ตัวตรวจจับรถไฟด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอสำหรับเครื่องกั้นทางอัตโนมัติ

Trains Detection Using Video Processing Method for Automation Railroad Crossing

ซูไฮดี สนิ[1] ธีรพงษ์ ฉิมเพชร[1*] นราธร สังข์ประเสริฐ[1] และจรูญ เจริญเนตรกุล[1]
Suhaidee Sani[1] Teerapong Chimphet[1*] Naratorn Sangprasert[1] and Charoon Charoennatkul[1]

Received: December 2, 2019; Revised: March 30, 2020; Accepted: March 31, 2020

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอตัวตรวจจับรถไฟด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอสำหรับเครื่องกั้นทางอัตโนมัติมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการประมวลผลภาพเคลื่อนไหวเพื่อประยุกต์ใช้ในงานคมนาคมทางรางและเพื่อพัฒนาเป็นเครื่องมือด้านวิศวกรรมในการช่วยป้องกันอุบัติเหตุสำหรับจุดตัดผ่านทางรถไฟ ระบบถูกออกแบบให้ตรวจจับรถไฟดีเซลที่มีความเร็วไม่เกิน 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อาศัยกล้องทีวีวงจรปิดที่ติดตั้งไว้บริเวณด้านข้างรางรถไฟมีระยะห่างจากจุดตัดผ่านที่ติดตั้งเครื่องกั้นทางไว้เป็นระยะทาง 1 กิโลเมตร ข้อมูลภาพเคลื่อนไหวของรถไฟจะถูกส่งผ่านสายไฟเบอร์ออฟติกเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ทำการประมวลผลภาพที่ได้ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยอาศัยฟังก์ชันในการตรวจจับรถไฟ ได้แก่ ฟังก์ชันน้ำหนักของสีที่มีหน้าที่แยกแยะสีของวัตถุ ฟังก์ชันความเหมือนที่มีหน้าที่เปรียบเทียบวัตถุกับภาพในฐานข้อมูล และฟังก์ชันการเคลื่อนไหวด้วยขนาดพิกเซลของภาพที่มีหน้าที่ในการดูการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อระบบแยกแยะวัตถุที่เป็นรถไฟได้แล้วก็จะทำการส่งสัญญาณควบคุมให้เครื่องกั้นทางทำงาน ผลการทดลองสรุปได้ว่าระบบสามารถตรวจจับรถไฟดีเซลได้เป็นอย่างดีและมีความแม่นยำเมื่อขบวนรถเคลื่อนที่เข้าสู่ระยะ 50 เมตรจากตัวกล้อง โดยเครื่องกั้นทางสามารถทำงานได้ก่อนขบวนรถเคลื่อนที่มาถึงจุดตัดผ่านทางรถไฟ จึงถือได้ว่าเป็นเครื่องมือในการช่วยป้องกันอุบัติเหตุ ลดการพึ่งพาเทคโนโลยีที่มีราคาสูงและเป็นงานวิจัยหนึ่งในการช่วยพัฒนาระบบขนส่งทางรางในประเทศให้มีความยั่งยืน

คำสำคัญ : รถไฟ; วิดีโอ; เครื่องกั้นทาง

[1] *คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*
[1] *Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya*
[*] *Corresponding Author E - mail Address: ch_teerapong@hotmail.com*

Abstract

This paper presents trains detection by using video processing method for automation railroad crossing. It aims to study method of video processing, adaption in rail transport and developing engineering tools preventing accidents at crossing. The system is designed to detect diesel trains, which have the speed the limited speed posted at 120 km/h. The system use closed circuit TV cameras (CCTV), which were installed on the side of the railroad in 1 km from the crossing, to supports data recording. Data of video processing of trains will pass on fiber optic cable to a computer system. Then, processing of image of trains by program, which were developed by trains detection function which consists of color threshold function, pattern matching function and motion gauge function. When the system can identifiy objects that are trains, the system will sent signal control to railroad crossing. The results showed that the trains detection system works well with diesel trains and is a exact tool when the trains moving into distance 50 m from closed circuit TV camera (CCTV) and the railroad crossing works before the trains moving arrive at the crossing. The finding shows method of video processing could be an accident prevention on the rail road tool, decreasing dependence hight priced technology and it is a research in supporting the sustainable development railroad transportation system in Thailand.

Keywords: Train; Video; Railroad Crossing

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่งหลายด้าน หนึ่งในนั้นคือด้านระบบขนส่งทางราง โดยภาครัฐได้เล็งเห็นถึงความสำคัญอย่างมากเนื่องจากเป็นระบบที่มีผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ จึงเกิดเป็นโครงการหลายโครงการ เช่น การพัฒนาโครงข่ายรถไฟระหว่างเมือง การสร้างรางรถไฟทางคู่สายใหม่ เป็นต้น ทำให้สัดส่วนการขนส่งทางรถไฟในประเทศจะเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 1.5 เป็นร้อยละ 5 ประชาชนเข้าถึงรถไฟได้ง่ายขึ้นมีเส้นทางรถไฟที่ครอบคลุมพื้นที่ การเดินทางและการขนส่งด้วยรถไฟตรงเวลาและปลอดภัยมากขึ้น เป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากพื้นที่อย่างคุ้มค่านำไปสู่การตั้งถิ่นฐานอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้จะช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการขนส่งซึ่งจะส่งผลให้ประเทศมีขีดความสามารถในการแข่งขันที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย [1] แต่ถึงอย่างไรนั้นการคมนาคมขนส่งในประเทศก็ยังจำเป็นที่จะต้องพึ่งพาทางเลือกด้านอื่น ๆ เช่น ทางถนน ทางทะเล หรือแม้กระทั่งทางอากาศ หากแต่เมื่อระบบขนส่งทางรางพัฒนาเพิ่มขึ้นเป็นวงกว้างอาจส่งผลกระทบกับการคมนาคมด้านอื่น ตัวอย่างเช่น มีรางรถไฟที่มีถนนตัดผ่านมากขึ้นอาจส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุ เหมือนที่เกิดขึ้นมาแล้วทั้งในอดีตและปัจจุบัน ซึ่งสาเหตุอุบัติเหตุที่เกิดนั้นมีสาเหตุหลักมาจากทัศนวิสัยและสภาพแวดล้อม ตลอดจนความบกพร่องของ

อุปกรณ์บริเวณทางตัดผ่านหรือเกิดขึ้นเนื่องจากความประมาทเลินเล่อ ความคะนอง และการไม่ปฏิบัติตามกฎจราจรเพราะฉะนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาโครงข่ายรถไฟในประเทศอย่างแท้จริงจึงจำเป็นที่จะต้องแก้ปัญหาข้างต้นด้วย

จากข้อมูลของการรถไฟแห่งประเทศไทย [2] – [3] ระบุว่าโครงข่ายเส้นทางรถไฟทั้งประเทศมีจุดตัดผ่านทางรถไฟทั้งสิ้น 2,517 จุด เป็นจุดตัดที่ได้รับอนุญาต 1,933 แห่ง และไม่ได้รับอนุญาตหรือทางลักผ่าน 584 แห่ง โดยยังมีจุดตัดผ่านอีกหลายแห่ง ที่ยังไม่มีการติดตั้งระบบป้องกันอุบัติเหตุหรือเครื่องกั้นถนน ในแต่ละปีปรากฏข้อเท็จจริงว่าได้มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นในบริเวณจุดตัดทางรถไฟซึ่งเป็นจุดตัดของทางรถไฟกับถนนอยู่บ่อยครั้ง ดังเช่นในปี พ.ศ. 2558 ตัวเลขอุบัติเหตุสูงถึง 127 ครั้ง เสียชีวิต 27 คน และผู้บาดเจ็บ 31 คน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นในแต่ละครั้งจะนำมาซึ่งความสูญเสียมากมายไม่ว่าจะเป็นการสูญเสียชีวิตหรือทรัพย์สินทั้งของผู้ขับขี่ยานพาหนะ ผู้ที่โดยสารอยู่บนพาหนะที่แล่นผ่านทางรถไฟหรือความเสียหายแก่ตัวรถไฟ การแก้ไขปัญหาในส่วนนี้นั้นต้องใช้หลักการทางด้านวิศวกรรมในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมและทัศนวิสัยบริเวณทางตัดผ่าน โดยการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องหมายหรือการให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้ขับขี่เกี่ยวกับสาเหตุและความร้ายแรงของอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น

งานวิจัยนี้ได้เล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนาระบบขนส่งทางรางและความปลอดภัยในการคมนาคมทางถนนที่เกี่ยวข้องกับการคมนาคมทางรางจึงได้ทำการวิจัย การพัฒนาตัวตรวจจับรถไฟด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอสำหรับเครื่องกั้นทางอัตโนมัติ เพื่อเป็นเครื่องมือด้านวิศวกรรมในการช่วยลดอุบัติเหตุในจุดที่เป็นทางตัดผ่านทางรถไฟ โดยการพัฒนาระบบเครื่องกั้นทางตัดผ่านแบบอัตโนมัติที่ใช้หลักการประมวลผลภาพรถไฟจากสัญญาณวิดีโอ และเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยพัฒนาระบบขนส่งทางรางในประเทศให้มีความยั่งยืน ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อสนับสนุนแนวคิดในการทำวิจัยในครั้งนี้

บทความวิจัยในปี ค.ศ. 2015 ของ Shogo, Y., Naoko, T., Gege, D., Shinji, W., Masahide, T., Makoto, Y., and Tamio, O. เรื่อง Design Optimization of Magnetic Sensor for Train Detection [4] ได้นำเสนอการตรวจจับรถไฟด้วยเซนเซอร์แม่เหล็ก มีหลักการตรวจจับคือตัวกำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและตัวรับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะติดตั้งอยู่ด้านข้างบริเวณรางรถไฟ เมื่อรถไฟเคลื่อนที่มายังบริเวณดังกล่าวตัวล้อที่มีคุณสมบัติเป็นเหล็กจะทำหน้าที่เป็นสื่อนำฟลักซ์แม่เหล็กส่งผ่านไปยังตัวรับทำให้สามารถตรวจจับขบวนรถไฟได้และสามารถนำผลการตรวจจับที่ได้ไปควบคุมเครื่องกั้นทางได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งเป็นหลักการเดียวกันกับการรถไฟแห่งประเทศไทยใช้งานอยู่เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายสามารถตรวจจับรถไฟอย่างแม่นยำ แต่หากมีวัตถุหรือตัวนำที่สามารถเป็นสื่อนำฟลักซ์แม่เหล็กก็อาจทำให้ระบบเข้าใจว่ามีรถไฟเคลื่อนที่ผ่านเข้ามา

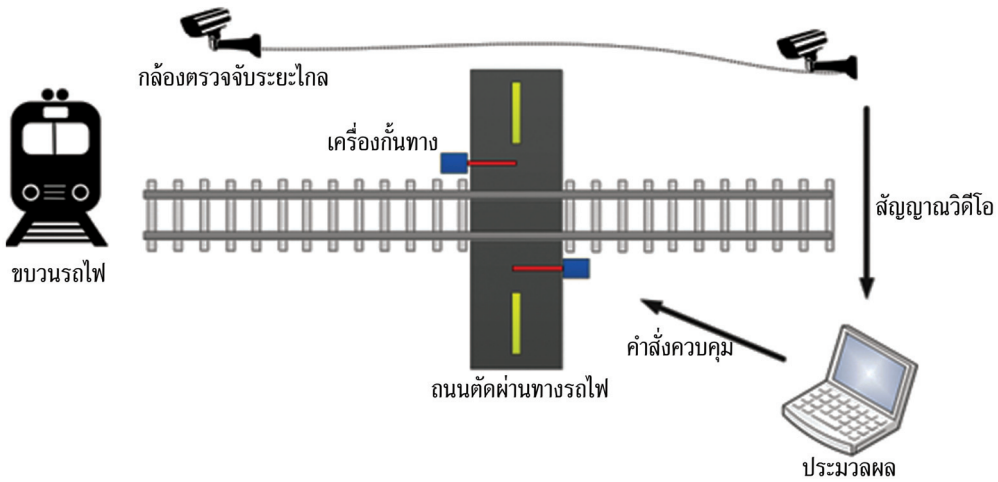
บทความวิจัยในปี ค.ศ. 2010 ของ Angrisani, L., Grillo, D., Schiano, R., Moriello, Lo., and Giovanni, F. เรื่อง Automatic Detection of Train Arrival Through An Accelerometer [5] ได้นำเสนอการตรวจสอบรถไฟที่กำลังมาถึงสถานีด้วยหลักการตรวจจับความเร่งที่ได้จากแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับตัวรางรถไฟ มีหลักการทำงานคือแรงสั่นสะเทือนในรางจะเกิดจากการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วของรถไฟเมื่อรถไฟเข้าใกล้สถานีจะทำให้ระดับของแรงสั่นสะเทือนในรางมีค่าสูงขึ้น จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นผู้วิจัยพบว่าหลักการตรวจจับดังกล่าวเป็นวิธีที่ต้องอาศัยการวิเคราะห์สัญญาณเพื่อจำแนกเอกลักษณ์สัญญาณที่เป็นของรถไฟ หากแต่ยังไม่สามารถระบุทิศทางในการเคลื่อนที่ได้

บทความวิจัยในปี ค.ศ. 2011 ของ Arvind, H. N., Paul, B., and Ralph, B. เรื่อง Railway Level Crossing Obstruction Detection Using MIMO Radar [6] เป็นบทความที่นำเสนอการตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมสำหรับเครื่องกั้นทางผ่าน โดยอาศัยเซนเซอร์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า Radar ที่มีความถี่ 24.225 GHz ติดตั้งเหนือพื้นดินบริเวณทางตัดผ่านมีระดับความสูงจากพื้นดิน 4 เมตร มีหลักการทำงานคือระบบจะมองรถไฟเป็นวัตถุหรือสิ่งแปลกปลอม ปรากฏขึ้นบนความถี่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากนั้นตัวประมวลผลจะคำนวณค่าความถี่ที่ได้รับแล้วสั่งการให้เครื่องกั้นทางตัดผ่านทำงานจากการศึกษางานวิจัยข้างต้นผู้วิจัยพบว่าหลักการตรวจจับดังกล่าวสามารถตรวจจับขบวนรถไฟที่กำลังเคลื่อนที่ได้ โดยผลลัพธ์ของงานวิจัยข้างต้นได้สรุปว่าขอบเขตในการตรวจจับขบวนรถไฟนั้นจะมีระยะ 30 เมตร ห่างจากเครื่องส่ง Radar

จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถสรุปได้ว่าการตรวจจับขบวนรถไฟจากงานวิจัยส่วนใหญ่จะอาศัยการติดตั้งเซนเซอร์ไว้กับรางรถไฟโดยเน้นการตรวจจับส่วนล้อของรถไฟหรือค่าสัญญาณของแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของขบวนรถ ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นหลักการที่ให้ความแม่นยำอยู่ในระดับสูงหากแต่ผู้วิจัยเห็นว่าลักษณะการติดตั้งบางหลักการยังคงต้องติดตั้งอุปกรณ์ค่อนข้างเยอะและง่ายต่อการรบกวนจากภายนอก เช่น มีผู้อาศัยอยู่บริเวณรางรถไฟนำโลหะไปวางตรงตำแหน่งเซนเซอร์ก็อาจทำให้เครื่องกั้นทางจุดตัดผ่านทำงานได้ การใช้กล้องทีวีวงจรปิดเฝ้าระวังรถไฟน่าจะเป็นทางออกของปัญหาข้างต้นได้อย่างดี

ทฤษฎีและกรอบแนวคิด

ตัวตรวจจับรถไฟด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอสำหรับเครื่องกั้นทางอัตโนมัตินี้ออกแบบมาสำหรับตรวจจับขบวนรถจักรดีเซลที่มีความเร็วต่ำ องค์ประกอบของระบบตามกรอบแนวคิดแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งสามารถอธิบายทฤษฎีและสมมติฐานในการออกแบบระบบดังนี้



รูปที่ 1 ระบบตรวจจับรถไฟด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอสำหรับเครื่องกั้นทางอัตโนมัติ

1. รถจักรดีเซลในประเทศไทยนิยมใช้รถจักรดีเซลอยู่ 2 ประเภทคือ รถดีเซลราง (Diesel Railcar) เป็นรถโดยสารที่มีเครื่องยนต์ดีเซลขับเคลื่อนด้วยตนเอง และรถจักรดีเซลไฟฟ้า (General Electric) คือรถจักรที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีต้นกำลังจากเครื่องยนต์ดีเซล โดยที่เครื่องยนต์ดีเซลจะหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าไปจ่ายให้มอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อทำการขับเคลื่อนเพลาให้รถเคลื่อนที่ โดยที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถจักรดีเซลนั้นจะมีค่าความเร็วสูงสุดอยู่ระหว่าง 100 - 103 กม./ชม. เมื่อขบวนรถจักรดีเซลวิ่งอยู่บนรางด้วยความเร็วหากเกิดเหตุฉุกเฉินนั้นขบวนรถจะต้องหยุดรถโดยการเบรก ซึ่งระยะเบรกโดยนัยดังกล่าว ตามมาตรฐานการออกแบบระบบเบรกที่การรถไฟไทยกำหนดขึ้นใช้เอง กำหนดให้รถคันเดียว (Individual Car) มีระยะเบรกไม่เกิน 700 เมตร และขบวนรถ (Train) มีระยะเบรกไม่เกิน 1,000 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่ปลอดภัย จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงมีสมมติฐานว่าการตรวจจับรถไฟที่ดีระบบตรวจจับควรตรวจจับขบวนรถได้ในระยะที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของระยะเบรก

2. กล้องตรวจจับ บริเวณทางตัดผ่านจะติดตั้งกล้องทีวีวงจรปิด ระยะไกลความละเอียดสูง กำหนดมุมกล้องแบบคงที่เอาไว้ โดยติดตั้งแบบยกระดับริมทางรถไฟ ซึ่งจะมีกล้องทีวีวงจรปิดจำนวน 1 ตัวต่อหนึ่งทางรถไฟเพื่อทำหน้าที่ตรวจจับทั้งขาขึ้นและขาล่องของขบวนรถ

3. ตัวประมวลผล สัญญาณภาพทุกเฟรม หรือทุก Shot จะเป็นแบบ Real-time จะถูกส่งต่อเข้าสู่การวิเคราะห์โดยหลักการวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้ ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้ ตัวประมวลผลจะได้รับเฟรมภาพอย่างต่อเนื่องนำเฟรมภาพที่ได้ไปหาความแตกต่างระหว่างเฟรมภาพก่อนหน้ากับเฟรมภาพในปัจจุบัน โดยเปรียบเทียบความแตกต่างกับพื้นหลัง หากมีวัตถุเข้ามาในเฟรมก็จะเกิดความแตกต่างขึ้น ระบบจะทำการแยกตัววัตถุออกจาก Background จากการกำหนดค่าเกณฑ์ของความแตกต่าง Threshold ซึ่งจะทำให้วัตถุที่ระบบสนใจจะมีลักษณะพิกเซลเป็นสีขาวและมีพื้นหลังเป็นสีดำ จากนั้นวัตถุที่มีพิกเซลเป็นสีขาวจะเข้าสู่ขั้นตอนการหาขนาดรูปร่างโดยการเปลี่ยนวัตถุให้เป็นพิกเซลที่มีพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสเพื่อหาพื้นที่ของวัตถุดังกล่าว หากพื้นที่ของวัตถุที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดไว้ ระบบก็จะตัดสินใจว่าวัตถุดังกล่าวคือขบวนรถไฟแล้วทำการส่งเอาต์พุตออกไปสั่งการเครื่องกั้นทาง

วิธีการวิจัย

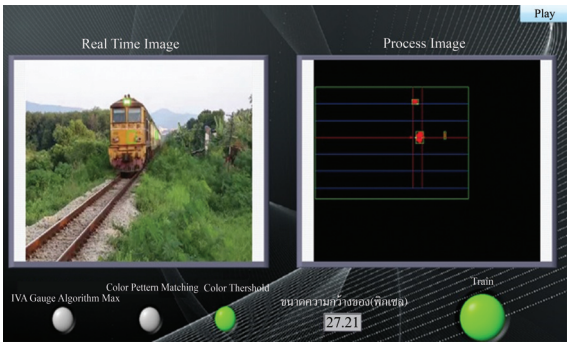
1. โปรแกรมตรวจจับรถไฟ

จากระบบตรวจจับรถไฟด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอดังรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าการประมวลผลภาพเป็นสิ่งสำคัญในการทำงาน ผู้วิจัยจึงทำการพัฒนาโปรแกรมตรวจจับรถไฟขึ้นเพื่อเป็นตัวรับภาพเคลื่อนไหวจากกล้องแล้วประมวลผลเพื่อการตัดสินใจในการควบคุมเครื่องกั้นทาง โดยทำการออกแบบหน้าต่างโปรแกรมตรวจจับรถไฟไว้ดังรูปที่ 2

ในส่วนของหน้าต่างโปรแกรมลำดับที่หนึ่งจะบ่งบอกแค่ชื่อชิ้นงานหรือหน้าที่ของโปรแกรมเท่านั้น และในส่วนของหน้าต่างโปรแกรมลำดับที่สองจะแสดงให้เห็นถึงการทำงานของโปรแกรม เช่น แสดงภาพเคลื่อนไหวขณะที่มีรถไฟวิ่งเข้ามาหน้ากล้องที่ติดตั้งอยู่ข้างทางรถไฟ และยังแสดงถึงลำดับการประมวลผลของตัวโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้งานได้สังเกตขั้นตอนการทำงาน ในการประมวลผลภาพที่รับมาจากกล้อง ผู้วิจัยได้เขียนคำสั่งที่มีฟังก์ชันการทำงานดังรูปที่ 3 หลังจากรับสัญญาณภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์แล้วจะนำภาพดังกล่าวมาเข้าสู่กระบวนการคัดแยกเฟรมภาพ (Frame Extraction) เพื่อทำการวิเคราะห์เฟรมก่อนหน้านี้

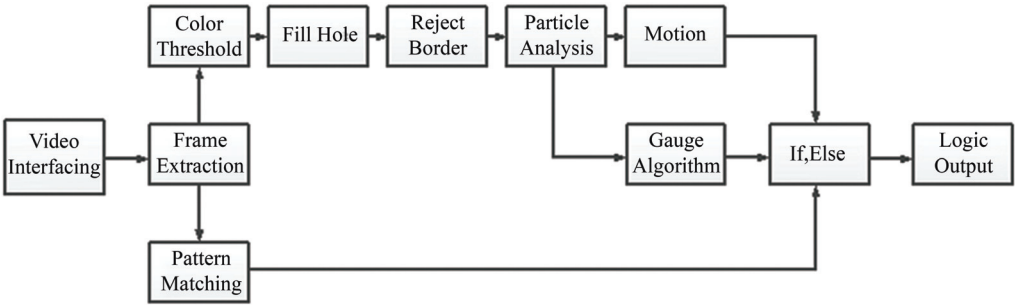
และเฟรมปัจจุบัน ภาพที่ได้จะเป็นภาพสี 8 บิต มีองค์ประกอบสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินแล้วทำการแบ่งการประมวลผลแบบขนานกันทำให้สามารถเพิ่มความรวดเร็วในทำงานได้ดียิ่งขึ้น

(ก) หน้าต่างโปรแกรมลำดับที่หนึ่ง



(ข) หน้าต่างโปรแกรมลำดับที่สอง

รูปที่ 2 โปรแกรมตรวจจับรถไฟ



รูปที่ 3 ลำดับคำสั่งและฟังก์ชันในการประมวลผล

1.1 การดูน้ำหนักของสี Color Threshold โดยส่วนใหญ่จะพบว่ารถไฟดีเซลจะมีองค์ประกอบของสีที่ค่อนข้างเหมือนกันคือ มีลักษณะของสีขบวนแรกเป็นสีเหลืองแดง ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเพื่อกำหนด

ช่วงองค์ประกอบสีลงในโปรแกรมเพื่อการวิเคราะห์วัตถุที่เป็นรถไฟ ในที่นี้กำหนดให้สีแดงจะค่าน้ำหนักอยู่ที่ 98 – 239 สีเขียวจะมีค่าน้ำหนักอยู่ที่ 65 – 115 และสีน้ำเงินจะมีค่าน้ำหนักอยู่ที่ 98 – 146

1.2 ความเหมือน Pattern Matching การตรวจสอบว่าวัตถุที่เคลื่อนเข้ามานั้นเป็นขบวนรถไฟหรือไม่นั้น ผู้วิจัยจะอาศัยฟังก์ชันตรวจสอบความเหมือนกับข้อมูลภาพที่ได้บันทึกเก็บไว้ โดยทำการถ่ายภาพหน้าขบวนรถไฟแต่ละขบวนจำนวนไม่น้อยว่า 3 ภาพ แล้วเก็บบันทึกไว้เป็นฐานข้อมูลให้ตัวโปรแกรมสามารถเรียกใช้งานในการเปรียบเทียบได้

1.3 Motion, Gauge Algorithm เป็นการตรวจสอบการเคลื่อนไหวของวัตถุเพื่อลดความผิดพลาดที่เกี่ยวกับวัตถุที่มีความคล้ายกับรถไฟ อาศัยการตรวจสอบโดยการดูจำนวนพิกเซลของภาพที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องคือ เมื่อรถไฟเคลื่อนที่เข้ามาภาพที่ได้จะมีขนาดของพิกเซลที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

1.4 เมื่อเงื่อนไขจากฟังก์ชันข้างต้นผ่านการประมวลผลตามองค์ประกอบที่กำหนดไว้แล้ว โปรแกรมก็จะส่งเอาต์พุตออกมาในลักษณะลอจิก คือ หากเป็นขบวนรถไฟ โปรแกรมจะส่งค่าเป็นลอจิก 1 และหากไม่มีขบวนรถไฟหรือเป็นวัตถุชนิดอื่น ๆ โปรแกรมจะส่งค่าเป็นลอจิก 0

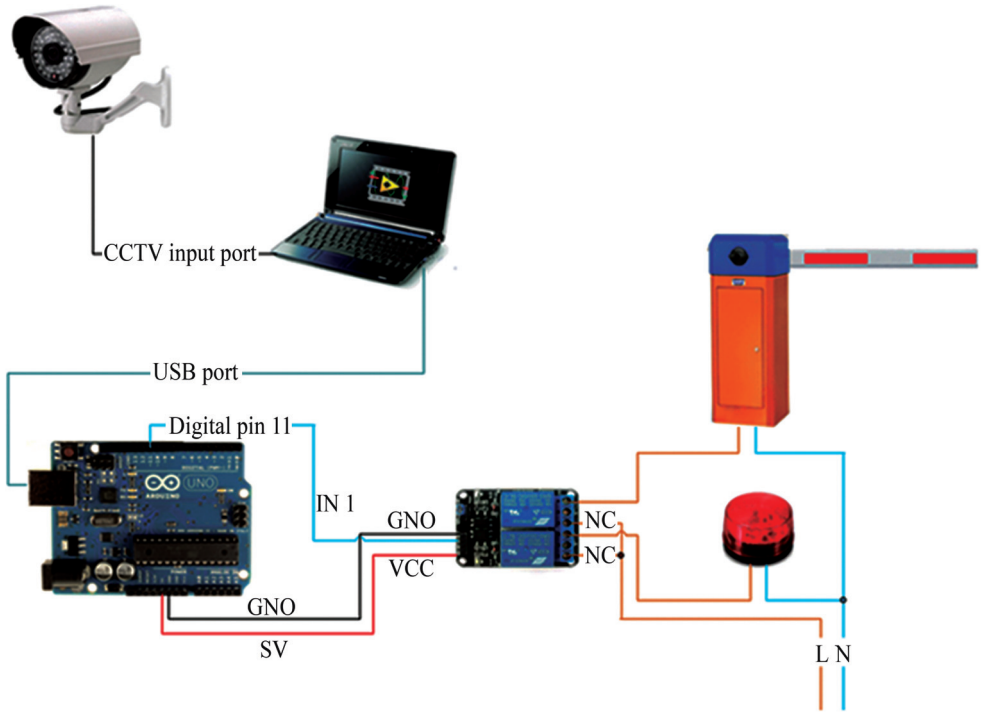
2. การติดตั้งกล้องและเครื่องกั้นทาง

การติดตั้งกล้องและการติดตั้งเครื่องกั้นทางชั่วคราวแสดงดังรูปที่ 4 การนำสัญญาณภาพขณะที่ขบวนรถไฟกำลังเคลื่อนที่เข้าสู่คอมพิวเตอร์นั้น ผู้วิจัยจะใช้กล้องทีวีวงจรปิดเป็นอุปกรณ์ตรวจจับภาพเคลื่อนไหวแบบเรียลไทม์

(ก) ตำแหน่งกล้องทีวีวงจรปิด (ข) คานกั้นทาง

รูปที่ 4 การติดตั้งกล้องตรวจจับรถไฟและเครื่องกั้นทาง

โดยจะติดตั้งกล้องไว้บริเวณข้างทางรถไฟด้วยเสาเหล็กซึ่งมีความสูงจากพื้นประมาณ 2.5 เมตร เพื่อให้มุมตรวจจับมีความเหมาะสมและครอบคลุมกับขนาดของตัวรถไฟที่เคลื่อนที่เข้ามา ตัวกล้องจะห่างจากจุดที่ติดตั้งเครื่องกั้นทางเป็นระยะทาง 1,000 เมตร โดยข้อมูลภาพจากกล้องจะถูกส่งผ่านสายไฟเบอร์ออฟติกเข้าสู่คอมพิวเตอร์ทำให้เพิ่มระยะการตรวจจับให้กับระบบได้สูงขึ้น เมื่อมีขบวนรถไฟเข้ามาบริเวณหน้ากล้องแล้วตัวประมวลผลให้ผลลัพธ์เอาต์พุตแล้วนั้น ค่าที่ได้จะส่งผ่านเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต เพื่อส่งสัญญาณไฟฟ้าควบคุมไปสั่งการเครื่องกั้นทางและหลอดไฟแจ้งเตือน วงจรไฟฟ้าสำหรับการทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 5 และคุณสมบัติของอุปกรณ์ในระบบแสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 5 วงจรไฟฟ้าของระบบตรวจจับรถไฟด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอสำหรับเครื่องกั้นทางอัตโนมัติ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของอุปกรณ์ในระบบตรวจจับรถไฟด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอ

อุปกรณ์	คุณสมบัติเฉพาะ
CCTV Camera	Image Sensor 2MP progressive, 25/30fps
Fiber Media Converter	Transmission Distance - 2km
Computer	CPU > core i3, memory > 2GB
Microcontroller	Arduino UNO R3, Clock Speed 16 MHz
Relay module	Opto isolated Relay, AC250V 10A contact
Barrier Gate	Power 300 W, Opening time 4s

ผลการทดลอง

ผลการทดลองสำหรับงานวิจัยตรวจจับรถไฟด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอสำหรับเครื่องกั้นทางอัตโนมัติ จะแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ 1) ผลลัพธ์ของโปรแกรมตรวจจับรถไฟ 2) ผลลัพธ์ของเครื่องกั้นทาง โดยมีปัจจัยที่ต้องควบคุมคือบริเวณจุดตัดผ่านทางรถไฟที่มีการจราจรตัดผ่านของยานพาหนะอื่นน้อยที่สุด เป็นเส้นทางที่รถจักรดีเซลวิ่งด้วยความเร็วในช่วงระหว่าง 50 - 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และอาศัยพลังงานจากแบตเตอรี่ในการทำงานของระบบ ซึ่งมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

1. **ผลลัพธ์ของโปรแกรมตรวจจับรถไฟ**

ทำการเก็บผลการทดลองเพื่อหาความสามารถการตรวจจับรถจักรดีเซลที่มีความเร็วในการเคลื่อนที่ช่วงระหว่าง 50 - 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมงด้วยหลักการ 1) ดูน้ำหนักของสี (Color Threshold) 2) ความเหมือน (Pattern Matching) และ 3) การเคลื่อนที่ปริมาณพิกเซล (Motion, Gauge Algorithm) ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 2 - 4

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์การตรวจจับรถไฟด้วยวิธีการดูน้ำหนักของสี (Color Threshold)

ระยะห่างของวัตถุถึงหน้ากล้อง	ลักษณะการตรวจจับ	รูปการตรวจจับ
100 m	ตรวจจับไม่ได้	
50 m	ตรวจจับได้	
20 m	ตรวจจับได้	
10 m	ตรวจจับไม่ได้	

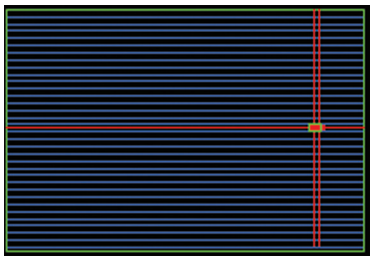
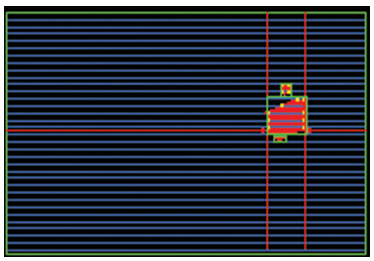
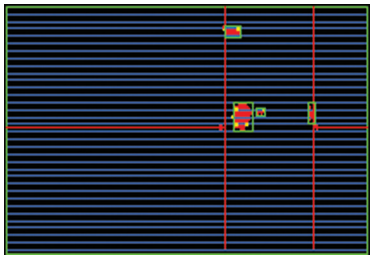
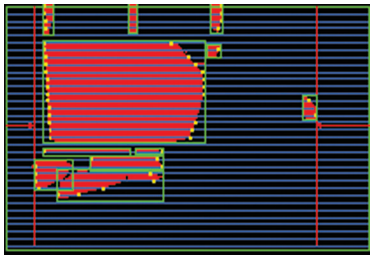
จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมตรวจจับรถไฟที่อาศัยหลักการดูองค์ประกอบของสี (Color Threshold) จะสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นรถไฟได้ สังเกตได้จากเมื่อรถไฟเคลื่อนที่เข้ามาโดยมีระยะห่างถึงหน้ากล้องทีวีวงจรปิดเท่ากับ 50 เมตร โปรแกรมจะเริ่มตรวจจับวัตถุดังกล่าวแล้วเปรียบเทียบค่าของสีที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ หากค่าของสีวัตถุเป็นไปตามที่กำหนดตัวโปรแกรมก็จะทำการระบุวัตถุด้วยการตีกรอบ และหากวัตถุเคลื่อนที่เข้าสู่หน้ากล้องมากจนเกินไปจนทำให้ภาพที่ได้ล้นขอบพื้นที่ตรวจจับจะส่งผลให้โปรแกรมไม่สามารถวิเคราะห์วัตถุดังกล่าวได้

ตารางที่ 3 ผลลัพธ์การตรวจจับรถไฟด้วยวิธีการดูความเหมือน (Pattern Matching)

ระยะห่างของวัตถุถึงหน้ากล้อง	ลักษณะการตรวจจับ	รูปการตรวจจับ
100 m	ตรวจจับไม่ได้	
50 m	ตรวจจับได้	
20 m	ตรวจจับได้	
10 m	ตรวจจับได้	

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมตรวจจับรถไฟที่อาศัยหลักการดูความเหมือน (Pattern Matching) จะสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นรถไฟได้ สังเกตได้จากเมื่อรถไฟเคลื่อนที่เข้ามาโดยมีระยะห่างถึงหน้ากล้องวิดีโอเท่ากับ 50 เมตร โปรแกรมจะเริ่มตรวจจับวัตถุดังกล่าวแล้วเปรียบเทียบกับรูปภาพในฐานข้อมูลของหัวรถจักรที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ หากวัตถุที่เข้ามามีลักษณะเหมือนกับภาพตามที่กำหนดตัวโปรแกรมก็จะทำการระบุวัตถุด้วยการตีกรอบ วิธีการนี้จะแก้ปัญหาของภาพที่ล้นออกจากพื้นที่ตรวจจับได้อีกทางหนึ่ง

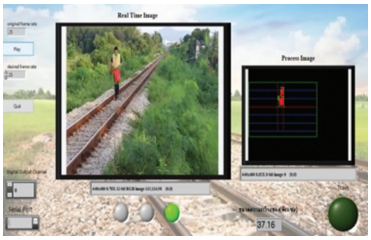
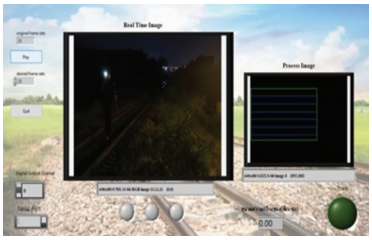
ตารางที่ 4 ผลลัพธ์การตรวจจับรถไฟด้วยวิธีการดูการเคลื่อนที่ ปริมาณพิกเซล (Motion, Gauge Algorithm)

ระยะห่างของวัตถุถึงหน้ากล้อง	ขนาดพิกเซล	รูปการตรวจจับ	การเพิ่มขึ้นของพิกเซล ขณะวัตถุเคลื่อนที่เข้ามา
100 m	7.21		
50 m	45.25		
20 m	106.21		
10 m	335.25		

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมตรวจจับรถไฟที่อาศัยหลักการดูการเคลื่อนที่ ปริมาณพิกเซล (Motion, Gauge Algorithm) จะสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นรถไฟได้สังเกตได้จากเมื่อรถไฟเคลื่อนที่เข้ามา โปรแกรมจะเริ่มวัดขนาดพิกเซลของภาพเพื่อวิเคราะห์วัตถุ หากปริมาณของพิกเซลมีค่าเพิ่มอย่างต่อเนื่องก็จะหมายถึงเป็นวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ตามแนวรางซึ่งก็คือรถไฟ

ผลการทดลองดังตารางที่ 3 - 4 แสดงถึงความสามารถในการทำงานของโปรแกรมตรวจจับรถไฟโดยผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไขในการส่งสัญญาณควบคุมเครื่องกั้นทางก็ต่อเมื่อมีการทำงานตามหลักการตรวจจับข้างต้นเพียงสองในสามฟังก์ชันเท่านั้น และในกรณีอื่น ๆ ที่มีวัตถุแปลกปลอมอยู่บนรางรถไฟหรือเป็นรถไฟที่วิ่งเข้ามาในเวลากลางคืนการทำงานของโปรแกรมจะแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 กรณีอื่น ๆ ในการทำงานของโปรแกรมตรวจจับรถไฟ

กรณีอื่น ๆ	ลักษณะภาพ	การทำงานของโปรแกรม
กรณีที่มีวัตถุมีลักษณะสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับรถไฟเคลื่อนที่อยู่ บนรางรถไฟ ตัวอย่างเช่น มีคนใส่เสื้อผ้าสีเหลืองแดงเดินอยู่บนรางรถไฟ		โปรแกรมจะตรวจสอบได้เฉพาะองค์ประกอบสี แต่จะไม่ระบุว่าเป็นรถไฟ
กรณีที่รถไฟวิ่งเข้ามาในเวลากลางคืน จะเห็นเป็นลักษณะไฟส่องสว่างขนาดใหญ่		โปรแกรมจะระบุว่าเป็นรถไฟ เนื่องจากองค์ประกอบของสีที่มีความสว่าง และตำแหน่งของหลอดไฟด้านหน้ารถไฟที่ตรงกับรูปภาพในฐานข้อมูล
กรณีที่มีวัตถุอื่น ๆ ที่มีแสงสว่างเคลื่อนที่อยู่บนรางรถไฟ ตัวอย่างเช่น มีคนเดินคาดตะเกียง		โปรแกรมจะไม่ระบุว่าเป็นรถไฟเนื่องจากค่าพิกเซลของภาพมีขนาดเล็กกว่าแสงสว่างจากรถไฟ

2. ผลลัพธ์ของเครื่องกั้นทาง

เมื่อขบวนรถไฟเคลื่อนที่เข้าในระยะการตรวจจับของกล้องทีวีวงจรปิดที่อยู่ห่างไปจากตำแหน่งเครื่องกั้นทางเป็นระยะทาง 1,000 เมตร ภาพจะถูกส่งผ่านสายไฟเบอร์ออฟติกไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลเพื่อส่งสัญญาณควบคุมไปยังบอร์ด Arduino UNO R3 เพื่อสั่งให้รีเลย์ไปต่อวงจรให้สัญญาณไฟแจ้งเตือนติดขึ้นเป็นเวลา 10 วินาที หลังจากนั้นจะสั่งให้รีเลย์ตัวที่สองทำงานเพื่อสั่งให้เครื่องกั้นทางปิดลง และเครื่องกั้นทางจะเปิดขึ้นอีกครั้งเมื่อท้ายขบวนรถไฟพ้นระยะตรวจจับของกล้องทีวีวงจรปิดที่ติดตั้งอีกฝั่งหนึ่งของตัวอย่างการทำงานของเครื่องกั้นทางแสดงดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 ตัวอย่างการทำงานของเครื่องกั้นทางขณะมีรถไฟเคลื่อนที่ผ่าน

สรุปผลและการอภิปรายผล

ตัวตรวจจับรถไฟด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอสำหรับเครื่องกั้นทางอัตโนมัติ เป็นการพัฒนาขึ้นจากเทคโนโลยีภายในประเทศมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเครื่องมือทางด้านวิศวกรรมและลดการนำเข้า นำไปใช้งานบริเวณจุดตัดผ่านทางรถไฟที่ยังขาดซึ่งความปลอดภัยลดอุบัติเหตุอันร้ายแรงต่อชีวิตผู้สัญจรบนถนนและขบวนรถไฟ จากผลการทดสอบระบบสรุปได้ว่าโปรแกรมตรวจจับรถไฟมีฟังก์ชันการทำงานที่ประกอบด้วยฟังก์ชันการดูองค์ประกอบของสี ฟังก์ชันความเหมือนของภาพ ฟังก์ชันการเคลื่อนไหวจากขนาดพิกเซล โดยฟังก์ชันดังกล่าวเป็นเครื่องมือที่ง่ายลดเวลาในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ทำให้การตัดสินใจเพื่อการควบคุมทำได้อย่างรวดเร็ว มีการอ้างอิงจากฐานข้อมูลที่สามารถอัปเดตรูปภาพของรถไฟที่ใช้งานปัจจุบันได้ตลอดเวลา การใช้งานสามารถตรวจจับรถไฟดีเซลที่มีความเร็วไม่เกิน 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมงได้เป็นอย่างดีมีความแม่นยำเมื่อขบวนรถเคลื่อนที่เข้าสู่ระยะ 50 เมตร จากตัวกล้องทีวีวงจรปิด โดยเครื่องกั้นทางสามารถแจ้งเตือนและปิดกั้นทางตัดผ่านก่อนขบวนรถถึงจุดตัดได้ก่อน 1 กิโลเมตร ระบบโดยรวมสามารถเพิ่มเติมจุดติดตั้งกล้องทีวีวงจรปิดเพื่อการประมวลผลภาพมุมอื่นได้ เนื่องจากอาศัยคอมพิวเตอร์ที่ทำงานเพียงจุดเดียวและสามารถควบคุมเครื่องกั้นทางได้หลาย ๆ ตัวพร้อมกัน ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือในการช่วยลดอุบัติเหตุในจุดที่เป็นทางตัดผ่านทางรถไฟ และเป็นงานวิจัยหนึ่งในการช่วยพัฒนาระบบขนส่งทางรางในประเทศให้มีความยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการพัฒนาตัวตรวจจับรถไฟด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอสำหรับเครื่องกั้นทางอัตโนมัติ ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัยงบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2562 ครั้งนี้ และคณะผู้บริหารเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อมูลเพื่อใช้ในการประกอบการจัดทำวิจัย

References

[1] Profillidis, V. A. (2009). **Railway Management and Engineering**. 3rd Edition. Ashgate Publishing Limited

[2] Garber, N. J. and Hoel, L. A. (2009). **Traffic and Highway Engineering**. 4th Edition. Cengage Learning

[3] Griffin, K. W. (2004). **Building Type Basics for Transit Facilities**. John Wiley & Sons, Inc

[4] Shogo, Y., Naoko, T., Gege, D., Shinji, W., Masahide, T., Makoto, Y., and Tamio, O. (2015). Design Optimization of Magnetic Sensor for Train Detection. **IEEE Transactions on Magnetics**. Vol. 51, Issue 3, pp. 1-4. DOI: 10.1109/TMAG.2014.2358379

[5] Angrisani, L., Grillo, D., Schiano, R., Moriello, Lo., and Giovanni, F. (2010). Automatic Detection of Train Arrival Through An Accelerometer. In **2010 IEEE Instrumentation & Measurement Technology Conference Proceedings**. DOI: 10.1109/IMTC.2010.5488089

[6] Arvind, H. N., Paul, B., and Ralph, B. (2011). Railway Level Crossing Obstruction Detection Using MIMO Radar. In **Proceedings of the 8th European Radar Conference**. pp. 57-60