การนำเทคโนโลยีตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (Automatic License Plate Recognition: ALPR) มาใช้แทนบัตร Transit Card ในโครงการปรับปรุงระบบเก็บค่าผ่านทาง ทางพิเศษบูรพาวิถี

The Development of Automatic License Plate Recognition technology to replace Transit Card under the improvement project for Toll Collection System on Burapha Withi Expressway

สุมิตร ตุงโสธานนท์[1,*], วัลลภ ศิลปกุล[2], จุไรรัตน์ ปรีชาศิลป์[3], ทักษิณา กรไกร[4] และ สันติ ชาติวิวัฒนาการ[5]

[1,2,3,5] กองบำรุงรักษาอุปกรณ์ ฝ่ายบำรุงรักษา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย จ.กรุงเทพมหานคร
[4] กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย จ.กรุงเทพมหานคร
**Corresponding author; E-mail address: Sumitpnru@gmail.com*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการนำเทคโนโลยีตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (Automatic License Plate Recognition: ALPR) มาใช้แทนบัตร Transit Card ในโครงการปรับปรุงระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (MTC) และแบบอัตโนมัติ (ETC) ทั้งในส่วนของช่องทางขาเข้า ณ ด่านต้นทาง และช่องทางขาออก ณ ด่านปลายทาง บนทางพิเศษบูรพาวิถี เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการรับชำระค่าผ่านทางพิเศษตามระยะทางและลดค่าใช้จ่ายในเชิงปฏิบัติการและบำรุงรักษาในอีก 5 ปีถัดไป จากการใช้งบประมาณมากกว่า 214 ล้านบาท เหลือไม่เกิน 25 ล้านบาท ทั้งนี้ยังเพิ่มความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรผ่านทางที่เพิ่มขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาจราจรติดขัดบริเวณช่องทาง ณ หน้าด่านต้นทาง จากเดิมมากกว่า 600 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง เป็นมากกว่า 1,800 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง และช่องทาง ณ หน้าด่านปลายทาง จากเดิมมากกว่า 300 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง เป็นมากกว่า 450 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง ประกอบกับการรองรับการเดินทางแบบไร้รอยต่อทำให้ลดขั้นตอนการบริหารจัดการการคิดอัตราค่าผ่านทางตามระยะทางร่วมกันได้ระหว่างทางพิเศษบูรพาวิถี ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) และทางพิเศษที่จะเกิดขึ้นต่อไปในอนาคต รวมถึงประโยชน์อื่นๆ ที่จะได้รับในอนาคต เมื่อเปิดให้บริการโครงการปรับปรุงระบบเก็บค่าผ่านทางทางพิเศษบูรพาวิถี โดยการใช้เทคโนโลยี ALPR จะสร้างผลตอบแทนอย่างคุ้มค่าต่อทั้งประชาชนและการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

คำสำคัญ: ระบบตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (ALPR), Transit Card, การเดินทางแบบไร้รอยต่อ

Abstract

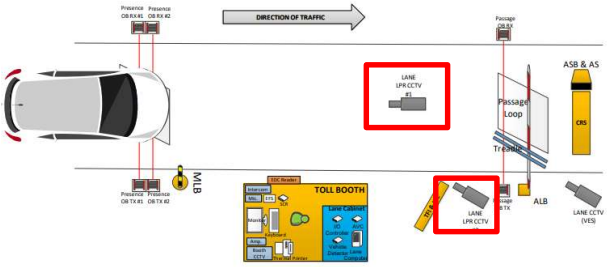
This article presents the development of Automatic License Plate Recognition (ALPR) technology to replace Transit Card under the improvement project for Toll Collection System on Burapha Withi Expressway. Moreover, it supports seamless travel by reducing the work process for the calculation of toll fee according to the distance of the Burapha Withi expressway. By using ALPR technology to replace transit cards in the project, both Manual Toll Collection System (MTC) and Electronic Toll Collection System (ETC) will be improved. The comparison between advantages and disadvantages shows that expenses for operation and maintenance within 5 years will decrease EXAT's budget from 214 million baht to only 25 million baht. In addition, the traffic throughput volume for the entry lane will extend from 600 vehicles per hour per lane to 1,800 vehicles per hour per lane and the traffic throughput volume for the exit lane will extend from 300 vehicles per hour per lane to 450 vehicles per hour per lane, which will help to solve the traffic congestion for both entry and exit lanes of the Burapha Withi expressway, the Kanchanaphisek (Bang Phli Suk Sawat) expressway and other future expressways. There are other benefits in the future when the improvement of Toll Collection System on Burapha Withi Expressway project will be opened for service. With ALPR technology, it will increase the efficiency of toll payment service and provide worthwhile returns to both the public and Expressway Authority of Thailand.

Keywords: Automatic License Plate Recognition (ALPR), Transit Card, Seamless Travel

คงที่ (Fixed ALPR) ณ ตำแหน่งด้านบน (Top View) และด้านข้าง (Side View) ของช่องเก็บค่าผ่านทางทุกๆ 1 ช่องทาง ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 กล้องวงจรปิด (CCTV) พร้อมโครงติดตั้งครอบกล้อง (Housing)



รูปที่ 2 ตำแหน่งการติดตั้งกล้องวงจรปิด (CCTV)

และจะทำการบันทึกภาพทั้งที่เป็นลักษณะภาพนิ่ง (Capture) และภาพเคลื่อนไหว (Streaming) และประมวลผลอ่านป้ายทะเบียนรถยนต์ผ่าน Software ประมวลผลแล้วจัดเก็บบนเครื่องแม่ข่ายสำหรับประมวลผลภาพ (Image Server) ตามรูปที่ 3 ซึ่งสามารถเรียกดูภาพและรายงานข้อมูลต่างๆ ย้อนหลังได้

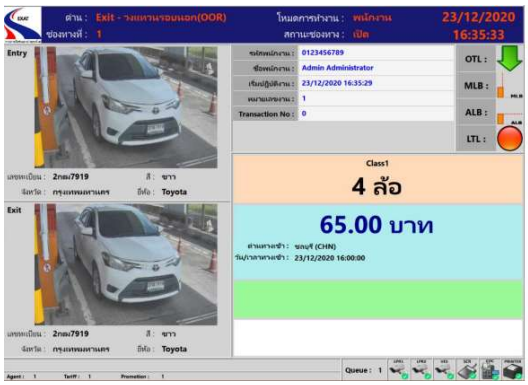


รูปที่ 3 เครื่องแม่ข่ายสำหรับประมวลผลภาพ (Image Server)

อย่างไรก็ตาม การติดตั้งอุปกรณ์กล้องวงจรปิด (CCTV) สำหรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ALPR จะต้องคำนึงถึงการคำนวณระยะติดตั้ง มุมมองที่เหมาะสมสำหรับกล้องวงจรปิด (CCTV)

2) ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface : GUI)

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface : GUI) ตามรูปที่ 4 เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเพิ่มความสะดวกให้กับพนักงานเก็บค่าผ่านทางที่ปฏิบัติหน้าที่ที่ช่องทางขาออกในการคิดอัตราค่าผ่านทางที่แปรผันไปตามระยะทางและประเภทของรถ (Classification) โดยโปรแกรมที่ช่องทาง (Lane Software) จะทำการจับคู่ข้อมูล (Matching) ป้ายทะเบียนรถยนต์ระหว่างช่องทางขาเข้าและขาออกอย่างอัตโนมัติเพื่อทราบระยะทางที่แท้จริง ซึ่งระบบดังกล่าว จะสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเก็บค่าผ่านทางรูปแบบเดิมที่ใช้บัตร Transit Card จะไม่สามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้ และการแยกประเภทรถจะได้จากอุปกรณ์จำแนกประเภทรถยนต์อัตโนมัติ (Automatic Vehicle Classification : AVC) ทั้งนี้ หน้าจอ GUI จะแสดงรูปลักษณะรถยนต์ที่ได้จากช่องทางขาเข้าและขาออก เพื่อให้พนักงานเก็บค่าผ่านทางตรวจสอบข้อมูลต่างๆ เช่น สี ยี่ห้อ ประเภทรถ ข้อมูลทะเบียนรถยนต์ และอัตราค่าผ่านทาง ว่าถูกต้องหรือไม่ก่อนที่จะแจ้งอัตราค่าผ่านทางเพื่อเรียกเก็บจากผู้ใช้ทางต่อไป



รูปที่ 4 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (GUI) ของ Lane Software

3) ซอฟต์แวร์ประมวลผลเทคโนโลยี ALPR

เมื่อเคลื่อนที่ผ่านมุมมองของอุปกรณ์กล้องที่กำหนดไว้ ระบบจะดำเนินการถ่ายภาพป้ายทะเบียนรถ ทั้งในส่วนของกล้อง Side View และกล้อง Top View หลังจากนั้น Algorithm จะดำเนินการวิเคราะห์ป้ายทะเบียนรถ และแยกข้อความต่างๆ ที่ปรากฏอยู่บนแผ่นป้ายทะเบียนรถ ทั้งนี้ ความแม่นยำของเทคโนโลยี ALPR จะขึ้นอยู่กับความสามารถของ Algorithm ที่ใช้ในการวิเคราะห์และแยกข้อความต่างๆ ที่ปรากฏอยู่บนภาพถ่ายแผ่นป้ายทะเบียน โดยทั่วไป ซอฟต์แวร์ที่ใช้ประมวลผลภาพถ่ายแผ่นป้ายทะเบียนด้วยระบบ ALPR จะต้องประกอบด้วย 5 Algorithm หลักๆ ดังนี้

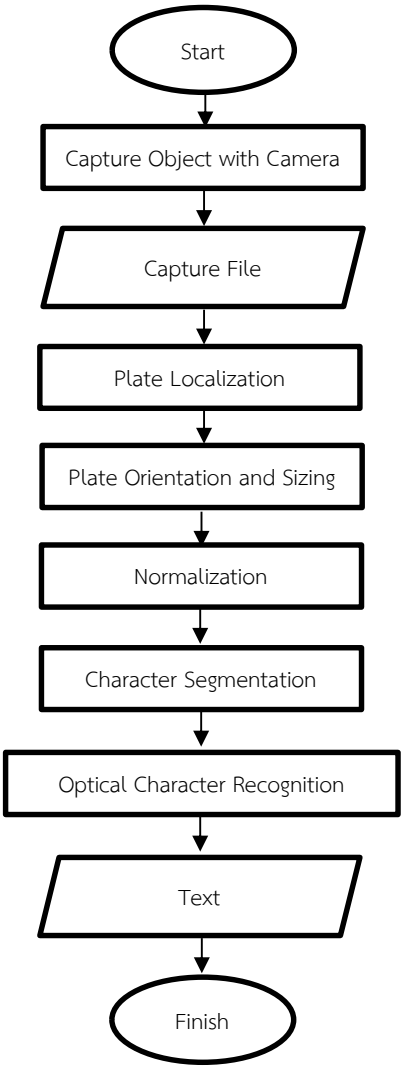
1) Plate Localization ทำหน้าที่ค้นหาตำแหน่งของป้ายทะเบียนจากภาพถ่าย

2) Plate Orientation and Sizing ทำหน้าที่ปรับแต่งขนาดของข้อความและป้ายทะเบียนจากภาพถ่าย

3) Normalization ทำหน้าที่ปรับความคมชัดและความสว่างของภาพให้เหมาะสม

4) Character Segmentation ทำหน้าที่วิเคราะห์แยกตัวอักษรต่าง ๆ บนป้ายทะเบียน

5) Optical Character Recognition ทำหน้าที่แปรผลภาพถ่ายเป็นข้อความให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้



รูปที่ 5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมประมวลผลเทคโนโลยี ALPR

4) อัตราการรองรับปริมาณจราจรผ่านทาง (Flow Rate)

อัตราการรองรับปริมาณจราจรผ่านทาง (Flow Rate) จะใช้วิธีการวัดประสิทธิภาพแสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$\frac{60}{t} \times 60 = f \qquad (1)$$

เมื่อ t = เวลานับจากระยะเวลาที่วิ่งเข้าและออกช่องทาง (วินาที)

f = ปริมาณจราจรผ่านทางที่รับได้ (คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง)

5) อัตราการรับชำระค่าผ่านทาง (Service Rate)

อัตราการรับชำระค่าผ่านทาง (Service Rate) จะใช้วิธีการวัดประสิทธิภาพแสดงได้ดังสมการที่ (1)

เมื่อ t = เวลานับจากระยะเวลาที่พนักงานรับชำระค่าผ่านทาง (วินาที)

f = ปริมาณจราจรผ่านทางที่รับได้ (คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบตรวจจับป้ายทะเบียนรถในการอ่านแผ่นป้ายทะเบียนรถเพื่อวิเคราะห์ตัวอักษรและตัวเลขในภาษาต่างๆ ซึ่งจะต้องมีการปรับปรุงโปรแกรม (Learning) เพื่อให้ได้ค่าป้ายทะเบียนรถที่ถูกต้อง โดยส่วนมากจะถูกนำมาใช้งานในอาคารจอดรถ ระบบเก็บค่าผ่านทาง เป็นต้น โดยได้สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

1) การศึกษาระบบอ่านแผ่นป้ายทะเบียนอัตโนมัติในประเทศไทยด้วยระบบเซนเซอร์รูปภาพ [3] โดยศึกษาการตรวจจับป้ายทะเบียน และอ่านป้ายทะเบียน ที่ประกอบด้วยการอ่านตัวอักษรภาษาไทยประจำหมวดและตัวเลขอารบิคหมายเลขทะเบียน ทำการเก็บข้อมูลรูปภาพรถยนต์ทุกประเภททั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืน สามารถรวบรวมข้อมูลรูปภาพนำเข้าเพื่อประมวลผลทั้งหมด 10,174 ภาพ พบว่า มีความแม่นยำในการตรวจจับป้ายทะเบียนร้อยละ 94.6 มีความแม่นยำในการอ่านตัวเลขอารบิคหมายเลขทะเบียนร้อยละ 93.7 มีความแม่นยำในการอ่านตัวอักษรภาษาไทยประจำหมวดร้อยละ 92.8 และมีความแม่นยำในการอ่านทั้งตัวอักษรและตัวเลขหมายเลขทะเบียนร้อยละ 92 สามารถสรุปความแม่นยำโดยรวมทั้งหมดของระบบตรวจจับและอ่านป้ายทะเบียนอัตโนมัติร้อยละ 87

2) การศึกษาโดยใช้แสงเลเซอร์ในการตรวจสอบหาวัตถุที่อยู่บนถนน [4] ซึ่งภาพที่ได้จากการสะท้อนกลับของแสงเลเซอร์จะมีการใช้ความแตกต่างของเทรชโฮลด์ (Threshold) เพื่อแยกภาพยานพาหนะออกจากภาพถนน ซึ่งจะมีการแยกประเภทยานพาหนะออกเป็น 3 ประเภท คือ รถยนต์ส่วนบุคคล, รถอเนกประสงค์ และรถบรรทุก หลังจากนั้นก็ทำการเปรียบเทียบการจำแนกประเภทยานพาหนะ 3 วิธี ได้แก่ การใช้ค่าระยะห่างที่น้อยที่สุด การใช้โครงข่ายประสาทเทียม และ การจำแนกด้วยวิธีการใช้กฎพบว่าวิธีการใช้ค่าระยะห่างที่น้อยที่สุดเป็นวิธีที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุด โดยการทดสอบครั้งนี้เป็นการทดสอบยานพาหนะทั้งหมด 261 คัน

3) การศึกษาระบบอ่านแผ่นป้ายทะเบียนอัตโนมัติเฉพาะแผ่นป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ในประเทศไทยโดยศึกษาการตรวจจับป้ายทะเบียนและการอ่านป้ายทะเบียนที่ประกอบด้วย 3 บรรทัด [5] ดังนี้ บรรทัดที่หนึ่ง คือ ตัวอักษรภาษาไทยประจำหมวด บรรทัดที่สอง คือ ชื่อจังหวัดที่จดทะเบียน และบรรทัดที่สาม คือ ตัวเลขอารบิคหมายเลขทะเบียน ตามลำดับจากด้านบนไปด้านล่าง โดยนำเสนอวิธีการฝึกสอนและอ่านป้ายทะเบียนแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกแบ่งแยกบรรทัดแต่ละบรรทัดของแผ่นป้ายทะเบียนโดยวิธี Deep Learning (Mobile Nets และ Inception-V3) และขั้นตอนที่สองการฝึกสอนอ่านตัวอักษรภาษาไทยและตัวเลขอารบิค บนแผ่นป้ายทะเบียน ทำการประมวลผลกับรูปภาพนำเข้าในหลายมุมมอง พบว่า ระบบอ่านแผ่นป้ายทะเบียนอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำในการ

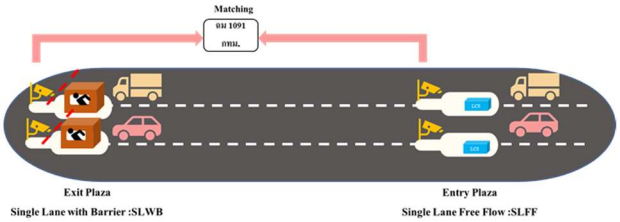
ตรวจจับและแบ่งแยกบรรทัดร้อยละ 96.94 และมีความแม่นยำในการอ่านตัวอักษรและตัวเลขอารบิคหมายเลขทะเบียนร้อยละ 91.76

4) การศึกษาประสิทธิภาพของระบบอ่านแผ่นป้ายทะเบียนอัตโนมัติโดยการพัฒนาอัลกิริทึม Unique Edge Detection และ Smarter Interpretation [6] ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) การเตรียมวีดีโอหรือรูปภาพนำเข้าของรถยนต์จากความละเอียดกล้อง ระยะห่าง สภาพแสงสว่างและสภาพอากาศที่แตกต่างกัน 2) การหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียน 3) การแบ่งแยกตัวอักษรบนแผ่นป้ายทะเบียน และ 4) การอ่านแผ่นป้ายทะเบียน ประมวลผลภาพนำเข้าทั้งหมด 95 ภาพ พบว่า มีความแม่นยำในการหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนร้อยละ 97.89 มีความแม่นยำในการแบ่งแยกตัวอักษรบนแผ่นป้ายทะเบียนร้อยละ 98.95 และมีความแม่นยำในการอ่านแผ่นป้ายทะเบียนร้อยละ 96.84

5) การศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพรบบตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (ALPR) ที่รองรับความเร็วสูง [7] เปรียบเทียบกับระบบที่ไม่รองรับความเร็วสูง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบไม่มีไม้กั้นในรูปแบบหลายช่องทาง (Multi – Lane Free Flow : MLFF) สามารถสรุปได้ว่า ระบบอ่านป้ายทะเบียนอัตโนมัติที่ทำการทดสอบบริเวณตำแหน่ง กม. 32+500 ทิศทางมุ่งหน้าบางนา ทางพิเศษบูรพาวิถี เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของการตรวจพบป้ายทะเบียนรถยนต์จากกล้อง ALPR ที่รองรับและไม่รองรับความเร็วสูง พบว่า กล้อง ALPR ที่รองรับความเร็วสูง สามารถตรวจพบป้ายทะเบียนเป็นสัดส่วนที่สูงกว่ากล้อง ALPR ที่ไม่รองรับความเร็วสูงที่ทุกช่วงความเร็ว โดยเมื่อค่าความเร็วยิ่งเพิ่มสูงขึ้นค่าความแตกต่างก็มีแนวโน้มสูงขึ้น ดังนั้น การเลือกใช้อุปกรณ์ระบบตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (ALPR) ที่รองรับความเร็วสูงจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้อุปกรณ์บนทางพิเศษซึ่งเป็นเส้นทางที่มีการใช้ความเร็วสูงกว่าถนนปกติ ทั้งนี้ความสมบูรณ์ของป้ายทะเบียนก็ส่งผลต่อประสิทธิภาพการตรวจจับป้ายทะเบียนด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้น ในการกำหนดมาตรฐานการตรวจสภาพรถควรจะหมายถึงสภาพของป้ายทะเบียนด้วย เพื่อประสิทธิภาพในการอ่านป้ายทะเบียน และหากจะปรับเปลี่ยนจากระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษอัตโนมัติเป็นการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบไม่มีไม้กั้นในรูปแบบหลายช่องทาง (Multi – Lane Free Flow: MLFF) ก็ควรป เ น ค0 รปปณ เท

□ 0 □ เ ม ั่

™P ™yP `



รูปที่ 8 ลักษณะการทำงานหลังปรับปรุง (ALPR)

3.2 เทคโนโลยีตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (ALPR)

3.2.1 ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่ช่องทางขาเข้า ณ ด่านต้นทางจะเปิดเป็นระบบ Single Lane Free Flow (SLFF)

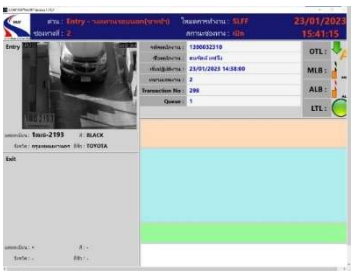
โดยระบบฯ มีหน้าที่ในการสั่งงานอุปกรณ์ต่างๆ ภายในช่องทางและอ่านข้อมูลตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (ALPR) เพื่อส่งข้อมูลทางเข้าไปยังช่องทางขาออก ณ ด่านปลายทาง ในกรณีที่ผู้ใช้ทางต้องการชำระค่าผ่านทางด้วยเงินสด หรือเขียนข้อมูลการผ่านทางที่ช่องทางขาเข้า ณ ด่านต้นทางลงบัตร Easy Pass ในกรณีที่ผู้ใช้ทางต้องการชำระค่าผ่านทางด้วยบัตร Easy Pass หรือ M-Pass โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) กรณีที่อ่านบัตร Easy Pass หรือ M-Pass ระบบจะแสดงรายละเอียด ALPR ที่อ่านได้และแสดงหมายเลข Easy Pass



รูปที่ 9 กรณีมีบัตร Easy Pass หรือ M-Pass ผ่านช่องทางขาเข้า (SLFF)

2) กรณีรถไม่มีบัตร Easy Pass หรือ M-Pass ระบบจะแสดงเฉพาะรายละเอียด ALPR ที่อ่านได้



รูปที่ 10 กรณีไม่มีบัตร Easy Pass หรือ M-Pass ผ่านช่องทางขาเข้า (SLFF)

3.2.2 ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่ช่องทางขาออกจะเปิดเป็นระบบ ETC หรือ MTC

โดยระบบฯ มีหน้าที่ในการสั่งงานอุปกรณ์ต่างๆ ภายในช่องทาง และอ่านข้อมูลตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (ALPR) เพื่อจับคู่ (Matching) ข้อมูลช่องทางขาเข้า และช่องทางขาออก ในระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) หรือเขียนข้อมูลช่องทางขาเข้าลงบัตร Easy Pass เพื่อจับคู่ (Matching) กับช่องทางขาออก ในกรณีที่ผู้ใช้ทางต้องการชำระค่าผ่านทางด้วยบัตร Easy Pass หรือ M-Pass โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ช่องทางขาออกเปิดเป็นระบบ MTC ถ้าพบรถที่ช่องทางขาออกและอ่านหมายเลขทะเบียน ALPR ได้ ระบบจะทำการตรวจสอบหมายเลขทะเบียน ALPR ที่ช่องทางขาเข้าและทำการคำนวณค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 11 การผ่านช่องทางขาออกระบบ MTC

2) ช่องทางขาออกเปิดเป็นระบบ ETC ถ้าพบรถที่ช่องทางขาออกและอ่านบัตร Easy Pass หรือ M-Pass ได้ ระบบจะแสดงหมายเลขทะเบียน ALPR ที่ช่องทางขาออก และตัดเงินจากบัตร Easy Pass หรือ M-Pass โดยอ่านข้อมูลขาเข้าจากไฟล์ Entry List และคำนวนค่าผ่านทางเพื่อทำการตัดเงินจากบัตร Easy Pass หรือ M-Pass ที่ช่องทางขาออกได้



รูปที่ 12 การผ่านช่องทางขาออกระบบ ETC

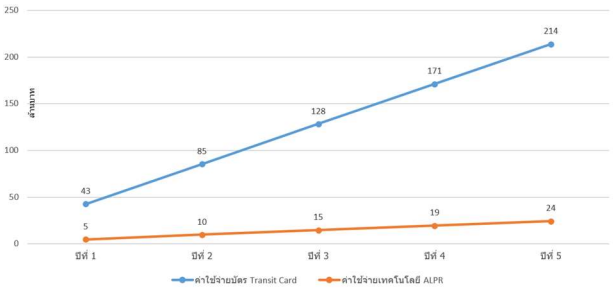
3.3 การเปรียบเทียบประมาณการค่าใช้จ่าย

ตารางที่ 1 สรุปการเปรียบเทียบประมาณการค่าใช้จ่ายระหว่างบัตร Transit Card และเทคโนโลยี ALPR

ลำดับ	ค่าใช้จ่าย	รายละเอียด	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
1	บัตร Transit Card	ค่าบัตร Transit Card ใหม่ ปีละ 50,000 ใบ	500,000
		ค่าซ่อมแซมกล่อง Cartridge ปีละ 100 กล่อง	65,000
		ค่าจ้างพนักงานจ่ายบัตรฝั่งขาเข้าจำนวน 17 ด่าน (102 คน/ปี)	16,450,000
		ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องจ่ายบัตร Transit Card	25,734,385.71
2	เทคโนโลยี ALPR	ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์คิดที่อะไหล่สำรอง 10%	4,862,535
รวมค่าบำรุงรักษา 5 ปีถัดไป 1) บัตร Transit Card 42,749,385.71 x 5 = 213,746,928.55 บาท 2) เทคโนโลยี ALPR 4,862,535 x 5 = 24,312,675 บาท			

**เฉลี่ยจากการดูแลและบำรุงรักษา 5 ปีย้อนหลัง*

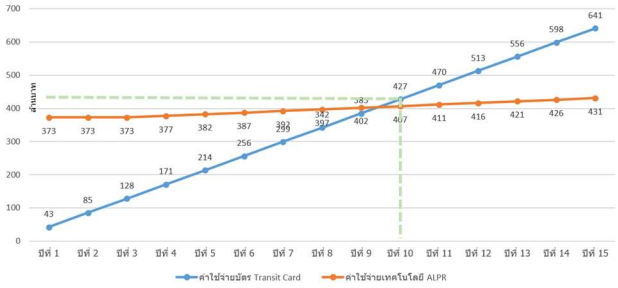
จากตารางที่ 1 ในอีก 5 ปีถัดไป หากยังใช้*บัตร* Transit Card จะมีค่าใช้จ่ายในเชิงปฏิบัติการและบำรุงรักษามากกว่า 214 ล้านบาท และหากนำเทคโนโลยี ALPR มาใช้แทน จะมีค่าใช้จ่ายไม่เกิน 25 ล้านบาท ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 การเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายบัตร Transit Card และเทคโนโลยี ALPR

3.4 การเปรียบเทียบความคุ้มค่า

จากข้อที่ 3.3 การประมาณการค่าใช้จ่าย โดยเมื่อนำค่าใช้จ่ายมาคำนวนจะเห็นได้ว่าหากใช้เทคโนโลยี ALPR มาแทน*บัตร* Transit Card จะมีความคุ้มค่าในการบำรุงรักษาในปีที่ 10 ดังแสดงในรูปที่ 14



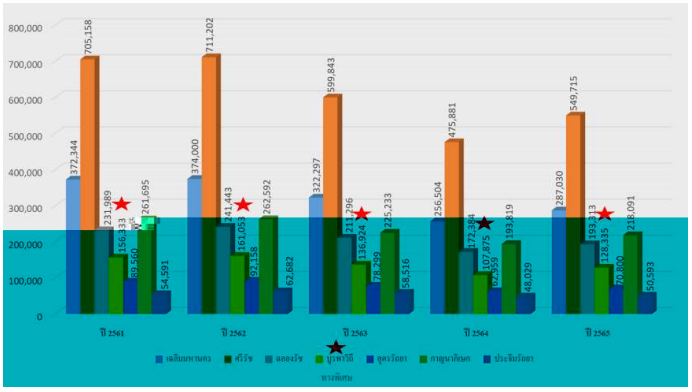
รูปที่ 14 การเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายบัตร Transit Card และเทคโนโลยี ALPR 15 ปีถัดไป

4. ผลการศึกษา

การนำเทคโนโลยี ALPR มาช่วยลดขั้นตอนและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเก็บค่าผ่านทางตามระยะทางนั้น ส่งผลให้ กทพ. ได้รับประโยชน์ 3 ส่วนหลักๆ ประกอบด้วย

1) สามารถลดค่าใช้จ่ายในเชิงปฏิบัติการ ไม่ว่าจะเป็นการจัดซื้อบัตร transit Card เพื่อใช้หมุนเวียนในระบบ และการจ้างพนักงานจ่ายบัตร รวมถึงค่าบำรุงรักษา หากยังใช้บัตร transit card ต่อไป กทพ. จะมีค่าใช้จ่ายมากกว่า 214 ล้านบาทในอีก 5 ปีข้างหน้า แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยี ALPR จะคงเหลือค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาไม่เกิน 25 ล้านบาท ภายในระยะเวลาเดียวกัน จะเห็นได้ว่า ส่วนต่างจะเป็นตัวเลขที่สูง ซึ่งอยู่ที่ 189 ล้านบาท โดยการดำเนินการดังกล่าวจะคุ้มทุนในปีที่ 10

2) สามารถแก้ไขปัญหาจราจรติดขัดบริเวณหน้าด่านได้ โดยอัตราการรองรับปริมาณจราจรผ่านทาง (Flow Rate) ของบัตร transit Card รองรับอยู่ที่ 600 คันต่อชั่วโมง ในทางตรงกันข้าม เทคโนโลยี ALPR รองรับปริมาณรถที่ผ่านทางได้สูงถึง 1,800 คันต่อชั่วโมง ส่วนต่างอยู่ที่ 1,200 คันต่อชั่วโมง จึงทำให้รถวิ่ง flow ได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 15 ปริมาณจราจรรายปี เฉลี่ยรายวัน 5 ปีย้อนหลัง (ตั้งแต่ปี 2561 – 2565)

3) รองรับการเดินทางแบบไร้รอยต่อทำให้ลดขั้นตอนการบริหารจัดการการคิดอัตราค่าผ่านทางตามระยะทางร่วมกันได้ระหว่างทางพิเศษบูรพาวิถี

ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) และทางพิเศษที่จะเกิดขึ้นต่อไปในอนาคต

ทั้งนี้ การนำเทคโนโลยีตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (Automatic License Plate Recognition: ALPR) มาใช้แทนบัตร Transit Card ในโครงการปรับปรุงระบบเก็บค่าผ่านทาง ทางพิเศษบูรพาวิถี เนื่องจากมีกระบวนการที่ยุ่งยากซับซ้อนโดยมีการคิดค่าผ่านทางตามระยะทาง ดังนั้นจะต้องมีการพัฒนาและออกแบบระบบตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (ALPR) ในส่วนช่องทางขาเข้า และช่องทางขาออก รวมถึงจะต้องนำระบบดังกล่าวมาใช้งานร่วมกับระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) และระบบเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ (ETC) ซึ่งอุปสรรคที่พบเจอในระหว่างออกแบบและติดตั้งนั้น จะแบ่งอุปสรรคได้เป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) สภาพแวดล้อม เช่น กลางวัน กลางคืน ฝนตก หรือแดดออก 2) ข้อจำกัดทางกายภาพเนื่องจากปรับปรุงจากช่องทางขาเข้าและขาออกเดิม 3) ประเภทรถยนต์ที่แบ่งออกเป็นรถประเภท 4 ล้อ 6-8 ล้อ 10 ล้อ และมากกว่า 10 ล้อ ซึ่งส่งผลให้เกิดเหตุการณ์รถใหญ่บังรถเล็ก ดังนั้นการติดตั้งกล้องตรวจจับป้ายทะเบียนอัตโนมัติ เพื่อตรวจจับป้ายทะเบียนจะต้องมีการทดลองปรับมุมกล้อง, เลนส์กล้อง, Optical Barrier, Loop และอุปกรณ์ AVC ทั้งนี้ หลังจากทดลองจะมีการบันทึกผลการทดลอง และวัดประสิทธิภาพระบบตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (ALPR) อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพระบบตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (ALPR) ที่ถูกต้อง และแม่นยำสูงที่สุดก่อนที่จะเปิดใช้งานจริง ซึ่งการเปิดใช้งานจริงนั้น ไม่สามารถเปิดใช้งานพร้อมกันทั้งสายทางในเวลาเดียวกันได้ โดยระหว่างการดำเนินการได้แบ่งการเปิดใช้งานออกเป็น 2 ระยะ ประกอบด้วย ระยะที่ 1 ทิศทางขาออกด่านบางนา 1 ไปด่านชลบุรี และวัดประสิทธิภาพก่อนที่จะดำเนินการติดตั้งในระยะที่ 2 โดยระยะที่ 2 ทิศทางขาเข้าด่านชลบุรี ไปด่านบางนา กม.6 ขาเข้า และด่านบางขุนเทียน 2 ซึ่งหลังจากติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้วได้มีการทดสอบเพื่อยอมรับระบบ (ATP) เป็นระยะเวลา 30 วัน เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าระบบตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (ALPR) สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีผลการทดสอบเพื่อยอมรับระบบ (ATP) 30 วัน พบว่าระบบสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถตรวจรับทะเบียนรถและอ่านค่าได้มากกว่า 95 % ทั้งนี้ พบปัญหาการชำรุดของป้ายทะเบียนและการไม่ติดป้ายทะเบียนอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งในโครงการนี้จะได้ค่าอัตราการรองรับปริมาณจราจรผ่านทาง (Flow Rate) ที่เพิ่มขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาจราจรติดขัดบริเวณช่องทาง ณ หน้าด่านต้นทาง จากเดิม t เท่ากับ 6 วินาที จะได้ค่า f อยู่ที่มากกว่า 600 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง เป็น t เท่ากับ 2 วินาที จะได้ค่า f อยู่ที่มากกว่า 1,800 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง และช่องทาง ณ หน้าด่านปลายทาง จากเดิม t เท่ากับ 12 วินาที จะได้ค่า f อยู่ที่มากกว่า 300 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง เป็น t เท่ากับ 8 วินาที จะได้ค่า f อยู่ที่มากกว่า 450 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง และอัตราการรับชำระค่าผ่านทาง (Service Rate) ในการรองรับปริมาณจราจรผ่านทางที่เพิ่มขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาจราจรติดขัดบริเวณช่องทาง ณ หน้าด่านต้นทาง จากเดิม t เท่ากับ 4 วินาที จะได้ค่า f อยู่ที่มากกว่า 900 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง เป็น t เท่ากับ 0.1 วินาที จะได้ค่า f อยู่ที่มากกว่า 36,000 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง และช่องทาง ณ หน้าด่านปลายทาง จากเดิม t เท่ากับ 10 วินาที จะได้ค่า f อยู่ที่มากกว่า 360 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง เป็น t เท่ากับ 6 วินาที จะได้ค่า f อยู่ที่มากกว่า 600 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง

5. สรุปผลการศึกษา

เทคโนโลยี ALPR สามารถตอบสนองในการด้านการนำมาประยุกต์ใช้งานกับระบบเก็บค่าผ่านทางได้มีประสิทธิภาพและช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการใช้งานบัตร Transit Card ทั้งในเชิงปฏิบัติการและค่าบำรุงรักษา ซึ่งได้เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย โดยค่าใช้จ่ายในเชิงปฏิบัติการและบำรุงรักษาในอีก 5 ปีถัดไป จากเดิมที่ใช้งานบัตร Transit Card จะมีค่าใช้จ่ายมากกว่า 214 ล้านบาท และเมื่อเปลี่ยนเป็นใช้เทคโนโลยีตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (Automatic License Plate Recognition: ALPR) เหลือไม่เกิน 25 ล้านบาท รวมถึงข้อดีในการปรับเปลี่ยนดังกล่าว จะทำให้ระบบเก็บค่าผ่านทาง ทางพิเศษบูรพาวิถีสามารถรองรับปริมาณจราจรผ่านทางที่เพิ่มขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาจราจรติดขัดบริเวณหน้าช่องทางขาเข้า ณ ด่านต้นทาง จากเดิมมากกว่า 600 คันต่อชั่วโมง/ช่องทาง เป็นมากกว่า 1,800 คันต่อชั่วโมง/ช่องทาง และช่องทางขาออก ณ ด่านปลายทาง จากเดิมมากกว่า 300 คันต่อชั่วโมง/ช่องทาง เป็นมากกว่า 450 คันต่อชั่วโมง/ช่องทาง อีกทั้งยังมีประโยชน์อื่น ๆ ที่จะได้รับในอนาคต และเมื่อเปิดให้บริการโครงการปรับปรุงระบบเก็บค่าผ่านทาง ทางพิเศษบูรพาวิถี โดยการใช้เทคโนโลยี ALPR จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการรับชำระค่าผ่านทางพิเศษและให้ผลตอบแทนอย่างคุ้มค่าต่อทั้งประชาชนและการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

6. ข้อเสนอแนะ

ผลจากการนำเทคโนโลยีตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (Automatic License Plate Recognition: ALPR) มาใช้แทนบัตร Transit Card ในโครงการปรับปรุงระบบเก็บค่าผ่านทาง ทางพิเศษบูรพาวิถี ทำให้เกิดความคุ้มค่าต่อทั้งประชาชนและการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ทั้งนี้ มีข้อเสนอแนะจากงานวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1) สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเพื่อรองรับการเดินทางแบบไร้รอยต่อทำให้ลดขั้นตอนการบริหารจัดการ การคิดอัตราค่าผ่านทางตามระยะทางร่วมกันได้ระหว่างทางพิเศษบูรพาวิถี ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) และทางพิเศษที่จะเกิดขึ้นต่อไปในอนาคต

2) การเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบในอนาคตจะต้องมีการบังคับใช้กฎหมายในการ Enforcement กับป้ายทะเบียนรถยนต์ที่ชำรุดเพื่อป้องกันการหลีกเลี่ยงการชำระค่าผ่านทาง

3) ควรมีการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR) ในโครงการต่อไปที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก 1) นายชาตรี ตันศิริ รองผู้ว่าการฝ่ายก่อสร้างและบำรุงรักษา (รผส.) 2) นายฐิติพันธ์ พานิชประสาทสิน ผู้อำนวยการฝ่ายบำรุงรักษา (ฝบร.) 3) นายพีรพงศ์ สุวรรณมณีสกุล ผู้อำนวยการกองบำรุงรักษาอุปกรณ์ (กบร.) และคณะทำงานที่ได้ให้คำเสนอแนะ แนวคิด เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด จนงานโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

[1] นิคม สุวรรณวร (2552). การศึกษาเบื้องต้นการนำเทคโนโลยีทางด้านการประมวลผลภาพมาใช้ในระบบรักษาความปลอดภัย. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หน้า 28-38.

[2] David J., R. and Meghann, C. (2012). Automated License Plate Recognition (ALPR) Use by Law Enforcement: Policy and Operational Guide, Summary, Washington USA., pp. 14p.

[3] Ogiuchi, Y., Higashikubo, M., Panwai, S. and Luengvilai, E. (2014). Automatic License Plate Detection and Recognition in Thailand. Sei Technical Review, 78, April 2014, pp.39-43.

[4] T. Lovas, C.K. Toth, A. Barsi, (2003). Model-based vehicle detection from lidar data. Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Budapest, Hungary.

[5] Puarungroj, W. and Boonsirisumpun, N. (2018). Thai License Plate Recognition Based on Deep Learning. Procedia Computer Science, 135, pp.214 – 221.

[6] Tejas, K., Ashok Reddy, K., Pradeep Reddy, D. and Rajesh Kumar, M. (2017). Efficient License Plate Detection By Unique Edge Detection Algorithm and Smarter Interpretation Through IoT. 7th international conference on soft computing and problem solving – SocPros 2017, 23 – 24 December 2017.

[7] พลฉัตร ยงญาติ, พรรณทิพา พันธ์ยิ้ม, ศิวัช ปัญญาชัยวัฒนากูล และเทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร (2564). การประเมินประสิทธิภาพของระบบอ่านป้ายทะเบียนอัตโนมัติที่รองรับความเร็วสูง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26, การประชุมรูปแบบออนไลน์, 23-25 มิถุนายน 2564, หน้า TRL-21-1 – TRL-21-6.