บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีพื้นฐานสำคัญที่จำเป็นต้องศึกษาสำหรับออกแบบวิธีการดำเนินการวิจัย ได้แก่ หลักการและเครื่องมือสำหรับการอบแห้ง โครงข่ายประสาทเทียม หลักการทำงานของมอเตอร์ โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การอบแห้งด้วยลมร้อน

การอบแห้ง (Drying) เป็นวิธีการเพิ่มอายุการเก็บรักษาให้กับผลผลิตทางการเกษตรที่ดีวิธีหนึ่ง การอบแหงเปนกระบวนการลดความชื้นซึ่งมีการถายเทความรอนและการถายเทมวลสารเกิดขึ้นพรอมๆ กัน วิธีการอบแห้งในปัจจุบันแบ่งออกเป็นหลายวิธี เช่น การอบแห้งด้วยลมร้อน (Hot air convection) การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drier) การทำแห้งแบบระเหิด (Freeze drier) (Barbosa et al., 2015 : 340-351) การทำแห้งภายใต้สุญญากาศด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave-vacuum drier) การอบแหงด้วยไอน้ำรอนยิ่งยวด การอบแหงดวยปั๊มความร้อน เป็นต้น ซึ่งการอบแหงในแตละวิธีมีขอดีขอเสียที่แตกตางกันออกไป ในงานอุตสาหกรรมการอบแห้งวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนถูกนำมาใช้งานมากกว่า 85% (Dehghannya et al., 2018 : 132-151) วิธีที่ถูกนำมาใช้มาก คือ การอบแห้งด้วยลมร้อน

1. วิธีการอบแห้ง

การอบแหงด้วยไอน้ำรอนยิ่งยวด การอบแหงดวยสุญญากาศ หรือการอบแหงดวยปั๊มความร้อน คุณภาพผลิตภัณฑที่อบแหงจะคอนขางดีเปนที่ตองการของผูบริโภค ขอเสียของการอบแห้งทั้งสามวิธีนี้คือมีระบบที่ซับซอน และต้นทุนสูง ซึ่งไมเหมาะสมกับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก สวนการอบแหงดวยไมโครเวฟเปนการลดความชื้นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ ผลิตภัณฑที่อบมีคุณภาพสูงและเปนที่รูจักกันดีในปจจุบันแตยังมีขอจำกัดในเรื่องความปลอดภัยจากคลื่นไมโครเวฟเนื่องจากมีคลื่นความถี่ที่ค่อนขางสูงทำใหยังจำกัดอยูที่แคตูอบขนาดเล็กเพื่อใชในหองครัวเรือนซึ่งมีระบบป้องกันคลื่นรังสีที่ดี ดังนั้นการอบแหงดวยลมรอนเปนอีกวิธีหนึ่งที่ไดรับความนิยมอยางมากเนื่องจากมีตนทุนในการสร้างเครื่องที่ต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆการอบแหงดวยลมรอนสามารถจำแนกตามชนิดของแหล่งพลังงานความรอนไดหลากหลาย เชน ขดลวดความรอนฮีตปม น้ำมันเชื้อเพลิง แอลพีจี (LPG) (จีระพงศ ศรีวิชัย และ คมกฤษณ ศรีสุวรรณ์, 2558 : 16-26)

การอบแห้งด้วยลมร้อนมีองค์ประกอบหลัก คือ อุณหภูมิขณะอบแห้งและความเร็วลมภายในเครื่องอบ การทำงานของทั้ง 2 ส่วนต้องควบคุมให้สม่ำเสมอตลอดการอบแห้ง (Argyropoulos et al., 2011: 333-342) อัตราการอบแห้งวัสดุโดยใช้ลมร้อนเป็นตัวกลางในการส่งผ่านความร้อนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยได้แก่ ลักษณะทางธรรมชาติของวัสดุที่นำมาอบแห้ง ขนาดและรูปร่างของวัสดุ ปริมาณและการจัดเรียงของวัสดุอุณหภูมิของอากาศร้อนความชื้นของอากาศร้อนความดันของบรรยากาศความเร็วลม และคุณสมบัติเชิงความร้อนและฟิสิกส์ของวัสดุ ซึ่งตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อ

ปริมาณการใช้พลังงานอบแห้ง คือ สมบัติและประเภทของความชื้น (วิเชียร ดวงสีเสน, 2555 : 38) การไหลเวียนของอากาศภายในเครื่องอบแห้งช่วยลดระยะเวลาการอบ การไหลเวียนของลมร้อนภายในเครื่องอบที่ความเร็ว 1.5 เมตร/วินาที ที่อุณหภูมิการอบแห้ง 50 องศาเซลเซียส ช่วยลดเวลาในการอบลดลงจาก 58 ชั่วโมง เหลือเพียง 31 ชั่วโมง (Chin et al., 2011: 38-43) ส่วนอุณหภูมิมีผลต่อระยะเวลาการอบแห้งเช่นเดียวกัน และยังแปรผันกับพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง ดังนั้นจึงมีการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลง พบว่าการลดลงความชื้นใน ช่วงแรกลดลงอย่างรวดเร็ว และช่วงที่ 2 ความชื้นลดลงอย่างช้าๆ รวมถึงที่อุณหภูมิสูงใช้ระยะเวลาการอบแห้งน้อยกว่า แต่ส่งผลให้คุณภาพของผลผลิตลดลง (Kotwaliwale et al., 2007 : 1207-2111; Tulek, 2011 : 655-664) ดังนั้นการเลือกใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับอบแห้งจึงเป็นสิ่งสำคัญ

2. เครื่องอบลมร้อนอัตโนมัติ

เครื่องอบลมร้อนที่มีอยู่ในปัจจุบันได้ออกแบบให้สามารถทำงานได้แบบอัตโนมัติ โดยมีเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ และควบคุมอุณหภูมิในการอบได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการ รวมถึงตั้งเวลาในการอบได้ เช่น เครื่องอบลมร้อนระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ของบริษัท เซ็นทรัล เวิลด์ อินเตอร์เทรด มีคุณสมบัติในการอบชิ้นงาน เพื่อไล่ความชื้นออก โดยสามารถเก็บรักษาวัตถุดิบไว้ได้นาน เพื่อการแปรรูปผลผลิตต่างๆด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบ พร้อมตะแกรงเสตนเลส มีความแข็งแรงทนทานเป็นพิเศษ มีระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสามารถตั้งและควบคุมเวลาในการอบ เหมาะกับการอบสินค้าประเภทต่างๆได้หลากหลาย เช่น สมุนไพร อบยา อบผัก อบผลไม้แห้ง อบอาหารแห้ง อบอาหารทะเลแห้ง อบเครื่องปรุงอาหารแห้ง อบพริกป่น อบพริกแห้ง อบของแห้งต่างๆ ฯลฯ โดยยังคงรักษาคุณภาพของสินค้าไว้ดี เนื่องจากถูกออกแบบมาให้อุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วกันทั้งเครื่องอบตลอดระยะเวลาในการอบ สร้างด้วยสเตนเลสทั้งเครื่องขนาดภายนอกเครื่องเครื่องอบลมร้อนขนาด 12 ถาด กว้าง 80 ซม. (รวมเครื่องควบคุม) ยาว 79 ซม. สูง 190 ซม. มอเตอร์พัดลมภายในเครื่องอบขนาด 1/4 แรงม้า ไฟฟ้า 220 โวลท์ ดังภาพที่ 2.1

ลิขสิทธิ์ของมหา าไพพรรณี

ภาพที่ 2.1 เครื่องอบลมร้อน ระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ขนาด 12 ถาด
ที่มา : เซ็นทรัล เวิลด์ อินเตอร์เทรด, 2010

โครงข่ายประสาทเทียม

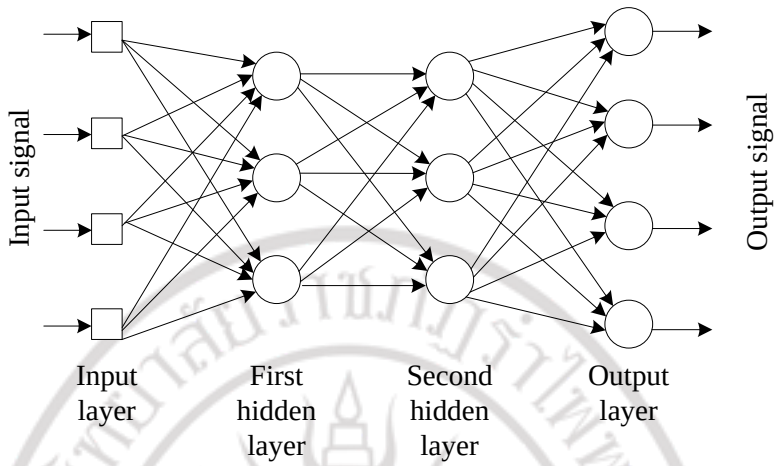
โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neuron Networks : ANNs) คือ หนึ่งในระบบปัญญาประดิษฐ์ที่เป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ซึ่งได้รับการจำลองมาจากเซลล์ประสาทของมนุษย์ มีพฤติกรรมการเลียนแบบ การเข้าใจภาษา การรับรู้ได้และตอบสนอง โดยอาศัยการเรียนรู้ และจดจำรูปแบบ ดังนั้นโครงข่ายประสาทเทียมจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในงานทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรม เช่น การจดจำรูปแบบที่มีความไม่แน่นอน การใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การฝึกสอน (Training) หรือการเรียนรู้ (Learning) และขั้นตอนการทดสอบ (Testing) หรือใช้งานจริง (Working) นอกจากนี้ในขั้นตอนการเรียนรู้ยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

1. การเรียนรู้แบบมีครูสอน (Supervised learning algorithm) ด้วยชุดข้อมูลที่มีทั้งอินพุตและเอาต์พุตที่ถูกต้อง เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมเกิดการปรับตัว ชุดข้อมูลที่ใช้สอนโครงข่ายประสาทเทียมจะมีคำตอบไว้คอยตรวจดูว่าโครงข่ายประสาทเทียมให้คำตอบที่ถูกหรือไม่ หากตอบไม่ถูกโครงข่ายประสาทเทียมก็จะปรับตัวเองใหม่เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น

2. การเรียนรู้แบบไม่มีครูสอน (Unsupervised learning algorithm) วิธีการนี้โครงข่ายประสาทเทียมจะเรียนรู้โดยไม่มีคำตอบที่ถูกต้องให้ตรวจสอบ จึงไม่ทราบคำตอบว่าถูกหรือผิด โครงข่ายประสาทเทียมจะจัดเรียงโครงสร้างด้วยตัวเองตามลักษณะของข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมสามารถจัดหมวดหมู่ของข้อมูลได้

โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Back propagation) มีโครงสร้างการจัดเซลล์ประสาทเทียมเป็นชั้น (Layer) แสดงดังภาพที่ 2.2 โดยชั้นอินพุต (Input layer) เป็นชั้นรับข้อมูลเข้า ชั้นเอาต์พุต (Output layer) เป็นชั้นที่ให้คำตอบหรือผลลัพธ์ ส่วนชั้นที่ช่วยทำการประมวลผลอยู่ภายในเรียกว่า ชั้นซ่อนเร้น (Hidden layer) ระหว่างแต่ละชั้นมีเส้นการเชื่อมต่อ โดยกำหนดค่าน้ำหนัก (Weight) ให้กับทุกเส้นที่เส้นเชื่อม เมื่อโครงข่ายประสาทเทียมงานเริ่มทำงาน ต้องมีการกำหนดค่าให้แก่ชั้นอินพุต โดยค่าเหล่านี้อาจได้มาจากการวัดคลื่นสะท้อนหรือคลื่นส่งผ่านของระบบ จากนั้นชั้นอินพุตจะส่งค่าที่ได้รับไปตามเส้นเชื่อมขาออก เพื่อคูณกับค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อม ผลจากแต่ละเส้นเชื่อมถูกรวมค่าส่งต่อไปยังชั้นถัดไป จากนั้นคำนวณผลอย่างง่ายด้วยฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid function) แล้วจึงส่งค่าไปยังชั้นถัดไป การคำนวณเช่นนี้จะเกิดขึ้นไปเรื่อยๆ ทีละชั้น จนถึงชั้นเอาต์พุต (Haykin, 2008 : 129-141)

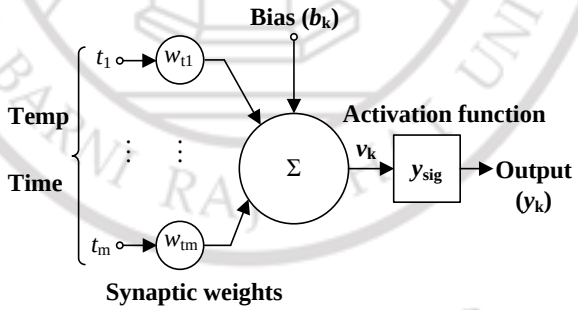
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 2.2 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้น

การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมที่นำมาใช้ฝึกสอนก่อนนำไปใช้งาน มีขั้นตอนตามลำดับ ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1: กำหนดค่าเริ่มต้นขั้นตอนที่ 2: กำหนดค่าอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) ชั้นซ่อนเร้น ขั้นตอนที่ 3: หาน้ำหนักที่เหมาะสมขั้นตอนที่ 4: วนซ้ำ เพื่อหาน้ำหนักที่เหมาะสม

โครงข่ายประสาทเทียมชนิดเพอร์เซ็ปตรอนแบบหลายชั้น (Multilayer perceptron: MLP) มีโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย $t_1, t_2, \ldots, t_m$ คือ อินพุตจำนวน m ค่า $w_{t1}, w_{t2}, \ldots, w_{tm}$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) b_k คือ ไบแอสของระบบ และ v_k คือ ผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักที่คูณด้วยอินพุตกับค่าไบแอส ดังแสดงในภาพที่ 2.3 (Leekul et al., 2014: 1-4)



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 2.3 โครงสร้างในส่วนการประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียม

ค่าเอาต์พุต v_k ดังสมการที่ (2.1)

$$v_k = \sum_{j=1}^{m} w_{tj} x_j + b_k \tag{2.1}$$

ค่า v_k ถูกนำไปผ่านฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid function) เพื่อให้ได้ค่าเอาต์พุต y_k โดยค่า y_{sig} คือ ฟังก์ชันแอคติเวทแบบไม่เชิงเส้น ดังแสดงในสมการที่ (2.2) ดังนั้นเอาต์พุตจึงคำนวณได้จากสมการที่ (2.2) โดยการแทนค่า x ด้วย v_k ดังสมการที่ (2.3)

$$y_{sig}(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \tag{2.2}$$

$$y_k = y_{sig}\left(\underbrace{\sum_{j=1}^{m} w_{tj} x_j + b_k}_{v_k}\right) \tag{2.3}$$

สิ่งสำคัญสำหรับการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม คือ การกำหนดค่าน้ำหนักเริ่มต้น (Initial weight) สำหรับการประมวลผลในชั้นโนดซ่อนเร้น การหาน้ำหนักเริ่มต้นที่เหมาะสมสามารถคำนวณได้จากจำนวนโนดอินพุตและโนดซ่อนเร้น การกำหนดค่าน้ำหนักเริ่มต้นและค่าเอาต์พุตที่ต้องการแสดงดังสมการที่ (2.4) (Haykin, 2008: 129-141) และ (2.5)

$$\left(-\frac{2.4}{F_i}, +\frac{2.4}{F_i}\right) \tag{2.4}$$

$$y_{d,1}(p), y_{d,2}(p), \ldots, y_{d,l}(p) \tag{2.5}$$

การฝึกสอนเพื่อหาโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับโครงข่ายประสาทเทียม ใช้การวิเคราะห์ค่า w_i, w_j, θ_j, θ_k ที่ให้ความแม่นยำจากการตัดสินใจสูงสุดและใช้จำนวนทรัพยากรต่ำสุด โครงข่ายประสาทเทียมได้รับการประยุกต์อย่างแพร่หลายในระบบการตัดสินใจของเซนเซอร์ (ประพัน ลี้กุล, 2560 : 131-140) เนื่องจากมีความสามารถในทำนายผล การตัดสินใจ จากความสามารถในการเรียนรู้และการตัดสินใจอย่างแม่นยำจึงได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในหมู่นักวิจัย รวมถึงได้รับการนำมาประยุกต์ใช้ในระบบเซนเซอร์ที่ต้องใช้การวิเคราะห์ข้อมูล (ประพัน ลี้กุล และ ธัญวัฒน์ ลิมปิติ, 2562: 24-33 ; Leekul et al., 2021: 93-103) ในบทความนี้จึงประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อประมวลผลเวลาที่ใช้และอุณหภูมิภายในเครื่องอบลมร้อน สำหรับการตัดสินใจในการควบคุมปริมาณแก๊สเพื่อรักษาอุณหภูมิการอบแห้งให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตลอดเวลา

มอเตอร์สเต็ปปิง

มอเตอร์ (Motor) เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าที่นักอิเล็กทรอนิสก์นิยมใช้งานแพร่หลาย โดยเฉพาะการสร้างทำหุ่นยนต์และกลไกเคลื่อนไหว มอเตอร์มีหลายประเภท ได้แก่ มอเตอร์ไฟตรง

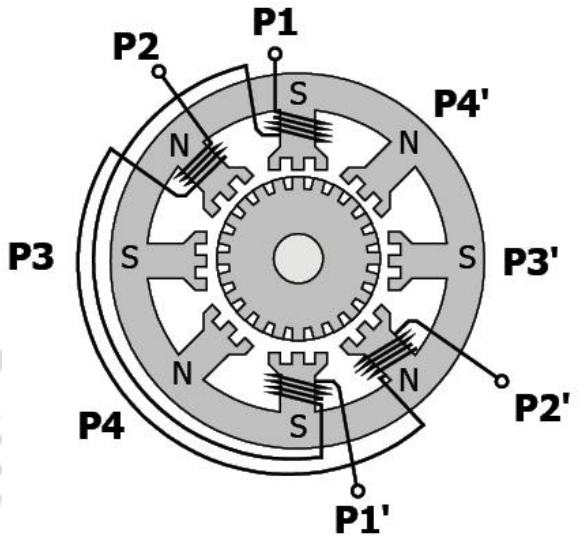
มอเตอร์เซอร์โว และมอเตอร์สเต็ปปิงหรือเรียกอีกอย่างว่ามอเตอร์สเต็ปเปอร์ มอเตอร์ที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้เป็นมอเตอร์สเต็ปปิง ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นดังนี้ (อินเวนเทอร์, 2556)

1. มุมในการหมุน (Rotation angle) มีค่าแปรผันตรงกับจำนวนของพัลส์อินพุต
2. ความเร็วในการหมุน (Rotation speed) ขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณพัลส์อินพุต
3. การควบคุมตำแหน่งเป็นระบบเปิดไม่มีต้องใช้สัญญาณป้อนกลับของการกำหนดตำแหน่งที่มีความแม่นยำสูง และไม่มีความผิดพลาดสะสมของการกำหนดตำแหน่ง
4. เหมาะกับงานที่ความเร็วต่ำ แรงบิดสูง
5. สามารถกำเนิดและรักษาแรงบิดได้ในทันทีที่มอเตอร์ถูกกระตุ้นให้ทำงาน
6. สามารถรักษาสภาวะการหมุนของแกนได้โดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย
7. มีลูกปืนความเที่ยงตรงสูง เพื่อช่วยการหมุนของแกนมีความแม่นยำ

ลักษณะการทำงานมอเตอร์สเต็ปปิงจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ให้แก่ขดลวดเป็นจังหวะอย่างเหมาะสม เพื่อให้มอเตอร์หมุนเป็นจังหวะตามสัญญาณพัลส์ หากต้องการให้มอเตอร์สเต็ปปิงหมุนต่อเนื่องเหมือนกับมอเตอร์ไฟตรงได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์ต่อเนื่อง จังหวะในการป้อนสัญญาณพัลส์จึงสามารถเลือกตำแหน่งที่ต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนได้ จังหวะการหมุนของมอเตอร์สเต็ปปิงเรียกว่า สเต็ป (Step) ความละเอียดในการหมุนในหนึ่งสเต็ป ของมอเตอร์กำหนดเป็นองศา มอเตอร์ที่มีจำนวนองศาต่อสเต็ปสูง แสดงถึงควาละเอียดการหมุนที่ต่ำ เช่น หากมอเตอร์มีสเต็ปการหมุนเท่ากับ 7.5 องศาต่อสเต็ป มอเตอร์ตัวนี้มีความละเอียดของการหมุนเท่ากับ 48 ตำแหน่ง ในการหมุน 1 รอบ แต่หากสเต็ปการหมุนกับ 1.8 องศาต่อสเต็ป ความละเอียดของการหมุนเท่ากับ 200 ตำแหน่งในการหมุน 1 รอบ ขนาดของสเต็ปปิงมอเตอร์ที่มีจำหน่ายโดยทั่วไป มีตั้งแต่แรงดันต่ำ 3V จนถึง 24V และ 48V ส่วนขนาดของกระแสมีตั้งแต่ไม่กี่สิบมิลลิแอมป์อันเป็นสเต็ปปิงมอเตอร์ จนถึงขนาดสิบแอมป์ ชนิดของมอเตอร์สเต็ปปิงสามารถแบ่งตามโครงสร้างได้ 3 ชนิด ได้แก่ แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet: PM) แบบปรับค่าความต้านทานแม่เหล็กได้ (Variable reluctance: VR) และแบบผสมหรือไฮบริด (Hybrid) ซึ่งเป็นการผสมกันแบบ PM และ VR

มอเตอร์สเต็ปปิงส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นแบบไฮบริด มีความละเอียดในการเคลื่อนที่ของแกนได้สูงถึง 0.9 องศาต่อสเต็ป ให้แรงบิดหรือทอร์กที่สูง โดยใช้พลังงานต่ำ โครงสร้างอย่างง่ายของมอเตอร์สเต็ปปิงแบบไฮบริดแสดงดังภาพที่ 2.4

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างอย่างง่ายของสเต็ปปิงมอเตอร์ชนิดไฮบริด
ที่มา : อินเวนเทอร์, 2556

การแบ่งชนิดของสเต็ปปิงมอเตอร์ตามลักษณะการพันขดลวด การต่อสายสำหรับใช้งาน และวงจรขับ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดไบโพลาร์ (Bipolar) และชนิดยูนิโพลาร์ (Uni-polar)

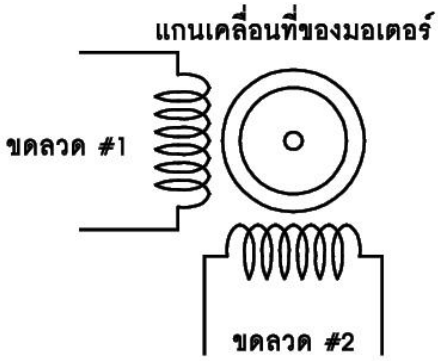
1. มอเตอร์สเต็ปปิงแบบไบโพลาร์

ลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แสดงในรูปที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 ขดที่ไม่มีแท็ปกลาง ทำให้บางครั้งจึงเรียกสเต็ปปิงมอเตอร์แบบนี้ว่า เป็นสเต็ปปิงมอเตอร์แบบ 2 เฟส การขับให้มอเตอร์แบบนี้หมุนจะต้องป้อนแรงดันต่างขั้วกันให้แก่ขดลวดแต่ละขด ทำให้วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ชนิดนี้ค่อนข้างซับซ้อน

2. สเต็ปปิงมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์

ลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แสดงในภาพที่ 2.5 มี 2 แบบ คือ 5 สายและ 6 สาย บางครั้งเรียกว่า แบบ 4 เฟส การขับจะต้องป้อนสัญญาณเข้าที่ขั้วหรือเฟสของมอเตอร์ให้เรียงลำดับอย่างถูกต้อง มอเตอร์จึงจะสามารถหมุนได้อย่างราบรื่น

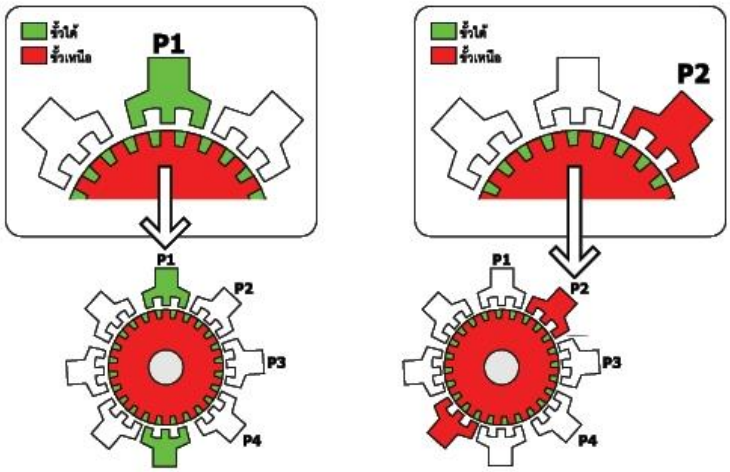
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 2.5 ลักษณะการพันขดลวดมอเตอร์สเต็ปปิงแบบยูนิโพลาร์
ที่มา : อินเวนเทอร์, 2556

สเต็ปปิงมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์มีการพันขดลวด 2 ขดบน แต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ แต่ละขดแบ่งเป็น 2 เฟส รวมมอเตอร์ทั้งตัวจึงมี 4 เฟสคือ เฟส 1 2 3 และ 4 มีสายต่อจากขดลวดแต่ละขดเพื่อจ่ายไฟเลี้ยง ทำให้มี 6 สาย กรณีแบบ 5 สาย จะเป็นการนำสายไฟเลี้ยงของขดลวดทั้งสองมาต่อรวมกันเป็นสายเดียว สเต็ปปิงแบบยูนิโพล่าร์สามารถหาได้ง่ายกว่า และใช้วงจรขับที่มีความซับซ้อนน้อยกว่ามาก

การทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์แบบไฮบริด แบบยูนิโพลาร์ มีแม่เหล็กถาวรที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกที่มีขั้วเหนือและใต้ สลับกันตามแนวของทรงกระบอก ทำหน้าที่เป็นส่วนของโรเตอร์ ขดลวดทั้ง 4 เฟสที่พันรอบแกนเหล็กทำหน้าที่เป็นสเตเตอร์ที่มีขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณกระตุ้นที่ส่งเข้าไปในตัวมอเตอร์ ทำให้เกิดแรงดูดและแรงผลักกับโรเตอร์ทำให้แกนของมอเตอร์เกิดการหมุนและล็อกตำแหน่งได้ตามต้องการ จำลองของการหมุนของสเต็ปปิงมอเตอร์ดังภาพที่ 2.6 ที่มีความละเอียด 15 องศาต่อสเต็ป



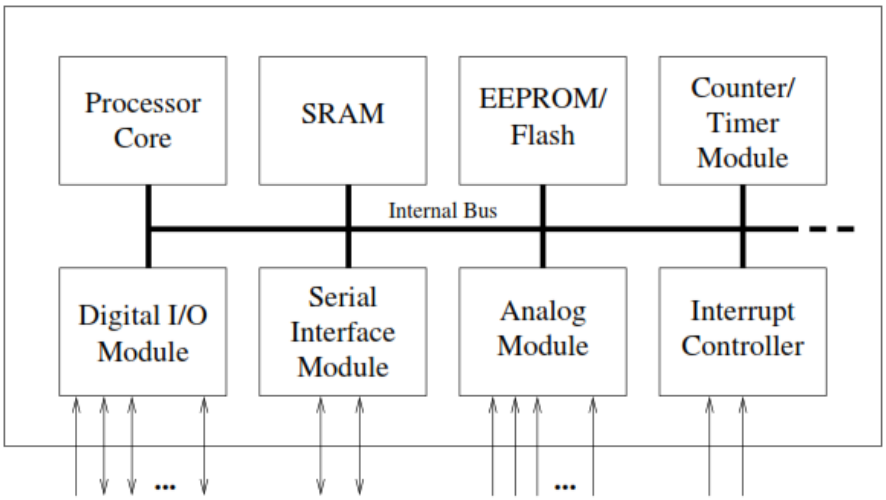
ภาพที่ 2.6 การจำลองการหมุนของมอเตอร์สเต็ปปิงแบบยูนิโพลาร์
ที่มา : อินเวนเทอร์, 2556

จำนวนสเต็ปของการหมุน 1 รอบ เท่ากับ 24 สเต็ป โดยใช้การขับแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์กระตุ้นเข้าที่เฟส P1 ทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กใต้ขึ้น จึงเกิดแรงผลักขั้วแม่เหล็กใต้ของเพื่อให้พบกับขั้วแม่เหล็กเหนือของโรเตอร์ ในจังหวะนั้นเองแกนหมุนของมอเตอร์จะเกิดการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไป 1 สเต็ป เมื่อขั้วแม่เหล็กใต้ของสเตเตอร์พบกับขั้วแม่เหล็กเหนือของโรเตอร์จะเกิดแรงแม่เหล็กดูดกัน ทำให้แกนหมุนหยุดนิ่ง ถ้าสังเกตต่อไปที่ขั้วของสเตอร์ของขดลวดในเฟสที่เหลือพบว่ามันเหลื่อมกัน ทำให้แรงแม่เหล็กเกิดการหักล้างกัน จากนั้นป้อนสัญญาณเข้าที่เฟส P2 ทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กเหนือขึ้นที่สเตเตอร์นั้น ทำให้เกิดแรงผลักอีก 1 จังหวะ ส่งผลให้แกนหมุนของมอเตอร์เคลื่อนที่ต่อเนื่องไปอีก 1 สเต็ป เมื่อขั้วแม่เหล็กเหนือของสเตเตอร์พบกับขั้วแม่เหล็กใต้ของโรเตอร์เกิดแรงแม่เหล็กดูดกัน ทำให้แกนหมุนหยุดนิ่ง และจะเป็นเช่นนี้ไปตลอดหากมีการป้อนสัญญาณกระตุ้นไล่ตามลำดับมายัง P3 และ P4 แล้ววนกลับไปที่ P1 อีก แกนหมุนของมอเตอร์ก็จะเกิดการเคลื่อนที่เปลี่ยนมุมไปอย่างต่อเนื่องจนครบ 1 เมื่อเคลื่อนที่ครบ 24 สเต็ป หากสเต็ปปิงมอเตอร์มีความละเอียดของการหมุนมากขึ้น เช่น 7.5 องศาต่อสเต็ป จำนวนสเต็ปที่ต้องการใน 1 รอบจะเพิ่มเป็น 48 สเต็ป และสูงถึง 200 สเต็ปหากมอเตอร์มีความละเอียด 1.8 องศาต่อสเต็ป

ไมโครคอนโทรลเลอร์

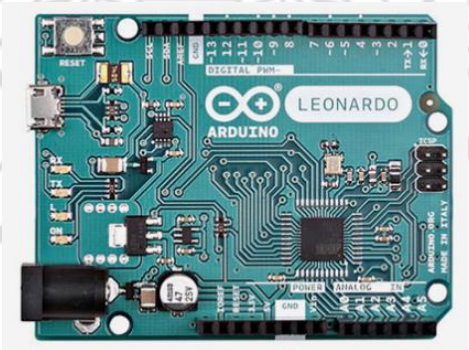
ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีโครงสร้างภายนอกเป็นวงจรรวมหรือไอซี (Integrate Circuit : IC) ซึ่งมีโครงสร้างภายในเหมือนกับไมโครคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วย หน่วยประมวลผล (Processor unit), หน่วยความจำ (Memory unit) และหน่วยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (I/O Port unit) มีหลายตระกูลให้เลือกใช้งาน เช่น MCS-51, PIC, AVR, ARM, Basic Stamp, PSoC และ Arduino เป็นต้น โดยสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาแอสเซมบลี ภาษาเบสิก ภาษาซีหรือภาษาอื่น ๆ ที่บริษัทผู้ผลิต ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตระกูลได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานร่วมกัน เพื่อควบคุมการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติที่นำไป ใช้ในระบบควบคุมแบบอัตโนมัติได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์มีความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอา ซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน มีโครงสร้างดังภาพที่ 2.7

อาดุยโน่ (Arduino) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ที่ถูกพัฒนาเป็นแบบโอเพ่นซอร์ซ (Open Source) ซึ่งผู้ผลิตเปิดเผยข้อมูลทั้งฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับที่ผู้เริ่มต้นศึกษาการเขียนโปรแกรมเบื้อต้น ผู้ใช้งาน สามารถดัดแปลง พัฒนาต่อยอดฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ได้ บอร์ด Arduino นำมาใช้งานเช่นเดียวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่นๆ เพื่อใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานตามต้องการ



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่มา : Gridling & Weiss, 2007: 5

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Arduino ในชีวิตประจำวัน เช่น ควบคุมการเปิด/ปิดไฟในบ้านอัตโนมัติ วงจรวัดค่าอุณหภูมิ, ควบคุมการรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ ควบคุมการเปิด/ปิดประตูอัตโนมัติควบคุมเครื่องซักผ้าหยอดเหรียญ หรือควบคุมความเร็วและทิศทาง การหมุนของมอเตอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการได้หลากหลาย และราคาไม่แพง ตัวอย่างโครงสร้างของบอร์ด Arduino รุ่น Leonardo แสดงดังภาพที่ 2.8



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 2.8 บอร์ด Arduino รุ่น Leonardo

บอร์ด Arduino รุ่น Leonardo Arduino Leonardo เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ ATmega32u4 มีขาอินพุและเอาต์พุตแบบ ดิจิตอลจำนวน 20 pin ซึ่งสามารถใช้เป็นเอาท์พุท PWM และอินพุตแบบอะนาล็อกได้ 12 ชุด เครื่องกำเนิดสัญญาณคริสตัล 16 MHz, การเชื่อมต่อแบบ micro USB, แจ็คไฟ, ส่วนหัว ICSP และปุ่มรีเซ็ต มันมีทุกอย่างที่จำเป็นในการสนับสนุนไมโครคอนโทรลเลอร์; เพียงเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิล USB หรือใช้อะแดปเตอร์หรือ

แบตเตอรี่ AC-to-DC เพื่อเริ่มต้นใช้งาน บอร์ดรุ่น Leonardo แตกต่างจากบอร์ดก่อนหน้าทั้งหมดที่ ATmega32u4 มีการสื่อสารแบบ USB ในตัวช่วยลดความจำเป็นในการประมวลผลรอง นี้ช่วยให้ Leonardo ปรากฏตัวต่อคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อเป็นเมาส์และคีย์บอร์ด, นอกเหนือจากพอร์ตอนุกรม (COM) แบบเสมือน (CDC) นอกจากนี้ยังมีความหมายอื่นๆ (ไมโครอิเล็กทรอนิกส์, 2560)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การอบแห้ง

การศึกษาและวิจัยเพื่อหาระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการอบแห้งเห็ดเป็นที่ได้รับความสนใจ เพื่อให้การอบแห้งใช้เวลาน้อยและประหยัดพลังงาน แต่ยังคงคุณภาพของผลผลิต ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่เหมาะในแต่ละช่วงเวลาของการอบเป็นสิ่งสำคัญ

Prasetyo และคณะ (2017: 1-6) ที่ทำการทดลองอบแห้งเห็ดหลินจือที่อุณหภูมิในช่วง 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส ใช้อุณหภูมิคงที่ตลอดการอบแห้ง พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 50 องศาเซลเซียส และรองลงมาคือ 60 องศาเซลเซียส

พินิจ เนื่องภิรมย์ และคณะ (2561: 41-51) ได้ทดสอบการอบแห้งเห็ดในช่วง 60 ถึง 90 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 70 องศาเซลเซียส รวมถึงนำเสนอวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนแบบปรับอุณหภูมิหลายระดับ ประกอบด้วย การอบ 2 ชั่วโมงแรก ใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และ 4 ชั่วโมงถัดไป ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

Qinghui และคณะ (2014: 271-276) ได้นำเสนอวิธีการอบแห้งแบบปรับอุณหภูมิหลายขั้นส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงและใช้พลังงานต่ำ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ได้เสนอวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนแบบปรับอุณหภูมิหลายขั้นเช่นเดียวกับ Qinghui ที่มีข้อดี คือ ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงและใช้พลังงานต่ำ โดยนำมาประยุกใช้กับเห็ดหลินจือ คือ เริ่มอบจากอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นจึงปรับอุณหภูมิเป็น 55 องศาเซลเซียส ต่ออีกเวลา 3 ชั่วโมง และช่วงสุดท้ายอบที่อุณหภูมิ 67 ถึง 70 องศาเซลเซียส อีก 3 ชั่วโมง (เชียงใหม่นิวส์, 2559)

2. โครงข่ายประสาทเทียม

การใช้โครงข่ายประสาทเทียมเป็นเครื่องมือการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับความสนใจจากนักวิจัย จึงถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในหลายด้าน และในด้านการตรวจสอบความชื้น โครงข่ายประสาทเทียมถูกนำมาประยุกต์ใช้หลากหลายผลิตภัณฑ์

Kerdpiboon และคณะ (2006: 1110-1118) ได้นำเสนอศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างจุลภาคและคุณสมบัติทางกายภาพ 2006 โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้นทำนายการหดตัวและการคืนตัวของแครอทอบแห้ง โดยใช้ข้อมูลอินพุตเป็นค่าความชื้น และขนาดของโครงสร้างผนังเซลล์ สำหรับการอบแห้งด้วยวิธีการอบลมร้อน การใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำ และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ผลการวิจัยพบว่าโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้น 4-8 โนดซ่อนเร้นต่อชั้น สามารถทำนายการหดตัวและการคืนตัวของแครอทอบแห้งด้วยความแม่นยำสูง โดยมีค่าสหสัมพันธ์ R^2อยู่ที่ 0.95

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Liu และคณะ (2007 : 928-933) ได้นำเสนอรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับทำนายค่าความชื้นของธัญพืชในกระบวนการอบแห้งด้วยข้อมูลอุณหภูมิของอากาศ อุณหภูมิของธัญพืช และค่าความชื้นเริ่มต้น ผลจากจำลองการทดสอบพบว่าผลการทำนายที่ได้มีค่าความแม่ยำสูง

ปฏิวัติ วรามิตรและคณะ (2554 : 39-47) ได้ศึกษาการทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งเนื้อวัวด้วยลมร้อน โดยนำอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งโดยใช้แบบจำลองเอมพีริคัลและแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ภายใต้อุณหภูมิอบแห้ง 50-70 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 1.0-2.0 เมตรต่อวินาที ผลศึกษาพบว่าแบบจำลองเอมพีริคัลและแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสามารถทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งได้แม่นยำนอกจากนั้นยังพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นป้อนไปข้างหน้าซึ่งมีกระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กระจายย้อนกลับของเลเวนเบิร์ก-มาควาดท์สามารถทำนายได้แม่นยำกว่าแบบจำลองเอมพีริคัลโดยคิดเป็นร้อยละ 0.84

จากงานวิจัยข้างต้นเห็นได้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลการทำนายที่แม่นยำสูง แต่การวิจัยที่ได้นำเสนอไว้ยังเป็นเพียงการจำลองในห้องปฏิบัติการเท่านั้นเท่านั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้จริงในภาคสนาม

RAMBHAI BARNI RAJABHAT UNIVERSITY
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี