บทที่ 3

การแปลงข้อมูลภาพแบบแรสเตอร์เป็นแบบเวกเตอร์

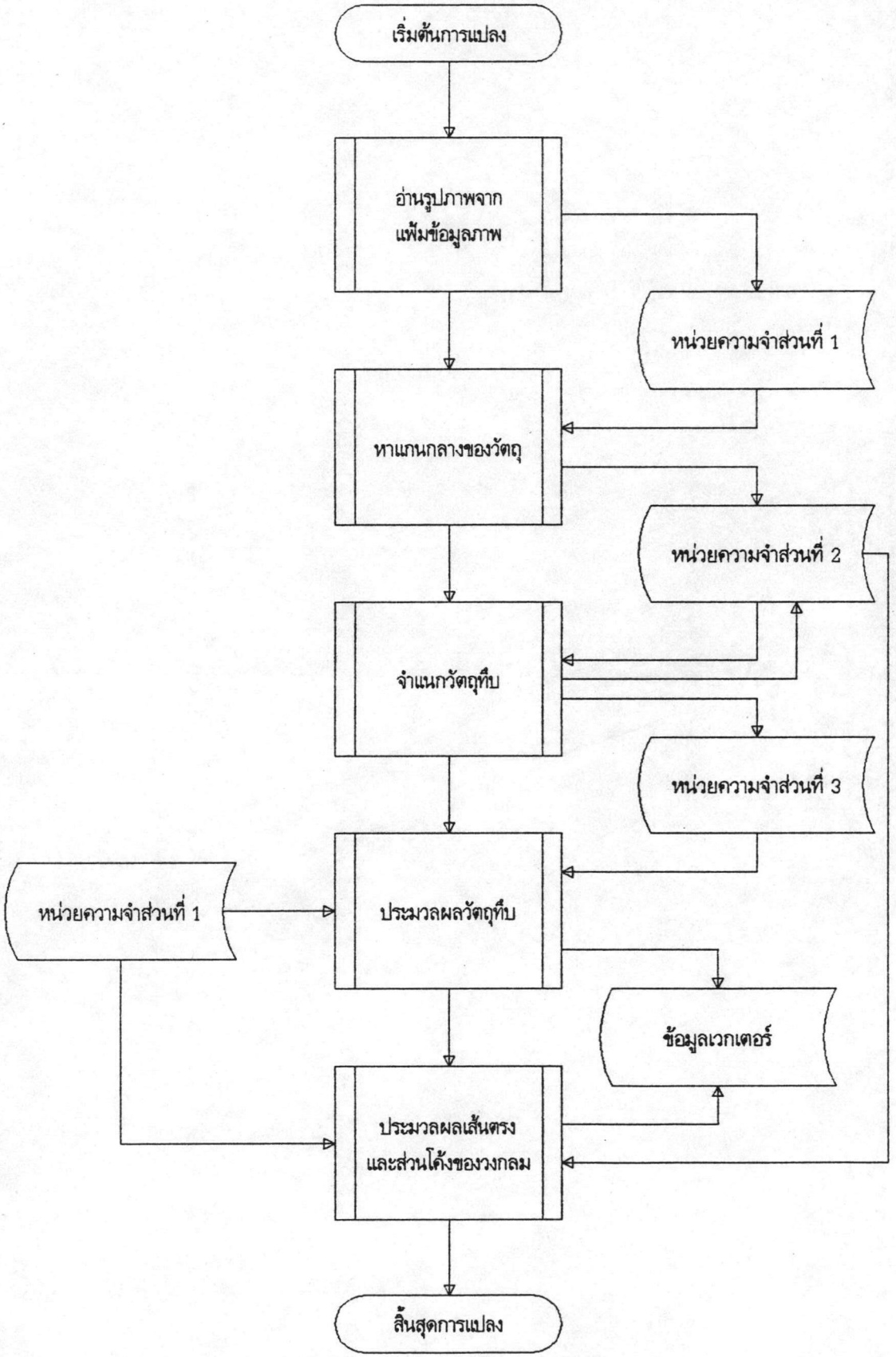
การแปลงข้อมูลภาพแบบแรสเตอร์เป็นแบบเวกเตอร์ที่วิจัยนี้ ได้แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนคือการแปลงข้อมูลภาพ บรรณาธิกรรูปภาพ และการเก็บรูปภาพลงแฟ้มข้อมูลภาพแบบดีเอ็กซ์เอฟ ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การแปลงข้อมูลภาพ

การแปลงข้อมูลภาพแบบแรสเตอร์เป็นแบบเวกเตอร์มีขั้นตอนวิธีต่างๆ 5 ขั้นตอนประกอบกัน สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ขั้นตอนการอ่านรูปภาพจากแฟ้มข้อมูลภาพแบบแรสเตอร์เข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำส่วนที่ 1
2. ขั้นตอนการหาแกนกลางของรูปภาพ เก็บไว้ในหน่วยความจำส่วนที่ 2
3. ขั้นตอนการจำแนกวัตถุทึบ ใช้หน่วยความจำส่วนที่ 2 และ 3
4. ขั้นตอนการประมวลผลวัตถุทึบ ทำกับหน่วยความจำส่วนที่ 3 ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย คือ
   - 4.1 ขั้นตอนการหาเส้นขอบของวัตถุ
   - 4.2 ขั้นตอนการตามรอยและตัดแบ่งเส้นขอบของวัตถุ
   - 4.3 ขั้นตอนการหาจุดยอดที่แท้จริงของวัตถุทึบ โดยใช้รูปภาพในหน่วยความจำส่วนที่ 1
5. ขั้นตอนการประมวลผลเส้นตรงและส่วนโค้งของวงกลม ทำกับหน่วยความจำส่วนที่ 2 ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ดังนี้
   - 5.1 ขั้นตอนการตามรอยและตัดแบ่งเส้นขอบของวัตถุ
   - 5.2 ขั้นตอนการแยกเส้นย่อยเป็นเส้นตรงหรือส่วนโค้งของวงกลม
   - 5.3 ขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางและรัศมีสำหรับส่วนโค้งของวงกลม
   - 5.4 ขั้นตอนการหาความหนาของเส้นตรงและส่วนโค้งของวงกลม ในขั้นตอนนี้ใช้รูปภาพในหน่วยความจำส่วนที่ 1

โดยหน่วยความจำส่วนที่ 1 2 และ 3 จะมีลักษณะเป็น 2 มิติ ซึ่งมีความกว้างและความยาวเท่ากับความกว้างและความยาวของรูปภาพแบบแรสเตอร์ที่อ่านเข้ามา



รูปที่ 3.1 ผังงานขั้นตอนการทำงานของการแปลงข้อมูลภาพ

ขั้นตอนการทำงานของการแปลงข้อมูลภาพสามารถแสดงได้ดังผังงานรูปที่ 3.1 หลังจากที่ได้ทำการแปลงข้อมูลภาพแบบแรสเตอร์เป็นแบบเวกเตอร์แล้ว จะเป็นการแก้ไขข้อมูลภาพที่แปลงได้ให้เป็นไปตามความต้องการโดยใช้บรรณาธิกรรูปภาพ หลังจากนั้นจึงเก็บข้อมูลใส่แฟ้มข้อมูลแบบดีเอ็กซ์เอฟ

3.1.1 การหาเส้นขอบของวัตถุ

การหาเส้นขอบของวัตถุเป็นการแยกจุดภาพที่อยู่บนเส้นขอบของวัตถุออกจากจุดภาพที่เป็นส่วนพื้นและจุดภาพที่อยู่ภายในวัตถุ การหาเส้นขอบของวัตถุมี 2 แบบคือ

แบบที่ 1 หาเส้นขอบของวัตถุทั้งรูปภาพ ซึ่งมีขั้นตอนวิธีคือ

1. ให้ P เป็นจุดภาพที่ 1 ของรูปภาพในหน่วยความจำ
2. P มีคุณสมบัติตรงตามเงื่อนไข 2 ข้อต่อไปนี้หรือไม่
   2.1 P เป็นจุดภาพที่เป็นวัตถุ
   2.2 จุดภาพใกล้เคียง 4 จุดของ P ไม่เป็นจุดภาพที่เป็นวัตถุทั้ง 4 จุด
   ถ้าใช่ P เป็นจุดภาพบนเส้นขอบของวัตถุ ให้เก็บค่า P ลงในหน่วยความจำ
   ถ้าไม่ใช่ P ไม่เป็นจุดภาพบนเส้นขอบของวัตถุ ให้ลบค่า P ในหน่วยความจำ
3. เลื่อน P มายังจุดภาพต่อไป
4. ทำข้อ 2-3 ซ้ำจนกว่าจะครบทุกจุดภาพ

สามารถแสดงได้ดังผังงานรูปที่ 3.2 ในหน้าต่อไป

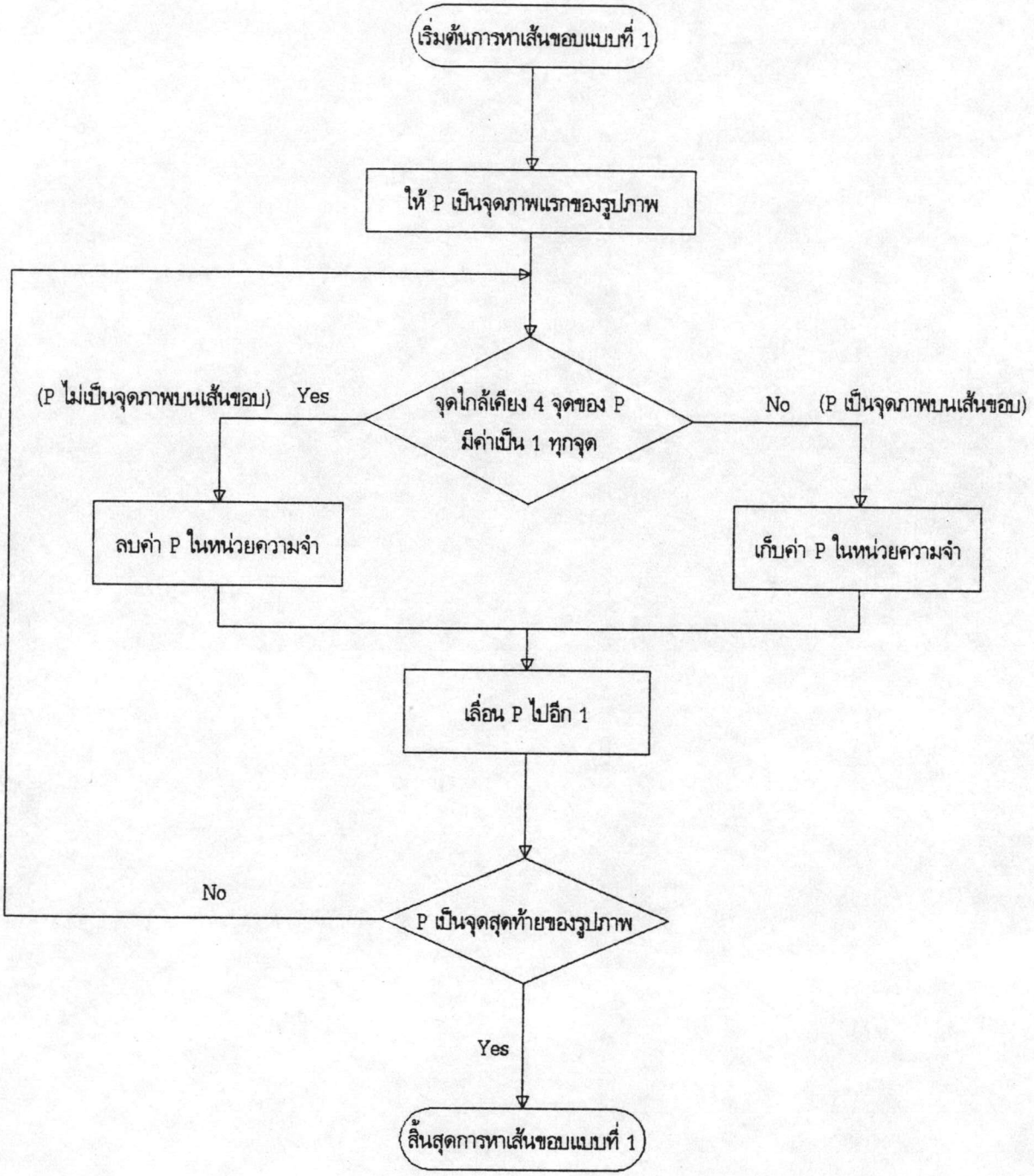
แบบที่ 2 ตรวจสอบจุดภาพว่าอยู่บนเส้นขอบของวัตถุหรือไม่

1. ให้ P เป็นจุดภาพที่ต้องการตรวจสอบ
2. ถ้า P มีคุณสมบัติตรงตามเงื่อนไข 2 ข้อข้างต้น แสดงว่า P เป็นจุดภาพบนเส้นขอบของวัตถุ
   ถ้าไม่ใช่ แสดงว่า P ไม่เป็นจุดภาพบนเส้นขอบของวัตถุ

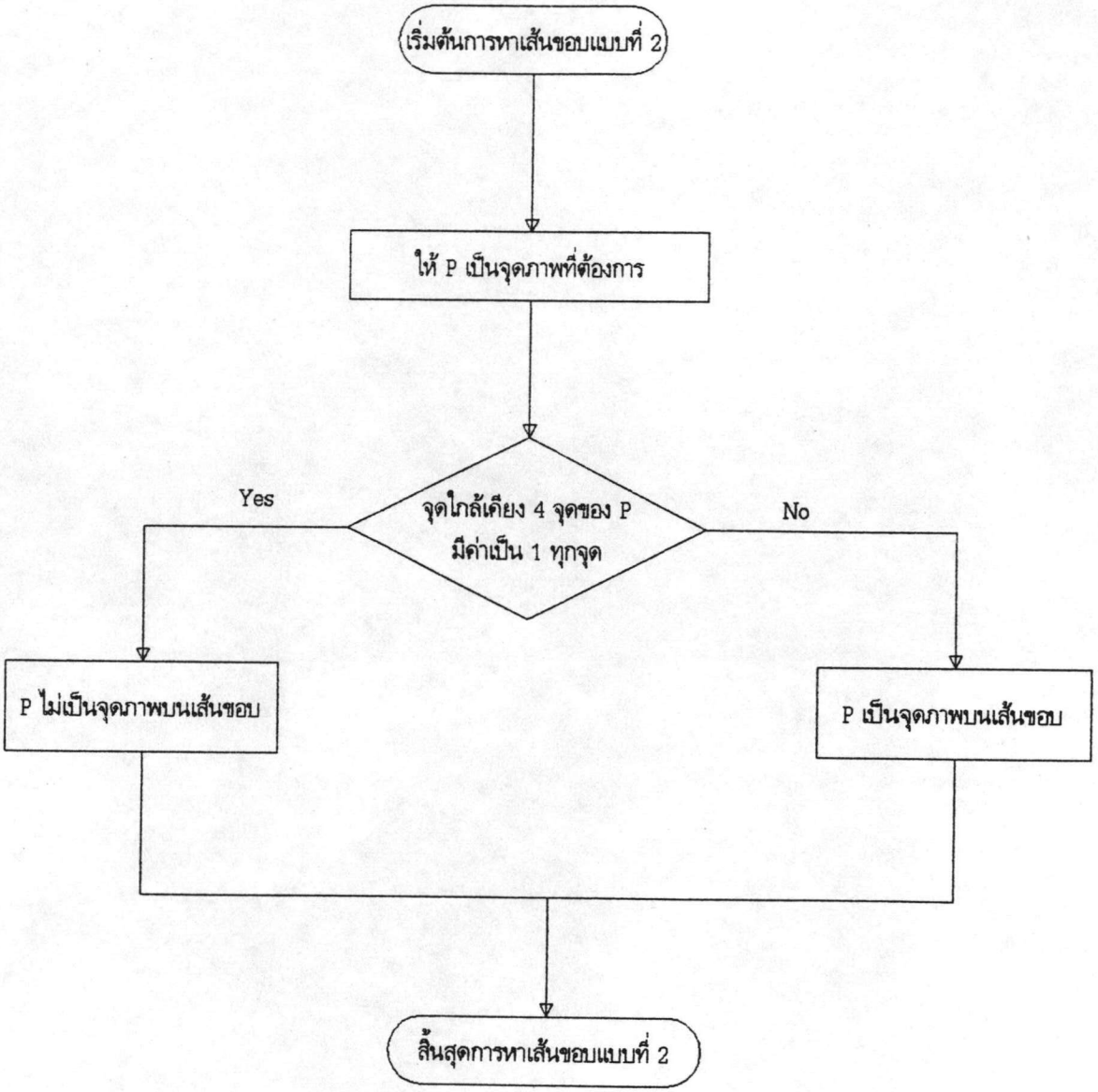
สามารถแสดงได้ดังผังงานรูปที่ 3.3 ในหน้าต่อไป

3.1.2 การหาแกนกลางของวัตถุ

การหาแกนกลางของวัตถุคือการลดขนาดของวัตถุตามแนวแกนของวัตถุจนเหลือเพียงแกนกลางของวัตถุเท่านั้น แต่ในการทำงานของระบบการแปลงข้อมูลภาพแบบแรสเตอร์เป็นเวกเตอร์ที่วิจัยนี้ได้นำการหาแกนกลางของวัตถุมาประยุกต์ใช้งานดังนี้



รูปที่ 3.2 ผังงานการหาเส้นขอบของวัตถุแบบที่ 1



รูปที่ 3.3 ผังงานการหาเส้นขอบของวัตถุแบบที่ 2

รูปภาพที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้เป็นรูปภาพที่ประกอบด้วยวัตถุทึบและวัตถุที่มีเฉพาะเส้น ดังนั้นการประมวลผลรูปภาพจึงต้องแยกออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของวัตถุทึบและส่วนของวัตถุที่มีเฉพาะเส้น สำหรับวัตถุที่มีเฉพาะเส้นนั้น กำหนดให้เส้นของวัตถุต้องมีความหนาของเส้นด้วย ดังนั้นก่อนหาจุดปลายของเส้นจะต้องหาแกนกลางของเส้นก่อนเพื่อให้ได้จุดพิกัดที่ถูกต้อง

การหาแกนกลางของเส้นของวัตถุจำเป็นจะต้องทำกับรูปภาพทั้งรูป เพราะไม่สามารถจำแนกได้ว่าส่วนใดเป็นวัตถุที่มีเฉพาะเส้นและส่วนใดเป็นวัตถุทึบ จึงได้ประยุกต์ขั้นตอนวิธีการหาแกนกลางของวัตถุแบบทูพาสจากเดิม (ดูรายละเอียดจากแนวคิดในหัวข้อที่ 2.4 บทที่ 2) ที่กำหนดให้วนรอบในการทำงานจนกว่าจะไม่มีจุดใดถูกลบออก (คือเหลือแกนกลางกว้าง 1 จุดภาพ) มาเป็นการกำหนดให้วนรอบตามจำนวนความหนาของเส้นสูงสุดที่ผู้ใช้โปรแกรมเป็นผู้กำหนด

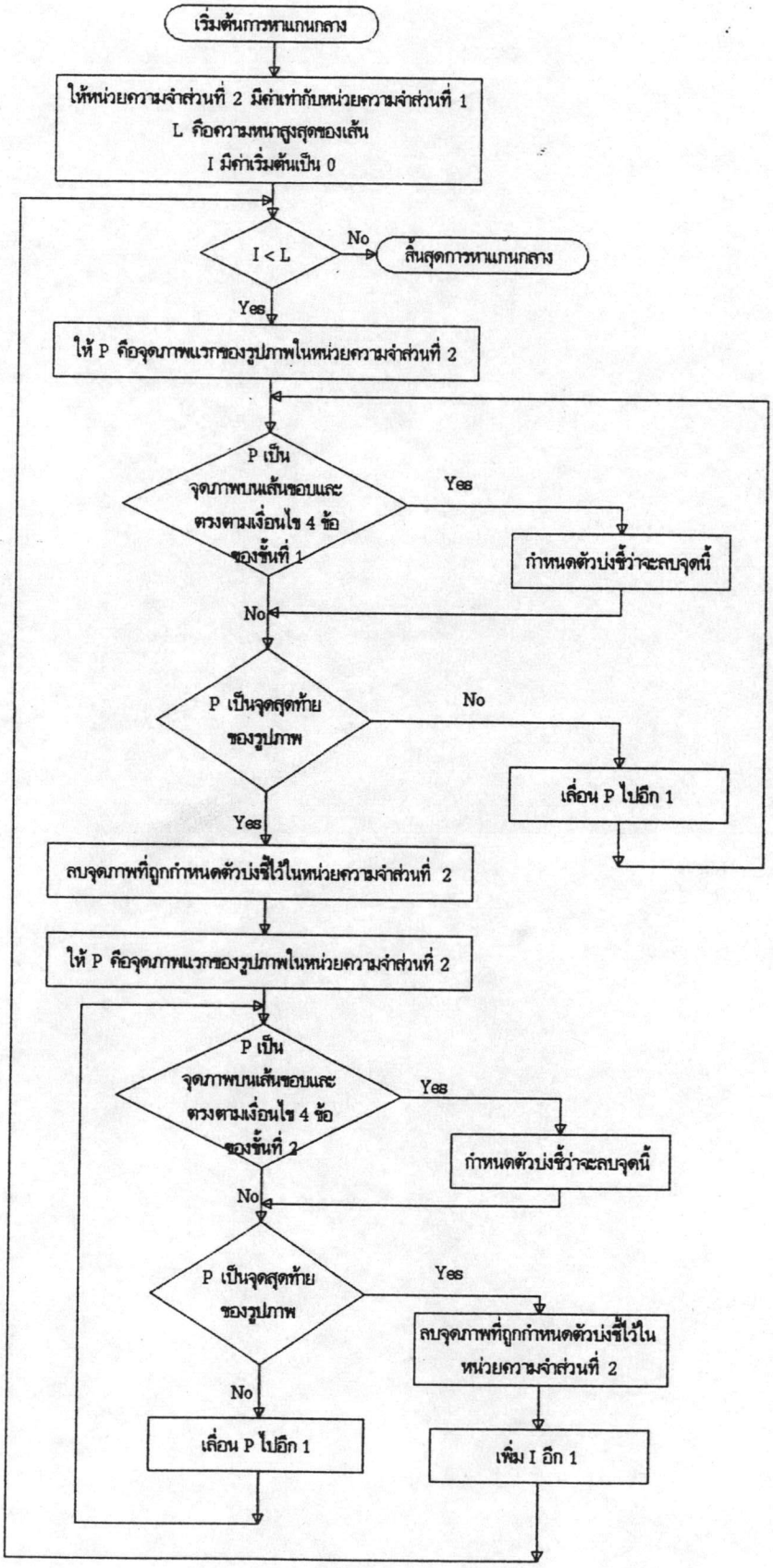
ขั้นตอนวิธีการหาแกนกลางที่ใช้ในงานวิจัยจึงเป็นดังนี้

1. กำหนดให้ จุดภาพที่เป็นวัตถุมีค่าเป็น 1 และจุดภาพในส่วนพื้นมีค่าเป็น 0
2. ขั้นตอนวิธีทูพาสจะประกอบด้วย 2 ขั้น แต่ละขั้นจะทำงานกับจุดภาพทุกจุดที่อยู่บนเส้นขอบเท่านั้น
3. ให้ P เป็นจุดภาพใดๆที่อยู่บนเส้นขอบ
4. **ขั้นที่ 1** ถ้า P มีคุณสมบัติตรงตามเงื่อนไข 4 ข้อที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 ของขั้นตอนวิธีทูพาส (ดังกล่าวแล้วในหัวข้อที่ 2.4 บทที่ 2) จะกำหนดตัวบ่งชี้ว่าจะลบจุดภาพ P
5. เมื่อจุดภาพบนเส้นขอบของวัตถุผ่านขั้นตอนที่ 1 ครบทุกจุดภาพแล้ว จึงลบจุดภาพที่ได้กำหนดตัวบ่งชี้ไว้ จากนั้นจึงเริ่มขั้นตอนที่ 2
6. **ขั้นที่ 2** ถ้า P มีคุณสมบัติตรงตามเงื่อนไข 4 ข้อที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 2 ของขั้นตอนวิธีทูพาส (ดังกล่าวแล้วในหัวข้อที่ 2.4 บทที่ 2) จะกำหนดตัวบ่งชี้ว่าจะลบจุดภาพ P
7. เมื่อจุดภาพบนเส้นขอบของวัตถุผ่านขั้นตอนที่ 2 ครบทุกจุดภาพแล้ว จึงลบจุดภาพที่ได้กำหนดตัวบ่งชี้ไว้
8. ข้อ 4-7 จะถูกทำซ้ำไปเรื่อยๆเป็นจำนวนรอบเท่ากับความหนาของเส้นสูงสุดที่ผู้ใช้โปรแกรมเป็นผู้กำหนด

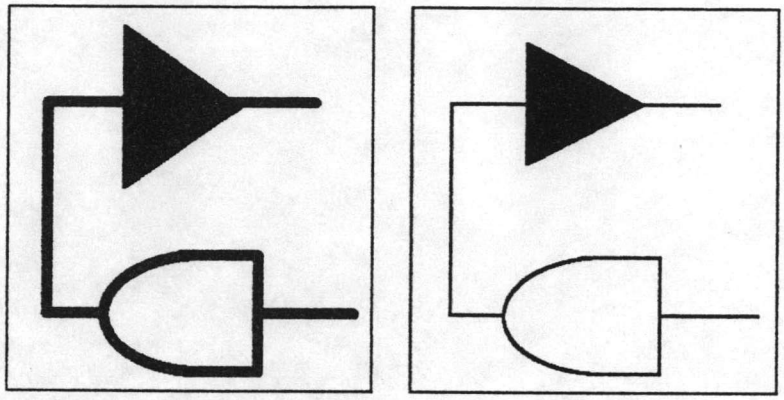
ขั้นตอนการหาแกนกลางของวัตถุสามารถแสดงได้ดังผังงานรูปที่ 3.4 ในหน้าถัดไป

การหาแกนกลางของวัตถุแบบทูพาสที่ใช้จำนวนรอบเท่ากับความหนาของเส้นสูงสุดที่ผู้ใช้กำหนดจะทำให้ได้ผลลัพธ์คือ วัตถุที่มีเฉพาะเส้นจะมีเส้นที่มีความหนา 1 จุดภาพและวัตถุทึบจะถูกลดขนาดลงเท่ากับความหนาของเส้นที่ผู้ใช้กำหนด ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.5 (ก) เป็นรูปภาพดั้งเดิมที่อ่านจากแฟ้มข้อมูล ส่วนรูปที่ 3.5 (ข) เป็นรูปภาพที่ผ่านการหาแกนกลางของวัตถุแล้ว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 ผังงานการหาแกนกลางของวัตถุ



(ก) (ข)

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างรูปภาพที่ใช้ในงานวิจัยก่อนและหลังการหาแกนกลางของวัตถุ
(ก) ก่อนหาแกนกลางของวัตถุ (ข) หลังหาแกนกลางของวัตถุ

3.1.3 การจำแนกวัตถุทึบ

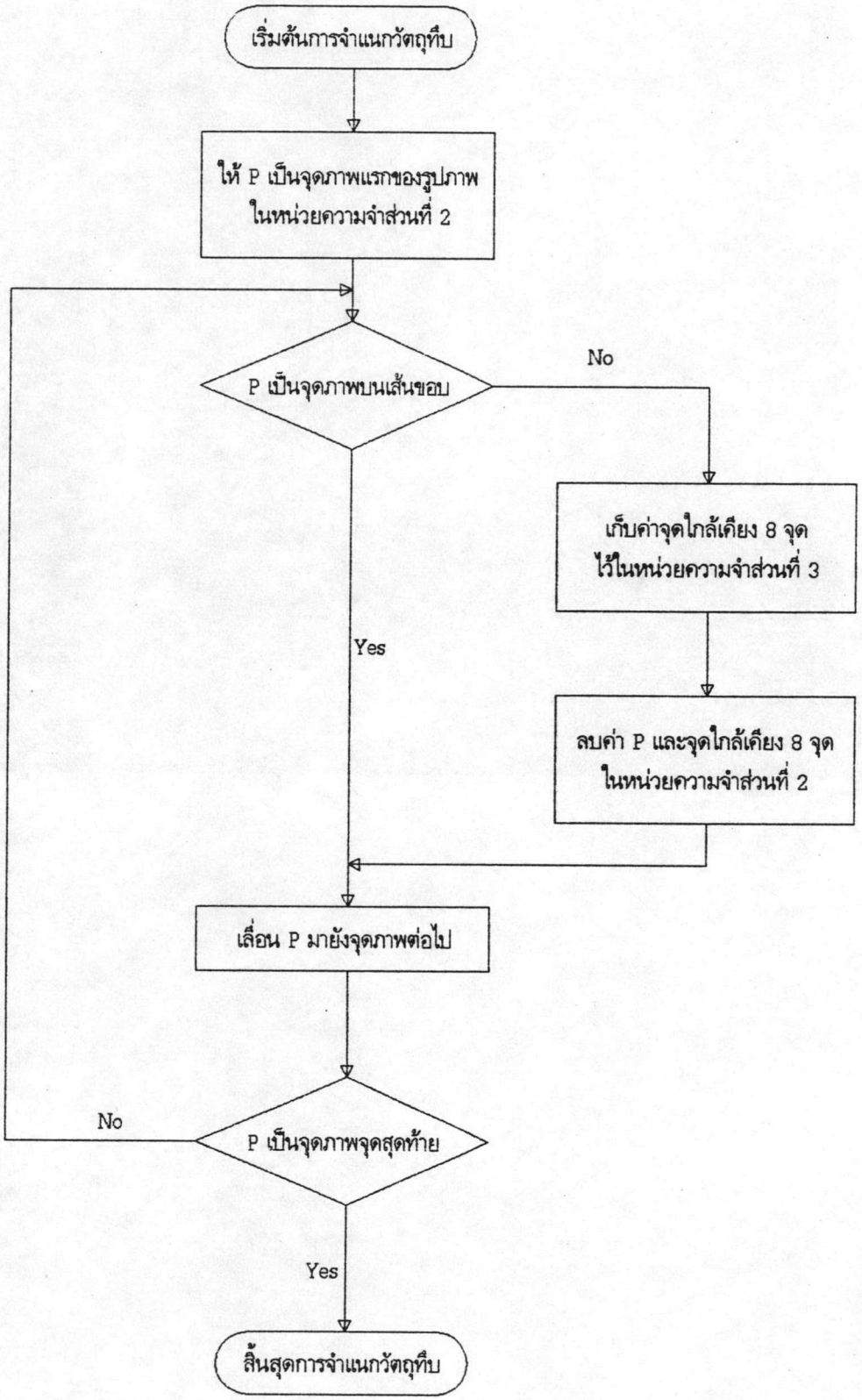
ผลลัพธ์ที่ได้จากการหาแกนกลางของวัตถุคือวัตถุที่มีเฉพาะเส้นที่กว้าง 1 จุดภาพและวัตถุทึบ งานวิจัยนี้ได้แบ่งการประมวลผลออกเป็น 2 ส่วนคือการประมวลผลส่วนของวัตถุที่มีเฉพาะเส้นและการประมวลผลส่วนของวัตถุทึบ จึงต้องมีการจำแนกวัตถุทั้งสองประเภทนี้ออกจากกัน

การจำแนกวัตถุทึบมีขั้นตอนวิธีดังนี้

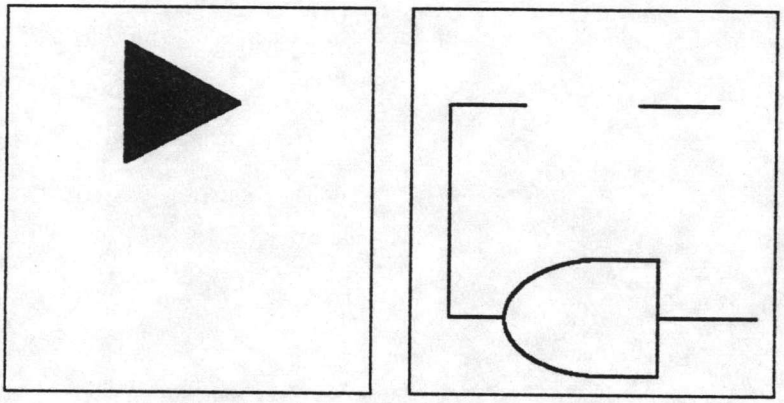
1. ให้ P เป็นจุดภาพที่อยู่ในหน่วยความจำส่วนที่ 2 (รูปที่ 3.5 (ข))
2. ถ้าจุดภาพ P ไม่เป็นจุดภาพบนเส้นขอบ ให้
   - เก็บค่าของจุดใกล้เคียง 8 จุดของจุดภาพ P ไว้ในหน่วยความจำส่วนที่ 3
   - ลบค่าของจุดภาพ P และจุดใกล้เคียง 8 จุดของจุดภาพ P ในหน่วยความจำส่วนที่ 2 ออก
3. ทำเช่นนี้จนครบทุกจุดภาพ

ขั้นตอนการจำแนกวัตถุทึบสามารถแสดงได้ดังผังงานรูปที่ 3.6 ในหน้าถัดไป

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกวัตถุทึบคือหน่วยความจำส่วนที่ 3 จะเก็บเฉพาะจุดภาพของวัตถุทึบ ดังรูปที่ 3.7 (ก) และหน่วยความจำส่วนที่ 2 จะเก็บเฉพาะจุดภาพของวัตถุที่มีเฉพาะเส้น ดังรูปที่ 3.7 (ข)



รูปที่ 3.6 ผังงานการจำแนกวัตถุทึบ



(ก) (ข)

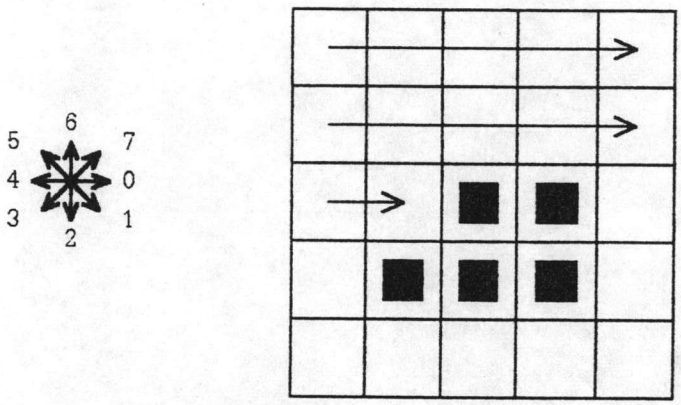
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างจากรูปที่ 3.5 (ข) ที่ผ่านการจำแนกวัตถุทึบ
(ก) แสดงจุดภาพของวัตถุทึบซึ่งเก็บไว้ในหน่วยความจำส่วนที่ 3
(ข) แสดงจุดภาพของวัตถุที่มีเฉพาะเส้นซึ่งเก็บไว้ในหน่วยความจำส่วนที่ 2

3.1.4 การตามรอยและการตัดแบ่งเส้นขอบของวัตถุ

การตามรอยและการตัดแบ่งเส้นขอบของวัตถุคือการหาจุดภาพที่ประกอบขึ้นเป็นเส้นขอบของวัตถุ และตัดแบ่งเส้นขอบที่ได้ออกเป็นเส้นย่อย เพื่อนำเส้นย่อยที่ได้ไปดำเนินการต่อไป ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการตามรอยเส้นขอบของวัตถุและตัดแบ่งเส้นขอบของวัตถุออกเป็นเส้นย่อย จะทำไปพร้อมๆกันดังนี้คือ

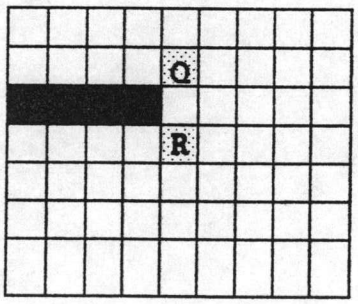
1. หาจุดภาพเริ่มต้นของเส้นขอบ โดยการตรวจหาจุดภาพจากด้านซ้ายไปด้านขวาและจากด้านบนลงด้านล่าง เพื่อหาจุดภาพที่เป็นจุดภาพเริ่มต้นของเส้นขอบ เมื่อพบจุดภาพจุดแรก จะถือว่าจุดภาพที่พบนั้นเป็นจุดภาพเริ่มต้นของเส้นขอบ
2. หาจุดภาพจุดที่ 2 ของเส้นขอบ โดยการตรวจจุดภาพใกล้เคียง 8 จุดของจุดภาพปัจจุบัน การตรวจจะทำทีละจุดภาพแบบทวนเข็มนาฬิกา เนื่องจากในการหาจุดภาพเริ่มต้นของเส้นขอบทำจากด้านซ้ายไปด้านขวาและจากด้านบนลงด้านล่าง จึงทำให้ทราบว่าทางด้านซ้ายและทางด้านบนที่ผ่านการกราดตรวจไปแล้วไม่มีจุดภาพที่ต้องการ การหาจุดภาพต่อไปจุดที่ 2 จึงไม่จำเป็นต้องตรวจจุดใกล้เคียง 8 จุดครบทั้งหมด โดยสามารถตรวจเพียง 4 จุดภาพทางด้านขวาและทางด้านล่างเท่านั้น คือจุดใกล้เคียงทางด้านซ้ายล่าง (รหัสลูกโซ่เป็น 3) ก่อน จากนั้นจึงมาที่จุดภาพใกล้เคียงทางด้านล่าง (รหัสลูกโซ่เป็น 2) แล้วจึงมาที่จุดภาพใกล้เคียงทางด้านขวา(รหัสลูกโซ่เป็น 1) และจุดภาพสุดท้ายที่ตรวจ คือ จุดภาพใกล้เคียงทางด้านขวา (รหัสลูกโซ่เป็น 0) เมื่อพบจุดภาพใกล้เคียงจุดใดก่อน จะถือว่าจุดภาพนั้นเป็นจุดภาพต่อไป

ของเส้นขอบ และ จะเก็บรหัสลูกโซ่ที่ได้เป็นทิศทางลำดับที่ 1 ในการหาจุดภาพต่อไป



รูปที่ 3.8 แสดงการหาจุดภาพเริ่มต้นและจุดภาพจุดที่ 2 ของเส้นขอบ

3. หาจุดภาพต่อไปของเส้นขอบอีก โดยการตรวจหาจากจุดภาพใกล้เคียง 8 จุดของจุดภาพปัจจุบันที่มีรหัสลูกโซ่ตรงกับทิศทางลำดับที่ 1 หากหาพบ จะตรวจหาตามทิศทางลำดับที่ 1 ต่อไปเรื่อยๆ และหากหาไม่พบจะตรวจหาจากจุดภาพต่อไปจากจุดภาพใกล้เคียง 8 จุด แต่จะตรวจเฉพาะจุดที่มีรหัสลูกโซ่อยู่ติดกับทิศทางลำดับที่ 1 เท่านั้น ซึ่งก็จะมีเพียง 2 จุดภาพที่จะตรวจสอบ ดังเช่นรูปที่ 3.9 มีทิศทางลำดับที่ 1 คือ ทิศทางด้านขวา (รหัสลูกโซ่เป็น 0) เมื่อตามในทิศทางลำดับที่ 1 ไม่พบ จะตรวจที่จุดภาพทางด้านขวาล่างหรือจุดภาพ R (รหัสลูกโซ่เป็น 1) และ จุดภาพทางด้านขวาบนหรือจุดภาพ Q (รหัสลูกโซ่เป็น 7) เมื่อพบจุดภาพจุดใดก่อน จะถือว่าจุดภาพนั้นเป็นจุดภาพต่อไปของเส้นขอบ และ จะเก็บรหัสลูกโซ่ที่ได้ เป็นทิศทางลำดับที่ 2 ในการหาจุดภาพต่อไป



รูปที่ 3.9 แสดงการหาทิศทางลำดับที่ 2

4. การหาจุดภาพจุดต่อไปของเส้นขอบ ก็จะหาโดยการตรวจจุดภาพใกล้เคียง 8 จุดที่มีรหัสลูกโซ่ตรงกับทิศทางลำดับที่ 1 หรือ 2 ต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะไม่พบจุดภาพใดๆในทั้งสองทิศทาง

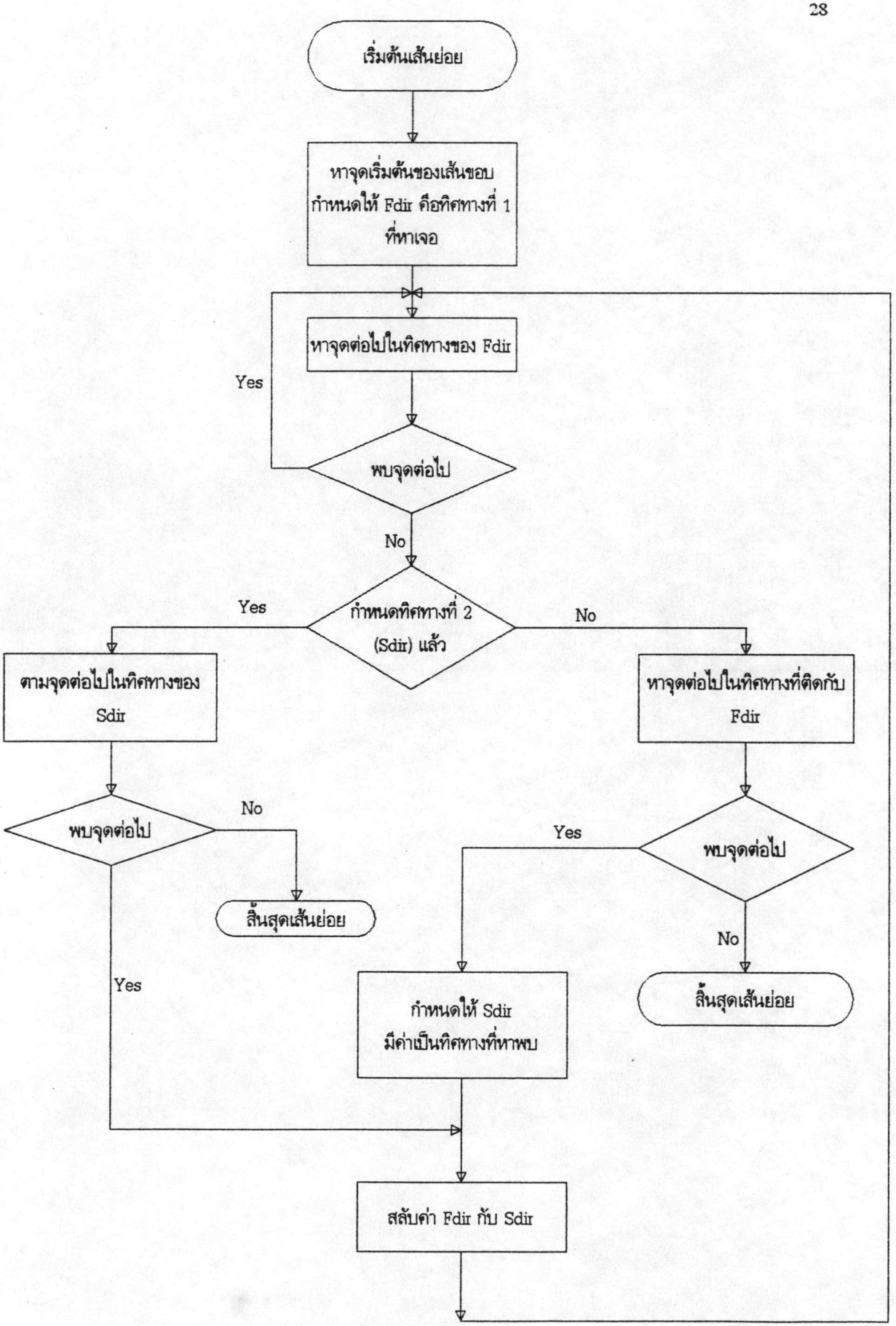
เมื่อหาจุดภาพต่อไปตามทิศทางลำดับที่ 1 และ 2 ไม่พบแล้ว จะถือว่าเป็นการสิ้นสุดเส้นย่อย จะได้ว่าจุดภาพที่พบทั้งหมดเป็นส่วนประกอบของเส้นย่อยของเส้นขอบของวัตถุ และจุดภาพจุดสุดท้ายที่พบจะเป็นจุดเริ่มต้นของเส้นย่อยเส้นต่อไป เส้นย่อยที่ได้มานี้จะถูกพิจารณาต่อไปว่าเป็นเส้นตรงหรือส่วนโค้งของวงกลม

เราสามารถแสดงขั้นตอนวิธีการตามรอยและการตัดแบ่งเส้นขอบของวัตถุได้ตามผังงานรูปที่ 3.10 ในหน้าถัดไป

3.1.5 การหาจุดยอดของวัตถุทึบที่แท้จริง

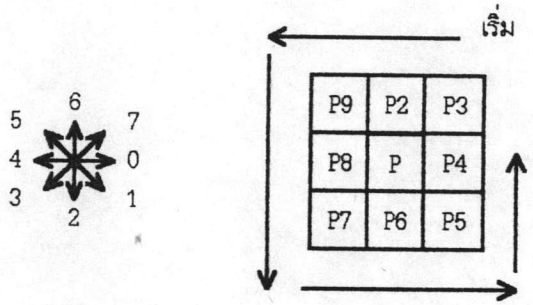
วัตถุทึบ (solid) เป็นรูปหลายเหลี่ยมที่มีการระบายสีภายในรูปจนเต็มพื้นที่ การหาจุดยอดของวัตถุทึบจะทำหลังจากที่ได้หาแกนกลางของวัตถุแล้ว ทำให้จุดยอดของวัตถุทึบที่หาได้ยังไม่ใช่จุดยอดที่ถูกต้องของวัตถุทึบ เพราะการหาแกนกลางของวัตถุได้ส่งผลให้วัตถุทึบมีขนาดลดลง ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องหาจุดยอดของวัตถุทึบที่แท้จริงก่อน เพื่อให้วัตถุคงอยู่ในสภาพเดิมมากที่สุด วิธีการหาจุดยอดของวัตถุทึบที่แท้จริงมีขั้นตอนวิธีดังนี้

1. กำหนดหน้าต่างสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 2 เท่าของความหนาสูงสุดของเส้นที่ผู้ใช้กำหนด โดยมีจุดศูนย์กลางของหน้าต่างอยู่ที่จุดยอดของวัตถุทึบที่หาได้
2. จุดยอดที่แท้จริงของวัตถุจะเป็นจุดภาพจุดหนึ่งบนเส้นขอบของวัตถุ (ก่อนหาแกนกลางของวัตถุ) ที่อยู่ภายในหน้าต่างที่กำหนดนี้ จุดภาพเหล่านี้จะถูกนำมาพิจารณาหาค่ามุมเมื่อเทียบกับจุดภาพบนเส้นขอบอีก 2 จุดที่อยู่ติดกับมัน การหาค่ามุมจะทำได้โดย
   - ตรวจจากจุดภาพใกล้เคียง 8 จุดทีละจุด เริ่มจากจุดภาพทางด้านขวาบน (รหัสลูกโซ่เป็น 7) ตามด้วยจุดภาพทางด้านบน (รหัสลูกโซ่เป็น 6) และวนมายังจุดภาพต่อไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา นั่นคือจากรูปที่ 3.11 จะเริ่มตรวจที่จุดภาพ P3 P2 P9 P8 P7 P6 P5 P4 ตามลำดับดังรูปที่ 3.11 จุดภาพบนเส้นขอบของวัตถุที่พบเป็นจุดที่ 1 และจุดที่ 2 จะถูกนำมาหาค่ามุม
   - ค่ามุมที่หาได้จะเป็นค่าความแตกต่างของรหัสลูกโซ่ เช่น ถ้าจุดภาพที่พบจุดที่ 1 และ 2 อยู่ตรงข้ามกัน จะได้ค่าความแตกต่างของรหัสลูกโซ่เป็น 4 (หรือทำมุม 180 องศานั่นเอง) ดังรูปที่ 3.12 (ก) ถ้าจุดภาพที่พบจุดที่ 1 และ 2 อยู่ติดกัน จะได้ค่าความ



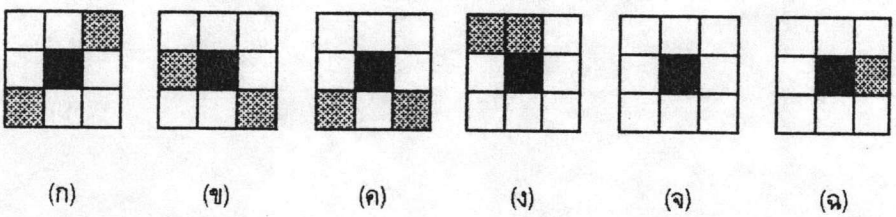
รูปที่ 3.10 ผังงานการตามรอยและการตัดแบ่งเส้นขอบของวัตถุ

แตกต่างของรหัสลูกโซ่เป็น 1 ดังรูปที่ 3.12 (ง) ส่วนรูปที่ 3.12 (ข) และ 3.12 (ค) จะเป็นรูปของจุดภาพที่มีค่าความแตกต่างของรหัสลูกโซ่เป็น 3 และ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 3.11 แสดงการตรวจหาค่ามุมจากจุดภาพใกล้เคียง 8 จุด

3. จุดภาพที่มีค่าความแตกต่างของรหัสลูกโซ่เป็น 4 จะไม่ใช่จุดยอดของวัตถุ จึงตัดจุดภาพนั้นออกจากการพิจารณาได้ และ จุดภาพที่ไม่มีจุดภาพใกล้เคียง 8 จุดอยู่บนเส้นขอบเลย ดังรูปที่ 3.12 (จ) หรือมีเพียง 1 จุดภาพเท่านั้น ดังรูปที่ 3.12 (ฉ) ก็จะถูกตัดออกจากการพิจารณาด้วย



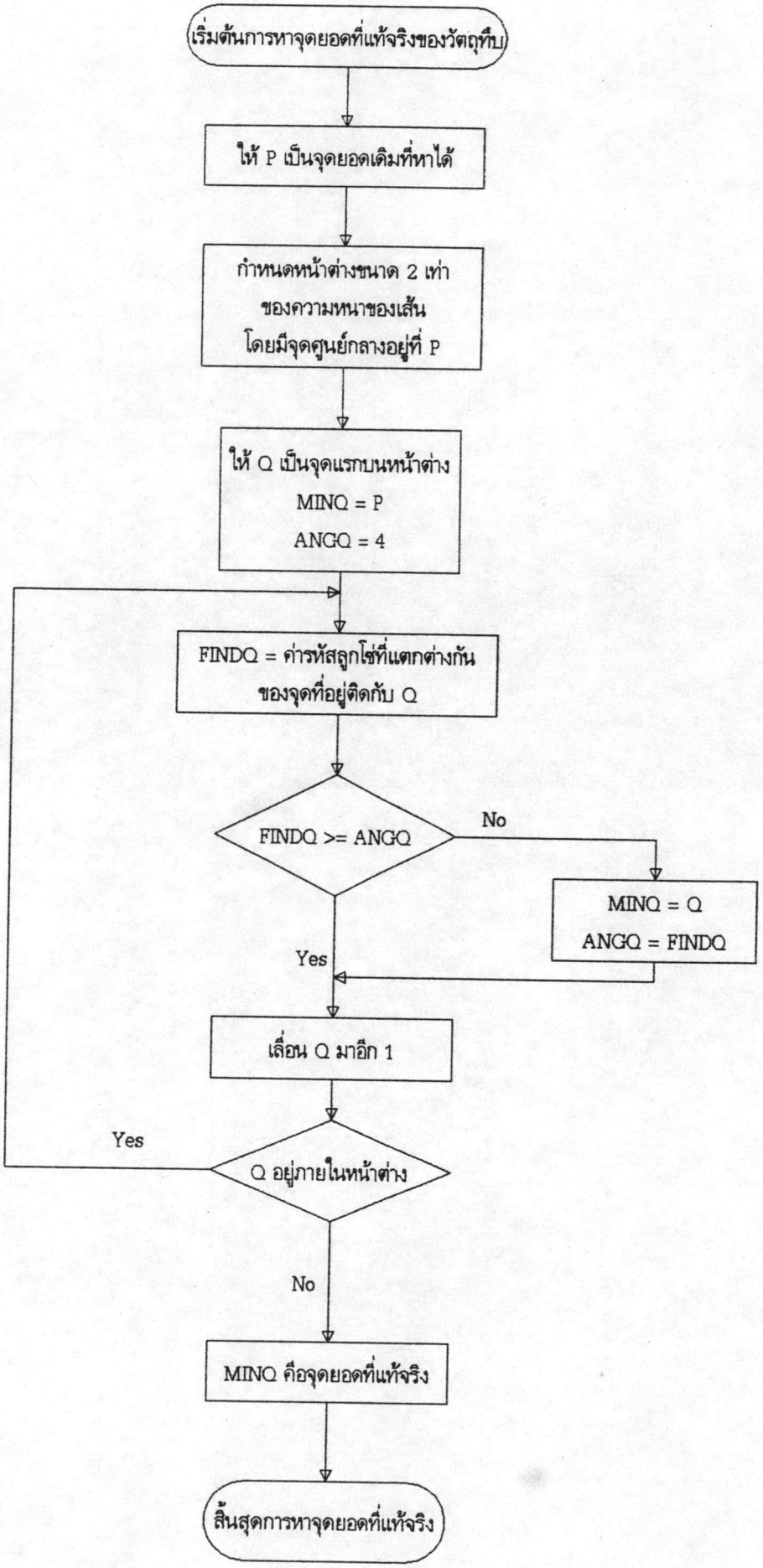
รูปที่ 3.12 แสดงการหาค่าความแตกต่างของรหัสลูกโซ่ในลักษณะต่างๆ จุดสีเข้มคือจุดที่พิจารณา

4. จุดภาพบนเส้นขอบภายในหน้าต่างที่มีค่าแตกต่างของรหัสลูกโซ่น้อยที่สุดจะถูกพิจารณาให้เป็นจุดยอดที่แท้จริงของวัตถุทึบ

รูปที่ 3.13 ในหน้าถัดไปเป็นผังงานแสดงขั้นตอนวิธีการหาจุดยอดของวัตถุทึบที่แท้จริง

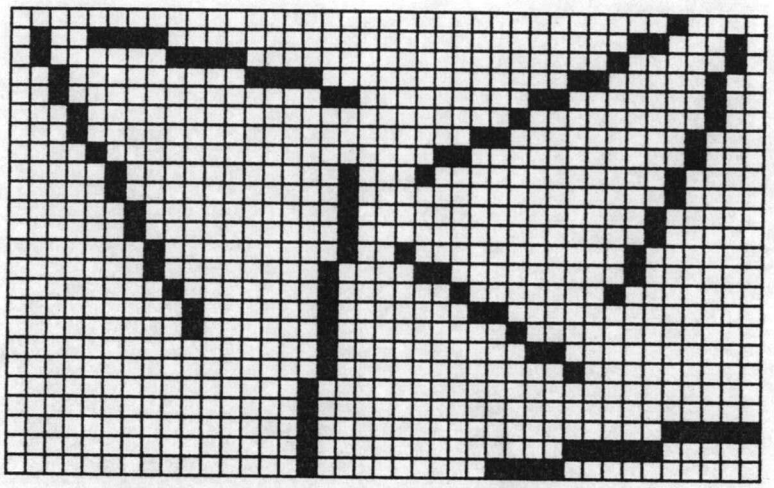
3.1.6 การแยกเส้นย่อยออกเป็นเส้นตรงหรือส่วนโค้งของวงกลม

จากการตามรอยและตัดแบ่งเส้นย่อยในวิธีข้างต้น จะทำให้ได้เส้นย่อยที่เกิดจากจุดที่มีรหัสลูกโซ่เพียง 2 รหัสเท่านั้น และ รหัสลูกโซ่ทั้งสองยังให้ทิศทางที่ติดกัน เส้นย่อยที่ได้ จึงเป็นเส้นที่ไม่มีการเปลี่ยน

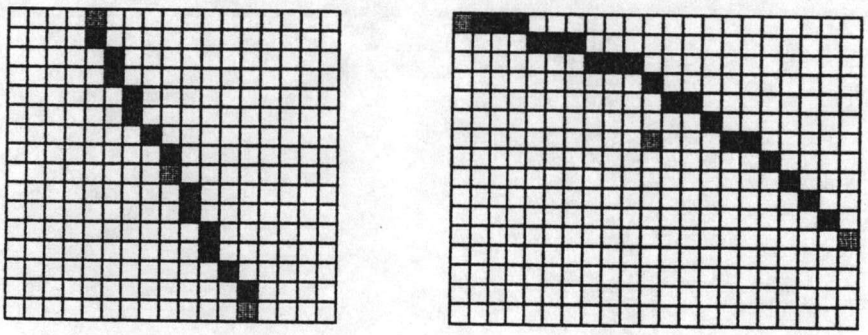


รูปที่ 3.13 ผังงานการหาจุดยอดที่แท้จริงของวัตถุทึบ

แปลงทิศทางมากนักและค่อนข้างจะเป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 3.14 จะเห็นว่าเส้นตรงทุกเส้นจะมีเพียง 2 ทิศทาง และเป็นทิศทางที่ติดกันด้วย



รูปที่ 3.14 แสดงทิศทางของจุดภาพบนเส้นตรงที่มีความชันต่างๆ



(ก) (ข)

รูปที่ 3.15 แสดงจุดภาพบนเส้นตรงและส่วนโค้งของวงกลม
จุดสีอ่อนคือจุดปลายทั้งสองและจุดกึ่งกลางของเส้นย่อย
(ก) คือเส้นตรง (ข) คือส่วนโค้งของวงกลม

แต่อย่างไรก็ดี เรายังไม่สามารถสรุปได้ว่า เส้นย่อยที่ตัดแบ่งมาได้นั้นเป็นเส้นตรง วิธีการตัดสินว่าเส้นย่อยเป็นเส้นตรงหรือไม่ ทำได้โดยการตรวจจุดกึ่งกลางของจุดปลายทั้งสองของเส้นย่อยว่าเป็นจุดภาพบนเส้นย่อยหรือไม่ ถ้าจุดกึ่งกลางเป็นจุดภาพบนเส้นย่อย จะถือว่าเส้นย่อยนี้เป็นเส้นตรง เนื่องจากงานวิจัยนี้มีขอบเขตของการวิจัยว่ารูปภาพที่ใช้ต้องเป็นภาพกราฟิกเบื้องต้นที่เกิดจากการนำเส้นตรงและส่วนโค้งของวงกลมมาประกอบกันเป็นรูปภาพ ดังนั้น ถ้าจุดกึ่งกลางไม่ใช่จุดภาพบนเส้นย่อย จะถือว่าเส้นย่อยนี้เป็น

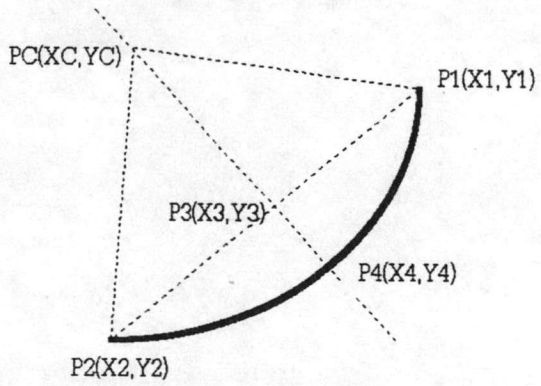
ส่วนโค้งของวงกลม ดังเช่นรูปที่ 3.15 (ก) จุดกึ่งกลางของจุดปลายทั้งสองของเส้นย่อยเป็นจุดภาพบนเส้นย่อย จึงได้ว่าเส้นย่อยนี้เป็นเส้นตรง และรูปที่ 3.15 (ข) เป็นส่วนโค้งของวงกลม เพราะจุดกึ่งกลางของจุดปลายทั้งสองของเส้นย่อยไม่เป็นจุดภาพบนเส้นย่อย

3.1.7 การคำนวณหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของส่วนโค้งของวงกลม

เมื่อตัดแบ่งวัตถุออกเป็นเส้นย่อยแล้ว เส้นย่อยที่ผ่านการพิจารณาแล้วว่าไม่ใช่เส้นตรง จะถือว่าเป็นเส้นย่อยนั้นเป็นส่วนโค้งของวงกลม ซึ่งส่วนโค้งของวงกลมที่ได้มานั้นจะทราบเพียงจุดเริ่มต้นและจุดปลายของส่วนโค้งของวงกลมเท่านั้น จึงจำเป็นจะต้องหาค่าคงที่ที่สำคัญสำหรับการวาดวงกลม นั่นคือ จุดศูนย์กลางและรัศมี

จุดศูนย์กลางเป็นจุดที่อยู่บนเส้นตรงที่ลากตั้งฉากและแบ่งครึ่งเส้นคอร์ดที่เชื่อมระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดปลายของส่วนโค้งของวงกลม

1. กำหนดให้ จุด P1 และจุด P2 อยู่บนคู่ลำดับ (X1,Y1) และ (X2,Y2) ตามลำดับ เป็นจุดเริ่มต้นและจุดปลายของส่วนโค้งของวงกลม และ จุด PC เป็นจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งของวงกลมอยู่บนคู่ลำดับ (XC,YC)
2. เส้นตรงที่ลากจากจุด P1 มายังจุด P2 เรียกว่า เส้นคอร์ด P1P2



รูปที่ 3.16 แสดงจุดสำคัญในการคำนวณหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของส่วนโค้งของวงกลม

3. จุดกึ่งกลางของเส้นคอร์ด P1P2 คือจุด P3 ที่อยู่บนคู่ลำดับ (X3,Y3) โดยสามารถหาค่า X3 และ Y3 ได้จากสมการ

   $X3 = (X1+X2)/2$ และ

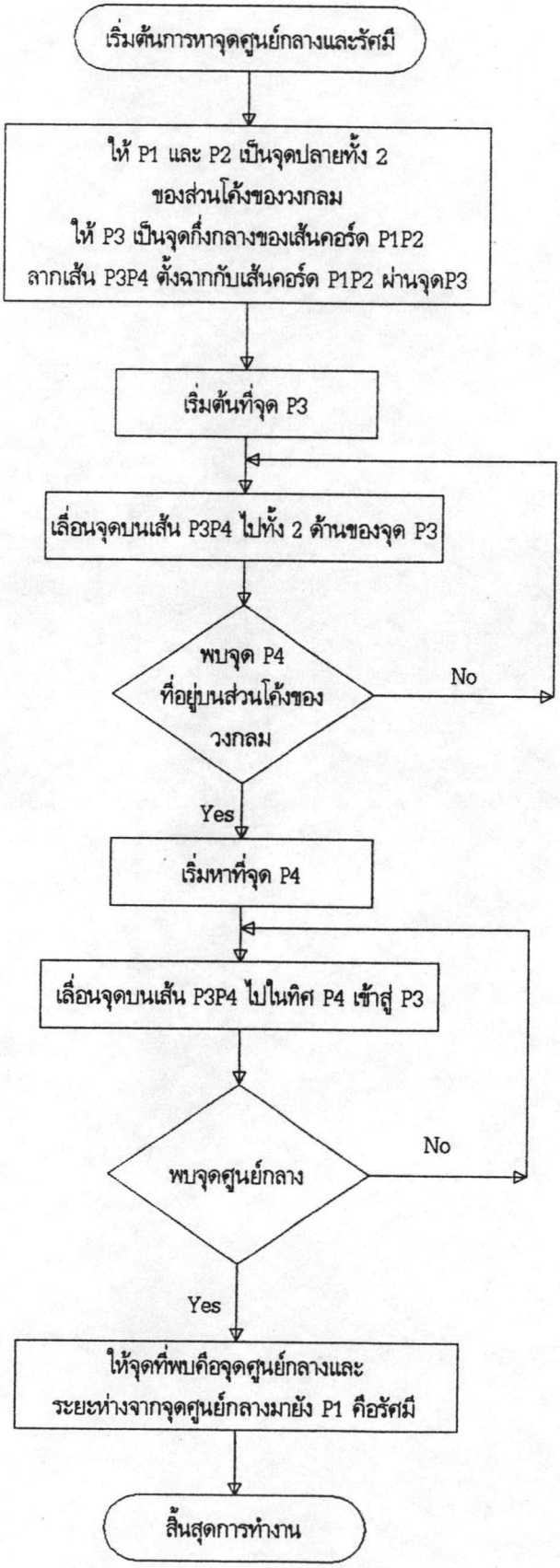
   $Y3 = (Y1+Y2)/2$

4. ลากเส้นตรงตั้งฉากกับเส้นคอร์ด P1P2 และผ่านจุด P3 เส้นตรงเส้นนี้จะตัดกับส่วนโค้งของวงกลม P1P2 ที่จุด P4 ที่อยู่บนคู่ลำดับ (X4,Y4) จึงเรียกเส้นตรงนี้ว่า เส้นตรง P3P4 โดย X4 และ Y4 จะหาได้จากการหาจุดภาพที่อยู่บนเส้นตรง P3P4 และอยู่บนส่วนโค้งของวงกลม P1P2 การหาจุดภาพคู่ลำดับ (X4,Y4) จะตรวจทุกจุดที่อยู่บนเส้นตรง P3P4 ว่าเป็นจุดภาพที่อยู่บนส่วนโค้งของวงกลม P1P2 หรือไม่ การหาจุดบนเส้นตรง P3P4 จะใช้หลักการของการวาดเส้นตรงดีดีเอ จุดแรกที่ตรวจคือจุด P3 และจุดต่อไปคือจุดทั้งสองจุดที่อยู่ติดกับจุด P3 หลังจากนั้น จุดต่อไปก็คือจุดอีกสองจุดที่อยู่ถัดไป นั่นคือ การตรวจจุดบนเส้นตรง P3P4 จะตรวจจุดบนเส้นตรงทั้งสองด้านของจุด P3 ถ้าพบจุดภาพดังกล่าว จะให้ X4 และ Y4 มีค่าตามคู่ลำดับของจุดภาพที่พบนั้น
5. จากทฤษฎีเรขาคณิตของวงกลม เส้นตรงที่ตั้งฉากและแบ่งครึ่งเส้นคอร์ดใดๆของวงกลมจะลากผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมเสมอ ดังนั้นจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งของวงกลม หรือ จุด PC จึงอยู่บนเส้นตรง P3P4 นี้ เราสามารถหาค่า XC และ YC ได้จากการตรวจจุดบนเส้นตรง P3P4 เช่นเดียวกันกับการหาจุด P4 การตรวจจุดทุกจุดบนเส้นตรง P3P4 ว่าเป็นจุดศูนย์กลางหรือไม่ จะใช้หลักการของการวาดเส้นตรงดีดีเอในการหาจุดบนเส้นตรง P3P4 การตรวจจะเริ่มจากจุด P4 เป็นจุดแรก ต่อจากนั้นจะเป็นจุดที่อยู่ติดกับจุด P4 มาทางจุด P3 และจุดต่อๆไป การตรวจจะทำทีละจุด จากจุด P4 มาทางด้านของจุด P3 และจุดต่อไปทางด้านนั้น จนกว่าจะพบจุดศูนย์กลาง ซึ่งจากทฤษฎีเรขาคณิตของวงกลม จุดศูนย์กลางคือจุดที่มีระยะห่างจากจุดใดๆบนวงกลมเท่ากัน ดังนั้นจุดบนเส้นตรง P3P4 ที่มีระยะทางไปยังจุด P1 เท่ากับระยะทางไปยังจุด P2 และเท่ากับระยะทางไปยังจุด P4 จึงเป็นจุดศูนย์กลาง

การหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลม สามารถแสดงได้ดังผังงานรูปที่ 3.17 ในหน้าต่อไป

3.1.8 การหาความหนาของเส้นตรงและส่วนโค้งของวงกลม

เส้นย่อยที่ผ่านการพิจารณาว่าเป็นเส้นตรงหรือส่วนโค้งของวงกลมแล้ว จะถูกนำมาหาความหนาที่แท้จริงของเส้นตรงหรือส่วนโค้งของวงกลม เพราะเส้นตรงหรือส่วนโค้งของวงกลมที่ได้มานั้น เป็นเส้นที่มียังไม่มีความหนา (กว้างเพียง 1 จุดภาพเท่านั้น) เพื่อให้วัตถุคงอยู่ในสภาพเดิมมากที่สุด จึงจำเป็นจะต้องหาความหนาที่แท้จริงของเส้นตรงหรือส่วนโค้งของวงกลมออกมา วิธีการหาความหนาของเส้นตรงและส่วนโค้งของวงกลมจะแตกต่างกัน สามารถอธิบายได้ดังนี้

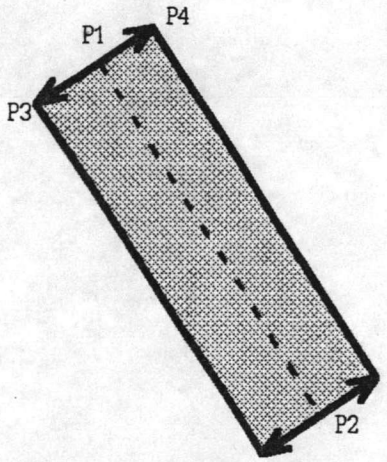


รูปที่ 3.17 ผังงานการหาจุดศูนย์กลางและรัศมี

3.1.8.1 การหาความหนาของเส้นตรง

เส้นย่อยที่ผ่านการพิจารณาว่าเป็นเส้นตรง จะต้องหาความหนาที่แท้จริงของเส้นตรงก่อน เพราะเส้นตรงที่ได้จะกว้างเพียง 1 จุดภาพเท่านั้น การหาความหนาของเส้นตรงทำได้ดังนี้

1. ให้จุด P1 และจุด P2 เป็นจุดปลายของเส้นตรงที่อยู่บนคู่ลำดับ (X1,Y1) และ (X2,Y2) ตามลำดับ
2. เส้นตรง P1P2 จะมีความชัน M
3. เส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นตรง P1P2 จะมีความชันเป็น -1/M
4. ลากเส้นตรงตั้งฉากกับเส้นตรง P1P2 ผ่านจุด P1 เส้นตรงเส้นนี้จะผ่านจุด P3 และจุด P4 ตามรูปที่ 3.18 เรียกเส้นตรงเส้นนี้ว่า เส้นตรง P3P4 จุดภาพ P3 และจุดภาพ P4 เป็นจุดภาพบนเส้นขอบของวัตถุ ระยะห่างจากจุดภาพ P3 มายังจุดภาพ P4 คือความหนาของเส้นตรง ณ จุด P1 นั่นเอง

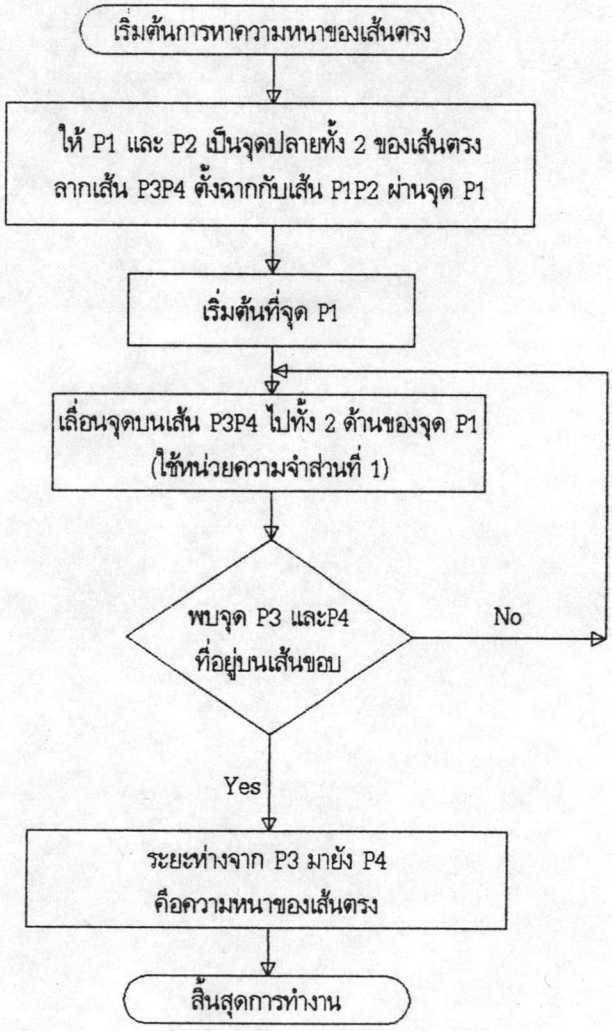


รูปที่ 3.18 แสดงการหาความกว้างของเส้นตรง

5. หาพิกัดของจุดภาพ P3 และจุดภาพ P4 ได้จากการตรวจจุดภาพทุกจุดที่อยู่บนเส้นตรง P3P4 ว่าเป็นจุดภาพที่อยู่บนเส้นขอบของวัตถุ (ก่อนหาแกนกลางของวัตถุ) หรือไม่ การหาจุดภาพบนเส้นตรง P3P4 ใช้หลักการของการวาดเส้นตรงดีดีเอ เลือกจุดภาพที่จะตรวจทีละจุดภาพ การตรวจจะทำกับจุดภาพบนเส้นตรงทั้งสองด้านของจุด P1 จุดภาพบนเส้นขอบของวัตถุที่ตรวจพบทั้งสองด้าน คือจุด P3 และจุด P4 นั่นเอง และระยะห่างระหว่างจุด P3 กับจุด P4 ก็คือความหนาของเส้นตรง ณ จุด P1

I 17522535

6. จุด P2 ซึ่งเป็นจุดปลายอีกด้านหนึ่งของเส้นตรง จะหาความหนา ณ จุด P2 ได้โดยใช้วิธีการเดียวกันกับวิธีการหาความหนา ณ จุด P1
7. ความหนา ณ จุด P1 และความหนา ณ จุด P2 จะนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นความหนาของเส้นตรง

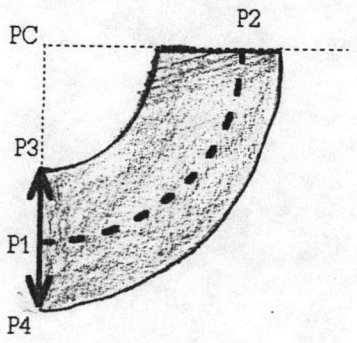


รูปที่ 3.19 ผังงานการหาความหนาของเส้นตรง

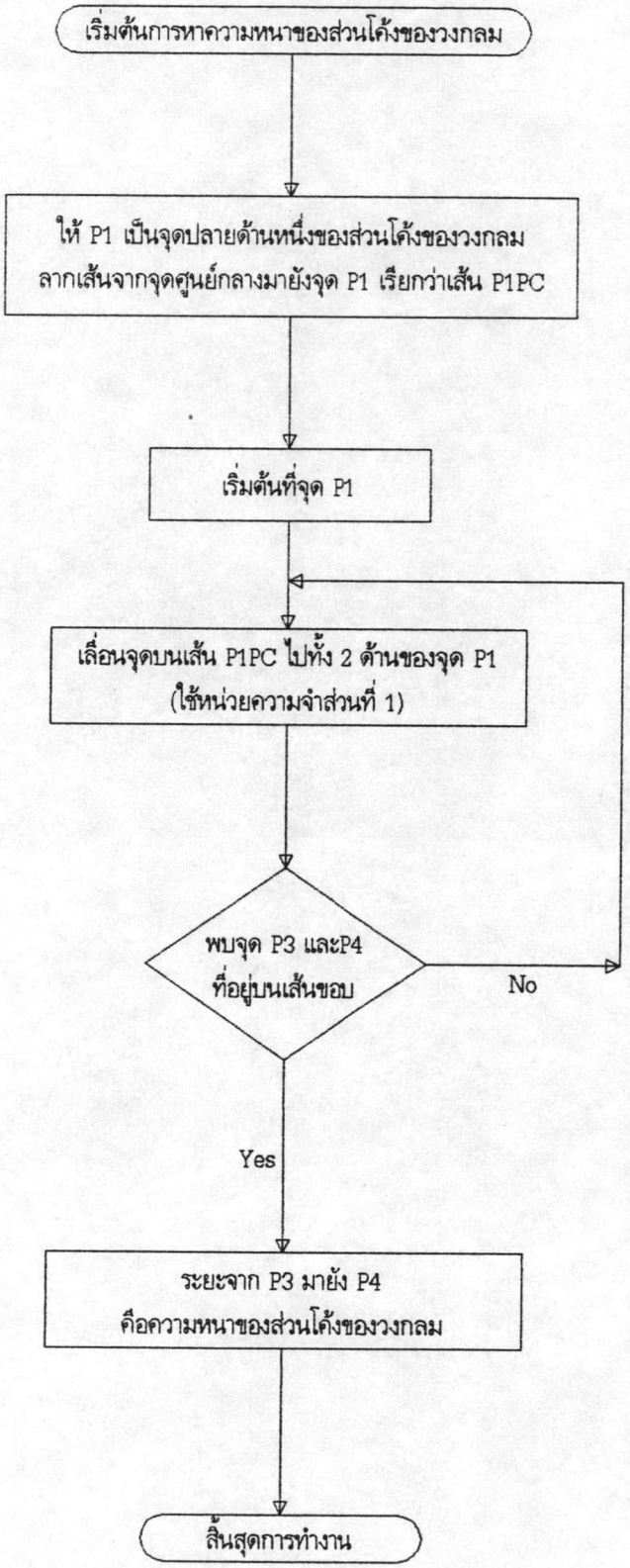
3.1.8.2 การหาความหนาของส่วนโค้งของวงกลม

เช่นเดียวกันกับเส้นตรง เส้นย่อยที่ผ่านการพิจารณาว่าเป็นส่วนโค้งของวงกลม จะต้องหาความหนาที่แท้จริงของส่วนโค้งของวงกลมก่อน ส่วนโค้งของวงกลมที่ได้จะกว้างเพียง 1 จุดภาพเท่านั้น การหาความหนาที่แท้จริงของส่วนโค้งของวงกลมนั้นทำได้โดย

1. ลากเส้นตรงผ่านจุด P1 และจุด PC เส้นตรงเส้นนี้จะผ่านจุด P3 และจุด P4 ตามรูปที่ 3.20 เรียกเส้นตรงเส้นนี้ว่า เส้นตรง P1PC จุดภาพ P3 และจุดภาพ P4 เป็นจุดภาพบนเส้นขอบของวัตถุ ระยะห่างจากจุดภาพ P3 มายังจุดภาพ P4 คือความหนาของส่วนโค้งของวงกลม ณ จุด P1 นั่นเอง
2. หาพิกัดของจุดภาพ P3 และจุดภาพ P4 ได้จากการตรวจจุดภาพทุกจุดที่อยู่บนเส้นตรง P1PC ว่าเป็นจุดภาพที่อยู่บนเส้นขอบของวัตถุ (ก่อนหาแกนกลางของวัตถุ) หรือไม่ การหาจุดภาพบนเส้นตรง P1PC ใช้หลักการของการวาดเส้นตรงดีดีเอ เลือกจุดภาพที่จะตรวจทีละจุดภาพ การตรวจจะทำกับจุดภาพบนเส้นตรงทั้งสองด้านของจุด P1 จุดภาพบนเส้นขอบของวัตถุที่ตรวจพบทั้งสองด้าน คือจุด P3 และจุด P4 นั่นเอง และระยะห่างระหว่างจุด P3 กับจุด P4 ก็คือความหนาของส่วนโค้งของวงกลม ณ จุด P1
3. จุด P2 ซึ่งเป็นจุดปลายอีกด้านหนึ่งของส่วนโค้งของวงกลม จะหาความหนา ณ จุด P2 ได้โดยใช้วิธีการเดียวกันกับวิธีการหาความหนา ณ จุด P1
4. ความหนา ณ จุด P1 และความหนา ณ จุด P2 จะนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นความหนาของส่วนโค้งของวงกลม



รูปที่ 3.20 แสดงการหาความกว้างของส่วนโค้งของวงกลม



รูปที่ 3.21 ผังงานการหาความหนาของส่วนโค้งของวงกลม

3.2 บรรณาธิกรรูปภาพ

เนื่องจากการแปลงข้อมูลภาพแบบแรสเตอร์เป็นแบบเวกเตอร์อาจให้ผลลัพธ์ที่ไม่ตรงตามความต้องการทั้งหมด ไม่ว่าจะเกิดจากความคลาดเคลื่อนของตัวโปรแกรมหรือไม่ก็ตาม เราสามารถแก้ไขผลลัพธ์ให้เป็นไปตามความต้องการได้โดยใช้บรรณาธิกรรูปภาพนี้ ซึ่งมีความสามารถดังนี้

3.2.1 ลบหรือเพิ่มเส้นตรง ส่วนโค้งของวงกลม วัตถุทึบได้

3.2.2 เปลี่ยนแปลงพิกัดของจุดยอดได้

3.2.3 รวมเส้นตรงหลายๆเส้นเป็นเส้นตรง 1 เส้นหรือส่วนโค้งของวงกลม 1 เส้นได้

3.2.4 ย้ายเส้นในโพลี่ไลน์ชุดหนึ่งไปไว้ในโพลีไลน์อีกชุดหนึ่งได้

3.2.5 เปลี่ยนความหนาของเส้นตรงและส่วนโค้งของวงกลมได้

3.2.6 เปลี่ยนวัตถุทึบเป็นเส้นที่มีความหนาได้ หรือเปลี่ยนเส้นที่มีความหนาเป็นวัตถุทึบได้

3.3 การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลภาพแบบดีเอ็กซ์เอฟ

ผลลัพธ์ข้อมูลเวกเตอร์ที่ได้จะประกอบด้วยเส้นตรง ส่วนโค้งของวงกลม และวัตถุทึบ ซึ่งจะเก็บข้อมูลในรูปแบบแฟ้มข้อมูลภาพแบบดีเอ็กซ์เอฟโดยมีวิธีในการเก็บข้อมูลดังนี้

3.3.1 เส้นตรงที่ไม่มีความหนา

เป็นเส้นตรงที่เกิดจากจุดปลาย 2 จุดและไม่มีความหนา (กว้างเพียง 1 จุดภาพ) การเก็บข้อมูลเส้นตรงที่ไม่มีความหนาในดีเอ็กซ์เอฟจะเก็บในเอนทิตีของไลน์ (LINE) ข้อมูลที่เก็บคือจุดพิกัดของจุดภาพที่เป็นจุดปลายทั้ง 2 จุดนี้ ดังเช่นตารางที่ 3.1 เป็นตัวอย่างการเก็บข้อมูลเส้นตรงที่ไม่มีความหนาในแฟ้มข้อมูลแบบดีเอ็กซ์เอฟพร้อมความหมาย

3.3.2 เส้นตรงที่มีความหนา

เป็นเส้นตรงที่เกิดจากจุดปลาย 2 จุดและมีความหนาตามที่คำนวณได้ การเก็บข้อมูลเส้นตรงที่มีความหนาในดีเอ็กซ์เอฟจะเก็บในเอนทิตีของโพลี่ไลน์ (POLYLINE) ซึ่งข้อมูลที่เก็บคือ

3.3.2.1 ความหนาที่จุดเริ่มต้นของเส้นตรง

3.3.2.2 ความหนาที่จุดสิ้นสุดของเส้นตรง

3.3.2.3 จุดพิกัดของจุดภาพที่เป็นจุดปลายทั้ง 2 จุดนี้

สามารถแสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลเส้นตรงที่มีความหนาของแฟ้มข้อมูลแบบดีเอ็กซ์เอฟได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 แสดงการเก็บข้อมูลพร้อมความหมายของเส้นตรงที่ไม่มีความหนา

ข้อมูลในแฟ้มข้อมูล	ความหมาย
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
LINE	รูปที่วาดเป็นเส้นตรง
8	รหัส 8 นำหน้าชื่อของชั้น (layer)
lines	ชื่อของชั้นคือ lines
62	รหัส 62 ใช้นำหน้าหมายเลขสีที่ต้องการ
7	โดยค่า 7 หมายถึงสีดำ
10	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
2.5	นี่คือค่าพิกัดแกน x ของจุดเริ่มต้นของเส้นตรง
20	รหัส 20 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
10.25	นี่คือค่าพิกัดแกน y ของจุดเริ่มต้นของเส้นตรง
11	รหัส 11 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
2.5	นี่คือค่าพิกัดแกน x ของจุดสิ้นสุดของเส้นตรง
21	รหัส 21 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
9.25	นี่คือค่าพิกัดแกน y ของจุดสิ้นสุดของเส้นตรง

3.3.3 ส่วนโค้งของวงกลมที่ไม่มีความหนา

เป็นส่วนโค้งที่เกิดจากวงกลมวงหนึ่ง และไม่มีความหนา (กว้างเพียง 1 จุดภาพ) การเก็บข้อมูลส่วนโค้งของวงกลมที่ไม่มีความหนาในดีเอ็กซ์เอฟจะเก็บในเอนทิตีของอาร์ก (ARC) ข้อมูลที่เก็บคือ

3.3.3.1 จุดพิกัดของจุดศูนย์กลางของวงกลม

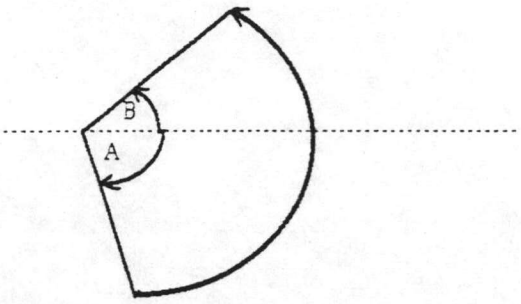
3.3.3.2 รัศมีของวงกลม

3.3.3.3 มุมเริ่มต้นและมุมสุดท้ายในการวาดส่วนโค้งของวงกลม โดยเก็บเป็นองศาของมุมที่จุดปลายของส่วนโค้งของวงกลมทำกับแกน X ในทิศทวนเข็มนาฬิกา หรือถ้าใช้องศาของมุมในทิศตามเข็มนาฬิกาจะมีค่าเป็นลบ ดังรูปที่ 3.22 มุม A คือมุมเริ่มต้น และมุม B คือมุมสุดท้าย ส่วนโค้งของวงกลมจะวาดจากมุมเริ่มต้นไปยังมุมสุดท้ายในทิศทวนเข็มนาฬิกาเสมอ

ตารางที่ 3.3 เป็นตัวอย่างของการเก็บข้อมูลของส่วนโค้งของวงกลมที่ไม่มีความหนาในแฟ้มข้อมูลแบบดีเอ็กซ์เอฟ

ตารางที่ 3.2 แสดงการเก็บข้อมูลพร้อมความหมายของเส้นตรงที่มีความหนา

ข้อมูลในแฟ้มข้อมูล	ความหมาย
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
POLYLINE	รูปที่วาดเป็นโพลีไลน์
8	รหัส 8 นำหน้าชื่อของชั้น (layer)
lines	ชื่อของชั้นคือ lines
66	รหัส 66 บอกว่าใช้รายการของจุดยอดใด
1	โดยค่า 1 หมายถึงใช้จุดยอดจาก VERTEX ที่ตามมา
40	รหัส 40 ใช้บอกความหนาที่จุดเริ่มต้นของเส้นตรง
0.10	ให้ความหนาที่จุดเริ่มต้นเป็น 0.10
41	รหัส 41 ใช้บอกความหนาที่จุดสิ้นสุดของเส้นตรง
0.15	ให้ความหนาที่จุดสิ้นสุดเป็น 0.15
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
VERTEX	รายการของจุดยอดที่ใช้ในการวาดโพลีไลน์
8	รหัส 8 นำหน้าชื่อของชั้น (layer)
lines	ชื่อของชั้นคือ lines
10	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
3.75	นี่คือค่าพิกัดแกน x ของจุดเริ่มต้นของเส้นตรง
20	รหัส 20 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
9.20	นี่คือค่าพิกัดแกน y ของจุดเริ่มต้นของเส้นตรง
30	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
VERTEX	รายการของจุดยอดที่ใช้ในการวาดโพลีไลน์
8	รหัส 8 นำหน้าชื่อของชั้น (layer)
lines	ชื่อของชั้นคือ lines
10	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
4.10	นี่คือค่าพิกัดแกน x ของจุดสิ้นสุดของเส้นตรง
20	รหัส 20 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
8.88	นี่คือค่าพิกัดแกน y ของจุดสิ้นสุดของเส้นตรง
30	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
SEQEND	สิ้นสุดรายการของจุดยอด



รูปที่ 3.22 แสดงมุมเริ่มต้นและมุมสุดท้ายของส่วนโค้งของวงกลมในอาร์ก

ตารางที่ 3.3 แสดงการเก็บข้อมูลส่วนโค้งของวงกลมที่ไม่มีความหนา

ข้อมูลในแฟ้มข้อมูล	ความหมาย
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
ARC	รูปที่จะวาดเป็นส่วนโค้งของวงกลม
8	รหัส 8 นำหน้าชื่อของชั้น (layer)
circarc	ชื่อของชั้นคือ circarc
62	รหัส 62 ใช้นำหน้าหมายเลขสีที่ต้องการ
7	โดยค่า 7 หมายถึงสีดำ
10	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
7.4583	นี่คือค่าพิกัดแกน x ของจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งของวงกลม
20	รหัส 20 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
11.25	นี่คือค่าพิกัดแกน y ของจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งของวงกลม
30	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
40	รหัส 40 ใช้บอกรัศมีของส่วนโค้งของวงกลม
1.0417	นี่คือรัศมีของส่วนโค้งของวงกลม
50	รหัส 50 ใช้บอกมุมเริ่มต้นที่ใช้ในการวาด
-73.7398	นี่คือองศาของมุมเริ่มต้นที่ใช้ในการวาดส่วนโค้งของวงกลม (มุม A) มีค่าเป็นลบเพราะใช้องศาของมุมในทิศตามเข็มนาฬิกา
51	รหัส 51 ใช้บอกมุมสิ้นสุดที่ใช้ในการวาด
43.7398	นี่คือองศาของมุมสิ้นสุดที่ใช้ในการวาดส่วนโค้งของวงกลม (มุม B) มีค่าเป็นบวกเพราะใช้องศาของมุมในทิศทวนเข็มนาฬิกา

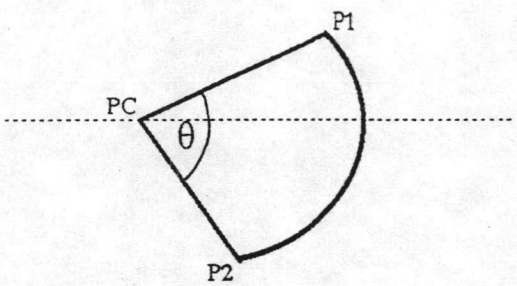
3.3.4 ส่วนโค้งของวงกลมที่มีความหนา

เป็นส่วนโค้งที่เกิดจากวงกลมวงหนึ่ง และมีความหนาตามที่คำนวณได้ การเก็บข้อมูลส่วนโค้งของวงกลมที่มีความหนาในดีเอ็กซ์เอฟนั้นจะเก็บไว้ในเอนทิตีของโพลี่ไลน์ ข้อมูลที่เก็บคือ

3.3.4.1 ความหนาที่จุดเริ่มต้นของส่วนโค้งของวงกลม

3.3.4.2 ความหนาที่จุดสิ้นสุดของส่วนโค้งของวงกลม

3.3.4.3 จุดพิกัดของจุดปลายทั้งสองของส่วนโค้งของวงกลม



รูปที่ 3.23 แสดงจุดพิกัดและมุมที่ใช้ในการเก็บข้อมูลส่วนโค้งของวงกลมในโพลี่ไลน์

3.3.4.4 ค่าบัลจ์ (bulge) ของมุมที่ใช้ในการวาดส่วนโค้งของวงกลม โดยค่าบัลจ์หาได้จาก tan(0.25*มุมที่ใช้ในการวาดส่วนโค้งของวงกลม)

ดังรูปที่ 3.23 ให้จุด P1 และจุด P2 เป็นจุดปลายทั้งสองของส่วนโค้งของวงกลม และจุด PC เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม

ให้ θ คือมุมที่ใช้ในการวาดส่วนโค้งของวงกลม จะได้ว่า

บัลจ์ (θ) = tan (0.25 * θ)

สามารถแสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลส่วนโค้งของวงกลมที่มีความหนาของแฟ้มข้อมูลแบบดีเอ็กซ์เอฟได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงการเก็บข้อมูลส่วนโค้งของวงกลมที่มีความหนา

ข้อมูลในแฟ้มข้อมูล	ความหมาย
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
POLYLINE	รูปที่วาดเป็นโพลี่ไลน์
8	รหัส 8 นำหน้าชื่อของชั้น (layer)
kiarc	ชื่อของชั้นคือ kiarc

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) แสดงการเก็บข้อมูลส่วนโค้งของวงกลมที่มีความหนา

ข้อมูลในแฟ้มข้อมูล	ความหมาย
66	รหัส 66 บอกว่าใช้รายการของจุดยอดใด
1	โดยค่า 1 หมายถึงใช้จุดยอดจาก VERTEX ที่ตามมา
40	รหัส 40 ใช้บอกความหนาที่จุดเริ่มต้นของส่วนโค้งของวงกลม
0.175	ให้ความหนาที่จุดเริ่มต้นเป็น 0.175
41	รหัส 41 ใช้บอกความหนาที่จุดสิ้นสุดของส่วนโค้งของวงกลม
0.175	ให้ความหนาที่จุดสิ้นสุดเป็น 0.175
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
VERTEX	รายการของจุดยอดที่ใช้ในการวาดโพลีไลน์
8	รหัส 8 นำหน้าชื่อของชั้น (layer)
kiarc	ชื่อของชั้นคือ kiarc
10	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
2.575	นี่คือค่าพิกัดแกน x ของจุดสิ้นสุดของเส้นตรง
20	รหัส 20 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
3.852	นี่คือค่าพิกัดแกน y ของจุดสิ้นสุดของเส้นตรง
30	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
42	รหัส 42 นำหน้าค่าบัลจ์ (bulge) ที่ใช้ในการวาดส่วนโค้งของวงกลมในโพลีไลน์ ดังนั้น จุดพิกัดใน VERTEX นี้จะเป็นจุดเริ่มต้นของส่วนโค้งของวงกลม ส่วนจุดปลายของส่วนโค้งของวงกลมจะอยู่ใน VERTEX ถัดไป
0.36397	ค่าบัลจ์ที่คำนวณได้จากมุม 80 องศา
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
VERTEX	รายการของจุดยอดที่ใช้ในการวาดโพลีไลน์
8	รหัส 8 นำหน้าชื่อของชั้น (layer)
kiarc	ชื่อของชั้นคือ kiarc
10	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
2.912	นี่คือค่าพิกัดแกน x ของจุดสิ้นสุดของส่วนโค้งของวงกลม
20	รหัส 20 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
4.024	นี่คือค่าพิกัดแกน y ของจุดสิ้นสุดของส่วนโค้งของวงกลม
30	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
SEQEND	สิ้นสุดรายการของจุดยอด

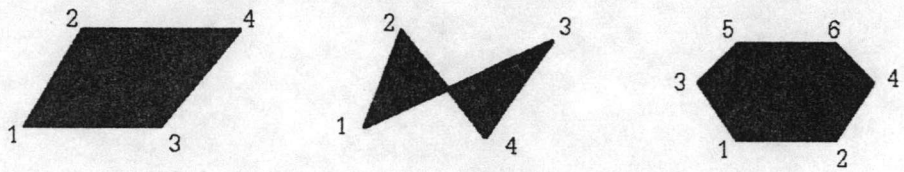
3.3.5 วัตถุทึบ

เป็นรูปหลายเหลี่ยมที่เกิดจากจุดพิกัด 3 จุดขึ้นไป ภายในรูปจะมีการระบายสีจนเต็มพื้นที่ การเก็บข้อมูลวัตถุทึบในดีเอ็กซ์เอฟจะเก็บไว้ในเอนทิตีของโซลิด (SOLID)

ข้อมูลที่เก็บในโซลิด 1 ชุดจะมีจุดพิกัด 4 จุดเสมอ โซลิด 1 ชุดจะให้รูปสามเหลี่ยมทึบ 2 รูป คือ รูปที่ 1 เป็นสามเหลี่ยมที่เกิดจากจุดพิกัดที่ 1 2 และ 3 และรูปที่ 2 เป็นสามเหลี่ยมที่เกิดจากจุดพิกัดที่ 1 2 และ 4 ดังนั้นการเก็บวัตถุทึบโดยใช้โซลิดจะเก็บในลักษณะต่างๆดังนี้

3.3.5.1 วัตถุทึบที่เป็นรูปสามเหลี่ยม จะเก็บจุดพิกัดที่ 3 และ 4 มีค่าเท่ากัน

3.3.5.2 วัตถุทึบที่เป็นรูปสี่เหลี่ยม จะเก็บจุดพิกัดที่ 3 เป็นจุดพิกัดที่อยู่ติดกับจุดพิกัดที่ 1 และจุดพิกัดที่ 4 เป็นจุดพิกัดที่อยู่ติดกับจุดพิกัดที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.24 (ก) ส่วนรูปที่ 3.24 (ข) แสดงรูปที่เกิดจากลำดับของการเก็บจุดพิกัดไม่ถูกต้อง



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.24 แสดงลาดับของจุดพิกัดของวัตถุทึบ(solid)
(ก) เป็นวัตถุทึบรูปสี่เหลี่ยมที่เรียงลาดับจุดพิกัดถูกต้อง
(ข) เป็นวัตถุทึบรูปสี่เหลี่ยมที่เรียงลาดับจุดพิกัดไม่ถูกต้อง
(ค) เป็นวัตถุทึบรูปหกเหลี่ยมที่เรียงลาดับจุดพิกัดถูกต้อง

3.3.5.3 วัตถุทึบที่เป็นรูปหลายเหลี่ยม จะเก็บจุดพิกัดไว้ในโซลิดหลายๆชุด โดยโซลิดชุดที่ 2 จะมีจุดพิกัดจุดที่ 1 และ 2 เท่ากับจุดพิกัดที่ 3 และ 4 ของโซลิดชุดที่ 1 ดังรูปที่ 3.24 (ค) นั้น โซลิดชุดที่หนึ่งจะเก็บจุดพิกัดคือจุดที่ 1 จุดที่ 2 จุดที่ 3 และจุดที่ 4 ตามลำดับ และโซลิดชุดที่ 2 จะเก็บจุดพิกัดคือจุดที่ 3 จุดที่ 4 จุดที่ 5 และจุดที่ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.5 เป็นตัวอย่างของการเก็บข้อมูลของโซลิดรูปที่ 3.24 (ก) ในแฟ้มข้อมูลแบบดีเอ็กซ์เอฟ

ตารางที่ 3.5 แสดงการเก็บข้อมูลของโซลิดในรูปที่ 3.24 (ก)

ข้อมูลในแฟ้มข้อมูล	ความหมาย
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
SOLID	รูปที่วาดเป็นรูปหลายเหลี่ยมระบายสีทึบ
8	รหัส 8 นำหน้าชื่อของชั้น
solidja	ชื่อของชั้นคือ solidja
10	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
3.25	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน x ของจุดที่ 1
20	รหัส 20 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
3.25	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน y ของจุดที่ 1
30	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
11	รหัส 11 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
3.50	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน x ของจุดที่ 2
21	รหัส 21 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
4.50	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน y ของจุดที่ 2
31	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
12	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
4.25	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน x ของจุดที่ 3
22	รหัส 22 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
3.25	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน y ของจุดที่ 3
32	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
13	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
4.50	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน x ของจุดที่ 4
23	รหัส 23 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
4.50	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน y ของจุดที่ 4
33	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	

และตัวอย่างของการเก็บข้อมูลของโซลิดรูปที่ 3.24 (ค) ในแฟ้มข้อมูลแบบดีเอ็กซ์เอฟสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงการเก็บข้อมูลของโซลิดในรูปที่ 3.24 (ค)

ข้อมูลในแฟ้มข้อมูล	ความหมาย
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
SOLID	รูปที่วาดเป็นรูปหลายเหลี่ยมระบายสีทึบ
8	รหัส 8 นำหน้าชื่อของชั้น
solidja	ชื่อของชั้นคือ solidja
10	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
3.50	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน x ของจุดที่ 1
20	รหัส 20 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
2.75	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน y ของจุดที่ 1
30	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
11	รหัส 11 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
4.15	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน x ของจุดที่ 2
21	รหัส 21 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
2.75	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน y ของจุดที่ 2
31	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
12	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
3.22	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน x ของจุดที่ 3
22	รหัส 22 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
3.14	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน y ของจุดที่ 3
32	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
13	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
4.32	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน x ของจุดที่ 4
23	รหัส 23 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
3.14	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน y ของจุดที่ 4
33	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
0	รหัส 0 ใช้เป็นอักขระคั่น
SOLID	รูปที่วาดเป็นรูปหลายเหลี่ยมระบายสีทึบ
8	รหัส 8 นำหน้าชื่อของชั้น
solidja	ชื่อของชั้นคือ solidja
10	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x

ตารางที่ 3.6 (ต่อ) แสดงการเก็บข้อมูลของโซลิดในรูปที่ 3.24 (ค)

ข้อมูลในแฟ้มข้อมูล	ความหมาย
3.22	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน x ของจุดที่ 3
20	รหัส 20 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
3.14	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน y ของจุดที่ 3
30	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
11	รหัส 11 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
4.32	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน x ของจุดที่ 4
21	รหัส 21 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
3.14	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน y ของจุดที่ 4
31	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
12	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
3.50	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน x ของจุดที่ 5
22	รหัส 22 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
3.65	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน y ของจุดที่ 5
32	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	
13	รหัส 10 ใช้บอกจุดพิกัดแกน x
4.13	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน x ของจุดที่ 6
23	รหัส 23 ใช้บอกจุดพิกัดแกน y
3.65	นี่คือค่าจุดพิกัดแกน y ของจุดที่ 6
33	รหัส 30 ใช้บอกจุดพิกัดแกน z ในการวาดรูป 2 มิติจะมีค่าเป็น 0
0.0	