

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประยุกต์เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อการติดตามการเติบโตของต้นไม้ในสวนป่า Application of Modern Technology for Tree Growth Monitoring in Plantations

ณรงค์เดช เดชคง*

นพรัตน์ คัคคูริวาระ

รุ่งเรือง พูลศิริ

Narongdet Detkong*

Nopparat Kaakkurivaara

Roongreang Poolsiri

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: narongdet.de@ku.th

รับต้นฉบับ 3 พฤษภาคม 2562

รับแก้ไข 10 มิถุนายน 2562

รับลงพิมพ์ 3 กรกฎาคม 2562

ABSTRACT

Modern technology aims to track tree growth using Internet of Things (IoT) with growth monitoring tools to create a real-time monitoring system. This study aims to reduce manpower and human error during forest inventory. The prototype system works by monitoring the movement of a slider resistor sensor as the tree grows and such growth data is then automatically sent to the user without the need of people to collect information at the stand. The diameter at breast height (DBH) was measured among the automated dendrometer prototype with other popular tools such as diameter tape, diameter steel tape, Vernier Caliper and manual band dendrometers. It is found that tree growth data collected by the various equipments are not significantly different ($F = 0.012$, $p\text{-value} = 1.000$), thus tree growth data obtained from the prototype tool is valid and comparable to that measured by other tools. Besides the lead time for data collection, it is found that the use of manual band dendrometers resulted in the least time spent in data collection. However, this time depends on the skills of the user handling the device. The investment for developing a single prototype is approx. 15,782 Baht. When the entire rotation period of 30 years is considered, the operational cost of manual method is 5,250 where the prototype is 126,223.60 Baht. Although the operational cost of the prototype is higher than ordinary tools, the prototype may reduce human error and provide real-time monitoring capability which is useful for plantation management in the long run. Further studies should focus on cost reduction and investment feasibility as the cost of electronic devices decreases.

Keywords: Tree growth, Dendrometer, Internet of things, Sensor

บทคัดย่อ

การประยุกต์เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อติดตามการเติบโตของไม้ในสวนป่าโดยนำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เข้ามารับรู้การร่วมกับเครื่องมือที่ใช้วัดความโตเพื่อทำให้สามารถเก็บข้อมูลและรับส่งข้อมูลได้ตลอดเวลา (real-time) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้แรงงานคน หลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นโดยมนุษย์ โดยหลักการทำงานของเครื่องมือต้นแบบคือ การเคลื่อนตัวของเซนเซอร์ตัวต้านทาน (slider resistor sensor) เมื่อต้นไม้มีการเติบโตจะทำให้ชิ้นส่วนของเซนเซอร์เคลื่อนตัว ค่าความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นค่าการเติบโตของต้นไม้โดยข้อมูลจะถูกส่งไปยังผู้ใช้งาน โดยอัตโนมัติไม่ต้องใช้แรงงานคนเข้าไปเก็บข้อมูลในพื้นที่ จากการศึกษาในการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ด้วยเครื่องมือต้นแบบที่พัฒนาขึ้น (automated-dendrometer prototype) เปรียบเทียบกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape) เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชนิดโลหะ (diameter steel tape) เวอร์เนียคาลิเปอร์ (vernier caliper) และ แบนด์เดนโดรมิเตอร์ (manual band dendrometers) พบว่า ข้อมูลความโตของต้นไม้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 0.012$, $p\text{-value} = 1.000$) ดังนั้น ข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ที่ได้จากเครื่องมือต้นแบบสามารถใช้ทดแทนข้อมูลที่เก็บได้จากอุปกรณ์แบบอื่นได้ในส่วนของเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลพบว่าเครื่องมือที่ใช้เวลาเก็บข้อมูลน้อยที่สุด คือ แบนด์เดนโดรมิเตอร์ และเครื่องมือที่ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลมากที่สุด คือ เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ทั้งนี้เวลาที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของผู้ใช้เครื่องมือ ในการพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบใน 1 ชุดมีค่าต้นทุนประมาณ 15,782 บาท หากเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของการสำรวจด้วยวิธีใช้แรงงานคนกับการใช้อุปกรณ์ต้นแบบในระยะเวลา 30 ปี พบว่า การสำรวจด้วยวิธีใช้แรงงานคนมีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 5,250 บาท และเมื่อใช้เครื่องมือต้นแบบจะต้องลงทุนถึง 126,223.60 บาท ถึงแม้ว่าการสำรวจด้วยเครื่องมือต้นแบบยังมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าการสำรวจด้วยวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน แต่การนำอุปกรณ์ต้นแบบเข้ามาใช้ในการสำรวจจะเป็นการลดความคลาดเคลื่อนของการเก็บข้อมูลโดยใช้แรงงานคน รวมทั้งยังสามารถติดตามข้อมูลได้ตลอดเวลาเหมาะสำหรับนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนและจัดการสวนป่าได้อย่างทันทั่วทั้งที่แนวทางการวิจัยในอนาคตควรปรับลดต้นทุนการผลิตเพื่อความเป็นไปได้ในการลงทุน หากในอนาคตราคาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีราคาถูกลงอาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการสำรวจการเติบโตของต้นไม้

คำสำคัญ: การเติบโตของต้นไม้ แบนด์เดนโดรมิเตอร์ อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง เซนเซอร์

คำนำ

ปัจจุบันรัฐบาลไทยมีแนวคิดในการเดินหน้านำประเทศไทยด้วยโมเดลที่เรียกว่า “Thailand 4.0” ซึ่งภาคการเกษตรและป่าไม้เป็นส่วนหนึ่งของโมเดลดังกล่าว การเกษตรและป่าไม้ 4.0 มีความมุ่งมั่นให้เกษตรกรนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมเข้ามาประยุกต์เพื่อช่วยในการทำงานสะดวกสบายยิ่งขึ้น มีความถูกต้องแม่นยำ ลดการใช้แรงงานคน ทั้งนี้การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามามีส่วนช่วยในการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่าง

น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับภาคการเกษตร การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่กับภาคการป่าไม้ของประเทศไทยจึงเป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญเพื่อทำให้งานบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้เกิดความถูกต้องแม่นยำ เชื่อถือ และมีมาตรฐานมากยิ่งขึ้น

ในปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าความโตต้นไม้มีตั้งแต่วิธีอย่างง่ายไปจนถึงการใช้เครื่องมือที่มีความซับซ้อน อุปกรณ์บางอย่างได้มีการพัฒนาให้มีการอ่านค่าแบบอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน และสามารถเก็บ

ข้อมูลได้อัตโนมัติเพื่อความสะดวกในการใช้งาน แต่ทั้งนี้ ข้อมูลจะมีความถูกต้องแม่นยำมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับทักษะและความเชี่ยวชาญในการใช้อุปกรณ์ของแต่ละบุคคล หากผู้ใช้งานมีทักษะและความชำนาญในการใช้เครื่องมือ ค่าที่วัดได้จะมีค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง แต่ในทางตรงกันข้ามหากผู้ใช้งานไม่มีทักษะและขาดความชำนาญในการใช้เครื่องมือ อาจทำให้ค่าที่วัดออกมาได้มีความผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเหล่านี้มักจะเกิดขึ้นมาจากมนุษย์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาต้นแบบในการวัดการเติบโตของต้นไม้ โดยการลดการใช้แรงงานคน เพื่อหลีกเลี่ยงประเด็นในเรื่องของความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นโดยมนุษย์ โดยการประยุกต์เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) บูรณาการร่วมกับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความโตของต้นไม้ที่มีอยู่เพื่อทำให้การเก็บข้อมูลและรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ตลอดเวลา (real time) เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนจัดการไม้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการทำงานของเครื่องมือต้นแบบกับไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.) ในการ

เลือกตัวแทนของต้นไม้ทำการสุ่มต้นไม้โดยคำนึงถึงขนาดที่แตกต่างกันจำนวน 3 ขนาด ได้แก่ ไม้ขนาดเล็ก ไม้ขนาดกลาง และ ไม้ขนาดใหญ่ แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 2 พื้นที่ ดังนี้

1. พื้นที่ที่มีสัญญาอนุญาตโทรศัพท์และสัญญาอินเทอร์เน็ต โดยเลือกใช้พื้นที่ทดสอบในคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร กำหนดแปลงตัวอย่าง 1 แปลงตัวอย่าง เพื่อเป็นแปลงควบคุม โดยติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบจำนวน 3 เครื่อง และจัดรับสัญญาณ 1 จุด

2. พื้นที่ที่อับสัญญาอนุญาตโทรศัพท์และสัญญาอินเทอร์เน็ต เลือกใช้พื้นที่ทดสอบในสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ในพื้นที่นี้กำหนดแปลงตัวอย่างออกเป็น 3 แปลงตัวอย่างหลักตามขนาดความโตและอายุของต้นไม้ที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1) แปลงตัวอย่างไม้ขนาดเล็ก (ไม่มีอายุระหว่าง 1–10 ปี) 2) แปลงตัวอย่างไม้ขนาดกลาง (ไม่มีอายุระหว่าง 10–30 ปี) และ 3) แปลงตัวอย่างไม้ขนาดใหญ่ (ไม่มีอายุตั้งแต่ 30 ปี) (Figure 1) ซึ่งแปลงตัวอย่างหลักทั้ง 3 แปลง จะถูกแบ่งออกเป็น 3 แปลงตัวอย่างย่อย รวมแล้วจะได้แปลงตัวอย่างย่อยทั้งหมด 9 แปลง พื้นที่ของแปลงตัวอย่างย่อยมีขนาดแปลงตัวอย่างละ 0.25 เฮกตาร์ (50×50 ม.)



Figure 1 (A) Experimental plot aged between 1–10 years, (B) Experimental plot aged between 10–30 years and (C) Experimental plot aged over 30 years.

การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ติดตามการเติบโตของต้นไม้

ในการพัฒนาต้นแบบระบบติดตามการเติบโตของต้นไม้ สามารถจำแนกองค์ประกอบของอุปกรณ์ในการทำหน้าที่วัดการเติบโตของต้นไม้ได้ 2 ส่วน คือ 1) เซ็นเซอร์ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของระยะห่าง และ 2) สายรัดลำต้นที่ทำหน้าที่ยึดอุปกรณ์เข้ากับลำต้นของต้นไม้ โดยเซ็นเซอร์จะทำการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างของปลายสายรัดที่คาดไว้กับลำต้นของต้นไม้ หากต้นไม้มีการเปลี่ยนแปลงของขนาดจะทำให้สายคาดเคลื่อนตัว เซ็นเซอร์จะคำนวณระยะที่สายรัดเคลื่อนตัวเป็นขนาดการเปลี่ยนแปลงความโตของต้นไม้ (Bobby, 2015)

จากการออกแบบอุปกรณ์ติดตามการเติบโตของต้นไม้ พบว่า อุปกรณ์ต้นแบบประกอบไปด้วยอุปกรณ์สามส่วนหลัก ได้แก่ 1) เซ็นเซอร์วัดความโต (sensor unit) วัสดุห่อหุ้มทำจากกล่องอะลูมิเนียมป้องกันน้ำและสนิมด้านในบรรจุเซ็นเซอร์วัดความโตขนาด 60 มิลลิเมตร (Figure 2) หากต้นไม้ขยายครบ 60 มิลลิเมตร ต้องทำการรีเซ็ตสเกลและตั้งค่าใหม่ หลังจากนั้นจะสามารถใช้งานต่อไปได้ตามปกติ 2) ส่วนควบคุม (control unit) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์แล้วส่งข้อมูลไปยังส่วนกระจายสัญญาณ (Mahasak, n.d.)

วัสดุห่อหุ้มใช้วัสดุ PVC เพื่อกันน้ำแก่อุปกรณ์ภายในภายในจะประกอบไปด้วย แบตเตอรี่ หน่วยควบคุมทำหน้าที่กำหนดช่วงเวลาในการบันทึกข้อมูล เช่น บันทึกข้อมูลทุกชั่วโมง หรือวันละหนึ่งครั้ง สัปดาห์ละหนึ่งครั้ง เดือนละหนึ่งครั้ง เป็นต้น (Figure 3) และ 3) ส่วนกระจายสัญญาณ (gateway) หลังจากส่วนควบคุมส่งข้อมูลของเซ็นเซอร์ส่วนกระจายสัญญาณ จะทำหน้าที่รับข้อมูลดังกล่าวแล้วส่งไปยังระบบเซิร์ฟเวอร์เพื่อนำไปแสดงผลต่อไป โดยอุปกรณ์ภายในจะประกอบไปด้วย แบตเตอรี่ และ โมดูลอินเทอร์เน็ต (Figure 4) ในส่วนของรายละเอียดชิ้นส่วนอุปกรณ์ภายในแสดงใน Table 2

หลักการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบติดตามการเติบโต กล่าวคือ เมื่อต้นไม้มีการเติบโตลำต้นของต้นไม้มีขนาดเพิ่มขึ้นจะทำให้สายรัดลำต้นของเครื่องมือเกิดการดึงตัว สายรัดจะทำให้เซ็นเซอร์วัดระยะ (sensor unit) เคลื่อนตัว จากนั้นเซ็นเซอร์วัดระยะจะส่งค่าระยะห่างที่เกิดความเปลี่ยนแปลงไปยังส่วนควบคุม (control unit) โดยระยะห่างที่เกิดขึ้นเปรียบเสมือนเป็นค่าการเติบโตที่เกิดขึ้นกับต้นไม้ซึ่งส่วนควบคุมจะทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ จากนั้นจะส่งข้อมูลที่รวบรวมไว้ไปยังส่วนกระจายสัญญาณ (gateway) ส่วนกระจายสัญญาณจะส่งข้อมูลทั้งหมดไปแสดงผลยังโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันต่อไป (Figure 5)

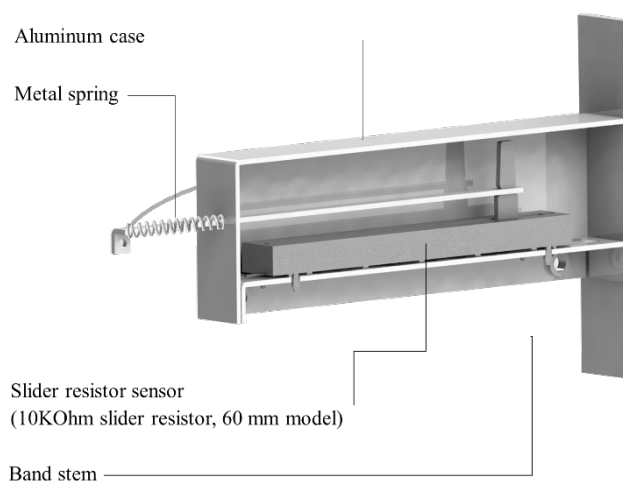


Figure 2 3D model of the Sensor unit.

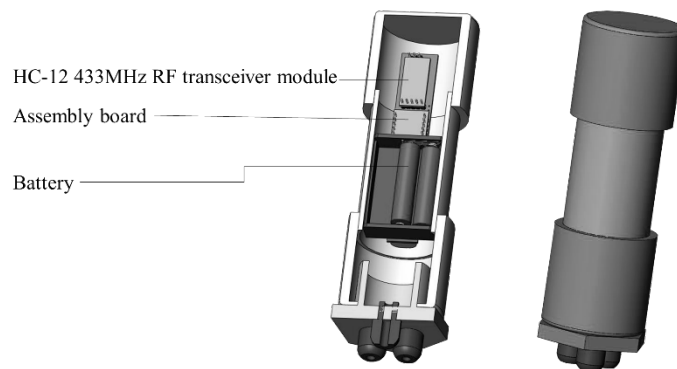


Figure 3 3D model of the Control Unit.

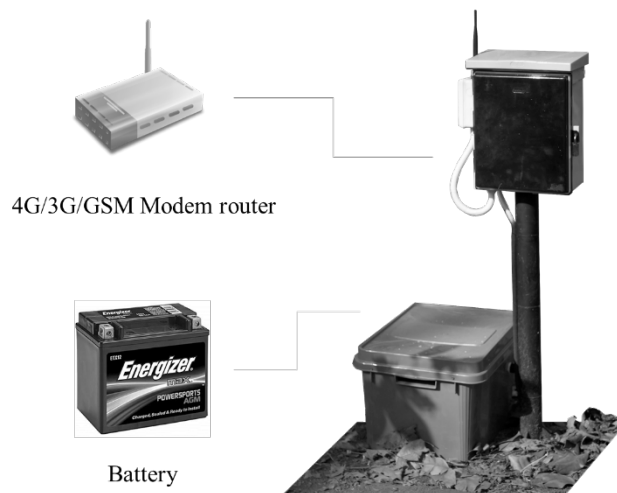


Figure 4 Gateway.

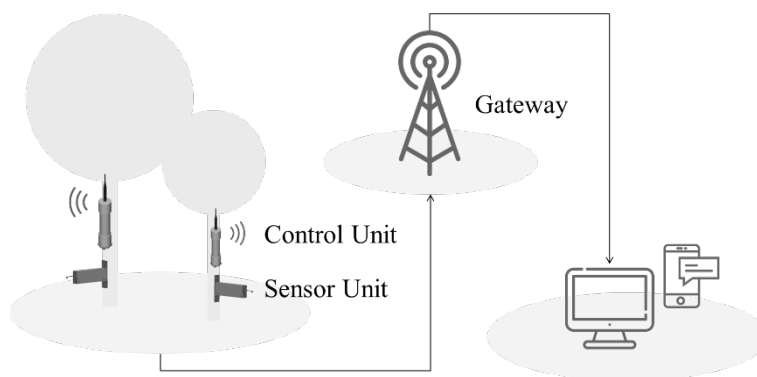


Figure 5 Working principle of the Automated-dendrometer Prototype.

การติดตั้งอุปกรณ์จากแปลงตัวอย่างหลักทั้ง 4 แปลง ในแต่ละแปลงทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังนี้ (Figure 6)

1. อุปกรณ์วัดความโตของต้นไม้ ในคณะ

วนศาสตร์จำนวน 3 ต้น และสวนป่าทองผาภูมิ 27 ต้น รวม 30 ต้น (แปลงตัวอย่างย่อยแปลงละ 3 ต้น)

2. จุดรับสัญญาณ (gateway) แปลงละ 1 จุด

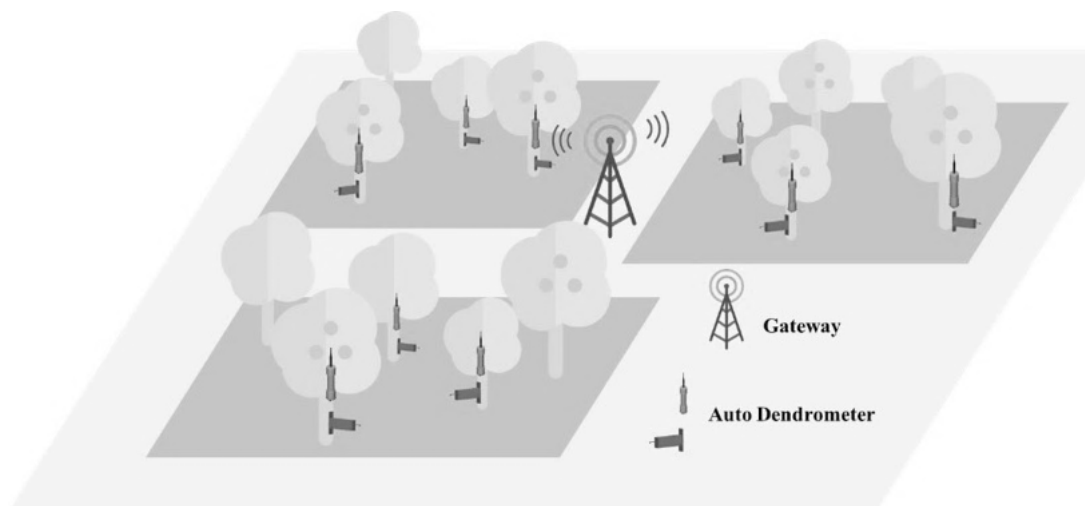


Figure 6 Installation of tree growth measuring equipment in the study area.

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

1. การศึกษาความโตของต้นไม้จากการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือต้นแบบและอุปกรณ์ต่างๆ ภายหลังการติดตั้งอุปกรณ์ ทำการเก็บข้อมูลการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ทุกเดือนเดือนละ 1 ครั้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้ เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape) เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชนิดโลหะ (diameter steel tape) เวอร์เนียคาลิเปอร์ (vernier caliper) และแบนด์เดนโดรมิเตอร์ (manual band dendrometers) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความโตของต้นไม้จากการเก็บข้อมูลการเติบโตด้วยอุปกรณ์ต่างๆ กับอุปกรณ์ต้นแบบ (automated-dendrometer prototype) ที่พัฒนาขึ้น

เมื่อได้ข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ครบตามกำหนดแล้วทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการเติบโตของต้นไม้จากการเก็บข้อมูลด้วยอุปกรณ์

แบบต่างๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้ออกจากการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือต้นแบบที่พัฒนาขึ้น หาความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละปัจจัยโดยใช้แผนการทดลองที่เหมาะสมกับจำนวนปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (ANOVA) โดยใช้โปรแกรมคำนวณทางสถิติ

2. ศึกษาเวลาจากการเก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ด้วยอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาที่ใช้จากการเก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้

3. ศึกษาค่าใช้จ่ายในด้านต่าง ๆ โดยการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องจากการเก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ด้วยอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน รวมถึงค่าใช้จ่ายของเครื่องมือต้นแบบที่พัฒนาขึ้น จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยและค่าใช้จ่ายตลอดโครงการ (30 ปี) เพื่อเปรียบเทียบกัน

ผลและวิจารณ์

การศึกษาความโตของต้นไม้จากการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือต้นแบบและอุปกรณ์ต่าง ๆ

จากการศึกษาขนาดเส้นศูนย์กลางเพียงอกที่สำรวจได้จากอุปกรณ์ต่าง ๆ และเครื่องมือต้นแบบที่พัฒนาขึ้น พบว่า ข้อมูลความโตที่เก็บด้วยเทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape) มีค่าเฉลี่ย 23.29 เซนติเมตร เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชนิดโลหะ (diameter steel tape) มีค่าเฉลี่ย 22.84 เซนติเมตร เวอร์เนียคาลิเปอร์ (vernier caliper) มีค่าเฉลี่ย 22.78 เซนติเมตร แบนด์เดนโดรมิเตอร์ (manual band dendrometers) มีค่าเฉลี่ย 23.14 เซนติเมตร และอุปกรณ์ต้นแบบ (automated-dendrometer prototype) มีค่าเฉลี่ย 22.43 เซนติเมตร ข้อมูลที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 0.012$, $p\text{-value} = 1.000$) ดังนั้น ข้อมูลการเติบโตที่ได้จากเครื่องมือต้นแบบสามารถใช้ทดแทนข้อมูลที่ได้จากการเก็บด้วยอุปกรณ์แบบอื่น ๆ แต่ทั้งนี้ยังพบข้อบกพร่องของข้อมูลที่เก็บได้จากเครื่องมือต้นแบบบางเครื่อง แสดงใน Figure 7 โดยข้อมูลดังกล่าวมีค่าแตกต่างจากการเก็บข้อมูลด้วยอุปกรณ์

อื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ปัญหาอาจเกิดจากความผิดพลาดในการส่งสัญญาณ หรือมีการขยับของแถบวัดระยะของเซนเซอร์โดยสิ่งรบกวน (คน สัตว์) ทั้งนี้ข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมาเป็นข้อมูลการเติบโตที่เก็บได้ในระยะเวลาเพียง 3 เดือนเท่านั้น (มกราคม – มีนาคม 2562) ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูแล้งการเติบโตของต้นไม้ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ดังนั้นควรทำการเก็บข้อมูลการเติบโตต่อเนื่องเพื่อดูแนวโน้มต่อไปโดยเฉพาะในฤดูฝนที่คาดว่าต้นไม้จะเติบโตได้ดี รวมถึงปัญหาความชื้นที่อาจส่งผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Mäkinen *et al.* (2008) ที่พบว่า ในฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาวไม้สนนอร์เวย์ (*Picea abies* (L.) Karst.) และไม้สนสก๊อต (*Pinus sylvestris* L.) รัศมีของลำต้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ช้ามากจากการเก็บข้อมูลการเติบโตด้วยแบนด์เดนโดรมิเตอร์ และรัศมีของลำต้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงต้นของฤดูใบไม้ผลิซึ่งเป็นช่วงเวลาที่น้ำเชื้อถั่วที่สุดสำหรับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการเติบโตของต้นไม้

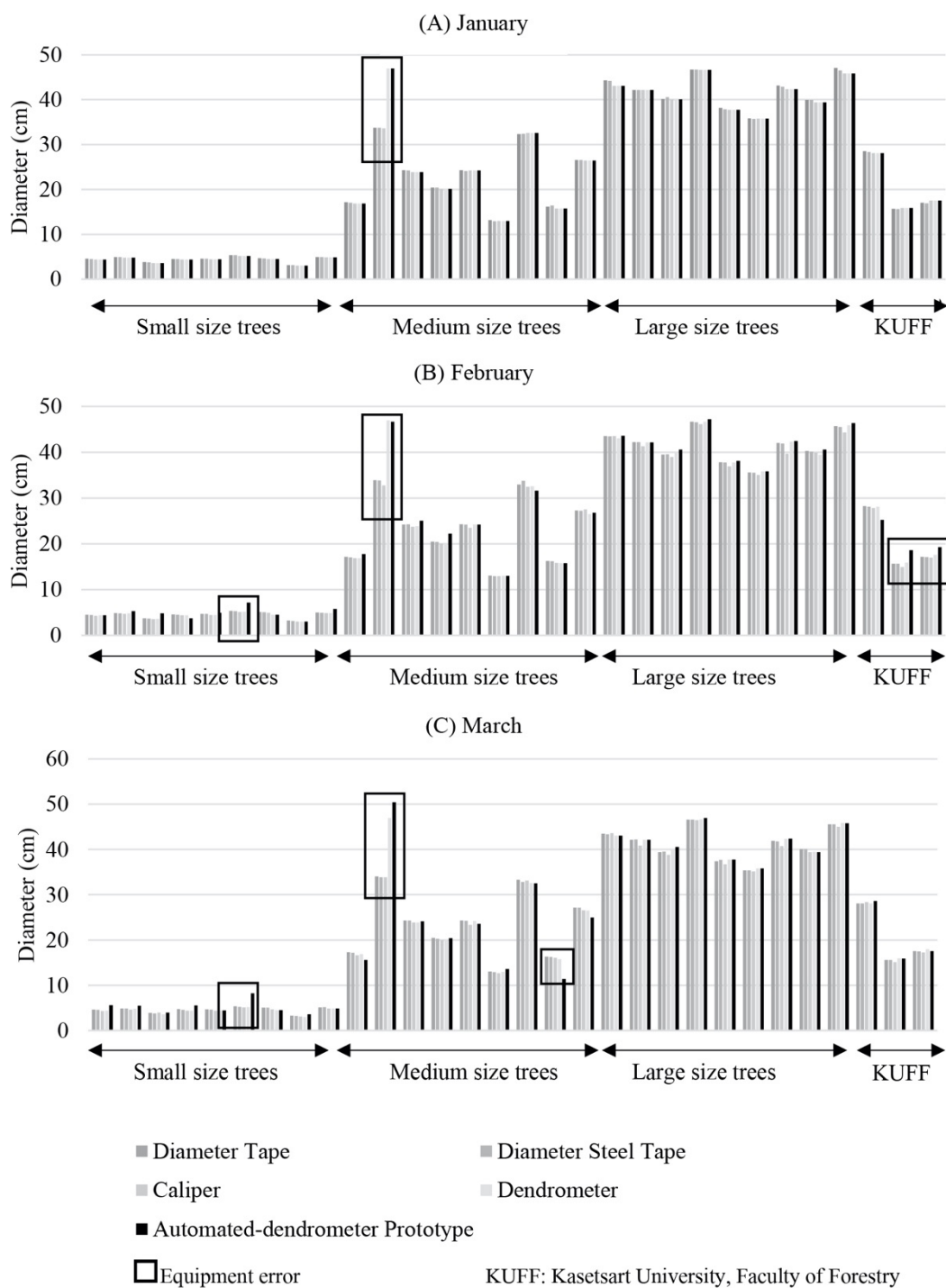


Figure 7 Tree growth data obtained from various devices (A) January 2019, (B) February 2019 and (C) March 2019.

จากการทดสอบอุปกรณ์ในพื้นที่อับสัญญาณ โทรศัพท์และสัญญาณอินเทอร์เน็ตพบปัญหาในการส่งข้อมูล ข้อมูลไม่สามารถแสดงผลได้อย่าง Real time คาดว่าปัญหาดังกล่าวเกิดจากความไม่เสถียรของสัญญาณ ซึ่งข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งในพื้นที่เมืองไม่พบปัญหาดังกล่าว นอกจากนี้อุปกรณ์ที่ติดตั้งในพื้นที่สวนป่าทองผาภูมิยังพบความเสี่ยงจากการสูญหายหรืออุปกรณ์ถูกทำลายโดยสิ่งรบกวนต่าง ๆ เช่น ไฟป่า สัตว์ป่า และมนุษย์ แนวทางการแก้ปัญหาคือ ควรเลือกใช้วัสดุห่อหุ้มที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม และควรต้องมีความกลมกลืนกับธรรมชาติ

การศึกษาเวลาที่ใช้ในการสำรวจความโตของต้นไม้

จากการเก็บข้อมูลพบว่า การสำรวจความโตด้วยเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลางใช้เวลาในการเก็บข้อมูลเฉลี่ย 5.84 วินาที/ต้น เทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลางชนิดโลหะใช้เวลาในการเก็บข้อมูลเฉลี่ย 4.86 วินาที/ต้น เวอร์เนียสคาลิปเปอร์ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลเฉลี่ย 5.62 วินาที/ต้น และแบนด์เดนโดรมิเตอร์ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลเฉลี่ย 4.00 วินาที/ต้น (Table 1) โดยเวลาจากการเก็บข้อมูลการเติบโตด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ตัดสินใจ และวางแผนในการสำรวจการเติบโตของไม้ในอนาคต รวมถึงใช้คำนวณค่าใช้จ่ายในการทำงานเพื่อปรับลดต้นทุนในการผลิตต่อไป

Table 1 The average time used to store data with the different types of devices.

Measurement device	Small size		Medium size		Large size		Average time
	Sec. tree ⁻¹	DBH	Sec. tree ⁻¹	DBH	Sec. tree ⁻¹	DBH	
Diameter Tape	6.01	4.63	6.27	22.51	5.22	41.23	5.84
Diameter Steel Tape	5.01	4.61	5.26	22.09	4.30	41.22	4.86
Vernier Caliper	4.81	4.47	5.60	21.94	6.46	40.92	5.62
Band Dendrometer	3.37	4.47	3.65	24.17	4.98	40.92	4.00
Average		4.55		22.68		41.07	5.08

หากเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการเติบโตด้วยเครื่องมือต่าง ๆ โดยไม่คำนึงถึงขนาดของต้นไม้ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ตารางความแปรปรวน (ANOVA) พบว่าเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการเติบโตด้วยเครื่องมือต่าง ๆ ใช้เวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($F = 7.814$, $p\text{-value} = 0.000$) จากผลการทดสอบค่าเฉลี่ยแบบคู่ด้วยวิธีของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของการเก็บข้อมูลด้วยแบนด์เดนโดรมิเตอร์และเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลางชนิดโลหะ ใช้เวลาแตกต่างกับการเก็บข้อมูลด้วยเวอร์เนียสคาลิปเปอร์และเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยเครื่องมือที่ใช้เวลาเก็บข้อมูลจากน้อยไปหามากมีลำดับดังนี้ แบนด์เดนโดรมิเตอร์ เทปวัดเส้น

ผ่านศูนย์กลางชนิดโลหะ เวอร์เนียสคาลิปเปอร์ และเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง จากการศึกษารายงานของ Anemaet and Middleton (2013) ระบุว่า ทั้งนี้เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลและประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ใช้อุปกรณ์ส่งผลต่อเวลาในการใช้อุปกรณ์ นอกจากนี้ขนาดของต้นไม้ยังส่งผลต่อเวลาในการใช้อุปกรณ์ด้วยเช่นกัน

การศึกษาค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับติดตามการเติบโตของต้นไม้ต่อหนึ่งชุดอุปกรณ์เท่ากับ 15,782 บาท หากใช้งานอุปกรณ์ในระยะเวลา 30 ปี โดยคิดค่าใช้จ่ายตามอายุของอุปกรณ์ภายในแต่ละส่วน จะมีค่าใช้จ่ายทั้งหมด 95,502 บาท (Table 2)

Table 2 Details of the Automated-dendrometer Prototype.

Part	Internal equipment	Unit	Unit price (baht)	Life time (year)	Required within 30 years	Cost (baht)	Total cost
Sensor Unit	1. 10KOhm slider resistor, 60 mm model	1	340	7	4	1,457	1,987
	2. Aluminum case	1	230	30	1	230	
	3. Metal Spring	1	10	1	30	300	
Control Unit	1. 3V3 ATMEGA328 PROMINI MCU	1	130	5	6	780	16,301
	2. HC-12 433MHz RF transceiver module with antenna	1	210	5	6	1,260	
	3. Assembly board and fixed RTC power-down runtime	1	2,200	7	4	9,429	
	4. LR03 AAA Battery	3	12	0	361	4,337	
	5. CR2032 Li Battery	1	15	2	15	225	
	6. PVC Body	1	135	15	2	270	
Gateway	1. Stand and water proof metal box	1	4,000	15	2	8,000	77,214
	2. 12V 85 Ahr Battery	1	2,500	2	15	37,500	
	3. 4G/3G/GSM Modem router	1	3,500	5	6	21,000	
	4. Raspberry Pi B+ Mini PC with HC-12 433MHz transceiver module with antenna	1	2,500	7	4	10,714	
Total			15,782				95,502

จากการประเมินค่าใช้จ่ายในการสำรวจและติดตามการเติบโตด้วยวิธีการแบบที่นิยมใช้ในปัจจุบัน อ้างอิงจากการทำงานของสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยปัจจุบันสวนป่าทองผาภูมิทำการสำรวจและติดตามการเติบโตของไม้สักทุก 3 ปี โดยการใช้เทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นอุปกรณ์ในการสำรวจ หากคิดพื้นที่ในการสำรวจ 1 ไร่ กำหนดร้อยละการสำรวจเท่ากับ 2.5 (Forest Industry Organization, n.d.) คิดเป็นจำนวนตัวอย่าง 3 ต้นจากต้นไม้ 100 ต้น โดยใช้ระยะปลูก 4×4 เมตร การสำรวจแต่ละครั้งจะใช้จำนวนคนงาน 1

คน ใช้เวลาสำรวจต่อครั้งประมาณ 1 ชั่วโมง (รวมการเดินทาง) เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้วยการสำรวจด้วยวิธีดังกล่าวกับการใช้อุปกรณ์ต้นแบบในพื้นที่ 1 ไร่ จะต้องติดตั้งเซนเซอร์วัดความโต (sensor unit) จำนวน 3 ตัว ส่วนควบคุม (control unit) 1 ชุด และส่วนกระจายสัญญาณ (gateway) 1 ชุด โดยในระยะเวลา 30 ปี พบว่าการสำรวจด้วยวิธีที่ใช้ในปัจจุบันใช้เงินทั้งสิ้น 5,250 บาท และหากลงทุนด้วยเครื่องมือต้นแบบจะต้องใช้เงินทั้งสิ้น 1126,223.60 บาท (Table 3)

Table 3 The summary cost of ordinary method and the proposed prototype.

Items/Expenses (baht)	Ordinary		Prototype	
	Per 1 time	Within 30 years	Per 1 time	Within 30 years
1. Equipment cost				
- Diameter tape lifetime 2 years	300	4,500		
- Use sensor unit 3 unit/rai			15,806	99,476
2 Labor cost (300 baht/8hr.)				
- 1rai use 1 hour, 2 labor	75	750		
- 1st Installation use 4 labor 5 days			6,000	6,000
- Maintenance 1 time per month, 1 day			300	10,800
3. Maintenance fee (10%)				9,947.60
Total		5,250		126,223.60

ในการพัฒนาอุปกรณ์ติดตามการเติบโตอุปกรณ์ใน 1 ชุด มีค่าใช้จ่ายประมาณ 15,782 บาท หากเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของการสำรวจด้วยวิธีใช้แรงงานคนกับการใช้อุปกรณ์ต้นแบบในระยะเวลา 30 ปี พบว่าการสำรวจด้วยวิธีใช้แรงงานคนมีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 5,250 บาท และการลงทุนด้วยเครื่องมือต้นแบบจะใช้งบทั้งหมด 126,223.60 บาท จากการศึกษาค่าใช้จ่าย พบว่าการสำรวจด้วยเครื่องมือต้นแบบยังมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าการสำรวจด้วยวิธีที่ใช้ในปัจจุบันอยู่มาก การวิจัยในอนาคตควรหาวิธีการหรือพัฒนาอุปกรณ์ให้มีค่าใช้จ่ายที่น้อยลง หรือปรับอุปกรณ์ให้มีขนาดเล็กลงใช้งานง่าย มีความสะดวกในการพกพา และต้นทุนไม่สูงมากนัก หากทำได้จะก่อให้เกิดการใช้งานในวงกว้าง

สรุป

จากการศึกษาพบว่า ข้อมูลความเติบโตของต้นไม้ที่สำรวจจากเครื่องมือต้นแบบมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับเครื่องมืออื่น ๆ เพียงแต่ต้นทุนต่อหน่วยยังคงสูงเกินไป ในอนาคตเมื่อราคาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ถูกลงก็มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจทางด้านป่าไม้ และในอนาคตควรพัฒนาต่อออกระบบเพื่อเป็นการสร้างมูลค่าในเชิงพาณิชย์ (commercial value) ที่ทุกสวนป่า

ไม่ว่าจะเป็นสวนป่าสักหรือไม้ชนิดอื่นก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ โดยอุปกรณ์ดังกล่าวจะถูกพัฒนาให้ง่ายต่อการใช้งาน พกพาสะดวก และมีราคาที่ไม่แพง ควรพัฒนาระบบให้อยู่ในลักษณะอุปกรณ์พกพาขนาดเล็ก (compact unit device) ที่สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ทั้งนี้จำเป็นจะต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายภาคส่วน และบูรณาการความรู้ร่วมกับศาสตร์ด้านอื่นด้วย นอกจากนี้ควรเพิ่มระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติหากต้นไม้ใดมีความผิดปกติทางความโต (warning or alert system) เพื่อที่จะได้เข้าไปตรวจสอบได้ทันทั่วทั้งที่ และอาจเพิ่มฟังก์ชันการจัดการสวนป่าว่าต้นไม้ใดควรจะตัดออกในช่วงเวลาใด หากพัฒนาได้เช่นนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากในแง่ของการบริหารจัดการสวนป่าอย่างมีประสิทธิภาพ

คำนิยาม

โครงการวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ทุนสนับสนุนการวิจัยภายใต้แผนงานส่งเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางการยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2562

ขอขอบพระคุณ คุณเสด็จ อุยอวน หัวหน้าสวนป่าทองผาภูมิ คุณประชา ภิญโญ ผู้ช่วยหัวหน้าสวนป่าทองผาภูมิ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จังหวัด

กาญจนบุรี ซึ่งเป็นผู้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการ
ศึกษาวิจัย ตลอดจนที่พัก และการเดินทางเข้าพื้นที่และ
คุณกัญญรัตน์ อินตาพวก คุณอังคณา ทองคำ คุณนิชมน
ปลอดชุม ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

REFERENCES

- Anemaet, E.R. and B.A. Middleton. 2013. Dendrometer
bands made easy: Using modified cable ties
to measure incremental growth of trees.
Applications in Plant Sciences 1(9): 1300044.
- Bobby, D. 2015. **Installation of Traditional Dendrometer
Bands**. Available Source: [https://www.nwrc.
usgs.gov/topics/Dendrometer](https://www.nwrc.usgs.gov/topics/Dendrometer), July 1, 2018.
- Forest Industry Organization. n.d. **Forest Plantation
Survey of the Forest Industry Organization**.
Forest Industry Organization, Bangkok.
- Mahasak, K. n.d. **Internet of Things (IoT)**. Available
Source: [http://203.155.220.230/bmainfo/
data_DDS/document/internet-of-things.pdf](http://203.155.220.230/bmainfo/data_DDS/document/internet-of-things.pdf),
August 20, 2017.
- Mäkinen, H., J.W. Seo, P. Nöjd, U. Schmitt and R.
Jalkanen. 2008. Seasonal dynamics of wood
formation: a comparison between pinning,
microcoring and dendrometer measurements.
European Journal of Forest Research
127(3): 235-245.
-