ระบบประมวลผลภาพถ่ายจากกล้องตรวจการณ์บริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูง ด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกและคอมพิวเตอร์วิทัศน์

Image Processing Based Smart Surveillance System using Deep Learning Technology and Computer Vision

สมปอง วิเศษพานิชกิจ*, ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์ และ นภัทร สระเอี่ยม

Sompong Wisetphanichkij*, Thanate Pattanatadapong and Napat Sra-ium

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Department of Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

*Email: sompong@telecom.kmitl.ac.th

Received: March 01, 2020; Revised: May 07, 2020; Accepted: May 13, 2020

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบประมวลผลภาพถ่ายจากกล้องตรวจการณ์บริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูง เพื่อแจ้งไปยังเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเมื่อตรวจพบวัตถุขนาดใหญ่ที่อาจเป็นอันตรายต่อเสาไฟฟ้าแรงสูง โดยการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการตรวจสอบภาพระบบที่นำเสนอประกอบด้วย ส่วนจัดการรูปภาพ ส่วนรู้จำภาพ และส่วนแจ้งเตือนเหตุการณ์ ส่วนจัดการรูปภาพจะเข้าถึงภาพซึ่งถูกบันทึกด้วยกล้องตรวจการณ์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบสังเกตการณ์เสาส่งไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยใช้ BeautifulSoup ในการค้นหาการเชื่อมโยงและเข้าถึงภาพ ส่วนรู้จำภาพสร้างจะใช้โครงข่ายนิวรอนแบบ Faster R-CNN ด้วยเทนเซอร์โฟล (TensorFlow) ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์คด้านการเรียนรู้ด้วยเครื่องจักรในการเรียนรู้วัตถุที่ควรเฝ้าระวังไว้ล่วงหน้า เมื่อพบวัตถุที่อาจทำสร้างความเสียหายให้กับเสาส่งไฟฟ้าแรงสูง ส่วนแจ้งเตือนเหตุการณ์จะทำการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ไปยังเจ้าหน้าที่ที่ดูแลระบบโครงข่ายเสาไฟฟ้าแรงสูงและบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงกระบวนการเฝ้าระวังต่อไป

คำสำคัญ : ระบบตรวจการณ์เสาไฟฟ้าแรงสูง, การรู้จำภาพ

Abstract

This paper proposes the image processing based smart surveillance system of high-voltage transmission towers. It will notify the relevant authorities when the large objects, which may damage the towers, are detected by using artificial intelligence inspection on the surveillance images. The proposed system comprises of image management, image recognition, and event notification system. The image management will access the images recorded by surveillance cameras, which are part of the observation system for the high-voltage transmission towers of the Electricity Generating Authority of Thailand by using BeautifulSoup to get link and access to image. The image recognition uses the Faster R-CNN on TensorFlow, a machine learning framework for recognize interested objects. When detecting the objects that may cause

damage to high voltage transmission towers, the event notification will notify to the staffs who supervise the high voltage electricity grid system via the Line application and it will record relevant information to further improvement of the surveillance processes.

Keywords : High-voltage tower surveillance system, Image recognition

1. บทนำ

การขยายตัวทางเศรษฐกิจจากแนวโน้มการกระจายตัวจากศูนย์กลางเมืองใหญ่ไปยังหัวเมืองรอง ทั้งภาคธุรกิจอุสาหกรรม ตลอดจนที่อยู่อาศัย ทำให้มีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นและเกิดกระจายตัวมากขึ้น สายส่งไฟฟ้าแรงสูงซึ่งถูกใช้เป็นโครงข่ายไฟฟ้าแรงสูงที่จะนำส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังพื้นที่ต่าง ๆ มากขึ้นอย่างต่อเนื่องตามพัฒนาการทางเศรษฐกิจ และจากสภาพแวดล้อมที่มีการกระจายอย่างออกของโครงข่ายไฟฟ้าแรงสูงซึ่งมีความกว้างขวางและซับซ้อน ทำให้การบำรุงรักษาสายส่งและเสาส่งไฟฟ้าแรงสูงเป็นไปอย่างยากลำบาก ซึ่งหากมีการจัดการไม่ดีพอ อาจทำให้การจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังภาคส่วนต่าง ๆ เกิดการชะงัก ส่งผลเสียอย่างมากต่อเศรษฐกิจโดยรวม การดูแลรักษา และการเฝ้าติดตามเตือนภัยต่อระบบส่งไฟฟ้าแรงสูง โดยเฉพาะส่วนเสาส่งไฟฟ้าแรงสูงจึงมีความสำคัญต่อความมั่งคงการพลังงานและเศรษฐกิจ เพื่อสร้างความปลอดภัยและความมั่นคงทางพลังงานไฟฟ้า จึงมีการเชื่อมโยงการส่งไฟฟ้าแรงสูงเข้าด้วยกันและพัฒนาขึ้นเป็นระบบจ่ายไฟฟ้าแรงสูงแบบ smart grid [1] โดยโครงข่ายสามารถปรับกำลังส่ง ถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าจากส่วนหนึ่งไปยังส่วนที่มีความต้องการสูงในช่วงเวลาและสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างอัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การจ่ายโครงข่ายไฟฟ้าแรงสูงขนาดใหญ่สามารถ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการเฝ้าติดตาม ตรวจการณ์ และ ตัววัดสัญญาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ อุปกรณ์โครงข่าย สายส่งไฟฟ้า และเสาส่งด้วยการตรวจสอบระยะไกลแบบ real time [2] เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานอุปกรณ์บน smart grid สำหรับประเมินปริมาณใช้พลังงาน ประเมินสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นอย่างฉับพลันและความปลอดภัยของระบบ

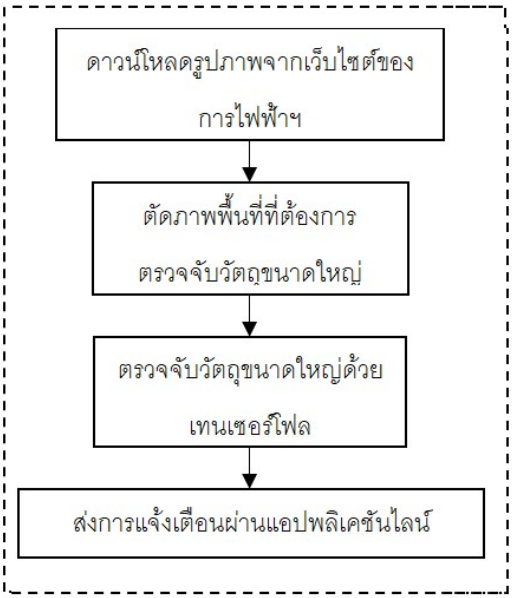
ปัจจุบันการตรวจสอบเสาไฟฟ้าแรงสูงและสายส่งอาศัยการลาดตระเวนด้วยเฮลิคอปเตอร์และการสังเกตข้อบกพร่องของวิธีนี้คือความปลอดภัย ในการบินเฮลิคอปเตอร์ที่อาจได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศ ค่าใช้จ่ายสูง และปัจจุบัน เริ่มมีการวิจัยพัฒนาหุ่นยนต์ตรวจสอบในหลายประเทศ อย่างไรก็ตาม ระบบหุ่นยนต์เองก็มีความซับซ้อนและการใช้พลังงานก็เป็นเช่นกัน ดังนั้นในช่วงหลายปีที่ผ่านมา จึงมีการพัฒนาของเครือข่ายเซ็นเซอร์ [3] สำหรับตรวจสอบ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังการส่งกระแสไฟฟ้า การจัดเก็บพลังงาน ทั้งรูปการเทคโนโลยีสื่อสารด้วยสายไฟแรงสูงโดยการมอดูเลตสัญญาณข้อมูลเข้ากับไฟฟ้าแรงสูง และรูปแบบเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย [4] การประยุกต์ใช้เทคนิคเหล่านี้เพื่อแก้ปัญหาความปลอดภัยปัญหาของเสาส่งไฟฟ้าแรงสูง อย่างไรก็ตาม เครือข่ายเซ็นเซอร์ดังกล่าว เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อรายงานสถานการณ์ปัจจุบันที่เกิดขึ้น แต่ไม่สามารถเฝ้าระวังเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นอันจะส่งผลเสียหายต่อโครงข่ายไฟฟ้าแรงสูงและเสาส่งไฟฟ้าแรงสูง สำหรับระบบกล้องตรวจการณ์ (Camera Surveillance System) คือการดึงสัญญาณกล้องที่ติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ที่มีความเสี่ยงด้านความปลอดภัยและความมั่นคงของระบบงาน เพื่อส่งสัญญาณภาพมายังศูนย์เฝ้าระวังด้านความปลอดภัยเพื่อการจัดการในสถานการณ์ฉุกเฉินในการสั่งการได้อย่างทันถ่วงที โดยเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น การดึงสัญญาณภาพจากกล้องตรวจการณ์ อาจใช้วิธีการดึงข้อมูลได้หลายวิธี เช่น ผ่านโครงข่ายไร้สายโครงข่ายสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G/4G/LTE ร่วมกับระบบ Internet ผ่านโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Network) ผ่านโครงข่ายสายสัญญาณข้อมูลความเร็วสูงระบบ LAN/WAN หรือหลายอย่างร่วมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมด้านการสื่อสารในแต่ละจุดสังเกตการณ์ งบประมาณ และ

ประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูล เป็นต้น โดยระบบจะทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวด้วยกล้องวงจรปิด ซึ่งเป็นระบบสำหรับการใช้เพื่อการรักษาความปลอดภัย หรือใช้เพื่อการสอดส่อง ดูแลเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ต่างๆ ที่นอกเหนือจากการรักษาความปลอดภัย ภาพที่บันทึกได้จะถูกนำไปวิเคราะห์หรือใช้ในการตรวจสอบเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่เป็นอันตรายต่อความมั่นคงปลอดภัยขึ้น แม้กล้องตรวจการณ์จะถูกผนวกเข้าเป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายเซ็นเซอร์ แต่ก็ใช้เป็นเพียงการบันทึกเหตุการณ์เท่านั้น ในขณะที่ระบบตรวจการณ์อัจฉริยะ (Smart Surveillance System) ภาพที่ได้จากกล้องตรวจการณ์ จะถูกนำมาวิเคราะห์ประเมินผลในทันทีแบบ real time โดยเฉพาะความปลอดภัยและความมั่นคงทางพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นบริการสาธารณูปโภคพื้นฐานต่อการดำรงชีวิตของประชาชนและเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำเนินการในภาคอุตสาหกรรม

บทความนี้นำเสนอระบบประมวลผลภาพถ่ายจากกล้องตรวจการณ์บริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูงแบบอัตโนมัติ ที่ได้จากการบันทึกด้วยกล้องตรวจการณ์ โดยจะทำการวิเคราะห์ภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงและบริเวณโดยรอบ เพื่อตรวจจับวัตถุที่มีขนาดใหญ่อันอาจสร้างความเสียหายให้กับเสาไฟฟ้าแรงสูงและโครงข่าย โดยระบบจะทำการจำแนกวัตถุต่าง ๆ เหล่านี้เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการแจ้งเหตุเตือนภัยไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องที่ได้ลงทะเบียนไว้ในระบบ

2. ระบบตรวจสอบที่นำเสนอ

ระบบประมวลผลภาพถ่ายจากกล้องตรวจการณ์บริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูงแบบอัตโนมัติที่นำเสนอ ประกอบด้วย ส่วนเชื่อมโยงรูปภาพ ส่วนรู้จำภาพ และส่วนแจ้งเตือนเหตุการณ์ ดังแสดงในรูปที่ 1

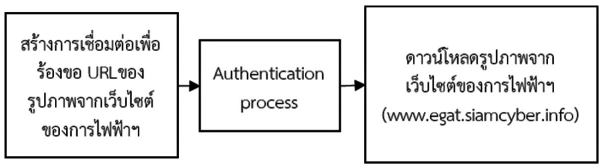


รูปที่ 1 โครงสร้างระบบประมวลผลภาพถ่ายจากกล้องตรวจการณ์บริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูง

2.1 ส่วนจัดการรูปภาพ

งานวิจัยนี้ใช้ภาพถ่ายจากกล้องตรวจการของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งได้ติดตั้งไว้บนเสาส่งในตำแหน่งสำคัญทั่วประเทศ ภาพเหล่านี้จะถูกรวบรวมและแสดงผลไว้ในเว็บไซต์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แบ่งตามสถานที่และเวลาที่บันทึกภาพไว้ ส่วนเชื่อมโยงรูปภาพของระบบที่นำเสนอจะทำการเชื่อมโยงเข้ากับเว็บไซต์ของการไฟฟ้าเพื่อดึงภาพที่บันทึกในสถานที่ต่าง ๆ ณ เวลาล่าสุด ระบบที่จัดทำขึ้นจะทำการร้องขอรูปภาพบนเว็บไซต์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยด้วยการสร้างการเชื่อมต่อเพื่อร้องขอ URL ของรูปภาพจากเว็บไซต์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นการใช้ฟังก์ชัน selenium Webdriver.chrome() เพื่อเป็นตัวกลางที่ช่วยในการติดต่อกับ Chrome Web Browser และทำการสร้างการเชื่อมต่อกับเว็บไซต์ของการไฟฟ้าฯ โดยจะเริ่มจากการล็อกอินเพื่อเข้าไปยังเว็บไซต์ของการไฟฟ้าฯ ด้วยการใส่ Username และ Password จากการระบุตำแหน่งด้วย XPath จาก Element ของหน้า Authentication ของเว็บไซต์การไฟฟ้าฯ โดยผ่านกระบวนการยืนยันตัวตนเพื่อสิทธิในการเข้าถึง เมื่อทำการ Login เข้าใช้งานเว็บไซต์แล้ว ทำการค้นหา img_tags ของภาพจากกล้องทุกตัวที่ออนไลน์

อยู่ทั้งหมดใน www.egat.siamcyber.info จากนั้นทำการวิเคราะห์เอกสารเอชทีเอ็มแอลด้วย BeautifulSoup ซึ่งเป็นแพ็กเกจของไพธอนเพื่อวิเคราะห์เอกสาร page_source ของเว็บไซต์ของการไฟฟ้าฯ เพื่อทำการค้นหา img_tags และ ng-src ทั้งหมดจากโฟลเดอร์ของเว็บไซต์ของการไฟฟ้าฯ แล้วจึงทำการดาวน์โหลดรูปภาพจากเว็บไซต์ของการไฟฟ้าฯ รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการเข้าถึงภาพจากกล้องตรวจการณ์เสาไฟฟ้าแรงสูงจากเว็บไซต์การไฟฟ้าฯ



รูปที่ 2 ส่วนจัดการรูปภาพแสดงการเข้าถึงภาพจากกล้องตรวจการณ์เสาไฟฟ้าแรงสูงจากเว็บไซต์การไฟฟ้าฯ

ภาพที่บันทึกจากกล้องตรวจการณ์เสาไฟฟ้าแรงสูงจากเว็บไซต์การไฟฟ้าฯ เป็นภาพสีขนาดภาพ 1293x972 พิกเซล โดยตัวกล้องจะถูกติดตั้งจากเสาไฟฟ้าแรงสูงต้นหนึ่งและทำการถ่ายจากเสาไฟฟ้าแรงสูงที่อยู่ติดกัน ดังแสดงในรูปที่ 3

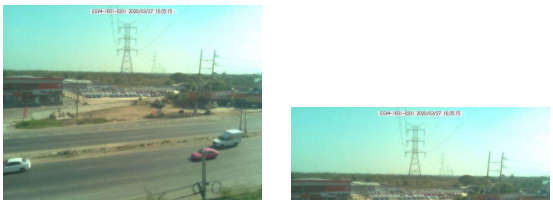
ลาดพร้าว สุวินทวงศ์

รูปที่ 3 ภาพที่ได้จากกล้องตรวจการณ์

ภาพที่ได้จากผ่านกระบวนการเตรียมภาพซึ่งมีขั้นตอนดังรูปที่ 4 ทั้งนี้ เนื่องจากภาพที่บันทึกได้จากกล้องตรวจการณ์จะครอบคลุมบริเวณกว้างและขึ้นกับมุมรับภาพของกล้อง โดยส่วนของภาพเฉพาะบริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูงและบริเวณโดยรอบ จะถูกกำหนดแตกต่างกันและบันทึกเป็นพิกัดขอบเขตภาพในแต่ละกล้องเฉพาะเมื่อทำการติดตั้งระบบในครั้งแรก พิกัดขอบเขตภาพนี้จะช่วยให้ระบบทำการตัดภาพเฉพาะส่วนของพื้นที่ภาพสำหรับใช้ในการวิเคราะห์เฉพาะบริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูงและบริเวณโดยรอบเมื่อได้รับภาพใหม่จากกล้องนั้น ๆ

รูปที่ 4 การเตรียมภาพสำหรับการเทรนระบบตรวจจับภาพ

รูปที่ 5 แสดงภาพตัวอย่างที่ผ่านการตัดแล้วจะเป็นส่วนของภาพเฉพาะบริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูงและบริเวณโดยรอบ ซึ่งจะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อตรวจจับวัตถุขนาดใหญ่ ได้แก่ รถเครน รถแบคโฮ และรถบรรทุก ซึ่งเป็นยานพาหนะขนาดใหญ่ที่เคลื่อนที่ได้ และอาจเป็นอันตรายทำความเสียหายให้กับเสาส่งไฟฟ้าแรงสูงและโครงข่ายในขั้นตอนต่อไป



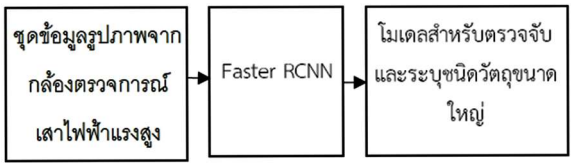
ก่อน หลัง

รูปที่ 5 ภาพก่อนและหลังการตัดภาพ

2.2 ส่วนรู้จำภาพ

เมื่อได้ภาพตรวจการณ์เสาไฟฟ้าแรงสูงและบริเวณโดยรอบที่ต้องการ ระบบจะทำการวิเคราะห์ภาพโดยทำการตรวจจับภาพเสาส่งไฟฟ้าแรงสูงและวัตถุขนาดใหญ่ที่ปรากฏขึ้นในภาพ จากนั้นจะทำการจำแนกประเภทของวัตถุขนาดใหญ่ ซึ่งได้แก่ รถเครน รถแบคโฮ และรถบรรทุกที่อาจเคลื่อนที่และทำความเสียหายต่อเสาส่งไฟฟ้าแรงสูง โดยใช้ TensorFlow [5] ซึ่งเป็นdeep learning library ของ google แบบ opensource สำหรับผู้ใช้งานสามารถพัฒนางานทางด้านปัญญาประดิษฐ์ ในการสร้างโมเดลสำหรับประมวลผลภาพซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับสร้าง machine learning เพื่อให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถ

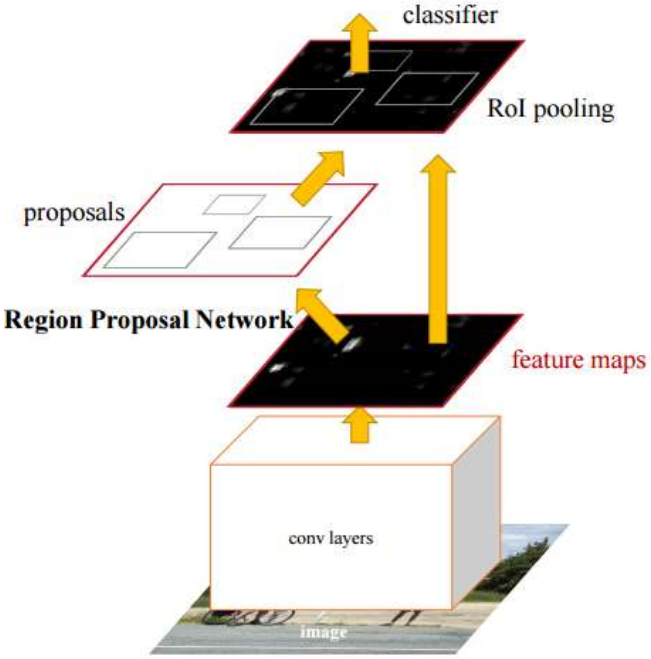
ในการเรียนรู้ด้วยตนเอง เมื่อมีข้อมูลเข้าไป สามารถทำนายหรือตัดสินใจเองได้ โดยขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองจะเริ่มตั้งแต่การเตรียมข้อมูลสำหรับประมวลผล การออกแบบและสร้างแบบจำลอง การฝึกและประเมินแบบจำลอง จนได้โมเดลสำหรับตรวจจับและระบุชนิดวัตถุขนาดใหญ่ด้วย Faster RCNN ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การสร้างโมเดลสำหรับตรวจจับและระบุชนิดวัตถุขนาดใหญ่ด้วย Faster RCNN

ในส่วนรู้จำภาพ บทความนี้เลือกใช้ Faster-RCNN-Inception-V2-COCO เป็นโมเดลสำหรับใช้ในงานตรวจจับวัตถุ ซึ่งพัฒนาต่อมาจาก R-CNN (Regions with CNN features) [6] ที่นำ CNN (Convolution Neural Network) มาใช้ในงานจับวัตถุบนภาพ (object detection) โดยเพิ่มส่วนการทำ Region proposals ที่ทำหน้าที่เสนอ ROI (region of interest) เป็นกรอบสี่เหลี่ยมมุมฉากหลากขนาดหลายตำแหน่งขึ้นมา ภาพอินพุตต้นฉบับจะถูก crop ด้วย ROI ก่อนจะถูกส่งต่อไปให้ CNN ทำการสกัดคุณลักษณะ (feature extraction) จนได้ feature vector เพื่อทำการแบ่งประเภท (classification) ในงานรู้จำวัตถุ (object) ว่าอยู่ใน class ใดหรือไม่ อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของ R-CNN คือ จำนวน ROI ที่มีจำนวนมาก ทำให้ส่วน CNN feature extraction ของแต่ละ ROI ทำงานทับซ้อน (overlap) กัน เกิดการคำนวณจำนวนมากและไม่มีประสิทธิภาพ

การรู้จำโดยเทคนิค Faster RCNN ถูกนำเสนอโดย [7] ในปี 2015 เพื่อแก้ปัญหาการข้างต้น โดยประกอบไปด้วย 2 โมดูล คือส่วน Deep fully Convolutional Network ซึ่งทำหน้าที่ค้นหาบริเวณที่น่าจะปรากฏวัตถุที่ต้องการรู้จำ และส่วนตรวจจับแบบ Fast R-CNN detector ซึ่งรับข้อมูลบริเวณที่น่าจะปรากฏวัตถุจากโมดูลแรกมาทำการวิเคราะห์ต่อ โดยได้ปรับปรุงส่วน Region proposals ที่ทำหน้าที่เลือก ROI (Region of interest) จากเดิมซึ่งใช้วิธี Selective search [8] ซึ่งใช้เวลาประมวลผลมาก มาเป็น Region proposal network (RPN) โดยการแบ่งส่วนภาพ (segmentation)



รูปที่ 7 Faster R-CNN [7]

เพื่อหา initial candidate regions แล้วจึงนำมารวมกลุ่มกันโดยวิธี greedy grouping โดยรวมบริเวณภาพ (region) ที่คล้ายกันเข้าด้วยกันไปเรื่อย ๆ จนได้ hierarchy of bounding boxes จากนั้นจึงนำ feature ที่ได้จาก Convolution Neural Network (CNN) เพื่อกำหนด ROI ว่าวัตถุที่ต้องการตรวจจับอยู่ส่วนใดของภาพบ้าง การที่ PRN ใช้ feature ที่ได้จาก CNN ซึ่งเป็นขั้นตอนปกติในการรู้จำวัตถุในภาพอยู่แล้วจึงช่วยลดเวลาในการหา ROI ขึ้นมากเมื่อเทียบกับระบบรู้จำแบบ R-CNN และ Fast R-CNN ดังแสดงในรูปที่ 7

สำหรับระบบประมวลผลภาพถ่ายจากกล้องตรวจการณ์บริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูงที่นำเสนอ จะกำหนดให้มีการตรวจจับวัตถุจำนวน 4 คลาส ตามประเภทวัตถุที่ต้องการสังเกตการณ์ได้แก่ เสาส่งไฟฟ้าแรงสูง (tower) รถเครน (crane) รถแบคโฮ (backhoe) และรถบรรทุก (truck) บนภาพที่ได้เตรียมไว้แล้ว ดังที่ได้กล่าวในหัวข้อ 2.1 ในการสร้างโมเดลใช้วิธีการ machine learning เพื่อให้จดจำภาพวัตถุจำเป็นต้องใช้ข้อมูลภาพสำหรับฝึกตัวแบบจำลอง โดยภาพวัตถุเสาส่งไฟฟ้าแรงสูง จะใช้ภาพจากกล้องตรวจการณ์ที่ติดตั้งไว้บนเสาไฟฟ้าแรงสูงและบันทึกไว้ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน รวมจำนวน 570 รูป ในขณะที่ภาพวัตถุอื่น ได้แก่ รถเครน รถแบคโฮ และรถบรรทุก ซึ่งมีรูปร่าง ลักษณะหลากหลาย แตกต่างกันไปตามแต่ละประเภท เพื่อให้ระบบสามารถจดจำ ค้นหาและแยกประเภทวัตถุได้หลากหลาย ดังนั้นจึงใช้ภาพที่สืบค้นจากอินเทอร์เน็ตอีกจำนวน 577 รูป สำหรับการฝึกตัวแบบจำลอง

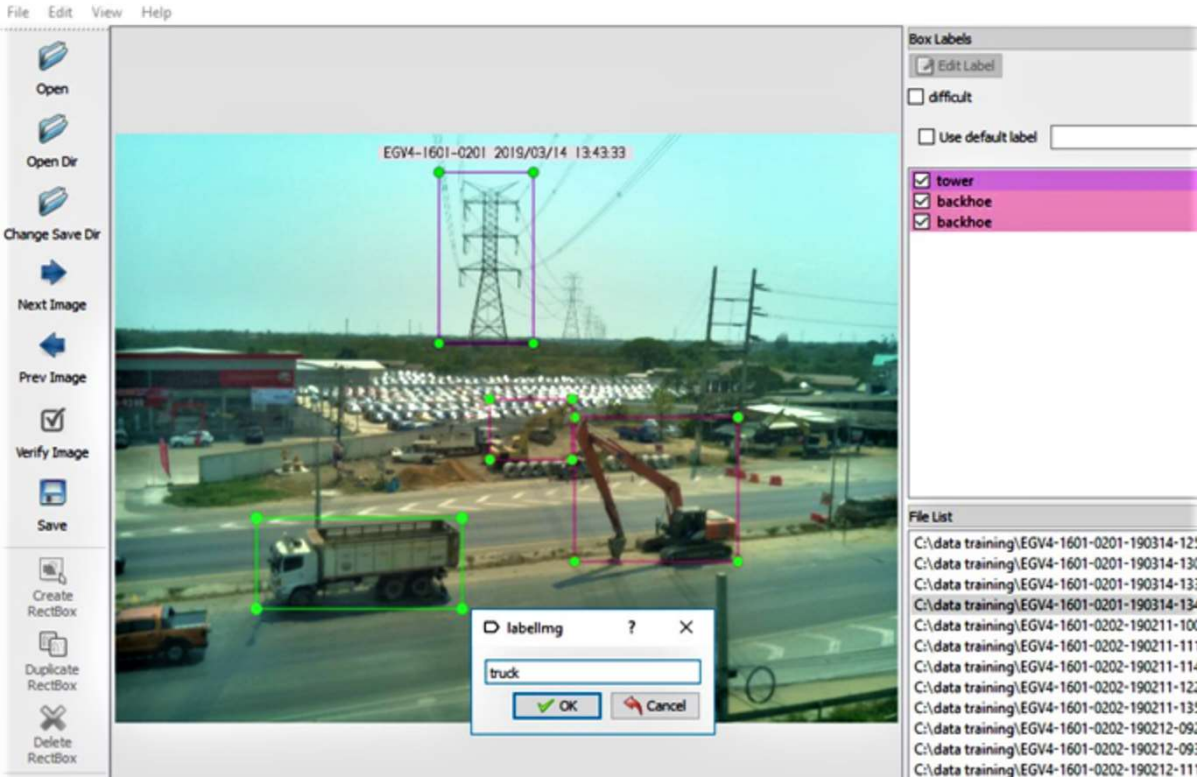
เมื่อได้ภาพที่ใช้สำหรับฝึกตัวแบบจำลอง โดยแต่ละภาพจะมีพื้นหลังและวัตถุอื่นปะปนอยู่ในภาพ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดบริเวณภาพเพื่อเจาะจงวัตถุที่ต้องการจะใช้ฝึกตัวแบบจำลอง ในขั้นตอนนี้ จะใช้โปรแกรม LabelImg ช่วยในการกำหนดพื้นที่ภาพซึ่งแสดงวัตถุและชื่อประเภทวัตถุนั้น ๆ โดยผลที่ได้จากกระบวนการนี้จะได้พิกัดของกรอบภาพวัตถุเป็นพิกัดมุมซ้ายบน (Xmin,Ymin) และพิกัดมุมขวาล่าง (Xmax,Ymax) ขนาดรูปภาพ และข้อความระบุชนิดของสิ่งที่ถูกตีกรอบ ได้แก่ crane, truck, backhoe และ tower แทนวัตถุ รถเครน รถบรรทุก รถแบคโฮ และเสาไฟฟ้าแรงสูง ตามลำดับ โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกบันทึกไว้ในรูปแบบไฟล์ xml เพื่อใช้ในการฝึกแบบจำลองตรวจจับและระบุชนิดวัตถุ ดังแสดงในรูปที่ 8

2.3 ส่วนแจ้งเตือนเหตุการณ์

เมื่อระบบจะทำการตรวจสอบภาพตรวจการณ์ที่บันทึกไว้ล่าสุด และเมื่อตรวจพบวัตถุขนาดใหญ่ที่อาจทำความเสียหายให้กับเสาไฟฟ้าแรงสูง ระบบจะทำการตรวจแยกประเภทวัตถุจากการรู้จำว่าเป็น รถเครน (crane) รถแบคโฮ (backhoe) และรถบรรทุก (truck) เพื่อทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องที่ได้ลงทะเบียนไว้กับระบบว่ามีวัตถุขนาดใหญ่เคลื่อนที่เข้าใกล้เสาไฟฟ้าแรงสูงและรายงานว่าเป็นวัตถุประเภทใด การแจ้งเตือนจะทำผ่าน LINE ซึ่งเป็นแอพพลิเคชันแชทที่เป็นที่นิยมและใช้งานอย่างกว้างขวาง ปัจจุบันมีการนำ LINE มาใช้ในการทำงานมากขึ้น เช่น การพูดคุยกันในหน่วยงาน รวมถึงการแจ้งเตือนต่าง ๆ โดยในส่วนของ API หรือส่วนสำหรับนักพัฒนาได้มีการเปิดส่วนของ LINE Notify ขึ้นมาให้ใช้งาน เพื่อให้นักพัฒนาได้ส่งการแจ้งเตือนข้อความต่าง ๆ ผ่าน LINE ได้ง่ายขึ้น โดยสามารถส่งข้อความเพื่อแจ้งเตือนไปยังกลุ่ม หรือบุคคลก็ได้ การติดต่อกับแอพพลิเคชั่นไลน์ จะใช้โปรโตคอล HTTPS ในการติดต่อโดยอาศัย Token เป็นรหัสผ่านเข้าไปขอส่งข้อความเข้าระบบ LINE นอกจากนี้ ระบบจะเก็บผลการตรวจพบวัตถุขนาดใหญ่ การแจ้งเตือนเป็นค่าสถิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อสรุปเป็นรายงานให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องได้พิจารณาต่อไป

3. ผลการทดลอง

ระบบเริ่มจากการสร้างโมเดล Faster R-CNN เพื่อให้จดจำวิเคราะห์ภาพเสาส่งไฟฟ้าแรงสูงและการจำแนกวัตถุได้ รถเครน รถแบคโฮ และรถบรรทุก โดยใช้ข้อมูลภาพสำหรับฝึกตัวแบบจำลอง โดยภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงจะใช้ภาพจากกล้องตรวจการณ์บริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูงจำนวน 97 ต้น ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน รวมจำนวน 570 รูป และใช้ภาพวัตถุได้แก่ รถเครน รถแบคโฮ และรถบรรทุกที่ได้ใช้ภาพที่สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต (Google Image) ในการฝึกตัวแบบจำลอง รวมจำนวน 577 รูป



รูปที่ 8 การกำหนดพื้นที่ภาพแสดงวัตถุและชื่อประเภทวัตถุ

ในขั้นตอนการใช้งานระบบประมวลผลภาพถ่ายจากกล้องตรวจการณ์บริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูงเป็นระบบอัตโนมัติ ระบบจะทำการดาวน์โหลดรูปภาพจากเว็บไซต์ของการไฟฟ้าฯ ที่ได้จากกล้องทุกตัวที่ออนไลน์อยู่ ณ เวลาล่าสุด และใช้โมเดล Faster R-CNN ในการตรวจจับวัตถุขนาดใหญ่ที่สามารถสร้างความเสียหายให้แก่โครงข่ายเสาไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้แก่ รถแบคโฮล รถเครน และรถบรรทุก รูปที่ 9 แสดงผลการทำงานของระบบ โดยรูปที่ 9 (ก) เป็นภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงถนนบัวนครินทร์ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ มีการปรับพื้นที่มีเครื่องจักร และ สิ่งรุกล้ำแนวสายส่ง ระบบสามารถตรวจจับทั้ง รถแบคโฮล รถเครน และรถบรรทุก รูปที่ 9(ข) เป็นภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงถนนสุวินทวงศ์ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ มีการก่อสร้างบริเวณใกล้เคียงกับเสาส่งไฟฟ้าแรงสูงและระบบสามารถตรวจพบรถเครน รูปที่ 9 (ค) เป็นภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงบริเวณถนนลาดพร้าว โดยระบบสามารถตรวจพบระบบทุกขนาดใหญ่ สำหรับรูปที่ 10 แสดงข้อความการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องทราบเมื่อระบบสามารถตรวจจับรถขนาดใหญ่บริเวณใกล้เสาไฟฟ้าแรงสูงซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อระบบการจ่ายไฟ โดยจะส่งภาพที่ระบบเสาไฟฟ้าแรงสูงและรถขนาดใหญ่ที่ตรวจจับได้

ในการประเมินความถูกต้องของระบบ ได้ทำการเก็บข้อมูลในระหว่างวันที่ 4 ถึงวันที่ 25 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2562 โดยการตรวจสอบจำนวนภาพที่มีวัตถุควรเฝ้าระวังที่ถูกถ่ายและเก็บไว้ในเครื่องแม่ข่าย พบว่ามีจำนวนทั้งหมด 58 ภาพ เปรียบเทียบกับจำนวนภาพที่ระบบการเฝ้าระวังอัจฉริยะแบบประมวลผลภาพสามารถตรวจจับพบวัตถุควรเฝ้าระวังและส่งแจ้งเตือนได้ จำนวน 43 ภาพ นั่นคือระบบการเฝ้าระวังอัจฉริยะแบบประมวลผลภาพสามารถแจ้งเตือนเพื่อเฝ้าระวังอันตรายจากวัตถุควรเฝ้าระวังได้ด้วยความถูกต้องร้อยละ 74.14 ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

4. สรุปผล

บทความนี้นำเสนอระบบตรวจจับภาพวัตถุขนาดใหญ่ที่มีแนวโน้มจะทำอันตรายต่อเสาไฟฟ้าแรงสูงจากภาพถ่ายที่ถ่ายโดยกล้องตรวจการณ์บริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูงของ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เมื่อระบบตรวจจับพบวัตถุขนาดใหญ่ จะทำการระบุประเภทของวัตถุว่าเป็นรถแบคโฮล รถเครน และรถบรรทุก แล้วจึงทำการแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่ที่ดูแลโครงข่ายเสาไฟฟ้าแรงสูงผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ระบบที่นำเสนอมีส่วนประมวลผลหลัก ที่จัดการด้านการโหลดและรวบรวมภาพ การปรับปรุง ภาพ การตรวจจับและจดจำแยกวัตถุขนาดใหญ่ รวมทั้ง ทำการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อรวบรวมมารายงานและปรับปรุงกระบวนการเฝ้าระวังและปัญหาที่เกี่ยวข้องได้ต่อไป

(ก) เสาส่งไฟฟ้าแรงสูงถนนบัวนครินทร์

(ข) เสาส่งไฟฟ้าแรงสูงถนนสุวินทวงศ์

(ค) เสาส่งไฟฟ้าแรงสูงถนนลาดพร้าว

รูปที่ 9 การตรวจจับเสาส่งไฟฟ้าแรงสูง และวัตถุขนาดใหญ่ รถแบคโฮล รถเครน และ รถบรรทุก

รูปที่ 10 การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์

5. เอกสารอ้างอิง

[1] N. Enose and R. Analyst, “A Unified management system for Smart Grid”, ISGT2011-India, Kollam, Kerala, pp. 328-333, 2011.

[2] H. C. Huang et al., “Research on Integrated Monitoring System of High-Voltage Tower”, Applied Mechanics and Materials, Vols. 347-350, pp. 657-660, 2013.

[3] A. G. Lazaropoulos, “Wireless Sensor Network Design for Transmission Line Monitoring, Metering, and Controlling: Introducing Broadband over Power Lines-Enhanced Network Model (BPLeNM)”, ISRN Power Engineering, pp. 1-22, 2014.

[4] C. Cao, “The Application of ZigBee in The Monitoring System of Electric Current Arising Suddenly of High voltage Transmission Line”, CHINA SCI-TEC, pp. 848-851, 2008.

[5] Abadi, Martín & Barham et al., “TensorFlow: a system for large-scale machine learning”, Proceedings of the 12th USENIX conference on Operating Systems Design and Implementation (OSDI’16), USENIX Association, pp. 265–283, 2016.

[6] R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell and J. Malik, “Region-Based Convolutional Networks for Accurate Object Detection and Segmentation”, in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 38, no. 1, pp. 142-158, 1 Jan. 2016.

[7] S. Ren, K. He, R. Girshick and J. Sun, “Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks”, in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 39, no. 6, pp. 1137-1149, 2017.

[8] L. Li et al., “Deep Learning for Generic Object Detection: A Survey”, International Journal of Computer Vision, Vol. 128, pp. 261–318, 2019.