

การควบคุมธาตุอาหารสำหรับการปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจายด้วย
อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและโครงข่ายประสาทเทียม
A Fertilizer Control for Mellon in Star-Topology Hydroponic System using IOT
and Artificial Neuron Network

อภิศักดิ์ พรหมฝาย¹, ดอนสัน ปงผาบ^{2*}, สุดาพรรค อริยพฤษ¹
Apisak Phromfaiy^{1*}, Donson Pongphab^{2*}, Sudapan Ariyapruet¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

²สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

¹Department of Computer Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Uttaradit Rajabhat University, Thailand

²Department of Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology,
Lampang Rajabhat University, Thailand

*Corresponding Author. Tel. 08 4500 0474, E-mail: donson@lpru.ac.th

บทคัดย่อ

การปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์ในปัจจุบันยังคงพบปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมธาตุอาหาร ซึ่งต้นที่อยู่ใกล้กับถังปุ๋ยจะมีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นที่อยู่ไกลออกไป ดังนั้นงานวิจัยจึงได้พัฒนาระบบการปลูกแบบดาวกระจายเพื่อแก้ไขปัญหาการปลูกและได้นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้เพื่อการจัดเก็บข้อมูลและการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมกับใช้โครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ปริมาณการเติมปุ๋ย A และ B โดยนำค่าผิดพลาดของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในถังปลูกแต่ละถังเป็นอินพุตสำหรับโครงข่ายทั้งหมด 6 โหนด ชั้นซ่อน 5 โหนด ชั้นเอาต์พุต 2 โหนด ฟังก์ชันกระตุ้นคือ Log-sigmoid transfer function ส่วนฟังก์ชันการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมคือ Levenberg-Marquardt จากการทดสอบข้อมูลพบว่า การควบคุมธาตุอาหารสำหรับการปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจายด้วยโครงข่ายประสาทเทียม มีค่า RMSE เท่ากับ 14.85 ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานการปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : เมล่อน, ไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจาย, โครงข่ายประสาทเทียม

ABSTRACT

Nowadays, the hydroponic system for melon plants has the problem of fertilizer control involving the nearest plants from the fertilizers that have more growth rate than the remote

one. Therefore, this research developed the star topology hydroponic system to solve the distance problem of the plant. This study used the internet of things (IoT) to apply for data storage and communication between the devices. The artificial neuron network was also used for prediction of the A, B fertilizer quantity. The error of electrical conductivity in each tank was used as the input for 6 nodes, 5 nodes for hidden layers and 2 nodes for output. Log-sigmoid transfer function was used as the activation function while Lavenberg-marquardt function was used as the training function of the artificial neuron network. The result showed that the artificial neuron network provided the efficiency to control the fertilizer with the RMSE of 14.85.

Keyword: Melon, Star topology hydroponics, Neural networks

1.บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม โดยมีพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด 149.25 ล้านไร่ จากพื้นที่ประเทศทั้งหมด 320.696 ล้านไร่ คิดเป็น 46.53 % [1] ปัญหาหลักที่เป็นจุดอ่อนของเกษตรกรคือ ไม่มีระบบบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ การจัดการส่วนใหญ่ยังใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูง อย่างไรก็ตามปัจจุบันเริ่มมีระบบเทคโนโลยี และระบบอัตโนมัติต่างๆ มาช่วย ในการจัดการเกษตรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น ระบบเกษตรอัจฉริยะ (Smart farming) เป็นการทำการเกษตรที่มีกระบวนการตั้งแต่การวิเคราะห์สภาพพื้นที่ มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตต่อพื้นที่ โดยใช้เทคโนโลยีและเครื่องจักรกลการเกษตรอัจฉริยะ ควบคุมกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน การใช้ระบบเซนเซอร์เพื่อการบริหารจัดการแปลงเกษตรและโรงเรือนเพาะปลูก ปัจจุบันอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง (Internet of things) หรือ IoT ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับภาคการเกษตรมากขึ้น มีการนำเทคโนโลยีเซ็นเซอร์เข้ามาใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทางการเกษตรต่าง ๆ เพื่อให้อุปกรณ์เหล่านั้นสามารถสื่อสารกับตัวควบคุมหลักได้ มีการนำระบบปัญญาประดิษฐ์

มาช่วยสนับสนุน การวางแผนและตัดสินใจทำการเกษตรบนฐานข้อมูลสารสนเทศที่ถูกต้อง ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณภาพผลผลิตและรายได้ของเกษตรกร ลดการสูญเสีย ต้นทุน ปุ๋ยเคมี น้ำ แร่งงานคน

เมล่อน (Melon) นับว่าเป็นราชินีแห่งพืชตระกูลแตง การปลูกเมล่อนส่วนใหญ่จะปลูกบนแปลงดินและปลูกโดยใช้วัสดุปลูกแล้วจ่ายน้ำโดยใช้ระบบน้ำหยด แต่พอระยะนานจะเริ่มเจอปัญหาเรื่องแรงงานที่ใช้ในการเตรียมดินหรือเตรียมวัสดุปลูกและปัญหาเชื้อโรคที่มากับดิน [2] ซึ่งการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์อายุเก็บเกี่ยวจะเร็วกว่าปลูกบนดินและที่สำคัญสามารถตัดปัญหาการปนเปื้อนของดินและประหยัดค่าสารเคมีกำจัดวัชพืชได้ ผลผลิตที่ได้จึงมีความสะอาดกว่าการปลูกโดยใช้ดินและปลอดจากสารพิษตกค้าง การปลูกพืชบนดิน

ปัจจุบันการปลูกเมล่อนสามารถปลูกได้ทั้งนอกโรงเรือนและในโรงเรือน โดยการปลูกในโรงเรือนสามารถให้ผลผลิตที่มีคุณภาพมากกว่า เนื่องจากสามารถป้องกันโรคพืชและแมลงต่าง ๆ ได้มากกว่า และช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช อีกทั้งราคาผลผลิตที่ได้จากการปลูกในโรงเรือนจะมีราคาที่สูงกว่าการปลูกนอกโรงเรือน

การปลูกเมล่อนสามารถปลูกได้หลายวิธี โดยมีวิธีการปลูกที่เกษตรกรเมล่อนในประเทศไทยนิยมปลูก คือ ปลูกโดยใช้ดิน วัสดุปลูก และระบบไฮโดรโปนิคส์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการงานวิจัยที่ได้นำระบบ IoT มาใช้สำหรับงานเกษตรหลายงานวิจัยได้แก่ วิทยา และ คณะ [3] ได้พัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of things และทดสอบใช้งานจริงในฟาร์มปลูกของเกษตรกรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นเวลา 1 รอบการผลิต รัฐศิลป์ [4] ได้นำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้กับระบบโรงเรือนปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ให้สามารถควบคุมการทำงานได้แบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) เพื่อช่วยวิเคราะห์การเจริญเติบโตของต้นผัก พรคิด [5] ได้พัฒนาระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ด้วย IoT ซึ่งสามารถลดภาระการทำงานต้นทุนการผลิตการปลูกผักสลัดและสามารถใช้งานได้ง่ายอย่างเหมาะสม จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างพบปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมธาตุอาหาร สำหรับการปลูกเมล่อนด้วยระบบน้ำนิ่งแบบบัส ซึ่งต้นที่อยู่ใกล้กับถังปุ๋ยจะมีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นที่อยู่ไกลออกไป

จากงานวิจัยที่กล่าวมาพบว่า การวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (Electrical conductivity ; EC) จะวัดที่ถังผสมหลักที่เดียวเนื่องจากเป็นการปลูกแบบระบบน้ำไหล แต่จะต้องเปิดปั๊มน้ำตลอด 24 ชั่วโมง

ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง หากเป็นระบบน้ำนิ่งแบบบัสจะพบปัญหาการเจริญเติบโต ซึ่งต้นที่อยู่ใกล้กับถังปุ๋ยหลักจะมีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นที่อยู่ไกลออกไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบการปลูกแบบดาวกระจายเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวเกี่ยวกับการควบคุมธาตุอาหาร และสร้างแบบจำลองเพื่อหาปริมาณการเติมปุ๋ย A และ B ที่เหมาะสมโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม เนื่องจากต้นเมล่อนแต่ละต้นใช้ปุ๋ยแตกต่างกันค่าของ EC แต่ละถัง จึงแตกต่างกันด้วย ดังนั้นการวัดระดับค่า EC แต่ละถังปลูกโดยตรงจะทำให้ได้ค่า EC ที่แม่นยำที่สุด งานวิจัยนี้จึงได้นำเอาค่า EC ทั้ง 6 ถัง มาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำและปุ๋ย AB ที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นตัวประมวลผล

2.วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจาย

การปลูกเมล่อนด้วยระบบน้ำนิ่งแบบบัสมักประสบปัญหาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนจะไม่เท่ากัน จากการทดสอบพบว่าโดยต้นที่อยู่ใกล้กับถังปุ๋ยจะมีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นที่อยู่ไกลออกไป เนื่องจากต้นที่อยู่ต้นทางจะได้รับปริมาณธาตุอาหารได้เต็มที่ ซึ่งระบบนี้จะประกอบด้วย ถังผสมปุ๋ยหลัก ถังควบคุมระดับน้ำด้วยวาล์วลูกลอย และถังปลูก เมื่อน้ำในถังปลูกลดระดับลงวาล์วลูกลอยจะเปิดเพื่อเติมน้ำเข้าสู่ถังปลูก ดังภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2

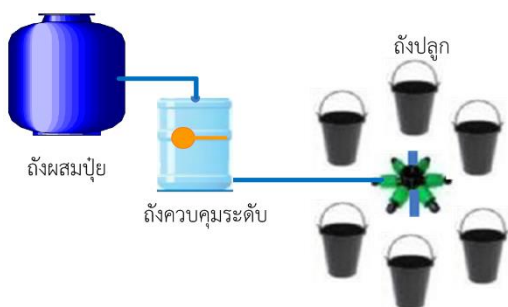


ภาพที่ 1 ระบบน้ำนิ่งแบบบัส



ภาพที่ 2 การปลูกเมล่อนด้วยระบบน้ำนิ่งแบบบัส

จากปัญหาการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนดังกล่าว งานวิจัยนี้ได้ออกแบบการปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจายเพื่อเป็นการกระจายธาตุอาหารให้กับต้นเมล่อนในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ระบบน้ำนิ่งแบบดาวกระจาย

อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้เพิ่มเติมอุปกรณ์เข้ามาเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างถังปลูกเมล่อนแบบดาวกระจาย

จากภาพที่ 4 โครงสร้างการปลูกเมล่อนแบบดาวกระจาย ประกอบด้วย ถังปุ๋ยหลักคือถังน้ำที่ผสมปุ๋ย A และปุ๋ย B ถังควบคุมระดับน้ำใช้สำหรับควบคุมระดับความสูงของน้ำในถังปลูกซึ่งจะส่งผลให้ถังปลูกทั้ง 6 ถังมีระดับน้ำเท่ากัน ถังปลูกใช้สำหรับปลูกเมล่อน และถังรองน้ำเป็นถังที่ต่อมาจากถังปลูกซึ่งระดับน้ำจะมีระดับเดียวกับถังควบคุมระดับน้ำและถังปลูก ภายในถังรองน้ำจะติดตั้งปั้มน้ำ เพื่อสูบน้ำป้อนกลับไปยังถังปุ๋ยหลัก โดยจะทำการสูบน้ำก็ต่อเมื่อ ระดับค่า EC เฉลี่ยของทุกถังปลูกมีค่าผิดพลาดเกินกำหนด แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การปลูกเมล่อนแบบดาวกระจาย

2.2 ระบบควบคุมธาตุอาหารสำหรับเมล่อนแบบดาวกระจาย

งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียม หาค่าปริมาณการเติมปุ๋ย A B และน้ำที่เหมาะสม โดยระบบควบคุมจะประกอบด้วย

1) บอร์ดคอนโทรลเลอร์ Arduino ESP32 ใช้สำหรับประมวลผลการทำงานของระบบ และ

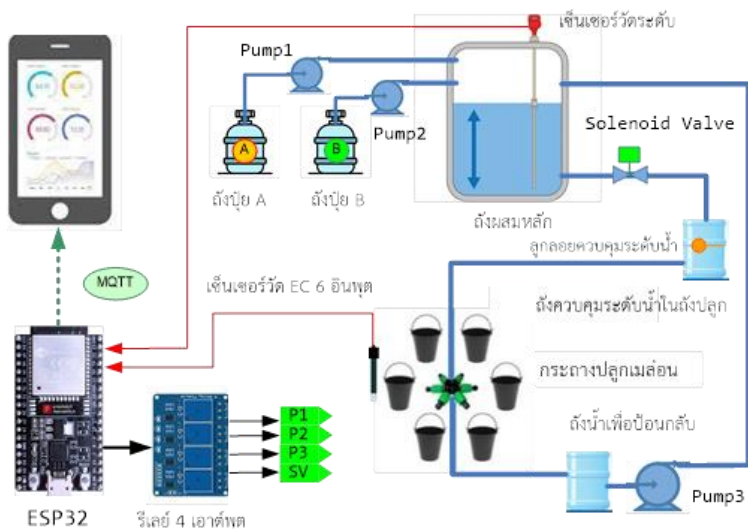
ประมวลผลหาค่าปริมาณการเติมปุ๋ย A และปุ๋ย B ที่เหมาะสมด้วยโครงข่ายประสาทเทียมพร้อมกับส่งค่าเข้าสู่ระบบ IoT โดยใช้แอปพลิเคชัน MQTT dashboard เพื่อเชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟน

2) เซ็นเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (Electrical conductivity ;EC) ในถังปลูกแต่ละถังเพื่อส่งข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลใช้ทั้งหมด 6 ตัว ซึ่งได้ทำการทดสอบความแตกต่างของการอ่านค่า EC ทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

3) ถังผสมหลัก มีปั๊มไดอะแฟรมสำหรับดูดปุ๋ย A และ ปุ๋ย B เข้าสู่ถังผสมหลัก

4) ถังควบคุมระดับน้ำ โดยใช้ลูกกลอยในการปรับระดับน้ำในถังปลูกทั้งหมดให้เท่ากัน

5) รีเลย์ควบคุมการทำงานของปั๊มและวาล์วจ่ายน้ำ



ภาพที่ 6 ระบบควบคุมธาตุอาหารสำหรับเมล่อนแบบดาวกระจาย

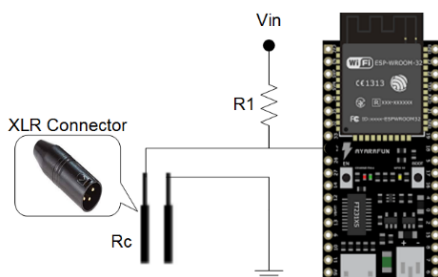
จากภาพที่ 6 การทำงานของระบบเริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ

และคำนวณหาค่าปริมาณการเติมปุ๋ย A B และน้ำที่เหมาะสม โดยมีเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำในถังผสมหลัก

ทำหน้าที่ควบคุมไม่ให้ระดับน้ำในถังไม่ให้เกินหรือ
แจ้งเตือนเมื่อน้ำในถังหมด โซลินอยวาล์วควบคุม
การปล่อยน้ำไปยังถังควบคุมระดับน้ำ ภายในถังติดตั้ง
วาล์วลูกลอยเพื่อสำหรับควบคุมระดับน้ำในถังปุ๋ยรอง
เพื่อควบคุมถังปลูกทั้ง 6 ถังให้มีระดับน้ำเท่ากัน
ซึ่งสามารถปรับระดับน้ำในถังได้ตามการปรับวาล์ว
ลูกลอย ถังพักน้ำเป็นถังที่ต่อมาจากถังปลูก ซึ่งระดับ
น้ำจะมีระดับเดียวกับถังควบคุมระดับน้ำและถังปลูก
ภายในถังพักน้ำจะติดตั้งปั้มน้ำเพื่อสูบน้ำกลับไปยังถัง
ปุ๋ยหลักเมื่อระดับค่า EC เฉลี่ยของทุกถังปลูกมีค่า
ผิดปกติเกินค่าที่กำหนด

2.3 เซ็นเซอร์วัดค่า EC

เนื่องจากเซ็นเซอร์ที่สามารถเชื่อมต่อกับ
คอนโทรลเลอร์นั้นมีราคาแพง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้
ออกแบบเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่า EC โดยประยุกต์จาก
วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า ประกอบด้วย R1 มีค่าเท่ากับ
1 K Ω และ R_c คือค่าความต้านทานไฟฟ้าของน้ำ โดย
งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ XLR connector เป็นโพรบ
วัดค่าการนำไฟฟ้า และได้ทำการทดสอบ
ความแตกต่างของการอ่านค่า EC ในถังเดียวกัน ของ
หัวเซ็นเซอร์ EC ที่พัฒนาขึ้นเองจำนวน 6 หัว พบว่า
ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
แสดงว่าหัวเซ็นเซอร์ EC ที่พัฒนาขึ้นมีค่าใกล้เคียงกัน
ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 วงจรเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่า EC

ในการส่งค่า EC เข้าสู่ระบบจะใช้
แอปพลิเคชัน MQTT dashboard เพื่อแสดงผลและ
เชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟน แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การแสดงค่า EC

2.4 การสอบเทียบเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่า EC กับเครื่องมือมาตรฐาน

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้พัฒนาเซ็นเซอร์
ตรวจวัดค่า EC ขึ้นเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายจึง
จำเป็นต้องทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด โดยใช้
วิธีการสมการถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง
เซ็นเซอร์วัดค่า EC ที่ได้พัฒนาขึ้น (EC_{rc}) กับ
เครื่องมือวัดค่า EC มาตรฐาน (EC_{meter}) ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การตรวจวัดค่า EC

จากการทดสอบเติมปุ๋ย A และ B ครั้งละ 1 มิลลิลิตร ตั้งแต่ 1 ถึง 10 มิลลิลิตร พร้อมกับเก็บค่า

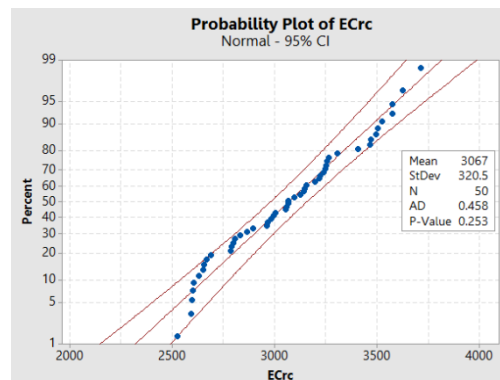
EC_{meter} และ EC_{rc} โดยทำการเก็บค่าซ้ำ 5 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของ EC_{meter} และ EC_{rc}

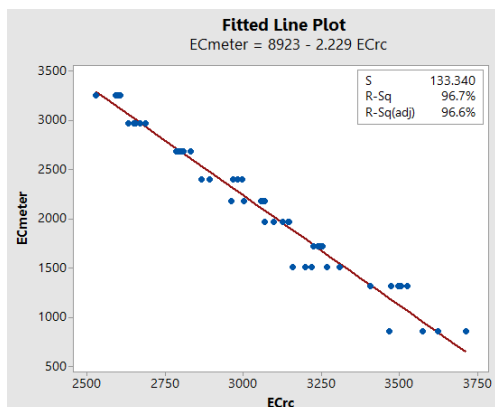
ปริมาณปุ๋ย (mL)		ค่าการนำไฟฟ้า EC_{meter} (μS)	ค่าการนำไฟฟ้า EC_{rc} (μS)				
A	B		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5
1	1	856	3467	3573	3573	3623	3713
2	2	1316	3523	3406	3504	3471	3494
3	3	1510	3217	3307	3157	3266	3199
4	4	1720	3250	3237	3223	3247	3254
5	5	1964	3067	3097	3145	3144	3126
6	6	2182	3069	3056	3059	2960	3003
7	7	2400	2996	2893	2982	2966	2867
8	8	2682	2831	2807	2790	2800	2786
9	9	2966	2688	2656	2669	2650	2631
10	10	3248	2605	2603	2527	2592	2598

จากตารางที่ 1 คณะผู้วิจัยได้ใช้การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติเป็นการตรวจสอบส่วนตกค้างของข้อมูลว่ามีการกระจายแบบปกติหรือไม่ จากการพิจารณาการกระจายส่วนตกค้างในภาพที่ 10 พบว่า มีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง แสดงให้เห็นว่า ส่วนตกค้างจากผลการทดลอง ไม่แสดงสิ่งผิดปกติ และค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 สรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองชุดนี้มีการกระจายแบบแจกแจงปกติเหมาะสมสำหรับการนำไปวิเคราะห์สมการถดถอยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แสดงดังสมการที่ (1) และภาพที่ 11

$$EC_{meter} = 8923 - 2.299EC_{rc} \quad (1)$$



ภาพที่ 10 กราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้างของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ



ภาพที่ 11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า EC_{meter} และ EC_{rc}

2.5 การควบคุมปริมาณการเติมปุ๋ย A B

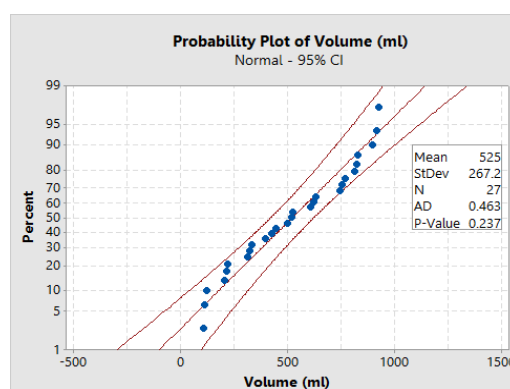
การเติมปุ๋ย A B เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่มีผลต่อการควบคุมธาตุอาหารสำหรับการปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์ สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ปั๊มไดอะแฟรม (Diaphragm pump) [6] เป็นปั๊มสำหรับสูบน้ำของเหลวที่มีความหนืด มีลักษณะการทำงานแบบบีบอัดเป็นจังหวะ ภายในปั๊มประกอบด้วย แผ่นไดอะแฟรม 2 แผ่นผลัดกันผลักไปกลับด้วยแรงกดในห้องอากาศ ไดอะแฟรมด้านขาเข้าจะถูกดึงเข้าสู่แกนกลาง ส่งผลให้ของเหลวถูกดูดเข้าในตัวปั๊ม ไดอะแฟรมด้านขาออกจะถูกผลักออกส่งผลให้ของเหลวที่อยู่ในปั๊มถูกดันออกไปสู่ท่อออก

จากการบันทึกปริมาณการเติมปุ๋ย A B ด้วยปั๊มไดอะแฟรม เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ย A B ต่อหนึ่งหน่วยเวลา แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณการเติมปุ๋ย A B ด้วยปั๊มไดอะแฟรมต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ระยะ เวลา (วินาที)	ปริมาณปุ๋ย (mL)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
10	110	115	125	116.67
20	210	220	225	218.33
30	315	335	325	325
40	400	450	430	426.67
50	500	520	525	515
60	625	610	635	623.33
70	750	770	760	760
80	815	830	825	823.33
90	900	930	920	916.67

เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลพบว่า มีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง แสดงให้เห็นว่า ส่วนตกค้างจากผลการทดลอง ไม่แสดงสิ่งผิดปกติ และค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 กราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้างของปริมาณปุ๋ย

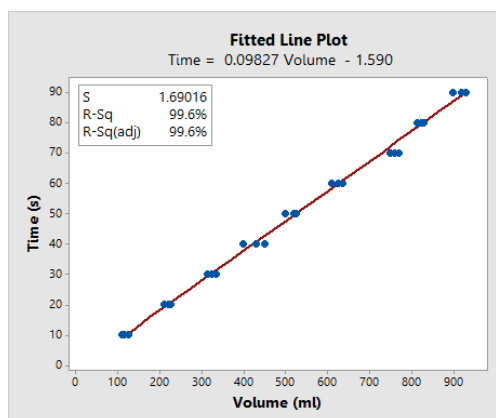
สรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองชุดนี้มีการกระจายแบบแจกแจงปกติ เหมาะสำหรับการนำไปวิเคราะห์สมการถดถอยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดปุ๋ย A B ด้วยปั๊มไดอะแฟรมต่อหนึ่งหน่วยเวลาสามารถแสดงดังสมการที่ (2) และ ภาพที่ 13

$$Time = (0.09827 \times Volume) - 1.590 \quad (2)$$

โดยที่

Time คือ เวลาที่เปิดปั๊มไดอะแฟรม

Volume คือ ปริมาณปุ๋ย A B ที่ต้องการ

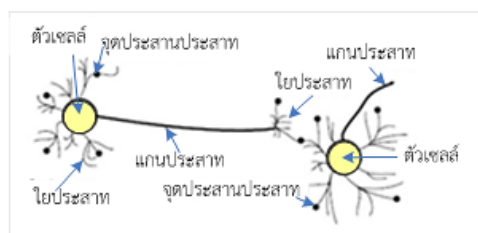


ภาพที่ 13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาและปริมาณปุ๋ย A B

2.6 การประยุกต์โครงข่ายประสาทเทียมควบคุมธาตุอาหารสำหรับเมล็ดองุ่นแบบดาวกระจาย

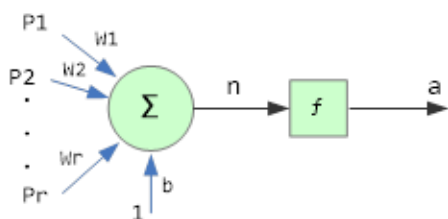
โครงข่ายประสาทเทียมได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยอาศัยหลักการทำงานของสมองมนุษย์ ซึ่งสมองประกอบด้วยหน่วยประมวลผลพื้นฐานที่เรียกว่า นิวรอน (เซลล์ประสาท หรือ Neuron) ภายในสมองประกอบด้วยนิวรอนจำนวนมากและมีจุดต่อจำนวนโครงข่ายประสาทประกอบขึ้นด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ โยประสาท (Dendrite) ตัวเซลล์ (Soma)

และแกนประสาท (Axon) ในแต่ละโครงข่ายประสาทจะเชื่อมต่อกันโดยจุดประสานประสาท (Synapse) ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานได้ตามสัญญาณที่ส่งระหว่างกันของเซลล์ประสาท การส่งสัญญาณระหว่างเซลล์ประสาททำได้โดยการถ่ายทอดสารประกอบโซเดียมและโพแทสเซียม ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 โครงสร้างระบบประสาท

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นการจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทในสมองมนุษย์ เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ [7] เพื่อให้คอมพิวเตอร์มีความชาญฉลาดในการเรียนรู้เหมือนมนุษย์ และสามารถนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น การแบ่งกลุ่มข้อมูล การคัดแยกผลผลิตทางการเกษตร [8-9] การพยากรณ์ข้อมูล การจดจำรูปแบบและอื่น ๆ ซึ่งการประมวลผลต่าง ๆ นั้นจะเกิดขึ้นในหน่วยประมวลผลย่อยเรียกว่า โหนด (Node) ซึ่งเทียบเท่ากับเซลล์ในระบบประสาท การส่งสัญญาณระหว่างโหนดที่เชื่อมต่อกันจำลองมาจากการเชื่อมต่อของเดนไดรต์และแอกซอนในระบบประสาทของมนุษย์ ภายในโหนดจะมีฟังก์ชันกำหนดสัญญาณส่งออกที่เรียกว่า ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function) หรือฟังก์ชันการเปลี่ยนแปลงซึ่งทำหน้าที่เหมือนกระบวนการทำงานในเซลล์ [10] ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ข้อมูลอินพุต (Input) เป็นข้อมูลที่เป็นตัวเลข หากเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพต้องแปลงให้อยู่ในรูปเชิงปริมาณที่โครงข่ายประสาทเทียมยอมรับได้

2) ข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง จากกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

3) ค่าน้ำหนัก (Weights) คือสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าค่าความรู้ (Knowledge) ค่านี้จะถูกเก็บเป็นทักษะเพื่อใช้ในการจดจำข้อมูลอื่น ๆ ที่อยู่ในรูปแบบเดียวกัน

4) ฟังก์ชันผลรวม (Summation function) เป็นผลรวมของข้อมูลป้อนเข้า (P_i) และค่าน้ำหนัก (W_i)

5) ฟังก์ชันการแปลง (Transfer function) คือส่วนที่ทำหน้าที่รวมค่าเชิงตัวเลขจากเอาต์พุตของนิวรอน แล้วทำการตัดสินใจว่าจะส่งสัญญาณเอาต์พุตออกไปในรูปแบบใด ฟังก์ชันการแปลงสามารถเป็นได้ทั้งแบบเชิงเส้นหรือไม่เป็นเชิงเส้น การเลือกใช้ฟังก์ชันการแปลงจะขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบ ที่นำเอาโครงข่ายประสาทเทียมไปประยุกต์ใช้

งานวิจัยนี้ได้นำโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ (Feed-forward back-propagation) [11] มาประยุกต์ใช้ควบคุมธาตุอาหารสำหรับเมล่อนแบบดาวกระจาย โดยในชั้นอินพุตประกอบด้วย 6 โหนดเพื่อรับค่าผิดพลาดของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่กำหนดกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในถังปลูก ดังสมการที่ (3)

$$EC_{\Delta E}^i = EC_{sp} - EC_{rc}^i \quad (3)$$

โดยที่

$EC_{\Delta E}$ คือ ค่าผิดพลาดของค่าการนำไฟฟ้า

EC_{sp} คือ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่กำหนด

EC_{rc} คือ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในถัง

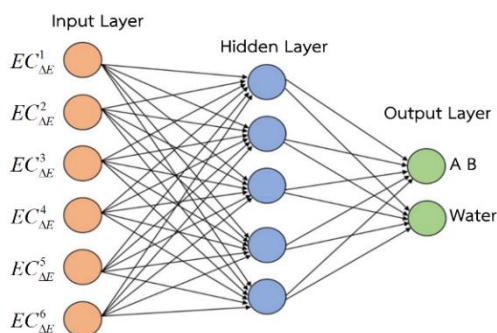
i คือ ลำดับตั้งแต่ 1 – 6

ส่วนชั้นซ่อนประกอบด้วย 5 โหนด ชั้นเอาต์พุตกำหนดเป็น 2 โหนด คือโหนดสำหรับคำนวณหาปริมาณปุ๋ย A B และ โหนดสำหรับคำนวณหาปริมาณน้ำ ส่วนฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function) ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ Log-sigmoid transfer function โดยคำนวณได้จากสมการที่ (4) ส่วนฟังก์ชันการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมคือ Levenberg-marquardt และสามารถแสดงสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับควบคุมธาตุอาหารสำหรับเมล่อนแบบดาวกระจายดังภาพที่ 16

$$f(n) = \frac{1}{1 + e^{(-n)}} \quad (4)$$

โดยที่

n คือ ข้อมูลนำเข้า
 f คือ ฟังก์ชันกระตุ้น



ภาพที่ 16 โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับควบคุมธาตุอาหารสำหรับเมลอนแบบดาวกระจาย

3.ผลการทดลอง

ในการทดลองได้ปลูกเมลอนพันธุ์สีทองในโรงเรือน จำนวน 6 ต้นด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจายด้วยโครงข่ายประสาทเทียมจะทำให้ได้ผลเมลอนแต่ละถึงปลูกมีขนาดและความสุกที่ใกล้เคียงกันแสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ผลของเมลอนพันธุ์สีทอง

ในส่วนข้อมูลสำหรับการฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม เป็น 70% และ 30% ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient; R) แสดงดังสมการที่ (5) ได้ถูกนำมาใช้สำหรับการพิจารณาสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า EC จริงและค่า EC พยากรณ์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.87577 แสดงดังภาพที่ 16

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})(E_i - \bar{E})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2 \sum_{i=1}^N (E_i - \bar{E})^2}} \quad (5)$$

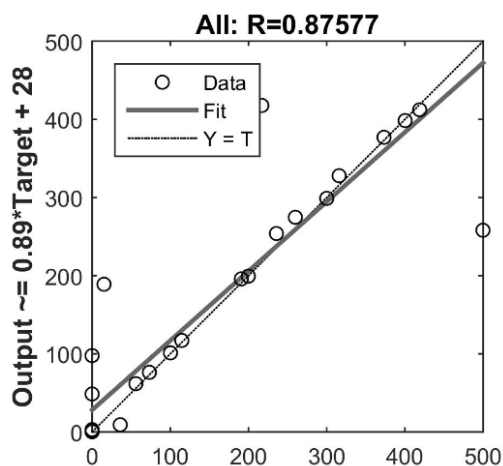
โดยที่

Q = ค่า EC เป้าหมาย

E = ค่า EC ที่ได้จากการ

พยากรณ์

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด



ภาพที่ 18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า EC จริงและค่า EC พยากรณ์จากโครงข่ายประสาทเทียม

จากการนำโครงข่ายประสาทเทียมไปประยุกต์ใช้ควบคุมธาตุอาหารสำหรับการปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจาย โดยการปรับการ EC_{sp} ทั้งหมด 5 ระดับ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบการควบคุมธาตุอาหารสำหรับการปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจายด้วยโครงข่ายประสาทเทียม แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การควบคุมธาตุอาหารสำหรับการปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจาย

ครั้งที่	ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (μS)			Error
	EC เป้าหมาย	EC ก่อนเติมปุ๋ย	EC หลังเติมปุ๋ย	
1	120	75	109	11
2	180	109	165	15
3	260	165	248	12
4	350	267	367	-17
5	420	367	438	-18

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean squared error : RMSE) ดังสมการที่ (6) [12] มีค่าเท่ากับ 14.85

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_i - E)^2} \quad (6)$$

โดยที่

Q = ค่า EC เป้าหมาย

E = ค่า EC ที่ได้จากการ

พยากรณ์

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4.สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาการควบคุมธาตุอาหารสำหรับการปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจายด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ได้นำเทคโนโลยีอินเทอร์เนตแห่งสรรพสิ่ง มาประยุกต์ใช้เพื่อการจัดเก็บข้อมูลและการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบการปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจายเพื่อแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมธาตุอาหาร สำหรับการปลูกเมล่อนด้วยระบบน้ำนิ่ง พร้อมกันได้ออกแบบเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ และได้นำโครงข่ายประสาทเทียมมาวิเคราะห์ปริมาณการเติมปุ๋ย A B โดยในชั้นอินพุต 6 โหนด เพื่อรับค่าผิดพลาดของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่กำหนดกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในถังปลูก ชั้นซ่อน 5 โหนด ชั้นเอาต์พุต 2 โหนด สำหรับปริมาณปุ๋ย A B และปริมาณน้ำ โดยใช้ฟังก์ชันกระตุ้น Log-sigmoid transfer function ส่วนฟังก์ชันการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมคือ Levenberg-marquardt จากการทดสอบข้อมูลพบว่า การควบคุมธาตุอาหารสำหรับการปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจายด้วยโครงข่ายประสาทเทียม มีค่า RMSE เท่ากับ 14.85 และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนกับวิธีการปลูกระบบน้ำนิ่งแบบบัสแล้วพบว่า การปลูกเมล่อนระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดาวกระจายทำให้ต้นเมล่อนเจริญเติบโตได้ใกล้เคียงกัน

5.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ และมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่สนับสนุนงานวิจัยอย่างจริงจังและต่อเนื่องมาโดยตลอด คณะผู้วิจัยยินดี

รับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็น
ประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

6.อ้างอิง

- [1] Office of agricultural economics, "Agricultural statistics of thailand 2020," Ministry of agriculture and cooperatives, Bangkok, Thailand, 2020.
- [2] บริษัท ฟอ์ฟาร์ม จำกัด. [อินเทอร์เน็ต]. ปทุมธานี: การปลูกเมล่อน โดยใช้ระบบน้ำวน; 2562 [เข้าถึงเมื่อ 3 มีนาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก : <https://forfarm.co/158/melon-hydroponics-nft/>.
- [3] วิทยา ปัญญาภาศ, โสภภาพรรณ ฝันนตา, อุดลย์ ชูบาล และคณะ. [อินเทอร์เน็ต]. การสร้างและหาประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์; 2559. [เข้าถึงเมื่อ 28 มกราคม 2564]. จาก : <http://www.iven1.ac.th/main/attachments/Hydroponics%20research.pdf>.
- [4] รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร. ระบบควบคุมโรงเรือนผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี IoT. Journal of Information Science and Technology. 2561; 8(2):74-82.
- [5] พรคิด อ้นขาว. ระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิกส์. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 2562; 11(1):146-57.
- [6] เมคคานีก้า. [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: Diaphragm Pumps; 2562 [เข้าถึงเมื่อ 15 มีนาคม 2564]. จาก : <https://www.mechanika.co.th/content/diaphragm-pumps/>.
- [7] Kamlungpetch A , Inrawong P. Appication of artificial neural networks with fast fourier transform for wave form analysis and classification. The journal of KMUTNB. 2017; 27(4): 643-53.
- [8] Guyer D, Yang X. Use of genetic artificial neural networks and spectral imaging for detection on cherries. Computers and Electronics in Agriculture. 2000 ; 29(1):179-94.
- [9] Chen X, Xun Y, Li W, et al. Combining discriminant analysis and neural networks for corn variety identifcation. Computers and Electronics in Agriculture. 2010; 71S:S48-S53.
- [10] Prakorppon T. Artificial neural networks. HCU Journal. 2009; 24(1):73-87.
- [11] Sibi P, Allwyn S, Siddarth P. Analysis of different activation functions using back propagation neural networks. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2013; 47(3):1264-8.
- [12] Buntam D, Permpoonsinsup W, Surin P. The Application of a Hybrid Model Using Mathematical Optimization and Intelligent Algorithms for Improving the Talc Pellet Manufacturing Process. Symmetry. 2020; 12(10): 1-18.