

การพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่ควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ สำหรับการปลูกทุเรียน

Development of the Fuzzy Logic-Controlled Internet of Things System for Growing Durian

ปานิสรา หาดขุนทด^{1*}, เกศสุตา โภคานิตย์², ธนากร แสงกุดเลาะ³

Panisara Hadkhuntod^{1*}, Katesuda Phokanit², Thanakorn Sangkudluo³

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

¹Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

²คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

²Faculty of Political Science, Chaiyaphum Rajabhat University

³คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

³Faculty of Education Naresuan University

บทคัดย่อ

ทุเรียนได้รับฉายาว่าเป็นราชาผลไม้ โดยทุเรียนที่ได้รับความนิยมสูงสุดคือทุเรียนหมอนทอง ในแต่ละปีสามารถส่งออกทำรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นจำนวนมาก อำเภอนครไทย เป็นพื้นที่หนึ่งในจังหวัดพิษณุโลกที่มีการปลูกทุเรียนหมอนทองในพื้นที่ภูเขาสูง เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีปริมาณน้ำค่อนข้างจำกัด ในฤดูแล้งจึงส่งผลให้เกิดความสูญเสียกับต้นกล้าทุเรียนในพื้นที่ดังกล่าวเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพจึงมีความจำเป็นอย่างมากในการรักษาด้านกล้าทุเรียนในช่วงฤดูแล้ง ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่ควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับการปลูกทุเรียน ซึ่งนำเอาฐานข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญมาเป็นแนวทางในการให้น้ำ โดยทำการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่แล้วนำมาทดลองกับต้นกล้าทุเรียนหมอนทอง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 3 ต้นที่ใช้ตรรกะแบบ If-Then-Else และกลุ่มทดลอง จำนวน 3 ต้นที่ควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ เป็นเวลา 3 เดือนในพื้นที่อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลก แล้วทำการเปรียบเทียบความเจริญเติบโต และการให้น้ำเฉลี่ย ด้วยสถิติ T-test โดยศึกษา ค่าเฉลี่ยความสูงที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร), ค่าเฉลี่ยจำนวนกิ่งที่เพิ่มขึ้น, ค่าเฉลี่ยความยาวใบ (เซนติเมตร) และค่าเฉลี่ยความกว้างใบ (เซนติเมตร) กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าความเจริญเติบโตของต้นทุเรียนไม่แตกต่างกัน และค่าเฉลี่ยเวลาให้น้ำ (นาทิตั้งครั้ง) และค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำ (ลิตร/ครั้ง) กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถให้น้ำต้นกล้าทุเรียนโดยที่ความเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่ควบคุมด้วยตรรกะ If-Then-Else แต่สามารถให้น้ำได้ปริมาณน้อยกว่า หรือสามารถประหยัดน้ำได้ดีกว่านั่นเอง

คำสำคัญ: ระบบ อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่ ควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ ทุเรียน

* Corresponding author : panisara.h@psru.ac.th

Abstract

Durian is known as the king of fruits. Monthong is the most popular durian. Each year, durian could produce a significant amount of income for Thailand. Nakhon Thai District is a district in Phitsanulok Province mainly grows Monthong durian. Durian is grown by local farmers in high the highlands places. However, due to the limited supply of water in such areas. There has been a loss of a number of durian seedlings in the affected area in the dry season. As a result, effective water use is critical for maintaining durian seedlings over the summer. The research team has come up with the notion of creating a fuzzy logic-controlled internet of things system for cultivating durian. Then following the experiment with two groups of Monthong durian seedlings for three months in Nakhon Thai district: a control group of three plants using If-Then-Else logic and an experimental group of three plants controlled with fuzzy logic. T-test results are then used by Phitsanulok Province to compare growth and average water for agriculture. The results of the study showed that there was no significant difference in average height increase, average number of branches, leaf length and leaf width between the experimental and control group. The average watering time (min/treatment) and watering volume (liters/treatment) were less in the experiment group. The statistical difference is at the 0.05 level. The developed system, was able to water the seedlings with less water at the same growth as the If-Then-Else Internet of things system or it could save more water than that.

Keywords: system, internet of things, fuzzy logic, durian

1. บทนำ

ทุเรียน ได้รับฉายาว่าเป็น ราชาแห่งผลไม้ (King of fruits) เป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในเขตที่มีสภาพอากาศร้อนชื้น มีจำนวนปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 2,000 มิลลิเมตรต่อปี มีการกระจายตัวของฝนดี จึงเรียกได้ว่าทุเรียนเป็นผลไม้ที่จัดอยู่ในกลุ่มผลไม้ในเขตร้อนชื้น (Tropical fruits) รวมถึงฝรั่ง ลองกอง ลิ้นจี่ ทุเรียน เสาวรส เงาะ และมังคุด ทุเรียนเป็นผลไม้สำคัญของประเทศไทยที่นอกจากบริโภคในประเทศแล้ว ยังสามารถส่งออกทำรายได้ให้กับประเทศในแต่ละปีจำนวนมาก โดยในปี 2562 การส่งออกทุเรียนและผลิตภัณฑ์ เช่น ทุเรียนสด, ทุเรียนแช่แข็ง, ทุเรียนอบแห้ง, และทุเรียนกวน มีปริมาณ 680,872.5 ตัน และมีมูลค่ารวม 51,035.7 ล้านบาท จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด 10 อันดับแรกคือ จันทบุรี (225,273 ไร่) รองลงมา ชุมพร (192,685 ไร่) ระยอง (73,650 ไร่) ยะลา (67,164 ไร่) นครศรีธรรมราช (65,495 ไร่) อุตรดิตถ์ (41,592 ไร่) ตรัง (40,439 ไร่) ระนอง (39,184 ไร่) นราธิวาส (30,803 ไร่) และสงขลา (15,456 ไร่) ตามลำดับ แต่ทุเรียนภาคใต้มีผลผลิตน้อยกว่าทุเรียนในพื้นที่ภาคตะวันออก เนื่องจากพื้นที่ภาคตะวันออกให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่า (กลุ่มพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก, 2563)

จากข้อมูลค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ในคาบ 30 ปี ตั้งแต่ พ.ศ.2524-2553 รายงานว่าในภาคตะวันออก มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 71-81 และค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน 130 มม. ซึ่งมีความเหมาะสมมากกว่า ภาคใต้ที่มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 78-84 และค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน 161 มม. ซึ่งมีความชื้นสูงทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรค ส่วนในภาคเหนือนั้น ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 63-81 และค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน 122 มม. มีความจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำอย่างประหยัดในการดูแลรักษาต้นกล้าทุเรียน (วิรัช มณีสาร, 2538) ในปี 2564 ประเทศไทยมีเนื้อที่สำหรับการเพาะปลูกทุเรียนซึ่งให้ผลผลิต 854,986 ไร่ โดยมีจะมีพื้นที่อยู่ทางภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ที่สามารถให้ผลผลิตได้ดี ยกเว้นภาคเหนือที่ประสบภัยแล้งในช่วงต้นปี 2563 ทำให้ทุเรียนยืนต้นตาย ระหว่างปี 2560 – 2564 พบว่าความต้องการบริโภคภายในประเทศเพิ่มขึ้นจาก 147,290 ตัน ในปี 2560 เป็น 291,429 ตัน ในปี 2564 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.73 ต่อปี ซึ่งการบริโภคส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปทุเรียนผลสด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564)

ในปี 2565 จังหวัดพิษณุโลกทุเรียนมีพื้นที่ปลูกสูงสุด คือ 4,735 ไร่ ของผลไม้ทั้งหมดในจังหวัด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) จากการลงพื้นที่เพื่อศึกษาบริบทในการปลูกทุเรียนในอำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลกพบว่าพื้นที่ดังกล่าวเป็นทั้งพื้นที่ราบ หุบเขา และภูเขาสูง ซึ่งมีอุณหภูมิไม่สูงมาก ทำให้เกษตรกรที่ปลูกทุเรียนส่วนใหญ่นิยมปลูกบนพื้นที่บนหุบเขา เพราะมีอากาศค่อนข้างเย็นมากกว่าพื้นที่ราบ การปลูกต้นกล้าทุเรียนจะนำทุเรียนมาจากจังหวัดจันทบุรี ขนาด 100-200 เซนติเมตรมาปลูก แล้วติดตั้งระบบน้ำจากเครื่องยนต์เบนซินด้วยการสูบน้ำจากบ่อน้ำใกล้เคียงที่รับน้ำมาจากน้ำฝนตามธรรมชาติ ในระยะแรกต้นกล้าทุเรียนจำเป็นต้องใช้น้ำหล่อเลี้ยงลำต้นอย่างต่อเนื่องเพื่อความอยู่รอด แต่เนื่องจากพบว่าปัจจุบันเกษตรกรมีการขยายสวนทุเรียนเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่แหล่งน้ำมีจำนวนจำกัด ทำให้ในบางปีที่พื้นที่ของอำเภอนครไทยประสบปัญหาภัยแล้ง เกษตรกรจำเป็นต้องรักษาทุเรียนต้นใหญ่และยอมสูญเสียทุเรียนปลูกใหม่ไปในปริมาณมาก เนื่องจากน้ำไม่เพียงพอ ดังสถิติในปี 2563 ชำตันพบว่า การใช้น้ำอย่างคุ้มค่าและเหมาะสมมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการลดการสูญเสียทุเรียนของเกษตรกร

การให้น้ำพืชด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง คือ การให้น้ำพืชตามความต้องการของพืชตามเซนเซอร์ (Sensor) ชนิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้น หรือเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิตามเวลาจริง ปัจจุบันการให้น้ำพืชด้วยวิธีดังกล่าว จะดูค่าได้เพียงค่าเดียว เช่น การให้ตามความชื้นแล้วจึงให้น้ำตามที่กำหนดไว้ แต่ในหลักความเป็นจริงแล้ว พืชไม่ได้มีความต้องการปัจจัยเดียวในการให้น้ำ และการให้น้ำนั้นอาจไม่แม่นยำพอ หรืออาจใช้น้ำมากหรือน้อยเกินความจำเป็นได้

ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) หรือตรรกศาสตร์คลุมเครือ เป็นศาสตร์ด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ มากมาย ทั้งนี้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่าง ๆ ซึ่งนับวันยังมีความต้องการระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนระบบได้โดยอัตโนมัติตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป อีกทั้งยังมีการตัดสินใจแบบชาญฉลาดยิ่งมนุษย์ได้มากขึ้น ซึ่งมนุษย์สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ไม่เคยพบมาก่อนโดยอาศัยความรู้เก่าที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (พยุ่ง มีสัจ, ม.ป.ป.) หรืออาจกล่าวได้ว่าฟัซซีลอจิกเป็นส่วนหนึ่งของระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI)

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีแนวคิดในการออกแบบระบบรดน้ำด้วยตัวควบคุมพีซีทำงานอยู่บนฐานของพีซีลอจิก สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยใช้หลักเหตุผล ซึ่งคล้ายกับวิธีคิดและการตัดสินใจของมนุษย์ โดยปกติแล้วคอมพิวเตอร์จะตัดสินใจโดยใช้วิธีบอกว่าจริง (True) หรือไม่ (False) เท่านั้น แต่หากต้องการประหยัดน้ำ ระบบควรบอกได้ว่าการให้น้ำด้วยปัจจัยจากเครื่องตรวจวัดเป็นรูปแบบ “Linguistic value” หรือการแสดงในรูปแบบระดับว่า ณ เวลานั้นๆ ควรให้น้ำกี่นาที่ในระดับใด ตั้งแต่ ระดับน้อย ปานกลาง หรือมาก ในการทดลองนี้ได้นำตัวควบคุมพีซีในรูปแบบของ Mamdani และ Assilian (1975) มาใช้ตัดสินใจในการให้น้ำทุเรียน เพื่อให้ตรงกับความต้องการของการปลูกทุเรียนเพื่อให้มีการใช้น้ำที่มีอย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาระบบอินเทอร์เนตทุกสรรพสิ่งที่ควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับการปลูกทุเรียน

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบอินเทอร์เนตทุกสรรพสิ่งที่ควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับการปลูกทุเรียน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยอาศัยขั้นตอนที่ประยุกต์จากการวิเคราะห์และออกแบบระบบตามแนวทางของ Dennis A. et al. (2012) ที่แบ่งขั้นตอนออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน (Planning) แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการย่อย ๆ คือ

1.1 การวิเคราะห์ความต้องการจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าต้นกล้าทุเรียนต้องการดินที่มีค่าความเป็นกรดต่าง 5.5-6.5-ความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในช่วง IDEAL ($50 < N < 200$, $4 < P < 14$, $50 < K < 200$) ความชื้นประมาณร้อยละ 75-85 (กรมส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป.) จากการลงพื้นที่พบว่าทุเรียนที่ต้องการการดูแลเป็นพิเศษ คือ ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ซึ่งเป็นทุเรียนที่มีความนิยมสูงสุดในพื้นที่อำเภอ นครไทย เนื่องจากมีเนื้อสีเหลืองนวล เนื้อนุ่มแห้ง มีเส้นใยปานกลาง เม็ดลีบ มีเนื้อเยื่อ มีรสชาติหวานมากกว่ามันเมื่อแก่จัด มีกลิ่นหอมเย็นอ่อน ๆ ในเนื้อ เกษตรกรในพื้นที่จึงนิยมปลูกพันธุ์หมอนทองมากที่สุด เกษตรกรจะปลูกทุเรียนเป็นรุ่นบนพื้นที่ราบบนภูเขา ระยะห่างระหว่างต้นประมาณ 8 เมตร แต่เนื่องจากใช้พื้นที่บนภูเขาจึงต้องขุดบ่อเพื่อสำรองน้ำใช้ตลอดทั้งปี ในระยะแรกของการปลูกต้นกล้าทุเรียน เกษตรกรจะนำต้นกล้าทุเรียนขนาด 100 - 150 เซนติเมตร มาปลูกโดยวางระบบน้ำแบบสปริงเกอร์หัวด้านเดียวแบบ 180 องศา โดยคำนวณปริมาณน้ำด้วยตนเอง ระยะเวลาในการให้น้ำประมาณ 20 - 40 นาที หากช่วงใดของปีมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอ เกษตรกรจำเป็นต้องรักษาทุเรียนต้นใหญ่ไว้ โดยที่จะยอมเสียทุเรียนต้นเล็กซึ่งจะรดน้ำเฉพาะต้นใหญ่แล้วปล่อยให้ต้นเล็กตายไป ทำให้ในบางปีที่ประสบปัญหาภัยแล้ง เกษตรกรต้องสูญเสียต้นกล้าทุเรียนหรือทุเรียนต้นเล็กไปเป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลผลิตทุเรียนกับสภาพแวดล้อม

ภาค	เนื้อที่ยืนต้น (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ร้อยละความชื้น สัมพัทธ์	ปริมาณน้ำฝน (มม.)
รวมทั้งประเทศ	937,607	1,017,097	63-84	129
เหนือ	59,334	27,270	63-81	122
ตะวันออกเฉียงเหนือ	14,119	3,699	66-80	116
กลาง	4,047	460	68-78	116
ตะวันออก	342,531	497,396	71-81	130
ใต้	503,513	482,140	77-84	161

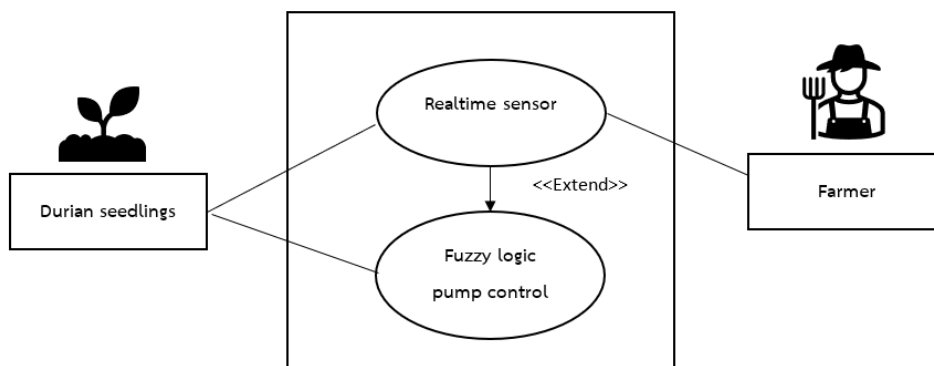
หมายเหตุ ข้อมูลปี 2562 และค่าเฉลี่ยในคาบ 30 ปี พ.ศ.2524-2553 (กลุ่มพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก, 2563: วิรัช มณีสาร, 2538)

จากตารางที่ 1 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ปลูกทุเรียนจะอยู่ทางภาคใต้และตะวันออก แม้ภาคใต้จะมีพื้นที่ปลูกมากกว่าแต่กลับให้ผลผลิตน้อยกว่าภาคตะวันออก อีกทั้งภาคใต้มีความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝนมากเกินไป ทำให้ทุเรียนเกิดโรคได้ง่ายกว่า ส่วนอำเภอนครไทยอยู่ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ที่มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์และน้ำฝนน้อยกว่าภาคตะวันออกซึ่งเป็นภาวะแล้ง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำอย่างประหยัดในการดูแลรักษาด้านกล้าทุเรียน (วิรัช มณีสาร, 2538)

1.2 การศึกษาความเป็นไปได้จากวิเคราะห์ความต้องการของผู้ปลูกทุเรียน ผู้วิจัยได้นำปัจจัยความต้องการทางสิ่งแวดล้อมของต้นกล้าทุเรียนมาพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่ควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ โดยนำเอาแนวคิดอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่รดน้ำตามความต้องการของต้นกล้า ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอย หรือระบบฝนเทียม ซึ่งเป็นระบบที่ชาวสวนผลไม้นิยมใช้และยอมรับว่ามีประสิทธิภาพดี เนื่องจากเป็นระบบที่ประหยัดน้ำ จ่ายน้ำได้เร็ว สม่าเสมอ ใช้แรงงานน้อย มีรูปแบบของหัวฉีดและขนาดของหัวฉีดให้ประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย มีอัตราการจ่ายน้ำมีตั้งแต่ 20-250 ลิตรต่อชั่วโมง โดยค่าใช้จ่ายการลงทุนครั้งแรกประมาณ 7,000-10,000 บาทต่อไร่ (ไม่รวมค่าใช้จ่ายของระบบส่งน้ำ) ซึ่งการให้น้ำต้นกล้าในสวนทุเรียนส่วนใหญ่จะให้น้ำแบบหัวฉีดแบบด้านเดียว เนื่องจากทุเรียนต้นยังเล็กต้องการน้ำมากในช่วงแรก โดยสังเกตจากดินในแต่ละพื้นที่ที่มีความชุ่มชื้นเพียงพอกับต้นกล้าหรือไม่ หากเพียงพอแล้วจะหยุดให้น้ำ ส่วนความถี่ในการให้น้ำพบว่าการให้น้ำแก่พืชในปริมาณน้อยแต่บ่อยครั้ง จะสามารถรักษาความชื้นในเขตรากพืชได้อยู่ในระดับที่มีความเป็นประโยชน์สูง ได้มากกว่าการให้น้ำปริมาณมากแต่ทั้งช่วงการให้น้ำห่างกันหลายวัน โดยทั่วไปจึงมีการให้น้ำทุเรียนทุก 3-5 วัน ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน อายุของพืช ระบบการเจริญเติบโตของพืช และข้อจำกัดเฉพาะของแต่ละพื้นที่ เช่น ความเข้มข้นของเกลือในดิน เป็นต้น (สุมิตร คุณเจตน์, 2561) จากข้อมูลข้างต้นจะนำมาผนวกกับการควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ เพื่อให้ระบบนอกจากจะรดน้ำตามความต้องการของต้นกล้าแล้ว ยังช่วยประหยัดน้ำไปในตัวด้วย

1.3 การวางแผน ทีมวิจัยมีระยะเวลาในการศึกษาความต้องการ เลือกใช้อุปกรณ์ พัฒนาระบบทดลองใช้และแก้ไขปรับปรุงระบบ ในช่วงระยะเวลา มีนาคม - เมษายน 2566

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ (Analysis) ขั้นตอนนี้ทีมวิจัยได้ใช้ Use Case Diagram เพื่อวิเคราะห์การทำงานของระบบดังภาพที่ 1

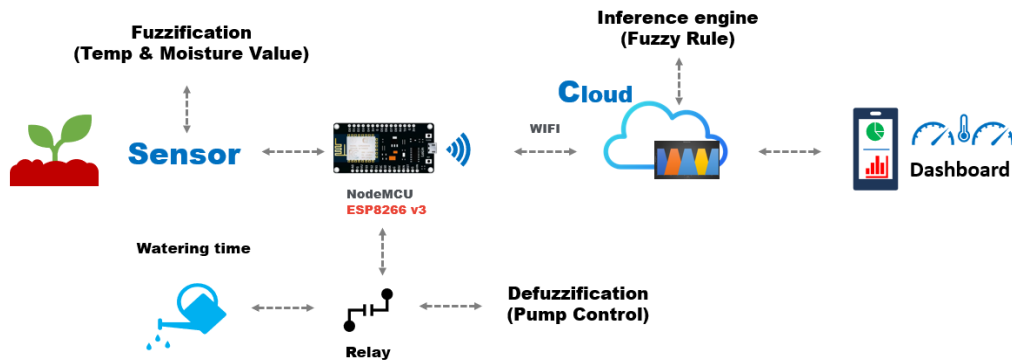


ภาพที่ 1 Use case diagram of the fuzzy logic-controlled internet of things system

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ (Design) งานวิจัยนี้เป็นรูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) และวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลมาออกแบบและพัฒนารูปแบบทางกายภาพ (Physical Model) โดยเริ่มจากการออกแบบงานทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ทั้งในส่วนนำข้อมูลเข้า (Input) ส่วนประมวลผล (Process) ส่วนแสดงผลลัพธ์ (Output) ส่วนจัดเก็บข้อมูล (Storage) การออกแบบจำลองข้อมูล การออกแบบรายงานและการออกแบบหน้าจอในการติดต่อกับผู้ใช้ระบบในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน โดยสามารถแสดงการออกแบบรูปแบบการทำงานภาพรวมของระบบ และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) การออกแบบผังวงจร การควบคุมและส่งค่า เซนเซอร์ ทำโดยเรียกผ่าน ESP8266 v.3 เป็นวงจรหลัก, Capacitive Soil Moisture Sensor ตรวจสอบความชื้นในดิน, PH Sensor Arduino Soil Sensor ตรวจสอบความเป็นกรดด่าง, RS485 Soil NPK Sensor ตรวจสอบ NPK, DS18B20 Temperature Sensor ตรวจสอบอุณหภูมิในดิน และ YF-S201C Water Flow Sensor เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ โดยใช้โซลาร์เซลล์เพื่อหล่อเลี้ยงแผงวงจร

ระบบควบคุมการจัดการน้ำทั้งกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ใช้ทิวร่น้ำแบบฉีดฝอย เพื่อช่วยลดอุณหภูมิ ในเดือนแรกจะรดน้ำทุกวัน ๆ ละ 1 ครั้ง จากนั้นรดน้ำวันเว้นวันหรือ 2-3 วันต่อครั้ง แล้วแต่ความชื้นของดินบริเวณโคนต้น โดยออกแบบระบบรดน้ำด้วยตัวควบคุมพีซี ในกลุ่มควบคุมมีการกำหนดการให้น้ำไว้ว่า หากความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 70 จะทำการรดน้ำจนกว่าเซนเซอร์จะตรวจพบความชื้นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70 ส่วนในกลุ่มทดลองได้นำตัวควบคุมพีซีในรูปแบบของ (Mamdani, E. H. and Assilian, S, 1975) มาใช้ตัดสินใจในการให้น้ำทุเรียน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพแนวคิดของระบบ

จากข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นดิน และรูปแบบการให้น้ำที่เหมาะสมจากการทดลองในพื้นที่จริง ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการออกแบบตัวควบคุมฟัซซี เพื่อเป็นการถอดองค์ความรู้จากเชี่ยวชาญ ในงานวิจัยนี้ใช้กฎฟัซซีในรูปแบบของ Mamdani, E. H. and Assilian, S (1975) ดังแสดงในสมการ

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1 \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A_n \text{ then } Y_1 \text{ is } B_1 \quad (1)$$

เมื่อ x_i คือ ตัวแปรภาษาทางอินพุต A_i คือ ค่าของตัวแปรภาษา (Variable) ทางอินพุต หรือฟัซซีเซตทางอินพุต Y_i คือ ตัวแปรภาษาทางเอาต์พุต และ B_i คือ ค่าของตัวแปรภาษาทางเอาต์พุต หรือฟัซซีเซตทางเอาต์พุต ค่าความแข็งแกร่งของกฎฟัซซี (Firing Strength) สามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการ

$$w_j = \prod_{i=1}^n A_i(x_i) \quad (2)$$

เมื่อ w_j คือ ค่าความแข็งแกร่งของกฎฟัซซี j และ $A_i(x_i)$ คือ ค่าความเป็นสมาชิกของ x_i ในฟัซซีเซต A_i ค่าเอาต์พุตของการดิฟฟิเคชัน สามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการ

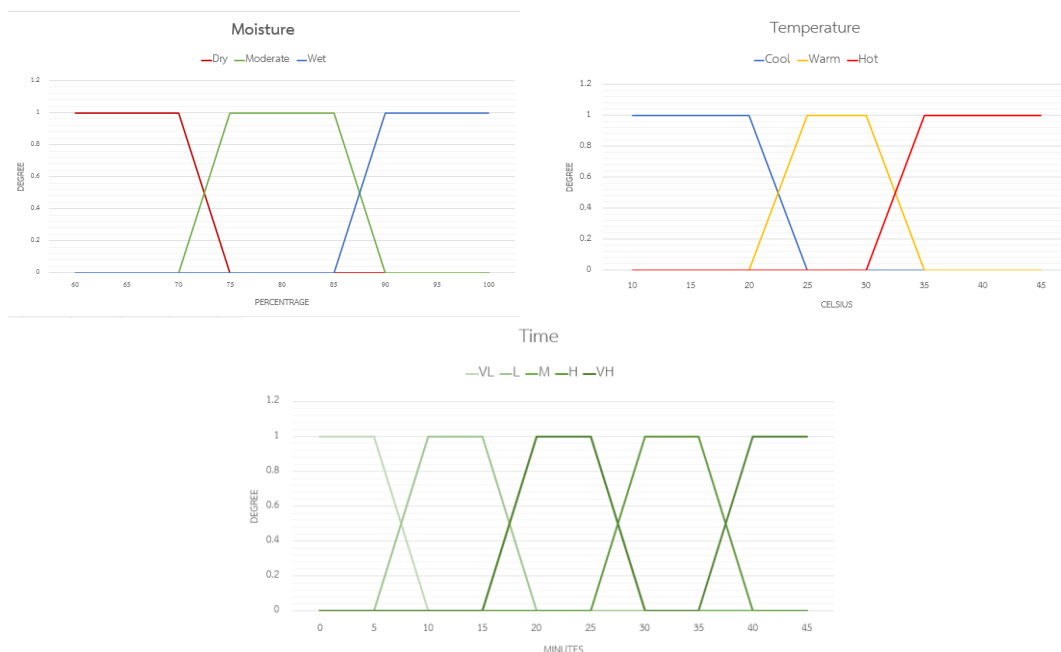
$$COG = \frac{\int_a^b B(x)xdx}{\int_a^b B(x)dx} \quad (3)$$

เมื่อ COG คือ ค่า Center Of Gravity หรือจุดศูนย์กลางของฟัซซีเซต B บนช่วงระหว่าง a ถึง b

ตัวแปรภาษาอินพุต สำหรับนำไปใช้ในกระบวนการฟัซซีฟิเคชัน ได้แก่ ตัวแปรภาษาอุณหภูมิ (Temperature) โดยที่ค่าของตัวแปรภาษาประกอบด้วย Cool Warm และ Hot ตัวแปรภาษาความชื้นดิน (Moisture) โดยที่ค่าของตัวแปรภาษาประกอบด้วย Dry Moderate และ Wet แสดงตัวแปรภาษาเอาต์พุต สำหรับนำไปใช้ในกระบวนการดิฟฟิเคชัน คือ การควบคุมปั้มน้ำ ค่าของตัวแปรภาษาประกอบด้วย VL (Very Low), L (Low), M (Medium), H (High) และ VH (Very High) โดยกำหนดค่าดังตารางที่ 2 และภาพที่ 3

ตารางที่ 2 Member of Fuzzy Set

Sensor	Parameter	Value
Temperature (T)	Cool	<20
	Warm	25-30
	Hot	>35
Moisture (M)	Dry	<70
	Moderate	75-85
	Wet	>90
Pump control (Minute)	Very High	>=40
	High	30-35
	Medium	20-25
	Low	10-15
	Very Low	<=5



ภาพที่ 3 Fuzzy set member graphs

5) การออกแบบซอฟต์แวร์ ด้วยการพัฒนากระบวนการควบคุมมีการพัฒนาผ่าน Arduino IDE ด้วยภาษา C/C++ ในการควบคุมและการอ่านข้อมูล เก็บข้อมูลจาก เซนเซอร์ทุก 1 นาที โดยเก็บข้อมูลลงเว็บ server ผ่านสัญญาณ Wifi เก็บข้อมูลลง MariaDB ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ ทั้งกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เชื่อมต่อและแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ด้วยภาษา PHP และMariaDB ประกอบด้วยหน้าแสดงค่าของ เซนเซอร์ และปริมาณน้ำในรูปแบบ graph สามารถแสดงผลได้ทั้ง smart phone และpersonal computer

ขั้นตอนที่ 4 การนำไปใช้ (Implementation) ผู้วิจัยทำการทดลอง โดยวิธีคัดเลือกต้นกล้าทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่ได้จากการทาบกิ่ง อายุ 1 ปี โดยมีความสูงเฉลี่ย 130-150 เซนติเมตร นำต้นกล้าทุเรียนหมอนทองจำนวน 6 ต้น แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมปลูกโดยใช้อินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง จำนวน 3 ต้น และกลุ่มทดลองปลูกโดยใช้อินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งโดยใช้การควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ จำนวน 3 ต้น เพื่อหาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบความแตกต่าง ทั้งสองกลุ่มปลูกในพื้นที่ตำบลบ้านแยง อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ระยะห่างระหว่างต้น 8 x 8 เมตร ใช้ดินจากบริเวณที่จะปลูก จากนั้นขุดหลุมปลูกขุดลงไปเท่าขนาดถุงชำ จัดรากผอมให้แผ่ออกไปรอบ ๆ ต้น ให้น้ำในเดือนแรก จะให้น้ำทุกวัน และในเดือนที่ 2 และ 3 ให้แบบวันเว้นวัน ครั้ง ละ 40 นาที ใช้ท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว ให้น้ำแบบหัวฉีดด้านเดียว ด้วยปั้มน้ำแรงดัน 3.1 บาร์

การทดสอบระบบอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การทดสอบระบบในขั้นแอลฟา (Alpha stage) โดยทดสอบหาข้อบกพร่องโดยผู้วิจัยเอง พร้อมปรับแก้ไขข้อผิดพลาด และการทดสอบระบบในขั้นเบตา (Beta stage) ทดลองใช้จริงและทำการทดสอบผลการใช้งาน ที่ตำบลบ้านแยง อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก แล้วศึกษาผลการเจริญเติบโตของต้นกล้าทุเรียนเป็นระยะเวลา 3 เดือน เนื่องจากระยะนี้มีผลการเจริญเติบโตที่สามารถมองเห็นได้ แล้วศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต จากค่าเฉลี่ยความสูงที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร), ค่าเฉลี่ยจำนวนกิ่งที่เพิ่มขึ้น, ค่าเฉลี่ยความยาวใบ (เซนติเมตร) และค่าเฉลี่ยความกว้างใบ (เซนติเมตร) แล้วศึกษาปริมาณน้ำในการให้น้ำของทุเรียนเพื่อเปรียบเทียบ (สมิตร คุณเจตน์, 2561)

4. ผลการวิจัย

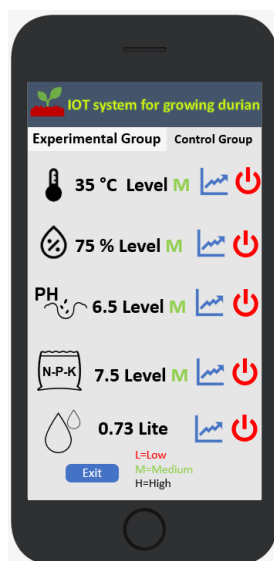
4.1 ผลการพัฒนาระบบอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่ควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับการปลูกทุเรียน แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และการตั้งค่าตรรกะ

1) ส่วนของฮาร์ดแวร์ ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จะประกอบด้วย ส่งค่าเซนเซอร์โดยเรียกผ่าน ESP8266 v.3 เป็นวงจรหลัก, Capacitive Soil Moisture Sensor ตรวจสอบความชื้นในดิน, PH Sensor Arduino Soil Sensor ตรวจสอบค่าความเป็นกรดต่าง, RS485 Soil NPK Sensor ตรวจสอบ NPK, DS18B20 Temperature Sensor ตรวจสอบอุณหภูมิในดิน และ YF-S201C Water Flow Sensor เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 Hardware of system

2) ส่วนของ Software ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จะมีการพัฒนาระบบผ่าน Arduino IDE ด้วยภาษา C/C++ ในการควบคุมและการอ่านข้อมูล เก็บข้อมูลจากเซนเซอร์ทุก 1 นาที โดยเก็บข้อมูลลง Web server ผ่านสัญญาณ Wi-Fi เก็บข้อมูลลง MariaDB ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ เชื่อมต่อและแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ด้วยภาษา PHP และ MariaDB ประกอบด้วยหน้าแสดงค่าของเซนเซอร์ และปริมาณน้ำในรูปแบบ Graph สามารถแสดงผลได้ทั้ง Smart phone และ Personal computer ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 Graphic user interface of IOT system for growing durian

จากภาพที่ 5 ระบบจะประกอบด้วยสองแท็บ โดยในแท็บแรกแสดงค่าที่ได้จาก เซนเซอร์ ของกลุ่ม Experimental Group และในแท็บที่สองแสดงค่าที่ได้จาก เซนเซอร์ ของกลุ่ม Control Group โดยทั้งสองกลุ่มจะแสดงค่า เซนเซอร์อุณหภูมิ ความชื้น ค่าความเป็นกรดต่างในดิน ความอุดมสมบูรณ์ในดิน (NPK) และปริมาณน้ำ พร้อมทั้งบอกถึงระดับของค่าต่าง ๆ โดยบอกเป็น Low หมายถึง มีค่าในระดับต่ำ Medium หมายถึง มีค่าในระดับปานกลาง High หมายถึง มีค่าในระดับสูง พร้อมปุ่มกราฟ แสดงผลข้อมูลเซนเซอร์ ในรูปแบบกราฟเส้น และปุ่มปิดเปิด ที่หากบอกสถานะของเซนเซอร์ หากเป็นสีแดง คือ เซนเซอร์ไม่ทำงาน สามารถกดปุ่มเปิดได้ หากเป็นสีเขียว คือ เซนเซอร์ กำลังทำงาน สามารถกดสั่งการปิดได้

3) ส่วนของการตั้งค่าตรรกะ IF-Then-Else

ในกลุ่มควบคุม มีการกำหนดเงื่อนไขด้วยตรรกะความขึ้นจาก เซนเซอร์ ดังนี้
เมื่อเวลาให้น้ำ

ถ้า Moisture Sensor < ร้อยละ 70 ให้น้ำ

ถ้า Moisture Sensor >= ร้อยละ 70 หยุดให้น้ำ

ในกลุ่มทดลองมีการกำหนดเงื่อนไขดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Fuzzy Rule

Fuzzy Rule		
Cool	Dry	M (Medium)
Cool	Moderate	L (Low)
Cool	Wet	VL (Very Low)
Warm	Dry	H (High)
Warm	Moderate	M (Medium)
Warm	Wet	L (Low)
Hot	Dry	VH (Very High)
Hot	Moderate	H (High)
Hot	Wet	M (Medium)

โดยในระบบทดลองมีการถอดองค์ความรู้จากเชี่ยวชาญ ในงานวิจัยนี้ใช้กฎฟัซซีในรูปแบบของ (Mamdani, E. H. and Assilian, S, 1975) และคำนวณค่าความแข็งแรงของกฎฟัซซีด้วย

ตัวอย่างการใช้งานกฎฟัซซี เช่น เมื่ออุณหภูมิในดินมีค่า 33 องศาเซลเซียส และความชื้นดินมีค่าร้อยละ 70 จะสามารถคำนวณค่าความแข็งแรงของกฎฟัซซี ตามตามการดังนี้

$$w_1 = T_{\text{Cool}}(33) \times M_{\text{Dry}}(70) = 0 \times 1 = 0$$

$$w_2 = T_{\text{Cool}}(33) \times M_{\text{Moderate}}(70) = 0 \times 0 = 0$$

$$w_3 = T_{\text{Cool}}(33) \times M_{\text{Wet}}(70) = 0 \times 0 = 0$$

$$w_4 = T_{\text{Warm}}(33) \times M_{\text{Dry}}(70) = 0.5 \times 1 = 0.5$$

$$w_5 = T_{\text{Warm}}(33) \times M_{\text{Moderate}}(70) = 0.5 \times 0 = 0$$

$$w_6 = T_{\text{Warm}}(33) \times M_{\text{Wet}}(70) = 0.5 \times 0 = 0$$

$$w_7 = T_{\text{Hot}}(33) \times M_{\text{Dry}}(70) = 0.5 \times 1 = 0.5$$

$$w_8 = T_{\text{Hot}}(33) \times M_{\text{Moderate}}(70) = 0.5 \times 0 = 0$$

$$w_9 = T_{\text{Hot}}(33) \times M_{\text{Wet}}(70) = 0.5 \times 0 = 0$$

จากค่าความแข็งแรงของกฎฟัซซี พบว่ามีเพียงกฎฟัซซี w_4 และ w_7 เท่านั้นที่มีค่าความแข็งแรงมากกว่า 0.0 ที่ตอบสนองต่อเหตุการณ์นี้ ดังนั้นสามารถเขียนในรูปของกฎ IF-THEN ได้ดังนี้

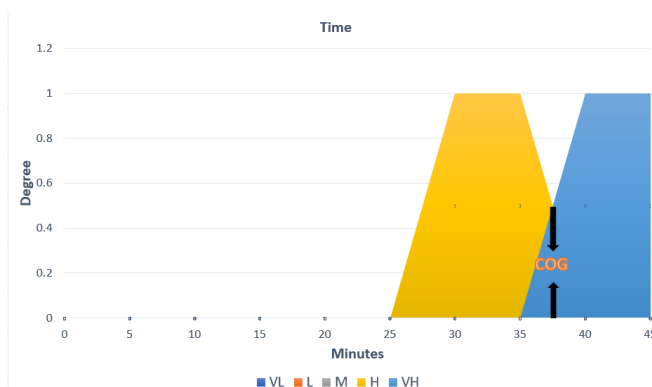
$$w_4 = \text{IF } T \text{ is Warm (0.5) AND } M \text{ is Dry (1) THEN CV is H (0.5)}$$

$$w_7 = \text{IF } T \text{ is Hot (0.5) AND } M \text{ is Dry (1) THEN CV is H (0.5)}$$

จากกฎฟัซซี w_4 จะได้ค่าของตัวแปร PC เป็น H (High) ที่ค่าความเป็นสมาชิก (Degree of Membership) ค่าความเป็นสมาชิก 0.5 และจากกฎฟัซซี w_7 จะได้ค่าของตัวแปรภาษา PC เป็น VH (Very High) ที่ค่าความเป็นสมาชิก 0.5 จากนั้นนำค่าที่ได้มาทำการดีฟัซซิฟิเคชันด้วยวิธีหาค่าจุดศูนย์ถ่วง ภาพที่ 6 แสดงค่า *COG* ของพื้นที่ใต้กราฟแรงกด ซึ่งเป็นตัวแทนของตัวแปร WT จากการคำนวณตามสมการ ได้ค่า

$$COG = (0.5 \times 33) + (0.5 \times 43) / (0.5 + 0.5) = 38$$

สามารถแปลความหมายได้ว่า ถ้าหากอากาศมีอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส และดินมีความชื้นร้อยละ 70 ให้รดน้ำต้นละ 38 นาที



ภาพที่ 6 COG of Case

5.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ระหว่างกลุ่มควบคุมที่ออกแบบระบบด้วยตรรกะ IF-Then-Else จากค่าเซนเซอร์ความชื้น และกลุ่มทดลองที่ควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือกับต้นกล้าทุเรียนหมอนทอง โดยมีสมมุติฐานคือ

- สมมุติฐานที่ 1 $H_0 =$ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าความเจริญเติบโตของต้นทุเรียนไม่แตกต่างกัน
 $H_1 =$ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าความเจริญเติบโตของต้นทุเรียนแตกต่างกัน
- สมมุติฐานที่ 2 $H_0 =$ กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไม่น้อยกว่ากลุ่มควบคุม
 $H_1 =$ กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำน้อยกว่ากลุ่มควบคุม

โดยที่มีค่าความแตกต่างที่ระดับ .05 ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าความเจริญเติบโตและปริมาณการให้น้ำ

Group	Parameter average value					
	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (cm)	จำนวนกิ่งที่เพิ่มขึ้น	ความยาวใบ (cm)	ความกว้างใบ (cm)	เวลาให้น้ำ (minute/time)	ปริมาณน้ำ (Lite/time)
Control	25.19	8.33	6.55	2.79	29.73	22.30
Experimental	22.52	6.67	6.15	2.70	23.97	17.98
P Value	0.65	0.27	0.54	0.59	0.02*	0.02*

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร), ค่าเฉลี่ยจำนวนกิ่งที่เพิ่มขึ้น, ค่าเฉลี่ยความยาวใบ (เซนติเมตร) และค่าเฉลี่ยความกว้างใบ (เซนติเมตร) มีค่า P เท่ากับ 0.65, 0.27, 0.54 และ 0.59 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ สรุปได้ว่า กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าความเจริญเติบโตของต้นทุเรียนไม่แตกต่างกัน และสมมุติฐานที่ 2 ค่าเฉลี่ยเวลาให้น้ำ (นาฬิกา/ครั้ง) และค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำ (ลิตร/ครั้ง) มีค่า P เท่ากับ 0.02 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาระบบผู้วิจัยออกแบบทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไว้ในระบบเดียวกัน โดยการพัฒนาผ่าน Arduino IDE ด้วยภาษา C/C++ ในการควบคุมและการอ่านในทุก 1 นาที โดยเก็บข้อมูลลง Web server ผ่านสัญญาณ Wi-Fi บนฐานข้อมูล MariaDB ที่เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลที่เป็น Open Source นำมาใช้ทดแทน MySQL เนื่องจากมีความรวดเร็วและสามารถปรับขนาดได้และมีระบบแวดล้อมที่อุดมไปด้วยปลั๊กอินออนไลน์และเครื่องมืออื่น ๆ ทำให้สามารถใช้งานได้หลากหลาย การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ แสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถเข้าถึงได้ทุกระบบปฏิบัติการ ด้วยภาษา PHP โดยข้อดีของภาษานี้คือเป็น Open Source เป็นโปรแกรมภาษาที่สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีไม่มีปัญหาเรื่องลิขสิทธิ์, มีการแปลภาษา และทำการประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว-สามารถทำงานได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการ Windows, Unix, Linux เป็นภาษาที่ง่ายในการเรียนรู้ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก หากมีปัญหาใดก็จะมียกย่องให้ความช่วยเหลือขนาดใหญ่บนเว็บไซต์ประกอบด้วยหน้าแสดงค่าของ เซ็นเซอร์ อุณหภูมิ ความชื้น ค่าความเป็นกรดต่างในดิน ความอุดมสมบูรณ์ และปริมาณน้ำ พร้อมบอกระดับของข้อมูล ที่สามารถสั่งการด้วยตนเองได้บน Smart phone และ Personal computer และแสดงผลในรูปแบบกราฟเส้นเพื่อให้เห็นค่าความแตกต่างของข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปาณิสรา หาดขุนทด และธนากร แสงกุลละ (2565) ที่มีการพัฒนาระบบสมาร์ตฟาร์มระบบให้อาหารปลาตามน้ำหนัก ด้วยภาษา PHP และ MariaDB เช่นเดียวกันเนื่องจากเป็นภาษาที่พัฒนาได้ฟรี ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมเรื่องลิขสิทธิ์ และงานวิจัยของ สุทธิพงษ์ วิชัยวงษ์วัฒน์ และคณะ (2565) ที่พัฒนาต้นแบบอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ตามสภาพแวดล้อมผ่านเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วยภาษา C++, Visual Studio Code, HTML และ PHP และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุชาติ ดุมนิล (2566) ที่พัฒนาระบบรดน้ำเกษตรอัจฉริยะโดยใช้ Internet of Things เช่นเดียวกันแต่ในบอร์ด Esp32 ในการพัฒนา

จากการทดลองปลูกต้นกล้วยเรียนหมอนทองขนาด 130-150 เซนติเมตร จำนวน 6 ต้น โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุม ที่ปลูกด้วยระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่ควบคุมด้วยตรรกะความชื้นจากเซนเซอร์ และกลุ่มควบคุม ที่ปลูกด้วยระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่ควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ ในพื้นที่ อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก พบว่า การเจริญเติบโตที่ได้จากค่าเฉลี่ยความสูงที่เพิ่มขึ้น จำนวนกิ่งที่เพิ่มขึ้น ความยาวใบ และความกว้างใบ ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบควบคุม และระบบทดลอง สามารถส่งผลให้ต้นกล้วยเรียนเจริญเติบโตได้ไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าจะดูจาก

ปริมาณน้ำที่ให้ จากค่าเฉลี่ยเวลาให้น้ำ และปริมาณน้ำ จะพบว่า กลุ่มทดลองน้อยกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 อาจเกิดจากกลุ่มทดลองมีการออกแบบการควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือในหลายระดับ เช่น น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับความคิดของมนุษย์ ด้วยผู้เชี่ยวชาญที่ออกแบบการควบคุมอย่างเหมาะสมต่อการคงอยู่ของต้นทุเรียน ด้วยปัจจัยความชื้นและอุณหภูมิที่มีมากกว่าการออกแบบควบคุมด้วยปัจจัยความชื้นเพียงอย่างเดียว และการคำนวณจุดศูนย์ถ่วง ทำให้ทราบปริมาณที่แน่ชัดในการให้น้ำแต่ละรอบ จึงสามารถให้น้ำได้อย่างแม่นยำ โดยทำการคำนวณแล้วเสร็จจึงส่งข้อมูลเวลาให้น้ำมาควบคุมการปิดเปิดรีเลย์ ส่วนกลุ่มควบคุมอาศัยการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ความชื้นเพียงปัจจัยเดียว หากมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 70 จึงทำการให้น้ำ โดยมีการเก็บข้อมูลในทุก 1 นาที แล้วเก็บลงคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งอยู่ห่างไกลจากระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง การรับส่งข้อมูลจะมีการหน่วงเวลา หลังจากรับค่าแล้วหากมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70 จึงจะหยุดให้น้ำทำให้กลุ่มควบคุมสูญเสียปริมาณน้ำมากกว่ากลุ่มทดลองนั่นเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของไพฑูรย์ ศรีนิล ธารารัตน์ และคณะ (2564) ที่ได้นำการควบคุมแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือมาใช้กับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเหมือนกัน แต่ใช้สำหรับปลูกเมล่อน โดยเปรียบเทียบกับ การปลูกโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการทดสอบโดยนำค่าน้ำหนักและค่าความหวานของผลเมล่อน พบว่า ผลผลิตเมล่อนจากทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แนวทางต่อยอดสามารถนำเอาฟัซซีลอจิก ช่วยสำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมที่ใช้ในพื้นที่แตกต่างกันที่มีความแห้งแล้งหรือต้องการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปทดลองใช้กับพืชชนิดอื่นได้

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (ม.ป.ป.). *การปลูกทุเรียน*. <https://esc.doae.go.th/ebooks/download-pdf/durian.pdf>
- วิรัช มณีสาร. (2538). *สถิติองค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาของภาคต่าง ๆ ในประเทศไทยในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2504-2533)*. <https://tmd-dev.azurewebsites.net/info/ภูมิอากาศของประเทศไทย-หน้า-2>
- กลุ่มพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก. (2563). *ทุเรียน ราชาชแห่งผลไม้ไทย ถูกใจคนต่างแดน*. http://www.tpsomoc.go.th/sites/default/files/thueriyn_240863.pdf
- พยุ่ง มีสัจ. (ม.ป.ป.). *FUZZY LOGIC*. <https://angsila.cs.buu.ac.th/~phong/Fuzzy/fuzzylogic.pdf>
- ไพฑูรย์ ศรีนิล, ธารารัตน์ พวงสุวรรณ, อุไรวรรณ บัวตุม และสมิตร คุณเจตน์. (2564). แอปพลิเคชันระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกเมล่อนในโรงเรือนโดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการควบคุมฟัซซี. *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*, 30(2), 74-89. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/science_kmitl/article/download/248872/172129/889053
- ปาณิสรา หาดขุนทด และธนากร แสงกุดเลาะ. (2565). การพัฒนาระบบให้อาหารปลาตามน้ำหนักอาหารแบบสมาร์ตฟาร์ม. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 14(20), 97-111. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/246377>
- วิรัช มณีสาร. (2538). *สถิติองค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาของภาคต่าง ๆ ในประเทศไทยในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2504-2533)*. เอกสารวิชาการเลขที่ 551.582-03-2538. <https://tmd-dev.azurewebsites.net/info/ภูมิอากาศของประเทศไทย-หน้า-2>

- สุชาติ คมนิล. (2566). การพัฒนาระบบรดน้ำเกษตรอัจฉริยะโดยใช้ Internet of Things. *วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี*, 4(1), 112-126. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/atj/article/view/257189>
- สมิตรี คุณเจตน์. (2561). การศึกษาปริมาณความต้องการน้ำและวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับทุเรียนพันธุ์หมอนทอง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. https://buuir.buu.ac.th/bitstream/1234567890/3948/1/2564_095.pdf
- สุทธิพงษ์ วิชัยวงษ์วัฒน์, ไพศาล สิมาลาเต่า และอุบลรัตน์ ศิริสุขโกคา. (2565). การพัฒนานต้นแบบอุปกรณ์รดน้ำต้นไมตามสภาพแวดล้อมผ่านเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. *การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 14 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*. (หน้า 852-862). นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. <https://publication.npru.ac.th/bitstream/123456789/1666/1/npru-85.pdf>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2564). *ผลผลิตทางการเกษตรรวมสูงสุด 5 อันดับแรก*. <https://mis-app.oae.go.th/area/กลุ่มแม่น้ำ/แม่น้ำยม/พิษณุโลก>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). *ผลผลิตทางการเกษตรรวมสูงสุด 5 อันดับแรก*. <https://mis-app.oae.go.th/area/กลุ่มแม่น้ำ/แม่น้ำยม/พิษณุโลก>
- Dennis, A., Wizom, B.H. & Roth, R.M. (2012). *System Analysis and Design (5th ed.)*. John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Mamdani, E. H. & Assilian, S. (1975). An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller. *International Journal of Machine Studies*. 7(1), 1-13. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(75\)80002-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(75)80002-2)