บทความวิจัย

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

สมาร์ทการ์เด้น ระบบรดน้ำอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

Smart Garden Solar powered automatic watering system

อนุวัฒน์ โคตรพรม, ปภัสชล เมฆเสน และมนัสวี แก่นอำพรพันธ์

สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

E-mail: anuwatmaxcode@gmail.com, tonnaam2612@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ออกแบบและพัฒนาสมาร์ทการ์เด้นระบบรดน้ำอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นระบบที่สามารถควบคุมการรดน้ำพืชอัตโนมัติด้วยระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง หรือ IoT (Internet of Things) ผ่านทาง Wi-Fi และนอกจากที่จะสามารถรดน้ำได้แล้วยังสามารถแจ้งเตือนค่าต่างๆผ่านทางแอปพลิเคชันระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้ไม่ว่าจะเป็น ค่าความชื้นในดิน ค่าอุณหภูมิ ค่าความสมบูรณ์ของดิน ค่าความชื้นในอากาศ

คำสำคัญ : รดน้ำอัตโนมัติ, เซนเซอร์, พืชผัก

1.บทนำ

ในสถานการณ์ปัจจุบัน การบริโภคพืชผักที่ปลอดสารพิษนั้น เป็นสิ่งที่จำเป็นในการดำรงชีวิต ของมนุษย์ เพราะพืชผักเป็นแหล่งวิตามิน แร่ธาตุ และใยอาหารที่สำคัญ จึงทำให้ผู้คนหันมาปลูกผักสวนครัวไว้กินเอง ทั้งยังสร้างอาชีพสร้างรายได้ไม่ต่ำกว่า 500 บาทต่อวัน การปลูกพืชผักสวนครัวไว้กินเองก็ง่ายมากแค่เตรียมแปลงปลูกหยอดเมล็ดพันธุ์ และรดน้ำเช้าเย็น แต่ในความง่ายยอมมีปัญหาที่ตามมา คือ ใช้น้ำในการปลูกเกินความจำเป็น ปัญหาการขาดน้ำและแร่ธาตุต่างๆที่จำเป็นต่อการเจริญเติยโตของพืช ปัญหาเสียเวลาในการมาคอยดูแลสวนผัก ปัญหาไม่ทราบข้อมูลเชิงลึกไม่ว่าจะเป็นความชื้น สภาพอากาศ อุณหภูมิ และแร่ธาตุในดิน ปัญหาไม่สามารถควบคุมการให้ปุ๋ยของพืชได้

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จึงได้นำระบบ Internet of Things หรือ IOT มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาของการปลูกผักสวนครัว ที่นำเอาเทคโนโลยีเซนเซอร์ต่างๆเข้ามาช่วยในการตรวจวัด ไม่ว่าจะเป็นเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน เซนเซอร์วัดปุ๋ยในดิน เซนเซอร์วัดอุณหภูมิวัดความชื้นในอากาศ ด้วยประสิทธิภาพของเซนเซอร์ต่างๆเราก็จะได้ข้อมูลเชิงลึกที่สามารถ นำมาประกอบการตัดสินใจในการ ให้น้ำและให้ปุ๋ยของพืช โดยการให้น้ำ ก็จะใช้ปั๊มน้ำในการให้น้ำโดยอัตโนมัติเพื่อลดปริมาณการให้น้ำในส่วนที่ไม่จำเป็น ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการให้น้ำยาและให้ปุ๋ย

ดังนั้นในโครงงานนี้จึงได้นำเสนอระบบรดน้ำอัตโนมัติ ที่สั่งงานผ่านแอปพลิเคชัน เพื่อใช้ในการแสดง ผลข้อมูลจากเซนเซอร์ และยังสามารถควบคุมการทำงานของระบบผ่านทางอินเทอร์เน็ต ทั้งยังใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการจ่ายพลังงานให้กับระบบและจ่ายให้กับปั๊มน้ำเพื่อลดค่าใช่จ่ายทางด้านพลังงาน

2.ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีทำสวนผัก

Computer Science Department Faculty of Informatics, Mahasarakham University

2.1.1 สวนผัก

ในปัจจุบันมีจำนวนครัวเรือนใน ประเทศไทย 20,523,470 ครัวเรือน [1] มีจำนวนครัวเรือนที่ทำสวนผัก จำนวน 11,979,004 ครัวเรือน [2] คิดเป็น 58 เปอร์เซ็นต์ และยังมีแนวโน้มในการทำสวนผักขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ผู้คนเริ่มให้ความสนใจในการทำสวนผักไว้รับประทานตลอดทั้งปี ซึ่งการทำสวนผักนั้น สามารถแบ่งตามวัตถุประสงค์ของผู้ปลูก ได้เป็น 6 ประเภทดังนี้

1) สวนผักหลังบ้าน สวนผักขนาดเล็กที่ปลูกไว้บริเวณบ้านเพื่อใช้รับประทานในครอบครัว

2) สวนผักเพื่อส่งตลาดท้องที่ สวนผักขนาดกลางที่ใช้พื้นที่ ประมาณ 1-3 ไร่ เพื่อจำหน่ายในตลาดท้องถิ่นนั้น ๆ

3) สวนผักการค้าขนาดใหญ่ สวนผักเพื่อจำนายเป็นจำนวนมาก และส่งจำหน่ายไปตลาดที่ไกล ๆ

4) สวนผักเพื่อโรงงาน สวนผักที่ผลิตผักเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร [3]

5) สวนผักนอกฤดู สวนผักที่ปลูกพืชซึ่งไม่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในช่วงนั้น โดยเน้นปลูกในโรงเรือนกระจก หรือพลาสติก

6) สวนผักเก็บเมล็ดพันธุ์ สวนผักที่ปลูกผักเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ขาย [4]

2.1.2 หลักการปลูกพืชผัก

การผลิตพืชผักให้ได้คุณภาพดีและมีผลผลิตสูงนอกจากพิจารณาถึงสถานที่ปลูก สภาพดินการเตรียมดิน ใส่ปุ๋ย ให้แสงและน้ำที่เพียงพอแล้ว การพิจารณาถึงวิธีการปลูก ช่วงฤดูกาลปลูก และอายุเก็บเกี่ยวก็นับ ว่ามีส่วนสำคัญในการผลิตพืชผักให้ได้รับผลสำเร็จทั้งนี้ เพราะพืชผักแต่ละชนิดการปลูกและการดูแลไม่เหมือนกัน ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตเพื่อให้สามารถจัดการระบบการปลูกได้อย่างแม่นยำและเกิดประสิทธิภาพสูง สุด โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตที่สำคัญดังนี้

2.1.2.1 ดิน

ซึ่งเป็นแหล่งให้รากพืชได้ยึดเกาะ แหล่งธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและทำให้พืชสามารถตั้งลำต้นอยู่ได้ ดินที่เหมาะ สมต่อการเจริญเติบโตของพืช ต้องเป็นดินที่อุ้มน้ำได้ดี ร่วนซุย มีสารอินทรีย์วัตถุมาก [5]

2.1.2.2 น้ำ

น้ำมีความสำคัญต่อการเจริญเติมโตของพืชมาก น้ำช่วยละลายแร่ธาตุอาหารในดินเพื่อให้รากดูดอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างของพืชได้ และยังช่วยให้ดินชุ่มชื้น น้ำที่ใช้ต้องมีความเหมาะสม สะอาดและค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 5-6.5 หากน้ำที่ใช้มีความเป็นกรดหรือด่างมากเกินไป พืชจะไม่สามารถใช้ธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโตได้ ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำที่แตกต่างกัน โดยการใช้น้ำของพืชจะขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช คำนวณได้จากปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้จริงรวมถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากแปลงปลูกโดยกระบวนการคายน้ำของพืช และการระเหยน้ำจากดิน [6]

2.1.2.3 ธาตุอาหารหรือปุ๋ย

เป็นสิ่งที่ช่วยให้พืชเจริญเติบโต ดียิ่งขึ้น ธาตุอาหารที่พืชจำเป็นต้องใช้เพื่อการ

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

เจริญเติบโต ซึ่งมีอยู่ 16 ธาตุ แบ่ง 3 ธาตุ ที่พืชได้มาจากอากาศและน้ำ คือ คาร์บอน(C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ส่วนอีก 13 ธาตุนั้น พืชต้องดูดดึงขึ้นมาจากดิน แต่ธาตุที่พืชต้องการมากและในดินมักมีไม่เพียงพอ คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ธาตุอาหารเหล่านี้จะต้องอยู่ในรูปของสารละลายที่พืชนำไปใช้ได้และต้องมีปริมาณที่เหมาะสม แต่ถ้ามีไม่เพียงพอต้องเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืชในรูปของปุ๋ย [5]

2.1.2.4 อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีส่วนช่วยในการงอกและเจริญเติบโตของพืช หากอุณหภูมิสูงเกิดไป จะส่งผลให้พืชบ้างชนิดเครียด และสร้างสารที่มีรสชาติขม ส่งผลให้ผักที่เราปลูกมีรสชาติขม ดังนั้นการนำพืชมาปลูกควรเลือกชนิดที่เหมาะสมกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปตามฤดูกาล ในแต่ละท้องถิ่น [5]

2.1.2.5 แสงสว่างหรือแสงแดด

พืชต้องการแสงแดดมาใช้ในการสร้างอาหาร ถ้าขาดแสงแดดพืชจะแคระแกร็นใบจะมีสีเหลืองหรือขาวซีดและตายในที่สุด พืชแต่ละชนิดต้องการแสงไม่เท่ากันพืชบางชนิดต้องการแสงแดดจัด แต่พืชบางชนิดก็ต้องการแสงรำไร [5] อิทธิพลของแสงที่มีต่อพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม

2.1.3 วิธีการปลูกผักสวนครัว

2.1.3.1 การเตรียมดิน

การเตรียมดินปลูกผัก ควรต้องมีดินที่ละเอียด เพราะจะช่วยให้ ดินมีการระบายน้ำที่ดีและ มีการหมุนเวียนถ่ายเทอากาศทำให้ผักเจริญเติบโตได้ดี [6] การปลูกพืชในแปลงผักให้ยกแปลงสูงประ มาณ 20-30 เซนติเมตร เนื่องจากพืชผักส่วนมากมีระบบรากที่ต้องการซอนไซในดินที่ร่วนซุย พรวนแปลงทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อตากแดด และฆ่าเชื้อโรค [7] หลังจากนั้นก็รดน้ำให้ชุ่ม แล้วย่อยดินให้แตกร่วน เป็นก้อนเล็กๆ ใส่ปุ๋ยคอกลงไปหว่านกระจายทั่ว ๆ [8] สำหรับการปลูกพืชลงในกระถางดินที่ใช้ปลูกผักในกระถางหรือภาชนะอื่นๆก็ให้ทำเช่นเดียวกันเพื่อให้เก็บความชื้นไว้ได้ สม่ำเสมอรอบ ๆ บริเวณรากของพืช ถ้ามีการระบายน้ำเร็วเกินไปจะเก็บความชื้นไว้ไม่พอ หรือดินที่มีการระบายน้ำไม่ดีและภาชนะที่ใส่ดินมีช่องระบายแค่ช่องเดียวอาจเก็บความชื้นไว้มากเกินไป รากของพืชอาจจะเน่าได้ [9] การเตรียมดินสำหรับปลูกผักในกระถาง ดินร่วน 1 ส่วน ทราย 1 ส่วน ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก 1 ส่วน ขุยมะพร้าว 1 ส่วน จากนั้นนำดินที่ผสมเสร็จแล้วไปบรรจุในกระถางที่เตรียมปลูกผัก สำหรับการบรรจุดินไม่ควรให้เต็มกระถาง หรือเสมอขอบ ควรเติมหลังจากปลูกผักไปแล้ว จึงจะเพิ่มดินให้อยู่ในระดับที่ต้องการ [10]

2.1.3.2 การเตรียมเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์ผักที่ใช้ควรมีลักษณะเป็นเมล็ดพันธุ์ใหม่ อายุเมล็ดพันธุ์ไม่ถึง 1 ปี ทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ รวมถึงคัดแยกเมล็ดพันธุ์ที่ไม่สมบูรณ์ออกด้วยวิธีนำไปแช่น้ำ และนำเมล็ดที่ลอยน้ำออก เมล็ดพันธุ์ส่วนมาก ก่อนปลูกจะทำการแช่น้ำทิ้งไว้ จะช่วยลดปริมาณเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์และยังกระตุ้นการ

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

งอกของเมล็ดอีกด้วย ซึ่งระยะเวลาในการแช่จะแตกต่างกันในแต่ละชนิดผัก หากเมล็ดพันธุ์ที่มีเปลือกหนา แข็ง อาจใช้เลาแช่นาน 2-3 วัน เมล็ดพันธุ์ผักส่วนมากเป็นเมล็ดที่มีเปลือกค่อนข้างบาง ส่วนใหญ่ใช้เวลาแช่ประมาณ 12 ชั่วโมง ถึง 1 วัน ก็พร้อมที่จะทำการปลูกได้แล้ว [7]

2.1.3.3 การปลูก

สามารถปลูกได้หลายวิธีตามความเหมาะสมของแต่ละชนิดพืช ได้แก่

– การหว่านเมล็ด เป็นวิธีที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว ซึ่งจะหว่านเมล็ดหลังการแช่น้ำแล้วหรือหว่านเมล็ดแห้งได้ทันที ผักที่นิยมการหว่านเมล็ดมักเป็นพืชที่มีลำต้นขนาดเล็ก ขนาดทรงพุ่มน้อย ได้แก่ ผักชี ผักบุ้ง เป็นต้น

– การปลูกด้วยต้นกล้า เป็นวิธีการปลูกด้วยต้นกล้าผักที่เตรียมได้จากแปลงเพาะกล้า วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้มากที่สุดสำหรับการปลูกผัก โดยมักใช้กับพืชที่มีลำต้นใหญ่ ผักที่นิยมปลูกด้วยวิธีนี้ ได้แก่ กะหล่ำปลี ผักกาดขาว คะน้า มะเขือ พริก เป็นต้น

– การหยอดเมล็ดเป็นวิธีปลูกที่ใช้สำหรับพืชผักที่ต้องการระยะห่างระหว่างต้นมาก โดยทำหลุมลึกประมาณ 1 – 2 เซนติเมตร และนำเมล็ดหยอดลงตรงกลางหลุมประมาณ 2 – 3 เมล็ด เช่น ข้าวโพด แตงโม ฟักทอง ฟักมะระ เป็นต้น

– ฝังในแปลงปลูก เป็นวิธีปลูกที่ใช้กับพืชผักบางชนิดที่มีการแยกหน่อ โดยฝังลงหลุมหรือแปลงปลูกได้ทันที เช่น ผักหอม กระเทียม ตะไคร้ ขิง ข่า กระชาย เป็นต้น [7]

2.1.3.4 การดูแลรักษา

ในระยะแรกของการปลูกช่วง 1 อาทิตย์แรก จำเป็นต้องมีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น จนต้นกล้าตั้งตัวได้ การใส่ปุ๋ยควรใส่ในระยะหลังปลูก 1-2 อาทิตย์ หรือระยะที่ต้นกล้าตั้งต้นได้แล้วจนถึงระยะก่อนการเก็บเกี่ยวประมาณ 1 เดือน การป้องกันแมลงศัตรูพืชโดยธรรมชาติ ควรปลูกผักกาดหอม ผักชีใบแหลม ตะไคร้หอม ปนกับผักอื่นๆ ใช้ใบตะไคร้หอมมาคลุมแปลงผักจะป้องกันแมลงได้ด้วย[7]

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์

2.2.1 หลักการ IoT

IoT หรือ Internet of Things คือ อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง เป็นการใช้ประโยชน์จากความก้าวหน้าของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจากอุปกรณ์หรือสรรพสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม [11] สำหรับอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่งนั้นมีคำสำคัญสองคำคือคำว่า “Internet” ก็คือ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่เชื่อมต่อ และสื่อสารกับคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่งได้ หรือจากเครือข่ายคอมพิวเตอร์หนึ่งไปยังอีกเครือข่ายคอมพิวเตอร์หนึ่งได้ ส่วนคำว่า “Thing” หมายถึง สรรพสิ่งทุกอย่าง วัตถุหรือสิ่งของ อุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งระบบโครงข่ายที่รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลากหลายชนิด ตั้งแต่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และวัตถุต่างๆ เข้าด้วยกัน อันเป็นผลให้ระบบต่างๆสามารถ

Computer Science Department Faculty of Informatics, Mahasarakham University

ติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นอัตโนมัติทั้งยังเป็นผลให้มนุษย์สามารถเข้าถึงข้อมูลได้หลากหลายยิ่งขึ้น สามารถควบคุมอุปกรณ์และระบบต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น [12] ผลลัพธ์ที่ได้คือ ช่วยลดค่าใช้จ่ายและลดโอกาสสูญเสียด้านต่างๆพร้อมได้ข้อมูลที่แม่นยำครบถ้วนส่งผลให้ผู้ประกอบธุรกิจสามารถพยากรณ์และเก็บข้อมูลเพื่อนำไปต่อยอดหรือแก้ข้อบกพร่องได้อย่างถูกต้อง

Internet of Things อาจถือเป็นแนวคิดใหม่ เป็นผลสืบเนื่องของการพัฒนาระบบอินเทอร์ เน็ตซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างโครงข่ายเพื่อเชื่อมโยงอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานแตกต่างกันให้สามารถสื่อสารกันได้ โดย IoT จะเปิดโอกาสให้มีการเชื่อมต่อในรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้นและรองรับอุปกรณ์ที่พัฒนาโดยผู้ผลิตที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกันมากกว่าเดิมเช่นระบบเซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครโปรเซสเซอร์และบอร์ด IoT ส่วนขยายแบบต่างๆ การเชื่อมโยงระบบเก็บข้อมูลและแสดงผลแบบคลาวด์ (Cloud) [13]

2.2.2 ภาษาทางคอมพิวเตอร์

ภาษาคอมพิวเตอร์ แบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ภาษาเครื่อง ภาษาระดับต่ำ และภาษาระดับสูง ภาษาเครื่องประกอบด้วยตัวเลขที่เป็นรหัส ซึ่งใช้แทนคำสั่งต่าง ๆ ภาษาระดับต่ำมีการใช้ตัวอักษรเป็นรหัส ภาษาระดับสูงเป็นภาษาที่ใช้อักษรภาษาอังกฤษที่แปลง่ายและเข้าใจได้เร็ว [14] การใช้งานคอมพิวเตอร์หรือเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ให้ทำงานตามที่ต้องการจำเป็นต้องมีการกำหนดภาษาสำหรับใช้ติดต่อสั่งงานกับคอมพิวเตอร์ [15]

โครงงานนี้ได้ใช้ภาษา C/C++,Flutter, Dart, PHP ในการจัดทำ

2.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) เป็นอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์โดยสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขา Input / Output เพื่อสั่งงานให้ไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ [16] โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนประมวลผล ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ส่วนอินเตอร์รัพท์สัญญาณ [17]

2.2.3.1 โซลาร์เซลล์

โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) หรือ เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โฟตอน (Photon)จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron)ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมา

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

จากแรงดึงดูดของอะตอม (atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้นเมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวันซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน [18]

2.2.4 Fuzzy logic

ตรรกศาสตร์คลุมเครือ หรือ ฟัซซี่ลอจิก (fuzzy logic) พัฒนาจาก ทฤษฎีเซตวิภัชนัย โดยเป็นการใช้เหตุผลแบบประมาณ ซึ่งแตกต่างจากการใช้เหตุผลแบบเด็ดขาดในลักษณะ ถูก/ผิด ใช่/ไม่ใช่ ของ ตรรกศาสตร์แบบฉบับ (classical logic) ตรรกศาสตร์คลุมเครือนั้นสามารถถือเป็นการประยุกต์ใช้งานเซตวิภัชนัยเพื่อจำลองการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญต่อปัญหาที่ซับซ้อน [21]

ตรรกศาสตร์คลุมเครือนั้น สามารถระบุค่าความเป็นสมาชิกของเซต ด้วยค่าระหว่าง 0 และ 1 ทำให้เกิดระดับกึ่งกลางในลักษณะของ สีเทา นอกจาก ขาว และ ดำ ซึ่งมีประโยชน์ในการจำลองระดับซึ่งสามารถระบุด้วยคำพูด "เล็กน้อย" "ค่อนข้าง" "มาก" โดยใช้ค่าความเป็นสมาชิกของเซตบางส่วนตรรกศาสตร์คลุมเครือนี้มีความสัมพันธ์กับ เซตวิภัชนัย และ ทฤษฎีความเป็นไปได้ ซึ่งคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 1965 โดย ศาสตราจารย์ ลอตฟี ซาเดห์ แห่งมหาวิทยาลัยแห่งรัฐแคลิฟอร์เนีย เบิร์กลีย์ [19]

การประยุกต์ใช้งานตรรกศาสตร์คลุมเครือนั้นสามารถใช้ในการควบคุมอุปกรณ์เครื่อง ใช้ในโรงเรือน เช่น ปั๊มน้ำ โดยการวัดความชื้นในดิน อุณหภูมิ เพื่อมาปรับวงจรควบคุมปั๊มน้ำให้เหมาะสม

2.2.5 Wi-Fi

Wi-Fi ย่อมาจาก Wireless fidelity เป็นเทคโนโลยีในการรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย ซึ่งอยู่บนมาตรฐาน IEEE 802.11 ที่กำหนดโดย Institute of Electrical and Electronics Engineers หรือ สถาบันวิชาชีพวิศวกรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ระดับโลก [20]

2.2.6 NETPIE

NETPIE คือแพลตฟอร์มที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองผู้ใช้งานเชิงพาณิชย์ เช่น ผู้ผลิตอุปกรณ์ IoT อุตสาหกรรม โรงงาน และองค์กรที่พัฒนาสู่ยุค Digital Transformation 4.0 ซึ่งจะช่วยธุรกิจให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วยเทคโนโลยีการเชื่อมต่อทุกสรรพสิ่งหรือ Internet of Things (IoT)

โดยแพลตฟอร์มจะช่วยให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถสื่อสารกันได้ เกิดการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์แบบ real-time ทำให้ผู้ใช้งานทราบถึงข้อมูลของอุปกรณ์ ณ เวลานั้นๆ ไม่ว่าผู้ใช้งานจะอยู่ที่ไหนเวลาไหน [21]

2.2.7 Android Studio

Android Studio เป็น IDE Tools ของทาง Google ไว้พัฒนาโปรแกรม Android โดยเฉพาะ โดยพัฒนาจากแนวคิดพื้นฐานมาจาก IntelliJ IDEA คล้าย ๆ กับการทำงานของ Eclipse และ Android ADT Plugin โดย

Computer Science Department Faculty of Informatics, Mahasarakham University

วัตถุประสงค์ของ Android Studio คือต้องการพัฒนาเครื่องมือ IDE ที่สามารถพัฒนา App บน Android ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งด้านการออกแบบ GUI ที่ช่วยให้สามารถ Preview ตัว App มุมมองที่แตกต่างกันบน Smart Phone แต่ละรุ่น สามารถแสดงผลบางอย่างได้ทันทีโดนไม่ต้องทำการรัน App บน Emulator รวมทั้งยังแก้ไขปรับปรุงในเรื่องของความเร็วของ Emulator ซึ่งยังเป็นปัญหากันอยู่ในปัจจุบัน [22]

2.2.9 Arduino

Arduino IDE เป็นโปรแกรมสำหรับเขียนโค้ดเพื่อควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งตัวโปรแกรมมีให้ดาวน์โหลดให้ใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายและมีเวอร์ชันที่รองรับระบบปฏิบัติการหลายแบบ ไม่ว่าจะเป็น Windows, Linux, OS [23]

IDE ย่อมาจาก (Integrated Development Environment) คือ ส่วนเสริมของระบบการพัฒนาหรือตัวช่วยต่างๆ ที่จะคอยช่วยเหลือ Developer หรือช่วยเหลือคนที่พัฒนา Application เพื่อเสริมให้เกิดความรวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ ตรวจสอบระบบที่จัดทำได้ ทำให้การพัฒนางานต่างๆเร็วมากขึ้น [23]

2.2.10 MATLAB

MATLAB เป็นซอฟต์แวร์ในการคำนวณและการเขียนโปรแกรม ที่มีความสามารถครอบคลุมตั้งแต่การพัฒนาอัลกอริทึม การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการทำซิมูเลชั่นของระบบการสร้างระบบควบคุม โดยเฉพาะเรื่อง image processing และ wavelet

แมตแล็บเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรในปัจจุบัน ชื่อโปรแกรม MATLAB นั้นย่อมาจาก Matrix Laboratory แมตแล็บได้เริ่มต้น ขึ้นเพื่อต้องการให้เราสามารถแก้ปัญหาตัวแปรที่มีลักษณะเป็นเมทริกซ์ได้ง่ายขึ้น [24]

ซึ่งในที่นี้ ได้นำ MATLAB มาใช้ในการออกแบบกฎและจำลองผลของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (fuzzy logic) ขั้นตอนการทำ Fuzzy Logic Designer โดยใช้โปรแกรม MATLAB

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1ระบบรดน้ำแปลงผักอัตโนมัติ AUTOMATIC PLANT WATERING SYSTEM [25]

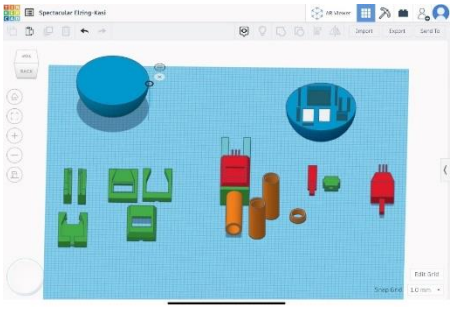
2.3.2กล่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงสำหรับแปลงเกษตรกรรม [26]

2.3.3การพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับเกษตรกรยุคใหม่ด้วยซอฟต์แวร์รหัสเปิด และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง [27]

3.ขั้นตอนการดำเนินงาน

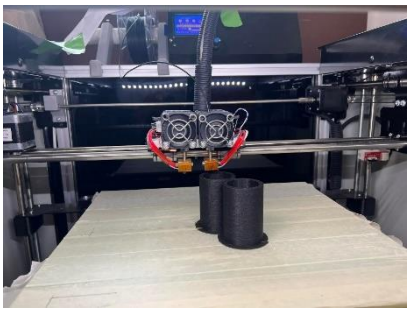
3.1 ออกแบบกล่องเก็บอุปกรณ์

การออกแบบโมเดลเพื่อนำไป Print 3D โดยออกแบบผ่านแอปพลิเคชัน Tinkercad นำไป ปริ้นเป็นชิ้นงานทีละชิ้น เพื่อนำมาประกอบเป็นกล่องเก็บอุปกรณ์



Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

ภาพประกอบที่ 1 ออกแบบกล่องเก็บอุปกรณ์



ภาพประกอบที่ 2 การ Print 3D

ภาพประกอบที่ 3 กล่องเก็บอุปกรณ์

3.2 เชื่อมต่อบอร์ดอุปกรณ์เข้ากับ Node MCU ESP8266

การต่ออุปกรณ์ IOT เข้ากับ Node MCU ESP8266 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนอุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่ลิเธียม และ ส่วนอุปกรณ์เซนเซอร์

3.3 ส่วนทดสอบการประมวลผลของเซนเซอร์

3.2.1 ทดสอบการประมวลผลเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

การวัดความชื้นในดิน เป็นการวัดปริมาณของน้ำที่กระจายอยู่ตามช่องระหว่างเม็ดดิน ซึ่งสามารถวัดความชื้นในดินได้ด้วยเซนเซอร์วัดความชื้นในดินโดยการเก็บตัวอย่างดินแห้งจากนั้นเติมน้ำในปริมาณเท่ากันวัดผลและบันทึกข้อมูลที่อ่านได้จากเซนเซอร์

ในการวัดความชื้นในดินได้นำตัวอย่างดินที่อยู่ในอำเภอกันทรวิชัย ตำบลขามเรียง จังหวัดมหาสารคาม มา 3 ตัวอย่างโดยแต่ละตัวอย่างเก็บห่างกัน 100 เมตร

3.2.2 ทดสอบการประมวลผลเซนเซอร์วัดความสมบูรณ์ในดิน

การวัดความสมบูรณ์ในดินเป็นการวัดหาความต่างศักย์ไฟฟ้าในดิน ซึ่งสามารถวัดด้วยเซนเซอร์วัดความสมบูรณ์ในดิน NPK meter โดยนำตัวอย่างปุ๋ยละลายน้ำผสมลงในดิน วัดผลและบันทึกข้อมูลที่อ่านได้จากเซนเซอร์

ในการวัดความสมบูรณ์ในดินได้นำตัวอย่างดินที่อยู่ในอำเภอกันทรวิชัย ตำบลขามเรียง จังหวัดมหาสาร คาม มา 3 ตัวอย่างโดยแต่ละตัวอย่างเก็บหางกัน 100 เมตร

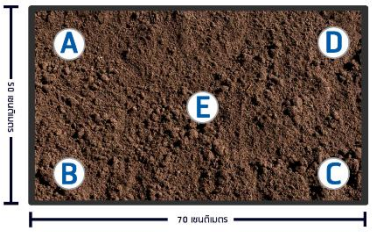
3.4 ส่วนทดสอบการประมวลผล fuzzy logic

การทดสอบประมวลผล fuzzy logic มีส่วนที่เป็น input 3 คือ Temperature , Air humidity และ Soil moisture ส่วน output 1 คือ Water pump ทั้งนี้เนื่องจากผักแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิ ความชื้น ที่แตกจากกันในการทดลองเลยจำลอง fuzzy logic ของผักกาดขาว

3.5 ประสิทธิภาพของชุดเซนเซอร์ต่อพื้นที่

ระยะในการจายน้ำของ Mini Pump สามารถต่อหัวสปริงเกอร์สูงสุด 2 หัว โดย ถ้าต่อ 1 หัว สามารถกระจายน้ำได้รัศมี 22 เซนติเมตร หากถ้าต่อ เป็น 2 หัว ในแต่ละหัวกระจายน้ำได้รัศมี 14 เซนติเมตร

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University



ภาพประกอบที่ 4 ตำแหน่งจุดวางเซนเซอร์

การวางจุดเซนเซอร์เป็นสิ่งที่สำคัญในการวัดหาค่าต่างๆ เพื่อให้คำนวณผลในระยะพื้นที่ได้อย่างแม่นยำ โดยการวัดของเซนเซอร์วัดความสมบูรณ์ในดิน ของจุด A , B , C , D และ E โดยวัดก่อนรดน้ำ รดน้ำ และวัดหลังจากรดน้ำเสร็จทุกๆ 1 ชั่วโมง คำนวณค่าเฉลี่ยในแต่ละจุด จากนั้นคำนวณ ค่า SD จะแสดงให้เห็นถึงค่าข้อมูลแต่ละตัวต่างจากค่าเฉลี่ยอยู่เท่าไหร่

ซึ่งจากการทดลองจะได้ว่าการวางเซนเซอร์ในตำแหน่ง D เป็นตำแหน่งที่ดีที่สุด ที่ใช้ในการวัดค่าความชื้นและค่าความสมบูรณ์ในดิน

3.6 โค้ด ARDUINO เชื่อมต่อกับ NETPIE

ในการเชื่อมต่อ NodeMCU เข้ากับ NETPIE จำเป็นต้องสร้าง Devices ใน NETPIE เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้

4.การทดสอบระบบ

4.1 การทดสอบวัดค่าของเซนเซอร์และการส่งข้อมูลไปยัง Server

การวัดค่าของเซนเซอร์และการส่งข้อมูลไปยัง Server คิดเป็น 100%

4.2 การทดสอบการรดน้ำของ fuzzy logic

ผลการทดสอบทั้ง 27 เงื่อนไข ความถูกต้องของ fuzzy logic คิดเป็น 100% และความถูกต้องต้องการรดน้ำคิดเป็น 100%

4.3 การทดสอบแอปพลิเคชัน

- การเข้าสู่ระบบและการสมัครสมาชิกมีค่าความถูกต้อง 100%

- การเลือกพืชที่ต้องการปลูก มีค่าความถูกต้อง 100%

- การแสดงผลข้อมูล จาก server มีค่าความถูกต้อง 100%

-การค้นหาข้อมูลมีค่าความถูกต้อง 100%

- การแสดงผลการแจ้งเตือน มีค่าความถูกต้อง 100%

-การแก้ไขข้อมูลมีค่าความถูกต้อง 100%

- การสั่งการเปิด-ปิดปั๊มน้ำ

เป็นการทดสอบการส่งข้อมูลเปิด-ปิดปั๊มน้ำ ให้กับตัวเซนเซอร์เพื่อสั่งการเปิดปิดรีเลย์ โดยมี NETPIE เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันกับเซนเซอร์ สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่าการทดสอบสั่งการเปิด-ปิดปั๊มน้ำมีค่าความถูกต้องคิดเป็น 100%

4.4 การประเมินและวิเคราะห์ผลการประเมิน

การทดสอบระบบสมาร์ทการ์เด้นระบบรดน้ำอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการทดสอบผู้ใช้ 18 คนโดยแบ่งประเภทผู้ใช้ได้เป็นชาย ทั้งหมด 9 คน และหญิง ทั้งหมด 9 คน

โดยได้ผลประเมินความพึงพอใจดังนี้

- ระดับความพึงพอใจในด้านการออกแบบโครงสร้างโมเดล IOT อยู่ที่ 3.9

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

- ระดับความพึงพอใจในด้านการทำงานของระบบ IOT อยู่ที่ 3.8

- ระดับความพึงพอใจในด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงาน อยู่ที่ 4.1

- ระดับความพึงพอใจในด้านความง่ายต่อการใช้แอปพลิเคชัน อยู่ที่ 4.2

5.สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและอภิปรายผล

โครงงานสมาร์ทการ์เด้น ระบบรดน้ำอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ได้ทำการพัฒนา ระบบรดน้ำอัตโนมัติที่นำเอาระบบ IOT เข้ามาใช้ในการวัดค่าต่างๆ ซึ่งมีเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัด คือเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และเซ็นเซอร์วัดความสมบูรณ์ในดินมีการใช้พลัง งานจากแบตเตอรี่ที่ชาร์จจากแผ่งโซล่าเซลล์ โดยแบ่งแบตเตอรี่ออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้จ่ายไฟให้กับ ปั๊มน้ำ และส่วนที่ใช้จ่ายไฟให้กับ Node MCU ESP8266 ที่เป็นตัวกลางในการจ่ายไฟให้กับเซ็นเซอร์ต่างๆที่ใช้ในการวัดค่าและส่งค่าขึ้น server อีกทั้ง Node MCU ESP8266 ยังเป็นตัวกลางในการประมวลผล Fuzzy Logic ที่มีส่วนในการเข้ามาช่วยตัดสินใจเปิดปิดปั๊มน้ำอัตโนมัติ โดยแยกการวิเคราะห์พืชแต่ละชนิดแบบเฉพาะเจาะจงเพื่อให้มีการตัดสินใจในการรดน้ำอย่างเหมาะสมกับพืชที่กำลังปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการใช้งานโดยทำการปลูกพืชในกระถางขนาด 50*70 ตารางเซนติเมตร มีกล่องเก็บอุปกรณ์ IOT ที่มีความสูง 120 เซนติเมตร มีสปริงเกอร์2 ตัวที่สามารถครอบคลุมการรดน้ำในระยะ รัศมี 14 เซนติเมตร ซึ่งกล่องเก็บอุปกรณ์มีลักษณะรูปทรงสวยงามทันสมัย สามารถนำไปปักจุดใดก็ได้ที่เข้าถึงสัญญาณ Wi-Fi ได้ โดยไม่จำเป็นต้องต่อสายไฟ เพราะในกล่องมีการใช้พลังงานสะอาดคือพลังงานจากแสงอาทิตย์ จากนั้นจะมีการแสดงผลค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์คือ ความชื้นในดิน อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และความสมบูรณ์ดิน ผ่านแอปพลิเคชันที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ ซึ่งจะมีฟังก์ชันการใช้งานแอพพลิเคชันที่สำคัญดังนี้คือ การสมัครสมาชิกใช้งาน การแสดงค่าสถานะข้อมูลในสวนผัก การค้นหาข้อมูลย้อนหลังการปลูกพืช การสั่งการเปิด-ปิดปั๊มน้ำ

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ

-เนื่องจากอุปกรณ์ที่นำมาใช้ทำตัวต้นแบบไม่ใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในท้องตลาดจึงอาจจะเกิดการพัง และลัดวงจรในขณะที่ทำการทดลอง

-เนื่องจากสภาพอากาศมีความแปรปรวน ส่งผลให้บางวันมีแดดมากและน้อยไม่เท่ากัน จึงทำให้การเก็บพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้มีความไม่เสถียร และอาจจะให้พลังงานไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

- กล่องเก็บอุปกรณ์ เป็นการใช้เทคโนโลยี 3D Printing ในการสร้างต้นแบบโมเดล โดยใช้พลาสติก PLA ไม่สามารถทนน้ำและความร้อนที่เกิดจากแสงอาทิตย์ได้นาน เนื่องจากความร้อนทำให้พลาสติกหดตัว

- กรณีต้องการเปลี่ยน Wi-Fi จำเป็นต้องแกะกล่องอุปกรณ์ออกมาเพื่อ

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

อัปโหลดโค้ดใหม่ทำให้ยุ่งยากต่อการใช้งานในกรณีที่ต้องเปลี่ยน รหัสผ่าน Wi-Fi บ่อยๆ

- เนื่องจากเซนเซอร์วัดความสมบูรณ์ในดินเป็นการวัดประจุไฟฟ้าในดิน หากดินแห้งเกินไปหรือมีความชื้นที่เป็นตัวกลางในการรับประจุไฟฟ้าไม่เพียงพอก็อาจทำให้ การวัดค่ามีความไม่เสถียร ผิดพลาดได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ระบบนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชเพียง 5 ชนิด ได้แก่ ผักสลัด ผักกาดขาว พริกขี้หนู ผักคะน้า และต้นหอม ซึ่งถ้าหากว่าเป็นพืชชนิดอื่นที่นอกเหนือจากนี้อาจจะทำให้พืชเติบโตได้ไม่สมบูรณ์ตามที่ควรจะเป็น และเพื่อให้เกษตรกรมีความยืดหยุ่นในการปลูกผักมากขึ้น อาจจะต้องมีการพัฒนาต่อยอดเพิ่มฟังก์ชันในการเพิ่มพืชที่ต้องการปลูกโดยเกษตรกรสามารถปรับแก้ความเหมาะสมพืชได้อย่างอิสระ

เอกสารอ้างอิง

1. http://statbbi.nso.go.th/staticre port/page/sector/th/01.aspx

2.“พช.ประกาศความสำเร็จ ‘ปลูกผักสวนครัว’ เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารกว่า 12.5 ล้านครัวเรือน”, www.thairath.co.th,

3. author, “ประเภทของสวนผัก”. https://www.thaikasetsart.com/ประเภทของสวนผัก/

4.“ประเภทของการทำสวนผัก - สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ” https://www.saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=5&chap=1&page=t5-1-infodetail03.htm

5.ปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชhttps://sites.google.com/site/projectphysics122/

6.https://sites.google.com/site/ne ux hak hwamrukarngan/paelng-phuch-phak-swn-khraw? tmpl=แปลงพืชผักสวนครัว

7.“ขั้นตอนการปลูก(ผักสวนครัว) - Arnut” https://sites.google.com/a/nbp.ac.th/arnut/khan-txn-kar-pluk-phak-swn-khraw

8.“การเพราะปลูกผักสวนครัว หน้าที่7 ”. https://sites.google.com/site/yok57761/kar-pheraa-pluk-phak-swn-khraw

9.“เรื่องที่ 3 ความรู้เรื่องดินสำหรับปลูกผักสวนครัว - krupattrapornam”. https://sites.google.com/site/krupattrapornam/sara-kar-reiyn-ru-sangkhmsuksa

10.“วิธีการปลูกผักสวนครัวในกระถาง - ผักสวนครัว”https://sites.google.com/site/phakswnkhraw1/withi-kar-pluk-phak-swn-khraw-ni-krathang

11.ว. มีสุวรรณ์, “อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) กับการศึกษา”, วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม, ปี 4, ฉบับที่ 2, Art. ฉบับที่ 2, 2016.

12.“เอกสารแนบ.pdf.pdf”. Available at: http://www.nbtc.go.th/getattachment/Services/quarter2560/ปี-2560/ไตรมาส-3-ปี-2560/เอกสารแนบ.pdf.aspx

Computer Science Department Faculty of Informatics, Mahasarakham University

13.“เทคโนโลยี M2M และ IoT รวมถึงการประยุกต์ใช้งาน | บทบาทของเทคโนโลยีดิจิทัลในปัจจุบัน | บทเรียน SWU015 | Thai MOOC:LMS”. https://lms.thaimooc.org

14.“ภาษาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น”, TONPAANBLOG., 12 กันยายน 2016. https://pajareeb log.wordpress.com/home/ภาษาคอมพิวเตอร์เบื้องต/

15.“10 อันดับ ภาษาคอมพิวเตอร์ - Green”, 10 สิงหาคม 2017. https://green.in. th/10-อันดับ-ภาษาคอมพิวเตอร์.html

16.“เอกสารประกอบการสอนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์”, น. 32.

17.“ไมโครคอนโทรลเลอร์”, Available at: https://th.wikipedia.org/w/index.php?title=ไมโครคอนโทรลเลอร์&oldid=8900737

18.“ความหมายของ Solar cell”. https://energynext.co.th/ความหมายของ-solar-cell/

19.“Fuzzy logic - worawan18”. https://sites.google.com/site/worawanfies18/phakh-reiyn-thi-2-60/fuzzy-logic

20.องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ, “Wi-Fi กับ Wireless ต่างกันอย่างไร ทำไมเรียกไม่เหมือนกัน”. https://www.nsm.or.th/other-service/676-online-science/knowledge-inventory /sci-trick/sci-trick-information-technology-museum/3938-wi-fi-กับ-wireless-ต่างกันอย่างไร-ทำไมเรียกไม่เหมือนกัน.html

21.“NETPIE 2020 Overview Documentation 1 documentation”. https://docs.NETPIE .io/overview-NETPIE.html

22.Palm’s,“เริ่มต้นสร้าง Android Application พื้นฐานด้วย Android Studio (Lab 3SB04)”, Medium, 26 มิถุนายน 2018. https://medium.com/@palmz/เริ่มต้นสร้าง-android-application-พื้นฐานด้วย-android-studio-lab-3sb04-3fda43b07a1

23.“KruPraphasArduinoBook.pdf”. Available at: https://gla.reru.ac.th/documents/KruPraphasArduinoBook.pdf

24.“แมตแล็บ”, วิกิพีเดีย. สืบค้น: 2 มีนาคม 2022. [ออนไลน์]. https://th.wikipedia.org/w/index.php? title=แมตแล็บ

25.ค. แซ่ม้ำ และ ส. แซ่จ๋ำ, “ระบบรดน้ำแปลงผักอัตโนมัติ”, 2561, Available at: http://dspace.rmutk.ac.th/

26.อ. กองพัน และ ว. ปทุมพร, “รายงานการวิจัยกล่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงสำหรับแปลงเกษตรกรรม”, The solar regulator box having high efficiency for agricultural farm applications, 2560, Available at: http://sutir.sut.ac.th :8080/jspui/handle/123456789/6281

27.ธ. โพธิ์ทอง, ป. เมฆอรุณ, และ ส. ชูสำโรง, “การพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับเกษตรกรยุคใหม่ด้วยซอร์ฟแวร์รหัสเปิด และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง”

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University