การตรวจจับรถยนต์

Car Detection

สำรวน เวียงสมุทร[1]

Samruan Wiengsamotha[1]

Received : 8 January 2013; Accepted : 28 March 2013

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ได้นำเสนอแนวคิดในการตรวจจับรถยนต์ด้วยการประมวลผลภาพที่บันทึกจากด้านหน้าของรถยนต์จากที่สูง เพื่อนำผลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการประเมินจำนวนรถยนต์และ นำไปสู่การควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยการประมวลผลภาพต่อไป ขั้นตอนในงานวิจัยเริ่มจากการปรับภาพโหมดสีจาก RGB เป็นโหมดสีระดับเทาแล้วหาเส้นขอบของภาพด้วยขั้นตอนวิธีแบบโซเบลและปรับปรุงเส้นขอบที่ได้ให้สมบูรณ์ จากนั้นทำการค้นหาขอบเขตที่สนใจและสุ่มจุดภาพของเส้นขอบเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับจุดภาพของรถยนต์ต้นแบบด้วยหลักการเชพคอนเท็กซ์เพื่อยืนยันรถยนต์ จากผลการทดลองตรวจจับรถยนต์พบว่าได้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.06 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ดี

คำสำคัญ: การตรวจจับรถยนต์ เชพคอนเท็กซ์

Abstract

This paper proposes a technique to detect cars using image processing where recordings are placed in front of the car in a high location. The obtained results can be used to estimate the number of cars, and lead to control of traffic lights. In the first step we adjust an image from RGB to the gray scale mode. In the next step, we show and find the edge detection of the pictures with the Sobel algorithm and improve the clarity of the picture. After that, we search an area of interest with random pixels to compare with the pixels of the template of the car by using shape context to verify the cars. From these experiments, we have shown that the average accuracy of 0.75 the average of error was 0.06; which is considered to be a great level.

Keyword: Car detection, Shape context.

บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันปริมาณรถยนต์ที่ขับขี่บนถนนมีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในทุกๆ ปี และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอีกเป็นจำนวนหลายเท่าในอนาคต จนทำให้ การจราจรที่ติดขัด แออัดหรืออาจจะไม่สามารถเดินทางด้วยรถยนต์ได้เลยในบางเวลา เช่น ช่วงเวลาเร่งด่วน ช่วงเทศกาลประเพณีสำคัญและ ช่วงเทศกาลวันหยุดยาว เป็นต้น การวางแผนในการแก้ไขปัญหาการจราจรในอนาคตจะต้องอาศัยความรู้ในหลากหลายสาขาเข้ามาบูรณาการเพื่อให้สามารถควบคุม จำนวนรถ การปฏิบัติตามกฎจราจร และ การควบคุมสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น

การควบคุมการจราจรบนทางแยกเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยในการขับขี่สะดวกสบายและปลอดภัย ซึ่งในอดีตจะมีเจ้าหน้าที่ในการควบคุม ต่อมามีการใช้สัญญาณไฟจราจรซึ่งมีลักษณะเป็นการตั้งเวลาเปิด-ปิด ไฟเขียวหรือ ไฟแดง แต่อย่างไรก็ตามในช่วงเวลาเร่งด่วน แทนที่สัญญาณไฟจราจรจะช่วยอำนวยความสะดวก แต่กลับทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดได้ เช่น เส้นทางที่ไม่มีรถผ่านเปิดสัญญาณไฟเขียว แต่เส้นทางที่มีรถผ่านจำนวนมากกลับเปิดสัญญาณไฟแดง เป็นต้น จนทำให้บางครั้งต้องมีเจ้าหน้าที่จราจรมาคอยควบคุมการจราจรแทนสัญญาณไฟจราจรอีกที

ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากพยายามศึกษาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรโดยอัตโนมัติ [1-5] เพื่อควบคุมการจราจรให้เป็นไปอย่างราบรื่นและ ปลอดภัย โดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ทางแยกข้างเคียง เวลา สถานการณ์ และปริมาณรถยนต์ เป็นต้น จากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ปริมาณรถยนต์ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดอีกอย่างหนึ่งใน

[1] *อาจารย์, สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150*

[1] *Lecturer, Division of Computer Science, Faculty of Informatics Mahasarakham University, Kantharawichai District. Maha Sarakham 44150, Thailand.*

การพิจารณาการควบคุมสัญญาณไฟจราจร กล่าวคือ ณ เวลาใด เส้นทางใดมีปริมาณรถมากก็ควรจะเปิดสัญญาณไฟเขียวนาน ถ้ามีน้อยก็ควรจะเปิดสัญญาณไฟเขียวไม่นานหรือ ไม่มีก็ควรจะเปิดไฟแดง เป็นต้น จากการศึกษางานวิจัยการตรวจจับรถยนต์ [6-20] พบว่าการตรวจจับรถด้วยการประมวลผลภาพ [6, 7, 11, 13-15, 18] สามารถนำมาพิจารณาปริมาณรถยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ แต่ยังไม่เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์กับการควบคุมสัญญาณไฟจราจร

ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอการตรวจจับรถยนต์ด้วยการประมวลผลภาพ โดยมีสมมติฐานว่าถ้าใช้เทคโนโลยีด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลภาพของถนนจากมุมสูงเพื่อระบุรถยนต์ จะทำให้สามารถประเมินจำนวนรถยนต์ได้ เพื่อนำไปสู่การประเมินสภาพการจราจรและการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติบนทางแยกได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับรถยนต์ [6-20] และการเปรียบเทียบรูปร่าง [21-24] ในบทความนี้จึงประยุกต์ใช้วิธีการประมวลผลภาพ ร่วมกับหลักการเชพคอนเท็กซ์ (Shape context) เพื่อยืนยันผลการตรวจจับรถยนต์ เพราะจากการศึกษา [21-24] พบว่า เชพคอนเท็กซ์เป็นหลักการที่มีประสิทธิภาพในการเปรียบเทียบรูปร่างได้ดีทั้งรูปร่างที่มีขนาดเท่ากันหรือต่างกัน การหมุนในมุมต่างๆ เป็นต้น

ดังนั้นในบทความนี้จึงนำเสนอการประยุกต์ใช้หลักการประมวลผลภาพร่วมกับการเปรียบเทียบรูปร่างด้วยเชพคอนเท็กซ์ โดยมีขั้นตอนดัง Figure 1 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

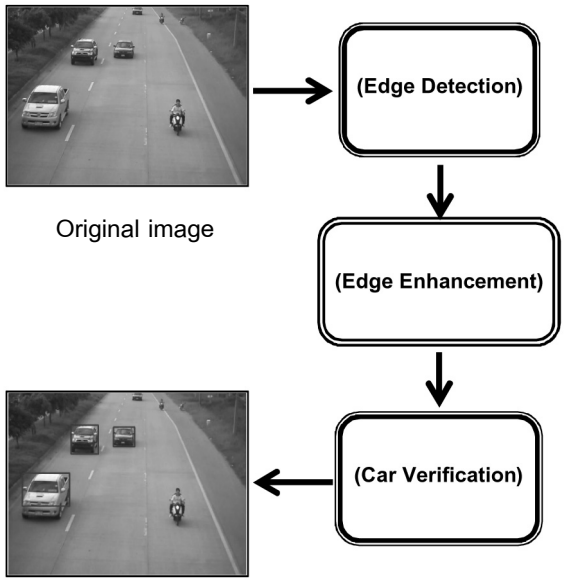


Figure 1 proposed car detection

1. การหาเส้นขอบ (Edge detection)

ปกติแล้วภาพถ่ายดิจิตอลทั่วไปจะเป็นภาพในโหมดสีแบบ RGB (Red Green Blue : RGB) ซึ่งจะทำให้การประมวลผลภาพใช้เวลาและสิ้นเปลืองหน่วยความจำมาก ดังนั้นในบทความนี้จึงได้ปรับโหมดสีจาก RBG ให้อยู่ในโหมดสีระดับเทา (Gray scale) ขนาด 8 บิต ซึ่งจะทำให้การประมวลผลใช้เวลาและหน่วยความจำน้อยลง ดังสมการ (1) และผลการปรับแสดงดัง Figure 2

$$Gr_{(i,j)} = 0.2989R_{(i,j)} + 0.5870G_{(i,j)} + 0.1140B_{(i,j)} \quad (1)$$

เมื่อ $Gr_{(ij)}$ คือ ค่าสีระดับเทาที่จุดภาพ i,j
$R_{(ij)}$ คือ ค่าสีแดง ในโหมด RGB ที่จุดภาพ i,j
$G_{(ij)}$ คือ ค่าสีเขียว ในโหมด RGB ที่จุดภาพ i,j
$B_{(ij)}$ คือ ค่าสีน้ำเงิน ในโหมด RGB ที่จุดภาพ i,j

a. b.

Figure 2 RGB to Gray scale
a. RGB image
b. Gray scale image

หลังจากได้ภาพในระดับสีเทาแล้วในงานวิจัยได้ทำการหาเส้นขอบของภาพ (Edge detection) โดยการหาเส้นขอบเป็นการลดมิติข้อมูลให้น้อยลง ทำให้ได้เฉพาะส่วนของภาพที่สนใจ และทำให้การประมวลผลภาพในขั้นตอนถัดไปรวดเร็วขึ้น โดยการหาเส้นขอบเป็นการสกัดเอาข้อมูลภาพเฉพาะส่วนที่มีค่าความแตกต่างของค่าแสงที่แตกต่างกันซึ่งในบทความนี้ใช้การหาเส้นขอบด้วยขั้นตอนวิธีแบบโซเบล (Sobel) [25] ซึ่งผลการหาเส้นขอบแสดงดัง Figure 3

a. b.

Figure 3 Edge detection
a. Gray scale image
b. Edge of gray scale image

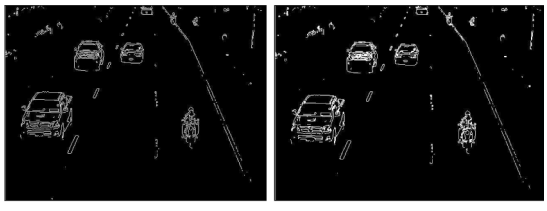
2. การปรับแต่งเส้นขอบ (Edge Enhancement)

การหาเส้นขอบด้วยขั้นตอนวิธีแบบโซเบลเป็นการคัดกรองเฉพาะส่วนของจุดภาพที่มีความแตกต่างกันของระดับแสง ดังนั้นจึงอาจจะทำให้เส้นขอบที่ได้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งหมายความว่าเส้นขอบรูปร่างของวัตถุที่อยู่ในภาพขาดหายไปอาจจะส่งผลทำให้กระบวนการเปรียบเทียบรูปร่างเกิดความผิดพลาดได้ ในบทความที่นำเสนอจึงได้ปรับแต่งเส้นขอบให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นด้วยการตรวจสอบจุดภาพรอบข้างทั้ง 8 ทิศทางว่า ณ จุดภาพปัจจุบัน (Edge Enhancement : EdgEnh) เป็นเส้นขอบที่ขาดหายไปหรือไม่โดยใช้วิธีการดังสมการ (2) และผลการปรับแต่งเส้นขอบแสดงดัง Figure 4

$$Edg_{Enh} = \begin{cases} 1 & if \quad LT \| T \| RT \| L \| R \| LB \| B \| RB = 1 \\ 0 & Otherwise \end{cases} \qquad (2)$$

เมื่อกำหนดให้

LT คือ จุดรอบข้างตำแหน่งซ้ายบน
T คือ จุดรอบข้างตำแหน่งบน
RT คือ จุดรอบข้างตำแหน่งขวาบน
L คือ จุดรอบข้างตำแหน่งซ้าย
R คือ จุดรอบข้างตำแหน่งขวา
LB คือ จุดรอบข้างตำแหน่งซ้ายล่าง
B คือ จุดรอบข้างตำแหน่งล่าง
RB คือ จุดรอบข้างตำแหน่งขวาล่าง



a. b.

Figure 4 Edge enhancement
a. Edge of image (from Figure 3(b))
b. Edge enhancement of Edge if image

3. การยืนยันรถยนต์ (Car verification)

ขั้นตอนการยืนยันรถยนต์เป็นขั้นตอนการตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบและประเมินความคล้ายคลึงระหว่างรถยนต์ต้นแบบ แสดงดัง Figure 5 และขอบเขตที่สนใจ (ซึ่งหมายถึงเส้นขอบที่ปรับแต่งแล้ว) เพื่อทำการยืนยันขอบเขตที่น่าสนใจว่าเป็นรถยนต์หรือไม่ โดยการนำจุดภาพที่ได้จากการสุ่มเส้นขอบของรถยนต์ต้นแบบและขอบเขตที่สนใจเปรียบเทียบความคล้ายคลึงด้วย เชพคอนเท็กซ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

a. b.

Figure 5 Car template
a. Image of car template
b. Edge of car template

3.1 การทำ log polar เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อทำการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงด้วยเชพคอนเท็กซ์ โดยสร้างต้นแบบ (Template) เพื่อครอบจุดภาพที่ได้จากการสุ่มจุดภาพของรถยนต์ต้นแบบและจุดภาพของขอบเขตที่สนใจในทุกๆ จุดโดยต้นแบบจะเป็นลักษณะของช่องวงกลมซึ่งในบทความที่นำเสนอนี้ใช้ทั้งหมด 5 วง แต่ละวงแบ่งออกเป็น 12 ส่วนๆ ละ 30 องศา แสดงดัง Figure 6

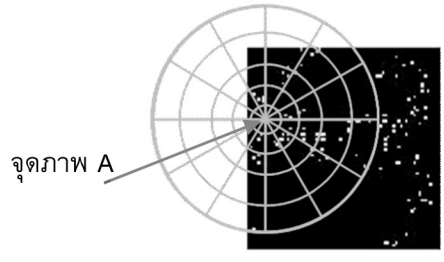


Figure 6 Log polar

การทำ Log polar จาก Figure 6 เพื่อใช้ในการนับจำนวนจุดภาพที่อยู่ในแต่ละช่องของ log polar ซึ่งจะมีทั้งหมด 60 ช่อง (5 วง x 12 ช่อง) ซึ่งจะได้ข้อมูลของแต่ละจุด โดยวงที่ 1 นับจากวงในสุดมาข้างนอก และช่องที่ 1 นับจากองศาที่ 0 มาองศาที่ 360 (ตามเข็มนาฬิกา) จากภาพจะได้ข้อมูลของจุด A ดัง Figure 7

วงที่ ↓ ช่องที่ →

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	4	0	2	1	5	1	1	0	0
3	0	0	0	3	0	1	6	0	0	3	0	0
4	0	0	0	1	3	0	7	3	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	1	5	0	0	1	0	0

Figure 7 Example of Log polar from Figure 5

จาก Figure 7 เป็นการทำการหาค่า Log polar ของจุดภาพ A ใน Figure 6 ถ้าขั้นตอนการสุ่มจุดภาพของเส้นขอบของขอบเขตที่สนใจ 100 จุด ดังนั้นจะได้ข้อมูลดัง Figure 7 ทั้งหมด 100 ชุด

3.2 การพิจารณาความคล้ายคลึงของจุดภาพ

ในบทความนี้ใช้การประเมินความคล้ายคลึงกันของจุดภาพด้วยเชพคอนเท็กซ์ โดยถ้ากำหนดให้ p_i เป็นกลุ่มของจุดที่อยู่บนรูปร่างที่หนึ่งซึ่งในบทความนี้ก็คือจุดภาพที่สุ่มจากเส้นขอบของรถยนต์ต้นแบบ และ q_j เป็นกลุ่มของจุดที่อยู่บนรูปร่างที่สองซึ่งในบทความคือจุดภาพที่สุ่มจากขอบเขตที่สนใจจากภาพ และให้ $c_{ij} = c\left(p_i, q_j\right)$ แทนด้วยระยะห่างของสองจุดที่ได้จากการเปรียบเทียบความเหมือน ดังนั้นสามารถคำนวณความเหมือนของเชพคอนเท็กซ์ของสองจุดได้ด้วยการประเมินตามปกติด้วยหลักสถิติ (χ^2) ดังสมการ (3) [21, 22]

$$c_{ij} = \frac{1}{2}\sum \frac{\left[h_i(k) - h_j(k)\right]^2}{h_i(k) + h_j(k)} \qquad (3)$$

เมื่อกำหนดให้

$h_i(k)$ คือ ค่าที่ปรับแต่ง (Normalized) ฮิสโทรแกรมของช่อง (bin)ที่ k ที่จุด p_i

$h_j(k)$ คือ ค่าที่ปรับแต่ง (Normalized) ฮิสโทรแกรมของช่อง (bin) ที่ k ที่จุด q_j

ในการพิจารณาความเหมือนของจุดจะทำการคำนวณทุกๆ จุดระหว่างรูปร่างที่หนึ่งและที่สองเพื่อหาค่าต่ำสุดซึ่งจะบ่งบอกว่าจุดภาพในรูปร่างที่หนึ่งมีความคล้ายกับจุดใดในรูปร่างที่สองแบบจุดต่อจุด แล้วจับคู่ระหว่างจุดของรูปร่างทั้งสอง แสดงดัง Figure 8

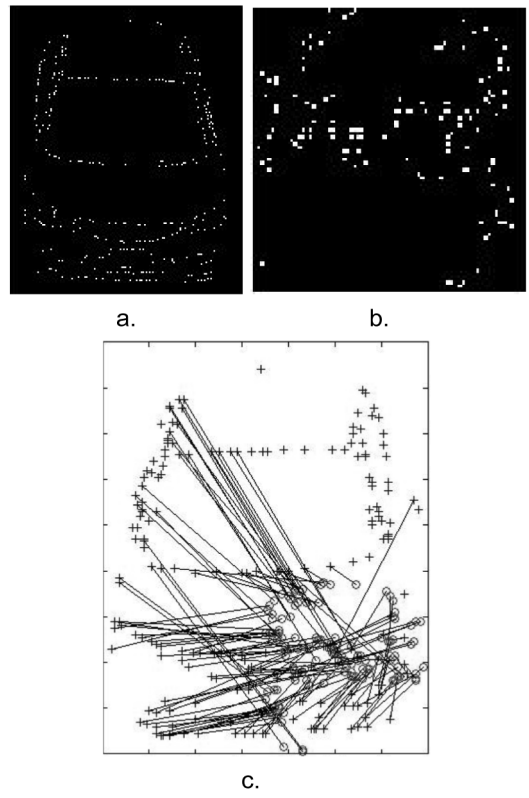


Figure 8 Matching by shape context

a. Sample edge of car template

b. Sample edge of interest picture

c. Result of matching in (a.) and (b.)

3.3 การประเมินความเหมือนของรูปร่าง

การประเมินค่าความเหมือนของรูปร่างเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะพิจารณาว่ารูปร่างที่เราสนใจเป็นรูปร่างของรถหรือไม่ ซึ่งในบทความที่นำเสนอนี้ใช้การประเมินแบบ Thin Plate Spline (TPS) [22] โดยความเหมือนระหว่างรูปร่าง P และ Q ประเมินได้จากค่าผลรวมที่ดีที่สุดของจุดในเชพคอนเท็กซ์ ดังสมการ (4)

$$D_{sc} = \frac{1}{n}\sum_{p\in P} \arg\ \min_{q\in Q} c\left(p, T(q)\right) + \frac{1}{m}\sum_{q\in Q} \arg\ \min_{p\in P} c\left(p, T(q)\right) \qquad (4)$$

$T(.)$ แทนด้วยการประเมินค่าแบบ TPS โดยคำนวณได้จากสมการ (5) และ (6)

$$T(x,y) = \left(f_x(x,y), f_y(x,y)\right) \qquad (5)$$

$$f(x,y) = a_1 + a_x x + a_y y + \sum_{i=1}^{n} W_i U\left(\left\|(x_i, y_i) - (x,y)\right\|\right) \qquad (6)$$

โดยรายละเอียดแสดงในงานวิจัยของ Belongie และคณะฯ [22]

การประเมินความเหมือนของรูปร่างระหว่างรถยนต์ต้นแบบและขอบเขตที่สนใจ ใช้ค่าการประเมินความคล้ายคลึงของรูปร่างที่ได้ กับค่าตัดแบ่ง (Threshold) จากการทดลองปรับค่าตัดแบ่งเป็น 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9 พบว่าค่าที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ 0.7 ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอผลการทดลองที่ค่าตัดแบ่งเท่ากับ 0.7 แล้วทำการตีกรอบขอบเขตที่ประเมินว่าจะเป็นรถยนต์ ดังแสดงใน Figure 9

Figure 9 Result of car detection
a. Original image
b. Result of detection

3.4 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

ข้อมูลที่ใช้ทดลองในบทความที่นำเสนอนี้เป็นภาพถ่ายดิจิตอลในโหมดสีแบบ RGB ที่มีขนาดภาพแตกต่างกัน ตั้งแต่ขนาด 600 x 337 ถึง 764 x 536 จุดภาพ (Pixel) ความละเอียด 24 บิต การบีบอัดแบบ JPG เป็นภาพถ่ายบนถนนที่มีทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์ จำนวนทั้งสิ้นรวม 100 ภาพ มีรถยนต์ทั้งหมดรวม 212 คัน ลักษณะของภาพที่ทดลองเป็นภาพที่มีพื้นหลังที่ไม่แน่นอน มีทั้งรถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก และ รถยนต์โดยสาร เป็นต้น แสดงดัง Figure 10

Figure 10 Car image base on experimental

3.5 การวัดประสิทธิภาพ

การประเมินประสิทธิภาพผลการตรวจจับรถยนต์ในบทความนี้ใช้การวัดจากจำนวนภาพรถยนต์ที่ตรวจจับได้เปรียบเทียบกับจำนวนรถยนต์ที่มีทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองทุกๆ ภาพ เพื่อหาค่าประสิทธิภาพความถูกต้อง (Accuracy) ในการตรวจจับรถยนต์ (A_{CC}) ซึ่งถ้ามีประสิทธิภาพดีจะมีค่าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 1 และค่าความผิดพลาด (False Positive Rate) ในการตรวจจับรถยนต์(F_{PR})ซึ่งถ้ามีค่าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 0 แสดงว่ามีประสิทธิภาพดี โดยประเมิน จากสมการ (7) (8) [26]

$$A_{CC} = \frac{TP + TN}{TF} \qquad (7)$$

$$F_{PR} = \frac{FP}{FP + TN} \qquad (8)$$

โดย

TP คือ จำนวนรถทั้งหมดที่ตรวจจับถูกต้อง

TN คือ ขอบเขตที่สนใจที่ไม่ใช่รถและผลการทดลองระบุว่าไม่ใช่

TF คือ จำนวนรถทั้งหมดรวมกับขอบเขตที่สนใจที่ระบุได้ทั้งหมด

FP คือ จำนวนรถทั้งหมดที่ตรวจจับผิดพลาด (ไม่ใช่รถแต่ผลการทดลองระบุว่าเป็นรถ)

ผลการศึกษา

ผลการทดลองตรวจจับรถยนต์ด้วยการประมวลผลภาพดิจิตอล ด้วยหลักการที่นำเสนอในบทความสามารถแสดงผลดัง Figure 11

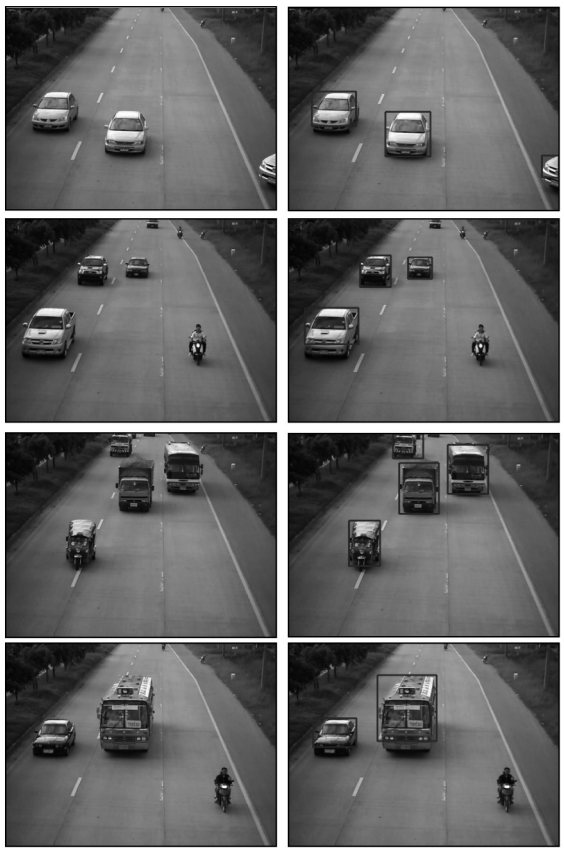


Figure 11 Experimental results

จากผลการตรวจจับรถยนต์ทั้งหมด 100 ภาพ สามารถแสดงผลลัพธ์ดัง Table 1

Table 1 Experimental results of car detection

	Detectable	Undetectable	Total
Number of keb hclar	116	96	212
Percent	54.72	45.28	100

การวัดประสิทธิภาพผลการทดลองเพื่อหาความถูกต้อง (A_{CC}) และความผิดพลาด (F_{PR}) โดยพิจารณาจากสมการ (7) (8) ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Table 2

Table 2 Performance of propose car detection

TF	TP	FP	TN	A_{CC}	F_{PR}
447	116	16	219	**0.75**	**0.06**

วิจารณ์และสรุปผล

จากผลการทดลองพบว่าการตรวจจับรถยนต์จากภาพที่มีพื้นหลังไม่แน่นอนในบทความที่นำเสนอ สามารถตรวจจับรถยนต์ได้ทั้งรถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถโดยสาร และรถบรรทุก แสดงดัง Figure 10 จากการทดลองทั้งหมด 100 ภาพ ซึ่งมีรถยนต์ทั้งหมด 212 คันพบว่าบทความที่นำเสนอสามารถตรวจจับรถยนต์ประเภทต่างๆ ได้ทั้งหมด 116 คัน คิดเป็นร้อยละ 54.72 ดัง Table 1 และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการตรวจจับรถยนต์ ที่นำเสนอในบทความด้วยสมการ (7) และ (8) [26] ตาม Table 2 พบว่ามีประสิทธิภาพความถูกต้องที่ 0.75 และมีอัตราความผิดพลาดเพียง 0.06 เท่านั้น ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ดี

จาก Table 1 จะพบว่าในบทความที่นำเสนอไม่สามารถตรวจจับรถยนต์จากภาพได้ทั้งหมด 96 คัน คิดเป็นร้อยละ 45.28 จากการวิเคราะห์พบว่า อาจจะเกิดจากภาพรถยนต์ต้นแบบที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบมีเพียง 1 ต้นแบบเท่านั้นจึงทำให้การตรวจจับรถยนต์ในชนิดต่างๆ มีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร แต่ก็มีข้อดี คือ ใช้เวลาและ หน่วยความจำในการประมวลผลและเปรียบเทียบน้อย

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับการสนับสนุนจากเงินอุดหนุนงานวิจัยงบประมาณเงินรายได้ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

1. El-Tantawy S, Abdulhai B, editors. An agent-based learning towards decentralized and coordinated traffic signal control. Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2010 13th International IEEE Conference on; 2010 19-22 Sept. 2010.
2. Xiangjun C, Zhaoxia Y, editors. Intelligent Traffic Signal Control Approach Based on Fuzzy-Genetic Algorithm. Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2008 FSKD '08 Fifth International Conference on; 2008 18-20 Oct. 2008.
3. Srinivasan D, Min Chee C, Cheu RL. Neural Networks for Real-Time Traffic Signal Control. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on. 2006;7(3):261-72.
4. Zhenjiang L, Feng H, Qingming Y, Fei-Yue W, editors. Signal Controller Design for Agent-Based Traffic Control System. Networking, Sensing and Control,

2007 IEEE International Conference on; 2007 15-17 April 2007.

5. Deng LY, Tang NC, Dong-liang L, Chin Thin W, Ming Chih L, editors. Vision based adaptive traffic signal control system development. Advanced Information Networking and Applications, 2005 AINA 2005 19th International Conference on; 2005 28-30 March 2005.
6. Tao Z, Nevatia R, editors. Car detection in low resolution aerial image. Computer Vision, 2001 ICCV 2001 Proceedings Eighth IEEE International Conference on; 2001 2001.
7. Yamaguchi S, Itakura H, editors. A car detection system using the neocognitron. Neural Networks, 1991 1991 IEEE International Joint Conference on; 1991 18-21 Nov 1991.
8. Zhenfeng Z, Hanqing L, Hu J, Uchimura K, editors. Car detection based on multi-cues integration. Pattern Recognition, 2004 ICPR 2004 Proceedings of the 17th International Conference on; 2004 23-26 Aug. 2004.
9. Tivive FHC, Bouzerdoum A, editors. A car detection system based on hierarchical visual features. Computational Intelligence for Multimedia Signal and Vision Processing, 2009 CIMSVP '09 IEEE Symposium on; 2009 March 30 2009-April 2 2009.
10. Zhang Y, Qin G-j, editors. Car detection using codebook and Directed Graphical Model. Computer Application and System Modeling (ICCASM), 2010 International Conference on; 2010 22-24 Oct. 2010.
11. Xingzhi C, Liqun G, editors. Car detection using Markov random fields on geometric features. Decision and Control, 2007 46th IEEE Conference on; 2007 12-14 Dec. 2007.
12. Son TT, Mita S, editors. Car detection using multi-feature selection for varying poses. Intelligent Vehicles Symposium, 2009 IEEE; 2009 3-5 June 2009.
13. Clady X, Collange F, Jurie F, Martinet P, editors. Cars detection and tracking with a vision sensor. Intelligent Vehicles Symposium, 2003 Proceedings IEEE; 2003 9-11 June 2003.
14. Hinz S, editor. Detection and counting of cars in aerial images. Image Processing, 2003 ICIP 2003 Proceedings 2003 International Conference on; 2003 14-17 Sept. 2003.
15. Tseng SP, Fong D, editors. A DSP based real-time front car detection driving assistant system. SICE Annual Conference 2010, Proceedings of; 2010 18-21 Aug. 2010.
16. Wei Z, Luhong L, editors. Fast car detection using image strip features. Computer Vision and Pattern Recognition, 2009 CVPR 2009 IEEE Conference on; 2009 20-25 June 2009.
17. Janssen H, Niehsen W, editors. Vehicle surround sensing based on information fusion of monocular video and digital map. Intelligent Vehicles Symposium, 2004 IEEE; 2004.
18. Thuy Thi N, Grabner H, Bischof H, Gruber B, editors. On-line Boosting for Car Detection from Aerial Images. Research, Innovation and Vision for the Future, 2007 IEEE International Conference on; 2007 5-9 March 2007.
19. Cheng-Hao K, Nevatia R, editors. Robust multi-view car detection using unsupervised sub-categorization. Applications of Computer Vision (WACV), 2009 Workshop on; 2009 7-8 Dec. 2009.
20. Zhenfeng Z, Yao Z, Hanqing L, editors. Sequential Architecture for Efficient Car Detection. Computer Vision and Pattern Recognition, 2007 CVPR '07 IEEE Conference on; 2007 17-22 June 2007.
21. Singh LB, Hazarika SM, editors. Enhanced Shape Context for Object Recognition. Advanced Computing and Communications, 2007 ADCOM 2007 International Conference on; 2007.
22. Belongie S, Malik J, Puzicha J. Shape matching and object recognition using shape contexts. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on. 2002;24(4):509-22.
23. Fenglei Y, Yue L, Ye D, editors. Combining hierarchical segmentation and shape context based recognition. Computer and Information Technology, 2008 CIT 2008 8th IEEE International Conference on; 2008.
24. Nguyen TO, Tabbone S, Terrades OR, editors. Symbol Descriptor Based on Shape Context and Vector

Model of Information Retrieval. Document Analysis Systems, 2008 DAS '08 The Eighth IAPR International Workshop on; 2008.

25. Sobel I. Neighborhood coding of binary images for fast contour following and general binary array processing. Computer Graphics and Image Processing. 1978;8 (1):127-35.
26. Bashir F, Porikli F, editors. Performance Evaluation of Object Detection and Tracking Systems. IEEE International Workshop on Performance Evaluation of Tracking and Surveillance (PETS2006); 2006.