บทที่ 3

ผลการวิจัย (Result of Research)

ในงานวิจัยนี้ใช้ภาพจากวีดีทัศน์ที่บันทึกเทปไว้ โดยใช้กล้องถ่ายวีดีทัศน์ SONY HANDYCAM DCR HC32E บันทึกเทปภาพยานพาหนะที่ผ่านด่านตรวจ บ้านจังโหลน อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา เป็นข้อมูลในการทดลอง ในการทดลองได้ Playback SONY HANDYCAM DCR HC32E แล้วทำการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ เมื่อคอมพิวเตอร์ได้รับภาพยานพาหนะแล้วก็จะทำการจำแนกประเภทของยานพาหนะ โดยข้อมูลที่นำมาพิจารณาในการจำแนกประเภทของยานพาหนะ คือ รัศมีของวงล้อและระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อหลังของยานพาหนะ ในการทดลองนี้ได้แบ่งผลการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.1 ผลการรับภาพยานพาหนะจากหน่วยรับภาพ

ในการทดลองเริ่มต้นจะกำหนดภาพที่ไม่มียานพาหนะเป็นภาพเริ่มต้น เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหาภาพที่มีภาพยานพาหนะปรากฏอยู่ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังภาพที่ 3.1 และกำหนดเส้นตรวจสอบตำแหน่งยานพาหนะเป็นเส้นแนวตั้งห่างจากขอบซ้าย 50 เซนติเมตร ดังในภาพที่ 3.1 จะเป็นเส้นสีขาวทางด้านซ้ายของภาพ เมื่อค่าในตำแหน่งเส้นสีขาวมีการเปลี่ยนแปลงเกินค่าที่กำหนดแสดงว่ามียานพาหนะอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการของภาพ

ภาพที่ 3.1 ภาพเริ่มต้น (I_0) และภาพที่มียานพาหนะ (I_n)

ในการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ใช้การรับข้อมูลภาพจากการ Playback SONY HANDYCAM DCR HC32E ผ่าน Video in ports การ์ดทีวี ซึ่งจะได้ภาพที่มีความละเอียดสูงสุด 320 x 240 พิกเซล จำนวนภาพต่อเนื่องต่อวินาทีเท่ากับ 24 ภาพ ซึ่งเมื่อนำภาพไปค้นหาข้อมูลสำคัญของยานพาหนะ เช่น การตรวจสอบหาวงล้อของยานพาหนะ ผลการทดลองการค้นหาวงล้อได้ผลลัพธ์ไม่ดี เนื่องจากจำนวนพิกเซลบนเส้นรอบวงต่อหนึ่งวงล้อมีจำนวนน้อยเกินไป ทำให้ค่าของการโหวตจากการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมด้วยวิธีการแปลงฮัฟได้ผลไม่ค่อยดี ซึ่งทำให้ไม่สามารถหาล้อของยานพาหนะได้ ดังนั้นจึงได้ใช้การรับข้อมูลภาพจากการ Playback SONY HANDYCAM DCR HC32E ผ่านพอร์ต USB ของเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งได้ภาพความละเอียดสูงสุดที่ 640x480 พิกเซล จำนวนภาพต่อเนื่องต่อวินาทีเท่ากับ 24 ภาพ แต่เมื่อทำงานร่วมกับโปรแกรมทั้งหมดได้จำนวนภาพต่อเนื่องต่อวินาทีลดลง ทำให้มีผลต่อการทำงานของการทำงานเลือกภาพยานพาหนะทำได้ไม่ดี เพื่อมิให้การเลือกภาพมีผลต่อการทำงานในส่วนอื่นๆ จึงได้ใช้การเลือกจับภาพด้วยมือที่มีขนาดความละเอียด 640x480 พิกเซล เก็บไว้เป็นแฟ้มภาพเพื่อทดสอบการจำแนกประเภทของยานพาหนะ โดยมีจำนวนภาพจำนวนภาพยานพาหนะทั้งหมด 165 ภาพ แล้วใช้ข้อมูลภาพ 165 ภาพในการจำแนกประเภทยานพาหนะเพื่อมิให้การทำงานในส่วนของการเลือกภาพยานมีผลต่อการทำงานของการทดลองในส่วนอื่นๆ เมื่อได้ภาพที่มียานพาหนะแล้ว ได้ทำขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของโปรแกรม โดยวิธีที่เลือกใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ การทำ Histogram Equalization ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงภาพด้วยวิธี Histogram Equalization จะแสดงดังภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 ภาพยานพาหนะก่อน และภาพหลังการทำ Histogram Equalization

หลังจากนั้นก็จะนำภาพที่ผ่านการปรับปรุงแล้วมาแปลงภาพเป็นภาพขาวดำก่อนตรวจหาขอบภาพด้วยตัวกรองโซเบลโดยจะใช้ทั้งตามแนวตั้งและแนวนอน โดยการเปรียบเทียบค่าขนาด

(magnitude) ที่ได้กับค่าเทรชโฮลด์ สำหรับตัวกรองโซเบล (T = 7) ซึ่งแสดงในสมการที่ 3.1 สำหรับค่าเทรชโฮลด์ที่กำหนดแต่ละค่าจะมีผลต่อรายละเอียดของเส้นขอบ ซึ่งมีผลต่อการหาข้อมูลสำคัญของยานพาหนะ ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหาขอบภาพด้วยตัวกรองโซเบลจะแสดงดังภาพที่ 3.3

$$pixel(x, y) = \begin{cases} 255 & , M_{sobel} \geq T \\ 0 & , M_{sobel} < T \end{cases} \qquad (3.1)$$

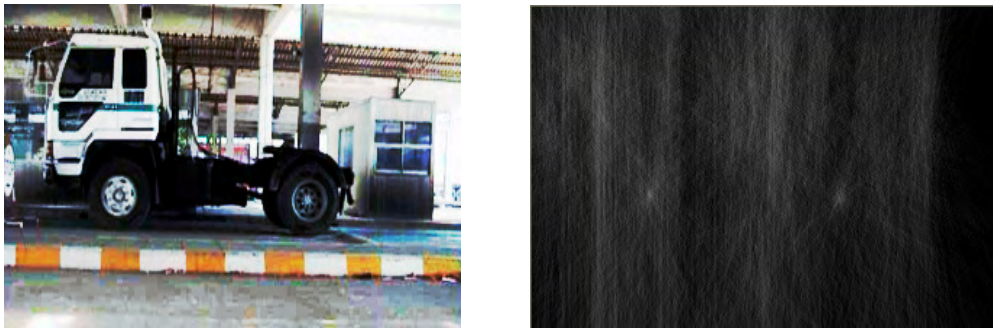
ก ค่า T = 5 ข ค่า T = 7

ค ค่า T = 9 ง ค่า T = 11

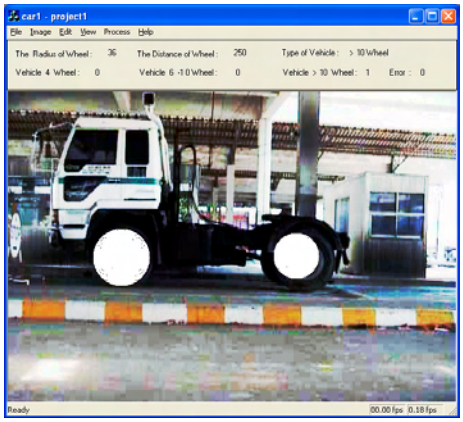
ภาพที่ 3.3 ก- ง ผลการตรวจหาขอบภาพด้วยตัวกรองโซเบล ที่ค่า T ต่างกัน

3.2 การค้นหาลักษณะสำคัญของยานพาหนะ

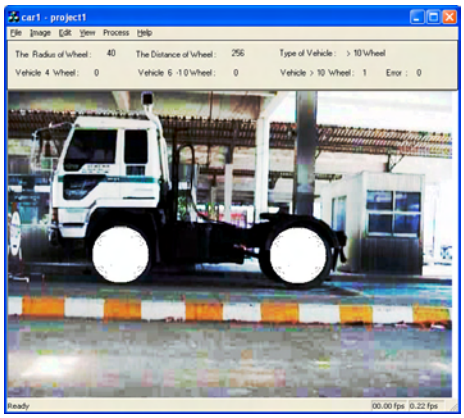
ในการค้นหาลักษณะสำคัญของยานพาหนะจะนำภาพที่ได้จากหาขอบภาพไปทำการหาวงกลมโดยวิธีการแปลงฮัฟ ซึ่งเริ่มต้นจะเป็นการหาตำแหน่งในภาพที่อาจจะเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม โดยการสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่า a และ b จากสมการวงกลม $(x-a)^2+(y-b)^2=r^2$ เพื่อทำการโหวตหาตำแหน่งที่มีความสัมพันธ์มากที่สุด โดยตารางความสัมพันธ์สามารถแสดงได้ในภาพที่ 3.4



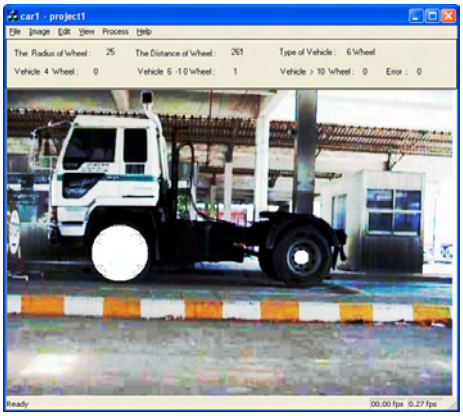
ภาพที่ 3.4 ภาพยานพาหนะและผลการโหวตหาจุดศูนย์กลางของวงล้อด้วยเทคนิคการแปลงฮัฟ

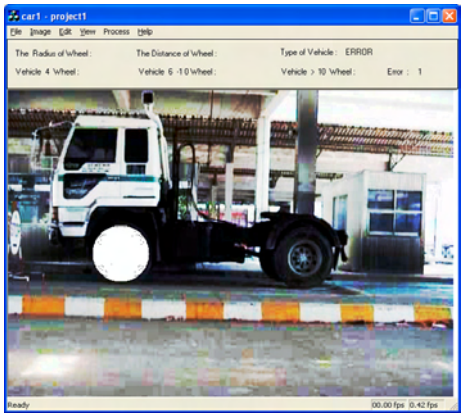


ก ค่า T = 5



ข ค่า T = 7





ค ค่า T = 9 ง ค่า T = 11

ภาพที่ 3.5 ก- ง ผลการทดลองการตรวจหาวงล้อยานพาหนะ ที่มีค่า T ต่างกันของตัวกรองโซเบล

จากการทดลองตรวจหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวงล้อยานพาหนะ ทั้งหมด 165 ภาพสามารถตรวจหาได้ 140 ภาพ (ร้อยละ 84.84)

เมื่อได้ตำแหน่งที่เป็นน่าจะเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมแล้ว ก็จะทำการทดสอบหารัศมีของวงกลมที่เหมาะสมเพื่อแทนเป็นวงล้อของยานพาหนะ หลังจากนั้นก็จะนำไปจำแนกประเภทยานพาหนะตามกฎของฟัซซี่ที่ได้สร้างจากข้อมูลต้นแบบ

3.3 การจัดกลุ่มและการจำแนกประเภทยานพาหนะ

ในการจำแนกประเภทยานพาหนะจะเริ่มต้นด้วยการจัดกลุ่มข้อมูลต้นแบบ โดยได้นำภาพยานพาหนะจำนวน 38 ภาพ (ภาพยานพาหนะ 4 ล้อ จำนวน 22 ภาพ , ภาพยานพาหนะ 6-10 ล้อ จำนวน 4 ภาพ ,ภาพยานพาหนะมากกว่า 10 ล้อ จำนวน 12 ภาพ) มาเป็นข้อมูลต้นแบบในการจำแนกประเภทข้อมูล ดูรายละเอียดข้อมูลได้ดังตารางที่ 3.1

ตาราง 3.1 ข้อมูลภาพยานพาหนะที่ใช้จัดกลุ่มข้อมูลต้นแบบ

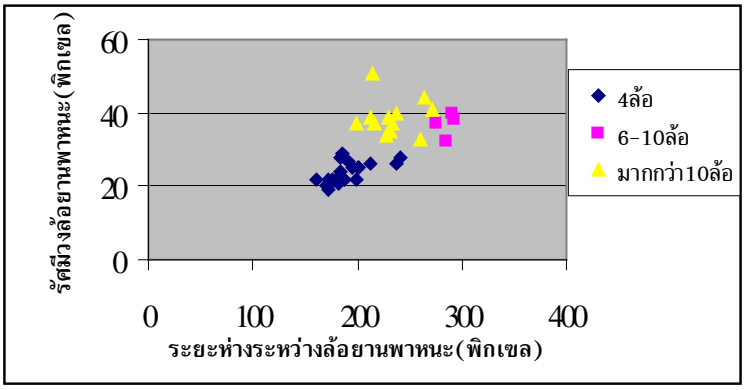
ลำดับที่	ระยะห่างระหว่างล้อ พิกเซล	รัศมีวงล้อ พิกเซล	ประเภทยานพาหนะ

1	241	28	4 ล้อ
2	238	26	4 ล้อ
3	186	22	4 ล้อ
4	199	22	4 ล้อ
5	200	25	4 ล้อ
6	173	22	4 ล้อ
7	183	24	4 ล้อ
8	172	19	4 ล้อ
9	181	21	4 ล้อ
10	187	22	4 ล้อ
11	174	21	4 ล้อ
12	195	25	4 ล้อ
13	213	26	4 ล้อ
14	188	22	4 ล้อ
15	176	22	4 ล้อ
16	170	20	4 ล้อ

ตาราง 3.1 (ต่อ)

ลำดับที่	ระยะห่างระหว่างล้อพิกเซล	รัศมีวงล้อพิกเซล	ประเภทยานพาหนะ
17	161	22	4 ล้อ
18	179	22	4 ล้อ
19	183	28	4 ล้อ
20	185	29	4 ล้อ
21	201	25	4 ล้อ
22	192	27	4 ล้อ
23	191	40	6-10 ล้อ
24	285	32	6-10 ล้อ
25	292	38	6-10 ล้อ
26	276	37	6-10 ล้อ

27	264	44	มากกว่า 10 ล้อ
28	271	41	มากกว่า 10 ล้อ
29	238	40	มากกว่า 10 ล้อ
30	228	34	มากกว่า 10 ล้อ
31	215	51	มากกว่า 10 ล้อ
32	199	37	มากกว่า 10 ล้อ
33	217	37	มากกว่า 10 ล้อ
34	212	39	มากกว่า 10 ล้อ
35	233	37	มากกว่า 10 ล้อ
36	231	35	มากกว่า 10 ล้อ
37	230	39	มากกว่า 10 ล้อ
38	216	33	มากกว่า 10 ล้อ



ภาพที่ 3.6 ข้อมูลต้นแบบในการสร้างกฎของฟัซซี่ในการจำแนกประเภทยานพาหนะ

นำข้อมูลรัศมีของวงล้อและระยะห่างระหว่างล้อของยานพาหนะในภาพต้นแบบมาทำการสร้างกฎของฟัซซี่ ด้วยการจัดกลุ่มแบบฟัซซี่เคมีนซึ่งกล่าวในหัวข้อ 2.1.7 โดยจากการแบ่งกลุ่มของข้อมูลต้นแบบของยานพาหนะประเภท 4 ล้อ 6-10 ล้อ และมากกว่า 10 ล้อ มีวิธีการแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

3.3.1 การแบ่งกลุ่มข้อมูลยานพาหนะประเภท 4 ล้อ

เริ่มจากการแบ่งกลุ่มยานพาหนะประเภท 4 ล้อ เริ่มด้วยแบ่งออกเป็น 1 กลุ่ม แล้วหาจุดศูนย์กลางของกลุ่มและขอบเขตของกลุ่ม (รัศมีกลุ่ม)

จุดศูนย์กลางของกลุ่ม = ค่าเฉลี่ยของรัศมีวงล้อ และค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างล้อ
= 23.63 พิกเซล และ 189.86 พิกเซล

ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมีกลุ่ม) = ค่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของกลุ่มของสมาชิกในกลุ่มตัวที่มีค่ามากที่สุด

ตัวอย่าง การหาค่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของกลุ่มของสมาชิกที่มีค่ารัศมีวงล้อเท่ากับ 28 พิกเซล และระยะห่างระหว่างล้อเท่ากับ 241 พิกเซล

$$= \sqrt{(28-23.63)^2 + (241-189.68)^2}$$
$$= 51.32 \text{ พิกเซล}$$

คำนวณหาค่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของกลุ่มของสมาชิกทุกตัว แล้วจึงใช้ค่ามากที่สุดเป็นขอบเขตของกลุ่ม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 51.32 พิกเซล หลังจากนั้นทำการคำนวณหาค่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของกลุ่ม กับสมาชิกในประเภทอื่นๆทุกตัว ถ้ามีค่าน้อยกว่า 51.32 พิกเซล แสดงว่าการแบ่งกลุ่มกลุ่มนี้ใช้ไม่ได้ จากการคำนวณ มีระยะห่างของสมาชิกในประเภทมากกว่า 10 ล้อ 8 ตัวน้อยกว่า 51.32 พิกเซล ต้องทำการแบ่งกลุ่มเพิ่มออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้การจัดสมาชิกเข้ากลุ่มแบบเคมีน ดังภาพที่ 2.9

ผลการคำนวณจะได้ว่า

จุดศูนย์กลางในกลุ่มที่ 1 = (239,27)
ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมี) กลุ่มที่ 1 = 2.23 พิกเซล

เมื่อตรวจสอบกับสมาชิกในประเภทอื่น ไม่มีสมาชิกตัวใดมีระยะห่างจากจุดศูนย์ของกลุ่มน้อยกว่าหรือเท่ากับขอบเขตของกลุ่ม

จุดศูนย์กลางในกลุ่มที่ 2 = (185,23)
ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมี) กลุ่มที่ 2 = 28 พิกเซล

เมื่อตรวจสอบกับสมาชิกในประเภทอื่น มีสมาชิก 1 ตัว มีระยะห่างจากจุดศูนย์ของกลุ่มน้อยกว่าขอบเขตของกลุ่ม ทำการแบ่งกลุ่มเพิ่มเฉพาะสมาชิกข้อมูลในกลุ่มที่ 2 คือแบ่งกลุ่มสมาชิกในกลุ่มที่ 2 ออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้การจัดสมาชิกเข้ากลุ่มแบบเคมีน

ผลการคำนวณจะได้ว่า

จุดศูนย์กลางในกลุ่มที่ 1 = (178,22)
ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมี) กลุ่มที่ 1 = 17
เมื่อตรวจสอบกับสมาชิกในประเภทอื่น ไม่มีสมาชิกตัวใดมีระยะห่างจากจุดศูนย์ของกลุ่มน้อยกว่าหรือเท่ากับขอบเขตของกลุ่ม

จุดศูนย์กลางในกลุ่มที่ 2 = (200,25)
ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมี) กลุ่มที่ 2 = 13

เมื่อตรวจสอบกับสมาชิกในประเภทอื่น มีสมาชิก 1 ตัว มีระยะห่างจากจุดศูนย์ของกลุ่มน้อยกว่าขอบเขตของกลุ่ม ทำการแบ่งกลุ่มเพิ่มเฉพาะข้อมูลในกลุ่มที่ 2 คือแบ่งกลุ่มสมาชิกในกลุ่มที่ 2 ออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้การจัดสมาชิกเข้ากลุ่มแบบเคมีน

ผลการคำนวณจะได้ว่า

จุดศูนย์กลางในกลุ่มที่ 1 = (195,24)
ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมี) กลุ่มที่ 1 = 4.4

เมื่อตรวจสอบกับสมาชิกในประเภทอื่น ไม่มีสมาชิกตัวใดมีระยะห่างจากจุดศูนย์ของกลุ่มน้อยกว่าหรือเท่ากับขอบเขตของกลุ่ม

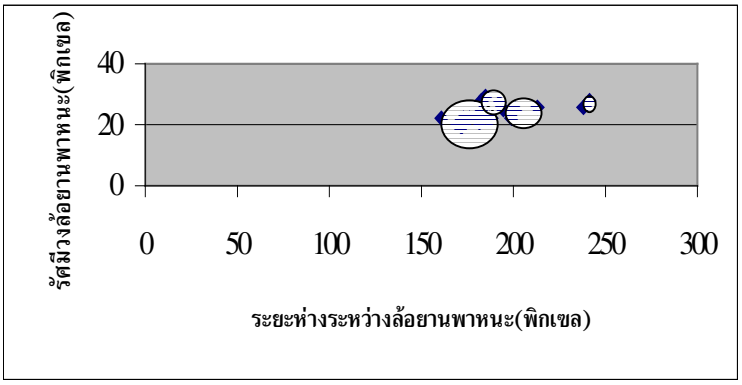
จุดศูนย์กลางในกลุ่มที่ 2 = (204,25)

ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมี) กลุ่มที่ 2 = 9

เมื่อตรวจสอบกับสมาชิกในประเภทอื่น ไม่มีสมาชิกตัวใดมีระยะห่างจากจุดศูนย์ของกลุ่มน้อยกว่าหรือเท่ากับขอบเขตของกลุ่ม

ตาราง 3.2 สรุปผลการแบ่งกลุ่มข้อมูลต้นแบบของยานพาหนะประเภท 4 ล้อ

กลุ่ม	ขอบเขตของรัศมีกลุ่ม(พิกเซล)	ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของกลุ่ม (x,y)
1	2.23	(239,27)
2	17	(178,22)
3	4.4	(195,24)
4	9	(204,25)



ภาพที่ 3.7 ข้อมูลการแบ่งกลุ่มข้อมูลต้นแบบของยานพาหนะประเภท 4 ล้อ

3.3.2 การแบ่งกลุ่มข้อมูลยานพาหนะประเภท 6-10 ล้อ

เริ่มจากแบ่งกลุ่มยานพาหนะประเภท 6-10 ล้อ ออกเป็น 1 กลุ่ม แล้วหาจุดศูนย์กลางของกลุ่ม และขอบเขตของกลุ่ม (รัศมีกลุ่ม)

จุดศูนย์กลางของกลุ่ม = ค่าเฉลี่ยของรัศมีวงล้อ และระยะห่างระหว่างล้อ

= 36 พิกเซล และ 286 พิกเซล

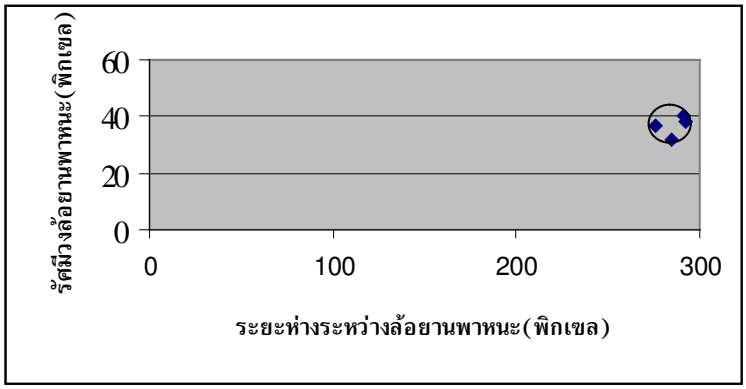
ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมีกลุ่ม) = ค่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของกลุ่ม ของสมาชิกในกลุ่มตัวที่มีค่ามากที่สุด

= 10 พิกเซล

เมื่อตรวจสอบกับสมาชิกในประเภทอื่น ไม่มีสมาชิกตัวใดมีระยะห่างจากจุดศูนย์ของกลุ่มน้อยกว่าหรือเท่ากับขอบเขตของกลุ่ม

ตาราง 3.3 สรุปผลการแบ่งกลุ่มข้อมูลต้นแบบของยานพาหนะประเภท 6-10 ล้อ

กลุ่ม	ขอบเขตของรัศมีกลุ่ม(พิกเซล)	ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของกลุ่ม
1	10.0	(286,36)



ภาพที่ 3.8 ข้อมูลการแบ่งกลุ่มข้อมูลต้นแบบของยานพาหนะประเภท 6-10 ล้อ

3.3.3 การแบ่งกลุ่มข้อมูลยานพาหนะมากกว่า10 ล้อ

เริ่มจากแบ่งกลุ่มยานพาหนะประเภท ล้อ ออกเป็น 1 กลุ่ม แล้วหาจุดศูนย์กลางของกลุ่มและขอบเขตของกลุ่ม (รัศมีกลุ่ม)

จุดศูนย์กลางของกลุ่ม = ค่าเฉลี่ยของรัศมีวงล้อ และระยะห่างระหว่างล้อ
= 38.9 พิกเซล และ 230 พิกเซล

ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมีกลุ่ม) = ค่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของกลุ่มของสมาชิกในกลุ่มตัวที่มีค่ามากที่สุด
= 38 พิกเซล

เมื่อตรวจสอบกับสมาชิกในประเภทอื่น มีสมาชิกประเภทอื่น 5 ตัว มีระยะห่างจากจุดศูนย์ของกลุ่มน้อยกว่าขอบเขตของกลุ่ม ทำการแบ่งกลุ่มเพิ่มเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้การจัดสมาชิกเข้ากลุ่มแบบเคมีน

ผลการคำนวณ

จุดศูนย์กลางในกลุ่มที่ 1 = (178,22)

ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมี) กลุ่มที่ 1 = 17

เมื่อตรวจสอบกับสมาชิกในประเภทอื่น ไม่มีสมาชิกตัวใดมีระยะห่างจากจุดศูนย์ของกลุ่มน้อยกว่าหรือเท่ากับขอบเขตของกลุ่ม

จุดศูนย์กลางในกลุ่มที่ 2 = (200,25)

ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมี) กลุ่มที่ 2 = 13

เมื่อตรวจสอบกับสมาชิกในประเภทอื่น มีสมาชิก 1 ตัว มีระยะห่างจากจุดศูนย์ของกลุ่มน้อยกว่าขอบเขตของกลุ่ม ทำการแบ่งกลุ่มเพิ่มเฉพาะข้อมูลในกลุ่มที่ 2 คือแบ่งกลุ่มสมาชิกในกลุ่มที่ 2 ออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้การจัดสมาชิกเข้ากลุ่มแบบเคมีน

ผลการคำนวณ

จุดศูนย์กลางในกลุ่มที่ 1 = (195,24)

ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมี) กลุ่มที่ 1 = 4.4

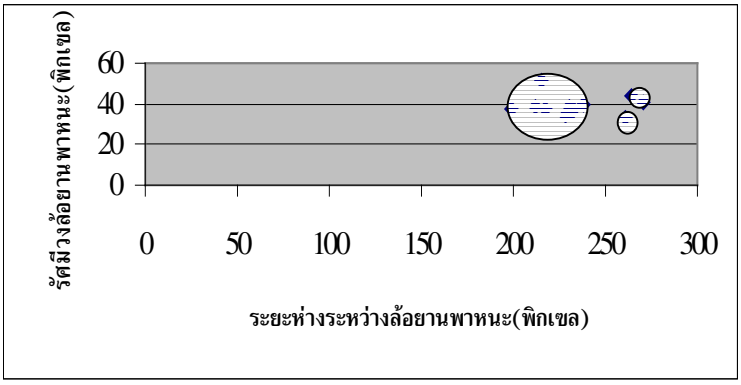
เมื่อตรวจสอบกับสมาชิกในประเภทอื่น ไม่มีสมาชิกตัวใดมีระยะห่างจากจุดศูนย์ของกลุ่มน้อยกว่าหรือเท่ากับขอบเขตของกลุ่ม

จุดศูนย์กลางในกลุ่มที่ 2 = (204,25)
ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมี) กลุ่มที่ 2 = 9

เมื่อตรวจสอบกับสมาชิกในประเภทอื่น ไม่มีสมาชิกตัวใดมีระยะห่างจากจุดศูนย์ของกลุ่มน้อยกว่าหรือเท่ากับขอบเขตของกลุ่ม

ตาราง 3.4 สรุปผลการแบ่งกลุ่มข้อมูลต้นแบบของยานพาหนะประเภทมากกว่า 10 ล้อ

กลุ่ม	ขอบเขตของกลุ่ม (รัศมี)	จุดศูนย์กลางของกลุ่ม
1	4.12	(267,42)
2	6.70	(232,37)
3	12.64	(211,39)



ภาพที่ 3.9 ข้อมูลการแบ่งกลุ่มข้อมูลต้นแบบของยานพาหนะประเภทมากกว่า 10 ล้อ

จากการแบ่งกลุ่มข้อมูลของยานพาหนะทั้งสามประเภทจึงสามารถนำไปสร้างเป็นกฎของฟัซซี่ได้ทั้งหมด 8 ข้อ เพื่อนำไปใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะ

ตัวอย่าง การจำแนกประเภทยานพาหนะโดยใช้ภาพ car13 (ภาคผนวก ก) เป็นภาพทดสอบ จากโปรแกรมหาระยะห่างระหว่างล้อและรัศมีของล้อยานพาหนะเท่ากับ 219 พิกเซล และ 34 พิกเซล ตามลำดับ ก็จะทำการคำนวณค่า A_{lk} เพื่อหาค่าความเป็นสมาชิกตามกฎของฟัซซี่ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังนี้

จากสมการที่ 2.15

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

ประเภทยานพาหนะ 4 ล้อ กลุ่ม 1

$$A_{lk} = \exp\left(\frac{-\left(\sqrt{(219-239)^2 + (34-27)^2}\right)^2}{(2x2.23)^2}\right.$$

ค่าความเป็นสมาชิกกลุ่ม = 0.000000

ประเภทยานพาหนะ 4 ล้อ กลุ่ม 2

$$A_{lk} = \exp\left(\frac{-\left(\sqrt{(219-178)^2 + (34-22)^2}\right)^2}{(2x17)^2}\right.$$

ค่าความเป็นสมาชิกกลุ่ม = 0.206239

ประเภทยานพาหนะ 4 ล้อ กลุ่ม 3

$$A_{lk} = \exp\left(\frac{-\left(\sqrt{(219-195)^2 + (34-24)^2}\right)^2}{(2x4.4)^2}\right.$$

ค่าความเป็นสมาชิกกลุ่ม = 0.000212

ประเภทยานพาหนะ 4 ล้อ กลุ่ม 4

$$A_{lk} = \exp(\frac{-\left(\sqrt{(219-204)^2+(34-25)^2}\right)^2}{(2x9)^2}$$

ค่าความเป็นสมาชิกกลุ่ม = 0.392964

ประเภทยานพาหนะ 6-10 ล้อ กลุ่ม 1

$$A_{lk} = \exp(\frac{-\left(\sqrt{(219-286)^2+(34-36)^2}\right)^2}{(2x10)^2}$$

ค่าความเป็นสมาชิกกลุ่ม = 0.000013

ประเภทยานพาหนะมากกว่า 10 ล้อ กลุ่ม 1

$$A_{lk} = \exp(\frac{-\left(\sqrt{(219-267)^2+(34-42)^2}\right)^2}{(2x4.12)^2}$$

ค่าความเป็นสมาชิกกลุ่ม = 0.000000

ประเภทยานพาหนะมากกว่า 10 ล้อ กลุ่ม 2

$$A_{lk} = \exp(\frac{-\left(\sqrt{(219-232)^2+(34-37)^2}\right)^2}{(2x6.70)^2}$$

ค่าความเป็นสมาชิกกลุ่ม = 0.371089

ประเภทยานพาหนะมากกว่า 10 ล้อ กลุ่ม 3

$$A_{lk} = \exp(\frac{-\left(\sqrt{(219-211)^2+(34-39)^2}\right)^2}{(2x12.64)^2}$$

ค่าความเป็นสมาชิกกลุ่ม = 0.869999

ตาราง 3.5 สรุปค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลระยะห่างระหว่างล้อและรัศมีของล้อ

ประเภทยานพาหนะ กลุ่ม	รัศมีกลุ่ม (พิกเซล)	พิกัดศูนย์กลางกลุ่ม (x,y)	ค่าความเป็นสมาชิกกลุ่ม
4 ล้อ กลุ่ม 1	2.23	(239,27)	0.000000
4 ล้อ กลุ่ม 2	17.00	(178,22)	0.206239
4 ล้อ กลุ่ม 3	4.47	(195,24)	0.000212
4 ล้อ กลุ่ม 4	9.05	(204,25)	0.392964
6-10 ล้อ กลุ่ม 1	10.00	(286,36)	0.000013
มากกว่า10 ล้อ กลุ่ม 1	4.12	(267,42)	0.000000
มากกว่า10 ล้อ กลุ่ม 2	6.70	(232,37)	0.371089
มากกว่า10 ล้อ กลุ่ม 3	12.64	(211,39)	0.869999

จากข้อมูลค่าความเป็นสมาชิกจะเห็นว่าข้อมูลระยะห่างระหว่างล้อและรัศมีของล้อมีค่าความเป็นสมาชิกของกลุ่มที่ 3 ของยานพาหนะประเภท มากกว่า 10 ล้อ มากที่สุด 0.869999 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภาพยานพาหนะที่มีระยะห่างระหว่างล้อและรัศมีของล้อเท่ากับ 219 พิกเซล และ 34 พิกเซล เป็นภาพยานพาหนะประเภท มากกว่า 10 ล้อ

3.4 ผลการทดลองโปรแกรม

3.4.1 เวลาในการประมวลผลของส่วนต่างของระบบ

โปรแกรมจำแนกประเภทยานพาหนะมี การทำงานย่อยหลายส่วน ซึ่งแต่ละส่วนใช้เวลาไม่เท่ากัน ในการทดลองได้ใช้ภาพที่มีลักษณะต่างกัน 3 ภาพเป็นข้อมูลในการทดลอง โดยใช้ภาพ car2 car10 และ car24 ในการทดลอง แสดงในภาพที่ 3.10

ก ข ค

ภาพที่ 3.10 ก. ภาพ car2 ข. ภาพ car10 ค. ภาพ car24

ผลการทดลองได้แบ่งส่วนย่อยออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งเวลาที่ใช้ในแต่ละส่วนแสดงในตารางที่ 3.6

ตาราง 3.6 ผลการทดลองการใช้เวลาการทำงานของหน่วยการทำงานต่าง ๆ

หน่วยการทำงาน	ภาพ car2 ใช้เวลา(วินาที)	ภาพ car10 ใช้เวลา(วินาที)	ภาพ car24 ใช้เวลา(วินาที)
Image Modification	0.13	0.13	0.13
Edge Detection	0.68	0.80	0.73
Circle Detection	0.05	0.11	0.05
Classification	0.02	0.01	0.01
เวลารวม	0.88	1.05	0.92

จากผลการทดลองในตารางที่ 3.6 แต่ละภาพใช้เวลาไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับความละเอียดของลายเส้นในการหาเส้นขอบ ถ้ามีรายละเอียดมากก็จะใช้เวลามาก สำหรับในส่วนอื่นๆ จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ในการจำแนกประเภทยานพาหนะที่เคลื่อนที่จะใช้ภาพที่ต่อเนื่องกัน 5 ภาพ ดังนั้น เวลาที่ใช้ในการประมวลผลน้อยที่สุดคือ การประมวลผลภาพ 1 ภาพของภาพ Car2 มีค่าเท่ากับ 0.88 วินาที และเวลาในการประมวลผลมากที่สุดคือ การประมวลผลภาพ Car10 จำนวน 5 ภาพ มีค่าเท่ากับ 5.25 วินาที สรุปเวลาที่ใช้ในการประมวลผลจะอยู่ในช่วง 0.88 วินาที ถึง 5.25 วินาที
และในส่วนของ Edge Detection ใช้เวลามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่นๆ

3.4.2 ผลการทดลองการจำแนกประเภทยานพาหนะจากแฟ้มภาพ 165 ภาพ

ในการทดลองการจำแนกภาพยานพาหนะโดยใช้แฟ้มภาพยานพาหนะ ใช้แฟ้มภาพที่มีขนาดภาพ 640 x 480 พิกเซล จำนวน 165 ภาพ เป็นข้อมูลในการทดลอง สามารถตรวจหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของวงล้อและรัศมีของวงล้อได้ถูกต้อง 140 ภาพ หรือร้อยละ 84.84 และ จากภาพ 140 ภาพสามารถจำแนกประเภทถูกต้อง 140 ภาพ หรือร้อยละ 100 ดูผลการทดลองได้จากภาคผนวก ก

3.4.3 ผลการทดลองในลักษณะยานพาหนะเคลื่อนที่

สำหรับผลการทดลองในลักษณะยานพาหนะเคลื่อนที่ ใช้ข้อมูลที่ได้บันทึกเทปชนิด MiniDV ไว้เป็นข้อมูลนำเข้า โดยใช้สาย USB ในการเชื่อมต่อกล้องวีดีทัศน์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถจำแนกประเภทยานพาหนะได้ถูกต้อง 135 คัน หรือร้อยละ 81.81 จากจำนวนยานพาหนะที่เคลื่อนที่ทั้งหมด 165 คัน ในการทดลองได้ใช้ภาพวีดีทัศน์ที่ได้บันทึกไว้เป็นข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลเดียวกับภาพยานพาหนะ ที่ได้ทดลองในลักษณะแฟ้มภาพ