

การพัฒนาระบบแจ้งเตือนโดยใช้แสงเลเซอร์เพื่อลดปัญหาความขัดแย้ง ระหว่างคนกับช้าง

DEVELOPMENT OF AN ALERT SYSTEM USING LASER LIGHT TO MITIGATE HUMAN-ELEPHANT CONFLICT

ภควัต ทะสังขา¹

ดร. ชัยพร เขมะภาคะพันธ์²

บทคัดย่อ

บริเวณป่ารอยต่อของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดชลบุรี พบความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างป่า (HEC) เป็นปัญหาการอนุรักษ์ที่สำคัญที่เป็นภัยคุกคามต่อทั้งคนและช้างป่าในพื้นที่ที่อยู่อาศัยซึ่งซ้อนทับกัน ในการศึกษาครั้งนี้ เราเสนอการพัฒนาระบบแจ้งเตือนได้ทันทีโดยใช้อุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำชาวบ้านในพื้นที่ สามารถสร้างอุปกรณ์และซ่อมแซมได้ มีลักษณะการทำงานร่วมกันระหว่างเลเซอร์ไดโอดและเซ็นเซอร์รับแสงที่สามารถตรวจจับและแจ้งเตือนคนงานที่ทำงานในสวนบริเวณพื้นที่ทับซ้อนกับป่า การติดตั้งระบบคำนึงถึงการไม่กระทบต่อระบบนิเวศน์ อุปกรณ์ใช้พลังงานของตัวเองโดยใช้แผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงาน การติดตั้งระบบแจ้งเตือนจะติดตั้งในทางเดินที่พบการเคลื่อนผ่านของช้างป่าติดตั้งในระดับความสูงทั่วไปตามสมมติฐานของเราคือ 2.50 เมตร ค่าความเร็วเฉลี่ยในการแจ้งเตือนใช้เวลา 5 วินาที อุปกรณ์ระบบผ่านแนวทางเดินมีระยะทางในแนวเส้นตรงระยะห่างของอุปกรณ์ประมาณ 50 เมตร จำนวน 5 จุด ครอบคลุมพื้นที่ 6400 ตารางเมตร และระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์ทุกคู่เท่ากับ 20 เมตร พร้อมกับการใช้งานระบบจากคนงานในช่วงเวลาเย็น 18.00 น. ถึงเช้า 6.00 น. ของทุกวัน ผลที่ได้รับคือพบช่วงเวลาที่ตรวจพบช้างป่ามีทั้งหมด 23 ช่วงเวลา ความแม่นยำของอุปกรณ์ที่ตรวจพบช้างป่าและแจ้งเตือนคิดเป็นประมาณ 91.4% และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ประมาณ 8.57% หลังจากทีระบบนี้ติดตั้งสำเร็จส่งผลให้ลดความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างป่า โดยสามารถแจ้งเตือนล่วงหน้าให้กับคนงานได้ ทำให้พวกเขาสามารถป้องกันหรือหลีกเลี่ยงก่อนที่จะช้างป่าจะเข้าใกล้และเกิดอันตรายกับทั้ง 2 ฝ่าย

คำสำคัญ : ความขัดแย้งระหว่างคนกับช้าง, HEC, เลเซอร์, ระบบแจ้งเตือน

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

² ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ABSTRACT

In the contiguous area of Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Chonburi Province, conflicts between humans and wild elephants (Human-Elephant Conflict, HEC) pose a significant conservation challenge that threatens both humans and elephants in the overlapping habitat. In this study, we propose the development of an instant alert system using low-cost local devices. The system incorporates a combination of laser diodes and light sensors capable of detecting and alerting workers in the garden areas adjacent to the forest. The installation of the alert system considers minimal environmental impact. The devices utilize their own power, generated by solar panels and batteries. The alert system will be installed along the pathways where wild elephants are known to pass. The installation height is assumed to be 2.50 meters on average. The average response time for the alert system is 5 seconds. The distance between each device along a straight line pathway is approximately 50 meters. The system consists of 5 points, covering an area of 6,400 square meters. The distance between each sensor pair is set at 20 meters. The system is activated by workers in the evening from 18:00 to 06:00 every day. The results obtained reveal a total of 23 time periods when wild elephants were detected. The accuracy of the devices in detecting and alerting the presence of wild elephants is estimated to be approximately 91.4%, with an error rate of approximately 8.57%. After the successful installation of this system, conflicts between humans and wild elephants have significantly reduced. The system provides advance warning to workers, enabling them to prevent or evacuate before elephants approach and pose a threat to both parties.

Keywords: Human-elephant conflict, HEC, Laser, alert system

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ซึ่งเป็น 1 ในบริเวณพื้นที่ป่ารอยต่อ 5 จังหวัด ภาคตะวันออกที่มีพื้นที่ประมาณ 2,181.32 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ใน 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดสระแก้ว จังหวัดระยอง จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดชลบุรี ซึ่งพบจำนวนช้างป่าประมาณ 400 – 450 ตัว และเป็นพื้นที่ที่มีอัตราการเพิ่มประชากรช้างป่าสูงที่สุดในประเทศไทย คือร้อยละ 8.2 ต่อปี (Vinitpornasawan et al., n.d.) เพราะมีลักษณะพื้นที่เป็นป่าดิบที่ราบต่ำและใกล้เขตพื้นที่ทำการเกษตรของมนุษย์ ส่งผลให้มีการพบปัญหาความขัดแย้งระหว่างมนุษย์กับช้าง (Human Elephant Conflict: HEC) เนื่องจากสาเหตุ ดังนี้

(1) การขยายพื้นที่ทำการเกษตรของมนุษย์บุกรุกพื้นที่ป่า ป่าถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่สำหรับการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ปาล์มน้ำมัน ยางพารา และการตัดผ่านถนนในพื้นที่ป่า ส่งผลให้พื้นที่ป่าเหลือเพียงบริเวณเขาสูงชันซึ่งไม่เหมาะแก่การอยู่อาศัยของช้าง

(2) ประชากรช้างป่าในพื้นที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากไม่มีผู้ล่าสัตว์ขนาดใหญ่ เช่น เสือโคร่ง เนื่องจากได้สูญพันธุ์ไปจากพื้นที่แล้ว

(3) แหล่งน้ำและแหล่งอาหารที่ลดลงเนื่องจากพื้นที่ป่าที่ลดลง ส่งผลให้ช้างป่าออกมาหาแหล่งน้ำและอาหารที่มีความอุดมสมบูรณ์ซึ่งก็คือพื้นที่ทำการเกษตรของชาวบ้าน

(4) พืชผลที่เพาะปลูกโดยมากเป็นยางพาราและผลไม้ ซึ่งมีลักษณะต้นสูงใหญ่คล้ายลักษณะของป่า จึงเป็นเหตุผลที่ช้างป่าบุกรุกพื้นที่เพื่อเข้ามาอยู่อาศัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) ออกแบบกระบวนการสำหรับการตรวจจับช้างเมื่อเคลื่อนผ่านพื้นที่ไฟรั่วและสามารถแจ้งเตือนแก่ชาวบ้านโดยรอบได้

(2) สร้างอุปกรณ์สำหรับการตรวจจับช้างที่มีต้นทุนต่ำและสามารถทดแทนได้โดยง่าย

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยมีการรับมือกับปัญหา HEC โดยการทำแนวรั้วไฟฟ้าซึ่งใช้เครื่องควบคุมรั้วไฟฟ้าถูกกำหนดตามมาตรฐาน IEC 60335-2-76 โดยในประเทศไทย นำรั้วไฟฟ้าเพื่อใช้กันพื้นที่ป้องกันไม่ให้ช้างป่า ออกนอกพื้นที่เขตสงวน เช่น การสร้างแนวรั้วไฟฟ้ายาว 49 กิโลเมตร ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า จังหวัดกาญจนบุรี อันถัดมาคือการปรับปรุงแหล่งอาหารใจกลางป่า สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนอาหารในพื้นที่ป่าที่ช้างป่าอยู่อาศัย การปรับปรุงแหล่งอาหารและแหล่งน้ำของช้างเพื่อกันไม่ให้ช้างออกมาหากินนอกเขตพื้นที่ป่าจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ทั้งนี้ กลับพบปัญหาว่าช้างไม่ยอมกินอาหารตามพื้นที่ที่จัดไว้ ส่วนการใช้คนเฝ้าสังเกตการศึกษาเส้นทางการเดินของช้างเพื่อสร้างจุดไฟรั่วและแจ้งเตือนแก่มนุษย์ในกรณีที่มีช้างป่าเข้าใกล้พื้นที่ เช่น ในตำบลพลวงทอง อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี ได้มีการผลัดเปลี่ยนการไฟรั่วรอบ ๆ บริเวณอยู่อาศัยของชาวบ้านในพื้นที่ และสุดท้ายคือการจัดทีมปฏิบัติการเพื่อจับไล่ช้าง เป็นหนึ่งในวิธีการที่ใช้สร้างความตกใจให้แก่ช้างป่า ซึ่งจะต้องกระทำโดยผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการฝึกมา อย่างไรก็ดีวิธีการดังกล่าวไม่ค่อยเป็นผลมากนักเนื่องจากไม่สามารถคาดเดาพฤติกรรมการออกนอกพื้นที่ของช้างป่าได้

และจากการศึกษางานวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างในต่างประเทศ โดยพัฒนาระบบด้วยการใช้เซ็นเซอร์ชนิดต่างๆ เช่น ระบบตรวจจับโดยใช้ RF Sensor ที่ตั้งการด้วยหน่วยประมวลผล Arduino โดยหากมีการตอบสนองที่ RF Sensor เป็นเวลา 1.5 วินาที จะถือว่ากำลังมีช้างป่าเคลื่อนผ่านระบบจะสั่งการให้มีการเล่นเสียงของผึ้งซึ่งสามารถทำให้ช้างป่าตกใจและหนีห่าง (Rathnayaka et al., 2018) การออกแบบระบบตรวจจับด้วยการใช้อินฟราเรดเซ็นเซอร์ (IR Seneor) เมื่อมีการเคลื่อนผ่านของช้าง ในการตรวจจับลักษณะทางกายภาพของช้างป่าจากความสูงและความกว้าง (Nakandala et al., 2014) และการทำงาน

ร่วมกันของระบบสามระบบ ได้แก่ IR Sensor ตรวจวัดผู้ที่ผ่านมา Microwave Sensor ตรวจจับการเคลื่อนที่ของช้าง และ Seismic Sensor ตรวจจับการสั่นสะเทือนเมื่อช้างเดินทางผ่านเปรียบเทียบกับสัตว์ชนิดอื่นๆ ที่ทำการบันทึกไว้ในบริเวณที่มีการติดตั้งระบบตรวจจับ โดยทั้งสามระบบจะมีการตั้งค่าสำหรับการตรวจจับว่าเป็นช้างเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับช้าง (Wijesekera et al., 2021)

จากการค้นคว้างานวิจัยที่ได้ทำการออกแบบระบบตรวจจับช้างป่า ด้วยการใช้เซ็นเซอร์ชนิดต่างๆ โดยได้ทำการเปรียบเทียบการทำงานของเซ็นเซอร์ เพื่อเลือกชนิดของเซ็นเซอร์ ที่เหมาะสมและมีต้นทุนต่ำสำหรับการนำมาพัฒนาระบบตรวจจับช้าง ดังนี้

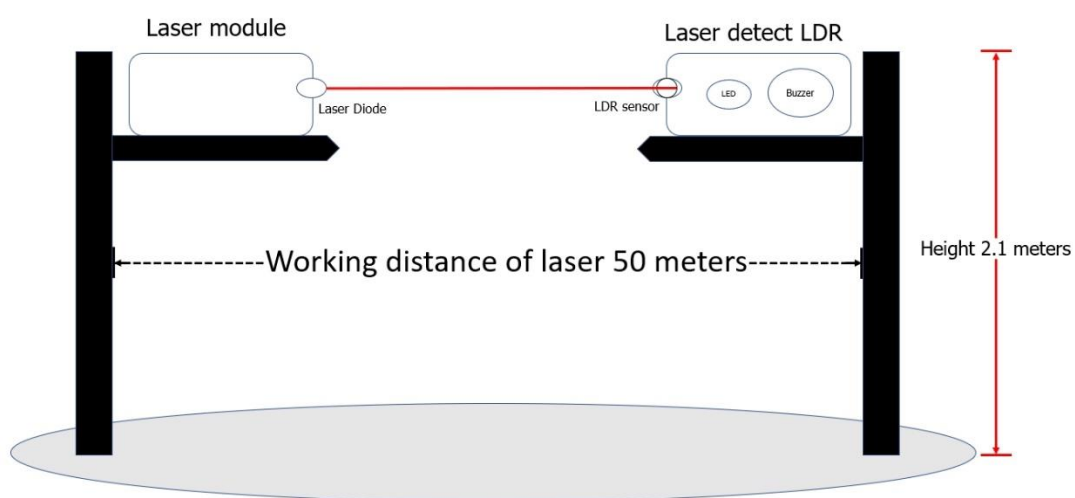
ตารางที่ 1. ตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซ็นเซอร์และโมดูลชนิดต่างๆ สำหรับการตรวจจับช้าง

เซ็นเซอร์/โมดูล	ระยะหวังผล (เมตร)	ราคา (บาท)	หมายเหตุ
IR Seneor	0-100	สูงขึ้นแปรผันตามระยะหวังผล	สามารถทำงานเพียงลำพังได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน แต่อุปกรณ์ดังกล่าว มีราคาที่สูงขึ้นตามระยะหวังผล โดยระยะหวังผลที่ประมาณ 50 เมตร จะมีราคาอยู่ที่ 200 กว่าบาท
Microwave Sensor	0-100	สูงขึ้นแปรผันตามระยะหวังผล	เนื่องจากมีโอกาสที่จะตรวจจับสิ่งแปลกปลอมได้สูง จึงจำเป็นต้องใช้ร่วมกับเซ็นเซอร์ชนิดอื่นเพื่อการตรวจจับที่มีประสิทธิภาพ
Seismic Sensor	0-50	ประมาณ 2,000 ขึ้นไป	จำเป็นต้องใช้ร่วมกับเซ็นเซอร์ชนิดอื่นเพื่อการตรวจจับที่มีประสิทธิภาพ
Laser Diode	0-100	อยู่ในช่วง 25-60	มีระยะหวังผลที่สูงเมื่อเทียบกับเซ็นเซอร์ชนิดอื่นๆ แม้จะต้องใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์ตรวจจับแสงก็ยังมีต้นทุนที่ต่ำ

3. การออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบ

จากการสังเกตพฤติกรรมของช้างป่าพบว่า ช้างป่าวัยรุ่นและลูกช้างป่าจะไม่เคลื่อนที่โดยลำพังโดยไม่มีฝูง และถ้ามีการเคลื่อนย้าย การคุกคามจากลูกช้างป่าจะน้อยที่สุด จากสมมติฐานดังกล่าว ความสูงที่เหมาะสมของตำแหน่งเซ็นเซอร์จะเพิ่มขึ้นในกรณีที่มีแนวโน้มน้ำจะเกิดอันตรายคือการตรวจจับการบุกรุกของช้างป่าตัวผู้ที่แยกตัวออกมา อ้างอิงการคำนวณจำนวนช้างป่าทั้งหมดเป็นจำนวน 100 ตัว ช้างป่าตัวผู้ขนาดความสูง 2.00 – 2.40 เมตร สำหรับช้างป่าอายุ 10-20 ปี และสำหรับช้างป่าตัวเมียขนาดความสูง 1.82 - 2.15 เมตร หลังจากการสุ่มค่าความสูงของช้างป่าจากช่วงที่กำหนดสร้างตัวเลขสุ่มในช่วงสำหรับแต่ละตัวและคำนวณค่าความสูงเพื่อหาความสูงเฉลี่ยในแต่ละครั้ง (1) ดังนั้นค่าความสูงเฉลี่ยของช้างป่าที่สุ่มมาจากช่วงที่กำหนดคือ 2.135 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงก่อนหน้านี้ ค่าความสูงทั่วไปตามสมมติฐานของเราคือ 2.10 เมตร

โดยค่าความปลอดภัยไว้ที่ ± 0.10 เมตร ดังนั้นเซ็นเซอร์บนสุดจึงอยู่ที่ 2.10 เมตร และอีกส่วนหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์คือความยาวของตัวช้างป่าที่โตเต็มที่มีขนาดประมาณ 2.00 – 4.00 เมตร เพื่อใช้ในการคำนวณความเร็วในการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ที่ตรวจจับ ความเร็วของช้างป่าในระยะเวลาเคลื่อนไหวปกติในเวลา 1 วินาที (2) เพื่อคำนวณค่าความเร็วเฉลี่ยเมื่อช้างป่าเดินและเมื่อช้างป่าวิ่งให้แยกกลุ่มของช้างป่าเดินและช้างป่าวิ่ง ดังนั้นค่าความเร็วเฉลี่ยเมื่อช้างป่าเดินคือ 3.325 เมตร/วินาที และค่าความเร็วเฉลี่ยเมื่อช้างป่าวิ่งคือ 3.810 เมตร/วินาที ค่าความเร็วทั่วไปตามสมมติฐานของเราจะคำนวณได้ว่าความเร็วเฉลี่ยของช้างป่าอยู่ที่ 3.2517 เมตร/วินาที การอ้างอิงที่ไม่แม่นยำอาจเกิดขึ้นเนื่องด้วยความเร็วที่วัดได้แสดงให้เห็นถึงความเร็วของช้างป่าแต่ละตัวที่คาดเดาไม่ได้ หากต้องการคิดความเร็วที่เพิ่มขึ้น 20% จากค่าความเร็วเฉลี่ยทั้งหมด ดังนั้นขีดจำกัดสูงสุดจะอยู่ภายในช่วง ค่าความเร็วเฉลี่ยทั้งหมดคือ 3.90204 เมตร/วินาที ค่าทั้งหมดจึงถูกคำนวณและนำมาตั้งค่าในการติดตั้งเซ็นเซอร์ภายในระบบทั้งหมดการออกแบบนี้ใช้การระบุช้างป่าด้วยความสูงและความยาวของช้างป่า มีระยะทำการเหมาะแก่การติดตั้งในพื้นที่ โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ อุปกรณ์ไดโอดแสงเลเซอร์ (Laser diode module) และการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเข้มของแสง LDR (Laser detect LDR) การติดตั้งอุปกรณ์ต้องติดในตำแหน่งที่สูง (ภาพที่ 1) เพื่อจำแนกการตรวจจับออกจากมนุษย์ สัตว์อื่น ๆ และยานพาหนะ เมื่อตรวจพบจะส่งผลให้อุปกรณ์ลำโพงเสียง (Buzzer) ส่งเสียงแจ้งเตือนพร้อมกับสัญญาณหลอดไฟ LED เพื่อส่องสว่างให้คนงานในพื้นที่ได้ยินและสังเกตเห็น ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงอันตรายจากช้างป่าได้



ภาพที่ 1 ไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบ Laser module และ Laser detect LDR

โดยที่ Laser detect LDR มีการโปรแกรมโดยใช้หน่วยประมวลผล Arduino เนื่องจากสามารถรับค่า Analog ได้ที่ขา A0 ซึ่ง LDR sensor ที่เลือกใช้งานจะถูกกำหนดให้อ่านค่าจากแสงเลเซอร์ที่ส่องแสงตรงมาที่ sensor รับค่าอยู่ตลอดเวลา หากมีการเคลื่อนผ่านของช้างป่า การทำงานจะกำหนดให้แสงที่มากระทบกับ LDR sensor ถูกกดบัง ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาที่กำหนดจะสั่งการให้ buzzer ทำงาน เพื่อสั่งการ Arduino โดยการคำนวณระยะเวลาดับของเซ็นเซอร์ LDR เมื่อมีช้างเดินผ่านเพื่อสั่งการให้ โมดูลเสียง buzzer ส่งเสียงแจ้งเตือน โดยจะทำการคำนวณเวลาที่เซ็นเซอร์ถูกกดบังจากแสงเลเซอร์ใช้การคำนวณหาเวลาจากความยาวของตัว

ข้างและความเร็วปกติที่ข้างเดิน ซึ่งมีองค์ประกอบที่ใช้ประกอบการคำนวณได้แก่ ความยาวของตัวข้างที่โตเต็มที่มีขนาดประมาณ 2-4 เมตร โดยในงานวิจัยนี้ เลือกค่าประมาณการที่ 3 เมตร เนื่องจากเป็นขนาดของข้างส่วนมากในพื้นที่ทำการทดลองมาประกอบการคำนวณรวมกับความเร็วของข้างเมื่อเคลื่อนที่ช้าที่สุดอยู่ที่ประมาณ 0.8 เมตรต่อวินาที (Nakandala et al., 2014) ดังนั้น จึงสามารถคำนวณหาระยะเวลาที่เซ็นเซอร์ถูกบดบังจากแสงเลเซอร์ตามสูตรการคำนวณหาความเร็ว ดังนี้

$$T = \frac{S}{V} \quad (1)$$

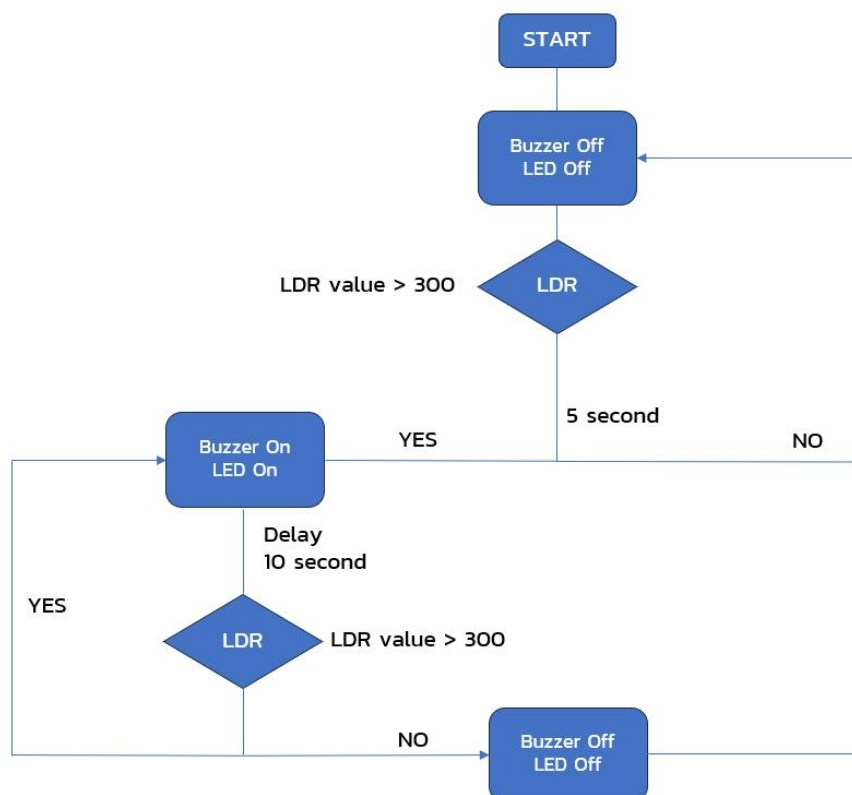
การคำนวณหาระยะเวลาที่เซ็นเซอร์ LDR ถูกบดบัง สามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

โดย V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของข้าง มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที

S คือ ระยะทาง ในที่นี้คือความยาวของตัวข้าง มีหน่วยเป็นเมตร

และ T คือ ระยะเวลาที่เซ็นเซอร์ LDR จะถูกบดบัง

จากสมการข้างต้นทำให้สามารถคำนวณเวลาสำหรับการกำหนดค่าบนหน่วยประมวลผลเพื่อสั่งการ โมดูลเสียง buzzer เท่ากับ 3.75 วินาที ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเผื่อเวลาในกรณีที่ลมพัดกิ่งพุ่มไม้มาบดบัง LDR sensor ซึ่งมีเวลาอยู่ในช่วง 2-4 วินาที โดยจากการตรวจสอบพบว่าข้างที่พบส่วนใหญ่จะเป็นข้างหลดสูงที่เคลื่อนที่โดยลำพัง และมีความเร็วในการเคลื่อนที่ที่ต่ำมาก ดังนั้น จึงกำหนดความหน่วงเวลาเพื่อตรวจจับการเคลื่อนผ่านของข้างที่ 5 วินาที โดยมีกระบวนการทำงานดังนี้ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 Flow การทำงานของอุปกรณ์ Laser detect LDR

ทั้งนี้ ได้มีการใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นแหล่งพลังงานเพื่อใช้งานในอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานต่อเนื่อง ในบริเวณเขตรอยต่อของป่า ในงานวิจัยนี้เป็นแหล่งพลังงานของการทำงานของบอร์ด Arduino ซึ่งใช้แบตเตอรี่ 18650 เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน การคำนวณค่าพลังงานที่จะได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์ในระยะเวลาชาร์จเป็นข้อมูลที่สำคัญ เพื่อให้รู้ว่าแผงโซลาร์เซลล์นั้นสามารถให้พลังงานเพียงพอสำหรับการทำงานของบอร์ด Arduino ในการคำนวณหาระยะเวลา ที่สามารถทำงานได้ด้วยแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 6V 6W จำนวน 1 แผง และรับแสงแดดวันละ 4 ชั่วโมง ต่อเข้ากับ Module TP4051 เพื่อชาร์จแบตเตอรี่ 18650 ขนาด 3.7V 9900 mAh จำนวน 4 ก้อน สามารถคำนวณได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

พลังงานที่แผงโซลาร์เซลล์สร้างได้ต่อวัน = $6W \times 100\% \times 4 = 24 \text{ Wh}$,

ค่าพลังงานที่จะได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์ = $24 \text{ Wh} / 3.7 = 6.49 \text{ Ah}$,

พลังงานที่จะถูกส่งเข้าสู่แบตเตอรี่ = $6.49 \text{ Ah} \times 1 = 6.49 \text{ Ah}$

และ เวลาการทำงานทั้งหมดของบอร์ด Arduino = $6.49 \text{ Ah} / 0.28A = 23.18 \text{ ชั่วโมง}$

ดังนั้นระบบสามารถที่จะทำงานได้ต่อเนื่อง การวิจัยนี้จะสามารถใช้งานบอร์ด Arduino ตลอด 23 ชั่วโมง

โดยอุปกรณ์ต้นแบบทั้งสองที่ประกอบแล้วเสร็จ แสดงดังรูปด้านล่างนี้



ภาพที่ 3 อุปกรณ์ Laser diode module (ซ้าย) และอุปกรณ์ Laser detect LDR (ขวา)

4. ผลการวิจัย

ผลของการติดตามการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบระหว่างเลเซอร์ไดโอดและเซ็นเซอร์รับแสง เพื่อตรวจจับช้างป่าในพื้นที่ตำบลพลวงทอง อำเภอปอทอง จังหวัดชลบุรี นั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบในช่วงเวลาที่มักจะมีการพบช้างป่า โดยจะเปิดให้อุปกรณ์ทำงานในช่วงเวลาที่ทัศนวิสัยน้อยลงและมีการพบช้างมากที่สุดคือช่วงเวลา 21.00 น. ถึงเวลา 03.00 น. ของวันถัดไป และเป็นช่วงเวลาที่คนงานในพื้นที่เข้าใกล้บริเวณเขตแนวป่าทับซ้อนและมีความเสี่ยงต่อการพบช้างป่า ทั้งนี้ การติดตามผลได้รับความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่พิทักษ์ป่าและคนงานในการบันทึกข้อมูลการแจ้งเตือนจากอุปกรณ์ต้นแบบ

เป็นระยะเวลา 30 วัน ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาค่าความแม่นยำของการตรวจพบช้างป่าที่ผ่านเข้ามาในจุดที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบ โดยการตรวจจับของอุปกรณ์ต้นแบบไม่สามารถระบุจำนวนได้ในกรณีที่ช้างป่ามีการเคลื่อนที่เป็นกลุ่มได้ แต่สามารถสื่อให้เห็นได้ว่าการเคลื่อนที่ของช้างป่าแบบเป็นกลุ่ม เนื่องจากการแจ้งเตือนของอุปกรณ์จะส่งการแจ้งเตือนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานกว่าการพบช้างป่าเพียงตัวเดียว เป็นเหตุให้พบได้ว่าเป็นการเคลื่อนที่ของช้างป่าในลักษณะกลุ่มรวมฝูง โดยแสดงผลการตรวจจับดังตารางด้านล่างนี้ ตารางที่ 2 แสดงผลการตรวจจับช้างด้วยอุปกรณ์ต้นแบบ

เวลา วันที่	21.00	22.00	23.00	00.00	01.00	02.00	03.00
1	0	1	2	0	1	2	2
2	1	0	0	1	2	1	1
3	1	1	0	1	1	non	2
4	0	1	0	2	1	3	2
5	0	1	1	1	non	1	2
6	0	1	1	1	1	4	3
7	1	0	2	1	non	2	1
8	2	1	1	0	1	4	2
9	0	1	1	1	3	non	1
10	0	1	2	0	2	1	1
11	0	2	2	0	1	2	1
12	0	0	1	0	1	1	1
13	1	0	1	1	non	3	2
14	1	2	0	1	1	2	1
15	1	1	0	0	2	1	2
16	2	1	2	0	3	3	non
17	1	0	2	2	3	3	1
18	0	1	2	0	1	2	2
19	2	0	1	0	2	2	2
20	2	0	1	1	2	1	2
21	1	2	0	1	1	3	2
22	1	1	0	0	1	non	4
23	1	1	0	0	2	3	3
24	1	1	1	1	3	4	4
25	2	1	0	1	2	4	4
26	0	0	1	0	3	non	4
27	0	0	1	1	2	2	2
28	1	1	0	1	2	2	2
29	0	1	0	0	non	3	2
30	0	1	1	0	1	2	2

ผลการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับช้างป่าที่ถูกนำไปใช้เป็นเวลา 30 วัน นำตารางข้างต้นมาคำนวณค่าความแม่นยำของอุปกรณ์จากตัวแปรดังนี้

จำนวนช่องที่มีการตรวจพบช้างป่าและสามารถระบุจำนวนได้ถูกต้อง (TP)	=	155
จำนวนช่องที่มีการตรวจไม่พบช้างป่า(TN)	=	46
จำนวนช่องที่มีการตรวจไม่พบช้างป่าแต่ตรวจผิด (FP)	=	0
จำนวนช่องที่มีการตรวจพบช้างป่าแต่ตรวจผิด (non) (FN)	=	9

$$\text{ความแม่นยำการตรวจจับ} = [(TP+TN) / (TP + TN+FP+ FN)] \times 100 = [(155+46) / (210)] \times 100 \\ \approx 95.7\%$$

$$\text{ความคลาดเคลื่อน} = [(FP + FN) / (TP + FP + TN + FN)] \times 100 = [(0+ 9) / (210)] \times 100 \\ \approx 4.26\%$$

จากผลที่ได้จากการแจ้งเตือนการบุกรุกของช้างป่าแก่ผู้ที่เข้ามาในพื้นที่ ในกรณีที่มีการเคลื่อนผ่านของช้างป่าที่มาเพียงตัวเดียว สามารถประมาณการจำนวนช้างป่าที่เคลื่อนผ่าน แต่หากเป็นกรณีที่ช้างป่าเคลื่อนมาเป็นกลุ่มจะยังไม่สามารถระบุจำนวนครั้งที่มีการแจ้งเตือนได้ ทั้งนี้ การส่งเสียงที่ยาวนานต่อเนื่อง ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่ากำลังมีช้างป่า ที่เคลื่อนตัวเป็นกลุ่มผ่านจุดที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบ จึงสรุปได้ว่าสามารถตรวจจับและแจ้งเตือนแก่ผู้ที่เข้ามาในบริเวณใกล้เคียงได้เป็นอย่างดี ภายใต้งบประมาณค่าอุปกรณ์ที่ไม่สูงสามารถทดแทนได้อย่างรวดเร็วหากเกิดความเสียหาย ซึ่งปัญหาหลักที่พบคือ การติดตั้งอุปกรณ์ในตำแหน่งที่มีความเสี่ยงต่อการถูกช้างป่าทำลายและอุปกรณ์ถูกขโมยจากคนในพื้นที่เอง

5. สรุปผลการวิจัย

ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีศักยภาพในการลดความเสี่ยงของการเสียชีวิตของมนุษย์และการฆ่าช้างป่าที่เข้ามาพบกันในพื้นที่ทับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถใช้เป็นต้นแบบสำหรับพื้นที่อื่น ๆ ที่ต้องเผชิญกับความท้าทายที่คล้ายคลึงกัน ในขณะที่การพัฒนาระบบการตรวจจับให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นโดยการพัฒนาโปรแกรมหน่วยประมวลผล Arduino ในแต่ละโหนดให้ทำหน้าที่อ่านข้อมูลจากตัวเซ็นเซอร์และส่งข้อมูลไปยังโหนดถัดไปจนกระทั่งถึงโหนดสุดท้ายซึ่งจะส่งข้อมูลไปยังเครื่องกลางหรือระบบคลาวด์ (cloud) เพื่อจัดเก็บหรือประมวลผล ในการส่งข้อมูลระหว่างโหนดจะต้องเลือกใช้โปรโตคอลหรือการสื่อสารที่เหมาะสมในพื้นที่ เช่น การส่งข้อมูลผ่าน WiFi หรือการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย LoRa ขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างโหนดแต่ละอัน และลักษณะการสื่อสารที่ต้องการ ข้อมูลที่ถูกส่งระหว่างโหนดจะถูกจัดเรียงในรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถอ่านและตีความข้อมูลได้ถูกต้องตามที่ต้องการ เพื่อนำไปประมวลผลต่อไป เช่น การวิเคราะห์ข้อมูล การแสดงผลหรือการบันทึกข้อมูลเพิ่มเติม อย่างไรก็ตาม การทำงานของ Arduino ในระบบเครือข่ายแบบต่อเนื่องนี้จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างและการสื่อสารที่เลือกใช้ และอาจต้องพิจารณาตั้งค่าและการเชื่อมต่อระหว่างโหนดให้เหมาะสมกับแต่ละแอปพลิเคชันหรืองานที่ต้องการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างป่าต่อไป

บรรณานุกรม

- Vinitpornsawan, S., Bunchornratana, K., Pukhrua, A., Panyawiwatanakul, R., & Office, W. C. (n.d.).
ประชากรและโครงสร้างอายุของช้างป่าในกลุ่มป่าตะวันออก “ ปรอยต่อ 5 จังหวัด .”
- Nakandala, M. S., Namasivayam, S. S., Chandima, D. P., & Udawatta, L. (2014). Detecting wild elephants via WSN for early warning system. *2014 7th International Conference on Information and Automation for Sustainability: “Sharpening the Future with Sustainable Technology”, ICIAfS 2014, March*. <https://doi.org/10.1109/ICIAFS.2014.7069632>
- Rathnayaka, R., Batuwangala, N. P., Fernando, M., & Fernando, W. S. P. (2018). *Elephant Intrusion Detection , Deterrence and Warning System (“ Tusker Alert ”)*. January, 97–105.
- Wijesekera, D. T. S., Amarasinghe, M. C. S. T., Dassanaik, P. N., De Silva, T. H. H., & Kuruwitaarachchi, N. (2021). Modern solution for human elephant conflict. *2021 2nd International Conference for Emerging Technology, INCET 2021, August*.
<https://doi.org/10.1109/INCET51464.2021.9456214>