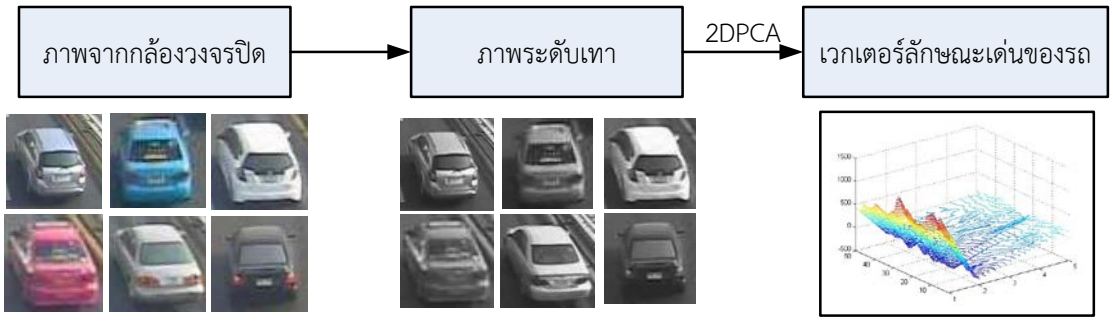
บทที่ 3
ระบบการตรวจจับรถบนถนนจากภาพ

3.1 กล่าวนำ

สำหรับในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการตรวจจับรถบนถนนจากภาพโดยใช้ภาพที่ได้จากกล้องวงจรปิด โดยได้แบ่งระบบออกเป็น 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนในการสร้างสมมติฐานว่าเป็นรถ และขั้นตอนในการพิสูจน์ว่าเป็นรถ โดยในขั้นตอนการสร้างสมมติฐานว่าเป็นรถได้ใช้วิธีการดึงลักษณะเด่นของรถจากภาพด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักสองมิติ หรือ 2DPCA เพื่อดึงลักษณะเด่นของรถจากภาพระดับเทา (gray scale image) และขั้นตอนในการพิสูจน์ว่าเป็นรถเป็นขั้นตอนในการตรวจจับรถจากภาพ ได้ใช้ทฤษฎีเรโซแนนซ์แบบปรับตัวได้แบบฟัซซี่ หรือ Fuzzy ART ร่วมกับการค้นหาแบบจีนเนติก หรือ GA เพื่อหาจุดที่เป็นรถจากภาพ สำหรับรายละเอียดของระบบแสดงในหัวข้อต่อไป

3.2 การดึงลักษณะเด่นของรถจากภาพ

ในขั้นตอนนี้ระบบใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักในการดึงลักษณะเด่นรถจากภาพระดับเทา โดยนำภาพจากกล้องวงจรปิดมาแปลงให้เป็นภาพระดับเทา แล้วใช้ 2DPCA ในการดึงลักษณะเด่นของรถจากภาพระดับเทา ดังแสดงในรูปที่ 3.1

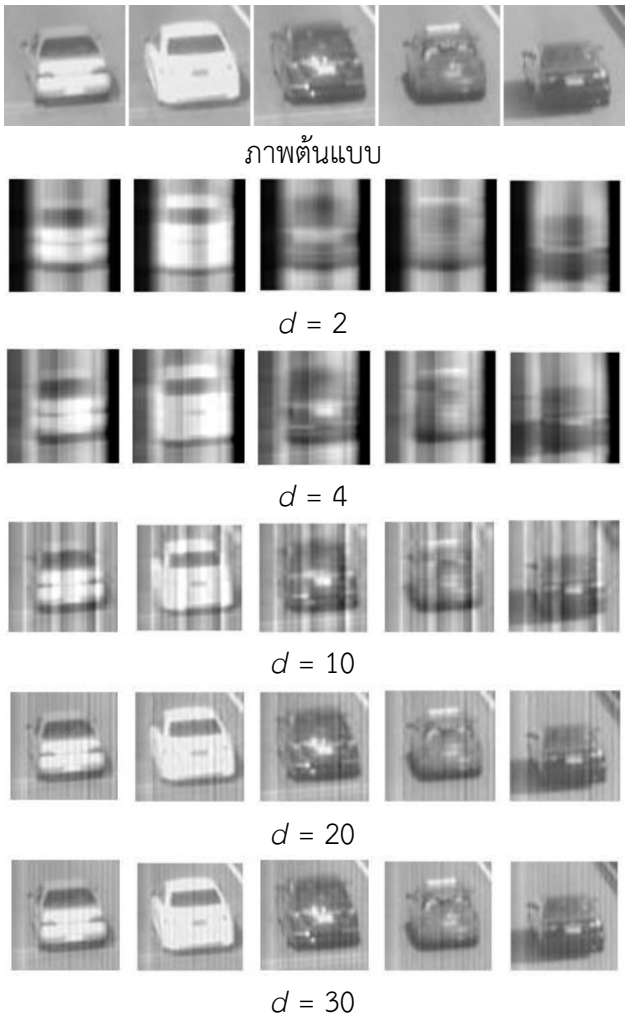


รูปที่ 3.1 ระบบการดึงลักษณะเด่นของรถจากภาพ

ซึ่งระบบจะต้องมีการฝึกสอนก่อน โดยใช้ 2DPCA ในการดึงลักษณะเด่นรถจากภาพระดับเทา โดยมีขั้นตอนดังนี้ เวกเตอร์การฉายที่เหมาะสมที่สุด $\mathbf{X}_1, \ldots, \mathbf{X}_d$ ถูกนำมาใช้ในการสร้างเวกเตอร์การฉายลักษณะเด่น (projected feature vectors) $\mathbf{Y}_1, \ldots, \mathbf{Y}_d$ สำหรับภาพตัวอย่าง $\mathbf{A}$ ได้ค่าดังสมการต่อไปนี้

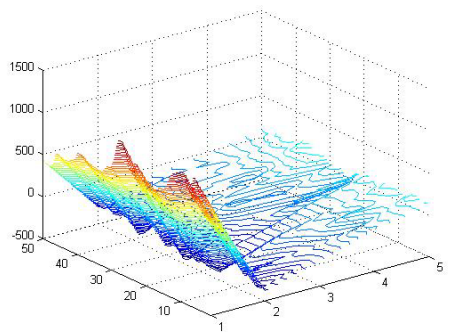
$$\mathbf{Y}_k = \mathbf{A}\mathbf{X}_k \ , k = 1, 2, \cdots, d \tag{3.1}$$

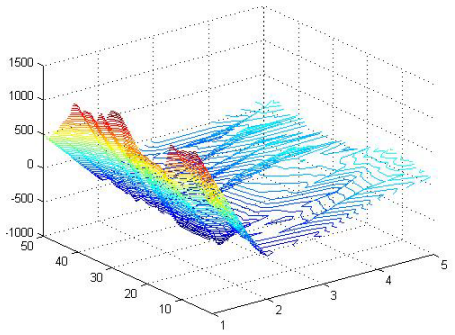
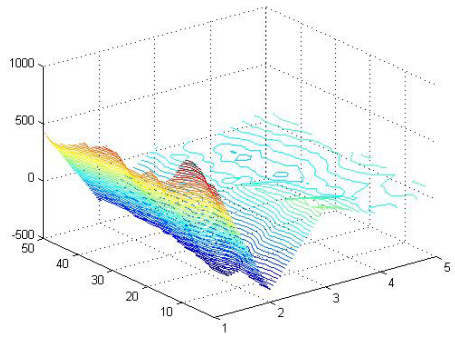
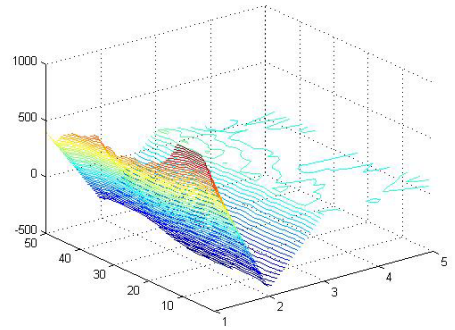
โดยที่จำนวนของเวกเตอร์ลักษณะเด่น (d) นี้มีความสัมพันธ์กับความชัดเจนของการสร้างภาพขึ้นมาใหม่ กล่าวคือ ยิ่งจำนวนเวกเตอร์มีมากยิ่งทำให้ความชัดเจนของการสร้างภาพขึ้นมาใหม่มากขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.2



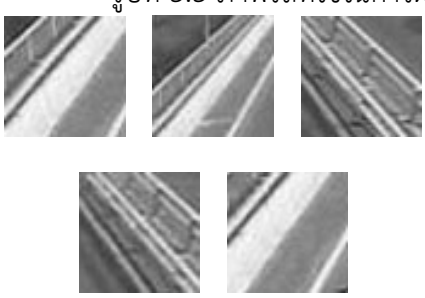
รูปที่ 3.2 การสร้างภาพขึ้นมาใหม่จากเวกเตอร์การฉายลักษณะเด่นซึ่งสัมพันธ์กับค่า d

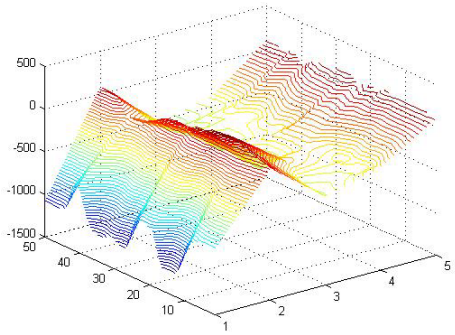
เวกเตอร์ลักษณะเด่นของภาพ Y_k ที่ได้จากการใช้ภาพตัวอย่างฝึกสอนที่เป็นภาพลักษณะเดียวกันจะมีเวกเตอร์ลักษณะเด่นร่วมกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และ 3.4

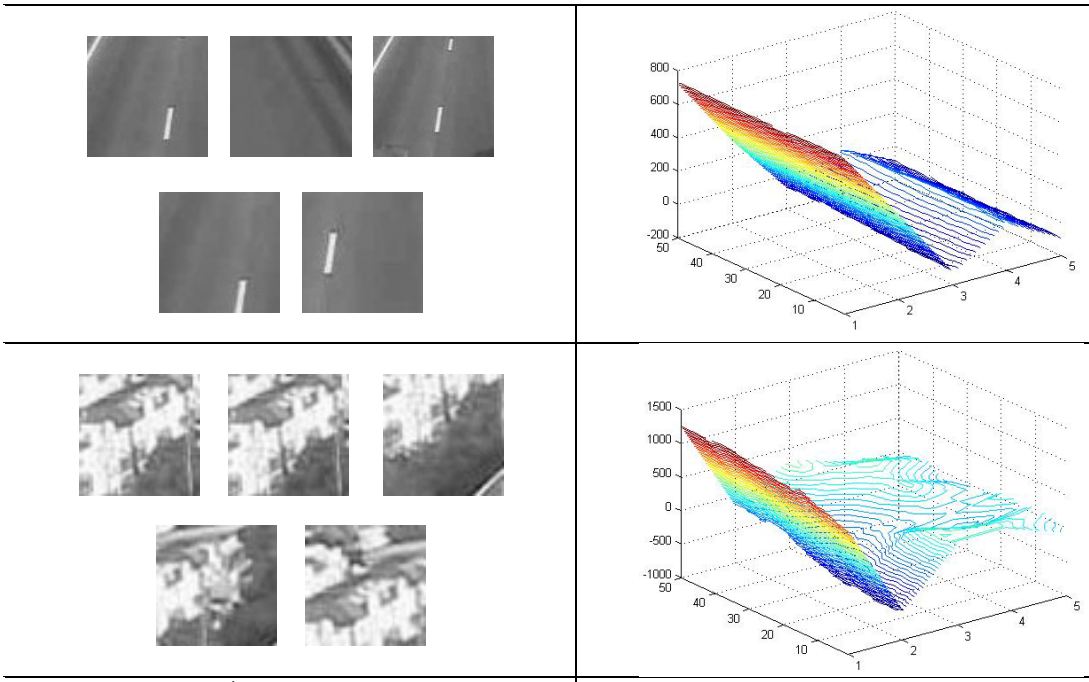


ภาพที่ใช้ฝึกสอนระบบ	เวกเตอร์ลักษณะเด่น
	
	
	

รูปที่ 3.3 ภาพรถที่ใช้ในการฝึกสอนระบบและเวกเตอร์ลักษณะเด่นที่ได้







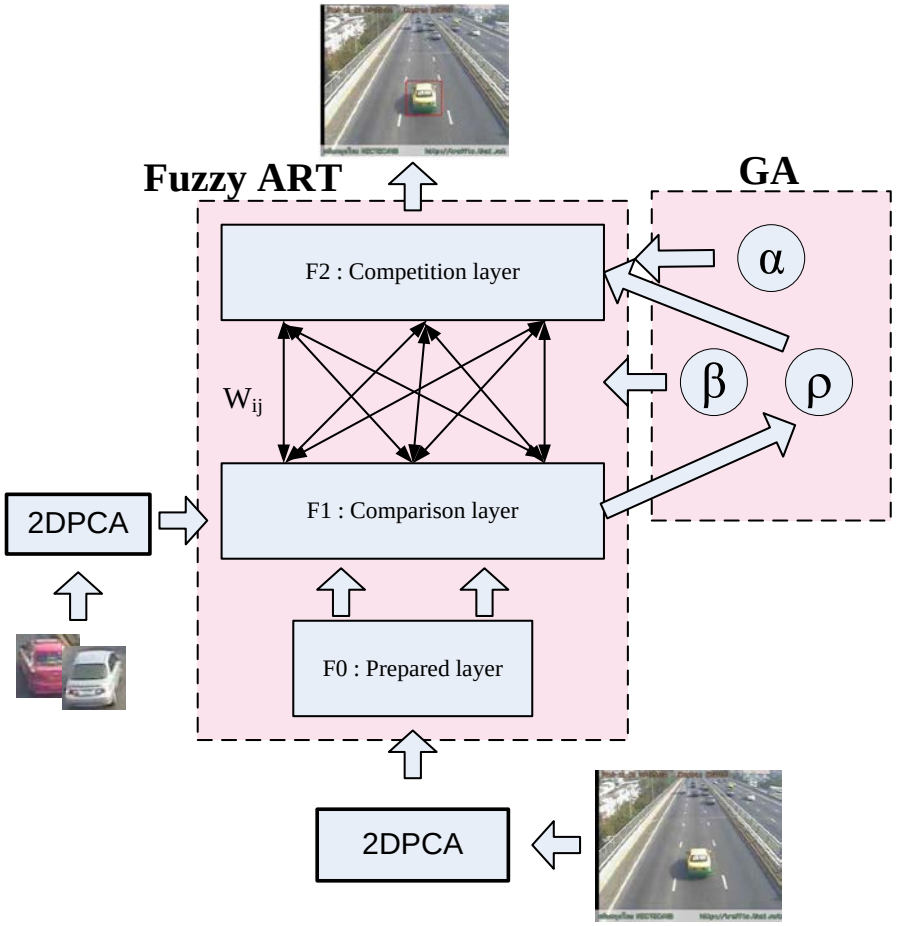
ภาพที่ใช้ฝึกสอนระบบ	เวกเตอร์ลักษณะเด่น

รูปที่ 3.4 ภาพที่ไม่ใช่รถที่ใช้ในการฝึกสอนระบบและเวกเตอร์ลักษณะเด่นที่ได้

จากรูปที่ 3.3 และ 3.4 แสดงให้เห็นว่า เวกเตอร์ลักษณะเด่นที่ได้จากการฝึกสอนระบบด้วยรูปภาพของรถ และไม่ใช่รถ มีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงสามารถนำเวกเตอร์ลักษณะเด่นที่ได้นี้มาใช้ในการตรวจจับภาพรถได้ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังหัวข้อต่อไป

3.3 การตรวจจับรถจากภาพ

ในขั้นตอนนี้ระบบได้ทำการตรวจจับรถจากภาพ หรือ การหาจุดที่เป็นรถในภาพที่ได้จากกล้องวงจรปิด สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้ Fuzzy ART ในการตรวจจับโดยใช้ GA ในการหาค่าพารามิเตอร์ของ Fuzzy ART โครงสร้างของระบบแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 โครงสร้างของระบบตรวจจับรถจากภาพ

3.3.1 การตรวจจับรถจากภาพด้วย Fuzzy ART สำหรับระบบการตรวจจับรถจากภาพได้ใช้ Fuzzy ART ในการตรวจหาตำแหน่งที่เป็นรถจากภาพอินพุต จากรูปแสดงให้เห็นว่า ระบบการตรวจจับรถจากภาพได้ใช้ค่าเวกเตอร์ลักษณะเด่นที่ได้จากการฝึกสอนระบบด้วย 2DPCA มาเป็นอินพุตให้กับชั้น F1 (comparison layer) ซึ่งเป็นชั้นสำหรับการเปรียบเทียบค่าของโครงข่าย Fuzzy ART เพื่อให้โครงข่ายปรับค่าน้ำหนักประสาทเปรียบเทียบกับรูปภาพอินพุตที่ต้องหาตำแหน่งของรถในภาพ รายละเอียดขั้นตอนของ Fuzzy ART มีรายละเอียดดังนี้

อินพุตของระบบ : โครงข่ายใช้เวกเตอร์ลักษณะเด่น Y_k เป็นอินพุตของระบบโดยแต่ละอินพุต Y เป็นเวกเตอร์มีขนาดเท่ากับ M เขียนแทนได้เป็น $(Y_1,...,Y_M)$ โดยแต่ละองค์ประกอบเป็นค่าลักษณะเด่นที่นำมาทำการปรับให้มีค่าอยู่ในช่วง [0, 1]

เวกเตอร์น้ำหนักประสาท (weight vector) : แต่ละหมวดหมู่ของเวกเตอร์ j สัมพันธ์กับเวกเตอร์น้ำหนักประสาทที่ปรับค่าได้ $\mathbf{w}_j \equiv (w_{j1},...,w_{jM})$ โดยที่ $j = 1,...,N$ กำหนดค่าเริ่มต้นของเวกเตอร์น้ำหนักประสาทให้มีค่าเท่ากับ 1 ดังสมการที่ 3.2

$$w_{j1} = ... = w_{jM} = 1 \tag{3.2}$$

พารามิเตอร์ : พลวัตของ Fuzzy ART คำนวณหาจากค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบ 3 ค่า ดังนี้

- ค่าพารามิเตอร์ทางเลือก (choice parameter) หรือ α ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในชั้นเปรียบเทียบค่า (comparison layer) หรือชั้น F1 ซึ่งจะต้องมีค่า $\alpha > 1$
- ค่าพารามิเตอร์การเรียนรู้ (learning rate parameter) หรือ β ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำหรับใช้ในการปรับค่าน้ำหนักประสาท w_{jM} ซึ่งมีค่าเป็น $\beta \in [0,1]$
- ค่าพารามิเตอร์สอดส่อง (vigilance parameter) หรือ ρ เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับตัดสินว่าเป็นข้อมูลกลุ่มเดียวกันหรือไม่ ถูกใช้ในชั้นแข่งขัน (competition layer) หรือชั้น F2 โดยต้องมีค่าเป็น $\rho \in [0,1]$

ขั้นตอนการจัดหมวดหมู่ของระบบ : สำหรับแต่ละอินพุต Y และหมวดหมู่ j ค่าฟังก์ชันทางเลือก (choice function) หรือ T_j กำหนดได้ดังสมการที่ 3.3

$$T_j(\mathbf{Y}) = \frac{\left|\mathbf{Y} \wedge \mathbf{w}_j\right|}{\alpha + \left|\mathbf{w}_j\right|} \tag{3.3}$$

โดยที่ตัวโอเปอร์เรเตอร์ Fuzzy AND ($\wedge$) คำนวณหาได้ดังสมการที่ 3.4

$$(\mathbf{x} \wedge \mathbf{y})_i \equiv \min(x_i, y_i) \tag{3.4}$$

และเครื่องหมายนอร์ม (norm) $\left|.\right|$ กำหนดได้ดังสมการที่ 3.5

$$\left|\mathbf{x}\right| \equiv \sum_{i=1}^{M} \left|x_i\right| \tag{3.5}$$

สำหรับสัญลักษณ์ $T_j(\mathbf{Y})$ ในสมการที่ 3.3 เขียนเป็นสัญลักษณ์ใหม่เพื่อให้ง่ายขึ้นเป็น T_j เมื่อค่าอินพุต Y กำหนดให้คงที่ จัดหมวดหมู่ตามค่ามากที่สุดกำหนดให้เป็นกลุ่ม J ดังนี้

$$T_j = \max\left\{T_j : j = 1,\ldots,N\right\} \tag{3.6}$$

ถ้าค่ามากที่สุด T_j มีมากกว่าหนึ่งค่า ให้เลือกหมวดหมู่ที่มีค่า j น้อยที่สุด

การเกิดเรโซแนนซ์ หรือ การรีเซ็ตค่า (Resonance or reset) : การเกิดเรโซแนนซ์จะเกิดเมื่อ ฟังก์ชันการจับคู่ของการเลือกหมวดหมู่ถึงค่าเกณฑ์การสอดส่อง (vigilance criterion) นั่นคือถ้า

$$\frac{\left|\mathbf{Y} \wedge \mathbf{w}_j\right|}{\left|\mathbf{Y}\right|} \geq \rho \tag{3.7}$$

ระบบจะทำการปรับค่าการเรียนรู้ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป ส่วนกระบวนการเกิดการรีเซ็ตค่าที่เกิดการจัดคู่ไม่ตรงกัน (mismatch reset) จะเกิดขึ้นเมื่อ

$$\frac{\left|\mathbf{Y} \wedge \mathbf{w}_j\right|}{\left|\mathbf{Y}\right|} < \rho \tag{3.8}$$

ค่าของฟังก์ชันทางเลือก T_j จะถูกรีเซ็ตให้มีค่าเป็น -1 สำหรับในระหว่างการนำเสนออินพุตเพื่อเลือกหมวดหมู่ หมวดหมู่กลุ่ม J ถูกเลือกตามสมการที่ 3.6 จากนั้นกระบวนการค้นหาจะดำเนินการต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ค่ากลุ่ม J ที่บรรลุค่าตามสมการที่ 3.7

การเรียนรู้ (Learning) : เวกเตอร์น้ำหนักประสาท $\mathbf{w}_j$ ถูกปรับปรุงค่าใหม่ตามสมการที่ 3.9

$$\mathbf{w}_j^{(new)} = \beta(Y \wedge \mathbf{w}_j^{(old)}) + (1-\beta)\mathbf{w}_j^{(old)} \tag{3.9}$$

โดยถ้าตั้งค่าให้ $\beta = 1$ จะทำให้มีการเรียนรู้ที่เร็ว

จากกระบวนการทำงานของโครงข่าย Fuzzy ART จะเห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ของระบบ 3 ค่านี้ ดังนั้นต้องมีกระบวนการในการเลือกค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 นี้ให้เหมาะสมที่สุด สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้การค้นหาแบบจีนเนติกเป็นตัวช่วยในการค้นหาดังรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

3.3.2 การค้นหาค่าพารามิเตอร์ด้วย GA สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้ GA เป็นเครื่องมือในการช่วยคำนวณที่คอยทำงานอยู่ข้าง ๆ ระบบ Fuzzy ART โดยมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

สร้างประชากรเริ่มต้น : สำหรับค่าประชากรในแต่ละรุ่น ให้สร้างค่าโครโมโซม โดยแต่ละโครโมโซมประกอบไปด้วยค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ของ Fuzzy ART ซึ่งก็คือค่า α, ρ และ β จำนวน N ชุดโดยที่ $\alpha > 1$, $\rho \in [0,1]$ และ $\beta \in [0,1]$

การประเมินค่าประชากร : สำหรับระบบนี้ใช้การประเมินค่าประชากรโดยการหาค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (mean square error) หรือค่า *MSE* ของค่าเวกเตอร์คุณลักษณะเด่นของภาพรถที่ได้จากการฝึกสอน เทียบกับค่าเวกเตอร์คุณลักษณะเด่นของภาพที่คาดว่าจะเป็นรถที่ได้จากโครงข่าย Fuzzy ART ดังสมการที่ 3.10

$$MSE = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}\left\|Y_i^T - Y_i\right\| \tag{3.10}$$

โดยที่ MSE เป็นค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของโครโมโซม

Y_i^T เป็นเวกเตอร์คุณลักษณะเด่นของภาพรถที่ได้จากการฝึกสอน

Y_i เป็นเวกเตอร์คุณลักษณะเด่นของจุดภาพที่คิดว่าจะเป็นรถที่ได้จากโครงข่าย Fuzzy ART

M เป็นจำนวนของเวกเตอร์คุณลักษณะเด่น

ใช้ค่า *MSE* นี้เป็นค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม โดยถ้าชุดโครโมโซมใดมีค่า *MSE* น้อย แสดงว่ามีความเหมาะสมมาก

ปฏิบัติการทางสายพันธุ์ : เมื่อได้ค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซมแล้ว ระบบใช้ค่าความเหมาะสมโดยตรงสำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์ แล้วนำโครโมโซมที่มีความเหมาะสมมาก มาทำการปฏิบัติการทางสายพันธุ์ สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้การทำครอสโอเวอร์แบบจุดเดียว ร่วมกับการทำมิวเตชันเพื่อให้ได้โครโมโซมลูกหลานใหม่

การแทนที่ : หลังจากที่ระบบได้โครโมโซมลูกหลานแล้ว จะนำโครโมโซมลูกหลานใหม่นี้ไปแทนที่ประชากรรุ่นเก่า สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้การแทนที่ประชากรแบบบางส่วน (Partial GA) โดยนำเอาประชากรลูกหลานไปแทนที่ประชากรเดิมเพียงบางส่วนเท่านั้น โดยพิจารณาจากค่าความเหมาะสมของโครโมโซม

ระบบจะทำงานซ้ำขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ค่าความเหมาะสมที่น้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ หรือจนกระทั่งครบรอบที่ตั้งไว้ ทำให้ระบบได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากที่สุดได้

3.3.3 การแบ่งขนาดรถออกตามสัดส่วนของภาพ เมตริกซ์ของลักษณะเด่นของรถซึ่งถูกใช้ในการตรวจจับรถในภาพ นั้นแต่ละภาพที่นำมาตรวจจับถูกแบ่งออกเป็นสัดส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งขนาดของภาพรถที่ใช้ในการฝึกสอนระบบสำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้ขนาดภาพ 50x50 พิกเซล และจากหัวข้อการดึงลักษณะเด่นของรถจากภาพเราได้เลือกใช้เวกเตอร์ลักษณะเด่นจำนวน 5 เวกเตอร์ ดังนั้นเมตริกซ์ลักษณะเด่นของภาพที่ใช้ในระบบนี้จึงมีขนาด 50x5 ดังนั้นสำหรับรถที่มีขนาดแตกต่างจากนี้ในแต่ละขนาดของภาพที่แบ่งเป็นสัดส่วนแล้วจะถูกลดหรือเพิ่มขนาดให้มีขนาดเป็น 50x50 พิกเซลโดยใช้วิธีการไบลิเนียร์ (bilinear method) [18] ซึ่งทำให้ระบบนี้สามารถตรวจจับรถที่มีขนาดแตกต่างกันได้โดยใช้ภาพรถในการฝึกสอนเพียงขนาดเดียว ผลของระบบการตรวจจับรถของงานวิจัยนี้แสดงรายละเอียดในบทต่อไป

รูปที่ 3.6 การแบ่งภาพออกเป็นสัดส่วนต่าง ๆ