# บทที่ 1. บทนำ

## 1.1 ที่มา และความสำคัญของโครงการ

ความขัดแย้งระหว่างคนและช้างในบริเวณผืนป่าของประเทศไทยมีขึ้นหลายครั้งและทำให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ความสูญเสียที่เกิดขึ้นมีหลายรูปแบบแต่หลักๆ ที่เกิดขึ้นคือการบุกรุกของช้างเข้าไปในบริเวณที่อยู่อาศัยและที่ทำกินของผู้คนทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินเช่น พืชที่เพาะปลูกไว้ สัตว์เลี้ยง สิ่งปลูกสร้าง นอกจากความเสียหายต่อทรัพย์สินช้างยังสามารถทำร้ายผู้คนด้วย ทำให้เกิดการบาดเจ็บและถึงแก่ชีวิตได้ในทางกลับกันคนก็ทำร้ายช้างทำให้ถึงชีวิตได้เช่นกันและช้างในประเทศไทยมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเหลือพื้นที่ป่าน้อยลง ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องลดความขัดแย้งระหว่างคนและช้าง

จากการสำรวจและศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดการขัดแย้งระหว่างคนกับช้างนั้นไม่สามารถหาคำตอบได้ชัดเจนเนื่องจากมีความซับซ้อนมากและมีปัจจัยหลากหลายเช่นภูมิศาสตร์การเพาะปลูกจำนวนประชากรและอื่น ๆ ดังนั้นการจะแก้ปัญหาที่สาเหตุที่ทำให้เกิดการขัดแย้งระหว่างคนกับช้างนั้นเป็นไปได้ยาก และแต่ละพื้นที่ก็มีสาเหตุที่แตกต่างกันไปทางทีมวิจัยได้มีการศึกษาเบื้องต้นของผลงานทางวิชาการในการลดการขัดแย้งระหว่างคนกับช้าง ได้มีหลายโครงการและความคิดริเริ่มในการบรรเทาผลกระทบของความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างที่เกิดขึ้นทั่งโลก โดยเฉพาะในแถบเอเชียและแอฟริกาวิธีการดั้งเดิมนั้นแตกต่างกันไปในแต่ละชุมชนซึ่งมีการใช้เสียงเช่นการตะโกนหรือตีกลองเพื่อไล่ช้างการเผาไม้ไผ่การใช้ไฟสปอตไลท์และรวมถึงการใช้อาวุธเช่นหอกในปัจจุบันมีหลายวิธีที่ได้ถูกนำมาใช้เช่นการสร้างคูน้ำไม่ให้ช้างเข้ามาในบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัยการใช้รั้วไฟฟ้ารวมถึงรั้วไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์วิธีเหล่านี้อาจทำให้เกิดอันตรายกับช้างได้และอาจทำให้เกิดการความสูญเสียทั้งคนและช้างได้ นอกจากยังพบว่าช้างมีการเรียนรู้และปรับตัวในการหลีกเลี่ยงวิธีเหล่านี้

การเตือนภัยช้าง จากการที่ช้างเคลื่อนไหวสามารถจะทำให้เกิดคลื่นการสั่นสะเทือน จึงสามารถตรวจจับช้างจากสัญญาณการสั่นสะเทือน ซึ่งจะต้องวิเคราะห์ว่าสัญญาณใดเป็นช้าง เนื่องจากช้างมีขนาดร่างกายใหญ่จึงสามารถตรวจจับภาพช้างและวิเคราะห์ว่าใช่ช้างหรือไม่โดยใช้เทคนิคการรู้จำการใช้เทคนิคการรู้จำภาพและวัดพัลส์คลื่นการสั่นสะเทือน การตรวจสอบความเคลื่อนไหวของช้างโดยตรวจจับรังสีอินฟราเรดแล้วส่งข้อมูลการเตือนภัยผ่านระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ คลื่นวิทยุ และเครือข่ายคอมพิวเตอร์จะสามารถป้องกันภัยจากช้างได้

**1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ**

1.2.1 เพื่อป้องกันภัยจากช้าง และความปลอดภัยของช้าง จากความขัดแย้งระหว่างมนุษย์กับช้าง

1.2.2 อนุรักษ์ช้างซึ่งเป็นสัตว์คู่บ้านคู่เมืองให้อยู่คู่กับแผ่นไทยต่อไป

1.2.3 ปกป้องรักษาพื้นป่า เพื่อให้มนุษย์กับช้างอยู่ร่วมกันได้

1.2.4 สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับช้างให้กับชาวบ้านที่ต้องขัดแย้งกับช้าง

1.2.5 เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของกองทุนตามมาตรา 52 (2) ในการพัฒนาทรัพยากรการสื่อสารและเทคโนโลยีการเตือนภัยจากช้างผ่านระบบการสื่อสารเคลื่อนที่และเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อให้ประชาชนรวมทั้งผู้พิการ ผู้สูงอายุหรือผู้ด้อยโอกาสตลอดจนอุตสาหกรรมโทรคมนาคม และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ได้รับข้อมูลข่าวสารการเตือนภัยเกี่ยวกับช้างที่ถูกต้องรวมทั้งความรู้เกี่ยวกับช้าง

1.2.6 เพื่อสนับสนุน ส่งเสริม และคุ้มครองผู้บริโภคด้านกิจการกระจายเสียง กิจการ โทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

1.2.7 เพื่อพัฒนาส่งเสริมการศึกษาของนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย

**1.3 ขอบเขตของโครงการ**

1.3.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการบุกรุกเข้าในพื้นที่ชุมชนบ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี และบ้านเขากล้วย ตำบลพวา อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี

1.3.2 เลือกใช้เทคนิคการตรวจจับความเคลื่อนไหวของช้างอย่างน้อยสองวิธี

1.3.3 เตือนภัยช้างผ่านระบบการสื่อสารเคลื่อนที่และเครือข่ายคอมพิวเตอร์

1.3.4 พัฒนาระบบเตือนภัยจากช้างต้นแบบ

1.3.5 สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเตือนภัยช้างให้กับชุมชน

**1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.4.1 ป้องกันภัยจากช้าง และความปลอดภัยของช้าง โดยเครือข่ายการเตือนภัยช้าง

1.4.2 ลดการขัดแย้งระหว่างมนุษย์กับช้าง และพื้นป่าและชุมชนให้อยู่ร่วมกันได้

1.4.3 ระบบเตือนภัยจากช้างต้นแบบ

1.4.4 องค์ความรู้ เทคนิคการเตือนภัยช้าง

1.4.5 การพัฒนาการศึกษาเกี่ยวกับการรู้จำภาพ การรู้จำเสียง เครือข่ายการสื่อสารและเครือข่ายคอมพิวเตอร์

1.4.6 สร้างบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเข้าสู่วงการโทรคมนาคมและคอมพิวเตอร์

1.4.7 ประชาชนมีความรู้สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีการเตือนภัยจากช้างที่เหมาะสมได้

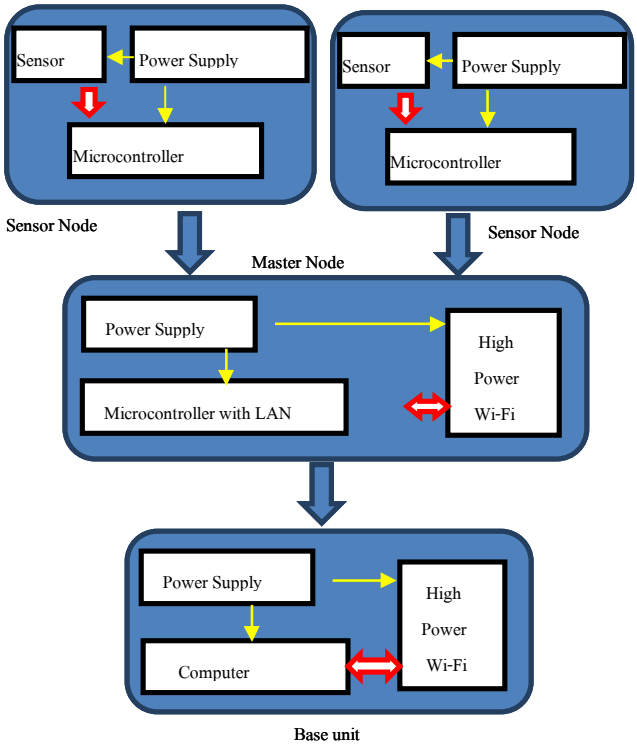
# บทที่ 2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ทฤษฎี และแนวความคิดการทำวิจัยของโครงการเตือนภัยช้าง

ภาพรวมของโครงการการเตือนภัยช้างจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบการตรวจสอบช้างโดยใช้หลักการการสั่นสะเทือน และ ระบบการตรวจสอบยืนยันด้วยภาพช้าง

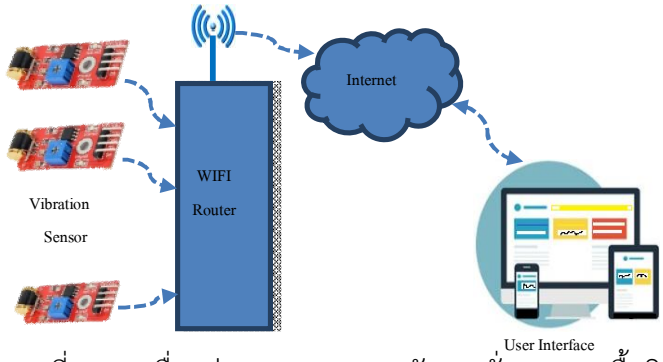
2.1.1 ระบบการตรวจสอบช้างโดยใช้หลักการการสั่นสะเทือน (Detecting Wild Elephants via WSN for Early Warning System)

เป็นการตรวจจับความเคลื่อนไหวของช้างโดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้าง โดยการฝังเซนเซอร์เป็นอาเรย์ขวางช่องทางเดินของช้าง เมื่อช้างเดินผ่านไปบนเซนเซอร์ตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือน เครื่องประมวลผลคลื่นการสั่นสะเทือนจะวัดแอมปิลจูดของคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้างเพื่อแจ้งเตือนไปยังชุมชน และสื่อสังคมออนไลน์โดยผ่านระบบการสื่อสารไร้สาย ในโครงการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเซนเซอร์ 2 ชนิด คือ เซนเซอร์วัดการสั่นรุ่น 801S และเซนเซอร์จีโอโฟน



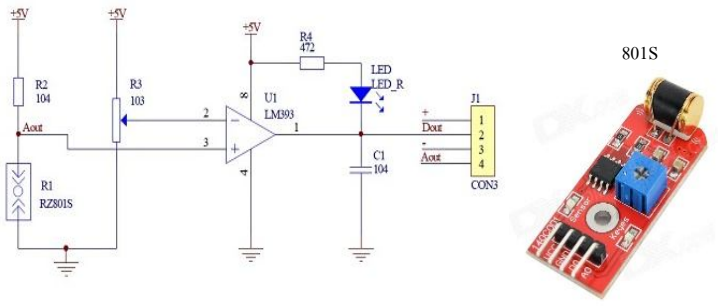

ภาพที่ 1 ไดอะแกรมอุปกรณ์ระบบตรวจวัดคลื่นการสั่นสะเทือนของพื้นดิน

ส่วนประกอบของระบบตรวจวัดการสั่นสะเทือนของพื้นดิน แบ่งเป็น 3 ส่วน คือส่วนตรวจวัด ส่วนส่งข้อมูล และส่วนแสดงผล ดังแสดงตามไดอะแกรมในภาพที่ 1 และการเชื่อมต่อของระบบตามภาพที่ 2 มีรายละเอียดของอุปกรณ์ในแต่ละส่วนดังนี้




ภาพที่ 2 การเชื่อมต่อของระบบตรวจวัดการสั่นของของพื้นดิน

- เซนเซอร์ตรวจวัดคลื่นการสั่นสะเทือน เลือกใช้เซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือนรุ่น 801S ติดตั้งบนแผ่นเหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 ซม. ซึ่งให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นแรงดัน 0-5V ตามความแรงของคลื่นการสั่นสะเทือน ดังวงจรและรูปอุปกรณ์ในภาพที่ 3




ภาพที่ 3 เซนเซอร์วัดคลื่นการสั่นสะเทือนรุ่น 801S

- เซนเซอร์จีโอโฟนหรือตัวแปลงความเร็วในการสั่นสะเทือนของพื้นดินออกมาเป็นค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า (ภาพที่ 4) โดยที่ภายในตัวเซนเซอร์จีโอโฟนนั้นจริง ๆ คือขดลวดที่เคลื่อนที่ไปมาตัดกับสนามแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็กโดยขดลวดจะเชื่อมต่อกับสปริงพยุงขดลวดไว้ เมื่อเกิดความสั่นสะเทือน ขดลวดทองแดงจะขยับตัดกับสนามแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็กทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ซึ่งเซนเซอร์จีโอโฟนนี้จะมีความไวสูงมาก

ภาพที่ 4 เซนเซอร์จีโอโฟน

- ไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมระบบ LAN เลือกใช้แผงวงจร arduino UNO ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega328 เป็นตัวประมวลมีขารองรับสัญญาณแรงดันจากเซนเซอร์ได้สูงสุด 6 ขา และสามารถเชื่อต่อกับเชื่อมต่อกับแผงวงจร LAN ได้ใช้ตัวประมวลผลเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตรุ่น Wiznet W100 แสดงตามภาพที่ 5

**ก**) arduino UNO ข) internet shieldWiznet W100

ภาพที่ 5 ไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมระบบ LAN

2.1.2 ขั้นตอนวิธีการวิจัยของระบบการตรวจวัดการสั่นสะเทือนขั้นตอนการวิธีสรุปเป็นขั้นตอนตามผังการทำงานในภาพที่ 6 และอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

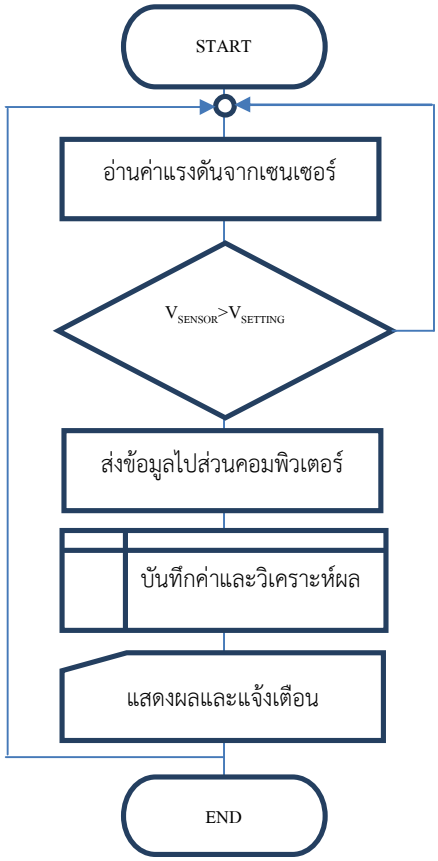
ขั้นตอนการทำงาน

2.1.2.1. อ่านค่าแรงดันจากเซนเซอร์วัดการสั่น

2.1.2.2. ตรวจสอบระดับแรงดันว่าสูงกว่าความปรับตั้งหรือไม่ ถ้าสูงกว่าให้ทำการส่งข้อมูลไปแสดงผลผ่านการสื่อสารไร้สายตามมาตรฐาน 802.11b/g/n

2.1.2.3. โปรแกรมทำการบันทึกค่าและวิเคราะห์ผลที่ได้

2.1.2.4. โปรแกรมแสดงค่าความแรงของการสั่นพร้อมแสดงสถานะข้อมูลที่วิเคราะห์ได้




ภาพที่ 6 ผังการทำงานของระบบ

2.1.3 ระบบการตรวจสอบช้างโดยใช้หลักการการวิเคราะห์ภาพ

ในภาพรวมของระบบการตรวจสอบช้างโดยใช้หลักการการวิเคราะห์ภาพนี้ ได้ศึกษาการใช้กล้องวงจรปิดอินฟราเรด และกล้องจับความร้อนแบบเทอร์โมสแกน

- กล้องวงจรปิดอินฟราเรด ลักษณะเด่นกล้องชนิดอินฟาเรด คือ เป็นกล้องที่มี LED ในตัวทำหน้าที่เปล่งแสงนำทางเพื่อเพิ่มแสงในระยะทางมองของกล้อง โดยแสงอินฟาเรดจะพุ่งไปในระยะที่ถูกกำหนดจากนั้นแสงจะตกกระทบวัตถุแล้วเกิดการสะท้อนกลับมายังหน้ากล้อง แสดงผลเป็นภาพขาวดำ แต่ในสภาวะที่แสงเพียงพอกล้องจะมีภาพออกเป็นสีธรรมชาติปรกติ จึงเป็นเหตุให้กล้องชนิดนี้สามารถมองได้ทั้งกลางวัน และกลางคืนในสถานที่มืดสนิทได้ สามารถติดตั้งได้ทั้งภายนอกและภายใน

อาคาร โดยไม่จำเป็นต้องใส่ชุดป้องน้ำ ฝุ่นเพิ่มเติม ชุดอินฟาเรดสามารถมองได้ตั้งแต่ระยะ 10,15,20,25,30,35,40,50 เมตร มีให้เลือกใช้ทั้งระบบแสงกระจาย และแสงยิงไกล มีรุ่นที่สามารถปรับเลนท์ได้ ความละเอียดภาพสูง ๆ และใช้ระบไฟฟ้ากระแสตรง 12 V หรือ เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V กล้องวงจรปิดอินฟราเรดที่ทดลองในโครงการนี้สามารถกำหนดบริเวณตรวจสอบความเคลื่อนไหวเพื่อสั่งให้กล้องบันทึกภาพได้ ทำให้ทราบความสูงของภาพ โดยจะถ่ายภาพเมื่อมีการเคลื่อนไหวในบริเวณที่กำหนดเป็นบริเวณสี่เหลี่ยมดังแสดงในภาพที่ 7

ในกรณีที่มีสัตว์เดินผ่านตัดบริเวณที่กำหนดเพื่อตรวจสอบความเคลื่อนไหวก็จะสั่งให้บันทึกภาพเพื่อวิเคราะห์ว่าเป็นช้างหรือไม่ ตัวอย่างเช่น มีการเคลื่อนไหวในบริเวณที่กำหนดสูงจากพื้นดิน 2.25 เมตร และมีสัญญาณคลื่นการสั่นสะเทือนก็จะทราบว่าน่าจะเป็นช้างเพราะในป่านั้นช้างจะเป็นสัตว์ที่ความสูงเกินกว่า 2 เมตร กล้องจะทำการบันทึกภาพโดยอัตโนมัติ (Pattern detection) จากนั้นทำการส่งภาพไปประมวลผลเปรียบเทียบกับ รูปแบบของช้างที่เก็บอยู่ในแบบจำลองช้าง (Elephant Model) ที่ได้ทำการสร้างขึ้นก่อนหน้านี้ (Pattern Matching) เพื่อทำการตรวจสอบว่าสัตว์ที่เดินเข้ามาใช่ช้างหรือไม่

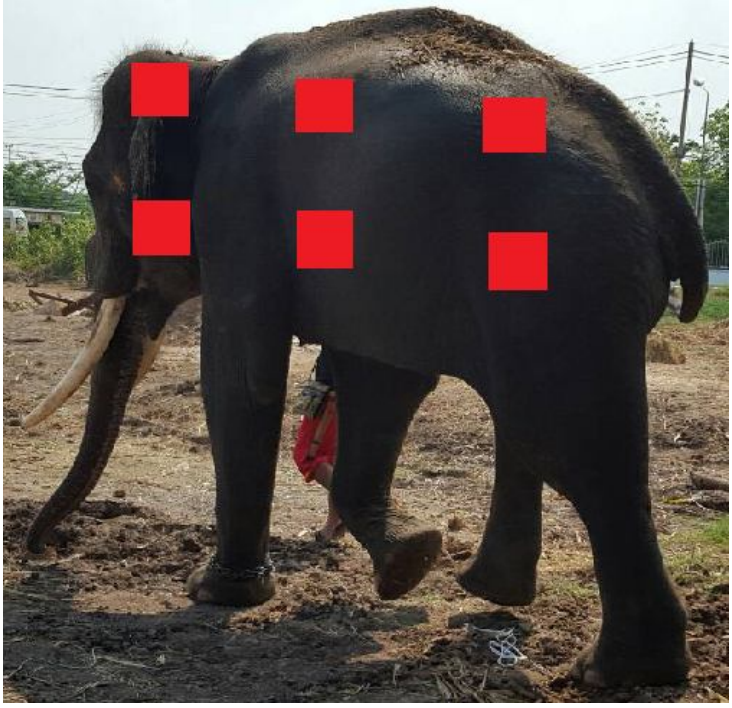
ข้อเสียของกล้องวงจรปิดอินฟราเรดต้องใช้ LED ส่องแสงอินฟราเรดออกไป ถ้าต้องระยะไกลมากต้องใช้เป็นจำนวน LED มากขึ้น ทำให้ช้างสังเกตุเห็นการทำงานของหลอด LED ก็จะหลีกเลี่ยงไม่เดินผ่านเส้นทางนั้น

- กล้องถ่ายภาพอินฟราเรด (Infrared Camera) สามารถจับพลังงานรังสีอินฟราเรด โดยพลังงานของรังสีอินฟราเรดจะแผ่จากวัตถุส่งผ่านเลนส์ ของกล้องถ่ายภาพความร้อน และจะถูกโฟกัสโดยเลนส์ไปยังตัวตรวจจับ โดยเซนเซอร์จะทำการแปลงรังสีอินฟราเรด ให้อยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้า และหลังจากนั้นอิเลคทรอนิกส์เซนเซอร์ จะทำการแปลงข้อมูล ที่รับมาจากตัวตรวจจับ แสดงผลบนจอภาพได้ ซึ่งวัตถุที่ร้อนกว่าจะแสดงสีสว่าง และวัตถุที่เย็นกว่าจะแสดงสีมืดกว่า กล้องอินฟราเรดมีจุดเด่นที่สามารถจับภาพในเวลากลางคืนได้ ภาพช้างที่ได้จากกล้องดังตัวอย่างในภาพที่ 8 จะใช้ในการยืนยันความถูกต้องของคลื่นการสั่นสะเทือนที่ได้รับจีโอโฟนว่าเป็นความเคลื่อนไหวของช้าง ระบบจะทำการส่งข้อความแจ้งเตือนภัยช้างให้แก่ ชาวบ้าน และ เจ้าหน้าที่กรมป่าไม้ ที่ทำการลงทะเบียนบนระบบแล้วผ่านทางสื่อสังคมออนไลน์และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป

## 2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันมนุษย์ให้ความสำคัญในการศึกษาพฤติกรรมและสำรวจจำนวนประชากรของสัตว์ป่าเพิ่มมากขึ้น โดยนำเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาประยุกต์มากมาย เช่น อุปกรณ์บันทึกเสียง อากาศยานไร้

คนขับ เครือข่ายกล้องวิดีโอ และกล้องตรวจจับอุณหภูมิ เป็นต้น [1-4] ทำให้มีข้อมูลรายละเอียดของสัตว์แต่ละชนิดในหลาย ๆ ระบบนิเวศเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้เกิดการพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบช้างโดยใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ภาพ



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการกำหนดบริเวณตรวจสอบการเคลื่อนไหวเพื่อสั่งบันทึกภาพ

ภาพที่ 8 ภาพถ่ายอินฟราเรดจากกล้องถ่ายภาพความร้อน

ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของ Matthias Zeppelzauer [5] ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบและติดตามช้างป่า โดยใช้ภาพถ่ายวิดีโอที่เก็บรวบรวมมาจากนักชีววิทยาภาคสนาม ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการรู้จำช้างแบบไดนามิก โดยใช้การประมวลภาพสีในโมเดลของ LUV (LUV color spaces) ร่วมกับการตรวจสอบความเคลื่อนไหวในวีดิโอที่มีระยะเวลาและพื้นที่สอดคล้องกัน (Temporal tracking) ในขั้นตอนการรู้จำได้มีการนำข้อมูลภาพวิดีโอช้างจากหลาย ๆ โขลง ซึ่งมีขนาด จำนวนสมาชิกในโขลง และสภาพแสงที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถตรวจจับช้างได้ภายใต้เงื่อนไขของการเคลื่อนไหวและสภาพแสงที่ต่างกันได้ โดยมีความถูกต้องอยู่ที่ 88% ซึ่งมีประโยชน์ต่อการศึกษาพฤติกรรมของช้างของนักชีววิทยาเป็นอย่างมาก

ในงานวิจัยของ Lanka Wijesingheetal [6] ได้นำเสนอระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการบุกรุกโดยใช้รั้วกระแสไฟฟ้าเพื่อแยกคนในชุมชนกับช้างป่าออกจากกัน ระบบแจ้งเตือนการบุกรุกโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ในการตรวจสอบ พร้อมแสดงบริเวณที่ถูกบุกรุก และแจ้งเตือนการบุกรุกผ่านเครือข่ายมือถือ

ในงานวิจัยของ GopalDatt Joshi and JayanthiSivaswamy [7] เสนอวิธีการตรวจหารูปร่างของวัตถุที่มีคุณลักษณะเด่นในภาพสถานการณ์จริง วิธีการที่นำเสนอประกอบด้วยสองขั้นตอนหลัก ขั้นแรกทำการค้นหาขอบของทุกจุดในภาพโดยใช้ฟิลเตอร์โซเบล (Sobel) ด้วยวิธีการคำนวณหาอนุพันธ์อันดับที่ 1 (Gradient) จากนั้นในขั้นตอนที่สองจะทำการเน้นจุดในบริเวณขอบให้มีความชัดเจนขึ้นในทุกทิศทาง วิธีการที่นำเสนอได้ทำการเปรียบประสิทธิภาพกับวิธีอื่น ๆ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถตรวจหาขอบได้ดีกว่า

นอกจากนั้นแล้วในงานของ Manish Suyal and Vijay [8] ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพสามารถตรวจสอบหาช้างได้โดยใช้วิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างการแบ่งส่วนของภาพร่วมกับการระบุตำแหน่งของวัตถุในภาพในวิธีการแบ่งส่วนของภาพประกอบไปด้วยการหาขอบของวัตถุในภาพ โดยใช้วิธีการคำนวณหาอนุพันธ์อันดับที่ 1 ร่วมกับฟิลเตอร์ต่าง ๆ โดยแสดงให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองฟิลเตอร์ในแต่ละตัว ฟิลเตอร์ Sobel, ฟิลเตอร์ Prewitt, ฟิลเตอร์ Roberts, และฟิลเตอร์ Canny หลังจากนั้นจะใช้แอกทีฟคอนทัวร์ (Active Contour) ในการแบ่งกลุ่มของวัตถุ ในส่วนของการระบุตำแหน่งของวัตถุในภาพจะใช้วิธีจับคู่คุณลักษณะ โดยแสดงให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองจับคู่คุณลักษณะในแต่ละเทคนิค เทคนิคแรกเป็นการจับคู่จุดที่สนใจ (Interest Point Matching) และเทคนิคที่สองเป็นการจับคู่ลักษณะสมมติ (Putative Feature Matching) ซึ่งพบว่าผลการจับทั้งสองเทคนิคสามารถตรวจสอบภาพช้างได้

นอกจากนี้ยังได้มีนักวิจัยพยามพัฒนาระบบตรวจจับความเคลื่อนไหวโดยใช้พาสซีฟอินฟราเรดดีเท็กเตอร์ (*Passive Infrared detector – PIR*) ตรวจจับคลื่นรังสีอินฟราเรด (Infrared) จากวัตถุผ่าน

อุปกรณ์รวมแสงมายังตัวไพโรอิเล็กทริก (Pyro Electric) ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรดเป็นพลังงานไฟฟ้าแม้จะมีประมาณอินฟราเรดเพียงเล็กน้อย จึงทำให้ PIR สามารถตรวจจับคลื่นรังสีอินฟราเรดและอุณหภูมิได้ [9] ซึ่งระบบดังกล่าวจะได้ผลดีต้องทำงานร่วมกับระบบอื่น ๆ ด้วยเพื่อยืนยันผล

## บทที่ 3. ระเบียบวิธีวิจัย

การพัฒนาระบบเตือนภัยช้างต้นแบบจะเริ่มจากการทดลองในห้องปฏิบัติการก่อน คณะผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์ใช้พื้นที่ในการทดสอบอุปกรณ์บริเวณวังช้าง แลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (ภาพที่ 9) ดังหนังสือขอความอนุเคราะห์ในภาพที่ 10 และได้รับความยินยอมให้ใช้พื้นที่ในการทดสอบได้ บริเวณวังช้างแลเพนียดเป็นที่ใช้คล้องช้างป่ามาตั้งแต่สมัยอยุธยาจึงได้มีการอนุรักษ์ไว้ในปัจจุบัน

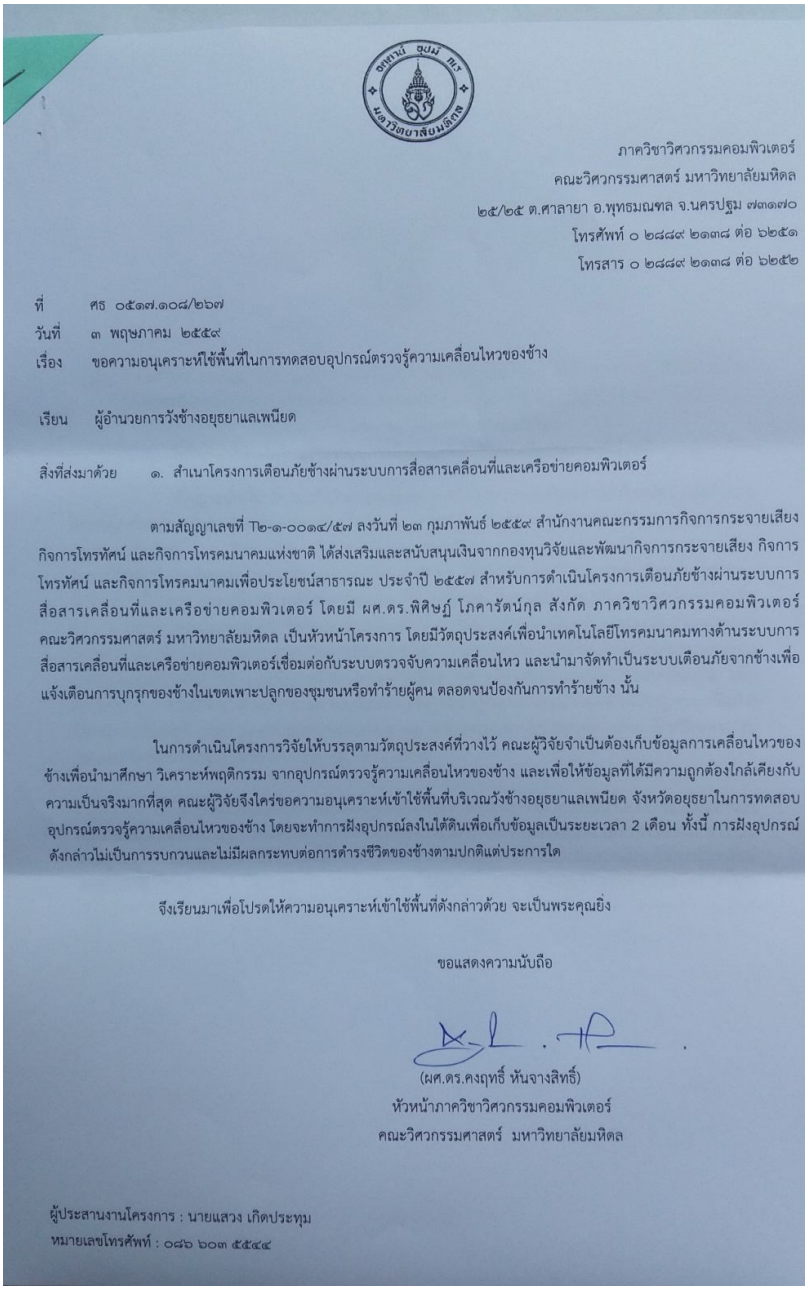
ภาพที่ 9 สถานที่ทดลองบริเวณวังช้างแลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

### 3.1 ขั้นตอนวิธีการวิจัยของระบบการตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้าง

3.1.1 การจัดเตรียมอุปกรณ์

ดำเนินการสร้างตัวตรวจรู้ความเคลื่อนไหวของช้าง 3 รูปแบบ คือ แบบแรกเป็นแบบแผ่นกลมแบนทำจากสแตนเลส หนา 1.0 มม. ขนาดส้นผ่าศูนย์กลาง 28.9 ซม. แบบที่สองเป็นแบบแผ่นกลมแบนทำจากสแตนเลสหนา 1.2 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 60 ซม. ทั้งสองแบบติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนตรงจุดศูนย์กลางของแผ่นกลม แบบที่สามเป็นลักษณะท่อโลหะกลมหนา

1.2 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 1 เมตร พร้อมติดตั้งเซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือนตรงปลายท่อด้านใดด้านหนึ่ง ดังแสดงในภาพที่ 11 และ 12 จากนั้นนำตัวตรวจรู้ไปฝังดินห่างจากกันประมาณ 2.5 เมตร ตามแนวทางเดินของช้าง โดยเริ่มจากแบบแผ่นกลมแบนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28.9 ซม. 60



ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
๒๕/๒๕ ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม ๗๓๑๗๐
โทรศัพท์ ๐ ๒๘๘๙ ๒๑๓๘ ต่อ ๖๒๕๑
โทรสาร ๐ ๒๘๘๙ ๒๑๓๘ ต่อ ๖๒๕๒

ที่ ศธ ๐๕๑๗.๑๐๘/๒๖๗
วันที่ ๓ พฤษภาคม ๒๕๕๙
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ใช้พื้นที่ในการทดสอบอุปกรณ์ตรวจรู้ความเคลื่อนไหวของช้าง

เรียน ผู้อำนวยการวังช้างอยุธยาแลเพนียด

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. สำเนาโครงการเตือนภัยช้างผ่านระบบการสื่อสารเคลื่อนที่และเครือข่ายคอมพิวเตอร์

ตามสัญญาเลขที่ T๒-๑-๐๐๑๔/๕๗ ลงวันที่ ๒๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๙ สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ ได้ส่งเสริมและสนับสนุนเงินจากกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมเพื่อประโยชน์สาธารณะ ประจำปี ๒๕๕๗ สำหรับการดำเนินโครงการเตือนภัยช้างผ่านระบบการสื่อสารเคลื่อนที่และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยมี ผศ.ดร.พิศิษฏ์ โภคารัตน์กุล สังกัด ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นหัวหน้าโครงการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคโนโลยีโทรคมนาคมทางด้านระบบการสื่อสารเคลื่อนที่และเครือข่ายคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับระบบตรวจจับความเคลื่อนไหว และนำมาจัดทำเป็นระบบเตือนภัยจากช้างเพื่อแจ้งเตือนการบุกรุกของช้างในเขตเพาะปลูกของชุมชนหรือทำร้ายผู้คน ตลอดจนป้องกันการทำร้ายช้าง นั้น

ในการดำเนินโครงการวิจัยให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ คณะผู้วิจัยจำเป็นต้องเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวของช้างเพื่อนำมาศึกษา วิเคราะห์พฤติกรรม จากอุปกรณ์ตรวจรู้ความเคลื่อนไหวของช้าง และเพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์เข้าใช้พื้นที่บริเวณวังช้างอยุธยาแลเพนียด จังหวัดอยุธยาในการทดสอบอุปกรณ์ตรวจรู้ความเคลื่อนไหวของช้าง โดยจะทำการฝังอุปกรณ์ลงในใต้ดินเพื่อเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 2 เดือน ทั้งนี้ การฝังอุปกรณ์ดังกล่าวไม่เป็นการรบกวนและไม่มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของช้างตามปกติแต่ประการใด

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์เข้าใช้พื้นที่ดังกล่าวด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

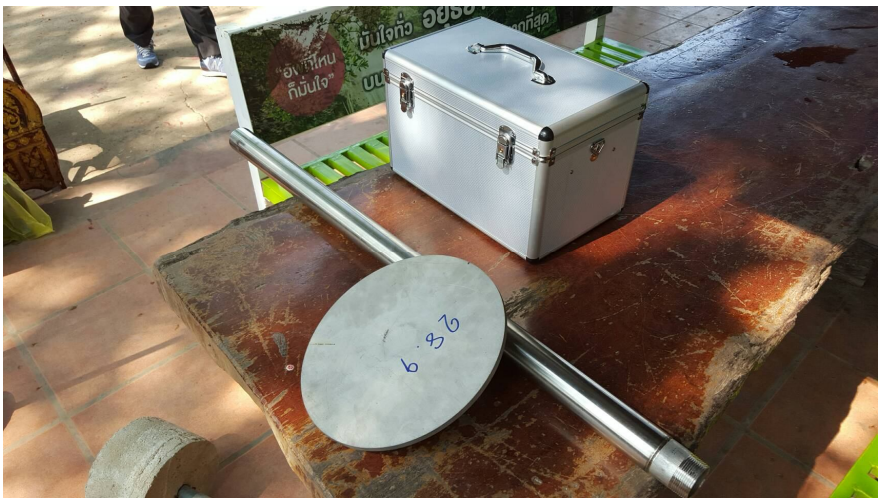
(ผศ.ดร.คงฤทธิ์ หันจางสิทธิ์)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้ประสานงานโครงการ : นายแสวง เกิดประทุม
หมายเลขโทรศัพท์ : ๐๘๖ ๖๐๓ ๕๕๔๔

ภาพที่ 10 หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทดสอบอุปกรณ์ตรวจรู้ความเคลื่อนไหวของช้าง

ซม. และแบบท่อโลหะกลมตามลำดับ การฝังจะขุดหลุมลึกประมาณ 15 ซม. รองก้นหลุมด้วยหินคลุกหนาประมาณ 5 ซม. วางเซนเซอร์ลงไปในหลุมกลบด้วนหินคลุกอีกประมาณ 5 ซม. แล้วเกลียดินที่ขุดขึ้นมาทับลงไปอีกชั้นปรับพื้นที่ให้เสมือนเดิม ดังแสดงในภาพที่ 13 – 15 ตัวตรวจรู้แต่ละแบบเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วนสายแลนยาวไม่เกิน 15 เมตร ระบบประมวลผลการวัดประกอบด้วยโปรแกรม V-Record สามารถรับสัญญาณได้ 6 ช่องสัญญาณ ในการทดลองนี้ใช้เพียง 3 ช่องสัญญาณ ระบบการวัดนี้สามารถเชื่อมต่อสัญญาณไร้สาย แต่ยังไม่ได้ทดสอบการส่งสัญญาณไร้สาย ดังแสดงในภาพที่ 16 – 20

ภาพที่ 11 เปรียบเทียบตัวตรวจรู้แบบแผ่นกลมแบนทำจากสแตนเลสหนา 1.2 มม. ขนาดส้นผ่าศูนย์กลาง 60 ซม. ติดตั้งเซนเซอร์วัดคลื่นการสั่นสะเทือนตรงจุดศูนย์กลางของแผ่น กับตัวตรวจรู้แบบที่สามเป็นลักษณะท่อโลหะกลมหนา 1.2 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 1 เมตรติดตั้งเซนเซอร์การสั่นสะเทือนที่ปลายด้านบน



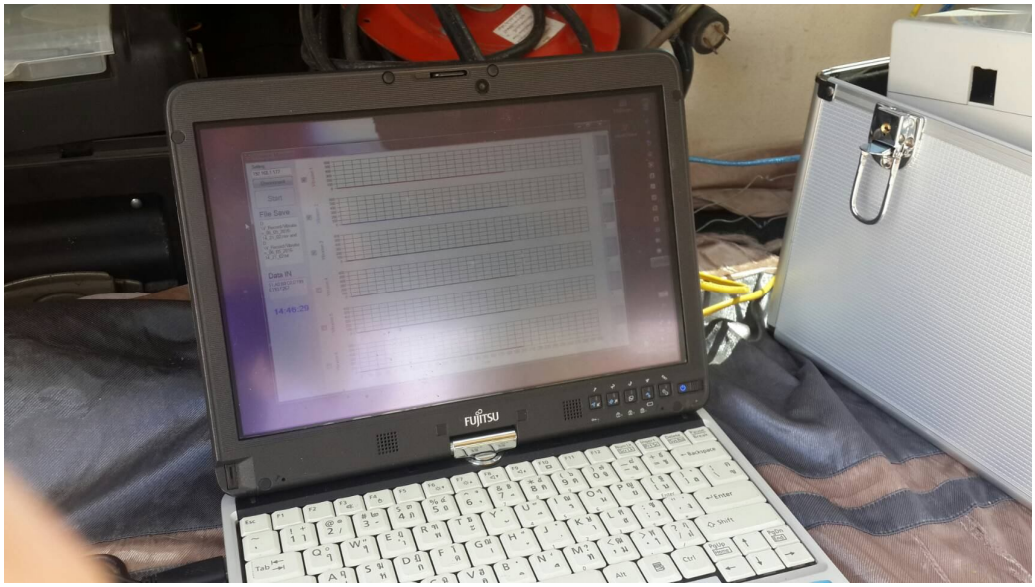
ภาพที่ 12 เปรียบเทียบตัวตรวจรู้แบบแผ่นกลมแบนทำจากสแตนเลสหนา 1.0 มม. ขนาดส้นผ่าศูนย์กลาง 28.9 ซม. กับตัวตรวจรู้แบบที่สามเป็นลักษณะท่อโลหะกลมหนา 1.2 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 1 เมตร

ภาพที่ 13 การวางตัวตรวจรู้แบบแผ่นกลมแบนบนหลุมเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของช้าง

ภาพที่ 14 การกลบฝังตัวตรวจรู้แบบแผ่นกลมแบนบนหลุมเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของช้าง

ภาพที่ 15 การเกลี่ยดินกลบทับตัวตรวจรู้แบบแผ่นกลมแบนให้มีสภาพพื้นดินเหมือนเดิมเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของช้าง

ภาพที่ 16 อุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับตัวตรวจรู้




ภาพที่ 17 ระบบแสดงผลข้อมูลการวัดความเคลื่อนไหวของช้าง ทั้งหมด 6 ช่องสัญญาณ แต่ในการทดลองนี้ใช้เพียง 3 ช่องสัญญาณ

ภาพที่ 18 การทดสอบการทำงานของระบบตรวจจับความเคลื่อนไหวของช้าง

ภาพที่ 19 ระบบเชื่อมต่อสัญญาณไร้สาย ยังไม่ได้ทดสอบการส่งสัญญาณไร้สาย

ภาพที่ 20 การทดสอบการทำงานของระบบก่อนการทดลองให้ช้างเดินในบริเวณที่ฝังตัวตรวจรู้

3.1.2 ขั้นตอนและวิธีการสำหรับการทดลองเซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือนในห้องปฏิบัติการ

ในการทดลองจะทำการทดสอบระบบการวัดเบื้องต้นก่อน ดังแสดงในภาพที่ 16 – 20 เริ่มการทดลองโดยให้ผู้วิจัยเดินผ่านบริเวณที่ฝังตัวตรวจการเคลื่อนไหวของช้างก่อนพร้อมบันทึกผล จากนั้นกำหนดให้ควาญช้างนำช้างเดินผ่านบริเวณที่ฝังตัวตรวจรู้ไปกลับสองรอบโดยบันทึกผลเป็นแบบออนไลน์ ดังแสดงในภาพที่ 21 – 25

ภาพที่ 21 การทดสอบการทำงานของตัวตรวจรู้ความเคลื่อนไหวของช้าง โดยให้ช้างเดินผ่านไปบนตัวตรวจรู้ที่ฝังไว้ใต้ดิน

ภาพที่ 22 ช้างเดินผ่านตัวตรวจรู้ความเคลื่อนไหวของช้างตัวตรวจรู้แบบแผ่นกลมแบน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28.9 ซม.

ภาพที่ 23 ช้างเดินกลับในทางเดิมอีกครั้ง

ภาพที่ 24 บริเวณที่ฝั่งตัวตรวจรู้ความเคลื่อนไหวของช้างกับระบบคอมพิวเตอร์ที่ประมวลผลข้อมูลที่ท้ายรถยนต์

ภาพที่ 25 สภาพพื้นที่ภายหลังการทดลองเสร็จสิ้นลง

3.1.3 การวัดคลื่นการสั่นสะเทือนโดยใช้ไซซมิกเซนเซอร์ (Seismic sensors)

เนื่องจากการใช้เซนเซอร์วัดคลื่นการสั่นสะเทือนติดตั้งบนตัวตรวจรู้แผ่นเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 ซม. มีขนาดใหญ่อาจไม่เหมาะกับพื้นที่ในป่า จึงต้องหาเซนเซอร์หรือตัวตรวจรู้ใหม่ที่สามารถตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนความถี่ 5-50 Hz ที่มีขนาดเล็กเหมาะที่จะติดตั้งในป่า คณะผู้วิจัยพบว่าไซซมิกเซนเซอร์หรือเซนเซอร์จีโอโฟนมีคุณสมบัติแทนตัวตรวจรู้ที่พัฒนามาแล้วข้างต้น หลักการของเซนเซอร์จีโอโฟนประกอบด้วยขดลวดเคลื่อนที่ทรงกระบอกเคลื่อนที่ตัดผ่านขั้วแม่เหล็กที่อยู่ในคอนเทนเนอร์ ภาพที่ 26 เป็นโมเดลตัดขวางด้านข้างจีโอโฟนจึงเป็นหนึ่งโคออร์ดิเนต (coordinate) ที่สามารถใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของระบบได้ (1DOF) เมื่อขดลวดเคลื่อนที่หลังจากที่ได้รับคลื่นการสั่นสะเทือนจะตอบสนองต่อคลื่นการสั่นสะเทือนตามระยะขจัดของขดลวด $\boldsymbol{y(t)}$ และระยะขจัดเทียบกับฐาน $\boldsymbol{x(t)}$ ทำให้เกิดแรงกระทำต่อขดลวดเคลื่อนที่ดังสมการที่ (3.1)

$$\boldsymbol{F = (x - y)k + (\dot{x} - \dot{y})c} \tag{3.1}$$

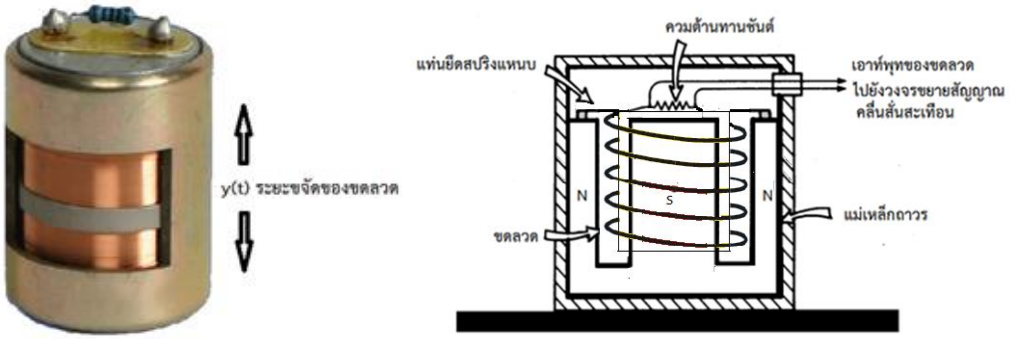
เมื่อ $\boldsymbol{k}$ และ $\boldsymbol{c}$ คือ ค่าสติฟเนส (stiffness) และ ค่าการหน่วงของระบบรองรับ (damping of the suspension system) ตามลำดับ

ดังนั้นจะได้สมการการเคลื่อนที่

$$\boldsymbol{M\ddot{y} = (x - y)k + (\dot{x} - \dot{y})c} \tag{3.2}$$

$$\boldsymbol{M\ddot{y} + c\dot{y} + ky = c\dot{x} + kx}$$

เมื่อ $\boldsymbol{M}$ คือมวลของการเคลื่อนที่




ก.) ข.)

ภาพที่ 26 ก.) โครงสร้างจีโอโฟนประกอบด้วยขดลวดและแท่งแม่เหล็ก
ข.) ภาพโมเดลตัดขวางด้านข้างของจีโอโฟน

ทำการแปลงแบบฟูเรียร์จะสามารถหาความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) $\omega_0$ และอัตราส่วนการหน่วง (damping ratio) $\zeta$ ตามสมการที่ (3.3)

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{M}} \qquad (3.3)$$

$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{kM}}$$

จะได้การแปลงฟูเรียร์ $X$, $Y$ ของฐานคอนเทนเนอร์และการตอบสนองของขดลวด ทำให้ขดลวดเคลื่อนตัดกับสนามแม่เหล็กตามกฎของฟาราเดย์จะเกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า$V$ เป็นสัดส่วนกับความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างขดลวดและแม่เหล็กดังสมการที่ (3.4)

$$V = G(\dot{y} - \dot{x}) \qquad (3.4)$$

เมื่อ $G$ คือค่าคงที่ทรานสดักชั่น (*transduction constant*)

ดังนั้นฟังก์ชันถ่ายโอน$H$ระหว่างความเร็วเทียบกับฐานคอนเทนเนอร์และสัญญาณเอาท์พุทของอิลีเมนท์เซนเซอร์ *(element sensor)* คือ

$$H = \frac{Y-X}{X} = \frac{Y}{X} - 1$$

$$= \frac{\omega_0^2 + 2j\omega_0\omega\zeta}{\omega_0^2 + 2j\omega_0\omega\zeta - \omega^2} - 1 \qquad (3.5)$$

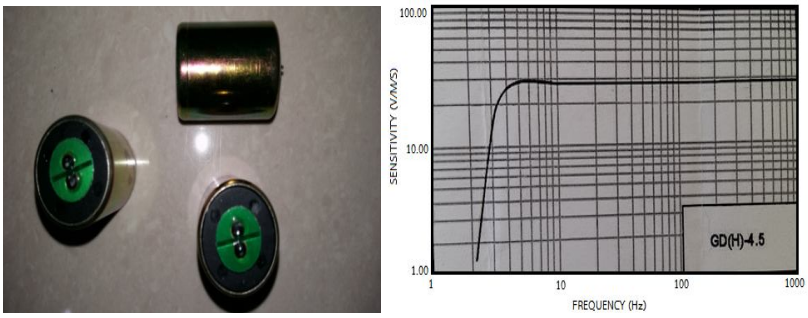
$$= \frac{\omega^2}{\omega_0^2 + 2j\omega_0\omega\zeta - \omega^2} = H_0$$

ฟังก์ชันถ่ายโอนระหว่างแรงและระยะขจัดของระบบ 1DOF เป็นการแปลงผันความสัมพันธ์ให้ไปขึ้นกับค่าแฟคเตอร์ $\omega^2$ ซึ่งแทนค่าเป็นนอร์มอลแฟคเตอร์ (normal factor) $\frac{1}{k}$ [10] เนื่องจากแฟคเตอร์ $\omega^2$ จะเป็นการกำหนดตัวกรองความถี่ต่ำของระบบ 1DOF ดั่งเดิม ดังนั้นฟังก์ชันถ่ายโอนนี้จึงใช้สำหรับค่าทั่วไปของความถี่ธรรมชาติ และอัตราส่วนการหน่วง เมื่อ $\omega_0 = 2\pi f$ จะได้ผลลัพธ์ของเฟสเป็น

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \qquad (3.6)$$

$$\frac{d\varphi}{df} = \frac{1}{\zeta f}$$

ความสัมพันธ์เหล่านี้จะใช้ในการระบุความถี่ธรรมชาติและอัตราการหน่วงของเซนเซอร์ ในกรณีของเซนเซอร์จีโอโฟน GD-4.5 ในภาพที่ 30 จะมีค่า G = 28.8 V/m/s, $f_0$ = 4.5 และ $\zeta$= 0.55 ตามลำดับ




ก.) ข.)

ภาพที่ 27 ก.) เซนเซอร์จีโอโฟน GD-4.5

ข.) กราฟความถี่กับความไวของจีโอโฟน GD-4.5

3.1.4 ขั้นตอนวิธีการทำงานของระบบการตรวจวัดการสั่นสะเทือนโดยใช้เซนเซอร์จีโอโฟน

การทดลองระบบวัดคลื่นการสั่นสะเทือนโดยใช้เซนเซอร์จีโอโฟน ที่วังช้าง แลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทำการจำลองระบบที่จะไปติดตั้งจริงโดยทดลองกับช้างที่ควบคุมได้ให้ช้างเดินผ่านไปบนจีโอโฟนที่ฝังไว้ใต้ดินลึก 0.1 เมตร จำนวน 6 ช่องสัญญาณ แต่ละช่องประกอบด้วยเซนเซอร์จีโอโฟนต่อขนานกัน 3 ตัว ห่างกันช่วงละ 1 เมตร นับจำนวนพลัส์คลื่นการสั่นสะเทือนที่เกิดจากตรวจจับของเซนเซอร์จีโอโฟนทั้ง 6 ช่องสัญญาณจากการเดินเหยียบของช้างดังภาพที่ 28

ภาพที่ 28 ช้างเดินเหยียบบริเวณที่ติดตั้งจีโอโฟน

จากการทดลองใช้เซนเซอร์จีโอโฟนวัดคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้าง สรุปเป็นขั้นตอนตามแผนผังการทำงานในภาพที่ 29 และอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

3.1.4.1. อ่านค่าจำนวนพลัส์คลื่น$N_{pulse}$การสั่นสะเทือนจากจีโอโฟน 6 ช่องสัญญาณ

3.1.4.2. ตรวจสอบจำนวนพลัส์$N_{pulse}$คลื่นการสั่นสะเทือนว่าอยู่ช่วงใด ทำการส่งข้อมูลไปแสดงผลผ่านการสื่อสารไร้สายตามมาตรฐาน 802.11b/g/n

3.1.4.3. โปรแกรมทำการบันทึกค่าและวิเคราะห์ผลที่ได้

3.1.4.4. โปรแกรมแสดงค่าการแจ้งเตือนพร้อมแสดงสถานะข้อมูลที่วิเคราะห์ได้

**3.2 ขั้นตอนวิธีการวิจัยของระบบการวิเคราะห์ภาพช้าง**

ขั้นตอนวิธีวิจัยของระบบการตรวจสอบช้างโดยใช้หลักการวิเคราะห์ภาพ จะแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการทำงานของกล้องอินฟาเรดหลักการประมวลผลภาพ หลักการประมวลผลภาพสีหลักการตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุในภาพวิดีโอ หลักการรู้จำ การพัฒนาระบบตรวจจับช้างผ่านกล้องอินฟาเรด

ขั้นตอนที่ 2 เก็บรวบรวมข้อมูลภาพช้าง ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวของช้างผ่านกล้องอินฟาเรดจากสถานที่ทดลองหลังจากรวบรวมข้อมูลแล้วจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจะทำการปรับปรุงภาพเบื้องต้นเพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการรู้จำต่อไป

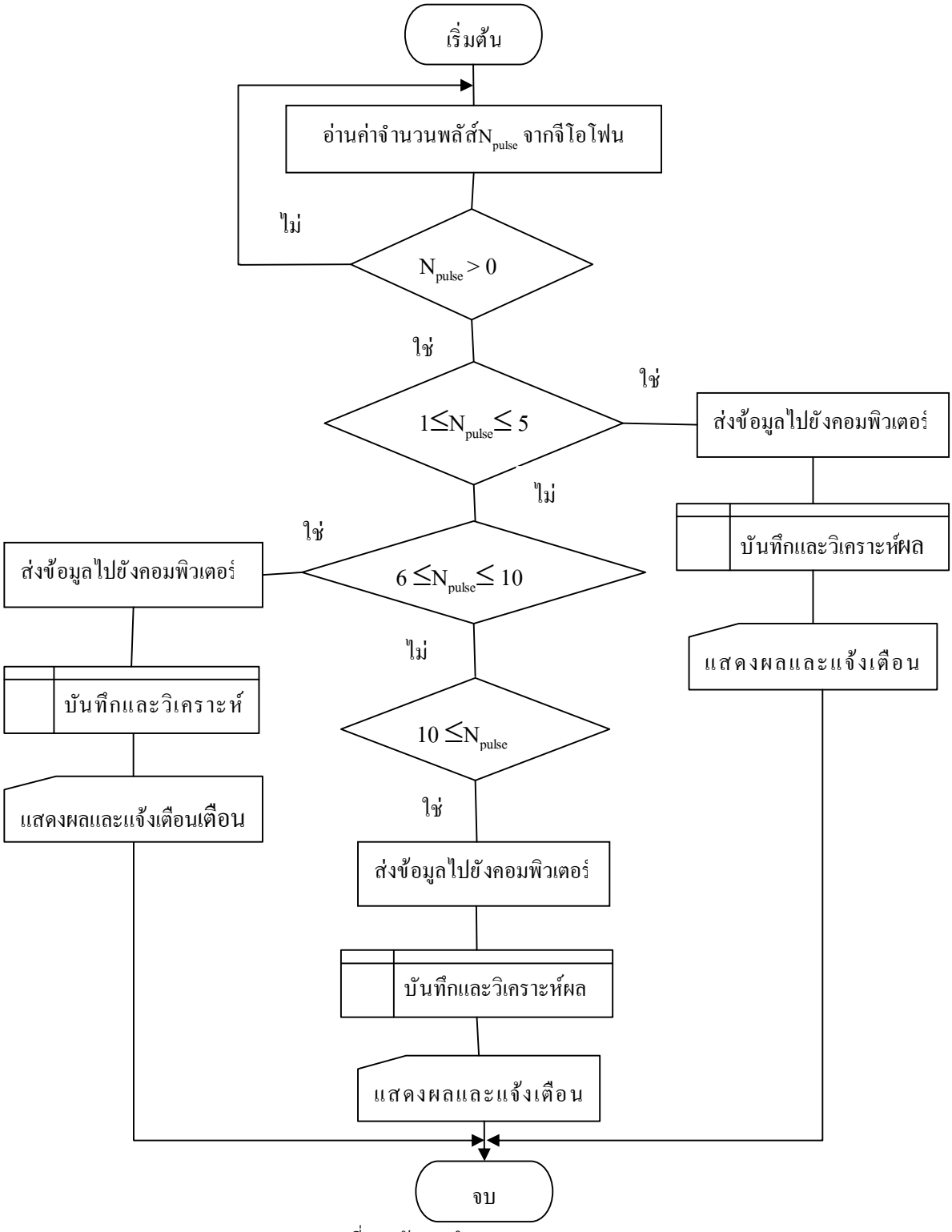
ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์และออกแบบระบบทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบตรวจจับช้างออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานกำหนดจุดติดตั้งกล้องอินฟาเรดในสถานที่จริงและออกแบบการทำงานในภาพรวมของระบบ

ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการตรวจจับช้างโดยจะทำการทดสอบเพื่อดูประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอก่อนนำไปประยุกต์ใช้ในระบบต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบขั้นตอนวิธีที่นำเสนอดำเนินการพัฒนาโปรแกรมตามขั้นตอนวิธีที่ได้ออกแบบไว้และทำการทดสอบเพื่อดูผลการทำงานหากผลการทดสอบไม่เป็นที่พึงพอใจก็จะหาสาเหตุและแก้ไขปรับปรุงขั้นตอนวิธีให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 6 ทดสอบระบบและติดตั้งระบบการทดสอบระบบจะทำการตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแต่ละส่วนย่อยจากนั้นนำแต่ละส่วนย่อยมาเชื่อมต่อกันเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานร่วมกันภายในภาพรวม

ขั้นตอนที่ 7 จัดทำเอกสารผลการศึกษาออกแบบและวิเคราะห์ในส่วนของการตรวจสอบช้างโดยใช้หลักการวิเคราะห์ภาพเพื่อจัดทำรายงานการวิจัยและรายงานสรุป




ภาพที่ 29 ผังการทำงานของระบบ

### 3.3 การสำรวจพื้นที่และติดตั้งระบบการตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้าง

ในปัจจุบันมีพื้นที่อุทยานและป่าสงวนหลายแห่งที่มีช้างอาศัยอยู่เช่น อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เขตรักษาพันธุสัตว์ป่าสลักพระ เขตรักษาพันธุสัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เขตรักษาพันธุสัตว์ป่าภูวัว เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน อุทยานแห่งชาติกุยบุรี เขตรักษาพันธุสัตว์ป่าภูวัวและพื้นที่อื่น ๆ ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับจำนวนประชากรช้างในพื้นที่บางแห่งดังแสดงในตารางที่ 1 [11] เนื่องจากมีอาหารจำกัดในบริเวณที่อยู่อาศัยของช้างจึงทำให้ช้างต้องแสวงหาแหล่งอาหารเข้ามาในเขตชุมชนเพาะปลูกสร้างความเสียหายแก่พืชพรรณของชาวบ้านจนทำให้เกิดความขัดแย้งกับมนุษย์ เกิดการปะทะกันทำให้มีการบาดเจ็บหรือเสียชีวิต ตลอดจนทำร้ายช้าง เนื่องจากเกิดการประจันหน้าในระยะประชิดซึ่งถ้าหากเลี่ยงได้จะไม่เกิดปัญหาดังกล่าว

ตารางที่ 1 จำนวนประชากรช้างป่าในพื้นที่อนุรักษบางแห่งของประเทศไทยในพื้นที่อนุรักษ์บางแห่ง

| สถานที่ | ปี | วิธีศึกษา | จำนวนช้างป่า(ตัว) | เอกสารอ้างอิง |
|---|---|---|---|---|
| 1. ข. ภูวัว | 2556 | LTM, DC | 24-30 | รองลาภและคณะ (2556) |
| 2. อ. เขาใหญ่ | 2528 | Dung survey | 255 | Dobias (1985) |
| 3. ข. สลักพระ | 2530 | - | 20-35 | ประวุธ (2555) |
| 4. ข. สลักพระ | 2555 | DNA | 176 | อ้างตามประวุธ (2555) |
| 5. ข. สลักพระ | 2555 | Camera trap | 181 | Youngpoy (2012) |
| 6. ข. ภูหลวง | 2542 | Direct count | 50 | ธัญญาและวรรณรักษ (2542) |
| 7. ข. เขาอ่างฤาไน | 2547 | Direct count | 336 | ไสว (2547) |
| 8. ข. ภูหลวง | 2550 | Direct count | 79-95 | สมหญิง (2551) |
| 9. ข. ห้วยขาแข้ง | 2552 | LTM | 301-364 | Sukmasuang (2009) |

หมายเหตุ

อ = อุทยานแห่งชาติ LTM = การศึกษาโดยใช้เส้นทาง

ข = เขตรักษาพันธุสัตวป่าDC = การนับกองมูล

DNA = การศึกษาโดยใช้เครื่องหมายพันธุกรรม

ในการสำรวจพื้นที่เพื่อทดลองติดตั้งระบบตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเคลื่อนไหวของช้าง ทางโครงได้เข้าไปสำรวจในพื้นที่ 2 แห่ง คือ บริเวณบ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี และบ้านเขากล้วย ตำบลพวา อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี

3.3.1บริเวณบ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นบริเวณป่าสงวนติดกับอุทยานแห่งชาติเฉลิมรัตนโกสินทร์ เป็นพื้นที่ห่างไกลไม่มีไฟฟ้าใช้ ชาวบ้านใช้แผงโซลาร์เซลล์ ถนนเข้าหมู่บ้านเป็นถนนดินลูกรัง (ภาพที่ 30) ชาวบ้านมีอาชีพเป็นเกษตรกรปลูกพืชไร่เป็นหลัก ได้รับความเดือดร้อนเนื่องถูกช้างบุกรุกเข้ามาทำลายพืชผลเสียหายดังภาพที่ 31 ภาพที่ 32 แสดงพื้นที่สำรวจ

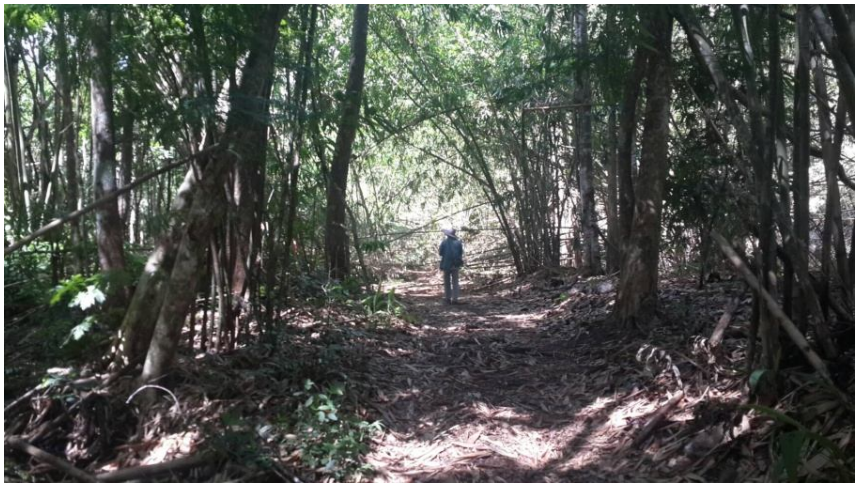
ก.)

ข.)

ภาพที่ 30 ทางเข้าหมูบ้านแสวบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

ก.) รอยเท้าช้าง ข.) ความเสียหายจากช้าง

ภาพที่ 31 ช้างบุกรุกเข้าทำลายพืชผลของชาวบ้านที่บ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี เมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2559



ภาพที่ 32 แสดงพื้นที่สำรวจเพื่อเลือกบริเวณทดสอบอุปกรณ์

3.3.2 บริเวณบ้านเขากล้วย ตำบลพวา อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี เป็นบริเวณป่าสวงนที่ได้รับผลกระทบจากช้าง มีช้างทำร้ายผู้จนเสียชีวิต ตลอดจนมีช้างเสียชีวิตด้วย เป็นบริเวณห่างไกล ถนนเข้าหมู่บ้านเป็นดินลูกรังเช่นเดียวกันกับบ้านแสวงบ่า พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าหรือสวนยาง ดังภาพที่ 33

ก.)

ข.)

ภาพที่ 33 บริเวณพื้นที่สำรวจบ้านเขากล้วย ตำบลพวา อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี

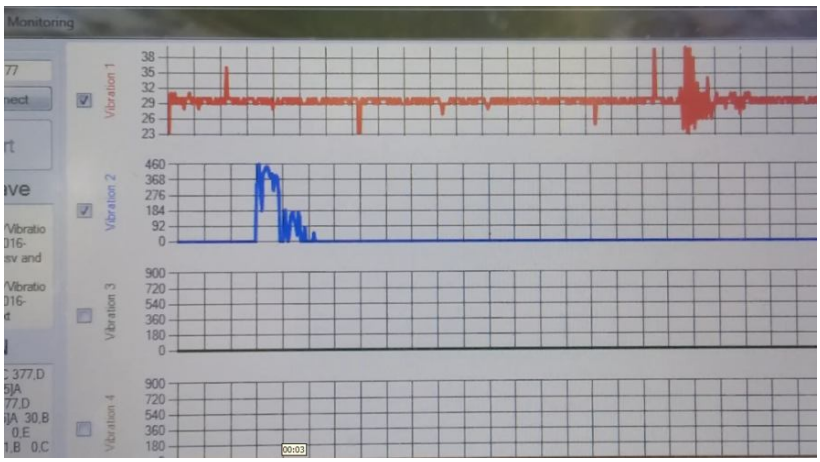
3.4 **การส่งข้อมูลการบุกรุกของช้างเพื่อแจ้งเตือน**

เนื่องจากเป็นพื้นที่ห่างไกลจากระบบโทรคมนาคม โครงการวิจัยได้พัฒนาระบบ LAN ในพื้นที่ชายป่ากับศูนย์รับข้อมูล เพื่อส่งข้อมูลการแจ้งเตือนการบุกรุกของช้างผ่านเร้าท์เตอร์ส่งข้อมูลผ่าน WIFI ไปยังศูนย์รับข้อมูลและส่งออกไปยังจานดาวเทียมตามลำดับ

3.4.1 การส่งข้อมูลผ่าน WIFI ข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์จีโอโฟนและสัญญาณภาพช้างในพื้นชายขอบป่าจะถูกส่งไปยังศูนย์ควบคุมผ่าตัวส่งสัญญาณไร้สายความแรงสูง เนื่องด้วยการส่งข้อมูลเพื่อแสดงผลอยู่ระยะไกลต้องใช้การส่งข้อมูลแบบไร้สายโดยเลือกใช้ตัวส่งสัญญาณไร้สายความแรงสูงที่ส่งสัญญาณตามมาตรฐาน WIFI 802.11b/g /n ที่ความถี่ 2.4 GHz ส่งได้ระยะมากกว่า 5 กิโลเมตร ในที่โล่ง โดยใช้รุ่น NSW5 จำนวน 2 ตัว และส่งต่อด้วย WIFI ที่ความถี่ 5 GHz จำนวน 2 ตัว สำหรับส่งข้อมูลจากภาคสนามเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาพที่ 34 เป็นตัวส่งสัญญาณไร้สายความแรงสูง

3.4.2 ส่วนแสดงผลและเก็บข้อมูลรับข้อมูลผ่านการสื่อสารไร้สายตามมาตรฐาน 802.11b/g /n โดยใช้เขียนโปรแกรมบน Microsoft Visual Basic 2010 Express เพื่อแสดงผลที่ส่งมาจากเซนเซอร์ตรวจวัดการสั่น พร้อมทั้งเก็บข้อมูลข้อมูลแบบ .csv เพื่อนำไปเปิดกับโปรแกรม Excel หน้าจอแสดงผลแสดงดังภาพที่ 35

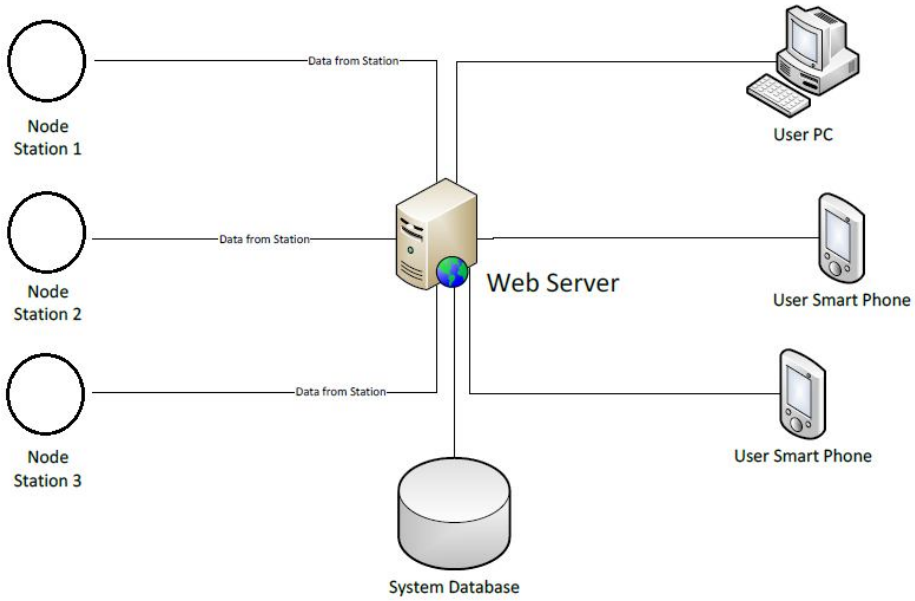
ภาพที่ 34 ตัวส่งสัญญาณไร้สายความแรงสูง




ภาพที่ 35 หน้าจอแสดงค่าคลื่นการสั่นสะเทือนของเซนเซอร์

### 3.5 การเตือนภัยช้างผ่านระบบการสื่อสารเคลื่อนที่และเครือข่ายคอมพิวเตอร์

การออกแบบสถาปัตยกรรมของการสื่อสารและรับส่งข้อมูลของระบบเตือนภัยช้างภาพที่ 36 แสดงถึงแผนภาพหรือสถาปัตยกรรมของระบบเตือนภัยช้างในแผนภาพนี้สถานี (station) หมายถึงอุปกรณ์วัดคลื่นการสั่นสะเทือนและการวิเคราะห์ภาพช้างที่ถูกเชื่อมต่อกับระบบสื่อสารเพื่อรับส่งข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ต (Internet) เชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์เพื่อกระจายข่าวสารไปยังไคลเอนต์และโทรศัพท์มือถือผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังบุคคลที่เกี่ยวข้อง

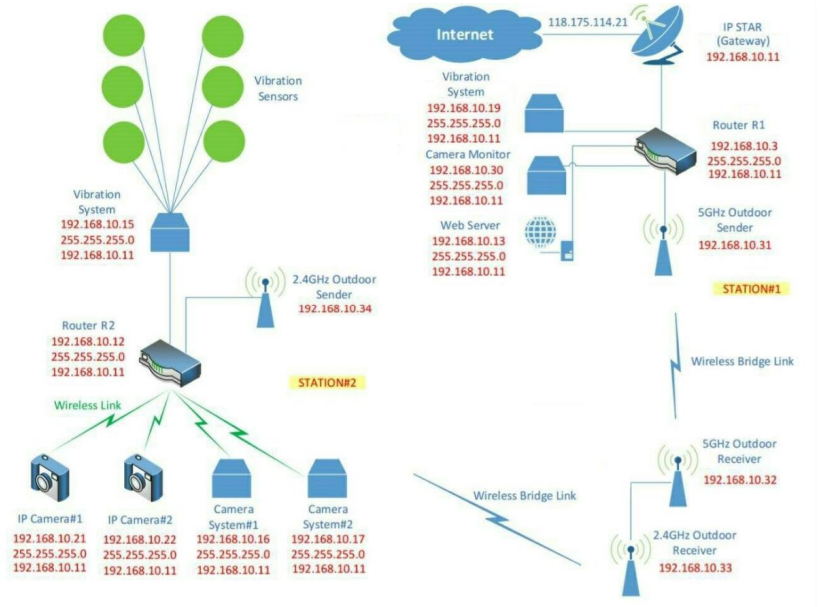



ภาพที่ 36 สถาปัตยกรรมของการสื่อสารและรับส่งข้อมูลของระบบเตือนภัยช้าง

ทั้งนี้ตัวเซิร์ฟเวอร์เองมีโปรแกรมฐานข้อมูลและใช้เซิร์ฟเวอร์เพื่อทำหน้าที่เป็นเว็ปเซิร์ฟเวอร์ สำหรับให้เครื่องลูกข่ายเข้ามาดูข้อมูลผ่านเว็บเบราเซอร์ได้ทั้งนี้โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนจะมีโปรแกรมที่ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อดูข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ได้รวมทั้งระบบจะสามารถส่งข้อความเตือนภัยมายังมือถือได้ ในโครงการวิจัยนี้จะแจ้งเตือนข้อมูลผ่านสื่อสังคมออนไลน์ จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ไปยังโทรศัพท์มือถือ และเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนในท้องถิ่นจะแจ้งเตือนผ่านไฟสัญญาณ และวิทยุสื่อสาร

### 3.6 การติดตั้งระบบ LAN ในพื้นที่บ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

เนื่องจากในพื้นที่ติดตั้งระบบเตือนภัยช้างต้นแบบเป็นพื้นที่ห่างไกลไม่มีระบบไฟฟ้าและการสื่อสารโทรคมนาคม ทางโครงการวิจัยจึงเช่าจานดาวเทียมจากองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ และระบบเครือข่าย LAN เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลการแจ้งเตือน ดังไดอะแกรมในภาพที่ 37 เมื่อได้รับสัญญาณจากระบบสั่นสะเทือน ระบบตรวจจับภาพช้างจะยืนยันด้วยกล้องอินฟราเรดว่าใช่ช้างหรือไม่ โดยทำการส่งข้อมูลที่ผ่านระบบ WIFI 2.4 GHz ออกจากป่า (ภาพที่ 38) ไปยังสถานีทวนสัญญาณกลางทางที่อยู่หางออกไปประมาณ 0.5 กิโลเมตร (ภาพที่ 39) จากนั้นเปลี่ยนคลื่นความถีผ่านระบบ WIFI 5 GHz ไปยังศูนย์แจ้งเตือนข่าวสารที่อยู่ห่างออกไปประ




ภาพที่ 37 เครือข่าย LAN ที่บ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อ.ศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

ภาพที่ 38 บริเวณที่ป่าที่ติดตั้งระบบเตือนภัย

มาณ 0.5 กิโลเมตร (ภาพที่ 40) ที่จุดนี้เจ้าหน้าที่เก็บข้อมูลจะรับทราบการบุรุกของช้างด้วย ถ้ามีการบุกรุกของช้างจะส่งสัญญาณผ่านจานสัญญาณดาวเทียม (ภาพที่ 41) ไปยังเครื่องแม่ข่ายพร้อมทั้งส่งข้อมูลการบุรุกของช้างผ่านทางไลน์ซึ่งสามารถรับข่าวสารได้ทางโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ได้ โดยใช้โมเดลจากการทดลองที่วังช้าง แลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มาเป็นต้นแบบการแจ้งเตือน และแจ้งไปยังชุมชนหรือเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องซึ่งจะต้องตรวจสอบยืนยันโดยภาพช้างก่อน จากนั้นจะเปิดสัญญาณไฟแจ้งเตือนการบุกรุกดังแสดงในภาพที่ 42 นอกจากนี้ระบบการแจ้งเตือนยังสามารถแจ้งผ่านไปทางวิทยุสื่อสารโดยใช้ตัวแปลงสัญญาณวิทยุดังภาพที่ 43

ก.)

ข.)

ภาพที่ 39 การติดตั้งสถานีทวนสัญญาณระบบ wifi จากระบบ 2.4 GHz ไปยังระบบ 5 GHz เพื่อแจ้งเตือนในพื้นที่

ภาพที่ 40 ศูนย์แจ้งเตือนข่าวสาร

ภาพที่ 41 จานรับส่งสัญญาณผ่านดาวเทียม

ภาพที่ 42 ไฟสัญญาณแจ้งเตือนในพื้นที่การบุกรุกของช้าง

ภาพที่ 43 ตัวแปลงสัญญาณวิทยุและวิทยุสื่อสาร

**3.7 การพัฒนาระบบเตือนภัยช้างต้นแบบ**

**3.**7.1 การทดลองติดตั้งระบบการตรวจจับการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้างบริเวณบ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรีทางโครงการได้ทดลองติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความสั่นสะเทือนจากการเคลื่อนไหวของช้างในบริเวณพื้นที่ทางเข้าออกของช้างโดยใช้ข้อมูลจากชาวบ้านในท้องถิ่น รวมทั้งทดสอบการส่งสัญญาณจากตัวตรวจรู้ผ่านเครือข่ายไร้สายความถี่ 2.4 และ 5 GHz ที่ระยะทาง 1 กิโลเมตรและทดสอบส่งข้อมูลผ่านจานสัญญาณดาวเทียมเป็นผลสำเร็จ ดังแสดงในภาพที่ 44-50

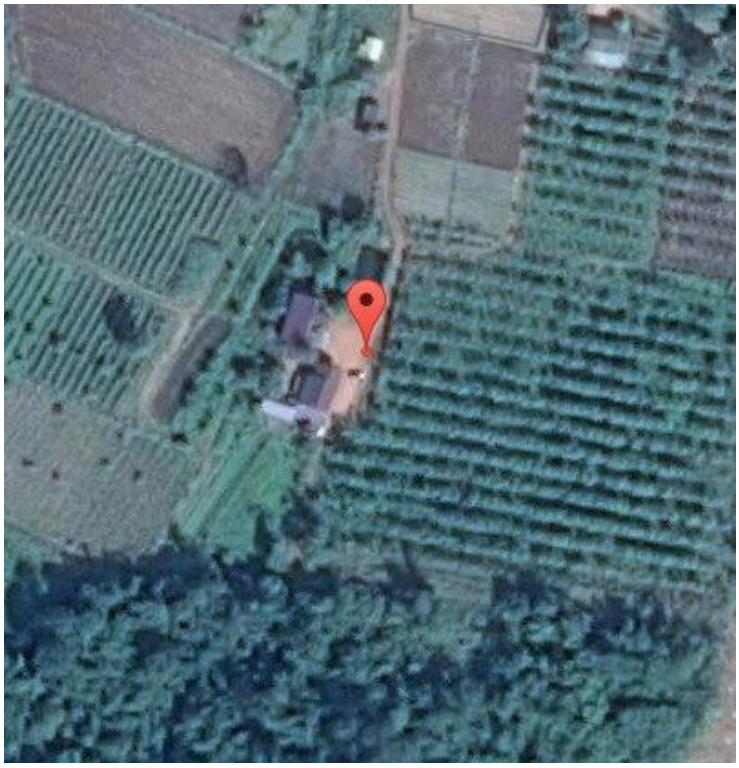
ภาพที่ 44 ขุดหลุมฝังอุปกรณ์ตรวจวัดความสั่นสะเทือน

ภาพที่ 45 ตัวตรวจรู้เพื่อตรวจจับความสั่นสะเทือนสั่นสะเทือน

ภาพที่ 46 ติดตั้งเครื่องวัดความสั่นสะเทือน

ภาพที่ 47 ระบบส่งสัญญาณของเครื่องวัดความสั่นสะเทือน

ก.)



ข.)

ภาพที่ 48 ก. ภาพถ่ายดาวเทียมบริณบ้านแสวงบ่า
ข. ภาพถ่ายดาวเทียมจุดรับสัญญาณห่างออกไปประมาณ 1 กิโลเมตร เพื่อส่งผ่านดาวเทียมไปยังระบบการสื่อสารเคลื่อนที่

ก.)

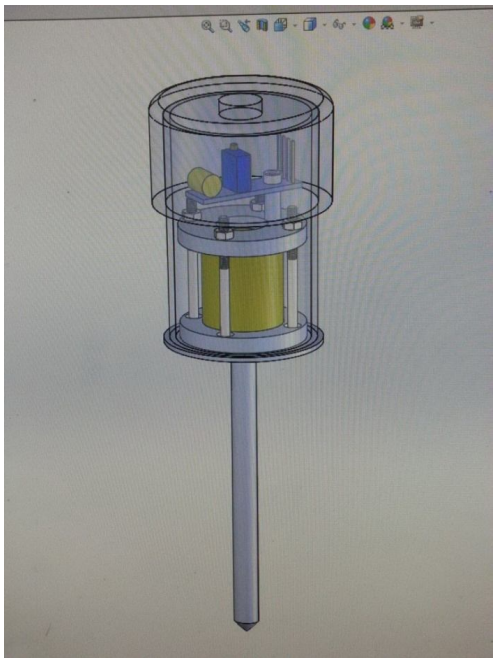
ข.)

ภาพที่ 49 ทดสอบการรับสัญาณผ่าดาวเทียม

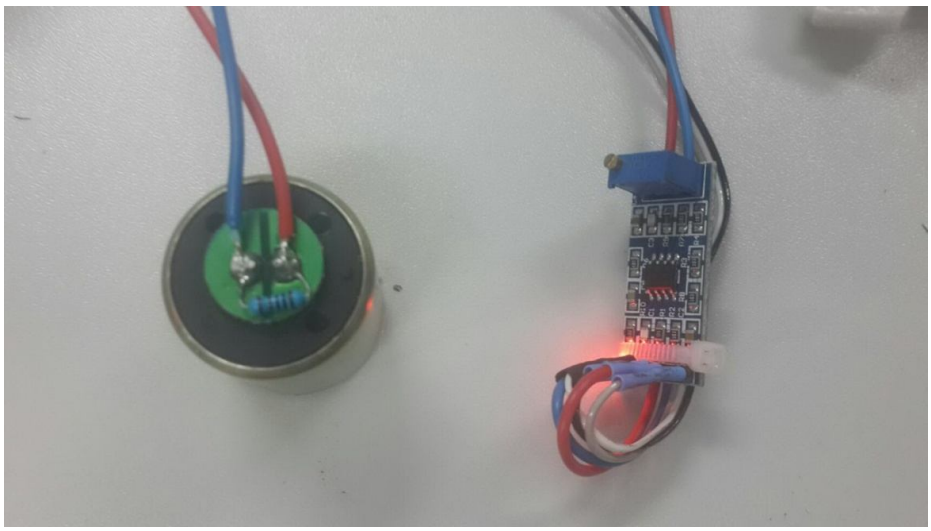
3.7.2 ทดสอบติดตั้งระบบการวัดความสั่นสะเทือนที่บ้านเขากล้วย ตำบลพวา อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรีทางโครงการได้ทดสอบการติดตั้งระบบการวัดความสั่นสะเทือนจากการเคลื่อนไหวของช้างโดยใช้ตัวตรวจรู้แบบ Vibration sensor ดังภาพที่ 50 และได้ทดสอบการติดตั้งตัวเซนเซอร์จีโอโฟนที่มีขนาดเล็กกว่าดังแสดงในภาพที่ 51-52 นอกจากนี้ยังได้ทดสอบการส่งสัญญาณผ่านระบบการสื่อสารเคลื่อนที่โดยใช้ Modem 3G ซึ่งต้องการบูสสัญญาณโดยใช้ตัวขยายสัญญาณให้มีความแรงเพิ่มขึ้นผ่านสายอากาศแบบยากิ ดังแสดงในภาพที่ 53

จากการทดสอบการติดระบบการวัดความสั่นสะเทือนและทดสอบระบบการสื่อสารผ่านเครือข่ายเคลื่อนที่และเชื่อมต่อกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จะนำมาเป็นข้อมูลเพื่อเลือกสถานที่ที่ใช้ในการติดตั้งระบบเตือนภัยช้างเพื่อเก็บข้อมูลต่อไป

ภาพที่ 50 การติดตั้งเซนเซอร์แบบวัดความสั่นสะเทือน



ก.)



ข.)

ภาพที่ 51 ก.) กล่องบรรจุจีโอโฟน

ก.) การทดสอบการทำงานของจีโอโฟน

ภาพที่ 52 การติดตั้งตัวตรวจรู้แบบจีโอโฟน

ก.)

ข.)

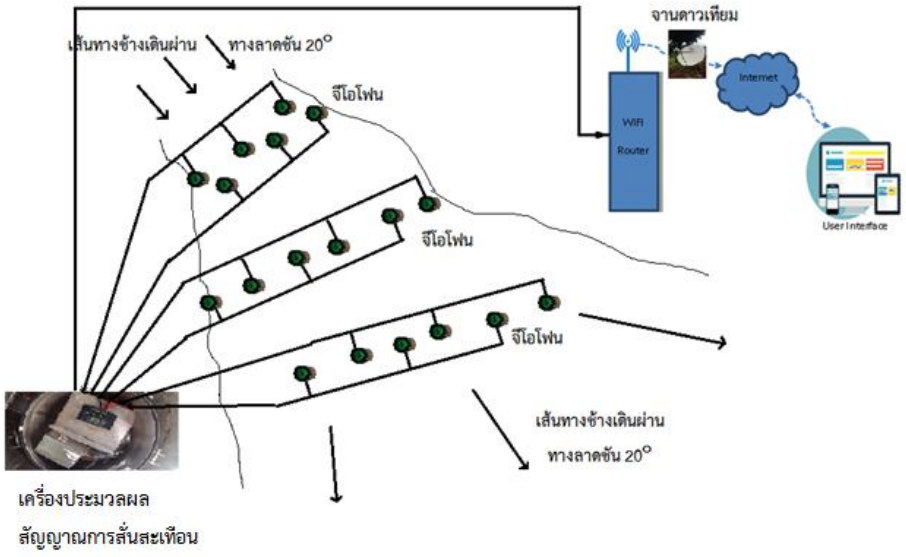
ภาพที่ 53 การเชื่อมสัญญาณไร้สายเข้ากับระบบการสื่อสารเคลื่อนที่และเครือข่ายคอมพิวเตอร์

**3.8 การติดตั้งระบบเตือนภัยช้างต้นแบบ**

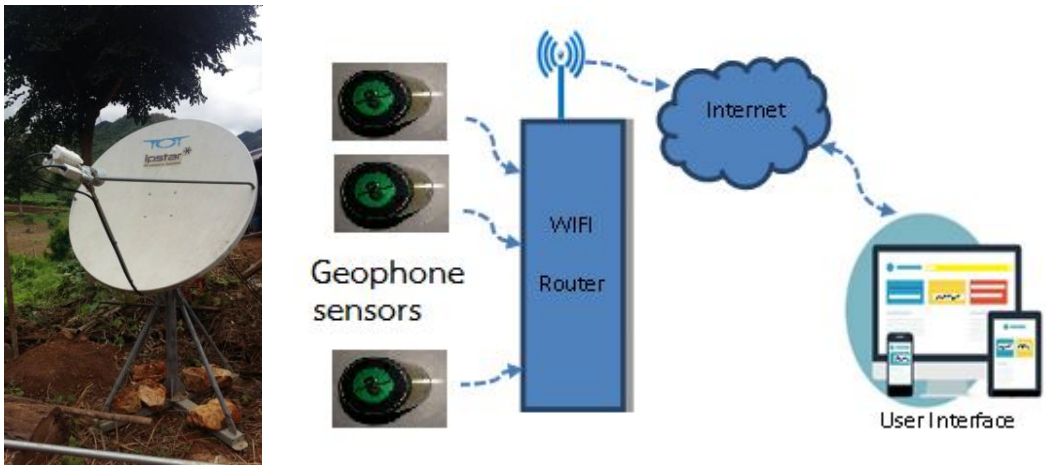
3.8.1 การติดตั้งระบบตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนโดยใช้เซนเซอร์จีโอโฟน

ภายหลังการทดลองที่วังช้าง แลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และสถานที่สำรวจบ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี และบ้านเขากล้วย ตำบลพวา อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ทางคณะผู้วิจัยพบว่าการติดตั้งเซนเซอร์วัดคลื่นการสั่นสะเทือนรุ่น 801S ติดบนแผ่นเหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 ซม. ไม่สะดวกต่อการติดตั้ง ในขณะที่การตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนโดยใช้เซนเซอร์จีโอโฟนมีขนาดเล็กและความไวสูงจึงมีความเหมาะสมกว่า ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงทำการติดตั้งเซนเซอร์จีโอโฟนตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนในการพัฒนาระบบเตือนภัยช้างต้นแบบ โดยเลือกใช้จีโอโฟนรุ่น GD-4.5 บรรจุอยู่ในกล่องบรรจุจีโอโฟนแทน (ภาพที่ 51 ก.) ฝังไว้ใต้ดินลึก 10 ซม. ขวางเส้นทางเดินของช้างดังในภาพที่ 54 จีโอโฟนให้สัญญาณเอาต์พุตความถี่ 5-1000 Hz แรงดัน 0-5V ขึ้นอยู่กับลักษณะของเท้าและน้ำหนักของสัตว์ เนื่องจากชุดเซนเซอร์จีโอโฟน

ติดตั้งอยู่ในบริณแนวป่าจึงต้องส่งสัญญาณผ่านระบบทวนสัญญาณไวไฟ (WiFi) ผ่าน LAN เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทางจานดาวเทียม TOT ดังภาพที่ 55




ภาพที่ 54 การติดตั้งเซนเซอร์จีโอโฟน




ภาพที่ 55 การเชื่อมต่อของระบบตรวจวัดคลื่นการสั่นสะเทือนของพื้นดิน

3.8.2 **การติดตั้งระบบตรวจจับภาพช้างเพื่อทำการทดสอบระบบตรวจจับภาพช้าง**

ในการทดสอบระบบตรวจจับภาพช้าง ทางคณะผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็น 2 ระบบ ระบบที่หนึ่งจะทำการติดตั้งระบบตรวจจับภาพช้างที่วังช้าง แลเพียด จังหวัด

พระนครศรีอยุธยา ระบบที่สองจะทำการติดตั้งระบบตรวจจับภาพช้างที่บ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี สาเหตุที่ทำการทดลองแยกเป็น 2 ระบบ เนื่องจากผู้วิจัยสามารถที่จะควบคุมสถานการณ์ในระบบที่หนึ่งได้ โดยทำการติดตั้งระบบตรวจจับภาพช้าง แล้วจำลองสถานการณ์ให้ช้างเดินผ่าน หลังจากนั้นนำผลทดสอบที่ได้ไปทำการปรับปรุงให้สามารถใช้ในพื้นที่บริเวณป่าได้

3.8.2.1 การออกแบบตู้อุปกรณ์สำหรับระบบการตรวจจับภาพช้าง

ตู้อุปกรณ์สำหรับระบบการตรวจจับภาพช้างจะประกอบด้วย 3 ตู้พลาสติกยึดติดกัน คือ ตู้พลาสติกชิ้นที่ 1 ตู้พลาสติกชิ้นที่ 2 และตู้พลาสติกชิ้นที่ 3 ในตู้พลาสติกชิ้นที่ 1 จะมีการติดตั้งระบบไฟให้อุปกรณ์ต่าง ๆ และ ตัวส่งสัญญาณไร้สาย สำหรับตู้พลาสติกชิ้นที่ 2 และ 3 จะมีการติดตั้งตัวประมวลผลสัญญาณภาพและกล้องอินฟราเรดโดยที่กล่องทั้งสองการทำช่องสำหรับแนบกับเลนส์ของกล้องอินฟราเรด หลักการออกแบบให้ตู้พลาสติกชิ้นที่ 2 และ 3 สามารถหมุนปรับขึ้นลงได้ 2 แกนนั้น สืบเนื่องจากคณะผู้วิจัยต้องมีการปรับมุมกล้องอินฟราเรดให้เหมาะสม หลังจากทำการติดตั้งกล่องอุปกรณ์บนต้นไม้ที่เลือกไว้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการปรับมุมกล้องให้ใกล้เคียงกับทิศทางที่ช้างจะเดินผ่านมากที่สุดดังแสดงดังในภาพที่ 56 ก และ ข ตามลำดับ

นอกจากนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการพ่นสีลายพลางบนตู้อุปกรณ์ (ภาพที่ 57) เพื่อให้มีความกลมกลืนกับธรรมชาติมากยิ่งขึ้น

ก). การหมุนกล่องใส่กล้องอินฟราเรดหนึ่งแกน

ภาพที่ 56 ตู้อุปกรณ์สำหรับระบบการตรวจจับภาพช้าง

ข). การหมุนกล่องใส่กล้องอินฟราเรดสองแกน

ภาพที่ 56 ตู้อุปกรณ์สำหรับระบบการตรวจจับภาพช้าง (ต่อ)

ภาพที่ 57 ตู้อุปกรณ์สำหรับระบบการตรวจจับภาพช้างที่ผ่านการพ่นสีลายพลาง

3.8.2.2 การติดตั้งตู้อุปกรณ์สำหรับระบบการตรวจจับภาพช้าง

การทดลองติดตั้งระบบการตรวจจับภาพช้างจากการเดินของช้างบริเวณบ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี ทางโครงการได้ทดลองติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับภาพช้างจากการเคลื่อนไหวของช้างในบริเวณพื้นที่ทางเข้าออกของช้างโดยใช้ข้อมูลจากชาวบ้านในท้องถิ่น และได้เลือกต้นไม้ที่อยู่พื้นที่ลาดเชิงเขาสำหรับติดตั้งระบบตรวจสอบภาพช้าง เนื่องจากเป็นทางลาดชันทำให้

ช้างมีการอัตราการเดินที่ช้าลง และมีระดับความแตกต่างระหว่างความสูงของที่ลาดกับต้นไม้ประมาณ 2.5 เมตร ซึ่งยังอยู่ในระยะทำการของกล้องอินฟราเรดดังแสดงในภาพที่ 58

ภาพที่ 59 แสดงต้นไม้ที่ถูกเลือกสำหรับใช้ติดตั้งกล่องอุปกรณ์ต้นไม้ที่ถูกเลือกมีความสูงประมาณ 8 เมตร มีลำต้นใหญ่ โดยตู้อุปกรณ์ถูกตั้งที่ความสูง 5 เมตร เพื่อป้องกันช้างที่อาจจะพยายามทำลายตู้อุปกรณ์ได้

ภาพที่ 58 บริเวณที่ลาดเชิงเขาสำหรับติดตั้งระบบตรวจจับภาพช้าง

ภาพที่ 59 การติดตั้งตู้อุปกรณ์สำหรับระบบการตรวจจับภาพช้างบนต้นไม้

# บทที่ 4. ผลการวิจัย และการวิจารณ์ผล

## 4.1 ผลการวิจัย

4.1.1 ผลการทดลองตัวตรวจรู้แบบติดด้วยเซนเซอร์วัดคลื่นการสั่นสะเทือนในห้องปฏิบัติการ

- ผลจากการทดลองพบว่าตัวตรวจรู้แผ่นกลมหนา 1.2 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 60 ซม. สามารถตรวจรู้การเคลื่อนไหวของผู้วิจัยที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 75 กิโลกรัมและช้างที่มีน้ำหนัก 2-4 ตันได้ทั้งในกรณีที่เหยียบโดนบางส่วน และเหยียบโดยตรงได้ แต่ไม่สามารถตรวจรู้การเคลื่อนไหวนอกบริเวณตัวตรวจรู้ได้ ดังผลการทดลองในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการที่วังช้างแลเพนียด จังหวัดอยุธยา

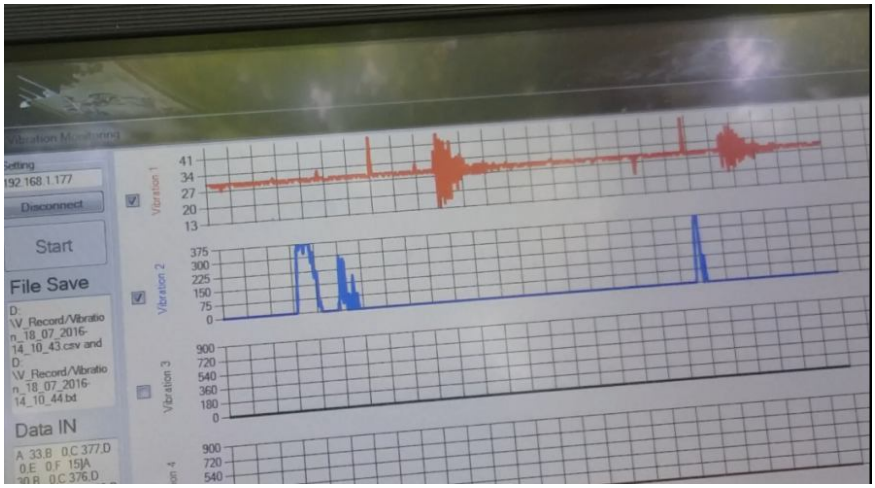
| ครั้งที่ | ผู้วิจัย | | | ช้าง | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | แผ่นกลม D = 28.9 ซม. | แผ่นกลม D = 60 ซม. | ท่อโลหะกลมยาว 1 เมตร | แผ่นกลม D = 28.9 ซม. | แผ่นกลม D = 60 ซม. | ท่อโลหะกลมยาว 1 เมตร |
| 1 | × | / | × | × | / | × |
| 2 | × | / | × | × | / | × |

/สามารถตรวจสอบความเคลื่อนไหวของผู้วิจัยและช้างได้

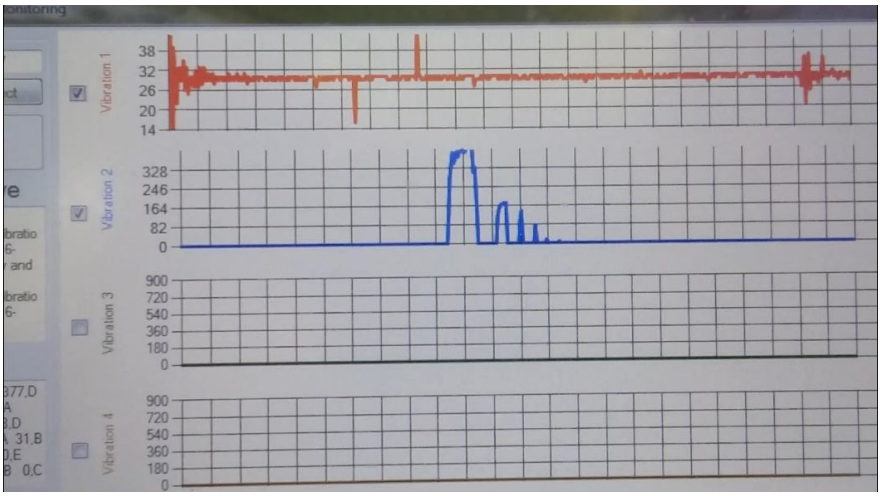
×ไม่สามารถตรวจสอบความเคลื่อนไหวของผู้วิจัยและช้างได้

4.1.2 ผลการวัดสัญญาณคลื่นการสั่นสะเทือน

ในการทดลองวัดคลื่นการสั่นสะเทือนทางโครงการได้ทดลองติดตั้งระบบการวัดคลื่นการสั่นสะเทือนบนเส้นทางที่เคยมีช้างเดินเข้าออก โดยใช้ตัวตรวจรู้แบบ Vibration และ Geophone ในทรงกระบอกรัศมี 60 ซ.ม. สูง 5 ซ.ม.ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของทรงกระบอก ที่บ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี ทดสอบการทำงานโดยให้นักวิจัยกระโดดเหยียบบนตำแหน่งที่ฝังตัวตรวจรู้ลึก 7 ซ.ม. ทำการส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายไร้สายความถี่ 5 GHz ที่อยู่ห่างออกไป 1 กิโลเมตร จะได้สัญญาณคลื่นการสั่นสะเทือนดังแสดงในภาพที่ 60 โดยแถวที่ 1 (สีแดง) เป็นสัญญาณจาก Geophone ส่วนแถวที่ 2 (สีน้ำเงิน) เป็นสัญญาณจาก Vibrationตามลำดับ ส่วนที่บ้านเขากล้วย ตำบลพวา อำเภอแงหางแมว จังหวัดจันทบุรี ได้ทดลองติดตั้งตัวตรวจรู้แบบ Vibration ในทรงกระบอกรัศมี 60 ซ.ม. สูง 5 ซ.ม.ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของทรงกระบอกเช่นเดียวกับบ้าน




ภาพที่ 60 การรับสัญญาณคลื่นการสั่นสะเทือนจากตัวตรวจรู้แบบจีโอโฟน (สีแดง-แถวแรก) และตัวตรวจรู้แบบการวัดคลื่นการสั่นสะเทือน (สีน้ำเงิน-แถวที่สอง) ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จากบ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด กาญจนบุรี




ภาพที่ 61 การรับสัญญาณคลื่นการสั่นสะเทือนจากตัวตรวจรู้แบบจีโอโฟน (สีแดง-แถวแรก) และตัวตรวจรู้แบบการวัดคลื่นการสั่นสะเทือน (สีน้ำเงิน-แถวที่สอง)ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จากบ้านเขากล้วย ตำบลพวา อำเภอแก่งหางแมว จันทบุรี

แสวงบ่า สำหรับตัวตรวจรู้แบบ Geophone ได้ปรับปรุงใหม่เป็นปักบนพื้นดิน (ภาพที่ 52) ทดสอบการทำงานโดยให้นักวิจัยกระโดดเหยียบบนตำแหน่งที่ฝั่งตัวตรวจรู้ลึก 7 ซ.ม. และเดินไปมาหรือกระโดดบริเวณโดยรอบ Geophone ทำการส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายไร้สายความถี่ 5 GHz ที่อยู่ห่างออกไป 400 เมตร จะได้สัญญาณคลื่นการสั่นสะเทือนดังแสดงในภาพที่ 61 แถวที่ 1 (สีแดง) เป็นสัญญาณจาก Geophone ส่วนแถวที่ 2 (สีน้ำเงิน) เป็นสัญญาณจาก Vibrationตามลำดับ

4.1.3 การทดลองระบบวัดคลื่นการสั่นสะเทือนโดยใช้เซนเซอร์จีโอโฟน ที่วังช้าง แลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทำการจำลองระบบที่จะไปติดตั้งจริงโดยทดลองกับช้างที่ควบคุมได้ให้ช้างเดินผ่านไปบนจีโอโฟนที่ฝั่งไว้ใต้ดินลึก 0.1 เมตร จำนวน 6 ช่องสัญญาณ แต่ละช่องประกอบด้วยเซนเซอร์จีโอโฟนต่อขนานกัน 3 ตัว ห่างกันช่วงละ 1 เมตร นับจำนวนพลัส์คลื่นการสั่นสะเทือนที่เกิดจากตรวจจับของเซนเซอร์จีโอโฟนทั้ง 6 ช่องสัญญาณจากการเดินเหยียบของช้างดังภาพที่ 62 คลื่นสัญญาณนี้เน้นการตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนความถี่ต่ำที่มีแอมปิลจูดสูงได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

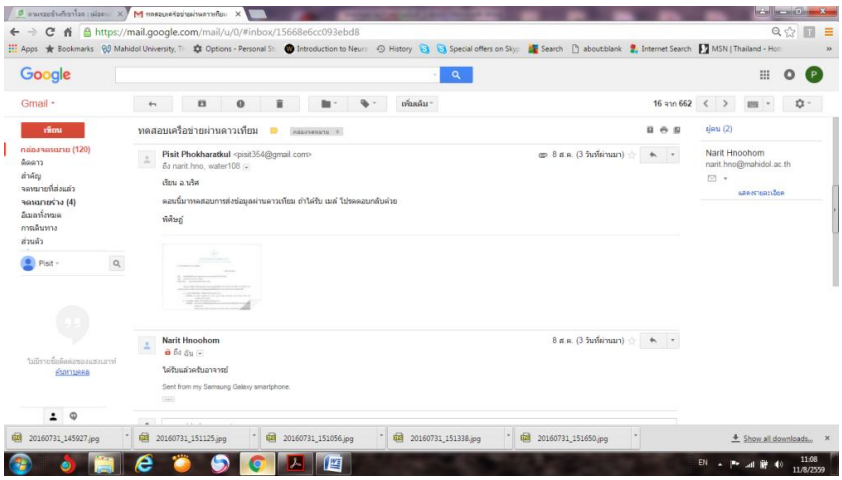
ภาพที่ 62 ช้างเดินเหยียบบริเวณที่ติดตั้งจีโอโฟน

ตารางที่ 3 ข้อมูลการแจ้งเตือนจากการทดลอง

| จำนวนพลัส์จาก 6 ช่องสัญญาณ | สภาพทางกายภาพ | การแจ้งเตือนผ่านทางไลน์ |
|---|---|---|
| 0 | ไม่มีช้างเดินผ่านหรือเดินอยู่ใกล้ | ไม่มีการแจ้งเตือน |
| 1-5 | มีช้างเดินอยู่ไกลกว่า 3 เมตร | Warning: Level 1 อาจมีช้างผ่าน |
| 6-10 | มีช้าง 1 -2 เชือก เดินเข้ามาในบริเวณติดตั้งจีโอโฟน | Warning: Level 2 มีช้างผ่านเดินผ่าน |
| >10 | มีช้างมากกว่า 2 เชือกเดินเข้ามาในบริเวณติดตั้ง๗โอโฟน | Warning: Level 3 มีช้างผ่านเดินผ่านแน่นอน |

4.1.4 ผลการทดลองส่งสัญญาณจากตัวตรวจรู้ผ่านเครือข่ายไร้สายความถี่ 5 GHz ที่ระยะทาง 1 กิโลเมตร และทดสอบส่งข้อมูลผ่านจานสัญญาณดาวเทียมเป็นผลสำเร็จ ดังแสดงในภาพที่ 63-64

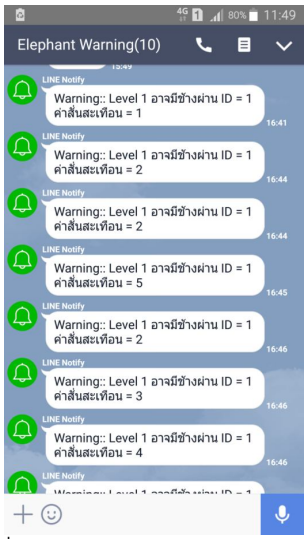
ภาพที่ 63 ทดสอบการรับสัญญาณผ่าดาวเทียม




ภาพที่ 64 ทดสอบการส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเครือข่ายดาวเทียม

4.1.5 ผลการทดลองส่งการแจ้งเตือนผ่านไลน์

ถ้ามีการบุกรุกของช้างจะส่งการแจ้งเตือนผ่านจานดาวเทียมไปยังเครื่องแม่ข่ายพร้อมทั้งส่งข้อมูลการบุรุกของช้างผ่านทางไลน์ซึ่งสามารถรับข่าวสารได้ทางโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ได้ดังภาพที่ 65 โดยใช้โมเดลจากการทดลองที่วังช้าง แลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มาเป็นต้นแบบการแจ้งเตือน และแจ้งไปยังชุมชนหรือเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องซึ่งจะต้องตรวจสอบยืนยันโดยภาพช้างก่อน จากนั้นจะเปิดสัญญาณไฟแจ้งเตือนการบุกรุกดังแสดงในภาพที่ 42 นอกจากนี้ระบบการแจ้งเตือนยังสามารถแจ้งผ่านไปทางวิทยุสื่อสารโดยใช้ตัวแปลงสัญญาณวิทยุดังภาพที่ 43




ภาพที่ 65 การทดลองแจ้งเตือนภัยช้าง

4.1.6 การวิเคราะห์การเดินของช้าง

ช้างเป็นสัตว์ 4 เท้าที่มีน้ำหนัก 3,000-4,000 กิโลกรัม ในการวิเคราะห์จะสังเกตการณ์เดินของช้างในความควบคุมของควาญช้างดังแสดงในภาพที่ 66-69 จากภาพที่ 67 แสดงตำแหน่งการเดินของช้างเทียบกับเวลา เริ่มต้นจากก้าวเท้าขวาหลังตามด้วยเท้าขวาหน้า จากนั้นจึงก้าวเท้าซ้ายหลังตามด้วยเท้าสซ้ายหน้าตามลำดับ จะพบว่าการเท้าในแต่ละ cycle จะใช้เวลาประมาณ 0.8-1.0 วินาที

ภาพที่ 68 แสดงภาพประกอบการเดินของช้าง เปรียบเทียบการตำแหน่งการเดินของช้างในภาพที่ 69 เริ่มโดยช้างก้าวเท้าขวาหลังย่ำลงบนพื้นใน step 1 จากนั้นจึงก้าวเท้าขวาหน้าขึ้นจากพื้นใน step 2 ขณะที่เท้าซ้ายหน้าและหลังรวมทั้งเท้าขวาหลังแตะอยู่ที่พื้น ใน step 3 ช้างย่ำเท้าขวาหน้าลงบนพื้น แล้วก้าวเท้าซ้ายหลังขึ้นจากพื้นใน step 4 เพื่อก้าวต่อไป ขณะที่เท้าขวาหน้าและหลังรวมทั้งเท้าซ้านหน้าแตะอยู่ที่พื้นทำเช่นนี้ไปตามลำดับ

ก.)

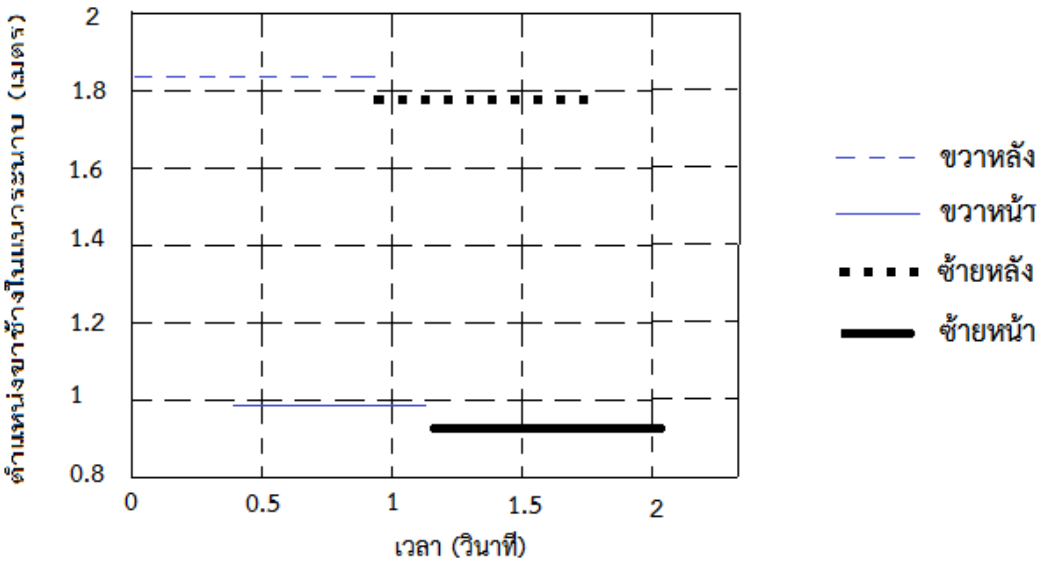
ค.)

ข.)

ง.) จ.)

ภาพที่ 66 ควาญช้างควบคุมการเดินช้างเพื่อวิเคราะห์ลักษณะการเดินของช้าง

ก.)




ข.)

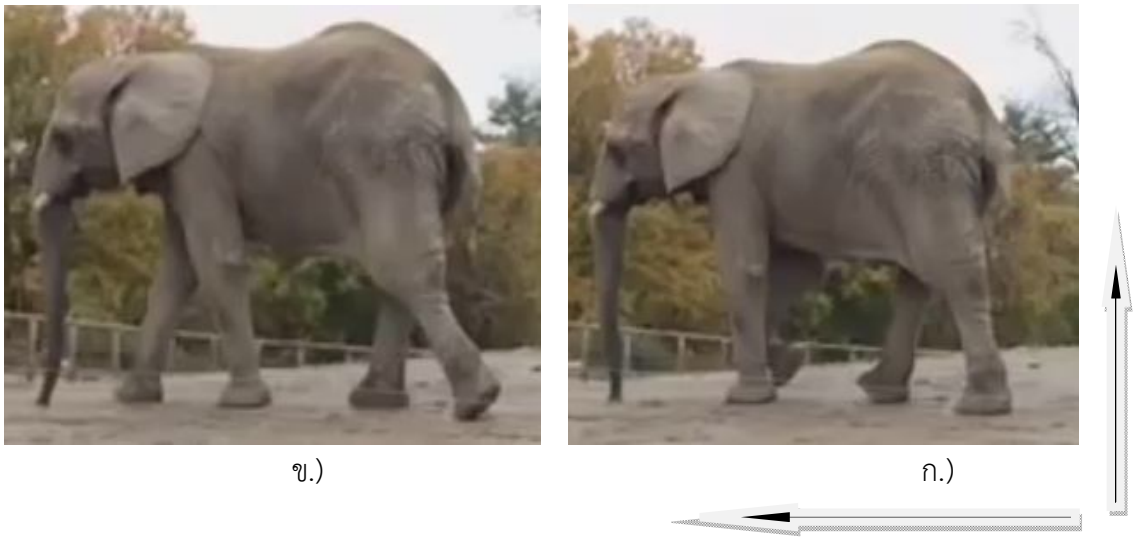
ภาพที่ 67 ลักษณะการก้าวเท้าของช้าง

ฉ.)

จ.)

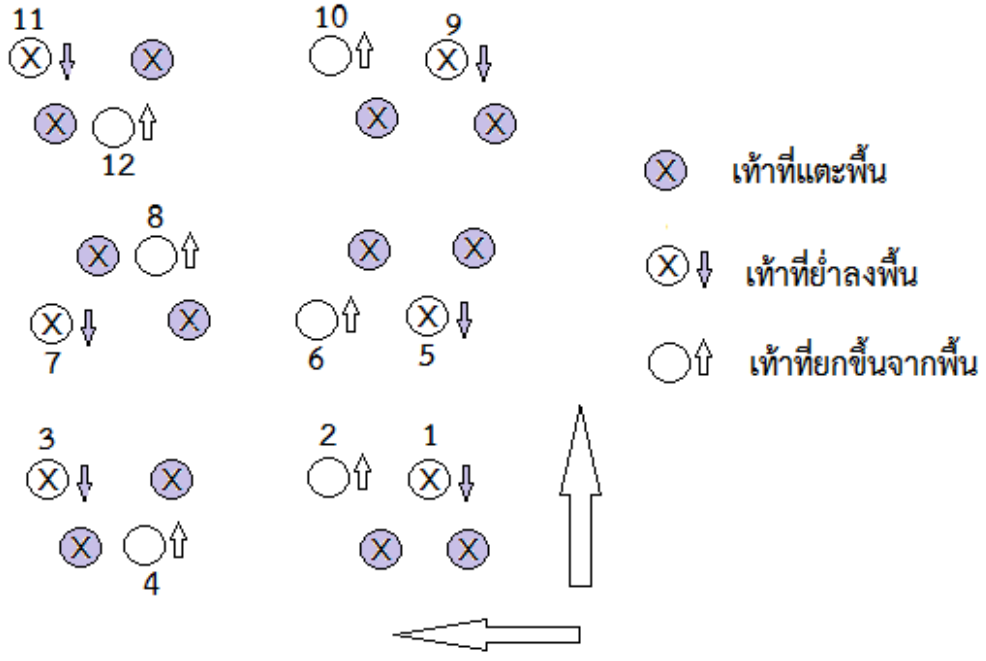
ง. )

ค.)



ข.) ก.)

ภาพที่ 68 แสดงการเดินของช้างเริ่มจากก้าวเท้าขวาหลังไปสิ้นสุดที่การก้าวเท้าซ้ายหลัง




ภาพที่ 69 แสดงรูปแบบการก้าวเท้าเดินของช้าง

4.1.7 พฤติกรรมของช้าง

4.1.7.1 พฤติกรรมทางสังคม ช้างเป็นสัตว์สังคมที่มีลำดับโครงสร้าง เมื่อกลุ่มมีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีช้างจำนวนหนึ่งแยกกลุ่มออกไปเพื่อตั้งกลุ่มใหม่ แต่พวกมันยังคงทราบว่าโขลงใดเป็นเครือ

ญาติกันโขลงใดไม่ใช่ เนื่องจากช้างกินอาหารในแต่ละวันเป็นจำนวนมาก จึงต้องมีช้างสำรวจหาแหล่งอาหารด้วย

4.1.7.2 สติปัญญา สมองของช้างมีขนาดมากกว่า 5 กิโลกรัมเล็กน้อย มีรอยพับยักมากจึงมีความจำเป็นเลิศ รวมทั้งมีความเศร้าโศก ความสงสาร การทำเสียงดนตรี การเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวม การช่วยกันเลี้งทารก การเล่น การสื่อสาร การใช้อุปกรณ์ และการรู้จักตนเอง

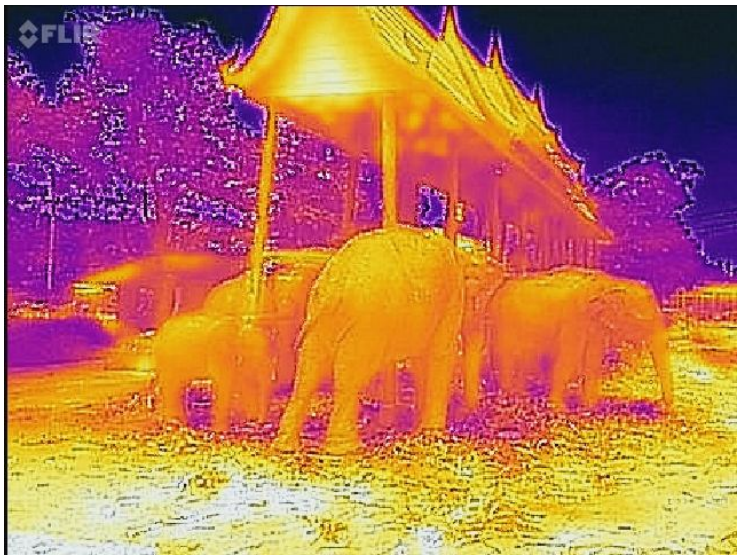
4.1.7.3 การสื่อสาร ช้างมีปนระสารทดมกลิ่นและการได้ยินอย่างดีเยี่ยม แต่กลับมีสายตาที่แย่ ช้างสามารถสื่อสารกันด้วยเสียงอินฟราซาวด์ความถี่ต่ำ15-35 Hz เป็นระยะทางไกลได้

4.1.7.4 อาหาร ช้างเป็นสัตว์กินพืชเป็นอาหาร แลฃะใช้เวลาในการกินอาหารมากถึง 16 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นช้างจึงใช้เวลานอนเพียงแค่ 3 ชั่วโมงกว่าเล็กน้อย อาหารของช้างมีความหลากหลายตามฤดูกาล แตกต่างตามแหล่งอาหาร ช้างโตเต็มวัยจะบริโภคอาหาร 140-270 กิโลกรัมต่อวัน

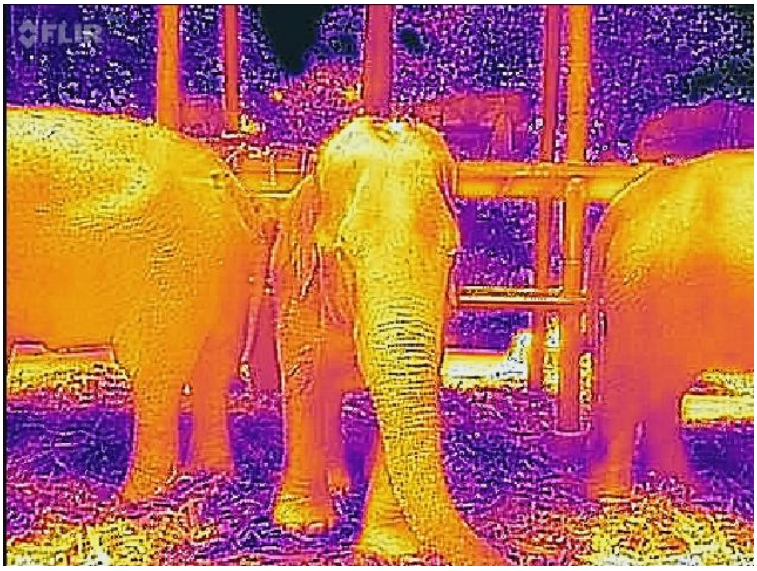
4.1.7.5 ความขัดแย้งกับมนุษย์ เนื่องจากพื้นป่าลดจำนวนลดลง ทำให้มีช้างจำนวนหนึ่งบุกรุกเข้ามาในเขตเพาะปลูกของชุมชนจนเกิดการปะทะกับมนุษย์ นำมาซึ่งความสูญเสียชีวิตของมนุษย์และช้าง ตลอดจนความเสียหายของทรัพย์สินจากการทำลายของช้าง

4.1.8 ผลการติดตั้งระบบตรวจจับภาพช้าง

จากการทดลองใช้กล้องอินฟราเรดถ่ายภาพช้างที่ที่วังช้าง แลเพียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยาทั้งในช่วงเวลากลางวัน และกลางคืนปรากฏว่าสามารถเก็บข้อมูลภาพช้างในช่วงเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา11.00-14.00 น. และช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา19.00-21.30 น. เพื่อนำมาวิเคราะห์ ดังในภาพที่ 70-71



ก.)



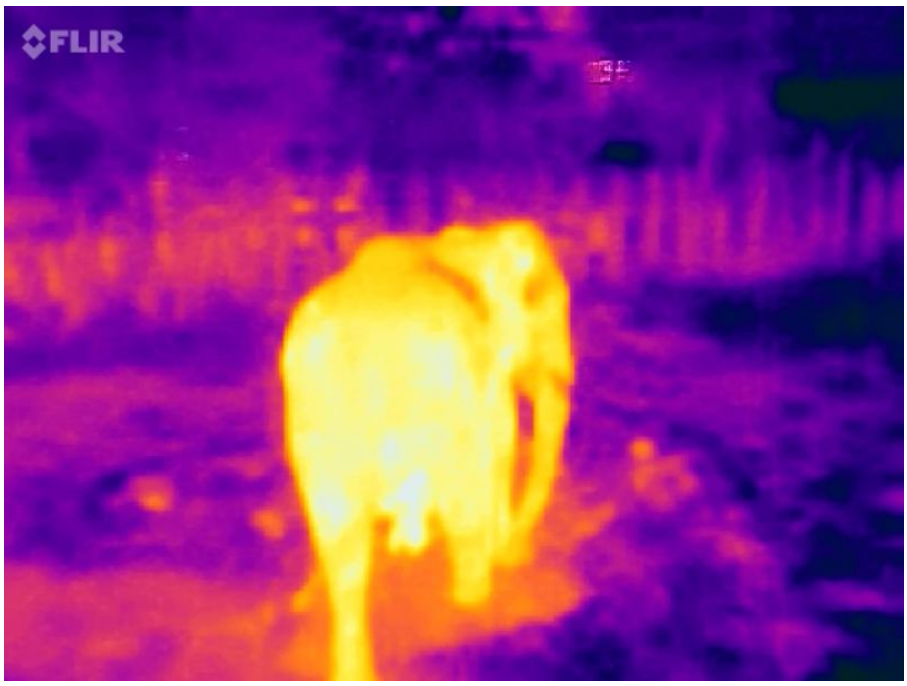
ข.)

ค.)

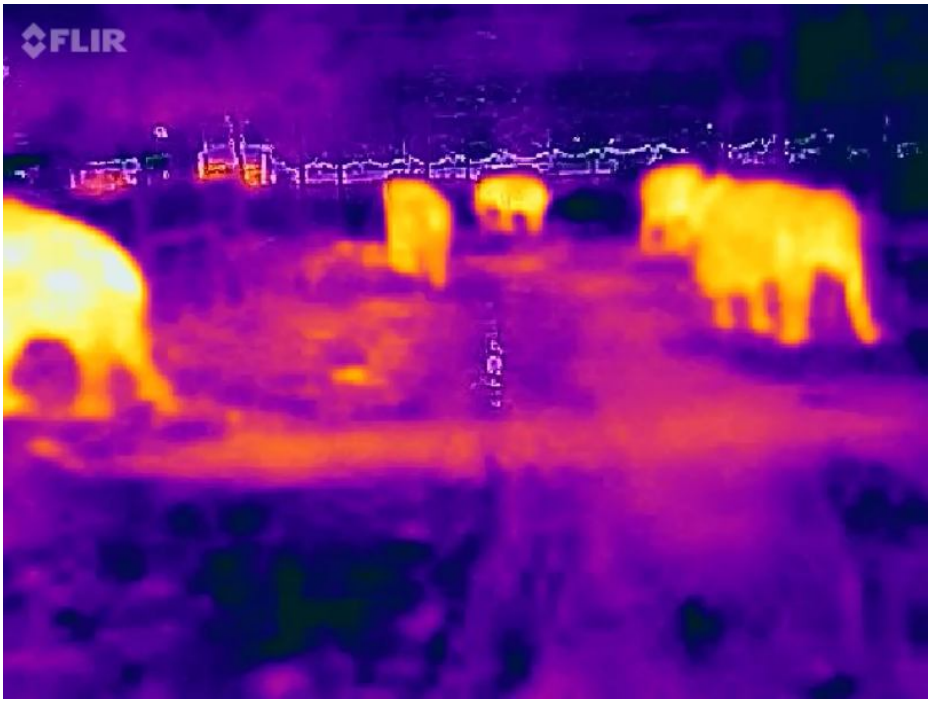
ง.)

ภาพที่ 70 ภาพช้างลักษณะท่าทางต่าง ๆ ในช่วงเวลากลางวัน

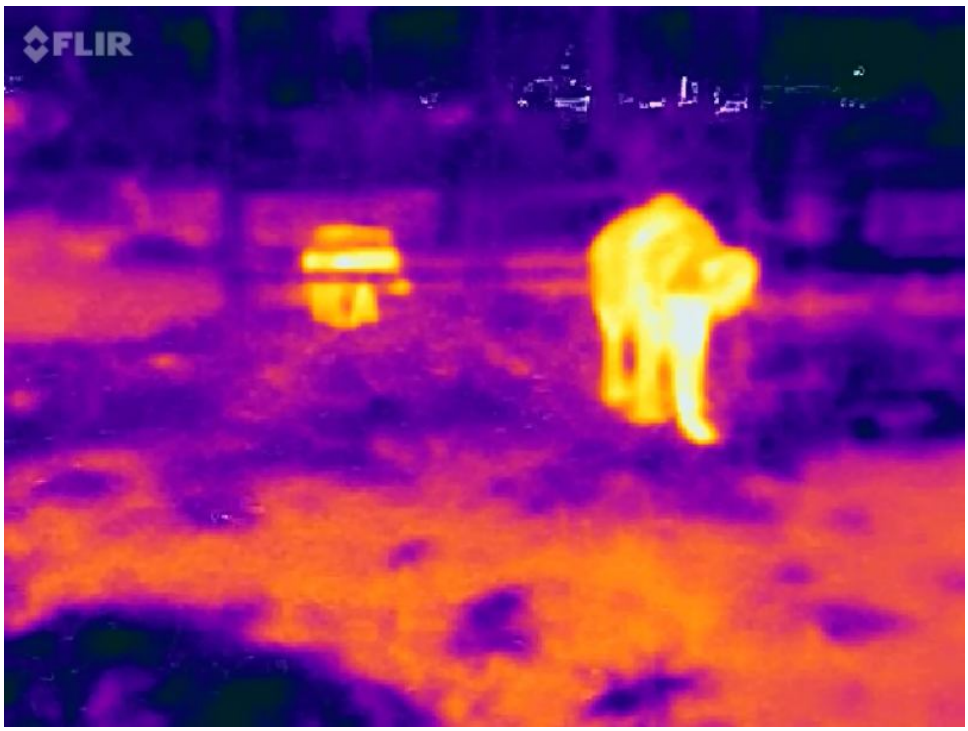
ก).




ข).




ค).




ง).

ภาพที่ 71 ภาพช้างลักษณะท่าทางต่าง ๆ ในช่วงเวลากลางคืน

สำหรับระบบที่ 2 คณะผู้วิจัยจะติดตั้งอุปกรณ์ระบบการตรวจจับภาพช้างในตู้ที่ได้จัดเตรียมไว้ ในช่วงปลายเดือนธันวาคม 2559 เป็นต้นไปเพื่อรอเก็บภาพช้างจากสภาพป่าจริง ในขณะเดียวกันก็จะทำการทดสอบระบบการตรวจจับภาพช้างที่สร้างมาจากชุดข้อมูลการเรียนรู้ภาพที่วังช้าง แลเพียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยาจากนั้นจะนำผลลัพธ์ที่ได้มาปรับปรุงต่อเนื่อง

**4.2 การวิเคราะห์และวิจารณ์ผล**

4.2.1 การวิเคราะห์เชิงความถี่ของตัวตรวจรู้แบบแผ่นกลมติดตั้งเซนเซอร์ vibration ตรงจุดศูนย์กลาง เนื่องจากการเคลื่อนไหวของช้างจะทำให้เกิดคลื่นการสั่นสะเทือนในช่วง 4 – 50 Hz [12] โดยมีค่าพีคที่ 20 Hz จึงจำเป็นต้องพัฒนาตัวตรวจรู้ให้มีความถี่ธรรมชาติในช่วงดังกล่าว

การหาความถี่ธรรมชาติ ( fundamental frequency ) การสั่นของแผ่นโลหะกลม $f_n$ [13,14]

$$f_n = \frac{4.9744}{2\pi a^2}\sqrt{\frac{D_e}{\rho h}} \qquad (4.1)$$

เมื่อ $\rho$ คือ $masspervolume = 7850\frac{kg}{m^3}$

h คือ ความหนาของแผ่นเหล็กกลม = 1.2 mm.

a คือ รัศมีของแผ่นเหล็กกลม

$D_e$ คือค่า stiffness factor หาได้จาก

$$D_e = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \quad (4.2)$$

เมื่อ E คือ elastic modulus ของเหล็ก = 196.5x10$^9$เหล็กกล้าเหนี่ยว = 210x10$^9$สแตน

เลส =

220x10$^9$ N/m$^2$

$\mu$ คือ poisson ratio = 0.265

- แผ่นเหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 60ซม.

$D_e$ = 220x10$^9$ (1.2/1000)$^3$/12(1-(0.265)$^2$) = 34.0727595

$$f_n = \frac{4.9744}{2\pi(\frac{30}{100})^2}\sqrt{\frac{34.0727595}{7850(\frac{1.2}{1000})}} = 16.73002268 \text{ Hz} \quad (4.3)$$

จากการคำนวณและผลการทดลองจะพบว่าตัวตรวจรู้แบบแผ่นเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 ซม.สามารถตรวจรู้ความเคลื่อนไหวของช้างได้

- แผ่นเหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 28.9 ซม.

$D_e$ = 19.718032

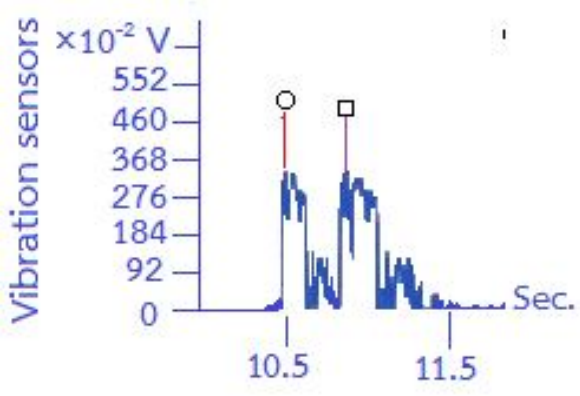
$f_n$ = 60.09275 Hz

จากการคำนวณและผลการทดลองจะพบว่าตัวตรวจรู้แบบแผ่นเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28.9 ซม. ไม่สามารถตรวจรู้ความเคลื่อนไหวของช้างได้

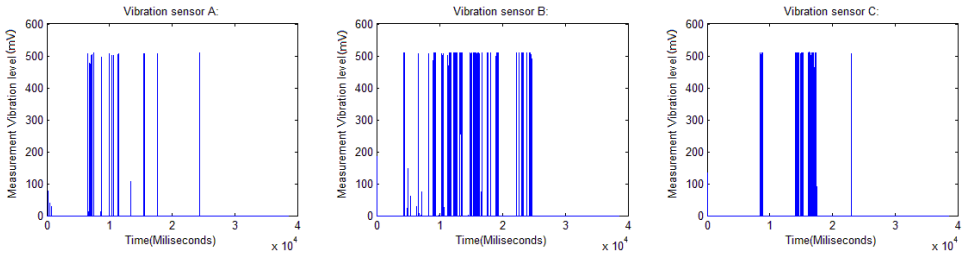
- สำหรับแผ่นกลมบนท่อโลหะกลมมีเส้นผ่าศูนย์เล็กมากความถี่ธรรมชาติจึงสูงเกินกว่าจะตรวจรู้การเคลื่อนไหวของช้างได้

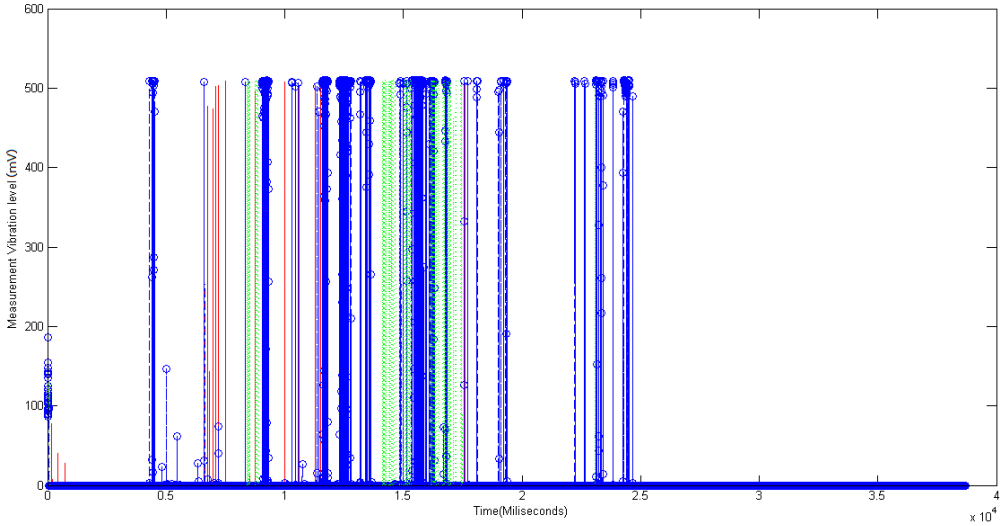
4.2.2 การวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือน

เนื่องจากจากไม่สามารถรอการทดสอบคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเคลื่อนไหวของช้างในธรรมชาติได้ ทางโครงการจึงได้นำระบบตรวจวัดคลื่นการสั่นสะเทือนไปทดสอบคลื่นการสั่นสะเทือนจากช้างที่ควบคุมได้ที่วังช้างอยุธยาแลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยให้ควาญช้างควบคุมให้เดินไปบนเซนเซอร์แบบ Vibration จะได้สัญญาณสั่นสะเทือนดังภาพที่ 72-73 จะพบว่าการเดินของช้างจะมีช่วงก้าวประมาณ 0.2-0.3 วินาที




ภาพที่ 72 สัญญาณความสั่นสะเทือนจากการก้าวเท้าเดินของช้าง O ขวาหลัง □ ขวาหน้า



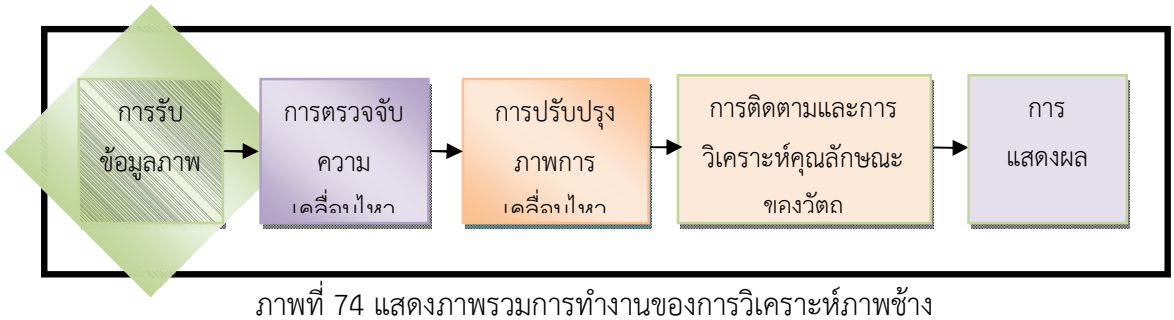

ภาพที่ 73 สัญญาณความสั่นสะเทือนจากการก้าวเท้าใน Time domain

4.2.3 การวิเคราะห์เซนเซอร์จีโอโฟน

เนื่องจากสัญญาณที่ได้เซนเซอร์จีโอโฟนเป็นความสัมพันธ์ในสมการ (3.1) - (3.6) ดังนั้นในการระบุความถี่ธรรมชาติและอัตราการหน่วงของเซนเซอร์ ในกรณีของเซนเซอร์จีโอโฟน GD-4.5 จะมีค่า G = 28.8 V/m/s, $f_0$ = 4.5 และ $\zeta$= 0.55 ตามลำดับ

4.2.4 รายงานผลการวิเคราะห์ภาพช้างเพื่อยืนยันการบุกรุกของช้าง

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงรายละเอียดการทำงานของระบบการวิเคราะห์ภาพช้างที่บันทึกจากกล้องอินฟาเรดดังสามารถแสดงกระบวนการโดยภาพรวมของระบบ ซึ่งประกอบด้วย 1) การรับข้อมูลภาพจากกล้องอินฟาเรด 2 ) การตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุด้วยเทคนิคการหาค่าเฉลี่ย 3) การปรับปรุงภาพการเคลื่อนไหวของวัตถุด้วยเทคนิคมอร์โฟโลจีคอล 4) การสกัดหาคุณลักษณะเด่นและ 5) การแสดงผล




ภาพที่ 74 แสดงภาพรวมการทำงานของการวิเคราะห์ภาพช้าง

4.2.4.1 การรับข้อมูลภาพจากกล้องอินฟาเรด

เริ่มต้นระบบจะทำการรับข้อมูลภาพเข้ามาเป็นวีดีโอจากนั้นจะนำวีดีโอที่ได้มาแบ่งเป็นเฟรมและเฟรมทั้งหมดจะถูกเก็บอยู่ในอาร์เรย์ 3มิติ เพราะว่าแต่ละเฟรมนั้นจะประกอบไปด้วยค่าความเข้มแสงของ 3 สี คือ สีแดงสีเขียว และ สีน้ำเงิน อย่างไรก็ตามเนื่องจากยังไม่มีช้างเดินผ่านในจุดที่ได้ทำการติดตั้งระบบกล้องตรวจจับภาพช้าง คณะผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้ไฟล์ที่ได้จากกล้องอินฟราเรดซึ่งทำการจับภาพจากวังช้าง แลเพียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยาทั้งในช่วงเวลากลางวัน และกลางคืน ในภาพที่ 70-71 เป็นข้อมูลภาพอินพุตของระบบโดยไฟล์ที่บันทึกออกมาจากกล้องอินฟราเรดจะเป็นไฟล์นามสกุล mp4และมีความละเอียด 640x480 จุดภาพ8 เฟรมต่อวินาที

4.2.4.2 การตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุด้วยเทคนิคการหาค่าเฉลี่ย

การตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุจากพื้นหลังด้วยเทคนิคการหาค่าเฉลี่ยเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ให้ผลลัพธ์ค่อนข้างดีและมีความเร็วในการทำงานสูง ภาพพื้นหลังจะสามารถหาได้จากการนำเฟรม

จำนวน3 เฟรมประกอบด้วย 1) เฟรมพื้นหลังปัจจุบัน2) เฟรมที่มีวัตถุที่สนใจ และ 3) เฟรมพื้นหลังล่าสุดมาทำการหาค่าเฉลี่ยจากนั้นนำเฟรมที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยมาทำการหาค่าความแตกต่างกับเฟรมภาพที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นวัตถุที่สนใจ สมการที่ใช้ในการคำนวณหาคือ

$$B_{i+1} = (\alpha * F_i) + (1 - \alpha) * B_i \quad (4.4)$$

โดยที่

$B_{i+1}$หมายถึง เฟรมพื้นหลังปัจจุบัน

$F_i$หมายถึง เฟรมที่มีวัตถุที่สนใจ

$B_i$หมายถึง เฟรมพื้นหลังล่าสุด

$\alpha$หมายถึง ค่าการเรียนรู้

จากสมการข้างบนจะพบว่าการคำนวณจะใช้หน่วยความจำเพียงสามเฟรมเท่านั้นทำให้ไม่จำเป็นต้องทำการเก็บข้อมูลภาพหลายๆ เฟรม มาเก็บไว้ในหน่วยความจำอีกต่อไป สำหรับค่าการเรียนรู้ (Learning rate) โดยปกติแล้วจะใช้ค่าเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายความว่า จะใช้ค่าความเข้มแสงจำนวน 95 เปอร์เซ็นต์ จากเฟรมพื้นหลังก่อนหน้านั้นและอีก 5เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลภาพเฟรมใหม่ที่เข้ามา การกำหนดค่าการเรียนรู้จะมีความสำคัญต่อการประมาณค่าพื้นหลัง หากกำหนดให้มีค่าน้อยหมายความว่าภาพพื้นหลังจะมีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนแต่จะไม่สามารถปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของพื้นที่ที่สนใจได้

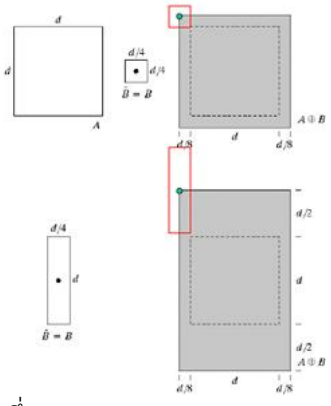
4.2.4.3 การปรับปรุงภาพการเคลื่อนไหวของวัตถุด้วยเทคนิคมอร์โฟโลจีคอล

กระบวนการปรับปรุงภาพการเคลื่อนไหวของวัตถุจะเป็นการทำให้ภาพของวัตถุที่สนใจมีความสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้สามารถการระบุตัววัตถุที่สนใจได้เที่ยงตรงและแม่นยำมากยิ่งขึ้นเพราะในขั้นตอนการจับการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุนั้นยังคงมีมีพื้นที่ส่วนที่ไม่ได้ต้องการปนอยู่โดยใช้เทคนิคมอร์โฟโลจีคอล(Morphological)

Morphological operation หมายถึงการทำให้รูปร่างวัตถุในภาพเปลี่ยนแปลงไป เช่น ทำให้หนาขึ้น ทำให้บางลง หรือเติมเต็มส่วนที่เว้าแหว่งไป

1. **Dilation Operation**

เป็นการนำ Sub-window ที่มีรูปร่างต่างๆ เรียกว่า Structuring Element มาทาบกับภาพต้นฉบับ แล้วพิจารณาส่วนที่วัตถุในภาพต้นฉบับกับ Structuring Element ทับซ้อนกัน หากมีพิกเซลที่ซ้อนทับกันอย่างน้อย 1พิกเซล ให้เปลี่ยนพิกเซลภาพผลลัพธ์ที่อยู่ตรงกลางของ Structuring Element ให้เป็น 1 การทำ Dilation Operation จะทำให้วัตถุมีขนาดใหญ่ขึ้น ตามลักษณะของ Structuring Element

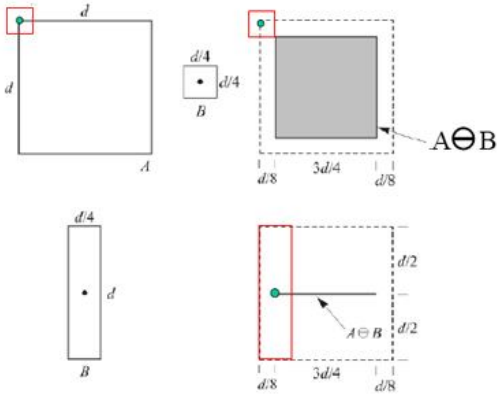


รูปที่ 75 ภาพ Dilation Operation

ที่มา : Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, Digital Image Processing, 3rd Edition

2. **Erosion Operation**

คล้ายกับการทำ Dilation เพียงแต่พิกเซลของภาพผลลัพธ์จะเป็น 1 ก็ต่อเมื่อ Structuring Element ซ้อนทับกับวัตถุในภาพต้นฉบับทั้งหมด ดังนั้นการทำ Erosion Operation จะทำให้วัตถุในภาพต้นฉบับจะมีขนาดเล็กลงตามลักษณะของ Structuring Element

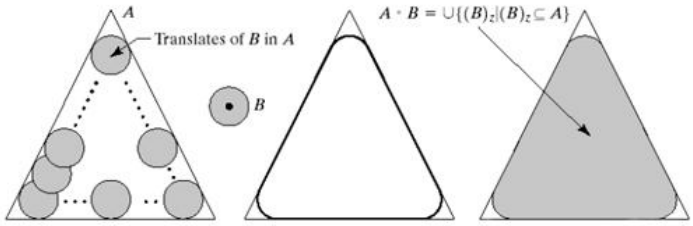



ภาพที่ 76 ภาพ Erosion Operation

ที่มา : Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, Digital Image Processing, 3rd Edition

3. **Opening Operation**

เป็นการนำ StructuringElement มาทำ Erosion Operation ก่อนแล้วจึงตามด้วย DilationOperation ซึ่งจะทำให้วัตถุบริเวณมุม หรือเส้นที่มีขนาดเล็กกว่า Structuring Element หายไป

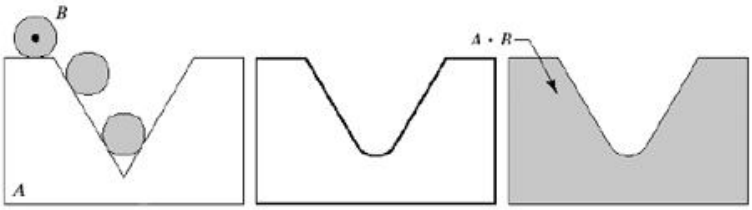



ภาพที่ 77 ภาพ Opening Operation

ที่มา : Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, Digital Image Processing, 3rd Edition

4. **Closing Operation**

เป็นการนำ Structuring Element มาทำ Erosion Operation ก่อนแล้วจึงตามด้วย DilationOperation ซึ่งจะเติมเต็มวัตถุส่วนที่เว้าแหว่งที่มีขนาดเล็กกว่า Structuring Element




ภาพที่ 78 ภาพ Closing Operation

ที่มา : Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, Digital Image Processing, 3rd Edition

จากภาพด้านบนในงานวิจัยนี้จะมีขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน คือ Open operation และ Close operation ในส่วนของ Open operation จะทำหน้าที่ในลบพื้นที่เพื่อทำการกำจัดสัญญาณรบกวนหรือวัตถุขนาดเล็กที่ไม่ต้องการภายในภาพ (วัตถุขนาดเล็กมากจะถือว่าเป็นสัญญาณรบกวน) สำหรับเทคนิค Close operation จะทำหน้าที่ในการสร้างพื้นที่เพิ่มหรือปิดหลุมเพื่อทำการเชื่อมต่อพื้นที่ที่มีรูหรือพื้นที่ที่ถูกแยกออกจากกันได้

4.2.4.4 การติดตามและการวิเคราะห์คุณลักษณะเด่นของวัตถุ

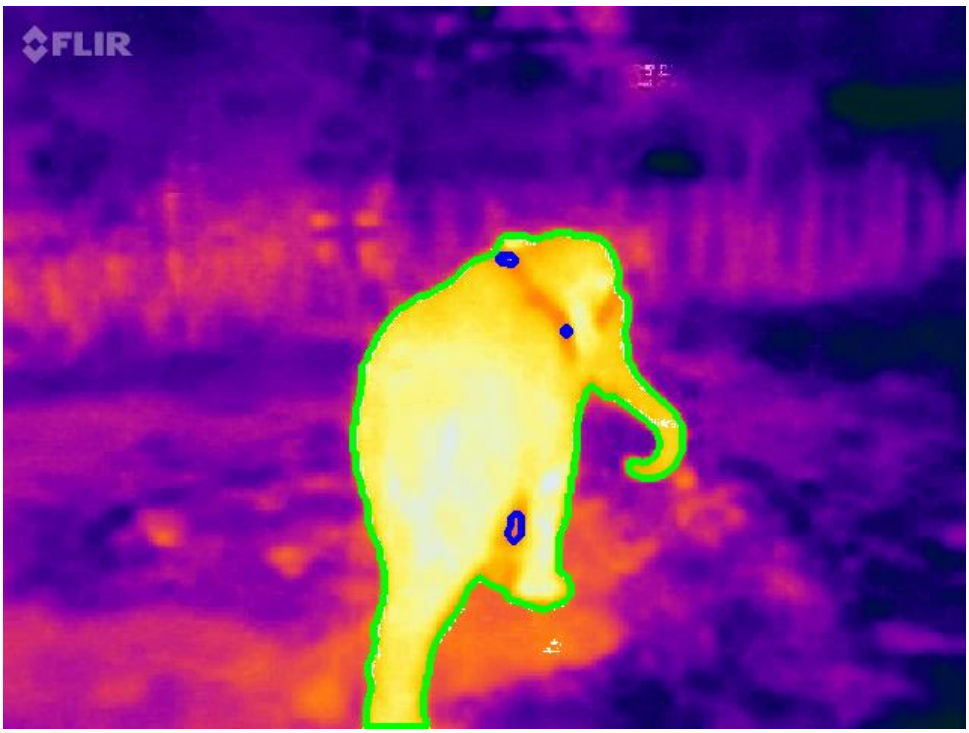
ขั้นตอนต่อไปเป็นขั้นตอนที่จะทำการระบุว่าวัตถุที่ทำการตรวจจับความเคลื่อนไหวได้ในเวลาหนึ่งๆจะไปปรากฏ ณ ตำแหน่งใดในภาพถัดไป ซึ่งจะทำให้ทราบว่าวัตถุนั้นมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด ในการติดตามวัตถุนั้นจะนำคุณลักษณะของวัตถุมาใช้ในการวิเคราะห์ประวัติการเคลื่อนไหวของวัตถุ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มความเสถียรของวิธีการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุด้วยเทคนิคการหาค่าเฉลี่ยการสกัดคุณลักษณะเด่นเฉพาะตัวของวัตถุ ประกอบด้วย 1) การหาระยะความยาวสูงสุดที่สามารถลากเส้นตรงในพื้นที่ของวัตถุ2) การหาการหาระยะความกว้างสูงสุดที่สามารถลากตั้งฉากกับเส้นตรงที่ยาวที่สุดในพื้นที่ของวัตถุ3) หาพื้นที่ของวัตถุ

จากนั้นทำการกำหนดขนาดของวัตถุเป้าหมายและกำหนดอัตราส่วนขนาดของความยาว ซึ่งจะใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจจับด้วยกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ได้คุณลักษณเด่นของวัตถุ ทั้งขนาด ตำแหน่ง และทิศทางที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องมากขึ้น

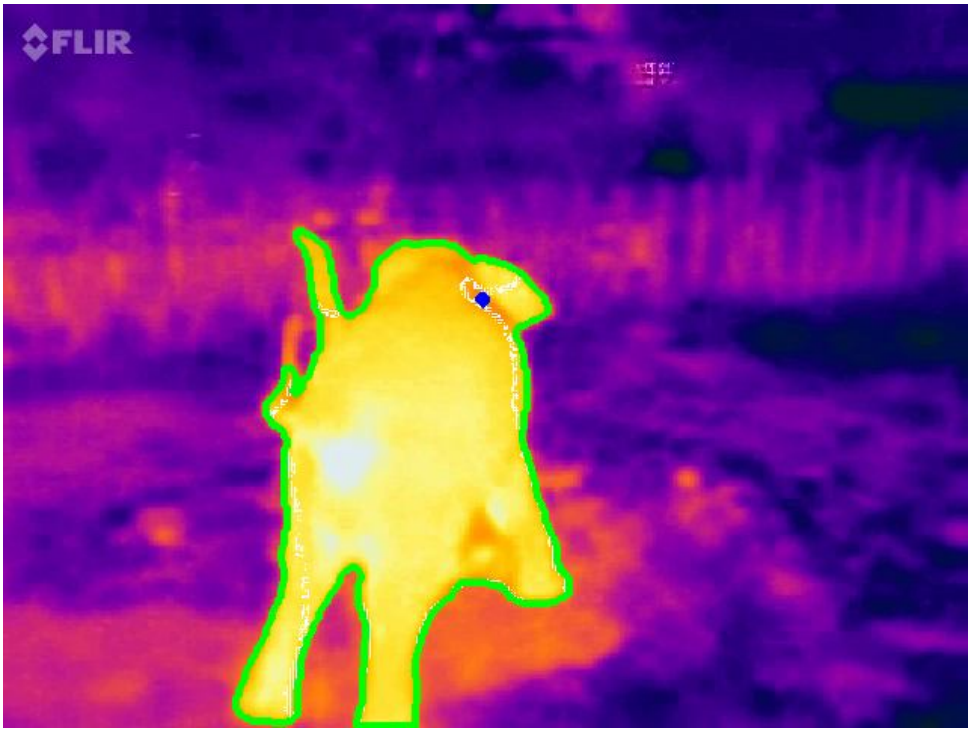
4.2.4.5 การแสดงผล

จากนั้นจะทำกระบวนการที่ได้ออกแบบข้างต้น มาทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการจำแนกช้าง ดังสามารถแสดงดังรูปภาพที่ 57 ในกรณีที่สามารถทำนายได้ว่าเป็นช้าง ระบบจะทำการวาดสีเขียวล้อมรอบตัวช้าง แต่กรณีทำนายว่าไม่ใช่ ระบบจะทำการวาดเส้นสีน้ำเงินล้อมรอบตัวช้าง สามารถแสดงดังรูปภาพที่ 75

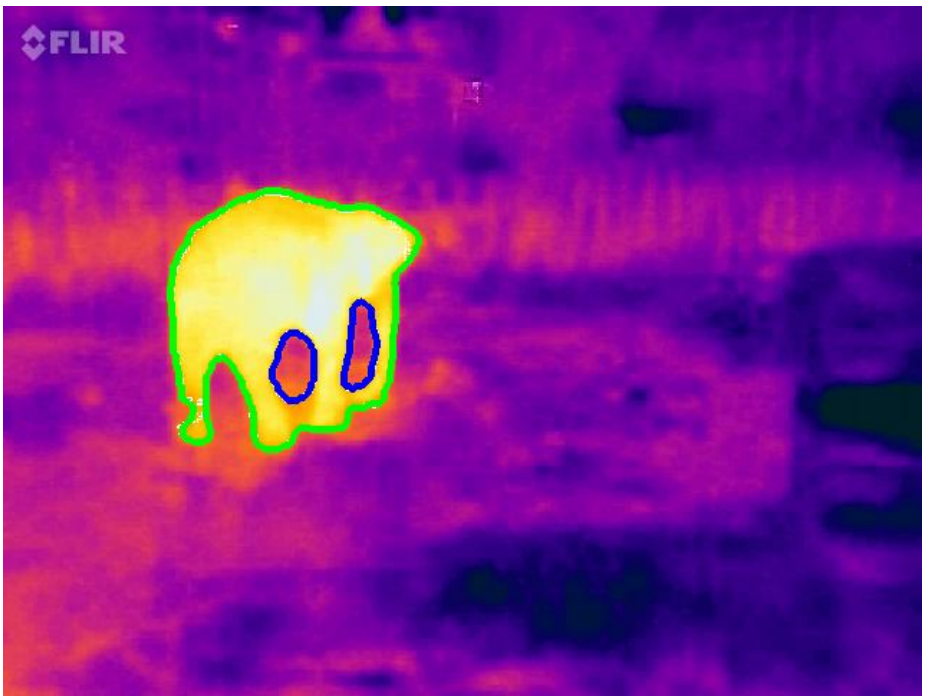
จากภาพที่ 75 การที่ระบบตรวจจับช้างไม่สามารถทำนายผลได้ถูกต้องตามตัวอย่างปรากฏนั้น เกิดจากกลุ่มดังกล่าวอยู่ในระยะไกลเกินพิสัยของระบบจะทำนายได้ เนื่องจากมีภาพช้างมีขนาดเล็กทำให้เห็นลักษณะเด่นชัดเจน และภาพช้างทุกเชือกที่ถ่ายได้เป็นช้างที่ถูกล่ามโซ่ไว้ เพราะเป็นช่วงเวลากลางคืน ไม่สามารถควบคุมให้ช้างทำการเดินมาผ่านจุดที่ติดตั้งระบบได้ จึงไม่สามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์จุดในกลุ่มภาพเพื่อช่วยตรวจสอบการเคลื่อนไหวของช้างได้ อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยจะพยายามปรับปรุงเพื่อทำให้ผลการทำนายมีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น



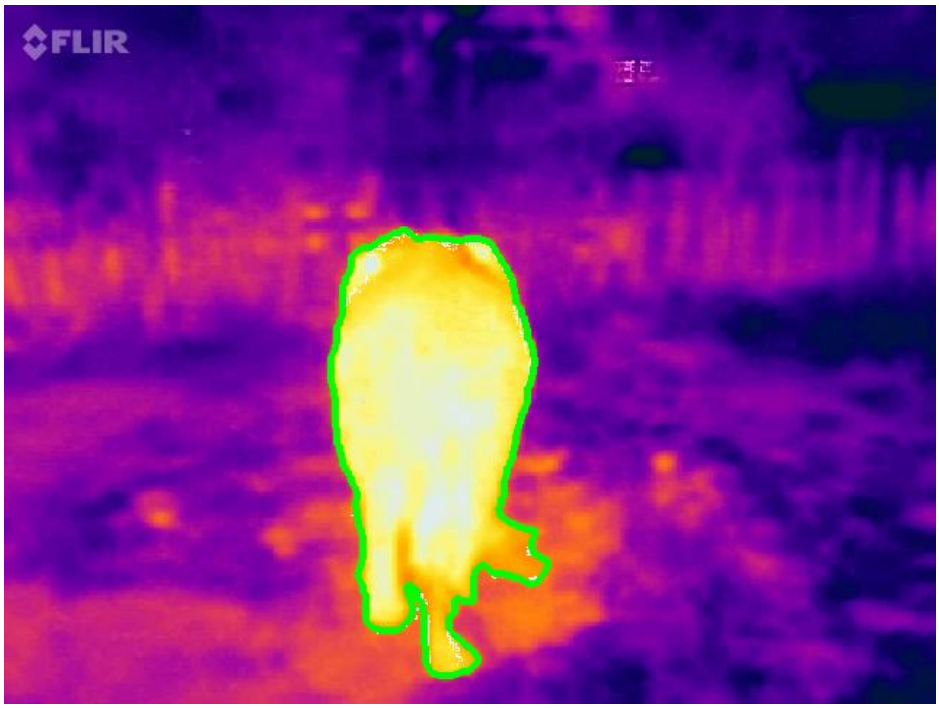

ก).




ข).




ค).




ง).

ภาพที่ 79 ภาพผลลัพธ์จากระบบที่ทำนายว่าเป็นช้างได้อย่างถูกต้อง

# บทที่ 5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือน

การใช้เซนเซอร์ vibration ตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือน กระทำโดยการติดตั้งตัวเซนเซอร์ที่จุดศูนย์กลางของแผ่นเหล็กกลม ซึ่งต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสอดคล้องกับค่าความถี่ธรรมชาติของแผ่นเหล็กกลมนั้น เซนเซอร์ vibration ใช้หลักการทำงานของตัวเก็บประจุ ส่วนเซนเซอร์จีโอโฟนใช้หลักการของตัวเหนียวนำบรรจุอยู่ในคอนเทนเนอร์มีขนาดเล็กจึงเหมาะกับการใช้งานมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามเซนเซอร์ทั้งสองต่างก็สามารถตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนในช่วง 5-50 Hz ได้

5.1.2 การเปรียบเทียบข้อมูล

ผลจากการทดลองติดตั้งและทดสอบระบบการวัดคลื่นการสั่นสะเทือน ผลปรากฏว่าในการสำรวจพื้นที่ติดตั้งระบบวัดคลื่นการสั่นสะเทือน ได้สำรวจไปสองแห่งคือ บ้านแสวงบ่า ตำบลเข้าโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี และบ้านเขากล้วย ตำบลพวา อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี โดยพื้นที่บ้านแสวงบ่าต้องใช้การสื่อสารจากสัญญาณไร้สายผ่านดาวเทียมจึงสามารถส่งข้อมูลเข้าระบบการสื่อสารเคลื่อนที่และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ส่วนบ้านเขากล้วยสามารถใช้สัญญาณไร้สายผ่านการขยายสัญญาณให้มีความแรงเพิ่มขึ้นก่อนจึงสามารถส่งข้อมูลเข้าระบบการสื่อสารเคลื่อนที่และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทั้งสองพื้นที่นั้นตัวตรวจรู้สามารถวัดความสั่นสะเทือนได้

ตารางที่ 4 ข้อเปรียบเทียบพื้นที่บ้านแสวงบ่ากับบ้านเขากล้วย

| หัวข้อเปรียบเทียบ | บ้านแสวงบ่า | บ้านเขากล้วย |
|---|---|---|
| การสื่อสาร | ผ่านดาวเทียม | เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ |
| แหล่งพลังงาน | แผงโซล่าร์เซลล์ | แผงโซล่าร์เซลล์ |
| ทางเดินของช้าง | มีช่องทางเดินชัดเจนมาก | ช่องทางเดินชัดเจนปานกลาง |
| พื้นที่ | รอผนวกเข้ากับอุทยานแห่งชาติ | ป่าสวงน |
| การคมนาคม | ไม่สะดวกอย่างมาก | ไม่สะดวกปานกลาง |
| บุคลากร | ไม่มีเจ้าหน้าป่าไม้ร่วมงาน | เจ้าป่าไม้เป็นที่ปรึกษา |

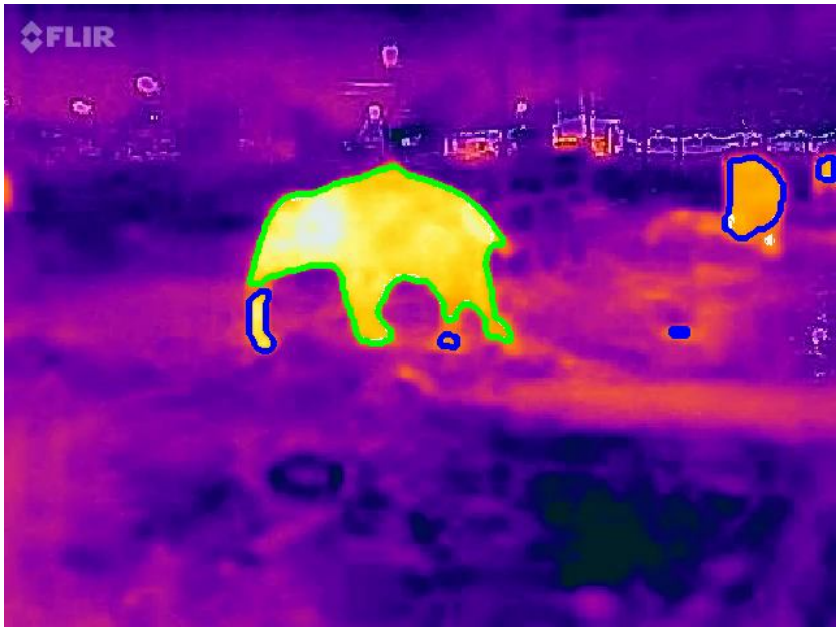
ตารางที่ 5 ข้อเปรียบเทียบตัวตรวจรู้

| ชนิดตัวตรวจรู้ | Vibration sensor | Geophone |
|---|---|---|
| ตัวบรรจุ | มีขนาดใหญ่ | มีขนาดเล็ก |
| หลักการทำงาน | หลักการตัวเก็บประจุ | หลักการขดลวดเหนี่ยวนำ |

5.1.3 การวิเคราะห์ภาพช้าง

ระบบการวิเคราะห์ภาพไม่สามารถทำนายผลได้ถูกต้องทั้งหมด ในกรณีทำนายว่าไม่ใช่ ระบบจะทำการวาดเส้นสีน้ำเงินล้อมรอบตัวช้างดังแสดงในภาพที่ 80

จากภาพที่ 80 การที่ระบบตรวจจับช้างไม่สามารถทำนายผลได้ถูกต้องตามตัวอย่างปรากฏนั้น เกิดจากกลุ่มดังกล่าวอยู่ในระยะไกลเกินพิสัยของระบบจะทำนายได้ เนื่องจากมีภาพช้างมีขนาดเล็กทำให้เห็นลักษณะเด่นชัดเจน และภาพช้างทุกเชือกที่ถ่ายได้เป็นช้างที่ถูกล่ามโซ่ไว้ เพราะเป็นช่วงเวลากลางคืน ไม่สามารถควบคุมให้ช้างทำการเดินมาผ่านจุดที่ติดตั้งระบบได้ จึงไม่สามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์จุดในกลุ่มภาพเพื่อช่วยตรวจสอบการเคลื่อนไหวของช้างได้ อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยจะพยายามปรับปรุงเพื่อทำให้ผลการทำนายมีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น




ภาพที่ 80 ในกรณีที่ระบบทำนายไม่ถูกต้อง

5.1.4 วิธีการติดตั้งระบบ

เนื่องจากระบบการเตือนภัยช้างติดตั้งในบริเวณป่า จำเป็นต้องใช้แหล่งพลังงานจากแผงเซลล์อาทิตย์ และสร้างระบบการสื่อสารขึ้น ซึ่งจะต้องวิธีการติดตั้งให้รอดพ้นจากการทำลายช้างหรือสังเกตของช้าง ดังนี้

5.1.4.1ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ทีละชิ้นโดยใช้ระยะเวลาที่สร้างความคุ้นเคยให้กับช้าง

ภาพที่ 81 เซลล์แสงอาทิตย์แหล่งพลังงานบนบ้านต้นไม้

5.1.4.2 ติดตั้งแหล่งพลังงาน (แผงเซลล์อาทิตย์) ไว้บนบ้านต้นไม้ดังภาพที่ 81 สูงมากกว่า 6 เมตร ทำบันไดแบบเก็บได้ และนำนั่งร้านออกไป

5.1.4.3 เดินสายไฟฟ้าในท่อฝั่งไว้ใต้ดินไปยังบ่ออุปกรณ์ใต้ดิน

5.1.4.4 นำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นิกส์ ตัวประมวลผลสัญญาณ แบตเตอรี ไปไว้ในบ่อใต้ดินในภาชนะกันน้ำดังภาพที่ 82 โดยรับพลังงานไฟฟ้าจากสายไฟฟ้าใต้ดินจากแผงเซลล์อาทิตย์

5.1.4.5 อุปกรณ์ที่ให้เกิดเสียงให้นำไปติดตั้งบนบ้านต้นไม้

5.1.4.6 อุปสรรค เนื่องจากเป็นช่วงฤดูหนาวมักจะมีเมฆปกคลุมเป็นเวลาหลายวัน จนส่งผลให้แหล่งพลังงานไม่เพียงพอได้ ซึ่งเป็นกรณียกเว้นเนื่องจากข้อจำกัดทางธรรมชาติที่อาจเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว

ภาพที่ 82 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในภาชนะกันน้ำในบ่อใต้ดิน

**5.2 ข้อเสนอแนะ**

เนื่องจากในการพัฒนาระบบเตือนภัยช้างผ่านระบบการสื่อสารเคลื่อนที่และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ต้นแบบ เพื่อแจ้งเตือนการบุกรุกเข้ามาของช้างล่วงหน้าจะเป็นการป้องกันการเผชิญหน้าระหว่างมนุษย์กับช้าง อันตรายจากช้างจึงป้องกันได้และนับวันปัญหาการบุกรุกของช้างเข้ามาในพื้นที่เพาะปลูกของชุมชนไม่มีแนวโน้มที่จะลดลงเพราะผืนป่ามีทัพยากรไม่เพียงพอต่อการเลี้ยงดูช้าง จึงขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการให้มนุษย์กับช้างอยู่ร่วมกันได้อย่างไร จึงมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.2.1 การหลีกเลี่ยงการประจันหน้ากันระหว่างมนุษย์เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ ถ้ามีระบบแจ้งเตือนล่วงหน้าแก่ประชาชน ระบบการเตือนภัยล่วงหน้าจึงเป็นสิ่งจำเป็น

5.2.2 เพื่อลดความเสียหายจากการบุรุกของช้าง หรืออันตรายถึงขั้นเสียชีวิตระหว่างคนกับช้าง ควรมีการศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของช้าง

5.2.3 ช้างมีช่องทางเดินทางไปยังแหล่งอาหารแน่นอน จึงควรมีการติดตั้งระบบการเตือนภัยช้างล่วงหน้าให้ครบทุกช่องทางเนื่องจากมีองค์ความรู้ที่พร้อมจะขยายผลได้แล้ว ระบบเตือนภัยช้างต้นแบบในโครงการนี้ได้ทดลองติดตั้งไปเพียงหนึ่งช่องทางเท่านั้นเพื่อเก็บข้อมูล

5.2.4 ควรจัดให้ชุมชนมีอาสาสมัครในการแก้ปัญหาช้างอย่างมีขั้นตอนและถูกวิธี เพื่อลดอัตราการสูญเสียชีวิตของเจ้าหน้าที่หรืออาสาสมัคร

5.2.5 รัฐควรชดเชยความเสียหายจากช้างให้กับประชาชนไม่น้อยกว่ามูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นจากช้างในทุกกรณี

# บรรณานุกรม

[1] Pieter J. Venter and Johan J. Hanekom "Automatic detection of African elephant (Loxodontaafricana) infrasonic vocalisations from recordings", Biosystems Engineering, Volume 106, Issue 3, pp. 286–294, 2010.

[2] Adam C. Watts, John H. Perry, Scot E. Smith, Matthew A. Burgess, Benjamin E. Wilkinson, ZoltanSzantoi, Peter G. Ifju, and H. Franklin Percival “Small unmanned aircraft systems for low altitude aerial surveys” Journal of Wildlife Management, vol. 7, pp. 1614–1619, 2010.

[3] Jorge A. Ahumada, Carlos E. F. Silva, KrisnaGajapersad, Chris Hallam, Johanna Hurtado, Emanuel Martin, Alex McWilliam, BadruMugerwa, Tim O'Brien, Francesco Rovero, Douglas Sheil, Wilson R. Spironello, NurulWinarni, and Sandy J. Andelman “Community structure and diversity of tropical forest mammals: data from a global camera trap network” philosophical transactions of the royal society biological sciences, vol. 366, pp. 2703–2711, 2011.

[4] Philip E. Damm, James B. Grand, and Steven W. Barnett “Variation in detection among passive infrared triggered-cameras used in wildlife research” Proceedings of the annual conference / Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies, vol. 64, pp. 125–130, 2010.

[5] Matthias Zeppelzauer “Automated detection of elephants in wildlife video”, EURASIP Journal on Image and Video Processing, vol. 46, 2013.

[6] Lanka Wijesinghe, PrasangaSiriwardena, ShamaliDahanayake, DharshanaKasthuriratne, Ravi Corea, and Dileeka Dias “Electric Fence Intrusion Alert System (eleAlert)”, Proceedings of IEEE Global Humanitarian Technology Conference, pp. 46-50, 2011.

[7] GopalDatt Joshi; and JayanthiSivaswamy “A simple scheme for contour detection”, Proceedings of the Conference on Computer Vision Theory and Applications, pp. 236–242, 2006.

[8] Manish Suyal, Vijay “Review of Object Segmentation and Identification Using Edge Detection and Feature Matching Technique”, International Journal of Advances in Computer Science and Technology, Volume 3, No.6, pp. 369 – 375, 2014.

[9] M. S. Nakandala, S. S. Namasivayam, D. P. Chandima, Lanka Udawatta, “Detecting Wild Elephants Via WSN For Early Warning System.”, The 7th International Conference on Information and Automation for Sustainability (ICIAfS), 22-24 Dec. 2014, pp.1 – 6.

[10] Rune Brincker; Thomas L. Lagö; Palle Andersen; and Carlos Ventura; “Improving the Classical Geophone Sensor Element by Digital Correction.”, www.svibs.com/solutions/literature /2005_1.pdf.

[11] RonglarpSukmasuang, http://www.academia.edu/5206277/องค์ความรู้เกี่ยวกับช้างป่าในประเทศไทย1/5Body ofknowledge....Elephant Conservation and the problem solution strategies in Thailand.

[12] JASON D. WOOD, CAITLIN E. O’CONNELL-RODWELL and SIMON L. KLEMPERER “Methodology insights using seismic sensors to detect elephants andother large mammals: a potential census technique.”,*Journal of AppliedEcology* 2005 42, 587–594.

[13] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, Digital Image Processing, 3rd Edition.

# ภาคผนวก ก
# กทปส. ลงพื้นที่ติดตามโครงการเตือนภัยช้าง

เลขที่สัญญารับทุน T๒-๑-๐๐๑๔/๕๗

ภาพที่ 83 คณะผู้วิจัยถ่ายรูปร่วมกับเจ้าหน้าที่ติดตาม กทปส. และเจ้าหน้าที่เทศบาลเขาโจด

ภาพที่ 84 คณะผู้วิจัยประชุมร่วมกันกับเจ้าหน้าที่ติดตาม กทปส. และเจ้าหน้าที่เทศบาลเขาโจด

ภาพที่ 85 สถานีทวนสัญญาณ WIFI

ภาพที่ 86 อุปกรณ์ตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนในถังกันน้ำ ในบ่อใต้ดิน

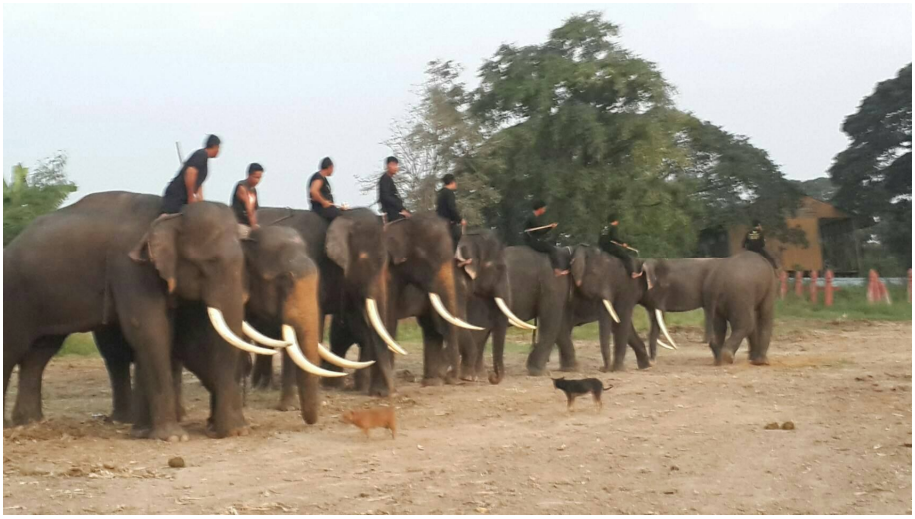
ภาพที่ 87 เซลล์แสงอาทิตย์บนบ้านต้นไม้

ภาพที่ 88 พื้นที่เพาะปลูกของชุมชน

# ภาคผนวก ข
# ภาพข้อมูลเกี่ยวกับโครงการช้าง

ภาพที่ 89 เซนเซอร์จีโอโฟน

ภาพที่ 90 การทดลองตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนที่วังช้างอยุธยาแลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา



ภาพที่ 91 การฝึกหัดช้างที่วังช้างอยุธยาแลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ภาพที่ 92 การต่อเซนเซอร์จีโอโฟนในการทดลอง

ภาพที่ 93 การฝังเซนเซอร์วัดคลื่นการสั่นสะเทือนแบบ vibration

ภาพที่ 94 เส้นทางไปบ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

ภาพที่ 95 มูลช้างที่บ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

ภาพที่ 96 รอยเท้าช้างที่บ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

ภาพที่ 97 ความเสียหายของไร่ข้าวโพดจากการบุกรุกของช้างที่บ้านแสวงบ่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

# ประวัตินักวิจัย

**1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศิษฏ์โภคารัตน์กุล หัวหน้าโครงการและนักวิจัย**

**Asst. Prof. PisitPhokharatkul, D.Eng.**

**Email: pisit.pho@mahidol.ac.th**

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ก.ค. 2536- ต.ค. 59
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ต.ค. 2559-
- อาจารย์พิเศษ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ต.ค. 2559-

**เลขที่ใบประกอบวิชาชีพ**

**ประวัติการศึกษา**

| | | |
|---|---|---|
| ปริญญาเอก | วศ.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า) | สจล. |
| ปริญญาโท | วศ.ม. (นิวเคลียร์ฯ) | จุฬาฯ |
| | วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า) | สจพ. |
| ปริญญาตรี | กศ.บ. (ฟิสิกส์) | มศว.ปทุมวัน |
| | วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) | สทป. |
| | ศ.บ. (การคลัง) | มร. |

**ประสบการณ์**

- อาจารย์ประจำ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม มิ.ย. 2528 - ก.พ. 2530
- อาจารย์ประจำ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ มี.ค. – พ.ย. 2530
- วิศวกร สำนักวิจัยและพัฒนาวิชาการ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2533 – มิ.ย. 2536
- อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ก.ค. 2536 – ม.ค. 2542
- กรรมการประจำคณะประเภทคณาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลพ.ศ. 2538 - 2542

- รองหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลพ.ศ. 2538 – 2542
- หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล มี.ค. – ต.ค. 2546
- รองประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรการจัดการระบบเทคโนโลยีสารสนเทศคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ส.ค. พ.ศ. 2546 – ก.ค. พ.ศ. 2548
- รักษาการผู้อำนวยการโครงการจัดตั้งภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล มี.ค. 2547 – พ.ย. 2548
- รองคณบดีฝ่ายเอื้ออำนวยทางวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ส.ค. 2546 – ก.ค. 2550
- ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2554 – 2556
- กรรมการสภาอาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2555-2558
- กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ สภาวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 2551-58

**ประสบการณ์ทางวิชาการ**

- คณะทำงานโครงการพัฒนา Computerized Substation Control การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ย. 2535 – มิ.ย. 2536
- คณะทำงานโครงการพัฒนาผู้เชี่ยวชาญวินิจฉัยอาการฟอลต์ของหม้อแปลงกำลังไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2535 – มิ.ย. 2536
- เมธีวิจัยโครงการวิจัย เครื่องวัดและบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสายส่งไฟฟ้ากระแสสลับ สำนักงานพัฒนาพลังงานแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2542
- หัวหน้าโครงการวิจัย การควบคุมการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ Fuzzy Logic มหาวิทยาลัยมหิดล ปีงบประมาณ 2537
- คณะทำงานโครงการอนุรักษ์พลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2538
- หัวหน้าโครงการวิจัย การรู้จำเสียงพูดภาษาไทยโดยใช้ฟัซซีเทคนิค มหาวิทยาลัยมหิดล ปีงบประมาณ 2543
- หัวหน้าโครงการวิจัย การรู้จำเอกสารพิมพ์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปีงบประมาณ 2545

- หัวหน้าโครงการวิจัย การควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยใช้นิโรฟัซซี มหาวิทยาลัยมหิดล ปีงบประมาณ 2548
- หัวหน้าโครงการวิจัย แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นวิทยุแบบอัจฉริยะสำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ CDMA 2000 บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) ปีงบประมาณ 2549
- เมธีวิจัยโครงการวิจัย The Manufacture Monitoring System Base on SPC Rules ศูนย์เทคโนโลยีอิเลิกทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ประเทศไทย (Nectec) และบริษัท ซีเกจ ประเทศไทย จำกัด (มหาชน) ปีงบประมาณ 2549-50
- หัวหน้าโครงการวิจัย การพัฒนาภาพถ่ายทางอากาศ 3 มิติ มหาวิทยาลัยมหิดล ปีงบประมาณ 2550
- หัวหน้าโครงการวิจัยการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าต้นแบบขนาด 1 กิโลวัตต์จากพลังงานคลื่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2553-2554
- หัวหน้าโครงการศึกษาแนวทางเตือนภัยน้ำท่วมโดยตรงผ่านระบบสื่อสารเคลื่อนที่และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 2557
- หัวหน้าโครงการศึกษารวบรวมงานวิชาการด้านวิทยาการรหัสลับ (Cryptography) ในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและโทรคมนาคม 2557
- หัวหน้าโครงการศึกษาความเป็นไปได้ถึงแนวทางการสร้างพลังงานทดแทนโดยเปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้า 2558

**งานวิจัยที่สนใจ**

การประมวลผลภาพดิจิตอลและการรู้จำแบบ การสื่อสารไร้สาย การประยุกต์ระบบอัจริยะ การอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน

**งานวิจัยที่ตีพิมพ์** มากกว่า 80 เรื่อง

**2. ดร.นริศ หนูหอม** **นักวิจัยร่วม**

อีเมล์: narit.hno@mahidol.ac.th

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

25/25 พุทธมณฑล นครปฐม 73170

โทร: 02-889-2138 ต่อ 6258

**ประวัติการศึกษา**

2556 วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2547 ปริญญาคุรุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2542 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

**ประวัติการทำงาน**

กันยายน 2556 - อาจารย์
ปัจจุบัน ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

กันยายน 2542 - พนักงานเอกชน
สิงหาคม 2556 ฝ่ายข้อมูลสารสนเทศ บริษัท ซีเอสล็อกซอินโฟ จำกัด (มหาชน)

**งานวิจัยที่สนใจ**

- Digital watermarking
- Signal processing
- Artificial Intelligence

**การบริการวิชาการ**

- ผู้ประเมินบทความ ของวารสารวิชาการระดับชาติ
  วารสารวิชาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
- ผู้ประเมินบทความ ของวารสารวิชาการระดับนานาชาติ
  Journal of Convergence Information Technology.

**ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยภายนอกประเทศ**

- NII Internship student at National Institute of Informatics (NII), Tokyo, Japan, “To research and develop a face detection and recognition prototype which is adapted in video record inquiry system by assisting the lawyer select correctly video recorder of the suspects”.

**ผลงานตีพิมพ์**

- Hnoohom N., and Vongpradhip S., "Robust Digital Watermarking based on Quantization Based Embedding", 2nd International Conference on Advances in Information Technology (IAIT2007), Thailand, November 1-2, 2007, pp. 45-50.
- Hnoohom N., and Vongpradhip S., "Fragile Watermarking based on Look-up Table", 1st Joint International Conference on Information Communication Technology (JICT), Vientiane, Lao PDR, December 19-22, 2007, pp. 274-278.
- Hnoohom N., and Vongpradhip S., "A Multipurpose Image Watermarking Scheme Based on Singular Value Decomposition", Far East Journal of Mathematical Sciences (FJMS) ISSN 0972-0871, pp. 245-265, 2013.

**3. นายแสวง เกิดประทุม** **นักวิจัยร่วม**

MR. SAWAENG GERDPRATOOM

**การศึกษา**

วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ**

**ตำแหน่งปัจจุบัน** : ผู้เชียวชาญวิจัย ระดับ 11 และ ผู้อำนวยการ ฝ่ายวิศวกรรม

**สถานที่ทำงาน** : ฝ่ายวิศวกรรม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ฝ่ายวิศวกรรม 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.

คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 0-25779252
โทรสาร 0-2577-2386

**สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ**

- ออกแบบสร้างเครื่องกำจัดมลพิษทางอากาศ (Air Pollution Control)
- ระบบการกรองน้ำด้วยกระบวนการเมมเบรนและระบบรีเวอร์สออสโมซีส (Reverse Osmosis)
- การปรับสภาพน้ำและบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม
- การสกัดแยกโลหะด้วยกระบวนการสกัดด้วยน้ำและสารละลาย (Hydrometallurgy)
- การสำรวจน้ำบาดาลด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์
- การการสกัดแยกและผลิตเชื้อเพลิงนิวเคลียร์
- การวิเคราะห์ธาตุด้วยวิธีทางนิวเคลียร์ฟิสิกส์

**ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยและงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ :**

- หัวหน้าโครงการการออกแบบและปรับปรุงระบบขจัดฝุ่นและไอน้ำมันจากกระบวนการรีดพลาสติก
- หัวหน้าโครงการออกแบบระบบผลิตน้ำดื่มและน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงเพื่อการอุตสาหกรรมอิเลคทรอนิค
- หัวหน้าโครงการการพัฒนาระบบการจัดการน้ำเสียจากกระบวนการชุบโครเมียมเพื่อการนำน้ำ และสารประกอบโครเมียมกลับมาใช้ใหม่
- หัวหน้าโครงการพัฒนาระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากกระบวนการรมควันลำไย
- หัวหน้าโครงการการพัฒนาระบบการจัดการน้ำเสียจากกระบวนการชุบสีระบบ EDP (Electrodepositing Paint) เพื่อการนำน้ำและเม็ดสีกลับมาใช้ใหม่
- หัวหน้าโครงการการพัฒนาระบบการจัดการน้ำเสียจากโรงงานแบตเตอรี่และโรงงานหลอมตะกั่วจากซากแบตเตอรี่แบบไม่ระบายน้ำทิ้ง (Zero Discharge)
- หัวหน้าโครงการศึกษาการใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) เพื่อการพัฒนาระบบการจัดการน้ำเสียและการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม เพื่อการลดปริมาณการใช้น้ำและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่
- หัวหน้าโครงการการศึกษาแนวทางในการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตเม็ดสีย้อมที่มีความเข้มข้นของเกลือสูง
- หัวหน้าโครงการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมเพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้ระบบเนื้อเยื่อ (Integrated Membrane System) และระบบเมมเบรนแบบจมตัว (Immersed Membrane)
- หัวหน้าโครงการพัฒนาการใช้โอโซน (Ozone) ในการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม

- หัวหน้าโครงการพัฒนาการใช้วัสดุนาโน ไทเทเที่ยมไดออกไซด์ $TiO_2$ ในการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อมเพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ
- หัวหน้าโครงการพัฒนาระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากกระบวนการถลุงตะกั่วจากซากแบตเตอรี่
- หัวหน้าโครงการพัฒนาตู้ปลอดเชื้อ Bio – Safety cabinet class 2
- หัวหน้าโครงการศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดน้ำเสียแบบ Zero discharge ของโรงงานแป้งมันแปรรูป
- หัวหน้าวิจัยโครงการสกัดแยกยูเรเนียมจากแร่ยูซีไนท์
- หัวหน้าโครงการวิจัยโครงการการสกัดแยกโลหะแทนทาลัมจากแร่แทนทาไลท์
- หัวหน้าวิจัยโครงการพัฒนาเครื่องยนต์สูบเดียว
- หัวหน้าวิจัยโครงการสร้างเครื่องกำจัดกลิ่นและควันจากเครื่องอบใบยาสูบ
- หัวหน้าวิจัยโครงการพัฒนาเครื่องกรองน้ำกร่อยและน้ำทะเล
- หัวหน้าวิจัยโครงการการใช้เมมเบรนเพิ่มความเข้มข้นให้น้ำสีย้อมผ้า (2544)
- ร่วมโครงการจัดทำแผนแม่บทด้านสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรณีในเขตเศรษฐกิจแร่ (แหล่งแร่ยิบซั่ม จังหวัดนครสวรรค์และพิจิตร)
- หัวหน้าโครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเทคโนโลยีเมมเบรน
- ร่วมโครงการการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์พลาสติกบรรจุภัณฑ์น้ำมะนาว
- หัวหน้าโครงการการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีเมมเบรน
- หัวหน้าโครงการพัฒนาเทคโนโลยีการนำน้ำอุตสาหกรรมกลับมาใช้ใหม่ (NEDO)
- หัวหน้าโครงการพัฒนาห้องแยกควบคุม อุปกรณ์ขนย้ายผู้ป่วยโรคติดต่อร้ายแรง
- หัวหน้าโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ TOC แบบส่งสัญญาณออนไลน์
- หัวหน้าโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องวิเคราะห์ธาตุด้วยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ X-Ray Fluorescence

**โครงการที่กำลังดำเนินการ**

- หัวหน้าชุดโครงการพัฒนากระบวนการรมควันลำไยด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อแก่ปัญหาปริมาณซัลเฟอร์ตกค้างในเนื้อลำไย
- ร่วมโครงการวิจัยและพัฒนาระบบเตือนภัยการบุกรุกของช้างป่า
- หัวหน้าชุดโครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตน้ำบริสุทธิ์สูงเพื่อใช้ทางการแพทย์
- หัวหน้าโครงการการพัฒนาการนำน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดของเมืองพัทยาเพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ ร่วมกับ บ.อีสวอร์เตอร์ East Water
- หัวหน้าโครงการบริหารจัดการน้ำและของเสีย ของโรงงานชุบอลูมิเนียมแอนโนไดร์ บริษัท อลูเมท Alumet

- หัวหน้าโครงการปรับปรุงระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากกระบวนการถลุงแร่พลวง
- หัวหน้าโครงการวิจัยและพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแบบ Super Vortex Turbine

4. **นางไทรแก้ว กลิ่นคำ** **นักวิจัยร่วม**

อาจารย์ คส.1 แผนกเขียนแบบเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษก มหานคร

หัวหน้าแผนกเขียนแบบเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษก มหานคร

**ประวัติการศึกษา**

| | | |
|---|---|---|
| ปริญญาโท | คอ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา)สจล. | |
| ปริญญาตรี | อส.บ. (เทคโนโลยีการผลิต) | สจพ. |
| | วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ) | สทป. |

**ประสบการณ์**

วิศวกรโรงงาน บริษัทเซ็นทรัลสปอร์ต พ.ศ. 2531-2532

เจ้าหน้าที่พิจารณาเครื่องจักร สำนักงานคณะกรรมการการส่งเสริมการลงทุน พ.ศ. 2532-2533

วิศวกร กองช่างกลโรงงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2534-2537

**ผลงานวิจัยหรือโครงงานที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารด้านวิศวกรรม**

SaikaewKlinkum, SunpasitLimnararat, and PisitPhokharatkul, “Control Chart Pattern Recognition Using Committee Neural Networks.”, The 6th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE2009), 25-26 May 2009, Phuket, Thailand, pp.385-390.

5.นายสุธี เอี่ยมวิจิตต์ นักวิจัยร่วม

โทร 02-914-8415

Email: Suthee.i@aeec.co.th

ประวัติการศึกษา

| สถานศึกษา | คุณวุฒิการศึกษา / ระดับ | คณะ | สาขา | ปีที่จบ |
|---|---|---|---|---|
| Rajabhat institute phranakhon Bangkok , thailand | Bachelor of Science | Industrial Technology | Electronical Technology | 2000-2003 |
| Pathumwan institute of technology | Bachelor of Science | Bachelor of Engineering | Electronics and Telecommunication Engineering | 2004-2006 |
| Sukhothai Thammathirat Open University | Bachelor of Science | Industrial Technology | Printing Technology | 2009-2012 |

ประวัติการทำงาน

- บริษัท ชวลา ไอเดนติกส์ 2537-2539 Engineering
- บริษัทฟูจิซีร็อกซ์ (ประเทศไทย) จำกัด 2539-2550 Customers Engineering
- บริษัทฟูจิซีร็อกซ์ (ประเทศไทย) จำกัด 2550-2556 Technical Training
- บริษัท อาร์ทฟูล พริ้นท์ติ้ง จำกัด กรรมการ
- บริษัท อาร์ทฟูลอีโคโนมิคส์ แอนด์ เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแทนท์ จำกัด กรรมการ
- บริษัท วี.ดู เอ็นจิเนียร์ แอนท์ คอนซัลแทนท์ จำกัด กรรมการ

เป็นที่ปรึกษา

- บริษัท ดี.เอ. พริ้นท์ติ้ง
- บริษัท รับพิมพ์ จำกัด
- บริษัท พิมพ์ดี การพิมพ์

- บริษัท เอ็มไอดี คอนสตรัคชั่น จำกัด
- บริษัท ริเวอร์ ออฟ สมาย จำกัด

ประสบการณ์ทางวิชาการ

- Network security
- Microsoft Certified Professional (Windows xp)
- Color management system
- Application Color management system
- Print server
- เป็นผู้ขึ้นทะเบียนผู้เชี่ยวชาญนวัตกรรมสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ประเภทการต่อยอดและพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต (การแสดงเรือจำลองพระราชพิธี พร้อม แสง เสียง) (IPS9197)
-

ประสบการณ์ทางวิชาการในต่างประเทศ

- Fuji Xerox Customer Service & support Technical Support Department Product Support Centre Overseas Support Group in Japan (DCC4300G Trainer's Training) Feb 2006
- Fuji Xerox Customer Service & support Technical Support Department Product Support Centre Overseas Support Group in Japan( ES products Workshop Skill-up Conference) January 2006
- Fuji Xerox support Technical Support Group in Japan (DC1250G Advanced Workshop) October 2007
- Fuji Xerox support Technical Support Group in Japan (700DCP Advanced Workshop) October 2009

- Fuji Xerox Customer Service & support Technical Support Department Product Support Centre Overseas Support Group With in Japan (DC1257GA Trainer's Training)
- Fuji Xerox Customer Service & support Technical Support Department Product Support Centre Overseas Support Group in Japan (DC1450 GA Trainer's Training) January 2011
- Fuji Xerox Customer Service & support Technical Support Department Product Support Centre Overseas Support Group in Japan (ServerL9) January 2011
- Fuji Xerox support Technical Support Group in Japan (FujiXerox 2800 Innkjet (Shikishima) TtT) October 2012

**6. พ.ต.ชาญยุทธดิษฐศิริผช.หน.บก.ทน.๑ (ชกท.๒๙๐๐)** **นักวิจัยร่วม**

## หน้าที่ความรับผิดชอบและลักษณะงานที่ปฏิบัติ

1. ชื่อ พ.ต. ชาญยุทธ ดิษฐศิริ

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ประจำ รร.สธ.ทบ.

3. สังกัด รร.สธ.ทบ.

4. ประวัติส่วนตัว

5. ประวัติการศึกษา

| คุณวุฒิและวิชาเอก | ปีที่สำเร็จการศึกษา | สถาบัน |
|---|---|---|
| ปวส. อิเล็กทรอนิกส์-สื่อสาร | ปี 2539 | สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต เทคนิคกรุงเทพ |
| ปริญญาตรี วิศวกรรม-โทรคมนาคม | ปี 2542 | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง |
| ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ | ปี 2546 | มหาวิทยาลัยรามคำแหง |

6. ประวัติการรับราชการ

| ตำแหน่ง | |
|---|---|
| ประจำ รร.สธ.ทบ. | เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2557 |
| ผช.หน.บก. ทน.1 | เมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2557 |
| ผบ.ร้อย บก.และบริการ ช.พัน.2 รอ. | เมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2551 |
| ผช.ฝอ.1 ช.พัน.2 รอ. | เมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2550 |
| ผบ.บว.สะพาน ช.พัน.2 รอ. | เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2548 |
| ครู รร.ช. กช. | เมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม 2546 |

7. ประวัติการฝึกอบรมและดูงาน

ประวัติการปฏิบัติงานพิเศษ

| | |
|---|---|
| ปี 2553 | ภารกิจ |
| พฤษภาคม – ธันวาคม | หัวหน้าชุดขุดคูกั้นช้าง ในอำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา |
| ปี 2554 | |
| มีนาคม – เมษายน | หัวหน้าชุดช่วยเหลือผู้ประสบภัยน้ำท่วม ในอำเภอถ้ำพรรณรา จังหวัดนครศรีธรรมราช |
| กันยายน – ธันวาคม | หัวหน้าชุดช่วยเหลือผู้ประสบภัยน้ำท่วม ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท/จังหวัดอยุธยา |
| ปี 2555 | |
| กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม | หัวหน้าชุดขุดลอกคูคลอง เพื่อป้องกันภัยน้ำท่วม ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร |
| ปี 2556 | |
| มกราคม – ธันวาคม | หัวหน้าชุดขุดคูกั้นช้าง ในอำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา<br>อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี<br>อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี |

กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ
(สำนักงาน กสทช.)