การศึกษาองค์ประกอบของงานขึ้นรูปด้วยวัสดุประเภทไม้ หรือ พลาสติก เพื่อสร้างต้นแบบ ซอฟแวร์ปฏิบัติการ

STUDIES THE STRUCTURE OF FORMING PROCESS USING WOODEN PLASTIC MATERIALS TO DEVELOP THE BETA VERSION OF THE OPERATIONAL SOFTWARE

กฤษณ์ เสมอพิทักษ์
KRIT SMERPITAK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2517-6

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาองค์ประกอบของงานขึ้นรูปด้วยวัสดุประเภทไม้ หรือ พลาสติก เพื่อสร้างต้นแบบ ซอฟแวร์ปฏิบัติการ

STUDIES THE STRUCTURE OF FORMING PROCESS USING WOODEN PLASTIC MATERIALS TO DEVELOP THE BETA VERSION OF THE OPERATIONAL SOFTWARE

กฤษณ์ เสมอพิทักษ์

KRIT SMERPITAK

เลขหมู่.................................
เลขทะเบียน 61614
วัน,เดือน,ปี 19 ก.ค. 2549

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2517-6

STUDIES THE STRUCTURE OF FORMING PROCESS USING WOODEN PLASTIC MATERIALS TO DEVELOP THE BETA VERSION OF THE OPERATIONAL SOFTWARE

KRIT SMERPITAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2006

ISBN 974-15-2517-6

COPYRIGHT 2006
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาองค์ประกอบของงานขึ้นรูปด้วยวัสดุประเภท ไม้ หรือ พลาสติก เพื่อสร้างต้นแบบ ซอฟแวร์ปฏิบัติการ
นักศึกษา	นายกฤษณ์ เสมอพิทักษ์
รหัสนักศึกษา	44061413
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์

บทคัดย่อ

การศึกษาองค์ประกอบของงานขึ้นรูปด้วยวัสดุประเภท ไม้ หรือ พลาสติก เพื่อสร้างต้นแบบ ซอฟแวร์ปฏิบัติการ ซึ่งสามารถเชื่อมต่อประสานงานระบบ ซอฟแวร์ ฮาร์ดแวร์ และระบบวิเคราะห์ทางเดินของเครื่องมือได้อย่างเหมาะสม เป็นผลทำให้สามารถนำข้อมูลภาพหรือข้อมูลพล็อตจากซอฟแวร์ ใดๆ มาสร้างงานได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

Thesis Title	Studies the structure of forming process using wooden plastic materials to develop the beta version of the operational software
Student	Mr. Krit Smerpitak
Student ID.	44061413
Degree	Master of Engineering
Programme	Instrumentation Engineering
Year	2006
Thesis Advisor	Assoc.Prof Prapart Ukakimapurn

ABSTRACT

This Thesis studies the structure of forming process using wooden plastic materials to develop the beta version of the operational software. This software can well cooperate with other software, hardware, and tool path analysis. Images and text file obtained from this software can be used to generate work pieces exactly and quickly.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจาก รองศาสตราจารย์ ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ ผู้วิจัยตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ที่ให้คำปรึกษา คำชี้แนะ อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ที่ลืมเสียมิได้คือ ขอกราบขอบพระคุณคุณแม่ ที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจเสมอมาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กฤษณ์ เสมอพิทักษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย....................I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ....................II

กิตติกรรมประกาศ....................III

สารบัญ....................IV

สารบัญตาราง....................VII

สารบัญรูป....................VIII

บทที่ 1 บทนำ....................1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา....................1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา....................1

1.3 สมมติฐานของการศึกษา....................1

1.4 ขอบเขตการวิจัย....................1

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา....................2

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน....................3

2.1 เครื่องจักรแกนประสาน....................3

2.1.1 ส่วนประกอบของเครื่องจักรแกนประสาน....................4

2.1.2 การทำงานของเครื่องจักรแกนประสาน....................6

2.2 การออกแบบชิ้นงาน 2 มิติ และ 3 มิติ....................8

2.3 หลักการเบื้องต้นของการประมวลผลภาพดิจิตอล....................12

2.3.1 กราฟิกแบบบิตแมป....................13

2.3.1.1 พิกเซล (Pixel)....................13

2.3.1.2 ตำแหน่งของพิกเซล (Pixel Position)....................15

2.3.1.3 เกรย์สเกล (Gray Scale)....................16

2.3.1.4 ภาพ (Image)....................16

2.3.2 กราฟิกแบบแบบเวกเตอร์....................17

2.3.2.1 ออบเจ็กต์....................17

2.3.2.2 การจัดการไฟล์แบบเวกเตอร์....................18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การหาทางเดินของเครื่องมือ.. 20

3.1 กล่าวนำ.. 20

3.2 การหาทางเดินของเครื่องมือจากข้อมูลไฟล์พล็อต.. 20

3.2.1 การสร้างข้อมูลไฟล์พล็อต.. 21

3.2.2 โครงสร้างข้อมูลไฟล์พล็อต.. 22

3.3 การหาทางเดินของเครื่องมือจากข้อมูล G-Code.. 23

3.3.1 การสร้างข้อมูล G-Code.. 23

3.2.2 การเปลี่ยนข้อมูล G-Code เป็นทางเดิน X Y Z 25

3.4 การหาทางเดินของเครื่องมือจากข้อมูลไฟล์รูปภาพ.. 28

บทที่ 4 การออกแบบและสร้างซอฟแวร์ปฏิบัติการ.. 30

4.1 กล่าวนำ.. 30

4.2 โปรแกรมส่วนการรับข้อมูล HPGL.. 31

4.3 โปรแกรมส่วนการรับข้อมูล G-Code.. 36

4.4 โปรแกรมส่วนการรับข้อมูลรูปภาพ.. 41

บทที่ 5 ผลการทดลอง.. 45

5.1 กล่าวนำ.. 45

5.2 การสร้างชิ้นงานแบบ 2 มิติ.. 46

5.3 การสร้างชิ้นงานแบบ 3 มิติ.. 55

5.2 การสร้างชิ้นงานรูปภาพ.. 59

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ.. 61

6.1 สรุป.. 61

6.2 ข้อเสนอแนะ.. 61

บรรณานุกรม.. 62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก... 63

ภาคผนวก ก. การกำหนดค่าให้กับโปรแกรม Auto CAD R14.................................... 64

ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์................... 69

ประวัติผู้เขียน.. 75

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 จำนวนบิทของระดับเทา... 16

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เครื่องจักรแกนประสาน....... 3

2.2 แกนการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรแกนประสาน 1 แกน....... 4

2.3 แกนการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรแกนประสาน 2 แกน....... 4

2.4 เครื่องจักรแกนประสาน 3 แกน....... 5

2.5 ส่วนประกอบของแกนการเคลื่อนที่....... 5

2.6 แสดงการควบคุมการเคลื่อนที่แบบจุดต่อจุด....... 6

2.7 แสดงการควบคุมการเคลื่อนที่แบบโค้ง....... 6

2.8 แสดงการกำหนดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์....... 7

2.9 แสดงการกำหนดตำแหน่งแบบส่วนเพิ่ม....... 7

2.10 แสดงภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ....... 8

2.11 ข้อมูลแบบ Wireframe 9

2.12 ข้อมูลแบบ Surface 10

2.13 ข้อมูลแบบ Constructive solid geometry (CSG)....... 10

2.14 ข้อมูลแบบ Boundary representation (B-Rep)....... 11

2.15 การประมวลผลภาพดิจิตอล....... 12

2.16 แสดงการทำดิจิไตเซชั่น (Digitization) ข้อมูลภาพ....... 14

2.17 แสดงความสัมพันธ์ของภาพทั่วไปกับจุดภาพเมตริกซ์....... 14

2.18 แสดงการแปลงภาพให้เป็นพิกเซลเมตริกซ์....... 15

2.19 รูปภาพภูเขาน้ำแข็ง....... 16

3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ....... 20

3.2 แบบ 2 มิติ จากโปรแกรม Auto CAD 21

3.3 ข้อมูลไฟล์พล็อตบางส่วนตามรูปที่ 3.2....... 21

3.4 ตัวอย่างรูปทรง 3 มิติ และทางเดินของเครื่องมือ....... 24

3.5 ข้อมูล G-code ที่ได้จากรูปที่ 3.4....... 25

3.6 ตัวอย่าง G00 G01....... 26

3.7 การหาทางเดิน X Y Z จากข้อมูล G02 และ G03....... 27

3.8 แสดงแนวในการสแกนรูปภาพ....... 28

3.9 แสดงค่า Gray level ที่ตำแหน่งคู่ลำดับ....... 28

3.10 แสดงทางเดินการกัดของเครื่องจักรแกนประสาน....... 29

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.1 ภาพรวมของโปรแกรม.. 30

4.2 แผนภาพโปรแกรมส่วนการรับข้อมูล HPGL 31

4.3 หน้าต่างกำหนดค่าในการทำงานแบบ 6 ระดับ.. 33

4.4 แบบงานแกะสลัก.. 32

4.5 ข้อมูลไฟล์พล็อตบางส่วนของรูปที่ 4.4.. 34

4.6 ข้อมูลก่อนการวิเคราะห์และหลังการวิเคราะห์ระยะห่าง.................................. 34

4.7 การกำหนดระยะห่างในการวิเคราะห์ในหน้าต่างโปรแกรม............................... 35

4.8 ทางเดินที่ผ่านการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม... 35

4.9 แผนภาพโปรแกรมส่วนการรับข้อมูล G-Code.. 36

4.10 การเปลี่ยนข้อมูล G02 เป็นทางเดิน X Y Z.. 38

4.11 ตัวอย่างชิ้นงานและทางเดินของหัวกัดจากโปรแกรม Master CAM V9................ 39

4.12 ข้อมูลทางเดิน G-Code ของรูปที่ 4.11.. 40

4.13 แผนภาพโปรแกรมส่วนการรับข้อมูลรูปภาพ.. 41

4.14 รูปภาพภูเขาน้ำแข็ง... 43

4.15 แนวการแสกนรูป.. 32

4.16 แสดงค่า Gray level ที่ตำแหน่งคู่ลำดับ (i,j).. 43

4.17 แสดงทางเดินการกัดชิ้นงานของเครื่องจักรแกนประสาน.................................44

4.18 แสดงการจัดเก็บตัวแปรอะเรย์และค่าระดับ Gray level 44

5.1 แสดงเครื่องจักรแกนประสานที่ใช้สร้างชิ้นงาน... 45

5.2 หัวกัดชิ้นงานประเภทต่างๆ.. 45

5.3 การชดเชยด้านนอกของขนาดหัวกัด.. 46

5.4 การชดเชยด้านในของขนาดหัวกัด.. 46

5.5 แสดงแบบสี่เหลี่ยมที่วาดจากโปรแกรม Auto CAD 47

5.6 แสดงหน้าต่างการทำงานจากข้อมูลของรูปที่ 5.5.. 47

5.7 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.6 48

5.8 แบบวงกลมที่วาดจากโปรแกรม Auto CAD 48

5.9 แสดงหน้าต่างการทำงานจากข้อมูลของรูปที่ 5.8.. 49

5.10 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.9 49

5.11 แบบที่วาดจากโปรแกรม Auto CAD 2 สี 2 ลำดับ... 50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.12 แสดงหน้าต่างการทำงานจากข้อมูลของรูปที่ 5.11.. 50

5.13 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.12.. 40

5.14 แบบที่วาดจากโปรแกรม Auto CAD 6 สี 6 ลำดับ.. 51

5.15 แสดงหน้าต่างการทำงานจากข้อมูลของรูปที่ 5.14.. 52

5.16 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.15.. 52

5.17 แบบงานแกะสลักที่วาดจากโปรแกรม Auto CAD.. 53

5.18 แบบงานแกะสลักที่วาดจากโปรแกรม Auto CAD และทำลายด้านในตัวอักษร................ 53

5.19 แสดงทางเดินที่ไม่ได้ผ่านการวิเคราะห์ระยะห่างจากข้อมูลไฟล์พล็อตของรูปที่ 5.18......... 54

5.20 หน้าต่างแสดงเวลาการทำงานของรูปที่ 5.19.. 54

5.21 แสดงทางเดินหลังการวิเคราะห์ระยะห่างจากข้อมูลไฟล์พล็อตของรูปที่ 5.18 54

5.22 หน้าต่างแสดงเวลาการทำงานของรูปที่ 5.21.. 54

5.23 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.21.. 55

5.24 ชิ้นงาน 3 มิติที่สร้างจากโปรแกรม Master CAM.. 56

5.25 ทางเดินการเคลื่อนที่จากข้อมูล G-Code ของรูปที่ 5.24... 56

5.26 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.25.. 57

5.27 ชิ้นงาน 3 มิติที่สร้างจากโปรแกรม Master CAM.. 57

5.28 ทางเดินการเคลื่อนที่จากข้อมูล G-Code ของรูปที่ 5.27... 58

5.29 ทางเดินแสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.28.. 58

5.30 รูปภาพที่ใช้ในการทดลอง.. 59

5.31 ทางเดินการเคลื่อนที่ของรูปภาพ... 59

5.32 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.31.. 60

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การนำข้อมูลที่มีความแตกต่างที่ได้จากโปรแกรมวาดแบบ โปรแกรมสร้างภาพ ไม่สามารถนำมาใช้ร่วมกันได้โดยตรง เนื่องจากลักษณะการจัดเก็บหรือรหัสของข้อมูลต่างกันซอฟแวร์จัดการจึงแยกกันทำให้กระบวนการทำงานไม่ต่อเนื่อง การสร้างโปรแกรมที่สามารถรับข้อมูลที่ต่างรูปแบบ ต่างซอฟแวร์ ให้สามารถใช้งานร่วมกันได้จึงทำให้กระบวนการทำงานต่อเนื่องกัน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

การปรับปรุงการผลิตด้านคุณภาพ ปริมาณ และเวลาการทำงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับงานด้านอุตสาหกรรมการผลิต การสร้างซอฟแวร์ปฏิบัติการเพื่อควบคุมเครื่องจักรและจัดการให้กับเครื่องจักรเป็นผลให้กระบวนการผลิตมีความยืดหยุ่นและมีความคล้องตัว อีกทั้งสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานเครื่องจักรให้สอดคล้องกับการผลิตจะทำให้ได้งานที่มีคุณภาพและเพิ่มปริมาณ โดยกระบวนการผลิตนั้นสิ้นเปลืองพลังงานและเวลาในการผลิตน้อย

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

รวบรวมกระบวนการและเทคนิคให้อยู่ในซอฟแวร์ปฏิบัติการเพียงซอฟแวร์เดียวทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะวิเคราะห์และจำลองกระบวนการได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม กระบวนการในการขึ้นรูปวัสดุวัสดุประเภท ไม้ หรือ พลาสติก แต่ละกระบวนจะมีรูปแบบที่ต่างกัน เมื่อแยกการทำงาน การผลิตโดยรวมจะช้า เมื่อนำแต่ละกระบวนการมารวมไว้ โดยใช้ซอฟแวร์ปฏิบัติการจัดการกับข้อมูลแต่ละประเภทให้สามารถใช้กับซอฟแวร์ปฏิบัติการเดียวเป็นซอฟแวร์จัดการ กระบวนการทำงานก็จะเร็วขึ้น

1.4 ขอบเขตการวิจัย

สร้างซอฟแวร์ปฏิบัติการที่สามารถรับข้อมูลที่มีความแตกต่างกันให้สามารถนำแต่ละกระบวนการมารวมไว้ในซอฟแวร์ปฏิบัติการเดียว เพื่อวิเคราะห์การทำงานรวมถึงสามารถสร้างชิ้นงานต่างๆ

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

การศึกษาเริ่มจาก ศึกษาการทำงานของการออกแบบงาน 2 มิติ โดยใช้โปรแกรมวาดแบบต่างๆ เพื่อนำข้อมูลที่ออกจากโปรแกรมวาดแบบมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลกับข้อมูลทางเดินที่เป็นจริงแล้วสร้างโปรแกรมส่วนรับข้อมูลงาน 2 มิติ

ศึกษาการทำงนของการออกแบบงาน 3 มิติ โดยใช้โปรแกรมประเภท CAM ต่างๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมประเภท CAM มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลกับข้อมูลทางเดินที่เป็นจริงแล้วสร้างโปรแกรมส่วนรับข้อมูลงาน 3 มิติ

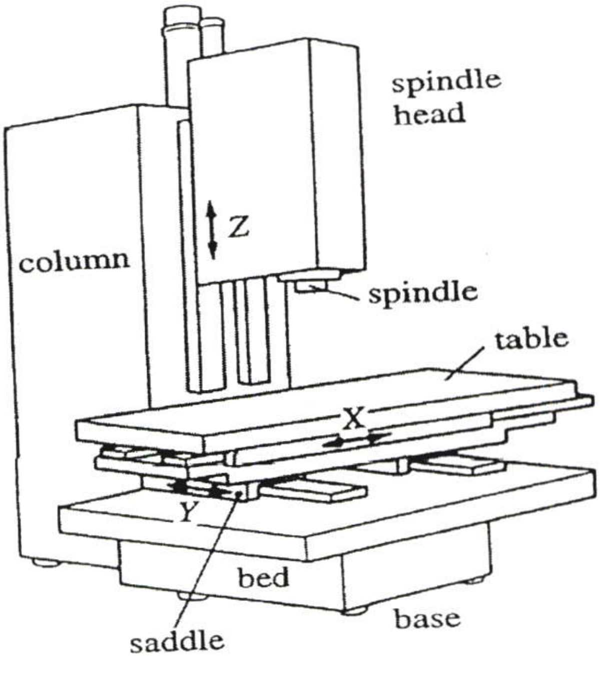
ศึกษาการเก็บข้อมูลรูปภาพรวมถึงการเปลี่ยนข้อมูลจากระดับสีของภาพเป็นระดับความสว่างขาวกับดำ

นำข้อมูลต่างๆ มาสร้างซอฟแวร์ปฏิบัติการที่สามารถรับข้อมูลต่างๆ ข้างต้นแล้วสร้างทางเดินการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรแกนประสานให้ทำงานตามที่ต้องการ

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 เครื่องจักรแกนประสาน

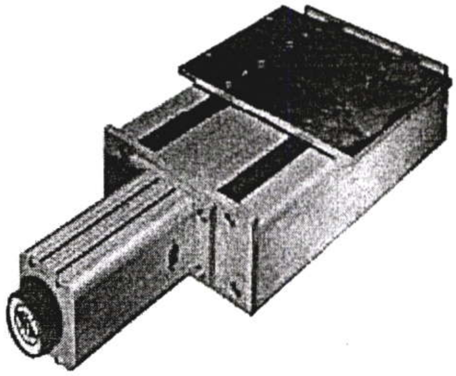
เครื่องจักรแกนประสานเป็นเครื่องจักรที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมการทำงานซึ่งมีหลายรูปแบบแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งาน เช่น เครื่องกัด เครื่องกลึง เครื่องเจาะต่างๆ เป็นต้น โดยเครื่องจักรจะทำงานตามโปรแกรมที่ได้เตรียมไว้และยังสามารถทำการแก้ไขปรับเปลี่ยนโปรแกรมเพื่อสร้างชิ้นงานในลักษณะต่างๆ กันโดยอาศัยเครื่องจักรตัวเดิมโดยไม่ต้องออกแบบตัวเครื่องจักรใหม่ เพียงแต่ปรับเปลี่ยนโปรแกรมการทำงานเท่านั้น ทำให้มีความสะดวกในการทำงานเพิ่มขึ้นและยังสามารถทำชิ้นงานที่เหมือนๆ กันออกมาได้ตามจำนวนที่ต้องการในเวลาที่สามารถกำหนดได้ เป็นการประหยัดเวลาและแรงงานในการทำงาน ในส่วนโปรแกรมการทำงานยังสามารถจำลองการทำงานเพื่อให้เห็นลักษณะการทำงานก่อนที่จะทำการสั่งให้เครื่องจักรทำงานจริงทำให้รู้ถึงข้อผิดพลาดของชิ้นงานที่ทำเสร็จตามทุกขั้นตอนหรือความเหมาะสมในกระบวนการทำชิ้นงานนั้นๆ และป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างที่เครื่องจักรทำงานจริง ทำให้มีความถูกต้องแม่นยำในการทำงานสูง



รูปที่ 2.1 เครื่องจักรแกนประสาน

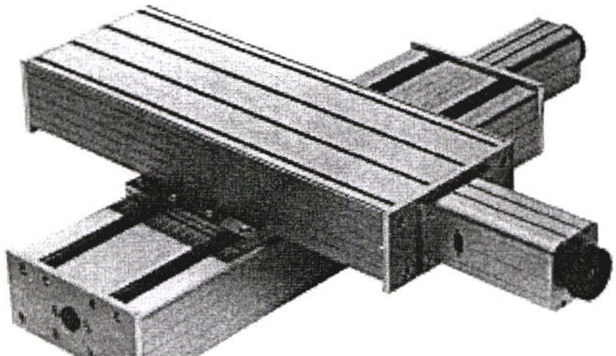
2.1.1 ส่วนประกอบของเครื่องจักรแกนประสาน

เครื่องจักรแกนประสานจะประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นส่วนของเครื่องจักรที่ใช้สร้างชิ้นงานและส่วนที่สองจะเป็นส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สร้างทางเดินการเคลื่อนที่ โดยการรับข้อมูลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้สามารถใช้งานกับเครื่องจักรได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ส่วนประกอบของเครื่องจักรแกนประสานจะต้องมีความแข็งแรงสามารถรับภาระต่างๆ ได้โดยจะประกอบด้วยแกน X แกน Y แกน Z ดังรูปภาพที่ 2.2 แสดง ส่วนการเคลื่อนที่ 1 แกน ของเครื่องจักรแกนประสาน



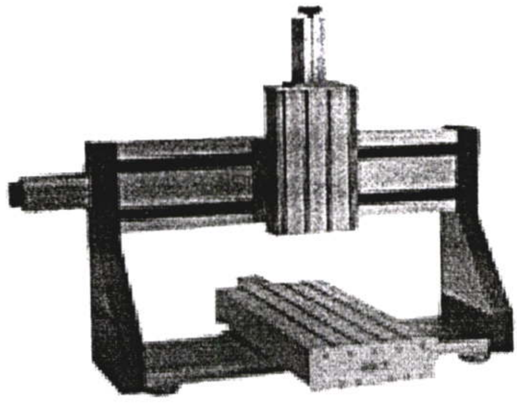
รูปที่ 2.2 แกนการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรแกนประสาน 1 แกน

เมื่อนำแกนการเคลื่อนที่ 2 แกนของเครื่องจักรแกนประสานรวมกันและตั้งฉากกันจะได้ ดังรูปที่ 2.3



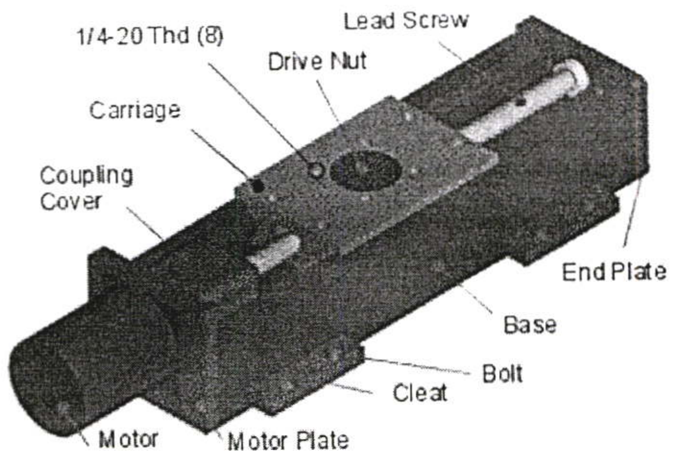
รูปที่ 2.3 แกนการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรแกนประสาน 2 แกน

เมื่อรวมแกนการเคลื่อนที่ทั้ง 3 แกนโดยให้ทั้ง 3 แกนตั้งฉากซึ่งกันและกัน ก็จะได้เครื่องจักรแกนประสาน ตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เครื่องจักรแกนประสาน 3 แกน

ส่วนประกอบของแต่ละแกนจะประกอบด้วยส่วนที่มีความแข็งแรง สามารถที่จะรับน้ำหนักของชิ้นงานที่เป็นเหล็กได้ รูปที่ 2.5 แสดงถึงส่วนประกอบของแต่ละแกน



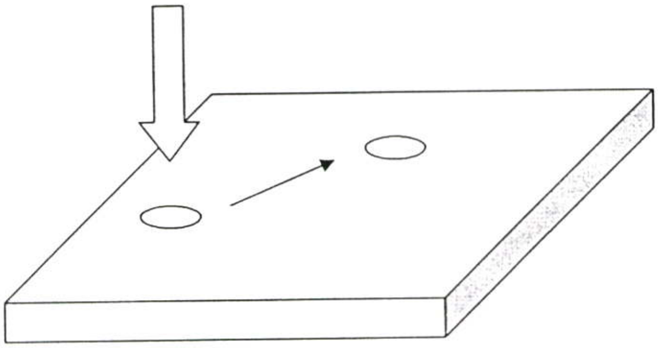
รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของแกนการเคลื่อนที่

เมื่อประกอบแกนการเคลื่อนที่ทั้ง 3 แกน เข้าด้วยกันและทั้ง 3 แกนจะต้องตั้งฉากซึ่งกันและกัน เมื่อมีการเคลื่อนที่การทำงานก็จะถูกต้องแน่นอน

2.1.2 การทำงานของเครื่องจักรแกนประสาน

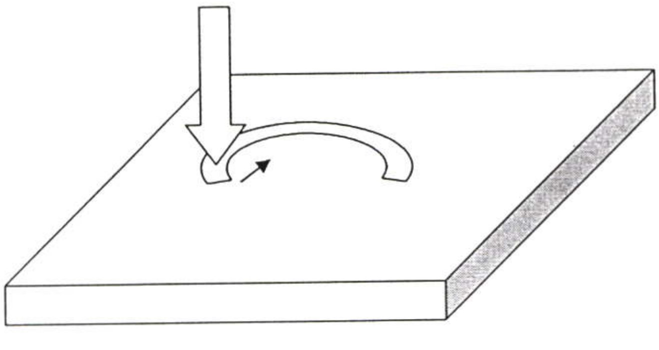
การทำงานของเครื่องจักรแกนประสานจะมีการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือให้อยู่ในระนาบพิกัด X Y Z โดยผ่านตัวควบคุมการเคลื่อนที่ (Motion control) ซึ่งจะควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ให้มีความสัมพันธ์กันทั้งสามแกนตามระยะที่ส่งเข้ามาจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และชิ้นงานวางอยู่บนแท่น ลักษณะการควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนเลื่อนมีอยู่ 2 ลักษณะด้วยกันคือ

1. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Liner Interpolation) การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของจุดต่างๆ ที่ต่อกันในแนวเส้นตรงระหว่างตำแหน่งของเครื่องมือ 2 ตำแหน่ง



รูปที่ 2.6 แสดงการควบคุมการเคลื่อนที่แบบจุดต่อจุด

2. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง (Circular Interpolation) การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของจุดต่างๆ ที่ต่อกันเป็นเส้นโค้งตามขนาดรัศมีที่กำหนดระหว่างตำแหน่งของเครื่องมือที่กำหนดไว้ 2 ตำแหน่ง

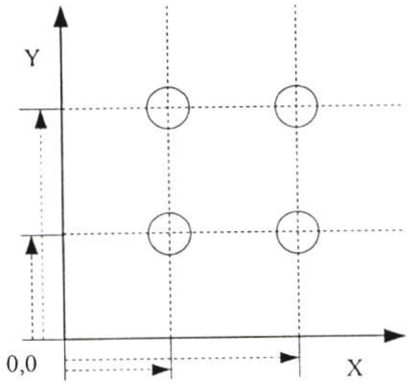


รูปที่ 2.7 แสดงการควบคุมการเคลื่อนที่แบบโค้ง

ลักษณะของการควบคุมตำแหน่งในการเคลื่อนที่ มี 2 แบบ คือ

1. การควบคุมการเคลื่อนที่แบบสมบูรณ์ (Absolute)

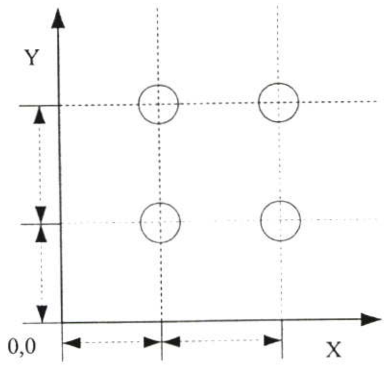
การกำหนดตำแหน่งแบบสมบูรณ์ หมายถึงการกำหนดตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องมือโดยอ้างอิงจุด (0,0) เช่น ต้องการเจาะรูที่ตำแหน่ง (11,9) ดังนั้นจะต้องเคลื่อนที่เครื่องมือในแนวแกน เป็นระยะทาง 11 หน่วยและในแนวแกน เป็นระยะทาง 9 หน่วย ก็จะได้ตำแหน่งที่ต้องการ



รูปที่ 2.8 แสดงการกำหนดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์

2. การควบคุมการเคลื่อนที่แบบส่วนเพิ่ม (Increment)

การกำหนดตำแหน่งส่วนเพิ่ม หมายถึงการกำหนดตำแหน่งของเครื่องมือโดยอ้างอิงจุดสุดท้ายที่เคลื่อนที่ไป เช่น ต้องการเจาะรูที่ตำแหน่ง (12,15) และตำแหน่งสุดท้ายอยู่ที่ (10,10) ดังนั้นจะต้องเคลื่อนที่เครื่องมือในแนวแกน +X เป็นระยะทาง 2 หน่วยและในแนวแกน +Y เป็นระทาง 5 หน่วย ก็จะได้ตำแหน่งที่ต้องการ

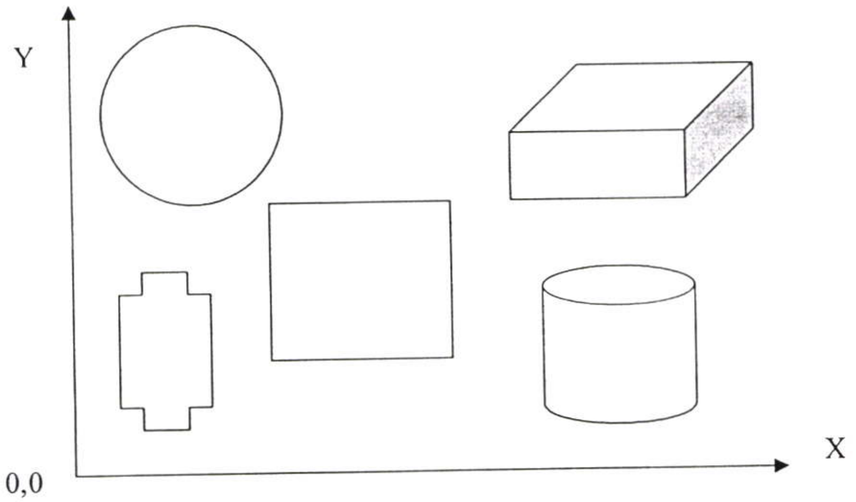


รูปที่ 2.9 แสดงการกำหนดตำแหน่งแบบส่วนเพิ่ม

รูปแบบการทำงานของเครื่องมือสามารถทำงานแบบ 2 มิติ แบบ 2 ½ มิติ และแบบ 3 มิติ โดยการทำงาน 2 มิติ คือการสร้างชิ้นงานให้อยู่ในระนาบเดียวกันโดยมีการควบคุมการทำงานเพียง 2 แกน ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในระนาบ XY ส่วนแกน Z เป็นการกำหนดค่าที่แน่นอน เช่น ความลึก สำหรับการทำงานแบบ 2 ½ มิติจะคล้ายกับแบบ 2 มิติ แต่เพิ่มในส่วนแกน Z ที่มีค่า X Y เปลี่ยนแปลงแต่ค่า Z ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนการทำงานแบบ 3 มิติ จะควบคุมการทำงาน 3 แกน พร้อมกัน

2.2 การออกแบบชิ้นงาน 2 มิติ และ 3 มิติ

การออกแบบชิ้นงาน 2 มิติ และ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเขียนชิ้นงานซึ่งสามารถแก้ค่าหรือรูปร่างให้ถูกต้องได้ดีกว่าการเขียนด้วยกระดาษ ในปัจจุบันมีโปรแกรมจำนวนมากที่สามารถออกแบบชิ้นงานได้สะดวกและรวดเร็ว ชิ้นงาน 2 มิติจะประกอบด้วยความกว้าง ความยาว ส่วนชิ้นงาน 3 มิติจะมี ความกว้าง ความยาว ความสูง ตามรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ

เทคโนโลยีของซอฟต์แวร์ CAD ได้ถูกพัฒนาเริ่มจากการเป็นซอฟต์แวร์ช่วยเขียนแบบ 2 มิติ(Drawing) เสมือนเป็นกระดานเขียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะมีคำสั่งในการใช้งานซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกใช้คำสั่งโดยการใช้เมาส์เลือกที่เมนูบนจอภาพหรือการป้อนคำสั่งจากแป้นพิมพ์ ซอฟต์แวร์ CAD มีหลายกลุ่มคำสั่งได้แก่ คำสั่งในการวาดองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ เส้นตรง (Line), ส่วนโค้ง(Arc), วงกลม(Circle),วงรี(Ellipse), รูปเหลี่ยม(Polygon) เช่น สามเหลี่ยม, สี่เหลี่ยมและยังมีคำสั่งในการช่วยวาดองค์ประกอบเพิ่มเติม เช่น การสะท้อนให้เกิดภาพ (Mirror),

การสำเนาองค์ประกอบที่มีอยู่ (Copy) นอกจากนี้ยังมีคำสั่งในการแก้ไขสิ่งที่ได้วาดลงไปแล้ว ได้แก่ คำสั่งลบออก(Erase), ตัดบางส่วน (Trim), เคลื่อนย้าย(Move), หมุนภาพ(Rotate), การจัดองค์ประกอบต่างๆ จำแนกอยู่ในชั้นต่างๆ(Layer) เพื่อความสะดวกในการทำงานเสมือนมีแบบหลายๆ แผ่นมาซ้อนทับกันอยู่ เช่นในอาคารหนึ่งหลังจะมีทั้งแบบโครงสร้างแบบไฟฟ้า แบบผนัง ฯลฯ ซึ่งเป็นกระดาษไข เมื่อต้องการใช้ก็จะนำมาทาบกับคำสั่งดังกล่าวที่ซอฟต์แวร์ CAD 2 มิติมีให้นั้น ทำให้ผู้ใช้สะดวกและประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย คือเขียนแบบให้เสร็จในคอมพิวเตอร์ จากนั้นพลอตออกทางเครื่องพล็อต (Plotter) ทำให้ประหยัดกระดาษ ประหยัดเวลาที่จะต้องเขียนแบบใหม่หมดหากเกิดข้อผิดพลาด ไม่ต้องใช้ใบมีดขูดแบบเพื่อลบเส้นที่ผิด แต่ด้วยการใช้ซอฟต์แวร์ CAD ที่เป็น 2 มิตินี้ผู้ใช้ยังคงต้องใช้จินตนาการและประสบการณ์เพื่อวาดให้ได้แบบที่ถูกต้อง เช่น การวาดรูปด้านข้างของอาคารหรือของชิ้นส่วนที่มีความโค้งมนเหล่านี้อาจทำให้แบบที่ออกมามีความผิดพลาดไป

ซอฟต์แวร์ CAD อีกประเภทหนึ่งซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาสูงขึ้น คือ ซอฟต์แวร์ CAD ที่มีการทำงานในระบบ 3 มิติ ซึ่งจะมีคุณสมบัติพื้นฐาน คือ

1. ออกแบบหรือสร้างแบบจำลอง ลักษณะ 3 มิติ คือ มีขนาดทั้งความกว้าง ความยาว และความสูง (ความหนา)

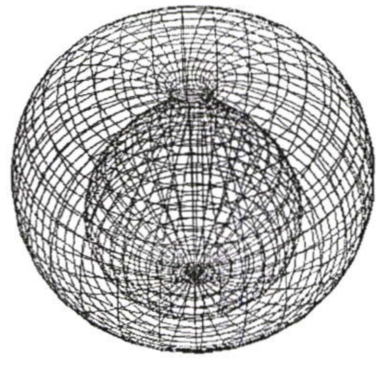
2. หมุนดูได้ทุกมุมมอง

3. สร้างแบบ (Drawing) 2 มิติหลังจากการเสร็จสิ้นออกแบบ เพื่อนำไปผลิต

4 .แก้ไขได้ทันทีที่ต้องการ

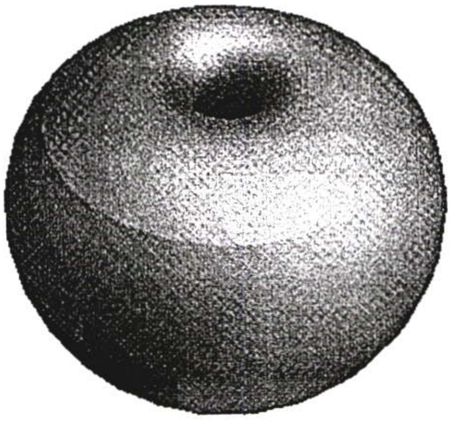
รูปแบบการแสดงข้อมูล 3 มิติ ในซอฟต์แวร์ CAD 3 มิติ มี 4 แบบ

1. ข้อมูลแบบ Wireframe การแสดงผลแบบนี้มักจะพบในซอฟต์แวร์รุ่นเก่าๆ ซึ่งจะเก็บข้อมูลของแบบจำลองเฉพาะ เส้นขอบ (ทั้งเส้นตรงและเส้นโค้ง) และพิกัดของจุด การแสดงผลแบบนี้ทำได้รวดเร็ว แต่ภาพที่ได้จะดูค่อนข้างยาก ว่าแสดงผลอยู่ในมุมมองใด



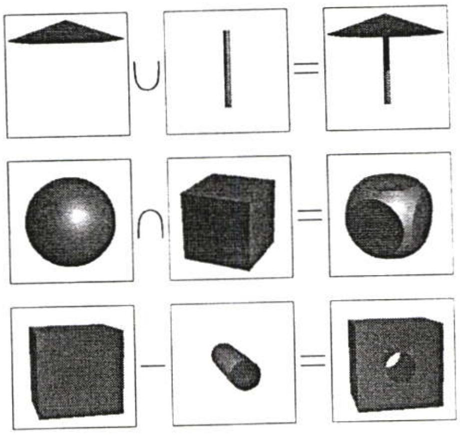
รูปที่ 2.11 ข้อมูลแบบ Wireframe

2. ข้อมูลแบบ Surface การแสดงผลแบบนี้จะคล้ายกับการนำผืนผ้าสี่เหลี่ยมซึ่งถือเป็น 1 ผิวหน้า (face) มาเย็บต่อ ๆ กัน จะได้เป็นพื้นผิว (surface) บาง คล้ายเปลือกนอก การเก็บข้อมูลแบบนี้จะเก็บข้อมูล เส้นขอบ พิกัดของจุด และข้อมูลของขอบผิวที่ติดกัน



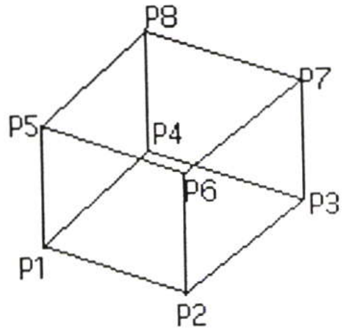
รูปที่ 2.12 ข้อมูลแบบ Surface

3. Constructive solid geometry (CSG) ข้อมูลแบบจำลอง 3 มิติ แบบนี้จะถูกเก็บในลักษณะของ ลำดับของการนำรูปทรงตันพื้นฐาน(Solid Primitives) เช่น ก้อนลูกบาศก์ ลูกกลม ทรงกระบอก ลิ่ม ปิรามิด ฯลฯ มาสร้างความสัมพันธ์กันด้วย Boolean Operator เช่น union (รวมกัน) subtract (ลบออก) intersection (เฉพาะส่วนที่ซ้อนทับกัน) และ difference(เฉพาะส่วนที่ไม่ทับกัน) เพื่อให้ได้รูปทรงที่ต้องการ รูปทรงที่ใช้วิธีนี้สร้างจะมีความถูกต้องสูง เนื่องจากใช้วิธีการทำ Boolean Operation เท่านั้นซึ่งเป็นวิธีที่ธรรมดาและโครงสร้างของข้อมูลก็ไม่ซับซ้อน



รูปที่ 2.13 ข้อมูลแบบ Constructive solid geometry (CSG)

4. Boundary representation (B-Rep) **ข้อมูลแบบจำลอง 3 มิติแบบนี้ จะเก็บข้อมูลของพื้นผิวรอบนอกของทรงตันที่เชื่อมติดต่อกัน ซึ่งมีข้อมูลของพื้นผิว** (face) **ขอบ** (edge) **จุดมุมของพื้นผิว** (vertex) และความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งสาม



รูปที่ 2.14 ข้อมูลแบบ Boundary representation (B-Rep)

CAM เป็นคำย่อมาจากคำว่า Computer Aided Manufacturing ซึ่งแปลตามศัพท์ได้ความว่า การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต ซึ่งจะใช้ซอฟต์แวร์เพื่อควบคุมเครื่องจักร ให้สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้แล้วระบบการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตนี้ มีองค์ประกอบหลักๆ คือ

1. เครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC:Computer Numerical Controlled) คือ เครื่องจักรที่ใช้สำหรับกัด ก้อนวัตถุดิบ(โลหะ ไม้ พลาสติกสังเคราะห์) ให้ได้รูปร่าง ตามแบบชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้แล้ว

2. ซอฟต์แวร์สำหรับงาน CAM ซึ่งมีมากมายหลายยี่ห้อให้เลือกใช้ซึ่งควรมีคุณสมบัติดังนี้

- รับข้อมูล 3 มิติจากซอฟต์แวร์ CAD ได้ในรูปแบบมาตรฐาน (IGES, STEP, STL)
- เลือก Tool หรือ หัวกัดชิ้นงาน ตามขนาดที่ต้องการ กำหนด การกัดงานด้วยรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การกัดหยาบ กัดละเอียด
- ทดสอบการกัดชิ้นงานบนจอภาพเพื่อตรวจสอบก่อนการกัดงานจริง (ส่วนนี้ซอฟต์แวร์บางตัวอาจยังไม่มีให้ใช้งาน)
- สร้าง G-code ซึ่งเป็นรหัสเพื่อบอกให้เครื่องจักรทำงานตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ได้ถูกต้อง ซึ่งซอฟต์แวร์ CAM นั้นจะต้องสร้าง G-code ให้มีรูปแบบตรงกับ รูปแบบที่เครื่องจักรรุ่นนั้น ๆ รู้จัก

ตัวอย่างรายชื่อซอฟต์แวร์ เช่น CAM MasterCAM, Delcam, Esprit, EdgeCAM, Gibbscam, Solidcam

ซอฟต์แวร์ CAE ที่จำหน่ายอยู่ในปัจจุบันมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการนำไปใช้และตัวอย่างชื่อซอฟต์แวร์ ได้แก่ Unigraphics NX , CATIA

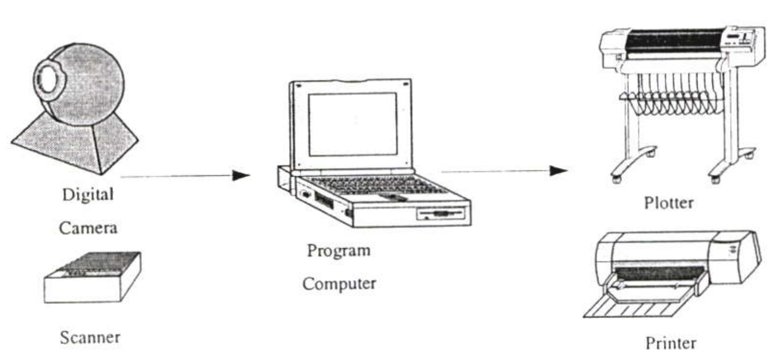
CAE เป็นคำย่อมาจากคำว่า Computer Aided Engineering ซึ่งแปลตามศัพท์ได้ความว่า การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานวิศวกรรม หมายถึง การบอกถึงความสามารถของสิ่งที่ออกแบบว่าสามารถทำงานได้ตามที่อยากให้เป็นหรือไม่ ซึ่งสิ่งที่เป็นตัวบ่งชี้ คือ

ผลลัพธ์จากการทดสอบจริง ได้แก่ การนำต้นแบบมาทดสอบจริง เช่น การทดสอบการชนของรถ หรือ การทดสอบความแข็งด้วยการอัดแรง ฯลฯ

ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ สามารถหาผลลัพธ์จากสถานการณ์ที่สมมติขึ้น ซึ่งการคำนวณแบบนี้จะใช้เวลามากกว่าจะได้ผลลัพธ์ ทำให้วิศวกรคิดนำคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ประเภท CAE มาช่วยคำนวณหาผลลัพธ์ ซึ่งจะทำให้คำนวณได้เร็วกว่ามากและมีความถูกต้องสูง

2.3 หลักการเบื้องต้นของการประมวลผลภาพดิจิตอล

การประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) หมายถึง การใช้วิธีการหรือขั้นตอนใดๆ มากระทำกับภาพ เพื่อเปลี่ยนภาพให้อยู่ในรูปสัญญาณทางไฟฟ้าแบบดิจิตอล เพื่อประโยชน์ในการนำสัญญาณนี้ไปใช้ในการสร้างภาพใหม่ที่มีคุณสมบัติตามต้องการเช่น การตกแต่งรูปภาพ ปรับความคมชัด ช่วยประหยัดพื้นที่การจัดเก็บข้อมูลภาพการส่งรูปภาพไปตามสายนำสัญญาณการจัดทำอัลบั้มภาพเช่น แฟ้มอาชญากรรม การจดจำข้อมูลภาพเพื่อการวิเคราะห์ เป็นต้น ในการประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) นั้น มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือส่วนรับภาพและเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Image Digitizer) ส่วนประมวลผล (Processing) ส่วนแสดงผล (Display)



รูปที่ 2.15 การประมวลผลภาพดิจิตอล

การสร้างภาพกราฟิกด้วยคอมพิวเตอร์ มีวิธีการสร้าง 2 แบบ คือ แบบบิตแมป (Bit Mapped) และแบบเวกเตอร์ (Vector) หรือสโตรก (Stroked) แต่ละแบบมีวิธีการสร้างภาพดังต่อไปนี้

2.3.1 การฟิกแบบบิตแมป

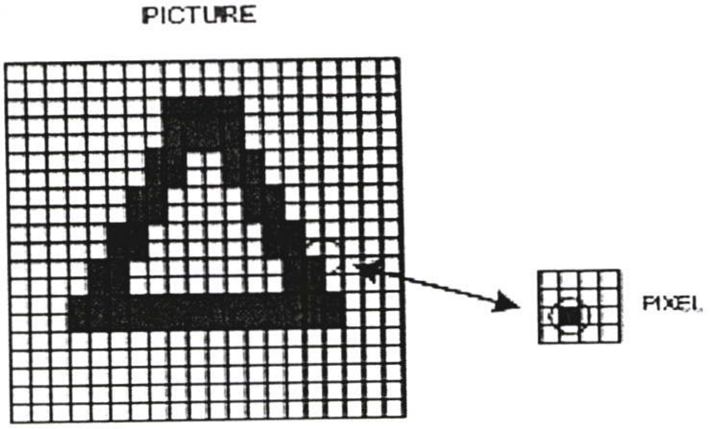
กราฟิกแบบบิตแมปความหมายคือ มีลักษณะเป็นช่องๆ เหมือนตาราง แต่ละบิตก็คือส่วนหนึ่งของข้อมูลคอมพิวเตอร์ (ซึ่งก็คือสวิตซ์ปิดเปิดในหน่วยความจำ "1" หมายถึงเปิด และ "0" หมายถึงปิด) และสวิตซ์ปิดเปิดนี้ก็ยังหมายถึงสีดำและสีขาวอีกด้วย ดังนั้น ถ้าเราเอาบิตที่แตกต่างกันในแต่ละตารางมารวมกันเข้า เราจะสามารถสร้างภาพจากจุดดำและขาวเหล่านี้ได้ กราฟิกแบบบิตแมปทุกชนิดมีลักษณะที่เหมือนกันอยู่บางประการถ้าทำความเข้าใจส่วนต่างๆ เหล่านี้เราสามารถที่จะหลีกเลี่ยงหรือป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้

2.3.1.1 พิกเซล (Pixel)

พิกเซล (Pixel) เป็นคำผสมของคำว่า Picture กับคำว่า Element หรือหน่วยพื้นฐานของภาพเทียบได้กับ "จุดภาพ" 1 จุด แต่ละพิกเซลเปรียบได้กับสี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่บรรจุค่าสี โดยถูกกำหนดตำแหน่งไว้บนเส้นกริดของแนวแกน X และแกน Y หรือในตารางเมตริกซ์สี่เหลี่ยม ภาพบิตแมปจะประกอบด้วยพิกเซลหลายๆ พิกเซล

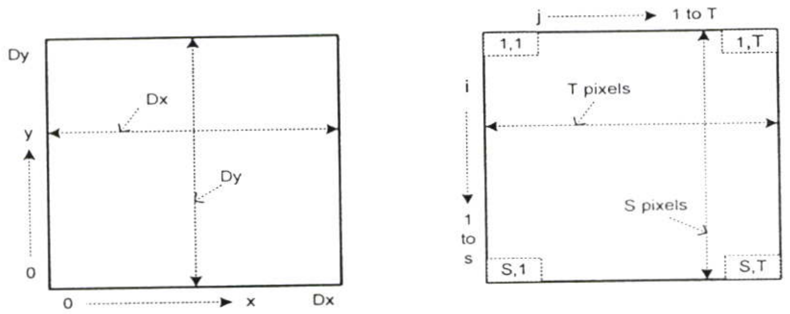
จำนวนพิกเซลของภาพแต่ละภาพ จะเรียกว่า ความละเอียด หรือ Resolution โดยจะเทียบจำนวนพิกเซลกับความยาวต่อนิ้ว ดังนั้นจะมีหน่วยเป็น พิกเซลต่อนิ้ว (ppi: pixels per inch) หรือจุดต่อนิ้ว (dpi: dot per inch) ภาพขนาดเท่ากันแต่มีความละเอียดต่างกัน แสดงว่าจำนวนพิกเซลต่างกันและขนาดของจุดพิกเซลก็ต่างกันด้วย

ข้อมูลภาพที่ได้โดยทั่วๆ ไปนั้นยังไม่อาจที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ได้ในทันทีเนื่องจากระบบคอมพิวเตอร์จะทำงานด้วยระบบตัวเลข ดังนั้นจึงต้องแปลงข้อมูลภาพที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบของตัวเลขก่อนเรียกการแปลงนี้ว่า การดิจิไตเซชั่น (Digitization) โดยภาพที่ได้จะถูกแบ่งให้เป็นส่วนเล็กๆ ที่มีลักษณะการจัดเรียงเหมือนตะแกรงสี่เหลียมจัตุรัส เรียกว่าเมตริกซ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงการทำดิจิไตเซชั่น (Digitization) ข้อมูลภาพ

โดยกำหนดให้จุดต่างๆ ที่อยู่ในเมตริกซ์เป็นจุด x,y ใดๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของภาพในแต่ละจุด x,y ใดๆ เรียกว่า พิกเซล (Pixel) และในแต่ละจุดภาพจะแสดงให้เราเห็นได้ด้วยฟังก์ชั่นของความเข้มของแสง เมื่อเราเปรียบเทียบระหว่างภาพกับพิกเซลเมตริกซ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.17



(a) ลักษณะของรูปภาพ **(b)** ลักษณะของจุดภาพเมตริกซ์

รูปที่ 2.17 แสดงความสัมพันธ์ของภาพทั่วไปกับจุดภาพเมตริกซ์

จะเห็นว่าจุดกำเนิดของภาพจะอยู่ที่มุมซ้ายล่าง แต่จุดกำเนิดของพิกเซลจะอยู่ที่มุมซ้ายบน ซึ่งจะเป็นลักษณะการประมวลผลภาพในกราฟฟิกของคอมพิวเตอร์

กล่าวคือ $i = y$ เมื่อ $1 \leq i \leq S$

$j = x$ เมื่อ $1 \leq j \leq T$

เมื่อ $x = Dx / T$

y = Dy / S

i = จำนวนพิกเซลในแนวตั้ง

j = จำนวนพิกเซลในแนวนอน

x = ความกว้างของภาพ

y = ความยาวของภาพ

S = จำนวนสูงสุดของพิกเซลในแนวตั้ง

T = จำนวนสูงสุดของพิกเซลในแนวนอน

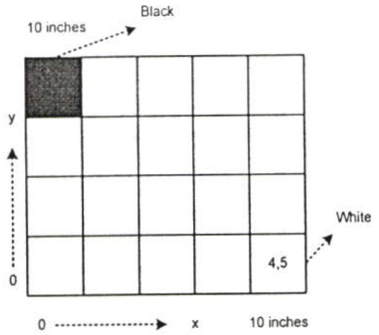
Dx = ความกว้างสูงสุดของภาพ

Dy = ความยาวสูงสุดของภาพ

เมื่อเราให้จุดต่างๆ บนเมตริกซ์เป็น p(i,j) ใดๆ ค่าของพิกเซลหรือฟังก์ชั่น ณ จุดนั้นจะแสดงได้ด้วยค่าของความเข้มของแสงซึ่งอาจแบ่งได้หลายระดับถ้ามีแค่ 2 ระดับก็จะเป็นแค่ 0 กับ 1

2.3.1.2 ตำแหน่งของพิกเซล (Pixel Position)

ตำแหน่งของพิกเซลทุกๆ จุดจะต้องอยู่ภายในพื้นที่ S × T เมื่อเราพิจารณารูปที่ 2.18(a) ซึ่งเป็นภาพขนาด 10 ×10 นิ้วจะเห็นว่าบริเวณที่มืดที่สุดอยู่ที่มุมซ้ายบนและบริเวณที่สว่างที่สุดอยู่ที่มุมล่างขวา เมื่อแปลงภาพเป็นพิกเซลเมตริกซ์ จะได้เมตริกซ์ขนาด 4 × 5 (4 แถว 5 คอลัมน์) ซึ่งแต่ละส่วนจะกว้าง 2 นิ้ว ยาว 2.5 นิ้วพื้นที่ๆ ไม่มีแสงแสดงได้ด้วยหนึ่งส่วนพื้นที่ๆ สว่างที่สุดแสดงได้ด้วยศูนย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.18(b)



(a) รูปภาพ

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

(b) พิกเซลเมตริกซ์ของภาพ

รูปที่ 2.18 แสดงการแปลงภาพให้เป็นพิกเซลเมตริกซ์

จากเมตริกซ์ในรูปที่ 2.18 (b) ถ้ามีระดับเทา (Gray Scale) เป็น 16 ระดับค่าของพิกเซล ณ บริเวณที่สว่างที่สุดจะมีค่าเป็น 15

2.3.1.3 เกรย์สเกล (Gray Scale)

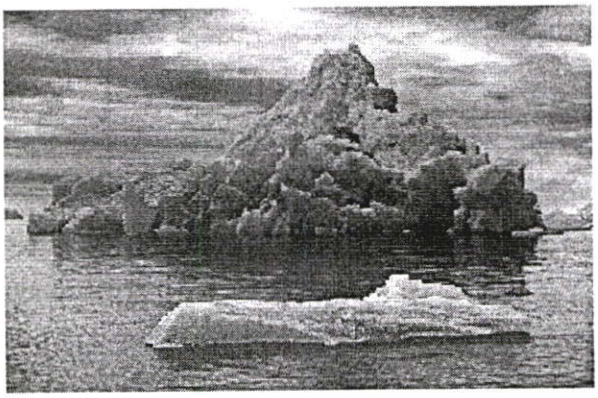
เกรย์สเกลเป็นค่าที่บอกค่าความสว่างของจุดภาพ โดยเกรย์สเกลหนึ่งๆ สามารถแบ่งเป็นหลายระดับซึ่งระดับที่ว่านี้คือ ระดับสีเทา เราสามารถเพิ่มความสว่างหรือระดับเทาให้กับจุดภาพได้หลายระดับ โดยการเพิ่มจำนวนของบิต เช่น ถ้าต้องการภาพที่มีระดับสีเทา16 ระดับ ต้องแทนด้วยเลขฐาน 2 จำนวน 4 บิต ซึ่งจำนวนระดับเทาที่ต้องการหาได้จาก 2 ยกกำลังด้วยจำนวนบิต ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 จำนวนบิตของระดับเทา

ระดับเทา		ค่าย่านของระดับเทา
2^1	2 ระดับ	0 ถึง 1
2^3	8 ระดับ	0 ถึง 7
2^4	16 ระดับ	0 ถึง 15
2^8	256 ระดับ	0 ถึง 255

2.3.1.4 ภาพ (Image)

ภาพ (Image) ในทางคณิตศาสตร์หมายถึง ฟังก์ชัน 2 มิติ f(x.y) โดย x และ y เป็นแกนพิกัดในระนาบ 2 มิติค่าฟังก์ชัน f(x.y) จะเป็นสัดส่วนกับค่าความสว่างหรือความเข้มของภาพที่ตำแหน่ง x.y นั้นๆ โดยปกติจะให้จุดกำเนิด (Coordinate) ของแกนพิกัดอยู่ทางมุมซ้ายล่างของภาพ



รูปที่ 2.19 รูปภาพภูเขาน้ำแข็ง

2.3.2 กราฟิกแบบเวกเตอร์

กราฟิกแบบเวกเตอร์ต่างจากบิตแมปตรงที่บิตแมปนั้นประกอบไปด้วย จุดต่างๆ มากมาย แต่กราฟิกแบบเวกเตอร์ใช้สมการทางคณิตศาสตร์เป็นตัวสร้างภาพ เช่น วงกลม หรือเส้นตรง เป็นต้น ถึงแม้ว่าอาจจะฟังดูซับซ้อนสักเล็กน้อยแต่ภาพบางชนิดก็ถูกสร้างได้ง่าย หลักที่จะนำไปสู่กราฟิกแบบเวกเตอร์ก็คือการรวมเอาคำสั่งทางคอมพิวเตอร์และสูตรทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายเกี่ยวกับออบเจ็กต์ ซึ่งจะปล่อยให้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์เช่น จอภาพ หรือเครื่องพิมพ์เป็นตัวกำหนดเองว่าจะวางจุดจริงๆ ไว้ที่ตำแหน่งใดในการสร้างภาพ คุณลักษณะเด่นเหล่านี้ทำให้กราฟิกแบบเวกเตอร์มีข้อได้เปรียบ และข้อเสียเปรียบมากมายกับกราฟิกแบบบิตแมป

2.3.2.1 ออบเจ็กต์ (Object)

ออบเจ็กต์ง่ายๆ (เช่น วงกลม เส้นตรง ทรงกลม ลูกบาศก์และอื่นๆ เรียกว่ารูปทรงพื้นฐาน) สามารถใช้ในการสร้างออบเจ็กต์ที่ซับซ้อนขึ้น กราฟิกแบบเวกเตอร์สามารถสร้างรูปภาพโดยการรวมเอาออบเจ็กต์หลายๆ ชนิดมาผสมกันเราสามารถผสมออบเจ็กต์ต่างชนิดกัน (เช่น วงกลมและเส้นตรง) เพื่อสร้างภาพที่แตกต่างกันกราฟิกแบบเวกเตอร์ใช้คำสั่งง่ายๆ เพื่อสร้างออบเจ็กต์พื้นฐาน ถ้าเขียนเป็นภาษาคำพูดแบบธรรมดาคำสั่งอาจจะอ่านได้ว่า "ลากเส้นตรงจากจุด A ไปยังจุด B" หรือ "ลากวงกลมรัศมี R โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด P" เปรียบเทียบคุณสมบัติของกราฟิกแบบบิตแมปและภาพแบบเวกเตอร์ในด้านความเร็วของการแสดงภาพที่จอภาพและความสามารถในการเปลี่ยนขนาดภาพจะได้ผลดังนี้

1. กราฟิกแบบบิตแมปสามารถแสดงให้เห็นที่จอภาพได้เร็วกว่าภาพแบบเวกเตอร์ เช่น การแสดงภาพแบบบิตแมปขนาด 1000 ไบต์ จะทำโดยการใช้คำสั่งย้ายข้อมูลขนาด 1000 ไบต์ จากหน่วยความจำที่เก็บภาพไปยังหน่วยความจำของจอภาพ (คือ Video Display Buffer) ภาพนั้นก็จะปรากฏบนจอภาพทันที การแสดงภาพแบบเวกเตอร์คอมพิวเตอร์จะใช้เวลามากกว่า เนื่องจากคอมพิวเตอร์ต้องทำตามคำสั่งที่มีจำนวนมากกว่า

2. การเปลี่ยนแปลงขนาดภาพให้โตขึ้นหรือเล็กลงกว่าภาพเดิม กรณีภาพแบบบิตแมปจะทำได้ไม่มากนอกจากนั้นยังอาจจะทำให้ลักษณะของภาพผิดเพี้ยนไปจากเดิมด้วยเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดภาพทำโดยวิธีการเพิ่มหรือลดพิกเซลจากที่มีอยู่เดิม ภาพที่ขยายโตขึ้นจะมองเห็นเป็นตารางสี่เหลี่ยมเรียงต่อกันทำให้ขาดความสวยงาม แต่ภาพแบบเวกเตอร์จะสามารถย่อและขยายขนาดได้มากกว่า โดยสัดส่วนและลักษณะของภาพยังคล้ายเดิม ยิ่งกว่านั้นเราสามารถขยายเฉพาะความกว้างหรือความสูง เพื่อให้มองเห็นเป็นภาพผอมหรืออ้วนกว่าภาพเดิมได้ด้วย

2.3.2.2 การจัดการไฟล์แบบเวกเตอร์

ไฟล์กราฟิกแบบเวกเตอร์ประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ชุดของคำสั่งการแบบเวกเตอร์เพื่อใช้สร้างรูป ตารางข้อมูลเกี่ยวกับสีสำหรับรูปภาพข้อมูลที่เกี่ยวกับฟอนต์และรูปแบบ ซึ่งอาจถูกรวมอยู่ในภาพนั้น ๆ รูปแบบเวกเตอร์นั้นบางชนิดง่ายมาก คือมีเพียงคำสั่งที่ใช้ไม่กี่สิบคำสั่ง ในขณะที่รูปแบบบางชนิดใช้คำสั่งเป็นร้อยเป็นพัน มีวิธีการจัดการที่แตกต่างกันมากมายเพื่อจัดการกับไฟล์ที่มีความซับซ้อนในไฟล์แบบเวกเตอร์ ซึ่งจะต้องทำการตัดสินใจว่าใช้แผนการจัดรูปแบบใดกับไฟล์เหล่านั้นไฟล์แบบเวกเตอร์หลายชนิดมีคุณสมบัติที่เหมือนกันถึงแม้ว่าไฟล์เหล่านั้นจะไม่ได้ถูกวางระบบในวิธีเดียวกัน คุณสมบัติเหล่านี้รวมถึงวิธีการใส่รหัสที่ถูกใช้ในไฟล์แบบเวกเตอร์ (รูปแบบนั้นอาจใช้คำเต็มๆ เช่น “วาดเส้นตรง “ หรือใช้เพียงแค่รหัสตัวเลข) วิธีการที่รูปแบบจัดการเกี่ยวกับสี และรูปแบบเวกเตอร์นั้นมีการใช้พรีวิวรูปแบบบิตแมป

สีในกราฟิกแบบเวกเตอร์รูปแบบเวกเตอร์ที่แตกต่างกันมีความสามารถในการจัดการเกี่ยวกับสีไม่เหมือนกันรูปแบบเวกเตอร์แบบง่าย ๆ อาจจะไม่บรรจุข้อมูลเกี่ยวกับสีเลย แต่ใช้สีที่เป็นดีฟอลต์ของอุปกรณ์เอาพุต รูปแบบเวกเตอร์บางชนิดจะสามารถบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับสี 32 บิต ไม่ว่ารูปเวกเตอร์จะเป็นสีอะไรก็ตามจะไม่มีผลต่อขนาดของไฟล์แบบเวกเตอร์นั้นไม่ได้บรรจุออบเจ็กแบบบิตแมป ออบเจ็กต์แบบเวกเตอร์โดยปกติที่มีรูปร่างแบบวงกลมสี่เหลี่ยมและอื่น ๆ จะมีค่าของสีซึ่งใช้ได้กับทั้งออบเจ็กต์สีของออบเจ็กต์เป็นเพียงส่วนหนึ่งของคำสั่งแบบเวกเตอร์ซึ่งไม่กินเนื้อที่ในหน่วยความจำเท่าใดนัก แต่สำหรับออบเจ็กต์แบบบิตแมปข้อมูลเกี่ยวกับสีจะถูกใช้กับทุกพิกเซล (เหมือนกับไฟล์แบบบิตแมปทั่วไป) ดังนั้น ยิ่งมีข้อมูลเกี่ยวกับสีมากเท่าไร ไฟล์ก็ยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่านั้น

ข้อดีของกราฟิกแบบเวกเตอร์ถ้าต้องการรูปภาพที่ใหญ่ขึ้นสามารถทำได้ง่ายข้อได้เปรียบของกราฟิกแบบเวกเตอร์นั้นคือ มีความละเอียดได้อย่างเต็มที่ไม่ว่าอุปกรณ์เอาต์พุตจะเป็นอะไรก็ตามดังนั้นเราสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของกราฟิกแบบเวกเตอร์ได้โดยไม่สูญเสียคุณภาพของภาพไม่ว่าเราจะปรับเปลี่ยนขนาดของกราฟิกแบบเวกเตอร์อย่างไรก็ตามความคมชัดและความราบเรียบของภาพก็จะคงเดิม ขึ้นอยู่กับเครื่องพิมพ์ที่เราพิมพ์ และไม่ว่าเราจะพิมพ์ภาพใหญ่ท่าใด เส้นตรงและเส้นโค้งก็จะดูราบเรียบเสมอ ถ้าต้องการให้ส่วนหนึ่งของภาพใหญ่ขึ้นสามารถทำได้ง่ายกราฟิกแบบเวกเตอร์มีข้อได้เปรียบอีกอย่างหนึ่งคือ สามารถทำการแก้ไขเปลี่ยนแปลงบางส่วนโดยไม่ผลกระทบต่อส่วนอื่น เช่น ถ้าต้องการให้ออบเจ็กต์ในกราฟิกแบบเวกเตอร์มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงทำได้ง่ายโดยแค่เลือกออบเจ็กต์นั้นแล้วทำการปรับเปลี่ยนขนาดที่ต้องการออบเจ็กต์ในกราฟิกแบบเวกเตอร์สามารถวางซ้อนกันส่วนอื่นๆได้โดยไม่เสียหายกราฟิกแบบเวกเตอร์นั้นจะใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำน้อยกว่ากราฟิกแบบบิตแมปกราฟิกแบบเวกเตอร์ที่ไม่ได้บรรจุบิตแมปจะกินเนื้อที่ในหน่วยความน้อย ถึงแม้จะเป็นกราฟิกแบบเวกเตอร์ที่มีรายละเอียดมากก็ตาม(ประกอบด้วยออบเจ็กต์จำนวนหลายพันออบเจ็กต์) ซึ่งโดยทั่วไปจะกินเนื้อที่ไม่เกินกว่าสองสามร้อยกิโลไบต์ กราฟิกแบบ

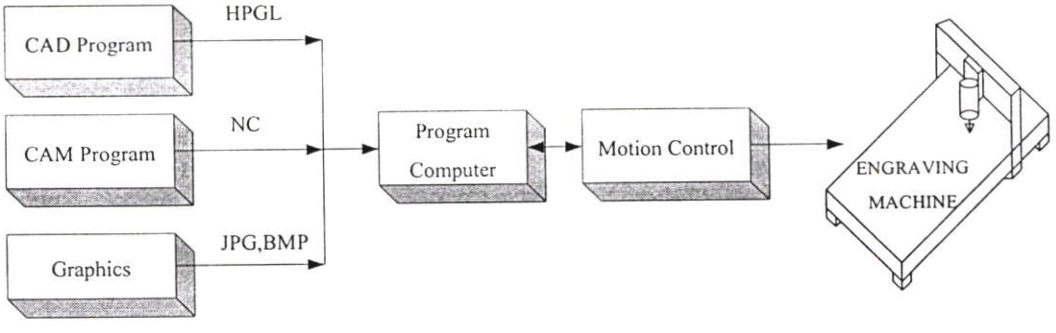
บิตแมปที่ตั้งใจจะแสดงภาพที่เหมือนกันและในความละเอียดที่เท่ากันจะกินเนื้อที่เป็น 10 เท่า ถึง 1000 เท่าของกราฟิกแบบเวกเตอร์

ข้อเสียเปรียบของกราฟิกแบบเวกเตอร์ค่อนข้างจะใช้ความรู้ทางเทคนิคมาก สำหรับผู้ที่ไม่ชอบเส้นตรงซึ่งเป็นพื้นฐานของกราฟิกแบบเวกเตอร์ เช่น รูป 2 มิติของไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าหรือรูปการวางแผนออกแบบชั้นอาคารที่ถูกสร้างขึ้นด้วยซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD หรือในบวงครั้งอาจเป็นภาพ 3 มิติ ซึ่งก็อาจสั่งการวาดเส้นของกราฟิกได้ยาก ซึ่งโดนทั่วไปรูปภาพที่หรูหราส่วนใหญ่ต้องพึ่งเส้นตรง รูปทรงทางเรขาคณิต และพื้นที่ทึบของสี

บทที่ 3
การหาทางเดินของเครื่องมือ

3.1 กล่าวนำ

ทางเดินของเครื่องมือหมายถึง ตำแหน่งหรือพิกัดที่อยู่ในระบบพิกัด X Y Z เพื่อกำหนดให้เครื่องจักรนำหัวกัดมาที่ตำแหน่งที่ต้องการ โดยที่หัวกัดตัดชิ้นงานหรือไม่ตัดชิ้นงานจะขึ้นอยู่กับรูปทรงของชิ้นงานที่ต้องการสร้าง ซึ่งข้อมูลถูกสร้างจากคอมพิวเตอร์ แบ่งเป็นข้อมูลทางเดิน 2 มิติ ข้อมูลทางเดิน 3 มิติ และข้อมูลทางเดินรูปภาพ โดยข้อมูลทางเดิน 2 มิติที่ได้จากโปรแกรมวาดแบบอย่างเช่น Auto CAD ,Protel ที่อยู่ในรูปของแฟ้มข้อมูลเอกสาร(text file) ที่เรียกว่า พล็อตไฟล์ (Plot file) หรือ HPGL นำมาสร้างทางเดินของเครื่องมือให้สามารถสร้างชิ้นงานลักษณะ 2 มิติ และยังสามารถสร้างข้อมูลที่แยกระดับความลึกได้ ส่วนทางเดินของเครื่องมือที่เป็นทางเดิน 3 มิติจะนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมประเภท CAM ที่อยู่ในรูปข้อมูลเอกสารที่เรียกว่า NC file ซึ่งข้อมูลนี้ปรกติจะถูกนำไปใช้งานกับเครื่องจักร CNC(Computer Numerical Control) และส่วนสุดท้ายการสร้างทางเดินจากข้อมูลรูปภาพที่อยู่ในรูปของข้อมูล JPG,BMP โดยเปลี่ยนระดับความสว่างของภาพให้เป็นระดับความลึก



รูปที่ 3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

3.2 การหาทางเดินของเครื่องมือจากข้อมูลไฟล์พล็อต

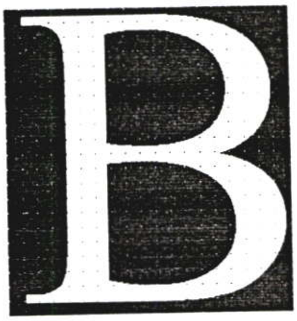
ไฟล์พล็อต หรือ HPGL เป็นภาษาควบคุมเครื่องพิมพ์สำหรับพล็อตเตอร์ที่ใช้ปากกาของ HPGL(Hewlett Packard Graphics Language) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการวาดไดอะแกรมโดยเลื่อนปากกาไปในแนวขวางของกระดาษ HPGL จึงกลายเป็นภาษาควบคุมที่เป็นมาตรฐานสำหรับพล็อตเตอร์และมีการสนับสนุนจากหลายๆ โปรแกรมที่ใช้พล็อตเตอร์แบบปากกา เช่น ซอฟต์แวร์ประเภท

CAD ต่างๆ HPGL เป็นรูปแบบของไฟล์ที่สะดวกในการโยกย้ายถึงแม้ว่าบางเวอร์ชันของ CAD จะไม่เข้ากับอีกเวอร์ชันในเรื่องการสั่งการออบเจ็กต์แต่ทั่งสองเวอร์ชันก็สามารถพูดภาษา HPGL รู้เรื่อง HPGL เป็นรูปแบบเวกเตอร์พื้นฐานซึ่งถูกออกแบบให้ทำงานกับขั้นตอนที่ถูกกำหนดมาอย่างง่าย แต่ก็มีจำนวนคำสั่งจำกัดและทั้งหมดก็ใช้หลักการเคลื่อนที่ของปากกา โครงสร้างพื้นฐานเช่นนี้ทำให้รูปแบบ HPGL ง่ายต่อการใช้แต่มีข้อจำกัดในเรื่องชนิดของออบเจ็กต์ที่สามารถถูกสั่งการ

พล็อตเตอร์แบบปากกาถูกจำกัดในเรื่องของสีที่สามารถใช้ได้ จำกัดความหนาของเส้นที่สามารถเขียนได้และความสามารถด้านอื่นๆ ข้อจำกัดเหล่านี้ได้ถูกสั่งไปยังกราฟิกแบบเวกเตอร์ที่ไม่สามารถออกเอาต์พุตทางพล็อตเตอร์ได้

3.2.1 การสร้างข้อมูลไฟล์พล็อต

การสร้างข้อมูลไฟล์พล็อตจะเริ่มจากการวาดแบบที่เป็นแบบ 2 มิติ โดยใช้โปรแกรมประเภท CAD อย่างเช่น Auto CAD , Protel จากนั้นทำการเปลี่ยนข้อมูลเป็นไฟล์พล็อต



รูปที่ 3.2 แบบ 2 มิติ จากโปรแกรม Auto CAD

```
▯ .(;▯ .I81;;17:▯ .N;19:IN;SC;PU;PU;SP1;LT;VS36;PU;PA431,390;PD;
PA431,497;PA577,497;PA692,508;PA792,541;PA878,597;PA878,5973,4
292;PA2534,4281;PA2659,4267;PA2778,4247;PA2889,4224;PU;PA2994,
4197;PD;PA3093,4165;PA3184,4129;PA3269,4088;PA3347,4044;PA341
9,3995;PA3484,3942;PA3542,3885;PA3593,3823;PA3638,3758;PA3746,
3050;…;PA3736,864;PA3718,842;PA3641,760;PA3559,686;PA3473,623;
PA3381,568;PA3285549,4043;PA1549,2542;PU;PA0,0;SP;
```

รูปที่ 3.3 ข้อมูลไฟล์พล็อตบางส่วนตามรูปที่ 3.2

การเปลี่ยนของโปรแกรม Auto CAD R14 จะทำการเปลี่ยนข้อมูลแบบ 2 มิติ โดยใช้ไดรเวอร์ที่เป็นของเครื่องพล็อตเตอร์ที่มีมาพร้อมกับโปรแกรม Auto CAD R14 แล้วจะได้ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบไฟล์เอกสารที่เรียกว่า Plot file (plt) ตามรูปที่ 3.3

3.2.2 โครงสร้างข้อมูลไฟล์พล็อต

ข้อมูลของไฟล์พล็อตที่ได้เป็นค่าพิกัดในแนวแกน X และ Y มีทั้งแบบสัมบูรณ์ (Absolute) และแบบส่วนเพิ่ม(Increment) โดยจะขึ้นอยู่กับรุ่นของพล็อตเตอร์ซึ่งแต่ละแบบจะมีส่วนประกอบหลักๆ ด้วยกัน 3 ส่วนคือ

1. ส่วนหัว

▯ .(;▯ .I81;;17:▯ .N;19:IN;SC;PU;PU;SP1;LT;VS36;

ส่วนหัวจะเป็นข้อมูลที่แสดงถึงจุดเริ่มต้น เบอร์ของปากกาพล็อต ความเร็วในการพล็อตซึ่งแต่ละรุ่นของเครื่องพล็อตเตอร์จะมีไม่เหมือนกัน

2. ส่วนข้อมูล

PU;PA431,390;PD;PA431,497;PA577,497;PA692,508;PA792,541;PA878,597;PA878,5973,4292;PA2534,4281;PA2659,4267;PA2778,4247;PA2889,4224;PU;PA2994,4197;PD;PA3093,4165;PA3184,4129;PA3269,4088;

ส่วนข้อมูล จะแสดงถึง ทิศทางการเดินของปากกา การลากเส้นต่างๆ ซึ่งจะมีข้อมูลเป็นจำนวนมากโดยที่

PU หมายถึง ยกปากกา

PD หมายถึง วางปากกา

PA หมายถึง ระบบพิกัดแบบสัมบูรณ์และค่าตัวเลขด้านหลัง คือค่าพิกัดในแนวแกน X และแกน Y

3. ส่วนท้าย

PU;PA0,0;SP;

ส่วนท้าย จะบอกถึง ข้อมูลการหยุดทำงาน

ข้อมูลไฟล์พล็อตที่ได้จะถูกนำมาประมวลผลเพื่อแยกรายละเลียดของข้อมูลที่เป็นพิกัดในการเดินของเครื่องมือ ซึ่งจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการตัดแบ่ง เมื่อได้ข้อมูลแล้วจะนำข้อมูลมาทำการแยกรายละเอียดของระดับการทำงานเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องมือให้สามารถกัดชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม

3.3 การหาทางเดินของเครื่องมือจากข้อมูลไฟล์ G-Code

ข้อมูลไฟล์ G-Code ที่ได้จากโปรแกรมประเภท CAM ปรกติจะถูกนำไปใช้งานกับเครื่องจักร CNC ที่มีใช้งานกันทั่วไปซึ่งการทำงานจะมีความแม่นยำสูง ข้อมูลไฟล์ G-Code จึงเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องจักร

3.3.1 การสร้างข้อมูล G-Code

การสร้างข้อมูลทางเดิน 3 มิติ โดยใช้โปรแกรมประเภท CAM สร้างรูปทรง 3 มิติตามความต้องการจากนั้นจะทำตามขั้นตอนของการสร้างทางเดินของเครื่องมือในโปรแกรม CAM ซึ่งเมื่อทำตามขั้นตอนทั้งหมดแล้วจะได้ทางเดินของเครื่องมือในโปรแกรม CAM แล้วทำการเปลี่ยนเป็นข้อมูลทางเดินของเครื่องจักรที่อยู่ในรูป NC file หรือ G-Code

ข้อมูลทางเดินที่ได้จากข้อมูล G-Code จัดเก็บในรูปไฟล์เอกสารที่เรียกว่า เอ็นซี(NC) โดยโปรแกรมเอ็นซีจะประกอบด้วยคำสั่งเป็นบรรทัดต่อๆ กันเรียกแต่ละบรรทัดว่า บล็อก(Block) ซึ่งเป็นการเขียนขึ้นตามขั้นตอนที่ต้องการให้เครื่องจักรทำงานตามที่กำหนด

บล็อก จะแบ่งออกได้โดยการใช้หมายเลขบล็อก เช่น N10 N20 N30 N1290 เป็นต้น และภายในบล็อกจะประกอบด้วยคำ(word) หลายๆ คำรวมกัน คำเหล่านี้จะประกอบขึ้นจากตัวอักษรหรือ สัญลักษณ์กับตัวเลขรวมกัน ตัวอย่างเช่น N20 G01 X120 Y547 Z30 F300 S1500

คำที่อยู่ในโปรแกรมบล็อกของไฟล์อาจจะทำหน้าที่เป็นคำสั่งหรือเป็นเงื่อนไขเสริมสำหรับการทำงานของเครื่องจักร ขึ้นอยู่กับตัวอักษรและตัวเลขที่กำกับอยู่ ตัวอักษรคำสั่งที่มีความสำคัญมากคือ G(G00-G99) ส่วนมากจะเป็นคำสั่งที่ใช้เกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ ส่วนตัวอักษรที่ใช้สำหรับเป็นเงื่อนไขเสริมที่สำคัญก็ได้แก่

X,Y,Z : ข้อมูลโคออร์ดิเนท

F : อัตราป้อน

S : ความเร็วรอบของเพลางาน

รายละเอียดเกี่ยวกับ G-Code

1. คำสั่ง G00 เป็นการเคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งอย่างรวดเร็ว

   รูปแบบ G00 X_ Y_ Z_

2. คำสั่ง G01 เป็นการตัดตามระยะทางที่เป็นเส้นตรงโดยเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดที่กำหนดด้วยความเร็วตาม Feed Rate ซึ่งการกำหนดตำแหน่งจะขึ้นกับว่าเป็น G91 หรือ G90

   รูปแบบ G01 X_ Y_ Z_ F_

3. คำสั่ง G02,G03 ตัดตามแนวโค้งตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา CCW,CW โดยที่คำสั่ง G02 เป็นการเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกาและ G03 เป็นการเคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกา

   รูปแบบ G02 X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ F_

รูปแบบ G03 X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ F_

4. คำสั่ง G04 เป็นการสั่งให้หยุดชั่วขณะหนึ่งตามเวลา P (หน่วยเป็นวินาที)

รูปแบบ G04 P_ (0.001 sec – 999.999)

5. คำสั่ง G20 เป็นการกำหนดการป้อนหน่วยเป็นนิ้ว (Input in Inch)

รูปแบบ G020

6. คำสั่ง G21 เป็นการกำหนดการป้อนหน่วยเป็นมิลลิเมตร (Input in mm.)

รูปแบบ G21

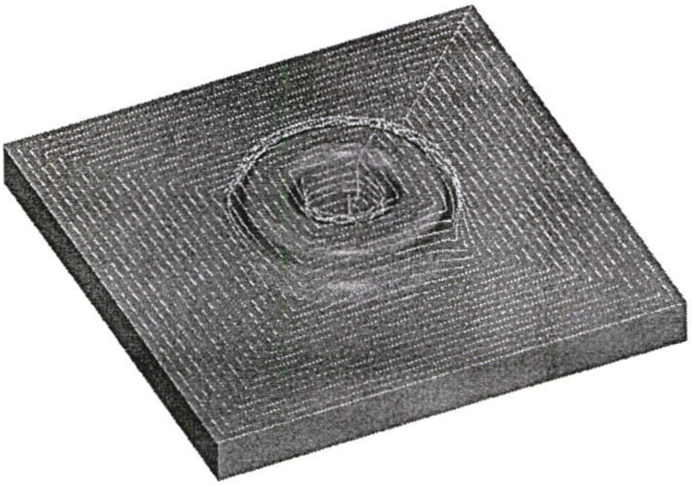
7. คำสั่ง G90 เป็นการกำหนดการคิดระยะทางแบบเทียบกับจุดอ้างอิง (Absolute)

รูปแบบ G90

8. คำสั่ง G91 เป็นการกำหนดการคิดระยะทางแบบคิดระยะจุดต่อจุด (Increment)

รูปแบบ G91

ตัวอย่างใน รูปที่ 3.4 เป็นรูปทรง 3 มิติที่สร้างจากโปรแกรม Master CAM และสร้างทางเดินการตัดชิ้นงานในรูป NC file



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างรูปทรง 3 มิติ และทางเดินของเครื่องมือ

```
(PROGRAM NAME - 3D )
(DATE=DD-MM-YY - 17-02-06  TIME=HH:MM - 15:40 )
N1 G21
N2 G00 G17 G49 G80 G90 G98
( UNDEFINED   TOOL - 1  DIA. OFF. - 1  LEN. - 1  DIA. - 20. )
N3 M03
```

```
N4 G00 X10. Y10.
N5 G00 Z10.
N6 G01 Z0. F30.
N7 X90. F600.
N8 Y90.
N9 X10.
N10 Y10.
N11 G00 Z10.
N12 M03
N13 X30.028 Y40.093
N14 G01 Z0. F30.
N15 G03 X68.117 Y41.148 I18.343 J25.847 F600.
N16 G02 X59.64 Y52.66 I10.802 J16.832
N17 G03 X40.36 I-9.64 J-2.66
N18 G02 X30.028 Y40.093 I-19.279 J5.32
N19 G00 Z10.
…
N200 M05
N201 M30
```

ตัวอย่างข้อมูล G-code ที่มีรูปแบบการใช้งานจริงที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆของข้อมูลทางเดินของรูปที่ 3.4

3.3.2 การเปลี่ยนข้อมูล G-Code เป็นทางเดิน X Y Z

ข้อมูล G-Code ที่ได้จะนำมาเปลี่ยนเป็นทางเดิน X Y Z เพื่อส่งให้กับชุดควบคุมการเคลื่อนที่(Motion Control) โดยข้อมูลที่ส่งจะเป็นของมูลพิกัด X Y Z เท่านั้นไม่สามารถรับข้อมูล G-Code ได้โดยตรง ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนจากรหัส G-Code เป็นข้อมูล X Y Z ก่อน โดยมีวิธีการดังนี้

ข้อมูล G00,G01 สามารถแยกเอาพิกัด X Y Z ได้โดยตรง ตามตัวอย่าง G-Code ดังนี้

```
N1 G00 X10. Y10.
N2 G01 Z-10. F30.
```

N3 X22.

N4 Y20.

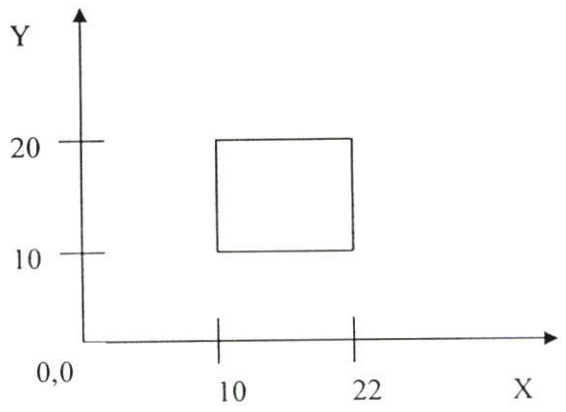
N5 X10.

N6 Y10.

N7 Z10.

N8 G00 X0. Y0.

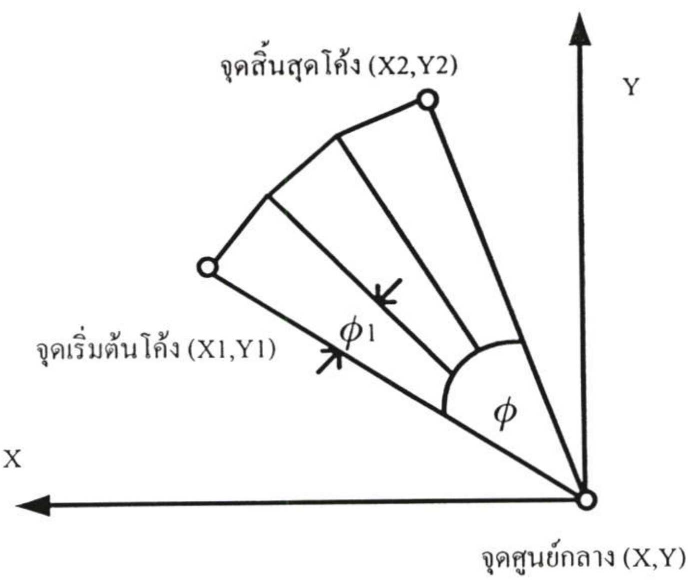
ตามตัวอย่าง G-Code สามารถเขียนเป็นทางเดินได้ตามรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.5 ตัวอย่าง G00 และ G01

ในรูปที่ 3.5 เป็นตัวอย่างการเปลี่ยนรหัส G-Code ที่เป็นรหัส G00 และ G01 ให้เป็นทางเดิน X Y Z

ข้อมูล G02,G03 ต้องประมาณค่ารูปวงกลมด้วยเส้นตรง (Linear approximation of circle) เป็นการแบ่งส่วนของเส้นโค้งหรือวงกลมออกเป็นส่วนเล็กๆ เท่าๆ กันแล้วลากเส้นตรงระหว่างปลายของเส้นโค้งที่แบ่งออกเป็นคอร์ด(chard) ที่มีขนาดเท่ากัน โดยที่คอร์ดจะมีความยาวมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของข้อมูลที่ต้องการสร้าง ถ้าต้องการข้อมูลที่มีความละเอียดมากก็ให้ระยะคอร์ดมีระยะที่สั้น



รูปที่ 3.6 การหาทางเดิน X Y Z จากข้อมูล G02 และ G03

จำนวนช่องที่แบ่ง(n) = ความยาวของส่วนโค้ง / ความยาวของคอร์ด

$$n = \frac{\phi * R}{L} \qquad (2.1)$$

โดยที่ n หมายถึง เลขจำนวนเต็มที่ปัดเศษขึ้นเสมอ

ϕ หมายถึง องศาในการเคลื่อนที่

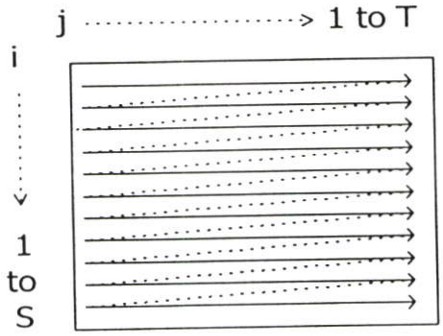
R หมายถึง รัศมีของวงกลม

L หมายถึง ความยาวของคอร์ด

ดังนั้นจะได้องศาที่เปลี่ยนไปในการเคลื่อนที่แต่ละคอร์ด $\phi_1 = \frac{\phi}{n}$ (2.2)

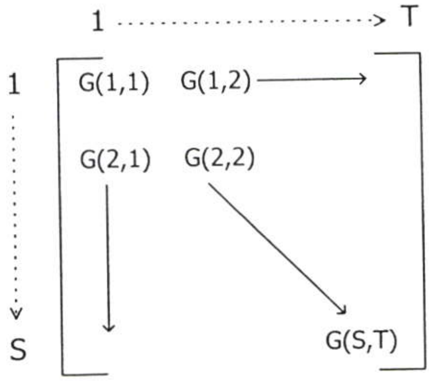
3.4 การหาทางเดินของเครื่องมือจากข้อมูลไฟล์รูปภาพ

ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล สแกนเนอร์หรือโปรแกรมประยุกต์ที่สร้าง ภาพขึ้น เมื่อนำภาพมาผ่านกระบวนการเพื่อแปลงระดับความสว่างของสีเป็นระดับ Gray level ที่ระดับความละเอียด 8 บิต หรือระดับความลึก 0 ถึง 255 ระดับ โดยการหาพิกัดเพื่อให้เครื่องจักรแกนประสานสามารถเดินกัดบนผิววัสดุนั้นจะใช้การสแกนในแนวแกน X และ Y ตามรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงแนวในการสแกนรูปภาพ

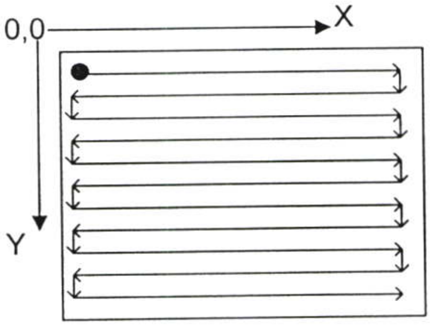
โดยจะกำหนดให้ระดับต่ำสุดในการเดินในแนวแกน X และ Y คือ 1 พิกเซล และในการสแกนจะเริ่มจากตำแหน่งบนสุดทางซ้ายของจอภาพ แล้วเพิ่มค่าขึ้นในทางขวาจนสิ้นสุดขอบภาพ จากนั้นลดระดับในแกนตั้งลง ซึ่งในแต่ละครั้งของการเพิ่มค่าในการสแกนจะทำการเก็บข้อมูลสีของภาพแล้วเปลี่ยนเป็นระดับ Gray level จะได้เมตริกซ์ที่มีค่า Gray level ดังนี้



รูปที่ 3.8 แสดงค่า Gray level ที่ตำแหน่งคู่ลำดับ (i, j)

เมื่อ $G(i, j)$ คือ ค่า Gray level ที่ตำแหน่งคู่ลำดับ (i, j)

เส้นทางเดินของการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรแกนประสานจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อมีเส้นทางในการเดินมีระยะทางที่สั้น ดังนั้นเมื่อได้ข้อมูล Gray level ที่คู่ลำดับ X Y จะนำคู่ลำดับ X Y มาจัดเรียงเพื่อสร้างทางเดินที่สั้นที่สุด โดยสามารถแสดงเส้นทางการเดินของเครื่องจักรแบบแกนประสานได้ดังนี้



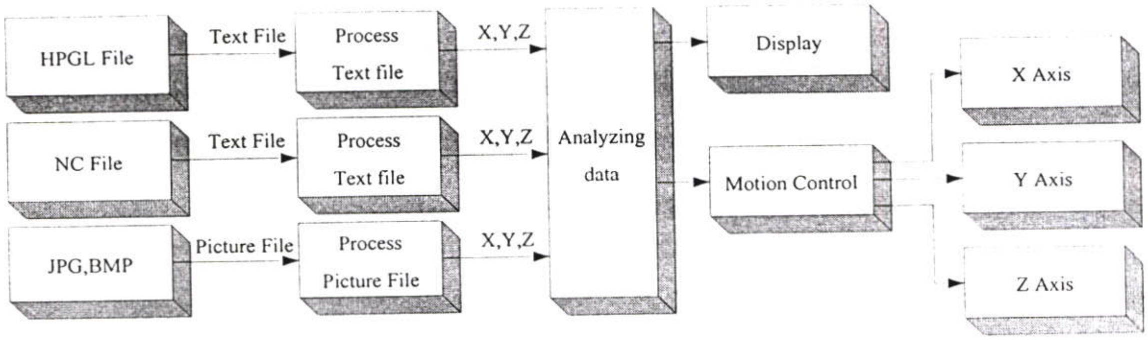
รูปที่ 3.9 แสดงทางเดินการกัดชิ้นงานของเครื่องจักรแกนประสาน

ดังนั้น ในการจัดเก็บข้อมูลก่อนที่จะส่งให้กับเครื่องจักรแกนประสานจะทำการจัดเรียงข้อมูลให้มีความต่อเนื่องกันตามทางเดินรูปที่ 3.9 ในส่วนของระดับความลึกจะใช้ข้อมูล Gray level จากคู่ลำดับ (i, j) ตามรูปที่ 3.8 ซึ่งจะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และแกน Y

บทที่ 4
การออกแบบและสร้างซอฟแวร์ปฏิบัติการ

4.1 กล่าวนำ

การออกแบบซอฟแวร์ปฏิบัติการเพื่อควบคุมตำแหน่งของเครื่องจักรแกนประสานให้ทำงานตามข้อมูลที่ต้องการจะใช้โปรแกรมภาษาวิชวลเบสิก ออกแบบในส่วนการรับข้อมูลจากโปรแกรมที่สร้างทางเดิน 2 มิติ 3 มิติ และรูปภาพโดยสามารถแบ่งการทำงานออกเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้



รูปที่ 4.1 ภาพรวมของโปรแกรม

ขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมตามรูปที่ 4.1 สามารถอธิบายได้ดั้งนี้

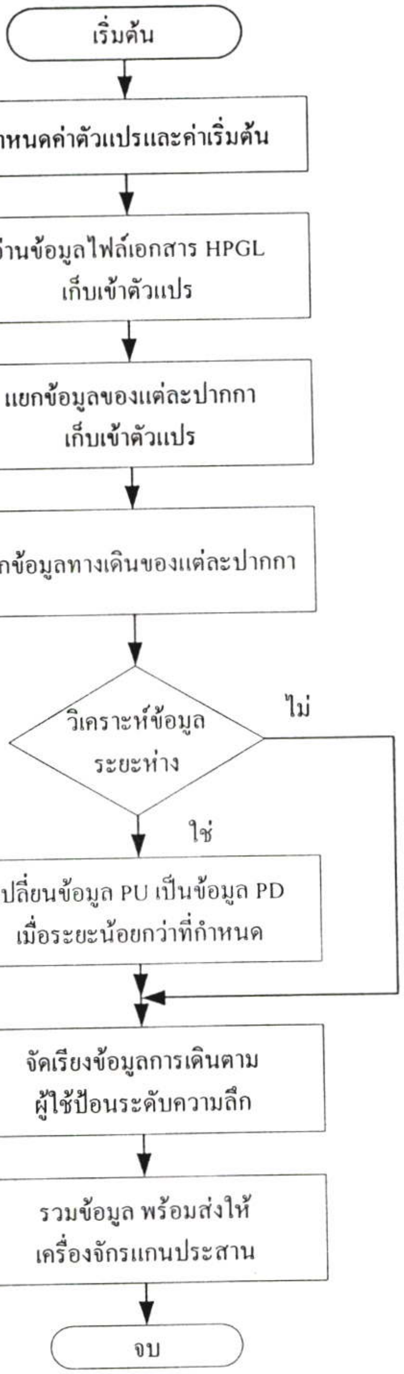
1. การับข้อมูล โปรแกรมจะทำการรับข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมที่สร้างทางเดิน 2 มิติ ที่อยู่ในรูปไฟล์เอกสาร(HPGL File) ส่วนทางเดิน 3 มิติ จะอยู่ในรูป G-code(NC File) และรูปภาพ (JPG,BMP) ซึ่งจะมีการจัดเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันและแยกข้อมูลของแต่ละส่วนออกเป็นส่วนๆ เพื่อนำไปหาทางเดิน

2. การแยกข้อมูลทางเดินจากข้อมูลที่รับเข้ามาในรูปไฟล์เอกสารและรวมถึงการหาทางเดินของข้อมูลรูปภาพ จะมีรูปแบบในการแยกที่แตกต่างกัน

3. การเรียงข้อมูล ข้อมูลบางส่วนจะได้จากผู้ใช้งาน เช่น อัตราป้อนชิ้นงาน ลำดับการกัดชิ้นงาน ซึ่งข้อมูลจะถูกจัดเรียงตามกระบวนการของผู้ใช้งานและจะจัดเก็บข้อมูลที่ได้ในรูปไฟล์เอกสารที่ประกอบด้วย ระยะทางการเดินในแนวแกน X Y Z อัตราเร็ว

4. การทดสอบทางเดิน โดยการแสดงด้วยกราฟฟิกบนคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วย เส้นตรงที่แสดงถึงทางเดินการเคลื่อนที่

4.2 โปรแกรมส่วนการรับข้อมูล HPGL



รูปที่ 4.2 แผนภาพโปรแกรมส่วนการรับข้อมูล HPGL

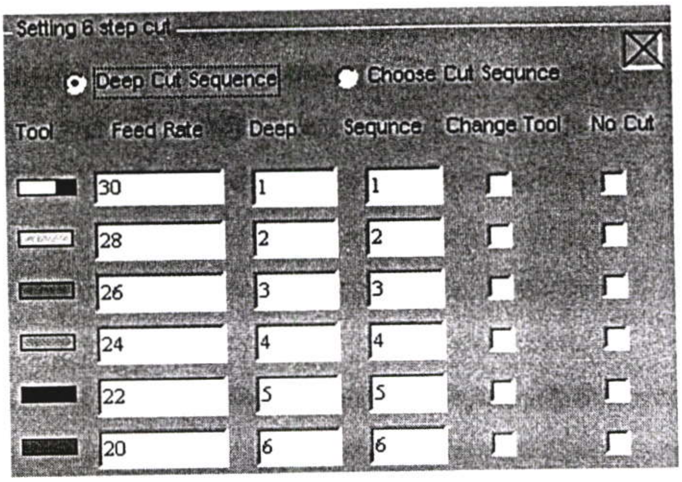
ข้อมูลทางเดิน 2 มิติ ที่จัดเก็บในรูปของแฟ้มข้อมูลเอกสาร HPGL หรือ PLT file จะถูกแยกข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนหัว ส่วนข้อมูลและส่วนท้าย โดยส่วนที่ใช้งานคือ ส่วนข้อมูลจะมีรายละเอียดของการเคลื่อนที่ปากกาในพิกัด X Y และในการเก็บจะเก็บเฉพาะส่วนที่เป็นข้อมูลทางเดินดังเช่น

"PU;PA2994,4197;PD;PA3093,4165;PA3047,4144;PA3000,4100;PU;PA2994,4197" คือการยกปากกาไปที่ตำแหน่ง X2994 Y4197 แล้ววางปากกาที่ตำแหน่ง X3093 Y4165 จากนั้นลากปากกาไปที่ตำแหน่ง X3047 Y4144 และลากไปอีกที่ตำแหน่ง X3000 Y4165 สุดท้ายยกปากกาแล้วไปที่ตำแหน่ง X2994 Y4197 โปรแกรมจะทำการเก็บเข้าไว้ในตัวแปร

จากตัวอย่างที่เห็นเป็นเพียงข้อมูลส่วนเดียว ซึ่งชิ้นงานที่เราต้องการสร้างจะประกอบไปด้วยข้อมูลเป็นจำนวนมากและมีส่วนที่ใช้ในการแยกสีของปากกาโดยจะมีคำว่า "SP0","SP1","SP2","SP3","SP4","SP5" หมายถึง ปากกาเบอร์ศูนย์ เบอร์หนึ่ง ถึงเบอร์ห้า โดยสามารถกำหนดสีของปากกาได้ตามความต้องการในแบบ 2 มิติที่อยู่ในโปรแกรมวาดแบบซึ่งจะมีตัวอย่างที่ได้จากโปรแกรมวาดแบบ 2 มิติดังเช่น

"**SP0**;PU;PA2994,4197;PD;PA3093,4165;**SP1**;PU;PA3540,4684;PD;PA3200,4505;" คือการยกปากกาเบอร์ศูนย์ไปที่ตำแหน่ง X2994 Y4197 แล้ววางปากกาที่ตำแหน่ง X3093 Y4165 จากนั้นนำปากกาเบอร์หนึ่งยกไปที่ตำแหน่ง X3540 Y4684 แล้ววางปากกาที่ตำแหน่ง X3200 Y4505 ข้อสังเกตจะต้องนำปากกาเบอร์ศูนย์เก็บเข้าที่ตำแหน่งเริ่มต้นแล้วถึงจะหยิบปากกาเบอร์หนึ่งออกมาจากที่เก็บแล้วทำงานจนกระทั่งเสร็จแล้วนำปากกาเบอร์หนึ่งเก็บเข้าที่เดิม

เมื่อนำส่วนข้อมูลมาแยกเอาเฉพาะทางเดิน X Y และแบ่งกลุ่มทางเดินตามเบอร์ปากกาที่สามารถกำหนดได้จากสีที่ใช้ในการเขียนทางเดินจากโปรแกรม CAD โดยสามารถแยกแบ่งกลุ่มได้ 6 ระดับ โดยสีที่ใช้คือ ขาวกับแดงเป็นหนึ่งสี สีเหลือง สีเขียว สีฟ้า สีน้ำเงิน และสีม่วง จากนั้นผู้ใช้จะเป็นคนกำหนดระดับความลึก ความเร็วในการเคลื่อนที่และลำดับการเดินตัดชิ้นงานเพื่อให้การทำงานมีความเหมาะสมกับชิ้นงานที่ต้องการสร้าง ดังเช่นรูปที่ 4.3

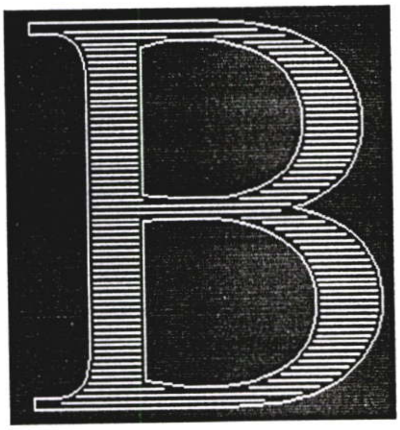


รูปที่ 4.3 หน้าต่างกำหนดค่าในการทำงานแบบ 6 ระดับ

จากรูปที่ 4.3 จะเป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานได้กำหนดค่าความเร็ว ความลึก ลำดับการทำงาน การเปลี่ยนขนาดหัวกัดและเลือกว่าจะสร้างทางเดินหรือไม่สร้างทางเดินเฉพาะสี โดยการกำหนดค่าจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของชิ้นงานและวัสดุที่ใช้

จากการแบ่งกลุ่มการเดินด้วยสีจะสามารถเลือกได้ว่าต้องการเดินตัดหรือไม่เดินตัดสีที่ไม่ต้องการหรือต้องการเดินตัดสีที่เดินตัดไปแล้วแต่เปลี่ยนระดับความลึกและความเร็วเพื่อให้เกิดทางเดินตามความเหมาะสม

ในการสร้างชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นงานแกะสลักดังรูปที่ 4.4 จะมีข้อมูลทางเดินที่เกิดขึ้นภายในกรอบตัวอักษรเพื่อกัดชิ้นงานที่ไม่ต้องการออก จากนั้นสร้างทางเดินการเคลื่อนที่ 2 มิติจะได้ดังรูปที่ 4.5

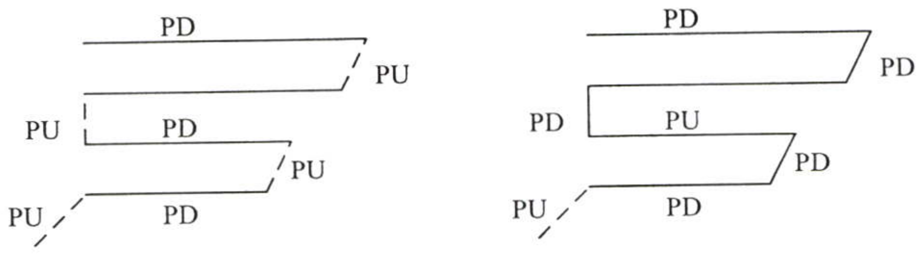


รูปที่ 4.4 แบบงานแกะสลัก

▯ .(;▯ .I81;;17:▯ .N;19:IN;SC;PU;PU;SP1;LT;VS36;PU;PA893,692;PD;PA893,800;PA1039,800;PA1154,811;PA1254,844;PA1340,899;PA1341,900;PA1385, , , , 2921;**PU**;PA1509,2984;**PD**;PA1961,2984;**PU**;PA1961,3048;**PD**;PA1509,3048;**PU**;PA1509,3111;**PD**;PA1961,3111;**PU**;PA1961,3175;**PD**;PA1509,3175;**PU**;PA1509,3238;**PD**;PA1961,3238;**PU**;PA1961,3302;**PD**;PA1509,3302;**PU**;PA1509,3365;;,2032;**PU**;PA1509,2095;**PD**;PA1961,2095;**PU**;PA1961,2159;**PD**;PA1509,2159;**PU**;PA1509,2222;**PD**;PA1961,2222;**PU**;PA1961,2286;**PD**;PA1509,2286;**PU**;PA1509,2349;**PD**;PA1961,2349;**PU**;PA1961,2413;**PD**;PA1509,2413;**PU**;PA1509,2476;**PD**;PA1961,2476;**PU**;PA1961,2540;**PD**;PA1509,2540;**PU**;PA1509,2603;**PD**;PA1961,2603;**PU**;PA1509,2667;**PD**;PA3393,2667;**PU**;PA3496,2730;**PD**;PA1509,2730;**PU**;PA2768,4445;**PD**;PA3461,4445;**PU**;PA3634,4381;**PD**;PA3052,4381;**PU**;PA0,0;SP;

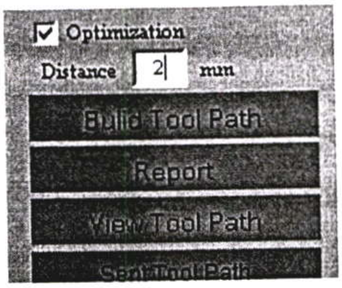
รูปที่ 4.5 ข้อมูลไฟล์พล็อตบางส่วนของรูปที่ 4.4

ข้อสังเกตจากข้อมูลไฟล์พล็อตในรูปที่ 4.5 ทางเดินในการเคลื่อนที่จะไม่มีความต่อเนื่องในช่วงการแกะสลักด้านในตัวอักษร ดังนั้นในการออกแบบโปรแกรมจึงต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่มีความต่อเนื่องโดยการวิเคราะห์ระยะห่างที่สั้นกว่าที่กำหนดโดยผู้ใช้ ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.6 และในส่วนการรับค่าระยะห่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ตามรูปที่ 4.7

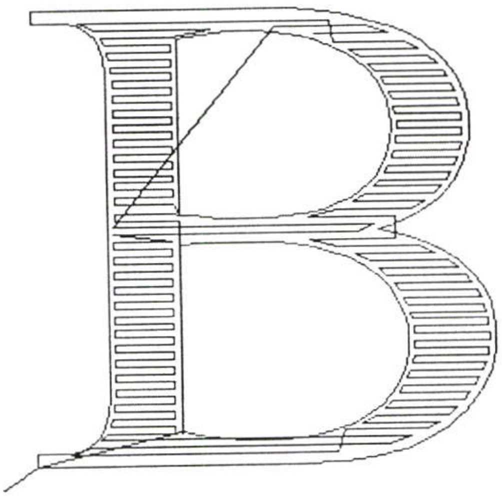


a. ข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ b. ข้อมูลหลังการวิเคราะห์

รูปที่ 4.6 ข้อมูลก่อนการวิเคราะห์และหลังการวิเคราะห์ระยะห่าง



รูปที่ 4.7 การกำหนดระยะห่างในการวิเคราะห์ในหน้าต่างโปรแกรม

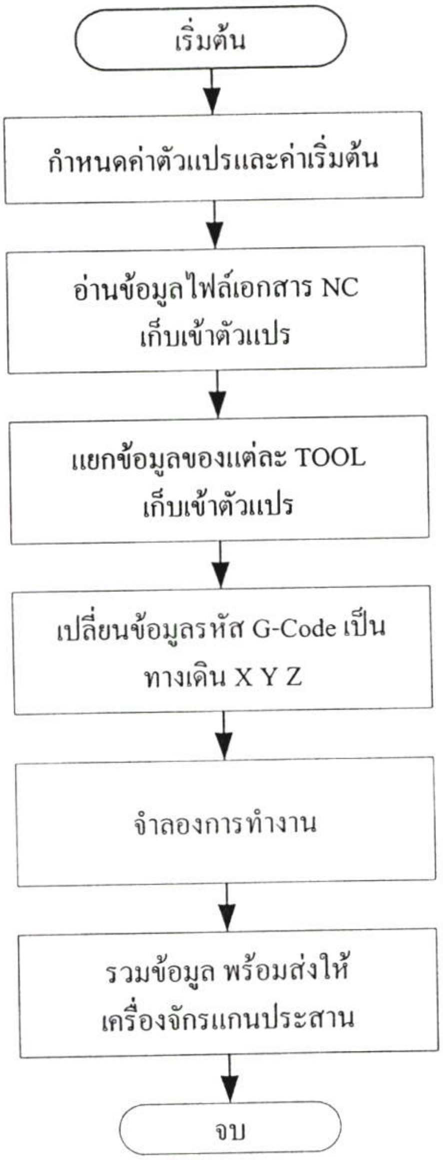


รูปที่ 4.8 ทางเดินที่ผ่านการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม

ในรูปที่ 4.8 เป็นทางเดินของเครื่องมือที่ได้ผ่านการวิเคราะห์จากโปรแกรมด้วยค่าระยะห่างที่ป้อนจากผู้ใช้และเมื่อผ่านการวิเคราะห์จะเห็นว่ามีทางเดินที่เชื่อมต่อภายในกรอบตัวอักษรซึ่งจะได้ทางเดินที่มีความต่อเนื่องมากกว่าก่อนการวิเคราะห์

ในการทำชิ้นงาน 2 มิติ ในรูปแบบต่างๆ สามารถสร้างได้โดยใช้โปรแกรม Auto CAD R14 แล้วเปลี่ยนเป็นข้อมูลไฟล์พล็อตเพื่อสร้างทางเดินของเครื่องมือ จากนั้นเปิดข้อมูลไฟล์พล็อตด้วยโปรแกรมที่สร้างแล้วกำหนดค่าต่างๆ ตามการทำงานเพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างถูกต้อง

4.3 โปรแกรมส่วนการรับข้อมูล G-Code



รูปที่ 4.9 แผนภาพโปรแกรมส่วนการรับข้อมูล G-Code

ข้อมูลทางเดิน 3 มิติที่ได้จากโปรแกรมประเภท CAM ที่จัดเก็บข้อมูลในรูป NC file จะถูกแยกข้อมูลออกเป็นบล็อกโดยแต่ละบล็อกจะนำมาเปลี่ยนเป็นข้อมูลทางเดิน X Y Z จนกระทั่งครบทุกบล็อก แล้วข้อมูลที่ได้จากการเปลี่ยนจะถูกเก็บไว้ในตัวแปรอะเรย์ที่มีการจัดเรียงข้อมูลอย่างต่อเนื่องตามลำดับของข้อมูล G-code พร้อมส่งให้กับชุดควบคุมการเคลื่อนที่

ตัวอย่างข้อมูล G00

N1 G00 X100 Y120 Z10

หมายถึง การเดินด้วยความเร็วสูงสุดของเครื่องจักรไปที่ตำแหน่งพิกัด X100 Y120 Z10 โดยจะต้องไม่สัมผัสชิ้นงานและในส่วนของโปรแกรมที่ออกแบบก็จะทำการเก็บข้อมูลค่าพิกัด X100 Y120 Z10 และกำหนดความเร็วของเครื่องจักรที่ความเร็วสูงสุด

ตัวอย่างข้อมูล G01

N2 G01 X10 Y20 Z-1 F100

หมายถึง การเดินตัดชิ้นงานที่พิกัด X10 Y20 Z-1 ด้วยความเร็วที่กำหนดโดย F100 หมายถึงความเร็วในการเดินที่ 100 มิลลิเมตรต่อนาทีและในส่วนของโปรแกรมที่ออกแบบก็จะทำการเก็บข้อมูลค่าพิกัดและค่าความเร็ว

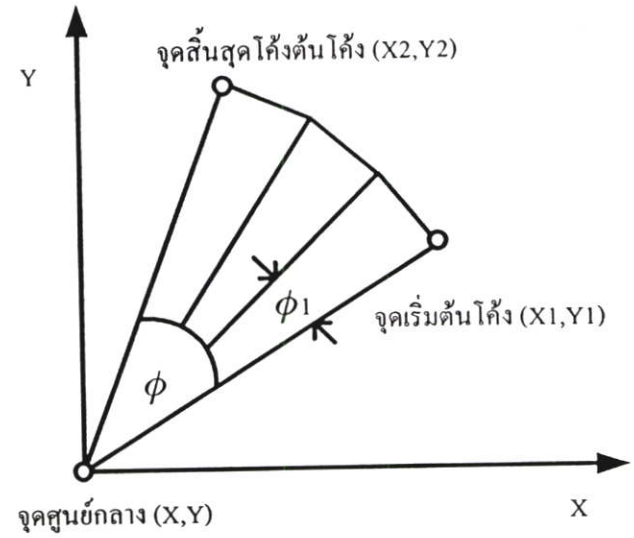
ตัวอย่างข้อมูล G02

N1 G00 X37.50 Y27.88

N2 G01 Z0. F500.

N3 G02 X25.24 Y39.80 I-22.50 J-10.88

หมายถึง การเดินเป็นเส้นโค้งทวนนาฬิกาโดยมีจุดเริ่มต้นของเส้นอยู่ที่ X = 37.50 Y = 27.88 และมีจุดปลายอยู่ที่ X= 25.24 Y=39.80 ส่วน I หมายถึง ระยะจากจุดเริ่มต้นโค้งถึงกึ่งกลางของโค้งในแกน X ส่วน J หมายถึง ระยะจากจุดเริ่มต้นโค้งถึงกึ่งกลางของโค้งในแนวแกน Y



รูปที่ 4.10.การเปลี่ยนข้อมูล G02 เป็นทางเดิน X Y Z

จากตัวอย่าง G02 จะนำมาเปลี่ยนเป็นข้อมูล X Y Z ได้ดังรูปที่ 4.10 โดย

(X1,Y1) = (37.50,27.88)

(X2,Y2) = (25.24,39.8)

(X,Y) = ((X1+I),(Y1+J)) = (15,17)

$$\text{จำนวนช่องที่แบ่ง(n)} = \frac{\text{ความยาวของส่วนโค้ง}}{\text{ความยาวของคอร์ด}}$$

$$n = \frac{\phi * R}{L}$$

ให้ความยาวคอร์ดมีค่า = 1 มิลลิเมตร

$$n = \frac{(3.14*40)}{180 * 25}$$

$$n = 17.4444$$

โดยที่ n เป็นเลขจำนวนเต็มที่ปัดเศษขึ้นเสมอ

ดังนั้นจะได้องศาที่เปลี่ยนไปในการเคลื่อนที่แต่ละคอร์ด

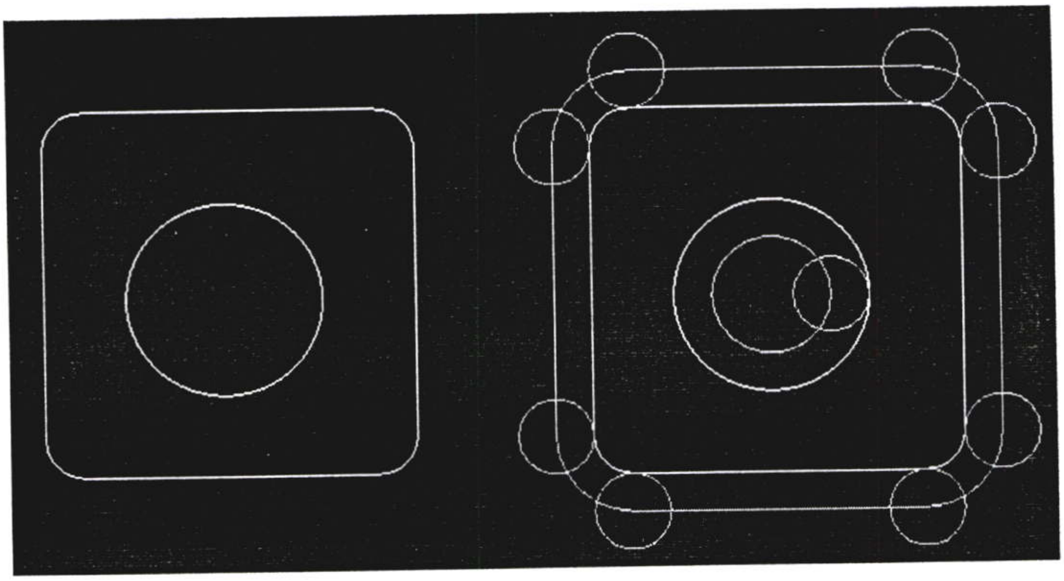
$$\phi_1 = \frac{\phi}{n}$$

$$\phi_1 = 2.22 \text{ องศา}$$

เมื่อได้องศา(ϕ) ที่ต้องการแล้วจากนั้นจะหาค่าพิกัดต่อจากจุดเริ่มต้น(X1,Y1) โดยการแทนค่ามุมแล้วหาค่าพิกัดของจุดที่อยู่บนเส้นโค้งตามจำนวนที่ได้คำนวณไว้ ซึ่งในแต่ละครั้งของการคำนวณจะเก็บค่าที่ได้ไว้ในตัวแปรอะเรย์

ในส่วนของข้อมูล G03 มีลักษณะของการทำงานที่คล้ายกับ G02 ต่างกันตรงที่ การเคลื่อนที่จะสวนทางกัน

ตัวอย่างในรูปที่ 4.11 เป็นตัวอย่างชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม Master CAM แล้วสร้างทางเดินข้อมูล G-Code



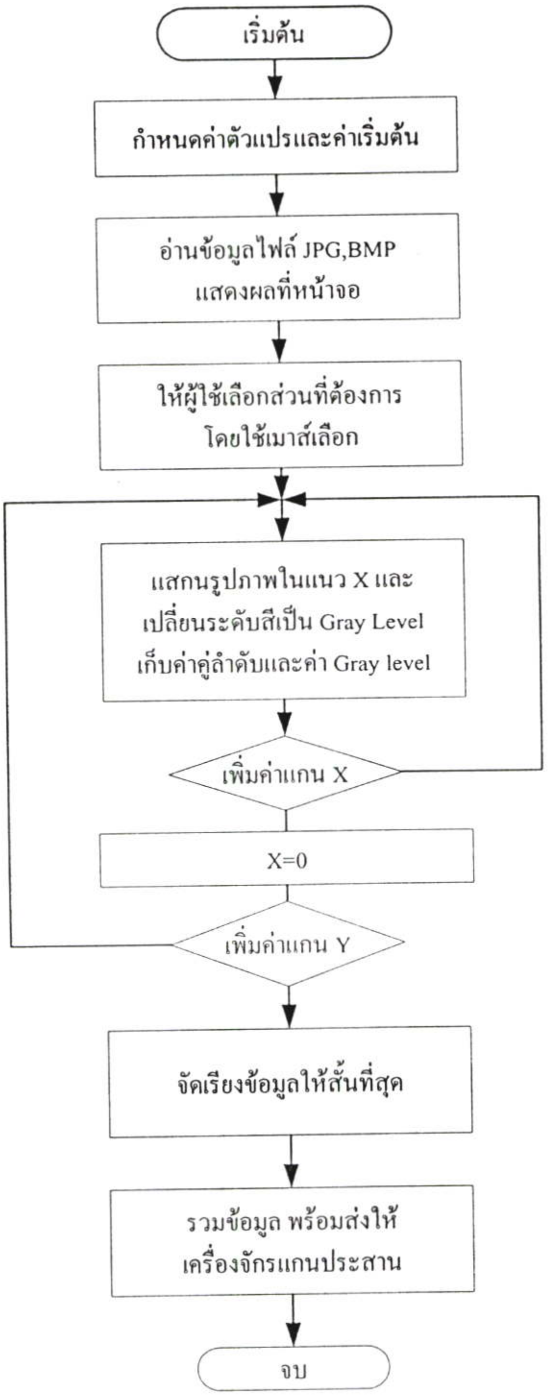
รูปที่ 4.11 ตัวอย่างชิ้นงานและทางเดินของหัวกัดจากโปรแกรม Master CAM V9

```
(PROGRAM NAME - PAPER22 )
(DATE=DD-MM-YY - 14-04-06  TIME=HH:MM - 20:29 )
N1 G21
N2 G00 G17 G49 G80 G90 G98
( UNDEFINED   TOOL - 1  DIA. OFF. - 21  LEN. - 2  DIA. - 20. )
N3 G00 X-7. Y13.
```

```
N4 G00 Z10.
N5 G01 Z-2.0 F30.
N6 Y90.
N7 G02 X13. Y110. I20. J0.
N8 G01 X90.
N8 G02 X110. Y90. I0. J-20.
N10 G01 Y13.
N11 G02 X90. Y-7. I-20. J0.
N12 G01 X13.
N13 G02 X-7. Y13. I0. J20.
N14 G01 Z10.
N15 G00 X65.619 Y50.
N16 G01 Z-2.0
N17 G03 X34.381 I-15.619 J0.
N18 X65.619 I15.619 J0.
N19 G01 Z10.
N21 M30
```

ในตัวอย่างด้านบน บรรทัดแรก จะเป็นชื่อไฟล์ G-code ที่ได้จากโปรแกรม Master CAM V9 บรรทัดที่สอง บอกถึงวันเวลาที่สร้างข้อมูล บรรทัดที่สาม G21 หมายถึง หน่วยในการทำงานเป็นแบบมิลลิเมตร บรรทัดที่สี่บอกถึงการเริ่มต้นการทำงานของเครื่อง CNC บรรทัดที่ห้าบอกถึงหัวกัดที่หนึ่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร บรรทัดที่หก เป็นการเดินหัวกัดด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X-7 Y13 บรรทัดที่เจ็ด ให้เดินแกน Z ลงมาที่ตำแหน่งห่างจากชิ้นงาน 10 มิลลิเมตร บรรทัดที่แปด ให้เดินแกน Z มาที่ระยะ -2 มิลลิเมตร ด้วยความเร็ว 30 เมตรต่อนาที ช่วงนี้จะเป็นช่วงสัมผัสชิ้นงานครั้งแรกในแนวแกน Z บรรทัดต่อไป ให้เดินในแนวแกน Y ไปที่ระยะ 90 มิลลิเมตร บรรทัดต่อไปให้เดินเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา และทำงานจนครบทุกบรรทัดก็จะได้ทางเดินการเคลื่อนที่ตามรูปที่ 4.11

4.4 โปรแกรมส่วนการรับข้อมูลรูปภาพ



รูปที่ 4.12 แผนภาพโปรแกรมส่วนการรับข้อมูลรูปภาพ

การหาข้อมูลทางเดินจากรูปภาพจะเริ่มจากการเลือกรูปภาพที่ต้องการจากนั้นโปรแกรมจะทำการเปิดรูปภาพในกล่องรูปภาพเพื่อใช้กล่องรูปภาพเป็นตัวตรวจจับสีของรูปภาพแล้วเปลี่ยนเป็นระดับความสว่างหรือ Gray Level ที่ระดับความละเอียด 0-255 ระดับ เมื่อเปิดรูปภาพแล้วจะสามารถกำหนดขอบเขตในการทำงานได้ว่าต้องการส่วนใดในการหาทางเดินเพื่อสร้างชิ้นงานเฉพาะส่วนที่ต้องการได้ เมื่อกำหนดแล้วโปรแกรมในส่วนการสแกนจะเริ่มสแกนในรูปภาพแล้วจะคำนวณหาค่าระดับความสว่างตามสมการดั้งนี้

$$B = Color / 65536$$

$$G = (Color - B * 65536) / 256$$

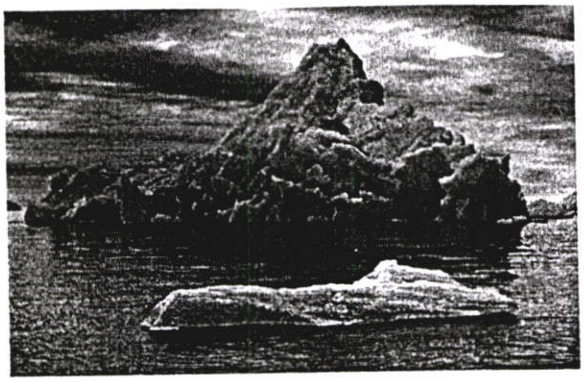
$$R = Color - (B * 65536) - (g * 256)$$

$$Gray = (B + g + R) / 3$$

Color	หมายถึง	ค่าสีที่ตรวจจับได้จากรูปภาพ
B	หมายถึง	ระดับความสว่างของสีน้ำเงิน
G	หมายถึง	ระดับความสว่างของสีเขียว
R	หมายถึง	ระดับความสว่างของสีแดง
Gray	หมายถึง	ระดับความสว่างของภาพ

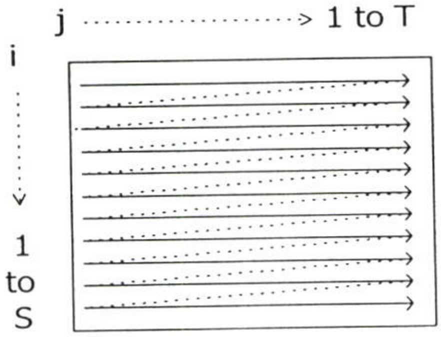
ตัวแปรทั้งหมดจะต้องเป็นจำนวนเต็ม และเมื่อมีค่าเศษจะปัดทิ้ง

การสแกนมีระยะคือ 1 pixcel หรือประมาณ 0.26 มิลลิเมตรและค่า Gray Level ที่ได้จากการคำนวณในแต่ละจุดจะถูกจัดเก็บในตัวแปรอะเรย์และเมื่อการสแกนรูปเสร็จสิ้น โปรแกรมจะทำการจัดเรียงข้อมูลใหม่เพื่อให้การทำงานของเครื่องจักรแกนประสานมีการทำงานที่ต่อเนื่องและรวดเร็ว ข้อมูลหลังจากการจัดเรียงจะจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดของรูปภาพและข้อมูลจากผู้ใช้งาน เช่น ความเร็ว ความลึก รูปแบบการเดินตัดกรอบเพื่อส่งให้กับชุดควบคุมการเคลื่อนที่ ยกตัวอย่างงานรูปภาพตามรูปที่ 4.14 แสดงรูปภาพภูเขาน้ำแข็ง

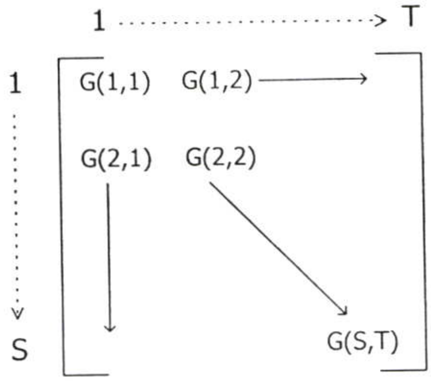


รูปที่ 4.13 รูปภาพภูเขาน้ำแข็ง

จากรูปที่ 4.13 เมื่อเริ่มการสแกนจะเริ่มจากตำแหน่ง (i,j) = (1,1) แสดงได้ดังรูปที่ 4.14

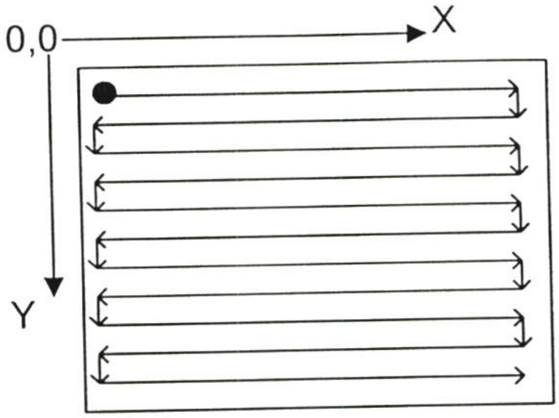


รูปที่ 4.14 แนวการสแกนรูปภาพ



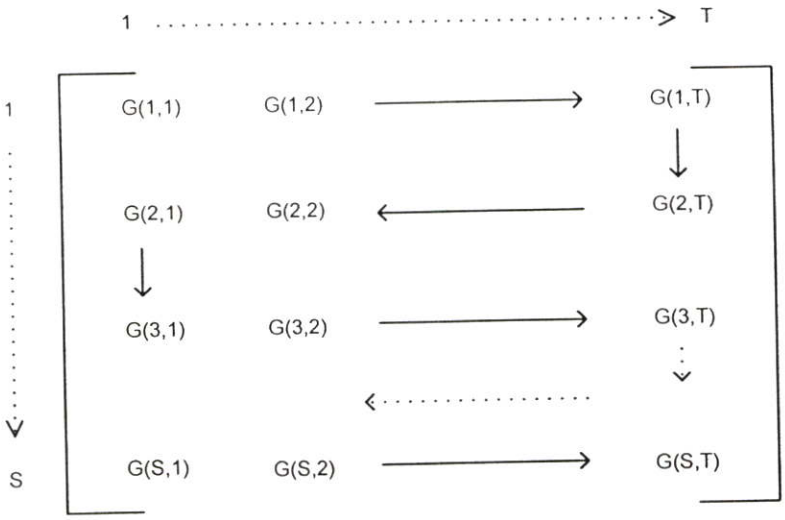
รูปที่ 4.15 แสดงค่า Gray level ที่ตำแหน่งคู่ลำดับ (i, j)

เมื่อการสแกนรูปภาพเสร็จเรียบร้อยจากนั้นโปแกรมจะทำการจัดเรียงข้อมูลทางเดินของเครื่องจักรแกนประสานให้มีการทำงานที่ต่อเนื่องดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงทางเดินการกัดชิ้นงานของเครื่องจักรแกนประสาน

ข้อมูลที่จัดเจ็บจะมีการจัดเก็บให้มีความต่อเนื่องดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 แสดงการจัดเก็บตัวแปรอะเรย์และระดับค่า Gray level

บทที่ 5
การทดลอง

5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะเป็นการทดลองการสร้างชิ้นงานจากโปรแกรมที่ออกแบบขึ้น โดยการสร้างชิ้นงาน 2 มิติ ที่มีรูปร่างต่างๆ กันโดยใช้โปรแกรม Auto CAD R14 ในส่วนชิ้นงาน 3 มิติ จะสร้างจากโปรแกรม Master CAM V9 และการสร้างชิ้นงานที่เป็นรูปภาพ

รูปที่ 5.1 แสดงเครื่องจักรแกนประสานที่ใช้สร้างชิ้นงาน

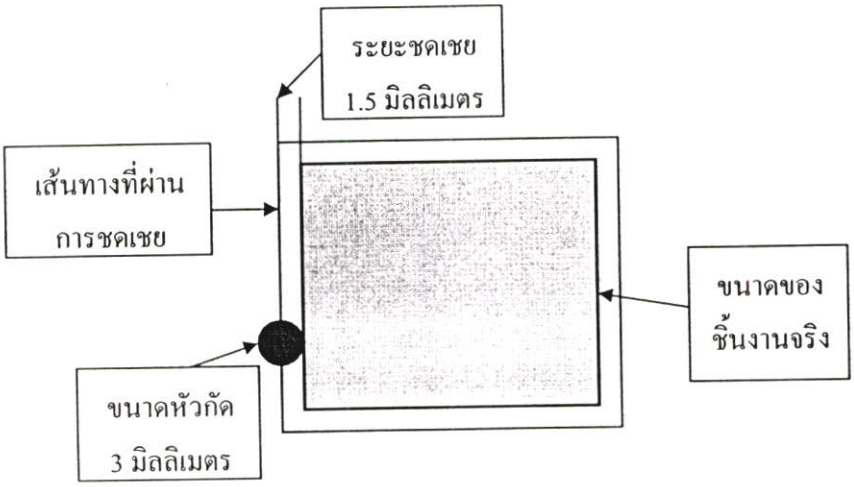
(a) หัวกัดงาน 2 มิติ (b) หัวกัดงาน 3 มิติ (c) หัวกัดงานรูปภาพ

รูปที่ 5.2 หัวกัดชิ้นงานประเภทต่างๆ

5.2 การสร้างชิ้นงานแบบ 2 มิติ

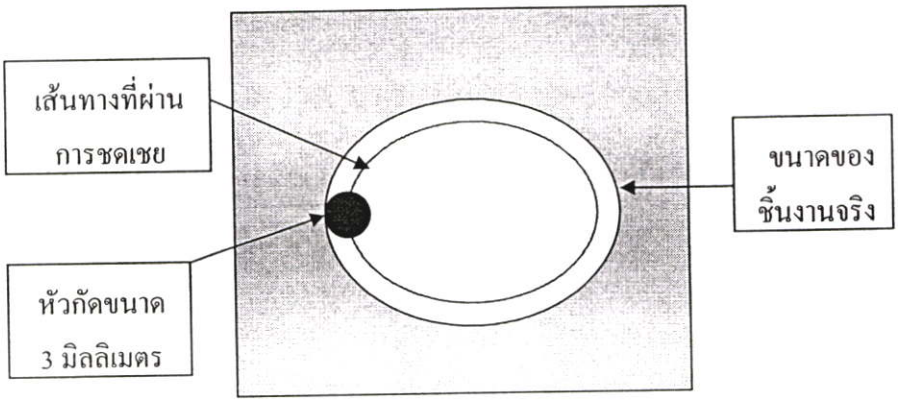
การสร้างชิ้นงาน 2 มิติ ด้วยโปรแกรมเขียนแบบต่างๆ จะทำการชดเชยขนาดของหัวกัด เนื่องจากทางเดินจะทับกับเส้นที่ใช้วาดแบบ ซึ่งการชดเชยจะมีขนาดครึ่งหนึ่งของขนาดหัวกัด โดยรูปแบบในการชดเชยจะมีอยู่ 2 แบบ คือ

1. การชดเชยด้านนอก หมายถึง เมื่อต้องตัดชิ้นงานที่ต้องการให้ได้ขนาด



รูปที่ 5.3 การชดเชยด้านนอกของขนาดหัวกัด

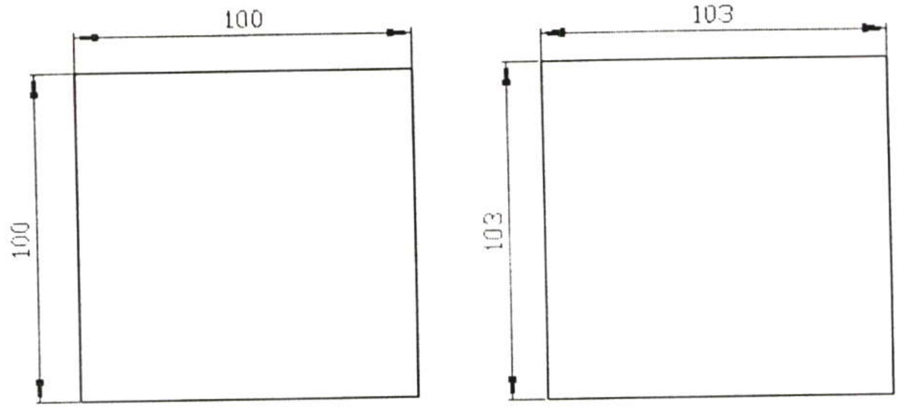
2. การชดเชยด้านใน หมายถึง การเจาะหรือคว้านเพื่อให้ได้ขนาดด้านในรูปถูกต้อง



รูปที่ 5.4 การชดเชยด้านในของขนาดหัวกัด

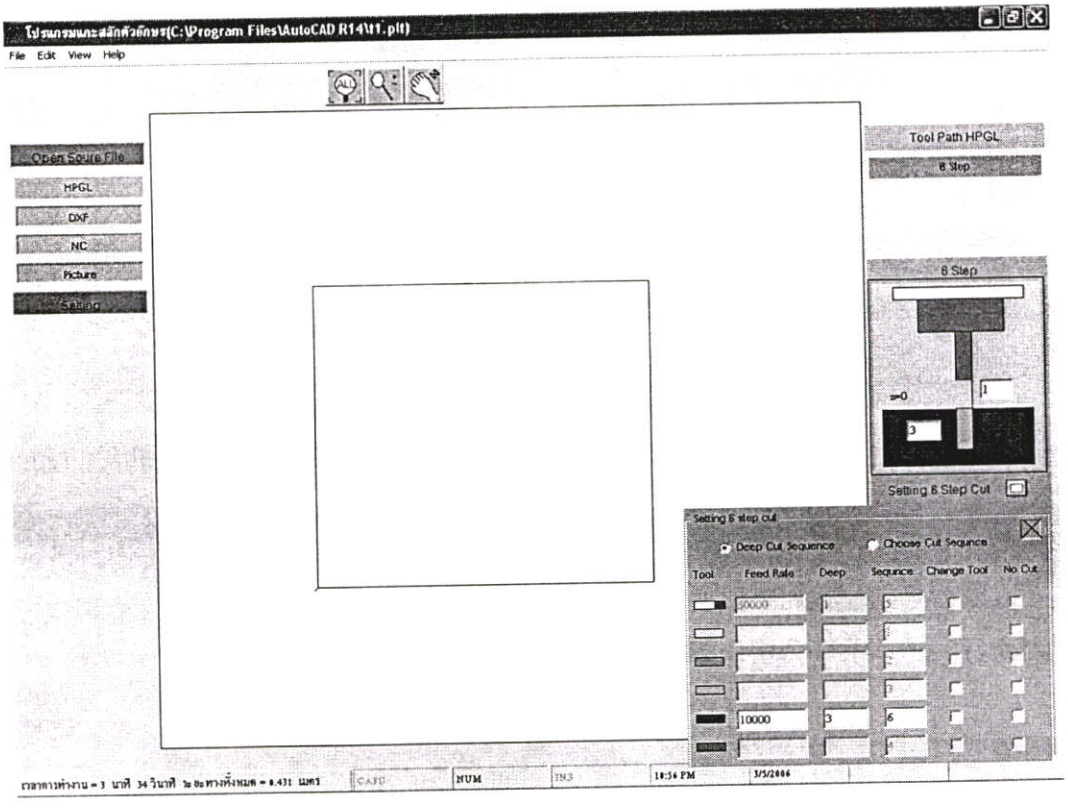
ตัวอย่างตามรูปที่ 5.5 เป็นการสร้างชิ้นงานขนาด กว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร ใช้หัวกัดขนาด 3 มิลลิเมตร วัสดุเป็นพลาสติกใส หนา 3 มิลลิเมตร

การเปลี่ยนข้อมูลเป็นไฟล์พล็อตโดยใช้โปรแกรม Auto CAD R14 จะใช้ไดรเวอร์ของเครื่องพล็อตเตอร์รุ่น HP 7475 ที่มีอยู่ในโปรแกรม Auto CAD R14

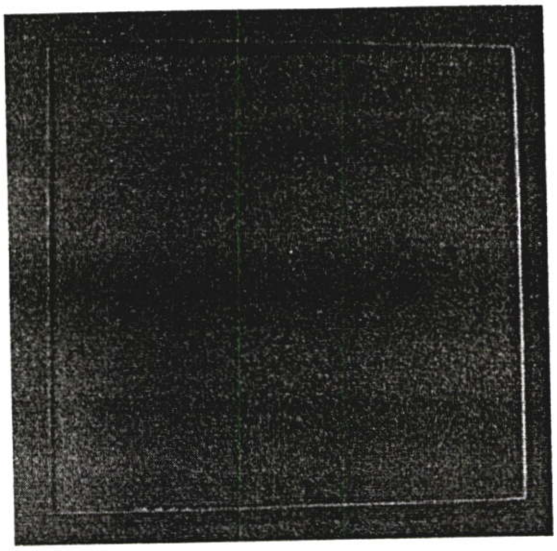


(a) รูปแบบที่สร้างจากโปรแกรม Auto CAD (b) การชดเชยของขนาดหัวกัด 3 มิลลิเมตร

รูปที่ 5.5 แบบสี่เหลี่ยมที่วาดจากโปรแกรม Auto CAD

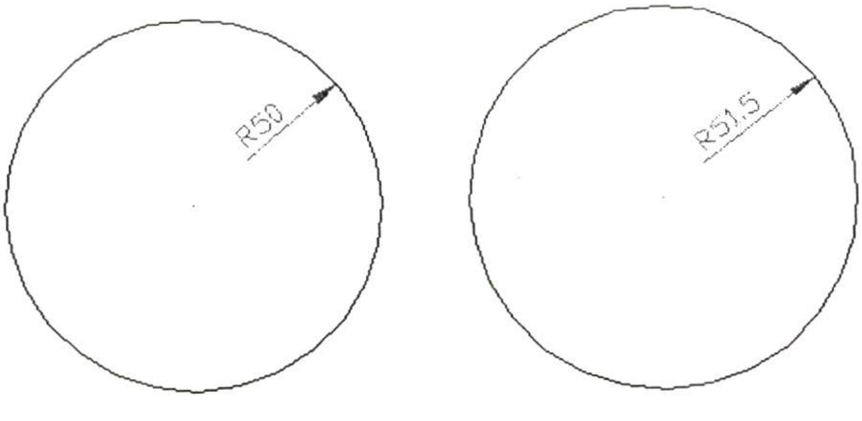


รูปที่ 5.6 แสดงหน้าต่างการทำงานจากข้อมูลของรูปที่ 5.5

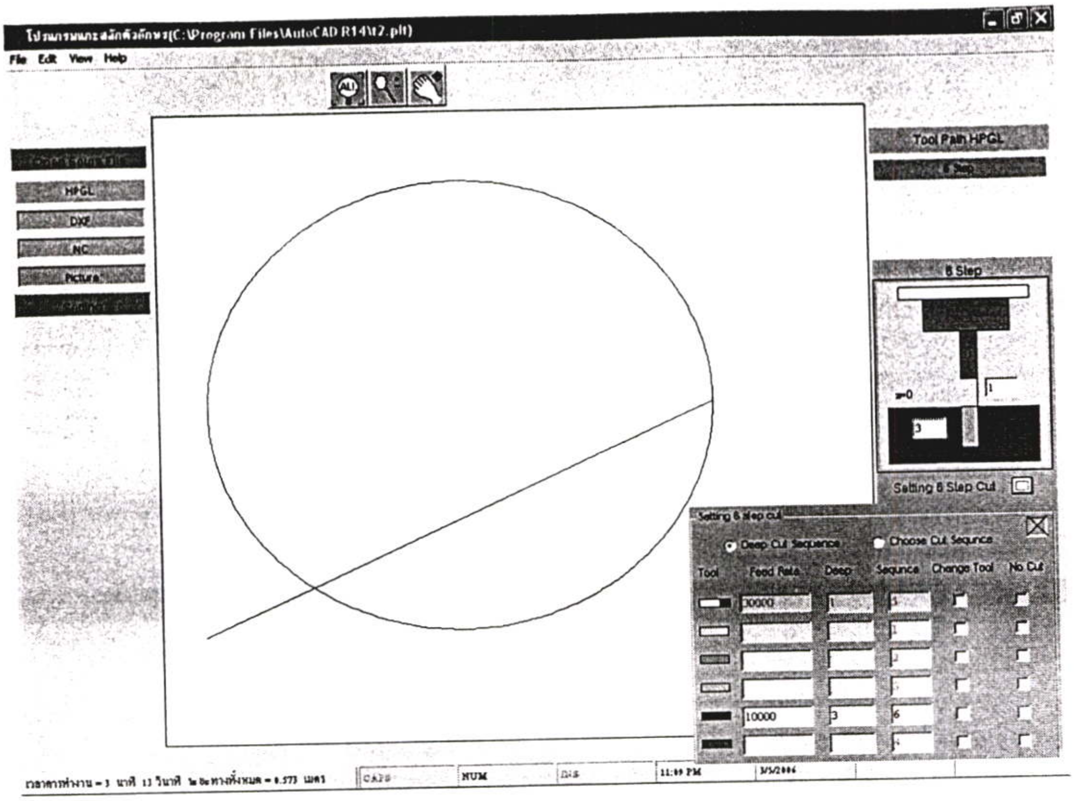


รูปที่ 5.7 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.6

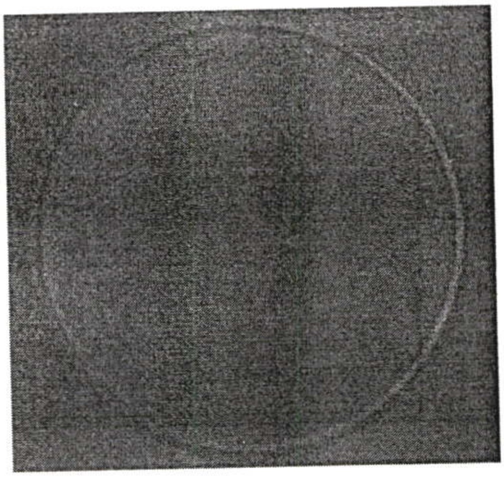
ตัวอย่างตามรูปที่ 5.6 เป็นการสร้างชิ้นงานวงกลมขนาดรัศมี 50 มิลลิเมตร ใช้หัวกัดขนาด 3 มิลลิเมตร วัสดุเป็นพลาสติกใสหนา 3 มิลลิเมตร และรูปที่ 5.7 เป็นชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 5.8 แบบวงกลมที่วาดจากโปรแกรม Auto CAD

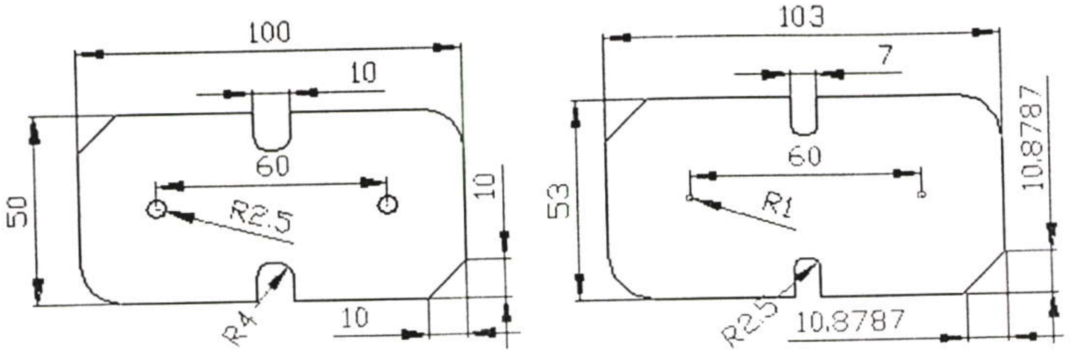


รูปที่ 5.9 แสดงหน้าต่างการทำงานจากข้อมูลของรูปที่ 5.8

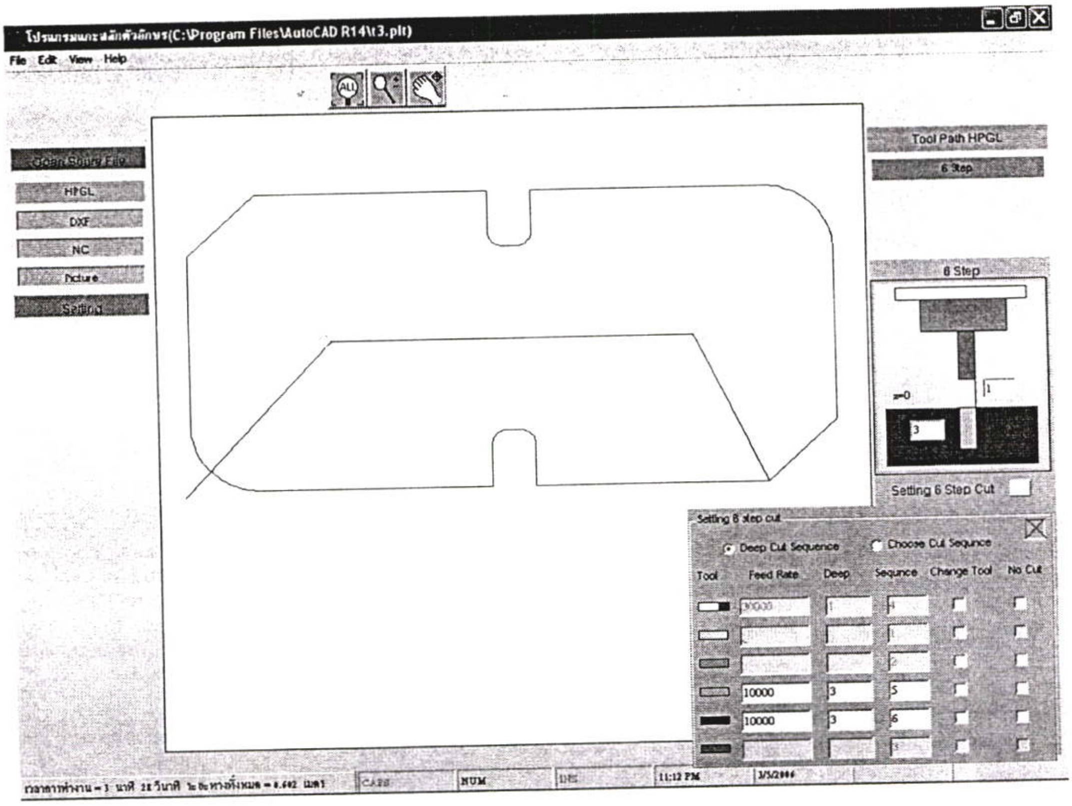


รูปที่ 5.10 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.9

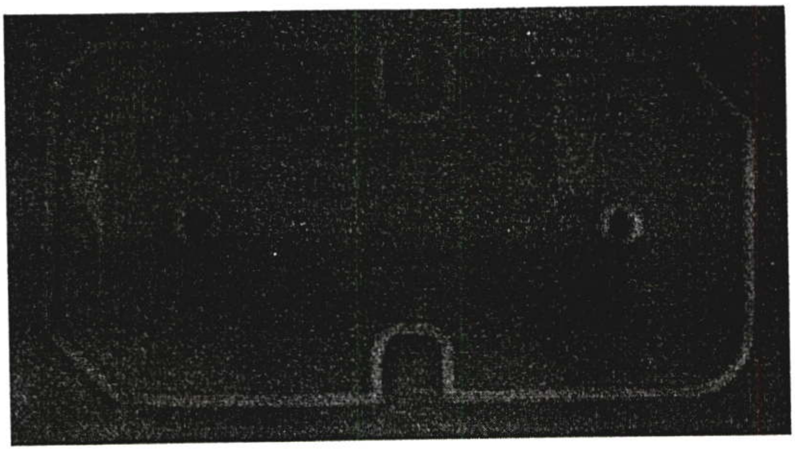
ตัวอย่างตามรูปที่ 5.8 เป็นการสร้างชิ้นงานที่มีรูปแบบวงกลมใช้หัวกัดขนาด 3 มิลลิเมตร วัสดุเป็นพลาสติกใสหนา 3 มิลลิเมตรและรูปที่ 5.10 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานของเครื่องจักรแกนประสาน



รูปที่ 5.11 แบบที่วาดจากโปรแกรม Auto CAD 2 สี 2 ลำดับ

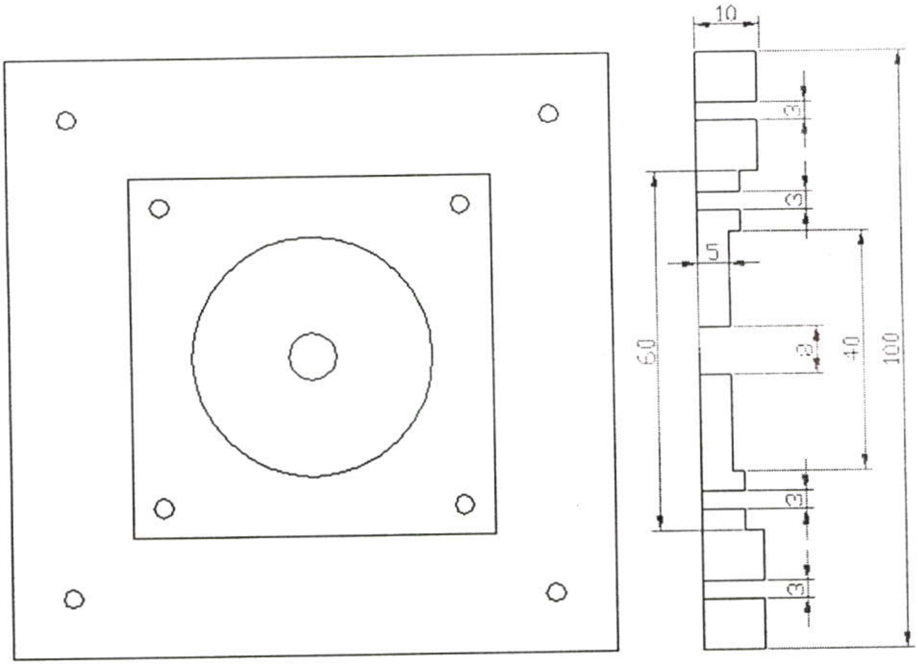


รูปที่ 5.12 แสดงหน้าต่างการทำงานจากข้อมูลของรูปที่ 5.11

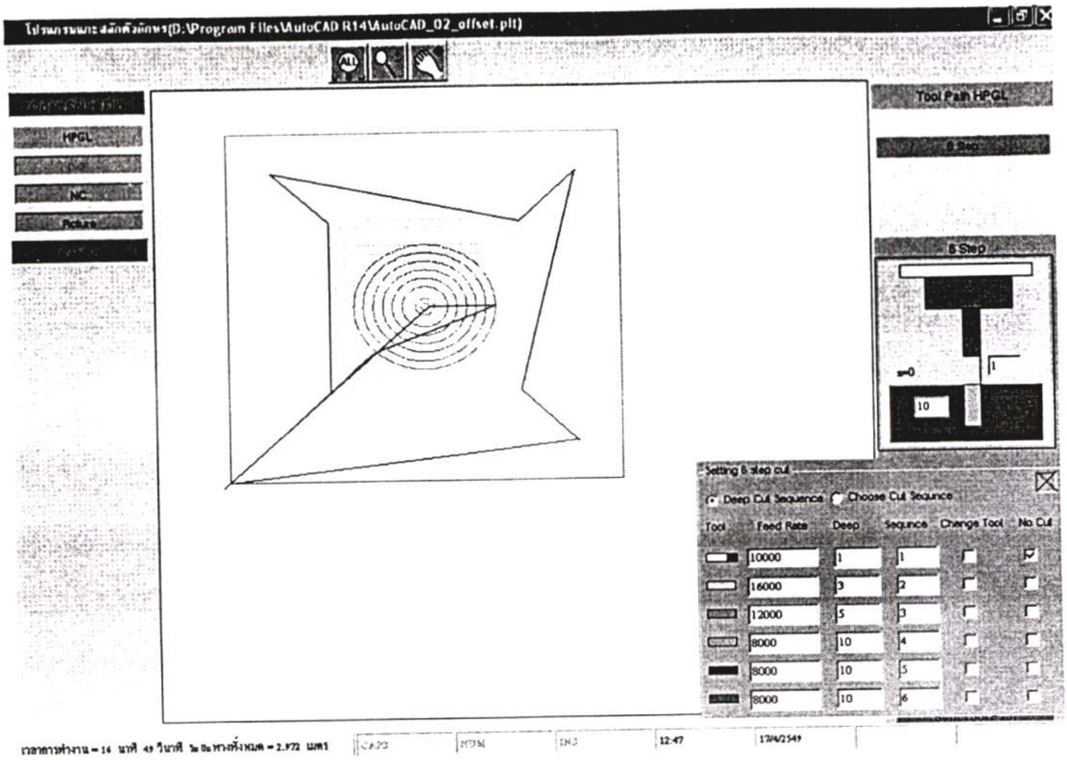


รูปที่ 5.13 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.12

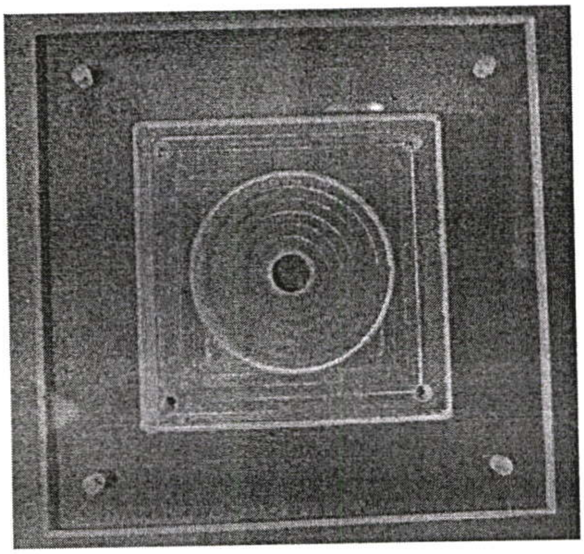
ตัวอย่างตามรูปที่ 5.11 เป็นการสร้างชิ้นงานโดยใช้หัวกัดขนาด 3 มิลลิเมตร วัสดุเป็นพลาสติกสีใสหนา 3 มิลลิเมตร และรูปที่ 5.13 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 5.14 แบบที่วาดจากโปรแกรม Auto CAD 6 สี 6 ลำดับ



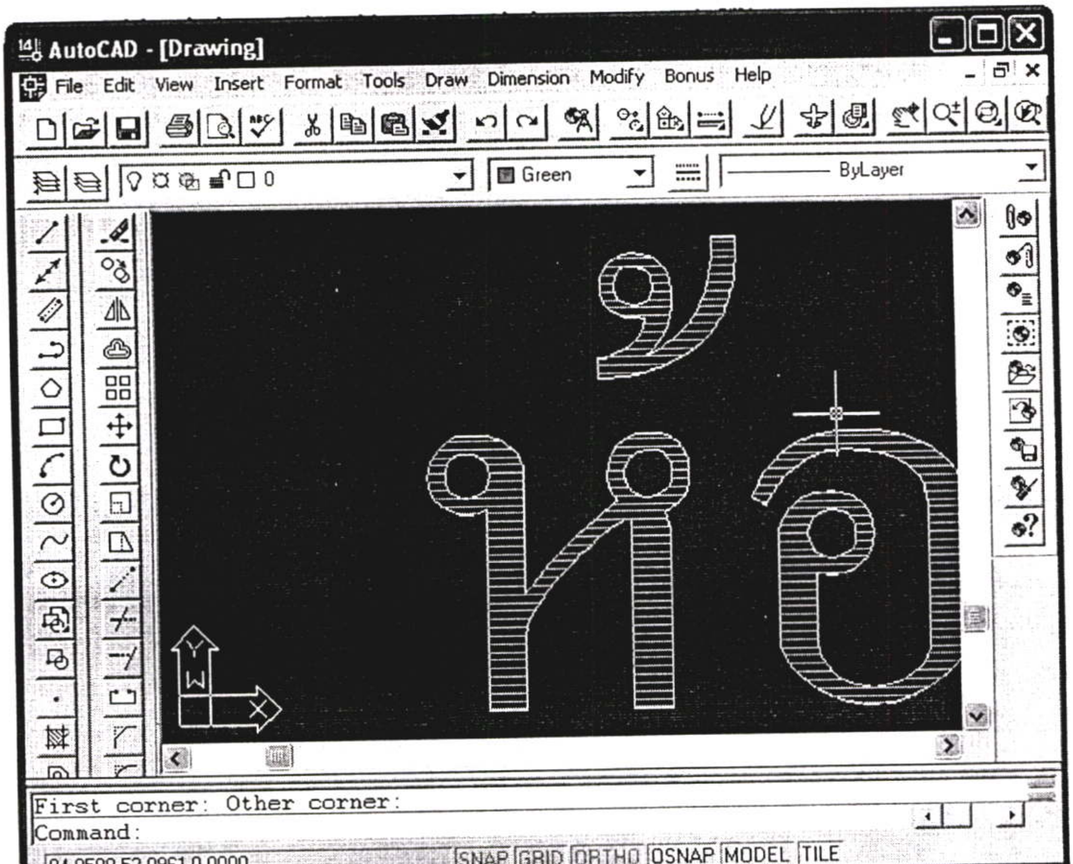
รูปที่ 5.15.แสดงหน้าต่างการทำงานจากข้อมูลของรูปที่ 5.14



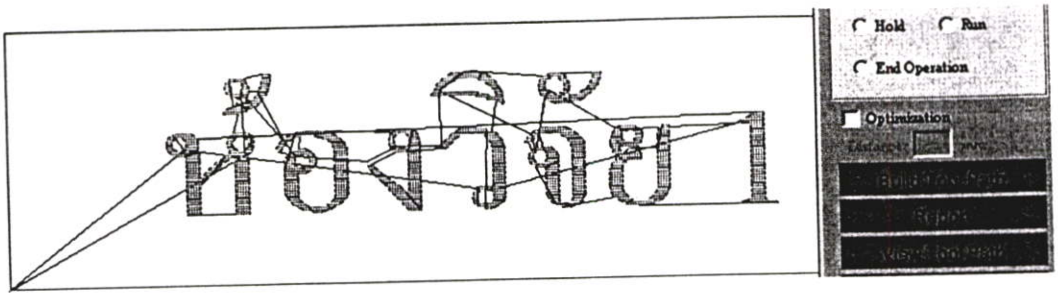
รูปที่ 5.16 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.15

ตัวอย่างตามรูปที่ 5.14 เป็นการสร้างชิ้นงานแกะสลัก ใช้หัวกัดขนาด 3 มิลลิเมตร วัสดุเป็นพลาสติกสีใส หนา 10 มิลลิเมตร และรูปที่ 5.16 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง

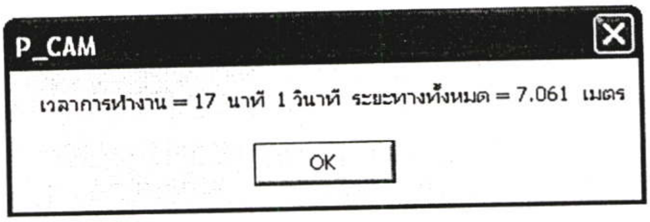
รูปที่ 5.17 แบบงานแกะสลักที่วาดจากโปรแกรม Auto CAD



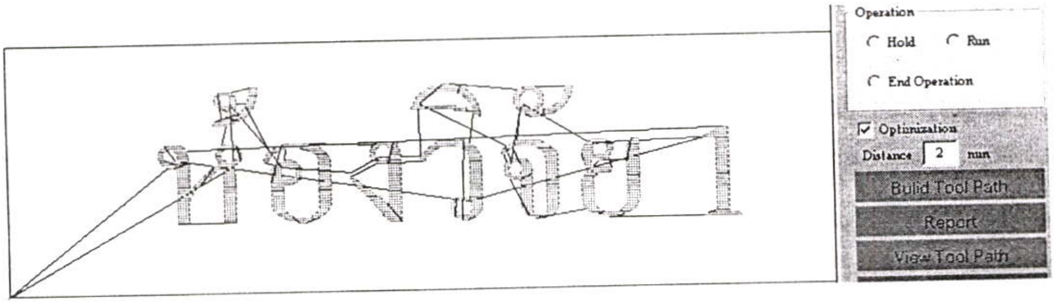
รูปที่ 5.18 แบบงานแกะสลักที่วาดจากโปรแกรม Auto CAD และทำลายด้านในตัวอักษร



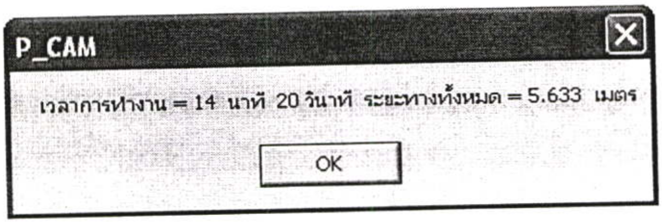
รูปที่ 5.19 แสดงทางเดินที่ไม่ได้ผ่านการวิเคราะห์ระยะห่างจากข้อมูลไฟล์พล็อตของรูปที่ 5.18



รูปที่ 5.20 หน้าต่างแสดงเวลาการทำงานของรูปที่ 5.19



รูปที่ 5.21 แสดงทางเดินหลังการวิเคราะห์ระยะห่างจากข้อมูลไฟล์พล็อตของรูปที่ 5.18



รูปที่ 5.22 หน้าต่างแสดงเวลาการทำงานของรูปที่ 5.21

รูปที่ 5.23 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.21

การสร้างชิ้นงานตามรูปที่ 5. 6 ใช้เวลา 3 นาที 34 วินาที ระยะการเดิน 0.431 เมตร

การสร้างชิ้นงานตามรูปที่ 5. 9 ใช้เวลา 3 นาที 13 วินาที ระยะการเดิน 0.573 เมตร

การสร้างชิ้นงานตามรูปที่ 5. 12 ใช้เวลา 3 นาที 28 วินาที ระยะการเดิน 0.602 เมตร

การสร้างชิ้นงานตามรูปที่ 5. 15 ใช้เวลา 16 นาที 49 วินาที ระยะการเดิน 2.97 เมตร

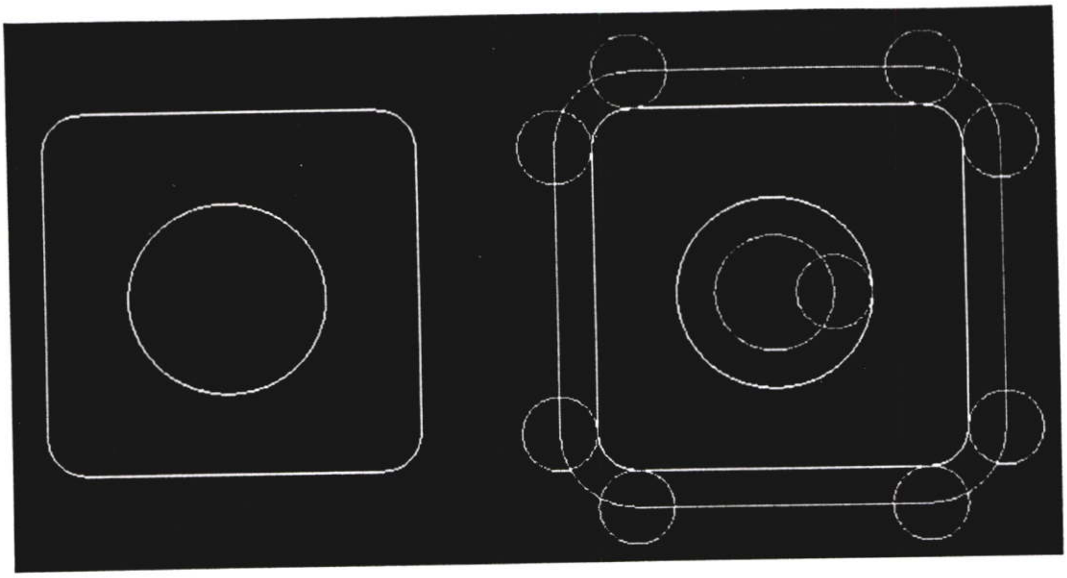
การสร้างชิ้นงานตามรูปที่ 5. 19 ใช้เวลา 41 นาที 5 วินาที ระยะการเดิน 6.057 เมตร เมื่อไม่ได้ผ่านการวิเคราะห์ระยะห่าง

การสร้างชิ้นงานตามรูปที่ 5. 21 ใช้เวลา 24 นาที 56 วินาที ระยะการเดิน 6.057 เมตร เมื่อได้ผ่านการวิเคราะห์ระยะห่าง ที่ระยะการวิเคราะห์ 3 มิลลิเมตร

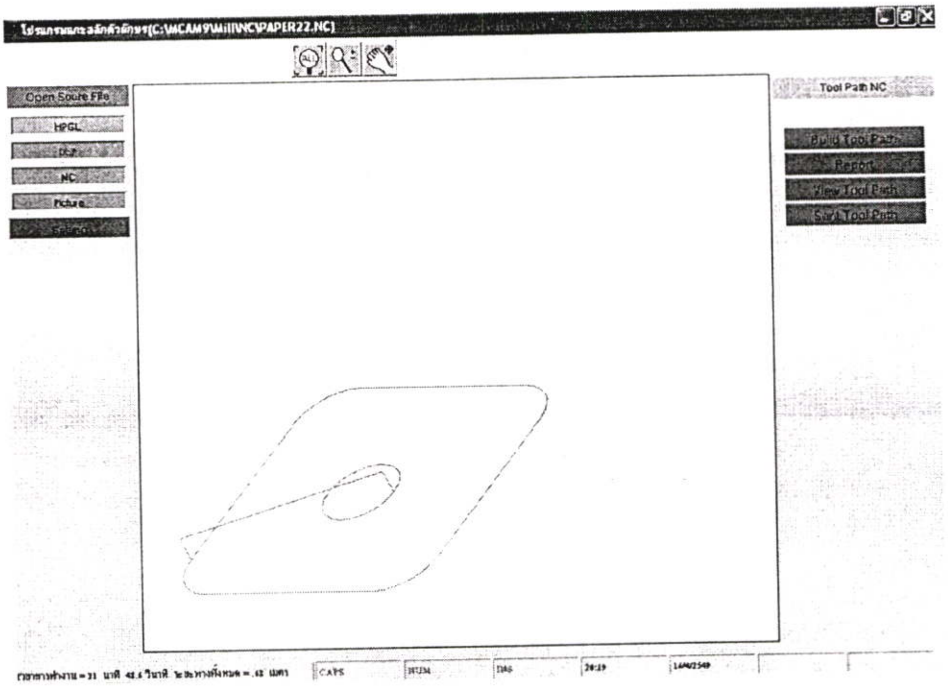
สรุปการสร้างชิ้นงาน 2 มิติ พบว่าเครื่องจักรแกนประสานสามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างถูกต้องและลำดับการทำงานก็สามารถทำได้อย่างเหมาะสม โดยในส่วนการกำหนดลำดับการทำงานผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดตามรูปแบบชิ้นงานที่ต้องการสร้าง และการสร้างชิ้นงานแกะสลักสามารถทำการวิเคราะห์ระยะห่างเพื่อให้ทางเดินมีความต่อเนื่อง สามารถลดระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรแกนประสานได้

5.3 การสร้างชิ้นงานแบบ 3 มิติ

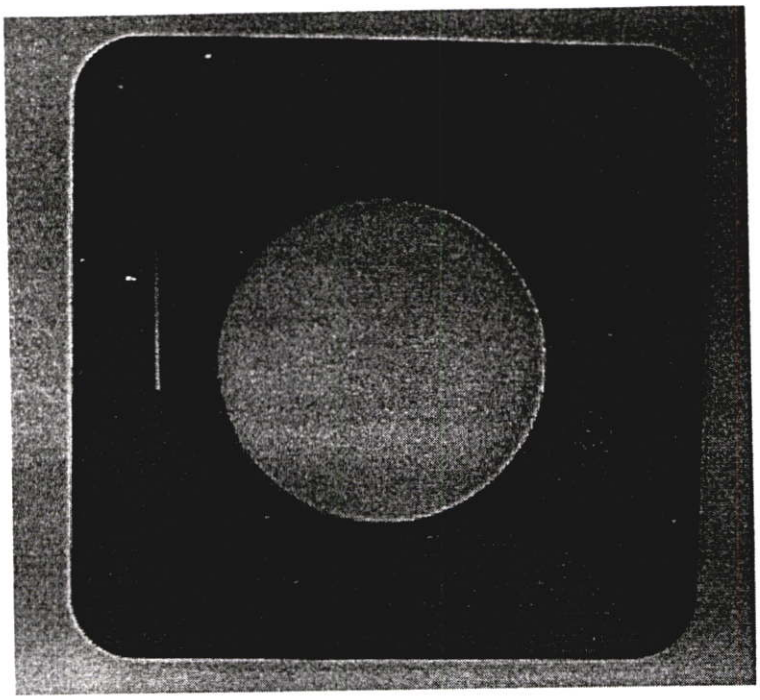
ชิ้นงาน 3 มิติที่สร้างจากโปรแกรม Master CAM ตามรูปที่ 5.24 แล้วสร้างทางเดินเป็นรหัส G-Code โดยการใช้ Post processing "MPFLASH1.pst" จากนั้นนำข้อมูล G-Code เปลี่ยนเป็นข้อมูล X Y Z จะได้ตามรูที่ 5.20



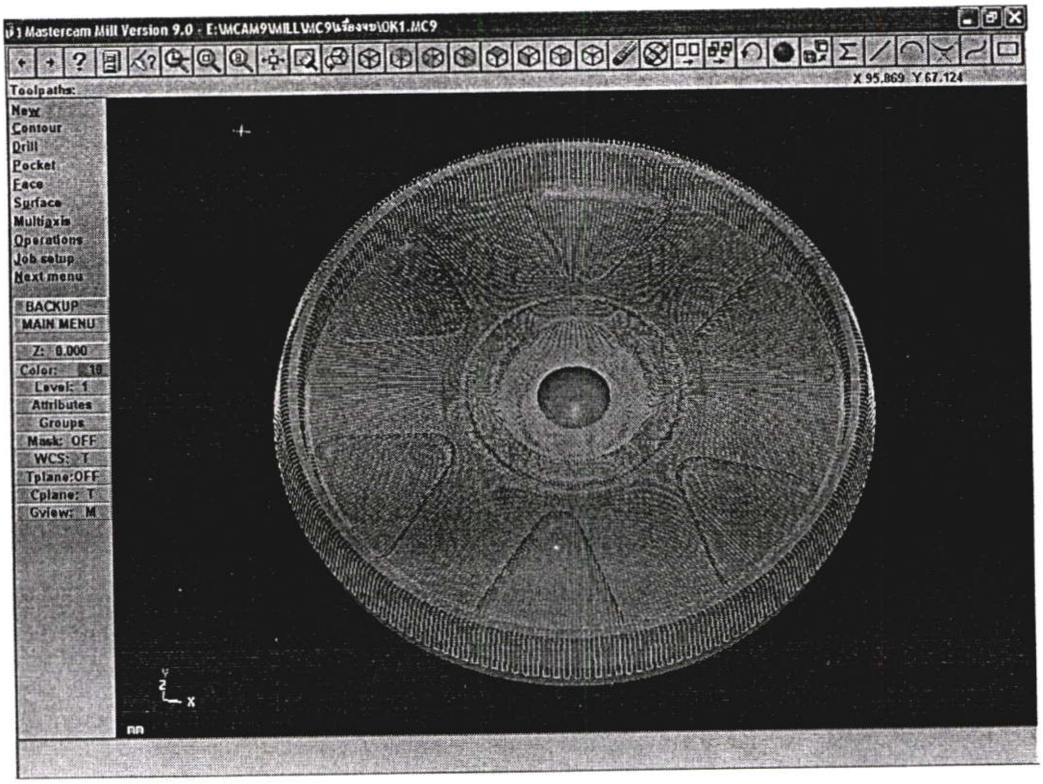
รูปที่ 5.24 ชิ้นงาน 3 มิติที่สร้างจากโปรแกรม Master CAM



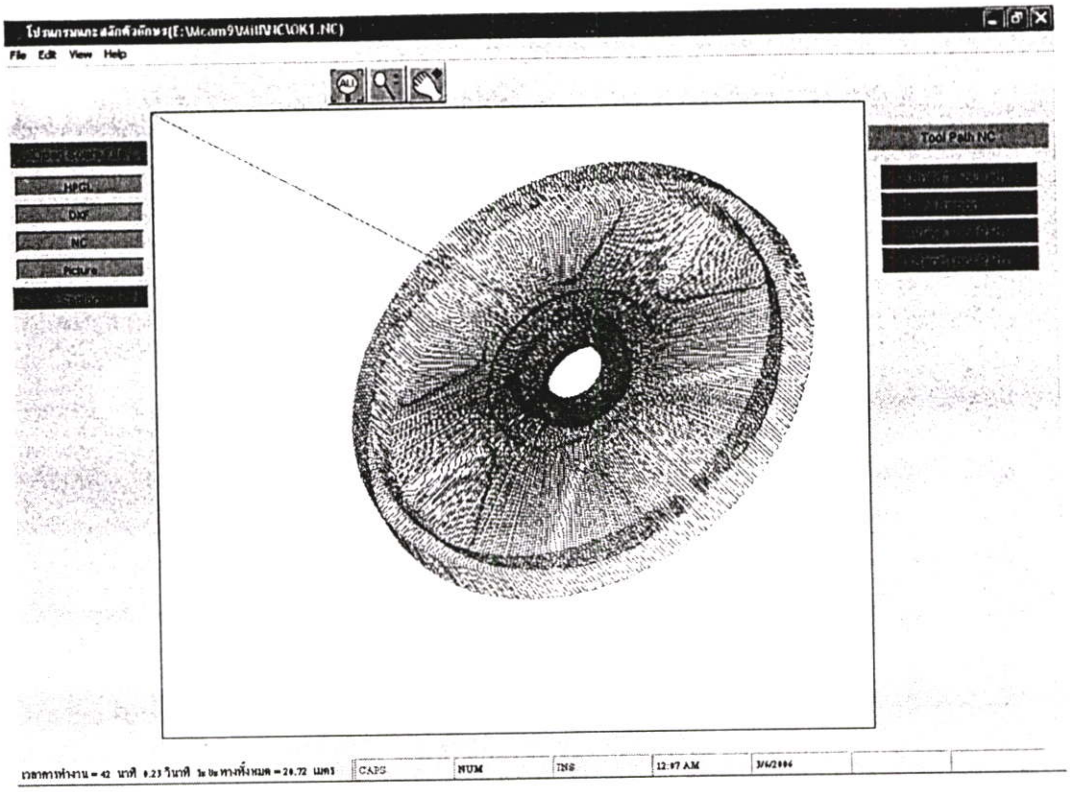
รูปที่ 5.25 ทางเดินการเคลื่อนที่จากข้อมูล G-Code ของรูปที่ 5.24



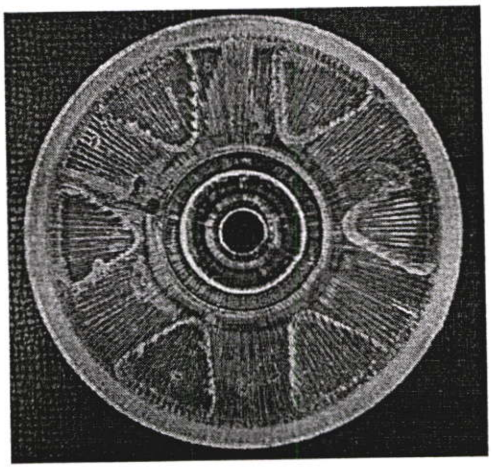
รูปที่ 5.26 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.25



รูปที่ 5.27 ชิ้นงาน 3 มิติที่สร้างจากโปรแกรม Master CAM



รูปที่ 5.28 ทางเดินการเคลื่อนที่จากข้อมูล G-Code ของรูปที่ 5.27

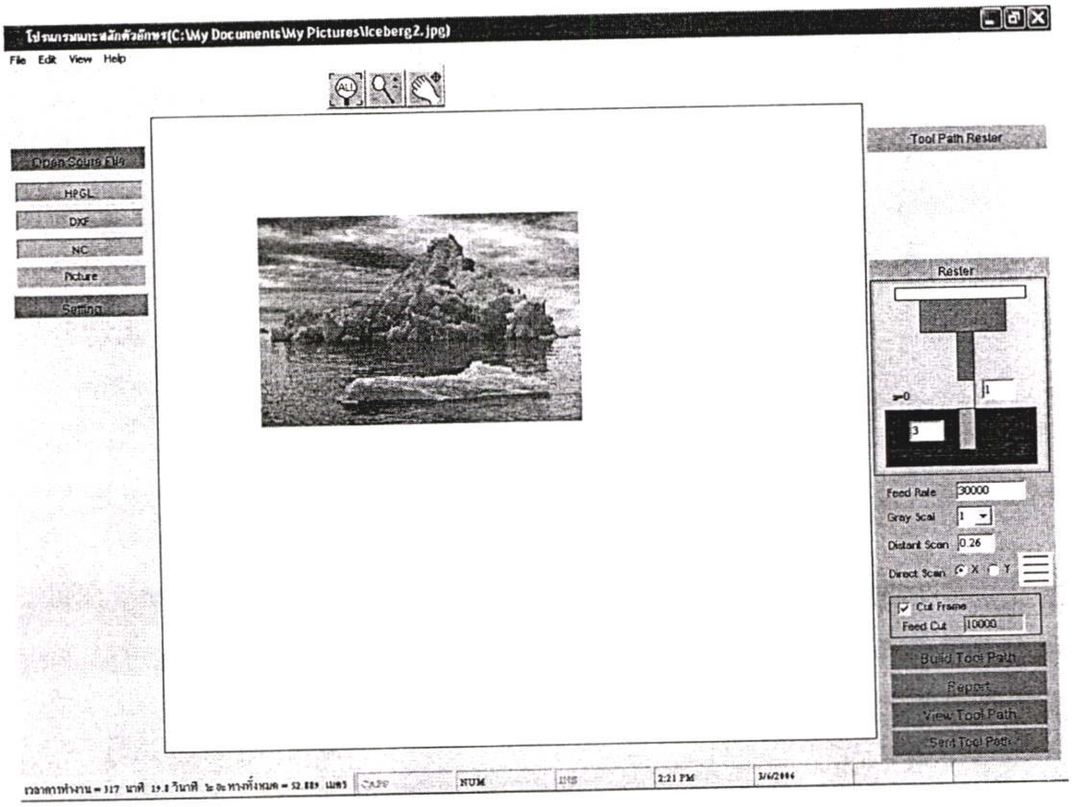


รูปที่ 5.29 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.28

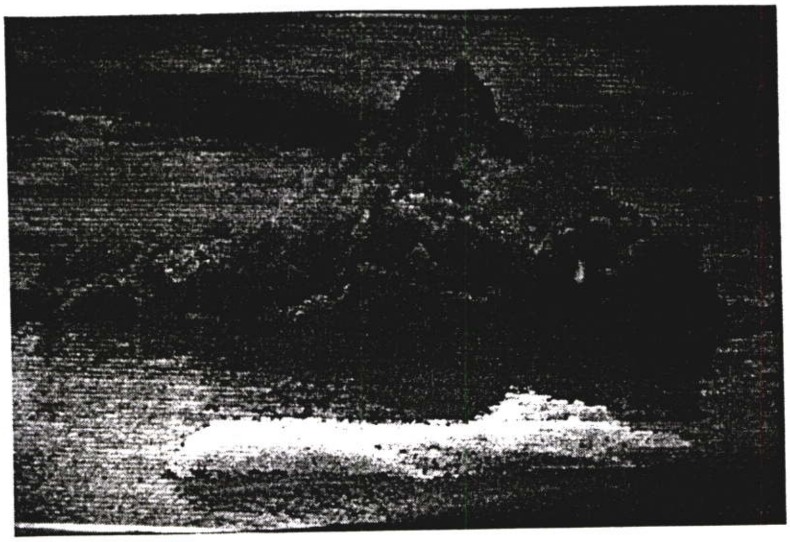
การสร้างทางเดินจากข้อมูล G-Code สามารถสร้างได้อย่างถูกต้อง ตามรูปที่ 5.25 จะใช้เวลาการทำงานประมาณ 21 นาที 48 วินาที และเวลาการทำงานของรูปที่ 5.18 ใช้เวลาประมาณ 280 นาที 23 วินาที ในการทำงานจริงเวลาที่ทำงานจริงมีการคลาดเคลื่อนจากการคำนวณ

5.4 การสร้างชิ้นงานรูปภาพ

รูปที่ 5.30 รูปภาพที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 5.31 ทางเดินการเคลื่อนที่ของรูปภาพ



รูปที่ 5.32 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานในรูปที่ 5.31

ชิ้นงานรูปภาพที่สร้างจะสร้างบนพลาสติกสีดำใสเนื่องจากแสงที่ลอดผ่านชิ้นงานที่มีระดับความลึกต่างๆ จะทำให้เห็นเป็นข้อมูลรูปภาพ

การสร้างชิ้นงานตามรูปที่ 5.30 จะใช้เวลาประมาณ 317 นาที จะเห็นว่าการทำงานจะนานมากเนื่องจากในการทำงานของเครื่องจักรแกนประสานจะเดินกัดงานทุกระยะ 1 พิกเซล หรือประมาณ 0.26 มิลลิเมตร

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการสร้างซอฟแวร์ปฏิบัติการที่สามารถรับข้อมูลที่มีรูปแบบต่างกันต่างซอฟแวร์ ให้สามารถสร้างทางเดินการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรแกนประสานสร้างชิ้นงานตามการออกแบบ โดยข้อมูลที่รับเข้ามาจะแบ่งเป็นข้อมูล 3 ประเภท คือ ข้อมูลจากโปรแกรมประเภท CAD ที่ใช้ออกแบบงาน 2 มิติ ข้อมูลจากโปรแกรมประเภท CAM ที่ใช้สร้างทางเดิน 3 มิติ และข้อมูลจากกล้องดิจิตอล สแกนเนอร์ หรือโปรแกรมที่สร้างภาพ

จากการทดลองรับข้อมูลจากโปรแกรมประเภท CAD ที่อยู่ในรูปไฟล์ PLT สามารถสร้างทางเดินการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรแกนประสานสร้างชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง ในส่วนการทดลองรับข้อมูลจากโปรแกรมประเภท CAM ที่อยู่ในรูปไฟล์ NC สามารถสร้างทางเดินการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรแกนประสานสร้างชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง และการทดลองรับข้อมูลรูปภาพที่อยู่ในรูปไฟล์ JPG,BMP สร้างทางเดินการเคลื่อนที่สร้างชิ้นงานรูปภาพได้อย่างถูกต้อง

6.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะและการพัฒนาสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ในส่วนโปรแกรมการสร้างทางเดินการเคลื่อนที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชิ้นงานที่เป็นโลหะ หรือวัสดุที่เป็นยาง โดยเครื่องจักรแกนประสานจะต้องมีความแข็งแรงสูงจึงจะสามารถรับแรงที่เกิดขึ้นได้

สำหรับข้อจำกัดของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก็คือ การรับข้อมูลของแต่ละรูปแบบจะต้องมีรูปแบบของข้อมูลที่แน่นอน ถ้ามีส่วนใดไม่ตรงกันจะทำให้การเปลี่ยนเป็นข้อมูลทางเดินผิดพลาดได้

สำหรับข้อกำหนดของโปรแกรมที่ได้ออกแบบจะยังไม่สามารถรับข้อมูลไฟล์พล็อตที่ไม่ใช่ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Auto CAD R14 และเป็นรุ่น 7475 ในส่วนการรับข้อมูล G-code ก็จะต้องเป็นข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Master CAM ที่ใช้ Post processing “MPFLASH1.PST” และข้อจำกัดในด้านการส่งข้อมูลให้กับชุดควบคุมการเคลื่อนที่ โดยจะต้องเป็นชุดควบคุมการเคลื่อนที่ที่รับข้อมูลที่มีรูปแบบตายตัว

บรรณานุกรม

[1] V.Tipsuwanporn, C.Mitravakin, P.Ukakimaparn , S.Kulpanich asd V. Kongratana " Precision Control X-Y Table Using Dual Modulus Technique" ICCAS 2001 International Conference on Control, Automatic and Systems, Cheju National University, Jeju Island, Korea,October 17-21, 2001

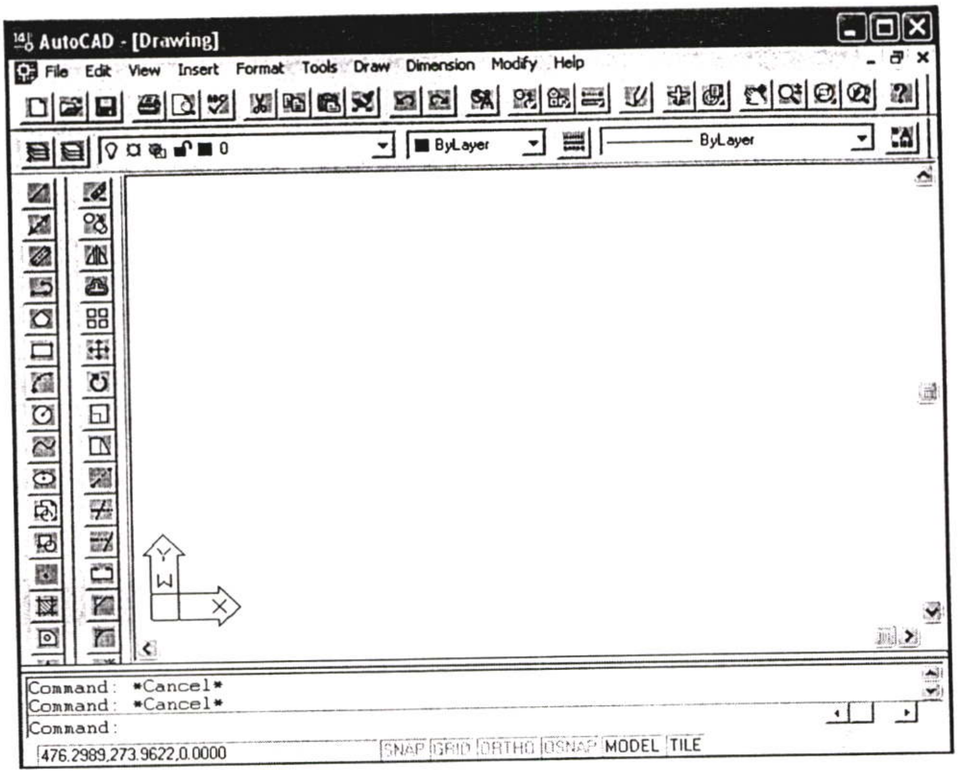
[2] Nareerat Boondung, Krit Smerpitak, Sawai Pongswatd, and Prapart Ukakimapurn "Analysis of Auto CAD Plot file for the Engraving Machine" ICCAS2003 International Conference on Control, Automatic and Systems ,Gyeongju ,Korea,October 22-25

[3] Krit Smerpitak, Sawai Pongswatd, and Prapart Ukakimapurn "Tool Path Analysis and Motion Control of 3D Engraving Machine" ICCAS2004 International Conference on Control, Automatic and Systems , The Shangri-La Hotel ,Bangkok,Thailand ,October 25-27

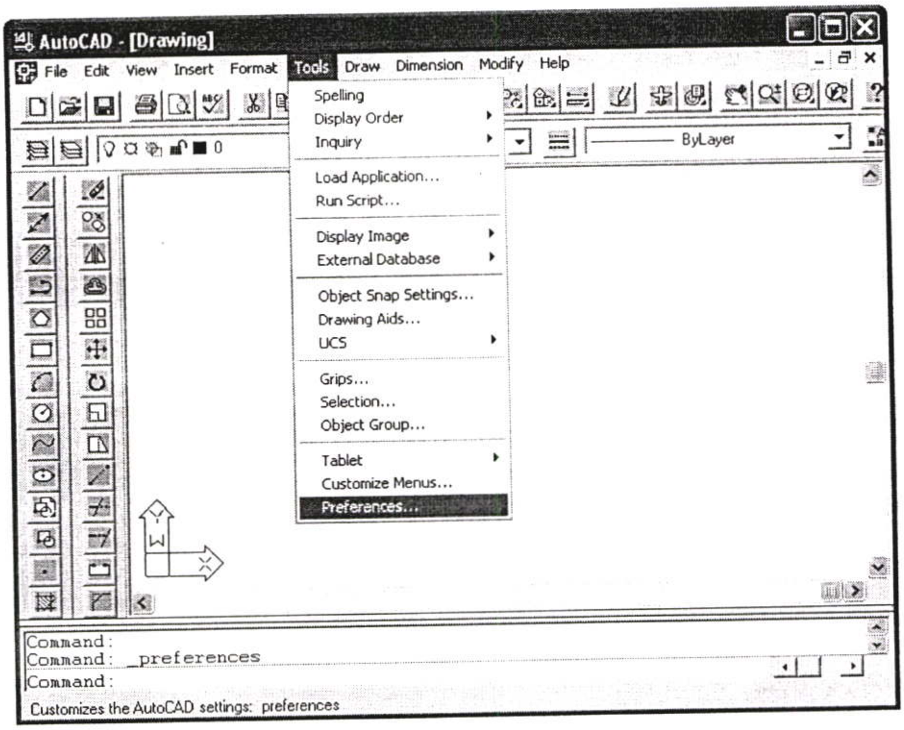
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

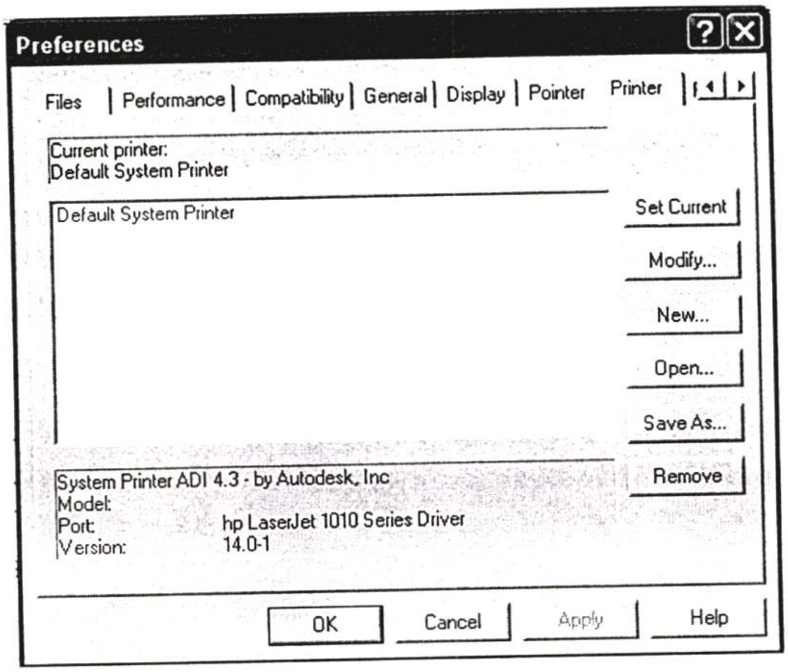
การกำหนดค่าให้กับโปรแกรม Auto CAD R14



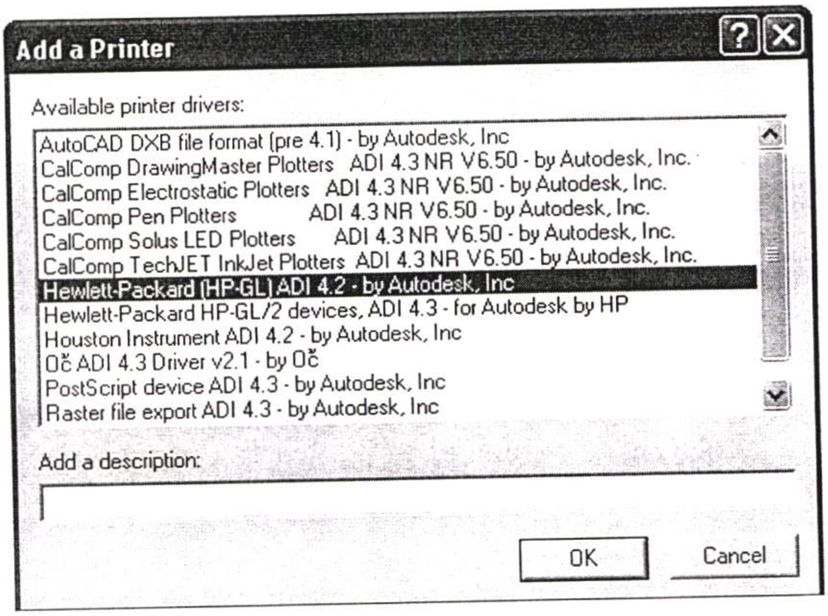
รูปที่ **ก.1** ภาพของโปรแกรม Auto CAD R14



รูปที่ **ก.2** การตั้งค่า Preferences ของ Auto CAD R14



รูปที่ ก.3 การตั้งค่า Preferences Printer ของ Auto CAD R14



รูปที่ ก.4 การเลือกรุ่น Printer ของ Auto CAD R14

ขั้นตอนในการเลือกตอบในการตั้งค่า Printer ในโปรแกรม Auto CAD R14

1. 7475
2. s
3. 30
4. com1
5. no

ขั้นตอนในการสร้างข้อมูลพล็อตไฟล์

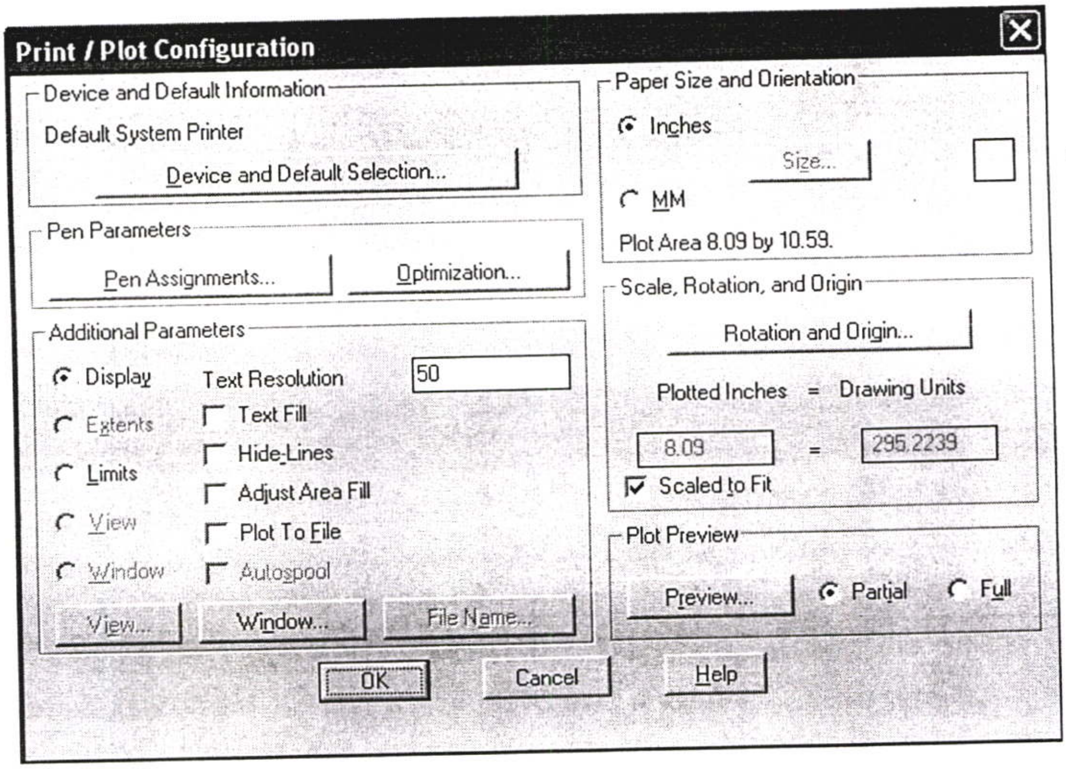
หลังจากที่เขียนรูปที่ต้องการให้พิมพ์ที่บรรทัดคำสั่ง

limits กด Enter

0,0 กด Enter

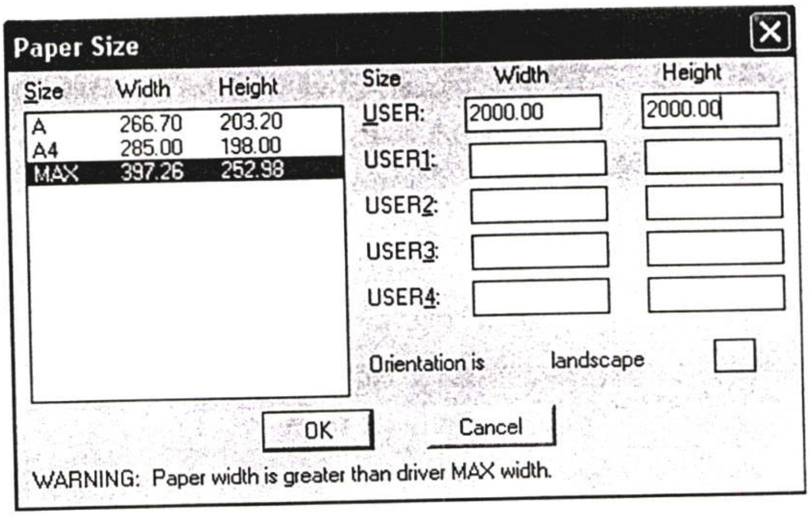
2000,2000 กด Enter

จากนั้นสั่งพิมพ์จะได้ตามรูปที่ ก.5

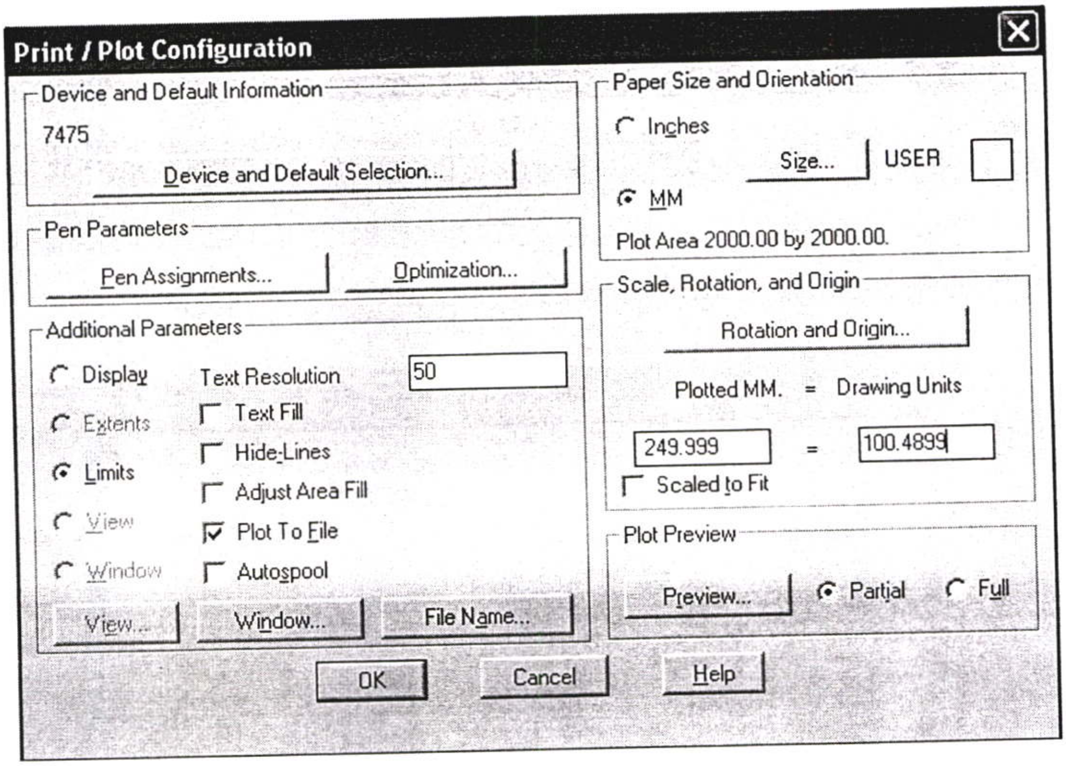


รูปที่ ก.5 การพล็อตงานของ Auto CAD R14

ให้เลือกขนาดกระดาษ ที่ Paper Size and Orientation



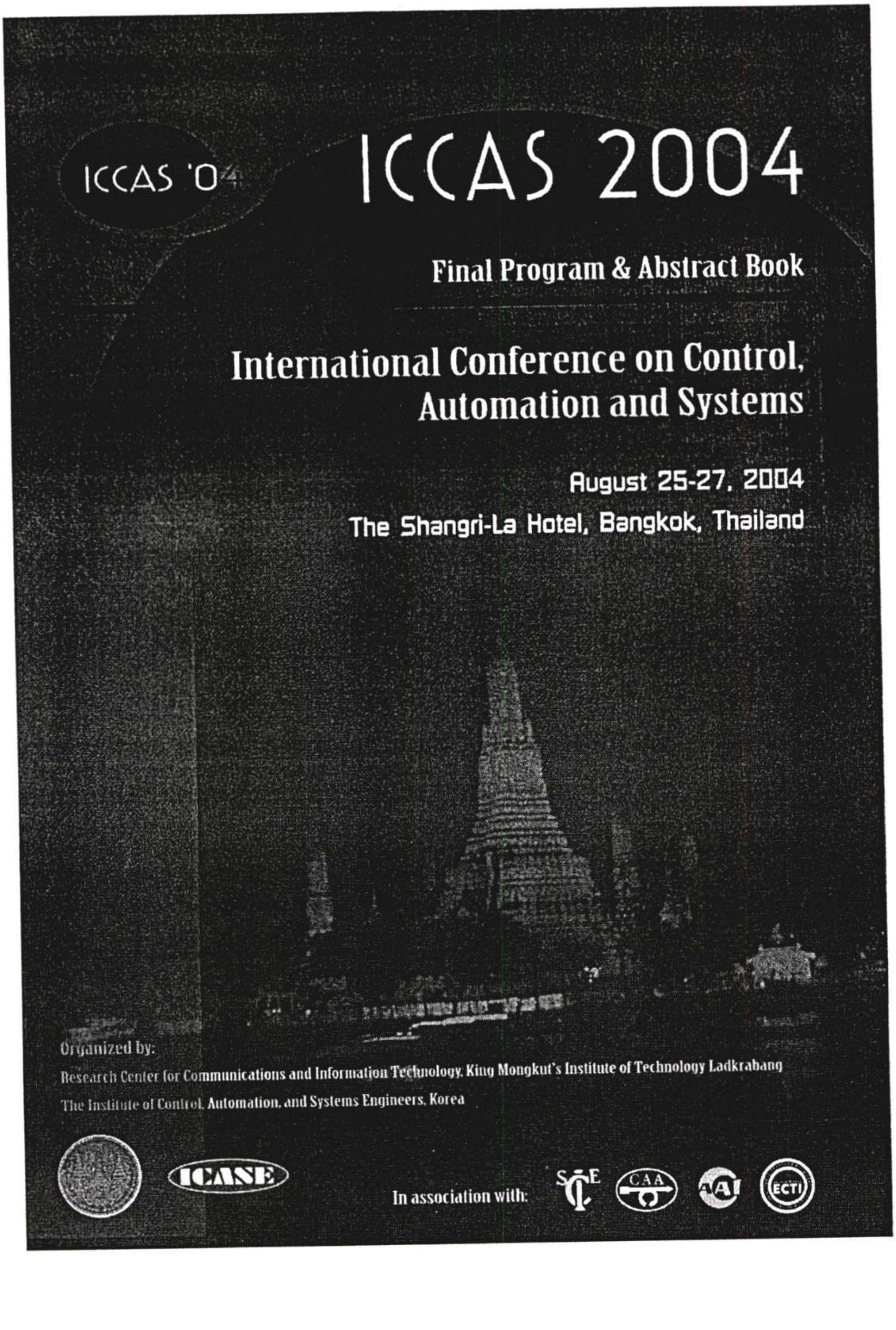
รูปที่ ก.6 การเลือกขนาดกระดาษ Auto CAD R14



รูปที่ ก.7 การพล็อตงานของ Auto CAD R14

ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์


ICCAS '04
ICCAS 2004
Final Program & Abstract Book
International Conference on Control, Automation and Systems
August 25-27, 2004
The Shangri-La Hotel, Bangkok, Thailand
Organized by:
Research Center for Communications and Information Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
The Institute of Control, Automation, and Systems Engineers, Korea
ICASE
In association with:
SICE
CAA
AAI
ECTI

ICCAS2004 August 25-27, The Shangri-La Hotel, Bangkok, THAILAND

Tool Path Analysis and Motion Control of 3D Engraving Machine

Krit Smerpitak, Sawai Pongswatd and Prapart Ukakimapurn

Department of Instrumentation Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang
Ladkrabang, Bangkok .10520 Thailand

(Tel: 66-2-739-2406; Fax : 66-2-739-2407 ; E-mail: klsawai@kmitl.ac.th)

Abstract: This paper presents a new technique to analyze data on the coordinate x, y, z and apply these data to design the motion control to improve the efficiency of the engraving machine so that it can engrave accordingly in 3 dimensions. First, the tool path on the x-y plane is analyzed to be synchronized with the z-axis. The digital data is then sent to the motion control to guide the movement of the engrave point on the x-y plane. Tool path moves along the x-axis with zero degree and different values of the y-axis according to the coordinate of the digital data and the analysis along z-axis to determine the depth for engraving. The depth can be specified from the gray level with the 256 levels of resolution. The data obtained includes the distances on x-axis, y-axis, and z-axis, the acceleration of the engrave point's movement, and the speed of the engrave point's movement. These data is then transfered to the motion control to guide the movement of the engrave point along the z-axis associated with the x-y plane. The results indicate that engraving using this technique is fast and continuous. The specimen obtained looks perfect in 3D view.

Keywords: Engraving Machine, Tool Path, Gray Level, 3 Dimension, Motion Control

1. INTRODUCTION

This paper presents a new technique to decode the graphic into the vector coordinate and then analyze the obtained coordinate on the x, y, z plane. The digital data of the x,y,z coordinate, the acceleration of the engrave point's movement, and the speed of the engrave point's movement are sent to the motion control to guide the movement of the engrave point and the depth for engraving to create a gray 3-dimension graphic. This technique can be applied with the 3-coordinate engraving machine. The results indicate that engraving using this technique is fast and continuous.

2. ENGRAVING MACHINE

The engraving machine used in this research is the one developed from the 2-coordinate engraving machine, which can be used to engrave the specimen only on the x-y plane, to be able to engrave 3-dimensionally.

Figure 1 Engraving Machine used in this research

The commands developed to control the movement of the engraving point on the x-y-z coordinates are as follow:

t x y z a s

when

- t is the prompt command for input.
- x is the distance on the x-axis.
- y is the distance on the y-axis.
- z is the distance on the z-axis.
- a is the acceleration of the engraving point.
- s is the speed of the engraving point.

The specification of the engraving machine:
The maximun distance on the x-axis = 480 mm
The maximun distance on the y-axis = 550 mm
The maximun distance on the z-axis = 150 mm
The rotating speed of the tool = 10,000 rpm

The engraving point used in this research is the one with the pointed head as shown in Fig. 2. It is attached with the tool mounted on the z-axis so it can move on x-y plane.

Figure 2 Engraving point used in this research

3. TOOL PATH ANALYSIS

Graphics obtained from the digital camera, scanner, or any application software will be divided into numerous pixels. The path on the x-y plane is then determined. The depth can be specified from the brightness of each pixel according to the gray level with the 256 levels of resolution. Each pixel can be shown as in Fig. 3.

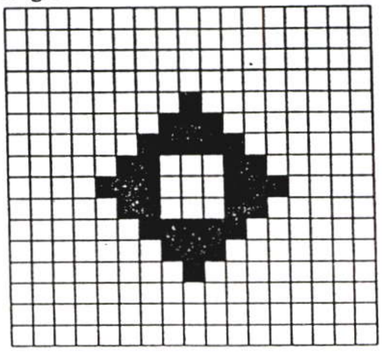


Figure 3 The each pixel of the graphics

The analysis for tool path on the x-y plane can be shown as in Fig. 4.

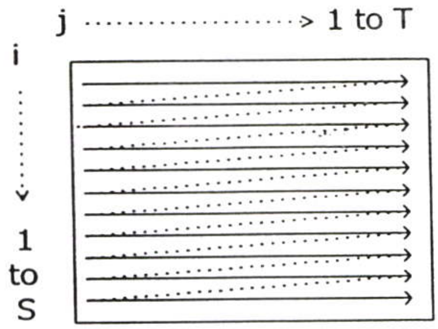


Figure 4 Scanning Direction

when

- i is the number of pixels vertically.
- j is the number of pixels horizontally.
- S is the maximum number of the pixels vertically.
- T is the maximum number of the pixels horizontally.

The resolution when scanning each time is 1 pixel. For each time a pixel is scanned, the gray level is analyzed. The matrix representing the gray level of different pixel can be shown as follow.

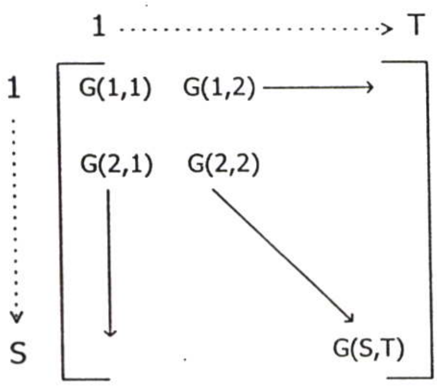


Figure 5 Matrix representing the gray level

when $G(i,j)$ is the gray level at coordinate (i,j).

092	093	094	091	090	090	088	089	...
129	130	131	131	133	136	138	137	...
099	099	100	095	093	091	088	090	...
134	135	136	135	136	137	138	137	...
123	123	118	111	107	103	099	099	...
132	133	133	133	134	137	139	139	...
124	125	123	119	118	116	112	112	...
131	132	134	136	137	139	143	146	...
129	128	126	126	127	126	122	118	...
138	140	142	141	141	142	144	145	...
169	169	170	169	169	170	169	165	...
130	131	132	136	136	136	137	139	...
....								
....								
....								

Figture 6 The matrix gray level of the Fig. 10

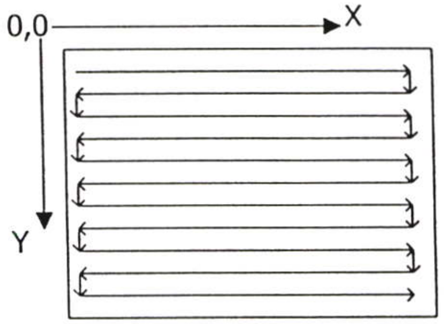


Figure 7 Tool path of the engraving machine

The analyzed path of the engraving point is then rearranged to be continuous and shortest as shown in Fig. 7.

4. DESIGN OF THE SYSTEM

The overall system can be graphically displayed as in Fig. 8.

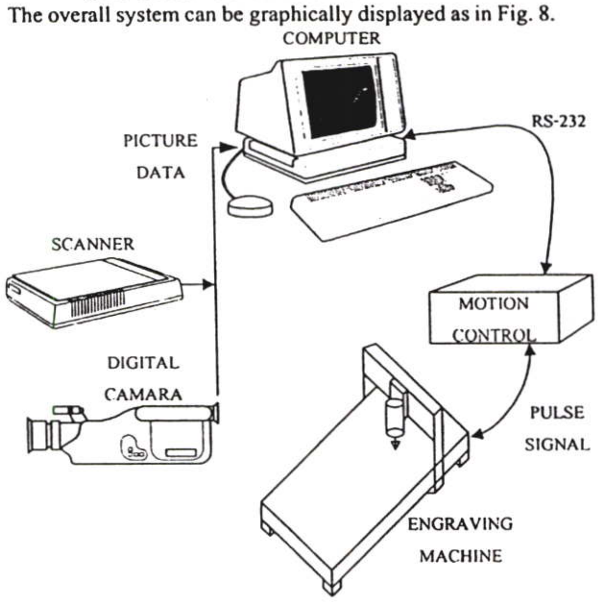


Figure 8 Overall System

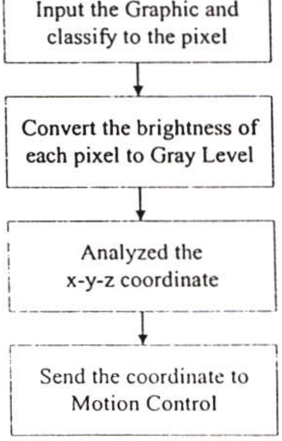


Figure 9 Flow chart

The initial graphic from scanner or digital camera will be computed and analyzed to obtain the path of the engrave point on the x-y plane and the depth for engraving along the z-axis. Fig. 9 displays the flow chart of the software.

After using software to generate continuous and shortest data, the data is transferred to the motion control through the serial port RS-232. The transferring includes sending, pixel by pixel, data associated with the movement along the x-axis, equal to the distance of the movement of 0.26 mm., and those associated with the depth for engraving long the z-axis. Once each line is completed, data associated with the y-axis is transferred pixel by pixel. This continues repeatedly.

5. EXPERIMENTAL RESULT

Our experiment starts with obtaining the gray level of the original graphic. Then, the path and the depth are obtained and transferred to the engraving machine so it will 3-dimensionnally engrave on the 2mm-thick finished-surface black specimen.

5.1 The original BMP file

Fig. 10 is a BMP file of the microsft wall paper. Each pixel of the Fig. 10 is converted to the gray level and graved to the 3 D picture which can be shown in Fig. 11 and Fig. 12 respectively.

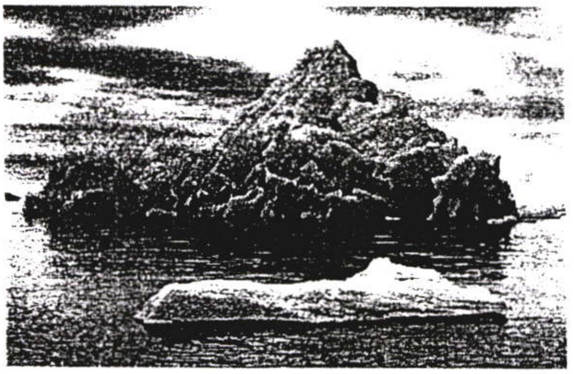


Figure 10 Original graphic used in the experiment

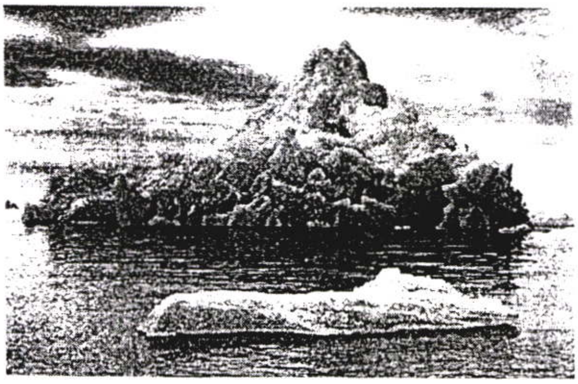


Figure 11 Graphic after convert to the gray level

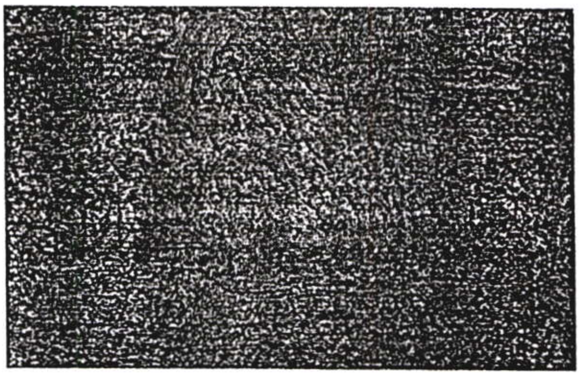


Figure 12 The 3D picture of the Fig. 10

5.2 The original DWG file

The plot file which is a vector of the DWG file is also anaslyzed and graved to 3D similar to the original DWG file as shown in Fig. 13.

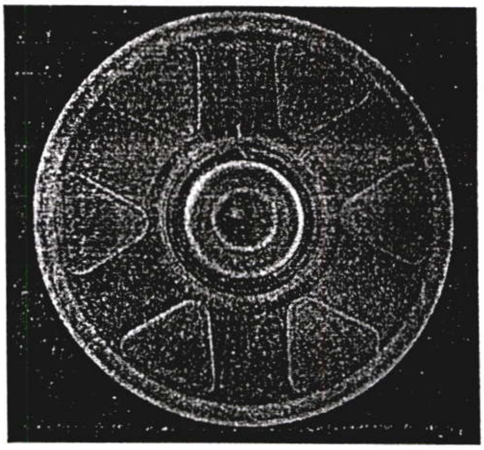


Figure 13 The 3 D picture of DWG file.

5.3 The original picture from digital camera

The picture from digital camera is down loaded to the PC and converted each pixel to the gray level. The picture which graved to 3D picture can be shown in the Fig. 14.

Figure 14 The 3 D picture which original from digital camera

5.4 The original NC file.

The NC file is a text file of tool path which generated by CAD-CAM software (Mastercam Unigraphic). The NC file is analyzed and graved to 3 D can be shown in Fig. 15.

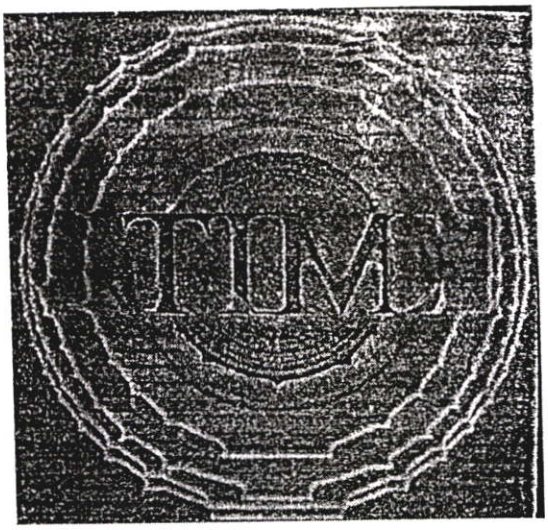


Figure 15 The 3 D picture which original NC file

6. CONCLUTION

This paper present a new technique to decode the graphic into the vector coordinate and then analyze the obtained coordinate on the x, y, z plane before sending to the motion control to guide the movement of the engrave point and the depth for engraving to create a gray 3-dimension graphic. This technique can be used the many original picture and applied with the 3-coordinate engraving machine. The results indicate that engraving using this technique is fast and continuous.

REFERENCE

[1] Nareerat Boonsung, Krit Smerpitak, Sawai Pongswatd, and Prapart Ukakimapurn "Analysis of Auto CAD Plot file for the Engraving Machine" ICCAS2003 International Conference on Control, Automatic and Systems Gyeongju, Korea,October 22-25,

[2] V. Tipsuwanporn , C. Mitravakin, P. Ukakimaparn , S. Kulpanich and V. Kongratana "Precision Control X-Y Table Using Dual Modulus Technique" ICCAS 2001 International Conference on Control, Automatic and Systems, Cheju National University, Jeju Island, Korea, October 17-21, 2001

[3] Muhammad H. Rashid, " Power Electronics Circuit,Device and Apllications" 2 nd ed, *Prentice Hall*,1993

[4] S. K. Datta, "Power Electronics and Controls" Reston Publishing Company, INC. 1985.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายกฤษณ์ เสมอพิทักษ์
วัน เดือน ปีเกิด	7 เมษายน 2519 ที่จังหวัดสกลนคร
ที่อยู่	970/1 ตำบลท่าแร่ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47230
ประวัติการศึกษา	2544 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับ

พ.ศ.2547	"Tool Path Analysis and Motion Control of 3D Engraving Machine" ICCAS2004 International Conference on Control, Automatic and Systems , The Shangri-La Hotel ,Bangkok,Thailand ,October 25-27

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ.2549-ปัจจุบัน	ประกอบธุรกิจส่วนตัว