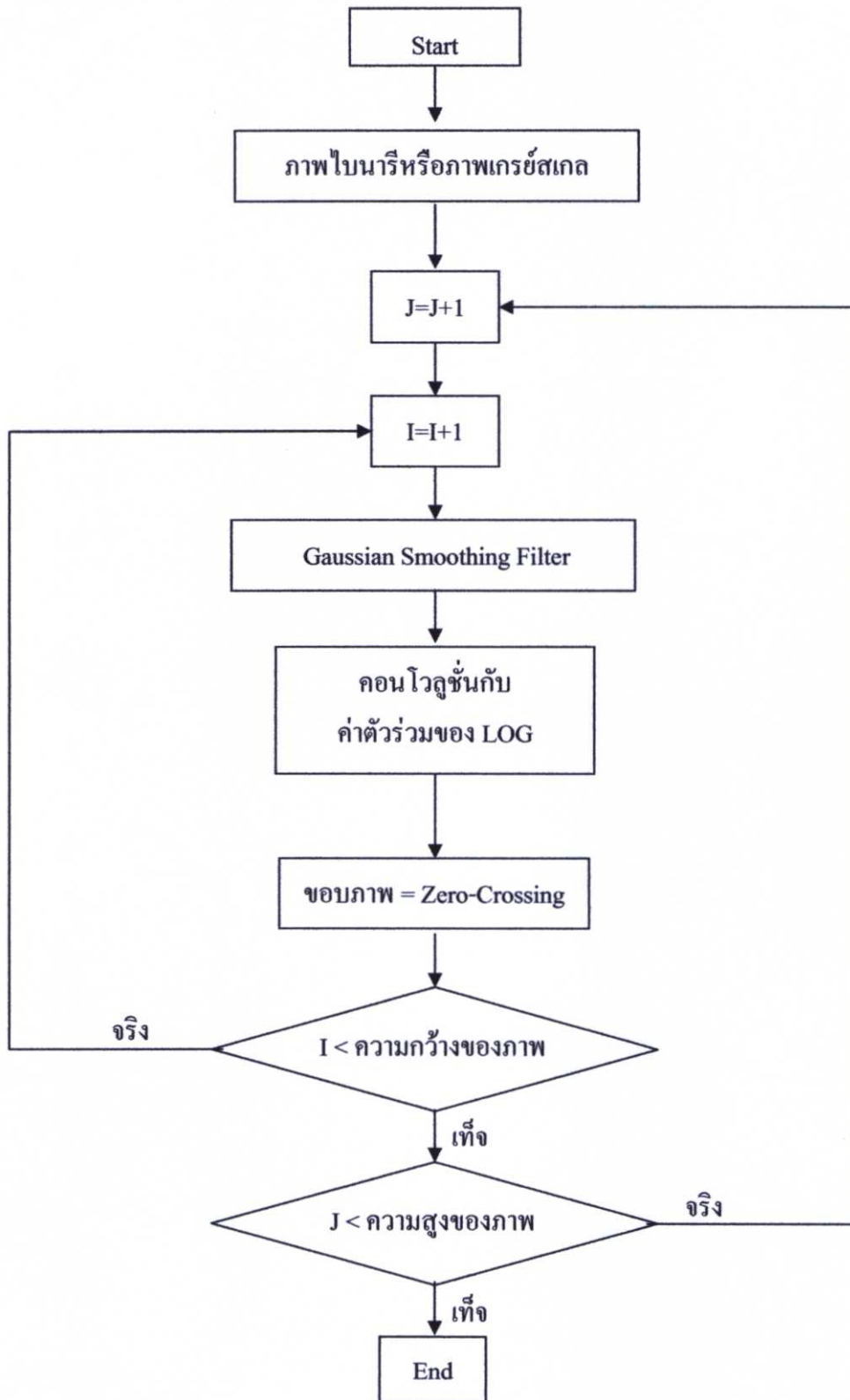
รูปที่ 3.11 การเลือกสีอ้างอิง



รูปที่ 3.12 ผลการเปลี่ยนเป็นภาพไบนารี



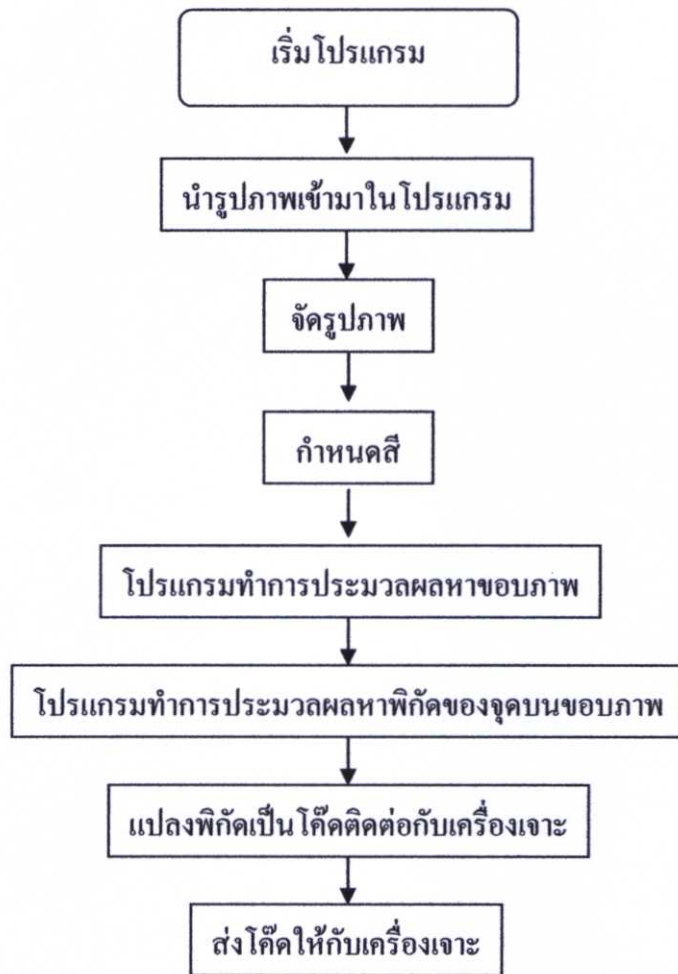
รูปที่ 3.13 ผลการเปลี่ยนเป็นภาพเกรย์สเกล



รูปที่ 3.15 ไคอะแกรมการหาขอบภาพด้วยวิธี LOG

3.4.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมหาขอบภาพและพิกัดการเจาะ

เริ่มจากนำภาพต้นแบบที่ได้ทำการออกแบบไว้เข้ามาในโปรแกรม จากนั้นทำการปรับขนาดของภาพให้ได้ตามสัดส่วนที่ต้องการ ทำการกำหนดคีย์ที่จะใช้เป็นตัวแบบของบริเวณที่จะทำการหาขอบภาพ จากนั้นโปรแกรมจะทำการอ่านค่าสีทั่วทั้งภาพแล้วทำการหาขอบภาพด้วยกระบวนการการหาขอบภาพแบบ LOG แล้วเปลี่ยนพิกัดของขอบภาพให้เป็นพิกัดการเจาะเพื่อส่งให้เครื่องเจาะทำการเจาะตามพิกัดที่ได้รับ รูปที่ 3.16 แสดงแผนภาพลำดับการทำงานของโปรแกรมหาพิกัดการเจาะ



รูปที่ 3.16 ไคอะแกรมการทำงานของโปรแกรมหาพิกัดการเจาะ

3.4.3 การสร้างโค้ดในการสั่งงาน

หลังจากทำการหาขอบภาพและได้พิกัดของขอบภาพมาแล้ว จากนั้น โปรแกรมจะทำการแบ่งพิกัดเหล่านี้ออกเป็นสี่กลุ่มหรือสี่ส่วนในแนวตั้งเพื่อให้ตรงกับจำนวนของหัวเจาะของเครื่องเจาะที่มีอยู่สี่หัวดังรูปที่ 3.17 จากนั้นก็จะทำการสร้างโค้ดโดยการเอาตำแหน่งแรกในแต่ละส่วนมารวมกัน ซึ่งตำแหน่งไหนที่มีการเจาะจะมีค่าเท่ากับ 1 และตำแหน่งไหนที่ไม่มีการเจาะจะมีค่าเท่ากับ 0 (ดู Code 1 ในรูปที่ 3.17) โดยนำเอาค่าทั้งสี่ตัวมาวางเรียงกันแล้วแปลงค่าเป็นเลขฐานสิบหก ตัวอย่างเช่น

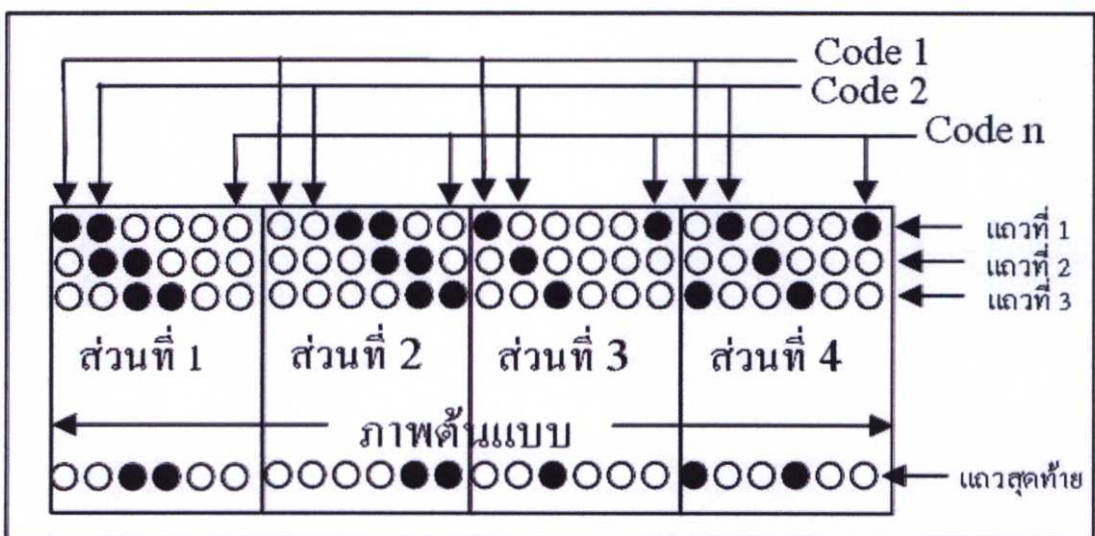
Code 1 หัวเจาะที่ 1 กับหัวเจาะที่ 3 จะทำการเจาะ หัวเจาะ 2 กับหัวเจาะที่ 4 จะไม่เจาะ เมื่อนำค่ามาทั้งสี่ตัวมาวางเรียงกันจะได้เป็น 1010 เมื่อเปลี่ยนเป็นเลขฐานสิบหกจะมีค่าเท่ากับ 0A

Code 2 หัวเจาะที่ 1 กับหัวเจาะที่ 4 จะทำการเจาะ หัวเจาะที่ 2 กับหัวเจาะที่ 3 จะไม่เจาะ เมื่อนำค่ามาทั้งสี่ตัวมาวางเรียงกันจะได้เป็น 1001 เมื่อเปลี่ยนเป็นเลขฐานสิบหกจะมีค่าเท่ากับ 09

เมื่อได้โค้ดในการเจาะแล้ว หลังจากนั้น โปรแกรมจะทำการประมวลผลหาเส้นทางการเดินของหัวเจาะ โดยโปรแกรมจะทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของชุดหัวเจาะให้เริ่มเคลื่อนที่จากทางซ้ายไปทางขวาพอสุดระยะก็จะเคลื่อนที่กลับจากทางขวาไปทางซ้ายกลับไปกลับมาและเคลื่อนที่จากด้านบนลงล่างจนเสร็จสิ้น โดยโค้ดที่สั่งงานให้ชุดหัวเจาะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายคือ L และโค้ดที่สั่งงานให้ชุดหัวเจาะเคลื่อนที่ไปทางขวาคือ R และโค้ดที่สั่งงานให้ทำการเลื่อนแผ่นพลาสติกเข้าไปคือ F ซึ่งโค้ดทั้งหมดนี้เมื่อนำมาวางก็จะมีลักษณะดังตัวอย่างเช่น

F F 01 R 05 R 03 R 0A R R F 0B L 05 L 02 L F F ...

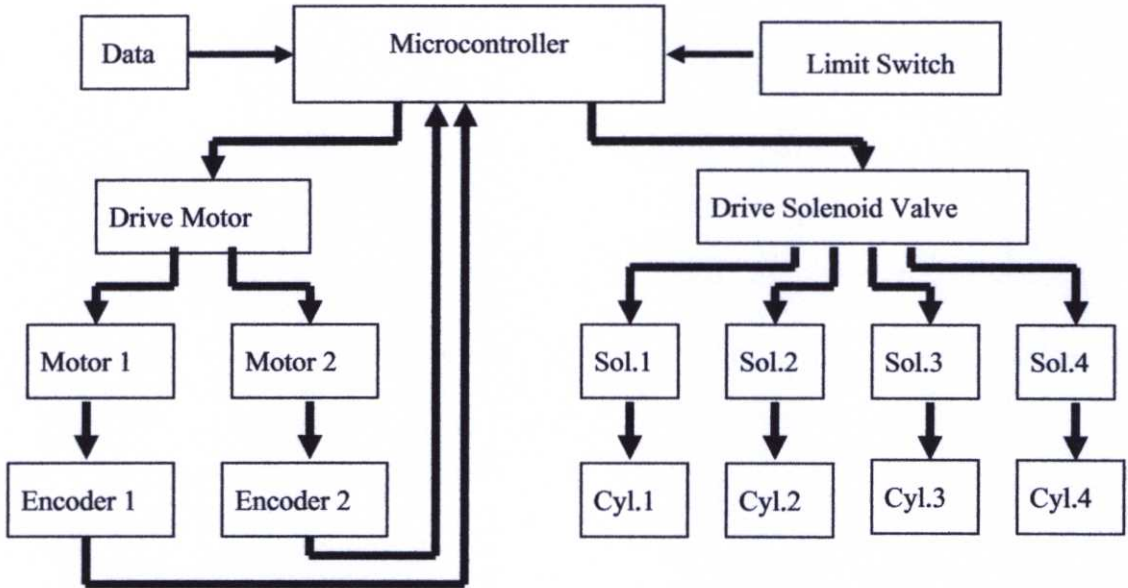
จากนั้น โค้ดทั้งหมดเหล่านี้จะถูกส่งให้กับชุดควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกต่อไป



รูปที่ 3.17 การสร้างโค้ดสั่งงาน

3.5 การควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

จากข้อมูลพิกัดที่ได้รับจากคอมพิวเตอร์ ตัวประมวลผล(ไมโครคอนโทรลเลอร์) ก็จะทำการประมวลคำสั่งเพื่อสั่งงานอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์และโซลินอยด์วาล์ว โดยจะมีเอ็นโค๊ดเดอร์และลิมิตสวิทช์ไว้เช็คตำแหน่งต่างๆของหัวเจาะ ดังรูปที่ 3.18 เป็นไดอะแกรมการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก



รูปที่ 3.18 ไดอะแกรมการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

3.5.1 การควบคุมตำแหน่งการเจาะของหัวเจาะ

พิกัดการเจาะของเครื่องเจาะจะอยู่ในระบบเป็นพิกัด X - Y กล่าวคือมีอยู่ด้วยกันสองแกน การควบคุมตำแหน่งหัวเจาะจะอยู่ในแนวแกน X ส่วนในแนวแกน Y จะเป็นการป้อนแผ่นพลาสติกให้เคลื่อนที่เข้าไปในเครื่อง การเคลื่อนที่ทั้งสองแกนนี้จะใช้ดีซีมอเตอร์เป็นตัวขับและมีเอ็นโค๊ดเดอร์เป็นตัวเช็คตำแหน่งของหัวเจาะและการป้อนของแผ่นพลาสติก การสั่งความเร็วในการหมุนของมอเตอร์จะใช้หลักการของ PWM(Pulse Width Module) คือการสั่งงานมอเตอร์แบบเปิด-ปิดเป็นจังหวะความถี่ซึ่งจะสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ โดยการใช้งานจริงจะแบ่งความเร็วเป็น 3 ระดับคือที่ 100 เปอร์เซ็นต์ 50 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเอ็นโค๊ดเดอร์นับได้ถึงระยะที่ต้องการแล้ว โปรแกรมก็จะสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน และการควบคุมตำแหน่งจะอ้างอิงตำแหน่งจากตำแหน่งปัจจุบันที่หัวเจาะอยู่ไปเรื่อยๆ ในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานคือรุ่น

Atmega 128 จะมีฟังก์ชันอินเตอร์รัปต์ไว้สำหรับอ่านค่าแอนโค๊ดเคอร์เพื่อนับรอบของมอเตอร์ โดยมีรูปแบบดังนี้

```
interrupt [EXT_INT0] void ext_int1_isr(void)
{
    num_M1 = num_M1+1;
}
```

การคำนวณหาตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหัวเจาะคำนวณจากสมการ 3.1 และระยะการป้อนแผ่นพลาสติกคำนวณจากสมการ 3.2

$$S = \frac{\theta \times P}{360 \times N} \quad (3.1)$$

เมื่อ S คือ ระยะเคลื่อนที่ของหัวเจาะ
 P คือ ระยะพิทของสกรูส่งกำลัง
 θ คือ มุมที่ใช้ในการหมุนของมอเตอร์ (ดีกรี)
 N คือ อัตราทคมอเตอร์

$$S = \frac{\pi \times r \times \theta}{180 \times N} \quad (3.2)$$

เมื่อ S คือ ระยะการป้อนของแผ่นพลาสติก
 R คือ รัศมีของลูกกลิ้งที่ใช้ป้อนแผ่นพลาสติก
 θ คือ มุมที่ใช้ในการหมุนของมอเตอร์ (ดีกรี)
 N คือ อัตราทคมอเตอร์

มอเตอร์และแอนโค๊ดเคอร์ที่นำมาใช้งานต้องสามารถให้ความเร็วและความละเอียดได้เพียงพอกับการใช้งาน ซึ่งมอเตอร์ถูกนำมาใช้งานใน 2 ที่คือใช้ขับเคลื่อนหัวเจาะและขับเคลื่อนแผ่นพลาสติก โดยตัวแรกความละเอียดในการเคลื่อนที่ของหัวเจาะอยู่ที่ 3 มิลลิเมตรแต่เพื่อให้ได้ความแม่นยำความสามารถในการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ต้องมีความละเอียดที่สูงกว่าซึ่งได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร ในส่วนของความเร็วนั้นได้กำหนดให้หัวเจาะสามารถเจาะได้ความเร็วที่ 3 รูต่อวินาที ซึ่งเท่ากับการเคลื่อนที่ 9 มิลลิเมตรต่อวินาที และมอเตอร์ที่เลือกใช้นั้นมีอัตราทดอยู่ที่ 1:16 เพื่อให้สามารถขับเคลื่อนหัวเจาะไปได้ จากสมการ 3.1 แทนค่า $N = 16$, $S = 0.2$, $P = 10$ ลงในสมการหามุมที่ใช้ในการหมุนของมอเตอร์จะได้

$$\theta = \frac{0.2 \times 360 \times 16}{10}$$

$$= 115.2 \quad \text{องศา}$$

ซึ่งมีค่าประมาณ 1 ใน 3 รอบ ฉะนั้นจึงเลือกเอนโค้ดเดอร์ 3 ฟันต่อรอบ เมื่อทำการคำนวณย้อนกลับได้ระยะการเคลื่อนที่ของหัวเจาะเป็น 0.208 มิลลิเมตร ถือว่าใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้ ส่วนความเร็วรอบของมอเตอร์ต้องทำให้การเคลื่อนที่ของหัวเจาะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วอย่างน้อย 9 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งเท่ากับ 0.9 รอบต่อวินาทีของสกรูส่งกำลัง นำมาคูณกับอัตราทดจะได้ 14.4 รอบต่อวินาทีของมอเตอร์ เท่ากับ 864 รอบต่อนาที เนื่องจากตามท้องตลาดไม่มีมอเตอร์ตามที่ได้คำนวณไว้จึงได้เลือกใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วที่สูงกว่า ซึ่งมอเตอร์ที่เลือกมีความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 8000 รอบต่อนาที แล้วใช้การสั่งงานเป็นแบบ PWM เพื่อให้ได้ความเร็วตามที่ต้องการ

ส่วนมอเตอร์อีกตัวความละเอียดขึ้นอยู่กับระยะป้อนแผ่นพลาสติก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และได้กำหนดความละเอียดในการเคลื่อนที่เป็น 0.2 มิลลิเมตร และความเร็วในการป้อนแผ่นพลาสติกเท่ากับ 9 มิลลิเมตรต่อวินาที เหมือนกับกับตัวแรก ส่วนอัตราทรมีค่าเท่ากับ 1:64 จากสมการที่ 3.2 แทนค่าต่างๆ เพื่อหามุมที่ใช้ในการหมุนของมอเตอร์

$$\theta = \frac{0.2 \times 180 \times 64}{12.7 \times \pi}$$

$$= 57.7 \quad \text{องศา}$$

ซึ่งมีค่าประมาณ 0.16 รอบ ดังนั้นควรจะมีเอนโค้ดเดอร์อย่างน้อย 7 ฟันต่อรอบแต่ที่มีขายตามท้องตลาดมีที่ 12 ฟันต่อรอบ จึงเลือกใช้ที่ 12 ฟันต่อรอบ เมื่อคำนวณย้อนกลับได้ความละเอียดเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร ถือว่ามีความละเอียดที่สูงกว่าที่ออกแบบไว้ก็สามารถนำมาใช้ได้ ส่วนความเร็วรอบของมอเตอร์ จากสมการที่ 3.2

$$\theta = \frac{9 \times 180 \times 64}{12.7 \times \pi}$$

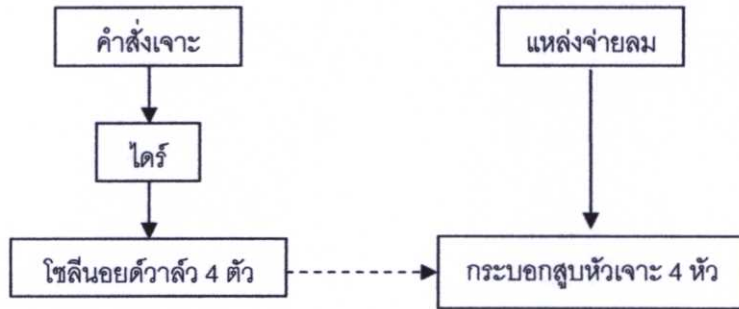
$$= 2598.6 \quad \text{องศา}$$

$$= 7.218 \quad \text{รอบ}$$

จาก 7.218 รอบต่อวินาที จะได้ความเร็วเท่ากับ 433 รอบต่อนาที และนาที เนื่องจากตามท้องตลาดไม่มีมอเตอร์ตามที่ได้คำนวณไว้จึงได้เลือกใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วที่สูงกว่า ซึ่งมอเตอร์ที่เลือกมีความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 8000 รอบต่อนาที แล้วใช้การสั่งงานเป็นแบบ PWM เพื่อให้ได้ความเร็วตามที่ต้องการ

3.5.2 การสั่งงานหัวเจาะ

เมื่อหัวเจาะเคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งที่จะทำการเจาะแล้ว โปรแกรมจะสั่งให้โซลินอยด์วาล์วทำงาน ลมจากแหล่งจ่ายก็จะไหลผ่านโซลินอยด์วาล์วไปยังกระบอกสูบลมผลักดันให้หัวเจาะทำการเจาะในพิทคั่นครั้งรูปที่ 3.19 หัวเจาะทั้ง 4 หัวอาจจะทำการเจาะไม่พร้อมกันเสมอไปขึ้นอยู่กับในตำแหน่งนั้นๆจะมีคำสั่งให้หัวเจาะทำงานกี่หัว



รูปที่ 3.19 การสั่งงานหัวเจาะ

3.5.3 การส่งถ่ายข้อมูลของเครื่องเจาะกับคอมพิวเตอร์

การส่งถ่ายข้อมูลระหว่างเครื่องเจาะกับคอมพิวเตอร์ เป็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรม(Serial port) ของคอมพิวเตอร์กับชุดควบคุมเครื่องเจาะ โดยการส่งข้อมูลคำสั่งจะเป็นการส่งทีละคำสั่ง เมื่อเครื่องเจาะทำงานตามคำสั่งเสร็จก็จะทำการรับค่าคำสั่งต่อไปจนถึงคำสั่งสุดท้าย เพราะฉะนั้นคอมพิวเตอร์กับชุดควบคุมเครื่องเจาะจะต้องเชื่อมต่อกันตลอดเวลา ซึ่งในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีฟังก์ชันในการรับ-ส่งค่าผ่านทางพอร์ตอนุกรมคือ

`data = getchr();` ใช้ในการอ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์มาเก็บไว้ในตัวแปร `data`

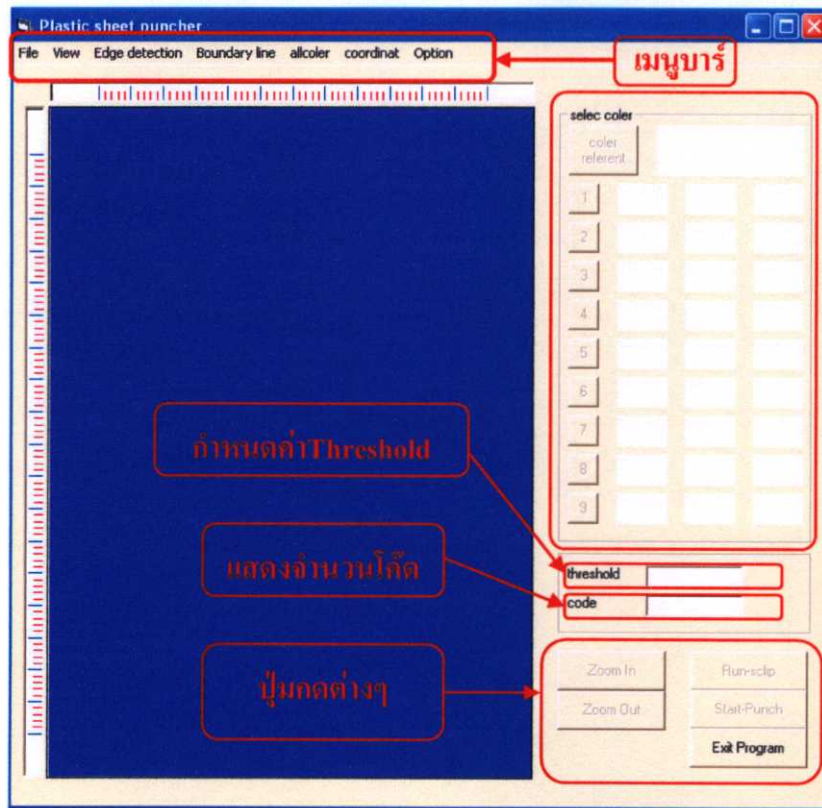
`putchar(data);` ใช้ในการส่งข้อมูลออกไปยังคอมพิวเตอร์

โดยทั้งสองฟังก์ชันนี้จะถูกเก็บอยู่ในไบนารี `stdio.h`

3.6 วิธีการใช้งานโปรแกรม Plastic Sheet Puncher

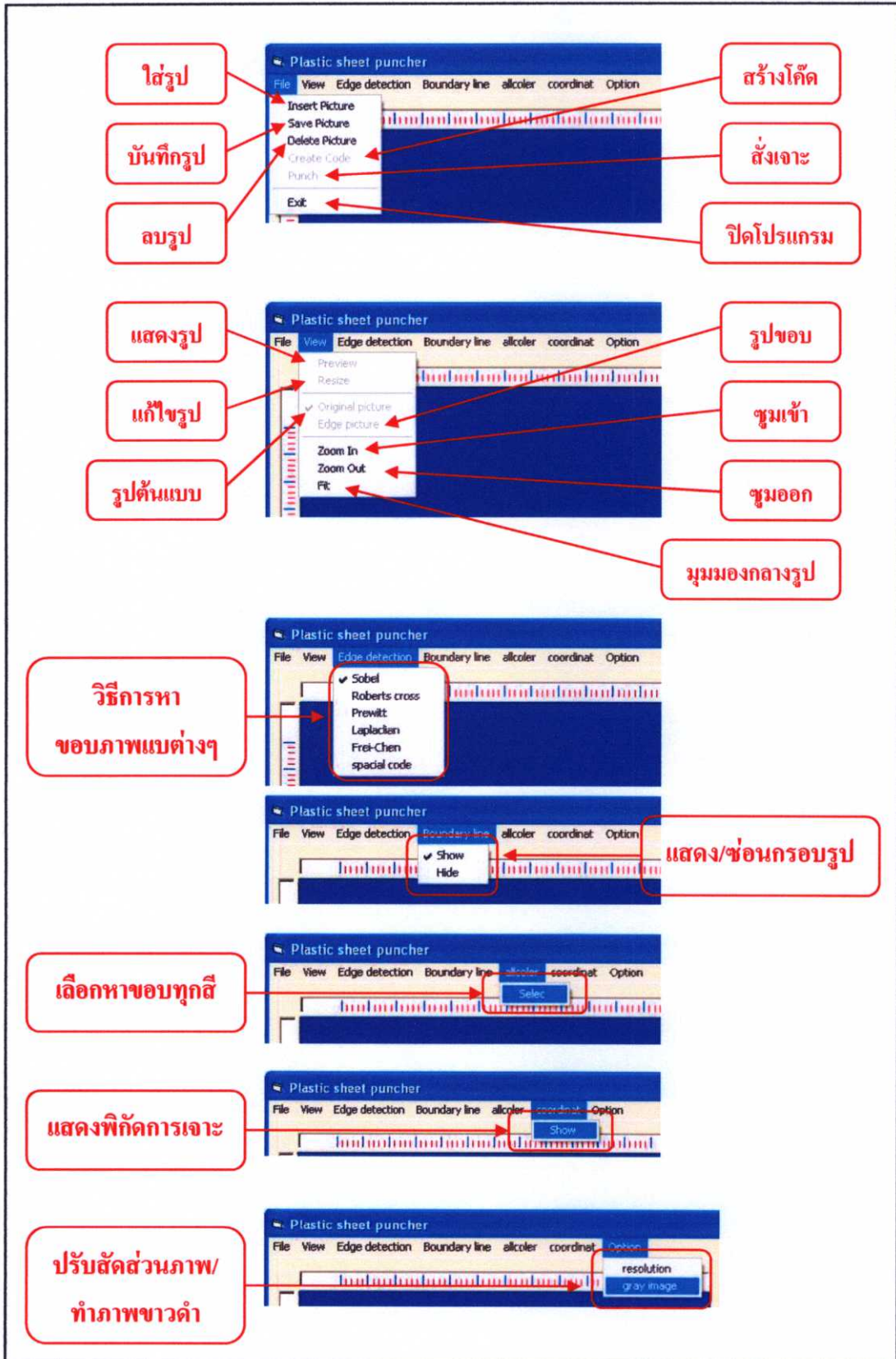
โปรแกรม Plastic Sheet Puncher เป็นโปรแกรมที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาเอง โดยใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก 6.0 ในการพัฒนา ซึ่งโปรแกรมวิซวลเบสิก เป็นโปรแกรมที่ใช้สร้างโปรแกรมประยุกต์ สำหรับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows) เนื่องจากความง่ายของภาษาที่ใช้ในการเขียนและวิซวลเบสิกเป็นโปรแกรมที่เน้นในการสร้างแอปพลิเคชันเพื่อติดต่อกับผู้ใช้งานเป็นหลักทำให้ได้ผลงานออกมารวดเร็วสวยงาม และนอกจากนี้วิซวลเบสิกยังมีเครื่องมือที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมซึ่งสามารถนำไปใช้ในการควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกได้อีกด้วย

วิธีการใช้งานโปรแกรม Plastic Sheet Puncher เริ่มจากติดตั้งโปรแกรมลงในเครื่องก่อน จากนั้นก็ทำการเปิดโปรแกรมขึ้นมา จะมีหน้าต่างดังรูปที่ 3.20 ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆดังรูป



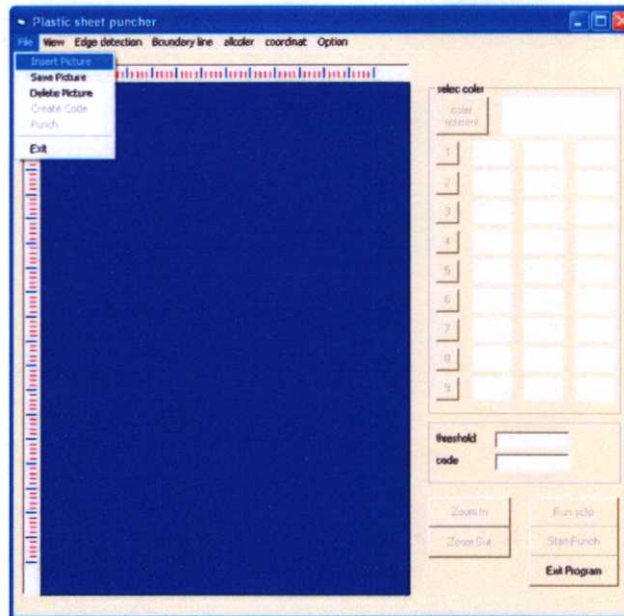
รูปที่ 3.20 โปรแกรม Plastic sheet puncher

ส่วนประกอบต่างๆในเมนูบาร์ดังรูปที่ 3.21

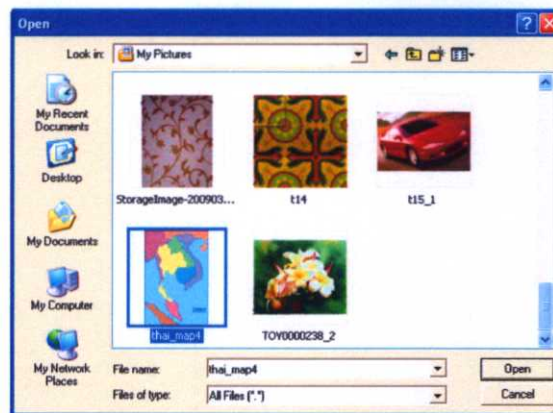


รูปที่ 3.21 ส่วนประกอบต่างๆในเมนูบาร์

จากนั้นก็ทำการโหลดภาพเข้ามาในโปรแกรมโดยเลือกไปที่ File แล้วเลือก Insert Picture ดังรูปที่ 3.22 จากนั้นหน้าต่างของตัว Insert Picture จะปรากฏขึ้นมาดังรูปที่ 3.23 แล้วทำการเลือกภาพที่ต้องจะนำมาเป็นแบบในการเจาะแผ่นพลาสติก ในตัวอย่างเลือกภาพที่ชื่อว่า thai_map4.bmp

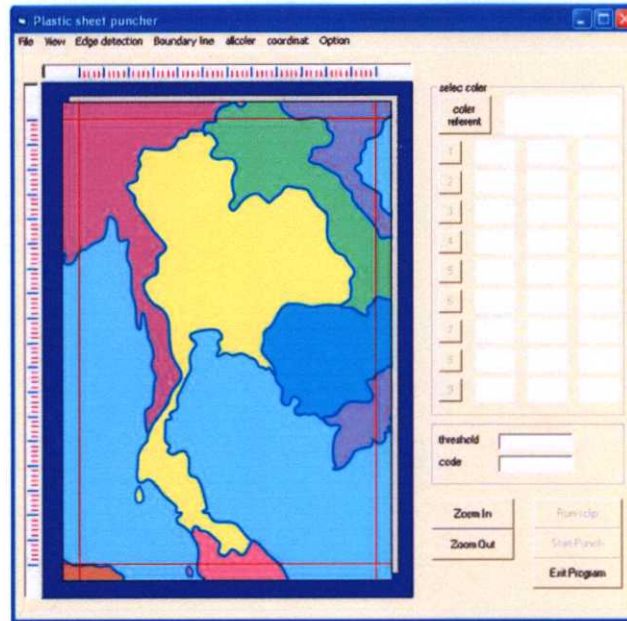


รูปที่ 3.22 ใส่รูปเข้ามาใน โปรแกรม



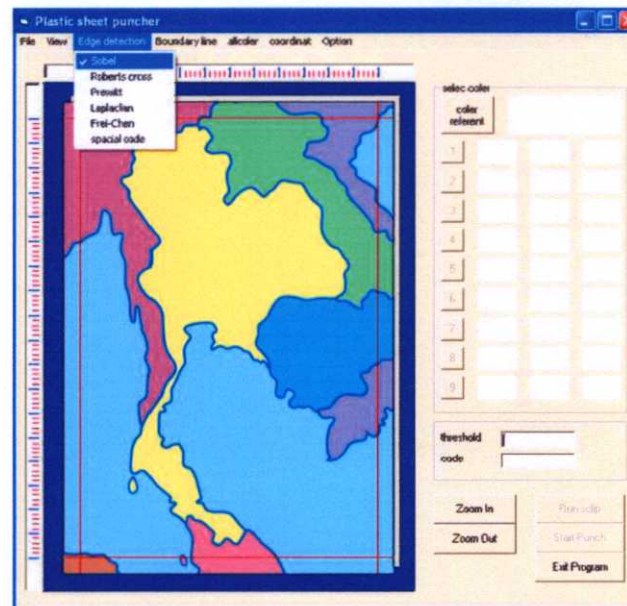
รูปที่ 3.23 เลือกไฟล์ภาพ

เมื่อเลือกภาพเสร็จภาพก็จะถูกโหลดเข้ามาใน โปรแกรมดังรูปที่ 3.24 จากนั้นก็ทำการจัดภาพให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการ ในที่นี้ต้องการที่จะทำการเจาะภาพแผนที่ประเทศไทย จึงได้ทำการเซตตำแหน่งให้ภาพของประเทศไทยอยู่ตรงกลาง ทำโดยการใช้เมาส์คลิกที่ภาพเลื่อนขึ้น-ลง-ซ้าย-ขวา ตามต้องการ



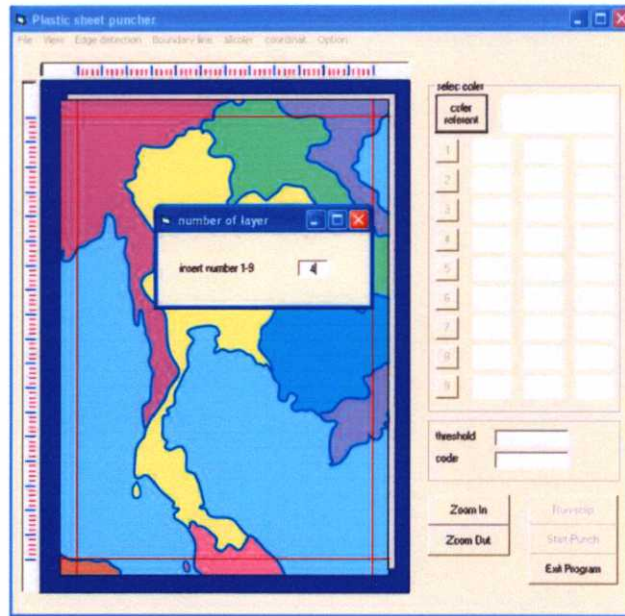
รูปที่ 3.24 แสดงภาพในโปรแกรม

เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้วก็ไปเลือกที่ View แล้วเลือก Preview เพื่อเป็นการยืนยันในการจัดตำแหน่งว่าได้ทำการจัดตำแหน่งของภาพเรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็เลือกวิธีการหาขอบภาพที่จะนำมาประมวลผลในโปรแกรม โดยเลือกไปที่ Edge detection แล้วเลือกวิธีที่เราต้องการ ในที่นี้เลือกวิธีของ Sobel ดังรูปที่ 3.25



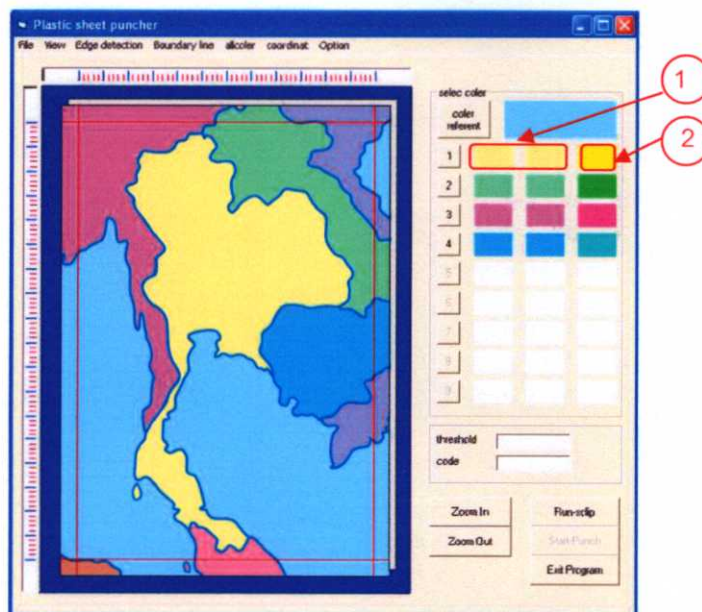
รูปที่ 3.25 เลือกวิธีการหาขอบภาพ

ต่อมาถ้าทำการเลือกสีที่จะใช้อ้างอิงในการหาขอบภาพ สามารถเลือกสีได้ทั้งหมด 9 สี โดยเลือกไปที่ color referent จากนั้นจะปรากฏหน้าจอให้ใส่จำนวนสีที่ต้องการที่จะทำการหาขอบภาพ ดังรูปที่ 3.26 ในที่นี้ใส่ค่าเป็น 4 เพื่อทำการเลือกสีต้นแบบทั้งหมด 4 สี



รูปที่ 3.26 กำหนดสีต้นแบบ

จากนั้นเลื่อนเมาส์ไปคลิกเลือกสีในภาพ โดยสีหนึ่งจะทำการเลือก 2 ครั้งแล้วโปรแกรมจะนำค่าทั้ง 2 มาทำการเฉลี่ยเพื่อเลือกหาสีที่อยู่ในช่วงของสีที่เราเลือก ดังรูปที่ 3.27 หมายเลข 1 เลือกให้ครบทั้งสี่สี



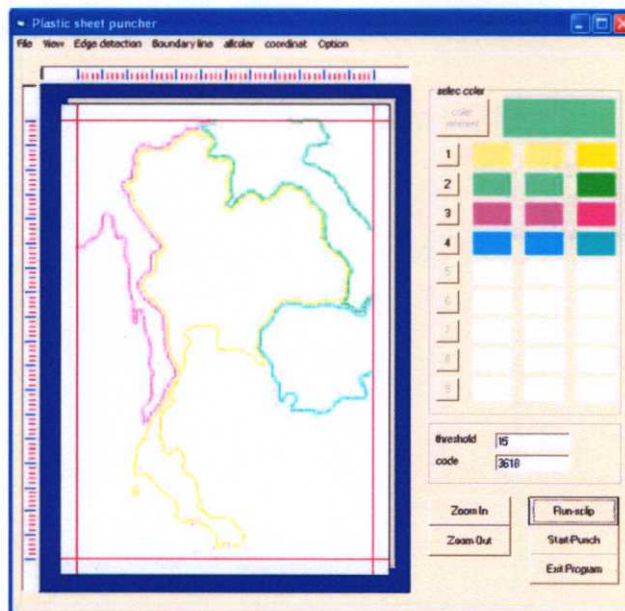
รูปที่ 3.27 เลือกสีต้นแบบ

จากนั้นทำการเลือกสีที่จะใช้สำหรับวาดจุดของแต่ละเฉดสี โดยทำการคลิกไปที่ช่องสีตามหมายเลข 2 ในรูปที่ 3.27 จะปรากฏหน้าต่างสำหรับให้เลือกสีดังรูปที่ 3.28 ทำการเลือกสีที่ต้องการแล้วคลิก OK



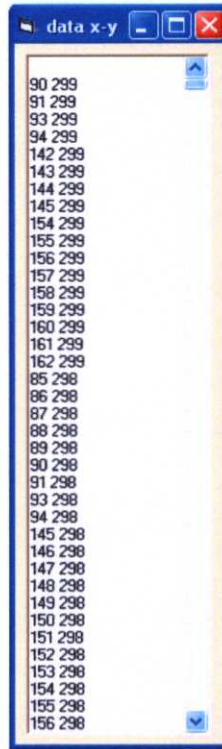
รูปที่ 3.28 เลือกสีสำหรับวาดจุด

จากนั้นก็เลือกไปที่ Run-script เพื่อให้โปรแกรมเริ่มการประมวลผลเพื่อหาขอบภาพและพิกัดการเจาะ เมื่อโปรแกรมประมวลผลเสร็จ โปรแกรมก็จะทำการวาดภาพพิกัดที่จะทำการเจาะลงแผ่นพลาสติกแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.29



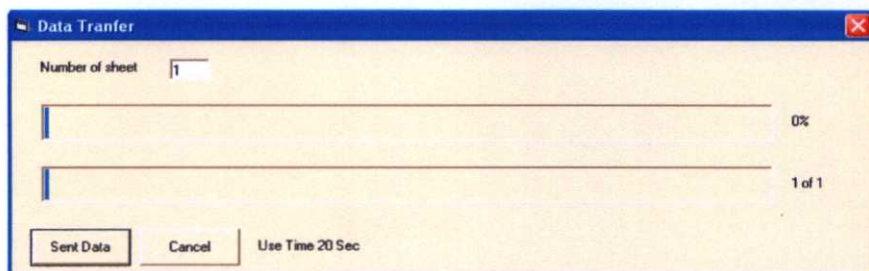
รูปที่ 3.29 ผลลัพธ์การหาขอบภาพและพิกัดการเจาะ

ถ้าต้องการให้แสดงพิกัดก็ทำการเลือกไปที่ coordinate >> show ก็จะได้ปรากฏหน้าต่างแสดงพิกัดดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 แสดงพิกัด X-Y

เมื่อเราได้พิกัดที่จะทำการเจาะแล้วจากนั้นก็ทำการส่งข้อมูลนี้ไปยังเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก ก่อนอื่นทำการติดตั้งและเชื่อมต่อเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกเข้ากับคอมพิวเตอร์ก่อน โดยใช้สาย Serial ต่อระหว่างเครื่องเจาะกับคอมพิวเตอร์ เสียบปลั๊กแล้วเปิดเครื่อง โดยกดสวิทช์เปิดที่กล่องควบคุม จากนั้นที่โปรแกรมเลือกไปที่ Start-Punch แล้วจะมีหน้าต่างการส่งข้อมูลขึ้นมาดังรูปที่ 3.31 แล้วเลือกไปที่ Sent-data แล้วโปรแกรมก็จะทำการส่งข้อมูลไปยังเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก รอจนกว่าหน้าต่างของการส่งข้อมูลเสร็จสมบูรณ์จะแสดงขึ้นมา ดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.31 ส่งข้อมูลให้กับเครื่องเจาะ



รูปที่ 3.32 ส่งข้อมูลเสร็จสมบูรณ์

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

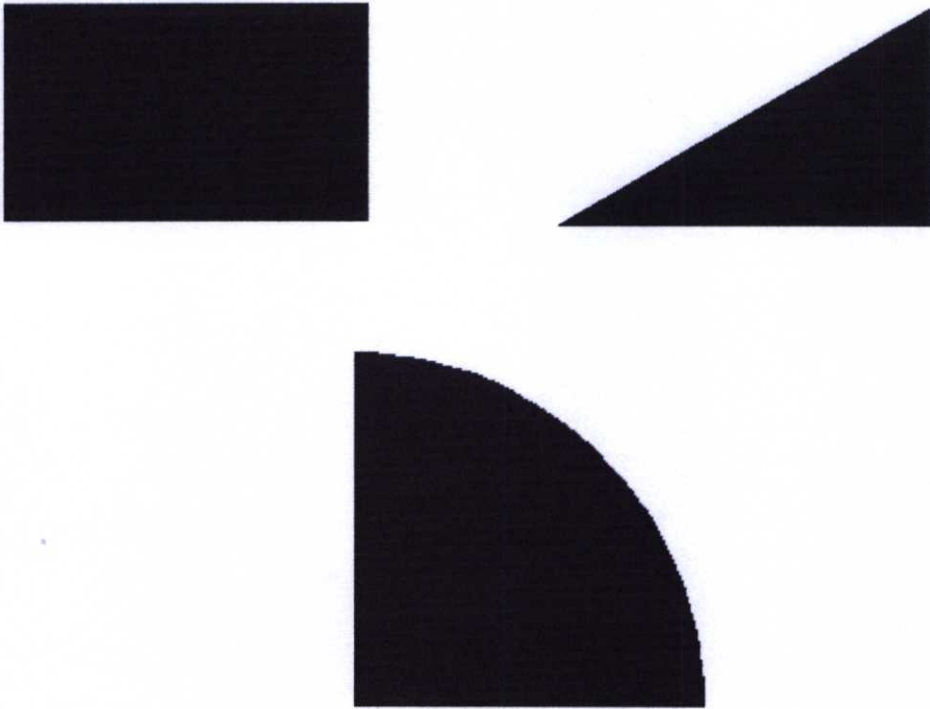
บทนี้กล่าวถึงการเลือกวิธีการหาขอบภาพที่นำมาประยุกต์ใช้กับ โปรแกรมหาพิกัดการเจาะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก และการทดสอบสมรรถนะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก โดยการเลือกวิธีการหาขอบภาพได้พิจารณาถึงความเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับ โปรแกรมหาพิกัดการเจาะ ซึ่งได้พิจารณาถึงคุณภาพของขอบภาพที่ได้และความสะดวกในการนำมาใช้งาน ส่วนการทดสอบสมรรถนะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกนั้นทำโดยสั่งให้เครื่องเจาะทำการเคลื่อนที่ไปเจาะในพิกัดต่างๆตามที่ได้กำหนดไว้ แล้วนำผลที่ได้จากการทดสอบการเจาะมาเปรียบเทียบกับพิกัดที่กำหนด เพื่อหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการเจาะของเครื่องเจาะ

4.1 การเลือกวิธีการหาขอบภาพมาใช้กับโปรแกรมหาพิกัดการเจาะ

การเลือกวิธีการหาขอบภาพต่างๆมาใช้งานควรพิจารณาถึงความเหมาะสมในการใช้ ในงานวิจัยนี้ก็เช่นกันได้ทำการเลือกวิธีการหาขอบภาพ โดยดูถึงความเหมาะสมและความสะดวกในการใช้งาน โดยได้อ้างอิงกับวิธีการหาขอบภาพที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 1 ซึ่งมีอยู่ 5 วิธีที่เลือกมา คือ วิธีของ Roberts, Sobel, Prewitt, Canny และวิธี LOG

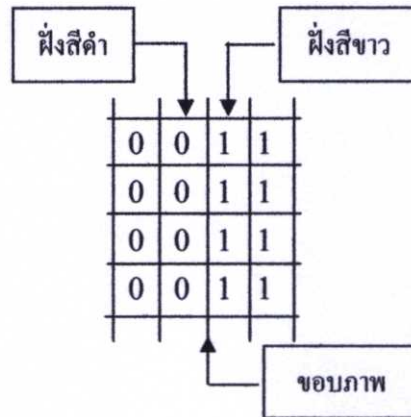
4.1.1 การทดสอบวิธีการหาขอบภาพด้วยภาพต่างๆที่รู้ตำแหน่งขอบภาพที่แน่นอน

จากวิธีการหาขอบภาพทั้ง 5 วิธีได้นำมาทดลองหาขอบภาพ เพื่อดูถึงความสามารถในการหาขอบภาพ โดยทดลองกับภาพที่ได้กำหนดขึ้นมาซึ่งเป็นภาพแบบไบนารีที่สามารถรู้ถึงตำแหน่งของขอบภาพที่แน่นอน โดยมีภาพที่มีส่วนของเส้นตรงในแนวนอน ส่วนของเส้นตรงเอียง 30 องศา และส่วนเส้น โค้ง ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งภาพเหล่านี้ถือว่าเป็นพื้นฐานของภาพต่างๆ ที่ประกอบด้วยเส้นตรงและเส้น โค้ง



รูปที่ 4.1 ภาพต้นแบบ

การเกิดของขอบภาพคือการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของพิกเซลที่อยู่ติดกัน ถ้าเป็นภาพไบนารี ก็คือการเปลี่ยนจากสีดำเป็นสีขาว หรือเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีดำ ดังนั้นตำแหน่งของขอบภาพที่เกิดขึ้นมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดที่ฝั่งของสีดำ(มีค่าเป็น 0)หรือที่ฝั่งของสีขาว(มีค่าเป็น 1) หรือเกิดขึ้นทั้งสองฝั่งก็ได้ดังรูปที่ 4.2 ขึ้นอยู่กับวิธีการหาขอบภาพแต่ละวิธี ก่อนที่จะทำการหาขอบภาพได้นำภาพเหล่านี้ไปผ่านการเบลนด์ด้วยตัวกรองเกาเซียน(สมการที่ 2.27) ด้วยค่า $\sigma=\sqrt{2}$, $\sigma=1$ และ $\sigma=1/\sqrt{2}$ เพื่อให้บริเวณของขอบภาพนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของสีเป็นแบบต่อเนื่อง จากนั้นจึงใช้วิธีการหาขอบภาพทั้ง 5 วิธีทำการหาขอบภาพ นำผลของตำแหน่งขอบภาพที่ได้มาเปรียบเทียบกับขอบภาพของภาพต้นแบบ เพื่อดูถึงตำแหน่งของการเกิดขอบภาพผลที่ได้เป็นไปตามตารางที่ 4.1 ถึงตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งของขอบภาพ

ตารางที่ 4.1 ลักษณะการเกิดขอบภาพของภาพเส้นตรงในแนวนอน

	เปอร์เซ็นต์การเกิดขอบทางฝั่งสีขาว			เปอร์เซ็นต์การเกิดขอบทางฝั่งสีดำ		
	$\sigma = \sqrt{2}$	$\sigma = 1$	$\sigma = 1/\sqrt{2}$	$\sigma = \sqrt{2}$	$\sigma = 1$	$\sigma = 1/\sqrt{2}$
Roberts	100	100	100	0	0	0
Sobel	0	0	0	100	100	100
Prewitt	0	100	0	100	0	100
Canny	0	0	0	100	100	100
LOG	100	100	100	0	0	0

จากตารางที่ 4.1 เป็นลักษณะการเกิดของขอบภาพของเส้นตรงในแนวนอน พบว่าตำแหน่งในการเกิดขอบภาพอยู่ทางฝั่งเดียวตลอด คือถ้าไม่อยู่ทางฝั่งสีขาวก็อยู่ทางฝั่งสีดำ โดยวิธีของ Roberts และวิธี LOG นั้นมีการเกิดขอบภาพทางฝั่งสีขาวอย่างเดียว ส่วนวิธีของ Sobel และ Canny นั้นมีการเกิดขอบภาพทางฝั่งสีดำอย่างเดียว และวิธีของ Prewitt นั้นมีการเกิดของขอบภาพทางฝั่งสีขาวที่ค่า σ เท่ากับ 1 และเกิดทางฝั่งสีดำที่ค่า σ เท่ากับ $\sqrt{2}$ กับ $1/\sqrt{2}$

ตารางที่ 4.2 ลักษณะการเกิดขอบภาพของภาพเส้นตรงเอียง 30 องศา

	เปอร์เซ็นต์การเกิดขอบทางฝั่งสีขาว			เปอร์เซ็นต์การเกิดขอบทางฝั่งสีดำ		
	$\sigma = \sqrt{2}$	$\sigma = 1$	$\sigma = 1/\sqrt{2}$	$\sigma = \sqrt{2}$	$\sigma = 1$	$\sigma = 1/\sqrt{2}$
Roberts	100	100	100	0	0	0
Sobel	57.14	57.14	42.86	42.86	42.86	57.14
Prewitt	57.14	42.86	42.86	42.86	57.14	57.14
Canny	57.14	57.14	57.14	42.86	42.86	42.86
LOG	100	100	100	0	0	0

จากตารางที่ 4.2 เป็นลักษณะการเกิดของขอบภาพของเส้นตรงเอียง 30 องศา พบว่าตำแหน่งในการเกิดขอบภาพของวิธีของ Roberts และ วิธี LOG เกิดอยู่ทางฝั่งเดียวตลอด ส่วนวิธีของ Sobel, Prewitt และ Canny พบว่ามีการเกิดของขอบภาพอยู่ทั้งสองฝั่ง คือทั้งทางฝั่งสีขาวและทางฝั่งสีดำ

ตารางที่ 4.3 ลักษณะการเกิดขอบภาพของภาพส่วนโค้ง

	เปอร์เซ็นต์การเกิดขอบทางฝั่งสีขาว			เปอร์เซ็นต์การเกิดขอบทางฝั่งสีดำ		
	$\sigma = \sqrt{2}$	$\sigma = 1$	$\sigma = 1/\sqrt{2}$	$\sigma = \sqrt{2}$	$\sigma = 1$	$\sigma = 1/\sqrt{2}$
Roberts	49.1	48.5	48.5	50.9	51.5	51.5
Sobel	42.0	48.0	48.0	58.0	52.0	52.0
Prewitt	47.0	47.0	43.0	53.0	53.0	57.0
Canny	34.16	34.45	34.75	63.84	63.55	63.25
LOG	100	100	100	0	0	0

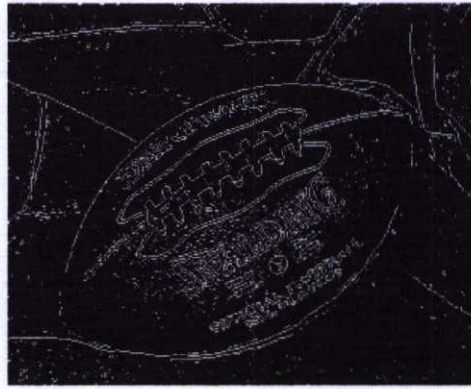
จากตารางที่ 4.3 เป็นลักษณะการเกิดของขอบภาพของเส้นโค้ง พบว่าตำแหน่งในการเกิดขอบภาพของวิธี LOG เกิดอยู่ทางฝั่งเดียวตลอด ส่วนวิธีของ Robert, Sobel, Prewitt และ Canny พบว่ามีการเกิดของขอบภาพอยู่ทั้งสองฝั่ง คือทั้งทางฝั่งสีขาวและทางฝั่งสีดำ จากการทดลองพบว่าทุกวิธีการหาขอบภาพนั้นสามารถให้ผลลัพธ์ตำแหน่งของขอบภาพอยู่ในช่วงที่เป็นขอบภาพที่แท้จริงได้ ซึ่งจะเกิดอยู่ที่ฝั่งทางสีขาวหรือสีดำหรือทั้งสองฝั่ง แต่วิธี LOG นั้นจะเกิดขอบภาพขึ้นทางฝั่งเดียวตลอดคือทางฝั่งสีขาวดังนั้นวิธี LOG ไม่ว่าจะป็นภาพเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ตาม จึงเป็นวิธีการที่ให้ตำแหน่งของขอบภาพที่แน่นอนกว่าทุกวิธี

4.1.2 ผลการเกิดขอบภาพจากการเลือกค่าเทรสโฮลด์

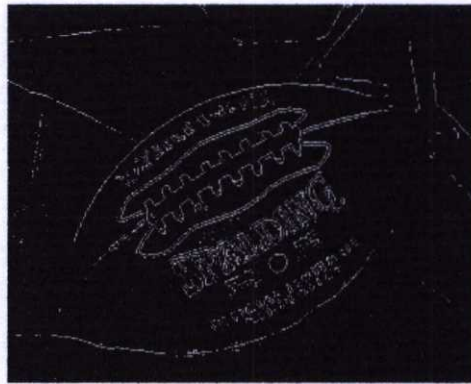
การที่จะได้มาซึ่งขอบภาพที่ครบถ้วนสมบูรณ์นั้นการกำหนดค่า เทรสโฮลด์ ถือเป็นสิ่งสำคัญในการเลือกใช้วิธีการหาขอบภาพของ Roberts, Sobel, Prewitt และ Canny ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความเข้าใจของผู้ใช้ คือเมื่อทำการปรับค่า เทรสโฮลด์ ในวิธีของ Roberts, Sobel และ Prewitt ผลที่ได้จะมีลักษณะเหมือนกันเป็นไปตามรูปที่ 4.3 ซึ่งพบว่าการกำหนดค่า เทรสโฮลด์ ที่น้อยเกินไปจะทำให้ได้ขอบที่หนาและตอบสนองกับบริเวณที่มีความต่างของสีที่มีความต่างกันน้อยหรือบริเวณที่มีสัญญาณรบกวน แต่ถ้ากำหนดค่า เทรสโฮลด์ มากเกินไปจะทำให้ส่วนที่เป็นขอบภาพบางส่วนหายไป และในวิธีของ Canny ก็เช่นกันผลที่ได้เป็นไปตามรูปที่ 4.4 ซึ่งถ้ากำหนดค่า T1 ที่มากไปจะทำให้ส่วนประกอบของเส้นขอบภาพหายไปแต่ความยาวของเส้นขอบยังคงเท่าเดิม แต่ถ้ากำหนดค่า T2 มากเกินไปจะทำให้เส้นของขอบภาพนั้นสั้นลงและขอบภาพบางส่วนหายไป

ต่างจากวิธีการหาขอบภาพด้วยวิธี LOG ที่ไม่จำเป็นต้องมีการกำหนดค่า เทรสโฮลด์ แต่ใช้หลักการหาดำแหน่งลากผ่านจุดศูนย์แทน ผลที่ได้เป็นไปตามรูปที่ 4.5 ซึ่งผู้ใช้งานนั้นสามารถที่จะใช้ได้ง่ายกว่า ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกเอาการหาขอบภาพด้วยวิธี LOG มาใช้ถึงแม้จะกำจัดสัญญาณรบกวนได้ไม่ทั้งหมด แต่สำหรับการนำมาใช้กับงานสร้างแบบสำหรับทอพรหมแล้วคุณภาพที่ได้จากวิธี LOG ก็ถือว่าเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน เพราะความละเอียดในการเจาะของตัวเครื่องเจาะที่ได้ ออกแบบไว้มีความละเอียดในการเจาะไม่มากเมื่อเทียบกับความละเอียดของภาพ อีกทั้งวิธี LOG ยังง่ายต่อการใช้งานของผู้ใช้ที่จะนำโปรแกรมนี้ไปใช้ และภาพต้นแบบที่ใช้ในการสร้างแบบในการทอพรหมนั้นถูกออกแบบในโปรแกรมคอมพิวเตอร์อยู่แล้วทำให้สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนั้นมีน้อยหรืออาจไม่มีเลย ดังนั้นการเลือกใช้การหาขอบภาพด้วยวิธี LOG ก็ถือว่าเพียงพอกับการใช้งานกับเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกแล้ว

Threshold = 0.03



Threshold = 0.05



Threshold = 0.07

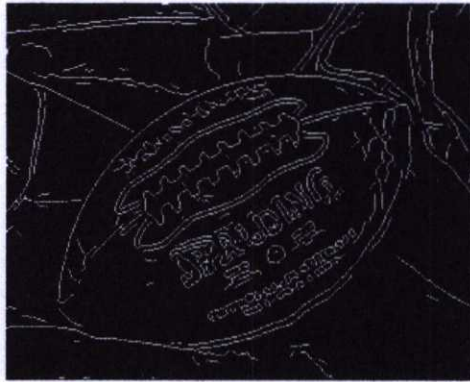


รูปที่ 4.3 ผลจากการกำหนดค่าเทรชโฮลด์ที่ต่างกันด้วยวิธีการหาขอบภาพของ Sobel

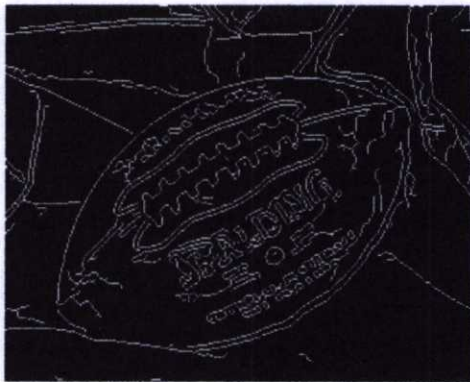
$T1 = 0.065, T2 = 0.025$



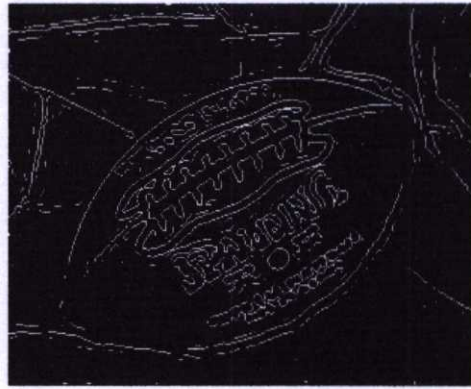
$T1 = 0.065, T2 = 0.05$



$T1 = 0.075, T2 = 0.025$



รูปที่ 4.4 ผลจากการกำหนดค่าเทรชโฮลด์ที่ต่างกันด้วยวิธีการหาขอบภาพของ Canny



รูปที่ 4.5 ผลจากการหาขอบภาพด้วยวิธี LOG

4.2 การทดลองหาสมรรถนะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

การทดลองหาสมรรถนะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกนั้น เพื่อทดสอบความสามารถในการเจาะ โดยพิจารณาจากค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการเจาะแล้วคิดเป็นค่าความผิดพลาดเฉลี่ย จากสมการ 4.1 เป็นสมการที่ใช้หาค่าความผิดพลาดเฉลี่ย โดยนำเอาผลรวมของค่าความผิดพลาดจากการเจาะที่ตำแหน่งต่างๆหารด้วยจำนวนตำแหน่งของความผิดพลาดจากการเจาะและทำการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ตามสมการ 4.2 เพื่อคู่ถึงการกระจายตัวของค่าความผิดพลาด หรือคู่ถึงความสามารถในการเกาะกลุ่มในการเจาะ

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i| \quad (4.1)$$

\bar{X} คือ ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย

X_i คือ ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่างๆ

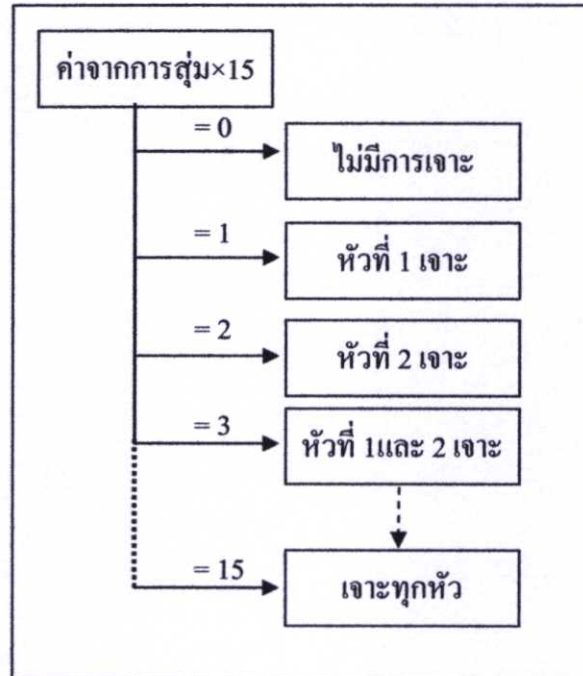
n คือ จำนวนสมาชิกของความผิดพลาด

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (4.2)$$

SD คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

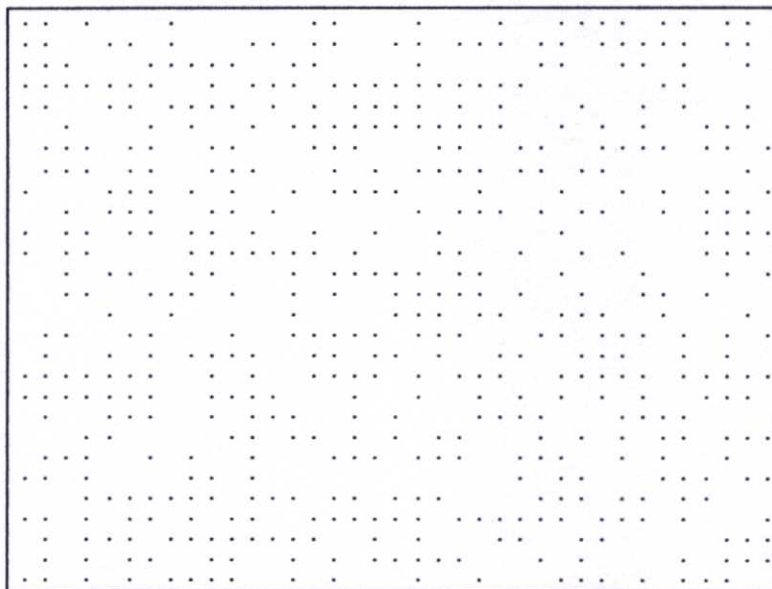
4.2.1 การเตรียมโค้ดสั่งงานสำหรับการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องเจาะ

การทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องเจาะจะไม่ใช้ภาพเพื่อสั่งงานเครื่องเจาะ แต่จะใช้การสร้างโค้ดขึ้นมาเอง ด้วยการใส่คำสั่งสูบลำจาก โปรแกรมวิซวลเบสิก โปรแกรมจะทำการสูบลำอยู่ระหว่าง 0-1 และเนื่องจากหัวเจาะมีอยู่ 4 หัวจะมีเงื่อนไขในการสั่งเจาะทั้งหมด 16 เงื่อนไข จากนั้นนำเอาค่าที่ได้จากการสูบลำไปคูณกับ 15 ทำให้ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0-15 ซึ่งมีทั้งหมด 16 ค่า ดังรูป 4.6 การสูบลำพิกัดการเจาะได้ทำการสูบลำทุกๆระยะ 15 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.6 การสูบลำ

ผลจากการสูบลำพิกัดการเจาะที่ได้แสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.7 พิกัดที่ได้จากการสูบลำ โปรแกรมจะทำการแสดงค่าพิกัดการเจาะออกมาด้วยทำให้สามารถนำค่าที่ได้จากโปรแกรมไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการเจาะจริง

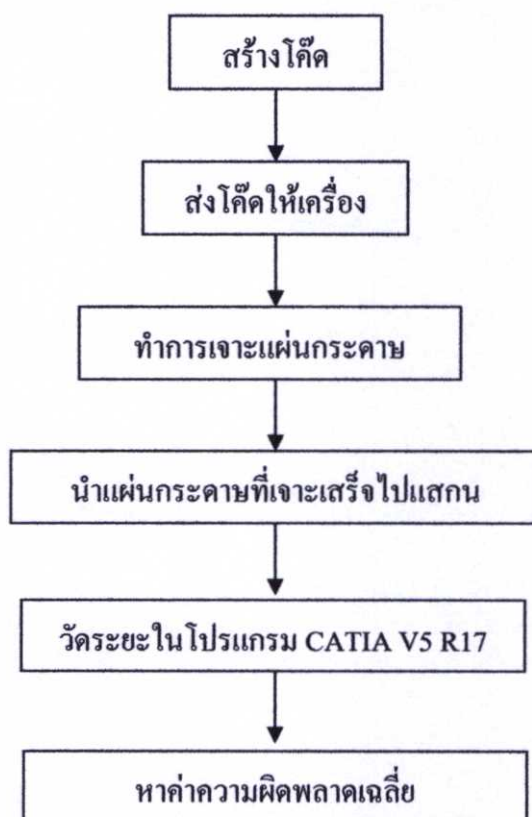


รูปที่ 4.7 ผลจากการสุ่มค่าพิคัดการเจาะ

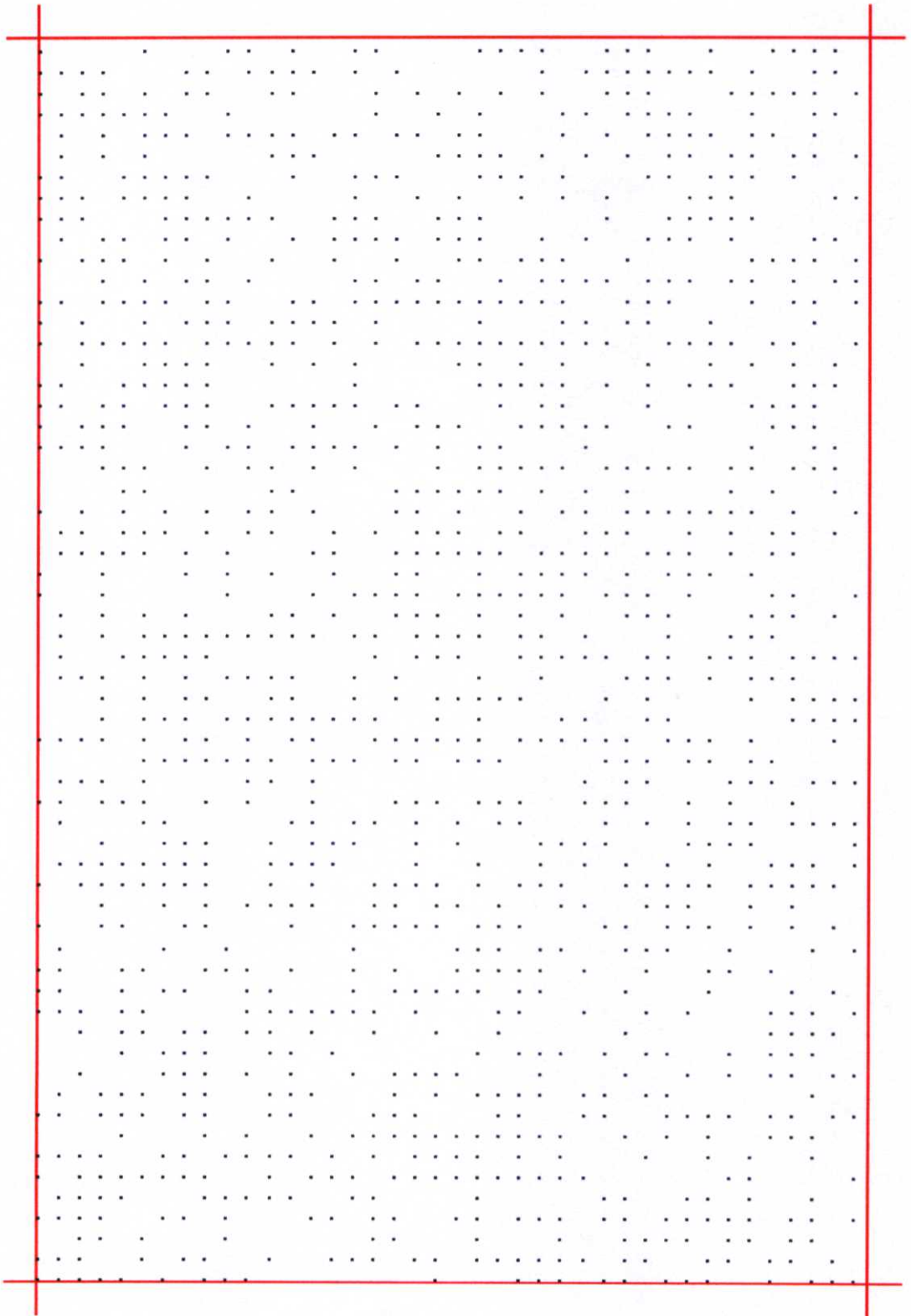
4.2.2 การทดลองหาสมรรถนะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

การทดลองหาสมรรถนะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก เป็นการทดลองหาขีดความสามารถของเครื่องเจาะว่ามีความแม่นยำในการเจาะมากน้อยแค่ไหน โดยวิธีการทดลองหาค่าความผิดพลาดนั้นทำโดยสุ่มพิคัดสำหรับการเจาะของเครื่อง ดังรูปที่ 4.9 เป็นผลของพิคัดที่ได้จากการสุ่มของโปรแกรม จากนั้นนำค่าพิคัดที่ได้จากการสุ่มของโปรแกรมสั่งให้เครื่องทำการเจาะในพิคัดนั้นซึ่งในการทดลองนี้จะใช้กระดาษขาวแทนแผ่นพลาสติกเพื่อง่ายต่อการมองเห็นเวลานำผลการทดลองมาทำการวัดผล จากนั้นนำกระดาษที่ทำการเจาะเรียบร้อยแล้วไปทำการสแกนกับเครื่องสแกนภาพให้เป็นไฟล์ภาพเข้าไปยังคอมพิวเตอร์

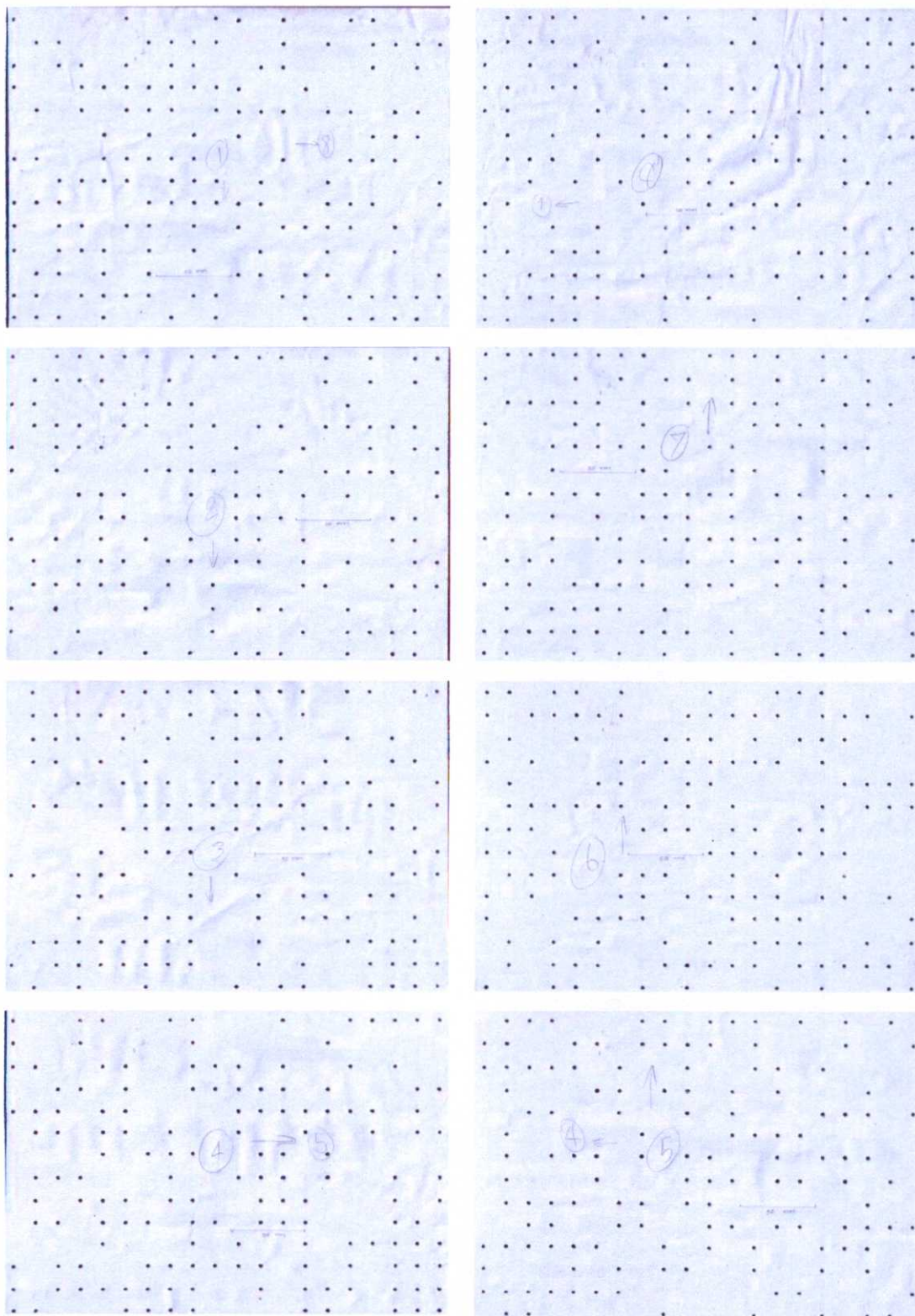
เนื่องจากขีดจำกัดของเครื่องสแกนที่สามารถสแกนภาพได้ใหญ่สุดเท่ากับกระดาษ A4 จึงทำการแบ่งกระดาษที่ทำการเจาะเรียบร้อยแล้วออกเป็นส่วนๆ เท่ากับกระดาษ A4 ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 8 ส่วน แล้วนำแต่ละส่วนที่ได้ทำการแบ่งเสร็จแล้วไปสแกน ดังรูปที่ 4.10 เป็นภาพจากการสแกน กระดาษในแต่ละส่วน พอได้ภาพจากการสแกนแล้วก็นำภาพเข้าไปในโปรแกรม CATIA V5 R17 เพื่อทำการวัดระยะห่างของแต่ละจุด จากนั้นก็ทำการหาค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยเทียบค่าที่วัดได้จากการเจาะจริงกับตำแหน่งที่กำหนดให้เจาะ แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดจากสมการ 4.1 และหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้สมการที่ 4.2 เพื่อดูถึงความเชื่อมั่นในการเจาะ ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อยแสดงว่ามีความเชื่อมั่นได้สูงแต่ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามาก ความเชื่อมั่นก็จะน้อยลง รูปที่ 4.8 เป็นไดอะแกรมขั้นตอนการทดลองหาสมรรถนะของโปรแกรม



รูปที่ 4.8 ไคอะแกรมการทดลองหาสมรรถนะของเครื่องเจาะ



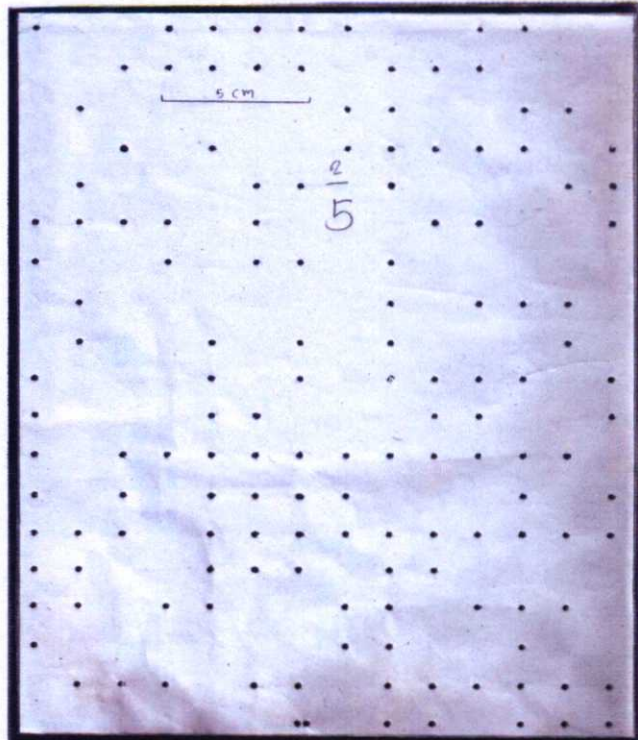
รูปที่ 4.9 พิกัดที่ได้จากการสุ่มของโปรแกรม



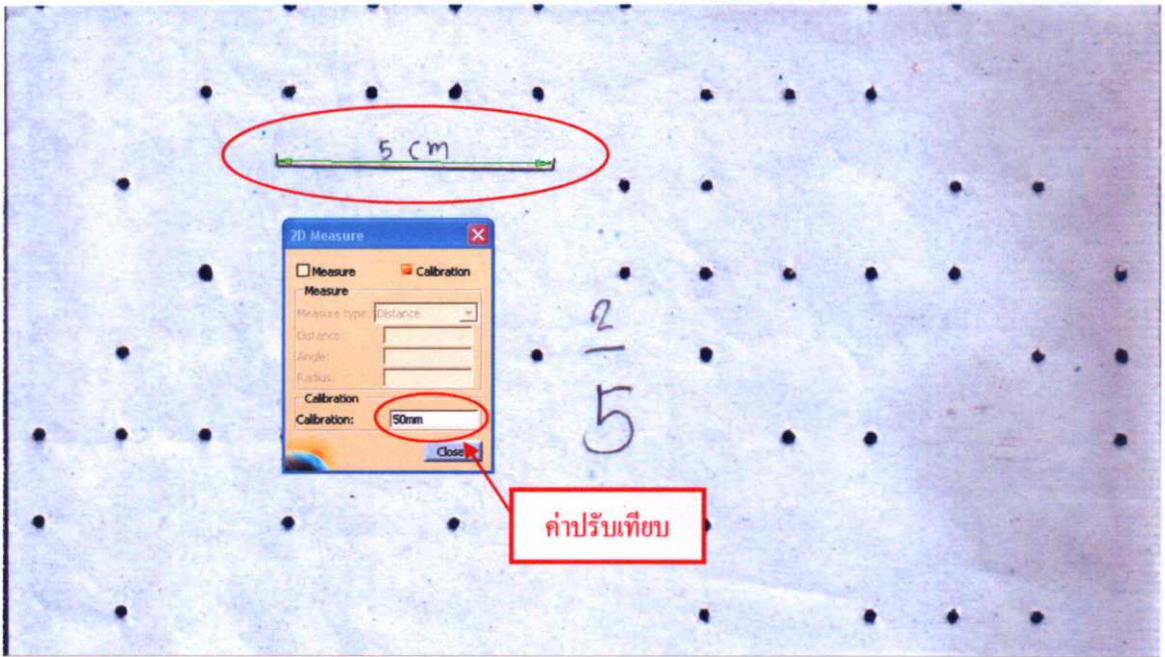
รูปที่ 4.10 ภาพของแต่ละส่วนที่ได้จากการสแกน

4.2.3 การวัดค่าความผิดพลาดของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

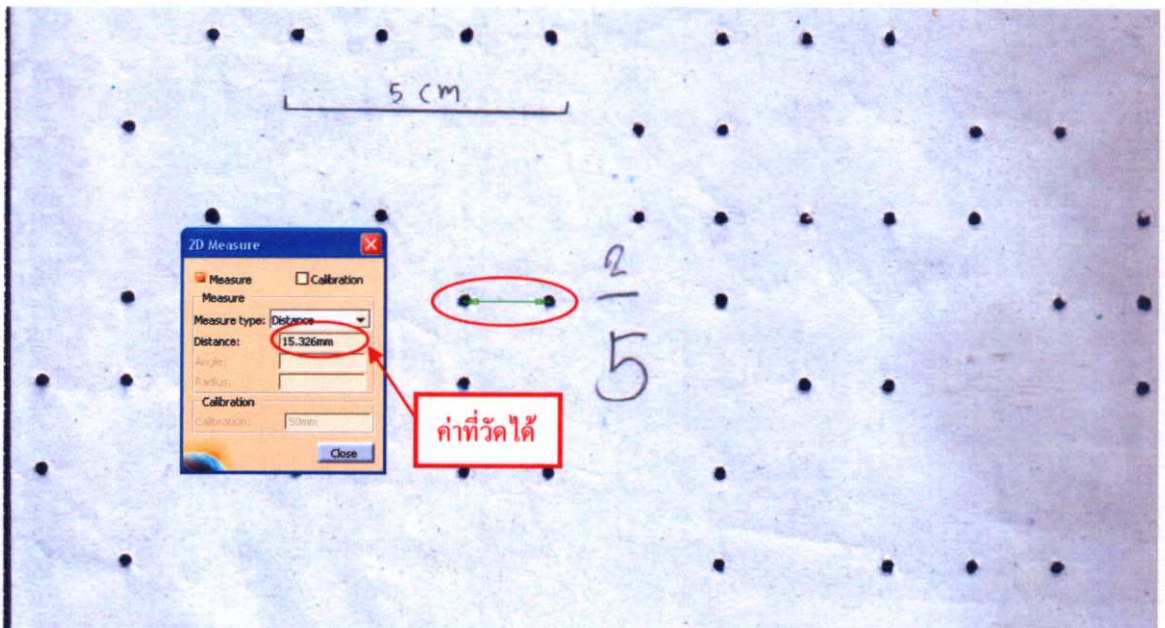
รูปที่ 4.11 เป็นภาพที่ได้จากการนำกระดาษที่ถูกเจาะด้วยเครื่องเจาะไปสแกนโดยวางทับด้วยพื้นหลังสีดำจึงทำให้เห็นเป็นจุดสีดำ และเขียนสเกลไว้อ้างอิง หลังจากนั้นนำภาพเข้าไปวัดระยะห่างของจุดในโปรแกรม CATIA V5 R17 ดังรูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13 ก่อนการวัดต้องทำการปรับเทียบขนาดของภาพก่อนเพื่อให้ได้สัดส่วนที่ถูกต้องหลังจากนั้นก็ทำการวัดแล้วเก็บค่ามาคำนวณหาค่าความผิดพลาด



รูปที่ 4.11 ภาพจากการเจาะแล้วนำมาสแกน



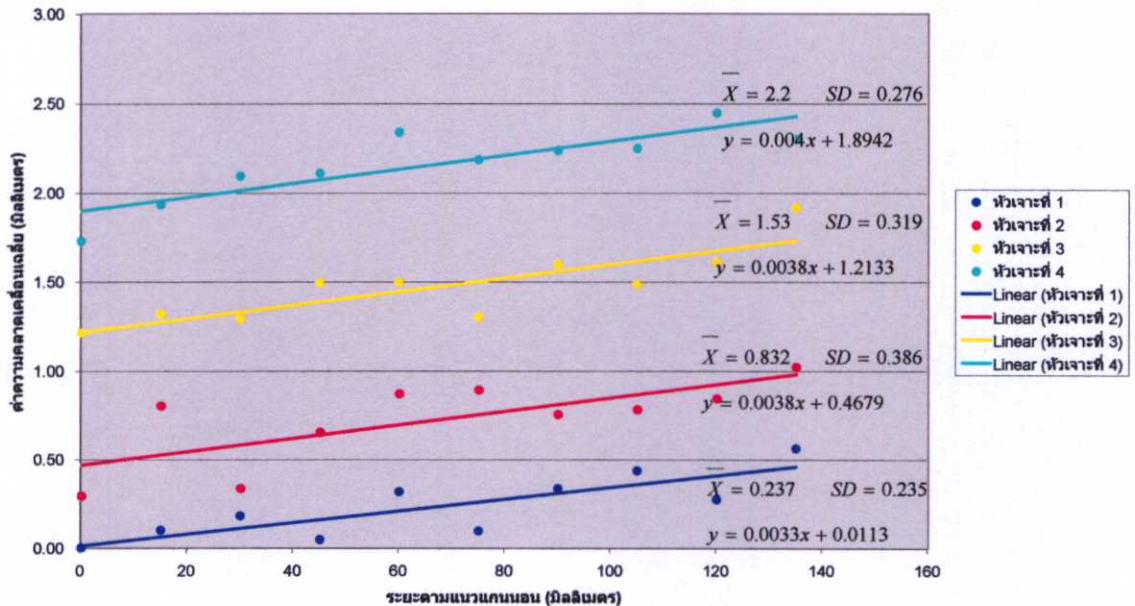
รูปที่ 4.12 การปรับเทียบขนาด



รูปที่ 4.13 การวัดระยะห่างของรู

4.2.4 ผลการวัดค่าความผิดพลาดของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของแต่ละหัวเจาะกับระยะตามแนวแกนนอน

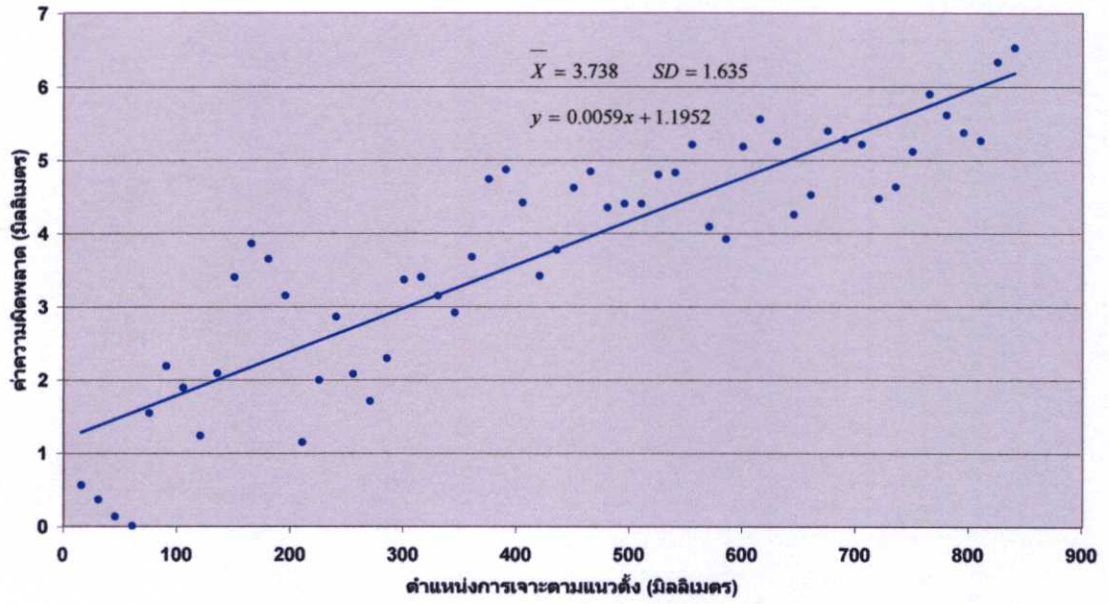


รูปที่ 4.14 ค่าความผิดพลาดตามแนวแกน X

จากรูปที่ 4.14 เป็นการแสดงค่าความผิดพลาดของการเจาะตามแนวแกน X เนื่องจากหัวเจาะทั้ง 4 หัวติดอยู่บนรางเลื่อนเดียวกันและเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน ฉะนั้นระยะการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X จึงมีค่าเป็น 150 มิลลิเมตร ซึ่งพบว่าความผิดพลาดจากการเจาะที่เกิดขึ้นจะมีค่ามากขึ้นเมื่อตำแหน่งที่เจาะนั้นอยู่ห่างจากจุดเริ่มต้นออกไป จากค่าความผิดพลาดนี้เป็นค่าความผิดพลาดสะสมโดยวัดเทียบจากจุดเริ่มต้น เนื่องจากการควบคุมตำแหน่งของหัวเจาะตามแนวแกน X เป็นการควบคุมตำแหน่งแบบเทียบจุดต่อจุดโดยอ้างอิงจากจุดปัจจุบันจึงทำให้เกิดความผิดพลาดสะสมขึ้น ส่วนแนวโน้มในการเกิดความคลาดเคลื่อนจากการเจาะของหัวเจาะทั้ง 4 หัวมีลักษณะที่คล้ายกัน แต่ความผิดพลาดจากการเจาะเฉลี่ยในการเจาะของแต่ละหัวไม่เท่ากัน เนื่องจากเครื่องเจาะได้ผ่านการใช้งานมาแล้วทำให้มีการสึกหรอเกิดขึ้นที่บริเวณแกนกระบอกสูบของหัวเจาะทำให้มีระยะคลอนเวลาที่หัวเจาะมีการเจาะ ซึ่งพบว่าหัวเจาะที่ 1 มีความผิดพลาดเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 0.237 หัวเจาะที่ 2 มีความผิดพลาดเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 0.832 หัวเจาะที่ 3 มีความผิดพลาดเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 1.53 และหัวเจาะที่ 4 มีความผิดพลาดเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 2.2 และถ้าจะมองความคลาดเคลื่อนจากการเจาะเป็นกิมิลลิเมตรต่อความยาว 10 มิลลิเมตรในแนวแกน X ก็จะได้คือ $y = 0.0033x + 0.0113$ ฉะนั้นที่ทุก 10 มิลลิเมตรจะมีระยะคลาดเคลื่อนเป็น 0.0443 ส่วนการกระจายตัวของความผิดพลาดจากการเจาะ

(SD) ของทุกๆ ห้าพบว่ามีค่าไม่ต่างกันมากและมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 0.386 มิลลิเมตรมิลลิเมตร ซึ่งเมื่อเทียบกับความละเอียดในการเจาะของตัวเครื่องที่ได้ออกแบบไว้ที่ความละเอียด 3 มิลลิเมตรแล้วก็ถือว่าเป็นค่าที่น้อยและยอมรับได้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดกับตำแหน่งการเจาะตามแนวตั้ง



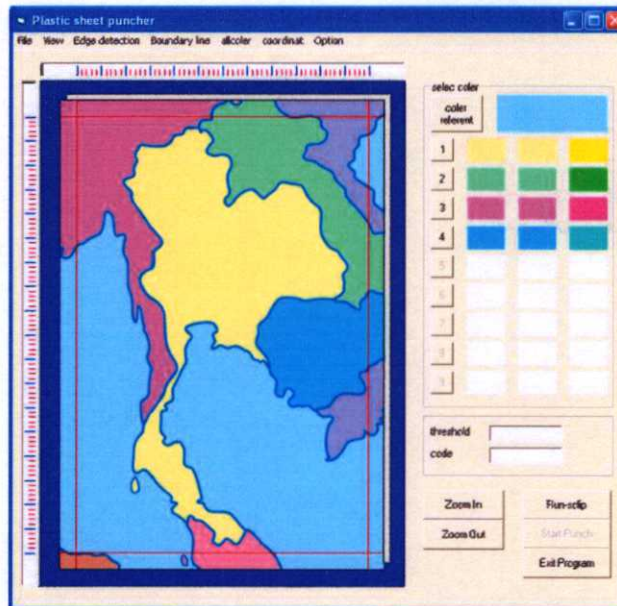
รูปที่ 4.15 ค่าความผิดพลาดตามแนวแกน Y

จากรูปที่ 4.15 เป็นการแสดงค่าความผิดพลาดของการเจาะตามแนวแกน Y ซึ่งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกันกับแกน X คือมีค่าความผิดพลาดเพิ่มมากขึ้นเมื่อค่า Y เพิ่มขึ้น เพราะใช้วิธีการควบคุมตำแหน่งการเจาะเหมือนกัน แต่ความผิดพลาดตามแนวแกน Y นี้มีค่ามากกว่า เป็นเพราะว่าเพลาลูกกลิ้งที่ใช้ป้อนแผ่นพลาสติกมีขนาดที่เล็กทำให้เกิดการโก่งตัวและเอียงศูนย์เวลาหมุน เลยทำให้เวลาดึงแผ่นพลาสติกเข้าไปในแต่ละช่วงมีระยะไม่เท่ากัน จากกราฟการพล็อตเป็นการแสดงค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดที่ตำแหน่ง Y ใดๆ และแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งจากการคำนวณค่าเฉลี่ยทั้งหมดตามสมการที่ 4.1 ได้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเป็น 3.738 และถ้าจะมองความคลาดเคลื่อนจากการเจาะเป็นกึ่งมิลลิเมตรต่อความยาว 10 มิลลิเมตรในแนวแกน Y ก็จะได้คือ $y = 0.0059x + 1.1952$ ฉะนั้นที่ทุก 10 มิลลิเมตรจะมีระยะคลาดเคลื่อนเป็น 1.2542 มิลลิเมตร และจากการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามสมการที่ 4.2 ได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 1.635 มิลลิเมตรซึ่งเมื่อเทียบกับความละเอียดในการเจาะของตัวเครื่องที่สามารถเจาะได้ละเอียดสุดที่ 3 มิลลิเมตรแล้วก็ถือว่ายังมีความคลาดเคลื่อนที่สูงอยู่ซึ่งเกิดจากระบบป้อนแผ่นพลาสติกที่ยังไม่ดีเท่าที่ควร

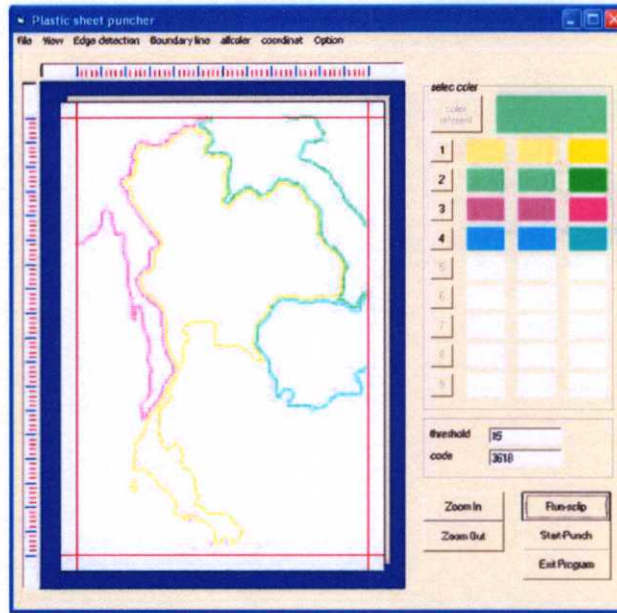
4.3 การทดลองโปรแกรมหาขอบภาพและเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกกับงานจริง

การทดลองโปรแกรมหาขอบภาพและเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกกับงานจริงจะทำการทดลองกับภาพทรูคัลเลอร์เพื่อดูถึงความสามารถของโปรแกรมที่สามารถแยกขอบของภาพที่มีลักษณะเป็นภาพเฉดสี คือภาพที่ระดับของความเข้มของสีที่ต่อเนื่องกัน การที่โปรแกรมสามารถหาขอบภาพที่เป็นภาพ ทรูคัลเลอร์ได้จะช่วยให้สะดวกต่อการแยกบริเวณของสีออกจากกันช่วยให้การทอพรหมสะดวกมากขึ้น

จากโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นมาสำหรับการหาขอบภาพของภาพทรูคัลเลอร์ได้ทำขึ้นมาเป็น 2 กรณีคือ 1. หาขอบภาพของบริเวณที่เป็นภาพสีโดยทำการหาเฉพาะบริเวณสีที่ต้องการหาขอบภาพเท่านั้น ดังรูปที่ 4.16 เป็นการหาขอบภาพของภาพสีที่มีการเลือกบริเวณสีทั้งหมด 4 ที่ ซึ่งได้ผลดังรูปที่ 4.17 และในกรณีที่ 2. เป็นการหาขอบภาพทั่วทั้งภาพโดยไม่จำเป็นต้องเลือกสีเพื่อใช้ในการอ้างอิงแต่โปรแกรมจะทำการหาขอบของภาพทุกๆสีที่ทั่วทั้งภาพ



รูปที่ 4.16 การเลือกสีที่ต้องการหาขอบ

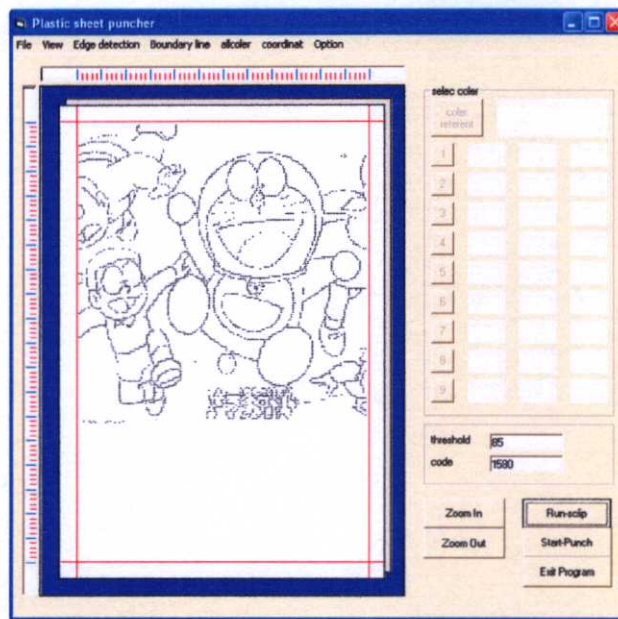


รูปที่ 4.17 ผลการหาขอบภาพในส่วนของสีที่เลือก

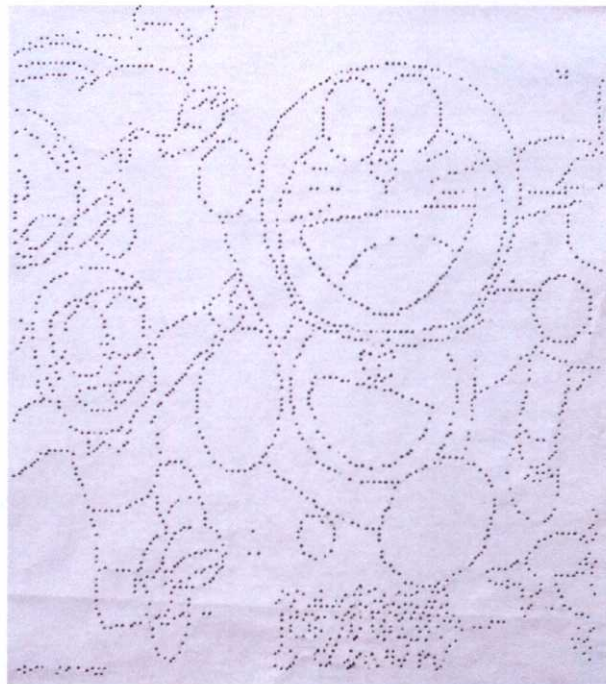
รูปที่ 4.18 เป็นการหาขอบภาพของภาพทรูคัตเตอร์ ในรูปที่ 4.19 เป็นผลที่ได้จากการหาขอบ ภาพและพิกัดในการเจาะของภาพทรูคัตเตอร์ และในรูปที่ 4.20 เป็นผลที่ได้จากการเจาะซึ่งใช้เวลาในการเจาะทั้งหมดประมาณ 30 นาที



รูปที่ 4.18 การหาขอบภาพของภาพทรูคัตเตอร์



รูปที่ 4.19 ผลที่ได้จากการหาขอบภาพของภาพทรูคัลเลอร์



รูปที่ 4.20 ผลที่ได้จากการเจาะ

บทที่ 5

สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับวิธีการควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกเพื่อสร้างแบบในการทอพรอม ซึ่งในการควบคุมนั้นได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆคือ 1. ส่วนของโปรแกรมหาพิกต์การเจาะ และ 2. ส่วนของการควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก โดยในส่วนแรกได้มีการนำเอาเทคนิคการหาขอบภาพมาใช้กับ โปรแกรมหาพิกต์การเจาะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก ซึ่งได้มีการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการหาขอบภาพแบบต่างๆเพื่อเลือกเอาวิธีที่เหมาะสมที่สุดมาประยุกต์ใช้ โดยพบว่าวิธี LOG มีความเหมาะสมที่สุดและได้นำมาประยุกต์ใช้งานเพื่อใช้หาขอบของภาพที่ต้องการจะนำไปเป็นแบบในการทอพรอม ซึ่งขั้นตอนในการหาขอบภาพนั้นได้แบ่งออกเป็นสองลักษณะการทำงานคือ 1.การหาขอบภาพเฉพาะบริเวณของสีที่ต้องการ และ 2.การหาขอบภาพทั่วทั้งภาพคือหาขอบภาพทุกๆสีทั่วทั้งภาพโดยไม่เจาะจงเฉพาะสีใดสีหนึ่ง ซึ่งการหาขอบภาพเฉพาะที่ต้องการนั้นทำโดยแปลงภาพให้เป็นภาพไบนารีก่อน โดยการเปลี่ยนสีของบริเวณที่จะหาขอบให้เป็นสีดำส่วนบริเวณอื่นเปลี่ยนเป็นสีขาว ส่วนการหาขอบภาพทั่วทั้งภาพนั้นจะทำการแปลงภาพให้เป็นภาพเกรย์สเกลก่อน จากนั้นก็ทำการกรองภาพด้วยตัวกรองเกาเซียนแล้วทำการหาขอบภาพด้วยวิธีการหาขอบภาพแบบ LOG หลังจากได้ขอบภาพมาแล้วจากนั้นก็ทำการแปลงพิกต์ของขอบภาพเป็น โค้ดในการสั่งงานเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

ในส่วนของการควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกได้มีการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะว่ามีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด ทำโดยการใช้คำสั่งสุ่มค่าพิกต์การเจาะจากโปรแกรมวิซวลเบสิก แล้วสั่งให้เครื่องเจาะเคลื่อนที่ไปยังพิกต์ที่ได้จากการสุ่มแล้วทำการเจาะในพิกต์นั้นซึ่งในการทดลองนี้จะใช้กระดาษขาวแทนแผ่นพลาสติกเพื่อง่ายต่อการมองเห็น แล้วนำกระดาษที่ทำการเจาะเรียบร้อยแล้วไปทำการสแกนกับเครื่องสแกนภาพให้เป็น ไฟล์ภาพเข้า ไปยังคอมพิวเตอร์ จากนั้นก็ใช้โปรแกรม CATIA V5 R17 ทำการวัดระยะห่างของแต่ละจุด ผลปรากฏว่าเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกนั้นมีความผิดพลาดตามแนวแกน X เท่ากับ 0.0443 มิลลิเมตรต่อการเคลื่อนที่ 10 มิลลิเมตรในแกน X ซึ่งเมื่อเทียบกับความละเอียดในการเจาะของตัวเครื่องที่ได้ออกแบบไว้ที่ความละเอียด 3 มิลลิเมตรแล้วก็ถือว่าเป็นค่าที่น้อยและยอมรับได้ และความผิดพลาดตามแนวแกน Y เท่ากับ 1.2542 มิลลิเมตรต่อการเคลื่อนที่ 10 มิลลิเมตรในแกน Y ซึ่งเมื่อเทียบกับความละเอียดในการเจาะของตัวเครื่องที่ได้ออกแบบไว้ที่ความละเอียด 3 มิลลิเมตรแล้วก็ถือว่ายังมีความคลาดเคลื่อนที่สูงอยู่

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่าระบบควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกนั้นยังมีส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาต่อคือ ส่วนของความเร็วในการเจาะของเครื่องเจาะ ซึ่งเครื่องนี้ความเร็วในการเจาะถูกจำกัดอยู่ที่ความเร็วของชุดหัวเจาะ ที่ทำงานด้วยกระบอกสูบลม ถ้าสั่งงานเร็วกว่านี้จะทำให้กระบอกสูบทำงานไม่ทัน ถ้าต้องการความเร็วที่มากกว่านี้ ควรเปลี่ยนชุดหัวเจาะเป็นระบบการเจาะแบบอื่น ที่ใช้เวลาในการเจาะสั้นกว่า เช่น หัวเจาะเลเซอร์ เป็นต้น
2. จากความผิดพลาดจากการเจาะที่เกิดขึ้นตามแนวแกน Y ที่มีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งเกิดจากเพลาลูกกลิ้งที่มีขนาดเล็กทำให้เกิดการ โกงตัวและเยื้องศูนย์เวลาหมุน ในการแก้ไขควรออกแบบเพลาลูกกลิ้งให้มีความแข็งแรงมากกว่านี้เพื่อลดการ โกงตัวเยื้องศูนย์ที่เกิดขึ้น
3. ชิ้นส่วนบางอย่างมีการสึกหรอตามอายุการใช้งาน เช่น หัวเจาะ และยางลูกกลิ้ง ควรมีการเปลี่ยนเมื่อมีการสึกหรอเกิดขึ้น แต่ในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้มีการทดสอบอายุการใช้งานของชิ้นส่วนดังกล่าว ถ้าเครื่องนี้มีการพัฒนาต่อควรมีการทดสอบในเรื่องนี้ด้วย
4. จากโปรแกรมหาพิกัดการเจาะของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก สามารถที่จะประยุกต์ใช้กับเครื่องทอพรอมอัด โนมัตได้
5. จากหลักการหาขอบภาพและเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสามารถพัฒนาให้เป็นเครื่องมือใช้งานในด้านอื่นได้ เช่น เครื่องกัดชิ้นงานจากภาพที่วาดด้วยมือ โดยไม่ต้องผ่าน โปรแกรม CAD, CAM เป็นต้น

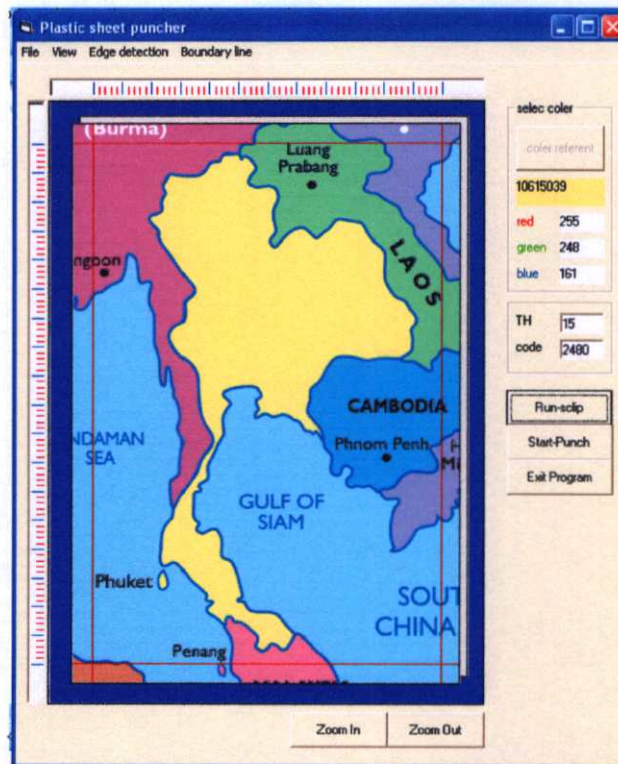
บรรณานุกรม

- [1] Craig L. Murch and Stephan K. Chalup. 2004. **Combining Edge Detection and Colour Segmentation in the Four-Legged League**. School of Electrical Engineering & Computer Science, The University of Newcastle.
- [2] Muts Gokstorp, Per-Erik Danielsson. 1994. **Velocity Tuned Generalized Sobel Operators For Multiresolution Computation of Optical Flow**. IEEE International Conference, vol.2, pp.765 – 769.
- [3] Rae-Hong Park. 1998. **1D frequency domain analysis of Frei-Chen edge masks**. IEEE Vol. 34, pp.535 – 537
- [4] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. 1997. **Digital Image Processing**. Second Edition. Prentice-Hall, Inc.
- [5] Rubiyah Yusof. et al. 2007. **Comparison of feature extractors in license plate recognition**. Proceedings of the First Asia International Conference on Modeling & Simulation, IEEE. pp.502–506.
- [6] Venkata R. Chaganti. 2005. **Edge Detection of Noisy Images Using 2-D Discrete Wavelet Transform**. Department of Electrical Engineering, The Florida State University.
- [7] จัตุพล อนันตกุล และคณะ. 2548. **เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับสร้างแบบทอพรอม**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [8] จารวี ฉันทสิทธิ์พร. 2547. **การจำแนกชนิดยาเม็ดจากภาพถ่ายโดยใช้เทคนิคเครือข่ายประสาท**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์. ภาควิชาคอมพิวเตอร์. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

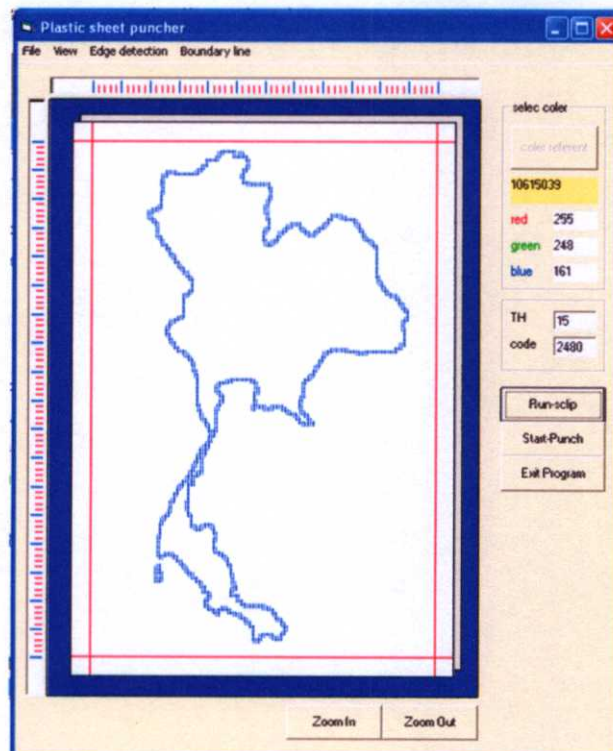
- [9] พิศาล มูลอำคา. 2551. การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกโดยใช้หลักการไฟไนต์เอลิเมนต์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [10] วรพงษ์ วงษ์สมศรี และคณะ. 2550. การพัฒนาเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับสร้างแบบทอพรอม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [11] สมบัติ ทำนา และคณะ. 2549. การพัฒนาเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับสร้างแบบทอพรอม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [12] อำนวย สาทสิทธิ์. 2549. ระบบตรวจหาป้ายกำหนดความเร็วจากวิดีโอ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ภาคผนวก ก.

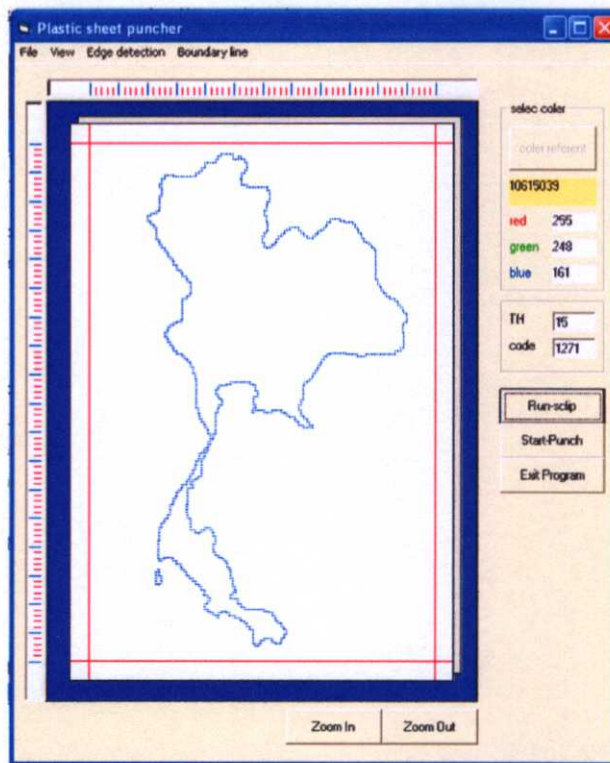
ความเร็วของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกเมื่อทดลองกับภาพอื่นๆ



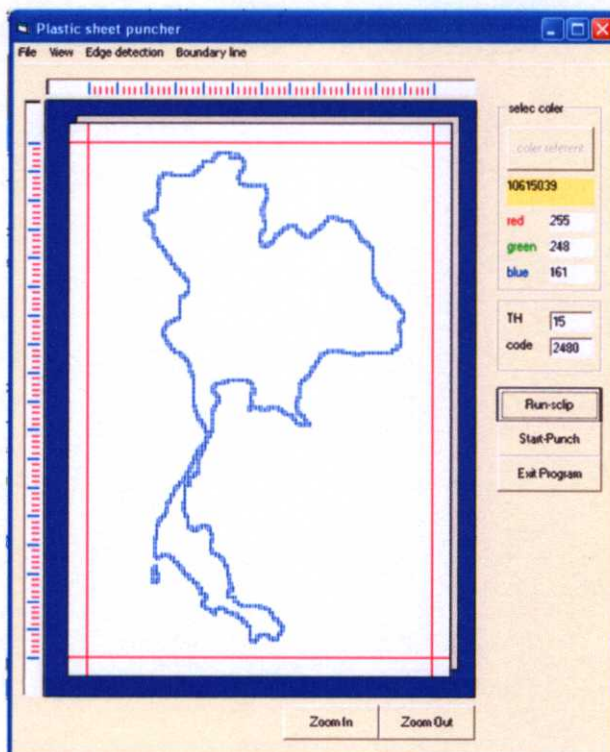
ก-1 รูปแผนที่ประเทศไทย



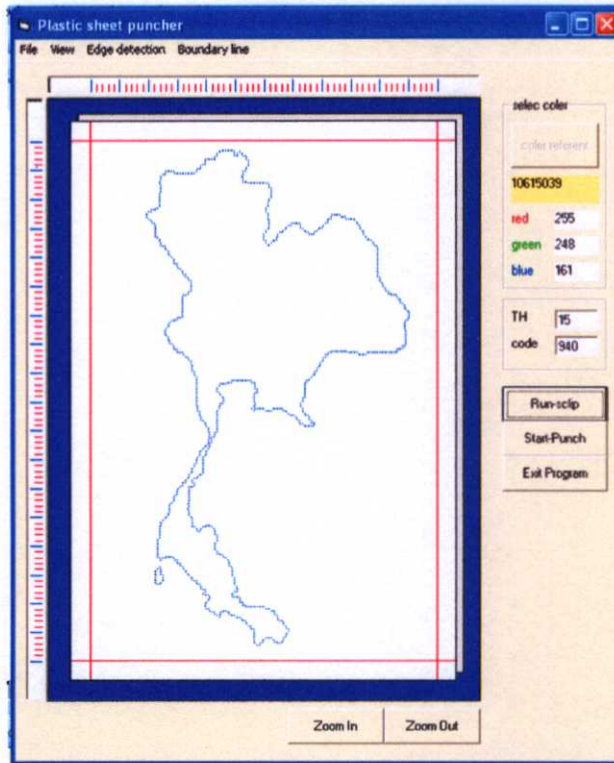
ก-2 ผลที่ได้จากวิธีการของ Sobel ใช้ความเร็วในการเจาะ 1804 วินาที



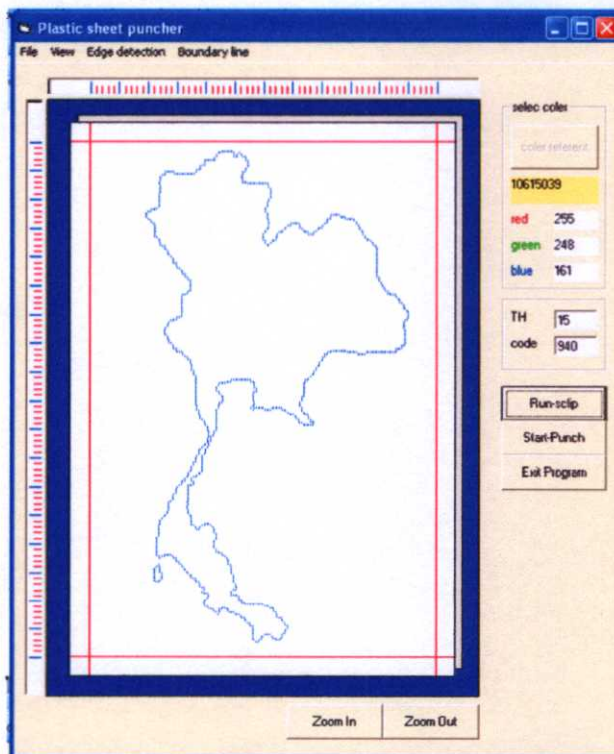
ก-3 ผลที่ได้จากวิธีการของ Roberts ใช้ความเร็วในการเจาะ 1516 วินาที



ก-4 ผลที่ได้จากวิธีการของ Prewitt ใช้ความเร็วในการเจาะ 1804 วินาที



ก-5 ผลที่ได้จากวิธี LOG ใช้ความเร็วในการเจาะ 1498 วินาที



ก-6 ผลที่ได้จากวิธีการของ Canny ใช้ความเร็วในการเจาะ 1498 วินาที

ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. นเร็นศ ชัยธานี และอุณนัต พิณโสภณ “การประยุกต์วิธีการหาขอบภาพเพื่อใช้กับ โปรแกรมสั่งงานเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22, 15-17 ตุลาคม 2551 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต



ME NETT 22

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

15-17 ตุลาคม 2551

การประชุมวิชาการ
เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล
แห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 22

บทคัดย่อ



จัดโดย

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
สมาคมวิศวกรเครื่องกลไทย



สำนักงานนโยบาย
และแผนพลังงาน
กระทรวงพลังงาน

สภาวิชาชีพ
NSTDA



การประยุกต์วิธีการหาขอบภาพเพื่อใช้กับโปรแกรมสั่งงานเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก Application of the Edge Detection in Plastic-Sheet Puncher Control Program

นเร็นต ชัยธานี และ อุณัต พิณโสภณ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
อีเมล naren_me09@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเกี่ยวกับการนำเทคนิคการหาขอบภาพแบบต่างๆมาประมวลผลภาพเพื่อหาพิกัดของขอบภาพ แล้วนำพิกัดที่ได้นั้นไปเปลี่ยนให้เป็นโค้ดเพื่อที่จะใช้สั่งงานเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก ซึ่งได้นำเอาวิธีการหาขอบภาพของ Sobel, Prewitt, Frei-Chen, Roberts-Cross และ Laplacian มาเปรียบเทียบกับ เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก โดยเปรียบเทียบกันในเรื่องความแม่นยำของพิกัดที่คำนวณได้เมื่อเทียบกับภาพต้นแบบ และเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก ซึ่งพบว่าวิธีของ Roberts-Cross และ Laplacian เหมาะสมที่สุด เพราะให้ความแม่นยำมากที่สุดและเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกน้อยที่สุด

คำสำคัญ : การหาขอบภาพ เครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

Abstract

This paper presents the techniques of edge detection for locating the coordination of picture edges. The coordination is then transformed into computer coding in order to control the Plastic-Sheet Puncher. The edge detection techniques studied are Sobel, Prewitt, Frei-Chen, Roberts Cross and Laplacian methods. The precision of the coordinate as well as the punching time obtained from each method is then compared. It was found that Robert-cross and Laplacian are the most appropriate techniques due to their precision and the shortest punching times.

Keywords: Edge Detection, Plastic-Sheet Puncher

1. คำนำ

ในปัจจุบันเทคนิคการหาขอบภาพนั้นมีความสำคัญอย่างมากในการทำงานในส่วน Image processing ไม่ว่าจะเป็นการตรวจหาตัวหนังสือ และตัวเลขบนป้ายทะเบียนรถเพื่อดูว่าเป็นตัวอะไร [2] หรือจะเป็นการตรวจหาขอบถนนและป้ายจราจรของรถอัจฉริยะ หรือจะเป็นหุ่นยนต์เตะฟุตบอลที่สื่อเรียกเล่นชอบสนาม [3] และอื่นๆ ส่วนที่ต้องใช้เทคนิค

การหาขอบภาพมาช่วยในการทำงาน เช่นเดียวกันในบทความวิจัยนี้ได้ นำเอาเทคนิคการหาขอบภาพแบบต่างๆมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมสั่งงานเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก โดยได้นำเอาเทคนิคการหาขอบภาพของ Sobel, Prewitt, Frei-Chen, Roberts-cross และ Laplacian [1] เพื่อใช้ศึกษาเปรียบเทียบถึงความเหมาะสมกับการใช้งานจริง เนื่องจากวิธีการเหล่านี้มีวิธีการใช้งานที่ง่ายและมีการนำมาประยุกต์ใช้งานกันมาก[6] เช่น การปรับความเร็วในการคำนวณทิศทางของภาพโดยวิธีของ Sobel[6] การวิเคราะห์ความถี่ในหนึ่งมิติด้วยวิธีของ Frei-Chen[7] เป็นต้น โดยดูว่าวิธีใดสามารถให้ความแม่นยำมากที่สุด และวิธีใดที่สามารถสร้างโค้ดสั่งงานให้เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสามารถทำงานได้เร็วที่สุด ซึ่งการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกจะเป็นการเคลื่อนที่ในสองแนวแกน โดยจะมีหัวเจาะแผ่นพลาสติก 4 หัวไว้สำหรับเจาะแผ่นพลาสติกให้เป็นสายเส้นประ ซึ่งการทดลองได้นำเอาวิธีการต่างๆเหล่านี้มาทำการตรวจหาขอบภาพที่เป็นภาพพื้นฐานทั่วไปคือ ภาพเส้นตรงในแนวตั้ง เส้นตรงในแนวนอน เส้นตรงเอียง 30 45 60 องศาตามลำดับ ซึ่งการวัดค่าความผิดพลาดนั้น ทำโดยนำเอาพิกัดที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมมาเขียน กราฟเปรียบเทียบกับกราฟสมการเส้นตรงที่ใช้เป็นภาพต้นแบบ ซึ่งค่าความผิดพลาดคิดโดยเอาผลรวมของความผิดพลาดของทุกจุดหารด้วยจำนวนของจุดทั้งหมด ส่วนการวัดความเร็วในการทำงานนั้นใช้การเขียนโปรแกรมจับเวลาที่เริ่มเวลาที่ใช้ในการเจาะของเครื่องเจาะ โดยเครื่องเจาะจะส่งข้อมูลกลับมาเมื่อทำงานเสร็จสิ้น จากนั้นก็นำผลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผลเพื่อเลือกเอาวิธีที่ดีที่สุดไปใช้งานจริง

2. ทฤษฎีและการคำนวณ

2.1 การหาขอบภาพ

ขอบภาพ ก็คือจุดของพิกเซลต่อกันที่วางอยู่บนขอบระหว่างพื้นที่สองส่วนของภาพการตรวจหาขอบภาพเป็นก้าวแรกในการแยกภาพเป็นส่วนแล้วนำมารวมกันเป็นออบเจกต์หรือพื้นที่ใหม่ในบทความนี้จะนำเสนอการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับหนึ่งและอนุพันธ์อันดับสอง อนุพันธ์อันดับหนึ่ง ได้แก่ วิธีของ Sobel, Prewitt, Roberts cross และ Frei-Chen อนุพันธ์อันดับสอง ได้แก่ วิธี Laplacian [1] [6]

อนุพันธ์อันดับหนึ่ง ถ้านำมาหาขอบภาพในแนวนอนและแนวตั้ง
เราจะเรียกว่าการหา Gradient ซึ่งเป็นเวกเตอร์เมตริกแสดงได้ดังนี้

$$\nabla f = \begin{bmatrix} H_x(x, y) \\ H_y(x, y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} f(x, y) \\ \frac{\partial}{\partial y} f(x, y) \end{bmatrix} \quad (1)$$

โดยที่ $\frac{\partial}{\partial x} f(x, y)$ จะเป็นการหาขอบภาพในทิศทางแนวนอน (x)
และ $\frac{\partial}{\partial y} f(x, y)$ จะเป็นการหาขอบภาพในทิศทางแนวตั้ง (y) ถ้า
หาทั้งสองทิศทางจะเป็นขนาดของเวกเตอร์ ซึ่งเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\nabla f = [H_x^2(x, y) + H_y^2(x, y)]^{1/2} \cong |H_x(x, y)| + |H_y(x, y)| \quad (2)$$

ส่วนทิศทางการตรวจหาขอบภาพได้จากสมการ

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{H_y(x, y)}{H_x(x, y)} \right] \quad (3)$$

อนุพันธ์อันดับสอง โดยนำเอาสมการที่ (1) มาหาค่าอนุพันธ์อีกครั้ง
จะได้สมการใหม่ดังนี้

$$\nabla^2 f = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2}{\partial x^2} f(x, y) \\ \frac{\partial^2}{\partial y^2} f(x, y) \end{bmatrix} \quad (4)$$

จากการอนุพันธ์อันดับหนึ่งและอนุพันธ์อันดับสองได้ถูกนำมา
พัฒนาเป็นวิธีการหาขอบภาพแบบต่าง ๆ ดังนี้

- วิธีของ Sobel ใช้ Mask Coefficient ดังนี้ [1] [5]

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \text{ หรือ } \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

ใช้สำหรับหาขอบภาพในทิศทางแนวนอน

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ หรือ } \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

ใช้สำหรับหาขอบภาพในทิศทางแนวตั้ง

ตัวอย่างการนำ Mask Coefficient มาใช้โดยการ Convolution

ภาพต้นแบบ	Mask Coefficient	ภาพใหม่
$\begin{bmatrix} 0 & 5 & 6 & 7 \\ 1 & 5 & 5 & 3 \\ 5 & 3 & 4 & 2 \\ 7 & 4 & 6 & 3 \end{bmatrix}$	$\otimes \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$	$= \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$

- วิธีของ Prewitt ใช้ Mask Coefficient ดังนี้ [1] [5]

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \text{ หรือ } \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

ใช้สำหรับหาขอบภาพในทิศทางแนวนอน

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ หรือ } \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

ใช้สำหรับหาขอบภาพในทิศทางแนวตั้ง

- วิธีของ Frei-Chen ใช้ Mask Coefficient ดังนี้ [1] [5]

$$\begin{bmatrix} -1 & -\sqrt{2} & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix} \text{ หรือ } \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -\sqrt{2} & -1 \end{bmatrix}$$

ใช้สำหรับหาขอบภาพในทิศทางแนวนอน

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ \sqrt{2} & 0 & -\sqrt{2} \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ หรือ } \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -\sqrt{2} & 0 & \sqrt{2} \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ใช้สำหรับหาขอบภาพในทิศทางแนวตั้ง

- วิธีของ Roberts cross ใช้ Mask Coefficient ดังนี้ [1] [5]

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

ใช้สำหรับหาขอบภาพในทิศทางแนวนอน

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

ใช้สำหรับหาขอบภาพในทิศทางแนวตั้ง

- วิธี Laplacian ใช้ Mask Coefficient ดังนี้ [1] [5]

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

2.2 ค่าความผิดพลาด

ทฤษฎีการหาค่าความผิดพลาดนั้นมีอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่ถูก
นำมาใช้กับบทความวิจัยนี้ได้เลือกเอาวิธีค่าความผิดพลาดแท้จริง
(True error) [4] ดังสมการ (5) (6)

$$E_e = V_e - V_a \quad (5)$$

$$\text{หรือ } E_e = \sum (V_e - V_a) / \sum V_a \quad (6)$$

เมื่อ E_c คือค่าความยืดหยุ่นแท้จริง V_c คือ ผลเฉลยแม่นยำ และ V_e คือ ผลเฉลยโดยประมาณ

2.3 เครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

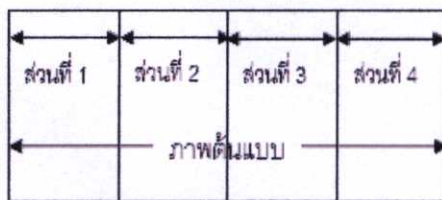
เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเจาะแผ่นพลาสติกให้เป็นรูปลิ่มตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ โดยตัวเครื่องได้ออกแบบและสร้างขึ้นมาเอง(รูปที่ 1) ตัวเครื่องมีลักษณะเป็นเครื่องเคลื่อนที่ในสองแนวแกน (X, Y) เครื่องนี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า โดยแกนแรกจะใช้เลื่อนหัวเจาะไปกลับในทิศทางตามแนวแกน X ส่วนอีกแกนจะเป็นการป้อนแผ่นพลาสติกให้เลื่อนในทิศทางตามแกน Y และมีหัวเจาะไว้สำหรับเจาะแผ่นพลาสติกอยู่ 4 หัว ติดอยู่ปลายกระบอกลูกอมตั้งงานด้วยโซ่สั้นยวดยาว หัวเจาะแต่ละหัวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มม. รูที่เจาะแต่ละรูห่างกัน 3 มม. หัวเจาะทั้ง 4 หัวนี้ถูกติดตั้งให้อยู่ในแนวเดียวกันบนรางเลื่อนอันเดียวกัน ฉะนั้นหัวเจาะทั้ง 4 หัวจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน โดยแต่ละหัวจะวางห่างกัน 150 มม. ส่วนตัวเครื่องถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ที่เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกนี้สามารถเจาะแผ่นพลาสติกที่มีขนาดกว้าง x ยาวเท่ากับ 600x900 มม.และความละเอียดของจุดที่สามารถเจาะได้อยู่ที่ 200x300 จุด



รูปที่ 1 เครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

2.3.1 โปรแกรมประมวลผลภาพ

โปรแกรมประมวลผลภาพ จะแบ่งภาพออกเป็น 4 ส่วน(รูปที่ 2) แล้วทำการตรวจหาเส้นขอบของภาพต้นแบบที่รับเข้ามา จากนั้นโปรแกรมก็จะทำการคำนวณหาพิกัดของแต่ละหัวเจาะแล้วแปลงเป็นโค้ดที่เครื่องเข้าใจ แล้วโค้ดก็จะถูกส่งไปยังชุดควบคุมที่อยู่กับตัวเครื่อง



รูปที่ 2 ภาพที่ถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน

2.3.2 การสั่งงานเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

เริ่มจากนำภาพที่ได้ออกแบบไว้เข้าไปในโปรแกรมประมวลผลภาพ โปรแกรมก็จะทำการแตกหาขอบของภาพแล้วทำการคำนวณหาพิกัดของขอบภาพ จากพิกัดที่ได้จะถูกแปลงให้เป็นโค้ดเพื่อส่งไปยัง

เครื่องเจาะแผ่นพลาสติก จากนั้นส่วนควบคุมในตัวเครื่องจะทำการแปลงโค้ดที่ได้ให้เป็นพิกัดต่างๆ แล้วสั่งงานเครื่องให้ทำการเจาะแผ่นพลาสติกตามพิกัดที่ได้รับ ซึ่งจะทำการเจาะทีละแถว หัวเจาะทั้ง 4 เคลื่อนที่ไปด้วยกัน หากหัวไหนมีคำสั่งให้เจาะก็จะทำการเจาะส่วนหัวที่เหลือก็จะไม่เจาะ ไปเรื่อยๆจนกว่าจะหมดทุกจุดในแถวนั้นจึงจะขึ้นเจาะในแถวใหม่ ดังรูปที่ 3

Code 1 หัวเจาะ 1 กับ 3 จะทำการเจาะ หัวเจาะ 2 กับ 4 จะไม่เจาะ

Code 2 หัวเจาะ 1 กับ 4 จะทำการเจาะ หัวเจาะ 2 กับ 3 จะไม่เจาะ

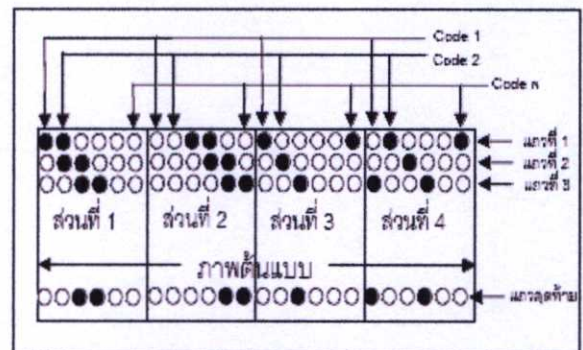
จะเป็นขั้นตอนอย่างไรไปเรื่อยๆจนกว่าจะถึงตำแหน่งสุดท้ายที่มีการเจาะ ในรูปที่ 3 จะเป็น Code n ที่มีการเจาะเป็นครั้งสุดท้ายในแถวที่ 1 จากนั้นเครื่องก็จะทำการเจาะในแถวที่ 2 ต่อไปจนถึงแถวสุดท้าย โดยโค้ดที่ใช้ในการสื่อสารกันระหว่างเครื่องเจาะกับคอมพิวเตอร์จะมีดังนี้

โค้ด r จะเป็นการบอกให้เครื่องเจาะทำการขึ้นบันทึมหัก

โค้ด r จะเป็นการบอกให้เครื่องเจาะเลื่อนชุดหัวเจาะไปทางขวา

โค้ด l จะเป็นการบอกให้เครื่องเจาะเลื่อนชุดหัวเจาะไปทางซ้าย

โค้ด x จะเป็นการบอกให้เครื่องเจาะทำการเจาะ โดย x นั้นจะมีค่าตั้งแต่ 1₁₆ ถึง r₁₆ เพื่อสั่งงานหัวเจาะทั้ง 4 หัว โดยหัวเจาะทั้ง 4 เปรียบเสมือนชุดข้อมูล 4 บิต สมมติถ้าต้องการสั่งให้หัวเจาะหัวที่ 1 และ 2 ทำการเจาะ ก็สั่งงานเป็น 1100₂ แล้วทำการแปลงเป็นโค้ดได้เป็น c₁₆



รูปที่ 3 ขั้นตอนการเจาะเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

3. ขั้นตอนและผลการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการทดลอง

จากทฤษฎีการหาขอบภาพแต่ละวิธีได้ถูกนำมาประยุกต์เขียนเป็นโปรแกรมหาขอบภาพและพิกัดของภาพเพื่อสั่งงานเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก โดยในบทความวิจัยนี้ได้ใช้นาโปรแกรม Visual basic 6.0 มาเป็นเครื่องมือในการออกแบบโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมที่เขียนขึ้นมา นั้นสามารถหาพิกัดต่างๆของภาพและแสดงข้อมูลพิกัดเหล่านั้นออกมาได้ โดยภาพที่ใช้ในการคำนวณนั้นจะเป็นภาพเส้นตรงที่เอียงในองศาต่างๆเพราะสามารถรู้สมการของเส้นดังนี้

ที่ 0 องศา สมการ คือ $Y = OX$

ที่ 30 องศา สมการ คือ $Y = \frac{1}{\sqrt{3}}X$

ที่ 45 องศา สมการ คือ $Y = X$

ที่ 60 องศา สมการ คือ $Y = \sqrt{3}X$

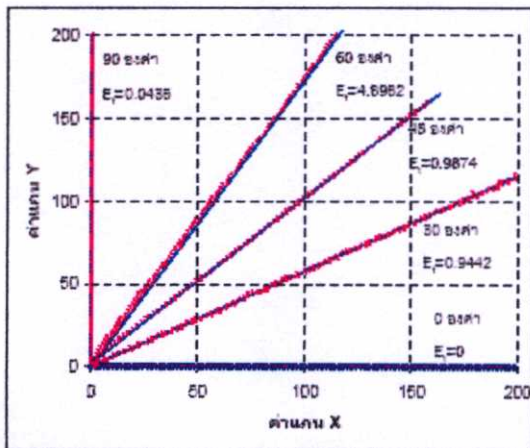
ที่ 90 องศา สมการ คือ $X = 0Y$

จากนั้นก็นำฟังก์ชันที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมไปเขียนเป็นกราฟใน Microsoft Excel เทียบกับสมการเส้นตรงเพื่อดูความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

3.2 ผลการทดลอง

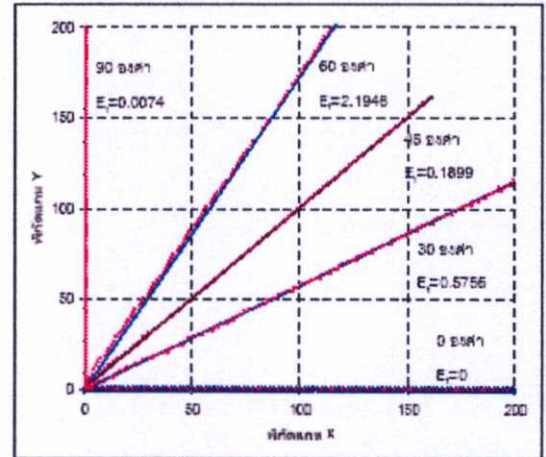
3.2.1 เปรียบเทียบความผิดพลาด

จากสมการที่ (6) ได้ถูกนำมาใช้ในการหาค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของฟังก์ชัน ซึ่งข้อมูลฟังก์ชันนี้ได้มาจากโปรแกรมประมวลผลภาพของแต่ละวิธีการหาขอบภาพ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับสมการเส้นตรงโดยใช้ค่าฟังก์ชัน X เป็นตัวแปรต้นจะได้ค่าในแกน Y ออกมา แล้วนำไปพล็อตกราฟจะได้ดังกราฟที่ 1 ถึง 6 ซึ่งแสดงถึงค่าความผิดพลาดของแต่ละวิธี โดยเส้นที่เชื่อมเส้นที่ได้จากสมการเส้นตรงและเป็นจุดไขว่ปลา คือฟังก์ชันที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม ซึ่งจากการทดลองพบว่าค่าความผิดพลาดของเส้นตรงที่ 0 องศา ทุกวิธีมีความผิดพลาดเป็น 0 และที่ 90 องศา ทุกวิธีมีความผิดพลาดน้อยมากเข้าใกล้ 0 แต่ที่ 30 45 และ 60 องศา ทุกวิธีมีความผิดพลาดที่มากขึ้น อย่างไรก็ตาม วิธี Leplecian นั้นมีความผิดพลาดน้อยที่สุด



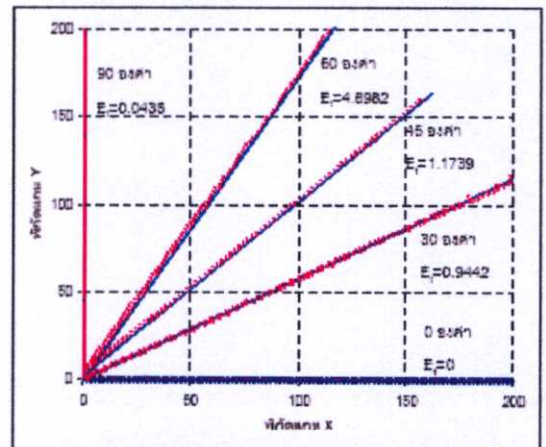
กราฟที่ 1 เปรียบเทียบสมการเส้นตรงกับฟังก์ชันจากโปรแกรมโดยวิธีของ

Sobel



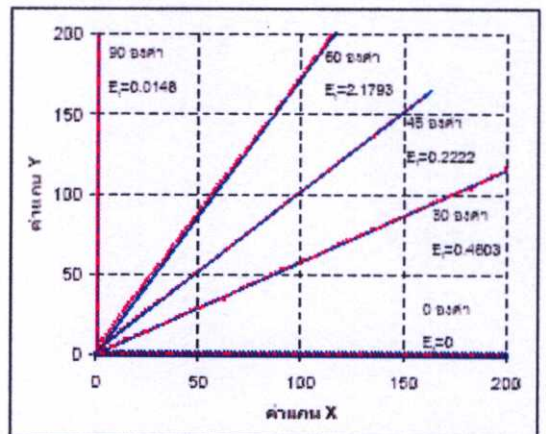
กราฟที่ 2 เปรียบเทียบสมการเส้นตรงกับฟังก์ชันจากโปรแกรมโดยวิธีของ

Robert-cross



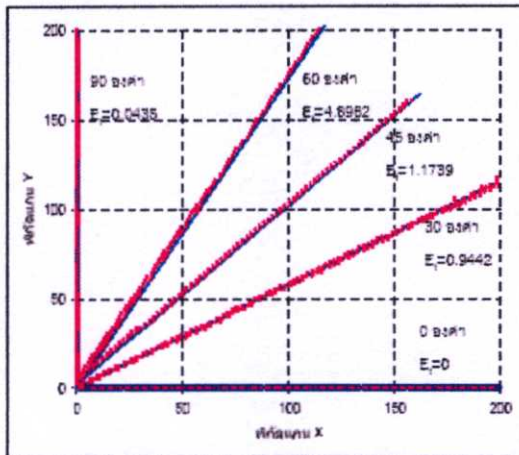
กราฟที่ 3 เปรียบเทียบสมการเส้นตรงกับฟังก์ชันจากโปรแกรมโดยวิธีของ

Perwitt



กราฟที่ 4 เปรียบเทียบสมการเส้นตรงกับฟังก์ชันจากโปรแกรมโดยวิธีของ

Leplecian



กราฟที่ 5 เปรียบเทียบสมการเส้นตรงกับฟังก์ชันจากโปรแกรมโดยวิธีของ Frei-chen

จากกราฟสามารถสรุปค่าความผิดพลาดเฉลี่ยทั้งหมดไว้ในตารางที่ 1 เพื่อถ่ายทอดการเปรียบเทียบดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่องศาต่างๆของแต่ละวิธี

	Sobel	Roberts-cross	Prewitt	Laplacian	Frei-chen
0 องศา	0	0	0	0	0
30 องศา	0.9442	0.5756	0.9442	0.4803	0.9442
45 องศา	0.9874	0.1899	1.1739	0.2222	1.1739
60 องศา	4.8982	2.1948	4.8982	2.1793	4.8982
90 องศา	0.0435	0.0074	0.0435	0.0148	0.0435

3.2.2 เปรียบเทียบความเร็วในการเจาะ

ความเร็วในการทำงานของเครื่องเจาะวัดโดยเขียนฟังก์ชันจับเวลาในโปรแกรม ซึ่งจะเริ่มจับเวลาเมื่อมีการส่งข้อมูลสั่งงานเครื่องเจาะจนกระทั่งเครื่องเจาะทำงานเสร็จ เมื่อเครื่องเจาะทำงานเสร็จจะส่งข้อมูลกลับมาถึงโปรแกรมเพื่อบอกสถานะการทำงานว่าได้ทำงานเสร็จไปแล้ว ส่วนผลการทดลองถูกบันทึกลงในตารางที่ 2-6 โดยตารางที่ 2 จะเป็นความเร็วในการเจาะรูปเส้นตรงที่ 0 องศาของแต่ละวิธี และตารางที่ 3 4 5 และ 6 จะเป็นความเร็วในการเจาะของแต่ละวิธี ที่ใช้เจาะรูปเส้นตรงที่ 30 45 60 และ 90 องศา ตามลำดับซึ่งพบว่าวิธี Laplacian นั้นใช้เวลาในการเจาะน้อยที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากวิธี Laplacian นั้นให้เส้นขอบของภาพที่บาง ทำให้จุดที่เกิดในแถวเดียวกันมีน้อยกว่าวิธีอื่น เป็นผลให้ชุดวางหัวเจาะไม่สลับเคลื่อนที่มากในแต่ละแถว จึงทำให้ใช้เวลาในการเจาะน้อยกว่าวิธีอื่น

ตารางที่ 2 ความเร็วในการเจาะเส้นตรงที่ 0 องศา

	Sobel	Roberts-cross	Prewitt	laplacian	Frei-chen
เวลา (วินาที)	53	52	53	52	53

ตารางที่ 3 ความเร็วในการเจาะเส้นตรงที่ 30 องศา

	Sobel	Roberts-cross	Prewitt	laplacian	Frei-chen
เวลา (วินาที)	360	226	360	177	360

ตารางที่ 4 ความเร็วในการเจาะเส้นตรงที่ 45 องศา

	Sobel	Roberts-cross	Prewitt	laplacian	Frei-chen
เวลา (วินาที)	354	198	354	172	354

ตารางที่ 5 ความเร็วในการเจาะเส้นตรงที่ 60 องศา

	Sobel	Roberts-cross	Prewitt	laplacian	Frei-chen
เวลา (วินาที)	446	227	446	227	446

ตารางที่ 6 ความเร็วในการเจาะเส้นตรงที่ 90 องศา

	Sobel	Roberts-cross	Prewitt	laplacian	Frei-chen
เวลา (วินาที)	274	289	274	288	274

4.สรุปผลการทดลอง

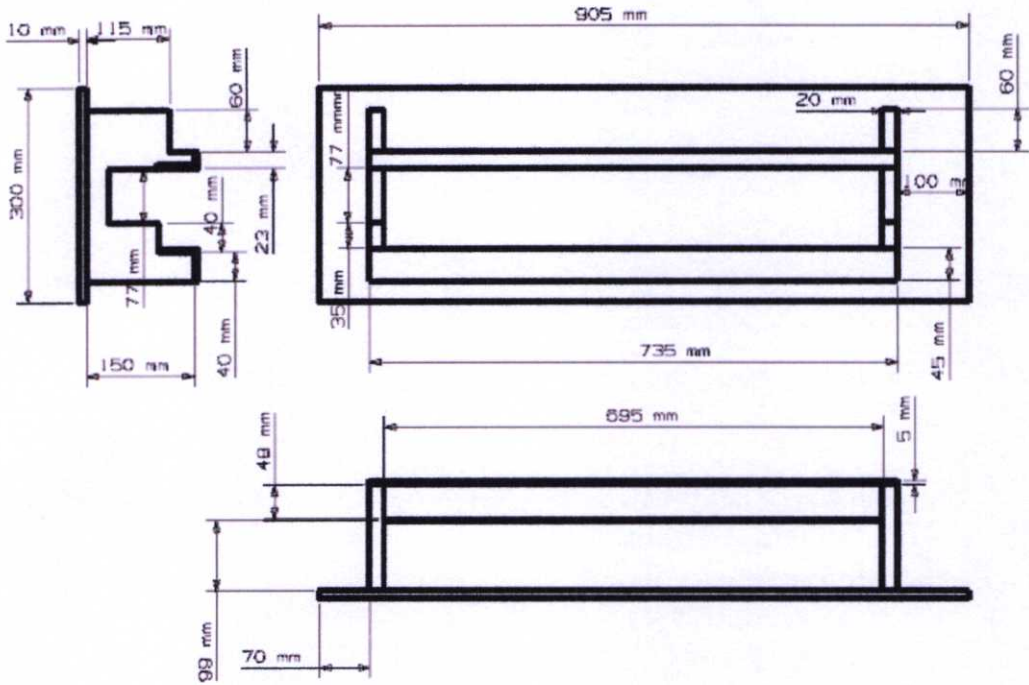
จากการทดลองพบว่า กรณีที่เป็นเส้นตรงในแนว 0 องศาและ 90 องศา ตามตารางที่ 1 ทุกวิธีสามารถให้ผลลัพธ์ที่มีความผิดพลาดน้อย แต่ในกรณีที่เส้นตรงเป็นเส้นเฉียงที่ 30 45 และ 60 องศาต่างพบว่าวิธีของ sobel, Prewitt และ Frei-chen มีค่าความผิดพลาดค่อนข้างมากกว่าวิธีของ Roberts-cross กับ Laplacian อย่างเห็นได้ชัด และวิธีของ Roberts-cross กับ Laplacian นั้นยังทำให้เวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกน้อยกว่าสามวิธีแรกอีกด้วยดังตารางที่ 2 ถึง 6 ดังนั้น วิธีของ Roberts-cross และ Laplacian จึงเหมาะสมสำหรับที่จะนำมาใช้กับโปรแกรมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก อย่างไรก็ตาม วิธี Laplacian นั้นมี Mask Coefficient ที่เป็นมatrikเพียงเมตริกเดียว จึงง่ายต่อการใช้งานมากกว่าวิธีของ Roberts-cross เพราะฉะนั้นวิธี Laplacian จึงถูกนำมาใช้งานกับโปรแกรมสั่งงานเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกนี้

เอกสารอ้างอิง

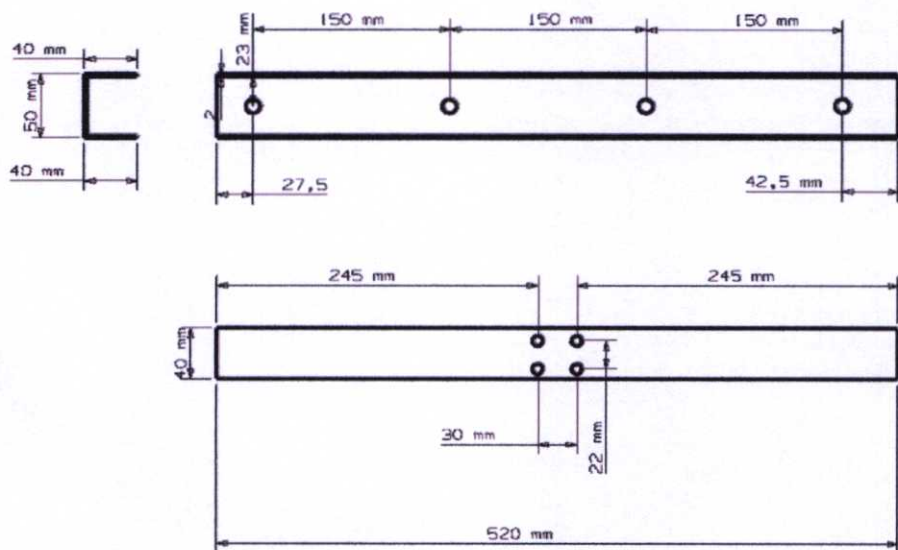
- 1.ยุทธนา ตีลาตวัฒน์กุล, 2537. "คู่มือการเขียนโปรแกรมวินโดวส์สูงด้วย Visual C++", ไทยเจริญการพิมพ์.
2. Siti Norul Huda Sheikh Abdullah, Marzuki Khalid, Rubiyah Yusof, "Comparison of feature extractors in license plate recognition", Proceedings of the First Asia International Conference on Modeling & Simulation, IEEE, pp.502-506, 2007.
3. Craig L. Murch and Stephan K. Chalup, "Combining Edge Detection and Colour Segmentation in the Four-Legged League"

4. ปวโรทัย เศษอำไพ, 2544. "ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม", สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
5. VENKATA R. CHAGANTI, 2005. "Edge Detection of Noisy Images Using 2-D Discrete Wavelet Transform", Thesis of master degree. The Florida State University.
6. Muts Gokstorp, Per-Erik Danielsson. "Velocity Tuned Generalized Sobel Operators For Multiresolution Computation of Optical Flow", IEEE International Conference, vol.2, pp.765 – 769, 1994.
7. Rae-Hong Park, "1D frequency domain analysis of Frei-Chen edge masks" IEEE Volume 34, 19 March 1996, pp.535 – 537

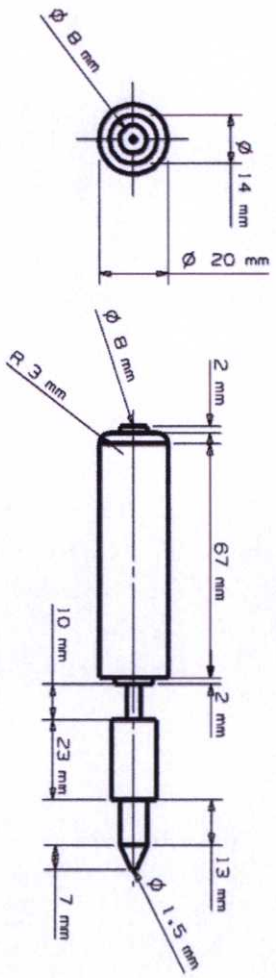
ภาคผนวก ค.
แบบเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก



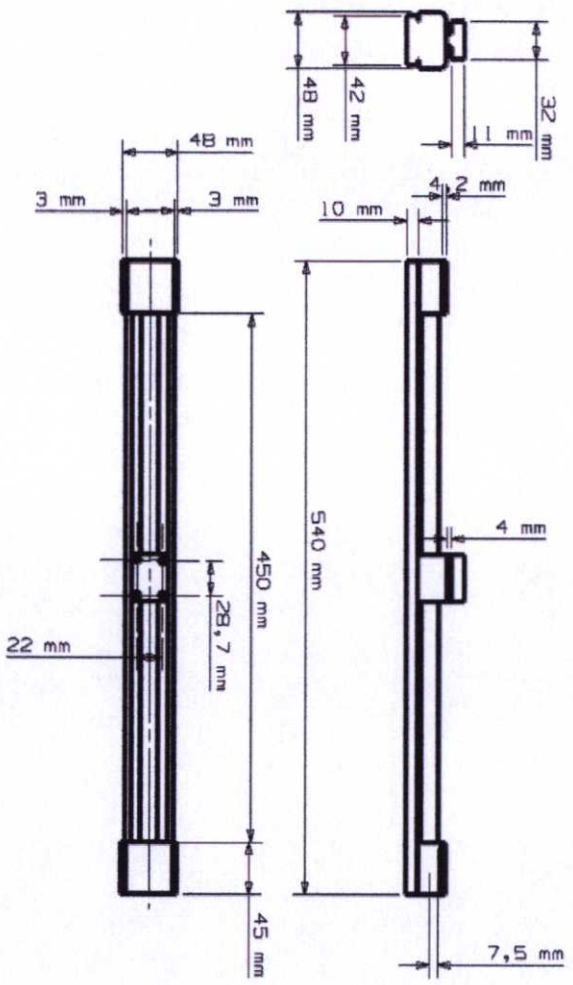
ค-1 โครงสร้างหลักของเครื่องเจาะ



ค-2 รางหัวเจาะ



รูปที่ 3 หัวเจาะ



รูปที่ 4 สกรูส่งกำลัง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล

นายนเร็นศ ชัยธานี

ชื่อวิทยานิพนธ์

ระบบควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

สาขาวิชา

วิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล

ที่อยู่

153 หมู่ 7 ตำบลโนนทอง อำเภอบ้านฝ่อ จังหวัดอุดรธานี 41160

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2548 สำเร็จการศึกษาปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์
เครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549 ศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์
เครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง