บทที่ 2

วิธีการวิจัย (Research Methodology)

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี แนวความคิด หลักการที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกประเภทยานพาหนะ และวิธีการวิจัย โดยเริ่มตั้งแต่การจับภาพและนำภาพที่ได้มาทำการปรับปรุงให้มีความคมชัดมากขึ้น หลังจากนั้นก็จะนำภาพที่ได้รับการปรับปรุงไปหาตำแหน่งวงล้อของยานพาหนะเพื่อหาขนาดของวงล้อและระยะห่างของวงล้อ เพื่อนำไปใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะและนับจำนวนยานพาหนะต่อไป

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นที่นำไปสู่การวิจัย

ในการจำแนกประเภทยานพาหนะที่กำลังเคลื่อนที่โดยเทคนิคการประมวลผลภาพ มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหลายทฤษฎีด้วยกัน เช่น การเลือกภาพวีดีทัศน์ การปรับปรุงภาพ การแปลงฮัฟ การจัดกลุ่มแบบเคมีน ฟัซซีลอจิก เป็นต้น

2.1.1 การเลือกภาพจากวีดีทัศน์

วีดีทัศน์ที่อยู่ในรูปแบบดิจิตอล (Digital Video) จะได้มาจากระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อก (Analog) ให้อยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอล กระบวณการการแปลงดังกล่าวจะเรียกว่า “ดิจิไทเซชั่น (Digitization)” ซึ่งจะใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณทำการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) ของสัญญาณเพื่อทำการแปลงเป็นข้อมูลดิจิตอล โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจะได้เป็นตารางค่าดิจิตอลขนาด 640x480 จุด ซึ่งตารางค่าดิจิตอลที่ได้จะเรียกว่า “เฟรม (Frame)” และค่าดิจิตอลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแต่ละค่าจะเรียกว่า “พิกเซล (pixel)” โดยแต่ละพิกเซลจะเก็บค่าความสว่าง (Brightness) ของภาพ เทคโนโลยีของวีดีทัศน์เปลี่ยนไปอย่างมากเมื่อผู้นำในวงการ วีดีทัศน์ ได้รวมตัวกันศึกษา Format ใหม่ ในการบันทึก(Video Camcorder) เรียกระบบนี้ว่า DV และสามารถนำไปใช้ประยุกต์ใช้รวมกันได้ในระบบตัดต่อของแต่ละค่าย ซึ่งก่อนหน้านี้ ระบบตัดต่อมีการแข่งขั้นกันสูง และ ต่างฝ่ายต่างแข่งขั้น กันพัฒนาเพื่อให้ได้มาที่ดีกว่า

DV Tape: นั้นถูกออกแบบมาให้ใช้กับ กล้อง DV และเครื่องเล่นเทป DV (DV desk)ซึ่งมีขนาดเล็กมากเล็กกว่าเทปเพลงที่เราใช้ฟังตามบ้านครึ่งหนึ่ง ซึ่งเราเรียกกันว่า MiniDV

DV Compression: การบันทึกเทปในระบบ DV นั้นจะทำการ Compress ไปด้วยในตัวไม่ว่าจะเป็นสื่ออะไรก็ตาม เช่นเทป หรือ Hard-Disk ข้อมูลที่ใช้ในการส่งผ่านในสื่อนี้ ใช้อัตราส่วนที่ 25 Megabits/Sec บางทีเราก็เรียกว่า “DV25”

DV Camcorder (Camera): ปัจจุบันนี้กล้องถ่ายวีดีทัศน์ถูกนำไปใช้ในแบบ Professionals และ Consumer ด้วยความสามารถในการ Compress เท่ากันคือ DV25 ทางผู้ผลิตได้ออกสินค้า ในรูปแบบนี้มาเรียกชื่อใหม่ เช่น Sony ใช้ชื่อ DVCAM ส่วน Panasonic ใช้ชื่อ DVCPRO ซึ่งสองรูปแบบนี้มีมาตรฐานการ Compress และการบันทึกเหมือนกันเพื่อสนับสนุนการใช้งานในระดับ Professionals ส่วนระดับ Consumer นั้นก็ใช้ ประเภท Mini DV หรือ Handy Cam ซึ่งปัจจุบันมีออกมาให้ใช้มากมายและเป็นที่นิยมอย่างมาก

ในวีดีทัศน์หนึ่งๆ จะประกอบด้วยเฟรมจำนวนมากเรียงต่อเนื่องกันไป ในการเลือกภาพจากวีดีทัศน์ก็จะมีการเลือกเฟรมที่ต้องการนำมาเป็นภาพเริ่มต้น (I_0) เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบหาภาพที่มีต้องการ ดังสมการที่ 2.1

$$\Delta_n = |I_n - I_0| \qquad (2.1)$$

เมื่อ Δ_n = ค่าความแตกต่างระหว่างภาพที่ต้องการทดสอบกับภาพเริ่มต้น

I_n = ภาพที่ต้องการทดสอบ

I_o = ภาพเริ่มต้น

ถ้ามีความแตกต่างระหว่างภาพที่ต้องการทดสอบกับภาพเริ่มต้น (Δ_n) มากกว่าค่าเทรชโฮลด์ (Threshold) ก็จะถือว่าภาพนั้นเป็นภาพที่ต้องการเลือกเพื่อนำมาทำการจำแนกประเภทของยานพาหนะ

$$M = \begin{cases} I_n & ,\Delta_n \geq T \\ 0 & ,\Delta_n < T \end{cases} \qquad (2.2)$$

เมื่อ M = ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบ

Δ_n = ค่าความแตกต่างระหว่างภาพที่ต้องการทดสอบกับภาพเริ่มต้น

I_n = ภาพที่ต้องการทดสอบ

T = ค่าเทรชโฮลด์

2.1.2 การปรับปรุงภาพ (Gonzalez and Woods, 1992)

ในกรณีที่ภาพไม่มีความคมชัด สามารถนำภาพมาปรับปรุงคุณภาพใหม่ด้วยการทำ Histogram Equalization ซึ่งจะเป็นวิธีการในการกระจายความสว่างของพิกเซลใหม่เพื่อเพิ่มความคมชัดของภาพ นั่นก็คือ ถ้าฮิสโตรแกรมของภาพมีจุดยอดหลายจุดยอด เมื่อทำ Histogram Equalization แล้ว จุดยอดเหล่านั้นก็ยังคงมีเหมือนเดิม แต่จะถูกเลื่อนกระจายตลอดระดับความสว่างของภาพ โดยสมการที่ใช้ในการทำ Histogram Equalization มีดังนี้

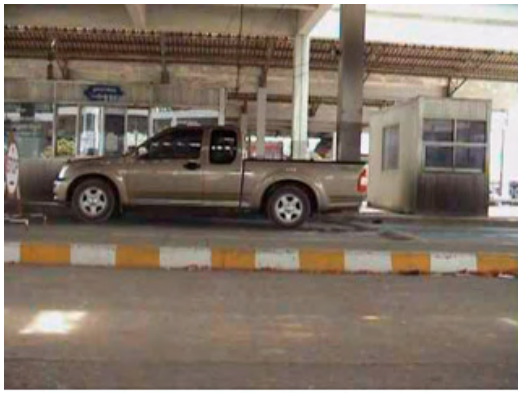
$$S_k = \sum_{j=0}^{k} \frac{n_j}{n}; \quad k = 0,1,2,....,L-1 \qquad (2.3)$$

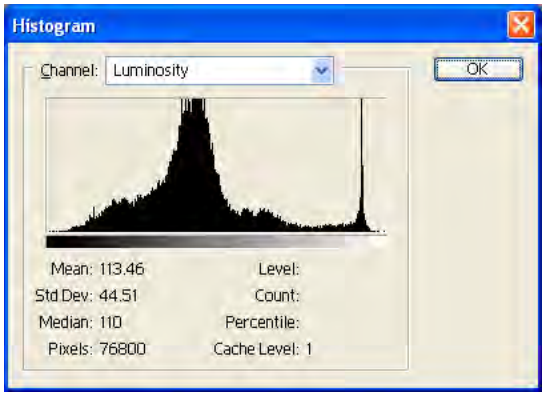
เมื่อ L = จำนวนระดับความเข้มทั้งหมด

S_k = เอาท์พุต

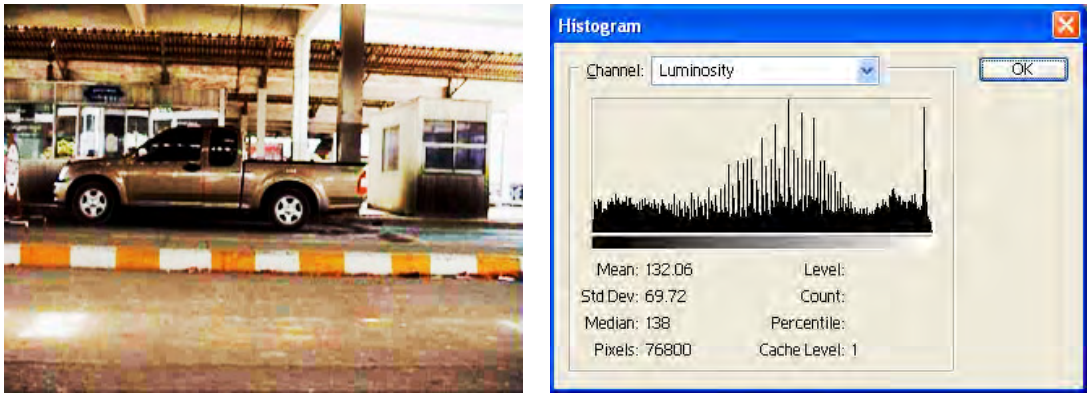
n = จำนวนพิกเซลทั้งหมด

n_j = ผลรวมฮิสโตรแกรม ในระดับ j





รูปที่ 2.1 ภาพยานพาหนะและฮิสโตรแกรมก่อนการทำ Histogram Equalization



รูปที่ 2.2 ภาพยานพาหนะและฮิสโตรแกรมหลังการทำ Histogram Equalization

2.1.3 การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทา

การแปลงภาพสีแบบ RGB เป็นภาพระดับเทา (Gray-scale image) เป็นการปรับให้ภาพแสดงถึงค่าความสว่าง (Brightness) ของภาพเพียงอย่างเดียวเท่านั้น โดยปราศจากข้อมูลสีของภาพ ซึ่งค่าความสว่างของภาพโดยทั่วไปมักจะประกอบด้วยค่าความสว่างที่แตกต่างกัน 256 ระดับ นั่นก็คือ จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255

ในการเปลี่ยนภาพสีแบบ RGB เป็นภาพระดับเทานี้ ใช้หลักการของโมเดลสี YIQ ซึ่งใช้องค์ประกอบ Y ที่แสดงถึงค่าความสว่าง ดังนั้นค่าระดับเทาที่ได้ในที่นี้จึงสามารถคำนวณจากการแปลงค่าสีในภาพจากโมเดลสี RGB เป็นค่า Y ในโมเดลสี YIQ นั่นเอง การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทานี้สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.4

$$Gray = 0.299R + 0.587G + 0.114B \qquad (2.4)$$

เมื่อ $Gray$ = ค่าระดับเทาที่ได้จากการคำนวณของพิกเซล

R = ค่าสีแดง (Red) ในโมเดลสี RGB ของพิกเซล

G = ค่าสีเขียว (Green) ในโมเดลสี RGB ของพิกเซล

B = ค่าสีน้ำเงิน (Blue) ในโมเดลสี RGB ของพิกเซล

2.1.4 การตรวจหาขอบภาพ (Edge Detection) (Jain,Kasturi and Schunck, 1995)

ขอบภาพ คือชุดของพิกเซลที่ต่อๆ กัน ซึ่งจะอยู่บนขอบระหว่างแต่ละพื้นที่ในภาพ โดยขอบภาพจะช่วยอธิบายถึงรูปร่าง ลักษณะ ขนาด และอื่นๆ ของภาพ การตรวจหาขอบภาพเป็นขั้นตอนแรกของการแยกภาพเป็นส่วนๆ (Image Segmentation) ซึ่งในปัจจุบันการตรวจหาขอบภาพจะแบ่งเป็น 2 วิธี คือ การหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งและการหาอนุพันธ์อันดับสอง

2.1.4.1 การตรวจหาขอบภาพด้วยการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (First Order Derivation) โดยจะมีการหาขอบภาพในทิศทางแนวนอน (Horizontal) และแนวตั้ง (Vertical) ซึ่งจะเรียกว่าเป็นการหา Gradient ของภาพ โดยจะแสดงในรูปของเวกเตอร์ได้ดังนี้

$f(x, y)$ = ค่าความเข้มแสงของพิกเซลตำแหน่ง (x,y)

$$\nabla f = \begin{bmatrix} H_h(x, y) \\ H_v(x, y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} f(x, y) \\ \frac{\partial}{\partial y} f(x, y) \end{bmatrix} \qquad (2.5)$$

โดยที่ $\frac{\partial}{\partial x} f(x, y)$ จะเป็นการหาขอบภาพในทิศทางแนวนอน *(x)* และ $\frac{\partial}{\partial y} f(x, y)$ จะเป็นการหาขอบภาพในแนวแกนตั้ง *(y)* ส่วนทิศทางของการตรวจหาขอบภาพจะแสดงดังสมการ 2.6

$$\theta = \tan^{-1}\left[\frac{H_v(x, y)}{H_h(x, y)}\right] \qquad (2.6)$$

เมื่อ θ = ทิศทางของการตรวจหาขอบภาพ

ในการตรวจหาขอบภาพด้วยวิธีการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง จะมีด้วยกันหลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีจะแตกต่างกันที่ค่า Mask Coefficient ที่นำมาใช้ในการกระทำ (Convolution) รอบๆ จุดพิกเซล ภายในภาพ เช่น

การหาขอบภาพด้วย Sobel จะใช้ค่า Mask Coefficient ดังนี้

ในทิศแนวนอน $H_h(x,y)$ คือ $\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$ หรือ $\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$

ในทิศแนวตั้ง $H_v(x,y)$ คือ $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ หรือ $\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$

การหาขอบภาพด้วย Prewitt จะใช้ค่า Mask Coefficient ดังนี้

ในทิศแนวนอน $H_h(x,y)$ คือ $\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ หรือ $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$

ในทิศแนวตั้ง $H_v(x,y)$ คือ $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ หรือ $\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$

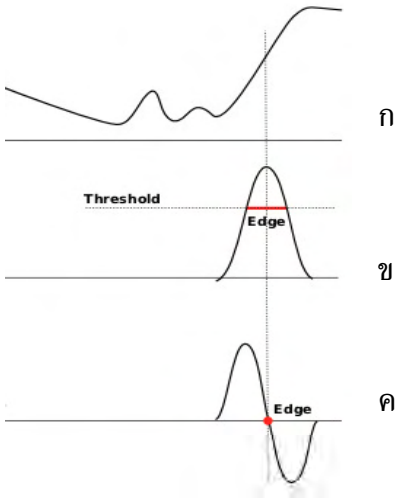
นอกจากนี้ยังมีการหาขอบภาพที่นิยมใช้กันอีกหลายวิธี เช่น การขอบภาพด้วยวิธี Canny Edge Detector ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถหาขอบภาพได้อย่างดีวิธีหนึ่ง

2.1.4.2 การตรวจหาขอบภาพด้วยการหาอนุพันธ์อันดับสอง (Second Order Derivation) จะมีการนำสมการที่ผ่านการอนุพันธ์อันดับหนึ่งมาหาค่าอนุพันธ์อีกครั้ง ซึ่งจะได้สมการดังนี้

$$\nabla^2 f = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x}^2 f(x,y) \\ \frac{\partial}{\partial y}^2 f(x,y) \end{bmatrix} \qquad (2.7)$$

สำหรับตัวอย่างของการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับสอง คือ Laplacian ซึ่งใช้ค่า Mask Coefficient ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \text{หรือ} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

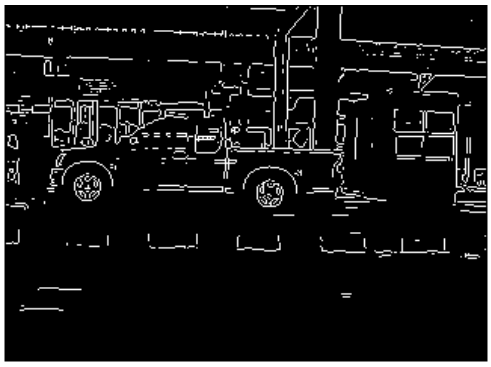


รูปที่ 2.3 ก-ค ความแตกต่างของระดับความเข้มของสีและการหาขอบภาพ

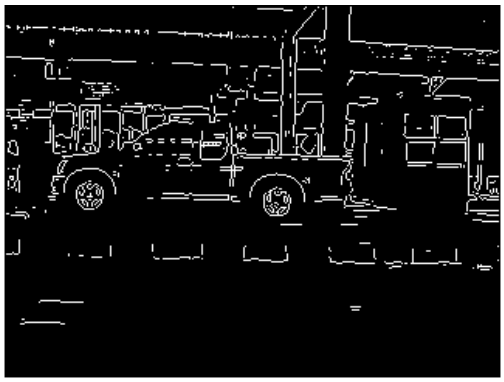
จากรูปที่ 2.3 ก จะแสดงถึงความแตกต่างของระดับความเข้มของสีภายในภาพ และเมื่อทำการตรวจหาขอบภาพด้วยการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง จะมีการพิจารณาความเป็นขอบภาพด้วยการเปรียบเทียบกับค่าเทรชโฮลด์ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ข และสำหรับการตรวจหาขอบภาพด้วยวิธีการหาอนุพันธ์อันดับสองตำแหน่งที่จะเป็นขอบภาพจะเป็นตำแหน่งที่เป็น Zero Crossing ดังรูปที่ 2.3 ค

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Matlab ช่วยในการหาขอบภาพตัวอย่าง ซึ่งมีคำสั่งที่ใช้ในการหาขอบทั้งหมด 4 วิธี ดังนี้ Sobel, Prewitt, Laplacian of Gaussian และ Canny

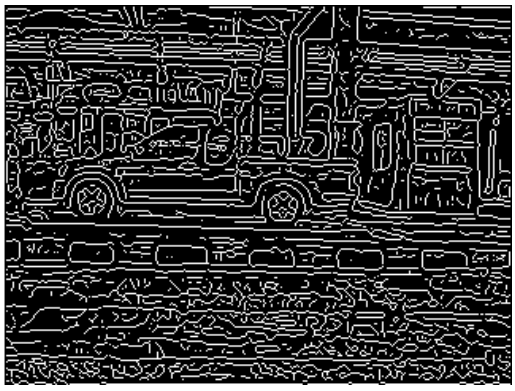
รูปที่ 2.4 ก การหาขอบภาพด้วยวิธี Sobel



รูปที่ 2.4 ข การหาขอบภาพด้วยวิธี Prewitt



รูปที่ 2.4 ค การหาขอบภาพด้วยวิธี Laplacian



รูปที่ 2.4 ง การหาขอบภาพด้วยวิธี Canny

รูปที่ 2.4 ก-ง การหาขอบภาพด้วยวิธีต่าง ๆ

ในงานวิจัยนี้ใช้การหาขอบภาพด้วยวิธี Sobel เนื่องจากผลที่ได้จากการหาขอบภาพเหมาะกับการนำไปหาวงกลมด้วยวิธีการแปลงฮัฟ แต่สำหรับการหาขอบภาพด้วยวิธี Prewitt และการหาขอบภาพด้วยวิธี Laplacian ให้ลายละเอียดเส้นน้อยเกินไป ในขณะที่การหาขอบภาพด้วยวิธี Canny ให้ลายละเอียดของเส้นมากเกินไป

2.1.5 เทคนิคการแปลงฮัฟ (Hough Transform) (Jain,Kasturi and Schunck, 1995)

การแปลงฮัฟเป็นวิธีการที่ยอมรับเป็นมาตรฐานในการตรวจสอบภาพในทางวิชาการด้าน Computer image processing โดย การแปลงฮัฟ ได้ถูกคิดค้นและพัฒนาจาก P.V.C Hough ในปี 1962 และได้มีการพัฒนา การแปลงฮัฟ ออกเป็นรุ่นต่างๆ เพื่อทำงานที่แตกต่างกันด้าน มีการนิยามความหมาย การแปลงฮัฟไว้แตกต่างกันหลายความหมายดังต่อไปนี้

การแปลงฮัฟ คือ เครื่องมือมาตรฐานในการวิเคราะห์ภาพต้นแบบโดยการตรวจสอบจากขอบเขตของภาพต้นแบบทั้งหมด ด้วยวิธีการแปลงภาพที่ต้องการเป็นค่าพารามิเตอร์ชนิดหนึ่งแล้วทำการเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ วิธีนี้จะมีประโยชน์ในการตรวจสอบหาภาพที่มีความไม่ชัดเจนและขาดความสมบูรณ์

การแปลงฮัฟคือ กระบวนการที่ใช้ในการตรวจสอบ และรวมจุดที่เป็นขอบของภาพ (Edge point) โดยจะเรียกวิธีการนี้ว่า การตรวจจับขอบภาพ (Edge detector) และทำการหาเส้นที่มีจุดของขอบภาพเหมือนกัน

การแปลงฮัฟคือ เทคนิคการตรวจสอบวัตถุโดยรูปร่างที่รับการยอมรับในกาตรวจหาได้ คือ เส้นตรง วงกลม วงรี หรือรูปแบบที่ตรงกับต้นแบบที่ต้องการ โดยวิธี การแปลงฮัฟ จะใช้หลักการโหวต (Vote) ที่ได้จากการพิจารณาตารางที่กำหนดขึ้นซึ่งจะแตกต่างกันในแต่ละชนิดของวัตถุ โดยหลักการทำงานของเทคนิค การแปลงฮัฟ มีดังนี้

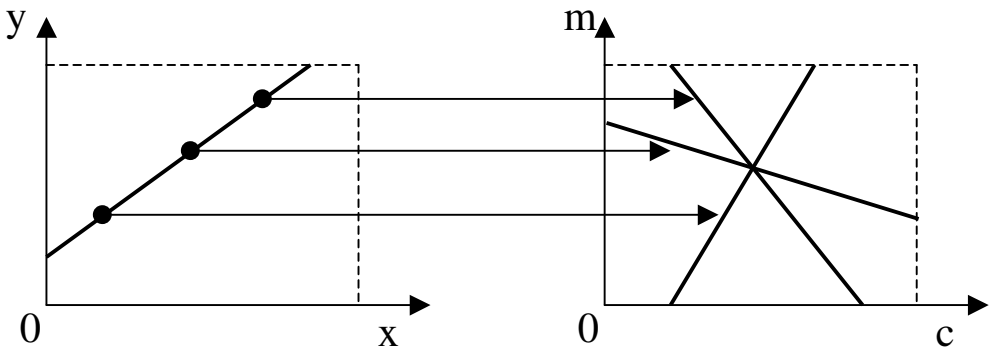
ขั้นตอนวิธี : ขั้นตอนการแปลงฮัฟ

1. เลือกค่าพารามิเตอร์ของสมการที่เหมาะสมกับภาพและสร้างตารางของค่าพารามิเตอร์นั้น
2. กำหนดค่าเริ่มต้นในตารางพารามิเตอร์ของสมการให้เท่ากับศูนย์
3. เพิ่มค่าในตารางครั้งละ 1 สำหรับตำแหน่งที่ได้จากการคำนวณสมการ
4. หาตำแหน่งในตารางที่มีค่ามากที่สุดอยู่เพื่อใช้เป็นค่าของพารามิเตอร์ในสมการ

การตรวจหาเส้นตรงด้วยเทคนิค การแปลงฮัฟ (Jain,Kasturi and Schunck, 1995)

จากสมการเส้นตรง $y = mx + c$ ค่าของ x และ y เป็นค่าที่กำลังพิจารณาและทราบค่าเนื่องจากเป็นตำแหน่งใดๆ ในภาพ แต่สำหรับค่าพารามิเตอร์ m (ความชัน) และ c เป็นค่าที่

ต้องการหา ซึ่งจากสมการจะมีการสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่า m กับ c และจะทำการหาค่าความสัมพันธ์ที่มากที่สุดมาสร้างเป็นสมการเส้นตรง



รูปที่ 2.5 การตรวจหาเส้นตรงด้วยเทคนิคการแปลงฮัฟ

ขั้นตอนวิธี : ขั้นตอนการตรวจหาเส้นตรงด้วยการแปลงฮัฟ

1. กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับสมการเส้นตรง โดยจะเลือกค่า m และ c ที่เหมาะสมสำหรับภาพ
2. สร้างอาร์เรย์ M(m,c) และกำหนดทุกช่องของอาร์เรย์เท่ากับศูนย์
3. สำหรับแต่ละจุดเส้นขอบภาพจะถูกนำมาคำนวณในสมการ และทำการเพิ่มค่าในอาร์เรย์ M(m,c) = 1 ในตำแหน่งที่ได้จากการคำนวณจากสมการ c=y-mx
4. หาค่าที่มากที่สุดของอาร์เรย์ M เพื่อนำค่าตำแหน่งของอาร์เรย์นั้นมาเป็นค่าของพารามิเตอร์ m และ c

การตรวจหาวงกลมด้วยเทคนิค การแปลงฮัฟ (Jain,Kasturi and Schunck, 1995)

จากสมการเส้นวงกลม $(x-a)^2+(y-b)^2=r^2$ ค่าของ x และ y เป็นค่าที่กำลังพิจารณา แต่ค่า a (ระยะห่างของจุดศูนย์ของวงกลมกับแกน x) ค่า b (ระยะห่างของจุดศูนย์ของวงกลมกับแกน y) และ r (รัศมีของวงกลม) เป็นค่าที่ต้องการหา จะเห็นว่ามีค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการตรวจหาวงกลมถึงสามค่า ซึ่งจะทำให้การสร้างตารางเพื่อคำนวณหาค่าความสัมพันธ์เกิดความยุ่งยาก ดังนั้นจึงมีการปรับลดจำนวนพารามิเตอร์ นั่นคือ จากสมการวงกลม

$$(x-a)^2+(y-b)^2=r^2 \qquad (2.8)$$

จะได้ว่า

$$x=a+r\cos\theta \qquad (2.9)$$

$$y=b+r\sin\theta \qquad (2.10)$$

คูณสมการ (2.9) ด้วย $\sin\theta$ จะได้ว่า

$$x\sin\theta=a\sin\theta+r\sin\theta\cos\theta \qquad (2.11)$$

คูณสมการ (2.10) ด้วย $\cos\theta$ จะได้ว่า

$$y\cos\theta=b\cos\theta+r\sin\theta\cos\theta \qquad (2.12)$$

สมการ (2.11)- (2.12)

$$x\sin\theta-y\cos\theta=a\sin\theta-b\cos\theta \qquad (2.13)$$

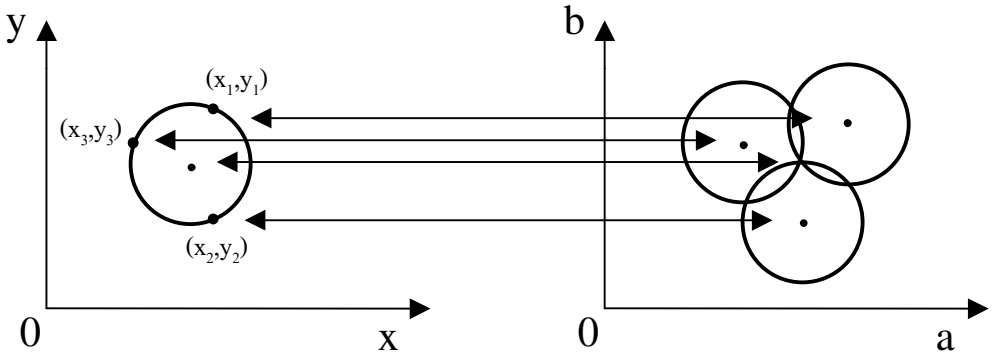
สมการ (2.13) หารด้วย $\cos\theta$

$$x\tan\theta-y=a\tan\theta-b$$

$$b=y+(a-x)\tan\theta \qquad (2.14)$$

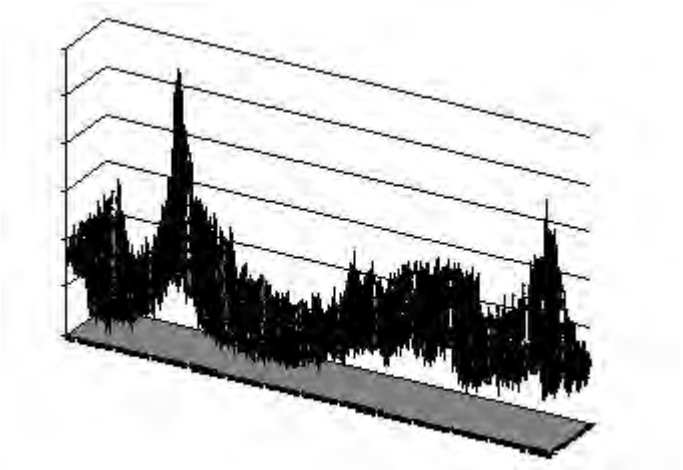
โดย $\theta=\tan^{-1}\left[\dfrac{H_v(x,y)}{H_h(x,y)}\right]$ ที่ได้จากการหาขอบภาพที่พิกเซล (x,y)

ซึ่งจากสมการจะมีการสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่าง *a* กับ *b* และจะทำการหาค่าความสัมพันธ์ที่มากที่สุดมาเป็นสมการวงกลม



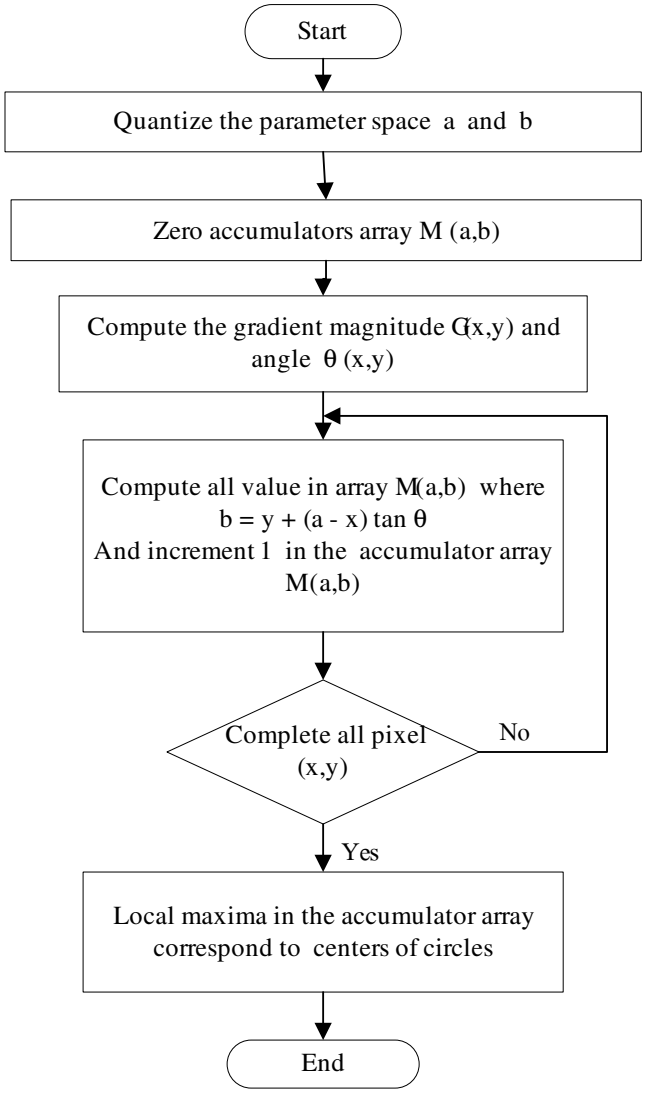
รูปที่ 2.6 การตรวจหาวงกลมด้วยเทคนิคการแปลงฮัฟ

จากรูปที่ 2.6 แสดงถึงวิธีการตรวจหาวงกลมโดยการนำค่าพิกเซลในภาพไปคำนวณหาจุดศูนย์กลางของวงกลมโดยการโหวตใน Hough Space โดยใน Hough Space ของวงกลมจะประกอบด้วยพิกัดจุดศูนย์กลางของวงกลม โดยพิกัดที่ได้รับการลงคะแนนเสียงมากที่สุดจะถูกนำมาพิจารณาเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม โดยวิธีการตรวจหาวงกลมด้วยวิธีการแปลงฮัฟแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 ผลการลงคะแนนใน Hough Space

สำหรับการเลือกพิกัดใน Hough Space ที่ได้รับการลงคะแนนเสียงมากที่สุด จะมีการใช้วิธีการที่เรียกว่า “สันปันน้ำ (Watershed)” โดยจะมีการกำจัดค่าที่น้อยออกไปก่อน เสมือนน้ำที่ท่วมเพื่อให้เหลือเฉพาะสันที่เป็นยอด หลังจากนั้นก็หาค่าที่เป็นยอดเพื่อนำมาหาตำแหน่งพิกัดที่ได้รับการลงคะแนนเสียงมากที่สุด



รูปที่ 2.8 การตรวจสอบหาวงกลมด้วยเทคนิคการแปลงฮัฟ

2.1.6 การจำแนกประเภทข้อมูล (Data Classification) (O. Duda, E. Hart and G. Stork, 2001)

การจำแนกประเภทข้อมูล เป็นการวิเคราะห์เพื่อจำแนกข้อมูลเป็นประเภทกลุ่มข้อมูล ซึ่งในการจำแนกประเภทข้อมูล สามารถดำเนินการได้ 2 ลักษณะ คือ

2.1.6.1 แบบ Supervised Classification

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบ Supervised classification หมายถึง การจำแนกประเภทข้อมูล โดยที่ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดข้อมูลตัวอย่าง (Training area) หรือข้อมูลต้นแบบของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณค่าสถิติต่างๆ ของข้อมูล เช่น Mean, Standard deviation และ Covariance Matrix เป็นต้น โดยค่าสถิติดังกล่าวจะถูกนำไปเป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลของทั้งหมด

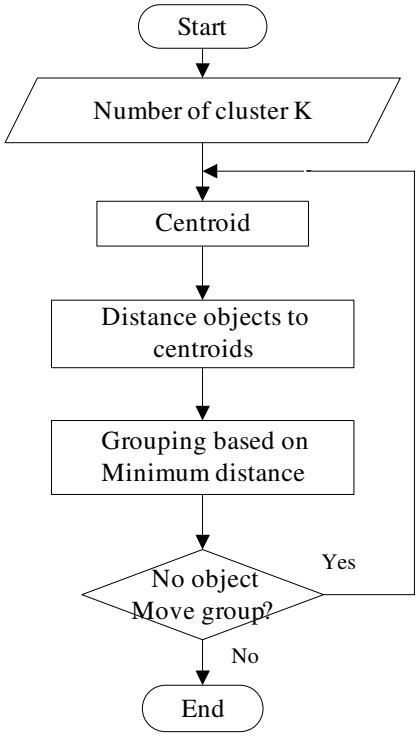
2.1.6.2 แบบ Unsupervised Classification

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบ Unsupervised Classification หมายถึง การจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องกำหนดข้อมูลตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูล ให้กับคอมพิวเตอร์ แต่จะกำหนดให้มีความหลากหลายของประเภทข้อมูล (Heterogeneous) ภายในพื้นที่ศึกษา จากนั้นก็คำนวณค่าสถิติของแต่ละประเภทข้อมูล ที่หลากหลายเพื่อใช้ในการจำแนกข้อมูลแล้วทำการจัดกลุ่มเพื่อแบ่งประเภทข้อมูลตามที่กำหนด

การจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) เป็นขั้นตอนที่การกำหนดจำนวนกลุ่มข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ และกำหนดข้อมูลตัวอย่างที่มีคุณลักษณะที่หลากหลาย ครอบคลุมทุกกลุ่มข้อมูล อาจเป็นข้อมูลบางส่วน หรือข้อมูลทั้งหมดก็ได้ การแบ่งกลุ่มข้อมูลตามลักษณะข้อมูลแล้วคำนวนหาจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่ม การคำนวณจะกระทำซ้ำหลายๆครั้ง จนกว่าจะได้ผลเป็นที่พอใจ คือได้กลุ่มข้อมูลที่มีค่า Spectral separability สูงสุด

การจัดกลุ่มแบบเคมีน (K-mean clustering) เป็นการแบ่งกลุ่มข้อมูลที่มีการกำหนดจำนวนกลุ่มของข้อมูลที่ต้องการแบ่ง โดยเริ่มต้นจะมีการกำหนดข้อมูลที่เป็นเสมือนเป็นจุดศูนย์กลางของข้อมูลแต่ละกลุ่ม และจะมีการคำนวณหาระยะห่างระหว่างข้อมูลแต่ละตัวกับจุดศูนย์กลางของแต่

ละกลุ่มเพื่อทำการจัดกลุ่มข้อมูล โดยข้อมูลจะถูกจัดเข้ากลุ่มข้อมูลที่มีระยะห่างกับจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลที่น้อยที่สุด ซึ่งแสดงตามรูป 2.9



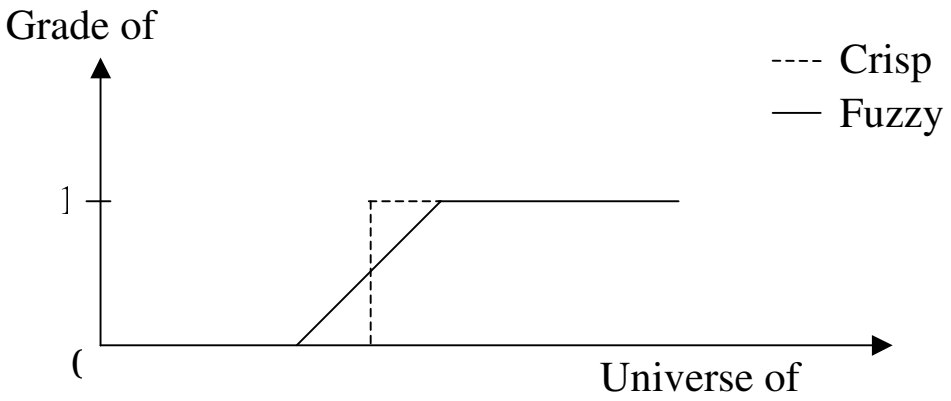
รูปที่ 2.9 การแบ่งกลุ่มแบบเคมีน

2.1.7 ทฤษฎีฟัซซี่ลอจิก (J. Ross, 1995)

ทฤษฎีฟัซซี่ลอจิก เป็นตรรกศาสตร์รูปแบบที่มีลักษณะสอดคล้องกับการให้เหตุผลที่มักจะมีลักษณะคลุมเครือในเชิงปริมาณ (Quantitative) เช่น หากมีคำถามว่ารู้สึกร้อนหรือหนาว คำตอบที่อยากจะตอบอาจจะเป็นร้อนนิดๆ หรือกำลังดี ซึ่งจะเห็นว่าคำตอบไม่สามารถชี้ชัดไปได้ว่าร้อนหรือหนาว นั้นก็คือว่าในหลายๆ กรณีมนุษย์เรามีลักษณะการใช้ตรรกศาสาตร์แบบมีน้ำหนัก คือ มีการให้ระดับความเป็นไปได้ของตรรกะว่ามีลักษณะเช่นใด มาก ปานกลาง หรือน้อย ซึ่งจากเดิมที่ตรรกศาสตร์โดยทั่วไปมีคำตอบที่เป็นไปได้เพียง 2 คำตอบ คือ จริงหรือเท็จ (0 หรือ 1) โดยที่เซตคำตอบมีลักษณะเป็นคริซ์ปเซต (Crisp set) ทำให้การนำตรรกศาสตร์แบบดั้งเดิมมาประยุกต์ใช้มีข้อจำกัด ดังนั้นในแนวคิดของตรรกะแบบฟัซซี่ซึ่งเปิดให้มีคำตอบของตรรกะแบบมีน้ำหนักโดยอยู่ใน

ระดับใดก็ได้ระหว่างคำตอบสองคำตอบของตรรกะแบบเดิม เซตของคำตอบในตรรกะแบบฟัซซี่นี้จะเป็นเซตของจำนวนจริงที่มีค่าอยู่ในช่วง [0,1] ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานที่มีลักษณะของคำตอบที่มีความคลุมเครือ

ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก (Membership Function) และค่าระดับความเป็นสมาชิก (Grade of Membership) ของสิ่งที่กำลังพิจารณาตามแนวความคิดของฟัซซี่ลอจิกนั้น ตัวแปรอิสระแต่ละตัวจะสามารถมีความเป็นไปได้มากกว่าหนึ่งเหตุการณ์ นั้นก็คือ ตัวแปรอิสระหนึ่งตัวสามารถเป็นตัวแปรสำหรับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกได้มากกว่าหนึ่งฟังก์ชั่น



รูปที่ 2.10 เปรียบเทียบฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของฟัซซี่ลอจิกกับตรรกศาสตร์แบบเดิม

ตัวดำเนินการแบบฟัซซี่ (Fuzzy Operators) การดำเนินการระหว่างค่าตรรกะของฟัซซี่ เป็นการดำเนินการกับเลขจำนวนจริงเท่านั้น ซึ่งตัวดำเนินการพื้นฐานที่มักจะพบเห็นอยู่เสมอคือ AND (หรือ Intersection) ระหว่างเซ็ต และ OR (หรือ Union) ระหว่างเซ็ต โดยที่การดำเนินการพื้นฐานนี้จะถูกนำไปใช้ใน กฎการควบคุมแบบฟัซซี่ (Fuzzy Control Rules) ขั้นตอนวิธีควบคุมแบบฟัซซี่นั้นจะอยู่ในรูปแบบของ If Then Rules เมื่อนำมาสร้างเป็นกฎการควบคุมแบบฟัซซี่ ก็จะได้วิธีการควบคุมคล้ายกับการตัดสินใจของมนุษย์ ทำให้การควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก ไม่ขึ้นอยู่กับความยากง่ายของเทคนิค หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ

2.1.8 การจัดกลุ่มด้วยฟัซซี่เคมีน (O. Duda, E. Hart and G. Stork, 2001)

การจัดกลุ่มด้วยฟัซซี่เคมีนเป็นการจัดกลุ่มที่เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีความไม่ชัดเจนในการจัดเข้ากลุ่ม ซึ่งจะใช้การแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยเคมีนในการสร้างกฎสำหรับการแบ่งกลุ่ม โดยจะสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานได้เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยเคมีน จะมีการแบ่งกลุ่มข้อมูลในแต่ละคลาส (Class) และจะเริ่มต้นในข้อมูลคลาสที่1 ซึ่งจะมีการแบ่งข้อมูลเพียง1 กลุ่มในตอนเริ่มต้น โดยจะมีการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางและระยะห่างที่มากที่สุดกับจุดศูนย์กลางของข้อมูลในกลุ่ม หลังจากนั้นก็จะนำข้อมูลที่อยู่ในคลาสอื่นๆ มาหาระยะห่างที่น้อยที่สุดกับจุดศูนย์กลางของกลุ่มที่ได้คำนวณไว้ ถ้าระยะห่างที่ได้มากกว่ารัศมีของกลุ่มก็แสดงว่าไม่มีข้อมูลในคลาสอื่นๆ อยู่ในกลุ่มข้อมูลที่แบ่ง ดังนั้นกลุ่มข้อมูลดังกล่าวก็จะถือว่าจัดกลุ่มได้สำเร็จ หลังจากนั้นก็จะทำการดึงข้อมูลที่ได้รับการจัดกลุ่มออกจากคลาส และทำการตรวจสอบว่าข้อมูลในคลาสมีอีกหรือไม่ ถ้าไม่มีข้อมูลในคลาสอีกก็จะทำการจัดกลุ่มข้อมูลในคลาสอื่นๆ ต่อไป แต่ถ้ามีข้อมูลเหลือก็จะทำการจัดกลุ่มในข้อมูลที่เหลือ แต่สำหรับกรณีที่ระยะห่างที่ได้น้อยกว่ารัศมีของกลุ่มก็แสดงว่ามีข้อมูลในคลาสอื่นอยู่ในกลุ่มข้อมูลที่แบ่ง ดังนั้นจะถือว่าการจัดกลุ่มข้อมูลไม่สำเร็จต้องทำการแบ่งใหม่ให้จำนวนกลุ่มมากกว่าเดิม และทำการเปรียบเทียบระยะต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งข้อมูลในแต่ละคลาสถูกจัดกลุ่มจนหมด ดังแสดงวิธีการจัดกลุ่มด้วยวิธีเคมีนในรูปที่ 2.11

เมื่อ U_l = ข้อมูลในคลาส l

U_l^* = ข้อมูลในคลาส l ที่เหลือจากการจัดกลุ่มสำเร็จ

G_{li} = ข้อมูลในกลุ่มที่ i คลาสที่ l

m_{li} = จุดศูนย์กลางของข้อมูลในกลุ่มที่ i คลาสที่ l

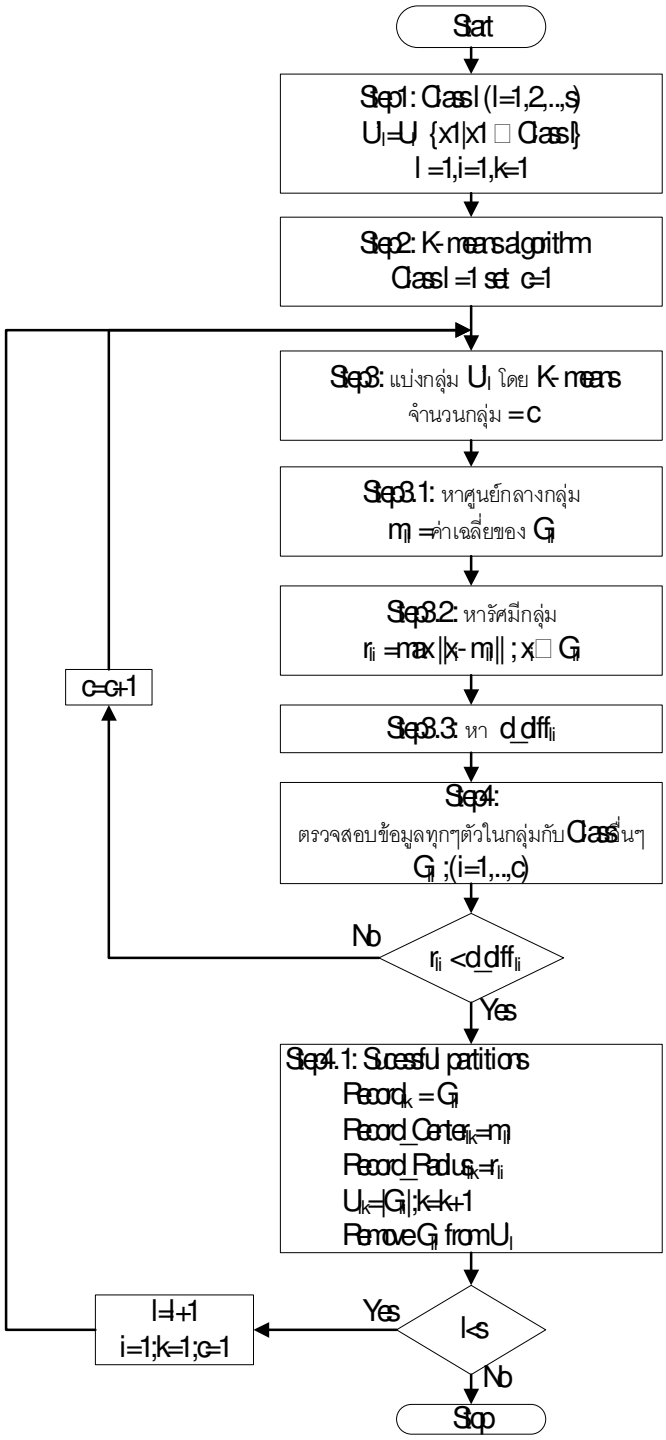
r_{li} = รัศมีของของข้อมูลในกลุ่มที่ i คลาสที่ l

d_diff_{li} = ระยะห่างที่น้อยที่สุดของข้อมูลที่ไม่ได้อยู่ในคลาส l กับจุดศูนย์กลางของข้อมูลในกลุ่มที่ i คลาสที่ l

$Record_{lk}$ = ข้อมูลในกลุ่มที่ k ของคลาส l ที่ได้รับการจัดกลุ่มสำเร็จ

$Record_Center_{lk}$ = จุดศูนย์กลางของข้อมูลในกลุ่มที่ k ของคลาส l ที่ได้รับการจัดกลุ่มสำเร็จ

$Record_Radius_{lk}$ = รัศมีของข้อมูลในกลุ่มที่ k ของคลาส l ที่ได้รับการจัดกลุ่มสำเร็จ



รูปที่ 2.11 การสร้างแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซี่เคมีน

ข้อดีของการจัดกลุ่มข้อมูลต้นแบบด้วยวิธีเคมีน คือ ในการเปรียบเทียบหาระยะห่างของจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลกับข้อมูลในคลาสอื่นๆ จะสามารถยืนยันได้ว่าสำหรับข้อมูลต้นแบบแล้วการจัดจำแนกเข้ากลุ่มของข้อมูลจะถูกต้อง 100 %

2. การสร้างกฎของฟัซซี่ เมื่อข้อมูลต้นแบบได้รับการจัดกลุ่ม ก็จะนำจุดศูนย์กลางและรัศมีของข้อมูลแต่ละกลุ่ม มาสร้างเป็นกฎดังนี้ (Wong, Chen, and Yeh, 2000)

$$R_{lk} : IF\ \ x\ \ is\ \ A_{lk}\ \ then\ \ x\ \ belongs\ to\ class\ l$$

โดยความเป็นสมาชิกของแต่ละกลุ่มสามารถคำนวณได้จากสมการ 2.14

$$A_{lk}(x) = \exp\left(\frac{-\left\|x - \mathrm{Re}cord_Center_{lk}\right\|^2}{2\,\mathrm{Re}cord_Radius_{lk}^2}\right) \qquad (2.15)$$

เมื่อ A_{lk} (x) คือ G_{lk} ค่าความเป็นสมาชิก (Membership value) ของข้อมูลต่อกลุ่ม k ในคลาส (Class) *l* โดยจะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ถ้า x เท่ากับ $\mathrm{Record_Center}_{lk}$ แล้วจะได้ว่า G_{lk} = 1 และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อห่างออกไป เมื่อคำนวณค่า G_{lk} ของแต่ละกฎแล้วก็จะเลือกค่า G_{lk} มากที่สุด โดยจะได้ว่าข้อมูล x อยู่ใน Class *l*

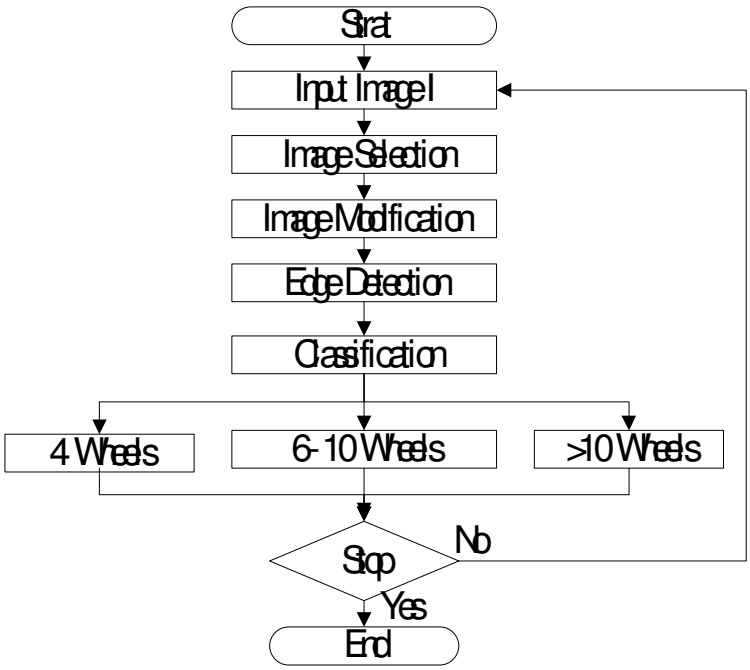
2.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง โครงสร้างของระบบโดยรวม หลังจากนั้นจะกล่าวถึงรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการรับข้อมูลจากกล้องวีดีทัศน์ การค้นหาและดึงลักษณะสำคัญของข้อมูล ขั้นตอนของการแบ่งกลุ่มข้อมูลและขั้นตอนการสร้างกฎฟัซซี่ เพื่อใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะ

2.2.1 โครงสร้างของระบบ

ในการจำแนกประเภทยานพาหนะด้วยการประมวลผลภาพ ในงานวิจัยชิ้นนี้ มีกระบวนการและขั้นตอนในการทำงานดังนี้ คือ

จะนำภาพจากวีดีทัศน์ซึ่งเป็นภาพถนนที่มียานพาหนะวิ่งผ่านเป็นอินพุต (Input) เมื่อภาพจากวีดีทัศน์ถูกส่งเข้าสู่โปรแกรมก็จะมีการเลือกเฉพาะภาพที่มียานพาหนะเท่านั้น ดังรูป 2.12



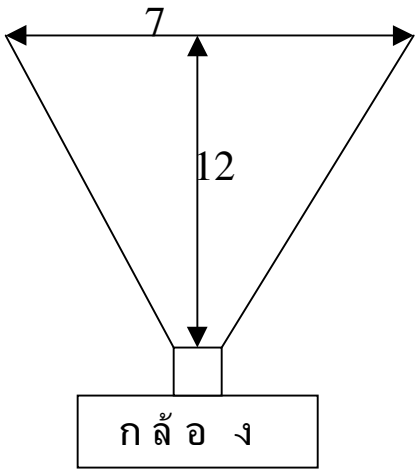
รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการทำงานในการจำแนกประเภทยานพาหนะ

เมื่อได้ภาพที่ต้องการก็จะนำมาทำการปรุงภาพด้วยการทำ Histogram Equalization ซึ่งจะเป็นการกระจายความสว่างของพิกเซลใหม่ แล้วทำการหาเส้นขอบของภาพด้วยวิธี Sobel นำภาพเส้นขอบที่ได้ไปทำการหาวงล้อยานพาหนะ ด้วยเทคนิคการแปลงฮัฟ เมื่อได้ตำแหน่งและรัศมีของวงล้อ ระยะห่างของวงล้อหน้าและล้อหลัง ก็จะนำค่าที่ได้ไปทำการจำแนกกลุ่มด้วยฟัซซี่เคมีนต่อไป

2.2.2 การจับภาพจากกล้องวีดีทัศน์

ในการรับภาพจากกล้องวีดีทัศน์ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการบันทึกภาพยานพาหนะผ่านด่านตรวจคนเข้าเมืองบ้านจังโหลน อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา จุดที่กำหนดซึ่งมีลักษณะคล้ายกับจุดเก็บเงินของการทางพิเศษ ซึ่งได้บันทึกภาพยานพาหนะประมาณ 165 คัน ในการทดลองได้รับข้อมูลจา

กวีดีทัศน์ผ่านอินเตอร์เฟส โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual C++ 6 และได้ติดเครื่องมือ Microsoft Vision SDK ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ วีดีทัศน์ ซึ่งสามารถจับตวามละเอียดของภาพได้ 640x480 พิกเซล รูปแบบและระยะของการติดตั้งกล้องวีดีทัศน์เป็นดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 รูปแบบและระยะการติดตั้งกล้องวีดีทัศน์

2.2.2.1 การเลือกภาพที่มียานพาหนะ

ในการเลือกภาพที่มียานพาหนะในการทดลองได้กำหนดตำแหน่งในการตรวจสอบยานพาหนะที่ผ่านเข้ามาเป็นเส้นตรงในแนวตั้งห่างจากขอบซ้าย 50 เซนติเมตร เมื่อตำแหน่งในการตรวจสอบมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าค่าที่กำหนดแสดงว่ามียานพาหนะอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการก็จะเลือกภาพเพื่อส่งให้ขั้นตอนต่อไปทำงาน นั่นก็คือจะนำภาพที่ได้รับการเลือกไปทำการปรับปรุงเพื่อให้ภาพมีความคมชัดมากกว่ายิ่งขึ้น โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกการทำ Histogram Equalization

2.2.3 การค้นหาและดึงลักษณะสำคัญของข้อมูล

เมื่อได้ภาพที่ผ่านการปรับปรุงแล้วก็จะนำมาหาลักษณะสำคัญต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในการจำแนกประเภทของยานพหานะ โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะค้นหาลักษณะสำคัญของข้อมูล 2 ลักษณะคือ รัศมีของวงล้อและระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อหลังของยานพาหนะ รัศมีของล้อของยานพาหนะแต่ละประเภทจะมีขนาดของรัศมีวงล้อไม่เท่ากัน ดังตัวอย่างข้อมูลทางกายภาพของยานพาหนะในตารางที่ 2.1

ชนิดล้อยางของยานพาหนะ	ประเภทยานพาหนะ (ล้อ)	รัศมีของล้อยานพาหนะ (มม.)
185/60-14	4	289
185/65-15	4	311
185/70-13	4	295
205/50-17	4	318
235/75-15	4	367
7.50-16	6	403
8.25-16	6	430
10.00-20	10	525
11.00-20	มากกว่า 10	540

ตาราง 2.1 ตัวอย่างรัศมีของล้อยานพาหนะแต่ละประเภท

ระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อหลังของยานพหานะ โดยลักษณะทางกายภาพของยานพาหนะแต่ละประเภทซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันจะมีระยะห่างระหว่างล้อหน้าและล้อหลังที่แตกต่างกัน ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 2.2

เครื่องหมายการค้ายานพาหนะ	ประเภทยานพาหนะ	ระยะห่างระหว่างล้อ (มม.)
อีซูซุ DECA 320TC	มากกว่า 10 ล้อ	3285
ฟอร์ด Escape	4ล้อ	2620
อีซูซุ D-MAX	4ล้อ	3050
เชฟโรเลต ซาฟีร่า	4ล้อ	2694
อีซูซุ NPR71LY52	6ล้อ	3365
อีซูซุ NPR71PY52	6ล้อ	3815
อีซูซุ DECA FXZ/270	10ล้อ	4135

ตาราง 2.2 ตัวอย่างระยะห่างระหว่างล้อของยานพาหนะแต่ละประเภท

การตรวจหาวงล้อของยานพาหนะจะใช้เทคนิคการแปลงฮัฟ ในการตรวจหาวัตถุลักษณะวงกลมในภาพซึ่งเป็นลักษณะวงล้อของยานพาหนะ โดยจะกำหนดบริเวณพื้นที่หาลักษณะวงกลมเพื่อลดเวลาการตรวจสอบ เมื่อได้ตำแหน่งจุดศูนย์ของวงล้อก็จะหารัศมีของวงล้อและระยะห่างวงล้อหน้าและล้อหลัง

2.2.4 การจำแนกประเภทยานพาหนะ

การจำแนกประเภทยานพาหนะเริ่มด้วยการแบ่งกลุ่มข้อมูลตัวอย่างของยานพาหนะแต่ละประเภท แล้วจึงนำข้อมูลของแต่ละกลุ่มในของยานพาหนะแต่ละประเภทมาทำการการสร้างกฎโดยวิธีการของการโปรแกรมตรรกะ เพื่อใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะ

ในการทดลองในช่วงแรกได้ใช้ภาพที่ได้จากการจับภาพด้วยมือแล้วนำภาพที่ได้ ทำการทดลองในขั้นตอนปรับปรุงภาพจนถึงขั้นตอนการจำแนกประเภทของยานพาหนะ และในช่วงที่สองได้ใช้การให้ข้อมูลภาพที่ได้บันทึกไว้เข้าทางอุปกรณ์รับข้อมูลแล้วทำการจับภาพอัตโนมัติจนถึงขั้นตอนการจำแนกประเภทยานพาหนะ

2.2.5 สรุปขั้นตอนการทดลอง

1. เก็บภาพยานพาหนะที่ด่านจังโหลน โดยติดตั้งกล้องวีดิทัศน์ ดังรูปที่ 2.13
2. เชื่อต่อกล้องวีดีทัศน์เข้ากับคอมพิวเตอร์โดยผ่าน USB พอร์ต
3. คัดเลือกตัวอย่างภาพยานพาหนะ หาระยะห่างระหว่างล้อและรัศมีวงล้อ
4. แบ่งกลุ่มตัวอย่างด้วยฟัซซี่เคมีน
5. ทำการการสร้างกฎโดยวิธีการของการโปรแกรมตรรกะ เพื่อใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะ
6. นำข้อมูลมาทดลองจำแนกประเภทยานพาหนะ

2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ Pentium 4 3.2 GHz, RAM 1GB
2. กล้องถ่ายวีดีทัศน์ SONY HANDYCAM DCR HC32E
3. โปรแกรม Microsoft Visual C++6.0
4. โปรแกรม Microsoft Vision SDK