

ปัจจัยด้านสมรรถนะทางนวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์สำหรับการจัดการสภาพแวดล้อม ในการผลิตเห็ดสกุลนางรม

Innovation performance factors of the internet of things for environmental management
in oyster mushroom production

ภัทรเวช ธาราเวชรักษ์^{1*}, วิณากกร ที่รัก¹, นฤมล ธนานันต์¹, อรวิกา ศรีทอง¹, ธนกร วังสว่าง¹, สมชัย แสนภูมิ¹,
เกียรติศักดิ์ รักษาพล¹, รวิธร ฐานันสสกุล¹, วัชรกรณณ์ ถมจ่อหอ¹ และ ปรียาภา เมืองนก¹
Pattrawet Tharawetcharak^{1*}, Winakon Theerak¹, Narumol Thanananta¹, Onwika Sritong¹,
Thanakorn Wangsawang¹, Somchai Saenphumi¹, Kiatisak Raksapoln¹, Ravithon Thanussakul¹,
Watcharakorn Thomchoho¹ and Preeyapa Muangnok¹

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยด้านนวัตกรรมกระบวนการผลิตและการใช้นวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ในการจัดการสภาพแวดล้อมสำหรับการเพาะเห็ดสกุลนางรมและประเมินสมรรถนะของนวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ข้อมูลตามระดับความต้องการในการใช้นวัตกรรมของกลุ่มตัวอย่าง จากผู้เชี่ยวชาญการผลิตเห็ดสกุลนางรมผ่านเครื่องมือกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ ซึ่งเป็นวิธีการทางการจัดการวิศวกรรมที่สามารถเลือกนวัตกรรมที่เหมาะสมกับบริบทชุมชนใน 3 เป้าหมาย ได้แก่ นวัตกรรมการผลิตแรงงานฝีมือ และวัสดุเพาะปลูกพืชคุณภาพสูง ซึ่งเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่มีความเชี่ยวชาญในการผลิตเห็ดสกุลนางรมในพื้นที่จังหวัดปทุมธานีและสระแก้ว จำนวน 300 คน ผลการวิจัยพบว่า การเปรียบเทียบปัจจัยในแต่ละทางเลือกสำหรับการตัดสินใจเลือกแนวทางยกระดับขีดความสามารถทางการแข่งขันของกระบวนการผลิตและสร้างมูลค่าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรสำหรับเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดสกุลนางรมที่เหมาะสมกับบริบทชุมชน และค่าน้ำหนักความสำคัญของทั้ง 4 ปัจจัย ได้แก่ นวัตกรรมด้านกระบวนการผลิต นวัตกรรมด้านการลดของเสีย นวัตกรรมด้านการบริหารจัดการการตลาด และนวัตกรรมด้านการเพิ่มผลผลิต ผลการวิจัยพบว่าทางเลือกที่จะต้องทำการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุด คือ นวัตกรรมการผลิตโดยใช้อินเทอร์เน็ตออฟติงส์ ซึ่งมีน้ำหนักความสำคัญมากถึง 0.453 หรือคิดเป็นร้อยละ 45.30 รองลงมา คือ วัสดุเพาะปลูกพืชคุณภาพสูง มีน้ำหนักความสำคัญ 0.380 หรือคิดเป็นร้อยละ 38 ยิ่งไปกว่านั้นผลผลิตของเดือนมิถุนายน-สิงหาคม พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นช่วงที่ก่อนเห็ดสกุลนางรมได้ผลผลิตดีที่สุด พบว่านวัตกรรมทางด้านกระบวนการผลิตในด้านของการใช้อินเทอร์เน็ตออฟติงส์สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของเห็ดสกุลนางรม และสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตเห็ดสกุลนางรมได้ดีกว่าวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม ซึ่งเฉลี่ยแล้วการใช้อินเทอร์เน็ตออฟติงส์ในกระบวนการผลิตเห็ดสกุลนางรมได้ผลผลิตมากถึง 712.72 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับการผลิตแบบดั้งเดิมเฉลี่ยแล้วได้ 523.46 กิโลกรัม โดยมีปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยมากถึง 189.26 กิโลกรัม

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตออฟติงส์ การจัดการสภาพแวดล้อม เห็ดสกุลนางรม กระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์

Abstract

This research aims to study and analyze the factors influencing process innovation and the application of the Internet of Things (IoT) in environmental management for oyster mushroom cultivation. Additionally, it evaluates the performance of IoT innovations. The study begins by analyzing data based on the demand levels for innovation among a sample of oyster mushroom production experts using the analytica hierarchy process (AHP). AHP is an engineering management method that aids in selecting suitable innovations for community contexts, targeting three main objectives: production innovation, skilled labor, and high-quality plant-

¹ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

¹ Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage Pathumthani Province

* Corresponding author. E-mail: pattrawet@vru.ac.th

growing materials. Data were collected from 300 expert mushroom farmers located in Pathum Thani and Sa Kaeo provinces. The findings revealed comparisons of factors in each decision-making option to enhance the competitiveness of the production process and create value from agricultural waste materials suitable for oyster mushroom farmers within a community context. The importance weights of four factors were evaluated: production process innovation, waste reduction innovation, market management innovation and productivity enhancement innovation. The results indicated that the optimal technology choice was production innovation through IoT, with a significant weight of 0.453 or 45.30%. The next most important factor was high-quality plant-growing materials, with a weight of 0.380 or 38%. Moreover, the yield from June-August 2023, the period with the highest productivity for oyster mushrooms, demonstrated that IoT-based production innovations could effectively control the environmental conditions for oyster mushroom growth, resulting in higher production levels than traditional methods. The average yield from IoT implementation in oyster mushroom production reached 712.72 kilograms, compared to the traditional method's average yield of 523.46 kilograms, representing an increase of 189.26 kilograms.

Keywords: internet of things, environmental management, oyster mushrooms, analytic hierarchy process

บทนำ

การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากของประเทศไทยด้วยนวัตกรรมระดับชุมชนเป็นส่วนสำคัญในการผลักดันให้ประเทศไทยสามารถหลุดพ้นจากกับดักรายได้ปานกลาง (middle income trap) เข้าสู่ประเทศที่มีรายได้สูง (high income countries) และสังคมแห่งการพัฒนาเศรษฐกิจได้อย่างยั่งยืน ซึ่งเศรษฐกิจฐานรากคือระบบเศรษฐกิจของชุมชนในท้องถิ่น และสามารถพึ่งพาตนเองได้ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง (Srilert, 2023) แต่ในปัจจุบันการยกระดับขีดความสามารถของเศรษฐกิจฐานรากของประเทศไทยยังมีความคลุมเครือ เนื่องจากมีความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกันเป็นห่วงโซ่ หลายปีที่ผ่านมา มีหน่วยงานภาครัฐได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากของประเทศไทย โดยมุ่งเน้นไปที่การนำทรัพยากรหมุนเวียนที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาทำให้เกิดมูลค่า และส่งเสริมอาชีพให้กับประชาชน เช่น การส่งเสริมกลุ่มอาชีพผลิตภัณฑ์ชุมชน กลุ่มผู้ผลิต กลุ่ม OTOP และกลุ่มออมทรัพย์เพื่อการผลิต เป็นต้น แต่สำหรับบางกลุ่มอาชีพยังไม่สามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างเป็นรูปธรรม (Srilert, 2022) ยิ่งไปกว่านั้นปัญหาในการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากมาจากกระบวนการส่งเสริม การบริหารจัดการกลุ่ม ระบบโลจิสติกส์ การพัฒนานวัตกรรม และความไม่ต่อเนื่องในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชน เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ในประเทศไทยเป็นแรงงานภาคการเกษตรที่อยู่ระดับเศรษฐกิจฐานรากเป็นหลัก (National accounts division state-owned enterprises investment division logistics development strategy division, 2022) เห็นนับเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีบทบาทสำคัญในด้านสุขภาพและเศรษฐกิจของประเทศไทยมายาวนาน เห็นมีสารอาหารจำเป็น เช่น โปรตีน วิตามินบี วิตามินดี ธาตุเหล็ก ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และทองแดง สำหรับอุตสาหกรรมเพาะเห็ดในประเทศไทยได้กลายเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรหลายราย โดยมีรายได้รวมจากการเพาะเห็ดมากกว่า 1,200 ล้านบาทต่อปี และมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง ในทางกลับกันการจัดการสิ่งแวดล้อมในการเพาะเห็ดที่เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อยและวิสาหกิจชุมชนยังพบปัญหาการจัดการสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิตเห็ด เช่น การระบายอากาศของโรงเรือน และการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง (Suksai et al., 2022)

กระบวนการผลิตของเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดสกุลนางรมเป็นสิ่งจำเป็นที่เกษตรกรในพื้นที่ต้องศึกษาองค์ความรู้ ซึ่งนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาแนวทางการส่งเสริมการเพาะเห็ดสกุลนางรมเพื่อเป็นแรงสนับสนุนองค์ความรู้ให้แก่ชุมชน โดย Mastuwach et al., (2021) ได้ศึกษาแนวทางการส่งเสริมการเพาะเห็ดในชุมชน พบว่า มีแนวทางต่อการส่งเสริมเกษตรกร 4 ข้อเสนอแนะ ได้แก่ 1) ข้อเสนอแนะต่อฟาร์มเห็ด เกษตรกรควรที่จะมีตลาดในการรองรับผลผลิตจากฟาร์มให้เพิ่มมากขึ้น และโรงเรือนในการเพาะเห็ดควรปิดให้มิดชิดเพื่อป้องกันศัตรูพืชเข้าไปทำลายเห็ด 2) ข้อเสนอแนะต่อชุมชน

เกษตรกรควรมีการสร้างเครือข่ายในการแลกเปลี่ยนความรู้กับต่างชุมชนเพื่อต่อยอดสินค้าในชุมชน 3) ข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานภาครัฐ ควรมีการส่งเสริมด้านการตลาด และการประกันราคาสินค้าของเห็ด และการส่งเสริมด้านการกำหนดใช้สารในการกำจัดศัตรูพืชให้อยู่ในปริมาณที่ผู้บริโภคปลอดภัยจากการบริโภค หนึ่งในเทคโนโลยีในปัจจุบันที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมในการผลิตได้อย่างอินเทอร์เน็ตของสิ่ง (internet of things: IoT) เช่น Poolwan et al., (2021) ได้พัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับตู้ฟักไข่ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสิ่ง และ Laowatthanarassamee et al., (2023) ได้ประเมินสมรรถนะในระดับห้องปฏิบัติการของเซนเซอร์วัดความชื้นดินชนิดคาปาซิทีฟต้นทุนต่ำสำหรับดินเนื้อละเอียดและดินเนื้อปานกลาง ยิ่งไปกว่านั้นการใช้นวัตกรรมอินเทอร์เน็ตของสิ่งได้รับการพิสูจน์แล้วว่าประสิทธิภาพในการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะเห็ดซึ่งช่วยเพิ่มผลผลิตและลดความซับซ้อนในการจัดการ เช่น ผลการศึกษาของ Pennate et al., (2023) แสดงให้เห็นว่าอินเทอร์เน็ตของสิ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และแสงในโรงเรือนเพาะเห็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้สภาพแวดล้อมมีความเหมาะสมต่อการเติบโตของเห็ดอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและเสถียรมากขึ้นตามต้องการ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีงานวิจัยมากมายที่แสดงถึงประโยชน์ของการใช้อินเทอร์เน็ตของสิ่งในกระบวนการเพาะเห็ด แต่ก็ยังมีความจำเป็นในการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของนวัตกรรมนี้ในบริบทชุมชนไทย และปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้นวัตกรรมเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตเห็ดกันอย่างแพร่หลาย เพื่อยกระดับให้เป็นการทำเกษตรอัจฉริยะ (smart farm) เช่น การใช้นวัตกรรมบล็อกเชน (blockchain) มาจัดการสภาพแวดล้อมและความปลอดภัยของการผลิตให้มีสภาพแวดล้อมเป็นธรรมชาติที่ดอกเห็ดเจริญเติบโตได้ดี (Branco et al., 2019) การประยุกต์ใช้นวัตกรรมอินเทอร์เน็ตของสิ่งเข้ามาจัดการสภาพอุณหภูมิและความชื้นในการผลิตเห็ด (Fauzi et al., 2020) แต่ยังไม่เห็นผลออกมาเป็นที่แน่ชัด และการประยุกต์ใช้นวัตกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (wireless sensor networks: WSN) เพื่อตรวจวัดคุณสมบัติของสภาพแวดล้อมและพารามิเตอร์ในการผลิตเห็ด (Riskiono et al., 2020) เป็นต้น

ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดในการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยด้านนวัตกรรมกระบวนการผลิตและการใช้นวัตกรรมอินเทอร์เน็ตของสิ่งในการจัดการสภาพแวดล้อมสำหรับการเพาะเห็ดสกุลนางรมและประเมินสมรรถนะของนวัตกรรมอินเทอร์เน็ตของสิ่ง ในการควบคุมสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเพิ่มผลผลิตเห็ดสกุลนางรมพัฒนากระบวนการผลิตเห็ดสกุลนางรมที่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตเห็ดได้ตามความต้องการของตลาดมากขึ้นกว่าเดิม ตลอดจนลดความเหลื่อมล้ำทางด้านนวัตกรรมและเพิ่มทักษะทางนวัตกรรมให้กับเกษตรกรได้อย่างยั่งยืน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมอินเทอร์เน็ตของสิ่งที่มีสมรรถนะในการจัดการสภาพแวดล้อมสำหรับการผลิตเห็ดสกุลนางรม

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ได้เริ่มจากการวิเคราะห์ข้อมูลตามระดับความต้องการในการใช้นวัตกรรมของกลุ่มตัวอย่างจากผู้เชี่ยวชาญการผลิตเห็ดสกุลนางรมผ่านเครื่องมือกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (analytic hierarchy process: AHP) (Darko et al., 2019) ซึ่งเป็นวิธีการทางการจัดการวิศวกรรมที่สามารถเลือกนวัตกรรมที่เหมาะสมกับบริบทชุมชนใน 3 เป้าหมาย ที่ได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลในการประชุมกลุ่มย่อยระหว่างเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดสกุลนางรมและนักวิจัย ได้แก่ 1) นวัตกรรมการผลิต โดยการพัฒนานวัตกรรมอินเทอร์เน็ตของสิ่งที่มีสมรรถนะในการจัดการสภาพแวดล้อมสำหรับการผลิตเห็ดสกุลนางรมให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 70-85 2) แรงงานฝีมือ โดยเพิ่มทักษะการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ทักษะการจัดการและวางแผนการผลิต ทักษะความปลอดภัย

ในโรงเรือนผลิต และทักษะการผลิตเนื้อเยื่อ และ 3) วัสดุเพาะปลูกพืชคุณภาพสูง โดยนำก้อนเห็ดเชื้อเห็ดสกุลนางรมเหลือทิ้งมาเป็นส่วนผสมในการผลิตวัสดุเพาะปลูกคุณภาพสูงเพื่อใช้ในการผลิตพืชปลอดภัย

ในกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เป็นกระบวนการตัดสินใจเชิงพหุเกณฑ์เพื่อช่วยในการตัดสินใจที่ซับซ้อน โดยการนำปัจจัยต่าง ๆ มาพิจารณาในรูปแบบเชิงลำดับชั้น (Saaty, 2008) ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1) การสร้างลำดับชั้น (hierarchy) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้สร้างลำดับชั้น จำนวน 3 ลำดับชั้น ได้แก่ ชั้นเป้าหมาย ชั้นเกณฑ์การตัดสินใจ และชั้นทางเลือก 2) การเปรียบเทียบแบบคู่ (pairwise comparison) โดยกำหนดให้มีเป้าหมายจากเสียงของเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดสกุลนางรม จำนวน 3 เป้าหมาย ได้แก่ นวัตกรรมการผลิต แรงงานฝีมือ และวัสดุเพาะปลูกพืชคุณภาพสูง และกำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าน้ำหนักความสำคัญในการเลือก จำนวน 4 ปัจจัย ได้แก่ นวัตกรรมด้านกระบวนการผลิต นวัตกรรมด้านการลดของเสีย นวัตกรรมด้านการบริหารจัดการการตลาด และนวัตกรรมด้านการเพิ่มผลผลิต 3) การคำนวณค่าน้ำหนัก (weight calculation) โดยคำนวณผลรวมของแต่ละคอลัมน์ คำนวณน้ำหนักความสัมพันธ์ และคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละแถว 4) การคำนวณดัชนีความสอดคล้อง และ 5) การรวมผล (aggregation) โดยรวมผลของค่าน้ำหนักในแต่ละลำดับชั้น ซึ่งเป็นการนำผลจากการคำนวณค่าน้ำหนักของเกณฑ์ต่าง ๆ มาคำนวณหาคะแนนรวมของแต่ละตัวเลือก

นอกจากนี้ ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ซึ่งการวิจัยนี้จะเจาะลึกไปที่กลุ่มเกษตรกรที่มีความเชี่ยวชาญในการผลิตเห็ดสกุลนางรมในพื้นที่จังหวัดปทุมธานีและจังหวัดสระแก้ว จำนวน 300 คน จากประชากรเกษตรกร จำนวน 1,186 คน โดยการคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตรทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane) (Tepping, 2014)

ผลการศึกษา

ผลการพัฒนากระบวนการผลิตสำหรับเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดสกุลนางรม ซึ่งจากกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ผลจากการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกแนวทางยกระดับขีดความสามารถทางการแข่งขันตามความต้องการของเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดสกุลนางรมที่เหมาะสมกับบริบทชุมชนในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี และสระแก้ว สำหรับการกำหนดปัจจัยดังกล่าว งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ปัจจัยจากแบบสอบถามการประเมินค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกนวัตกรรมที่มีการเปรียบเทียบเป็นรายคู่และกำหนดมาตราส่วนในการเปรียบเทียบระดับค่าคะแนนความสำคัญด้วยตัวเลข 1-9 (Saaty, 2008) โดยความหมายของตัวเลขระดับค่าคะแนนความสำคัญ ดัง (Table 1) ซึ่งผลที่ได้มีจำนวน 4 ปัจจัย พบว่าปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดที่ส่งผลถึงอิทธิพลการคัดเลือกนวัตกรรม คือ นวัตกรรมด้านกระบวนการผลิต นวัตกรรมด้านการลดของเสีย นวัตกรรมด้านการเพิ่มผลผลิต และนวัตกรรมด้านการบริหารจัดการการตลาด ตามลำดับ ดัง (Table 2)

Table 1 The fundamental scale of absolute values.

intensity of importance	definition
1	equal importance
2	weak or slight
3	moderate importance
4	moderate plus
5	strong importance

Table 1 The fundamental scale of absolute values (continue).

intensity of importance	definition
6	strong plus
7	very strong or demonstrated importance
8	very, very strong
9	extreme importance

Table 2 The weight of recommendations based on the criteria of requirements for each factor provided by farmers.

factors	production process	waste reduction	marketing	productivity increase	average weight
production process	0.444	0.522	0.250	0.533	0.437
waste reduction	0.222	0.261	0.375	0.267	0.281
marketing	0.222	0.087	0.125	0.067	0.125
productivity increase	0.111	0.130	0.250	0.133	0.156
total	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ผลการคำนวณดัชนีความสอดคล้องเป็นค่าดัชนีความสอดคล้องกันของเหตุผล ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังสมการ (1)
(Aguaron et al., 2003)

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} \quad (1)$$

เมื่อ n คือ ขนาดของเมทริกซ์ และ $\lambda_{\max}$ คือ ค่าไอเกน (eigen value)
ของสัมประสิทธิ์ที่สูงที่สุด

ซึ่งค่า $\lambda_{\max}$ คำนวณได้จากการนำเมทริกซ์การเปรียบเทียบแบบรายคู่คูณกับเมทริกซ์ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย ดัง (Table 2) หารด้วยค่าน้ำหนักความสำคัญ ดังสมการ (2)

$$\begin{aligned}
 & \begin{matrix} \text{กระบวนการผลิต} \\ \text{ลดของเสีย} \\ \text{การตลาด} \\ \text{เพิ่มผลผลิต} \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 4 \\ 1/2 & 1 & 3 & 2 \\ 1/2 & 1/3 & 1 & 1/2 \\ 1/4 & 1/2 & 2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.437 \\ 0.281 \\ 0.125 \\ 0.156 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.287 \\ 4.225 \\ 4.119 \\ 4.203 \end{bmatrix} \quad (2) \\
 & = \begin{bmatrix} 0.437 & 0.281 & 0.125 & 0.156 \\ 1.875 & 1.188 & 0.516 & 0.657 \end{bmatrix} \\
 & = [4.287 \quad 4.225 \quad 4.119 \quad 4.203] \\
 & \lambda_{\max} = \left[\frac{4.287+4.225+4.119+4.203}{4} \right] \\
 & \lambda_{\max} = 4.208
 \end{aligned}$$

จากสมการการคำนวณดัชนีความสอดคล้อง สามารถคำนวณดัชนีความสอดคล้อง (CI) ได้ ดังสมการ (3)

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} = \frac{(4.208-4)}{(4-1)} = \frac{0.208}{3} = 0.069 \quad (3)$$

เมื่อนำค่าดัชนีความสอดคล้อง (CR) จะนำค่า CR มาทำการตรวจสอบความสอดคล้องของปัจจัยด้วยการเปรียบเทียบเกณฑ์การให้คะแนนจากข้อเสนอแนะของประชาชนในชุมชน ว่ามีความสมเหตุสมผลกันหรือไม่ โดยถ้าค่า $CR \leq 0.10$ แสดงว่าปัจจัยแต่ละปัจจัยมีความสอดคล้องกัน สามารถนำคะแนนจากข้อเสนอแนะของเกษตรกรผู้ผลิตเกิดสกลนางรมไปใช้เป็นค่าน้ำหนักในการคำนวณได้ ถ้าหากว่าค่า $CR \geq 0.10$ แสดงว่าค่าของปัจจัยแต่ละปัจจัยไม่มีความสอดคล้องกัน ต้องนำค่าปัจจัยต่าง ๆ ไปปรับเกณฑ์การให้คะแนนความสำคัญในการเปรียบเทียบเชิงคู่อีกครั้ง ซึ่งค่า CR สามารถคำนวณได้ ดังสมการ (4) (Pankratova & Nedashkovskaya, 2015)

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

เมื่อ RI คือ ค่าดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (random index: RI) สามารถเปรียบเทียบได้ดัง (Table 3) (Kazakis et al., 2015)

Table 3 Random Index (RI).

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.51

ดังนั้นอัตราส่วนของความสอดคล้อง (CR) โดยเปรียบเทียบค่า RI ตาม (Table 3) เมื่อมีจำนวนปัจจัยที่ถูกนำมาเปรียบเทียบเท่ากับ 4 ปัจจัย และสามารถคำนวณค่า CR ได้ ดังสมการ (5)

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.096}{0.900} = 0.077 \quad (5)$$

ผลการวิจัยพบว่าค่า CR เท่ากับ 0.077 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.10 จึงสรุปได้ว่าการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักความสำคัญรายคู่มีความสอดคล้องกันของเหตุผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนานวัตกรรมของเกษตรกรผู้ผลิตเกิดสกลนางรมมีความสอดคล้องกันเป็นอย่างดี

ผลการเปรียบเทียบปัจจัยในแต่ละทางเลือกสำหรับการตัดสินใจเลือกแนวทางการยกระดับขีดความสามารถทางการแข่งขันของกระบวนการผลิตสำหรับเกษตรกรผู้ผลิตเกิดสกลนางรม และค่าน้ำหนักความสำคัญของทั้ง 4 ปัจจัย ได้แก่ นวัตกรรมด้านการกระบวนการผลิต นวัตกรรมด้านการลดของเสีย นวัตกรรมด้านการบริหารจัดการการตลาด และนวัตกรรมด้านการเพิ่มผลผลิต ดัง (Table 4) พบว่าทางเลือกที่จะต้องทำการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุด คือ นวัตกรรมการผลิต ซึ่งมีน้ำหนักความสำคัญมากถึง 0.453 หรือคิดเป็นร้อยละ 45.30 ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจของเกษตรกรผู้ผลิตเกิดสกลนางรมที่ให้ความสำคัญไปที่กระบวนการผลิตตาม (Table 2) โดยมีค่าน้ำหนักความสำคัญมากถึง 0.437 และรองลงมา คือ วัสดุเพาะปลูกพืชคุณภาพสูง มีน้ำหนักความสำคัญ 0.38 หรือคิดเป็นร้อยละ 38 นอกจากนี้การพัฒนานวัตกรรมกระบวนการผลิตที่ใช้อินเทอร์เน็ตออฟติงส์ เพื่อจัดการสภาพแวดล้อม

ในโรงเรือนเพาะเห็ด โดยเน้นถึงความสำคัญของปัจจัยด้านนวัตกรรมกระบวนการผลิตซึ่งจากผลการศึกษาและ (Table 4) ยังพบว่าปัจจัยนี้มีผลสำคัญมากกว่าปัจจัยอื่น ๆ ในการยกระดับขีดความสามารถการผลิต นอกจากนี้ การวิจัยนี้ยังต้องการที่จะพัฒนาความสามารถทางนวัตกรรมให้แก่เกษตรกรและเพิ่มการเข้าถึงเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ในชุมชนเพาะเห็ดเพื่อให้สามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืนและลดช่องว่างด้านนวัตกรรมในภาคเกษตรกรรม

Table 4 The weighted importance of factors for each main option, as provided by farmers.

main choice	factors				priority
	production process (=0.437)	waste reduction (=0.281)	marketing (=0.125)	productivity increase (=0.156)	
soil substrate	0.297	0.252	0.619	0.653	0.380
production innovation	0.539	0.589	0.096	0.251	0.453
skilled workforce	0.164	0.159	0.284	0.096	0.167

ผลการเปรียบเทียบปัจจัยทางเลือกในการตัดสินใจสำหรับนวัตกรรมและการสังเคราะห์กลยุทธ์ในการพัฒนากระบวนการผลิตสำหรับเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดสกุลนางรม สามารถสังเคราะห์สถาปัตยกรรมระบบ (system architecture) การควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการเพาะเห็ดสกุลนางรมได้ ดัง (Figure 1) ซึ่งในการควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการเพาะเห็ดสกุลนางรมได้ประยุกต์ใช้เซนเซอร์ วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเป็นตัวส่งสัญญาณกลับมายังระบบควบคุมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์เพื่อเข้าสู่กระบวนการประมวลผลข้อมูล (data process) ในการสั่งการให้พัดลมระบายอากาศทำการระบายความร้อนเมื่ออุณหภูมิในโรงเรือนเพาะเห็ดสกุลนางรมสูงเกินกว่ากำหนด และสั่งการให้ปั๊มแรงดันส่งน้ำไปยังสเปรย์พ่นหมอกแบบอัตโนมัติเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนต่ำกว่ากำหนดตามสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเห็ด นอกจากนี้เกษตรกรยังสามารถควบคุมการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตได้จากทุกพื้นที่ทั่วโลกที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต กอปรกับการแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเพาะเห็ดสกุลนางรมในรูปแบบของตัวเลขและกราฟแบบเรียลไทม์

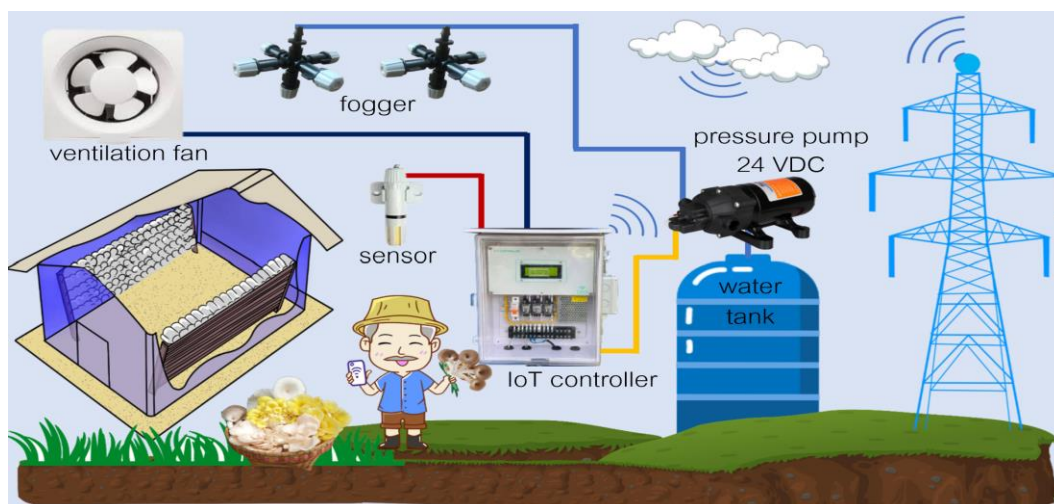


Figure 1 System architecture for oyster mushroom production.

นอกจากนี้ การวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลช่วงที่เห็ดสกุลนางรมเริ่มให้ผลผลิต ซึ่งข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบผลผลิตในช่วงสามเดือน คือ ข้อมูลผลผลิตของเดือนมิถุนายน-สิงหาคม พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นช่วงที่ก่อนเห็ดสกุลนางรมได้ผลผลิตดีที่สุด (Figure 2) พบว่าการพัฒนานวัตกรรมทางด้านกระบวนการผลิตในด้านของการใช้อินเทอร์เน็ทออฟติงส์สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของเห็ดสกุลนางรมให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 70-85 และสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตเห็ดสกุลนางรมได้ดีกว่าวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม ซึ่งเฉลี่ยแล้วการใช้อินเทอร์เน็ทออฟติงส์ในกระบวนการผลิตเห็ดสกุลนางรมได้ผลผลิตมากถึง 712.72 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับการผลิตแบบดั้งเดิมเฉลี่ยแล้วได้ 523.46 กิโลกรัม โดยมีปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยมากถึง 189.26 กิโลกรัม

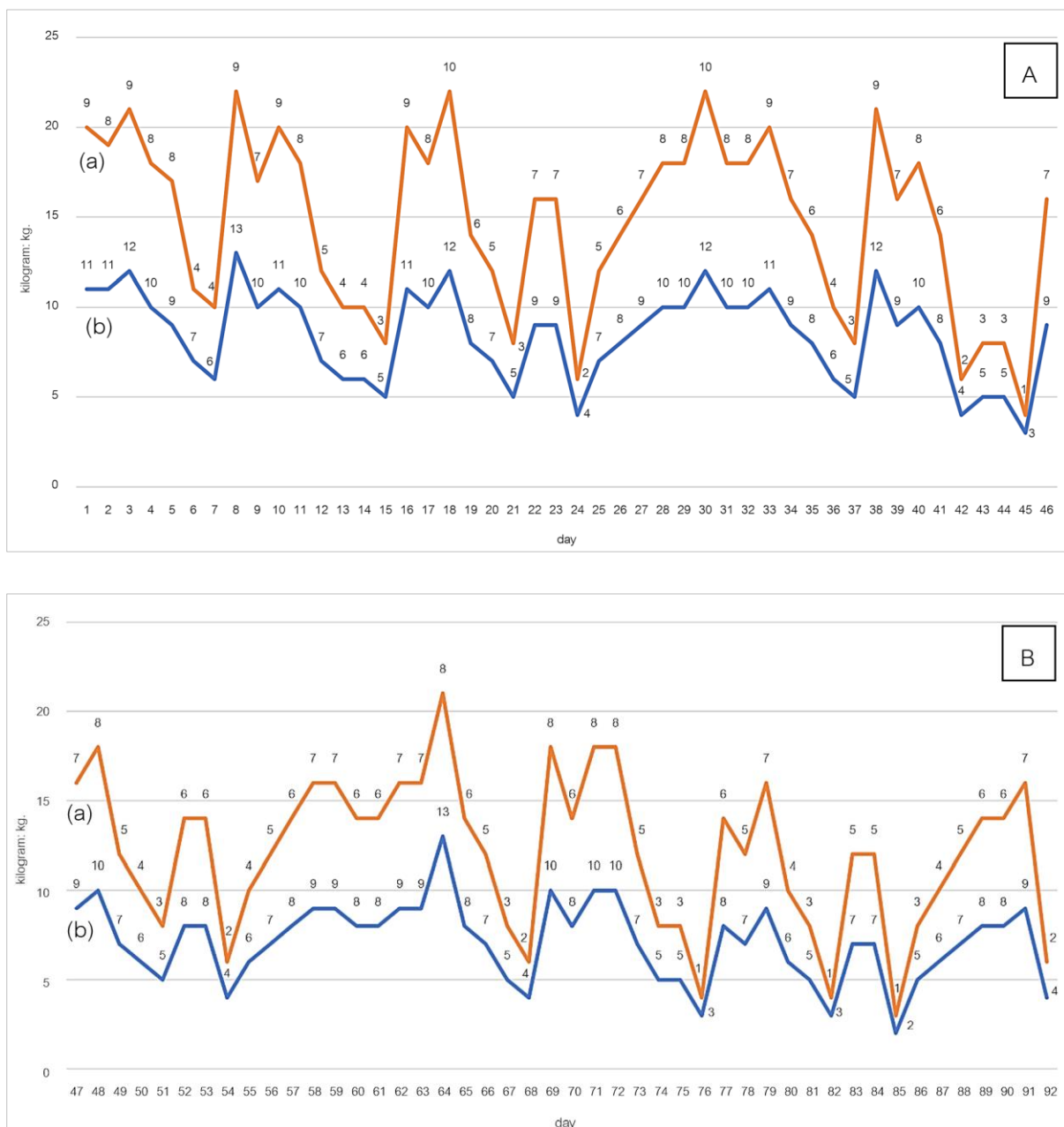


Figure 2 Comparison of oyster mushroom yield over three months: A) IoT production methods, and B) Conventional production methods.

เนื่องจากข้อมูลผลผลิตเห็ดสกุลนางรมยังไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าการใช้นวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ในกระบวนการผลิตเห็ดสกุลนางรมดีกว่ากระบวนการผลิตแบบดั้งเดิม งานวิจัยนี้จึงใช้การวิเคราะห์ทางสถิติอนุมานเพื่อยืนยันผลการใช้อินเทอร์เน็ตออฟติงส์ในกระบวนการผลิตเห็ดสกุลนางรม ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานและทดสอบสมมติฐานได้ดังต่อไปนี้

1. ตั้งสมมติฐาน คือ การใช้อินเทอร์เน็ตออฟติงส์มีแนวโน้มในการผลิตเห็ดสกุลนางรมแตกต่างกับวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมหรือไม่

1.1 สมมติฐานหลัก คือ การใช้อินเทอร์เน็ตออฟติงส์ในการผลิตเห็ดสกุลนางรมและวิธีการผลิตเห็ดสกุลนางรมแบบดั้งเดิมให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกัน ดังสมการ (5)

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad (5)$$

1.2 สมมติฐานอื่น ๆ คือ การใช้อินเทอร์เน็ตออฟติงส์ในการผลิตเห็ดสกุลนางรมและวิธีการผลิตเห็ดสกุลนางรมแบบดั้งเดิมให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งวิธี ดังสมการ (6)

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \quad (6)$$

$$\text{โดยที่ } \forall i \in \{1, 2\} \text{ และ } \forall j \in \{1, 2\}$$

2. ทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ (significant level) 5 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha=0.05$)

ดังนั้นผลการวิเคราะห์การใช้อินเทอร์เน็ตออฟติงส์ในการผลิตเห็ดสกุลนางรมและวิธีการผลิตเห็ดสกุลนางรมแบบดั้งเดิม ดัง (Table 5)

Table 5 Results of the analysis of IoT use in production and conventional production methods.

source of variation	sum of squares (SS)	degrees of freedom (DF)	mean sum of squares (MS)	F_0	p-value	F critical
mushroom farmer groups	194.136	1	194.136	34.722	0.000	3.893
error value	1017.598	182	5.591			
total	1211.734	183				

เมื่อพิจารณา (Table 5) พบว่าค่า p-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 และค่า F_0 มีค่าเท่ากับ 34.722 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าวิกฤต $F_0 > F_{\text{critical}} (=3.893)$ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก $[H_0: \mu_1 = \mu_2]$ และยอมรับสมมติฐานอื่น ๆ $[H_1: \mu_1 \neq \mu_2]$ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสรุปได้ว่าการใช้อินเทอร์เน็ตออฟติงส์ในการผลิตเห็ดสกุลนางรมสามารถให้ผลผลิตที่มากกว่าวิธีการผลิตเห็ดสกุลนางรมแบบดั้งเดิมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดสกุลนางรมสามารถทำการยกระดับขีดความสามารถทางการแข่งขันกระบวนการผลิตทางการเกษตรโดยการใช้นวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ได้จริง

อภิปรายผล

การพัฒนากระบวนการผลิตเห็ดสกุลนางรมโดยการพัฒนานวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ที่มีสมรรถนะในการจัดการสภาพแวดล้อมสำหรับการผลิตเห็ดสกุลนางรม ซึ่งเป็นหนึ่งในความต้องการของเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดสกุลนางรม ได้แก่ 1) นวัตกรรมการผลิต 2) แรงงานฝีมือ และ 3) วัสดุเพาะปลูกพืชคุณภาพสูง ตลอดจนการพัฒนากระบวนการผลิตเห็ดสกุลนางรมโดยการพัฒนานวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ยังสามารถส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ผลิตเห็ดนางรมสามารถเข้าถึงนวัตกรรมของกระบวนการผลิตเห็ดสกุลนางรม และสามารถลดความเหลื่อมล้ำทางนวัตกรรมได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้เกษตรกรมีการสร้างเครือข่ายในการแลกเปลี่ยนความรู้ทางนวัตกรรมกับต่างชุมชนเพื่อต่อยอดกระบวนการเพิ่มกำลังการผลิตเห็ดในชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mastuwach et al., (2021) ก่อปรกับการพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดสกุลนางรมด้วยนวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในการผลิตเห็ดได้อย่างแม่นยำ และลดการใช้แรงงานของเกษตรกร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pennate et al., (2023) ดังนั้น ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยด้านนวัตกรรมกระบวนการผลิตโดยใช้นวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์มีน้ำหนักความสำคัญสูงที่สุดใน การจัดการสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเพาะเห็ด และมีความสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ผ่านมา เช่น งานวิจัยของ Pennate et al., (2023) ที่ยืนยันว่านวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเห็ดสกุลนางรม

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยด้านนวัตกรรมกระบวนการผลิตและการใช้นวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ในการจัดการสภาพแวดล้อมสำหรับการเพาะเห็ดสกุลนางรมและประเมินสมรรถนะของนวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ในการควบคุมสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเพิ่มผลผลิตเห็ดสกุลนางรม ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ การเปรียบเทียบปัจจัยในแต่ละทางเลือกสำหรับการตัดสินใจเลือกแนวทางยกระดับขีดความสามารถทางการแข่งขันของกระบวนการผลิตสำหรับเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดสกุลนางรมที่เหมาะสมกับบริบทชุมชน และค่าน้ำหนักความสำคัญ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่าทางเลือกที่จะต้องทำการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุด คือ นวัตกรรมการผลิตโดยใช้อินเทอร์เน็ตออฟติงส์ ซึ่งมีน้ำหนักความสำคัญมากถึง 0.453 หรือคิดเป็นร้อยละ 45.30 รองลงมา คือ วัสดุเพาะปลูกพืชคุณภาพสูง มีน้ำหนักความสำคัญ 0.380 หรือคิดเป็นร้อยละ 38

การยกระดับขีดความสามารถทางการแข่งขันกระบวนการผลิตทางการเกษตรสำหรับเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดสกุลนางรมจากการเก็บรวบรวมข้อมูลช่วงที่เห็ดสกุลนางรมเริ่มให้ผลผลิตในช่วงสามเดือนที่ก่อนเห็ดสกุลนางรมได้ผลผลิตดีที่สุดที่สามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่าการประยุกต์ใช้นวัตกรรมอินเทอร์เน็ตออฟติงส์สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตเห็ดสกุลนางรมได้ดีกว่าวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม ซึ่งเฉลี่ยแล้วได้ผลผลิตมากถึง 712.72 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับการผลิตแบบดั้งเดิมเฉลี่ยแล้วได้ 523.46 กิโลกรัม โดยมีปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยมากถึง 189.26 กิโลกรัม

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปในการพัฒนาอินเทอร์เน็ตออฟติงส์สำหรับการยกระดับขีดความสามารถทางการแข่งขันกระบวนการผลิตเห็ดสกุลนางรมให้มีสมรรถนะเพิ่มขึ้น ควรคำนึงถึงการพัฒนาขั้นตอนวิธีการให้มีระยะเวลาในการคำนวณขั้นตอนวิธีการ (algorithms) น้อยลง ผสมกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เพิ่มขึ้น รวมถึงการศึกษาแนวทางวิธีที่เน้นเชิงพฤติกรรม (behavior-oriented approach) วิทยาการศึกษาลำบาก (heuristics) และการตัดสินใจสั่งการแบบสามัญสำนึก (spontaneous decision) เพิ่มเติมเพื่อนำมาพัฒนาอินเทอร์เน็ตออฟติงส์ดังกล่าวให้มีความฉลาดมากขึ้น

คำขอบคุณ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) ผ่านมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ประจำปีงบประมาณ 2566 (สัญญาเลขที่ ววน. 001/2566)

เอกสารอ้างอิง

- Aguaron, J., Escobar, M. T., & Moreno-Jimenez, J. M. (2003). Consistency stability intervals for a judgement in AHP decision support systems. *European Journal of Operational Research*, 145(2), 382-393. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00544-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00544-1)
- Branco, F., Moreira, F., Martins, J., Au-Yong-Oliveira, M., & Goncalves, R. (2019). Conceptual approach for an extension to a mushroom farm distributed process control system: IoT and blockchain. *The 2019 World Conference on Information Systems and Technologies* (pp. 738-747). Spain. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-16181-1_69
- Darko, A., Chan, A. P. C., Ameyaw, E. E., Owusu, E. K., Parn, E., & Edwards, D. J. (2019). Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction. *International Journal of Construction Management*, 19(5), 436-452. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15623599.2018.1452098>
- Fauzi, R. M., Waranti, F. S., Rais, I. K., & Somantri, Y. (2020). Oyster mushroom cultivation solution based IoT for nova farmers. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 850, 012044. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/850/1/012044>
- Kazakis, N., Kougias, I., & Patsialis, T. (2015). Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and analytical hierarchy process: application in Rhodope–Evros region, Greece. *Science of the Total Environment*, 538, 555-563. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.055>
- Laowatthanarassamee, N., Heepkaew, P., Jainam, W., Chulee, N., & Chompuchan, Ch. (2023). Laboratory performance evaluation of a low-cost capacitive soil moisture sensor for fine-and medium-textured soils. *RMUTSB Academic Journal*, 11(2), 254-264. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsb-sci/article/view/258687/177326> (in Thai)
- Mastuwach, T., Dumrongwattana, J., Khaenamkaew, D., & Dechochai, U. (2021). Guidelines for promoting mushroom farming in communities. A case study of mushroom farm, police sergeant major Wichian Kongjui, village No. 9, Rommueang subdistrict, Mueang district, Phatthalung, Thailand. *Journal of MCU Phetchaburi Review*, 4(2), 1-16. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JPR/article/view/256180/171405> (in Thai)
- National accounts division state-owned enterprises investment division logistics development strategy division. (September 2022). *Thailand's logistics report 2021* (research report). Office of the national economic and social development council. from https://www.nesdc.go.th/nesdb_en/ewt_dl_link.php?nid=4485.%20https://www.nesdc.go.th/nesdb_en/ewt_dl_link.php?nid=4485

- Pankratova, N., & Nedashkovskaya, N., (2015). Methods of evaluation and improvement of consistency of expert pairwise comparison judgements. *International Journal of Information Theories and Applications*, 22(3), 203-223. <http://www.foibg.com/ijita/vol22/ijita22-03-p01.pdf>
- Pennate, T., Yowaphui, K., Charangab, C., Boonrom, B., Tarahom, U., & Voraboot, P. (2023). Develop an environment control system for the Bhutan oyster mushroom cultivation house by using the IoT embedded system. *Agriculture and Technology Journal*, 4(1), 43-56. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/atj/article/view/257095/177913> (in Thai)
- Poolwan, J., Sripan, B., & Kingthong, S. (2021). Development of automatic temperature and humidity control systems for eggs incubators with internet of thing technology. *RMUTSB Academic Journal*, 9(2), 225-236. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsb-sci/article/view/249695> (in Thai)
- Riskiono, S. D., Prasetyawan, P., Mulyanto, A., Iqbal, M., & Prabowo, R. (2020). Control and real-time monitoring system for mushroom cultivation fields based on WSN and IoT. *Journal of Physics: Conference Series*, 1655, 012003. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1655/1/012003/pdf>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Srilert, N. (2022, November 13). *Thailand's path to survival post-COVID crisis: developing a grassroots and rural economy*. <https://www.bangkokbiznews.com/business/economic/1037004> (in Thai)
- Srilert, N. (2023, October 29). *Viewing the economy through the perspective of the 'TDRI chairman': how to help Thailand escape the middle-income trap*. <https://www.bangkokbiznews.com/business/economic/1095405> (in Thai)
- Suksai, L., Phanak, R., & Lamaisri, S. (2022). Product development of medicinal mushroom processing according to local wisdom based on sufficiency economy and creative economy in Lahan subdistrict, Square district, Chaiyaphum province. *Journal of MCU Ubon Review*, 7(2), 103-114. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/mcjou/article/view/255668/172230> (in Thai)
- Tepping, B. J., (2014). Elementary Sampling Theory, Taro Yamane. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1967. Pp. x-405. *Journal of the American Statistical Association*, 63(322), 728-730. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.11009297>