

**การตรวจจับสัญญาณไฟจราจรโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม  
แบบส่งค่าย้อนกลับในประเทศไทย**

**Traffic Light Detection Using Back Propagation Neural Networks in Thailand**

พิศณุ ภูมิชัย

ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

E-Mail: pisanu41984198@hotmail.com

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการตรวจจับสัญญาณไฟจราจรโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับ (Back Propagation Neural Network) ในช่วงเวลากลางวัน ในขั้นตอนแรก ภาพสัญญาณไฟจราจรจะถูกสกัดออกจากภาพสี RGB โดยภาพ RGB นำเข้า จะถูกแปลงไปอยู่ในรูปปริภูมิสี YCbCr จากนั้น พื้นที่ที่สีแดง และสีเขียวจะถูกเลือกเป็นตัวแทน และในขั้นตอนสุดท้ายได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับในการระบุสัญญาณไฟจราจรสีแดง ในการทดลองนี้ โครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับแบบสามเลเยอร์ได้ถูกปรับใช้เพื่อตรวจจับและประเมินส่วนต่าง ๆ ของสัญญาณไฟจราจรที่มีประโยชน์ต่อการตรวจจับ ความแม่นยำของวิธีที่นำเสนอได้ถูกเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor Classification)

**คำสำคัญ :** สัญญาณไฟจราจรสีแดง, สัญญาณไฟจราจร, ปริภูมิสี YCbCr, โครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับ, ขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

**ABSTRACT**

This paper proposes a traffic lights detection method using back propagation neural network at the day-time. In the first step, traffic lights image are extracted from RGB color image. Input RGB image is transformed into Ycbcr color space, then red and green color dominant regions are selected as candidates. And, the final step, back propagation neural network applied for red color recognizes. For experimental result, a 3-layered back propagation neural network is applied to detect and determine the parts of a traffic light useful for detection. Experiments the accuracy of the method is shown and is compared with that by the k-nearest neighbor classification.

**Keywords :** red light, traffic light, Ycbcr color space, back propagation neural network, k-nearest neighbor classification

## 1. บทนำ

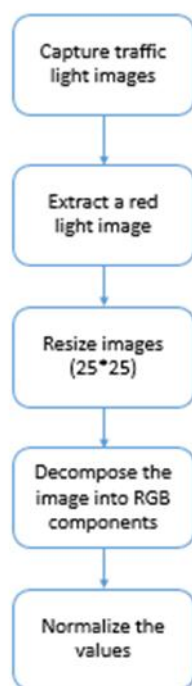
ปัญหาจราจรติดขัดเป็นปัญหาสำคัญในเมืองใหญ่ต่าง ๆ ส่วนหนึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดมาจากการใช้สัญญาณไฟจราจร โดยในปัจจุบันนี้มีลักษณะการใช้อยู่ 2 รูปแบบใหญ่ ๆ คือการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบเดิมโดยใช้นุชย์เป็นผู้ควบคุม และการควบคุมแบบอัตโนมัติ เนื่องจากวิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติดีกว่าวิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบเดิม ๆ ในหลายด้านยกตัวอย่างเช่น การประหยัดงบประมาณในการใช้คน ใช้เงิน ลดความเหนื่อยล้าของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน ทำให้สามารถปฏิบัติงานในเรื่องอื่น ๆ ที่สำคัญได้ จึงมีการพัฒนาแบบจำลองการควบคุมสัญญาณไฟจราจรเป็นอย่างมากเมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยการพัฒนาด้านหนึ่งเกิดขึ้นจากการควบคุมสัญญาณไฟจราจรอย่างไม่เหมาะสมกับสภาพการจราจร ณ เวลานั้น และเพื่อเป็นการลดผลกระทบของปัญหาการจราจรติดขัดในพื้นที่กรุงเทพฯ จึงมีการปรับใช้แนวคิดของวิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจรอย่างอัจฉริยะ ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในเมืองที่พัฒนาแล้ว โดยมีการนำเสนอระบบสัญญาณไฟจราจรที่สามารถแจ้งสถานะปัจจุบันและสารสนเทศอื่นได้ [1] และสามารถให้สารสนเทศสถานะไฟจราจรที่แม่นยำกับยานพาหนะต่าง ๆ ได้อย่างน่าเชื่อถือ

มีการกล่าวถึงการจัดการปัญหาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรโดยใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับตำแหน่งของสัญญาณไฟจราจรในงานวิจัยก่อนหน้านี้ [2] ถึงแม้ว่าสำคัญต่าง ๆ ของสมมติฐานในงานวิจัยข้างต้น ซึ่งรวมถึงวิธีการเฉพาะที่จะจัดการกับที่มาของปัญหา (Source of Error) นั้นยังไม่ได้ได้รับการศึกษาอย่างละเอียดถี่ถ้วนก็ตาม งานวิจัยของผู้วิจัยได้ส่งเสริมการศึกษาก่อนหน้านี้ในส่วนของการวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองเชิงหลักการที่มาของปัญหาในแต่ละลำดับของการตรวจจับสถานะสัญญาณไฟจราจร และการสร้างกรอบแนวคิดในการรวบรวมข้อมูลจากกล้องวิดีโอ

โดยทั่วไประบบตรวจจับสัญญาณจราจรใช้วิธีการตรวจจับสีและรูปร่าง Liu และคณะ [3] ตรวจสอบการแบ่งส่วนของเครื่องหมายจราจรตามมาตรฐานสี ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสีมาตรฐานช่วยลดเวลาในการคำนวณและเพิ่มความถูกต้องได้ถึง 100% สำหรับป้ายสัญญาณห้าม 93.3% สำหรับป้ายสัญญาณเตือนและ 95.8% สำหรับป้ายสัญญาณทิศทาง ในขณะที่เดียวกัน Wu และคณะ [4] ได้ใช้วิธีการของข้อมูลสีจากภาพสัญญาณจราจร ตอนแรกป้ายจราจรภาพจะถูกแปลงเป็น HSV เพื่อตรวจสอบตำแหน่งของป้าย และใช้วิธีการทางสันฐานวิทยาเพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้นหลังจากนั้นภาพจะถูกแยกโดยใช้รูปทรงเรขาคณิต Pankaj และ Patil [5] เสนอระบบของการตรวจจับและจดจำเครื่องหมายจราจรบนพื้นฐานของสีของภาพการแบ่งส่วนที่รวมกับการวิเคราะห์รูปร่าง Danti และ Kulkarni [6] ใช้การแบ่งส่วนสีและการสร้างแบบจำลองรูปร่างโดยใช้ Thin Spline Transformation (TST) ที่ถูกนำมาใช้เพื่อหาค่าใกล้เคียงที่ใกล้เคียงที่สุดสำหรับการตรวจจับและจำแนกประเภท Fleyeh [7] พัฒนาภาพบางส่วนเพื่อตรวจสอบการตำแหน่งของสัญญาณไฟจราจรสภาพแสงต่าง ๆ การทดลองนี้ดำเนินการในอากาศที่ต่างกัน สภาพอากาศที่มีแดดหมอกและหิมะตกด้วยความแม่นยำ 95% ที่เกิดขึ้นสำหรับทุกกรณี Ruta และคณะ [8] ใช้วิธีการรับรู้เครื่องหมายจราจรโดยใช้อินพุตวิดีโอ เพื่อให้แน่ใจว่าการตรวจจับที่มีเสถียรภาพภายในพื้นที่หลังที่พิกเซลซับซ้อนโดยใช้แบบจำลอง Lorasakul และ Suthakom [9] ใช้โครงข่ายประสาทเทียม การประมวลผลก่อนหน้าโดยใช้การเทคนิคการประมวลผลภาพต่าง ๆ เช่น Thresholding, Gaussian Filter, Canny Edge, เส้นขอบ และหาความพอดีกับวงรี โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการระบุภาพเหล่านั้น Al-Azawi [10] ใช้การถ่ายทอดกลับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อรับรู้สัญญาณไฟจราจร Dean และ Jabir [11] ใช้สเตปครัมลี YcbCr ในกระบวนการแบ่งส่วนสีและเทคนิคการจับคู่แม่แบบความแม่นยำในการตรวจจับอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย 100%

สำหรับการแยกสีและ 94% สำหรับการจำแนกรูปร่าง Bascon และคณะ [12] ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบช่วยเหลือขณะขับรถภาพที่สามารถตรวจจับและการตระหนักถึงสัญญาณไฟจราจรที่มากในรูปแบบวงกลม รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และรูปแปดเหลี่ยม ระบบนี้ประกอบด้วย การแบ่งส่วนตามสีแดง สีน้ำเงิน สีเหลือง และสีขาว ของแต่ละฟิกเชล การตรวจจับจะใช้ Vector Support แบบเส้นตรง Machine (SVM) และการจดจำเครื่องหมายจราจรขึ้นอยู่กับ Gaussian-Kernel SVM Deshpande [13] ใช้การแบ่งส่วนและการวิเคราะห์เชิงเส้นแบบแยกแยะ (LDA) เพื่อเพิ่มการตรวจจับและความสามารถในการรับรู้

หัวข้อต่อไปในงานวิจัยนี้จะประกอบด้วย ส่วนที่ 2 กล่าวถึงวิธีการที่งานวิจัยนี้นำเสนอ ส่วนที่ 3 อธิบายถึงโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับในการตรวจจับสัญญาณไฟจราจร ส่วนที่ 4 กล่าวถึงข้อมูลในการทดลอง ส่วนที่ 5 กล่าวถึงการทดลองกับภาพสัญญาณไฟจราจรสีแดง และส่วนที่ 6 เป็นบทสรุปของงานวิจัย



รูปที่ 1 ผังงานของวิธีการที่นำเสนอ

## 2. กระบวนการ

### 2.1 การแยกแยะสัญญาณไฟจราจร

สารสนเทศสีของสัญญาณไฟจราจรเป็นคุณลักษณะที่สำคัญมากในหลายงานวิจัย อย่างไรก็ตามความแม่นยำของการตรวจจับสีสัญญาณไฟจราจรนับเป็นสิ่งที่สำคัญ สำหรับตรวจจับสัญญาณไฟจราจรเช่นกัน งานวิจัยนี้ได้แปลงภาพจาก RGB เป็น YCbCr เพราะ RGB อ่อนไหวต่อความเข้มข้นของแสงในระดับที่ต่างกันซึ่งเป็นจุดอ่อนของ ปริภูมิสี RGB โดยปริภูมิสี YCbCr ประกอบด้วย Y คือ (Luma Channel) ซึ่งถูกกำหนดให้มีขนาด 8 บิต ในช่วง 16 – 235 ส่วน Cb และ Cr เป็น (Blue-Difference Chroma Channel) และ (Red-Difference Chroma Channel) ตามลำดับ ซึ่งถูกกำหนดให้มีช่วง 16 – 240 ตามรูปที่ 2 จะแสดงแต่ละ Channel ของปริภูมิสี YCbCr และ Segment ของแต่ละปริภูมิสี YCbCr ส่วนรูปที่ 3 แสดงการกระจายฮิสโตแกรมของตัวอย่างพื้นที่ที่สัญญาณไฟจราจรและ Threshold สำหรับปริภูมิสี Cb และ Cr สำหรับกฎ 5 ข้อที่ใช้กำหนดกรอบพื้นที่สัญญาณไฟจราจรสีแดง Cb-Cr นั้นมีดังนี้

$$Cr \leq 1.5 \times Cb + 20 \quad (1)$$

$$Cr \geq 0.3 \times Cb + 76.20 \quad (2)$$

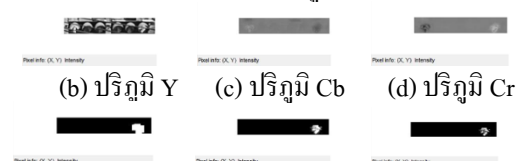
$$Cr \geq -4.5 \times Cb + 234.56 \quad (3)$$

$$Cr \leq -1.1 \times Cb + 301.7 \quad (4)$$

$$Cr \leq -2.2 \times Cb + 432.8 \quad (5)$$



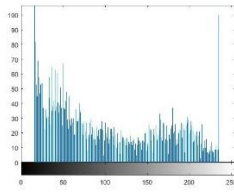
(a) ภาพบนปริภูมิสี RGB



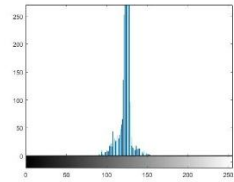
(b) ปริภูมิ Y (c) ปริภูมิ Cb (d) ปริภูมิ Cr

(e) Y Segmented (f) Cb Segmented (g) Cr Segmented

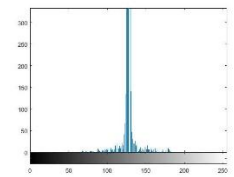
รูปที่ 2 แสดงแต่ละ Channel ของปริภูมิสี YCbCr และ Segment ของแต่ละปริภูมิสี YCbCr



การกระจายฮิสโตแกรมของ Y Channel



การกระจายฮิสโตแกรมของ Cb Channel

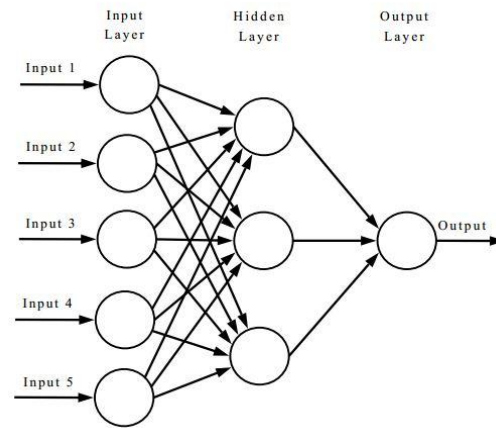


การกระจายฮิสโตแกรมของ Cr channel

รูปที่ 3 ฮิสโตแกรมของแต่ละปริภูมิสี YCbCr

### 3. โครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับ

ในงานวิจัยนี้ โครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับได้ถูกใช้เป็นกฎการฝึกในหลายเลเยอร์ โดยเครือข่ายจะได้รับการฝึกโดยวิธีการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning Method) [14] ค่าน้ำหนักคะแนนของเครือข่าย (Network Weight) จะแปรผกผันกับ Gradient of Performance Function เวกเตอร์นำเข้าและเวกเตอร์เป้าหมายที่สอดคล้องกันจะถูกใช้เพื่อฝึกฝนเครือข่ายจนกระทั่งสามารถประมาณ Performance Function ดังกล่าว เชื่อมโยงเวกเตอร์นำเข้ากับเวกเตอร์ผลลัพธ์ หรือจำแนกเวกเตอร์นำเข้าในหนทางที่เหมาะสมตามที่กำหนดโดยผู้ใช้ รูปที่ 4 แสดงสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับที่ได้รับการพัฒนาขึ้น โดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับนั้นมีเลเยอร์ของ Sigmoid Neuron ซ่อนอยู่ ตามด้วยเลเยอร์ผลลัพธ์ของ Linear Neuron



รูปที่ 4 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับที่ได้รับการพัฒนาขึ้น

ในเอกสารนี้ โครงข่ายประสาทเทียม Back-Propagation ใช้สำหรับการจำแนกประเภทและการรับรู้ ในเอกสารนี้การทดลองใช้ 3 อินพุตต่อรูปแบบ 6 เซลล์ประสาทที่ซ่อนอยู่ เซลล์ประสาทเอาต์พุต 2 ตัว 0.9 สำหรับ โมเมนตัม 0.7 สำหรับอัตราการเรียนรู้และข้อผิดพลาดถูกกำหนดเป็น 0.001 สำหรับ หยุดภาวะ

### 4. ข้อมูลในการทดลอง

ในการทดลองนี้ใช้ภาพสัญญาณไฟจราจรสีแดงขนาด 25x25 พิกเซล ซึ่งถูกสกัดออกมาจากภาพพื้นที่ยสัญญาณไฟจราจรสีแดงเป็นข้อมูลนำเข้าโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับ โดยใช้ภาพสี RGB นำเข้าจำนวน 50 ภาพ ซึ่งแต่ละภาพประกอบด้วยพื้นที่ 625 พิกเซล เลเยอร์ผลลัพธ์จะประกอบด้วย 2 ค่า มีชื่อ p1 และ p2 โดย p1 จะหมายถึง สัญญาณไฟจราจรสีแดง และ p2 จะหมายถึงไม่มีสัญญาณไฟจราจรสีแดง สกัดส่วนของสัญญาณไฟจราจรสีแดงจากภาพสัญญาณไฟจราจรซึ่งถูกจับภาพโดยกล้องดิจิทัล จากนั้นย่อภาพที่ถูกสกัดออกมาให้อยู่ที่ขนาด 25x25 พิกเซล และแปลงภาพนั้นเป็นภาพสามภาพตามแต่ละปริภูมิสี YCbCr พายที่สุดทำการปรับค่าองค์ประกอบให้เป็นมาตรฐาน [0, 1] เพื่อใช้ภาพนั้นเป็นข้อมูลนำเข้าโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับต่อไป รูปที่ 5 แสดงตัวอย่าง

ของภาพสัญญาณไฟจราจรและภาพสัญญาณไฟจราจรสีแดงที่ถูกย่อขนาดลงมาและถูกสกัดออกมาจากภาพสัญญาณไฟจราจร



รูปที่ 5 แสดงภาพสัญญาณไฟจราจรและภาพสัญญาณไฟจราจรสีแดงที่ถูกย่อขนาดลงมา

### 5. การทดลองกับภาพสัญญาณไฟจราจรสีแดง

ในการทดลองนี้ มีการใช้ข้อมูล 50 ชุด สำหรับฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับ หลังจากการฝึกฝนเสร็จสิ้นแล้วจึงประเมินประสิทธิภาพในการจำแนก (Classification) ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับด้วยข้อมูลทดสอบ 50 ชุด ในการจำแนกนั้น พิจารณาภาพว่ามีสัญญาณไฟจราจรสีแดงหาค่าผลลัพธ์  $p1 > p2$  และพิจารณาว่าไม่มีสัญญาณไฟจราจรสีแดงหาค่าผลลัพธ์เป็นไปในทางตรงกันข้าม โดยใช้  $N$  เป็นจำนวนเฟรมทดสอบ และ  $C$  เป็นจำนวนของเฟรมที่ผลลัพธ์ของการจำแนกนั้นถูกต้อง จากนั้นคำนวณความแม่นยำ (ACC)

ของการจำแนก โดยสูตร  $ACC = \frac{C}{N} \times 100$

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์ จากการทดลองเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น

| วิธีการจำแนก       | Accuracy % |
|--------------------|------------|
| k-nearest neighbor | 55 %       |
| Proposed           | 94 %       |

หลังจากทดลองโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับและขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดพบว่า ตัวแยกประเภทด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยค่าความแม่นยำสูงถึง 94%

### 6. บทสรุป

ในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการตรวจจับสัญญาณไฟจราจรสีแดง วิธีการนี้สามารถช่วยตรวจจับว่าผู้ขับฝ่าสัญญาณไฟจราจรสีแดงหรือไม่ โดยใช้ภาพสีในปริภูมิสี YCbCr และโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับ ในการทดลองนี้ ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งค่าย้อนกลับแบบสามเลเยอร์เพื่อตรวจจับสัญญาณไฟจราจรสีแดงและประเมินส่วนต่าง ๆ ของสัญญาณไฟจราจรในการตรวจจับว่าไม่มีสัญญาณไฟจราจรสีแดงอยู่หรือไม่ ซึ่งวิธีการที่เสนอนั้นให้ความแม่นยำในการตรวจจับสัญญาณไฟจราจรสีแดงที่ 94% นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นเพื่อตรวจจับสัญญาณไฟจราจรสีแดงโดยใช้ขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด ซึ่งให้ความแม่นยำที่ 55% อย่างไรก็ตาม ยังมีสัญญาณไฟจราจรบางประเภทที่จะเปลี่ยนสีไปตามแต่ละช่วงเวลา

การทดสอบครั้งที่สองดำเนินการในการตรวจสอบข้าม 10 ครั้ง ตารางที่ 1 เป็นรายละเอียดความแม่นยำในการตรวจจับสัญญาณไฟจราจรแต่ละครั้งในชุดข้อมูลความถูกต้องทั้งหมดถูกคำนวณโดยเฉลี่ย 10 เท่า

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์จากการทดลอง Cross Validation บนฐานข้อมูล

| Number of 10-fold | Accuracy (%) |      |      |      |
|-------------------|--------------|------|------|------|
|                   | K=1          | K=3  | K=5  | K=7  |
| 1                 | 93           | 83   | 91   | 92   |
| 2                 | 92           | 81   | 92   | 94   |
| 3                 | 94           | 94   | 92   | 92   |
| 4                 | 86           | 92   | 84   | 91   |
| 5                 | 93           | 92   | 92   | 89   |
| 6                 | 87           | 87   | 85   | 81   |
| 7                 | 91           | 82   | 87   | 90   |
| 8                 | 90           | 89   | 81   | 93   |
| 9                 | 83           | 90   | 92   | 84   |
| 10                | 91           | 88   | 90   | 93   |
| Average           | 90           | 87.8 | 88.6 | 89.9 |

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการทำงานยังสามารถพัฒนาต่อไปได้อีก ในอนาคตการดัดแปลงงานวิจัยนี้คือการเพิ่มความแม่นยำของการตรวจจับสัญญาณไฟจราจรลักษณะดังกล่าวโดยการหา Threshold หลายระดับในแต่ละช่วงเวลาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้น

## 7. Reference

- [1] V.Gradinescu, C.Gorgorin, R.Diaconescu, V.Cristea, and L.Iftode. Adaptive traffic lights using car-to-car communication” in VTC Spring. IEEE: 21–25, 2007. [Online]. Available: <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/vtc/vtc2007s.html>
- [2] T.-H.Hwang, I.H.Joo and S.I.Cho. Detection of traffic lights for vision-based car navigation system. in PSIVT: 682–691, 2006.
- [3] X.Liu, S.Zhu, and K.Chen. Method of Traffic Sign Segmentation Based on Color-Standardization. International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, 978-0-7695-3752-8: 193-197, 2009.
- [4] W.Y.Wu, T.C.Hsieh and C.S.Lai. Extracing Road Sign Using The Color Information. 26 CANAKKALE : WORLD ACAD SCI, ENG & TECH-WASET: 282-286, 2007.
- [5] D.T.Pankaj and M.E.Patil. Recognition of traffic symbols using Kmeans and shape analysis. International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT) 2(5): 162-169, 2013.
- [6] A.Danti and Y.Kulkarni. Images Processing Approach To Detect Road Sign in India Roads. International Journal Of Research in Advent Technology, 1(5): 409-417, 2013.
- [7] H.Fleyeh. Shadow And Highlight Invariant Colour Segmentation Algorithm For Traffic Signs. IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems. Bangkok, Thailand, 2006.
- [8] A.Ruta, Y.Li and X.Liu. Detection, Tracking and Recognition of Traffic Signs from Video Input. Proceedings of the 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. Beijing, China, 2008.
- [9] A.Lorasakul and J.Suthakom. Traffic Sign Recognition for Intelligent Vehicle/Driver. In International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence, 2007.
- [10] Mohammad A. N. Al-Azawi. Neural Network Based Automatic Traffic Signs Recognition. International Journal of Digital Information and Wireless Communications, 2012.
- [11] H.N.Dean and K.V.Jabir. Real Time Detection and Recognition of Indian Traffic Signs using Matlab. International Journal of Scientific & Engineering Research, 4(5): 684-690, 2013.
- [12] S.M.Baschon, S.L.Arroyo, P.G. Jimenez, H.G. Moreno and F.L.Ferreras. Road-Sign Detection and Recognition Based on Support Vector Machines. IEEE. Transactions On Intelligent Transportation System, 8(2), 2007.
- [13] A.V.Deshpande. Design Approach for a Novel Traffic Sign Recognition System by Using LDA and Images Segmentation by Exploring the Color and Shape Feature of an Image. International Journal of Engineering Research and Applications, 4(11): 20-26, 2014.
- [14] T.Boongoen, N.Iam-On and B.Undara. Improving Face Detection with Bi-Level Classification Model. RTAFA Journal of Science and Technology, 12(12): 52-63, 2016.