บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎีและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์

<u>บทนำ</u>

การตรวจจับรูปร่างของวัตถุจากภาพถ่ายจัดเป็นงานด้านหนึ่ง ในสาขา Pattern Recognition ซึ่งมีความสำคัญในการแปลความหมายของภาพถ่าย สำหรับการวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์ ปัญหาของการตรวจจับรูปร่าง คือ จะมีวิธีการอย่างไร ที่จะตรวจสอบว่ากลุ่มจุดในภาพมีรูปร่างแบบใด

วิธีหนึ่งที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ คือ วิธีการแปลงแบบ Hough หลักการของวิธีนี้ จะแปลงจุดแต่ละจุด ที่อยู่ในระนาบของภาพถ่ายให้อยู่ในปริภูมิพารามิเตอร์ ของ Hough [1] อัลกอริทึมของ Hough สำหรับการแปลงนี้สามารถแยกแยะรูปแบบต่าง ๆ ของวัตถุ อันได้แก่ เส้นตรง, วงกลม, พาราโบลา, วงรี รวมถึงสามารถระบุค่าพารามิเตอร์ของรูปร่างต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้นได้ด้วย

รายละเอียดเกี่ยวกับการแปลงแบบ Hough,การตรวจจับเส้นตรงและเส้นโค้งชนิดต่างๆ ได้แสดงไว้ในหัวข้อทฤษฎีการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ

<u>ทฤษฎีการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ</u>

1. Hough Transform

การแปลงแบบ Hough เป็นการเคลื่อนย้าย (Map) จุดต่าง ๆ บนระนาบของภาพ ให้ไปอยู่บนปริภูมิพารามิเตอร์ (Parameter Space) ของ Hough [2] บนปริภูมิพารามิเตอร์นี้จะบอกถึงค่าพารามิเตอร์ของเส้นโค้งที่ต้องการตรวจจับ ตัวอย่างเช่น การตรวจจับเส้นตรง (y=mx+b) ในภาพจะมีปริภูมิพารามิเตอร์ขนาด 2 มิติ ได้แก่ มิติของความชัน(m) และมิติของจุดตัดแกน y (b) หลังจากการแปลงจุดต่าง ๆ ซึ่งแกนภาพของเส้นตรงจะถูกเคลื่อนย้ายไปเป็นจุดจุดหนึ่งที่ตำแหน่ง (m,b) บนปริภูมิพารามิเตอร์ หลังจากการแปลงจะได้ค่า m,b ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของเส้นตรงจากปริภูมิพารามิเตอร์

อีกตัวอย่างหนึ่ง การตรวจจับวงกลม $((x-x_o)^2-(y-y_o)^2=r^2)$ จะมีปริภูมิพารามิเตอร์ขนาด 3 มิติ คือ มิติของ x_o,y_o และ r จุดต่าง ๆ ซึ่งแทนภาพของวงกลมจะถูกเคลื่อนย้ายไปเป็นจุดที่ตำแหน่ง (x_o,y_o,r) ของปริภูมิพารามิเตอร์ภายหลังการแปลงค่าพารามิเตอร์ของวงกลม x_o,y_o และ r สามารถทราบได้จากจุดในปริภูมิพารามิเตอร์

สำหรับในวิทยานิพนธ์ จะสนใจเฉพาะการตรวจจับเส้นโค้งที่สามารถวิเคราะห์ได้ (analytic curve) สมการของเส้นโค้งสามารถเขียนได้ ในสมการ (2.1) [3]

$$f(\vec{x},\vec{a})=0 \qquad (2.1)$$

$f(\bullet)$ คือ ฟังก์ชันของเส้นโค้ง และเป็นฟังก์ชันสกาลา

$\vec{x}$ คือ เวคเตอร์ของจุดบนระนาบของภาพ มีมิติ 2*1

n คือ จำนวนพารามิเตอร์ของเส้นโค้ง

$\vec{a}$ คือ เวคเตอร์ของพารามิเตอร์ของเส้นโค้ง มีมิติ n*1

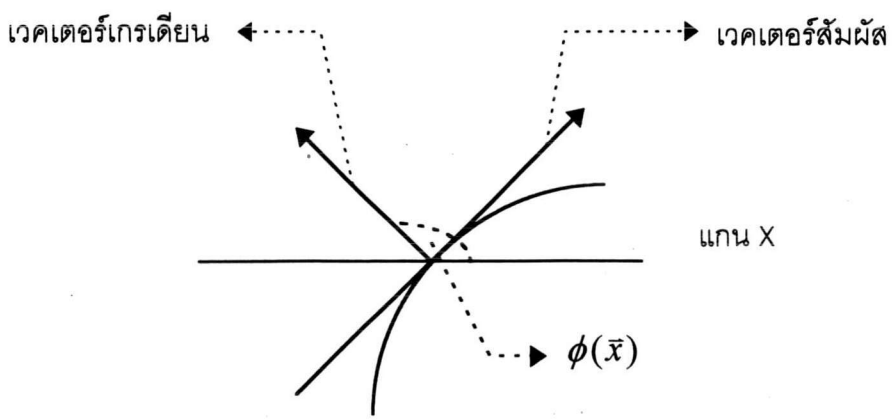
คำนวณค่า

$$\frac{df(\bullet)}{dx}=0 \qquad (2.2)$$

คำนวณค่า $\frac{dy}{dx}$ จากภาพ และคำนวณค่า มุมเกรเดียน $\phi(\vec{x})$ จากสมการ (2.3)

$$\frac{dy}{dx}=\tan(\phi(\vec{x})-\frac{\pi}{2}) \qquad (2.3)$$

ความหมายของ $\phi(\vec{x})$ ดูได้จากรูป (2.1)



รูปที่ 2.1 ความหมายของ $\phi(\vec{x})$

อัลกอริทึมการแปลงของ Hough สำหรับการตรวจจับเส้นโค้ง มีขั้นตอนดังนี้

1.1 นิยามตัวแปรชนิด Array ($A(\vec{a})$) สำหรับนับจำนวนโดยแบ่งแกนพารามิเตอร์แต่ละแกน ในปริภูมิพารามิเตอร์ออกเป็นช่วงย่อย ๆ หรือเรียกว่า การจัดระดับสัญญาณ (Quantization) จะได้ตารางย่อย ๆ สำหรับปริภูมิ 2 มิติ หรือลูกบาศ์กย่อย ๆ สำหรับปริภูมิ 3 มิติ หรือ Array ย่อย ๆ สำหรับปริภูมิหลายมิติ แล้วกำหนดค่าเท่ากับศูนย์ในตอนเริ่มต้น

1.2 คำนวณค่า $\frac{dy}{dx}$ ของตำแหน่งจุด ($\vec{x}$) บนภาพ แล้วนำค่า $\frac{dy}{dx}$ และค่า $\vec{x}$ ไปแทนลงในสมการ (2.1) และ (2.2) ซึ่งจะได้สมการที่เป็นฟังก์ชันของ $\vec{a}$ สองสมการ

1.3 นำสมการ (2.1), (2.2) หลังจากแทนค่าแล้ว มาแก้สมการลดจำนวนตัวแปร $\vec{a}$ ลงได้ 1 ตัว

$$f(\vec{x},\vec{a})=0 \qquad \text{โดย} \qquad \frac{df}{dx}(\vec{x},\vec{a})=0 \tag{2.4}$$

1.4 จากนั้นคำนวณค่า $\vec{a}$ ที่เป็นไปได้ทุก ๆ ค่าจากสมการ (2.4) นำค่า $\vec{a}$ ที่คำนวณได้ไปแทนใน A($\vec{a}$) ถ้าค่า $\vec{a}$ ที่คำนวณได้ ตกอยู่ใน Array ย่อย ๆ ซึ่งได้นิยามโดยเซตที่มีค่า $\vec{a}$ นั้น เป็นสมาชิกอยู่ เพิ่มค่าจำนวนนับ 1 จำนวนในตัวแปร Array ย่อยนั้น

1.5 ทำข้อ (2) ถึง (4) สำหรับทุก ๆ จุด $\vec{x}$ บนระนาบของภาพ

1.6 หลังจากทำข้อ (1) ถึง (5) สำหรับทุก ๆ จุดแล้ว ค่าพารามิเตอร์ $\vec{a}$ ของเส้นโค้งที่ตรวจจับ คือ ค่าพารามิเตอร์ $\vec{a}$ ที่ชี้ไปยังตัวแปร Array ย่อย ๆ ซึ่งมีจำนวนนับสูงสุด

เนื่องจากในแต่ละจุด $\vec{x}$ บนภาพ จะให้ค่า $\vec{a}$ ซึ่งเป็นคำตอบที่เป็นไปได้หลายค่า ดังนั้นค่า $\vec{a}$ ที่เป็นคำตอบร่วมกัน (common solution) ของทุก ๆ จุด $\vec{x}$ บนระนาบของภาพจะเป็นค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริง $\vec{a}^*$ ของเส้นโค้งที่กำลังตรวจสอบ คำตอบร่วมกันนี้ สามารถทราบได้จาก ค่า $\vec{a}^*$ ที่มีจำนวนนับ A($\vec{a}^*$) สูงสุด

2. การตรวจจับเส้นตรง (Line Detection)

Hough Transform สำหรับเส้นตรงใด ๆ ในระนาบของภาพ คือการเคลื่อนย้ายจุดทุกจุดบนเส้นตรงไปเป็นจุดหนึ่งจุดในปริภูมิพารามิเตอร์ [2] ความจริงนี้สามารถนำไปใช้ตรวจสอบเส้นตรง เมื่อมีกลุ่มของข้อมูลที่แสดงขอบ

สมการเส้นตรงใดๆสามารถเขียนได้ในรูปของสมการ

$$f(\vec{x},\vec{a})=x.\cos\theta+y.\sin\theta-\rho=0 \tag{2.5}$$

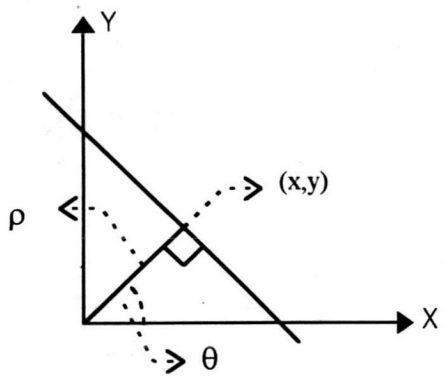
$\vec{x} = (x, y)$ คือเวกเตอร์ของจุดต่างๆบนเส้นตรง

$\vec{a} = (\theta, \rho)$ คือเวกเตอร์ของพารามิเตอร์

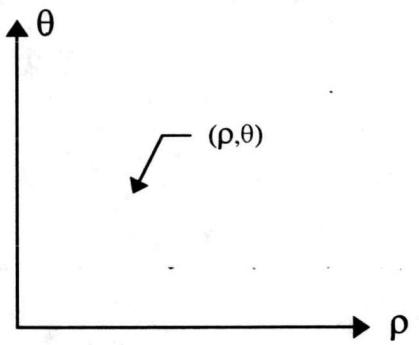
θ คือมุมระหว่างแกน x กับเส้นตรงซึ่งลากจากจุดกำเนิดไปตั้งฉากกับเส้นตรงที่ต้องการตรวจสอบ

ρ คือความยาวของเส้นตรงที่ทำมุม กับแกน x และลากจากจุดกำเนิดไปจบลงบนเส้นตรงที่ต้องการตรวจจับ

ค่าต่างๆแสดงไว้ในรูป (2.2)



รูปที่ 2.2 (a) เส้นตรง



รูปที่ 2.2 (b) Hough Transform

การแปลงแบบ Hough จะแปลงจุดต่าง ๆ บนเส้นตรงใด ๆ ให้เป็นจุด $\vec{a} = (\theta, \rho)$ ของเส้นตรงนั้นบนปริภูมิพารามิเตอร์ การหาค่า $\vec{a}$ ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ของเส้นตรงนั้น ทำโดยป้อนจุดต่างๆของภาพให้แก่อัลกอริทึมของ Hough ดังกล่าวไว้ในหัวที่ผ่านมา เส้นตรงที่ปรากฏในภาพจะถูกจับได้โดยทราบค่าพารามิเตอร์ $\vec{a}$ ซึ่งมีจำนวนนับสูงสุดเฉพาะที่ (Local maximum) อาจแสดงด้วย procedure [3] ดังนี้

Procedure HoughLine (Integer Xmin, Xmax, Ymin, Ymax; Real ρ,θ; Integer Array A, P);

begin

for x := Xmin step dx to Xmax do

for y := Ymin step dy to Ymax do

begin

dx := P(x+delta, y) - P(x,y);

dy := P(x, y+delta) - P(x,y);

θ := arctan$(\frac{dy}{dx})-\frac{\pi}{2}$;

ρ := x·cosθ + y·sinθ

ρ := Quantize ρ; // Quantize = การปัดเศษ

θ = Quantize θ; // เพื่อใช้ในการอ้าง Array ได้

A(ρ, θ) = A(ρ, θ) + 1

End

End

3. การตรวจจับเส้นโค้งแบบต่างๆ

สมการเส้นโค้งแบบอื่นที่สามารถวิเคราะห์ได้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 [3]

เส้นโค้ง	พารามิเตอร์ $\vec{a}$	สมการเส้นโค้ง $f(\vec{x},\vec{a})=0$
วงกลม	x_r, y_r, ρ	$(x-x_r)^2+(y-y_r)^2-\rho^2=0$
พาราโบล่า	x_r, y_r, ρ, θ	$(y-y_r)^2-4\rho(x-x_r)=0$
วงรี	$x_r, y_r, \rho_x, \rho_y, \theta$	$\frac{(y-y_r)^2}{\rho_y^2}+\frac{(x-x_r)^2}{\rho_x^2}-1=0$

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการวิเคราะห์ในเทอมของปริภูมิพารามิเตอร์

สำหรับเส้นโค้งชนิดพาราโบล่าและวงรี จะเพิ่มตัวแปร อีก 1 ตัว ตัวแปรจะถูกเพิ่มในสมการที่ (2.3) เป็น

$$\frac{dy}{dx} = \tan[\phi(\bar{x}) - \theta - \frac{\pi}{2}] \qquad (2.5)$$

มุม θ ที่เพิ่มเข้าไปนี้จะแทนการหมุนของเส้นโค้งที่เกี่ยวข้องรอบแกนหลักของเส้นโค้งนั้น ๆ จุดประสงค์ของการเพิ่ม เข้าไปในสมการ (2.5) เพื่อปรับปรุงอัลกอริทึมของ Hough ให้สามารถตรวจจับค่าพารามิเตอร์ x_r และ y_r ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

ในทำนองเดียวกันกับการตรวจสอบเส้นตรง คือ อาศัยตารางที่ 2.1 ในสมการที่เป็นวงกลมจะมีตัวแปร Xr, Yr, ρ การตรวจสอบจะเทียบจุด 2 จุด จากนั้นแทนค่า ρ ซึ่งเป็นระยะระหว่างจุด 2 จุด ไปหาจุดศูนย์กลาง โดยมีจุด 2 จุด อยู่บนเส้นโค้งนั้น ด้วยเหตุนี้จึงสามารถคำนวณค่าจุดศูนย์กลาง Xr, Yr โดยจะต้องกำหนดค่า ρ เป็นช่วงๆ แสดง Procedure [3] ดังนี้

```
Procedure HoughCircle (Integer Xmin, Xmax, Ymin, Ymax; Real ξ,θ,Xr,Yr; Integer Array A, P);
    begin
        for x := Xmin step dx to Xmax do
        for y := Ymin step dy to Ymax do
                begin
                    dx := P(x+delta, y) - P(x,y);
                    dy := P(x, y+delta) - P(x,y);
                    for r = rmin step dr until rmax do
                            begin
                                θ := arctan(dy/dx) - π/2 ;
                                ξ := tan θ;
                                dx := signX(dx,dy) r² / √(1+ξ²);
                                dy := signY(dx,dy) r² / √(1+1/ξ²);
```

X := x + dx;

Y := y + dy;

X_r := Quantize X_r;

Y_r := Quantize Y_r;

r := Quantize r;

$A(X_r,Y_r,r) = A(X_r,Y_r,r) + 1$;

End

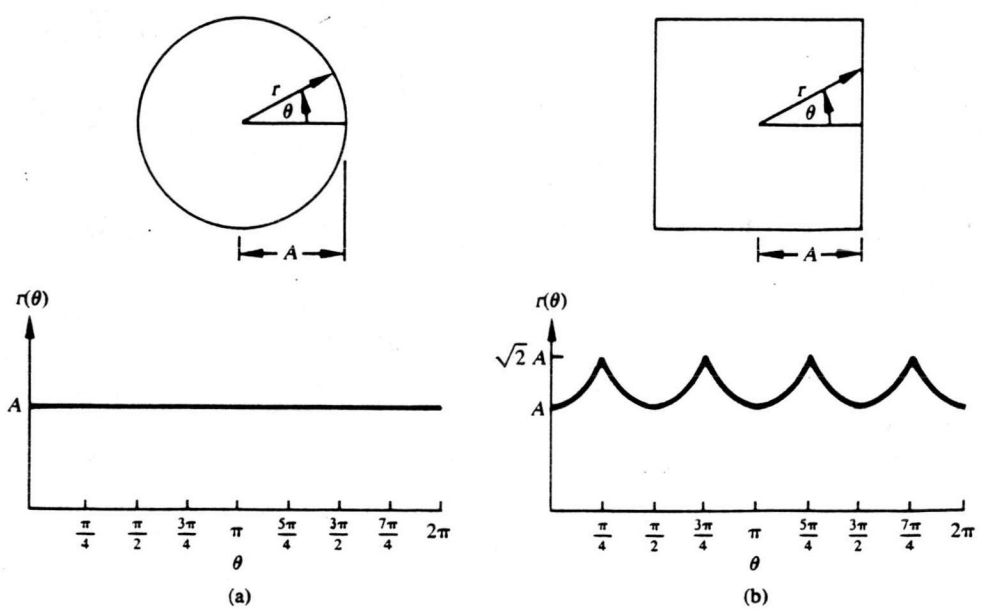
End

End

การวิเคราะห์หาวงกลมที่ปรากฏในภาพจะถูกจับได้โดย ทราบค่าพารามิเตอร์ $\vec{a}$ ซึ่งมีจำนวนนับสูงสุดเฉพาะที่ (Local maximum) [4,5,6] ในการวิเคราะห์วงกลม ตัวแปรพารามิเตอร์คือ X_r,Y_r,r

4. Signatures

Signature เป็นการแปลงรูปร่างของภาพวัตถุให้เป็นกราฟของฟังก์ชันตัวแปรเดียว วิธีที่ใช้มากวิธีหนึ่ง ก็คือ การแทนรูปร่างของภาพด้วยความยาวของเส้นตรงระหว่างขอบของภาพกับจุดศูนย์กลางของภาพ และมุมระหว่างเส้นตรงนั้นกับแกน x ดังแสดงในรูปที่ 2.3 [2]



รูปที่ 2.3 สองตัวอย่าง Signature แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับมุม (a) $r(\theta)$ คงที่ ขณะที่ (b) $r(\theta) = A \sec \theta$ (From Fu, Gonzalez, and Lee [1987].)

ข้อดีของ Signature

1. การเปลี่ยนรูปร่างของภาพ 2 มิติ ให้เป็นกราฟของฟังก์ชันตัวแปรเดียวจะง่ายต่อการวิเคราะห์มากกว่าการวิเคราะห์ภาพ 2 มิติ โดยตรง

2. วิธี Signature จะไม่ได้รับผลกระทบ เนื่องจากการเลื่อนของภาพ เนื่องจากการเลื่อนของกรอบอ้างอิงในขณะรับภาพมาจากวัตถุ

ข้อเสียของ Signature

1. การหมุนของภาพในแนวรัศมีจะมีผลต่อกราฟของฟังก์ชัน ที่ได้จากวิธี Signature การแก้ปัญหานี้สามารถทำได้ โดยเลือกจุดขอบที่มีระยะห่าง $r(\theta)$ สูงสุดเป็นจุดอ้างอิงเริ่มต้น สำหรับการทำวิธี Signature

2. ปัญหาเนื่องจากขนาดของภาพที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการเก็บภาพ จะทำให้กราฟของฟังก์ชันที่ได้จากวิธี Signature เปลี่ยนแปลงไป ก็สามารถแก้ไขได้โดยใช้วิธี Normalized ค่า $r(\theta)$ ให้อยู่ในช่วง (0,1)

นอกจากนี้ยังมีวิธี Signature แบบอื่น ๆ ได้แก่

วิธี Signature ที่ใช้วิธีเปลี่ยนรูปร่างของภาพ ให้เห็นเป็นกราฟของฟังก์ชันระหว่าง r( ) กับ มุม หรือ มุมของเส้นสัมผัสที่จุด r กับแกน x [2]

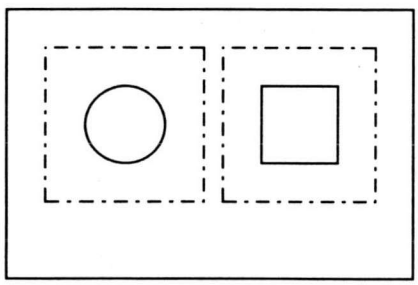
วิธี Signature ที่ใช้ slope density function (sdf) วิธีนี้จะสร้าง sdf จากแผนภาพฮิสโตแกรมของมุมเส้นสัมผัสที่จุดทั้งหมดของภาพวัตถุ sdf จะแสดงถึงความหนาแน่นของค่ามุมเส้นสัมผัสค่าต่าง ๆ ของรูปร่างในภาพนั้น ๆ [2]

จากการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ ซึ่งอาศัยความรู้พื้นฐานของ Hough Transform และวิธี Signature จะเห็นได้ว่าแต่ละวิธีการจะมีข้อดีต่างกัน ซึ่งสรุปได้ว่าถ้าเป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งภาพ (Global Processing) ด้วยวิธีการของ Hough Transform มีข้อดีกว่าข้อเสียคือมีการคำนวณมากรวมถึงการใช้ memory ค่อนข้างมาก เนื่องจากตัว วิเคราะห์ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันทั้งหมด จึงทำให้มีผลต่อเวลาเป็นอย่างมาก สำหรับวิธีการของ Signature คือการวิเคราะห์แบบเป็นส่วน ๆ (Local Processing) ซึ่งจะเป็นข้อดีที่สามารถกำหนด signature ในขอบเขตที่จำกัดและง่ายในการวิเคราะห์ เพราะใช้จุดอ้างอิงที่แน่นอน

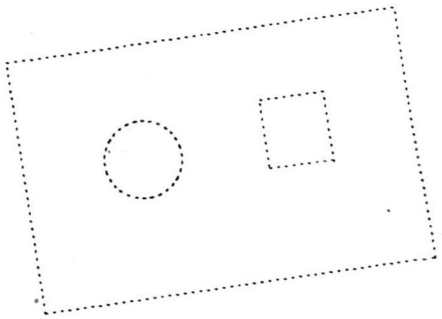
จากบทสรุปข้างต้นเรานำข้อดีของแต่ละส่วนมารวมกัน ในวิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอวิธีการใหม่โดยการสร้างข้อกำหนด และวิธีการใหม่ขึ้นมา จัดการกับข้อมูลภาพ โดยแบบที่ต้องมีการเตรียมข้อมูลไว้ก่อน

5. Tool Matching

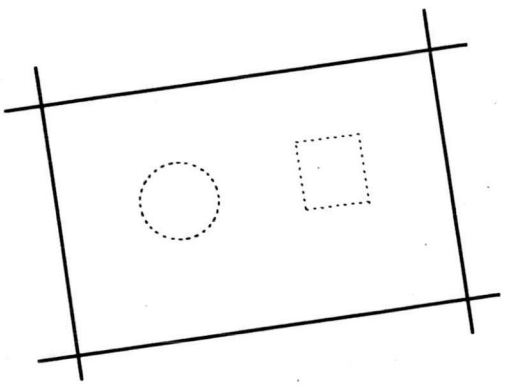
แนวความคิดเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการเตรียมไว้ด้วยการกำหนด เป็นเครื่องมือ (Tool) ซึ่งจะมีข้อมูลเพื่อกำหนดขอบเขตในการวิเคราะห์แบบเป็นส่วน ๆ และข้อมูลสำหรับสร้างการ matching ด้วยการอาศัย Hough Transform และ Signature ซึ่งวิธีการวิเคราะห์จะเปลี่ยนไปตามข้อมูลที่กำหนดไว้ แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ได้ ดังรูปที่ 2.4



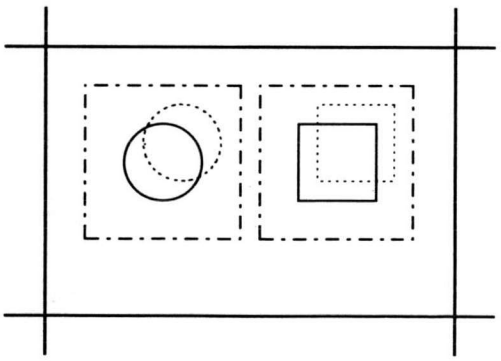
a) ข้อมูลจากการเตรียมชิ้นงาน



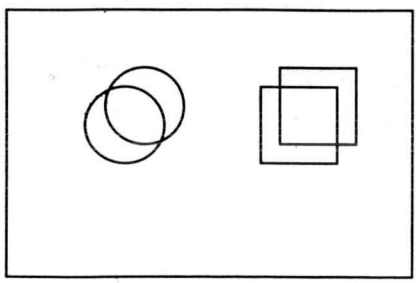
b) ข้อมูลภาพที่ได้จากการอ่านชิ้นงาน



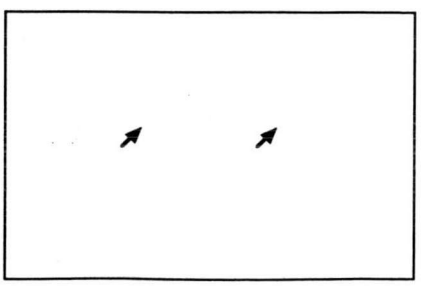
c) การกำหนดแนวอ้างอิง



d) จัดกรอบให้ตรงกัน



e) การวิเคราะห์ข้อมูล



f) เวคเตอร์แสดงความคลาดเคลื่อน

รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วย Tool Matching

การเตรียมชิ้นงาน ได้จากการวางตำแหน่งของเครื่องมือลงบนแผ่นชิ้นงานซึ่งเครื่องมือได้ถูกกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับการวาดและขอบเขตสำหรับการวิเคราะห์ไว้แล้ว

ข้อมูลภาพจากการอ่าน ได้จากเครื่องอ่านภาพแผ่นโลหะเรียบที่มีรูปแบบของข้อมูลตามที่กำหนดไว้หรือได้จากเครื่องอ่านภาพอื่น ๆ แล้วนำข้อมูลมาทำการแปล

การกำหนดแนวอ้างอิง คือ การกำหนดแนวเส้นตรงด้วยการเลือกกลุ่มของข้อมูลที่เป็นส่วนหนึ่งของแนวขอบทั้งสี่ด้าน

การจัดข้อมูลให้ตรงกัน คือ การวางข้อมูลภาพทั้งหมดให้อยู่ใกล้เคียงกับข้อมูลที่เตรียมไว้ เพื่อให้ข้อมูลภาพที่เป็นส่วน ๆ อยู่ในขอบเขตการวิเคราะห์ของเครื่องมือ

การวิเคราะห์ข้อมูล ได้จากการนำข้อมูลของเครื่องมือแต่ละเครื่องมือทำการวิเคราะห์ในขอบเขตที่เครื่องมือกำหนดไว้ โดยเครื่องมือที่มีขอบเขตเล็กที่สุด จะได้แยกข้อมูลที่วิเคราะห์ออกก่อน จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับเครื่องมือที่มีขนาดใหญ่กว่า เพราะข้อมูลที่วิเคราะห์แล้วนี้อาจไปอยู่ในขอบเขตของเครื่องมือตัวอื่น ๆ ได้ ด้วยวิธีการนี้จะช่วยไม่ให้มีการวิเคราะห์ข้อมูลซ้ำซ้อน

ผลการวิเคราะห์ จากการวิเคราะห์ข้อมูลจะทำการเปลี่ยนข้อมูลภาพที่มีรูปแบบ Raster ให้เป็นข้อมูลแบบเวคเตอร์ แล้วทำการเปรียบเทียบเวคเตอร์ที่วิเคราะห์ได้กับเวคเตอร์ที่เตรียมไว้ เพื่อแสดงผลความคลาดเคลื่อนด้วยเวคเตอร์ ซึ่งจะแสดงการคลาดเคลื่อนของการเจาะหรือปั๊ม

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์

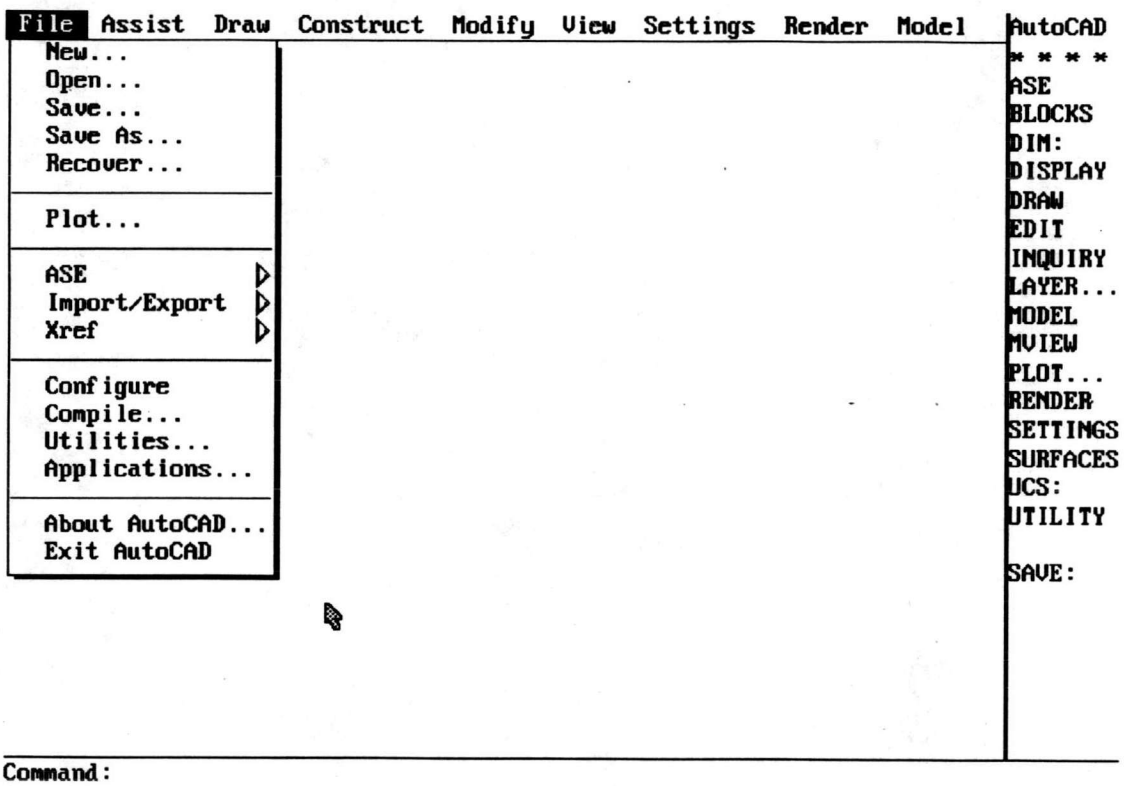
1. แนวคิดการใช้เครื่องมือ

หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาจะต้องสนับสนุนกับแนวความคิดทางทฤษฎีที่จะใช้เป็นแนวทางการพัฒนา แต่ในบางกรณีก็ไม่เป็นเช่นนั้นอย่างในงานวิจัยนี้มีการใช้ แพคเกจ AutoCAD ในการสร้างแบบสำหรับผลิตชิ้นงานอยู่แล้ว อีกทั้งบุคคลากรที่ทำงานอยู่มีความคุ้นเคยกับแพคเกจนี้อยู่ เป็นเหตุให้การเลือกเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ได้ส่วนหนึ่ง แต่แพคเกจ AutoCAD [7,8,9,10,11,12] ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ ที่สนับสนุนให้พัฒนาได้ ซึ่งจะกล่าวในลำดับต่อไป

2. ลักษณะเฉพาะ

รายละเอียดของแพคเกจ AutoCAD แสดงให้เห็นว่ามีลักษณะเฉพาะที่สนับสนุนเพื่อจะใช้ในการพัฒนาได้ มีอยู่ 3 ระดับ คือ

Menu System[10]ทำให้การเลือกใช้คำสั่งต่าง ๆ หรืออาจเป็นกลุ่มคำสั่งก็ได้ ส่วนนี้ช่วยในการพัฒนาในระดับการติดต่อกับผู้ใช้ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างแสดง Menu System ของแพคเกจ AutoCAD

AutoLISP เป็นภาษาโปรแกรมที่จัดการข้อมูลแบบ List [7,8] ซึ่งเหมาะสมกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่มีข้อมูลมาก ๆ และมีรูปแบบที่ลงตัว แต่การทำงานจะเป็นแบบ Interpreter ดังรูปที่ 2.6

```
;;;;
;;;;                    >>> TOOL UTILITY PROGRAM <<<
;;;;
;;;;      AutoCAD Command :
;;;;           => toolcut , toolcons , tn
;;;;
;;;;      AutoLISP Defun  :
;;;;           => transpoint , intersget , objcompre
;;;;           => toolprepare , toolsep , toolset , toolplace , toolgen
;;;;           => toollist
;;;;
(defun transpoint (tp_point tp_angle)
      (setq tp_x (car tp_point))
      (setq tp_y (cadr tp_point))
      (if (/= tp_angle 0.0)
          (progn
                (setq tp_xyr (sqrt (+ (* tp_x tp_x) (* tp_y tp_y))))
                (setq tp_xya (atan tp_y tp_x))
                (setq tp_x   (* tp_xyr (cos (+ tp_xya tp_angle))))
                (setq tp_y   (* tp_xyr (sin (+ tp_xya tp_angle))))
          )
      )
      (list tp_x tp_y 0.0)
)
```

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างโปรแกรม AutoLISP

ADS เป็น Library ที่เรียกใช้โดยภาษา C [9] และสามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ด้วยภาษาโปรแกรม เช่น ภาษา C ได้ ซึ่งเป็นภาษาแบบ Complier ซึ่งทำงานได้เร็วกว่า แบบ Interpreter ดังรูปที่ 2.7

```
//
//    Program Mapping Data in XY-Plane to Parameter Plane with Hough Transform
//
static int fhtp(struct resbuf *rbhtp)
{
        ads_real  htx1,hty1,htx2,hty2;
        ads_real  hts,hta,pi= 3.14159265;

//      ads_printf("Hough Transform\n");
        if (rbhtp == NULL)
            return RTERROR;
        if (rbhtp->restype == RTPOINT) {
            htx1 = rbhtp->resval.rpoint[X];
            hty1 = rbhtp->resval.rpoint[Y];
        } else {
            ads_fail("Argument should be an point 1");
            return RTERROR;
        }
        rbhtp = rbhtp->rbnext;
        if (rbhtp == NULL)
            return RTERROR;
        if (rbhtp->restype == RTPOINT) {
            htx2 = rbhtp->resval.rpoint[X];        /* Save in local variable */
            hty2 = rbhtp->resval.rpoint[Y];        /* Save in local variable */
        } else {
```

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างโปรแกรมภาษา C ที่เรียกใช้ Library ADS

```
            ads_fail("Argument should be an point 2");
            return RTERROR;
        }
        hta = atan((hty2 - hty1)/(htx2 - htx1)) - pi/2;
        hts = htx1 * cos(hta) + hty1 * sin(hta);
// ads_printf("Picture   Plane => \(%0.3f\,%0.3f\) \(%0.3f\,%0.3f\)\n",htx1,hty1,htx2,hty2);
// ads_printf("Parameter Plane => \(%0.3f\,%0.3f\)\n",hts,hta);
        rbhtp=ads_buildlist(RTREAL,hts,RTREAL,hta,0);
        ads_retlist(rbhtp);
        return RTNORM;
}
```

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างโปรแกรมภาษา C ที่เรียกใช้ Library ADS (ต่อ)

จากลักษณะเฉพาะที่กล่าวมานี้จะนำมาใช้ในการพิจารณาในทุกส่วนที่เหมาะสม เช่น ADS ใช้พัฒนาในส่วนที่เป็น function ในการคำนวณ

3. นำเครื่องมือมาประยุกต์

ส่วนนี้จะอ้างถึงรายละเอียดทางเทคนิคของการเก็บข้อมูล ที่ใช้ในแพคเกจ AutoCAD ในการเลือกใช้แพคเกจ AutoCAD สำหรับพัฒนาตามแนวทางทฤษฎีที่เหมาะสม จำเป็นต้องตรวจสอบวิธีการและลักษณะข้อมูลให้สามารถใช้พัฒนาตามแนวทางทฤษฎีได้เหมาะสม การใช้ข้อมูลมาประยุกต์มี 2 ส่วนคือ

ส่วนเก็บรายละเอียดสำหรับเครื่องมือวาดแบบ เช่น ขอบเขตการวิเคราะห์ของเครื่องมือวาดแบบตัวนั้น ๆ ส่วนที่สองเป็นส่วนที่ใช้ในระหว่างการวิเคราะห์ เช่นเก็บตำแหน่งอ้างอิงเส้นโค้งในแต่ละเส้นที่ประกอบเป็นเครื่องมือ