

การพัฒนาระบบ IoT และฐานข้อมูลสภาพอากาศของสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์ 6 สถานี Development of IoT System and Weather Database for six Forestry Research and Student Training Stations

ปลื้มปิติ จัมนันใจ^{1,2}, ชาคริต ณ ตะกั่วทุ่ง^{1*} และปิยวัฒน์ ดิลกสัมพันธ์¹
Pluempeeti Nguemnanchai^{1,2}, Chakrit Na Takuathung^{1*} and Piyawat Diloksomphan¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900 ประเทศไทย

¹Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

²สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 11 (สุราษฎร์ธานี) กรมป่าไม้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

²Forest Resource Management Office No. 11 (Surat Thani), Royal Forest Department, Surat Thani Province 84000, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: chakrit.n@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 23 มีนาคม 2568

รับแก้ไข 8 พฤษภาคม 2568

รับลงพิมพ์ 14 พฤษภาคม 2568

Received: 23 March 2025

Revised: 8 May 2025

Accepted: 14 May 2025

ABSTRACT

Various forest research and student training stations, operating under the faculty of forestry, have been established across the country, comprising a total of eight stations. These stations play a crucial role in education and research, including ecology and forest plantation planning etc. In order to ensure the accuracy of meteorological information, researchers are required to reference data from nearby weather stations, which means that the data obtained do not represent the station's actual measurements. Therefore, a conceptual framework for this study was developed, with the objectives to develop weather monitoring sensors and an internet of things (IoT) based data transmission system. This would help in the development of a weather measurement database system and with the ability to evaluate the accuracy of the IoT based weather monitoring against the standard instruments at the Had Wanakorn forestry research and student training stations. The IoT sensors would operate in conjunction with the NETPIE cloud server, which serves as an intermediary for transmitting data to the databases and display the information on a web interface. The interface is divided into three modules: general users, who can view weather information; members, who can download weather data; and administrators, who can add, edit or delete both member accounts and station data.

The calibration study between the IoT-based weather monitoring device and the standard instrument model WS-GP1 DELTA-T DEVICE at the Had Wanakorn forestry research and student training stations indicated that, on average, the IoT device exhibited a root mean square error (RMSE) of 5.6 % and the system achieved measurement accuracies of 93.9% for temperature, 91.9% for relative humidity, 96.1% for light intensity, 93.3% for wind speed, and 94.6% for PM2.5 dust concentration.

Keywords: Forestry research and student training station; Internet of things; Database system; Weather

บทคัดย่อ

สถานีวิจัยและฝึคนิสิตวนศาสตร์เป็นหน่วยงานหนึ่งภายใต้คณะวนศาสตร์ ตั้งอยู่ทั่วประเทศ มีจำนวน 8 สถานี มีบทบาทที่สำคัญในการให้บริการการเรียนการสอนและงานวิจัยที่หลากหลาย ทั้งด้านนิเวศวิทยา การวางแผนการปลูกป่า เป็นต้น เพื่อความถูกต้องของข้อมูลสภาพอากาศ นักวิจัยจำเป็นต้องอ้างอิงข้อมูลจากสถานีวัดสภาพอากาศที่อยู่ใกล้เคียงทำให้ข้อมูลที่ได้นั้นไม่ใช่ข้อมูลที่แท้จริงของสถานี ดังนั้น ทำให้มีแนวคิดในการศึกษาครั้งนี้ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศและการส่งข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่ง (internet of things : IoT) เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลวัดสภาพอากาศ และศึกษาความแม่นยำของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐานของสถานีวิจัยและฝึคนิสิตวนศาสตร์หาความคลาดเคลื่อนโดยให้อุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ ทำงานร่วมกับคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (NETPIE) ซึ่งเป็นสื่อกลางในการส่งถ่ายข้อมูลไปยังฐานข้อมูลและนำข้อมูลมาแสดงบนหน้าเว็บไซต์

ผลการศึกษา พบว่า การสอบเทียบระหว่างอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝึคนิสิตวนศาสตร์หาความคลาดเคลื่อน รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE พบว่า โดยเฉลี่ยอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ จำนวน 6 เครื่อง มีค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของอุปกรณ์ (RMSE) ร้อยละ 5.6 และมีความแม่นยำของค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความเร็วลม และปริมาณฝุ่นPM2.5 ร้อยละ 93.9, 91.9, 96.1, 93.3 และ 94.6 ตามลำดับ และหน้าเว็บไซต์จะแบ่งระบบออกเป็น 3 ส่วน คือ ผู้ใช้ทั่วไป เรียกดูข้อมูลสภาพอากาศได้ สมาชิก สามารถดาวน์โหลดข้อมูลสภาพอากาศได้ และผู้ดูแลระบบ สามารถแก้ไข เพิ่ม ลบ ข้อมูลสมาชิกและข้อมูลสถานีได้

คำสำคัญ: สถานีวิจัยและฝึคนิสิตวนศาสตร์ อินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่ง ระบบฐานข้อมูล สภาพอากาศ

คำนำ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพอากาศเพิ่มมากขึ้น เพื่อนำข้อมูลมาใช้ประกอบการพัฒนาประเทศด้านต่าง ๆ เช่น ด้านอุตุนิยมวิทยาใช้พยากรณ์อากาศหรือแจ้งเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ด้านเกษตรกรรมใช้ในการปรับตัวและลดผลกระทบของผลผลิตทางการเกษตร ด้านการคมนาคม ด้านพลังงานทดแทน เป็นต้น ในด้านทรัพยากรป่าไม้ สถานีวิจัยและฝึคนิสิตวนศาสตร์เป็นหน่วยงานหนึ่งภายใต้คณะวนศาสตร์ ตั้งอยู่ทั่วประเทศ มีจำนวนทั้งหมด 6 สถานี มีบทบาทที่สำคัญในการให้บริการการเรียนการสอนและงานวิจัยที่หลากหลาย ทั้งด้านนิเวศวิทยา การวางแผนการปลูกป่า การศึกษาภูมิศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยในแต่ละด้านนั้น ต้องใช้ข้อมูลทางด้านสภาพอากาศมาประกอบการวิเคราะห์งานวิจัย โดยงานวิจัยหลาย ๆ เรื่องต้องใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาหรือสถานีวัดสภาพอากาศพื้นดิน เช่น งานวิจัยเรื่อง การตั้งตัวของพันธุ์ไม้บริเวณรอยต่อป่าดิบเขาระดับต่ำ ใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศตำบลดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ (Hermhuk, 2014) และงานวิจัยเรื่อง การเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในแปลงทดสอบปลูกไม้ รุ่นที่ 2 ใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช (Sungton, 2012) อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาหรือสถานีวัดสภาพอากาศนั้นไม่ใช่ข้อมูลสภาพอากาศที่แท้จริงของสถานีวิจัยคณะวนศาสตร์ เพราะมีระยะห่างของสถานีอุตุนิยมวิทยาหรือสถานีวัดสภาพอากาศห่างจากสถานีวิจัยคณะวนศาสตร์-ทำให้ข้อมูลสภาพอากาศที่ไปใช้อ้างอิงงานวิจัยอาจจะไม่ใช่ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุด

อีกทั้งการที่จะได้ข้อมูลมานั้น ต้องยื่นคำขอและชำระค่าบริการข้อมูลสภาพอากาศ ซึ่งมีหลายขั้นตอน และต้องติดตามสถานะการขอข้อมูลอยู่เสมอ ทำให้เกิดความล่าช้าในการนำข้อมูลไปใช้ได้

อินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่ง (internet of things, IoT) เป็นอุปกรณ์หรือสิ่งของต่าง ๆ ที่มีความสามารถในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อที่จะทำการรับ-ส่งข้อมูลทั้งจากตนเองและแหล่งอื่นมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างประโยชน์และเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการใช้งานนั้น โดยอุปกรณ์นั้นอาจจะประมวลผลข้อมูลด้วยตนเองหรือรับผลการคำนวณจากอุปกรณ์อื่นได้ แล้วส่งต่อข้อมูลมาบางส่วน ของ NETPIE ซึ่งเป็นคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการโดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Jitphomma and Limpornjitwilai, 2020) มีความสามารถในการขยายตัวได้อย่างอัตโนมัติ (auto-scale) ดูแลและซ่อมแซมตัวเองได้โดยไม่ต้องพึ่งผู้ดูแลระบบ รวมไปถึงการรักษาความปลอดภัยในการโอนถ่ายข้อมูล Microgear เป็น Open Source (National Science and Technology Development Agency (NSTDA), 2020)

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็ก ที่มีความสามารถในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลคุณสมบัติต่าง ๆ ของสภาพแวดล้อม เช่น DHT22 เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Temperature & Relative Humidity Sensor) BH1750 เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับวัดความเข้มแสง ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับแสง ใช้งานได้ง่าย Wind Speed Sensor เป็นอุปกรณ์วัดความเร็วลม และ

PMS3003 เป็นอุปกรณ์วัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีเซนเซอร์เหล่านี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น ด้านการเกษตร งานวิจัยเรื่อง อุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูก สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ การเติบโตและความหวาน ได้ใช้เซนเซอร์ DHT22 ตรวจวัด อุณหภูมิและความชื้นที่ส่งผลต่อความหวานของสับปะรดพันธุ์ ปัตตาเวีย (Changniam, 2017) ด้านสิ่งแวดล้อม งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่ใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองและแจ้งเตือนผ่าน ทางแอปพลิเคชัน ได้ใช้เซนเซอร์ PMS3003 และ DHT22 พัฒนาเป็นเครื่องวัดต้นแบบที่สามารถพกพาได้สะดวกในการทำ กิจกรรมกลางแจ้งและส่งข้อมูลแบบตลอดเวลา (real time) ในแอปพลิเคชันได้ (Champa, 2022) เป็นต้น

การศึกษาครั้งนี้มีแนวคิดในการพัฒนาสถานีวัดสภาพ อากาศขนาดเล็กขึ้น เพื่อพัฒนาเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ และการส่งข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่ง (internet of things, IoT) ที่มีราคาถูก ศึกษาความแม่นยำของ อุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐานของ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์หาสวนกร เพื่อให้มีความถูกต้องและแม่นยำ สามารถอำนวยความสะดวกในการใช้งานข้อมูลได้ รวมถึงเพื่อพัฒนาฐานข้อมูลสภาพอากาศ โดยการใช้บอร์ด NodeMCU V2 ESP8266 ร่วมกับอุปกรณ์ เซนเซอร์ต่าง ๆ ส่งข้อมูลผ่านคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (NETPIE) ซึ่งเป็นตัวกลางเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรือในรูปแบบ IoT และสร้างเว็บไซต์ เพื่อรายงานสภาพอากาศปัจจุบันและย้อนหลังได้ตลอดเวลา โดยใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ในการจัดเก็บข้อมูล ย้อนหลัง อำนวยความสะดวกให้สามารถดาวน์โหลดข้อมูล

ไปใช้ทันที โดยไม่ต้องยื่นคำขอข้อมูลสภาพอากาศ เกิดความสะดวกสบาย ง่ายต่อการนำข้อมูลเข้าไปใช้การทำวิจัย หรืองานอื่น ๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาการพัฒนา ระบบ IoT และฐานข้อมูลสภาพอากาศของสถานีวิจัยและฝึกนิสิต วนศาสตร์ 6 สถานี ได้แก่ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์ วังน้ำเขียว สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์ห้วยทาก สถานีวิจัย และฝึกนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร สถานีวิจัยและฝึกนิสิต วนศาสตร์ดอยปุย สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วนศาสตร์ พังงา และสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์ตรวด โดยแบ่งการ วิจัยเป็น 4 ขั้นตอน 1) การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ 2) การออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลสภาพ อากาศ 3) การทดสอบอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ และ 4) การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ โดยมีรายละเอียดและ ขั้นตอนดังต่อไปนี้

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ

การออกแบบอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ เลือกใช้ โปรแกรม Fritzing ซึ่งเป็นโปรแกรมออกแบบวงจรไฟฟ้า สามารถออกแบบหรือแก้ไขชิ้นส่วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้ในการเชื่อมอุปกรณ์ภายในของอุปกรณ์วัดสภาพอากาศ จะประกอบด้วย เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT22) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง (BH1750) เซนเซอร์วัด ความเร็วลม (Wind Speed Sensor) และเซนเซอร์วัดปริมาณ ฝุ่น PM2.5 (PMS3003) กับบอร์ด NodeMCU V2 ESP8266 (Figure 1) จากนั้นจะทำการส่งค่าที่วัดได้ทั้งหมดไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วส่งข้อมูลไปยังคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (NETPIE)

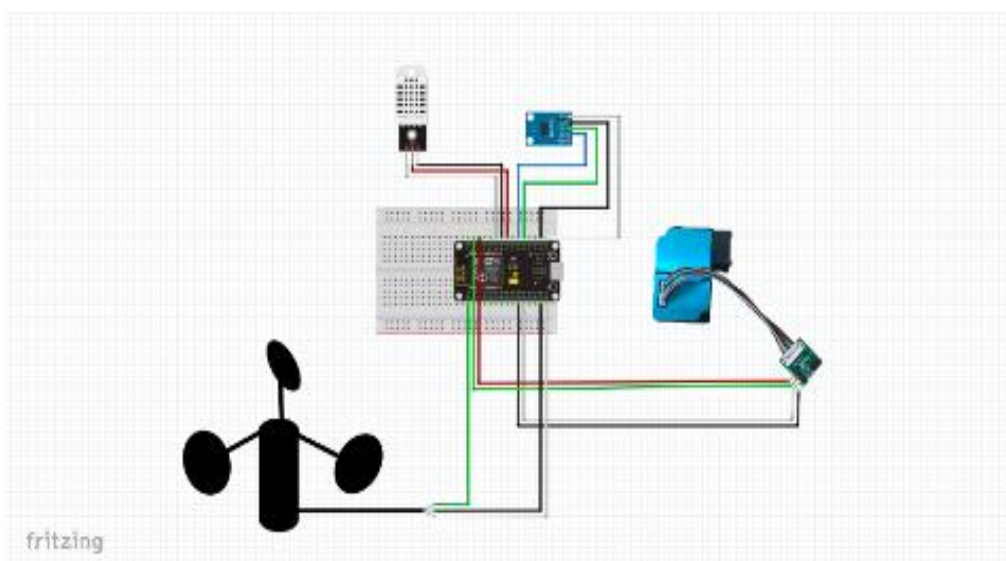


Figure 1 Fritzing hardware for device design

จากการออกแบบอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ส่วนควบคุม (control unit) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยัง NETPIE วัสดุห่อหุ้มใช้วัสดุ PVC เพื่อกันน้ำ ประกอบด้วย NodeMCU V2 ESP8266 และตัวกระจายสัญญาณ Wi-Fi ด้วย Air Card ซึ่งจะติดตั้งอยู่บนท่อ PVC ที่มีความหนา 1 นิ้ว มีความสูงจากพื้นดิน 2 เมตร (Bramer *et al.*, 2018) 2) ส่วนของเซนเซอร์วัดสภาพอากาศ โดยวัสดุที่ใช้ห่อหุ้มจะแตกต่างกันไป ได้แก่ (1) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น มีลักษณะเป็นรูปทรงลูกบาศก์โดยมีความสูงจากเซนเซอร์ 15 เซนติเมตร

(Bramer *et al.*, 2018) และมีช่องว่างเพื่อให้อากาศสามารถเข้าไปได้ (2) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง มีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมโปร่งแสง มีความสูงจากเซนเซอร์ 10 เซนติเมตร (3) เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นเป็นทรงสี่เหลี่ยม เจาะรูเพื่อให้อากาศสามารถเข้าไปได้ และ (4) เซนเซอร์วัดความเร็วลมมีความสูงอยู่ที่ระยะ 1.75 เมตร (Figure 2) นอกจากนี้ยังใช้สารดูดความชื้นใส่ไว้กับเซนเซอร์ต่าง ๆ ยกเว้น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ส่วนตำแหน่งในการวางของเซนเซอร์อื่น ๆ จะอ้างอิงเซนเซอร์วัดสภาพอากาศในสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์หาวนกรรุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE

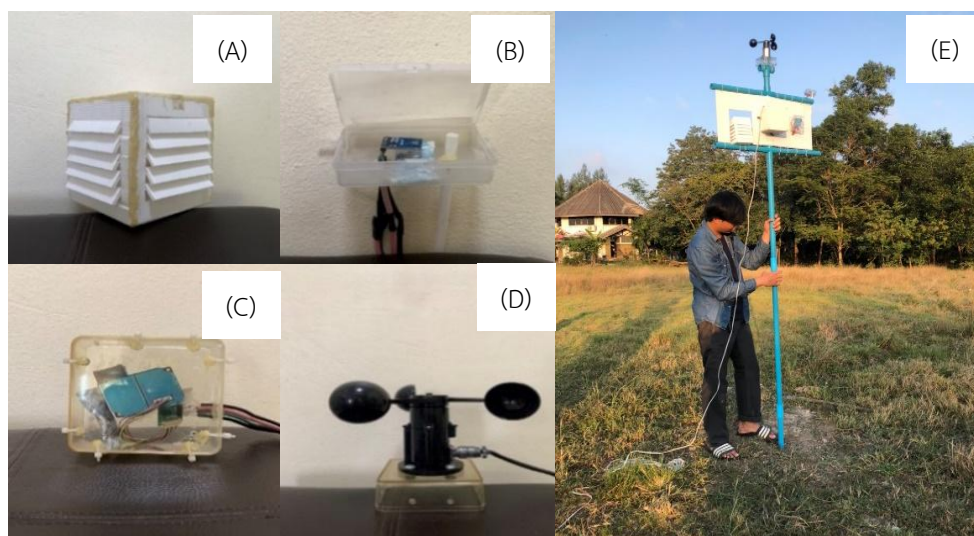


Figure 2 Depiction of (A) Temperature sensor (B) Light intensity (C) dust sensor (D) Wind speed sensor (E) The IoT Weather Monitoring devices

หลักการทำงานของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ กล่าวคือ เมื่อเสียบปลั๊กอุปกรณ์แล้ว ระบบจะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wi-Fi) โดยใช้ชื่อและรหัสของอินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wi-Fi) นั้น เมื่อเชื่อมต่อแล้ว ระบบจะทำการเชื่อมต่อ ClientID Token และ Secret ของคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (NETPIE) จากนั้นระบบจะอ่านค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT22) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง (BH1750) เซนเซอร์วัดความเร็วลม (wind speed sensor) และเซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่น PM2.5 (PMS3003) แล้วส่งข้อมูลไปยังคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (NETPIE) ทุก ๆ 15 วินาที แต่ถ้าหากระบบไม่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wi-Fi) หรือไม่สามารถเชื่อมต่อกับคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (NETPIE) หรือ ไม่สามารถอ่านค่าที่วัดได้ ระบบจะเชื่อมต่อใหม่อีกครั้ง (Figure 3)

การออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลวัดสภาพอากาศ

การออกแบบและการพัฒนาฐานข้อมูลสภาพอากาศสามารถออกแบบเว็บไซต์ได้โดยแบ่งฐานข้อมูลที่แสดงบน

เว็บไซต์ 3 ส่วน ประกอบด้วย ฐานข้อมูลของสมาชิก ฐานข้อมูลสภาพอากาศ และฐานข้อมูลสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์ 6 สถานี ซึ่งจะใช้ภาษา PHP ในการบันทึกข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมง และจะแสดงข้อมูลสภาพอากาศแบบตลอดเวลา (real time) บนหน้าเว็บไซต์ทุก ๆ 15 วินาที ใช้ภาษา JavaScript ในการแสดงค่าสภาพอากาศบนหน้าเว็บไซต์ และการตกแต่งหน้าเว็บไซต์จะเป็นภาษา PHP, HTML, CSS และ Bootstrap โดยการบันทึกข้อมูลสภาพอากาศจะเริ่มต้นขึ้นเมื่อมีข้อมูลจาก NETPIE ที่ส่งมายังฐานข้อมูล ระบบจะทำการอัปเดตข้อมูลไปยังฐานข้อมูลที่มีชื่อว่า Weather เมื่อมีผู้ต้องการดาวน์โหลดข้อมูล หน้าเว็บไซต์จะตรวจสอบผู้ใช้งานเป็นสมาชิกหรือไม่ และเมื่อตรวจสอบแล้ว ระบบจะอนุญาตให้ผู้ใช้ที่เป็นสมาชิกเท่านั้นที่สามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้ หากต้องการเพิ่ม แก้ไข ลบ สถานีวิจัยหรือสมาชิก ระบบจะอนุญาตให้ผู้ใช้ที่เป็นผู้ดูแลระบบเท่านั้นที่สามารถเพิ่ม แก้ไข หรือลบ ข้อมูลสถานีวิจัยหรือข้อมูลสมาชิกได้ (Figure 4)

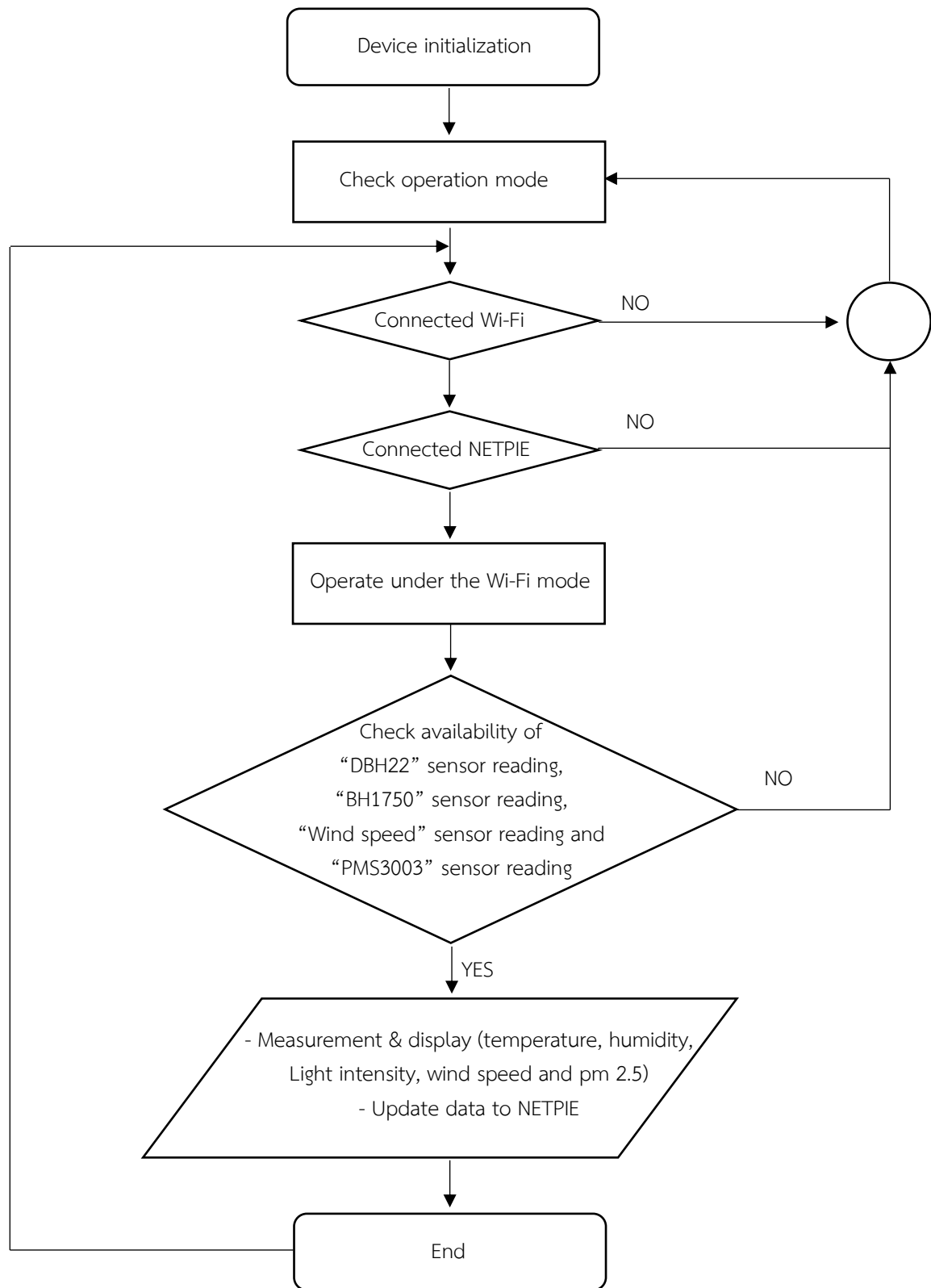


Figure 3 Operating Principles of the IoT weather Monitoring devices

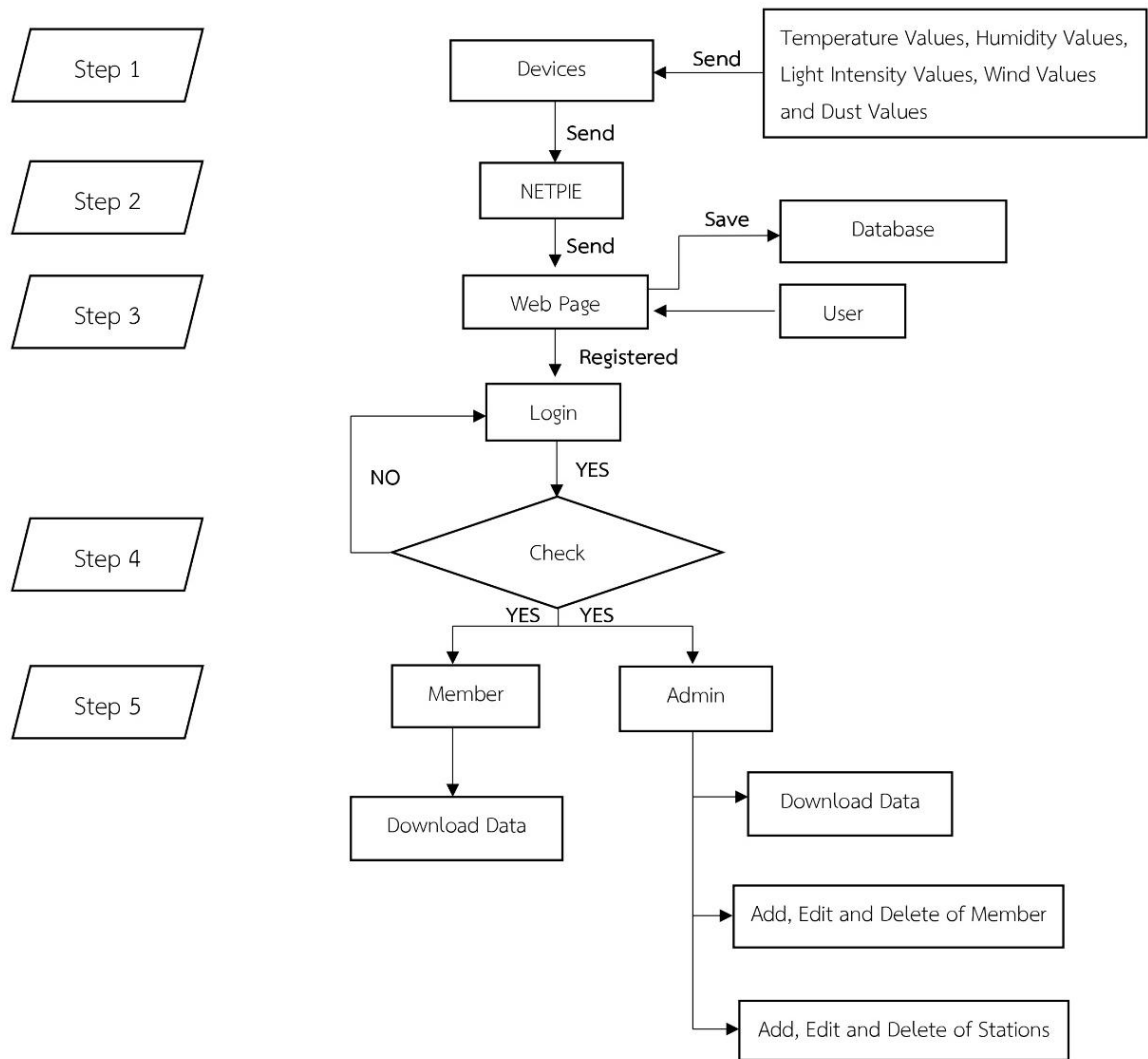


Figure 4 A working diagram for the website interface

การทดสอบความแม่นยำและการเก็บข้อมูล

ทดสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ จำนวน 6 เครื่อง โดยสอบเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานของ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์หาสวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE ระยะเวลา 1 เดือน ระหว่างวันที่ 16 มกราคม – 16 กุมภาพันธ์ 2565 (Figure 5)

สำหรับการเก็บข้อมูลความถูกต้องของค่าอุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง ความเร็วลม และปริมาณฝุ่น PM2.5

อุปกรณ์จะบันทึกข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 1 เดือน ทำให้ได้ค่าสภาพอากาศอย่างละ 720 ค่า โดยจะนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้ พัฒนา อุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศขึ้นมาจำนวน 6 เครื่อง เพื่อไปติดตั้งตามสถานที่ที่กำหนดไว้ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ประกอบขึ้นจากวัสดุที่เหมือนกันทุกประการ เพื่อไม่ให้มีความคลาดเคลื่อนที่ต่างกันเกินไป



Figure 5 Testing the IoT weather Monitoring devices at the Had Wanakorn Forestry Research and Student Training Station

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนระหว่างเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE กับอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD) และหาราคากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error) โดยมีสูตรดังนี้ (Phakdisirom and Phatcharawongsakda, 2021)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (\hat{Y}_t - Y_t)^2}$$

เมื่อ Y_t คือ ข้อมูลของเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE ณ เวลา t

$\hat{Y}_t$ คือ ข้อมูลของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ ณ เวลา t

n คือ จำนวนตัวอย่าง

วิเคราะห์สอบเทียบระหว่างเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE กับอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง หาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear correlation) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาการพัฒนาระบบ IoT และฐานข้อมูลวัดสภาพอากาศของสถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์ 6 สถานี โดยแบ่งการผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลการทดสอบอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศและผลการพัฒนาฐานข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการทดสอบอุปกรณ์วัดสภาพอากาศ

จากการทดสอบของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ โดยจะแบ่งผลการทดสอบความแม่นยำออกเป็น 5 แบบ คือ อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มของแสง ความเร็วลม และปริมาณฝุ่น PM2.5 ดังนี้

ผลการทดสอบค่าอุณหภูมิ

จากการเก็บข้อมูลครั้งนี้ เมื่อนำค่าอุณหภูมิจากเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE และอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง สามารถนำมาวิเคราะห์สถิติอย่างสังเขปได้ดัง Table 1

จาก Table 1 สังเกตได้ว่าค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 19.2 – 38.1 องศาเซลเซียส ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 26.9 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.9 ซึ่งความคลาดเคลื่อนค่าอุณหภูมิของอุปกรณ์ทั้ง 7 เครื่อง มีค่าใกล้เคียงกัน ดัง Table 2

Table 1 Statistical data related to temperature measurement

Devices	Minimum	Maximum	Mean	S.E.	S.D.
Base	19.8	36.1	27.0	0.2	4.5
1	19.6	37.9	28.1	0.2	4.9
2	19.3	36.9	26.6	0.2	4.9
3	19.3	37.0	26.8	0.2	4.9
4	19.4	36.9	26.8	0.2	4.9
5	19.2	38.0	26.6	0.2	4.9
6	19.2	38.1	26.7	0.2	4.9
Total	19.2	38.1	26.9	0.2	4.9

Table 1 The root mean square error (RMSE) of temperature values

Error	Devices					
	1	2	3	4	5	6
RMSE	1.61	1.37	1.34	1.37	1.36	1.29

จาก Table 2 พบว่า ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง เมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝึคนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE มีค่าใกล้เคียงกัน โดยอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง มีค่า RMSE อยู่ในช่วงระหว่าง 1.29 – 1.61 ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sornjapo (2021) ที่ได้ทำการศึกษเปรียบเทียบความถูกต้องและความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิสภาพอากาศ สำหรับงาน IoT ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน ที่พบว่า ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์ DHT22 มีความคลาดเคลื่อน ± 1 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้วัดอุณหภูมิที่อยู่ในอากาศได้ ทั้งนี้ถ้าต้องการหาความแม่นยำและสูตรที่ใช้ในการปรับแก้ของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ จะต้องไปนำวิเคราะห์สอบเทียบระหว่างเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝึคนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE กับอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศทั้ง 6 เครื่อง หาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear correlation) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear correlation) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ระหว่างค่าอุณหภูมิ จากอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝึคนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE พบว่าค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ และเครื่องวัด

มาตรฐาน มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ตาม Figure 6 และเมื่อวิเคราะห์ความแม่นยำหรือ R^2 พบว่ามีความแม่นยำอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 92.7 – 94.12 ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับ Meesit *et al.* (2023) ได้ศึกษา การพัฒนาเครื่องบันทึกเพื่อตรวจติดตามอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเลี้ยงไหมพันธุ์พื้นบ้านพบว่า ความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นมีความถูกต้องประมาณร้อยละ 94 ดังนั้นอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศที่อ่านค่าอุณหภูมิสามารถนำไปใช้วัดอุณหภูมิที่อยู่ในกลางแจ้งได้เลย โดยไม่ต้องปรับแก้สูตรในการวัดหรือถ้าต้องการให้อุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศมีความแม่นยำถูกต้องมากยิ่งขึ้น สามารถนำสมการตาม Figure 7 มาใช้ในการคำนวณปรับแก้สูตรได้

ผลการทดสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์

จากการเก็บข้อมูลครั้งนี้ เมื่อนำค่าความชื้นสัมพัทธ์จากเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝึคนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE และอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง สามารถนำมาวิเคราะห์สถิติอย่างสังเขปได้ดัง Table 3

จาก Table 3 สังเกตได้ว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงระหว่าง 47–100 เปอร์เซ็นต์ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 79.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.3 ซึ่งค่าความชื้นของอุปกรณ์ทั้ง 7 เครื่อง มีความใกล้เคียงกัน ดัง Table 4

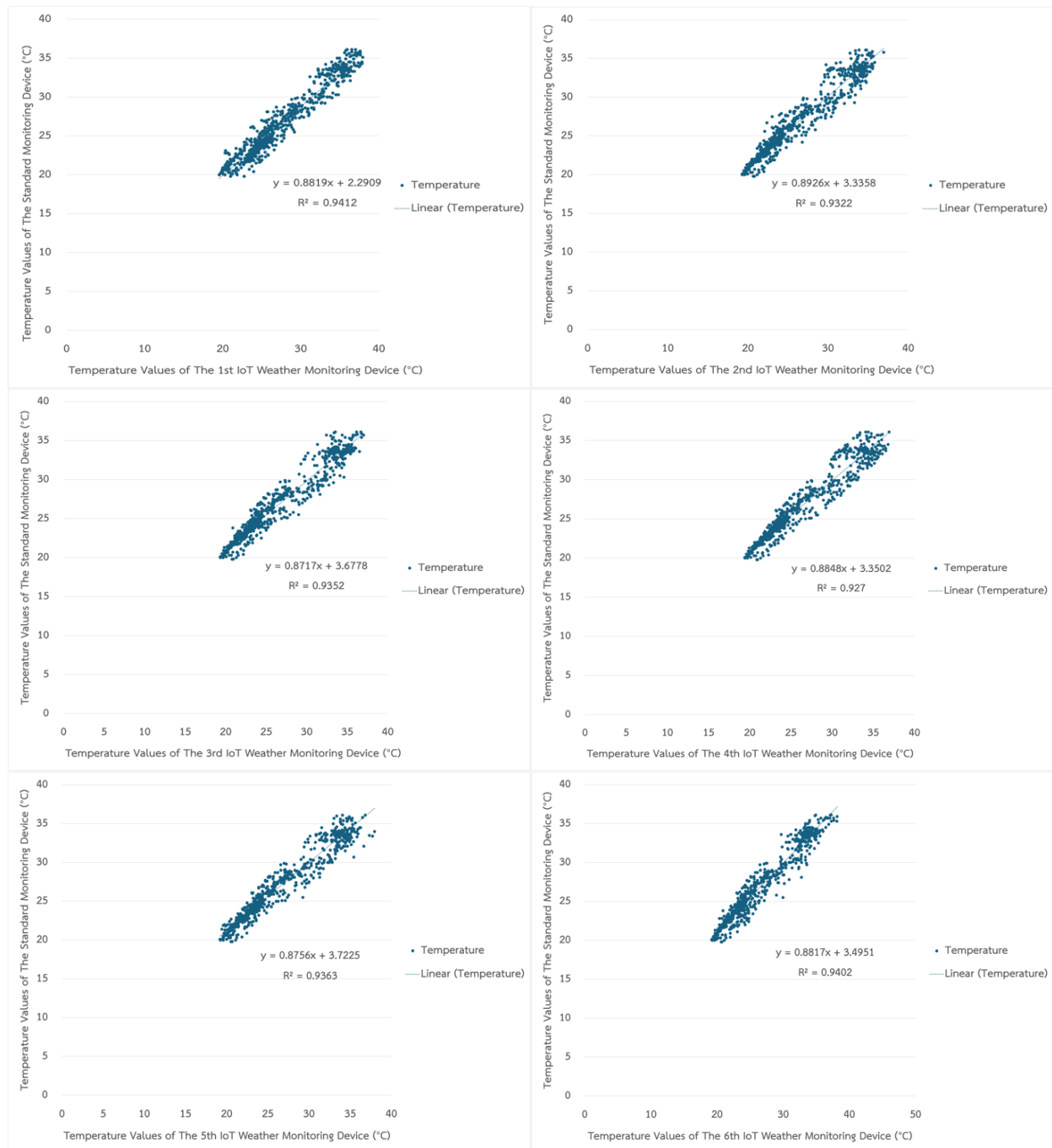


Figure 6 Relationship between temperature values of the standard Monitoring device and the IoT Weather Monitoring device

Table 3 Statistical data related to the measured humidity values

Devices	Minimum	Maximum	Mean	S.E.	S.D.
1	51.3	100.00	80.0	0.5	13.8
2	47.7	99.9	76.1	0.5	13.1
3	51.9	95.7	79.9	0.5	13.0
4	51.4	97.6	79.5	0.5	12.8
5	51.3	99.9	81.5	0.5	13.9
6	49.8	98.9	79.7	0.5	12.8
6	49.8	96.2	79.8	0.5	13.0
Total	47.7	100.0	79.5	0.2	13.3

Table 4 The root mean square error (RMSE) of humidity values

Error	Devices					
	1	2	3	4	5	6
RMSE	5.3	4.1	4.2	4.2	4.1	3.9

จาก Table 4 พบว่า ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง เมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์หาสวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE มีค่าใกล้เคียงกัน โดยอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง มีค่า RMSE อยู่ในช่วงระหว่าง 3.9 – 5.3 ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับ Koestoer *et al.* (2019) ที่ได้ศึกษา การเปรียบเทียบเซนเซอร์วัดความชื้นด้วย DHT22 ของภูมิอากาศเขตร้อนชื้นด้วย ระบบเก็บข้อมูล Arduino พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์ DHT22 อยู่ที่ 3.2 – 4 เปอร์เซ็นต์ และสอดคล้องกับ Trihajindarat and Panjad (2016) ที่ได้ศึกษา อินเทอร์เน็ตกับทุกสิ่งของสวนอัจฉริยะ พบว่า ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์ DHT22 มีความคลาดเคลื่อน อยู่ที่ ± 3.2 ซึ่งค่าผลที่ได้ใกล้เคียงกับค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งถ้าต้องการหาความแม่นยำและสูตรที่ใช้ในการปรับแก้ของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ จะต้องไปนำวิเคราะห์สอบเทียบระหว่างเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์หาสวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE กับอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง หาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear correlation) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear correlation) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ระหว่างค่าความชื้นสัมพัทธ์ จากอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ จำนวน 6 เครื่อง เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์หาสวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE

พบว่า ค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศและเครื่องวัดมาตรฐาน มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ตาม Figure 7 และเมื่อวิเคราะห์ความแม่นยำ หรือ R^2 พบว่ามีความแม่นยำอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 91.13 – 93.38 ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับ Meesit *et al.* (2023) ได้ศึกษา การพัฒนาเครื่องบันทึกเพื่อตรวจติดตามอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเลี้ยงไหมพันธุ์พื้นบ้าน พบว่า ความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นมีความถูกต้องประมาณร้อยละ 94 ดังนั้นอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศที่อ่านค่าอุณหภูมิสามารถนำไปใช้วัดความชื้นสัมพัทธ์ที่อยู่ในกลางแจ้งได้เลย โดยไม่ต้องปรับแก้สูตรในการวัด หรือถ้าต้องการให้อุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศมีความแม่นยำถูกต้องมากยิ่งขึ้น สามารถนำสมการตาม Figure 7 มาใช้ในการคำนวณปรับแก้สูตรได้

ผลการทดสอบความเข้มแสง

จากการเก็บข้อมูลครั้งนี้ เมื่อนำค่าความเข้มแสงจากเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์หาสวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE และอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง สามารถนำมาวิเคราะห์สถิติอย่างสังเขปได้ ดัง Table 5

จาก Table 5 สังเกตได้ว่าค่าความเข้มแสงอยู่ในช่วงระหว่าง 0 – 80 วัตต์/ตารางเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 18.6 วัตต์/ตารางเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 28.0 ซึ่งค่าความเข้มแสงของอุปกรณ์ทั้ง 7 เครื่อง มีความแตกต่างกันมาก ดัง Table 6

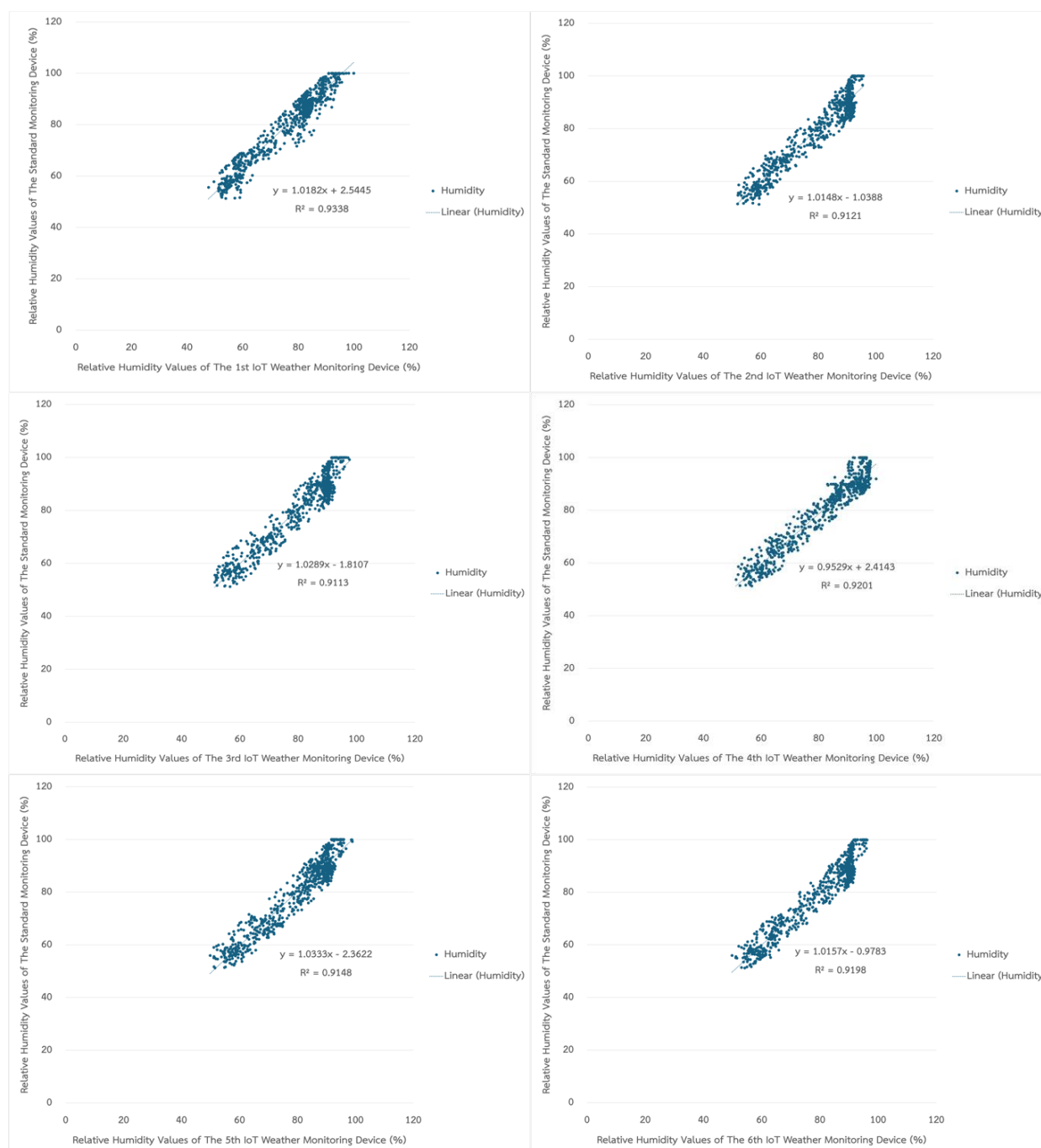


Figure 7 Relationship between relative humidity values of the standard Monitoring device and the IoT Weather Monitoring device

Table 5 Statistical data related to Light Intensity values

Device	Minimum	Maximum	Mean	S.E.	S.D.
base	0.0	48.0	10.0	0.6	15.9
1	0.0	80.0	19.8	1.1	29.1
2	0.0	80.0	19.7	1.1	29.0
3	0.0	80.0	20.3	1.1	29.0
4	0.0	80.0	20.4	1.1	29.7
5	0.0	80.0	20.8	1.1	30.0
6	0.0	80.0	19.3	1.1	28.8
Total	0.00	80.0	18.6	0.4	28.0

Table 6 The root mean square error (RMSE) of measured light intensity values

Error	Devices					
	1	2	3	4	5	6
RMSE	16.7	16.7	17.2	17.8	18.3	16.4

จาก Table 6 พบว่า ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง เมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝักินสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE มีค่าใกล้เคียงกัน โดยอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง มีค่า RMSE อยู่ในช่วงระหว่าง 16.4 – 18.3 ผลการศึกษาค้นนี้ไม่สอดคล้องกับ Siriborrirak (2018) ที่ได้ศึกษา พัฒนากล้องถ่ายภาพดิจิทัลในตรวจจับยาอัตโนมัติเพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์ของยารูปแบบเม็ดและแคปซูลในประเทศไทยพบว่า ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ ความเข้มแสง (BH1750) มีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ ± 50 ลักซ์ ซึ่งแปลงเป็นวัตต์/ตารางเมตร ได้ประมาณ 0.0357 วัตต์/ตารางเมตร ไม่สอดคล้องกับ Sirithong and Katathikarnkul (2014) ที่ได้ศึกษา การออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดความส่องสว่างพบว่า ความคลาดเคลื่อนของ GY-302 หรือ BH1750 มีความคลาดเคลื่อนสูงสุด เท่ากับ ± 4.53 ดังนั้นต้องปรับแก้ค่าให้ให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยลง ซึ่งถ้าต้องการหาความแม่นยำและสูตรที่ใช้ในการปรับแก้ของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจะต้องไปนำวิเคราะห์หาค่าเทียบระหว่างเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝักินสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE กับอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ จำนวน 6 เครื่อง หาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear correlation) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

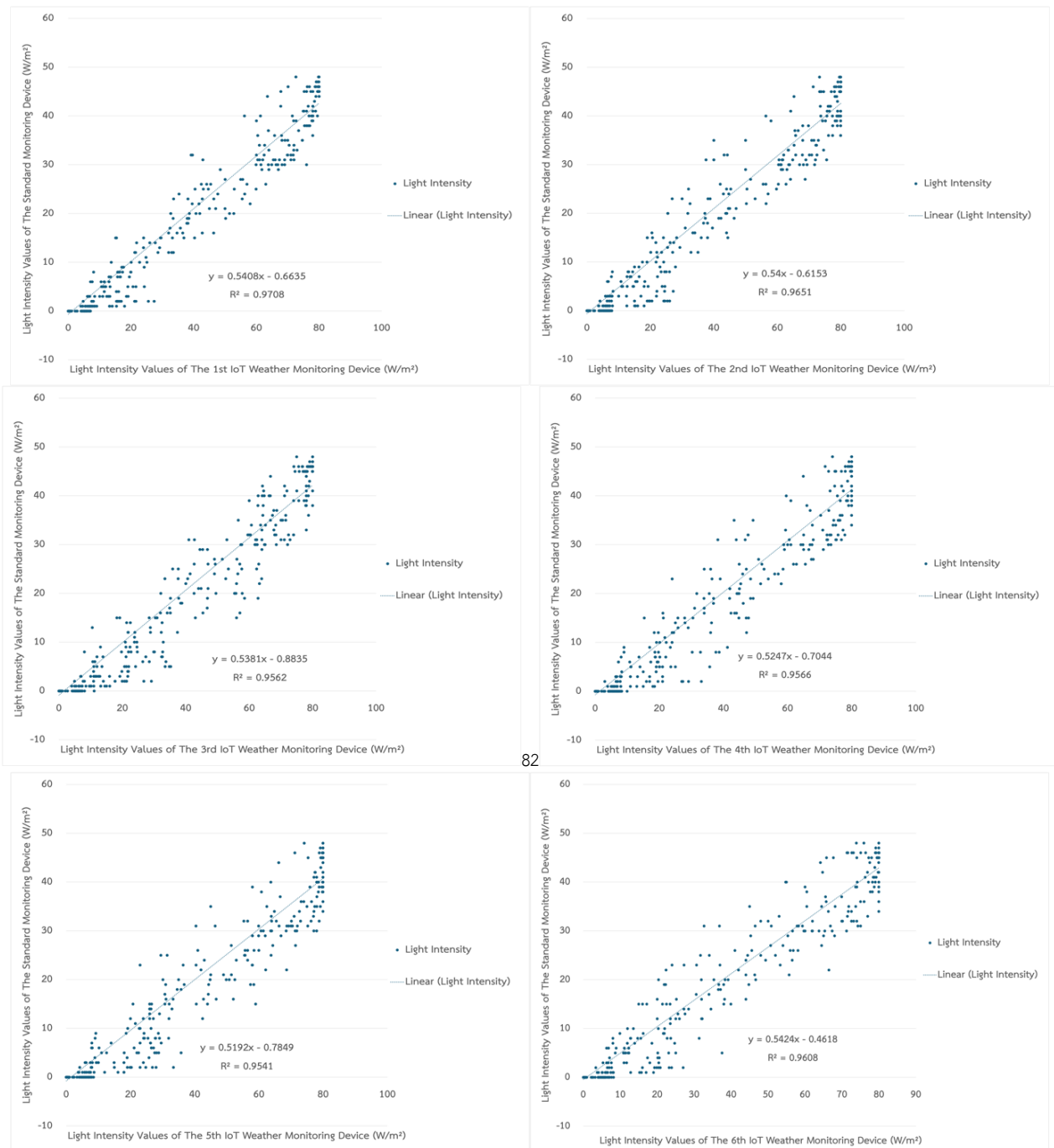
เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear correlation) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ระหว่างค่าความเข้มแสงของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ จำนวน 6 เครื่อง เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและ

ฝักินสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE พบว่า ค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ และเครื่องวัดมาตรฐาน มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันโดยมีค่าสหสัมพันธ์ตาม Figure 8 และเมื่อวิเคราะห์ความแม่นยำ หรือ R^2 พบว่า มีความแม่นยำอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 95.41 – 97.08 ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับ Choosri and Solos (2023) ได้ศึกษา การพัฒนาเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดปริมาณแสงสีฟ้าจากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศพบว่า ความแม่นยำ หรือ R^2 ของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง (BH1750) ร้อยละ 99 ดังนั้นอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศที่อ่านค่าอุณหภูมิสามารถนำไปใช้วัดความเข้มแสงที่อยู่ในกลางแจ้งได้เลย โดยไม่ต้องปรับแก้สูตรในการวัด หรือถ้าต้องการให้อุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศมีความแม่นยำถูกต้องมากยิ่งขึ้น สามารถนำสมการตาม Figure 8 มาใช้ในการคำนวณปรับแก้สูตรได้

ผลการทดสอบค่าความเร็วลม

จากการเก็บข้อมูลครั้งนี้ เมื่อนำค่าความเร็วลมจากเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝักินสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE และอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ จำนวน 6 เครื่อง สามารถนำมาวิเคราะห์สถิติอย่างสังเขปได้ดัง Table 7

จาก Table 7 สังเกตได้ว่าค่าความเร็วลมอยู่ในช่วงระหว่าง 0.3 – 6.1 เมตร/วินาที ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.4 เมตร/วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.2 เมตร/วินาที ซึ่งค่าความเร็วลมของอุปกรณ์ทั้ง 7 เครื่อง ความใกล้เคียงกันดัง Table 8



82

Figure 8 Relationship between intensity values of the standard monitoring device and the IoT weather monitoring device

Table 7 Statistical data relate to wind speed values

devices	Minimum	Maximum	Mean	S.E.	S.D.
base	0.3	5.7	1.2	0.0	1.2
1	0.3	6.0	1.3	0.0	1.3
2	0.3	6.0	1.5	0.0	1.2
3	0.3	5.9	1.4	0.0	1.2
4	0.3	6.1	1.5	0.0	1.2
5	0.3	6.1	1.6	0.0	1.2
6	0.3	5.8	1.5	0.0	1.2
Total	0.3	6.1	1.4	0.1	1.2

Table 8 The root mean square error (RMSE) of measured Wind Speed values

Error	Devices					
	1	2	3	4	5	6
RMSE	0.3	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4

จาก Table 8 พบว่า ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง เมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE มีค่าใกล้เคียงกัน โดยอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง มีค่า RMSE อยู่ในช่วงระหว่าง 0.3 – 0.5 ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Rukkhom and Khamruean (2017) ที่ทำการศึกษา การพัฒนาระบบบันทึกข้อมูลและแสดงผลข้อมูลภูมิอากาศผ่านระบบสื่อสารไร้สายซิกบี พบว่าความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์วัดความเร็วลมอยู่ที่ ± 1.95 เมตรต่อวินาที ซึ่งถ้าต้องการหาความแม่นยำและสูตรที่ใช้ในการปรับแก้ของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ จะต้องไปนำวิเคราะห์สอบเทียบระหว่างเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE กับอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ จำนวน 6 เครื่อง หาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear correlation) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear correlation) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ระหว่างค่าความเร็วลม จากอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ จำนวน 6 เครื่อง เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE พบว่า ค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ และเครื่องวัดมาตรฐาน มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยมี

ค่าสหสัมพันธ์ตาม Figure 9 และเมื่อวิเคราะห์ความแม่นยำหรือ R^2 พบว่ามีความแม่นยำอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 92.48 – 94.27 ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Mardiyono *et al.* (2018) ได้ศึกษา ระบบตรวจสอบความเร็วลมและการแจ้งเตือนโดยใช้เซนเซอร์และการพยากรณ์อากาศ พบว่า เซนเซอร์วัดความเร็วลมมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 4.4 ซึ่งมีความแม่นยำร้อยละ 95.4 ดังนั้นอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศที่อ่านค่าความเร็วลมสามารถนำไปใช้วัดความเร็วลมที่อยู่ในกลางแจ้งได้เลย โดยไม่ต้องปรับแก้สูตรในการวัด หรือถ้าต้องการให้อุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศมีความแม่นยำถูกต้องมากยิ่งขึ้น สามารถนำสมการตาม Figure 9 มาใช้ในการคำนวณปรับแก้สูตรได้

ผลการทดสอบค่าปริมาณฝุ่น PM2.5

ผลการทดสอบความแม่นยำของค่าปริมาณฝุ่น พบว่าไม่สามารถทดสอบความแม่นยำได้ เนื่องจากเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE ไม่มีเซนเซอร์ตรวจวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 จึงไม่สามารถวิเคราะห์ความแม่นยำของเซนเซอร์ได้ ซึ่ง Kruertong (2023) ได้ศึกษา การเพิ่มความแม่นยำให้เซนเซอร์วัดฝุ่นละออง PM2.5 โดยใช้ความฉลาดทางการคำนวณ พบว่า เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่น รุ่น PMS3003 มีความแม่นยำร้อยละ 94.63 ดังนั้น เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นรุ่น PMS3003 ของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ จำนวน 6 เครื่อง ที่พัฒนาขึ้นนั้น มีความแม่นยำประมาณร้อยละ 94.63

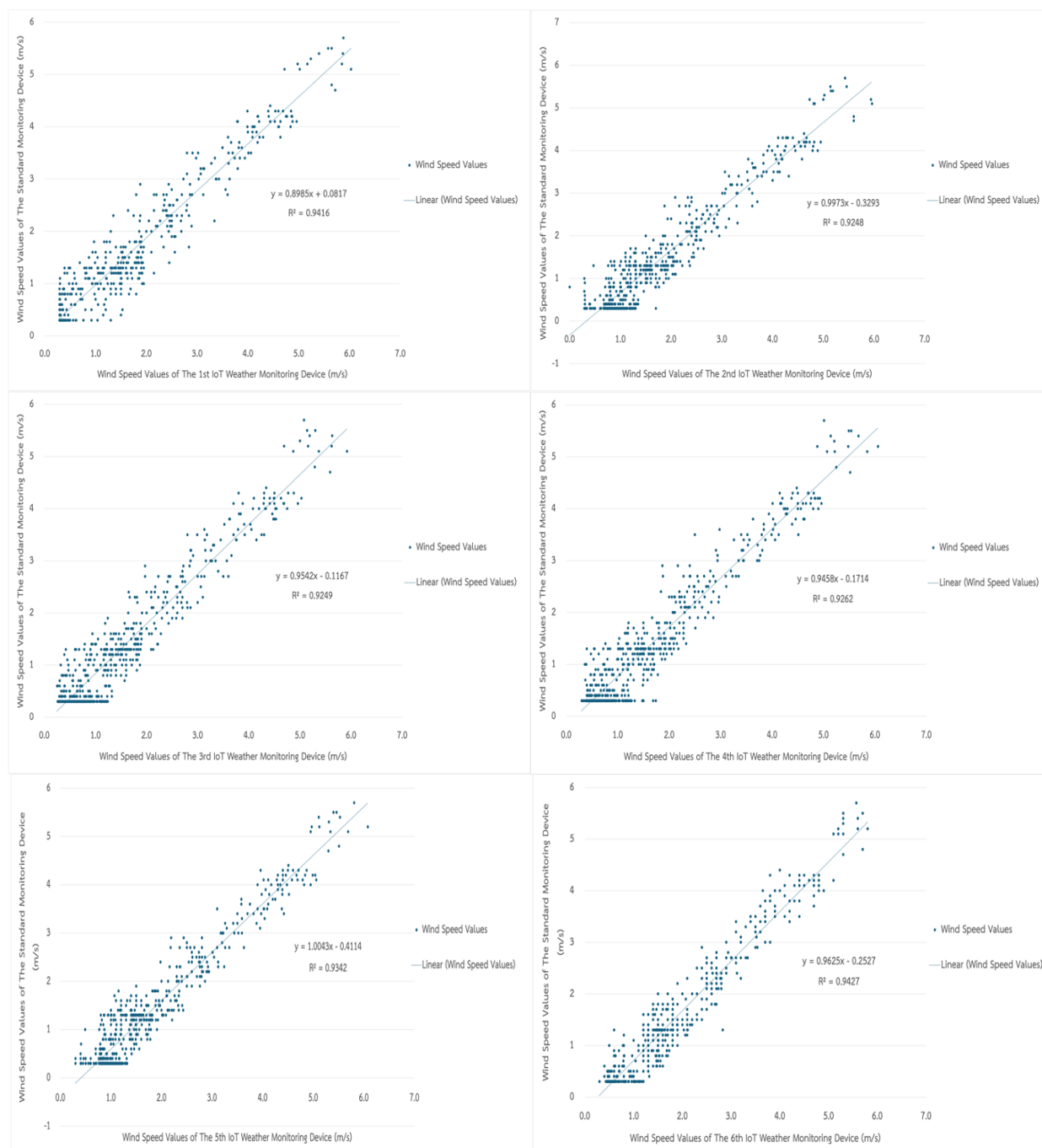


Figure 9 Relationship between wind speed values of the standard Monitoring device and the IoT Weather Monitoring device

ผลการพัฒนาระบบฐานข้อมูล

การทำงานของหน้าเว็บไซต์วัดสภาพอากาศ จะแบ่งลักษณะการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ ผู้ใช้ทั่วไป สมาชิก และผู้ดูแลระบบ โดยแต่ละส่วนจะมีสิทธิที่เข้าใช้แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนผู้ใช้ทั่วไป เมื่อผู้ใช้ทั่วไปเรียกใช้งานหน้าเว็บไซต์ของเว็บไซต์สภาพอากาศของสถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์ 6 สถานี ผ่านลิงค์ <https://forestweatherstations.site> จะเข้าสู่หน้าแรกเป็นการแนะนำข่าวสาร (Figure 10 (A))

หน้าต่อมาจะเป็นหน้าแผนที่แสดงตำแหน่งของสถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์และข้อมูลสภาพอากาศทั้ง 6 สถานี (Figure 10 (B)) และจะมีตัวเลือกเข้าไปสู่หน้าสถานีต่าง ๆ หน้าถัดมาเมื่อคลิกเข้าไปสถานีใดสถานีหนึ่งจะปรากฏหน้าของสถานีที่เลือก ในส่วนของหน้านี้จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ แสดงแถบเมนูและภาพของสถานีต่าง ๆ แสดงข้อมูลสภาพอากาศ ณ เวลานั้น (Figure 10 (C)) แสดงข้อมูลกราฟแสดงสภาพอากาศ (Figure 10 (D)) ตามลำดับ หากต้องการเลือกข้อมูลระหว่างช่วงเวลา สามารถคลิกปุ่มแสดงกราฟ

เพิ่มเติม (สีแดง) ในส่วนของ Figure 10(D) และเลือกช่วงเวลาที่ต้องการทราบ แล้วจะปรากฏข้อมูลดังช่วงเวลานั้น ๆ

ในส่วนของผู้ใช้ต้องการเข้าระบบก่อนถึงจะสามารถเข้าระบบได้ โดยมีหน้าเข้าสู่ระบบ ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านเข้าไป ถ้าหากยังไม่ได้เป็นสมาชิกสามารถลงทะเบียนเป็นสมาชิกได้ โดยกรอกข้อมูล ชื่อผู้ใช้ อีเมล รหัสผ่านและรหัสผ่านยืนยัน และเมื่อเข้าสู่ระบบจะสามารถดาวน์โหลดข้อมูล โดยกดตรงปุ่มดาวน์โหลด เมื่อกดปุ่มแล้วจะปรากฏหน้า

ดาวน์โหลดข้อมูล โดยสามารถเลือกสถานีวิจัยที่ต้องการดาวน์โหลดและช่วงวันที่ที่ต้องการดาวน์โหลด (Figure 11)

ในส่วนของผู้ดูแลระบบ หน้าของแผนที่จะแตกต่างจากหน้าของผู้ใช้ทั่วไปและสมาชิกโดยจะมีปุ่มตัวเลือก แก้ไขข้อมูลและเมื่อกดปุ่มเข้าไปแล้วจะปรากฏหน้าแก้ไขข้อมูลสถานีขึ้น โดยหน้านี้จะสามารถเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลของสถานีได้ และเมื่อกดปุ่มแก้ไขข้อมูลสมาชิก ขึ้นมาที่หน้าแผนที่ คือการเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลของสถานีวัดสภาพอากาศและข้อมูลสมาชิก (Figure 12)

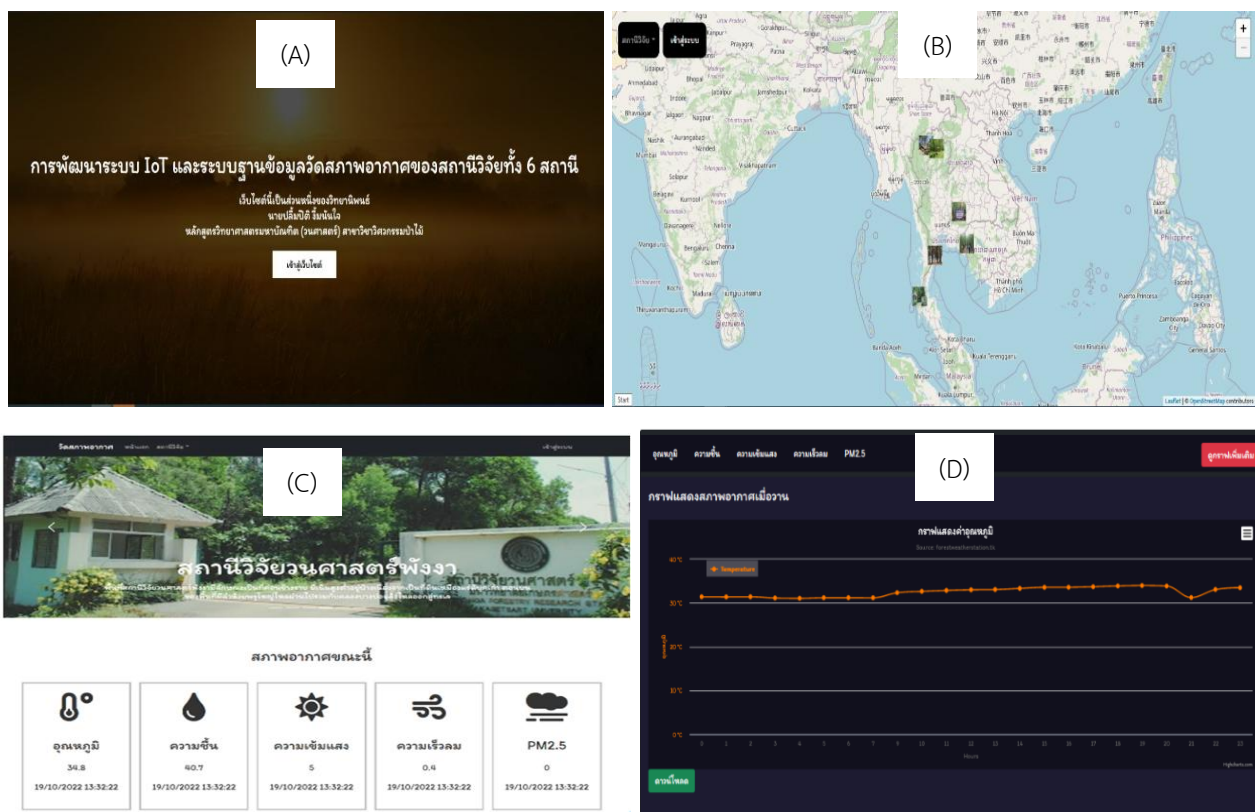


Figure 10 (A) Home page, (B) Map of Forestry Research Station, (C) Weather now of Forestry Research Station, and (D) Graph of measured weather variables

Figure 11 Login registration and download data page

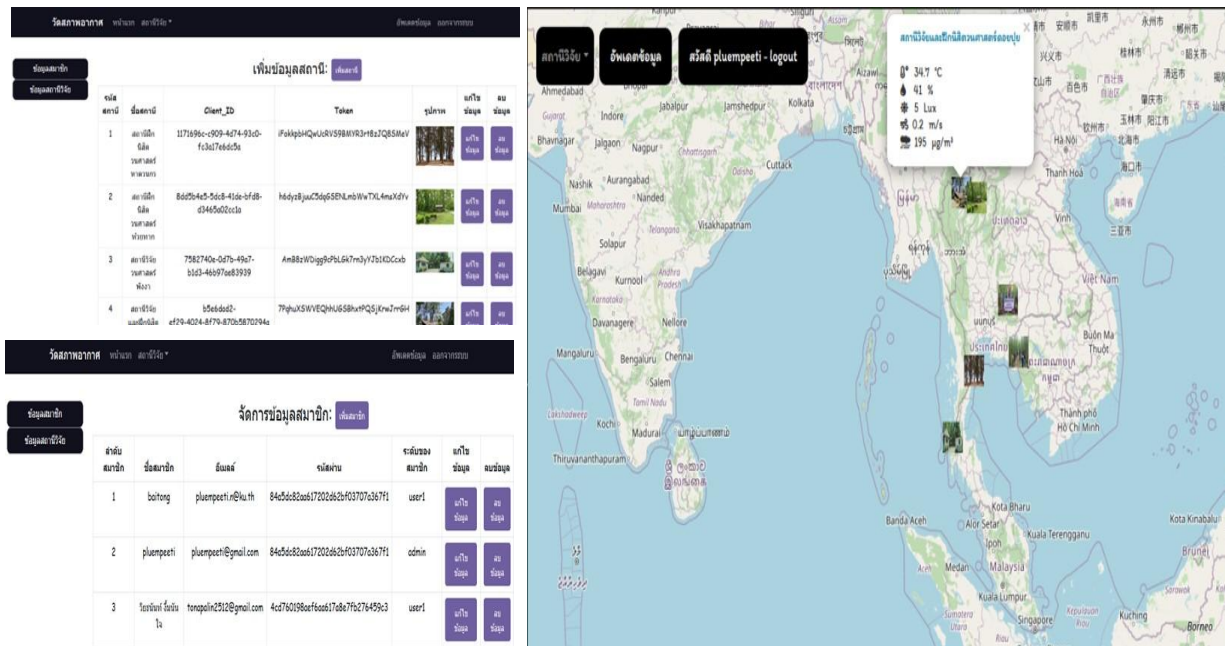


Figure 12 Home page of the interface used by administrators

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศและการส่งข้อมูลผ่านระบบ IoT เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลสภาพอากาศของสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวิทยาศาสตร์ 6 สถานี และศึกษาความแม่นยำของอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐานของสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวิทยาศาสตร์หาดวนกร

การพัฒนาอุปกรณ์วัดสภาพอากาศ โดยใช้ NodeMCU ESP8266 เป็นบอร์ดหลัก และต่อกับเซนเซอร์ต่าง ๆ พร้อมเขียนชุดคำสั่งให้อุปกรณ์มีการทำงานร่วมกัน จากนั้นอุปกรณ์เซนเซอร์วัดอุณหภูมิถูกห่อหุ้มด้วยพลาสติกฟูกที่สามารถระบายอากาศได้ เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นถูกห่อหุ้มด้วยกล่องอะคริลิกและเจาะรูเพื่อให้อากาศผ่านได้ เซนเซอร์วัดความชื้นของแสงถูกห่อหุ้มด้วยกล่องอะคริลิกขนาดเล็ก และ บอร์ดหลักห่อหุ้มด้วยกล่องไฟฟ้า การห่อหุ้มอุปกรณ์เหล่านี้ก็เพื่อป้องกันน้ำ โดยตำแหน่งการติดตั้งของเซนเซอร์จะอ้างอิงตามอุปกรณ์วัดสภาพอากาศของสถานีฝึกนิสิตวิทยาศาสตร์หาดวนกร ผลการทดสอบระบบในภาพรวมอุปกรณ์สามารถทำงานร่วมกันได้และสามารถส่งผ่านข้อมูลผ่านระบบ IoT ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 สามารถอ่านข้อมูลสภาพอากาศได้และส่งข้อมูลแบบตลอดเวลา (real time) ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wi-Fi) ได้

การพัฒนาระบบฐานข้อมูล ได้รูปแบบของหน้าเว็บออกเป็น 3 แบบ คือ ผู้ใช้ทั่วไป สมาชิก และผู้ดูแลระบบ โดยผู้ใช้ทั่วไปจะสามารถดูข้อมูลสภาพอากาศและกราฟสภาพอากาศของทั้ง 6 สถานีได้ หากสมัครเป็นสมาชิก จะมีสิทธิพิเศษเพิ่มขึ้น คือ สามารถดาวน์โหลดข้อมูลสภาพอากาศที่มีและ

สามารถเลือกช่วงเวลาที่ต้องการดาวน์โหลดได้ ส่วนผู้ดูแลระบบจะสามารถเพิ่ม แก้ไขหรือลบ ข้อมูลสถานีวัดสภาพอากาศและข้อมูลสมาชิกได้ ในการทำงานภาพรวมของหน้าเว็บสามารถทำงานได้เป็นปกติภายใต้เงื่อนไขของจำนวนคนที่เข้าใช้ และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการทำงาน

ผลการทดสอบการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศและฐานข้อมูล พบว่า อุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศสามารถส่งข้อมูลมายังหน้าเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นได้ และฐานข้อมูลสามารถบันทึกข้อมูลลงบนฐานข้อมูลและนำข้อมูลมาแสดงในรูปแบบของกราฟได้ นอกจากนี้ยังสามารถดาวน์โหลดข้อมูลที่บันทึกไว้ได้

การสอบเทียบระหว่างอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศจำนวน 6 เครื่อง เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานของสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวิทยาศาสตร์หาดวนกร รุ่น WS-GP1 DELTA-T DEVICE พบว่า โดยเฉลี่ยอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศ มีค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของอุปกรณ์ (RMSE) ร้อยละ 5.6 และมีความแม่นยำของข้อมูล ร้อยละ 93.67

จากผลการทดสอบการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศและฐานข้อมูล พบว่า อุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศสามารถส่งข้อมูลมายังหน้าเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นได้ และระบบฐานข้อมูลสามารถบันทึกข้อมูลลงบนฐานข้อมูลและนำข้อมูลมาแสดงในรูปแบบของกราฟได้ นอกจากนี้ยังสามารถดาวน์โหลดข้อมูลที่บันทึกไว้ได้

ภาพรวมสามารถสรุปได้ว่าอุปกรณ์ IoT วัดสภาพอากาศและฐานข้อมูลสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถนำอุปกรณ์และฐานข้อมูลทำงานด้วยกันได้ คือ

บันทึกข้อมูลและแสดงข้อมูลได้ ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปใช้กับงานวิจัยต่าง ๆ ได้

จากผลการศึกษามีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การวิเคราะห์การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์เซนเซอร์ยังเป็นวิธีการวิเคราะห์แบบพื้นฐาน ซึ่งในอนาคตอาจจะมีโปรแกรมการวิเคราะห์ เข้ามาช่วยการในการวิเคราะห์ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ที่สามารถทำให้อุปกรณ์มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2. ควรพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลสำรอง เพื่อรองรับการดำเนินงานในกรณีที่เครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีความไม่เสถียรหรือไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ

3. วัสดุที่ใช้ในการห่อหุ้มเซนเซอร์ควรใช้อย่างอื่นที่ไม่ใช่พลาสติกถูกฟูก

REFERENCES

- Bramer, I., Anderson, B., Bennie, J., Bladon, A., Frenne, P., Hemming, D., Hill, R., Kearney, M., Korner, C., Korstjens, A., Lenoir, J., Maclean, L., Marsh, C., Morecroft, M., Ohlemuller, R., Slater, H., Suggitt, A., Zellweger, F., Gillingham, P. 2018. Advances in monitoring and modelling climate at ecologically relevant scales. **Advances in Ecological Research**, 58: 101–161.
- Champa, L. 2022. Development of PM2.5 dust meter using dust sensor and notifying via application. **Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University**, 24(2): 48–55. (in Thai)
- Changniam, W. 2017. Data recording device for Pattawia pineapple planting area to use for growth and sweet prediction. **Ladkrabang Engineering Journal**, 34(1): 25–32. (in Thai)
- Choosri, P., Solos, S. 2023. The development of a sensor for measuring blue-light from portable electronic devices. **Advanced Science Journal**, 23(2): R1–R13. (in Thai)
- Hermhuk, S. 2014. Establishment of Plant Species along the Ecotone of Lower Montane Evergreen Forest at Doi Suthep–Pui National Parks, Chiang Mai Province. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Jitphomma, T., Limpornjitwilai, C. 2020. **Experiment in Internet of Things (IoT) Devices**. Innovative Experiment Company Limited. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Koestoer, R.A., Pancasaputra, N., Roihan, I., Harinaldi, H., 2019. A simple calibration methods of relative humidity sensor DHT22 for tropical climates based on Arduino data acquisition system. **AIP Conference Proceeding 2062**, 020009–1–020009–7.
- Kruertong, S. 2023. Increase Accuracy to Dust Sensors PM2.5 Using Intelligence Computing. M.S. Thesis, University of Phayao, Bangkok, Thailand, (in Thai)
- Mardiyono, M., Rhisma, E., Okti, N. 2018. Wind speed monitoring and alert system using sensor and weather forecast. **International Technical Conference 2018**, 13(2): 1–6.
- Meesit, S., Wayalun, S., Arsasen, P., Saenkla, P., Viboonat, W., Thani, R. 2023. Development of data logger to monitor temperature and relative humidity in the local silkworm farm. **Industrial Technology Journal**, 8(2): 40–48. (in Thai)
- National Science and Technology Development Agency (NSTDA). 2020. **NETPIE Platform User Guide**. <https://docs.netpie.io/index.html>, 24 March 2025.
- Phakdisirom, Ch., Phatcharawongsakda, A. 2021. Forecasting The Goods Demand Through a Learning Based Machine in Retail Businesses. M.S. Thesis, Dhurakij Pundit University, Bangkok, Thailand. (in Thai).
- Rukkhom, K., Khamruean, K. 2017. A Weather condition data logging and monitoring system via wireless zigbee. **Journal of Invative Technology Research**, 1(1): 55–70. (in Thai)
- Siriborrirak, W. 2018. **Automatic Digital Camera Face Detection for Drug Identification in Thailand**. Burapha University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sirithong, N., Katathikarnkul, S. 2014. Design and development lux meter. **Thaksin University Journal**. 17(3): 44–50. (in Thai)
- Sornjapo, N. 2021. Comparative study of the accuracy and precision of weather temperature sensor for IoT in different environments. **Sripatum Chonburi Journal**, 17(4): 80–90. (in Thai)

Sungton, T. 2012. Growth Performances and some Physiological Characteristics of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. in the Second Generation Progeny Test at Wang Nam Khiao Forestry Student Training Station, Nakhon

Ratchasima Province. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
Trihajindarat, T., Panchat, T. 2016. **Internet of Things for Smart Garden**. B.S. Thesis, Srinakharinwirot University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
