

ออกแบบและพัฒนาต้นแบบการปลูกองุ่นแบบอัตโนมัติด้วย IoT เพื่อส่งเสริมการมีรายได้ชุมชน

Design and Development of an Automatic Grape Cultivation System IoT Platform for Community Income Enhancement

ชาวลิต จันภิรมย์

Chaovarit Janpirom

คณะเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์บางกอก

Faculty of Digital Technology and Innovation, Southeast Bangkok University

E-mail : chaovarit@sbu.southeast.ac.th

(Received: 20 March 2025, Revised: 28 October 2025, Accepted: 29 October 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2025.1129>

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อออกแบบและพัฒนาาระบบปลูกองุ่นแบบอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยี โดยการควบคุมผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งสำหรับต้นแบบในการส่งเสริมรายได้ชุมชน และทดลองการทำงานระบบวัสดุปลูกพืชแบบแนวตั้งโดยการควบคุมผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง การดำเนินการ ออกแบบวงจรและนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเข้ามาใช้งานร่วมกับใช้ Node MCU ESP8266 ทำงานร่วมกับ DHT11 และ Relay เพื่อใช้ในการเปิด – ปิดระบบและนำแอปพลิเคชัน Blynk เข้ามาใช้ควบคุมซึ่งใช้การควบคุมผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ พบว่าการทำงานของระบบสามารถทำงานได้ 100% ต้นแบบการปลูกองุ่นโดยใช้ระบบIoT ช่วยให้ต้นองุ่นมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าในทุกๆด้าน ทั้งความสูง จำนวนใบ และน้ำหนักผล โดยเฉพาะในช่วงเดือน 3-6 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองที่ดีจากการใช้ระบบ IoT ในการควบคุมและ พบว่าผลการทำงานของระบบการเปิด-ปิด การให้น้ำ และปุ๋ยน้ำโดยผ่านแอปพลิเคชัน และระบบ Manual สามารถทำงานได้ 100 % ระดับพลังงานแบตเตอรี่ที่ใช้ ลดลง10 % เปรียบเทียบความคุ้มค่าของชุดเพาะปลูกโดยมีการเปรียบเทียบจาก ค่าไฟฟ้า ค่าการลงทุน ค่าปุ๋ย และค่าแรงงาน พบว่า การปลูกมีระบบควบคุมมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า ชุดการปลูก ที่ใช้คนดูแล ซึ่งลักษณะการทำเกษตรแนวใหม่นี้เทียบเคียงระบบสมาร์ทฟาร์ม พบว่า ความเป็นไปได้ของโครงการมีความเหมาะสมในการลงทุน

คำสำคัญ: ออกแบบและพัฒนา ปลูกองุ่น อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

Abstract

In this study, the objectives were to design and develop an automatic grape-growing system utilizing technology, controlled via the Internet of Things (IoT) to serve as a prototype for promoting community income. The research also involved testing the operation of a vertical planting system controlled through IoT. The methodology included designing circuits and integrating IoT technology with Node MCU ESP8266, which works in conjunction with DHT11 sensors and relays to control system ON/OFF functions. The Blynk application was used for remote control via mobile phones. The results showed that the system could operate successfully in 100% of the prototype grape cultivation using IoT, leading to better growth in all aspects—height, number of leaves, and fruit weight—especially during months 3-6, indicating a positive response to IoT-based control. It was also found that the system's operations, including watering and nutrient delivery, controlled via the app and manual system, achieved 100% functionality. The battery energy level decreased by 10%. A cost-effectiveness comparison of the cultivation setup was conducted considering electricity costs, investment expenses, fertilizer, and labor. The findings indicated that the automated control system was more economically viable than traditional manual farming. This modern agricultural approach is comparable to a smart farm system, suggesting that the project is feasible and suitable for investment.

Keywords: Design and development, Grape cultivation, Internet of things (IoT)

บทนำ

การทำเกษตรกรรมของโลกในศตวรรษที่ 21 จึงเข้าสู่การปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ (Paradigm Shift) ครั้งใหญ่อีกครั้งหนึ่ง โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะเป็นไปในลักษณะของการปรับเปลี่ยนรูปแบบในการทำเกษตรกรรม เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหาร (Food security) และความปลอดภัยทางอาหาร (Food safety) ให้แก่มวลมนุษยชาติ ในรูปแบบของการเพาะปลูกที่ไม่พึ่งพาสารเคมี (Bio-agriculture) และการเพาะปลูกในโรงเรือน (Indoor Agriculture) ที่สามารถควบคุมปัจจัยแวดล้อมได้ เสาวนีย์ วิจิตรโกสุม (2561)

สถานการณ์การผลิตองุ่นของโลกในปี 2560 International Organization of Vine and Wine (2018) รายงานว่า องุ่นเป็นพืชที่การผลิตกระจายอยู่ทั่วโลก เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้ง ในเขตหนาว เขตกึ่งร้อนกึ่งหนาว และเขตร้อน ใช้สำหรับบริโภคสด ทำไวน์ และแปรรูปเป็นองุ่นแห้ง พื้นที่การผลิตองุ่นของโลกมีประมาณ 7.5 ล้านเฮกตาร์ (1 million of hectares = 6.25 ล้านไร่) จาก ประเทศผู้ผลิต 90 ประเทศทั่วโลก โดยประเทศสเปนมีพื้นที่ผลิตมากที่สุดถึง 13 เปอร์เซนต์ รองลงมา คือ สาธารณรัฐประชาธิปไตย

ประชาชนจีน 11 เปอร์เซ็นต์ ฝรั่งเศส 10 เปอร์เซ็นต์ อิตาลี 9 เปอร์เซ็นต์ และตุรกี 7 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ผลผลิต
องุ่นโลกประสบปัญหาผลกระทบจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง ทำให้แนวโน้มผลผลิตลดลงเมื่อเทียบกับในช่วง
ปี 2553 - 2561 พบว่าจากผลผลิตเดิม 7.8 ล้านเฮกตาร์ ลดลงเหลือ 7.5 ล้านเฮกตาร์ ในปี 2561 โดยพื้นที่
การผลิตช่วงปี 2013 – 2017 เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จาก 7.507 ล้านเฮกตาร์ เป็น 7.534 ล้านเฮกตาร์ หรือเพิ่มขึ้น
ร้อยละ 0.4 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของพื้นที่ การผลิตมากขึ้นในแถบเอเชีย

สถานการณ์การผลิตองุ่นของไทย พื้นที่การปลูกองุ่นในปี 2559 กรมส่งเสริมการเกษตร (2561) มี
พื้นที่ปลูกทั้งหมดประมาณ 12,361 ไร่ มีพื้นที่ให้ผลผลิต 11,083 ไร่ ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ประมาณ
18,537,015 กิโลกรัม ปริมาณการส่งออกองุ่น ในภาพรวมในปี 2560 มีมูลค่า 5,648,486 บาท โดยอยู่ในรูป
ของน้ำองุ่น 5,045,368 บาท คิดเป็น 89.32 เปอร์เซ็นต์ องุ่นสด มูลค่า 136,018 บาท คิดเป็น 2.40 เปอร์เซ็นต์
และองุ่นแห้ง 467,100 บาท คิดเป็น 8.26 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการนำเข้าในภาพรวมในปี 2560 มีมูลค่า
168,520,627 บาท โดยอยู่ในรูปของน้ำองุ่น 7.4 เปอร์เซ็นต์ องุ่นสด 89.73 เปอร์เซ็นต์ และองุ่นแห้ง 2.77
เปอร์เซ็นต์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคกลาง ภาคอีสานตอนล่าง
ภาคเหนือ และภาคใต้ตอนบน จังหวัดที่มีพื้นที่ ปลูกมากที่สุด คือ ราชบุรี 6,749 ไร่ รองลงมา คือ สมุทรสาคร
2,035 ไร่ และนครราชสีมา 1,324 ไร่ จำนวน เกษตรกรผู้ปลูก 768 ราย มีผลผลิตรวม 1,225 ตัน ผลผลิตต่อไร่
1,673 กิโลกรัมต่อไร่ พันธุ์ไวน์มะละกา เป็น พันธุ์ที่มีพื้นที่การผลิตมากที่สุด มีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 9,568 ไร่
จำนวนผู้ปลูก 618 ราย สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ (2561) ต้นแบบการทำเกษตรกรรมในอาคารแบบเต็ม
รูปแบบ เป็นการคิดค้นโดย ศาสตราจารย์ ดิกสัน เดสฟอมเมียร์ แห่งมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย เพื่อมุ่งตอบโจทย์
การผลิตอาหารเพื่อเลี้ยงประชากรที่มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้นในอนาคตและเพื่อแก้ไขปัญหาวิกฤตการณ์ด้านน้ำ
และพลังงานของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งระบบการปลูกพืชแนวตั้งที่สามารถควบคุมผ่านแอปพลิเคชันสมาร์ต
โฟนได้ จะมีการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำสำหรับการรดน้ำและให้อาหารพืช และทำให้ผักมี
การเจริญเติบโตได้ดี ชัยยงค์ เสริมผล และคณะ (2560) โดยเกษตรกรรมแนวตั้งสามารถดำเนินการได้ตลอด
ทั้งปี ใช้พื้นที่จำกัด สามารถป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชได้ ประหยัดพลังงาน หากแต่ให้ผลผลิตสูงกว่าการทำ
เกษตรกรรมทั่วไป และเกษตรกรรมในร่มหรือในอาคาร (Indoor agriculture) ซึ่งเป็นเกษตรกรรมในรูปแบบ
ผสมผสานในอาคาร (Building-integrated agriculture : BIA) นั้น เคยมีการดำเนินการมาแล้วในอดีตเมื่อ
ประมาณ 600 ปีก่อนคริสตกาล ได้แก่ การทำสวนลอยที่บาบิโลน (Hanging gardens of babylon) โดยการ
ทำเกษตรกรรมในอาคารในอดีตนั้น เป็นเพียงการเพาะปลูกพืชในอาคารเท่านั้น ด้วยวัตถุประสงค์เพื่อความ
สวยงาม ความสะดวก แก้ปัญหาเรื่องสภาพภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสมในการเพาะปลูกพืช แต่ยังมีได้ใช้
เทคโนโลยีและนวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อมุ่งตอบโจทย์การผลิตอาหารเพื่อเลี้ยงประชากรที่มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น
ในอนาคต สอดคล้องงานวิจัยของ ชัยยงค์ เสริมผล และคณะ (2560) เรื่อง ระบบเกษตรแนวตั้งควบคุมผ่าน
แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน พบว่า ระบบสามารถควบคุมการรดน้ำและการให้อาหารพืชได้ และงานวิจัยของ
ธนภูมิ บุรณะบัญญัติ และ ธนารักษ์ เหล่าสุทธ (2566) เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการปลูกผัก
สลัดอินทรีย์โดยใช้ระบบสมาร์ตฟาร์ม พบว่า ความเป็นไปได้ของโครงการมีความเหมาะสมในการลงทุน และ

งานวิจัยของ เหล็กไพล จันทะบุตร และคณะ (2567) เรื่องการพัฒนาระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง ในโรงเรือนเพาะเลี้ยงกบนา พบว่า ระบบใหม่มีประสิทธิภาพมากกว่าในด้านการเปลี่ยนถ่ายน้ำอัตโนมัติ

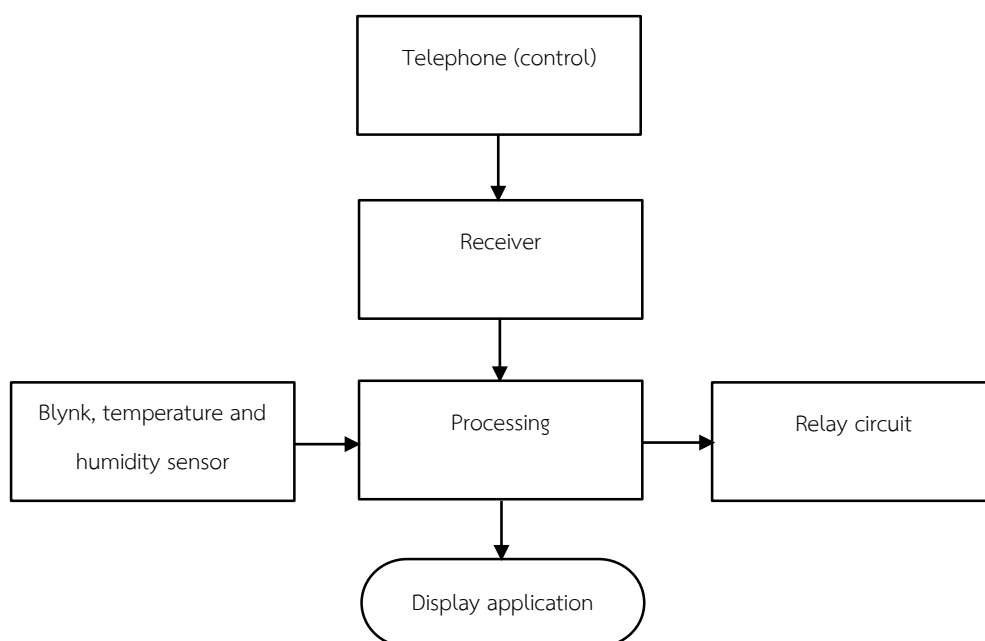
วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบปลูกอุนแบบอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยี IoT
2. เพื่อวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์
3. เพื่อการประเมินการเจริญเติบโตของพืชของระบบวัสดุปลูกพืช

ระเบียบวิธีวิจัย

วิธีการดำเนินงาน

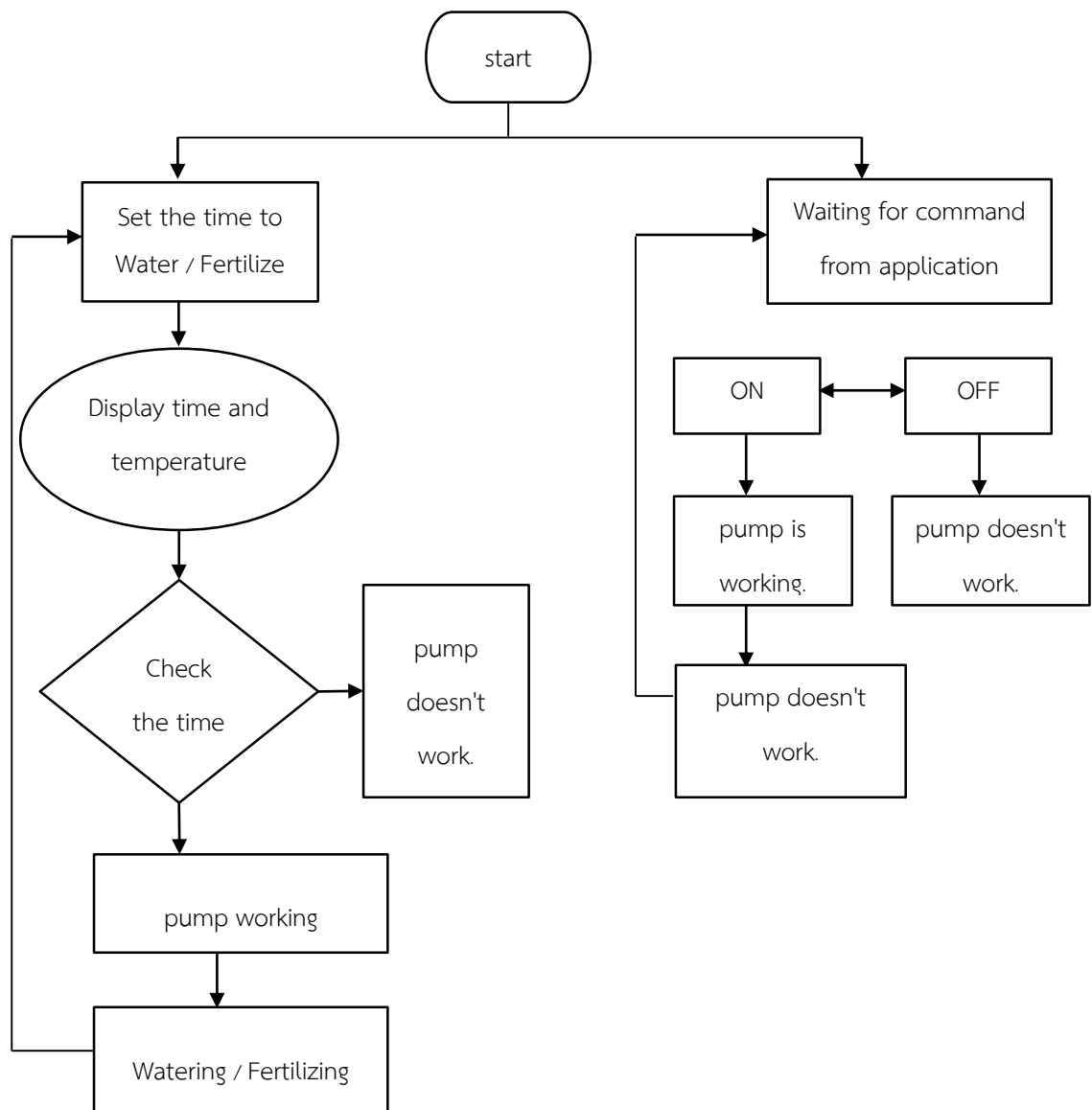
1. ออกแบบผังการทำงานโปรแกรมควบคุมของระบบให้น้ำและปุ๋ยผ่านท่อโดยใช้แรงจ่ายไฟและต้องทำการกำหนดลักษณะการทำงานของระบบควบคุมการทำงาน กำหนดอุปกรณ์ อินพุตและเอาต์พุต กำหนดโครงสร้างของระบบให้น้ำและปุ๋ยผ่านท่อ กำหนดวงจรอิเล็กทรอนิกส์และโปรแกรมควบคุม



ภาพที่ 1 ผังการออกแบบการทำงานรวม
(ที่มา : ผู้วิจัย)

2. การออกแบบชุดควบคุมการทำงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ระบบตั้งเวลาหลายช่องทางสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์หลายส่วนมาประกอบด้วยกัน เช่น วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรรีเลย์ วงจรจ่ายไฟ

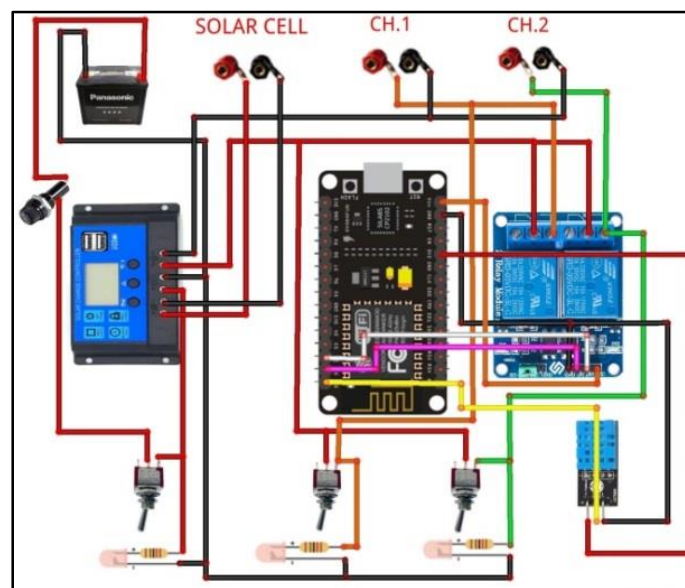
3. การออกแบบโปรแกรม การออกแบบโปรแกรมในส่วนของการประมวลผลจะใช้โปรแกรม Blynk และภาษา C , /C++ , และการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify เพื่อแสดงความขึ้นภายในโรงเรือนแบบปิด



ภาพที่ 2 ผังการทำงานของวงจรควบคุม
(ที่มา : ผู้วิจัย)

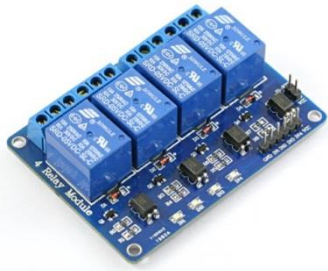
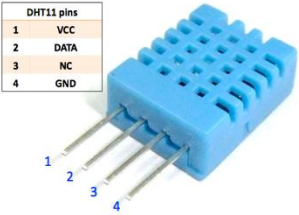
จากภาพที่ 2 แสดงการทำงานและโปรแกรมควบคุมและ algorithm ที่ใช้ ระบบนี้เป็นโปรแกรมควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยแบบอัตโนมัติตามเวลาที่กำหนด พร้อมแสดงผลอุณหภูมิและเวลา อธิบายแต่ละส่วนของโปรแกรม

Start (เริ่มต้นระบบ) เมื่อเปิดเครื่อง:เริ่มต้นระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ - ตั้งค่าเริ่มต้นของ เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์อุณหภูมิ - กำหนดสถานะปั๊มเป็น OFF - โหลดค่าเวลาที่บันทึกไว้จาก Memory Set the Time to Water/Fertilize (ตั้งเวลาให้น้ำ/ปุ๋ย) ผู้ใช้สามารถตั้งเวลาได้หลายช่วง เช่น: เวลาให้น้ำและเวลาให้ ควบคุมปุ๋ย Display Time and Temperature (แสดงเวลาและอุณหภูมิ) Check the Time (ตรวจสอบเวลา) Pump Working (การทำงานของปั๊ม)การเปิด-ปิดปั๊มน้ำและปั๊มปุ๋ย Watering/Fertilizing Process (กระบวนการให้น้ำ/ปุ๋ย)

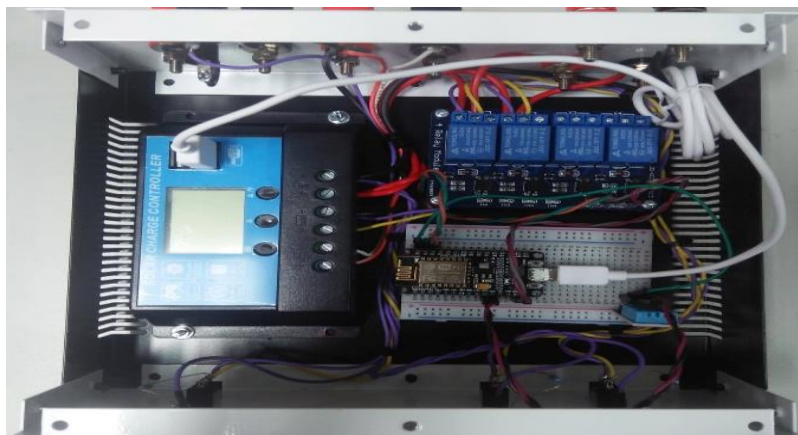


ภาพที่ 3 รูปวงจรการออกแบบการทำงาน
(ที่มา : ผู้วิจัย)

4. ขั้นตอนการพัฒนา หลังจากทำการออกแบบโครงสร้าง วงจรอิเล็กทรอนิกส์และโปรแกรมควบคุมระบบตั้งเวลา หลายช่องทางสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า ต่อมาเป็นขั้นตอนการ สร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์

	Relay (รีเลย์) รีเลย์ 4 ตัว เพื่อใช้งานในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า รับกระแสได้สูงถึง 10 A ใช้งานได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง และ กระแสสลับ รับแรงดันระดับ 5 V ตรงจาก Arduino board มี LED แสดงสถานะการทำงานของรีเลย์ออกแบบให้ ป้องกันวงจรด้านควบคุมออกจากด้านกำลังโดยการ ใช้การ ส่งผ่านด้วยแสง (Optocoupler) ในทุกตัวรีเลย์
	ESP8266 (โมดูล Wi-Fi) ที่มีความพิเศษตรงที่ตัวมันสามารถโปรแกรมลงไปได้ ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เลย และมีพื้นที่โปรแกรมที่มากถึง 4MB ทำให้มีพื้นที่เหลือ มากในการเขียนโปรแกรมลงไป
	DHT 11 โมดูลหรือเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น ในอากาศ ที่มีราคาถูก ใช้งานง่ายและสามารถใช้งาน กับ Arduino Uno R3 ได้ ซึ่งจะมีอยู่สองแบบ คือแบบที่มา เป็นโมดูลกับแบบที่มีแต่เซ็นเซอร์มาให้อย่างเดียว โดยการ รับส่งข้อมูลจาก DHT11 นั้นจะใช้สายสัญญาณเส้นเดียวกัน และเป็นสัญญาณแบบดิจิตอล

ภาพที่ 4 อุปกรณ์ภายใน (ที่มา : ผู้วิจัย)



ภาพที่ 5 ภาพวงจรภายใน (ที่มา : ผู้วิจัย)

ตารางที่ 1 ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

ประเภทของตัวแปร	ตัวแปร	คำอธิบาย
ตัวแปรต้น (Independent Variables)	1. เทคโนโลยี IoT ที่ใช้ในการปลูกองุ่น 2. การฝึกอบรมและการถ่ายทอดเทคโนโลยี 3. ทรัพยากรที่ใช้ในการปลูก เช่น น้ำ ปุ๋ย ระบบไฟฟ้า	เทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้ เช่น ระบบการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น การรดน้ำอัตโนมัติ การให้ความรู้และฝึกอบรมแก่ชุมชนในการใช้เทคโนโลยี IoT การจัดการทรัพยากรที่ใช้ในการปลูกองุ่นและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
ตัวแปรตาม (Dependent Variables)	1. ผลผลิตขององุ่น 2. รายได้จากการขายผลผลิต 3. ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร	ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่ได้จากการใช้เทคโนโลยี IoT รายได้ที่เกิดจากการจำหน่ายองุ่นที่ได้จากการใช้เทคโนโลยี IoT การลดการใช้ทรัพยากร (เช่น น้ำและพลังงาน) และเพิ่มประสิทธิภาพในการปลูก
ตัวแปรควบคุม (Control Variables)	1. ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม 2. ระยะเวลาในการปลูกและการเก็บเกี่ยว 3. ปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคม	เช่น สภาพอากาศ ความชื้นในดิน ฯลฯ ที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตขององุ่น ระยะเวลาที่ใช้ในการปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวที่อาจมีผลต่อผลผลิต เช่น การเข้าถึงตลาด ราคา ผลกระทบอื่นที่อาจแข่งขันในตลาด

ผลการวิจัย

ในการทดสอบระบบตั้งเวลาหลายช่องทางสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนต่างๆ และทดสอบระบบตั้งเวลาหลายช่องทางสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด อธิบายการทดสอบแต่ละส่วนได้ดังนี้

1. ทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.1 ทดสอบการทำงานในส่วนของระบบควบคุมการ ปิด-เปิด ทั้ง 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของกล่องวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และส่วนควบคุมด้วยแอปพลิเคชัน

1.2 ทดสอบการทำงานของวงจรรีเลย์ในการ ปิด-เปิด โดยการป้อนสัญญาณ “0” และ “1” เข้าวงจรรีเลย์

2. ทดสอบระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายช่องทาง

2.1 ทดสอบการ ปิด-เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยกล่องวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดย เปิด-ปิด สวิตช์จากตัวกล่องวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.2 ทดสอบการ ปิด-เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยแอปพลิเคชันโดย เปิด-ปิดจากแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์

2.3 ทดสอบการ ปิด-เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยการตั้งเวลา เพื่อควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ของช่อง 1 กับช่อง 2 ตามเวลาที่ตั้งไว้

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบระบบ IoT กับระบบปกติ

ตัวแปร	ระบบ IoT	ระบบปกติ (Control Group)
เวลาในการตอบสนอง	120ms	350ms
ความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์)	98%	90 %
ความเสถียร (Fault Rate)	1 %	5 %
การใช้พลังงาน (W)	1.5 W	5W
ต้นทุนการติดตั้ง	5,500 บาท	7,000 บาท

จากตารางที่ 2 เวลาในการตอบสนอง ระบบ IoT สามารถตอบสนองได้เร็วกว่าเนื่องจากการเชื่อมต่อเครือข่ายออนไลน์ที่สามารถส่งข้อมูลและคำสั่งได้รวดเร็วกว่าในระบบปกติที่ใช้การควบคุมในเครื่อง ส่วนความแม่นยำ ระบบ IoT โดยเฉพาะที่มีการใช้อุปกรณ์เซนเซอร์ที่มีความแม่นยำสูงสามารถปรับแต่งค่าหรือคำสั่งได้ละเอียดมากขึ้น ความเสถียร ระบบ IoT สามารถมีการตรวจสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพแบบเรียลไทม์ซึ่งทำให้ระบบมีความเสถียรมากขึ้น การใช้พลังงาน ระบบ IoT อาจใช้พลังงานต่ำกว่าเนื่องจากสามารถใช้โครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่แล้วและสามารถควบคุมการใช้พลังงานได้ดี ด้านต้นทุน ระบบ IoT อาจมีต้นทุนที่ต่ำกว่าระบบปกติ เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีที่สามารถควบคุมจากระยะไกลและไม่ต้องดูแลมาก

ตารางที่ 3 การวัดค่าพลังงาน

	DAY 10 /5/2567	15 /5/2567	20 /5/2567	25 /5/2567	30 /5/2567	5 /6/2567
Time	Battery voltage 12 Volts.	Battery voltage 12 Volts	Battery voltage 12 Volts	Battery voltage 12 Volts	Battery voltage 12 Volts	Battery voltage 12 Volts
07.00	12.6	11.6	11.5	11.3	11	10.5
08.00	12.6	11.6	11.5	11.3	11	10.5
09.00	12.6	11.6	11.5	11.3	11	10.5
10.00	12.6	11.6	11.5	11.3	11	10.5
11.00	12.6	11.6	11.5	11.3	11	10.5
12.00	12.6	11.6	11.5	11.3	11	10.5
13.00	12.6	11.6	11.5	11.3	11	10.5
14.00	12.6	11.6	11.5	11.3	11	10.5
15.00	12.6	11.6	11.5	11.3	11	10.5
16.00	12.6	11.6	11.5	11.3	11	10.5
17.00	12	11.6	11.5	11.3	11	10.5
18.00	12	11.6	11.5	11.3	11	10.5
19.00	12	11.6	11.5	11.3	11	10.5

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต

เดือน	ระบบ IoT- ความสูงต้น (ซม.)	ระบบปกติ - ความสูงต้น (ซม.)	ระบบ IoT- จำนวนใบ	ระบบปกติ- จำนวนใบ	ระบบ IoT- น้ำหนักผล (กก.)	ระบบปกติ -น้ำหนักผล (กก.)
1	10	8	6	5	0	0
2	30	25	15	12	0.2	0.1
3	60	50	25	20	0.5	0.3
4	90	75	40	30	1	0.8
5	120	100	55	40	1.5	1.2
6	150	125	70	50	2	1.8
7	180	150	85	60	2.5	2
8	210	175	100	75	3	2.5

จากตารางที่ 4 ความสูงของต้นองุ่นที่ใช้ IoT จะมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าเนื่องจากระบบสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้อย่างแม่นยำ เช่นการควบคุมการให้น้ำ ทำให้องุ่นเจริญเติบโตได้ดีกว่า จำนวนใบได้ผลดีเนื่องจากการมีการควบคุมการให้น้ำและสารอาหารในระบบช่วยให้อองุ่นเจริญเติบโตและมีใบมากขึ้น ซึ่งส่งผลดีต่อการสังเคราะห์แสง ดังรูป ภาพที่ 6 การแตกยอดช่อดอกองุ่น (1-4)



(1)



(2)



(3)



(4)

ภาพที่ 6 การแตกยอดช่อดอกองุ่น (1-4)

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

รายการค่าใช้จ่าย	ระบบ IoT	ระบบปกติ (Control Group)
ค่าไฟฟ้า(บาท/เดือน)	1,500 บาท	500บาท
ค่าการลงทุน(บาท)	50,000 บาท	30,000 บาท
ค่าปุ๋ย(บาท/เดือน)	2,000 บาท	2,500 บาท
ค่าแรงงาน(บาท/เดือน)	10,000 บาท	15,000 บาท

ตารางที่ 6 แสดงประโยชน์หลักจากการจาใช้ระบบ IoT

ปัจจัย	ผลประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยี IoT	การส่งเสริมรายได้ชุมชน
การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตขององุ่นได้ตลอดเวลา	เพิ่มผลผลิตขององุ่นอย่างมีคุณภาพ ช่วยให้ผลผลิตมีราคาดีขึ้น
การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	ลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น เช่น การใช้ไฟฟ้าในระบบน้ำและไฟฟ้าของฟาร์ม	ลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาด
การตรวจสอบและควบคุมการรดน้ำ	ระบบเซนเซอร์ช่วยตรวจจับระดับน้ำและให้การรดน้ำอัตโนมัติเพื่อป้องกันการใช้น้ำเกินความจำเป็น	ประหยัดทรัพยากรน้ำ และลดค่าใช้จ่ายในการรดน้ำ
การตรวจสอบโรคและแมลง	สามารถตรวจจับการเกิดโรคหรือแมลงได้ทันที และแจ้งเตือนให้เกษตรกรดำเนินการ	ลดความเสียหายจากโรคและแมลง ทำให้ผลผลิตไม่ลดลง
การเชื่อมโยงตลาดและผู้บริโภค	ระบบ IoT ช่วยให้สามารถตรวจสอบคุณภาพผลผลิตและรายงานสถานะการปลูกผ่านแอปพลิเคชัน	เพิ่มโอกาสในการขายผลผลิตจากฟาร์มไปยังตลาดต่างๆ โดยตรง

ตารางที่ 7 แนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยี IoT สู่ชุมชนเพื่อส่งเสริมความยั่งยืน

ปัจจัย	แนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยี	ผลประโยชน์ต่อความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม
การมีส่วนร่วมของชุมชน	ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการเรียนรู้และการใช้เทคโนโลยี	เพิ่มการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีในชุมชน, ส่งเสริมการดูแลสิ่งแวดล้อมร่วมกัน
การพัฒนาทักษะทางเทคโนโลยี	จัดฝึกอบรมและสนับสนุนการเรียนรู้ทักษะการใช้เทคโนโลยี IoT	เพิ่มความสามารถในการดูแลทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ
การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ	ใช้ช่องทางสื่อสารที่เหมาะสมในการแนะนำและอธิบายการใช้งาน IoT	ส่งเสริมความเข้าใจและการรับผิดชอบร่วมกันต่อการรักษาสิ่งแวดล้อม
การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ	ใช้เทคโนโลยี IoT ในการตรวจสอบและควบคุมการใช้ทรัพยากร	ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอย่างยั่งยืน
การพัฒนานวัตกรรมที่เหมาะสม	พัฒนาเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของชุมชนและภูมิประเทศ	ปรับใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

การอภิปรายผล

การออกแบบและพัฒนาการปลูกองุ่นโดยการควบคุมผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเพื่อเป็นต้นแบบการปลูกองุ่นโดยใช้ระบบIoT ช่วยให้ต้นองุ่นมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าในทุกๆด้าน ทั้งความสูง จำนวนใบ และน้ำหนักผล โดยเฉพาะในช่วงเดือน 3-6 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองที่ดีจากการใช้ระบบIoT ในการควบคุมและ พบว่าผลการทำงานของระบบการเปิด-ปิด การให้น้ำ และปุ๋ยน้ำโดยผ่านแอปพลิเคชัน และระบบ Manual สามารถทำงานได้ 100 % ระดับพลังงานที่ใช้ ลดลง10 % การทดสอบวงจรรีเลย์ในการ ปิด-เปิด นาวงจรรีเลย์ที่สร้างเสร็จมาทดสอบการทำงาน โดยวงจรรีเลย์ที่สร้างขึ้น สามารถทำการ ปิด-เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อป้อนสัญญาณลอจิกที่เป็น “0” ให้วงจรปรากฏว่าไฟแสดงผลดับ เมื่อป้อนสัญญาณลอจิกที่เป็น “1” ปรากฏว่าไฟแสดงผลติด สรุปผลการทดสอบวงจรรีเลย์สามารถทำงานได้ปกติ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง สามารถอำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรในการให้ปุ๋ยผัก สามารถแสดงสถานะค่า EC และ ค่า pH ของแปลงผักไฮโดรโปนิคได้ สกรณ บุษบง และคณะ (2563) และการใช้เทคโนโลยีสามารถควบคุมการทำงานของระบบได้ทั้งหมด กัญญา โกสุมภ์ และคณะ (2565) การเจริญเติบโตของต้นองุ่น และ ได้นำระบบตรวจจับสเปกตรัมอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่งอัตโนมัติมาตรวจสอบการสุกขององุ่นด้วยแสง (Oliveira et al., 2024) ซึ่งการนำระบบเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้งานจะช่วยประหยัดเวลาในการทำงาน ธนพร พะยอมใหม่ และคณะ

(2564) อาทิเช่น การพัฒนาระบบชลประทานอัจฉริยะที่ใช้ IoT เพื่อช่วยเกษตรกร (García et al., 2020) และ การศึกษากลยุทธ์ต่างๆ ที่จะช่วยส่งเสริมสนับสนุนให้เกษตรกรนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งมา ประยุกต์ใช้ (Kusnandar et al., 2023)

การเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการเปรียบเทียบความคุ้มค่าของชุดเพาะปลูกโดย มีการเปรียบเทียบจาก ค่าไฟฟ้า ค่าการลงทุน ค่าปุ๋ย และค่าแรงงาน พบว่า การปลูกมีระบบควบคุมมีความ คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า ชุดการปลูก ที่ใช้คนดูแล ซึ่งลักษณะการทำเกษตรแนวใหม่นี้เทียบเคียงระบบ สมาร์ทฟาร์ม พบว่า ความเป็นไปได้ของโครงการมีความเหมาะสมในการลงทุน เหล็กไหล จันทะบุตร และคณะ (2567) และทำให้มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตผักปริมาณมากในอนาคต ฤทธาภา ภาณุมนต์วาทิ และคณะ (2566) การนำไปต่อยอดพัฒนาเพื่อให้ชุมชนได้มีรายได้ต่อไป และควรมีฐานข้อมูล ชุมชนเพื่อสร้างฐานข้อมูลเกษตรของชุมชนที่เก็บข้อมูล ดิน สภาพอากาศ พืช และผลผลิต เพื่อการวางแผน ระยะยาวและการวิจัยต่อยอด และใช้ เครือข่ายความร่วมมือเพื่อเชื่อมโยงชุมชนเกษตรกรหลายแห่งเข้าด้วยกัน ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ แบ่งปันทรัพยากร และเจรจาต่อรองตลาดร่วมกัน โดยใช้ การตลาดดิจิทัลกับใช้ IoT ร่วมกับแพลตฟอร์มอีคอมเมิร์ซเพื่อเชื่อมโยงเกษตรกรกับตลาดโดยตรง ตัดคนกลาง เพิ่มรายได้ให้ชุมชน Kumar (2024) โดยการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการพัฒนาด้านเกษตรจะช่วยให้เกิด ประสิทธิภาพในการทำการเกษตรมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษา ธนพร พยอมใหม่ และ ไมตรี ธรรมมา (2566) ได้ออกแบบและพัฒนาผลผลิตการปลูกข้าวด้วยระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ สามารถ มีการจัดการน้ำที่ดีและลดต้นทุนทางด้านบุคลากร ลดเวลา สามารถทำงานและพัฒนาพร้อมกับแอปพลิเคชันได้ เป็นอย่างดี ส่งผลให้ข้าวหน้าหนักดีและเกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้นต่อเดือน 12.7%

บทความนี้ เสนอการออกแบบและพัฒนาโดยการควบคุมผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง โดย ทำการออกแบบและพัฒนารูปแบบการปลูกและแบบวงจรการทำงาน กำหนดโครงสร้างของระบบให้น้ำและ ปุ๋ยผ่านท่อ กำหนดวงจรอิเล็กทรอนิกส์และโปรแกรมควบคุม จากระบบนี้ สามารถเป็นแนวทางและสามารถ นำไปประยุกต์ใช้งานตามพื้นที่จำกัด พื้นที่ขนาดเล็กขนาดของชุมชน หรือหมู่บ้านแต่สามารถผลิตได้ปริมาณที่ มากขึ้น ตามความต้องการ เปรียบเทียบกับ ระบบชลประทานอัจฉริยะควรใช้เซ็นเซอร์ความชื้นในดิน เซ็นเซอร์ อุณหภูมิ และข้อมูลสภาพอากาศแบบเรียลไทม์ เพื่อประหยัดน้ำได้ 30-50% และเพิ่มผลผลิต ควรพัฒนา เซ็นเซอร์ราคาถูกที่ใช้พลังงานต่ำและทนทานต่อสภาพแวดล้อมในแปลงนา

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานในการออกแบบและพัฒนาการปลูกองุ่นโดยการควบคุมผ่านเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเพื่อเป็นต้นแบบการปลูกองุ่นโดยใช้ระบบIoT พบว่า การทดสอบระบบตั้งเวลาหลาย ช่องทางสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าในส่วนของระบบควบคุมการ ปิด-เปิด ทั้ง 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของกล่องวงจร อิเล็กทรอนิกส์ และส่วนควบคุมด้วยแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้ดี โดยเปรียบเทียบระบบ IoT กับระบบ ปกติ ระบบIoT อาจใช้พลังงานต่ำกว่าเนื่องจากสามารถใช้โครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่แล้วและสามารถควบคุม

การใช้พลังงานได้ดี ด้านต้นทุน ระบบ IoT อาจมีต้นทุนที่ต่ำกว่าระบบปกติ เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีที่สามารถควบคุมจากระยะไกลและไม่ต้องดูแลมาก ในส่วนการเจริญเติบโต ระบบ IoT จะมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าเนื่องจากระบบสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้อย่างแม่นยำ เช่นการควบคุมการให้น้ำ ทำให้องุ่นเจริญเติบโตได้ดีกว่า ผลการเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างระบบ IoT และระบบปกติพบว่าค่าไฟฟ้า ค่าลงทุน ค่าแรงลดลงโดยเฉลี่ย 22% และแสดงประโยชน์หลักจากการใช้ระบบ IoT คือสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตขององุ่นได้ตลอดเวลา โดยที่ระบบเซนเซอร์ช่วยตรวจจับระดับน้ำและให้การรดน้ำอัตโนมัติเพื่อป้องกันการใช้น้ำเกินความจำเป็น และสามารถตรวจสอบคุณภาพผลผลิตและรายงานสถานะการปลูกผ่านแอปพลิเคชัน โดยระบบดังกล่าวสามารถนำไปส่งเสริมรายได้ชุมชน เพื่อเพิ่มผลผลิตขององุ่นอย่างมีคุณภาพ ช่วยให้ผลผลิตมีราคาดีขึ้น และประหยัดทรัพยากรน้ำ และลดค่าใช้จ่ายในการรดน้ำ และยังสนับสนุนในเรื่องการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีในชุมชนและ ส่งเสริมการดูแลสิ่งแวดล้อมร่วมกัน อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

ควรจัดการศึกษา IoT แก่เกษตรกรที่เข้าใจง่าย เน้นปฏิบัติจริงในชุมชน โดยความร่วมมือระหว่างหน่วยงานราชการ สถาบันเกษตรกร และมหาวิทยาลัย เปิดรับการเปลี่ยนแปลง สร้างจิตสำนึกในชุมชนให้พร้อมรับเทคโนโลยีใหม่ ไม่ปิดกั้นนวัตกรรมที่ดี บทบาทสถาบันชุมชนควรเพิ่มบทบาทของกลุ่มเกษตรกรและสหกรณ์ในการแบ่งปันความรู้ ฝึกอบรม และช่วยเหลือสมาชิกในการใช้ IoT อย่างต่อเนื่อง และควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานในระบบ IoT สำหรับการเกษตรเช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อขับเคลื่อนระบบ IoT และการประเมินการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆในระบบ และควรศึกษาในระยะยาวเกี่ยวกับการปลูกองุ่นโดยใช้ IoT เช่นการลดต้นทุน การรักษาคุณภาพผลผลิต และ การใช้เซ็นเซอร์ไร้สายและเทคโนโลยี IoT ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดการใช้ทรัพยากร และส่งเสริมเกษตรกรรมยั่งยืน ควรย่อย มีการบูรณาการ GPS, GIS และ Remote Sensing เพื่อการจัดการแปลงนาแบบแม่นยำ รวมถึงการฝึกอบรมด้านดิจิทัลแก่เกษตรกร Dhanaraju et al. (2022) และหากมีการใช้ Big Data และการบูรณาการ AI, Machine Learning และ Edge Computing เพื่อการตัดสินใจแบบเรียลไทม์

เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎา ภาณุมนต์วาทิ, สุวิจักขณ์ สุวิทยาภรณ์, ปฏิกัณฑ์ คำนิมโน และ หนึ่งฤทัย เพียนทอง. (2565). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับ MQTT เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติ. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 15(2), 27-41. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/246476>
- กัญญา โกสุมภ์, กฤษดกานต์ พุทธชาติ, กวิน วุฒิสงห์ชัย, ธิรุณี ตีบาง, วิศรุต คำพิมาย, วิศรุต คมพรมราช, อรุณรักษ์ ถีสัมบัติ, วิรัตน์ หวังเขื่อนกลาง และ เด่น คอกพิมาย. (2565). การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูกสำหรับ คราวเรือน. *วารสารงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์สมัยใหม่และการใช้ประโยชน์นวัตกรรมเทคโนโลยี*, 15(2), 52-68. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/rmutijo/article/view/248283>
- ชัยยงค์ เสริมผล, ชุตินันต์ ศรีวันคำ, ญาณกร กงถัน และ ฌัฏฐ์ สอนสนธิ. (2560). ระบบเกษตรแนวตั้งควบคุมผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, 8(2), 187-200. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/scudru/article/view/228978>
- ธนพร พะยอมใหม่, วิญญู ศิลาบุตร, ไมตรี ธรรมมา, วิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ และ สมสิน วางขุนทด. (2564). ระบบสมองกลฝังตัวสำหรับการควบคุมประตูอัตโนมัติด้วยใบหน้า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, 7(1), 63-72. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/scihcu/article/view/244249>
- ธนพร พะยอมใหม่ และ ไมตรี ธรรมมา. (2566). การออกแบบและพัฒนาผลผลิตการปลูกข้าวด้วยระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง. *วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี*, 4(3), 70-85. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/atj/article/view/259075>
- ธนภูมิ บุรณะบัญญัติ และ ธนารักษ์ เหล่าสุทธ. (2566). การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการปลูกผักสลัดอินทรีย์โดยใช้ระบบสมาร์ตฟาร์ม. *Journal of Buddhist Education and Research*, 9(3), 1-12. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/jber/article/view/268093>
- สกรณ์ บุชบง, อมรเพชร ตลับทอง และ วรารัฐ จอสูงเนิน. (2563). การพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ด้วยสมองกลฝังตัวผ่าน NETPIE. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, 4(1), 61-72. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/scibru/article/view/242083>
- เสาวนีย์ วิจิตรโกสม. (2561). เรื่องน่ารู้ : การทำเกษตรกรรมแนวตั้ง (Vertical Farming). *วารสารสิ่งแวดล้อม*, 22(1), 56-63. <https://thaienvi.com/article/view/35>
- สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. (2561). คู่มือหลักการบริหารจัดการสวนองุ่น สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. <https://www.doa.go.th/hc/loei/wp-content/uploads/2024/11/หลักการจัดการสวนองุ่น.pdf>

- เหล็กไหล จันทะบุตร, จุฑารัตน์ แก่นจันทร์, สำราญ พิมพ์ราช, พุทธชาติ บัณฑิต, สวัสดิ์ ขนวรรณ, โทวรรณสุนทร, โชคสวัสดิ์ ธนะกิจ, วุฒิพล ฉัตรจรัสกุล และ กิรติ ทองเนตร. (2567). เรื่องการพัฒนาระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง ในโรงเรือนเพาะเลี้ยงกบนา. *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 11(2), 37-78.
<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/itm-journal/article/view/254705>
- Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Gotsis, A., Wan, S., Sarigiannidis, P., Nikolaidis, G., & Goudos, S. K. (2024). A comprehensive review on smart and sustainable agriculture using IoT technologies. *Smart Agricultural Technology*, 8, 100923.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375524000923>
- Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture. *Agriculture*, 12(10), 1745. <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/10/1745>
- García, L., Parra, L., Jimenez, J. M., Lloret, J., & Lorenz, P. (2020). IoT-Based Smart Irrigation Systems: An Overview on the Recent Trends on Sensors and IoT Systems for Irrigation in Precision Agriculture. *Sensors*, 20(4), 1042. <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/4/1042>
- Kumar, V., Sharma, K. V., Kedam, N., Patel, A., Kate, T. R., & Rathnayake, U. (2024). A comprehensive review on smart and sustainable agriculture using IoT technologies. *Smart Agricultural Technology*, 8, 100923.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375524000923>
- Kusnandar, K., Harisudin, M., Riptanti, E. W., Khomah, I., Setyowati, N., & Qonita, A. (2023). Prioritizing IoT adoption strategies in millennial farming: An analytical network process approach. *Open Agriculture*, 8(1), 20220179.
<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/opag-2022-0179/html>
- Oliveira, H. M., Tugnolo, A., Fontes, N., Marques, C., Geraldes, A., Jenne, S., Zappe, H., Graca, A., Giovenzana, V., Beghi, R., Guidetti, R., Piteira, J., & Freitas, P. (2024). An autonomous Internet of Things spectral sensing system for in-situ optical monitoring of grape ripening: design, characterization, and operation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 217, 108599. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169923009870>