การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับงานทางด้านการเกษตร

ศุภโชค แสงสว่าง*
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่ออุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-3721-7327 อีเมล: supachoke.s@fitm.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2015.09.002
รับเมื่อ 14 กรกฎาคม 2558 ตอบรับเมื่อ 28 กันยายน 2558 เผยแพร่ออนไลน์ 9 กุมภาพันธ์ 2559
© 2016 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จำลองการทำงานของระบบประสาททางชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยปฏิบัติการพื้นฐานหลายหน่วยมาเชื่อมต่อกัน มีการส่งค่าในแต่ละหน่วยเพื่อใช้ในการคำนวณผลลัพธ์ โครงข่ายประสาทเทียมเป็นระบบที่มีการปรับเปลี่ยนตัวเองในระหว่างการเรียนรู้ นิยมใช้ในการหาแบบจำลองของความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ในด้านการเกษตรมีการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการใช้เพื่อการจำแนกแยกแยะ การใช้เพื่อการหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามการทำนายค่าของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้น การควบคุมที่สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ และการจดจำรูปแบบที่มีความไม่แน่นอน ซึ่งล้วนแล้วแต่ให้ค่าความแม่นยำที่ดีไม่ด้อยไปกว่าวิธีอื่น

คำสำคัญ: โครงข่ายประสาทเทียม การเกษตร

การอ้างอิงบทความ: ศุภโชค แสงสว่าง, "การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับงานทางด้านการเกษตร," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 26, ฉบับที่ 2, หน้า 319–331, พ.ค.–ส.ค. 2559

Applying of Artificial Neural Network in The Agriculture

Supachoke Saengsawang*
Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Technology, Faculty of Industrial Technology and Management, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus, Prachin Buri, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0-3721-7327, E-mail: supachoke.s@fitm.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2015.09.002
Received 14 July 2015; Accepted 28 September 2015; Published online: 9 February 2016
© 2016 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

An Artificial Neural Network (ANN), often called a neural network, is a mathematical model inspired by biological neural networks. A neural network consists of an interconnected group of artificial neurons which processes information using a connectionist approach. It is an adaptive system that changes its structure in learning phase. Neural networks are widely used to identify complex nonlinear relationships between input and output data sets. In agriculture, artificial neural networks are generally applied to classify and determine the relationship between inputs and outputs, to forecast the results, to control the changeable environment and to recognize uncertain patterns. An artificial neural network is shown to provide accurate results as other approaches.

Keywords: Artificial Neural Network, Agriculture

Please cite this article as: S. Saengsawang, "Applying of artificial neural network in the agriculture," *The Journal of KMUTNB.*, vol. 26, no. 2, pp. 319–331, May.–Aug. 2016 (in Thai).

1. บทนำ

โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งทางด้านปัญญาประดิษฐ์(Artificial Intelligence, AI) ที่พยายามจะเลียนแบบพฤติกรรมการทำงานของเซลล์ประสาทของมนุษย์ซึ่งสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนหรือทำนายพฤติกรรมที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) ได้ดี ในปัจจุบันจึงมีการนำโครงข่ายประสาทเทียมไปประยุกต์กับงานหลายด้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การจำแนกรูปแบบ การทำนาย การควบคุม เป็นต้น และจากจุดเด่นที่สามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนหรือทำนายพฤติกรรมที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้ดี ซึ่งเป็นปัญหาที่พบบ่อยในงานด้านการเกษตร จึงทำให้โครงข่ายประสาทเทียมได้รับความสนใจมากขึ้นและมีการนำมาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านการเกษตรในด้านต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย และนับว่าเป็นตัวเลือกในการแก้ปัญหาที่ดีวิธีหนึ่งที่ไม่ด้อยกว่าวิธีอื่น [1], [2]

การพัฒนาระบบประมวลผลแบบโครงข่ายประสาทเทียมนั้นจะอิงกับแนวทางการประมวลผลของสมองของสิ่งมีชีวิต จึงจำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับสมองของสิ่งมีชีวิตเป็นอันดับแรก [1]

หน่วยรากฐานของสมองคือ เซลล์ประสาท (Neuron) สมองของมนุษย์ประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทจำนวนอย่างน้อยในระดับแสน ๆ ล้านเซลล์ในแง่ของการทำงานนั้น เซลล์ประสาทแต่ละเซลล์คือ หน่วยประมวลผลอย่างง่าย ๆ ซึ่งรับสัญญาณและรวมสัญญาณที่ถูกส่งมาจากเซลล์ประสาทอื่น ๆ แต่ละเซลล์ประสาทจะมีส่วนประกอบหลัก ๆ อยู่ 3 ส่วนคือ [1]

1. ตัวเซลล์ซึ่งเรียกว่า “โซมา (Soma)” มีลักษณะเป็นรูปทรงพีระมิดหรือทรงกระบอก

2. เดนไดรต์ (Dendrite) คือเส้นใยบาง ๆ ที่เซลล์ประสาทใช้รับสัญญาณไฟฟ้าเข้าสู่เซลล์ แต่ละเซลล์ประสาทจะมีเดนไดรต์จำนวนมากจัดตัวเป็นลักษณะเหมือนกิ่งไม้

3. แอกซอน (Axon) คือ สายส่งผ่านสัญญาณไปยังเซลล์ประสาทอื่น ๆ ส่วนปลายของแอกซอนจะแตกออกเป็นกิ่งก้านย่อย ๆ โดยที่ส่วนปลายของแต่ละกิ่งก้านเหล่านี้ลักษณะเป็นปม และจะไปจ่ออยู่จนเกือบสัมผัสกับปลายของเดนไดรต์หนึ่งของเซลล์ประสาทเซลล์อื่น

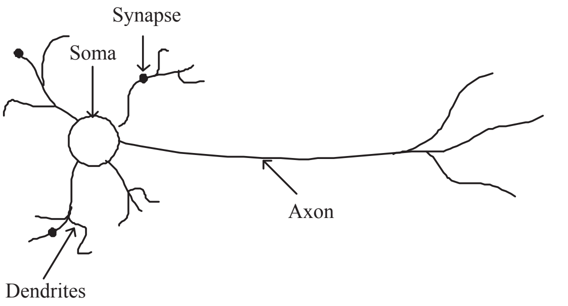
บริเวณที่เป็นรอยต่อระหว่างปลายของแอกซอนกับปลายของเดนไดรต์เรียกว่า ไซแนปส์ (Synapse) สัญญาณไฟฟ้าที่ถูกส่งมาถึงปลายของแอกซอนจะกระตุ้นให้เกิดการส่งผ่านสัญญาณในเชิงเคมีผ่านไซแนปส์ สัญญาณเชิงเคมีดังกล่าวจะถูกเดนไดรต์ตีความเป็นสัญญาณไฟฟ้าวิ่งเข้าสู่เซลล์ประสาทต่อไป [1]

คุณลักษณะสำคัญของไซแนปส์คือความแรงของสัญญาณที่ถูกส่งผ่านจะขึ้นอยู่กับความเหนียวแน่นของการเชื่อมต่อ และสัญญาณที่ถูกส่งผ่านไซแนปส์อาจถูกทำให้มีสภาพเป็นสัญญาณกระตุ้น (Excitory) หรือสัญญาณกด (Inhibitory) ก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของสัญญาณเชิงเคมีที่ถูกกระตุ้นให้เคลื่อนผ่านรอยต่อ ซึ่งแต่ละประสาทอาจรับสัญญาณมาจากหนึ่ง 10,000 ไซแนปส์หรือมากกว่า [1]

สัญญาณจากเดนไดรต์ต่าง ๆ จะรวมกันวิ่งเข้าสู่ตัวเซลล์ประสาท และหากสัญญาณรวมมีความแรงเกินค่าระดับ (Threshold) ของเซลล์ประสาทนั้น ๆ เซลล์ประสาทก็จะยิง (Fire) สัญญาณออกทางแอกซอนต่อไป กระบวนการเรียนรู้ในสิ่งมีชีวิตจะมีผลให้เกิดการสร้างไซแนปส์ระหว่างเซลล์ประสาทขึ้นมาใหม่ หรือไม่ก็ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนสภาพและความเหนียวแน่นของไซแนปส์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ นั่นคือ ความรู้ได้ถูกเก็บไว้ในลักษณะที่กระจายไปตามไซแนปส์ต่าง ๆ ในโครงข่ายของเซลล์ประสาทนั้นเอง อาจกล่าวได้ว่าโครงข่ายประสาทของสิ่งมีชีวิตทำงานตามโปรแกรมที่มีลักษณะกระจายไปทั่วโครงข่ายของเซลล์ประสาทและโครงข่ายประสาทของสิ่งมีชีวิตไม่ได้ทำงานแบบเป็นลำดับขั้นตอน (Sequential) [1]

2. ประวัติความเป็นมาของโครงข่ายประสาทเทียม

ในปี พ.ศ. 2486 อาจถือได้ว่าเป็นปีแห่งการกำเนิดของสาขาโครงข่ายประสาทเทียมในวงการวิทยาศาสตร์ โดย แม็กคัลลอช (Mc Culloch) และพิตส์ (Pitts) ได้เสนอ



รูปที่ 1 โครงข่ายประสาทของมนุษย์ [1]

แบบจำลองของเซลล์ประสาทและได้แสดงให้เห็นว่าในทางทฤษฎีแล้วโครงข่ายของแบบจำลองเซลล์ประสาทดังกล่าวสามารถทำงานเป็นโปรแกรมได้ [1]

ปี พ.ศ. 2492 โดนัลด์ เฮบบ์ (Donold Hebb) ได้เสนอผลงานวิจัยว่า การเรียนรู้ของสมองสามารถอธิบายได้ด้วยรูปแบบของการประกอบเซลล์ประสาทเข้าด้วยกันเป็นโครงข่าย และได้เสนอกฎการเรียนรู้ของเฮบบ์ (Hebb's Rule) ที่ทำให้โครงข่ายของเซลล์ประสาทเทียมของแม็กคัลลอชและพิตส์ได้เสนอไว้สามารถเรียนรู้ปัญหาง่ายๆ ได้สำเร็จ การเรียนรู้ในแบบของเฮบบ์บนเซลล์ประสาทเทียมของแม็กคัลลอชและพิตส์นั้นเป็นการเรียนรู้แบบ "ไม่มีผู้สอน" ซึ่งในทางปฏิบัติแล้ว โครงข่ายประสาทเทียมที่ทำการเรียนรู้จะพยายามทำการจัดกลุ่มข้อมูลที่โครงข่ายมองว่าคล้ายคลึงกันนำไปไว้ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งไม่เหมาะกับปัญหาประเภทที่ต้องมีการควบคุมกระบวนการเรียนรู้ [1]

ในช่วง พ.ศ. 2490 คอมพิวเตอร์ที่ทำงานเลียนแบบสมองเครื่องแรกของโลกถูกสร้างและทดสอบโดยมินสกี (Minsky) ซึ่งได้เสนอผลงานดังกล่าวในปี พ.ศ. 2511 เมื่อคอมพิวเตอร์ดังกล่าวได้รับการป้อนตัวอย่างสำหรับการเรียนรู้เข้าไป ก็จะสามารถปรับอัตราการขยายสัญญาณในการเชื่อมโยงหรือ "ความแข็งแรงของการเชื่อมโยง" ระหว่างเซลล์ประสาทเทียมได้เองโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการเรียนรู้ตัวอย่างที่ถูกป้อนเข้าไป [1]

ในปี พ.ศ. 2501 แฟรงค์ โรเซนแบลตต์ (Frank Rosenblatt) ได้พัฒนาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมขึ้นโดยใช้แบบจำลองของแม็กคัลลอชและพิตส์เป็นแนวทาง รวมทั้งเสนอวิธีการเรียนรู้แบบใหม่สำหรับสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมดังกล่าวด้วยที่เรียกว่า "เพอร์เซปตรอน (Perceptron)" ซึ่งมีการเรียนรู้แบบ "มีผู้สอน (Supervised Learning)" โดยการปรับความแข็งแรงของการเชื่อมโยงซึ่งจะพิจารณาได้จากการเปรียบเทียบความรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมกับความรู้ของ "ผู้สอน (Teacher)" เพอร์เซปตรอนมีความเหมาะสมกับงานประเภท "การระบุชนิด" ซึ่งในระหว่างการเรียนรู้นั้น เพอร์เซปตรอนจะถูกสอนว่าข้อมูลตัวอย่างที่สอนเข้าไปแต่ละแบบนั้นจัดเป็นชนิดใดบ้าง หากปัญหาและข้อมูลตัวอย่างมีความเหมาะสม เพอร์เซปตรอนจะสามารถระบุชนิดของข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อนได้ถูกต้อง [1]

ในช่วงต้น พ.ศ. 2500 เบอร์นาร์ด วิโดรว์ (Bernard Widrow) และมาร์เชียน ฮอฟฟ์ (Marcian Hoff) ได้พัฒนาอุปกรณ์ที่เรียกว่า อดาไลน์ (ADALINE; Adaptive Linear Combiner) และกฎการเรียนรู้แบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงเรียกว่า กฎการเรียนรู้ของวิโดรวฮอฟฟ์ (Widrow-Hoff Learning Rule) ที่เป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอน ซึ่งในเวลาต่อมาอุปกรณ์ดังกล่าวได้รับการขยายแนวคิดไปเป็นมาดาไลน์ (MADALINE; Many ADALINEs) และได้ถูกนำไปประยุกต์ในการรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition) การพยากรณ์อากาศ และระบบควบคุมที่จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนระบบไปตามสภาพแวดล้อมต่างๆ [1]

อย่างไรก็ตามในขณะที่การค้นคว้าเพื่อพัฒนาคอมพิวเตอร์ที่มีปัญญาได้ดำเนินไปในแนวทางของการศึกษาและได้พยายามอธิบายการทำงานของระบบประสาทของสิ่งมีชีวิต อีกแนวทางหนึ่งที่สามารถดำเนินการควบคู่กันไปได้คือแนวทางการค้นคว้าพยายามจะอธิบายพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัญญาของมนุษย์ในเชิงโครงสร้างของเหตุและผลโดยใช้สัญลักษณ์ในการแทนแนวคิดของมนุษย์และดำเนินการกับสัญลักษณ์เหล่านั้นด้วยกระบวนการในลักษณะของคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวอาจถือได้ว่าเป็นการตอบสนองที่มนุษย์น่าจะทำภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน แนวทางดังกล่าว

นำไปสู่พัฒนาการของสาขาปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) และจิตวิทยาการเรียนรู้ (Cognitive Psychology) ในช่วง พ.ศ. 2510 และ พ.ศ. 2520 [1]

ในปี พ.ศ. 2512 มินสกี (Minsky) และพาเพิร์ต (Papert) ได้เสนอผลงานตีพิมพ์ในรูปของหนังสือ ซึ่งในหนังสือดังกล่าวมีการระบุข้อจำกัดทางทฤษฎีของเพอร์เซปตรอน ผลงานตีพิมพ์ดังกล่าวก่อให้เกิดผลด้านลบต่อการพัฒนาระบบประมวลผลแบบโครงข่ายของเซลล์ประสาทและเป็นจุดเริ่มต้นจุดหนึ่งของกระแสแนวความคิดว่า การคิดของมนุษย์เป็นการประมวลผลแบบลำดับขั้น (Serial Processing) เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวไม่มีผู้ที่สามารถแก้ไขข้อจำกัดทางทฤษฎีของโครงข่ายประสาทเทียมได้ วิทยาการด้านโครงข่ายประสาทเทียมจึงไม่ได้รับความสนใจจากวงการคอมพิวเตอร์ในช่วง พ.ศ. 2520 ผลงานวิจัยด้านโครงข่ายประสาทเทียมในช่วงเวลาดังกล่าวจึงเป็นที่รู้จักกันในวงแคบ ๆ ของผู้ที่สนใจเท่านั้น [1]

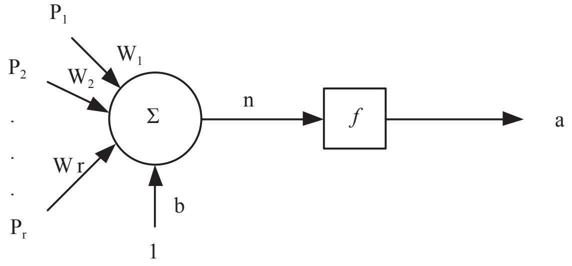
อย่างไรก็ตามในช่วง พ.ศ. 2510 มีผลงานวิจัยด้านโครงข่ายประสาทเทียมจากประเทศญี่ปุ่นโดย ชุนอิจิ อามาริ (Shun-Ichi Amari) ในปี พ.ศ. 2515 และ พ.ศ. 2520 ต่อมาในปี พ.ศ. 2523 คูนิฮิโก ฟูกูชิมา (Kunihiko Fuku-Shima) ได้พัฒนาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชื่อว่า “นีโอค็อกนิตรอน (Neocognitrons)” สำหรับการรู้จำรูปแบบภาพลักษณ์ โดยเลียนแบบแนวทางการมองเห็นของสิ่งมีชีวิต [1]

ในปี พ.ศ. 2525 จอห์น ฮอบฟิลด์ (John Hopfield) ได้เสนอสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับเป็นหน่วยความจำแบบแอสโซซิเอทิฟ (Associative Memory) ที่ดึงความจำออกมาโดยใช้ข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกับความจำนั้นเป็นตัวชี้นำ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์หันกลับมาสนใจโครงข่ายประสาทเทียมอีกครั้ง ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน สตีเฟนกรอสเบอร์ก (Stephen Grossberg) และเกล คาร์เพนเตอร์ (Gail Carpenter) ก็ได้เสนอทฤษฎีของการกำทอนแบบอะแดปทิฟ (Adaptive Resonance) และได้พัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมอาร์ต (ART Network) ซึ่งในปัจจุบันถือว่าเป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่มีสมรรถนะสูงที่สุดแบบหนึ่ง จากนั้นโครงข่ายประสาทเทียมกลับมาเฟื่องฟูเต็มที่เนื่องจากผลงานตีพิมพ์ของเจมส์ แม็กคลีแลนด์ (James McClelland) และเดวิด รูเมลฮาร์ต (David Rumelhart) ในปี พ.ศ. 2529 ซึ่งเสนอกฎการเรียนรู้แบบใหม่สำหรับสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่มีความซับซ้อนขึ้น โดยอิงกับเพอร์เซปตรอน โครงข่ายประสาทเทียมดังกล่าวสามารถก้าวข้ามขีดจำกัดที่เคยถูกเสนอไว้โดยมินสกีและพาเพิร์ตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512 ได้สำเร็จ อย่างไรก็ตามมีการค้นพบว่าแนวทางคล้ายๆ กันได้เคยถูกเสนอแล้วโดย พอล เวอร์โบส (Paul Werbos) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517 แต่ไม่มีผู้ใดสนใจในช่วงเวลาดังกล่าว ตั้งแต่นั้นมางานวิจัยค้นคว้าด้านโครงข่ายประสาทเทียมก็เกิดขึ้นอีกอย่างมากมายจนถึงปัจจุบัน [1]

3. โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมคือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทในสมองมนุษย์ มีคุณลักษณะคล้ายกับการส่งผ่านสัญญาณประสาทในสมองของมนุษย์ กล่าวคือ มีความสามารถในการรวบรวมความรู้ (Knowledge) โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) และความรู้เหล่านี้จะจัดเก็บอยู่ในโครงข่ายในรูปค่าน้ำหนัก (Weight) ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้เมื่อมีการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ เข้าไป ค่าน้ำหนักเปรียบเสมือนความรู้ที่รวบรวมไว้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาเฉพาะอย่างของมนุษย์ [1], [2]

การประมวลผลต่างๆ เกิดขึ้นในหน่วยประมวลผลย่อยเรียกว่า โหนด (Node) ซึ่งโหนดเป็นการจำลองลักษณะการทำงานมาจากเซลล์การส่งสัญญาณ (Signal) ระหว่างโหนดที่เชื่อมต่อกัน (Connection) จำลองมาจากการเชื่อมต่อของเดนไดรต์และแอกซอนในระบบประสาทของมนุษย์ ภายในโหนดจะมีฟังก์ชันกำหนดสัญญาณส่งออกที่เรียกว่า ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) หรือฟังก์ชันการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำหน้าที่เสมือนกระบวนการทำงานในเซลล์ [1], [2] ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เซลล์ประสาทเทียมที่ถูกจำลองขึ้น [2]

โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย 5 องค์ประกอบดังนี้

3.1 ข้อมูลป้อนเข้า (Input) เป็นข้อมูลที่เป็นตัวเลข หากเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ต้องแปลงให้อยู่ในรูปเชิงปริมาณที่โครงข่ายประสาทเทียมยอมรับได้

3.2 ข้อมูลส่งออก (Output) คือ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Actual Output) จากกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

3.3 ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weights) คือสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ค่าความรู้ (Knowledge) ค่านี้จะถูกเก็บเป็นทักษะเพื่อใช้ในการจดจำข้อมูลอื่นๆ ที่อยู่ในรูปแบบเดียวกัน

3.4 ฟังก์ชันผลรวม (Summation Function, s) เป็นผลรวมของข้อมูลป้อนเข้า และค่าน้ำหนัก

3.5 ฟังก์ชันการเปลี่ยนแปลง (Transfer Function) เป็นการคำนวณการจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม เช่น ซิกมอยด์ฟังก์ชัน (Sigmoid Function) ฟังก์ชันไฮเปอร์โบลิกแทนเจนต์ (Hyperbolic Tangent Function) เป็นต้น

เซลล์ประสาทเทียมที่จำลองขึ้นมีหลักการโดยนำข้อมูลป้อนเข้า (p) คูณกับค่าถ่วงน้ำหนัก (w) แล้วนำมารวมกับผลคูณของไบแอส (Bias, b) กับตัวแปรต้นของไบแอสซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 จะได้

$$n = wp + b \qquad (1)$$

โดยที่ n คือ ตัวแปรต้นสุทธิ (Net Input) และค่าตัวแปรตามของเซลล์ประสาท (Neural Output, a) มีค่าเท่ากับ

$$a = f(wp + b) \qquad (2)$$

โดยที่ f คือฟังก์ชันการเปลี่ยนแปลง

โดยทั่วไปเซลล์ประสาทเทียมมีข้อมูลป้อนเข้าหรือตัวแปรต้นมากกว่าหนึ่งตัวแปร ดังแสดงในรูปที่ 2 ทำให้ได้สมการเซลล์ประสาทเทียมในกรณีนี้ดังนี้

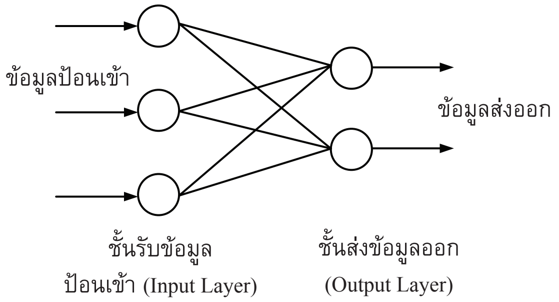
$$n = \Sigma(wp + b) \qquad (3)$$

$$a = f(\Sigma wp + b) \qquad (4)$$

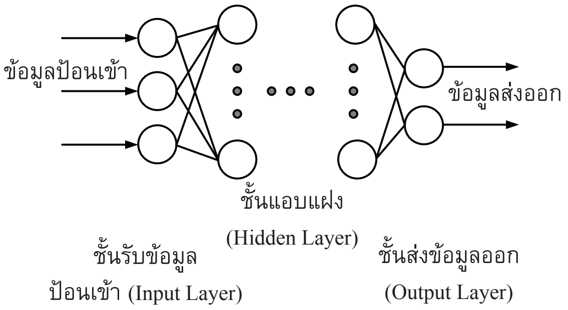
4. ลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยเซลล์ประสาทเทียมหรือโหนดจำนวนมากเชื่อมต่อกัน ซึ่งการเชื่อมต่อจะแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย ที่เรียกว่า “ชั้น (Layer)” ชั้นแรกเป็นชั้นที่นำเอาข้อมูลเข้า เรียกว่า “ชั้นรับข้อมูลป้อนเข้า (Input Later)” และชั้นสุดท้ายเรียกว่า “ชั้นส่งข้อมูลออก (Output Layer)” ส่วนชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นรับข้อมูลป้อนเข้าและชั้นส่งข้อมูลออกเรียกว่า “ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer)” โดยทั่วไปชั้นแอบแฝงอาจมีมากกว่าหนึ่งชั้นก็ได้ ด้วยเหตุนี้จึงสามารถแบ่งประเภทของโครงข่ายประสาทเทียมตามจำนวนชั้นของโครงข่ายได้ 2 แบบคือ โครงข่ายแบบชั้นเดียว (Single Layer) และโครงข่ายแบบหลายชั้น (Multi Layer) [2]

4.1 โครงข่ายแบบชั้นเดียว เป็นโครงข่ายประสาทเทียมอย่างง่ายที่มีแค่ชั้นรับข้อมูลป้อนเข้าและชั้นส่งข้อมูลออกเท่านั้น โหนดในชั้นรับข้อมูลป้อนเข้าทำหน้าที่รับข้อมูลเข้าแล้วส่งข้อมูลผ่านเส้นเชื่อมโยงต่างๆ ไปให้โหนดชั้นส่งข้อมูลออก และโหนดในชั้นนี้จะนำข้อมูลที่ได้รับมาคำนวณด้วยฟังก์ชันการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสมกับปัญหา แล้วส่งผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นข้อมูลส่งออกดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว [2]



รูปที่ 4 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น [2]

4.2 โครงข่ายแบบหลายชั้น เป็นโครงข่ายที่มีชั้นแอบแฝงตั้งแต่หนึ่งชั้นขึ้นไป โครงข่ายแบบนี้ใช้แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนที่โครงข่ายแบบชั้นเดียวแก้ไม่ได้ จึงต้องเพิ่มจำนวนโหนดที่มีการคำนวณหรือชั้นแอบแฝงให้กับโครงข่าย ดังรูปที่ 4

5. การเรียนรู้สำหรับโครงข่ายประสาทเทียม

5.1 การเรียนรู้แบบมีการสอน (Supervised Learning) เป็นการเรียนแบบมีการตรวจคำตอบเพื่อให้โครงข่ายปรับตัว ชุดวงจรที่ใช้สอนโครงข่ายจะมีคำตอบไว้คอยตรวจดูว่าโครงข่ายให้คำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ ถ้าตอบไม่ถูก โครงข่ายก็จะปรับตัวเองเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น เปรียบเทียบกับคน เหมือนกับการสอนนักเรียนโดยมีครูผู้สอนคอยแนะนำ

5.2 การเรียนแบบไม่มีการสอน (Unsupervised Learning) เป็นการเรียนแบบไม่มีผู้แนะนำ ไม่มีการตรวจคำตอบว่าถูกหรือผิด โครงข่ายจะจัดเรียงโครงสร้างด้วยตัวเองตามลักษณะของข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้โครงข่ายจะสามารถจัดหมวดหมู่ของข้อมูลได้ เปรียบเทียบกับคน เช่น เราสามารถแยกแยะพันธุ์พืชหรือพันธุ์สัตว์ ตามลักษณะรูปร่างของมันเองได้โดยที่ไม่ต้องมีใครสอน

5.3 การเรียนรู้แบบถูกบังคับ (Reinforcement Learning) เป็นการเรียนรู้อีกวิธีหนึ่งเป็นลักษณะแม้ว่ามีครูคอยกำกับการทำงานอยู่ก็ตาม แต่คำตอบที่ถูกต้องหรือเป้าหมายไม่ได้ถูกนำมาแสดงในโครงข่าย ดังนั้นผลการคำนวณจากโครงข่ายจึงแสดงออกมาในรูปถูกหรือผิด โครงข่ายจึงต้องใช้ประโยชน์จากข้อมูลต่างๆ เพื่อนำไปปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น ถ้าผลการคำนวณถูกต้อง โครงข่ายจะได้รับรางวัล (Reward) ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลป้อนเข้าบางหน่วย ในทางตรงข้ามกัน ถ้าผลการคำนวณออกมาผิด โครงข่ายก็จะได้รับการลงโทษ (Penalty) โดยลดค่าถ่วงน้ำหนักลง

6. การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถที่จะจำลองพฤติกรรมทางกายภาพของระบบที่มีความซับซ้อนจากข้อมูลที่ป้อนให้เรียนรู้ การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมจึงเป็นทางเลือกใหม่ในการควบคุม ซึ่งมีผู้นำมาประยุกต์ใช้ในงานหลายประเภท ได้แก่

6.1 งานจัดหมวดหมู่และแยกแยะสิ่งของ เช่น การแยกสินค้าที่เสียออกจากสินค้าที่ดี

6.2 งานทำนาย หรือพยากรณ์ เช่น การพยากรณ์หุ้น

6.3 งานการประมาณค่าฟังก์ชันหรือการประมาณค่าความสัมพันธ์ ที่ทราบค่าตัวแปรต้นและตัวแปรตาม แต่ไม่ทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง เช่น หาความสัมพันธ์ของค่าเงินบาทกับราคาทองคำในตลาด

6.4 งานควบคุมที่สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เช่น ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการควบคุมการปรับอากาศในห้องที่มีคนเข้าออกพลุกพล่าน

6.5 งานจดจำรูปแบบที่มีความไม่แน่นอน เช่น ลายมือ ลายเซ็นต์ ตัวอักษร ใบหน้า ฯลฯ

7. การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมกับงานทางด้านการเกษตร

จากจุดเด่นของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีความสามารถในการจำลองพฤติกรรมของระบบที่มีความซับซ้อนของข้อมูลได้ดีซึ่งก็เป็นคุณลักษณะพื้นฐานของงานด้านการเกษตรที่มีความไม่แน่นอนและความซับซ้อนของข้อมูลสูง ดังนั้นจึงมีการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านการเกษตรต่าง ๆ มากมาย ดังนี้

7.1 งานจัดหมวดหมู่และแยกแยะสิ่งของ มีการใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับเทคนิคภาพถ่าย (Image Processing) ในการจดจำภาพเพื่อแยกแยะวัสดุทางการเกษตรออกจากกัน เพื่อนำไปใช้กับการคัดแยกวัสดุทางการเกษตร อาทิ ใช้ในกระบวนการคัดเกรด หรือคัดแยกผลผลิตทางการเกษตร [3]–[5] ใช้เป็นเครื่องมือจำแนกภาพของพืช วัชพืชและดินออกจากกัน [6]–[9] ตรวจจับและจำแนกโรคของพืช [10], [11] จำแนกไวรัสในพืช [12] นอกจากนี้ยังสามารถใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศเพื่อแยกแยะลักษณะการเจริญเติบโตของพืช [13] หรือสภาพเนื้อดิน [14]

7.2 งานทำนายหรือพยากรณ์ โครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถในการทำนายหรือพยากรณ์ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นได้ โดยความแม่นยำนั้นได้จากการป้อนข้อมูลที่ครอบคลุมและมากพอ เหมาะกับข้อมูลและผลลัพธ์ที่มีความสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อนซึ่งเป็นกรณีที่พบได้อยู่ทั่วไปในงานด้านการเกษตร จึงมีการนำโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้ในงานทำนายหรือพยากรณ์ค่าต่าง ๆ ทางการเกษตรมากมาย เช่น ใช้ทำนายสภาพอากาศเพื่อใช้ในการป้องกันการเสียหายของพืชจากสภาพอากาศแปรปรวน [15]–[17] ทำนายจำนวนประชากรแมลงศัตรูพืชที่เกิดขึ้น [18] คาดการณ์ปริมาณผลผลิตของฟาร์มปศุสัตว์ [19] ใช้ทำนายคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของวัสดุทางการเกษตร [20]–[24] ใช้ร่วมกับภาพถ่ายทางอากาศหรือแผนที่ทางภูมิศาสตร์ในการทำนายการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของพืช [25] รวมทั้งสภาพของพื้นดิน [26], [27] ใช้ร่วมกับข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการพยากรณ์ผลผลิตทางการเกษตร [28] หรือปริมาณน้ำในแต่ละพื้นที่ [29] ซึ่งนับว่ามีประโยชน์ในการวางนโยบายบริหารและจัดการผลผลิตได้เป็นอย่างดี

7.3 งานการประมาณค่าฟังก์ชันหรือการประมาณค่าความสัมพันธ์ โครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถที่จะหาความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างค่าตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ดีและแม่นยำถ้ามีข้อมูลที่เพียงพอ จึงมีนักวิจัยหลายท่านนำไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านการเกษตร ได้แก่ ใช้โครงข่ายประสาทเทียมไปใช้สร้างแบบจำลองสภาวะการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ [30]–[32] ใช้ในการสร้างแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช [33] ใช้สร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงของความชื้นภายในเรือนกระจก [34] มีการใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของโคนหน่อไม้กับน้ำหนักของหน่อไม้เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องคัดขนาดหน่อไม้โดยอาศัยความโตของโคนหน่อ [35] นอกจากนั้นยังสามารถใช้เพื่อประมาณค่าฟังก์ชันของตัวแปรที่มีความสำคัญในกระบวนการทางการเกษตร อาทิ ค่าความชื้นสมมูล [36] ค่าการแพร่ทางความร้อน [37] เป็นต้น

7.4 งานควบคุมสิ่งแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ มีการใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อควบคุมสภาพอากาศในเรือนกระจก [38] ซึ่งเหมาะกับงานประเภทนี้เนื่องจากเป็นการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้นแต่ก็ต้องมีการใช้ข้อมูลในการสอนมากเพียงพอ อีกทั้งยังมีการใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ในการควบคุมสภาพที่เหมาะสมในกระบวนการเก็บรักษาผลไม้ [39] โดยจะควบคุมค่าความชื้นสัมพัทธ์โดยดูค่าจากปริมาณน้ำที่สูญเสียและการเจริญเติบโตจากเชื้อราให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

7.5 งานจดจำรูปแบบที่มีความไม่แน่นอน โครงข่ายประสาทเทียมได้ถูกประยุกต์ใช้ในการจดจำลักษณะของใบพืชสมุนไพร [40] เพื่อใช้บ่งบอกชนิดของพืช และใช้ในการจดจำรูปแบบโครงรูปของผลไม้ [41] เพื่อประโยชน์ในการคัดเกรดจากรูปร่างของผลไม้

ตารางที่ 1 การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับงานทางด้านการเกษตร

ประเภทของงาน	การนำไปใช้	อ้างอิง
งานจัดหมวดหมู่และแยกแยะ	ใช้ร่วมกับเทคนิคภาพถ่ายในการคัดแยกเชอรี่ช้ำออกจากเชอรี่ดี	[3]
	ใช้ร่วมกับเทคนิคภาพถ่ายในการคัดแยกสีในแอปเปิล เพื่อการแบ่งเกรด	[4]
	ใช้ร่วมกับเทคนิคภาพถ่ายในคัดแยกเมล็ดข้าวโพดที่ต่างพันธุ์ออกจากกัน	[5]
	ใช้ร่วมกับเทคนิคภาพถ่ายในการแบ่งแยกระหว่างพืช วัชพืช และดิน จากภาพถ่ายที่ได้ โดยมีการเปรียบเทียบกับวิธีแยกแบบ Bayesian	[6]
	ใช้ร่วมกับเทคนิคภาพถ่ายในการแบ่งแยกระหว่างต้นทานตะวัน วัชพืช และดิน จากภาพถ่าย	[7]
	ใช้ร่วมกับเทคนิคภาพถ่ายในการแบ่งแยกระหว่างใบของต้นทานตะวันกับใบของต้นวัชพืชอื่นจากภาพถ่าย	[8]
	ใช้แยกแยะระหว่างต้นวัชพืชกับต้นชูก้าบีท (Sugar Beet) โดยใช้ข้อมูลคุณสมบัติในการสะท้อนสเปกตรัมแสงเป็นตัวแยก	[9]
	ใช้ร่วมกับเทคนิคภาพถ่ายตรวจจับเมล็ดพืชที่เป็นโรค จากสีและลักษณะของเนื้อสัมผัส	[10]
	ใช้ร่วมกับข้อมูลที่มาจากการสำรวจจากระยะไกล (Hyperspectral Data) ในการแยกแยะความเครียดที่เกิดจากวัชพืชและสภาวะไนโตรเจนของข้าวโพดที่ได้รับการดูแลที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีนี้ให้ผลดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree)	[11]
	ใช้ร่วมกับขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ในการแยกประเภทของเชื้อไวรัสในพืช	[12]
	ใช้จำแนกระดับการติดเชื้อราในข้าว	[13]
	ใช้ร่วมกับข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศในการแยกแยะสภาพของเนื้อดินประเภทต่างๆ โดยวิเคราะห์จากภาพถ่าย เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเพาะปลูก ซึ่งวิธีนี้ช่วยประหยัดงบประมาณและเวลาในการวิเคราะห์ดินในรูปแบบเดิม	[14]

ตารางที่ 1 การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับงานทางด้านการเกษตร (ต่อ)

ประเภทของงาน	การนำไปใช้	อ้างอิง
งานทำนายหรือพยากรณ์	ทำนายการเกิดน้ำค้างแข็งในฤดูใบไม้ผลิ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเตรียมการป้องกันให้กับพืชที่ได้รับผลกระทบ	[15]
	ทำนายอุณหภูมิทั้งหมดที่เกิดในรอบปีของสหรัฐอเมริกา เพื่อประโยชน์ในการปลูก และดูแลพืชให้เหมาะสมกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในรอบปี	[16]
	ทำนายการเกิดน้ำค้างแข็งในเกาะซิซิลี อิตาลี เพื่อเป็นข้อมูลในการเตรียมการป้องกันความเสียหายของส้มจากน้ำค้างแข็ง	[17]
	สร้างรูปแบบทำนายจำนวนประชากรของหนอนเจาะลำต้นข้าว	[18]
	คาดการณ์ปริมาณน้ำนมวัวดิบที่จะผลิตได้	[19]
	ทำนายคุณสมบัติทางฟิสิกส์ในกระบวนการอบแห้งของผลเทเรบิน (Terebinth Fruit)	[20]
	ทำนายความสุกแก่ของถั่วเขียว เพื่อนำไปหาเวลาที่เหมาะกับการเก็บเกี่ยว	[21]
	ทำนายองค์ประกอบทางเคมีของดิน	[22]
	ประมาณค่าความต้านทานการหมุนของล้อในดินร่วนปนเหนียว	[23]
	ทำนายปริมาตรรอยช้ำ (Bruise Volume) ที่เกิดขึ้นบนผลแอปเปิล	[24]
	ทำนายปริมาณผลผลิตข้าวโพดในแคนาดาตะวันออกที่ได้จากวิธีการดูแลที่ต่างกัน จากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล	[25]
	ประมาณค่าการกัดเซาะของดินและปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในดิน	[26]
	ทำนายการกระจายตัวของเนื้อดิน จากข้อมูลแผนที่สภาพดิน	[27]
	ใช้ร่วมกับข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการทำนายผลผลิตของลำไยในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน	[28]
	ใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมของอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ เพื่อประโยชน์ในการจัดการด้านอุทกภัย	[29]

ตารางที่ 1 การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับงานทางด้านการเกษตร (ต่อ)

ประเภทของงาน	การนำไปใช้	อ้างอิง
งานการประมาณค่าฟังก์ชันหรือการประมาณค่าความสัมพันธ์	สร้างแบบจำลองการกระจายความชื้นของเมล็ดพืชขณะทำการอบแห้งในเครื่องอบแบบเพลทนิ่ง (Fixed-bed Dryer)	[30]
	สร้างแบบจำลองการกระจายความชื้นของเมล็ดพืชขณะทำการอบแห้งในเครื่องอบแบบเพลทนิ่ง (Fixed-bed Dryer)	[31]
	สร้างแบบจำลองการอบแห้งขององุ่นเมล็ดเล็ก	[32]
	สร้างแบบจำลองการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง	[33]
	สร้างแบบจำลองของความชื้นภายในเรือนกระจกในช่วงหน้าหนาวของจีนตอนเหนือ	[34]
	หาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของโคนหน่อไม้กับน้ำหนักของหน่อไม้เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องคัดขนาดหน่อไม้	[35]
	ใช้ทำนายค่าความชื้นสมมูลของลำไย เมื่อทราบอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์	[36]
	ใช้สร้างแบบจำลองหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อค่าการแพร่ทางความร้อน (Thermal Diffusivity) ของเห็ดและผักบางชนิด	[37]
งานควบคุมสิ่งแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ	ควบคุมสภาพอากาศในเรือนกระจก	[38]
	ควบคุมสภาพที่เหมาะสมในกระบวนการเก็บรักษาผลไม้	[39]
งานจดจำรูปแบบที่มีความไม่แน่นอน	ใช้ร่วมกับเทคนิคภาพถ่ายในการจดจำลักษณะของใบพืชสมุนไพร เพื่อที่จะได้นำพืชเหล่านั้นมาใช้ได้อย่างถูกต้อง	[40]
	ใช้จดจำรูปแบบของโครงรูปของผลไม้เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคัดเกรดผลไม้	[41]

8. สรุป

โครงข่ายประสาทเทียมคือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทในสมองมนุษย์ มีคุณลักษณะคล้ายกับการส่งผ่านสัญญาณประสาทในสมองของมนุษย์ กล่าวคือ มีความสามารถในการรวบรวมความรู้ (Knowledge) โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) และความรู้เหล่านี้จะจัดเก็บอยู่ในโครงข่ายในรูปค่าน้ำหนัก (Weight) ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้เมื่อมีการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ เข้าไป ค่าน้ำหนักเปรียบเสมือนความรู้ที่รวบรวมไว้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาเฉพาะอย่างของมนุษย์ นิยมใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม โดยเฉพาะความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อนได้ดี ซึ่งพบบ่อยในงานทางด้านการเกษตร จึงมีการนำโครงข่ายประสาทเทียมไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านการเกษตรอย่างแพร่หลายในด้านที่แตกต่างกัน 5 ด้านคือ ใช้เพื่อการจัดหมวดหมู่และแยกแยะวัสดุทางการเกษตร การพยากรณ์ผลลัพธ์ การประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม การควบคุมสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ และการจดจำรูปแบบที่มีความไม่แน่นอน ดังที่ได้รวบรวมไว้ดังตารางที่ 1 ซึ่งล้วนให้ผลลัพธ์ที่ดีน่าพอใจไม่ด้อยไปกว่าวิธีการอื่นๆ จึงทำให้เทคนิควิธีนี้เป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

[1] Thai encyclopedia for juvenile project by the king, “Artificial neural network,” *Thai Encyclopedia for Juvenile*, vol. 25, Bangkok, 2001 (in Thai).

[2] T. Prakorppon, “Artificial neural networks,” *HCU Journal*, vol. 24, pp. 73–87, 2009 (in Thai).

[3] D. Guyer and X. Yang, “Use of genetic artificial neural networks and spectral imaging for detection on cherries,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 29, pp. 179–194, 2000.

[4] K. Nakano, “Application of neural networks to

the color grading of apples," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 18, pp. 105–116, 1997.

[5] X. Chen, Y. Xun, W. Li, and J. Zhang, "Combining discriminant analysis and neural networks for corn variety identification," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 71S, pp. S48–S53, 2010.

[6] J.A. Marchant and C.M. Onyango, "Comparison of a Bayesian classifier with a multilayer feed-forward neural network using the example of plant/weed/soil discrimination," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 39, pp. 3–22, 2003.

[7] I. Kavdir, "Discrimination of sunflower, weed and soil by artificial neural networks," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 44, pp. 153–160, 2004.

[8] J. I. Arribas, G. V. Sanchez-Ferrero, G. R. Ruiz, and J. Gomez-Gil, "Leaf classification in sunflower crops by computer vision and neural networks," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 78, pp. 9–18, 2011.

[9] A. T. Nieuwenhuizen, J. W. Hofstee, J. C. van de Zande, J. Meuleman, and E. J. van Henten, "Classification of sugar beet and volunteer potato reflection spectra with a neural network and statistical discriminant analysis to select discriminative Wavelengths," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 73, pp. 146–153, 2010.

[10] K. Y. Huang, "Application of artificial neural network for detecting Phalaenopsis seedling diseases using color and texture features," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 57, pp. 3–11, 2007.

[11] P. K. Goel, S. O. Prasher, R. M. Patel, J. A. Landry, R. B. Bonnell, and A. A. Viau, "Classification of hyperspectral data by decision trees and artificial neural networks to identify weed stress and nitrogen status of corn," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 39, pp. 67–93, 2003.

[12] T. J. Glezakos, G. Moschopoulou, T. A. Tsiligiridis, S. Kintzios, and C. P. Yialouris, "Plant virus identification based on neural networks with evolutionary preprocessing," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 70, pp. 263–275, 2010.

[13] Z. Y. Liu, H. F. Wu, and J. F. Huang, "Application of neural networks to discriminate fungal infection levels in rice panicles using hyperspectral reflectance and principal components analysis," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 72, pp. 99–106, 2010.

[14] Y. Zhai, J. Alex Thomasson, J. E. Boggess III, and R. Sui, "Soil texture classification with artificial neural networks operating on remote sensing data," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 54, pp. 53–68, 2006.

[15] L. Ghielmi and E. Eccel, "Descriptive models and artificial neural networks for spring frost prediction in an agricultural mountain area," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 54, pp. 101–114, 2006.

[16] B. A. Smith, G. Hoogenboom, and R. W. McClendon, "Artificial neural networks for automated year-round temperature prediction," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 68, pp. 52–61, 2009.

[17] C. Robinson and N. Mort, "A neural network system for the protection of citrus crops from frost damage," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 16, pp. 177–187, 1997.

[18] L. Yang, L. Peng, L. Zhang, L. Zhang, and S. Yang, "A prediction model for population occurrence of paddy stem borer (Scirpophaga incertulas), based on Back Propagation Artificial Neural Network and Principal Components Analysis," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 68, pp. 200–206, 2009.

[19] W. Grzesiak, P. Blaszczyk, and R. Lacroix, "Method of predicting milk yield in dairy cows – Predictive capabilities of Wood's lactation curve and artificial neural networks (ANNs)," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 54, pp. 69–83, 2006.

[20] M. Kaveh and R. A. Chayjan, "Prediction of some physical and drying properties of terebinth fruit (PISTACIA ATLANTICA L.) using artificial neural networks," *ACTA Scientiarum Polonorum*, vol. 13, no. 1, pp. 65–78, 2014.

[21] A. Higgins, D. Prestwidge, D. Stirling, and J. Yost, "Forecasting maturity of green peas: an application of neural networks," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 70, pp. 151–156, 2010.

[22] M. J. Aitkenhead, M. C. Coull, W. Towers, G. Hudson, and H. I. J. Black, "Predicting soil chemical composition and other soil parameters from field observations using a neural network," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 82, pp. 108–116, 2012.

[23] H. Taghavifar, A. Mardani, H. K. Maslak, and H. Kalbkhani, "Artificial neural network estimation of wheel rolling resistance in clay loam soil," *Applied Soft Computing*, vol. 13, pp. 3544–3551, 2013.

[24] S. Zarifneshat, A. Rohani, H. R. Ghassemzadeh, M. Sadeghi, E. Ahmadi, and M. Zarifneshat, "Predictions of apple bruise volume using artificial neural network," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 82, pp. 75–86, 2012.

[25] Y. Uno, S. O. Prasher, R. Lacroix, P. K. Goel, Y. Karimi, A. Viau, and R. M. Patel, "Artificial neural networks to predict corn yield from Compact Airborne Spectrographic Imager data," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 47, pp. 149–161, 2005.

[26] M. Kim and J. E. Gilley, "Artificial Neural Network estimation of soil erosion and nutrient concentrations in runoff from land application areas," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 64, pp. 268–275, 2008.

[27] Z. Zhao, T. L. Chow, H. W. Rees, Q. Yang, Z. Xing, and F. R. Meng, "Predict soil texture distributions using an artificial neural network model," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 65, pp. 36–48, 2009.

[28] K. Thongboonnak, "Integration of artificial neural network and geographic information system for agricultural yield prediction: case study of longan yield in Chiangmai and Lamphun, Thailand," Ph.D. thesis, Suranaree University of Technology, 2008.

[29] T. Jaitrong and C. Kayannawee, "Flood forecasting in Ubolratana Reservoir by artificial neural network for flood management," *Kasetsart Engineering Journal*, vol. 56, pp. 64–75, 2005 (in Thai).

[30] I. Farkas, P. Remenyi, and A. Biro, "A neural network topology for modelling grain drying," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 26, pp.147–158, 2000.

[31] I. Farkas, P. Remenyi, and A. Biro, "Modelling aspects of grain drying with a neural network," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 29, pp. 99–113, 2000.

[32] G. Cakmak and C. Yildiz, "The prediction of seedy grape drying rate using a neural network method," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 75, pp. 132–138, 2011.

[33] J. G. Fortin, F. Anctil, L. E. Parent, and M. A. Bolinder, "A neural network experiment on the site-specific simulation of potato tuber growth in Eastern Canada," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 73, pp. 126–132, 2010.

[34] F. He and C. Ma, "Modeling greenhouse air humidity by means of artificial neural network and principal component analysis," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 71S, pp. S19–S23, 2010.

[35] S. Saengswarng, "The relation between weight and mean diameter of bamboo shoot," *TSAE International Conference*, pp. 154–156, 2013.

[36] S. Janjai, P. Intawee, K. Tohsing, B. Mahayothee, B. K. Bala, M. A. Ashraf, and J. Muller, "Neural network modeling of sorption isotherms of longan (Dimocarpus longan Lour.)," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 66, pp. 209–214, 2009.

[37] S. Jena and A. Sahoo, "ANN modeling for diffusivity of mushroom and vegetables using a fluidized bed dryer" Particuology, pp. 1–7, 2013.

[38] I. Seginer, "Some artificial neural network applications to greenhouse environmental control," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 18, pp. 167–186, 1997.

[39] T. Morimoto, J. De Baerdemaeker, and Y. Hashimoto, "An intelligent approach for optimal control of fruit-storage process using neural network and genetic algorithms," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 18, pp. 205–224, 1997.

[40] Z. Husin, A. Y. M. Shakaff, A. H. A. Aziz, R. S. M. Farook, M. N. Jaafar, U. Hashim, and A. Harun, " Embedded portable device for herb leaves recognition using image processing techniques and neural network algorithm," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 89, pp. 18–29, 2012.

[41] T. Morimoto, T. Takeuchi, H. Miyata, and Y. Hashimoto, "Pattern recognition of fruit shape based on the concept of chaos and neural networks," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 26, pp. 171–186, 2000.