Journal of Digital Business and Social Sciences

Journal homepage: jdbs.rsu.ac.th

The Development of an Alert System for Golden Cordyceps Mushrooms Cultivation using IoT Technology

การพัฒนาระบบแจ้งเตือนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Sorapak Pukdesree[a], Songwut Boonsong[b*]
สรพรรค ภักดีศรี[a], ทรงวุฒิ บุญส่ง[b*]

[a]*School of Information Technology and Innovation, Bangkok University, Thailand*

[b]*College of Digital Innovation Technology, Rangsit University, Thailand*

[*]*Corresponding author: songwut_bo@rmutto.ac.th*

Received 1 October 2022; Revised 6 March 2023; Accepted 15 March 2023; Published Online 22 March 2023

Abstract

Tibetan Cordyceps' demands and selling prices are extremely high because they cannot be cultivated in a laboratory. Golden Cordyceps are produced by cultivating and selectively breeding in laboratories that have been researched. Golden Cordyceps is the same family as Tibetan Cordyceps but is different species. Presently, the cultivation of golden cordyceps has become more popular due to the properties, useful nutrients, and high prices, which farmers can benefit from more. However, the cultivation of golden cordyceps requires human labor, and workers' wages tend to be higher. The researcher proposes an alert system for golden cordyceps cultivation using IoT technology, which can help and is suitable for small farms. The system can help not only to reduce labor costs but also manage cultivation information. Cultivators can control the Golden Cordyceps cultivating factors manually or automatically. If any of the golden cordyceps mushroom cultivating factors is out of the specified threshold, the system immediately sends real-time notification messages to the cultivators. In addition, cultivation information will be stored in the database management system. The researchers evaluate the proposed system by dividing it into six cases: temperature, humidity, and lighting intensity. Each case has two sub-cases. The results show that the proposed system can send notification messages correctly at a rate of 95% and an average response time of approximately 6.08 seconds. The chi-square calculation is 45.536, more significant than the table's chi-square value. The proposed can be applied in small farms with low costs of ownership.

Keywords: *IoT; Golden Cordyceps Mushrooms; Embedded System; Smart Farm*

Please cite this article as: Pukdesree, S., & Boonsong, S. (2023, March). The Development of an Alert System for Golden Cordyceps Mushrooms Cultivation using IoT Technology. *Journal of Digital Business and Social Sciences, 9*(1), JDB012, 1-16.

บทคัดย่อ

ถั่งเช่าทิเบตยังไม่สามารถเพาะเลี้ยงให้มีคุณสมบัติตามแบบธรรมชาติได้และมีความต้องการบริโภคจำนวนมากส่งผลให้ราคาจำหน่ายถั่งเช่าทิเบตมีราคาสูง เห็ดถั่งเช่าสีทองเกิดจากการเพาะเลี้ยงและคัดเลือกสายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการที่มีการวิจัยและศึกษาสรรพคุณมาแล้วพบว่าสายพันธุ์ที่เหมาะสมคือ Cordyceps Sinensis (CS-4) การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเนื่องมาจากสรรพคุณ มีสารอาหารที่มีประโยชน์และมีราคาจำหน่ายที่สูงจึงจัดได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่ายังคงใช้แรงงานมนุษย์ซึ่งจัดได้ว่าเป็นต้นทุนที่สูง เนื่องจากค่าจ้างแรงงานมีแนวโน้มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังเกิดการขาดแคลนอีกด้วย คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบแจ้งเตือนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการใช้แรงงานคน มีการบริหารและจัดการข้อมูลการเพาะเลี้ยงที่รวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำเพื่อให้การบริหารและจัดการฟาร์มเห็ดถั่งเช่าสีทองเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสามารถควบคุมค่าสถานะสภาพแวดล้อมปัจจัยการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองได้ด้วยตนเองหรือให้ระบบดำเนินการให้โดยอัตโนมัติ หากค่าสถานะสภาพแวดล้อมปัจจัยการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองเกิดความผิดปกติ ระบบจะทำการส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือทันทีช่วยให้เกษตรกรทราบและแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ผู้วิจัยทำการประเมินผลระบบที่นำเสนอโดยแบ่งการทดสอบเป็น 6 กรณี ทดสอบกรณีละ 100 ครั้งประกอบด้วย ความผิดปกติของอุณหภูมิ ความชื้น และ แสงสว่างอย่างละ 2 กรณี ผลการศึกษาพบว่าระบบที่นำเสนอสามารถทำการส่งข้อความแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้องในอัตราร้อยละ 95 โดยมีค่าเฉลี่ยของเวลาในการตอบสนองที่ประมาณ 6.08 วินาที ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 45.536 มีค่ามากกว่าค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ได้จากตารางคือ 11.07 ระบบที่นำเสนอนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองในฟาร์มขนาดเล็กได้อย่างเหมาะสมและมีการลงทุนไม่สูงมาก

***คำสำคัญ**: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง; เห็ดถั่งเช่าสีทอง; ระบบฝังตัว; ฟาร์มอัจฉริยะ*

Please cite this article as: Pukdesree, S., & Boonsong, S. (2023, March). The Development of an Alert System for Golden Cordyceps Mushrooms Cultivation using IoT Technology. *Journal of Digital Business and Social Sciences, 9*(1), JDB012, 1-16.

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีการนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เพิ่มมากยิ่งขึ้น จากการสืบค้นข้อมูลจำนวนงานวิจัยจาก Sciencedirect ระหว่างปี ค.ศ. 2020 ถึง 2022 พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจำนวน 24,111 ผลงาน และพบว่าหากเป็นการประยุกต์เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งกับภาคการเกษตรพบว่ามีจำนวน 4,319 ผลงาน จากการศึกษาพบว่าเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถช่วยให้ภาคการเกษตรสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายทั้งด้านแรงงานและลดการใช้พลังงาน มีความยืดหยุ่นต่อการใช้งานและดูแลรักษาระบบ ช่วยให้เกษตรกรมีปริมาณของผลผลิตที่มากขึ้นและมีคุณภาพดีขึ้น และสามารถนำข้อมูลจากระบบเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์เพื่อให้ได้องค์ความรู้ใหม่เพื่อมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของนักวิจัยต่าง ๆ (Rahman et al., 2022; Thong-un & Wongsaroj, 2022) จากรายงานการสำรวจของ BI Intelligence คาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2025 จะมีจำนวนอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง 15.3 พันล้านชิ้น มีจำนวนเพิ่มขึ้นสามเท่าของปี ค.ศ. 2016 ที่มีจำนวน 5 พันล้านชิ้น

เห็ดถั่งเช่าเป็นเห็ดที่เกิดขึ้นจากเชื้อราที่เจริญบนซากหนอนแมลง พบโดยทั่วไปที่ราบสูงทิเบตบนเทือกเขาหิมาลัยที่ระดับความสูงกว่า 3,500 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (ไกรยศ แซ่ลิ้ม, ม.ป.ป.) เชื้อเห็ดถั่งเช่ามีอยู่หลายสายพันธุ์ โดยแต่ละสายพันธุ์มีคุณสมบัติรวมทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป แม้กระทั่งถั่งเช่าจากทิเบต (Tibetan Cordyceps Mushrooms) ซึ่งจัดได้ว่าเป็นถั่งเช่าแท้ๆที่มีชื่อเสียงด้านสรรพคุณทางเภสัชวิทยาก็ยังมีการแบ่งระดับของคุณภาพเป็นหลายระดับ ปัจจุบันจะมีการเพาะเลี้ยงถั่งเช่าซึ่งส่วนใหญ่เพาะเลี้ยงในบริเวณภาคใต้ในมณฑลชงไห่ เขตซางโตวในธิเบต มณฑลเสฉวน ยูนนาน และกุยโจ้ว การเก็บถั่งเช่าจะเก็บในช่วงตนฤดูใบไม้ผลิ (นพมาศ สุนทรเจริญนนท์ และธิดารัตน์ จันทร์ดอน, 2561) แต่การเพาะเลี้ยงยังคงต้องให้มีสภาพแวดล้อมและคุณสมบัติแบบธรรมชาติ ขณะที่ความต้องการของผู้บริโภคยังอยู่ในปริมาณที่สูงทำให้เห็ดถั่งเช่าทิเบตมีราคาจำหน่ายสูงมาก (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2556) จึงทำให้เกิดการศึกษาค้นคว้า วิจัยการเพาะเลี้ยงและคัดเลือกสายพันธุ์เห็ดตระกูลเดียวกับเห็ดถั่งเช่าทิเบตแต่ต่างสายพันธุ์ (Species) สายพันธุ์ที่มีเป็นที่นิยมมี 4 ชนิด ประกอบด้วย เห็ดถั่งเช่าทิเบต (cordyceps sinesis) เห็ดถั่งเช่าสีทอง (Cordyceps militaris) เห็ดถั่งเช่าหิมะ (Isaria tenuipes) และเห็ดถั่งเช่าจักจั่น (Isaria sinclairii) จากการศึกษาวิจัยและทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาหาสายพันธุ์ที่มีสรรพคุณเหมาะสมและเป็นที่ต้องการในท้องตลาดคือ Cordyceps sinensis (cs-4) หรือเห็ดถั่งเช่าสีทอง (Cordyceps militaris) ปัจจุบันจึงเริ่มมีการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองเพิ่มมากขึ้นเพื่อมูลค่าทางการตลาดและเศรษฐกิจ (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2556)

เนื่องจากสรรพคุณทางเภสัชวิทยาของเห็ดถั่งเช่าทิเบตหรือเห็ดถั่งเช่าสีทองที่มีอยู่อย่างมากมาย จากการศึกษาพบว่าสามารถช่วยบำรุงร่างกาย บำรุงกำลัง เพิ่มภูมิต้านทานโรคทำให้ร่างกายสดชื่น ช่วยแก้อาการอ่อนเพลีย ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระหรือในร่างกาย มีฤทธิ์ต้านมะเร็งและต้านการแพร่กระจายของมะเร็ง (Nakamura, Shinozuka, & Yoshikawa, 2015) มีอิทธิพลต่อการทำลายเซลล์มะเร็งได้หลายชนิด (Chou et al., 2014) ชะลอความแก่ชราและความเสื่อมของเซลล์ต่างๆในร่างกาย ช่วยลดความดันโลหิตสูง ลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดระดับคลอเรสเตอรอล และรักษาสมดุลของคลอเรสเตอรอลในหลอดเลือด (นพมาศ สุนทรเจริญนนท์ และธิดารัตน์ จันทร์ดอน, 2561) ช่วยในด้านอารมณ์ ระงับประสาท ทำให้จิตใจสงบผ่อนคลาย ช่วยเพิ่มความจำ ป้องกันโรคความจำเสื่อมในผู้สูงอายุ และจากงานวิจัยพบว่าถั่งเช่าช่วยให้ผู้ป่วยไตวายเรื้อรังมีอาการดีขึ้น นอกจากนี้สรรพคุณที่เป็นที่สนใจกันมากก็คือบำรุงและเสริมสมรรถภาพทางเพศ ซึ่งได้มี

รายงานวิจัยจากต่างประเทศในสัตว์ทดลองและมนุษย์มาแล้ว จึงทำให้มีผู้สนใจบริโภคเห็ดถั่งเช่าเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มของผู้รักสุขภาพ

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากสรรพคุณทางเภสัชวิทยาและสารอาหารที่มีประโยชน์ของเห็ดถั่งเช่าสีทอง นอกจากนี้มีการจำหน่ายเห็ดถั่งเช่าสีทองในราคาที่สูงจึงจัดได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจจากเกษตรกร อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองยังคงใช้แรงงานมนุษย์เป็นส่วนมากซึ่งจัดได้ว่าเป็นต้นทุนที่สูงต่อการเพาะเลี้ยงในฟาร์มขนาดเล็ก อีกทั้งค่าจ้างแรงงานของคนงานมีแนวโน้มสูงขึ้น นอกจากนี้การหาแรงงานยังยากและมีความขาดแคลนอีกด้วย การพึ่งพาแรงงานมนุษย์ยังมีข้อจำกัดของเวลาในการทำงานคือทำงาน 8 ชั่วโมงต่อหนึ่งวันแต่การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองจะต้องมีการดูแลอยู่ตลอดเวลาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและมีผลผลิตที่สูงขึ้น

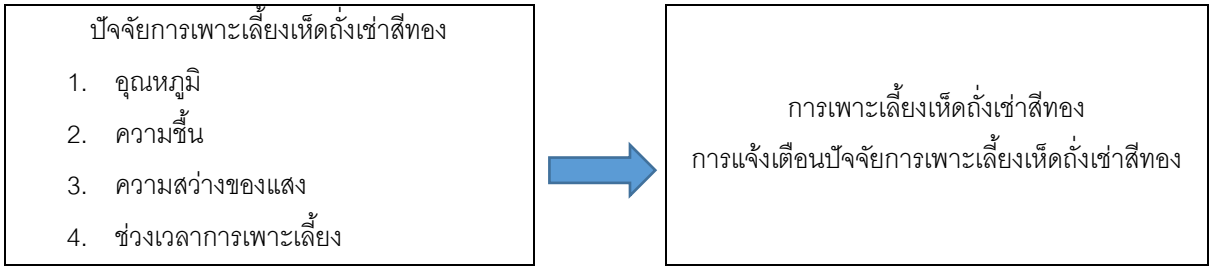
คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบแจ้งเตือนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งจะช่วยแก้ไขปัญหาด้านต่าง ๆ ของฟาร์มขนาดเล็ก เช่น การลดต้นทุนการใช้แรงงานคน มีการบริหารและจัดการข้อมูลการเพาะเลี้ยงที่รวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำเพื่อให้การบริหารและจัดการฟาร์มเห็ดถั่งเช่าสีทองขนาดเล็กเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล ผู้เพาะเลี้ยงสามารถควบคุมค่าสถานะสภาพแวดล้อมปัจจัยการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองได้ด้วยตนเองหรือให้ระบบดำเนินให้โดยอัตโนมัติ หากค่าสถานะสภาพแวดล้อมปัจจัยการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองใดที่เกิดความไม่ปกติ ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (Threshold) ระบบจะทำการส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือทันที ช่วยให้เกษตรกรทราบและแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ช่วยลดความเสียหายของเห็ดถั่งเช่าที่เพาะลี้ยงได้ นอกจากนี้จะมีการจัดเก็บข้อมูลสถิติไว้ในระบบการจัดการฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์เพื่อจะได้นำข้อมูลสถิติมาผ่านกระบวนการวิเคราะห์เพื่อให้เกิดองค์ความรู้เพิ่มมากขึ้นต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนากรอบแนวคิดสำหรับการพัฒนาระบบแจ้งเตือนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
2. เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจากกรอบแนวคิดที่นำเสนอ
3. เพื่อประเมินผลต้นแบบระบบแจ้งเตือนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยหลักที่สำคัญต่อการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองจากการทบทวนวรรณกรรมเพื่อนำมาพัฒนากรอบแนวคิดการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าปัจจัยที่สำคัญต่อกระบวนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองประกอบที่ส่งผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง ผู้วิจัยสังเคราะห์กระบวนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองได้ดังนี้

ระยะที่ 1 เป็นระยะที่เชื้อเห็ดแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆของอาหารภายในขวด โดยจะต้องมีการควบคุมแสงให้มืดสนิทเพื่อให้เชื้อเห็ดแพร่กระจาย โดยต้องควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 18-24 องศาเซลเซียสและความชื้นอยู่ที่ประมาณร้อยละ 80-90 เป็นระยะเวลาประมาณ 14-20 วันในตู้เย็น

ระยะที่ 2 เป็นระยะที่เชื้อเห็ดเข้าสู่ช่วงการเจริญเติบโต กระตุ้นให้เห็ดออกดอกด้วยแสงให้มีความสว่างประมาณ 500-1000 ลักซ์ ต้องควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 20-24 องศาเซลเซียสและความชื้นอยู่ที่ประมาณร้อยละ 90-95 เป็นระยะเวลาประมาณ 60-75 วันในตู้เย็น

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาปัจจัยการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้น ความสว่างของแสงและช่วงเวลาการเพาะเลี้ยง (ธัญญา ทะพิงค์แก, 2555) นอกจากนี้ยังพบว่า ยังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของเห็ดถั่งเช่าสีทอง ตัวอย่างเช่น สายพันธุ์ของเห็ดถั่งเช่าที่นำมาเพาะเลี้ยง อาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีหลายสูตรและอาหารแต่ละสูตรส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพของเห็ดถั่งเช่าสีทอง (ณัฐพงษ์ สิงห์ภูงา, พีระศักดิ์ ฉายประสาท, และบุญส่ง แสงอ่อน, 2559)

ตารางที่ 1 แสดงรายการอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่อการพัฒนางานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีราคาไม่แพงและสามารถหาซื้อได้ทั่วไป รวมทั้งเป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิมแล้ว มีรายละเอียดดังนี้

รีเลย์ (Relay) ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ แบบแยกอิสระ Isolation Control 4 ช่อง พร้อมไฟ LED แสดงผลการทำงาน Active LOW ใช้ควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220-250 โวลต์ กระแสฟ้าไหลผ่านสูงสุด 10 แอมแปร์ หรือแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 30 โวลต์ กระแสฟ้าไหลผ่านสูงสุด 10 แอมแปร์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 1 แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ลำดับ	รายละเอียดอุปกรณ์	หมายเหตุ
1	ตู้เย็นขนาดเล็ก 1 ตู้ 1.6 คิว หรือ 45 ลิตร	ตู้เย็นเก่าที่มีอยู่แล้ว
2	บอร์ด ESP32 Devkit	ราคา 200 บาท

ลำดับ	รายละเอียดอุปกรณ์	หมายเหตุ
3	กล่องควบคุมไฟฟ้า 220V	มีอยู่แล้ว
4	เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22	มีอยู่แล้ว
5	เซ็นเซอร์วัดค่าความสว่างของแสง GY-302	มีอยู่แล้ว
6	เครื่องทำความชื้นอัลตราโซนิก พร้อมอะแดปเตอร์ 24 โวลต์	ราคา 200 บาท
7	สายไฟเชื่อมต่อวงจร 40 เส้น	มีอยู่แล้ว
8	สมาร์ทโฟน แอนดรอยต์ 1 เครื่อง	มีอยู่แล้ว
9	หลอดไฟแอลอีดีแบบเส้นกันน้ำ พร้อมอะแดปเตอร์	มีอยู่แล้ว
10	รีเลย์ 5V 4 ช่อง Active Low	85 บาท
11	อะแดปเตอร์ 5 โวลต์	มีอยู่แล้ว

บอร์ด ESP32 Devkit เป็นชุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต แบบ System on a Chip (SoC) ที่มีต้นทุนต่ำและใช้พลังงานต่ำมีความสามารถเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายไวไฟ (Wi-Fi) และ บลูทูธ (Bluetooth) และเป็นหน่วยประมวลผลแบบแกนคู่ (Dual Cores) ทำงานที่ความถี่สูงสุด 240 เมกะเฮิรตซ์ มีพินเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก 30 36 หรือ 38 พิน รองรับการเชื่อมต่อแบบ SPI UART และ I2C เป็นต้น ทำหน้าที่ประมวลผล ควบคุมสั่งการให้อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบทำงาน

เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง GY-302 (Ambient Light Sensor Module) เป็นเซ็นเซอร์ใช้วัดค่าระดับความสว่างของแสง ใช้ชิป BH1750FVI ใช้แรงดันไฟฟ้า 3 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ ให้ค่าเป็นตัวเลขระหว่าง 0-65535 หน่วยเป็นลักซ์ ทำหน้าที่วัดค่าความเข้มของแสงสว่างซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ

กล่องควบคุมไฟฟ้า 220 โวลต์ ทำหน้าที่เชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าภายในบ้านแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ เพื่อป้อนกระแสไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ ตู้เย็นขนาดเล็ก เครื่องทำความชื้นอัลตราโซนิก และหลอดไฟแอลอีดี ผู้วิจัยต่อปลั๊กไฟไว้ใช้งานจำนวน 4 ช่อง

เครื่องทำความชื้นอัลตราโซนิก ใช้แรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ กระแสฟ้าไหลผ่านสูงสุด 0.7 แอมแปร์ ปริมาณความชื้น 500 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ความลึกของน้ำที่ใช้งานได้ 1 ถึง 6 เซ็นติเมตร ทำหน้าที่เป็นสร้างความชื้นให้แก่เห็ดถั่งเช่าในงานวิจัยนี้

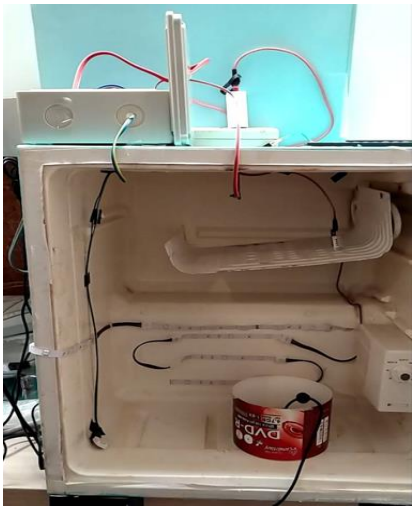
อะแดปเตอร์ 5 โวลต์ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้เป็น 5 โวลต์ เพื่อป้อนพลังงานไฟฟ้าให้กับบอร์ดควบคุม ESP32 รวมทั้งบางส่วนของเซ็นเซอร์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าที่อยู่ในช่วง 3 โวลต์ ถึง 5 โวลต์

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22 สามารถอ่านค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นในอากาศได้ถูกต้องแม่นยำ และให้ผลลัพธ์ในช่วงที่กว้างกว่า เซ็นเซอร์ DHT11 ผู้วิจัยจึงเลือกที่ใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22 สำหรับงานวิจัยนี้ ดังแสดงในตารางที่ 2

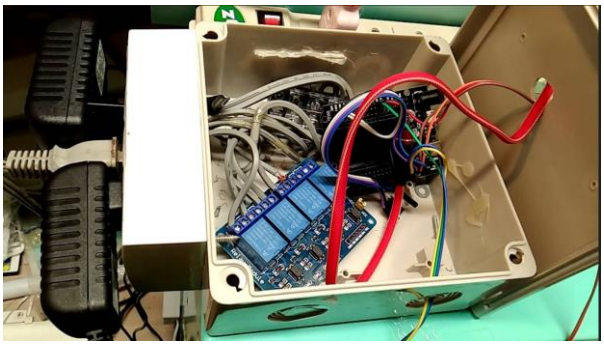
ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22 และ DHT11

คุณสมบัติ	DHT22	DHT11
ราคา	ถูกมาก	ถูกมากมาก
ช่วงค่าความชื้น	0% - 100%	20% - 80%
ความถูกต้องของความชื้น	± 2% - 5%	5%
ช่วงค่าอุณหภูมิ	-40 ถึง 80 องศาเซลเซียส	0 ถึง 50 องศาเซลเซียส
ความถูกต้องของอุณหภูมิ	±0.5 องศาเซลเซียส	±2 องศาเซลเซียส
อัตราการอ่านข้อมูล	0.5 ครั้งต่อวินาที	1 ครั้งต่อวินาที
ขนาด	15.1x25x7.7 มม	15.5x12x5.5 มม

รูปที่ 2 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ในงานวิจัย โดยที่รูปที่ 2 (ก) แสดงภาพรวมการเชื่อมต่อจะเป็นการนำอุปกรณ์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันทั้งตู้เย็น กล่องควบคุมและเซ็นเซอร์ที่เกี่ยวข้อง และรูปที่ 2 (ข) แสดงส่วนประกอบภายในกล่องควบคุม ประกอบด้วย บอร์ดควบคุม ESP32 รีเลย์แบบ 4 ช่อง และปลั๊กไฟฟ้า 220 โวลต์ จำนวน 4 ช่อง



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ในงานวิจัย (ก) ภาพรวมการเชื่อมต่อ และ (ข) ภายในกล่องควบคุม

4. ทบทวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยพบว่างานวิจัยที่ศึกษามุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทราบสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างได้แบบทันทีจากที่ใดก็ได้และตลอดเวลา นอกจากนี้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมและสั่งการให้อุปกรณ์ต่างๆทำงานได้ผ่านทางแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน หรือผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และยังพบว่าผู้วิจัยมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่มีราคาไม่แพง ช่วยลดค่าใช้จ่ายทั้งด้านแรงงานและลดการใช้พลังงาน มีความยืดหยุ่นต่อการใช้งานและดูแลรักษาระบบ ช่วยให้เกษตรกรมีปริมาณของผลผลิตที่มากขึ้นและมีคุณภาพดีขึ้น นอกจากนี้พบว่ามีการนำข้อมูลที่ได้บันทึกและจัดเก็บไว้จากระบบเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์ (Machine Learning) อีกทั้งยังช่วยให้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีความน่าสนใจและลึกซึ้งเพิ่มมากยิ่งขึ้น

Rahman et al. (2022) นำเสนอแนวคิดและพัฒนาระบบการจัดการและเฝ้าสังเกตฟาร์มเพาะเลี้ยงเห็ดช่วยให้เกษตรกรสามารถเฝ้าสังเกตสถานะการเพาะเลี้ยงเห็ดแบบทันทีและช่วยลดการใช้แรงงาน ระบบนี้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยใช้หน่วยควบคุมอาร์ดุยโนในการควบคุมและสั่งงาน ระบบสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนของการควบคุมและบริการจัดการฟาร์มเห็ด เกษตรกรสามารถใช้เพื่อการเฝ้าสังเกตสภาพอากาศในฟาร์มซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ส่วนที่สองส่วนของการแสดงสถานะการเพาะเลี้ยงเห็ดเช่น สถานะอุณหภูมิของโรงเรือน ส่วนที่สองเป็นส่วนที่สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติโดยใช้หน่วยควบคุมและเซ็นเซอร์ทางการเกษตรในการควบคุมการให้น้ำ อุณหภูมิ และความชื้นภายในโรงเพาะเลี้ยง ส่วนที่สามเป็นส่วนของระบบการจำแนกเห็ดที่เป็นพิษโดยใช้การเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์โดยประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีการจำแนก 6 วิธี ประกอบด้วย Decision Tree (DT), Logistic Regression (LR), K-nearest neighbor (KNN), Support Vector Machine (SVM), Naïve Bayes (NB) และ Random Forest (RF) ผลการศึกษาพบว่าวิธีการจำแนกสามารถให้ผลได้ถูกต้องร้อยละ 100 และมีความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบที่ร้อยละ 82

Thong-un and Wongsaroj (2022) นำเสนอแนวคิดและการพัฒนาระบบฟาร์มเลี้ยงเห็ดหอยนางรมอัจฉริยะโดยใช้เซ็นเซอร์ ตัวควบคุมลอจิกแบบตั้งโปรแกรมได้ และโมดูลการสื่อสารไร้สาย ระบบที่นำเสนอสามารถเฝ้าสังเกตได้จากระยะไกล ควบคุม และเก็บข้อมูลการเพาะเลี้ยงเห็ดลงในฐานข้อมูลได้ ระบบฟาร์มเลี้ยงเห็ดหอยนางรมอัจฉริยะที่นำเสนอสามารถควบคุมการให้น้ำแก่เห็ดเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน และสามารถควบคุมการระบายอากาศของพัดลมด้วยการใช้ Fuzzy Logic ระบบที่นำเสนอนี้ใช้เครือข่ายการสื่อสารแบบ Mesh Networks ใช้โปรโตคอล MQTT เกษตรกรสามารถดู ควบคุม หรือจัดการสถานะของโรงเพาะเลี้ยงได้แบบทันทีผ่านทางเว็ปแอปพลิเคชันโดยใช้คอมพิวเตอร์ หรือปุ่มควบคุมบนสมาร์ทโฟน ผลการศึกษาพบว่าระบบที่นำเสนอสามารถช่วยให้เกษตรกรมีผลผลิตที่มากขึ้นและมีคุณภาพดีขึ้น

Pereira, Caetano, and Felgueiras (2022) นำเสนอระบบเฝ้าสังเกตและการวิเคราะห์ข้อมูลโดยมีวัตถุประสงค์หลักคือการใช้เทคโนโลยีเพื่อประหยัดพลังงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายของฟาร์มในชนบท ทำให้ใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ รักษานิเวศวิทยา และลดการใช้แรงงาน ผลการศึกษาพบว่าระบบที่นำเสนอสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึงร้อยละ 83.24 ระบบนี้จะคืนทุนภายในระยะเวลา 8 ปี ผู้วิจัยแนะนำให้ใช้เทคโนโลยีในระดับที่ใช้กับภาคอุตสาหกรรมที่มีคุณภาพ ความเสถียรภาพ และความถูกต้องแม่นยำ แม้ว่าจะมีราคาที่แพงขึ้น

Satapathy, Bastia, and Mohanty (2018) เสนอแนวคิดและการพัฒนาระบบบ้านอัตโนมัติที่มีราคาไม่แพงโดยใช้สถาปัตยกรรมอาร์ดุยโน และใช้การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านไวไฟช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงและควบคุมอุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์ผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟนได้ ส่วนประกอบด้านฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย หน้าจอแอลซีดี รีเลย์ อาร์ดุยโน และ ESP8266 ผลการทดทดสอบแนวคิดพบว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการจัดการอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้ร้อยละ 100

Stolojescu-Crisan, Crisan, and Butunoi (2021) นำเสนอระบบ qToggle ที่มีการใช้เซ็นเซอร์หรือตัวกระตุ้นด้วยการเชื่อมต่อเครือข่ายที่ใช้ qToggle API ซึ่งช่วยให้เกิดความยืดหยุ่นในการเรียกใช้งานโดยการใช้ Application Programming Interface (API) อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในระบบ qToggle จะใช้หน่วยควบคุม ESP8266/ESP8285 หรือ Raspberry Pi นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถใช้แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนในการควบคุมอุปกรณ์และเซ็นเซอร์จากที่อื่นๆที่อยู่ห่างไกลได้

Abdulraheem et al. (2020) นำเสนอแนวคิดและการพัฒนาระบบควบคุมและสั่งการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ภายในบ้านโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การประมวลผลแบบคลาวด์ และการประมวลผลเหตุการณ์ตามกฎ (Rule-based event processing) ตัวอย่างเช่น ระบบดับเพลิง กล้องวงจรปิด สมาร์ตทีวี การเปิดปิดแสงสว่าง การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น การควบคุมเครื่องปรับอากาศ การเปิดปิดประตู หรือการควบคุมแก๊สในครัวเรือน เป็นต้น ผลการศึกษาพบว่าระบบที่นำเสนอสามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะ ประสิทธิภาพ เพิ่มความปลอดภัย ความสบายใจ และความสะดวก ให้แก่ผู้ใช้งาน

Davidson, Rezwana, and Hoque (2019) นำเสนอระบบควบคุมประตูอัจฉริยะที่สามารถปรับแต่งได้ตามการใช้งานและมีความประหยัด ระบบจะส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนของเจ้าของบ้านหากประตูถูกเปิดทิ้งไว้ สถาปัตยกรรมของระบบประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือหน่วยควบคุม Raspberry Pi 2 ที่เชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายเว็บด้วย Restful API และอาร์ดุยโน Elegoo Maga 5260

Rishi and Doloi (2021) นำเสนอแนวคิดและพัฒนาระบบบ้านอัตโนมัติที่สามารถเข้าถึง ควบคุม และเฝ้าสังเกตได้จากสถานที่อื่นๆ ระบบบ้านอัตโนมัตินี้ถูกเชื่อมต่อกับหน่วยเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตกลางของบ้าน เจ้าของบ้านสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้านโดยใช้เว็บแอปพลิเคชันหรือ Google Assistant

Kulkarni, Joshi, Jadhav, and Dhamange (2017) นำเสนอนวัตกรรมระบบบ้านอัตโนมัติที่ผู้ใช้สามารถเฝ้าสังเกตและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆภายในบ้านจากสถานที่ต่างๆได้ ระบบนี้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยใช้หน่วยควบคุม Raspberry Pi ที่สนับสนุนการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆภายในบ้านได้หลากหลายอุปกรณ์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมหรือเฝ้าสังเกตอุปกรณ์ภายในบ้านได้โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันที่มีส่วนประสานกับผู้ใช้แบบกราฟิกทำให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน

Wadhwani, Singh, U., Singh, P., and Dwivedi (2018) นำเสนอแนวคิดบ้านอัตโนมัติและการรักษาความปลอดภัยเพื่อช่วยให้การใช้ชีวิตมีความง่ายและดียิ่งขึ้น ระบบนี้ใช้หน่วยควบคุมอาร์ดุยโนที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ชนิดต่างๆ รวมทั้งโมดูลแบบไร้สาย โดยระบบจะทำการส่งสถานะของเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆไปที่แพลตฟอร์มการประมวลผลแบบคลาวด์ ผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานของเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆโดยใช้นิ้วกดที่ปุ่มที่ใช้ในการสั่งงาน ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลที่อยู่แพลตฟอร์มการประมวลผลแบบคลาวด์ เช่น THINKSPEAK

Saraubon and Limthanmaphon (2021) นำเสนอระบบการเฝ้าสังเกตทางไกลโดยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและสมาร์ทโฟน เพื่อใช้ในการติดตามและรายงานอุณหภูมิของร่างกายของผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงที่ศูนย์กักกันตัวในช่วงสถานการณ์โควิด-19 หากอุณหภูมิของร่างกายเกินค่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 38 องศาเซลเซียส ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ผ่านทางโมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อจะได้ให้ผู้ป่วยเข้าสู่กระบวนการทดสอบการเป็นโควิด-19 ระบบช่วยให้เจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ลดการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ป่วยโดยตรงและลดความเสี่ยงในการติดโรคโควิด-19 ระบบดังกล่าวนี้

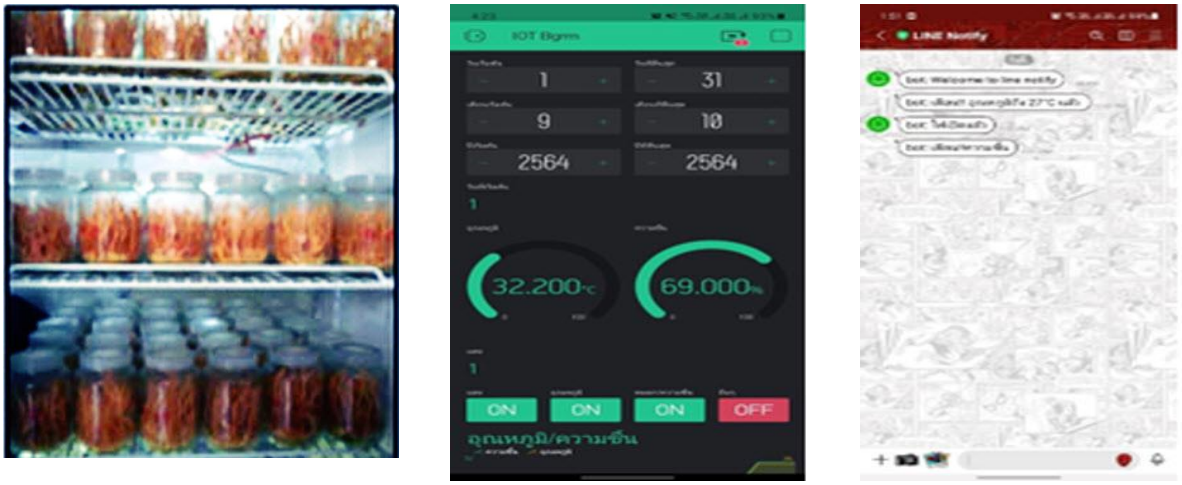
ใช้เวลาในการตรวจจับอุณหภูมิองร่างกายเพียง 0.5 วินาที และมีค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดน้อยกว่าร้อยละ 1 และมีผลความพึงพอใจต่อการใช้งานจากเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ในระดับมากถึงมากที่สุด

Sukhoparov and Lebedev (2021) นำเสนอแนวทางเพื่อระบุสถานะสถานะความปลอดภัยทางไซเบอร์ของอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยใช้วิธีการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์ เพื่อทำให้สามารถกำหนดสถานะปัจจุบันได้ ระบบนี้ดำเนินการโดยการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นในรูปแบบอนุกรมเวลาที่ได้รับจากอุปกรณ์บันทึกในโหมดการทำงานต่างๆ มีการนำตัวอย่างที่กำหนดไว้ล่วงหน้าใช้ในการเรียนรู้ (Training) การระบุคุณลักษณะโดยอัตโนมัติและใช้การแบ่งส่วนของกลุ่มข้อมูลเพื่อระบุคลาสของสถานะปัจจุบันช่วยให้สามารถลดระยะเวลาในการคำนวณพารามิเตอร์ลงได้ จุดเด่นของแนวทางที่เสนอในการระบุสถานะความปลอดภัยทางไซเบอร์ของอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจะใช้ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลซึ่งอนุญาตให้แบ่งกลุ่มตัวอย่างข้อมูลและสามารถประมวลผลแยกกันได้

Ilieva and Yankova (2020) นำเสนอกรอบแนวคิดแบบบูรณาการสำหรับการเรียนทางไกลในการศึกษาระดับอุดมศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรอบแนวคิดจะรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องไว้อย่างละเอียด เพื่ออำนวยความสะดวกในการเลือกสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมที่สุด และลดโอกาสการโกงการทดสอบ ผู้สอนจะได้รับข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลของนักเรียนแต่ละคนและกลุ่มนักเรียนทันทีเพื่อใช้ในการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว ข้อมูลที่รวบรวมจะได้รับการประมวลผลแบบเรียลไทม์และสมารถใช้วิเคราะห์แบบออฟไลน์เพิ่มเติมได้จากคลังข้อมูลที่อยู่บนการประมวลผลแบบคลาวด์

5. ระเบียบวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษากรอบแนวคิด พัฒนา และประเมินผลระบบแจ้งเตือนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่พัฒนาจากกรอบแนวแนวคิด ดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) ที่เป็นการนำเห็ดถั่งเช่าสีทองมาเพาะเลี้ยงด้วยระบบที่พัฒนาในครั้งนี้ ส่วนรูปที่ 3 (ข) แสดงส่วนการแสดงผลและการควบคุมการทำงานผ่านโมบายล์แอปพลิเคชัน และรูปที่ 3 (ค) แสดงส่วนการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลโดยบันทึกผลจากการทดลอง ในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ โดยมีนักศึกษาชั้นปีที่ 3 จำนวน 4 คน มาช่วยในการทดสอบระบบโดยใช้เครื่องมือคือแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่พัฒนาขึ้นมาและแอปพลิเคชัน LINE โดยใช้การคัดเลือกตัวอย่างจากประชากรแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) การทดสอบระบบประกอบด้วย 6 กรณี โดยพิจารณาจำนวนครั้งของการทำงานของระบบว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องหรือมีข้อผิดพลาด ประกอบด้วยกรณีที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าที่กำหนดไว้ กรณีที่ความชื้นสูงหรือต่ำกว่าที่กำหนดไว้ และกรณีที่เกิดหรือไม่เกิดแสงสว่างในช่วงที่กำหนดไว้ แต่ละกรณีทำการทดสอบจำนวนอย่างละ 100 ครั้ง รวมการทดลองทั้งสิ้น 600 ครั้ง รวมทั้งเก็บข้อมูลด้านเวลาเฉลี่ยในการตอบสนองของระบบ งานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐานประกอบด้วย ค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการใช้สถิติทดสอบไคสแควร์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของกรณีของการทดสอบระบบและผลการทดสอบระบบ



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3 (ก) การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองในตู้เย็น (ข) แอปพลิคชันบนสมาร์ทโฟน (ค) การแจ้งเตือนปัจจัยการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง

6. ผลการวิจัย

ตารางที่ 3 ผลการทดลอง

รายการที่ทดสอบ	ผลการทดลอง			รายละเอียด
	แจ้งเตือน	ไม่แจ้งเตือน	เวลาตอบสนองเฉลี่ย	
อุณหภูมิมากกว่าเกณฑ์	100	0	5.6	ระบบแจ้งเตือนและแก้ไขอุณหภูมิอัตโนมัติทุกครั้ง
อุณหภูมิต่ำกว่าเกณฑ์	100	0	5.7	ระบบแจ้งเตือนและแก้ไขอุณหภูมิอัตโนมัติทุกครั้ง
ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าเกณฑ์	95	5	5.9	ระบบแจ้งเตือนและแก้ไขความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ 95 ครั้ง
ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าเกณฑ์	95	5	5.9	ระบบแจ้งเตือนและแก้ไขความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ 95 ครั้ง
เกิดแสงสว่างในเฟส 1	90	10	6.5	ระบบแจ้งเตือนและแก้ไขความสว่างอัตโนมัติ 90 ครั้ง

รายการที่ทดสอบ	ผลการทดลอง			รายละเอียด
	แจ้งเตือน	ไม่แจ้งเตือน	เวลาตอบสนองเฉลี่ย	
เกิดความมืดในระยะที่เฟส2	80	20	6.8	ระบบแจ้งเตือนและแก้ไขความสว่างอัตโนมัติ 80 ครั้ง

ผลการทดลองเพื่อประเมินผลระบบแจ้งเตือนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่พัฒนาจากกรอบแนวแนวคิดดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าระบบสามารถส่งข้อความเพื่อแจ้งเตือนความผิดปกติของค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองได้ถูกต้องและสามารถแก้ไขให้ถูกต้องเป็นจำนวน 560 หรือคิดเป็นร้อยละ 95 มีความผิดพลาดจำนวน 40 ครั้ง หรือคิดเป็นร้อยละ 5 โดยมีค่าเฉลี่ยของเวลาในการตอบสนองที่ 6.08 วินาที มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลา (Standard Deviation) เท่ากับ 0.5 ผลการทดลองพบว่าข้อผิดพลาดอาจมาจากเซ็นเซอร์วัดค่าความสว่างของแสง GY-302 มีความคลาดเคลื่อนของการอ่านค่าความสว่างของแสง สอดคล้องกับการใช้งานเซ็นเซอร์วัดค่าความสว่างของแสง GY-302 ในการเรียนภาคปฏิบัติของวิชาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่ผู้วิจัยใช้ในการสอน รวมทั้งอาจต้องมีการปรับเทียบและทดสอบมากขึ้น ค่าเฉลี่ยของเวลาในการตอบสนองนี้กับปัจจัยภายนอก เช่น ระบบเครือข่ายของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตที่ใช้บริการรวมถึงสมรรถนะของเครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการแอปพลิเคชันที่ใช้งาน ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร กรณีของการทดสอบระบบและผลการทดสอบระบบ ผลการศึกษาพบว่าค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 45.536 มีค่ามากกว่าค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ได้จากตารางคือ 11.070 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าสมมติฐานวิจัยถูกต้อง กรณีของการทดสอบระบบเกี่ยวข้องกับผลการทดสอบระบบ

ขั้นตอนการทดสอบสถิติไคสแควร์ มีดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน

H_0: กรณีของการทดสอบระบบไม่เกี่ยวข้องกับผลการทดสอบระบบ (Oij = Eij)

H_1: กรณีของการทดสอบระบบเกี่ยวข้องกับผลการทดสอบระบบ (Oij $\neq$ Eij)

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ α = 0.05

3. คำนวณสถิติทดสอบ Chi-Square χ^2 = 45.536 โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางแสดงการทดสอบสถิติไคสแควร์

รายการที่ทดสอบ	ผลการทดสอบ		
	แจ้งเตือน Oij (Eij))	ไม่แจ้งเตือน Oij (Eij)	รวม
อุณหภูมิมากกว่าเกณฑ์	100 (93.333)	0 (6.667)	100

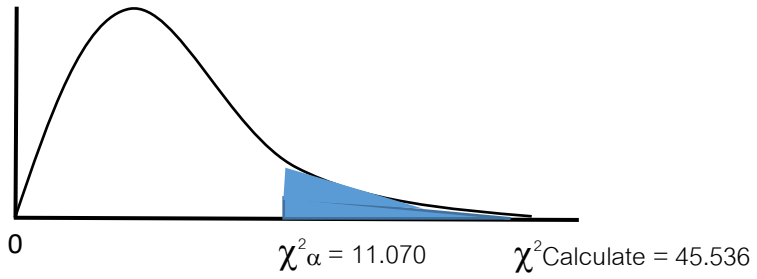
รายการที่ทดสอบ	ผลการทดสอบ		
	แจ้งเตือน Oij (Eij))	ไม่แจ้งเตือน Oij (Eij)	รวม
อุณหภูมิต่ำกว่าเกณฑ์	100 (93.333)	0 (6.667)	100
ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าเกณฑ์	95 (93.333)	5 (6.667)	100
ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าเกณฑ์	95 (93.333)	5 (6.667)	100
เกิดแสงสว่างในเฟส 1	90 (93.333)	10 (6.667)	100
เกิดความมืดในระยะที่เฟส2	80 (93.333)	20 (6.667)	100
รวม	560	40	600

4. สร้างบริเวณวิกฤต

เปิดตารางสถิติทดสอบ Chi-Square เมื่อ α = 0.05, df = (r-1)(c-1) = (6-1)(2-1) = 5

χ^2 (α, (r-1)(c-1)) = χ^2 (0.05, 5) = 11.070

บริเวณวิกฤตคือ χ^2 > 11.070 ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงบริเวณวิกฤตสถิติทดสอบ Chi-Square

5. สรุปผล χ^2 คำนวณ = 45.536 > 11.070 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าสมมติฐานวิจัยถูกต้อง กรณีของการทดสอบระบบเกี่ยวข้องกับผลการทดสอบระบบ

7. การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า นอกเหนือจากการพัฒนาระบบอัตโนมัติที่มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในด้านต่างๆ แล้ว มีการนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์หรือสังเคราะห์เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ที่ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่นการประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึก ตัวอย่างเช่นบทความของ Rahman et al. (2022)

ผู้วิจัยก็มีความเห็นสอดคล้องและมีแนวคิดที่จะนำเรียนรู้เชิงลึก หรือ การเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์ มาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากการรวบรวมข้อมูลที่ได้มาจากระบบที่พัฒนาที่มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง รวมทั้งการพยากรณ์หรือการคาดการณ์สิ่งที่อาจจะเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่นการคาดการณ์ขนาดของผลผลิตหรือคุณภาพของเห็ดถั่งเช่าสีทองจากปัจจัยการเพาะเลี้ยงที่มีความแตกต่างหรือเหมือนกัน รวมถึงการประยุกต์ใช้งานด้านอื่นๆที่ใกล้เคียงกัน เป็นต้น นอกจากนี้แม้ว่าระบบแจ้งเตือนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจะมีความถูกต้องของการทำงานได้ถึงร้อยละ 95 โดยใช้อุปกรณ์ที่มีราคาไม่แพง อย่างไรก็ตามหากมีการนำไปใช้งานเชิงพาณิชย์ เกษตรกรอาจพิจารณาการใช้อุปกรณ์ไอโอทีที่มีคุณภาพสูงขึ้นในระดับอุตสาหกรรม (Industrial Grade Equipment) ที่มีความเสถียร ความทนทาน ความแม่นยำและเที่ยงตรงมากขึ้น แต่ก็มีราคาแพงเพิ่มขึ้นเช่นกัน

8. บทสรุป

ระบบแจ้งเตือนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งจะช่วยลดปัญหาด้านต่างๆ ของฟาร์มขนาดเล็ก ทั้งส่วนของการลดต้นทุนการใช้แรงงานคน มีการบริหารและจัดการข้อมูลการเพาะเลี้ยงที่รวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำเพื่อให้การบริหารและจัดการฟาร์มเห็ดถั่งเช่าสีทองเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล ผู้เพาะเลี้ยงสามารถควบคุมค่าสถานะสภาพแวดล้อมปัจจัยการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองได้ด้วยตนเองหรือให้ระบบดำเนินให้โดยอัตโนมัติ หากค่าสถานะสภาพแวดล้อมปัจจัยการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองใดที่เกิดความไม่ปกติ ตัวอย่างแช่น อุณหภูมิไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (Threshold) ระบบจะทำการส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือทันที ช่วยให้เกษตรกรทราบและแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ช่วยลดความเสียหายของเห็ดถั่งเช่าที่เพาะลี้ยงได้ นอกจากนี้จะมีการจัดเก็บข้อมูลสถิติไว้ในระบบการจัดการฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์เพื่อจะได้นำข้อมูลสถิติมาผ่านกระบวนการวิเคราะห์เพื่อให้เกิดองค์ความรู้เพิ่มมากขึ้นต่อไป

ผลการศึกษาการประเมินผลระบบแจ้งเตือนการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่พัฒนาจากกรอบแนวแนวคิด พบว่าระบบสามารถส่งข้อความเพื่อแจ้งเตือนความผิดปกติของค่าสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองได้ถูกต้องและสามารถแก้ไขให้ถูกต้องเป็นจำนวน 560 ครั้ง หรือคิดเป็นร้อยละ 95 มีความผิดพลาดจำนวน 40 ครั้ง หรือคิดเป็นร้อยละ 5 โดยมีค่าเฉลี่ยของเวลาในการตอบสนองที่ 6.08 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลา (Standard Deviation) เท่ากับ 0.5 ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ผลการศึกษาพบว่า ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 45.536 มีค่ามากกว่าค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ได้จากตารางคือ 11.070 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าสมมติฐานวิจัยถูกต้อง กรณีของการทดสอบระบบเกี่ยวข้องกับผลการทดสอบระบบ สอดคล้องกับคำแนะนำจาก Pereira et al. (2022)

เอกสารอ้างอิง

ไกรยศ แซ่ลิ้ม. (ม.ป.ป.). *ถั่งเช่า*. บทความวิชาการ, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยบูรพา, ปีที่ 2 ฉบับที่ 1.

ณัฐพงษ์ สิงห์ภูงา, พีระศักดิ์ ฉายประสาท, และบุญส่ง แสงอ่อน. (2559). ผลของสูตรอาหารเทียมต่อการเกิดดอกและการผลิตสารสำคัญทางยาของเห็ดถั่งเช่าสีทอง. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 3*, 34-46.

ธัญญา ทะพิงค์แก. (2555). *การเพาะเห็ดถั่งเช่าเป็นอาชีพ*. กรุงเทพฯ: ทูโฟร์ พริ้นติ้ง.

นพมาศ สุนทรเจริญนนท์, และธิดารัตน์ จันทร์ดอน. (2561). *"ถั่งเช่า" ช่วยเพิ่มสมรรถภาพ จริงหรือ?.* สืบค้นจาก https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/153

วิโรจน์ แก้วเรือง. (2556, กันยายน-ตุลาคม). ถั่งเช่าไหมไทย สมุนไพรทองคำ. *หนังสือพิมพ์กสิกร*, น. 18-22.

Abdulraheem, A. S., Salih, A. A., Abdulla, A. I., Sadeeq, M. A. M., Salim, N. O. M., Abdullah, H., . . . Saeed, R. A. (2020). Home Automation System based on IoT. *Technology Reports of Kansai University, 62*(5), 2453.

Chou, S. -M., Lai, W. -J., Hong, T. -W., Lai, J. -Y., Tsai, S. -H., Chen, Y. -H., . . . Shen, T. -L. (2014). Synergistic property of cordycepin in cultivated Cordyceps militaris-mediated apoptosis in human leukemia cells. *Phytomedicine, 21*, 1516–1524.

Davidson, C., Rezwana, T., & Hoque, M. A. (2019). Smart Home Security Application Enabled by IoT. In A. S. Pathan, Z. Fadlullah, & M. Guerroumi (Eds.), *SGIoT 2018, LNICST 256* (pp. 46–56). https://doi.org/10.1007/978-3-030-05928-6_5 doi:10.17148/IJIREEICE.2021.9626

Ilieva, G., & Yankova, T. (2020). IoT in Distance Learning during the COVID-19 Pandemic. *TEM Journal*, *9*(4), 1669-1674. doi:10.18421/TEM94-45

Kulkarni, B. P., Joshi, A. V., Jadhav, V. V., & Dhamange, A. T. (2017). IoT Based Home Automation Using Raspberry PI. *International Journal of Innovative Studies in Sciences and Engineering Technology, 3*(4), 13-16.

Nakamura, K., Shinozuka, K., & Yoshikawa, N. (2015). Anticancer and antimetastatic effects of cordycepin, an active component of Cordyceps sinensis. *J. Pharmacol. Sci, 127*, 53–56.

Pereira, F., Caetano, N., & Felgueiras, C. (2022). Increasing energy efficiency with a smart farm - An economic evaluation. *Energy Reports, 8*, 454-461. doi:10.1016/j.egyr.2022.01.074

Rahman, H., Faruq, O., Hai, T. B. A., Rahman, W., Hossain, M. M. H., Hasan, M., . . . Azad, M. M. (2022). IoT enabled mushroom farm automation with Machine Learning to classify toxic mushrooms in Bangladesh. *Journal of Agriculture and Food Research, 7*, 100267. doi:1016/j.jafr.2021.100267

Rishi, R., & Doloi, P. (2021) Home Automation Using Google Assistant. *International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering, 9*(6), 116-127.

Saraubon, K., & Limthanmaphon, B. (2021). IoT Telemonitoring System for COVID-19 Quarantine. *TEM Journal, 10*(1), 105-112. doi:10.18421/TEM101-13

Satapathy, L. M., Bastia, S. K., & Mohanty, N. (2018). Arduino based home automation using Internet of things (IoT). *Int J Pure Appl Math, 118*, 769–778.

Stolojescu-Crisan, C., Crisan, C., & Butunoi, B. -P. (2021). An IoT-Based Smart Home Automation System. *Sensors, 21*, 3784. doi:10.3390/s21113784

Sukhoparov, M. E., & Lebedev, I. S. (2021). Recognition of the Cybersecurity State of IoT devices. *TEM Journal, 10*(4), 1912-1918. doi:10.18421/TEM104-55

Thong-un, N., & Wongsaroj, W. (2022). Productivity enhancement using low-cost smart wireless programmable logic controllers: A case study of an oyster mushroom farm. *Computers and Electronics in Agriculture, 195*, 106798. doi:10.1016/j.compag.2022.106798

Wadhwani, S., Singh, U., Singh, P., & Dwivedi, S. (2018). Smart Home Automation and Security System using Arduino and IoT. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, *5*(2), 1357-1359.