

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแรงสั่นสะเทือนและระบุตำแหน่ง
ในการติดตามการใช้งานเลื่อยโซ่ยนต์The Application of Vibration Sensors and Position Tracking
in the Use of Chainsawsเกียรติศักดิ์ บุญเดช^{1*}นพรัตน์ คัคคุริวาระ¹ศุภกิตต์ สายสุนทร²Kiattisak Bundet^{1*}Nopparat Kaakkurivaara¹Supakit Sayasoonthorn²¹ภาควิชาวิศวกรรมป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900 ประเทศไทย

Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

²ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900 ประเทศไทย

Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author; E-mail: Kiattisak.bu@ku.th

รับต้นฉบับ 1 สิงหาคม 2564

รับแก้ไข 27 กันยายน 2564

รับลงพิมพ์ 5 ตุลาคม 2564

ABSTRACT

This study reports on the development of a chainsaw tracking device to monitor worker behavior, measure the vibrations in the device, and track their location. The device incorporates a microcontroller board, a 3-axis vibration sensor, a GPS module, a data logging module, a power switch, and a status LED as its main components. The device uses a Print Circuit Board (PCB) of dimensions 50 mm x 70 mm as its base and is installed on the right-hand guard of the chainsaw. The results show that the positioning error of the device was most the most in the morning. The inclination value can be used to clearly distinguish between the work activities. The vibration was tested with two different species: *Pterocarpus macrocarpus* and *Litsea glutinosa*. It was found that the felling of *Pterocarpus macrocarpus* had an average vibration of 9.9 m/s² and vibration force in falling *Litsea glutinosa* was 8.9 m/s². It was concluded that the hardwood exhibited a higher level of vibration than softwood, and that the vibration force could depend on the tree species and the sharpness of chain teeth. The measured data can be used to plan forest management, timber harvesting monitoring, and in improving timber traceability.

Keywords: Microcontroller, Chainsaw, Vibration, GPS, Traceability

บทคัดย่อ

การพัฒนาอุปกรณ์ติดตามการใช้งานเครื่องใช้เพื่อตรวจสอบลักษณะการทำงาน ตรวจวัดแรงสั่นสะเทือน ตลอดจนติดตามตำแหน่งการใช้งาน อุปกรณ์ต้นแบบถูกพัฒนาขึ้นจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมติดตั้งเซนเซอร์วัดแรงสั่นสะเทือน 3 แกน โมดูลจีพีเอส โมดูลบันทึกข้อมูล สวิตช์ปิด-เปิด และหลอดไฟแสดงสถานะ ชิ้นส่วนหลักเชื่อมต่อกับบนแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) ขนาด 50 x 70 มิลลิเมตร ติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับเครื่องใช้บริเวณด้านข้างด้านขวา การทดสอบความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์พบว่า ช่วงเข้ามีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด นอกจากนี้ค่าความเอียงสามารถแยกกิจกรรมการทำงานของเครื่องใช้ได้อย่างชัดเจน การทดสอบวัดค่าแรงสั่นสะเทือนขณะใช้งานเครื่องใช้ลัมไม้จำนวน 2 ชนิด คือไม้ประดู่ป่าและหมื่นหมื่น พบว่าแรงสั่นสะเทือนในการตัดต้นประดู่ป่ามีค่าแรงสั่นสะเทือนเฉลี่ย 9.9 m/s^2 และต้นหมื่นหมื่นเฉลี่ย 8.9 m/s^2 จากค่าเฉลี่ยเห็นว่าไม้ประดู่ป่าซึ่งเป็นไม้เนื้อแข็งมีค่าแรงสั่นสะเทือนมากกว่าไม้หมื่นหมื่นที่เป็นไม้เนื้ออ่อน แสดงให้เห็นว่าค่าแรงสั่นสะเทือนของเครื่องใช้แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดไม้และปัจจัยอื่น เช่น ความคมของฟันเลื่อย ข้อมูลที่ตรวจวัดได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนในการจัดการสวนป่า ติดตามแผนการทำไม้ และการตรวจสอบย้อนกลับแหล่งที่มาของไม้ได้

คำสำคัญ: ไมโครคอนโทรลเลอร์ เครื่องใช้ เครื่องใช้ แรงสั่นสะเทือน ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก การตรวจสอบย้อนกลับ

คำนำ

งานสวนป่าโดยเฉพาะการนำไม้ออกมาใช้ประโยชน์นิยมใช้ “เครื่องใช้” เป็นเครื่องมือหลักในการทำไม้ ไม่ว่าจะเป็นการลัมไม้ ลิดกิ่ง ตัดทอน หรือการแปรรูปไม้ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ช่วยผ่อนแรงได้ดี หาซื้อได้ง่าย ราคาไม่แพง สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย (Kowanich, 1983) จึงทำให้เครื่องใช้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อเป็นควบคุมการใช้งานเครื่องใช้และป้องกันการใช้อย่างผิดกฎหมาย หน่วยงานราชการจึงได้มีการออกกฎหมายพระราชบัญญัติเครื่องใช้ พ.ศ. 2545 ขึ้น โดยกำหนดให้ผู้ที่มิใช่เครื่องใช้ในครอบครองที่มีเครื่องใช้ต้นกำลังตั้งแต่ 1 แรงม้า และแผ่นบังคับโซ่ยาวตั้งแต่ 12 นิ้ว ต้องมีการขึ้นทะเบียนกับเจ้าหน้าที่ในพื้นที่นั้น ๆ และการเคลื่อนย้ายเครื่องใช้ออกไปใช้นอกพื้นที่ที่ได้ลงทะเบียนไว้ จำต้องมีการแจ้งเคลื่อนย้ายกับเจ้าหน้าที่เสียก่อน (RG, 2002) ทั้งนี้ก็

เพื่อเป็นการควบคุมพื้นที่การใช้งานเครื่องใช้และง่ายในการตรวจสอบแหล่งที่มาของไม้หรือพื้นที่ทำไม้ หลังจากได้ออกกฎหมายมาควบคุมแล้วยังมีการกระทำผิดเกี่ยวกับการลักลอบใช้งานหรือการใช้งานนอกพื้นที่ลงทะเบียนไว้ เนื่องจากมีความยุ่งยากในขั้นตอนการขออนุญาตออกนอกพื้นที่ทั้งในเรื่องของเอกสารและระยะเวลาในการดำเนินการ

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัย จึงมีแนวคิดในการพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถระบุตำแหน่งการใช้งานเครื่องใช้เพื่อตอบโจทย์การตรวจสอบย้อนกลับดังกล่าวให้สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เข้ามาช่วยในการดำเนินงาน (Phacharoen, 2019) มีการบูรณาการร่วมกับเซนเซอร์ต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์วัดแรงสั่นสะเทือน 3 แกน ใช้ในการวัดแรงสั่นสะเทือนและความเอียงของเครื่องใช้เพื่อหาความสัมพันธ์กับการระบุตำแหน่งของเครื่อง

โซ่ยนต์ ทั้งนี้ลักษณะการทำงานของโซ่ยนต์ในการล้มไม้แต่ละรอบ ประกอบด้วย การเดินไปยังต้นไม้มากำหนดทิศทางที่ไม่จะล้ม การทำความสะอาดรอบโคนต้น การล้มไม้ ลิดกิ่ง ตัดปลาย และการเดินไปยังต้นต่อไป หากสามารถจำแนกแรงสั่นสะเทือนและความเอียงของโซ่ยนต์ในแต่ละองค์ประกอบของงาน (work element) ได้ ในอนาคตก็จะสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการจำแนกลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ติดตามการใช้งานของโซ่ยนต์ทดสอบความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ หาความสัมพันธ์ค่าความเอียงของอุปกรณ์กับลักษณะการใช้โซ่ยนต์ และทดสอบวัดค่าความเอียงและค่าแรงสั่นสะเทือนของอุปกรณ์ขณะใช้งานโซ่ยนต์ในการล้มไม้

อุปกรณ์และวิธีการ

ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์

1. ศึกษาการทำงานของซอฟต์แวร์โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ซึ่งเป็นโปรแกรมของ Arduino ที่เปิดให้ใช้งานฟรี ใช้ภาษา C และ C++ ในการเขียนโค้ดคำสั่ง (Warin, 2019) ส่วนฮาร์ดแวร์ทำการศึกษาหลักการทำงานของบอร์ดที่เป็นส่วนควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ และเซ็นเซอร์แต่ละชิ้น ทั้งตำแหน่งการต่อขาต่าง ๆ แรงดันไฟฟ้าที่บอร์ดและเซ็นเซอร์สามารถรับได้ เป็นต้น

2. ศึกษาลักษณะรูปร่างของโซ่ยนต์ขนาด น้ำหนัก รวมถึงลักษณะการใช้งานล้มไม้ของคณงาน เช่น ตำแหน่งการจับโซ่ยนต์ ลักษณะการทำงาน เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ออกแบบอุปกรณ์

และตำแหน่งที่จะติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อให้เกิดความสะดวกแก่คณงานล้มไม้

3. ใช้ซอฟต์แวร์ Fritzing 1 ในการออกแบบการเชื่อมต่อขาต่าง ๆ ของอุปกรณ์ จนได้ชนิดเซ็นเซอร์และตำแหน่งการต่อที่เหมาะสม (Figure 1) หลังจากนั้นทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์จริงเข้าด้วยกัน แล้วเขียนโค้ดคำสั่งการทำงานของอุปกรณ์

4. แนวคิดในการเขียนคำสั่งคือ เมื่อมีการเปิดใช้งานอุปกรณ์ ให้กดปุ่ม Reset 1 ครั้งเพื่อให้บอร์ดพร้อมทำงาน หลังจากนั้นให้เปิด Rocker Switch ของ GPS และ 3-axis accelerometer sensor เพื่อเป็นการอ่านค่าและบันทึกค่า ลงใน SD Card หลังจากล้มไม้เสร็จให้ปิด Rocker Switch ของ GPS เพื่อให้หยุดบันทึกค่าลง SD Card ตำแหน่งการล้มไม้ที่ได้จะแม่นยำขึ้น หลังจากนั้นให้ทำการลิดกิ่งตัดทอนต่อเพื่อทำการบันทึกค่าแรงสั่นสะเทือนและความเอียงจากการทำงาน หลังจากลิดกิ่งตัดทอนเสร็จให้ปิด Rocker Switch ของ 3-axis accelerometer sensor เพื่อให้หยุดการบันทึกค่าลง SD Card เป็นการเสร็จสิ้นการล้มไม้ 1 ต้น (Figure 2)

5. เชื่อมต่ออุปกรณ์ เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านระบบ WiFi เพื่อดูข้อมูลการทำงานแบบเวลาจริง (real time) สามารถตรวจสอบการทำงานของคณงานได้ การทำงานรับส่งข้อมูลจะใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ตโฟน ที่ทำหน้าที่รายงานผลการการทำงานของอุปกรณ์

6. หลังจากทดสอบการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์เข้ากับบอร์ดและได้โค้ดคำสั่งการทำงานที่เหมาะสมแล้ว นำชิ้นส่วนทั้งหมดมาเชื่อมต่อลงบนแผ่น PCB ขนาด 50 x 70 มิลลิเมตร ทำการปิดด้วยแผ่นอะคริลิกใสทุกด้านเพื่อป้องกันละอองน้ำและฝุ่น

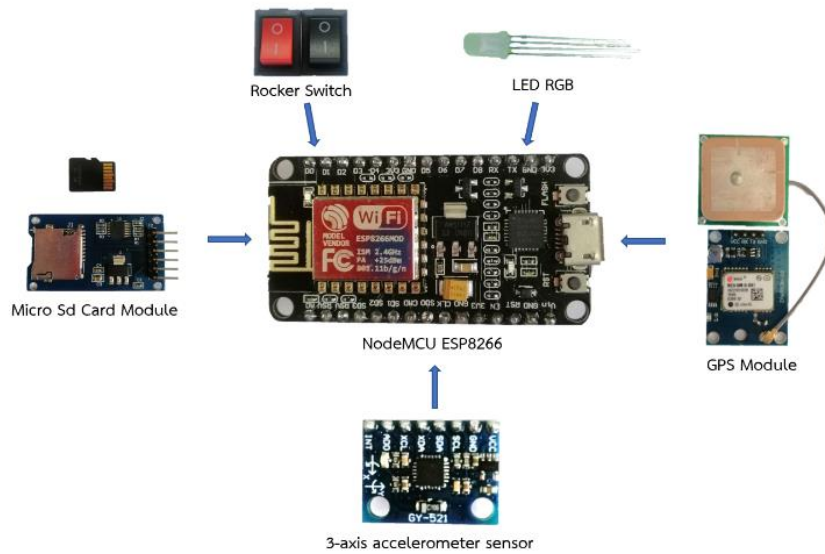


Figure 1 NodeMCU and sensors used for device development.

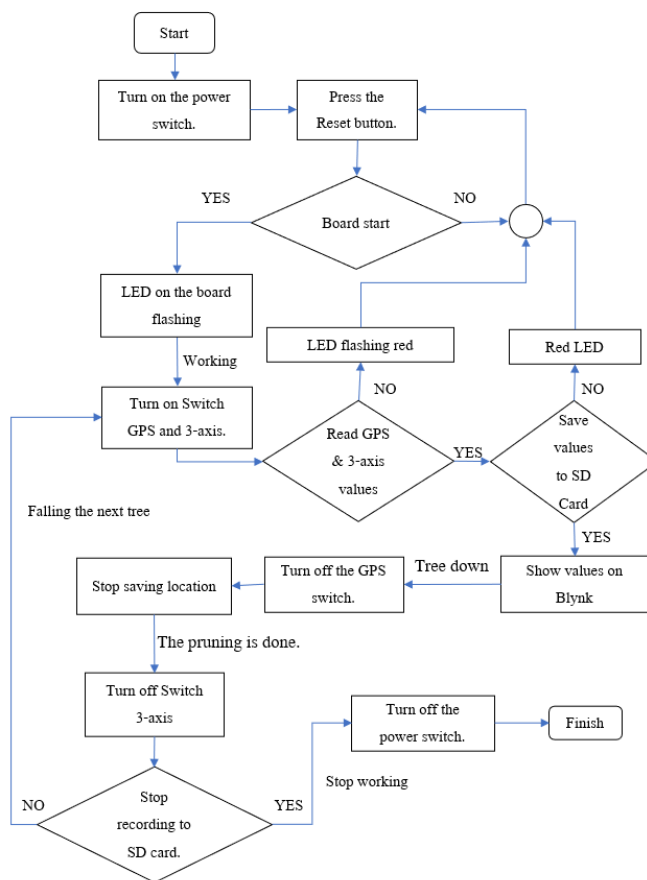


Figure 2 The work flow diagram showing the functionality of the device.

การเก็บข้อมูล

1. การทดสอบสภาพรวมของระบบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้ตรงตามแบบที่ออกแบบไว้ ทั้งการสั่นสะเทือน ความเอียง และ พิกัด อุปกรณ์สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อรายงานข้อมูลแบบเวลาจริงและบันทึกข้อมูลลงใน Micro SD Card การทดสอบภาพรวมนี้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

2. การทดสอบความถูกต้องของการระบุตำแหน่งด้วย GPS ของอุปกรณ์ต้นแบบ ทำการเปรียบเทียบระยะความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งใช้หมุดหลักฐานแผนที่ของกรมชลประทานเป็นหมุดอ้างอิง จำนวน 4 หมุด ได้แก่ หมุด สรธ.GPS.571083 สรธ.GPS.571084 สรธ.GPS.571085 และ สรธ.GPS.571086 ทำการเก็บข้อมูล 3 ช่วงเวลา คือ เช้า กลางวัน และ เย็น บันทึกค่าตำแหน่งหมุดละ 10 นาที การศึกษานี้ได้พัฒนาอุปกรณ์ขึ้นมา 2 เครื่องกำหนดให้เป็น T1 และ T2 ซึ่งประกอบขึ้นจากวัสดุที่เหมือนกันทุกประการ เพื่อศึกษาว่าอุปกรณ์ที่ประกอบขึ้นแต่ละเครื่องนั้นมีความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งมากน้อยเพียงใด ใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งระหว่างหมุดหลักฐานอ้างอิงกับอุปกรณ์ต้นแบบ

3. ทดสอบการบันทึกค่าแรงสั่นสะเทือนและค่าความเอียงในการใช้งานเลื่อยโซยนต์ แบ่งเป็น 4 รูปแบบการทำงาน คือ การวางเลื่อยโซยนต์อยู่กับการเคลื่อนย้ายเลื่อยโซยนต์ การติดเครื่องเลื่อยโซยนต์ และการใช้งานขณะตัดไม้ขนาด DBH ประมาณ 16 เซนติเมตร ทำการเปรียบเทียบไม้ 2 ชนิด ได้แก่ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) ตัวแทนของไม้เนื้อแข็ง และ หมีเหม็น (*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B. Rob.) ตัวแทนของไม้เนื้ออ่อน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ และ คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD) การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุปกรณ์ ด้วยค่า Independent – Samples t-test และเปรียบเทียบความแตกต่างของช่วงเวลาด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA)

2. การวิเคราะห์ค่าความเอียงโดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างท่าทางการทำงานกับลักษณะการขึ้นลงของเส้นกราฟความเอียง 3 แกน

3. การวิเคราะห์ค่าแรงสั่นสะเทือนในรูปแบบของความเร่ง การศึกษาในครั้งนี้จะใช้แรงสั่นสะเทือนในรูปแบบของความเร่ง 3 แกน คือ แกน x แกน y แกน z การหาขนาดแรงสั่นสะเทือน 3 แกนสามารถคำนวณได้ดังสมการ [1] (Nitami *et al.*, 2019) แล้วนำข้อมูลไปเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าสูงสุดต่ำสุดความถี่ของเส้นกราฟ

$$AC3 = \sqrt{acx^2 + acy^2 + acz^2} \quad [1]$$

เมื่อ AC3 คือ ขนาดของแรงสั่นสะเทือน 3 แกน

acx คือ ความเร่งในแกน x

acy คือ ความเร่งในแกน y

acz คือ ความเร่งในแกน z

ผลและวิจารณ์

ผลการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์

การออกแบบอุปกรณ์ จากการศึกษาการทำงานของบอร์ดและเซนเซอร์ทำให้ทราบถึงความต้องการเฉพาะของเซนเซอร์บางประเภทที่มีข้อจำกัดเชื่อมต่อกับบอร์ดได้เพียงขาเดียวเท่านั้น คำโครงการ

ต่อเซนเซอร์เข้ากับบอร์ดเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ดังแสดงใน Figure 3 หลังจากนั้นขึ้นรูปอุปกรณ์โดยเชื่อมต่อลงแผ่น PCB สำหรับเป็นอุปกรณ์ต้นแบบในการทดสอบการทำงานติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับเลื่อยโซยนต์ไว้บริเวณด้านข้างด้านขวาของเลื่อยโซยนต์ (Figure 4) เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่คนงานได้รับแรงสั่นสะเทือนจากการทำงานโดยตรง การติดตั้งอุปกรณ์ในบริเวณดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อระบบความปลอดภัยของเลื่อยโซยนต์และการทำงานของ

คนงานล้มไม้ การศึกษาของ Gallo *et al.* (2017) ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ลักษณะคล้ายกันบริเวณเหนือฝาคอกรบองอากาศของเลื่อยโซยนต์ ซึ่งเป็นบริเวณที่ใกล้เคียงกัน การติดตั้งอุปกรณ์มีการใช้หลักเสริมเพื่อความแข็งแรงและสะดวกในการติดตั้งอุปกรณ์ นอกจากนี้อุปกรณ์ต้นแบบใช้แหล่งพลังงานจาก Power Bank เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถใช้ได้ยาวนานซึ่งคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Prasetyo *et al.* (2018)

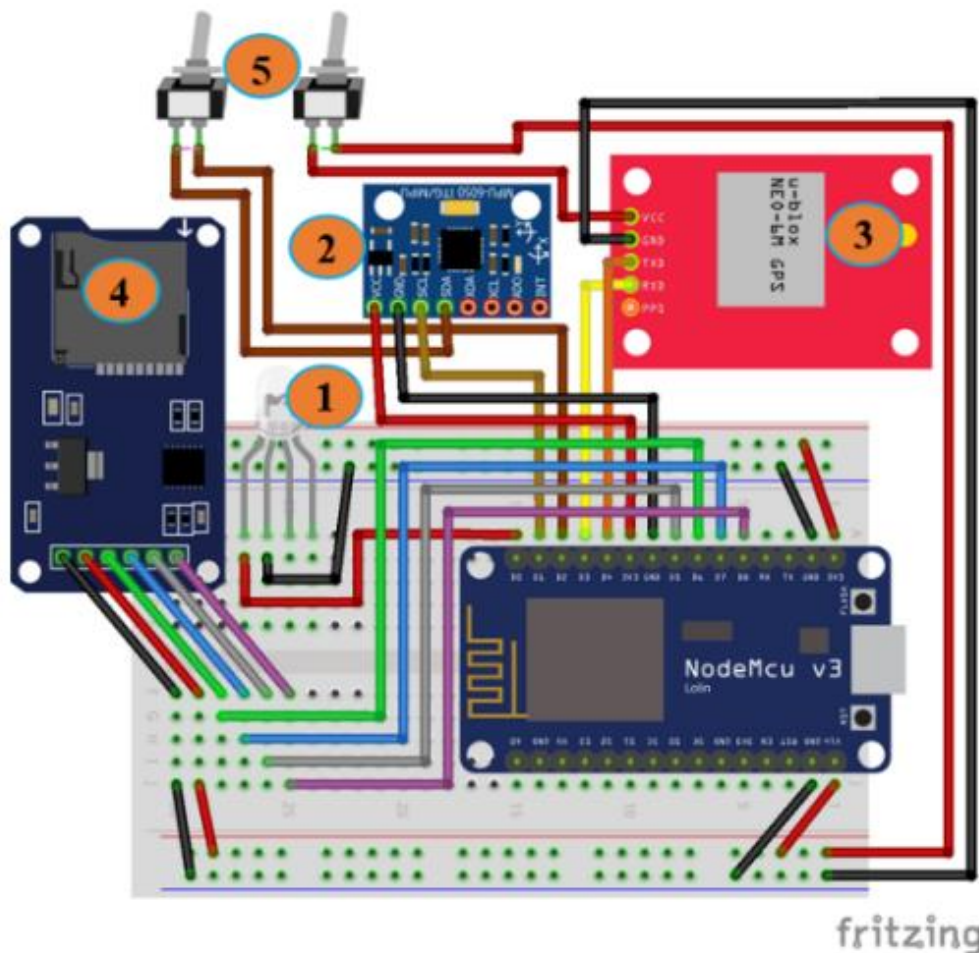


Figure 3 Connection of various sensors to the pins on the board (Remark 1:LED RGB, 2:3-axis accelerometer sensor, 3:GPS Module, 4:Micro Sd Card Module, 5:Rocker switch).



Figure 4 Installation and testing of the sensor.

ผลการทดสอบการทำงานภาพรวมของอุปกรณ์

ค่าที่อุปกรณ์สามารถบันทึกได้ประกอบด้วย ค่าพิกัด Latitude Longitude วัน/เดือน/ปี เวลา ความเร็ว (km/h) แรงสั่นสะเทือนในรูปแบบของความเร่งแกน X Y Z ความเอียงแกน X Z Y ตามลำดับ (Figure 5A) หากกรณีที่ GPS ไม่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้ แต่ยังสามารถบันทึกค่าลง SD Card ได้ ค่าที่ได้จาก SD Card ประกอบด้วย Latitude Longitude วัน/เดือน/ปี เวลา ความเร็ว (km/h) จะแสดงเป็น No GPS (Figure 5B) และจะมีไฟ LED สีแดงกระพริบเตือนผู้ใช้งาน กรณีปิดเซนเซอร์ทั้งสองค่า GPS จะแสดงเป็น No GPS ส่วน

ค่าแรงสั่นสะเทือนจะแสดงค่าเป็น -1 ทุกค่า (Figure 5C) และในกรณีที่ไม่สามารถบันทึกค่าลง SD Card ได้ จะมีไฟ LED สีแดงติดค้างเพื่อแจ้งเตือนให้กับผู้ใช้งาน ได้ทราบว่า SD Card มีปัญหาหรือไม่สามารถบันทึกค่าลงได้

การเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตไร้สาย (WiFi) เพื่อส่งข้อมูลไปแสดงค่าผ่านแอปพลิเคชัน Blynk เช่น ตำแหน่งปัจจุบันของอุปกรณ์ ค่าแรงสั่นสะเทือนและค่าความเอียงจากการใช้งานในรูปของกราฟ ซึ่งสามารถแสดงได้ทั้งแบบ Live 15 นาที 1 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 1 วัน 1 สัปดาห์ และ 3 เดือน Figure 6 แสดงให้เห็นหน้าจอรายงานผลของอุปกรณ์บนสมาร์ทโฟน

Data 662020 - Notepad

File Edit Format View Help

16.10410	101.90327	6/6/2020	11:8:10	1.85	AcXYZ	8296	-32104	32767	Temp	36.77	GyXYZ	-2974	-2185	3174
16.10410	101.90327	6/6/2020	11:8:11	1.26	AcXYZ	6944	-32768	32767	Temp	36.81	GyXYZ	-473	-165	7524
16.10410	101.90327	6/6/2020	11:8:12	0.65	AcXYZ	8896	-32768	32767	Temp	36.81	GyXYZ	3514	1653	-2161
16.10410	101.90327	6/6/2020	11:8:13	0.31	AcXYZ	7520	-8624	23460	Temp	36.81	GyXYZ	-4092	8124	3500
16.10410	101.90327	6/6/2020	11:8:14	0.46	AcXYZ	32	-6196	-4924	Temp	36.91	GyXYZ	-3263	-5408	2870
16.10410	101.90327	6/6/2020	11:8:15	0.56	AcXYZ	-17444	10936	32767	Temp	36.91	GyXYZ	190	-11460	-7355
16.10410	101.90327	6/6/2020	11:8:16	0.87	AcXYZ	9128	-13028	708	Temp	36.77	GyXYZ	825	-4196	-4635
16.10410	101.90327	6/6/2020	11:8:17	0.11	AcXYZ	5192	-5808	-168	Temp	36.86	GyXYZ	-680	-6633	-5617
No GPS	AcXYZ	1696	-21220	-7756	Temp	37.28	GyXYZ	-7482	-2492	-5440				
No GPS	AcXYZ	8376	-15876	-18128	Temp	37.52	GyXYZ	2867	-3268	2155				
No GPS	AcXYZ	-4028	-8232	32767	Temp	37.75	GyXYZ	-5791	9874	5697				
No GPS	AcXYZ	-26048	-3300	32767	Temp	37.94	GyXYZ	-823	5940	-2061				
No GPS	AcXYZ	9264	-20140	-18476	Temp	38.18	GyXYZ	-8922	-3089	-4080				
No GPS	AcXYZ	-10708	28156	32767	Temp	38.27	GyXYZ	6259	-1476	-4158				
No GPS	AcXYZ	18664	1176	-636	Temp	38.69	GyXYZ	8183	-1060	-8040				
No GPS	AcXYZ	10300	-11652	-1258	Temp	38.79	GyXYZ	-11682	2217	7318				
No GPS	AcXYZ	-2220	-10784	-2188	Temp	39.31	GyXYZ	9234	7078	-12962				
No GPS	AcXYZ	516	-20284	-9276	Temp	39.64	GyXYZ	12116	10283	1408				
No GPS	AcXYZ	7676	23580	-14792	Temp	39.97	GyXYZ	-15213	-5940	4300				
No GPS	AcXYZ	10380	-17164	13668	Temp	39.78	GyXYZ	-5849	-7890	-986				
No GPS	AcXYZ	12364	8596	32767	Temp	39.78	GyXYZ	2623	-4596	14114				
No GPS	AcXYZ	32767	-12964	32767	Temp	40.29	GyXYZ	4464	10286	-925				
No GPS	AcXYZ	-19712	18672	32767	Temp	40.53	GyXYZ	2688	23978	20996				
No GPS	AcXYZ	9732	-21596	-19876	Temp	41.14	GyXYZ	-12014	-655	-8005				
No GPS	AcXYZ	-4372	10292	1064	Temp	41.00	GyXYZ	714	1064	10302				
No GPS	AcXYZ	-8452	28576	29104	Temp	41.38	GyXYZ	-8678	-8016	6023				
No GPS	AcXYZ	32767	-28308	21360	Temp	41.14	GyXYZ	-2074	2124	1885				
No GPS	AcXYZ	16796	-4088	24928	Temp	41.28	GyXYZ	-17688	-3183	4696				
No GPS	AcXYZ	28232	-25840	9396	Temp	41.38	GyXYZ	-29893	-8392	1254				
No GPS	AcXYZ	12288	32767	32767	Temp	41.42	GyXYZ	-3642	-9517	-332				
No GPS	AcXYZ	-5724	30112	-15916	Temp	41.24	GyXYZ	-3566	-246	-2989				
No GPS	AcXYZ	2296	-11088	-13800	Temp	41.33	GyXYZ	3469	-1092	-9984				
No GPS	AcXYZ	-20012	204	-6012	Temp	41.33	GyXYZ	17360	10404	7217				
No GPS	AcXYZ	-9452	23336	-4280	Temp	41.57	GyXYZ	-1971	1272	1906				
No GPS	AcXYZ	-3744	32767	18672	Temp	41.94	GyXYZ	1720	863	-1602				
No GPS	AcXYZ	-9400	22880	4780	Temp	42.22	GyXYZ	-3626	6593	11360				
No GPS	AcXYZ	104	-18572	8732	Temp	42.37	GyXYZ	6642	9858	-2322				
No GPS	AcXYZ	-1	-1	-1	Temp	36.53	GyXYZ	-1	-1	-1				
No GPS	AcXYZ	-1	-1	-1	Temp	36.53	GyXYZ	-1	-1	-1				
No GPS	AcXYZ	-1	-1	-1	Temp	36.53	GyXYZ	-1	-1	-1				
No GPS	AcXYZ	-1	-1	-1	Temp	36.53	GyXYZ	-1	-1	-1				
No GPS	AcXYZ	-1	-1	-1	Temp	36.53	GyXYZ	-1	-1	-1				
No GPS	AcXYZ	-1	-1	-1	Temp	36.53	GyXYZ	-1	-1	-1				

Figure 5 Values obtained from the device's SD card (A) if the device was working normally (B) if GPS was off or no signal (C) if GPS was off or no signal and the vibration sensor was turned off



Figure 6 Displaying the values on the Blynk application installed on a smartphone.

ผลการทดสอบความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งด้วย GPS ของอุปกรณ์

การทดสอบความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่ง อุปกรณ์ต้นแบบทั้ง 2 เครื่อง มีค่าความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งอยู่ระหว่าง 0.2 – 3.6 เมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 1.46 เมตร S.D. เท่ากับ 0.84 ซึ่งความคลาดเคลื่อนมีความใกล้เคียงกัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันในระดับ ± 10 เซนติเมตร ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Gallo *et al.* (2017) ที่ได้ศึกษาความแตกต่างในการระบุตำแหน่งของ GPS Module พบว่าค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 3.7 เมตร ค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์พัฒนาขึ้นถือว่าอยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้ระบุตำแหน่งการล้มไม้ได้ เนื่องจากสวนป่าเศรษฐกิจ เช่น ไม้สัก นิยมใช้ระยะปลูก 3 x 3 เมตร หรือ 4 x 4 เมตร (Phusudsawaeng, 2010) ทิศทางความคลาดเคลื่อนพบว่าการเก็บพิกัดเพียง 1 ค่า มีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนได้ในทุกทิศทาง เนื่องจากการระบุตำแหน่งด้วย GPS ในแต่ละครั้งนั้นย่อมมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ เช่น กรณีดาวเทียมที่โคจรในอวกาศนั้นมีแรงต่าง ๆ มากกระทำตลอดเวลาจึงทำให้ตำแหน่งที่คำนวณเกิดความคลาดเคลื่อนได้ (GISTDA, 2009) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบช่วงเวลาการเก็บข้อมูลในช่วง เช้า กลางวัน และเย็น ผลการทดสอบพบว่า ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของค่าความเอียงกับลักษณะการใช้เลื่อยโซยนต์

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของค่าความเอียงกับลักษณะการใช้เลื่อยโซยนต์ สามารถแยก

ลักษณะการทำงานของเลื่อยโซยนต์ ในกรณีที่ไม่มีการใช้งาน เลื่อยโซยนต์ถูกวางไว้ในลักษณะ 0 องศา (Figure 7A) กรณีการล้มไม้มักมีการเอียงเลื่อยโซยนต์ไปทางขวา ในการบากหน้าเพื่อกำหนดทิศทางการล้มไม้ ซึ่งจะต้องเอียงเลื่อยโซยนต์ 45 องศา (Figure 7B) และ 90 องศา (Figure 7C) การลัดหลังเพื่อตัดให้ไม้ล้ม ต้องเอียงเลื่อยโซยนต์ 90 องศา ในทิศทางตรงข้ามกับการบากหน้า จากนั้นลัดกิ่งตัดทอนโดยใช้ใบเลื่อยทอนขึ้นหรือลง 45 องศา (Figure 7D and 7E)

เมื่อได้ลักษณะการทำงานที่สัมพันธ์กับการเอียงของของเลื่อยโซยนต์แล้ว ได้ทำการทดสอบบันทึกค่าความเอียง 3 แกน (AcX , AcY , AcZ) ทั้งแบบไม่สตาร์ทเครื่องยนต์ และ แบบสตาร์ทเครื่องยนต์ (Figure 8) จะเห็นว่าเส้นกราฟแบบไม่สตาร์ทเลื่อยโซยนต์และแบบสตาร์ทเลื่อยโซยนต์มีลักษณะค่าการเอียงของเลื่อยโซยนต์ที่คล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างกันที่ค่าแรงสั่นสะเทือน ค่าความเอียงจาก Figure 8 พบว่าก่อนสตาร์ทเลื่อยโซยนต์เส้นกราฟทั้ง 3 แกนอยู่ในลักษณะเส้นตรง และเปลี่ยนค่าไปตามลักษณะการเอียงของเลื่อยโซยนต์ แต่เมื่อสตาร์ทเลื่อยโซยนต์จากกราฟเส้นตรงจะมีรอยหยักเพิ่มขึ้นเป็นเส้นสูงสุดต่ำสุดสามารถสรุปลักษณะการเอียงของเลื่อยโซยนต์ทั้ง 3 แกนได้ดัง Table 1 จากข้อมูลข้างต้นเป็นข้อมูลที่แสดงให้เห็นทิศทางการเอียงของเลื่อยโซยนต์ แกน X แสดงให้เห็นลักษณะของการทอนไม้ซึ่งค่าเปลี่ยนอย่างเห็นได้ชัดขณะทอนขึ้น ($D45^\circ$) ค่าเป็นบวก และทอนลง ($U45^\circ$) ค่าเป็นลบ ส่วนลักษณะการเอียงแบบอื่น แกน X จะมีค่าใกล้เคียง 0 ส่วนแกน Y และแกน Z แสดงให้เห็นลักษณะของการล้มไม้ เส้นแกนทั้ง 2 จะขนานกัน ยิ่งเอียงเลื่อยโซยนต์มากเท่าไร ค่าของแกนจะยิ่งน้อยลง สังเกตได้จากการเอียงเลื่อยโซยนต์ 90 องศา Y และแกน Z มีค่าต่ำที่สุดของเส้นแกน

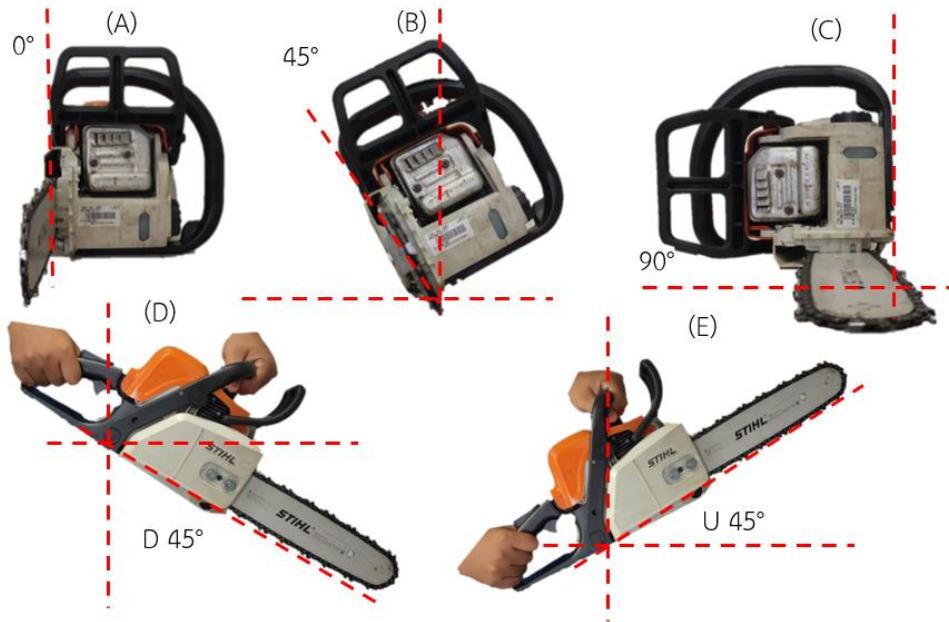


Figure 7 The tilt of the chainsaw (A) chainsaw at 0 degrees (B) the tilt of the chainsaw at 45 degrees (C) the tilt of the chainsaw at 90 degrees (D) chainsaw blade at 45 degrees (E) chainsaw blade at 45 degrees

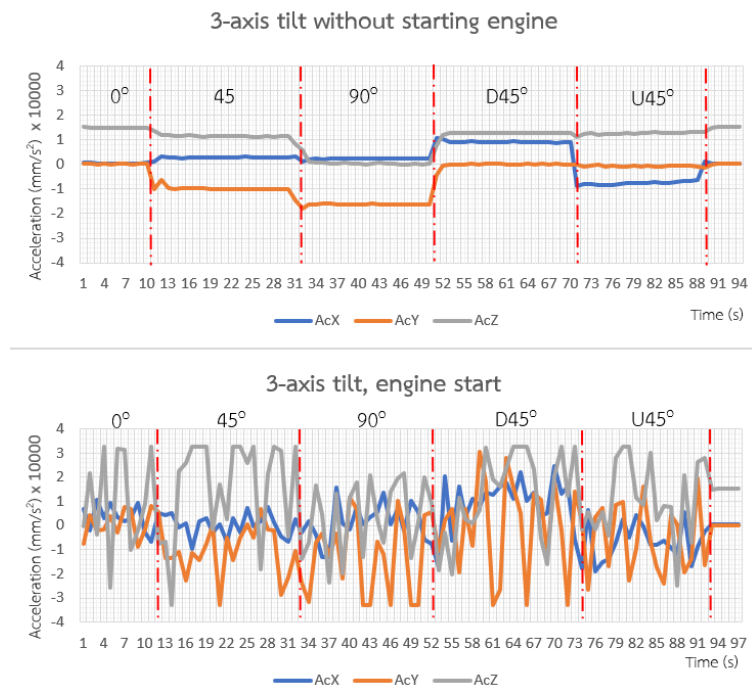


Figure 8 The relationship of the inclination angle with the work involving a turned off chainsaw and turned on chainsaw.

Table 1 Summary of the 3-axis tilt characteristics of the chainsaw.

3-axis inclination value	0°	45°	90°	D45°	U45°
maximum	Z	Z	X	Z	Z
minimal	-	Y	Y	Y	X

ผลการทดสอบการวัดแรงสั่นสะเทือนขณะใช้งานเลื่อยโซยนต์

หลังจากใช้อุปกรณ์วัดค่าแรงสั่นสะเทือนในรูปแบบของความเร่งจากการใช้งานของเลื่อยโซยนต์สามารถแบ่งรูปแบบการทำงานออกได้เป็น 4 รูปแบบ คือ การวางเลื่อยโซยนต์อยู่กับที่ (M_1) การเคลื่อนย้ายเลื่อยโซยนต์ (M_2) การติดเครื่องเลื่อยโซยนต์ (M_3) และ การใช้งานลัมไม้ (M_4) (Figure 9) จาก Figure 9 แสดงให้เห็นลักษณะของแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากการทำงานลัมไม้ โดย GyX คือ ค่าความเร่งในแกน X GyY คือ ค่าความเร่งในแกน Y และ GyZ คือ ค่าความเร่งในแกน Z กราฟแสดงให้เห็นถึงกระบวนการทั้งหมดเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงของอุปกรณ์ในการติดตามการใช้งานเลื่อยโซยนต์ เริ่มตั้งแต่การที่วางเลื่อยโซยนต์ไว้กับที่ แสดงให้เห็นค่าแรงสั่นสะเทือนขณะไม่มีการใช้งานเลื่อยโซยนต์ (M_1) ปกติแล้วจะไม่มีค่าแรงสั่นสะเทือน จากนั้นเป็นการเคลื่อนย้ายเลื่อยโซยนต์ (M_2) ค่าแรงสั่นสะเทือนขณะเคลื่อนย้ายมีเส้นกราฟที่แตกต่างกับขณะใช้งานเลื่อยโซยนต์ตัดไม้ ขั้นตอนการเตรียมสตาร์ท (M_3) กราฟมีการเคลื่อนที่

เล็กน้อย ส่วนการใช้งานลัมไม้ (M_4) สังเกตเห็นเส้นกราฟแรงสั่นสะเทือนได้อย่างชัดเจน จากการทดสอบลัมไม้ 2 ชนิด คือ ประดู่ป่า และ หมีเหม็น ที่มีขนาด DBH 16 เซนติเมตร จำนวนชนิดละ 2 ต้น พบว่ามีความแตกต่างของค่าแรงสั่นสะเทือนระหว่างการลัมไม้ประดู่ป่าและไม้หมีเหม็น (Figure 10) สิ่งที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน คือ ระยะเวลาในการลัมไม้ การลัมไม้ประดู่ป่าซึ่งเป็นไม้เนื้อแข็งนั้นใช้ระยะเวลาในการลัมไม้มากกว่าไม้หมีเหม็น และแรงสั่นสะเทือนจากการลัมไม้ประดู่ป่ามีมากกว่าการลัมไม้หมีเหม็น จากการศึกษาของ Nitami *et al.* (2019) พบว่าความเร่งของเลื่อยโซยนต์อยู่ในช่วง 4 ถึง 5 m/s^2 จากกราฟเห็นได้ว่า ค่าแรงสั่นสะเทือนของต้นประดู่ป่าที่ต่ำกว่า 5 m/s^2 มีทั้งหมด 1 ค่า จากจำนวน 39 ค่า คิดเป็นร้อยละ 2.5 ส่วนค่าแรงสั่นสะเทือนของต้นหมีเหม็นที่มีค่าต่ำกว่า 5 m/s^2 จำนวน 6 ค่า จากทั้งหมด 23 ค่า คิดเป็นร้อยละ 26 สังเกตได้ว่าค่าแรงสั่นสะเทือนในการลัมไม้ของต้นประดู่ป่า มีค่ามากกว่าการลัมไม้หมีเหม็นประมาณ 10 เท่า ภายใต้ข้อจำกัดการลัมไม้ด้วยเลื่อยโซยนต์ยี่ห้อ Stihl รุ่น MS 180

Vibration value of 3 axes according to the nature of work

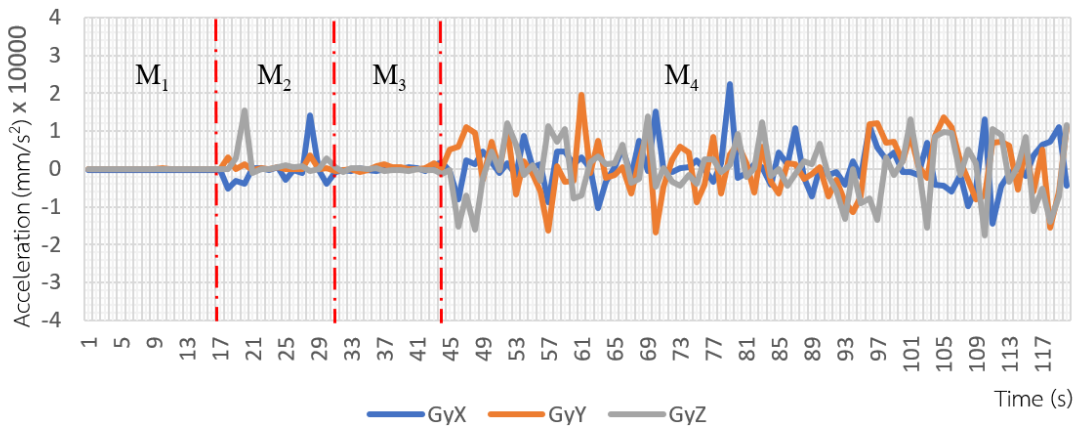


Figure 9 Characteristics of the vibrations arising from the use of chainsaws.

Vibration during falling

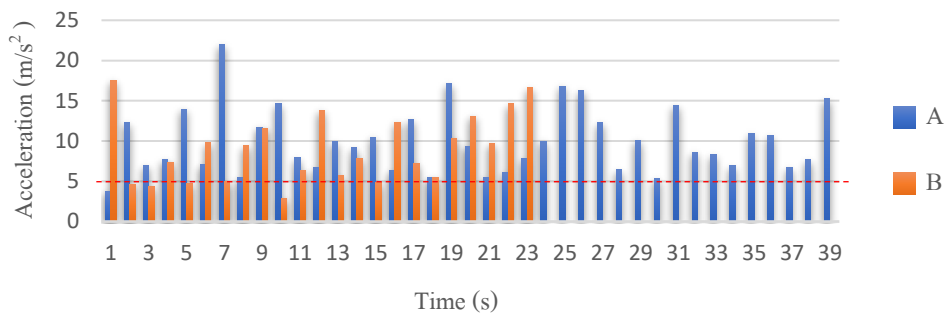


Figure 10 Comparison of the vibrations of a chainsaw during a felling of A) *Pterocarpus macrocarpus* and B) *Litsea glutinosa*.

สรุป

จากผลการศึกษา ทำให้ได้อุปกรณ์ที่สามารถติดตามการใช้งานเลื่อยโซยนต์ได้ สามารถระบุตำแหน่งการใช้งาน การตรวจวัดค่าแรงสั่นสะเทือนและความเอียง และการรายงานผลแบบเวลาจริงไปยังแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ตโฟนได้สำเร็จ ผลการทดสอบความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่ง พบว่าทั้งช่วงเวลาของการเก็บข้อมูล และอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 2 เครื่อง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของเซนเซอร์และลักษณะงานทำไม้ในสวนป่า

ผลการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความเอียงและค่าแรงสั่นสะเทือนพบว่า เซนเซอร์สามารถจำแนกลักษณะการทำงานได้จากกราฟความเอียง ทั้งก่อนสตาร์ทเลื่อยโซยนต์และระหว่างสตาร์ทเลื่อยโซยนต์ การทดสอบวัดค่าแรงสั่นสะเทือนขณะใช้งานล้มไม้ทั้ง 2 ชนิด พบว่า การล้มไม้ประดู่ปามีค่า

แรงสั่นสะเทือนมากกว่าไม้หมีเหม็น ทั้งนี้ค่าแรงสั่นสะเทือนอาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัย เช่น ความคมของเลื่อยโซยนต์ ชนิดของเลื่อยโซยนต์ และ ชนิดของไม้ที่ทำการล้ม เป็นต้น ค่าแรงสั่นสะเทือนจากการศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับเครื่องมาตรฐาน ดังนั้นค่าแรงสั่นสะเทือนที่ได้จากอุปกรณ์ถูกนำมาใช้เพื่อแยกลักษณะการทำงานและ ทำางการทำงานเลื่อยโซยนต์เท่านั้น ไม่สามารถนำค่าไปคำนวณหรือวิเคราะห์ร่วมกับค่าที่ได้จากเครื่องมาตรฐานอื่นได้

ในภาพรวมสามารถสรุปได้ว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้โดยสามารถนำอุปกรณ์ไปใช้บันทึกข้อมูลตำแหน่งการล้มไม้ แรงสั่นสะเทือน และการเอียงของเลื่อยโซยนต์ก่อนใช้งานหรือขณะใช้งานได้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ใช้ในการระบุแหล่งที่มาของไม้ ช่วยในเรื่องการศึกษาเวลาการทำงาน (time study) และผลิภาพการทำงาน (productivity) การวิเคราะห์ข้อมูลทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และใช้ในการวางแผนการจัดการสวนป่า เป็นต้น

REFERENCES

- Gallo, R., F. Nallia, L. Corteseb, D. Knollseisenc, W. Nogglerc and F. Mazzettoa. 2017. Chainsaw vibrations, a useful parameter for the automatic tree volume estimations and production assessment of felling operations. *Chem. Eng. Trans.* 58: 2283-9216.
- GISTDA. 2009. *Space Technology and Geoinformatics*. First Edition Amarin Printing and Publishing Public Company Limited, Bangkok. (in Thai)
- Kowanich, A. 1983. *Rural Forestry Tools*. Third Edition, The Forestry Association of Thailand, Bangkok. (in Thai)
- Nitami, T., S. Suk, Y. Maruyama and T. Matsumura. 2019. *Acquire and Management of Chainsaw Tree Felling and Bucking Work by ICT*. The University of Tokyo.
- Phacharoen, P. 2019. *Develop IoT on Arduino Platform with NodeMCU*. Provision Company Limited, Bangkok. (in Thai)
- Phusudsawaeng, A. 2010. *Economic Teak Planting and Management for Armers and the Private Sector*. Forest Economics Group Office of Forest Research and Development Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)
- Prasetyo, D. C., G. A. Mutiara and R. Handayani. 2018. *Chainsaw Sound and Vibration Detector System for Illegal Logging*. Telkom University.
- RG. 2002. *Chainsaw Act*. Volume 119, chapter 95 A, pages 4-10. (in Thai)
- Warin, J. 2019. *Arduino Uno Fundamentals for IOT*. 2nd printing. Pro Design Co., Ltd., Bangkok. (in Thai)