



เครื่องตัดสติ๊กเกอร์อัตโนมัติควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์  
(AUTOMATIC STICKER CUTTING CONTROL BY PC.)



นาย ชัยวัฒน์ เกื้อสกุล  
นาย ประคิษฐ์ ทวีทรัพย์  
นาย สมใจ ตระกูลชินสารภี

วัน เดือน ปี.....5 ค.ค. 2541  
เลขทะเบียน.....038503  
เลขเรียกหนังสือ.....T 40021.81.390

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038503

**AUTOMATIC STICKER CUTTING CONTROL BY PC.**

**Mr. Chaiwat Kuusakul 38012091**

**Mr. Pradit Thaweessap 38012103**

**Mr. Somjai Tragulchinsarpe 38012122**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE**

**BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENT ENGINEERING**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

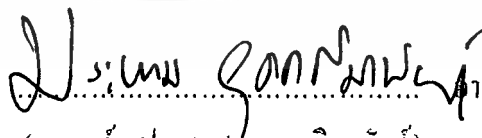
**1997**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม  
สาขา วิศวกรรมการวัดคุม  
คณะ วิศวกรรมศาสตร์  
สถาบัน เทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องตัดสติ๊กเกอร์อัตโนมัติควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์  
(AUTOMATIC STICKER CUTTING CONTROL BY PC.)

จัดทำโดย นายชัชวัฒน์ เกื้อสกุล 38012091  
นายประดิษฐ์ ทวีทรัพย์ 38012103  
นายสมใจ ตระกูลขิมสารภี 38012122

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์ ประภาช อুদ্ধกิตติมาพันธุ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ชื่อปริญญาบัตร**

**เครื่องตัดตัดติคเกอร์อัตโนมัติควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์**

**ชื่อผู้จัดทำ**

**นาย ชัยวัฒน์ เกื้อสกุล 38012091**

**นาย ประดิษฐ์ ทวีทรัพย์ 38012103**

**นาย สมใจ ตระกูลชินธารดี 38012122**

**อาจารย์ที่ปรึกษา**

**อาจารย์ ประดาช อุดกสิมาพันธุ์**

### **บทคัดย่อ**

ในการทำปริญญาบัตรเรื่องเครื่องตัดตัดติคเกอร์อัตโนมัติควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์นี้ได้นำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) มาใช้ควบคุมโครงสร้างของฟลอคเตอร์ซึ่งฟลอคเตอร์นี้ใช้ Stepping motor ในการเคลื่อนที่ด้านแกน X และแกน Y โดยการใช้คอมพิวเตอร์สร้างควมถี่ให้กับชุดวงจรขับของฟลอคเตอร์

ในส่วนของคอมพิวเตอร์จะใช้ DXF File ของ Auto CAD เป็นไฟล์ต้นแบบจากนั้นนำเอาข้อมูลจากไฟล์ต้นแบบมาแปลงเป็นข้อมูลทางตำแหน่งแล้วทำการเรียงข้อมูลให้เส้นทางต่อเนื่องเป็นรูปภาพแล้วทำการแปลงโคออร์ดิเนตจากปากกาเป็นใบมีดแล้วจึงแปลงข้อมูลเป็นความถี่ส่งให้กับชุดวงจรขับของฟลอคเตอร์อีกทีหนึ่ง

จากหลักการทำงานข้างต้นทางกลุ่มได้เล็งเห็นความสำคัญของการทำงานชิ้นนี้ว่าเป็นการสร้างแนวคิดใหม่ๆอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำเทคโนโลยีไปใช้ต่อไปและเมื่อเทียบราคากับเครื่องตัดตัดติคเกอร์ที่มีขายทั่วไปยังมีราคาต่ำอยู่มากอีกด้วย

## สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การแปลงข้อมูลภาพจากโปรแกรมวาดแบบมาใช้ควบคุมการเคลื่อนที่	4
บทที่ 3 ฟังก์ชันการแปลงข้อมูลภาพเป็นข้อมูลทางตำแหน่ง	29
บทที่ 4 การแปลงโคออร์ดิเนตจากปากกาเป็นใบมีด	40
บทที่ 5 การแปลงข้อมูลความเร็วเป็นความถี่	46
บทที่ 6 การออกแบบ	50
บทที่ 7 ผลการทดลอง	55
บทที่ 8 วิเคราะห์และบทสรุป	59
ภาคผนวก	61
กิตติกรรมประกาศ	70
บรรณานุกรม	71



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 แนวความคิด (Concept)

เนื่องจากปัจจุบันนี้ PC เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะ การนำ PC ไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกให้ทำงานอย่างอัตโนมัติเป็นเรื่องที่นิยมกันมาก

เมื่อพิจารณาถึงเทคโนโลยีทางด้านเครื่องตัดขนาดเล็กนั้น พบว่าประเทศไทยมีให้เห็นกัน เป็นส่วนน้อยเท่านั้น ทั้งนี้เพราะว่าเทคโนโลยีทางด้านนี้ยังไม่เป็นที่แพร่กระจายมากนักจึงทำให้ เครื่องมือพวกนี้มีราคาที่ยังแพง ยกตัวอย่างเครื่องตัดสติ๊กเกอร์ที่ใช้กันตามร้านรับตัดสติ๊กเกอร์เป็นตัวอักษรหรือข้อความต่างๆ นั้นมีราคาสูงมาก ถ้ารวมเอาราคามือและซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุมแล้วจะมีราคาประมาณหนึ่งแสนบาท ซึ่งเป็นราคาสูงมาก

จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ทางกลุ่มพิจารณาทำโครงการทางด้านนี้ขึ้นมา ซึ่งให้ชื่อโครงการว่า “เครื่องตัดสติ๊กเกอร์อัตโนมัติควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์” (Automatic Sticker Cutting Control By PC.) ซึ่งโครงการที่ทำนี้ นอกจากจะใช้ประโยชน์ในการตัดสติ๊กเกอร์ได้โดยตรงแล้วยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นเครื่องจักรอื่นๆ ที่มีการเคลื่อนที่เป็นรูปร่างทางเรขาคณิตต่างๆ ได้ด้วย ยกตัวอย่างเช่น เครื่องตัดกระดาษเป็นกล่องในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เครื่องทากาว เครื่องแกะสลักแผ่นป้าย หรือแม้กระทั่งอุตสาหกรรมเครื่องตัดอัตโนมัติต่างๆ ก็ได้ ซึ่งจะเห็นว่าการนำโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้งานสามารถใช้งานได้กว้างขวาง

สำหรับเทคนิคที่สำคัญที่ถูกเลือกมาใช้ในงานนี้ก็คือ การแปลงข้อมูลภาพที่ถูกเก็บไว้เป็นรูปแบบมาตรฐานในไฟล์ ข้อมูลเป็นข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมให้ใบมีดทำการตัดไปตามเส้นทางที่เราต้องการนั่นเอง

### 1.2 ข้อมูลองค์ประกอบภาพโดยทั่วไปกับการเลือกไฟล์ต้นแบบ

การที่จะเกิดรูปภาพสักภาพหนึ่งขึ้นมาได้นั้นองค์ประกอบพื้นฐานที่สุดซึ่งทุกภาพจะต้องมี คือเส้นตรง (Line) หรือเส้นโค้ง (Arc) เมื่อนำองค์ประกอบพื้นฐานทั้งสองอย่างนี้มาเชื่อมต่อกันเรื่อยๆ ก็จะทำให้เกิดภาพขึ้นมาได้ ถ้าเราทราบข้อมูลองค์ประกอบภาพก็จะทำให้เราสามารถโคออร์ดิเนตของจุดทุกจุดที่อยู่บนเส้นองค์ประกอบภาพเหล่านั้นได้ สำหรับไฟล์ข้อมูลรูปภาพที่สามารถความสะดวกทางด้านข้อมูลขององค์ประกอบรูปภาพที่เป็นมาตรฐานสากลในรูปของแฟ้มเอกสาร (Text File) นั้นก็เห็นจะมีมาตรฐานของ ASCII Drawing Interchange File หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าไฟล์ DXF นั่นเองซึ่งโปรแกรมวาดภาพแบบที่แอปพลิเคชันสนับสนุนมาตรฐานดังกล่าว ได้แก่ AutoCAD , Cadkey , GenericCADD , FastCAD , PC-based CAD , Coral Draw เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่ามี AutoCAD ซึ่งเป็นโปรแกรมขอดีนิยมทางด้านการออกแบบชิ้นงานต่างๆ ซึ่งมีแอปพลิเคชันสนับสนุนไฟล์ DXF ซึ่งโปรแกรม AutoCAD นี้สามารถเรียนรู้ได้ไม่ยากนักทางกลุ่มจึงเลือกไฟล์เอกสาร DXF เป็นไฟล์ต้นแบบข้อมูลรูปภาพโดยใช้โปรแกรม AutoCAD ในการสร้างไฟล์ขึ้นมา

### 1.3 ส่วนประกอบของโครงการงาน

ส่วนประกอบที่สำคัญของโครงการงานนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

#### 1.3.1 ส่วนของโปรแกรม (Software) ประกอบด้วย

- 1) โปรแกรมอ่านและเก็บข้อมูลเบื้องต้นของรูปภาพจากไฟล์ต้นแบบ
- 2) โปรแกรมแปลงข้อมูลเบื้องต้นเป็นข้อมูลตำแหน่ง
- 3) โปรแกรมเรียงข้อมูลให้เส้นทางมีความต่อเนื่องกันตามรูปภาพ (เพราะว่าการเก็บข้อมูลไฟล์ต้นแบบจะเรียงลำดับก่อน-หลังของการวาดภาพ) พร้อมทั้งเก็บข้อมูลลงในจานเก็บข้อมูล
- 4) แปลงโคออร์ดิเนทของปากกาเป็นไบนารี
- 5) แปลงข้อมูลความเร็วเป็นความถี่

1.3.2 ส่วนของ Hardware ใช้วงจร Latch ก่อนที่จะส่งให้กับชุดวงจรถับ ดังแสดงในภาคผนวกรูปที่ 1

1.3.3 ส่วนของชุดกลไกขับเคลื่อนไบนารี ทางกลุ่มได้นำเอาพลอตเตอร์ที่มีอยู่แล้วนำมาดัดแปลงใช้ในการขับเคลื่อนไบนารี

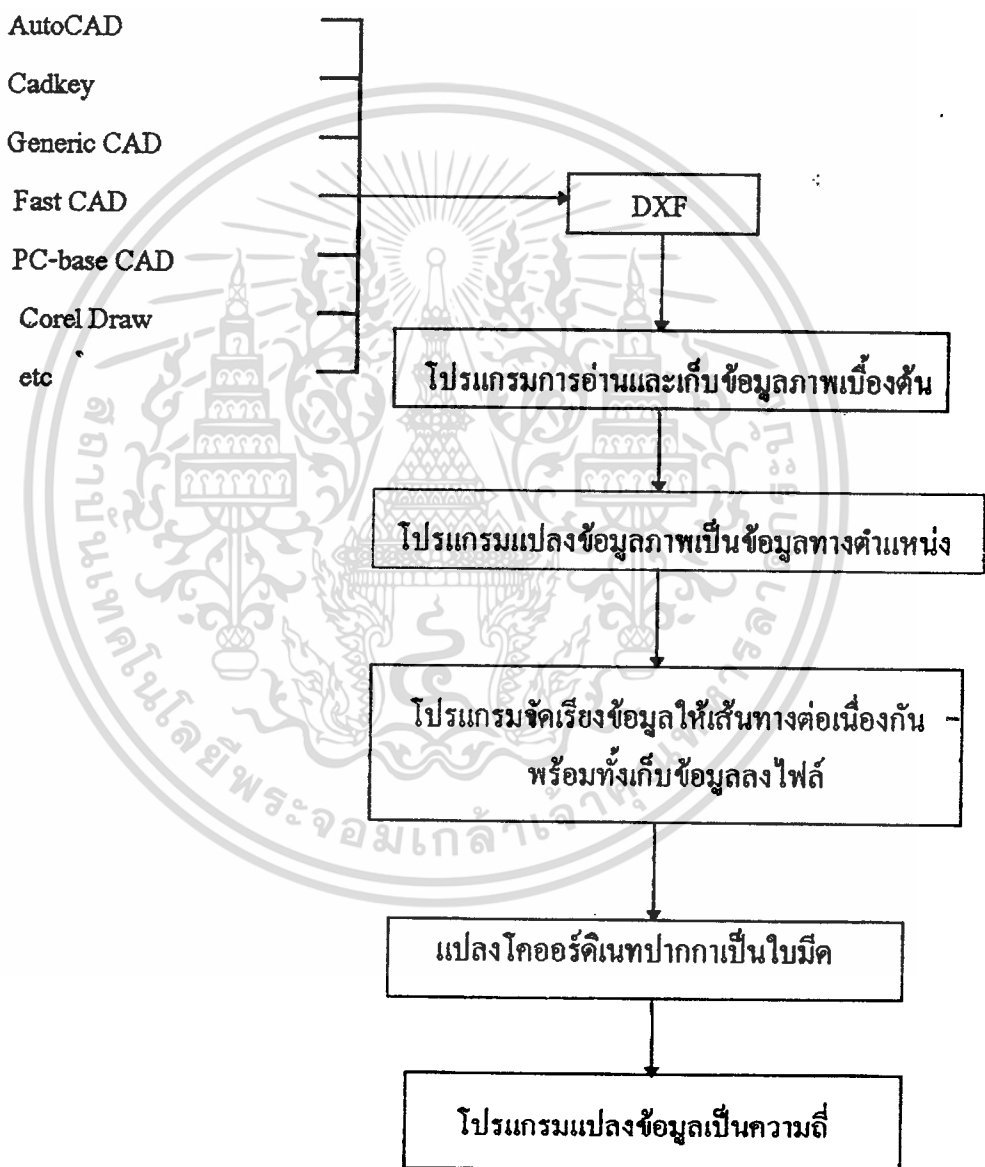
### 1.4 ขอบเขตของโครงการงาน

โครงการงานนี้ได้ออกแบบให้ไบนารีตัดสามารถเคลื่อนที่ตามเส้นตรงได้ 4 ลักษณะ ดังนี้

- 1) การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
- 2) การเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง
- 3) การเคลื่อนที่เป็นวงกลม
- 4) การเคลื่อนที่เป็นวงรี

สำหรับ ไบนารีที่ใช้ตัดนั้น ได้เลือก ใช้ ไบนารีที่มีคุณสมบัติคือไบนารีนั้นสามารถตัดได้ทิศทางเดียว โดยทำการโคออร์ดิเนทปากกาเป็นไบนารีที่เคลื่อนที่ไปแล้วทำการเพิ่มแรงกดให้พอดีและควบคุมการเคลื่อนที่ของไบนารีให้มีทิศทางที่ต้องการเท่านั้นก็ใช้ได้แล้ว

บล็อกไดอะแกรมโดยสังเขปของโครงการได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.1 ส่วนรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการกล่าวไว้ในบทที่ 2 และ 3 โดยบทที่สองจะอธิบายถึงการจัดข้อมูลของไฟล์ต้นแบบ(ซึ่งในที่นี้คือไฟล์ DXF) และวิธีการนำเอาข้อมูลเหล่านั้นมาใช้งาน ส่วนบทที่ 3 จะอธิบายถึงรายละเอียดปลีกย่อยของโปรแกรมบางโปรแกรมที่ควรจะต้องกล่าวถึง



รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงการโดยสังเขป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### การแปลงข้อมูลภาพจากโปรแกรมวาดแบบมาใช้ควบคุมการเคลื่อนที่

#### 2.1 รูปของข้อมูลภาพของโปรแกรมวาดภาพ

โปรแกรมวาดภาพที่เป็นมาตรฐานโดยทั่วไป จะมีการเก็บบันทึกข้อมูลจากภาพที่วาดขึ้น ในรูปที่สามารถนำไปเชื่อมต่อกับโปรแกรมมาตรฐานอื่น ๆ ได้ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะอยู่ในรูปของ แฟ้มเอกสาร (Text File) ที่เป็นมาตรฐานเรียกว่า ASCII Drawing Interchange File (DXF) แบ่งออก ได้เป็น 5 ส่วนคือ ส่วนข้อมูลทั่วไป (HEAD section) ส่วนตารางรายชื่อ (TABLE section) ส่วน ข้อมูลภาพชุด ส่วนข้อมูลที่เป็นองค์ประกอบของภาพชุด (BLOCKS section) ส่วนข้อมูลที่เป็นองค์ ประกอบภาพ (ENTITIES section) และส่วนการจบไฟล์ (EOF section) สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษา พบว่าในการแปลงข้อมูลภาพของโปรแกรมวาดภาพนี้เป็นโปรแกรมสั่งงานของเครื่องตัดสตริกเกอร์ นั้นจะใช้ส่วนข้อมูลที่เป็นองค์ประกอบของภาพเท่านั้นเพราะข้อมูลส่วนนี้เป็นโครงสร้างแต่ละส่วน ของภาพทั้งหมดซึ่งสมบูรณ์เพียงพอต่อการนำไปสร้างเป็นโปรแกรมสั่งงานเพื่อการควบคุมการตัด สตริกเกอร์ให้ทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังนั้น ในที่นี้จะได้พิจารณาเฉพาะรูปแบบของข้อมูลใน ส่วนองค์ประกอบของภาพเท่านั้น ลักษณะการเก็บบันทึกข้อมูลในส่วนนี้จะมีรูปแบบ(format)ดัง ต่อไปนี้

0	SECTION	----->	ส่วนเริ่มต้นข้อมูล
2	ENTITLES		
	-----		
	DATA	----->	ข้อมูลองค์ประกอบของภาพ
	-----		
0		----->	ส่วนแสดงการจบข้อมูล
	ENDSEN		ขององค์ประกอบภาพ
0			
	EOF	----->	ส่วนแสดงการจบของแฟ้มข้อมูล

รูป 2.1 ส่วนแบบการเก็บข้อมูลที่เป็นองค์ประกอบของภาพในโปรแกรมแบบ Auto CAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

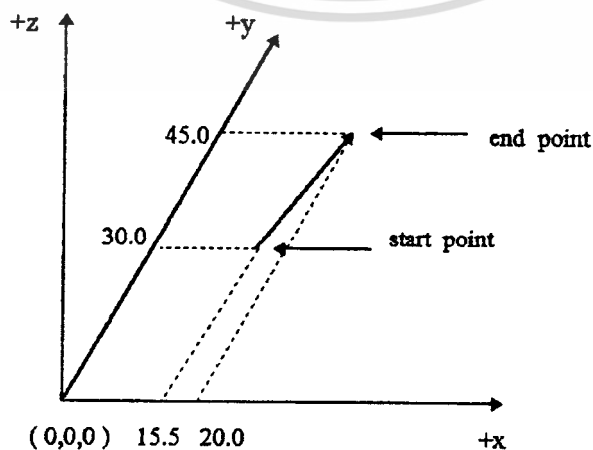
โดยบรรทัดที่ 1 จะใช้เลข “0” เป็นตัวกำหนดเริ่มต้นของส่วนข้อมูลทั้งหมด ได้แก่ “SECTION” ในบรรทัดถัดมา ส่วนบรรทัดที่ 3 จะใช้เลข “2” เป็นตัวกำหนดจุดเริ่มต้นของส่วนข้อมูลประกอบของภาพ ได้แก่ “ENTITLE” ในบรรทัดต่อมาข้อมูล (DATA) ดังจะกล่าวประกอบด้วย เส้นตรง (LINE) เส้นโค้ง (ARC) วงกลม (CIRCLE) และเส้นต่อเนื่อง (POLYLINE) ปิดท้ายชุดข้อมูลด้วยเลข “0” ตามด้วยคำสั่ง “ENDSEC” เพื่อแสดงถึงการจบข้อมูลในส่วนขององค์ประกอบภาพ และทำการปิดไฟล์ด้วยคำสั่ง “EOF” ในบรรทัดสุดท้าย จะเห็นว่ารูปแบบของแฟ้มข้อมูลในโปรแกรมวาดแบบใน Auto CAD จะใช้รหัสตัวเลข (group code) คู่กับค่าตัวแปรหรือคำสั่ง (group value) รหัสตัวเลขจะถูกกำหนดคงที่เพื่อแสดงชนิดและความหมายของค่าตัวแปรหรือคำสั่งที่ตามมา โดยตัวแปรจะอยู่ในรูปของเลขทศนิยมและคำสั่งจะอยู่ในรูปของอักษรหรือเลขจำนวนเต็ม ในลำดับต่อไปจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในส่วนของข้อมูลเส้นตรง เส้นโค้ง วงกลม และเส้นต่อเนื่อง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญ

### 2.1.1 เส้นตรง (LINE)

ข้อมูลเส้นตรงจะเริ่มต้นด้วยรหัสเลข “0” คู่กับคำสั่ง “LINE” ตามด้วยข้อมูลเส้นดังแสดงรูปที่ 2.3 จุดเริ่มต้นของเส้นตรงกำหนดโดยรหัสเลข “10” “20” และ “30” ที่แสดงพิกัดของจุดเริ่มต้นในทิศทางของแกน X แกน Y และแกน Z ตามลำดับ ส่วนจุดสิ้นสุดของเส้นตรงกำหนดโดยรหัสเลข “11” “21” และ “31” ที่แสดงพิกัดของจุดสิ้นสุดในทิศทางของแกน X แกน Y และแกน Z ตามลำดับตัวอย่างในรูปที่ 2.3 เมื่อแปลงข้อมูลเส้นตรงเป็นโปรแกรมสั่งงานเครื่องตัดสิคเกอร์จะได้ตำแหน่งเริ่มต้นของเครื่องมือ (Tool) ทิศทางของการเคลื่อนที่จนถึงตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนที่เช่นตัวอย่างในรูป 2.3 การเคลื่อนที่ของใบมีดตามแนวเส้นตรงที่มีจุดเริ่มต้นอยู่ที่ (15,30,0) และจุดสิ้นสุดอยู่ที่ (20,45,0)

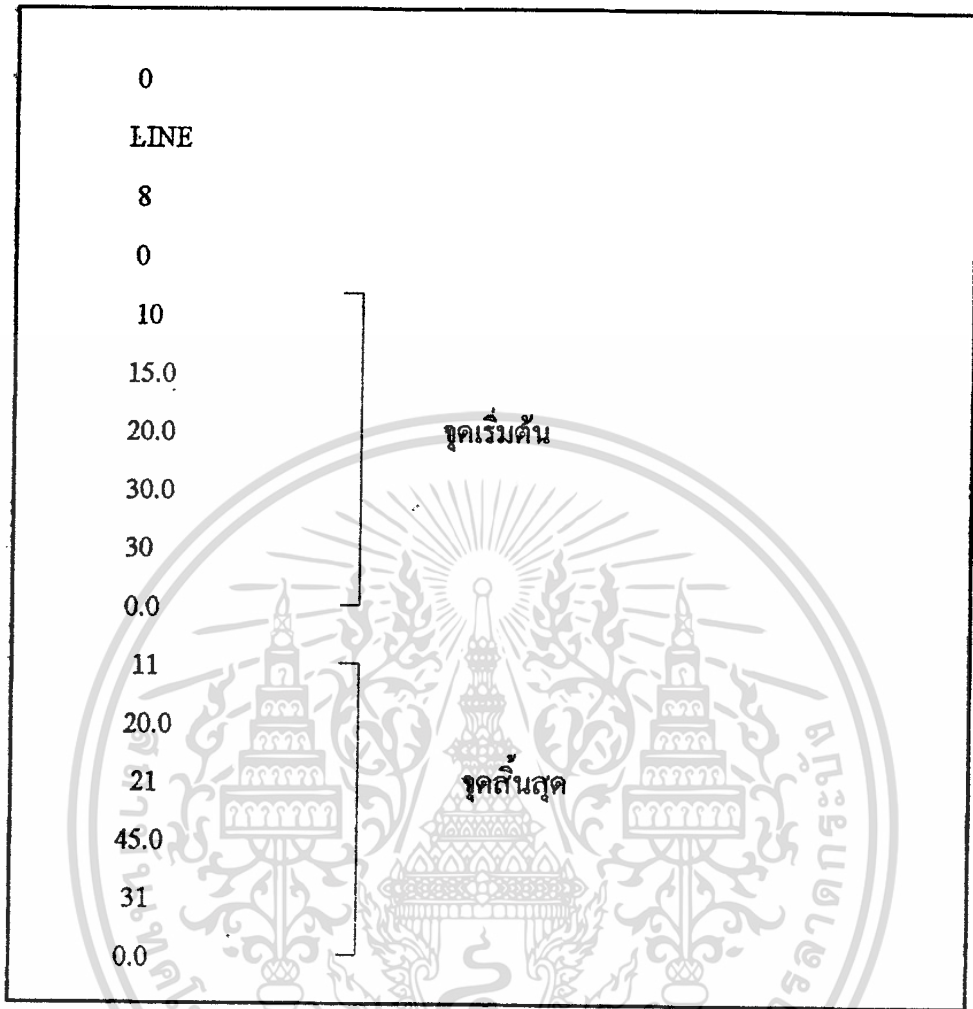
0		
LINE		
8		
ชื่อชั้นเก็บข้อมูล		
10	จุดเริ่มต้นเทียบกับแกน X	-----> (ในงานวิจัยจะใช้สัญลักษณ์ Xs)
20	จุดเริ่มต้นเทียบกับแกน Y	-----> (ในงานวิจัยจะใช้สัญลักษณ์ Ys)
30	จุดเริ่มต้นเทียบกับแกน Z	-----> (ในงานวิจัยจะใช้สัญลักษณ์ Zs)
11	จุดสิ้นสุดเทียบกับแกน X	-----> (ในงานวิจัยจะใช้สัญลักษณ์ Xs)
21	จุดสิ้นสุดเทียบกับแกน Y	-----> (ในงานวิจัยจะใช้สัญลักษณ์ Ys)
31	จุดสิ้นสุดเทียบกับแกน Z	-----> (ในงานวิจัยจะใช้สัญลักษณ์ Zs)

รูปที่ 2.2 รูปแบบการเก็บข้อมูลเส้นตรงของโปรแกรมวาดภาพ



(ก) แบบภาพเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) ข้อมูลภาพเส้นตรง  
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลเส้นตรง

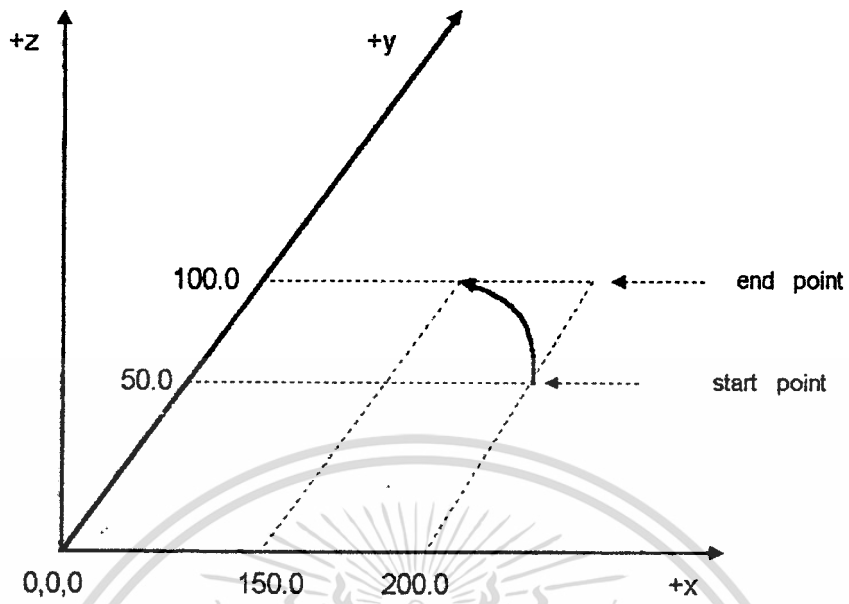
2.1.2 เส้นโค้ง (ARC)

ข้อมูลเส้นโค้งจะเริ่มต้นด้วยรหัสเลข “0” คู่กับคำสั่ง “ARC” ตามด้วยข้อมูลเส้นโค้งดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยใช้รหัสเลข “10” “20” และ “30” บอกพิกัดของจุดศูนย์กลางของเส้นโค้งบนแกน X แกน Y และแกน Z ตามลำดับ ใช้รหัสเลข “40” บอกขนาดรัศมีของเส้นโค้ง ใช้รหัสเลข “50” บอกขนาดของมุมเริ่มต้นและใช้รหัสเลข “51” บอกขนาดมุมสิ้นสุด ขนาดมุมทั้งสองจะวัดจากแกน +X และกวาดมุมไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา มีหน่วยเป็นองศา ตัวอย่างเก็บข้อมูลเส้นโค้งแสดงในรูปที่ 2.5 ในการแปลงข้อมูลเส้นโค้งเป็นชุดคำสั่งเครื่องตัดสตีกเกอร์ เพื่อบังคับเครื่องมือให้เคลื่อนตามแนวเส้นโค้งนั้นจะทราบค่าตำแหน่งจุดเริ่มต้นเส้นโค้ง จุดสิ้นสุดของเส้นโค้ง และรัศมีของเส้นโค้ง ซึ่งเราสามารถหาได้จากข้อมูลเส้นโค้ง เช่น ตัวอย่างรูปที่ 3.5 จากข้อมูลภาพเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูให้เินาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราทราบว่าเส้นโค้งมีรัศมี 50 หน่วย มีจุดเริ่มต้นทำมุม 0 องศากับแกน  $+X$  และมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่  $(150,0)$  นั้นจุดเริ่มต้นของเส้นโค้งจะอยู่ที่  $(150+50,50)$  นั่นคือจุด  $(200,50)$  นั่นเอง ในทำนองเดียวกัน จุดสิ้นสุดของเส้นโค้งทำมุม 90 องศากับแกน  $+X$  ดังนั้นจุดสิ้นสุดของเส้นโค้งที่  $(150,50+50)$  นั่นคือ จุด  $(150,100)$  นั่นเอง

0		
ARC		
8		
ชื่อชั้นเก็บข้อมูล		
10	จุดศูนย์กลางเทียบกับแกน X	.....→ (ในงานวิจัยนี้จะใช้สัญลักษณ์ $X_c$ )
20	จุดศูนย์กลางเทียบกับแกน Y	.....→ (ในงานวิจัยนี้จะใช้สัญลักษณ์ $Y_c$ )
30	จุดศูนย์กลางเทียบกับแกน Z	.....→ (ในงานวิจัยนี้จะใช้สัญลักษณ์ $Z_c$ )
11	รัศมีของเส้นโค้ง	.....→ (ในงานวิจัยนี้จะใช้สัญลักษณ์ $r$ )
21	มุมเริ่มต้นของเส้นโค้งเทียบกับแกน $+X$	.....→ (ในงานวิจัยนี้จะใช้สัญลักษณ์ $\Phi$ )
31	มุมสิ้นสุดของเส้นโค้งเทียบกับแกน $+X$	.....→ (ในงานวิจัยนี้จะใช้สัญลักษณ์ $\Theta$ )

รูปที่ 2.4 รูปแบบการเก็บข้อมูลเส้นโค้งของโปรแกรมวาดภาพ



(ก) แบบภาพเส้นโค้ง

0	
LINE	
8	
0	
10	
150.0	
20	
50.0	พิกัดจุดศูนย์กลางของเส้นโค้ง
30	
0.0	
40	รัศมี
50.0	
50	มุมเริ่มต้นของเส้นโค้งเทียบกับแกน +x
0.0	
51	มุมสิ้นสุดของเส้นโค้งเทียบกับแกน +x
90.0	

(ข) ข้อมูลภาพเส้นโค้ง

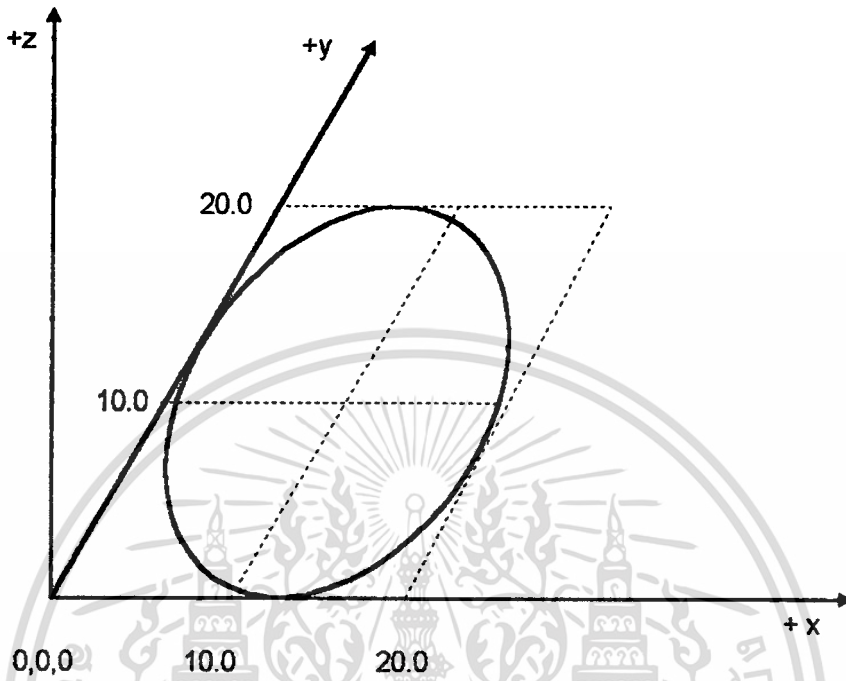
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.5 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 วงกลม (CIRCLE)

ข้อมูลวงกลมจะเริ่มต้นด้วยรหัสเลข “0” คู่กับคำสั่ง “CIRCLE” ตามด้วยข้อมูลของภาพวงกลมดังแสดงในรูปที่ 2.6 โดยใช้รหัสเลข “10” “20” และ “30” แสดงตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของวงกลมในพิกัดของแกน X แกน Y และแกน Z ตามลำดับและใช้รหัสเลข “40” แสดงค่าของรัศมีของวงกลม ตัวอย่างการเก็บข้อมูลภาพวงกลมแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.6 รูปแบบการเก็บข้อมูลวงกลมของโปรแกรมวาดภาพ



(ก) แบบภาพวงกลม

0	
LINE	
8	
10	จุดศูนย์กลางของวงกลม
10.0	
20	
10.0	
30	
0.0	
40	รัศมี
10.0	

(ข) ข้อมูลภาพวงกลม

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างเก็บข้อมูลภาพวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

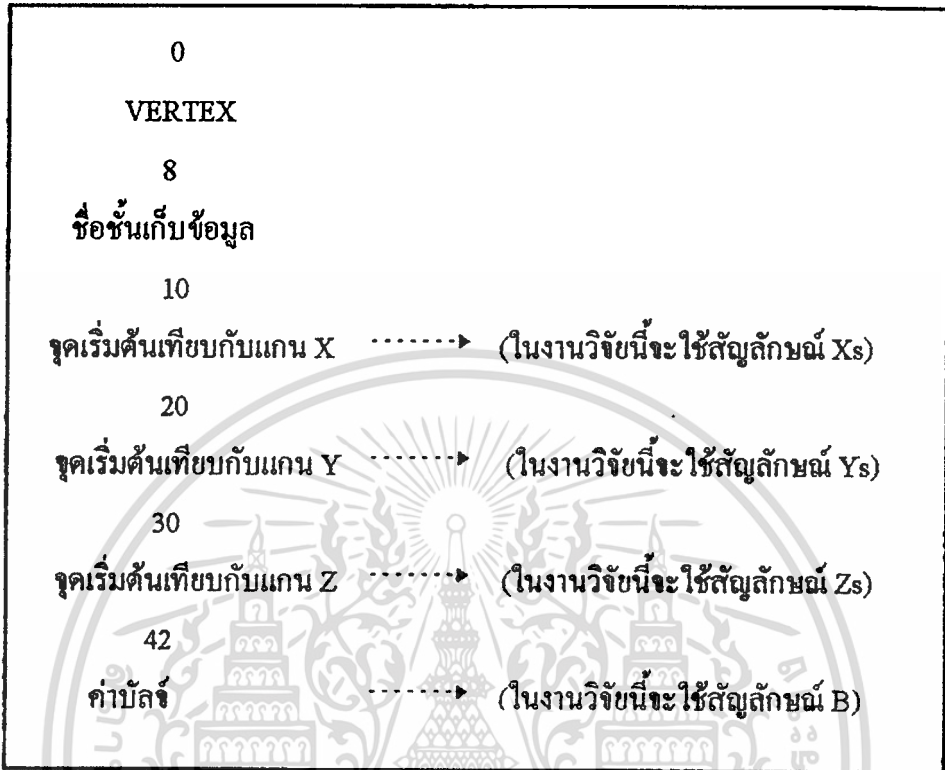
#### 2.1.4 เส้นต่อเนื่อง (POLYLINE)

เส้นต่อเนื่องในโปรแกรมวาดภาพ หมายถึง เส้นองค์ประกอบภาพที่ผู้วาดเพียงแต่ทำการกำหนดจุดตัดหรือจุดเชื่อมต่อของแต่ละเส้น แล้วทำการลากเส้นเชื่อมจุดเหล่านั้นเป็นภาพของชิ้นงานโดยเส้นแต่ละส่วนของภาพอาจเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้ง ดังนั้น วิธีการสร้างส่วนเส้นโค้งหรือเส้นตรงของเส้นต่อเนื่องจึงมีวิธีการต่างจากการสร้างเส้นตรงหรือเส้นโค้งดังได้กล่าวไว้แล้ว ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้รูปแบบการบันทึกข้อมูลของเส้นตรงหรือเส้นโค้งที่ได้จากเส้นต่อเนื่องจึงแตกต่างไปจากเดิม ดังนั้นข้อมูลเส้นต่อเนื่องจะเริ่มต้นด้วยรหัสตัวเลข "0" คู่กับคำสั่ง "POLYLINE" ตามด้วยข้อมูลของเส้นต่อเนื่อง ที่มีการแบ่งเป็นส่วนๆ ตามจุดเชื่อมต่อ (VERTEX) ของเส้นองค์ประกอบภาพแต่ละเส้นโดยเริ่มต้นข้อมูลของแต่ละส่วนด้วยคำสั่ง "VERTEX" ดังแสดงในรูป 2.8 (ก) ข้อมูลภายในคำสั่ง "VERTEX" จะเป็นข้อมูลของเส้นต่อเนื่องในส่วนของเส้นตรงหรือเส้นโค้งโดยใช้รหัสเลข "10" "20" และ "30" บอกจุดเริ่มต้นของเส้นทั้งสองเมื่อเทียบกับแกน X แกน Y และแกน Z ตามลำดับ และใช้รหัสตัวเลข "42" บอกค่าความหนา (Bluge) ของส่วนเส้นตรงหรือเส้นโค้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.8

0
POLYLINE
8
ชื่อรันเก็บข้อมูล
66
การเรียงลำดับ
10
จุดอ้างอิงของ VERTEX เทียบกับแกน X
20
จุดอ้างอิงของ VERTEX เทียบกับแกน Y
30
จุดอ้างอิงของ VERTEX เทียบกับแกน Z
70
เส้นต่อเนื่องแบบปิด
.....
DATA (VERTEX)
.....
0
SEQEND
8
ชื่อรันเก็บข้อมูล

(ก) ข้อมูลภาพเส้นต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

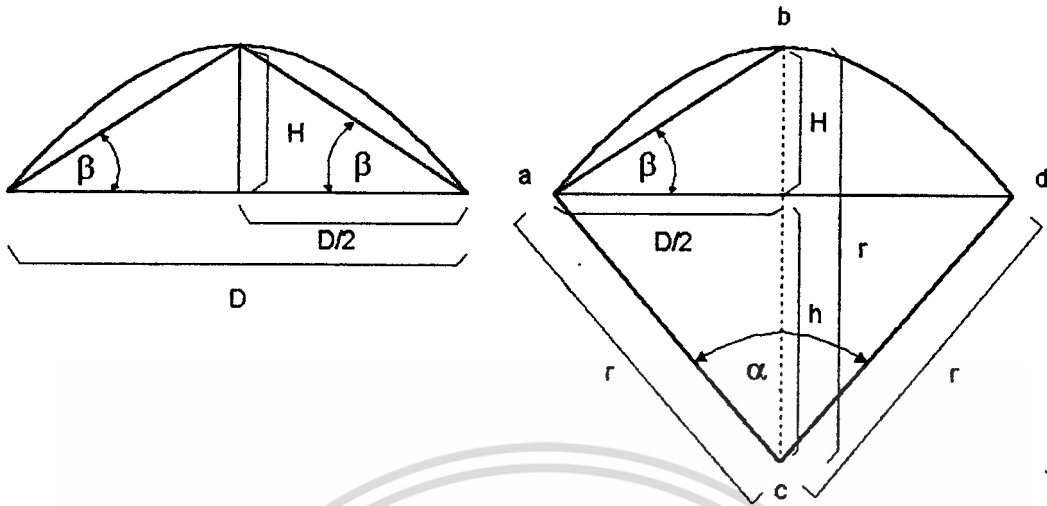


(ข) ข้อมูลภาพของเส้นต่อเนื่องในส่วนจุดเชื่อมต่อ (VERTEX)ของแต่ละเส้น รูปที่ 2.8 รูปแบบการเก็บข้อมูลเส้นต่อเนื่องของโปรแกรมวาดภาพ

สำหรับส่วนเส้นตรงจะมีความหนาเป็นศูนย์เสมอ ส่วนเส้นโค้งจะมีความหนาที่คิระหว่างจุดปลายทั้งสองของส่วนของเส้นโค้ง ได้ดังนี้ เมื่อลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุดปลายทั้งสองของส่วนโค้ง สมมติให้มีความยาวเป็น D และลากเส้นตั้งฉากจากจุดกึ่งกลางของเส้นตรงนี้ไปตัดกับส่วนโค้ง สมมติให้เส้นตั้งฉากนี้มีความยาวเป็น H ดังแสดงในรูปที่ 3.10 (ก) ถ้าลากเส้นตรงจากจุดปลาย ทั้งสอง ไปยังจุดตัดคิระหว่างส่วนโค้งกับเส้นตั้งฉากจะทำให้เกิดมุม  $\beta$  ดังนั้น ถ้าให้ B เป็นความหนาของส่วนโค้งตามนิยามของโปรแกรมมาตรฐานทั่วไปจะได้

$$B = \tan \beta \quad \text{.....} \quad (2.1)$$

$$B = H/(D/2) = 2H/D \quad \text{.....} \quad (2.2)$$



(ก)

(ข)

รูปที่ 2.9 รูปแสดงการคำนวณค่าความนูน (BULGE) ของส่วนโค้ง

ถ้าลากเส้นตั้งฉากกลางตัดจุดกึ่งกลางของเส้นตรงที่เชื่อมจุดปลายทั้งสอง ให้มีความยาวทั้งหมดเท่ากับรัศมีของเส้นโค้ง และเชื่อมปลายเส้นตั้งฉากนี้กับจุดปลายทั้งสองของส่วนโค้ง ซึ่งเส้นทั้งสองจะมีความยาวเท่ากับรัศมีของส่วนโค้งเช่นกัน ดังรูปที่ 2.9 (ข) ถ้ากำหนดให้ r เป็นรัศมีของส่วนโค้ง จุด c เป็นจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง เนื่องจากเส้นตรง bc เป็นเส้นตั้งฉากกับจุดกึ่งกลางของเส้นตรง ad จึงเป็นเส้นแบ่งครึ่งมุม acd ดังนั้นถ้ากำหนดให้

$$\alpha = \text{มุม } acd$$

จะได้  $\text{มุม } abc = \text{มุม } dcb = \alpha/2$  ..... (2.3)

และจากรูป 3.10 (ข) และ กำหนดให้

$$H = r - h$$
 ..... (2.4)

จากสมการ (2.2) และ (2.4) จะได้

$$\begin{aligned} B &= \frac{r - h}{D/2} \\ &= \frac{r}{D/2} - \frac{h}{D/2} \\ &= \frac{1}{\sin(\alpha/2)} - \frac{1}{\tan(\alpha/2)} \\ &= \frac{1}{\sin(\alpha/2)} - \frac{\cos(\alpha/2)}{\sin(\alpha/2)} \end{aligned}$$

$$= \frac{1 - \cos(\alpha/2)}{\sin(\alpha/2)}$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$B = \tan(\alpha/2) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

ในที่นี้  $\alpha$  จะเป็นมุมที่รองรับส่วนโค้งที่เกิดจากการลากเส้นที่มีความยาวเท่ากับรัศมีของส่วนโค้ง จากปลายทั้งสองของเส้นโค้งไปเจอกัน ณ จุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง

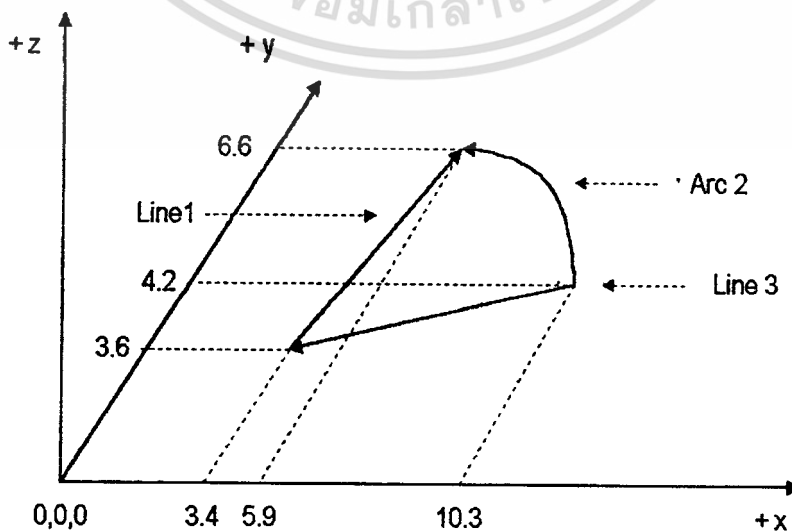
ในโปรแกรมวาดภาพมาตรฐานทั่วไปจะทำการคำนวณหาค่า B จากสมการ (2.2) หรือสมการ (2.5) และเมื่อได้ค่า B แล้วจะมีการกำหนดเครื่องหมาย + และ - ให้กับค่า B เพื่อบอกทิศทางการลากเส้นโค้งจากจุดเริ่มต้นไปจุดปลายทาง เมื่อเทียบกับจุดศูนย์กลางเส้นโค้งดังนี้

- (ก) ถ้าลากเส้นโค้งแบบทวนเข็มนาฬิกาจะมีเครื่องหมาย +
- (ข) ถ้าลากเส้นโค้งแบบตามเข็มนาฬิกาจะมีเครื่องหมาย -

ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.10

อนึ่ง ในการสร้างภาพชิ้นงานด้วยคำสั่งเส้นต่อเนื่องในโปรแกรมวาดแบบแต่ละเส้นจะถูกสร้างขึ้นในลักษณะต่อเนื่องกันเสมอ ดังนั้นข้อมูลของแต่ละเส้นขององค์ประกอบภาพจะถูกเก็บบันทึกเรียงลำดับตามการถูกสร้างก่อนหรือหลังในโปรแกรมวาดแบบ ดังตัวอย่างที่ 3.10

ในการสร้างโปรแกรมสั่งงานเครื่องตัดศตึกเกอร์จากข้อมูลส่วนเส้นตรงและส่วนเส้นโค้งของเส้นต่อเนื่องจะมีวิธีการเหมือนที่กล่าวมาแล้ว



(ก) แบบภาพเส้นต่อเนื่อง

0	0	
POLYLINE	VERTEX	
8	8	
0	0	
66	10	
1	5.887667	เส้นที่ 2
10	20	(เส้นโค้ง)
0.0	6.603598	
20	30	
0.0	0.0	
30	42	ค่า B เป็นลบ แสดงว่า
0.0	-0.821662	เป็นการลากเส้นโค้ง
70	0	ทิศตามเข็มนาฬิกา
1	VERTEX	
0	8	
VERTEX	0	
8	10	เส้นที่ 3
0	10.333615	(เส้นตรง)
10	20	
3.393719	เส้นที่ 1	4.218046
20	(เส้นตรง)	30
3.567341		0.0
30		0
0.0	SEQEND	ส่วนจบ POLYLINE
	8	

(ข) ข้อมูลภาพเส้นต่อเนื่อง

รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลเส้นต่อเนื่อง

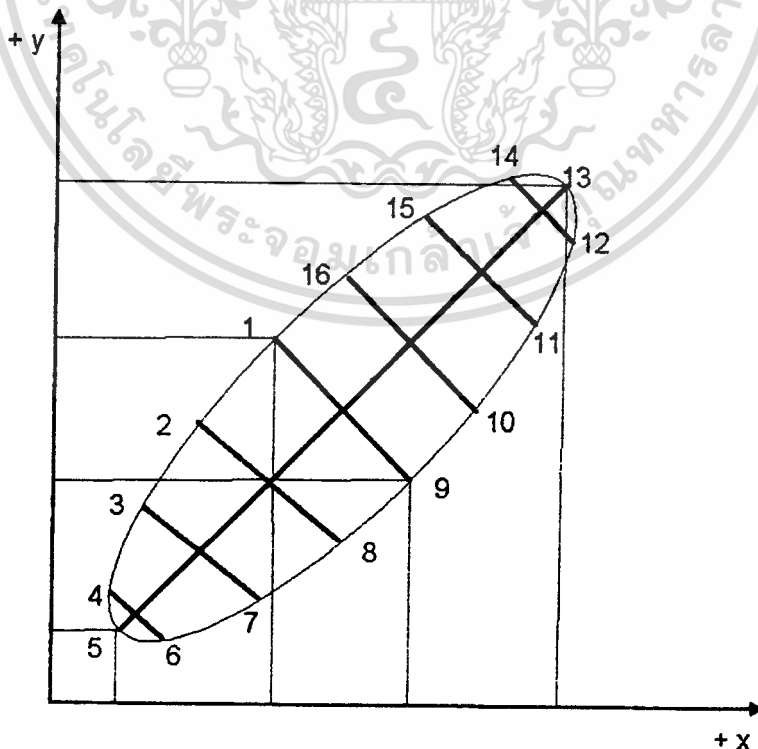
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.5 วงรี (ELLIPSE)

ข้อมูลภาพวงรี จะมีลักษณะการเก็บเป็นแบบเส้นต่อเนื่องกล่าวคือ เริ่มต้นด้วยรหัส "0" คู่กับคำสั่ง "POLYLINE" ตามด้วยส่วนของจุดอ้างอิง และส่วนของจุดเชื่อมต่อ (VERTEX) คล้ายกับข้อมูลเส้นต่อเนื่องโดยทั่วไปนั่นเอง แต่จะมีส่วนแตกต่างจากเส้นต่อเนื่องโดยทั่วไปดังนี้

- 1) วงรีเป็นเส้นต่อเนื่องแบบปิดเท่านั้น
- 2) วงรีประกอบด้วยเส้นต่อเนื่องที่เป็นเส้นโค้งทั้งหมด นั่นคือ ทุกๆจุดเชื่อมต่อจะต้องมีข้อมูลที่บอกถึงค่าความงูน (รหัส 42)
- 3) ข้อมูลภาพวงรีหนึ่งภาพจะประกอบด้วยเส้นต่อเนื่องทั้งหมด 16 จุด และเรียงกันในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาเสมอ
- 4) จุดเชื่อมต่อจุดแรกจะเป็นจุดปลายจุดใดจุดหนึ่งของแกนเอก (Major axis) หรือแกนโท (Minor axis) ของวงรีนั้นๆซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการวาดวงรี
- 5) รหัสตัวเลขของวงรีที่แตกต่างจากเส้นต่อเนื่องทั่วไป ได้แก่ 70 และ 50 ซึ่งจะพบอยู่ในส่วนของจุดเชื่อมต่อ

รูปต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการเก็บข้อมูลของวงรีรูปหนึ่ง โดยจุดเชื่อมต่อจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 16 ถูกเก็บเป็นข้อมูลของจุดเชื่อมต่อ



รูปที่ 2.11 แสดงจุดเชื่อมต่อที่ถูกเก็บในข้อมูลภาพวงรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของบริษัทซึ่งมีเนื้อหาคำอธิบายและข้อมูลอื่นๆที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



0	10	20
POYLINE	2.7478	2.776984
8	20	30
0	4.540336	0.0
66	30	42
1	0.0	0.180833
10	42	50
0.0	0.062531	240.727424
20	0	0
0.0	VERTEX	VERTEX
30	8	8
0.0	0	0
70	10	10
1	2.125661	1.978273
0	20	20
VERTEX	3.697372	2.233781
8	30	30
0	0.0	0.0
10	42	42
3.762944	0.102996	0.180833
20	70	0
5.417598	2	VERTEX
30	50	8
0.0	240.727424	0
42	0	10
0.04875	VERTEX	2.442584
0	8	20
VERTEX	0	1.917652
8	10	30
0	1.83526	0.0

รูปที่ 2.12 แสดงการเก็บข้อมูลภาพวงรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42	0.0	42
0.102996	42	0.062531
0	0.048754	0
VERTEX	50	VERTEX
8	9.773298	8
0	0	0
10	VERTEX	10
3.407118	8	7.212481
20	0	20
1.884177	10	4.573577
30	5.575198	30
0.0	20	0.0
42	2.853352	42
0.062531	30	0.1022996
70	0.0	70
2	42	2
5.0	0.048754	50
9.773298	0	60.727424
0	VERTEX	0
VERTEX	8	VERTEX
8	0	8
0	10	0
10	6.590342	10
4.409410	20	7.359869
20	3.730613	20
2.189256	30	6.037168
30	0.0	30

รูปที่ 2.12 (ต่อ) แสดงการเก็บข้อมูลภาพวงรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.0	20	0.048754
42	6.386773	50
0.180833	30	189.773298
0	0.0	0
VERTEX	42	SEQEND
8	0.062531	8
0	70	0
10	2	
6.89559	50	
20	189.773298	
6.353297	0	
30	VERTEX	
0.0	8	
42	0	
0.102996	10	
0	4.928741	
VERTEX	20	
8	6.081693	
0	30	
10	0.0	
5.931024	42	

รูปที่ 2.12 (ต่อ) แสดงการเก็บข้อมูลภาพวงรี

ตัวอย่างข้อมูลภาพวงรีตามรูป 2.11 จะมีลักษณะดังรูปข้างบน ซึ่งแสดงเรียงลงมาตามคอลัมน์เป็นหน้า ๆ ไป

รายละเอียดการเก็บข้อมูลภาพวงรีและการคำนวณหาจุดต่างๆ บนเส้นรอบวงรีได้กล่าวไว้

ในหัวข้อ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดตัวแปรจากข้างต้นจากตัวแปรของข้อมูลองค์ประกอบภาพ จะใช้หลักการทางคณิตศาสตร์และเมื่อได้ชุดคำสั่งเริ่มต้นสำหรับกำหนดการสร้างส่วนประกอบของภาพชิ้นงานในแต่ละเส้นแล้ว จะทำการเรียงลำดับชุดคำสั่งเริ่มต้นให้มีการสร้างส่วนประกอบของภาพไปที่ละเส้นเป็นลำดับต่อเนื่องและในทิศทางเดียวกันดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

## 2.2 ขั้นตอนการสร้างชุดคำสั่งเริ่มต้น

เมื่อทำการโหลดข้อมูลของภาพชิ้นงานจากโปรแกรมวาดแบบ ซึ่งอยู่ในรูปของแฟ้มเอกสาร (Text File) ที่มีชื่อเฉพาะเป็น “DXF” ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว) ระบบซอฟต์แวร์ของงานวิจัยจะทำการดึงข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดเฉพาะในส่วนองค์ประกอบภาพ (ENTITLES SECTION) แล้วทำการนำข้อมูลของเส้นต่างๆ มาคำนวณหาค่าตัวแปรของชุดคำสั่ง ข้างต้นการอ่านข้อมูลภาพจากส่วนองค์ประกอบภาพทำดังนี้

อัลกอริทึมของการอ่านข้อมูลภาพจากส่วนองค์ประกอบภาพในไฟล์ DXF
Step1 : ตรวจสอบให้พบ ENTITLES SECTION
Step2 : ตรวจสอบคำสั่งองค์ประกอบภาพใน ENTITLES SECTION ได้แก่ “LINE” “ARC” “CIRCLE” และ “VERTEX” ใน POLYLINE แล้วดึงข้อมูลทั้งหมดภายในคำสั่งนั้นออกมา
Step3 : ทำการอ่านความหมายพร้อมทั้งค่าตัวแปรที่อยู่ถัดจากรหัสตัวเลขภายใต้คำสั่งใน Step2: รหัสตัวเลขหน้าตัวแปรที่จำเป็นในที่นี้ได้แก่ “10” “20” “30” “11” “21” “31” “40” “42” “50” “51” เป็นต้น
Step4 : นำตัวแปรที่อ่านได้ไปคำนวณหาค่าโคออร์ดิเนตของจุดบนเส้นทางต่างๆ
Step5 : ทำการเปรียบเทียบจุดปลายของเส้นต่างๆเพื่อหาจุดต่อของภาพ แล้วจึงทำการเรียงข้อมูลตำแหน่งที่ได้จาก Step4 โดยให้มีความต่อเนื่องกันตามเส้นทางในรูปภาพ
Step6 : ทำการแปลงข้อมูลตำแหน่งที่ได้จาก Step5 เป็นทางเดินของใบมีดตัด เพื่อให้ทำการตัดได้ตามเส้นทางที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง	ตัวแปรที่ได้จากข้อมูลขององค์ประกอบภาพ	ตัวแปรที่ต้องการในโปรแกรมสั่งงาน	ตัวแปรที่ต้องคำนวณหาเพิ่ม
LINE (โดยเฉพาะ)	$X_s, Y_s, X_e, Y_e$	$X_s, Y_s, X_e, Y_e$	ไม่มี
CIRCLE (โดยเฉพาะ)	$X_c, Y_c, r$	$X_c, Y_c, r, X_s, Y_s, X_e, Y_e$	$X_s, Y_s, X_e, Y_e$
ARC (โดยเฉพาะ)	$X_c, Y_c, r, \Phi, \theta$	$X_c, Y_c, X_s, Y_s, X_e, Y_e, d$	$X_s, Y_s, X_e, Y_e, d$
LINE (POLY)	$X_s, Y_s, B$	$X_s, Y_s, X_e, Y_e$	$X_e, Y_e$
ARC (POLY)	$X_s, Y_s, B$	$X_c, Y_c, X_s, Y_s, X_e, Y_e, d$	$X_s, Y_s, X_e, Y_e, d$

ตาราง 2.1 ตัวแปรที่ต้องคำนวณให้กับโปรแกรมสั่งงาน

จากตารางเปรียบเทียบข้างต้นพบจะว่าข้อมูลในส่วนเส้นตรงและวงกลมจะนำไปเป็นตัวแปรของคำสั่งเริ่มต้น LINE และ CIRCLE ได้อย่างสมบูรณ์

- 1) จากภาพในส่วนเส้นตรงของเส้นต่อเนื่องจะต้องคำนวณหา  $X_e$  และ  $Y_e$
- 2) จากข้อมูลเส้นโค้งโดยเฉพาะจะต้องคำนวณหา  $X_s, Y_s$  และ  $X_e, Y_e$
- 3) จากข้อมูลเส้นโค้งของเส้นต่อเนื่องจะต้องคำนวณหา  $X_c, Y_c$  และ  $Y_s, X_e$

รายละเอียดของการคำนวณหาค่าตัวแปรให้กับชุดคำสั่งเริ่มต้นต่างๆ มีดังนี้

### 2.3 การคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆจากข้อมูลรูปภาพที่ได้

#### 2.3.1 การหาจุดสิ้นสุดจากข้อมูลส่วนเส้นตรง

เนื่องจากข้อมูลภายใต้คำสั่ง “VERTEX” ของข้อมูลภาพต่อเนื่องจะให้ค่าตัวแปรที่เป็นจุดเริ่มต้นในระนาบ XY คือ  $(X_s, Y_s)$  ของแต่ละเส้นที่ถูกสร้างอย่างต่อเนื่องนั้นของจุดสิ้นสุด  $(Y_s, X_s)$  ของแต่ละเส้นตรงในเส้นต่อเนื่องจะเป็นจุดเริ่มต้นของเส้นที่ถูกสร้างถัดไป

### 2.3.2 การคำนวณหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดจากข้อมูลเส้นโค้งเฉพาะ

จากข้อมูลเส้นโค้งเฉพาะของภาพในระนาบ XY จะได้ตัวแปรดังแสดงในรูปที่ 3.12 (ก) ดังนี้

$X_c, Y_c$  : จุดศูนย์กลางของเส้นโค้ง

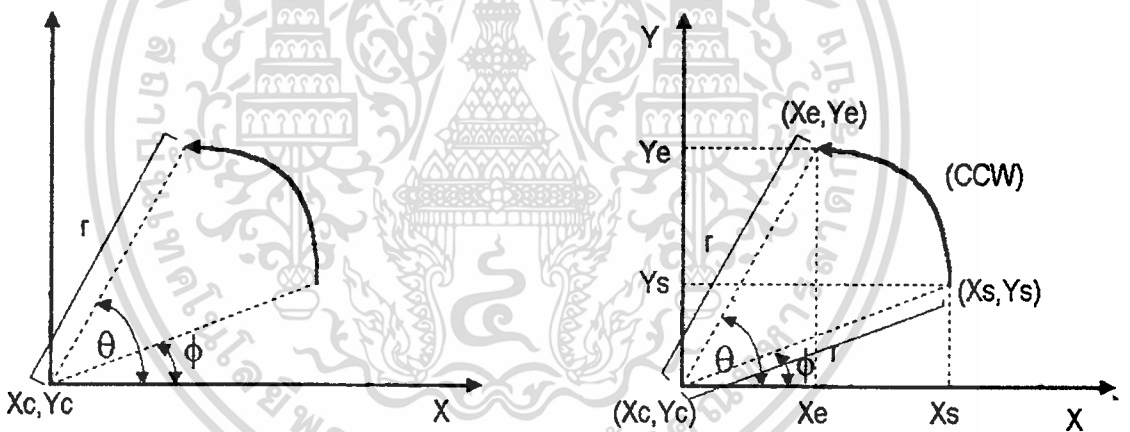
$r$  : รัศมีของเส้นโค้ง

$\phi$  : มุมเริ่มต้นของจุดเริ่มต้นของเส้นโค้งเมื่อเทียบกับแกน +X

$\theta$  : มุมสิ้นสุดของจุดสิ้นสุดของเส้นโค้งเมื่อเทียบกับแกน +X

$d$  : CCW (Counter Clockwise) ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (ตามคุณสมบัติพิเศษของการสร้างเส้นโค้งเฉพาะของโปรแกรมวาดแบบ)

ตัวแปรที่ต้องคำนวณหาสำหรับคำสั่งเริ่มต้น ARC คือ จุดเริ่มต้น  $(X_s, Y_s)$  และ  $(X_e, Y_e)$



(ก)

(ข)

รูปที่ 2.13 แสดงภาพโค้งเฉพาะ

จากรูป 2.13 (ข) และหลักการทางพีชคณิตทำให้ทราบค่าของ  $X_s, Y_s, X_e$  และ  $Y_e$  ดัง

$$X_s = X_c + (r \cos \phi)$$

$$Y_s = Y_c + (r \sin \phi)$$

$$X_e = X_c + (r \cos \theta)$$

$$Y_e = Y_c + (r \sin \theta)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การคำนวณหาจุดศูนย์กลางและจุดสิ้นสุดจากข้อมูลส่วนโค้งของเส้นต่อเนื่องดังที่กล่าวมาแล้ว จากข้อมูลส่วนโค้งของเส้นต่อเนื่องเราจะทราบตัวแปรในระนาบ XY ดังนี้

$X_s, Y_s$  : จุดเริ่มต้น

$B$  : ค่าความนูนของเส้นโค้ง

ตัวแปรที่จะต้องคำนวณหาสำหรับเริ่มต้น ARC คือ จุดสิ้นสุด  $(X_e, Y_e)$  และจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง  $(X_c, Y_c)$

ก) จุดสิ้นสุดของส่วนโค้ง

จุดสิ้นสุด  $(X_e, Y_e)$  ของส่วนของเส้น โค้งต่อเนื่องนั้น กำหนดได้จากจุดเริ่มต้นของเส้นที่ถูกสร้างถัดไป ในทำนองเดียวกันการหาจุดสิ้นสุดของส่วนเส้นตรงของเส้นต่อเนื่องในข้อ 2.3.1

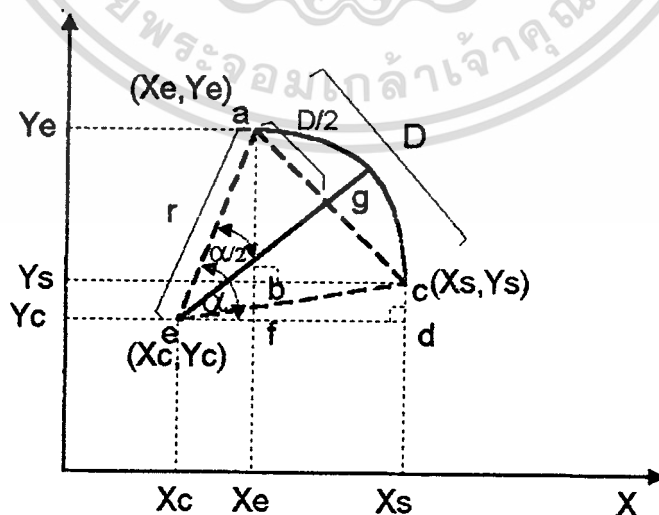
ข) ทิศทางของการลากส่วนโค้ง

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วส่วนท้ายของข้อ 2.1.4 ทิศทางของการลากส่วนเส้นโค้ง (d) กำหนดได้ดังนี้

- 1) ถ้าค่าของ  $B$  เป็นลบจะได้  $d = CW$  (ทิศตามเข็มนาฬิกา)
- 2) ถ้าค่าของ  $B$  เป็นบวกจะได้  $d = CCW$  (ทิศทวนเข็มนาฬิกา)

ค) จุดศูนย์กลางของส่วนเส้นโค้ง

โดยอาศัยหลักการและนิยามของตัวแปรรูปที่ 2.9 ที่กล่าวมาแล้ว สร้างภาพของส่วนเส้นโค้งของเส้นต่อเนื่องบนระนาบ XY เพื่อการคำนวณหาจุดศูนย์กลาง  $(X_c, Y_c)$  ได้ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การคำนวณหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งของเส้นต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ (2.5) เราทราบค่า  $B = \tan(\alpha/4)$  ----- (2.5)

ดังนั้นจากข้อมูลภาพเรทราบค่า  $B$  จึงคำนวณหาค่าของมุม  $\alpha$  ได้จาก

$$\alpha = 4 \arctan(B) \text{ ----- (2.6)}$$

จากรูป 2.14 ใช้คุณสมบัติของรูปสามเหลี่ยมเรทราบว่า  
สำหรับรูปสามเหลี่ยม abc ได้

$$D^2 = (X_s - X_e)^2 + (Y_e - Y_s)^2 \text{ ----- (2.7)}$$

สำหรับรูปสามเหลี่ยม cde ได้

$$r^2 = (S_s - X_c)^2 + (Y_e - Y_c)^2 \text{ ----- (2.8)}$$

สำหรับรูปสามเหลี่ยม aef ได้

$$r^2 = (X_e - X_c)^2 + (Y_e - Y_c)^2 \text{ ----- (2.9)}$$

จากข้อมูลภาพเรทราบค่าของจุดเริ่มต้น  $(X_s, Y_s)$  และจุดสิ้นสุด  $(X_e, Y_e)$  ดังนั้นจาก  
สมการ (2.7) ทำให้สามารถหาค่า  $D$  ได้ดังนี้

$$D = [(X_s - X_e)^2 + (Y_e - Y_s)^2]^{1/2} \text{ ----- (2.10)}$$

และจากสามเหลี่ยม aeg ในรูปที่ 2.12 เราทราบว่า

$$r = [D/2] / \sin(\alpha/2) = D / 2\sin(\alpha/2) \text{ ----- (2.11)}$$

นั่นคือ เราสามารถคำนวณหาค่าของรัศมี  $r$  ของส่วนโค้งได้จากข้อมูลของภาพโดย  
สมการ (2.7) และ (2.11)

นำสมการ (2.9) ลบออกจากสมการ (2.8) จะได้

$$(X_s - X_c)^2 - (X_e - X_c)^2 + (Y_s - Y_c)^2 - (Y_e - Y_c)^2 = 0$$

ใช้กฎผลต่างกำลังสองจะได้ผลดังต่อไปนี้

$$[(X_s - X_c) - (X_e - X_c)][(X_s - X_c) + (X_e - X_c)] + [(Y_s - Y_c) - (Y_e - Y_c)][(Y_s - Y_c) + (Y_e - Y_c)] = 0$$

$$[(X_s - X_e)(X_s + X_e - 2X_c) + (Y_s - Y_e)(Y_s + Y_e - 2Y_c)] = 0$$

$$X_s - X_e - 2(X_s - X_e)X_c + Y_s^2 - Y_e^2 - 2(Y_s - Y_e)Y_c = 0$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$Y_c = \frac{X_s^2 + Y_s^2 - X_e^2 - Y_e^2 - 2(X_s - X_e)X_c}{2(Y_s - Y_e)} \text{ ----- (2.12)}$$

ในที่นี้  $X_s - X_e$  และ  $X_e - Y_e$  เป็นตัวแปรที่จะได้จากข้อมูลภาพคังนั้นถ้ากำหนดให้

$$K = \frac{X_s^2 + Y_s^2 - X_e^2 - Y_e^2}{2(Y_s - Y_e)} \quad \text{และ}$$

$$M = \frac{(X_s - X_e)}{(Y_s - Y_e)}$$

จากสมการ จะได้ความสัมพันธ์ของ  $Y_c$  และ  $X_c$  ดังนี้

$$Y_c = K - M X_c \quad \text{..... (2.13)}$$

แทนค่า  $Y_c$  ในสมการ และทำการแก้สมการหาค่า  $X_c$  ได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} (X_s - X_c)^2 + (Y_s - K + M X_c)^2 &= r^2 \\ (X_s^2 - 2X_s X_c + X_c^2) + (Y_s - K)^2 + 2(Y_s - K)M X_c + M^2 X_c^2 &= r^2 \\ (1 + M^2) X_c + 2[(Y_s - K)M - X_s] X_c + X_s^2 + (Y_s - K)^2 - r^2 &= 0 \quad \text{..... (2.14)} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$X_c = \frac{-[(Y_s - K)M - X_s] \pm \left( [(Y_s - K)M - X_s]^2 - (1 - M^2)(X_s^2 + Y_s - K)^2 - r^2 \right)^{1/2}}{(1 - M^2)} \quad \text{..... (2.15)}$$

เมื่อพิจารณาสมการ (2.15) จะพบว่าเราสามารถคำนวณหาค่า  $X_c$  ได้จากข้อมูลภาพคังนั้นเมื่อได้ค่า  $X_c$  จากสมการ (2.15) จะทำให้ได้ค่า  $Y_c$  จากสมการ (2.12)

#### 2.3.4 การคำนวณหาค่าความยาวแทนแกนเอก, แกนโท และจุดศูนย์กลางของวงรี

เนื่องจากค่าที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณจุดต่างๆ บนเส้นรอบวงของวงรีนั้นได้แก่ ค่า  $1/2$  ของแกนเอก (a)  $1/2$  ของแกนโท (b) จุดศูนย์กลาง (h,k) และมุมเอียงของแกนเอก ( $\phi$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลภาพของวงรีพบว่าค่า โคออร์ดิเนท (X,Y) และมุมที่เชื่อมต่อกับ 1,5,9 และ 13 เท่านั้นที่เพียงพอแล้วสำหรับการคำนวณ ดังนั้นเราจึงเขียนโปรแกรมดึงเอาเฉพาะค่าเหล่านั้นออกมาเพื่อมาคำนวณหาค่า a,b,φ และ (h,k) ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดดังนี้

กำหนดโคออร์ดิเนทของจุดเชื่อมต่อกับ 1,5,9 และ 13 เท่ากับ (X1,Y1), (X5,Y5), (X9,Y9) และ (X13,Y13) ตามลำดับ

1) คำนวณหาค่า a และ b ได้จากสมการ

$$a_0 = \frac{[(X5 - X13)^2 + (X5 - X13)^2]^{1/2}}{2} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$b_0 = \frac{[(X1 - X9)^2 + (Y1 - Y9)^2]^{1/2}}{2} \dots\dots\dots (2.17)$$

แล้วทำการพิจารณาดังนี้

ถ้า  $a_0 > b_0$  จะได้

$$a = a_0, \quad b = b_0$$

$$\phi = \arctan(Y13/X13)$$

ถ้า  $a_0 < b_0$  จะได้

$$a = b_0, \quad b = a_0 \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\phi = \arctan(Y1/X1) + \pi$$

2) คำนวณหาค่า (h,k) จากสมการ

$$h = (X1+X9)/2 \dots\dots\dots (2.19)$$

$$k = (Y1+Y9)/2$$

หรือ

$$h = (X5 + X13)/2 \dots\dots\dots (2.20)$$

$$k = (Y5 + Y13)/2$$

### บทที่ 3

#### ฟังก์ชันการแปลงข้อมูลภาพเป็นข้อมูลทางตำแหน่ง

ในโครงการนี้ได้ออกแบบให้เครื่องตัดเคลื่อนที่ได้ 4 ลักษณะคือ

- 1) การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
- 2) การเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง
- 3) การเคลื่อนที่เป็นวงกลม
- 4) การเคลื่อนที่เป็นวงรี

ซึ่งเส้นทางใน 4 ลักษณะนี้ สามารถสร้างได้โดยง่ายจากโปรแกรมวาดแบบโดยทั่วไป เช่น Auto CAD เป็นต้น ดังนั้นเราจะต้องเก็บข้อมูลทุกจุดบนรูปภาพออกมาเพื่อที่จะนำจุดเหล่านั้นมาหาทิศทาง

การเก็บข้อมูลและการแปลงเป็นค่าความเร็วตามโครงการนี้ได้ออกแบบไว้ 5 ลักษณะตามข้อมูลจากโปรแกรมวาดแบบ ดังต่อไปนี้

- 1) ฟังก์ชัน Line ( $X_s, Y_s, X_e, Y_e$ ) ใช้ในการแปลงจุดบนเส้นตรง เป็นค่าตำแหน่งโดยความหมายของตัวแปรดังนี้

$X_s, Y_s$  : หมายถึง ค่า X และค่า Y ที่จุดเริ่มต้นเส้นตรงตามลำดับ

$X_e, Y_e$  : หมายถึง ค่า X และค่า Y ที่จุดสิ้นสุดเส้นตรงตามลำดับ

ซึ่งการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงนี้จะให้ความเร็ว  $V_x$  และ  $V_y$  เพียงค่าเดียวตลอดเส้นทางการเคลื่อนที่

- 2) ฟังก์ชัน Arc ( $R, X_c, Y_c, \theta_1$  และ  $\theta_2$ ) ใช้ในการเก็บจุดและแปลงจุดบนเส้นโค้งที่เกิดจากเส้นโค้งโดยเฉพาะ (Arc) เป็นค่าถึงตำแหน่ง โดยความหมายของตัวแปรต่างๆ มีดังนี้

R : หมายถึง รัศมีความโค้ง

$X_c, Y_c$  : หมายถึง ค่า X และ Y ที่จุดศูนย์กลางของโค้ง ตามลำดับ

$\theta_1, \theta_2$  : หมายถึง มุมเริ่มต้นและมุมสิ้นสุดของโค้งตามลำดับ โดยเทียบกับแกน X ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

- 3) ฟังก์ชัน Parc ( $B, X_s, Y_s, X_e, Y_e$ ) ใช้ในการเก็บจุดและแปลงจุดบนเส้นโค้งที่เกิดจากเส้นต่อเนื่อง (Polyline) เป็นค่าตำแหน่งโดยความหมายของตัวแปรต่างๆ

B : หมายถึง ค่าความนูนของโค้งบนเส้นต่อเนื่อง

$X_s, Y_s$  : หมายถึง จุดเริ่มต้นของเส้นโค้ง

$X_e, Y_e$  : หมายถึง จุดสิ้นสุดของเส้นโค้ง

- 4) ฟังก์ชัน Circle ( $R, X_c, Y_c$ ) ใช้ในการเก็บจุดและแปลงจุดบนวงกลมเป็นค่าตำแหน่งโดยความหมายของ  $R, X_c$  และ  $Y_c$  เหมือนกับในฟังก์ชัน Arc ( )
- 5) ฟังก์ชัน Ellipse ( $a, b, h, k$ ) ใช้ในการเก็บจุดและแปลงจุดต่างๆ บนเส้นรอบวงของวงรีเป็นค่าตำแหน่งโดยความหมายของตัวแปรต่างๆ มีดังนี้
- a : หมายถึงค่า  $\frac{1}{2}$  ของแกนเอกของวงรี
  - b : หมายถึงค่า  $\frac{1}{2}$  ของแกนโทของวงรี
  - h, k : หมายถึงค่า X และ Y ทั้งจุดศูนย์กลางของวงรีตามลำดับ
- ซึ่งรายละเอียดของฟังก์ชันต่างๆ ที่ได้กล่าวมาสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

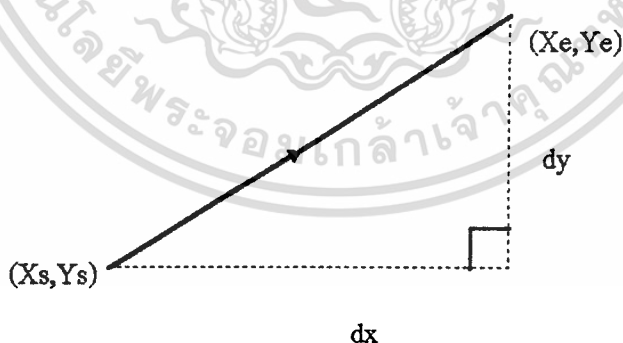
### 3.1 ฟังก์ชัน Line ( )

ข้อมูลที่ส่งค่าเข้ามาในฟังก์ชันได้แก่  $X_s, Y_s, X_e$  และ  $Y_e$  ซึ่งความหมายแต่ละค่าได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้แล้ว

เราสามารถทราบทิศทางของการเคลื่อนที่ดังนี้

$$dx = X_e - X_s$$

$$dy = Y_e - Y_s$$



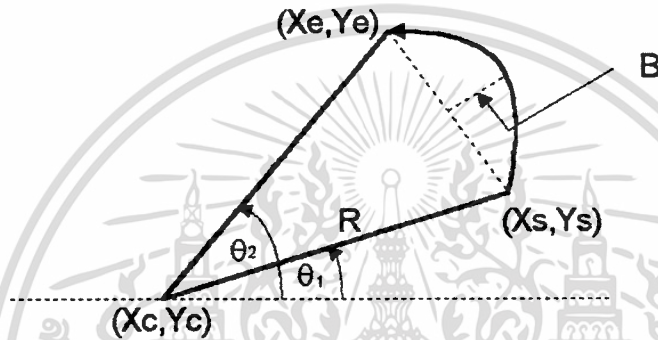
รูปที่ 3.1 แสดงการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

$$\therefore \theta = \arctan(dy/dx)$$

3.2 ฟังก์ชัน Parc ()

ค่าฟังก์ชันรับค่าเข้ามาได้แก่ B,Xs,Ys,Xe และ Ye ซึ่งความหมายของแต่ละตัวแปรได้กล่าวไว้แล้วเมื่อรับค่าเข้ามาอันแรกสุดของฟังก์ชันนี้จะต้องคำนวณหาค่า Xc,Yc และ R ตามวิธีที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วจึงทำงานต่อไป โดยสามารถพิจารณาได้ดังนี้

ก) กรณีโค้งมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (B เป็นค่าบวก)



รูปที่ 3.2 แสดงการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งทิศทวนเข็มนาฬิกา

การที่ ไบมีดจะเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งนั้นเกิดจากการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยระยะทางสั้น ๆ โดยทุกครั้งที่มีการเคลื่อนที่นั้นมีการเปลี่ยนแปลงเป็นมุม dθ ไปเรื่อยๆ ในลักษณะขอบจุดศูนย์กลาง

สมมุติว่าเราต้องการความละเอียดการเคลื่อนที่เป็นมุมเท่ากับ dθ  
หามุมเริ่มต้นโค้ง (θ1) และ มุมสิ้นสุดโค้ง (θ2)

$$\theta_1 = \arctan [(Ys - Yc) / (Xs - Xc)] \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\theta_2 = \arctan[(Ye - Yc) / (Xe - Xc)] \dots\dots\dots (3.4)$$

การเก็บจุดและความเร็วย่อยครั้งแรกกระทำโดย

ให้  $\theta = \theta_1 + d\theta$

ให้  $dx = R \cos\theta$  :  $dy = R \sin\theta$  ..... (3.5)

∴  $X = Xc + dx$  :  $Yc = Yc + dy$  ..... (3.6)

เรียกใช้ฟังก์ชัน Line() โดยส่งค่า X , Y และตำแหน่งที่ต้องการให้กับตัวแปร Xe,Ye

ในฟังก์ชัน Line () ตามลำดับ ส่วนค่า Xs, Ys ใช้ค่าเดียวกัน

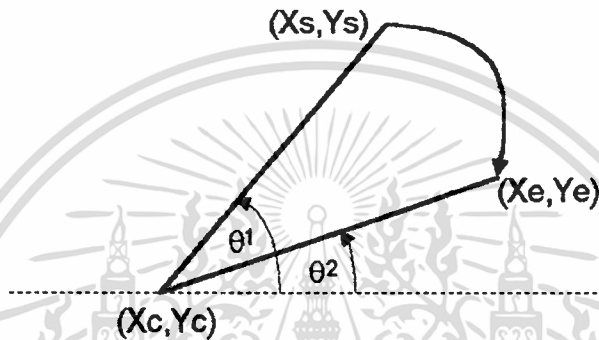
สำหรับการเก็บจุดและความเร็วย่อยครั้งต่อไปก็กระทำเหมือนกัน เพียงแต่เปลี่ยนค่า X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ Y ของจุดปัจจุบันเป็นค่า  $X_s, Y_s$  ของครั้งต่อไปกระทำไปเรื่อยๆจนกว่าเงื่อนไข  $\theta_1 < \theta_2$  จะเป็นเท็จจึงหยุด

การเก็บค่าครั้งสุดท้ายกระทำเหมือนกันเพียงแต่ให้ X และ Y เท่ากับ  $X_e$  และ  $Y_e$  ตามลำดับ

ข) กรณีโค้งมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา (B เป็นค่าลบ)



รูปที่ 3.3 แสดงการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ค่า  $\theta_1$  และ  $\theta_2$  ใช้สูตรเดียวกับกรณีทวนเข็มนาฬิกาในการคำนวณต่างกันว่า  $\theta$  หาโดยใช้สูตร

$$\theta = \theta_1 - d\theta$$

$$\therefore dx = |R| \cos \theta_n ; \quad dy = |R| \sin \theta_n \quad \dots \dots \dots (3.7)$$

หลังจากให้กระทำทุกอย่างเหมือนกับกรณีทวนเข็มนาฬิกาแต่เป็นการกระทำภายใต้เงื่อนไขที่  $\theta_1 > \theta_2$

เนื่องจากรูปที่ใช้เป็นตัวอย่างของการเคลื่อนที่แบบโค้งทั้งสองกรณีนั้น จะเห็นว่าเป็นเพียงตัวอย่างในกรณีที่โค้งที่พิจารณาอยู่บนควอดรันท์ที่ 1 เท่านั้น กล่าวคือ dx และ dy ต่างก็มีค่าเป็นบวกแต่ในความเป็นจริงโค้งอาจบังเกิดขึ้นจากหลายกรณี ซึ่งทำให้  $\theta_1$  และ  $\theta_2$  มีค่าเปลี่ยนไปจากสูตรเดิมที่ไว้ให้แล้ว ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังนี้

$$\left. \begin{aligned} dx &= X_s - X_c , \quad dy = Y_s - Y_c \\ \theta &= \arctan (dy / dx) \end{aligned} \right\} \text{(กรณีคิด}\theta_1)$$

$$dx = X_e - X_c, \quad dy = Y_e - Y_c$$

(กรณีเกิด  $\theta_1$ )

$$\theta = \arctan (dy / dx)$$

ก) พิจารณาจากโค้งที่หมุนทวนเข็มนาฬิกา แบ่งเป็น 3 กรณีย่อยๆ ดังนี้

1)  $dx > 0$  และ  $dy > 0$  (ควอดรันท์ที่ 1)

จะได้  $\theta_1$  หรือ  $\theta_2 = \theta$

2)  $dx > 0$  และ  $dy < 0$  (ควอดรันท์ที่ 4)

จะได้  $\theta_1$  หรือ  $\theta_2 = 2\pi + \theta$

3)  $dx < 0$  (ควอดรันท์ที่ 2, 3)

จะได้  $\theta_1$  หรือ  $\theta_2 = \pi + \theta$

ทั้ง 3 กรณีถ้า  $\theta_2 < \theta_1$  แล้วให้  $2\pi + \theta_2$

ข) พิจารณาโค้งที่หมุนตามเข็มนาฬิกา แบ่งเป็น 3 กรณีย่อยเหมือนกันโดยทั้ง 3 กรณีเหมือนกันกับข้อ ก) แตกต่างที่ว่า ถ้า  $\theta_1 < \theta_2$  แล้วให้  $\theta_1 = 2\pi + \theta_2$

สรุป

กรณีหมุนทวนเข็มนาฬิกา 1)  $0 \leq \theta_1 < 2\pi$

2)  $0 \leq \theta_2 < 4\pi$

3)  $\theta_1 < \theta_2$

กรณีหมุนตามเข็มนาฬิกา 1)  $0 \leq \theta_1 < 2\pi$

2)  $0 \leq \theta_2 < 4\pi$

3)  $\theta_2 < \theta_1$

### 3.3 ฟังก์ชัน Arc ( )

ค่าที่รับเข้ามาในฟังก์ชัน ได้แก่  $R, X_c, Y_c, \theta_1$  และ  $\theta_2$  ซึ่งความหมายต่างๆ ได้อธิบายไว้แล้ว

เนื่องจากโค้งที่เกิดจากอรวาดโค้งโดยเฉพาะ (Arc) นั้น ค่าต่าง ๆ จะถูกเก็บไว้ในลักษณะโค้งทวนเข็มนาฬิกาเสมอ ดังนั้นค่าต่างๆ ที่รับเข้ามาสามารถนำมาใช้ได้เลยโดยตรง แต่ค่าต่างๆ ที่ต้องคำนวณคือ ค่าจุดเริ่มต้น  $(X_c, Y_c)$  และจุดสิ้นสุดของโค้ง  $(X_e, Y_e)$  โดยสามารถหาได้จากสมการ

$$X_s = X_c + R \cos \theta_1 \quad \text{..... (3.8)}$$

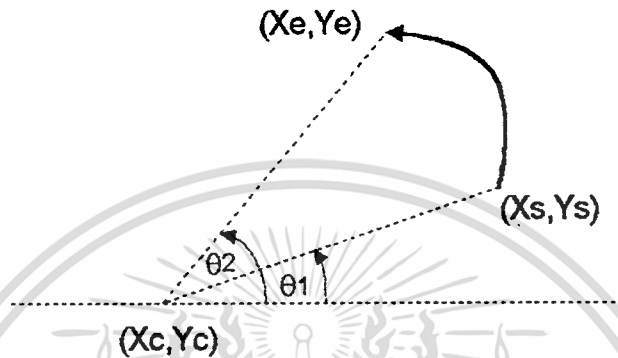
$$Y_s = Y_c + R \sin \theta_1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X_e = X_c + R \cos\theta_2 \quad \text{----- (3.9)}$$

$$Y_e = Y_c + R \sin\theta_2$$

ส่วนหลักการอื่นๆ ก็เหมือนกับโค้งที่เกิดจากเส้นต่อเนื่องทุกประการ



รูปที่ 3.4 แสดงการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งของโค้งโดยเฉพาะ

3.4 ฟังก์ชัน Circle ( )

ค่าฟังก์ชันรับเข้ามาได้แก่  $X_c, Y_c$  และ  $R$  ซึ่งความหมายของตัวแปรแต่ละตัวได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้อแล้ว

การเคลื่อนที่เป็นวงกลมมีหลักการทำงานเหมือนกับกรณีการเคลื่อนที่เป็นโค้ง แตกต่าง นิดหน่อยตรงที่มุม  $\theta_1$  และ  $\theta_2$  ของวงกลมไม่ต้องคำนวณหาให้ยุ่งยากแต่ถูกกำหนดดังนี้

$$\theta_1 = 0$$

$$\theta_2 = 2\pi$$

แต่ค่าที่ต้องคำนวณแรกสุดคือ จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการเคลื่อนที่ซึ่งก็คือ จุด เดียวกันโดยสามารถหาค่าได้ดังนี้

กำหนดจุดเริ่มต้น คือ  $(X_s, Y_s)$

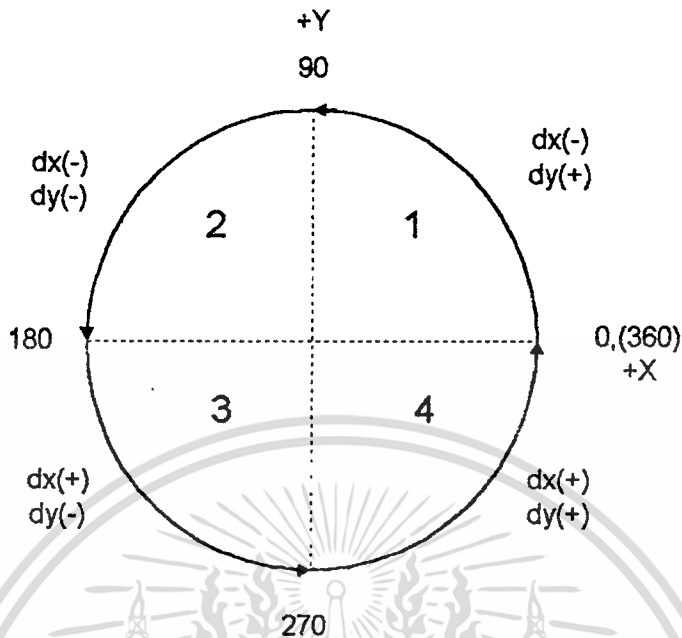
จุดสิ้นสุดคือ  $(X_e, Y_e)$

งานวิจัยกำหนดให้การตัดเป็นวงกลมเริ่มที่มุม 0 เทียบกับแกน X

$$\begin{aligned} \therefore X_s = X_e = X_c + R \\ Y_s = Y_e = Y_c + R \end{aligned} \quad \text{----- (3.10)}$$

ทิศทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลมกำหนดให้ทวนเข็มนาฬิกาเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

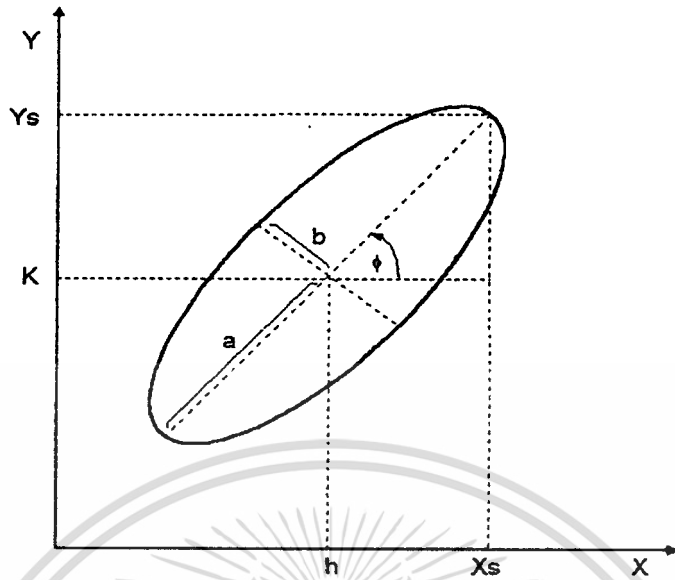
3.5 ฟังก์ชัน Flipse ( )

ค่าที่ส่งเข้ามาได้แก่ a,b,h,k และ  $\phi$  ซึ่งความหมายของตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้อแล้ว

การเก็บตำแหน่งเส้นรอบวงของวงรีมีหลักการคล้ายกับวงกลม แตกต่างกันเพียงบางส่วน คือ ค่า R ของวงรีจะไม่คงที่เหมือนวงกลมโดยจะแปรตามค่ามุมที่เปลี่ยนไป และขึ้นอยู่กับค่า a และ b ของวงรีนั้นๆ ด้วย ดังที่กล่าวมา ส่วนของมุมเริ่มต้นของวงรี ถ้าเทียบกับแกน X แล้วจะไม่ใช่มุม 0 องศา แต่จะเลื่อนไปเท่ากับมุม  $\phi$  นั้นเอง นอกจากนี้ยังมีจุดเริ่มต้นของเส้นรอบวงของวงรีจะใช้ค่าที่มุม  $\phi$  เช่นกัน โดยสามารถหาได้จากสมการ

$$\left. \begin{aligned} X_s &= h + a/\cos \phi \\ Y_s &= k + a/\sin \phi \end{aligned} \right\} \text{..... (3.11)}$$

ซึ่ง h และ k ก็คือจุดศูนย์กลางของวงรีนั่นเอง ส่วนหลักการอื่นๆเหมือนกับวงกลมทุกประการ



รูปที่ 3.6 แสดงวิธีที่มีการหมุนไปเป็น  $\phi$

### 3.1.5 การคำนวณหาจุดบนเส้นรอบวงรี

เนื่องจากสมการมาตรฐานของวงรีเมื่อแกนเอก (Major axis) ขนานกับแกน X หรือ Y

คือ

- 1) เมื่อแกนเอก (Major axis) ขนานกับแกน X

$$\frac{(h-k)^2}{a^2} + \frac{(y-k)^2}{b^2} = 1 ; a > b \quad \text{-----} \quad (3.12)$$

- 2) เมื่อแกนเอก (Major axis) ขนานกับ Y

$$\frac{(y-k)^2}{a^2} + \frac{(x-h)^2}{b^2} = 1 ; a > b \quad \text{-----} \quad (3.13)$$

โดยที่ a คือ  $\frac{1}{2}$  ของแกนเอก

b คือ  $\frac{1}{2}$  ของแกนโท

(h,k) คือ จุดศูนย์กลางของวงรี

กำหนด R = ระยะจากจุดศูนย์กลางของวงรีถึงเส้นรอบของวงรี

$\theta$  = มุมจากจุดศูนย์กลางที่ R เมื่อเทียบกับแกน X

$$\text{จะได้ } \left. \begin{aligned} X &= R \cos \theta \\ Y &= R \sin \theta \end{aligned} \right\} \text{-----} \quad (3.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า  $X$  และ  $Y$  ในสมการที่ (2.30) จะได้

$$\frac{(R \cos \theta - h)^2}{a^2} + \frac{(R \sin \theta - k)^2}{b^2} = 1$$

$$b^2(R \cos \theta - h)^2 + a^2(R \sin \theta - k)^2 = (ab)^2$$

$$b^2(R^2 \cos^2 \theta - 2Rh \cos \theta + h^2) + a^2(R^2 \sin^2 \theta - 2Rk \sin \theta + k^2) = (ab)^2$$

$$(bR \cos \theta)^2 - 2b^2Rh \cos \theta + (bh)^2 + (aR \sin \theta)^2 - 2a^2Rk \sin \theta + (ak)^2 = (ab)^2$$

$$R^2(b^2 \cos^2 \theta + a^2 \sin^2 \theta) - R(2b^2h \cos \theta + 2a^2k \sin \theta) = (ab)^2 - (bh)^2 - (ak)^2$$

ถ้า  $(h,k)$  อยู่ที่จุดกำเนิด (Origin) คือ  $(0,0)$  จะได้

$$R^2(b^2 \cos^2 \theta + a^2 \sin^2 \theta) = (ab)^2$$

จะได้  $R^2 = \frac{(ab)^2}{(b^2 \cos^2 \theta + a^2 \sin^2 \theta)}$

$$\therefore R = \frac{(ab)}{(b^2 \cos^2 \theta + a^2 \sin^2 \theta)^{1/2}} \dots \dots \dots (3.15)$$

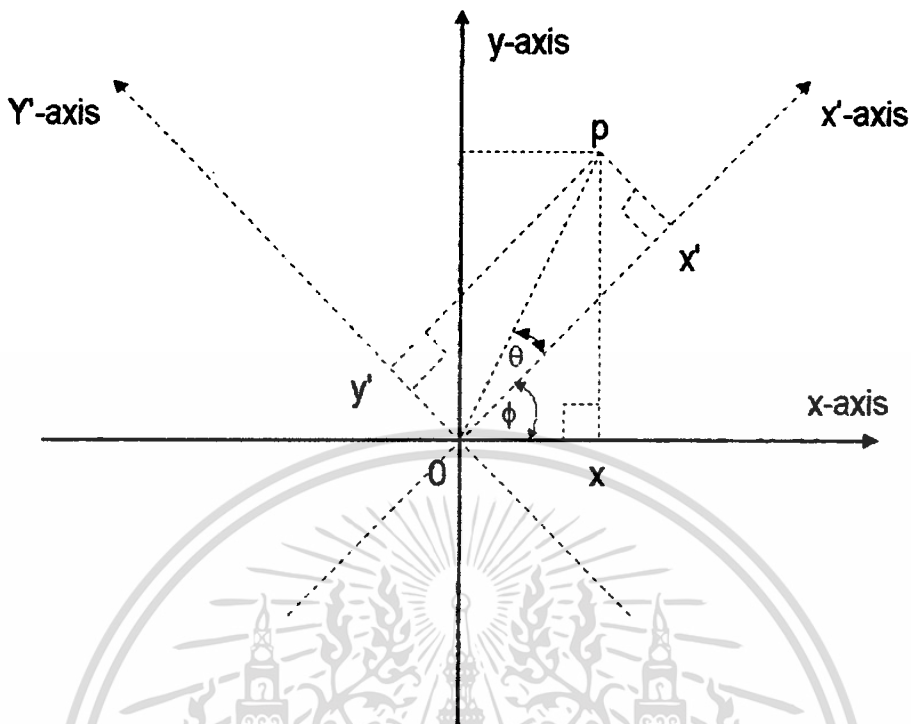
จากสมการจะได้ระยะทางจากเส้นรอบวงของวงรีถึงจุดศูนย์กลางซึ่งมีค่าแปรไปตามค่ามุม  $\theta$  นั่นคือ  $R$  จะไม่คงที่เหมือนวงกลมซึ่งจะคงที่ตลอดและเราสามารถหาค่า  $X$  และ  $Y$  ได้จากสมการ

$$X = R \cos \theta$$

$$Y = R \sin \theta$$

กรณีวงรีมีการหมุนแกน (Rotation of axis) จากแกน  $X$  เป็น  $X'$  และจากแกน  $Y$  เป็น

$Y'$



รูปที่ 3.7 แสดงการหมุน

เมื่อจุดศูนย์กลางของวงรีอยู่ที่จุด  $O$  และ  $P$  เป็นจุดบนเส้นรอบวงของวงรีซึ่งทำมุมกับ  $\theta$  กับแกนเอก (Major axis) ของวงรี มุม  $\theta$  เป็นมุมที่แกนของวงรีเลื่อนไปนั่นคือจุด  $P$  จะได้

$R = OP$  เราสามารถหาโคออร์ดิเนตของจุด  $P$  ได้ดังนี้

$$X = R \cos(\theta + \phi) \quad \text{----- (3.16)}$$

$$Y = R \sin(\theta + \phi)$$

โดยที่  $R = OP$  นั่นเอง

ค่า  $R$  ของวงรีเราหาจากสมการ 3.15 มุม  $\theta$  เป็นค่าที่เรากำหนดขึ้นมาส่วนมุม  $\phi$  เราหาจากสมการ 2.18

ถ้าจุดศูนย์กลางของวงรี  $(h, k)$  ไม่อยู่บนจุด  $(0, 0)$  เราก็สามารถหาค่าโคออร์ดิเนตของจุด  $P$  จากสมการข้างล่างนี้

$$X = h + R \cos(\theta + \phi) \quad \text{----- (3.17)}$$

$$Y = h + R \sin(\theta + \phi)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเราสามารถหาโคออร์ดิเนตของจุด P ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} X &= R\cos(\theta+\phi) = R(\cos\phi - \sin\theta\sin\phi) \\ &= \cos\theta(R\cos\theta) - \sin\phi(R\sin\theta) \end{aligned}$$

เนื่องจาก  $X' = R\cos\theta$

$$X = X'\cos\phi - Y'\sin\phi \quad \text{..... (3.18)}$$

ในทำนองเดียวกัน

$$\begin{aligned} Y &= R\sin(\theta+\phi) = R(\sin\theta\cos\phi + \cos\theta\sin\phi) \\ &= \cos\phi(R\sin\theta) + \sin\phi(R\cos\theta) \end{aligned}$$

เนื่องจาก  $Y' = R\sin\theta$  จะได้

$$Y = Y'\cos\phi + X'\sin\phi \quad \text{..... (3.19)}$$

นั่นคือ ตามวิธีการหลังนี้เราสามารถที่ว่าวงรีไม่มีการเลื่อนแกนแล้วคำนวณหาค่า  $X'$  และ  $Y'$  ออกมาแล้วค่อยไปคูณกับค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งก็คือ  $\cos\phi$  และ  $\sin\phi$  นั้นเอง แล้วจึงค่อยมาทำการบวกกลับกันตามสมการ (3.18) และ (3.19) ก็จะได้ค่าโคออร์ดิเนตของจุด P ตามต้องการ

## บทที่ 4

### การแปลงโคออร์ดิเนตจากปากกาเป็นใบมีด

กรณีใบมีดตัดมีคมเพียงด้านเดียวเราจำเป็นต้องทำการควมคุมใบมีดตัดให้หมุนไปในทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ตลอดเวลาของการตัด การควบคุมดังกล่าวนี้เราจำเป็นต้องรู้ทิศทางของมุมที่เบี่ยงเบนไปในทุกๆ ครั้งที่มีการเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งนำทฤษฎีการครอสเวกเตอร์จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้

กำหนดให้

$$\vec{A} = A_x a_x + A_y a_y + A_z a_z$$

$$\vec{B} = B_x a_x + B_y a_y + B_z a_z$$

โดยที่  $\vec{A}$  และ  $\vec{B}$  คือเวกเตอร์ในพิกัดคาร์ทีเซียน

$$\begin{aligned} \vec{A} \times \vec{B} &= \begin{vmatrix} a_x & a_y & a_z \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} \\ &= (A_y B_z a_x + A_z B_x a_y + A_x B_y a_z) - (A_z B_y a_x + A_x B_z a_y + A_y B_x a_z) \\ &= (A_y B_z - A_z B_y) a_x + (A_z B_x - A_x B_z) a_y + (A_x B_y - A_y B_x) a_z \end{aligned}$$

เนื่องจากบนระนาบ X-Y นั้น  $\vec{A}$  และ  $\vec{B}$  จะมีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้น

$$\vec{A} \times \vec{B} = (A_x B_y - A_y B_x) a_z \quad \text{.....} \quad (4.1)$$

ทฤษฎีการครอสเวกเตอร์อีกอันหนึ่งคือ

$$\vec{A} \times \vec{B} = a |\vec{A}| \cdot |\vec{B}| \sin \theta_{AB} \quad \text{.....} \quad (4.2)$$

โดยที่

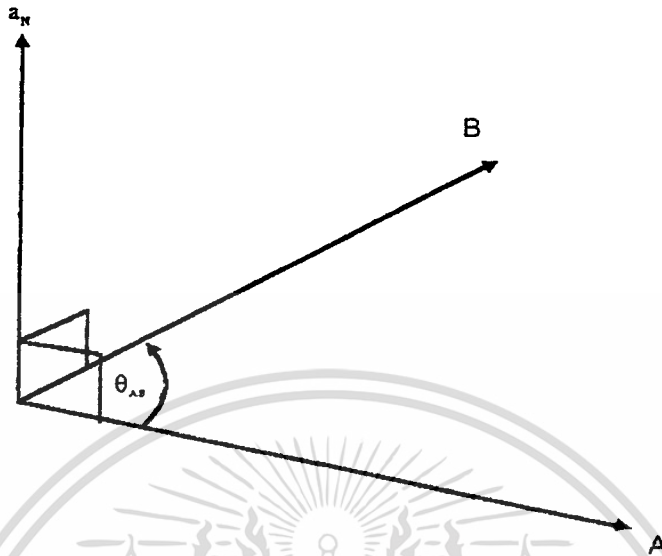
$$|\vec{A}| = \text{ขนาดเวกเตอร์ } A$$

$$|\vec{B}| = \text{ขนาดเวกเตอร์ } B$$

$$\theta_{AB} = \text{ค่าของมุมที่วัดจาก } A \text{ ไปยัง } B$$

$$a_x = \text{ทิศทางของเวกเตอร์ลัพท์}$$

ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงการทรอสเวกเตอร์

จากสมการที่ (4.1) และ (4.2) จะได้

$$|\bar{A}| \cdot |\bar{B}| \cdot \sin\theta_{AB} = A_x B_y - A_y B_x$$

$$\sin\theta_{AB} = \frac{A_x B_y - A_y B_x}{|\bar{A}| \cdot |\bar{B}|}$$

$$\therefore \theta_{AB} = \arcsin \left[ \frac{A_x B_y - A_y B_x}{|\bar{A}| \cdot |\bar{B}|} \right] \quad (4.3)$$

การนำทฤษฎีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้

เนื่องจากการเคลื่อนที่ของกมมีคัตต์ทั้งหมดประกอบด้วยเส้นตรงที่ขนาดต่างๆกันซึ่งต่อเนื่องกันตลอด

สมมุติว่า

$\bar{A}$  เป็นเวกเตอร์ที่แสดงถึงทิศทางของกมมีคัตต์ในการเคลื่อนที่ครั้งที่ผ่านมา

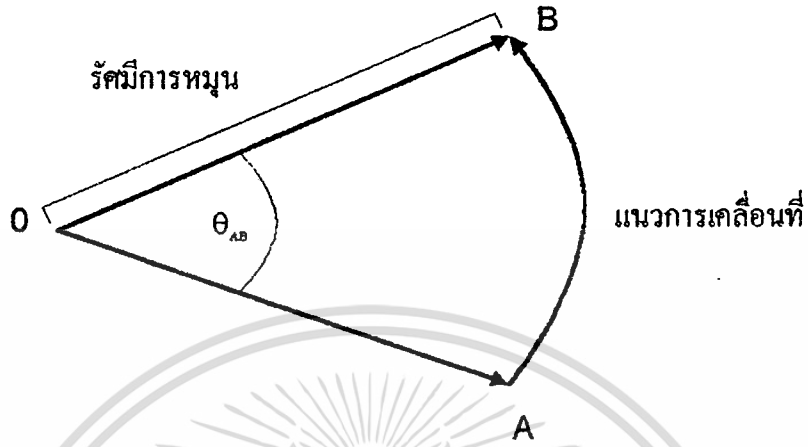
$\bar{B}$  เป็นเวกเตอร์ที่แสดงถึงทิศทางของกมมีคัตต์ในการเคลื่อนที่ครั้งต่อไป

การหันทิศทางของกมมีคัตต์ไปยังทิศทางที่จะเคลื่อนที่ครั้งต่อไปจะหมุนเป็นมุมเท่ากับ

$\theta_{AB}$  ตามรูป 4.2

เมื่อพิจารณาให้ดีจะเห็นว่าจุดปลายของเวกเตอร์เปรียบเสมือนจุดที่จะควบคุมให้เกิดการหมุนไปซึ่งมีแนวการเคลื่อนที่เป็นโค้งวงกลมซึ่งจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด 0 ตามรูปที่ 4.2

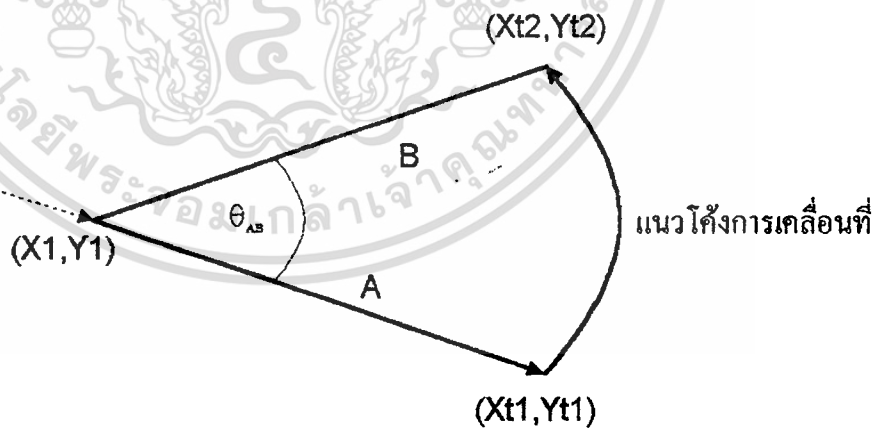
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงการเคลื่อนที่ของคมมีดเมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางเนื่องจากใบมีดมีขนาดคงที่ดังนั้น

$$|A| = |B| = \text{รัศมีการหมุน} \quad (4.4)$$

และเนื่องจากเรารู้ค่าพิกัดของเส้นทางการตัด เราจึงสามารถหาค่า  $A_x, A_y, B_x$  และ  $B_y$  ได้โดยพิจารณารูป 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงพิกัดของใบมีด

จากรูป เส้นปะแสดงถึงเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ผ่านมา ซึ่งจะสิ้นสุดที่ตำแหน่ง  $(X1, Y1)$  นั่นคือเส้นทางการตัดจะมาหยุดอยู่ที่ตำแหน่ง  $(X1, Y1)$  นั่นเอง

ระยะจาก  $(X1, Y1)$  ถึง  $(Xt1, Yt1)$  เปรียบเสมือนระยะ offset ที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากใบ

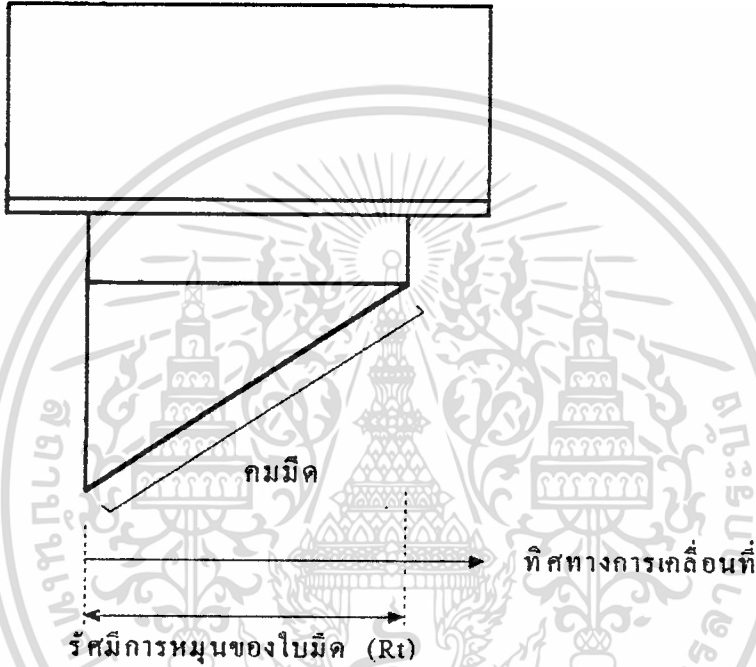
มีดนั้นคือ เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$(Xt1, Yt1)$  คือจุดที่เราจะควบคุมโดยตรง

$(X1, Y1)$  คือจุดที่ถูกตัดอันเป็นผลมาจากการควบคุมที่จุด  $(Xt1, Yt1)$  โดยตรง

$(Xt2, Yt2)$  คือจุดต่อไปซึ่งจะถูกควบคุมโดยตรง

จะเห็นว่าการเคลื่อนที่จากจุด  $(Xt1, Yt1)$  ไปยัง  $(Xt2, Yt2)$  จะเกิดแนวโค้งขึ้น ซึ่งการเคลื่อนที่ดังกล่าวนี้จะไม่เกิดแนวการตัดขาดใดๆทั้งสิ้นอันเนื่องจากลักษณะใบมีดคังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ลักษณะของใบมีด

$$\begin{aligned} |\bar{A}| &= |\bar{B}| = Rt \\ \bar{A} &= (Xt1 - X1)a_x + (Yt1 - Y1)a_y \\ \bar{B} &= (Xt2 - X1)a_x + (Yt2 - Y1)a_y \end{aligned}$$

นั่นคือ

$$\begin{aligned} A_x &= (Xt1 - X1) \\ A_y &= (Yt1 - Y1) \\ B_x &= (Xt2 - X1) \\ B_y &= (Yt2 - Y1) \end{aligned}$$

$$\therefore \theta_{AB} = \arcsin \left[ \frac{(Xt1 - X1)(Yt2 - Y1) - (Yt1 - Y2)(Xt2 - X1)}{(Rt)^2} \right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

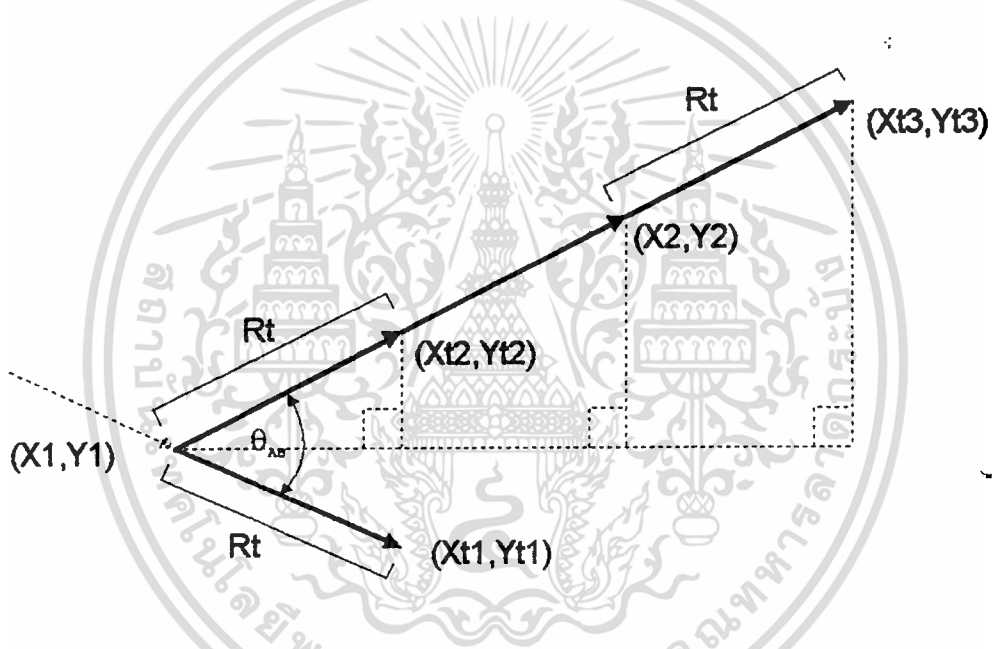
โดยที่หาค่า  $X_{t2}, Y_{t2}$

$$X_{t2} = \left[ \frac{R_t}{\sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}} \right] \cdot (X_2 - X_1) + X_1$$

$$Y_{t2} = \left[ \frac{R_t}{\sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}} \right] \cdot (Y_2 - Y_1) + Y_1$$

โดยที่  $(X_2, Y_2)$  คือ โคออร์ดิเนตของจุดถัดไปที่ต้องการตัด

สำหรับค่า  $X_{t1}$  และ  $Y_{t1}$  นั้น ขึ้นอยู่กับตำแหน่งเริ่มต้นของโบริด



รูปที่ 4.5 ใช้ประกอบคำนวณค่า  $X_{t2}$  และ  $Y_{t2}$

ในทำนองเดียวกันสามารถหาค่า  $X_{t3}$  และ  $Y_{t3}$  ได้จาก

$$X_{t3} = 1 + \left[ \frac{R_t}{\sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}} \right] (X_2 - X_1) + X_1$$

$$Y_{t3} = 1 + \left[ \frac{R_t}{\sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}} \right] (Y_2 - Y_1) + Y_1$$

อย่างไรก็ตามการหาค่า  $\theta_{AB}$  ก็ซับซ้อนก็ด้วยโดยพิจารณาดังนี้

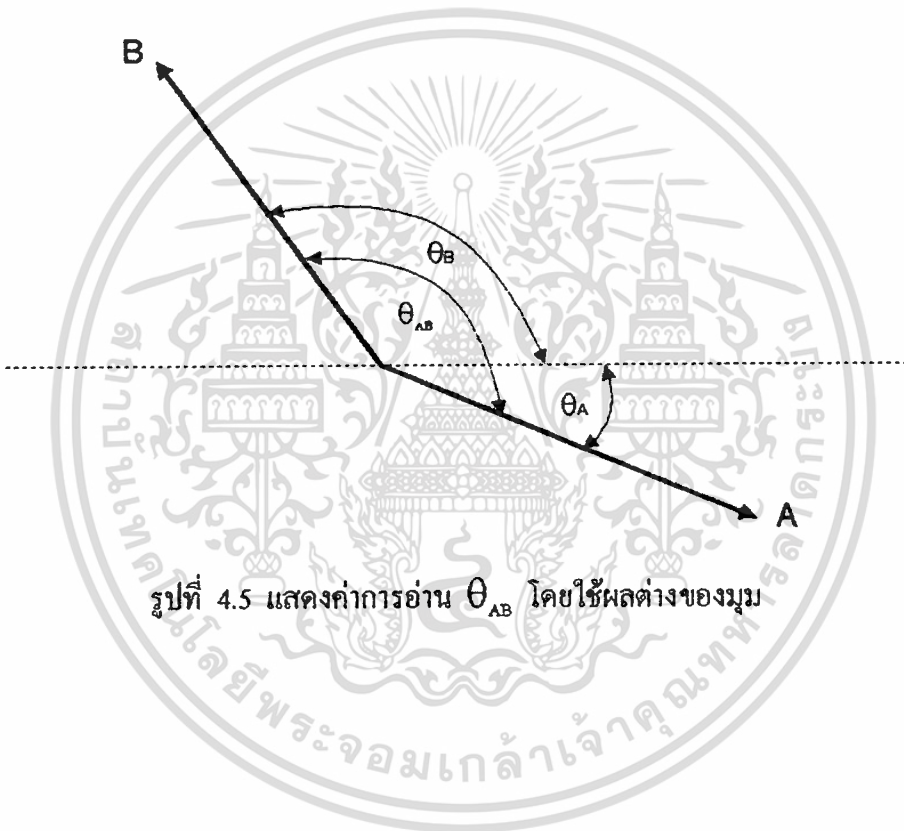
$$\theta_{AB} = \arcsin \left[ \frac{A_x B_y - A_y B_x}{|A| \cdot |B|} \right]$$

จะเห็นว่าเมื่อ  $\frac{A_x B_y - A_y B_x}{|A| \cdot |B|}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ |A| · |B| การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่ามากกว่า 1 แล้วจะไม่สามารถหาค่า  $\theta_{AB}$  ได้ ดังนั้น วิธีแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือ หาค่า  $\arctan$  ของเวกเตอร์ A และ เวกเตอร์ B พร้อมทั้งทำการหาคะควอดรันท์ เพื่อหาค่ามุมของเวกเตอร์แต่ละตัวในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และผลต่างของมุมเวกเตอร์ B และ เวกเตอร์ A  $\theta_{AB}$  นั้นเอง

$$\theta_{AB} = \theta_A - \theta_B$$



## บทที่ 5.

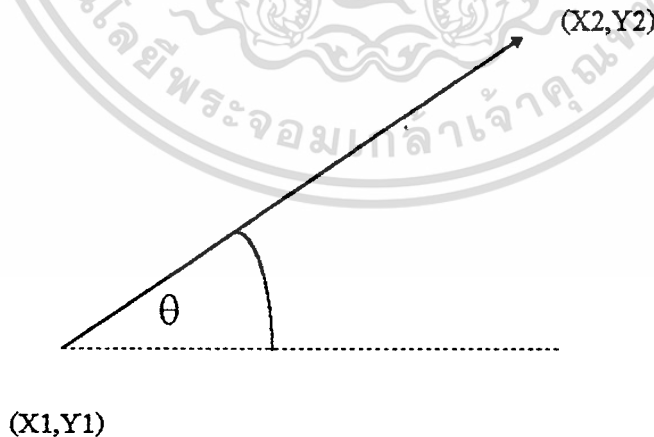
## การแปลงข้อมูลความเร็วเป็นความถี่

เนื่องจาก โปรแกรมได้ออกแบบให้ผู้ใช้ทำการป้อนค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของใบมีดที่ต้องการได้ โดยกำหนดขอบเขตไว้ที่ 10 - 100 mm/sec ดังนั้นจากค่าความเร็วที่ผู้ใช้ป้อนให้กับโปรแกรมจะถูกนำมาสร้างเป็นความถี่ในการส่งข้อมูลออกไปทำการกระตุ้นเฟสให้กับมอเตอร์ทางด้านแกน x และแกน y เพื่อให้เคลื่อนที่ได้ตามความเร็วที่กำหนด ซึ่งความเร็วทางด้านแกน x และแกน y หาได้จาก

$$V_x = V \frac{(X_2 - X_1)}{\sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}} \quad \text{-----} \quad (5.1)$$

$$V_y = V \frac{(Y_2 - Y_1)}{\sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}} \quad \text{-----} \quad (5.2)$$

V	=	ความเร็วการเคลื่อนที่ของใบมีด	(mm/sec)
V <sub>x</sub>	=	ความเร็วด้านแกน X	(mm/sec)
V <sub>y</sub>	=	ความเร็วด้านแกน Y	(mm/sec)
X <sub>1</sub> , Y <sub>1</sub>	=	ตำแหน่งใบเริ่มต้น	
X <sub>2</sub> , Y <sub>2</sub>	=	ตำแหน่งใบสิ้นสุด	



การที่จะให้มอเตอร์แต่ละแกนเคลื่อนที่ได้ระยะทางและความเร็วดังกล่าวนี้เราจะต้องสร้างพัลส์ที่มีจำนวนและความถี่ของการเกิดพัลส์ตามสมการข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N_x = \frac{X_2 - X_1}{ds} \quad \text{-----} \quad (5.3)$$

$$N_y = \frac{Y_2 - Y_1}{ds} \quad \text{-----} \quad (5.4)$$

$$F_x = \frac{V_x}{X_2 - X_1} \quad \text{-----} \quad (5.5)$$

$$F_y = \frac{V_y}{Y_2 - Y_1} \quad \text{-----} \quad (5.6)$$

โดยที่

$N_x$  = จำนวน step ด้านแกน x

$N_y$  = จำนวน step ด้านแกน y

$ds$  = ระยะต่อ 1 step ของกลไกขับเคลื่อนด้านแกน x และแกน y

(mm)

$F_x$  = ความถี่ของการเกิดพัลส์ด้านแกน x (Hz)

$F_y$  = ความถี่ของการเกิดพัลส์ด้านแกน y (Hz)

การสร้างพัลส์ให้เกิดความถี่ดังกล่าวนี้ทางกลุ่มได้อาศัยฐานเวลาของระบบคอมพิวเตอร์ของแต่ละเครื่องมาช่วยในการสร้างความถี่ ซึ่งคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องนั้นความเร็วในการทำงานอาจจะไม่เท่ากันซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วของ CPU (Central Processing Unit) ของคอมพิวเตอร์เครื่องนั้น ๆ ดังนั้นโปรแกรมจึงถูกออกแบบให้มีการเซ็ฐานเวลาของคอมพิวเตอร์ โดยจะกำหนดฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรมขึ้นมาหนึ่งฟังก์ชันเพื่อหาว่าช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนจบฟังก์ชันนั้นใช้เวลาเท่าไร ซึ่งฟังก์ชันที่ทางกลุ่มเลือกใช้คือ การบวกเลขทีละ 1 ค่าขึ้นเรื่อยๆ จากค่า 0 ถึง 1,000,000 ซึ่งคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะใช้เวลาไม่เท่ากัน จากวิธีการดังกล่าวจะได้เวลามาหนึ่งค่า ซึ่งค่าที่ได้จะถูกนำไปเป็นข้อมูลในการคำนวณเพื่อที่จะสร้างฟังก์ชันอีกฟังก์ชันซึ่งมีช่วงเวลาการทำงานที่เราสามารถกำหนดได้ซึ่งการสร้างฟังก์ชันอันหลังจากค่าเวลาที่ได้จากฟังก์ชันแรกนั้นเราใช้วิธีการ Interpolation ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวสรุปย่อๆ ได้ดังนี้

จากฟังก์ชันซึ่งมีช่วงเวลาที่เราแน่นอนที่ได้เราจะนำไปใช้สร้างความถี่ของการเกิดพัลส์เพื่อส่งข้อมูลให้กับวงจรขับเคลื่อนเครื่องจักรดังกล่าวต่อไปนี้

เนื่องจากชุดกลไกขับเคลื่อนใบมีดทั้งทางด้านแกน x และแกน y จะเกิดการเคลื่อนที่ไปเป็นระยะที่แน่นอนค่าหนึ่งทุกๆ 1 step ของการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ซึ่งค่าจริงที่ได้จากชุดกลไกนี้คือ 0.25 mm/step ซึ่งค่านี้เราจะนำมาใช้เป็นตัวทำให้เกิด Overflow

$$OVF = \text{Overflow} = 0.25 \text{ mm.} \dots\dots\dots (5.7)$$

Ti = คาบเวลาที่แน่นอนที่ได้จากฟังก์ชันที่สร้างขึ้น

S = ระยะทางย่อยของการเคลื่อนที่ในช่วงเวลา Ti

n = จำนวนครั้งของระยะทางย่อยที่ทำให้เกิด Overflow

ดังนั้น 
$$n = \frac{OVF}{S}$$

เมื่อพิจารณาทั้งทางด้านแกน x และแกน y ร่วมกันจะได้

$$\begin{aligned} S_x &= V_x \cdot T_i \\ n_x &= \frac{OVF}{S_x} \dots\dots\dots (5.8) \end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned} S_y &= V_y \cdot T_i \\ n_y &= \frac{OVF}{S_y} \dots\dots\dots (5.9) \end{aligned}$$

โดยที่

- Sx = ระยะทางย่อยของการเคลื่อนที่ทางด้านแกน x
- Sy = ระยะทางย่อยของการเคลื่อนที่ทางด้านแกน y
- nx = จำนวนครั้งของระยะทางย่อยทางแกน x ที่ทำให้เกิด OVF
- ny = จำนวนครั้งของระยะทางย่อยทางแกน y ที่ทำให้เกิด OVF

ซึ่งจะพบว่าค่าทั้ง 4 จะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความเร็วของแต่ละแกนและในทุกๆครั้งที่เกิด Overflow ขึ้นนี้ หมายถึงว่าชุดกลไกจะต้องมีการเคลื่อนที่ ดังนั้นเมื่อทำการเช็คแล้วพบว่ามี การเกิด Overflow ขึ้น ก็ต้องส่งข้อมูลออกไปยังวงจรขับมอเตอร์ครั้งหนึ่ง ซึ่งก็แล้วแต่ว่าจะเกิด Overflow ขึ้นทางด้านแกน x หรือแกน y ซึ่งข้อมูลที่ส่งแต่ละครั้งจะแตกต่างกันออกไปตามแต่ลักษณะของวงจรขับมอเตอร์

จากคาบเวลา Ti และค่า n ที่ได้จะทำให้เกิดคาบเวลาที่คงที่ขึ้นค่าหนึ่งกำหนดเป็น To ดังนั้นจะได้สมการข้างล่าง

$$T_o = n \cdot T_i \quad \text{.....} \quad (5.10)$$

หรือ  $F_o = n \cdot F_i \quad \text{.....} \quad (5.11)$

เมื่อกำหนดให้

$$F_o = \text{Output Frequency}$$

$$F_i = \text{Input Frequency}$$

เมื่อพิจารณาในแต่ละแกนจะได้

$$\text{แกน } x : F_{ox} = n_x \cdot F_i \quad \text{.....} \quad (5.12)$$

$$\text{แกน } y : F_{oy} = n_y \cdot F_i \quad \text{.....} \quad (5.13)$$

ซึ่งค่า  $F_{ox}$  และ  $F_{oy}$  จะมีค่าเท่ากับค่า  $F_x$  และ  $F_y$  ในสมการที่ (5.5) และ (5.6) ตามลำดับ

ค่าความถี่ที่เกิดขึ้นจากวิธีการที่กล่าวมานี้จะทำให้มอเตอร์ทั้งสองแกนเคลื่อนที่ไปอย่างซิงโครไนส์ (Synchronising) ต่อกันซึ่งทำให้เส้นทางที่ได้มีความเป็นเชิงเส้น (Linearity) ได้เป็นอย่างดี เพราะเป็นส่วนของโปรแกรมที่เกี่ยวกับการสร้างความถี่นั้นกระทำอยู่ในรูปเดียวกัน อยู่บนคาบเวลาที่คงที่ ( $T_i$ ) อันเดียวกันและทุกครั้งที่เกิด Overflow ค่าที่เกิด Overflow ไปนั้นถูกนำกลับมาใช้เป็นค่าเริ่มต้นค่าใหม่ นั้นหมายความว่าในแต่ละครั้งที่เกิด Overflow นั้นจะไม่เกิด Error ขึ้น แต่ Error จะเกิดขึ้นครั้งเดียวที่ step สุดท้ายของการเคลื่อนที่ในทิศทางนั้นๆ ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาแล้วจะพบว่ามีย่าน้อยมากคือไม่ถึง 1 step ของการเคลื่อนที่ด้วยซ้ำ

ข้อสังเกต

ความถี่  $F_i$  จะต้องมีค่าสูงกว่าความถี่  $F_o$  ที่ต้องการเสมอ ดังนั้นการที่จะสร้างฟังก์ชันที่ความเวลาคงที่  $T_i$  นั้น เราจะต้องพิจารณาร่วมกับความเร็วสูงสุดของการเคลื่อนที่ที่ต้องการด้วย โดยที่ความเร็วสูงสุดของการเคลื่อนที่ที่จะต้องไม่เป็นค่าที่ทำให้ค่าความถี่  $F_x$  และ  $F_y$  สูงกว่า  $F_i$

## บทที่ 6

### การออกแบบ

#### 1) ส่วนของโปรแกรม

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 และ 2 โครงการนี้ได้กำหนดไฟล์นำเข้ารูปภาพคือ DXF File ซึ่งสามารถเขียนได้จากโปรแกรม AutoCAD ฯลฯ ดังนั้นหน้าที่ของผู้ใช้ก็คือ ต้องทำการออกแบบรูปภาพตัวอักษร หรือลวดลายอื่นๆที่ต้องการที่จะนำมาตัด ซึ่งการออกแบบรูปภาพในโปรแกรม AutoCAD จะได้ที่มีส่วนขยายเป็น .DWG ผู้ใช้ก็ต้องแปลง .DXF ซึ่งคำสั่งการแปลงมีอยู่แล้วในโปรแกรม AutoCAD หลังจากนั้นจึงนำ DXF File มาผ่านโปรแกรมแปลงรูปภาพที่ทางกลุ่มได้เขียนขึ้น แล้วเก็บไว้เป็นไฟล์ซึ่งมีรูปแบบ (Format) ที่กำหนดขึ้นเองโดยเฉพาะ ซึ่งข้อมูลที่เก็บไว้ในไฟล์นี้จะแสดงถึงตำแหน่ง จุดลำดับ (x,y) ของรูปภาพที่วาดขึ้นซึ่งมีจุดอ้างอิงที่ ( 0,0 ) ซึ่งจุดนี้จะอยู่ที่มุมล่างซ้ายของรูปภาพ

อนึ่งในการเก็บจุดลำดับ (x,y)ดังกล่าวนี้มีการเก็บในเส้นทางที่ต่อเนื่องกันตลอดทราบใดที่ไม่มีการขึ้นเส้นทางใหม่ และเมื่อมีการขึ้นเส้นทางใหม่ (หมายถึงจะต้องมีการยกใบมีดขณะทำการตัด) โปรแกรมจะทำการเปรียบเทียบก่อนว่าจุดโดยอยู่ใกล้จุดอ้างอิงมากที่สุด แล้วจึงเก็บจุดนั้นและตามด้วยจุดอื่นๆที่อยู่บนเส้นทางนั้นเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนจบ ไฟล์รูปภาพนั้นๆ

เมื่อต้องการตัดให้ได้รูปภาพดังกล่าว โปรแกรมที่ใช้ในการตัดจะโหลดไฟล์ดังกล่าวมาแปลงเป็นข้อมูลที่จะเป็นที่ใช้ขณะทำการตัด ซึ่งได้แก่

1) ค่าพิกเซลบนจอภาพ เพื่อให้แสดงถึงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของใบมีดบนจอภาพว่าขณะนั้นใบมีดตัดใบถึงไหนแล้ว

2) จำนวนเสต็ปของมอเตอร์แกน x แกน y ซึ่งค่าบวก (+) แสดงถึงการเคลื่อนที่ไปทางขวา x+ ค่าลบแสดงถึงการเคลื่อนที่ไปทาง x-

3) ค่าที่จะนำมาบวกเพื่อทำให้เกิด Overflow ทางด้านแกน x แกน y (รายละเอียดดูในบทที่ 5 เรื่องการสร้างควมถี่จากข้อมูลภาพ)

4) สัญลักษณ์ที่แสดงถึงว่าการเคลื่อนที่นั้นให้ยกหรือวางใบมีดซึ่ง "N" หมายถึงให้ยกใบมีด "L" หมายถึงให้วางใบมีด

ซึ่งข้อมูลในข้อ 1) ถึงข้อ 4) นี้จะถูกเก็บเป็นไฟล์ชั่วคราวโดยทางกลุ่มใช้ชื่อว่า tempfile.tmp ซึ่งข้อมูลในไฟล์นี้จะถูกเปลี่ยนไปเรื่อยๆขึ้นอยู่กับว่าเส้นทางที่ตัดเป็นอย่างไร หลังจากนั้นเมื่อเริ่มดำเนินการตัด โปรแกรมก็จะโหลดค่าต่างๆใน tempfile. tmp มาทำการสร้างควมถี่ตามข้อมูลเหล่านั้นแล้วส่งข้อมูลที่จุดขับเสต็ปมอเตอร์ต้องการออกไปให้กับวงจรขับ

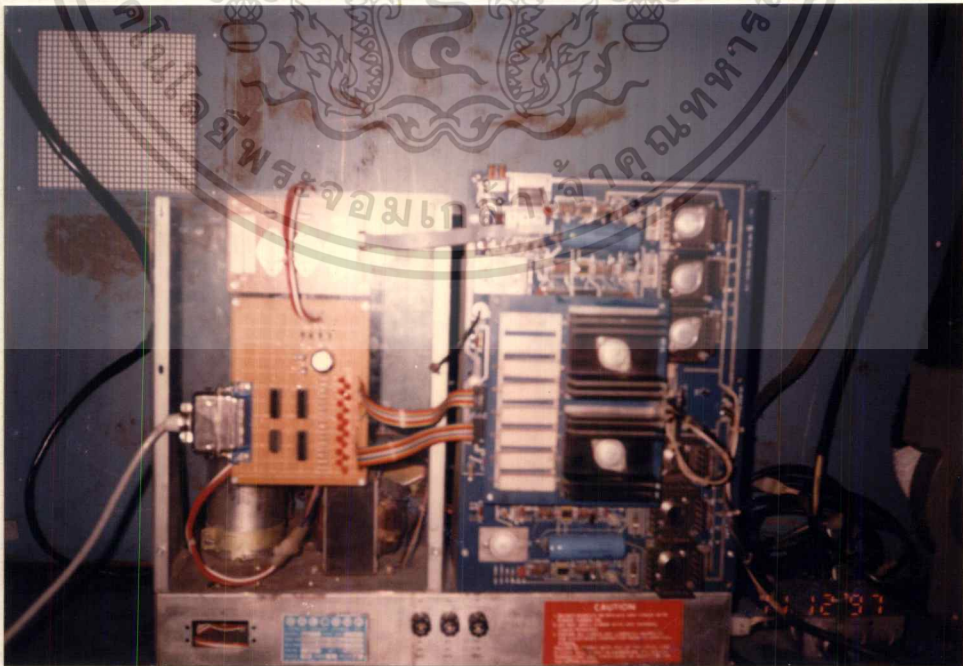
ลักษณะข้อมูลที่วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ต้องการจะถูกเก็บไว้ใน table อันหนึ่งประกอบด้วยข้อมูลจำนวนเต็ม 8 ค่าด้วยกัน ซึ่งถูกกำหนดไว้ในตัวแปรอะเรย์อันหนึ่งตามโครงการนี้คือ

$$\text{table [ 8 ]} = \{ 0C, 1C, 34, 33, 13, 07, 0D \};$$

เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าข้อมูลทั้ง 8 ค่าครอบคลุมจำนวนบิต 6 บิต คือบิตที่ 0 ถึง 5 นั่นคือ จะเหลืออีก 2 บิต ที่สามารถนำไปใช้ควบคุมส่วนอื่นได้อีก ดังนั้น บิตที่ 6 ซึ่งถูกใช้เป็นตัวเลือก ว่าข้อมูลที่ส่งไปนั้นเป็นของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์แกน x หรือแกน y ส่วนบิตสุดท้ายคือบิตที่ 7 ใช้เลือกการยกหรือวางใบมีดแล้วจึงนำข้อมูล 8 บิตส่งออกจากพอร์ตขนาน ( parallel port )

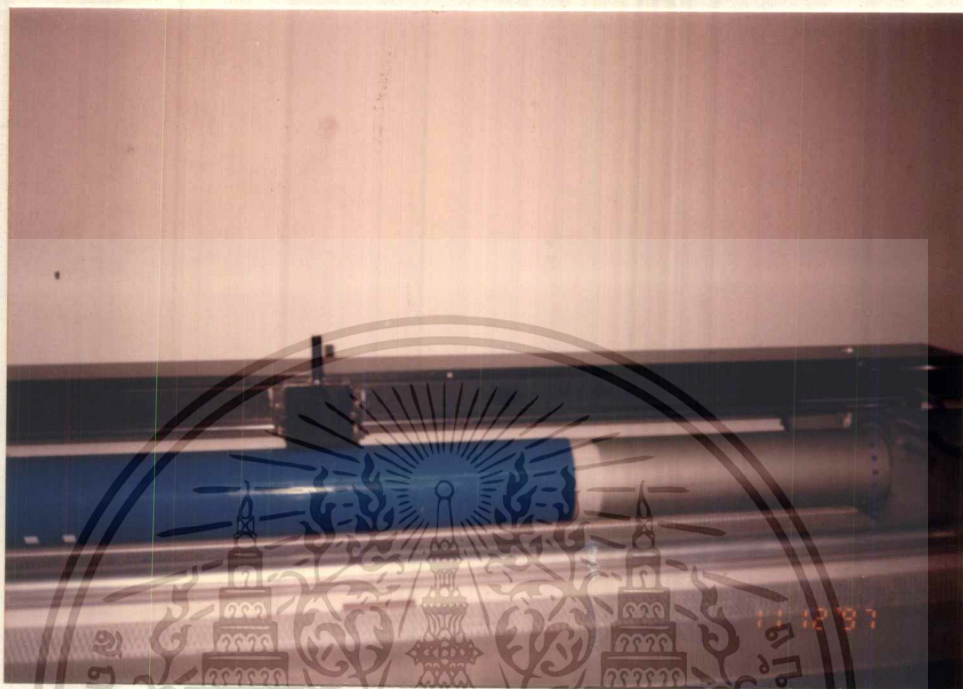
## 2) ส่วนของฮาร์ดแวร์และชุดกลไกขับเคลื่อนใบมีด

เนื่องจากโครงการนี้ได้ใช้พอร์ตขนานในการส่งข้อมูลซึ่งเป็นแบบ Open Loop และได้อาศัยโครงสร้างของ x-y พล็อตเตอร์ อันหนึ่งเป็นชุดกลไกขับเคลื่อนใบมีด ซึ่งในพล็อตเตอร์ตัวนี้ประกอบด้วยชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ x และ y อย่างละชุด ซึ่งใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ทางแกน x และแกน y ซึ่งถูกติดตั้งไว้อย่างเหมาะสมแล้ว ดังนั้นเกี่ยวกับส่วนของฮาร์ดแวร์ที่ทางกลุ่มได้ทำเพิ่มเติมคือ ทำชุดแลทชข้อมูล ( Data Latching ) ขึ้นมา 1 ชุด เพื่อให้ข้อมูลของแกน x แกน y ถูกส่งออกไปอย่างพร้อมกัน เพราะว่าข้อมูลส่งออกมาได้คราวละ 8 บิตเท่านั้นที่พอร์ตขนาน นอกจากนี้ก็ได้ทำการซ่อมแซมชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ ซึ่งมีอุปกรณ์หลายตัวที่ใช้งานไม่ได้ จนสามารถใช้งานได้อย่างปกติ ( ดูรูปที่ 6.1 และรูปที่ 6.2 ประกอบ )



รูปที่ 6.1 แสดงชุดวงจรขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 แสดงชุด ไบมีดตัด

ส่วนของมีดตัดนั้นทางกลุ่มได้ใช้ไบมีดที่ออกแบบมาพิเศษซึ่งไบมีดนี้จะหมุนคมตัดหาทิศทางการเคลื่อนที่เองอย่างอัตโนมัติโดยอาศัยแบร์ริง (bearing) ที่อยู่ข้างในชุดไบมีดตัดนั่นเอง ทำให้คมมีดสามารถหมุนได้อย่างอิสระรอบจุดศูนย์กลางของไบมีด ดังนั้นจึงตัดปัญหาเรื่องการควบคุมหน้ามีดไป อย่างไรก็ตามในโครงการนี้ทางกลุ่มก็ได้ทำโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมหน้ามีดเอาไว้ด้วย เพื่อใช้ในกรณีไบมีด ไม่ได้ออกแบบมาพิเศษตามที่กล่าวมา รูปที่ 6.2 จะแสดงถึงลักษณะของไบมีดที่ทางกลุ่มใช้ในโครงการนี้

ส่วนของการยกหรือวาง ไบมีดนั้นที่ชุดชิตปากกาของพลอตเตอร์จะมีโซลินอยส์ติดอยู่เพื่อใช้ในการดูดหรือปล่อยให้ปากกามีการยกหรือวางได้ ทางกลุ่มจึงได้ใช้แรงจากโซลินอยส์นี้ในการควบคุมการยกวางไบมีดซึ่งปรากฏว่ามีความเพียงพอที่จะทำให้คมมีดตัดสติ๊กเกอร์ได้ขาดอย่างพอดี

ทั้งนี้คมมีดต้องอยู่ในสภาพปกติ คือต้องไม่ถูกใช้มานานจนหมดความคมไป

## สรุปขั้นตอนของโปรแกรมโดยสังเขป

แบ่งเป็น 2 ส่วน

ส่วนของการแปลงไฟล์ แบ่งเป็นลำดับขั้นดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1) ผู้ใช้เขียนภาพจากโปรแกรม AutoCAD ฯลฯ แล้วแปลงเป็น DXF File
- ขั้นตอนที่ 2) นำ DXF File ผ่านโปรแกรมแปลงไฟล์(โดยผู้ใช้ป้อนชื่อของ DXF File และชื่อของไฟล์ที่จะใช้เก็บข้อมูลที่ได้จากการแปลง) เพื่อให้ได้ไฟล์ของข้อมูลที่จะเป็นทางเดินของใบมีด
- ส่วนของการนำข้อมูลทางเดินของใบมีดมาใช้ในการตัด แบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1) โปรแกรมอ่านข้อมูลทางเดินของใบมีดขึ้นมาทีละจุด (ประกอบด้วยค่า x และ y)
- ขั้นตอนที่ 2) นำค่าที่ได้จากขั้นตอนที่ 1) มาคำนวณค่าต่างๆ ได้แก่
- พิกเซลบนจอภาพทั้ง x และ y
  - จำนวนสเต็ปทางแกน x และ y (พร้อมด้วยทิศทาง)
  - ค่าที่จะมาบวกเพื่อทำให้เกิด Overflow ทางแกน x และแกน y (ขึ้นอยู่กับความเร็วการตัด)
  - สัญลักษณ์แสดงการยก-วาง ใบมีดพร้อมทั้งนำค่าเหล่านี้เก็บลงในไฟล์ชั่วคราว

- ขั้นตอนที่ 3) ทำขั้นตอนที่ 1) และ 2) จนครบทุกข้อมูลทางเดินของใบมีด
- ขั้นตอนที่ 4) อ่านข้อมูลที่เก็บไว้ในไฟล์ชั่วคราวขึ้นมาทีละชุดพร้อมทั้งแปลงเป็นความถี่ที่จะใช้ในการ Access data จาก table ส่งออกไปให้วงจรขับสเต็ปมอเตอร์
- ขั้นตอนที่ 5) ทำตามขั้นตอนที่ 4) จนครบข้อมูลทุกค่าในไฟล์ชั่วคราวก็เป็นอันเสร็จสิ้นการตัด
- นอกจากที่ได้กล่าวมานั้นทางกลุ่มยังได้ออกแบบโปรแกรมให้มีระบบ MANUAL ด้วยเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลื่อนใบมีดตัดไปยังตำแหน่งใดๆบนแผ่นสติกเกอร์ได้เพื่อให้ตำแหน่งเป็นจุดเริ่มต้นของการตัด ทั้งนี้เพื่อให้มีการใช้แผ่นสติกเกอร์ได้อย่างคุ้มค่า ในกรณีที่แผ่นสติกเกอร์มีพื้นที่ว่างที่ไม่ต่อเนื่องกัน

ส่วนการให้ความสะดวกสบายของผู้ใช้นั้น โปรแกรมได้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถพิมพ์คำสั่งที่ต้องการจะตัดเข้าไปได้ทั้งพิมพ์เล็ก พิมพ์ใหญ่ และตัวเลข

กรณีต้องการตัดตัวอักษรหรือข้อความภาษาไทยนั้น ผู้ใช้จะต้องทำการเขียนตัวอักษรหรือข้อความภาษาไทยที่ต้องการเหล่านั้นรวมไว้ใน DXF File ก่อนจึงจะสามารถทำการตัดได้

กรณีของการตัดรูปภาพก็เช่นเดียวกันโดยผู้ใช้งานภาพเหล่านั้นรวมไว้เป็นไฟล์เดียวกันใน DXF File ก็สามารรถตัดรูปภาพนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีต้องการย่อหรือขยายก็สามารถทำได้โดยการป้อนจากผู้ใช้โปรแกรมว่าต้องการตัดขนาดเป็นกี่เท่าของขนาดปกติที่แสดงอยู่บนจอภาพซึ่งโปรแกรมออกแบบไว้ที่ 10 % - 500% (0.1 - 5 เท่า)

กรณีต้องการกำหนดความเร็วของการตัดก็สามารถป้อนได้ที่โปรแกรมซึ่งความเร็วได้ออกแบบไว้ที่ 10 mm./sec. ถึง 100 mm./sec. ซึ่งถือว่าอยู่ในย่านที่ไม่ช้าหรือเร็วเกินไป แต่กรณีต้องการคุณภาพการตัดที่ดีต้องใช้ความเร็วต่ำๆ ซึ่งความเร็วที่เหมาะสมที่ขอแนะนำควรอยู่ในช่วง 30 - 50 mm./ sec.



## บทที่ 7

## ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1

ทำการเลือกการตัดในระบบ AUTOMATIC MODE เลือก ENTER WORDS พร้อมกับกำหนดคำว่า “STICKER” เลือก FONT ที่ 1 และกำหนด speeds ที่ 30 mm./sec.

กำหนด size 10 %

**STICKER STICKER**

กำหนด size 50 %

**STICKER**

กำหนด size 100 %

**STICKER**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2

ทำการเลือกการตัดในระบบ AUTOMATIC MODE เลือก ENTER WORDS  
พร้อมกับกำหนดคำว่า “STICKER” เลือก FONT ที่ 1 และกำหนด speeds ที่ 100 mm./sec.

กำหนด size 10 %

**STICKER STICKER**

กำหนด size 50%

**STICKER**

กำหนด size 100 %

**STICKER**

**CKER**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3

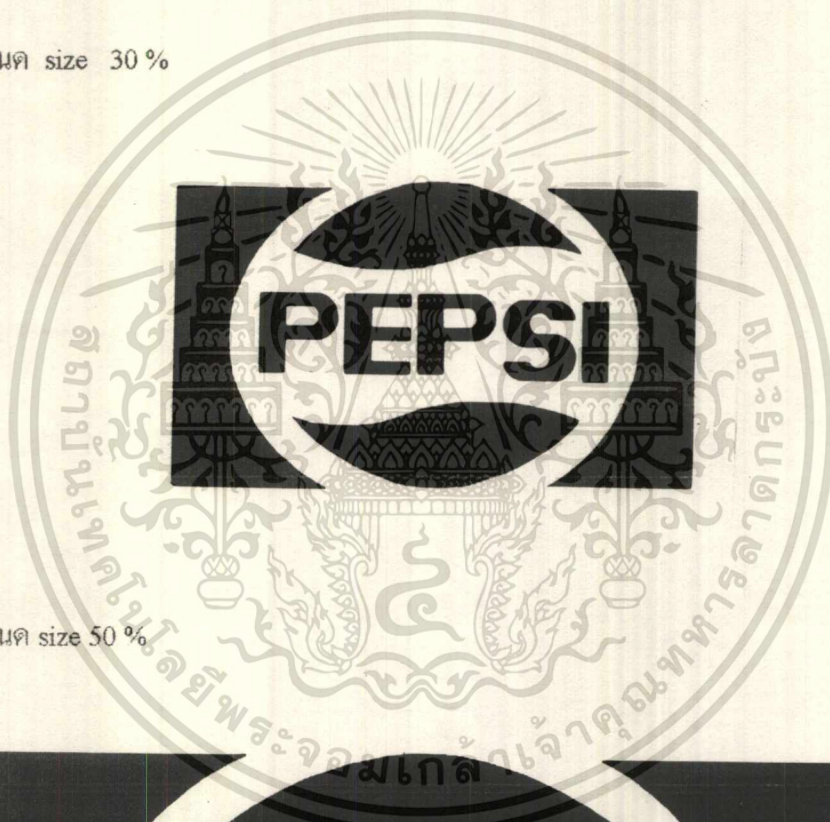
ทำการเลือกการตัดในระบบ AUTOMATIC MODE เลือก HOT CUT ใส่ชื่อ

ไฟล์ pepsi.pic กำหนด speed 30 mm./sec.

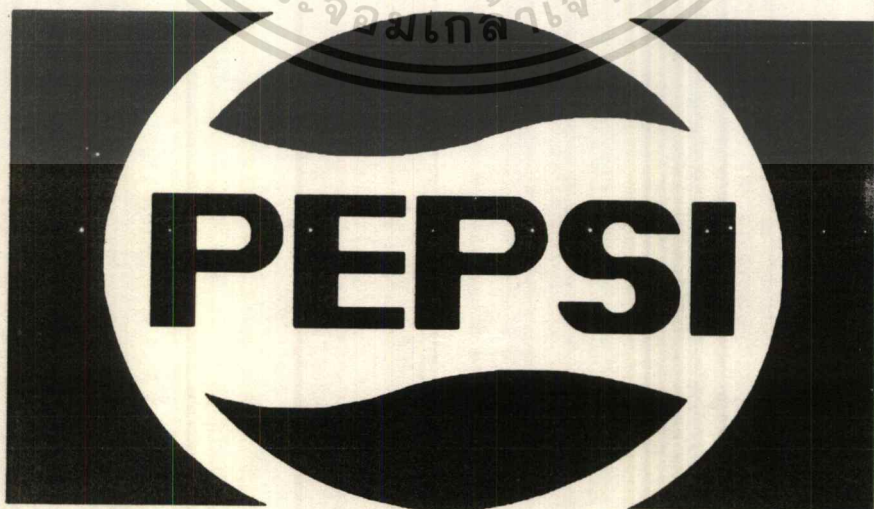
กำหนด size 10 %



กำหนด size 30 %



กำหนด size 50 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4

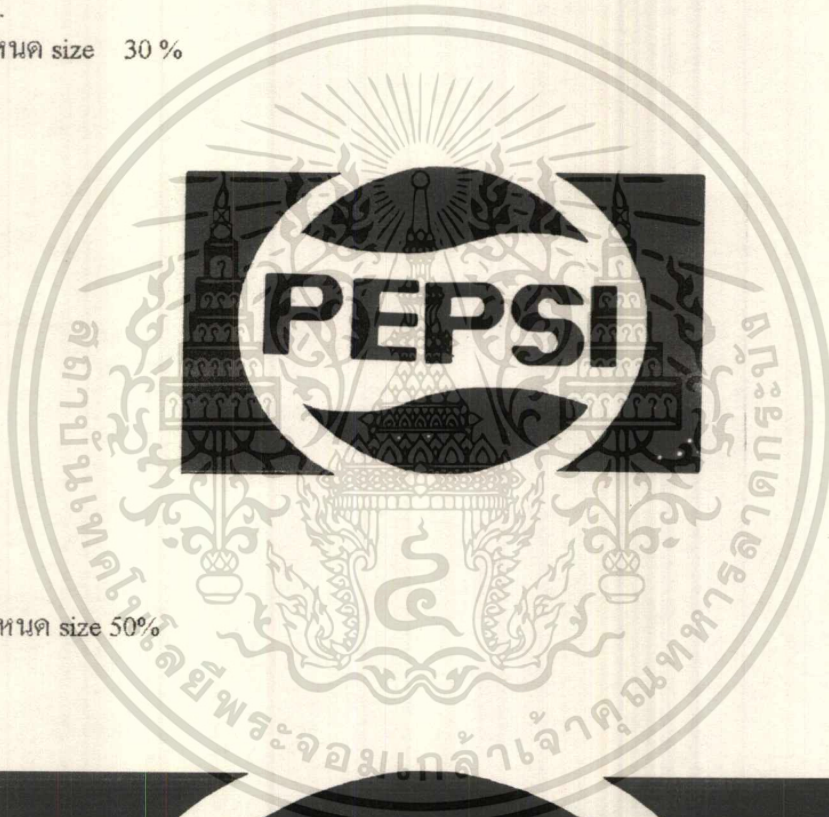
ทำการเลือกการตัดในระบบ AUTOMATIC MODE เลือก HOT CUT ใส่ชื่อ

ไฟล์ pepsi.pic กำหนด speed 100 mm./sec.

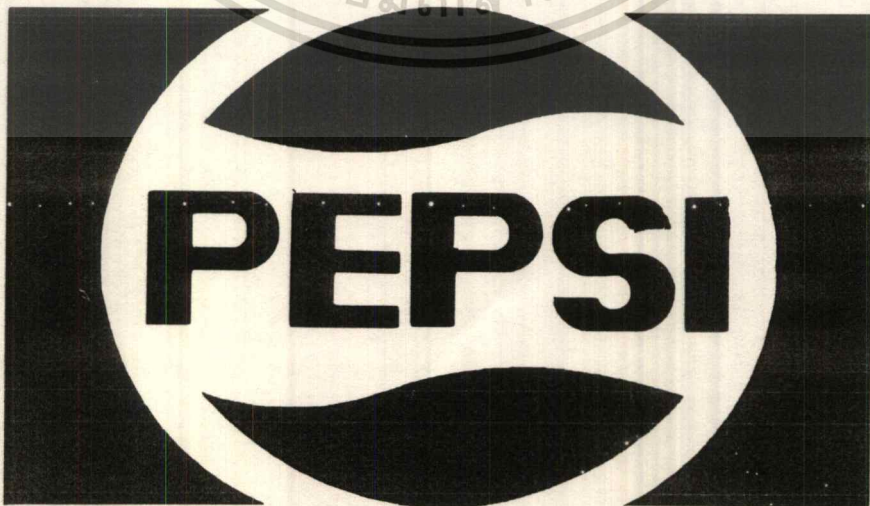
กำหนด size 10 %



กำหนด size 30 %



กำหนด size 50%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 8

### วิเคราะห์และบทสรุป

จากการทดลองผลที่ได้แบ่งเป็น 2 กรณีใหญ่ๆด้วยกันคือ

กรณีที่ 1 การทดลองตัดที่ความเร็วของการตัดค่าต่างๆ โดยให้ขนาดของตัวอักษรหรือรูปภาพคงที่

กรณีที่ 2 การทดลองตัดที่ขนาดของตัวอักษรหลายๆขนาด แต่ให้ความเร็วของการตัดคงที่

ซึ่งปรากฏผลการทดลองดังนี้

กรณีที่ 1 ขนาดคงที่แปรค่าความเร็ว

ซึ่งใช้ความเร็ว 2 ช่วงคือ ปานกลาง และสูงสุด โดยกำหนดขนาดคงที่

1) ความเร็วปานกลางที่ 30 mm./sec.

2) ความเร็วสูงสุดที่ 100 mm./sec.

ปรากฏว่าการตัดที่ความเร็วทั้งสองค่าเมื่อเราปรับระยะคมมีดอย่างเหมาะสมให้ผลออกมาเป็นที่น่าพอใจและไม่ค่อยแตกต่างกันมากนักกล่าวคือ ความเร็วปานกลางจะตัดแผ่นสติกเกอร์ได้ขาดดีมากทั้งช่วงเส้นตรง เส้นโค้ง และขณะหักมุม ส่วนที่มีความเร็วสูงสุดก็ตัดสติกเกอร์ได้ขาดดีพอสมควร แม้ว่าจะตัดแล้วช่วงหักมุมไม่ขาดดี แต่ก็ยังเป็นผลพลอยได้ที่ดีอีกอย่างหนึ่งคือ ไม่ทำให้แผ่นสติกเกอร์หลุดออกทันที เพราะถ้าแผ่นสติกเกอร์หลุดออกมาทันทีกรณีที่ตั้งดิ่งขนาดเล็กที่ขึ้นออกจะทำให้ส่วนที่หลุดออกมานั้นเกิดการพับหักได้

กรณีที่ 2 ความเร็วคงที่ เปลี่ยนแปลงขนาด

ซึ่งการทดลองใช้ 3 ขนาด คือ ขนาดย่อยลงต่ำสุด ขนาดย่อยลงครึ่งหนึ่ง ขนาดปกติ ส่วนขนาดที่ใหญ่กว่าขนาดปกติเราไม่ได้ทดสอบเพราะว่าไม่ใช่สิ่งที่ควรสนใจและสิ่งที่น่าสนใจก็คือความละเอียดที่สามารถทำได้ ส่วนขนาดขยายนั่น โครงการนี้สามารถทำได้ไม่จำกัดอยู่แล้ว สำหรับความเร็วคงที่ ซึ่งใช้ในการทดสอบคือ 30 mm./sec.

1) ขนาด 10 % ของขนาดปกติ

2) ขนาด 50 % ของขนาดปกติ

3) ขนาด 100 % ของขนาดปกติ

จากผลการทดลองที่ได้เห็นว่าที่ ขนาด 50 % กับ 100% ของขนาดปกติจะได้ผลการตัดที่ดีมาก ส่วนที่ขนาด 10 % ของขนาดปกตินั้นจะเห็นว่า ในส่วนของความละเอียดของโครงการทำได้ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเมื่อมีการตัดขนาดที่เล็กมากนี่คือจะทำให้สติกเกอร์ส่วนที่ถูกตัดขาดออก

มาแล้วหลุดออกมาจากแผ่นหลักและเกิดการหักงอหรือบางครั้งก็ติดไปกับชุดใบมีด ประเด็นนี้เป็นเช่นนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะว่าช่องห่างระหว่างชุด ไบมีดกับแผ่นสติ๊กเกอร์ขณะทำการตัดมีน้อยมาก ดังนั้นเมื่อตัดขนาดที่เล็ก ๆ แรงดึงที่เกิดจากความเหนียวของสติ๊กเกอร์จะมีน้อยเมื่อถูกขูดลากเพียงชนิดเดียวก็หลุดออกได้อย่างง่าย

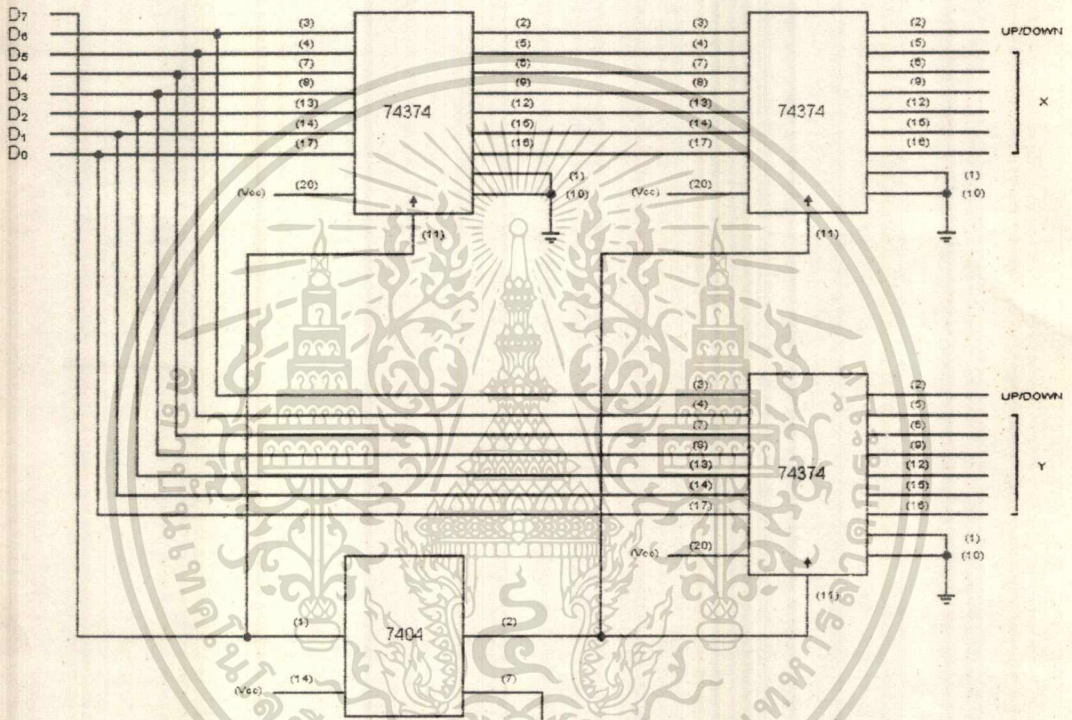
### สรุป

จากผลการทดลองเราทราบแล้วว่าปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งเห็นได้ชัดที่สุดก็คือกรณีที่ตัดขนาดที่เล็กมาก ๆ หรือการตัดส่วนที่เป็นดิ่งขึ้นออกมานั้นจะทำให้เกิดการหักงอหรือหลุดออกมาของแผ่นสติ๊กเกอร์ ซึ่งสาเหตุเราก็คงทราบแล้วว่าเกิดจากช่องห่างที่น้อยเกินไประหว่างแผ่นสติ๊กเกอร์กับชุดไบมีดขณะทำการตัดซึ่งหากเราแก้ไขในส่วนนี้แล้วเชื่อแน่ว่าปัญหานี้ต้องหมดไปแต่ทั้งนี้การแก้ไขต้องไม่ทำให้ประสิทธิภาพด้านอื่นที่อยู่แล้วตกลงไป สำหรับโครงการนี้เป็นการนำเอาทรัพยากรเก่ามาประยุกต์และได้รักษาสภาพเดิมไว้ให้คงที่มากที่สุด โดยให้เกิดประโยชน์มากที่สุดจึงมิได้ดัดแปลงส่วนนี้มากนักอย่างไรก็ตามผลที่ได้ที่ได้ก็ได้ออกมานั้นเป็นที่น่าพอใจอย่างมาก

### แนวทางการพัฒนา

- 1) พัฒนาซอฟต์แวร์ให้สามารถนำเข้าไฟล์ต้นแบบได้หลายชนิดขึ้น(ปัจจุบันมีไฟล์ต้นแบบเป็น DXF File เท่านั้น)
- 2) กรณีเป็นตัวอักษรภาษาไทยให้สามารถขีดข้อความและเลือกฟอนต์ได้เช่นเดียวกับภาษาอังกฤษ
- 3) เพิ่มฟอนต์ตัวอักษรให้สามารถเลือกได้หลายๆแบบกว่าเดิม(โครงการนี้มีทั้งหมด 9 ฟอนต์)
- 4) พัฒนาชุดกลไกขับเคลื่อนไบมีดและการฟิกแผ่นสติ๊กเกอร์โดยเน้นถึงความสะดวกใช้งาน

### ภาคผนวก



รูปที่ 1 วงจร Latch ต่อเข้ากับชุดวงจรจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

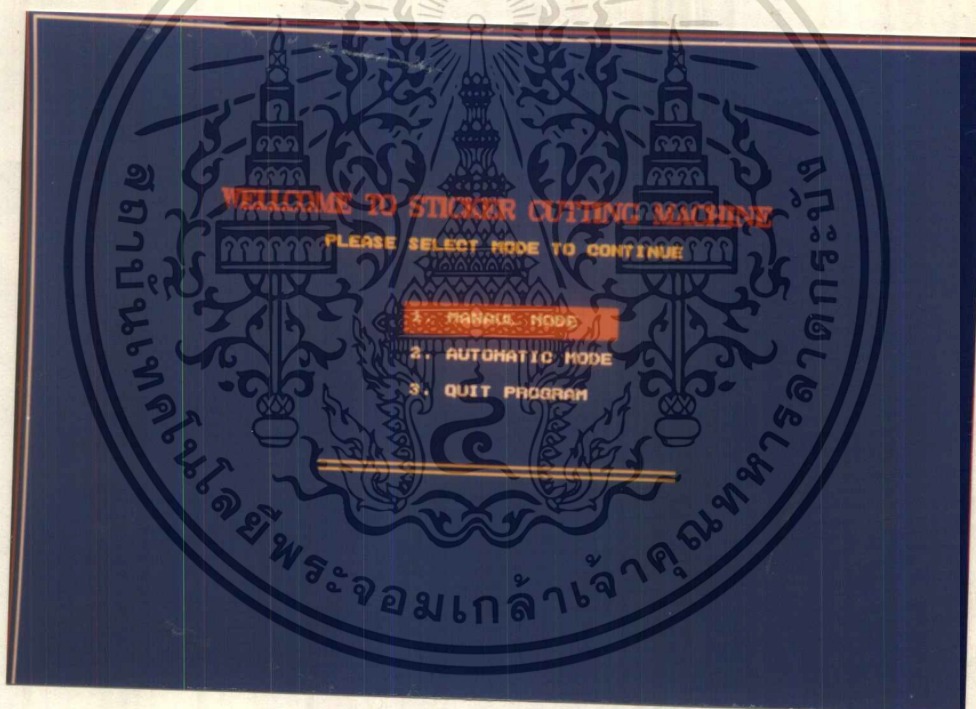
## วิธีการใช้โปรแกรม

โปรแกรมที่ใช้ในการตัดของเครื่องตัดสติ๊กเกอร์นี้ สามารถใช้ในการตัดในระบบ MANUAL และ AUTOMATIC ดังนี้

- |           |   |   |
|-----------|---|---|
| MANUAL    | - | Fine (ละเอียด)                                  |
|           | - | Non fine (หยาบ)                                 |
| AUTOMATIC | - | ไฟล์ที่เก็บไว้ในรูปแบบมาตรฐานหรือรูปแบบที่สำคัญ |
|           | - | ไฟล์ที่เขียนเก็บไว้                             |

เมื่อต้องการตัดสติ๊กเกอร์ก็สามารถทำการเลือก main menu ดังรูปที่ 2 ซึ่งมีด้วยกัน

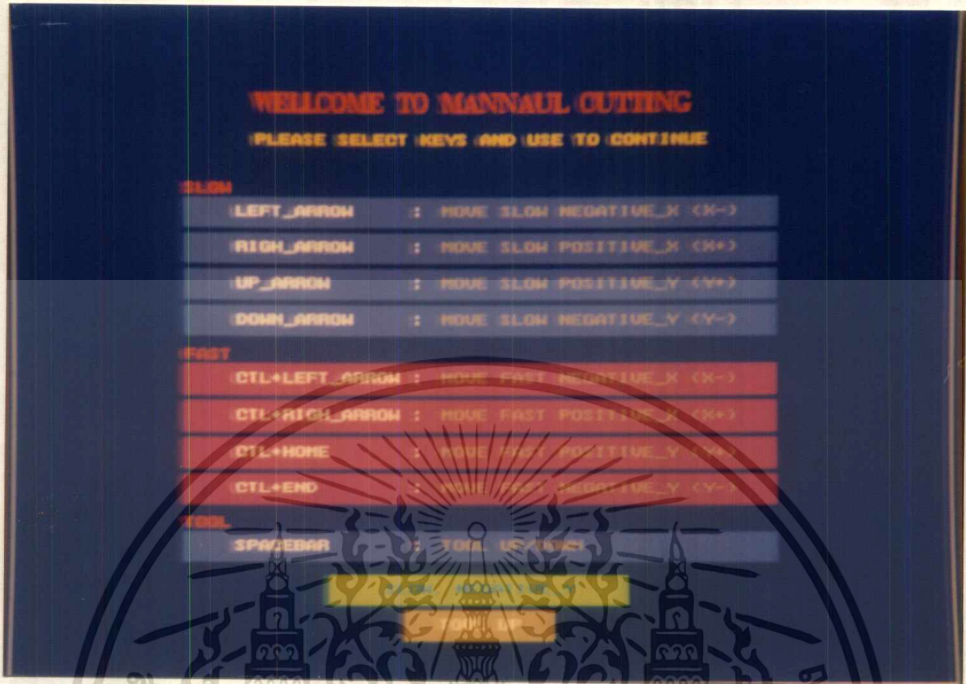
3 menu คือ



รูปที่ 2 แสดง main menu

1) MANUAL MODE เมื่อต้องการที่จะตัดสติ๊กเกอร์ด้วยระบบ manual ดังแสดงในรูปที่ 3 ให้ผู้ใช้ทำการเลือก MANUAL MODE จาก main menu โดยใช้ → และ ↓ แล้วกด ↵ ก็สามารถเข้าสู่ MANUAL MODE ได้ หลังจากเข้าสู่ MANUAL MODE แล้วผู้ใช้สามารถทำการตัดโดยการกดคีย์ที่กำหนดไว้ให้ใบมีดเคลื่อนไปตามคีย์นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดง MANUAL MODE

ผู้ใช้สามารถทำการเลือก จะทำการตัดแบบละเอียดหรือแบบหยาบได้โดยการกด

FINE : ← = เคลื่อนที่ใบมีด ไปทางด้านซ้ายของแกน X  
 → = เคลื่อนที่ใบมีด ไปทางด้านขวาของแกน X  
 ↑ = เคลื่อนที่ใบมีด ไปทางด้านบนของแกน Y  
 ↓ = เคลื่อนที่ใบมีด ไปทางด้านล่างของแกน Y

NON FINE : Ctrl + ← = เคลื่อนที่ใบมีด ไปทางด้านซ้ายของแกน X  
 Ctrl + → = เคลื่อนที่ใบมีด ไปทางด้านขวาของแกน X  
 Ctrl + HOME = เคลื่อนที่ใบมีด ไปทางด้านบนของแกน Y  
 Ctrl + END = เคลื่อนที่ใบมีด ไปทางด้านล่างของแกน Y  
 TOOL : space bar = ใช้ขกวางใบมีด

ถ้าต้องการออกจาก MANUAL MODE ก็ทำการกด Esc โปรแกรมก็จะออกไปสู่ MODE อื่นๆ ต่อไป

2) ถ้าผู้ใช้ ต้องการตัดสติ๊กเกอร์ด้วยระบบ AUTOMATIC MODE ดังแสดงในรูปที่ 4 ก็ทำเช่นเดียวกับ MANUAL MODE โดยเลือก AUTOMATIC MODE โดยใช้ ↑ และ ↓

แล้วกด ↵ ถ้าสามารถเข้าสู่ AUTO MODE ได้ เมื่อเข้าสู่ AUTOMATIC MODE แล้วเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงงานเพื่อการศึกษาก็ได้เช่นกัน และอยู่ภายใต้เงื่อนไขของเว็บไซต์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

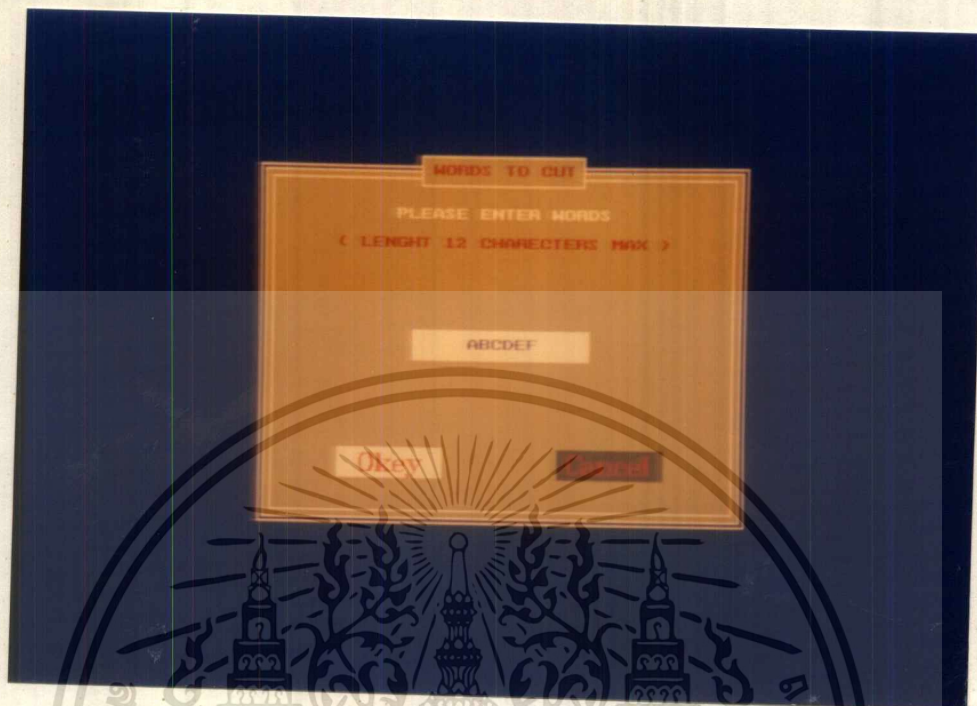
การตัดโดยมี menu 5 menu โดยทำการใช้ ↑ และ ↓ แล้วกด ↵ หรือกด หมายเลข 1,2,3,4 และ 5 ซึ่งประกอบด้วย menu ต่อไปนี้



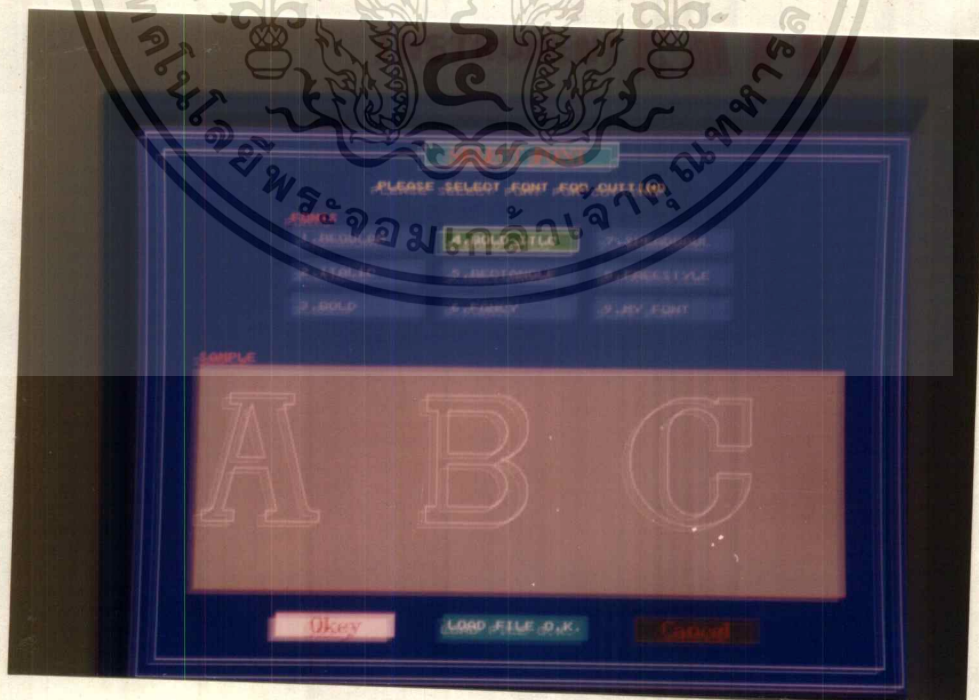
#### รูปที่ 4 แสดง AUTOMATIC MODE

2.1 ENTER WORDS แสดงในรูปที่ 5 ให้ผู้ใช้ เลือกตัวอักษรที่จะทำการตัดเลือก Okey หรือ Cancel โดยกด → และ ← แล้วกด ↵ หรือออกจาก menu โดยกด Esc

2.2 SELECT FONT ดังแสดงในรูปที่ 6 เป็น menu ที่ใช้ในการเลือกรูปแบบตัวอักษรจาก WORDS ของ menu ที่ 1 โดยทำการเลือกได้ 9 font ทำการเลือกกด →, ←, ↑ และ ↓ แล้วกด ↵ ที่รูปแบบ font ตามต้องการ เมื่อเลือกเสร็จแล้วก็กลับสู่ AUTOMATIC MODE หรือถ้าไม่มีการเลือก font ก็สามารรถกลับสู่ AUTOMATIC MODE ได้โดยกด Esc นอกจากนี้ยังมี Okey และ Cancel โดยกด space bar เพื่อเลือก Okey หรือ cancel แล้วกด ↵ ถ้าเลือก cancel ก็จะออกจาก menu นี้ไปสู่ AUTOMATIC MODE



รูปที่ 5 แสดง ENTER WORDS menu



รูปที่ 6 แสดง SELECT FONT menu

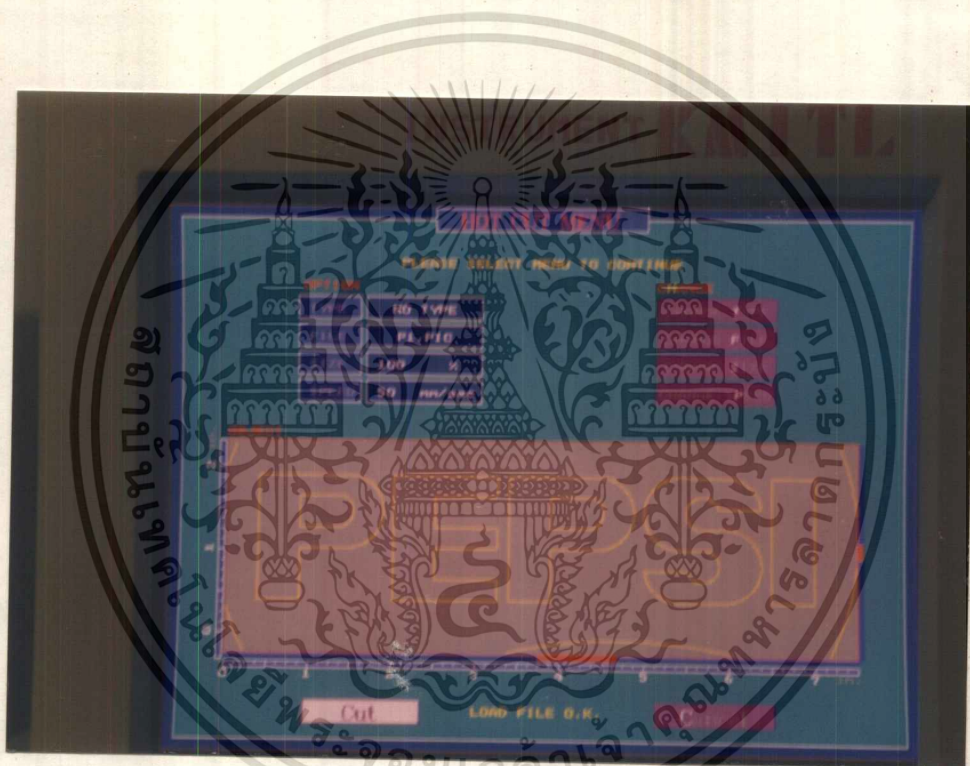
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 HOT CUT แสดงในรูปที่ 7 เป็นการเลือกการตัดศตติภอร์ตาม ไฟล์ที่กำหนดขึ้นมาโดยเลือกที่ HOT CUT โดยกด  $\rightarrow$ ,  $\leftarrow$ ,  $\uparrow$  และ  $\downarrow$  แล้วกด  $\downarrow$  ก็จะเข้าสู่ menu HOT CUT ก็จะมี menu ย่อยเพื่อเลือกไฟล์ที่จะทำการตัดโดยกด Alt +H แล้วเลือก menu ต่างๆ โดยใช้  $\rightarrow$  และ  $\leftarrow$  แล้วกด  $\downarrow$  หรือถ้าเลือก CHANGE TYPE กด Alt +

CHANGE FONT กด Alt + F

CHANGE SIZE กด Alt + S

CHANGE SPEED กด Alt + P



รูปที่ 7 แสดง HOT CUT menu

2.3.1 CHANGE TYPE ดังแสดงในรูปที่ 8 เป็นการเลือกไฟล์ที่เก็บไว้นี้ไว้ก่อนแล้ว ซึ่งชื่อของไฟล์ต่างๆมีดังนี้

THAI

T1.THA

T2.THA

T3.THA

T4.THA

T5.THA

T6.THA

T7.THA

T8.THA

T9.THA

ENGLIS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E1. ENG	E2. ENG	E3. ENG
E4. ENG	E5. ENG	E6. ENG
E7. ENG	E8. ENG	E9. ENG
JAPANESE		
J1.JAP	J2.JAP	J3.JAP
PICTURE		
P1.PIC	P2.PIC	P3.PIC

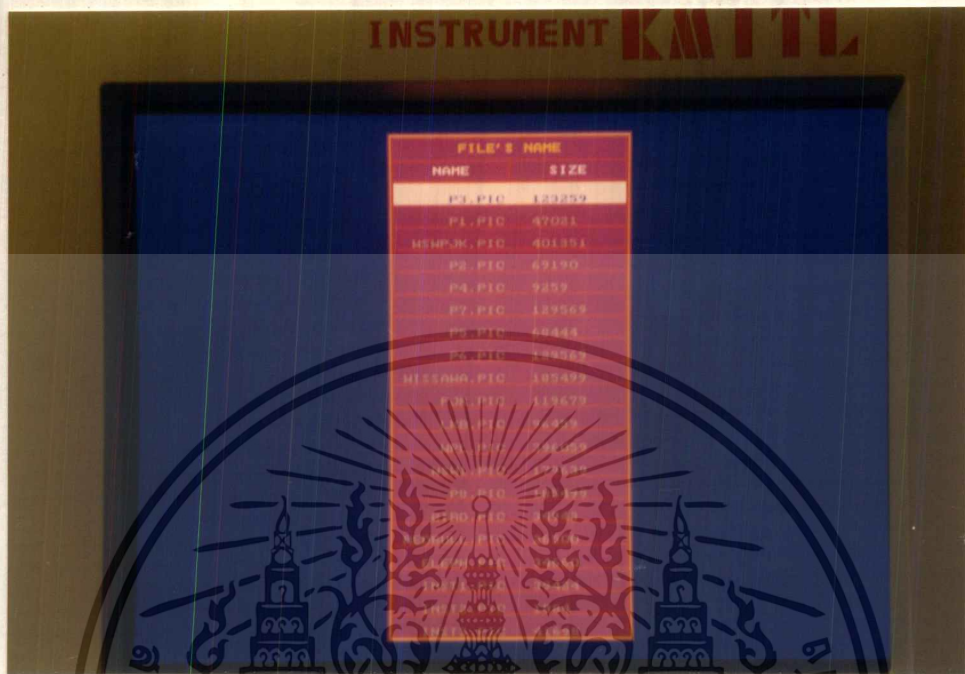
ทำการเลือก type ต่างๆ โดยใช้คีย์ → , ← , ↑ และ ↓ และเลือก Okey หรือ Cancel โดยใช้คีย์ space bar แล้วกด ↵ ถ้าต้องการออกจาก CHANGE TYPE โดยกด Esc



รูปที่ 8 แสดง CHANGE TYPE menu

2.3.2 CHANGE FILE แสดงในรูปที่ 9 เป็นการเลือกตัดไฟล์ต่างๆ ที่เขียนขึ้นไว้ ซึ่งผู้ใช้ต้องกำหนดชื่อของไฟล์ที่จะทำการตัด ซึ่งมี menu Okey และ Cancel ในการเลือกโดยใช้คีย์ → และ ← แล้วกด ↵ ก็จะได้ไฟล์นั้นออกมา หรือ ต้องการดูภาพภายในไฟล์โดยกด F12 ออกจาก CHANGE FILE กด Esc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดง CHANGE FILE menu

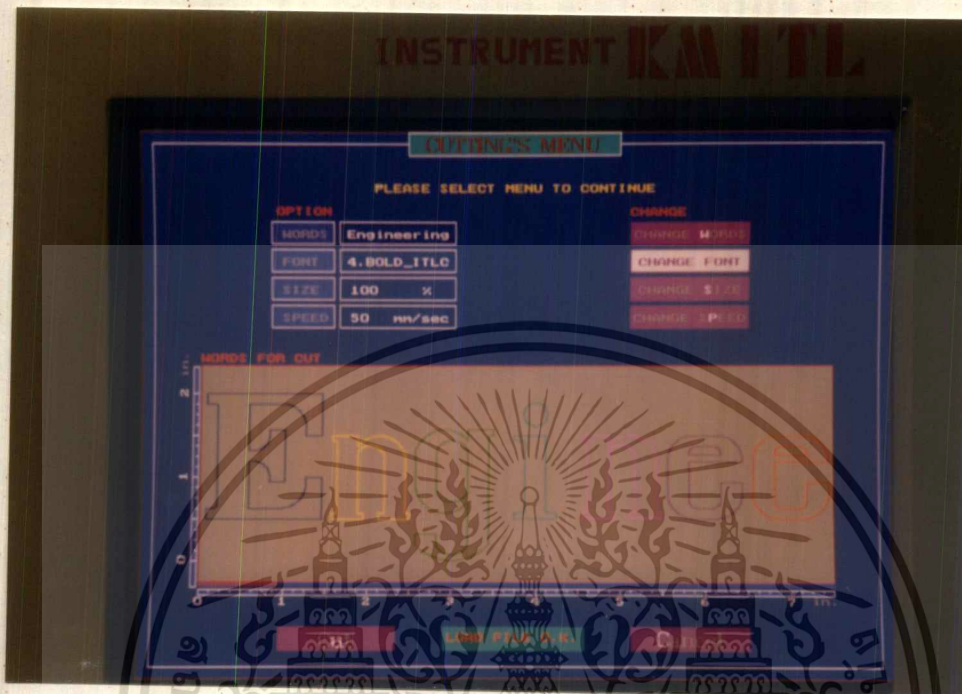
2.3.3 CHANGE SIZE เป็นการขยายหรือย่อไฟล์ที่จะทำการตัด โดยการกำหนดขนาด ตั้งแต่ 10 - 500 % ซึ่งจะมี menu Okey และ Cancel ให้เลือกโดยใช้ → และ ← แล้ว กด ↵ หรือจาก CHANGE SIZE กด Esc

2.3.4 CHANGE SPEED เป็นการกำหนดความเร็วในการตัด โดยการกำหนดความเร็ว ตั้งแต่ 10 - 100 mm./sec. ลงไป ซึ่งมี menu Okey และ Cancel ให้เลือกโดยใช้ → และ ← แล้วกด ↵ หรือจาก CHANGE SPEED กด Esc

2.3.5 CUT เป็นการตัดตามไฟล์ที่เรากำหนดไว้ตามข้อ 3.1 - 3.4 ซึ่งจะกลับสู่ menu HOT CUT ตามข้อ 3 เครื่องก็จะทำการตัดตามตัวอักษรที่กำหนด

2.3.6 Cancel ออกจาก menu HOT CUT

2.4 CUTTING เป็นการตัดตาม WORDS ดังแสดงในรูปที่ 10 ตามข้อ 3.1 และ 3.2 ที่กำหนดไว้



รูปที่ 10 แสดง menu CUTTING

2.5 QUIT ออกจาก AUTOMATIC MODE

3) QUIT PROGRAM ออกจากโปรแกรม

## กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้กำเนิด และญาติ พี่ น้อง ที่ให้ความร่วมมือ และให้กำลังใจในการทำปริญญาบัตรนี้ตลอดมา

กราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ ประภาส อุกกสิมาพันธุ์ ที่ให้คำปรึกษา-แนวคิด ปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นรวมถึง เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ที่ใช้ในการทำปริญญาบัตรนี้

กราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ ทรงชัย วีระหวิมาศ ที่ให้คำปรึกษาและปัญหาข้อ บกพร่องเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม

นอกจากนี้กราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ภาคเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมที่ ให้คำปรึกษา คิรม รวมทั้งให้กำลังใจกับคณะผู้จัดทำตลอดมา

คณะผู้จัดทำ

ชันวาคม 2540



## บรรณานุกรม

ธันวา ศรีประมง , การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม โครงการ  
ตำราวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร พิมพ์ครั้งที่ 4 (เพิ่มเติม) พ.ศ.2539

ศุภพงศ์ เลิศสินธวานนท์ , เริ่มต้นใช้งาน Auto CAD Release 12 บริษัท ซี  
เอ็ดดูเคชั่น จำกัด พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2537

เสน่ห์ ธนารัตน์สถิตย์ , อักษรวิจิตรแบบโมเดิร์นฉบับช่างศิลป์(ฉบับเพิ่มเติม  
ใหม่) เฉลิมชัยการพิมพ์ พิมพ์ครั้งที่ 1

