บทบาทของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม สำหรับงานวิจัยทางด้านภูมิศาสตร์ในประเทศไทย
The Roles of Artificial Neural Network for Geographical Research in Thailand

ทวี ชัยพิมลผลิน[1]
Tawee Chaipimonplin

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาบทบาทของการใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับภูมิศาสตร์ในประเทศไทย โดยแบ่งกลุ่มประเภทภูมิศาสตร์ เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มกายภาพและเทคโนโลยี และกลุ่มมนุษย์และเศรษฐกิจ ซึ่งทำการสืบค้นและค้นคว้ารวบรวมสิ่งตีพิมพ์ต่างๆ จากฐานข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช), สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) และ คลังข้อมูลงานวิจัยไทย โดยพบว่า มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับกลุ่มกายภาพและเทคโนโลยีมากที่สุด โดยเฉพาะทางด้านอุทกวิทยา เช่น การพยากรณ์น้ำท่า ส่วนในกลุ่มมนุษย์และเศรษฐกิจ ในอดีตการใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมยังมีการใช้อย่างจำกัดเนื่องจากข้อจำกัดของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เช่น คุณภาพ ปริมาณ และประเภทของข้อมูล แต่ในปัจจุบันจำนวนงานวิจัยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม, ภูมิศาสตร์, ประเทศไทย

Abstract

The propose of this article is to investigate the role of Artificial Neural Network (ANN) for geography in Thailand that can be divided into 2 groups; physical and technology group and human and economic group. By searching and reviewing various publications from databases of Thai thesis database from Office of the Higher Education Commission, National Science and Technology Development Agency (NSTDA), National Research Council of Thailand, The Thailand Research

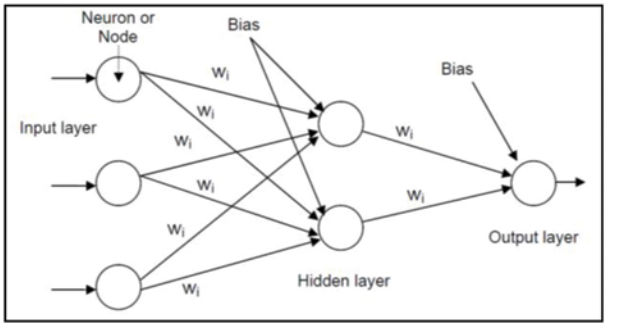
[1] *อาจารย์ ดร. ประจำภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*
tawee.c@cmu.ac.th, chaipimonplin@hotmail.com

Fund (TRF) and Thai National Research Repository. It has been found that there is the highest number of applications in physical and technology group, particularly in the hydrology study for forecasting runoff. For the human and economic group, there was a limited of using the ANN model due to the limited of model capacity such as qualities, quantities and types of data but currently the number of research tends to be increased.

Keywords: Artificial Neural Network Model, Geography, Thailand

บทนำ

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในกลุ่ม Artificial Intelligent (AI) ซึ่งมีจุดเด่นคือสามารถที่จะเรียนรู้ จดจำสิ่งต่างๆ ได้เป็นอย่างดี โดยแบบจำลอง ANN มีลักษณะโครงสร้าง และหลักการทำงานคล้ายสมองคน โดยสามารถที่จะเรียนรู้ จดจำรูปแบบต่างๆ เรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ได้ตลอดเวลา เมื่อมีข้อมูลที่ทันสมัยและใหม่มากขึ้น แบบจำลองประเภทนี้ยังสามารถที่เรียนรู้ได้ภายในระยะเวลาอันสั้น (Haykin, 1999) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาแบบจำลองให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ โดยโครงสร้างสถาปัตยกรรมแบบจำลอง ANN จะประกอบด้วยชั้น (Layers) ต่างๆ คือ ชั้นข้อมูลนำเข้า (Input layer) ชั้นซ้อน (Hidden layer) และ ชั้นข้อมูลออก (Output layer) โดยชั้นต่างๆ จะประกอบไปด้วย เซลหรือโหนด (Node) ซึ่งเซลในชั้นต่างๆ จะมีการเชื่อมโยงถึงกันและจะมีตัวแปรที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ เช่น ค่าน้ำหนัก (Weight-W) แบบจำลอง ANN จะมีการปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ ภายในกระบวนการเรียนรู้ เพื่อให้ผลลัพธ์จากการเรียนรู้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่ต้องการพยากรณ์มากที่สุด (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

ประสิทธิภาพความแม่นยำของแบบจำลอง ANN ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ปัจจัยคือ ปัจจัยภายใน และภายนอก ซึ่งปัจจัยภายในคือ ปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการเรียนรู้ จดจำของแบบจำลอง ANN เช่น ประเภทการเรียนรู้ การกำหนดจำนวนเซลในชั้นซ้อน (Hidden Nodes) การกำหนดอัตราการเรียนรู้ (Learning Rates) ประเภทกระบวนการเรียนรู้ (Learning Algorithms) เป็นต้น สำหรับปัจจัยภายนอก คือ ประเภทข้อมูลนำเข้า (Input Variables) และการพยากรณ์ (Output Variables) รวมถึงคุณภาพข้อมูล และปริมาณข้อมูล ถ้ามีคุณภาพที่ดีและมีปริมาณที่เพียงพอ ก็จะทำให้แบบจำลอง ANN มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในการคัดเลือกประเภทข้อมูลนำเข้านั้น มีเทคนิคต่างๆ เช่น Cross Correlation (นิยมใช้มากที่สุด), Stepwise Regression, Data Mining, Genetic Algorithms, หรือ คัดเลือกโดยประสบการณ์จากผู้วิจัยเอง (Supervised) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ควบคุมปัจจัยภายในและภายนอกของแบบจำลอง ANN คือ ลักษณะ ประเภทงานวิจัย, ประเภทข้อมูล, ลักษณะต่างๆ ของพื้นที่ศึกษา เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้าและการพยากรณ์อาจจะแตกต่างกัน ทำให้การกำหนดปัจจัยภายในและภายนอก แตกต่างกันไป ดังนั้นในงานวิจัยซึ่งมีความแตกต่างกัน ควรจะมีการศึกษาทดสอบ ปัจจัยภายในและภายนอกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแบบจำลอง ANN เพื่อให้แบบจำลองมีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูงสุด

ในปัจจุบันแบบจำลอง ANN ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในทุกสาขาวิชา เช่น ใช้ในการคำนวณค่า landslide susceptibility indices เพื่อเพิ่มความแม่นยำสำหรับการทำแผ่นที่เสี่ยงดินถล่ม (Choi et al., 2012), พยากรณ์ความแรงแผ่นดินไหว (Moustra et al., 2011), คาดการณ์ปริมาณการเปลี่ยนแปลงโปรตีนของกุ้งขณะต้ม (Niamnuy et al., 2012), จำแนกกลุ่มคุณภาพน้ำในลำคลอง (Areerachakul and Sanguansintukul, 2010), จำลองตำแหน่งที่ตั้งของหมู่บ้าน (Tang et al., 2009), คาดการณ์ปริมาณความต้องการสำหรับพลังงานในการขนส่ง (Limanond et al., 2011), วิเคราะห์การล้มละลายของธุรกิจ (Sookhanaphibarn et al., 2007) เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN ส่วนมากจะมุ่งเน้นในการพยากรณ์ คาดการณ์ จัดกลุ่มหรือจำแนกองค์ประกอบต่างๆ โดยงานวิจัยในประเทศไทยส่วนมากเป็นงานวิจัยในกลุ่มวิศวกรรมศาสตร์ หรือ เทคโนโลยีสารสนเทศ แต่สำหรับการประยุกต์ใช้ในงานด้านภูมิศาสตร์ ในประเทศไทยยังไม่แพร่หลายมากนัก

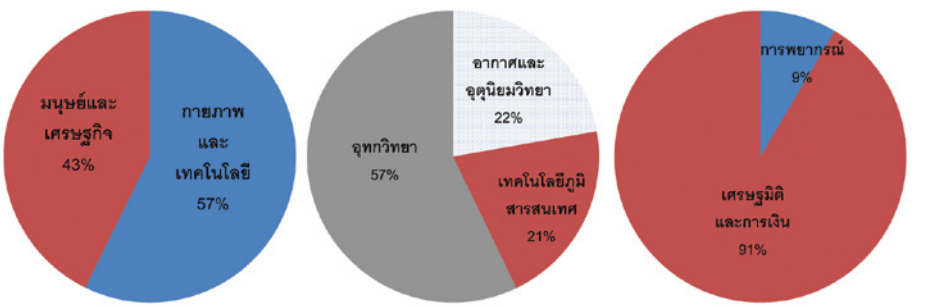
ดังนั้นวัตถุประสงค์ของบทความนี้คือ การรวบรวมงานวิจัยการใช้แบบจำลอง ANN ที่มีความเกี่ยวข้องหรือสามารถที่จะเชื่อมโยงกับงานด้านภูมิศาสตร์ได้ เพื่อที่จะเป็นแนวทางการพัฒนาหรือแนวทางในการคิดหัวข้อวิจัยในด้านภูมิศาสตร์ และเข้าใจถึงศักยภาพของแบบจำลอง ANN มากขึ้นในการนำมาประยุกต์ใช้กับการศึกษา การวิเคราะห์ทางด้านภูมิศาสตร์ และบทความฉบับนี้จะเป็นการค้นคว้า และรวบรวมข้อมูล งานวิจัย บทความทางวิชาการ และวิทยานิพนธ์ในประเทศไทย ที่เกี่ยวกับการนำระบบโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในงานด้านภูมิศาสตร์

ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษานี้จะมีประเด็นที่จะวิเคราะห์จัดกลุ่มงานวิจัยที่สืบค้นได้ 2 กลุ่ม คือ การประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN สำหรับภูมิศาสตร์กายภาพและเทคโนโลยี และสำหรับภูมิศาสตร์มนุษย์และเศรษฐกิจ โดยจะทำการสืบค้นจากคำ “โครงข่ายประสาทเทียม, โครงข่ายประสาทประดิษฐ์, โครงข่ายใยประสาทเทียม และโครงข่ายใยประสาทประดิษฐ์”จาก 5 ฐานข้อมูลในประเทศ คือ ฐานข้อมูลโครงการเครือข่ายห้องสมุดไทย (ThaiLIS-Thai Library Integrated System) ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (http://tdc.thailis.or.th/tdc//index.php), ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (http://www.thaithesis.org/), ฐานข้อมูลงานวิจัย ของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (http://dric.nrct.go.th/index.php), ฐานข้อมูลงานวิจัย ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (http://www.trf.or.th/) และระบบคลังข้อมูลงานวิจัยไทย โดยคณะทำงานเพื่อพัฒนาและบูรณาการระบบข้อมูลวิจัยของประเทศ (http://www.tnrr.in.th/) ซึ่งมีข้อมูลวิทยานิพนธ์ บทความวิชาการ และรายงานการวิจัย จากมหาวิทยาลัยต่างๆ ทั่วประเทศไทย

ผลการสืบค้นและการวิเคราะห์

จากการสืบค้นจำนวน 5 ฐานข้อมูล มีงานวิจัยในการประยุกต์ใช้ของแบบจำลอง ANN ทั้งสิ้นประมาณ 350 รายการ (ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2538 -2555) โดยมีจำนวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แบบจำลอง ANN ในด้านภูมิศาสตร์จำนวน 110 รายการ คิดเป็นร้อยละ 31 จากจำนวนทั้งหมด โดยจำแนกเป็นการประยุกต์ในภูมิศาสตร์กายภาพและเทคโนโลยี จำนวน 63 รายการ และในภูมิศาสตร์มนุษย์และเศรษฐกิจ มีจำนวน 47 รายการ (รูปที่ 2 ซ้าย) (สืบค้นเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2557)



รูปที่ 2 สัดส่วนร้อยละการจัดกลุ่มประเภทงานวิจัยด้านภูมิศาสตร์

1. การประยุกต์ในภูมิศาสตร์กายภาพและเทคโนโลยี

ในกลุ่มการประยุกต์ใช้ในด้านภูมิศาสตร์กายภาพและเทคโนโลยีทั้งหมด 63 รายการ พบว่ามีการนำแบบจำลอง ANN ใช้ในด้านอุทกวิทยามากที่สุด (36 รายการ) ส่วนพยากรณ์ด้านอากาศและอุตุนิยมวิทยา (14 รายการ) และใช้ร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (13 รายการ) มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน (รูปที่ 2 กลาง)

1.1 ตัวอย่างการใช้ในด้านอากาศและอุตุนิยมวิทยา

พบว่ามีการนำแบบจำลอง ANN ไปใช้ในการพยากรณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็กล่วงหน้า 1 วัน (วรรณลภย์ วิสิฐธรรมคุณ, 2548) พยากรณ์อากาศ (ชินนะ สระชุ่ม, 2550) สำหรับการพยากรณ์ปริมาณฝนเป็นงานวิจัยที่วิจัยกันมากที่สุด ในแต่ละงานวิจัยจะมีการคัดเลือกตัวแปรนำเข้า (Input variables) ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะสภาพพื้นที่ และจำนวน ประเภทข้อมูลที่มีการจดบันทึกไว้ ตัวอย่างการใช้ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในการพยากรณ์ปริมาณฝน เช่น เมฆ, ความเร็วลม, ความชื้นสัมพัทธ์, ความกดอากาศ, อุณหภูมิจุดน้ำค้าง, รังสีอาทิตย์, อุณหภูมิอากาศ เป็นต้น โดยแบบจำลอง ANN แสดงประสิทธิภาพการพยากรณ์ปริมาณฝนได้เป็นอย่างดี (ประสาน สังวาลเดช, 2553; พรพิมล ณ นคร, 2550; วีรวุธ เลพล, 2553)

1.2 ตัวอย่างการใช้ในด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

สำหรับการใช้แบบจำลอง ANN ร่วมกับงานวิเคราะห์ด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ สามารถแบ่งออก เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้คือ

1.2.1 ใช้แบบจำลอง ANN ช่วยวิเคราะห์ จัดกลุ่ม จำแนกข้อมูลภาพ เช่น ใช้แบบจำลอง ANN ในการแยกประเภทข้อมูลภาพดาวเทียม JERS-1 (สมหญิง พรหมเจริญ และยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี, 2542), LANDSAT 5 (ชัชชัย เดชเกตุ, 2545; วันชัย ขวาธิจักร, 2549) การวิเคราะห์จำแนกภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 และ ADEOS ซึ่งพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีศักยภาพในการที่จะแยกแยะภาพที่มีความแตกต่างหรือคล้ายคลึงกันได้ และยังสามารถแยกแยะภาพที่ให้ขอบเขตภาพได้ชัดเจน (สุเมธ ฆโนทัย และคณะ, 2545) และ ชัชชัย เดชเกตุ (2545) สรุปว่า แบบจำลอง ANN ให้ผลการจำแนกดีกว่าการจำแนกภาพดาวเทียมด้วยวิธีคล้ายคลึงมากที่สุด (Maximum likelihood) ถึงแม้ว่าแบบจำลอง ANN จะสามารถจำแนกข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพสูง แต่ใช้เวลาประมวลผลค่อนข้างนาน (สมหญิง พรหมเจริญ และยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี, 2542) ส่วน สราวุธ นนทะสุด (2551) ใช้แบบจำลอง ANN มาช่วยในการวิเคราะห์การลดความคลาดเคลื่อนของพิกัดจากความแปรปรวนของชั้นบรรยากาศสำหรับเครื่อง GPS

1.2.2 ใช้แบบจำลอง ANN ช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ เช่น สุเทพ จันทร์เขียว (2546) ใช้แบบจำลอง ANN ในการพยากรณ์น้ำท่วมฉับพลันในพื้นที่ และใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมฉับพลันและแผ่นดินถล่ม

1.2.3 ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศช่วยในการเตรียมหรือจัดการข้อมูลเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับให้แบบจำลอง ANN พยากรณ์ เช่น สุรเชษฐ์ เถื่อนแก้วสิงห์ (2552) โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดเตรียมข้อมูลต่างๆ เช่น พันธุ์อ้อย ลักษณะดิน อายุอ้อย ปริมาณน้ำฝนสะสม อุณหภูมิเฉลี่ย และ ความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ย แล้วใช้แบบจำลอง ANN พยากรณ์ผลผลิตของอ้อย (ตัน/ไร่) ส่วน กาญจนา ทองบุญนาค (2551) ใช้พยากรณ์ผลผลิตลำไย โดยการใช้ข้อมูลกลุ่มชุดดิน และข้อมูลสภาพอากาศ (อุณหภูมิ ปริมาณแสดงแดด และปริมาณฝนเฉลี่ยจากการ Interpolate) ซึ่งแบบจำลอง ANN มีความแม่นยำ ร้อยละ 90.14

1.3 ตัวอย่างการใช้ในด้านอุทกวิทยา

สำหรับการใช้แบบจำลอง ANN ในด้านอุทกวิทยานั้น สามารถแบ่งประเภทการพยากรณ์ได้ 3 กลุ่ม ดังนี้คือ

1.3.1 การพยากรณ์ความสูงของคลื่น เช่น การพยากรณ์คลื่นสึนามิ โดยในการพยากรณ์สึนามิโดยทั่วไปจะใช้ข้อมูลความสูง และเวลาเดินทางของคลื่น แล้วทำการวิเคราะห์ในแต่ละเหตุการณ์ไว้ล่วงหน้าเก็บเอาไว้ แต่สำหรับการใช้แบบจำลอง ANN จะใช้ข้อมูลระยะเวลาการเดินทางของคลื่นจากสถานีวัดคลื่นกลางมหาสมุทร และตำแหน่งของรอยเลื่อน ในการพยากรณ์คลื่นสึนามิ (อาทิตย์ อินทวี, 2551) สำหรับวัฒนา กันบัว (2548) ใช้พยากรณ์ความสูงของคลื่นที่เกิดจากพายุหมุนเขตร้อนในอ่าวไทย และ ชาญ เขตจัตุรัส (2547) ใช้พยากรณ์คลื่นในอ่าวไทย และสรุปว่า แบบจำลอง ANN ได้ผลการพยากรณ์ได้ดี

1.3.2 การพยากรณ์อัตราการไหลรายวันเข้าอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณน้ำฝน อัตราการระเหย และ ระดับน้ำ ณ สถานีต้นน้ำ เป็นต้น (คณิต ชินวงศ์, 2548; ธีรยุทธ ใจตรง, 2548; นัทพันธุ์ เกษมพันธุ์, 2548) อรอนงค์ วรรณราช (2546) ใช้ในการบริหารจัดการน้ำ โดยสรุปว่า แบบจำลอง ANN สามารถที่จะช่วยลดปริมาณน้ำหลากล้นอ่างได้ แต่เฉพาะกรณีน้ำปานกลางเท่านั้น

1.3.3 พยากรณ์ปริมาณน้ำท่วม, ระดับน้ำ และ อัตราการไหล จากข้อมูลต่างๆ เช่น ระดับน้ำ ณ สถานีต้นน้ำ หรืออัตราการไหลของสถานีต้นน้ำ ค่าปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน เป็นต้น (ชุติมาศ สำแดงฤทธิ์, 2552; เชาวน์ หิรัญติยะกุล, 2549; ทนงศักดิ์ สุขี, 2547; ทรงศักดิ์ ภัทราวุฒิชัย, 2546; ทวี ชัยพิมลผลิน, 2555; พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์, 2546; วงศ์วัฒนา สมบุญยิ่ง, 2548; ศิริกัญญา แสงสว่าง, 2546; สุประภาพ พัฒน์สิงหเสนีย์, 2546; Junsawang, 2007) แต่มีบางงานวิจัยที่ใช้แบบจำลอง ANN ในการพยากรณ์ความลึกของปริมาณน้ำท่ารายวันเฉลี่ยทั้งพื้นที่ โดยในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า (โอม ไทยสวัสดิ์, 2550) หรือ พยากรณ์ระดับน้ำโดยใช้ข้อมูลระดับน้ำร่วมกับภาพเรดาร์ (ทวี ชัยพิมลผลิน, 2555) นอกจากจะใช้แบบจำลอง ANN ในการพยากรณ์แล้วยังมีการนำมาใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและอัตราการไหล (Rating Curve) โดยสรุปว่าค่าอัตราการไหลจากแบบจำลอง ANN มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากการวัดมากกว่าวิธีที่ถือปฏิบัติกันมาก แต่มีข้อจำกัดเมื่อข้อมูลสำหรับ

การทดสอบแบบจำลองมีปริมาณน้ำมากกว่าช่วงข้อมูลในการเรียนรู้ (เลอพงศ์ อ่ำสุริยา, 2546) สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลอง ANN กับแบบจำลองประเภทอื่นๆ พบว่า สำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า แบบจำลอง ANN มีความแม่นยำมากกว่าแบบจำลองการเพิ่มทั่วไป (Generalized Additive Model) (ชุติมาศ สำแดงฤทธิ์, 2552), ดีกว่าแบบจำลอง NAM (Nedbor Afstromnigs Model) (ศิริกัญญา แสงสว่าง, 2546), ดีกว่าแบบจำลอง Tank (ทนงศักดิ์ สุขี, 2547), ดีกว่าแบบจำลอง MIKE II (ทรงศักดิ์ ภัทราวุฒิชัย, 2546), ให้ผลการพยากรณ์ความสูงของคลื่นดีกว่าแบบจำลอง WAM (Wave Modeling) (วัฒนา กันบัว, 2548), การพยากรณ์ระดับน้ำรายชั่วโมงในการพยากรณ์ระดับน้ำ แบบจำลอง ANN ให้ผลดีกว่าแบบจำลองฮาร์โมนิก (พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์, 2546), แบบจำลอง ANN ให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำว่าแบบจำลองทาง Stochastic ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ รายวัน รายสัปดาห์ และรายเดือน (นัทพันธุ์ เกษมพันธุ์, 2548) แต่ สุประภาพ พัฒน์สิงหเสนีย์ (2546) สรุปว่าการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมในลุ่มน้ำปิงตอนบน แบบจำลอง ANN และแบบจำลอง MIKE II ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน ลักษณะเด่นของโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์น้ำท่วม คือ มีความสามารถที่จะพยากรณ์เหตุการณ์ที่ แบบจำลองไม่เคยเห็นหรือเรียนรู้มาก่อน เช่น เหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน (Kasabov, 1996) ซึ่งถือว่าเป็นจุดที่สำคัญอย่างยิ่งกับสภาวะเหตุการณ์ในปัจจุบัน ที่ความถี่ ความรุนแรงของอุทกภัย มีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับในอดีตที่ผ่านมา

ในปัจจุบัน กลุ่มงานสารสนเทศและการพยากรณ์น้ำ สังกัด กรมชลประทาน (สุรพันธ์ อินแก้ว, 2555) ได้นำแบบจำลอง ANN มาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำ 1-3 วัน ล่วงหน้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการรายงานปริมาณน้ำท่ารายวันทั้งประเทศ ซึ่งขณะนี้มีการนำไปใช้ 11 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำเจ้าพระยา (สถานี C.2), ลุ่มน้ำปิง (สถานี P.17 และ P.1), ลุ่มน้ำวัง (W.21), ลุ่มน้ำยม (Y.4, Y.1C), ลุ่มน้ำน่าน (N.67, N.5A, N.1) , ลุ่มน้ำป่าสัก (S.42), ลุ่มน้ำชี (E.18, E.23), ลุ่มน้ำมูล (M.7, M.5, M.9), ลุ่มน้ำปราจีนบุรี (KGT.3) , ลุ่มน้ำแม่กลอง (K.37, B.10A) และ ลุ่มน้ำภาคใต้ (X.158, X.90)

2. การประยุกต์ในภูมิศาสตร์มนุษย์และเศรษฐกิจ

จากการสืบค้นงานวิจัย มีงานวิจัยในการใช้แบบจำลอง ANN ในด้านภูมิศาสตร์มนุษย์และเศรษฐกิจ จำนวนทั้งหมด 47 รายการ แบ่งประเภทงานวิจัยเป็น 2 กลุ่มคือ การพยากรณ์ (ผลผลิต จำนวนผู้ป่วยและจำนวนนักท่องเที่ยว) มีจำนวนเพียง 4 รายการ และ เรื่องเศรษฐมิติและการเงิน มีจำนวนมากที่สุดคือ 43 รายการ (รูปที่ 2 ขวา) โดยงานวิจัยที่ดำเนินการก่อนปี พ.ศ. 2550 มีจำนวนค่อนข้างน้อย จำนวนเพียง 16 รายการ (ร้อยละ 34) แต่หลังจากปี พ.ศ. 2550 มีจำนวนงานวิจัยเพิ่มขึ้นจำนวน 31 รายการ (ร้อยละ 66) ซึ่งปัจจัยที่ทำให้จำนวนงานวิจัยมีแนวโน้มมากขึ้นเนื่องจาก เริ่มมีจำนวนข้อมูลที่เพียงพอในการใช้วิเคราะห์

มีการนำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการพยากรณ์ (จำนวนผู้ป่วย ราคาสินค้าต่างๆ เช่น ยางพารา ทองคำ พืชน้ำมัน และข้าวเปลือก เป็นต้น) พยากรณ์ปริมาณสินค้าส่งออก (สับปะรดกระป๋อง หรือ แป้งมันสำปะหลัง) และพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า มีจำนวนงานวิจัยมากที่สุด (8 รายการ) ตัวอย่างงานวิจัยในด้านภูมิศาสตร์มนุษย์และเศรษฐกิจ เช่น พยากรณ์ปริมาณการส่งออกข้าวไทย จาก 32 ปัจจัย เช่น จำนวนพลเมืองโลก, จำนวนพลเมืองไทย, ผลผลิตข้าวเปลือกเวียดนาม, GDP ณ ราคาคงที่ของเวียดนาม, GDP ณ ราคาปัจจุบันของสหรัฐฯ, ผลผลิตข้าวโพดโลก, ปริมาณการส่งออกข้าวปากีสถาน, ผลผลิตข้าวสารทั้งหมดของโลก, ปริมาณนำเข้าข้าวโพดในตลาดโลก, อัตราแลกเปลี่ยนเงินเวียดนาม เป็นต้น และสรุปว่า แบบจำลอง ANN มีความแม่นยำกว่าแบบจำลองทางเศรษฐมิติ (แบบจำลอง AIDS และ LA-AIDS) (อาทิตย์ อภิโชติธนกุล, 2551) พยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น (อดิศร แก้วสินธุ์, 2552) ใช้พยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคหัวใจโดยใช้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคหัวใจชาย/หญิง และแยกตามกลุ่มอายุ (เพชรนรินทร์ แก้วหล้า, 2553)

สรุป และวิจารณ์

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN สำหรับงานวิจัยด้านภูมิศาสตร์กายภาพและเทคโนโลยีนั้น แบบจำลอง ANN นิยมใช้ในการพยากรณ์ค่าต่างๆ เนื่องจากจุดเด่นของแบบจำลอง ANN คือ การเรียนรู้จดจำพฤติกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ไม่ใช้ความสัมพันธ์แบบ Linear relationship ได้เป็นอย่างดี เช่น งานวิจัยในด้านอุทกวิทยา เนื่องจากมีจำนวนข้อมูล และปริมาณข้อมูลที่มากพอ ในการให้แบบจำลอง ANN เรียนรู้ เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝน หรือข้อมูลระดับน้ำ ที่มีการจดบันทึกมากกว่า 10 ปี งานวิจัยสำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN ในงานด้านภูมิศาสตร์มนุษย์และเศรษฐกิจนั้น ในระยะแรก (ก่อนปี พ.ศ. 2550) ยังค่อนข้างจำกัดเนื่องจากข้อจำกัดของประเภท และจำนวนข้อมูลที่ไม่มากพอเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลทางด้านกายภาพและเทคโนโลยี ประกอบกับหลักการทำงานของแบบจำลอง ANN ยังไม่สามารถตอบโจทย์วิจัยได้ทั้งหมด แต่จะมีแบบจำลองอีกประเภทซึ่งจัดเป็นกลุ่ม AI (Artificial Intelligent) ตัวอย่างเช่น Agent Based ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองพฤติกรรมของคน เช่น พฤติกรรมการตัดไม้ทำลายป่าในบริเวณหมู่บ้านชาวเขาในประเทศเวียดนาม (Ngo et al., 2012) โดยสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ Agent Based ในงานด้านภูมิศาสตร์ ได้จากหนังสือ Agent-Based Models of Geographical Systems (Heppenstall, et al., 2012) จากการรวบรวมงานวิจัยในบทความนี้ พบว่า มีเพียงงานวิจัยบางส่วนที่มีการทดสอบ เปลี่ยนค่าตัวแปรภายใน และมีงานวิจัยน้อยมากที่มีการใช้เทคนิคอื่นๆ มาช่วยในการวิเคราะห์ คัดเลือกข้อมูล หรือตัวแปรนำเข้าสำหรับแบบจำลอง ANN ในการเรียนรู้ เนื่องจากผู้ทำวิจัยส่วนมากจะคัดเลือกตัวแปรนำเข้าด้วยตนเอง อ้างอิงจากประสบการณ์หรือองค์ความรู้พื้นฐานของผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา ทองบุญนาค. (2551). **การบูรณาการโครงข่ายใยประสาทเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการพยากรณ์ผลผลิตทางการเกษตร: กรณีศึกษาผลผลิตลำไยในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตดุษฎีบัณฑิต (ภูมิสารสนเทศ). นครราชสีมา: สำนักวิชาการรับรู้ระยะไกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

คณิต ชินวงศ์. (2548). **การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ของอ่างเก็บน้ำดอกกรายและอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล จังหวัดระยอง โดยใช้โครงข่ายประสาทประดิษฐ์.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน). กรุงเทพฯ: สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาญ เขตจัตุรัส. (2547). **การศึกษาการพยากรณ์คลื่นโดยแบบจำลองเชิงสถิติ (กรณีศึกษาคลื่นในอ่าวไทย).** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

ชุติมาศ สำแดงฤทธิ์. (2552). **การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลองการเพิ่มทั่วไปและโครงข่ายประสาทเทียม กรณีศึกษาลุ่มน้ำยมสถานี Y4 จังหวัดสุโขทัย.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์). กรุงเทพฯ: สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชัชชัย เดชเกตุ. (2545). **การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการจำแนกภาพดาวเทียมโดยใช้วิธีการแพร่กลับความคลาดเคลื่อนในโครงข่ายใยประสาทเทียมกับวิธีความคล้ายคลึงมากที่สุด.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสำรวจ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชินนะ สระชุ่ม. (2550). **การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสารทเทียมสำหรับการพยากรณ์อากาศ.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการ). เชียงใหม่: สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เชาวน์ หิรัญตียะกุล. (2549). **รายงานการวิจัยการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการเตือนภัยน้ำท่วม.** นครราชสีมา: สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ทนงศักดิ์ สุขี. (2547). **การศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองฝน-น้ำท่า โดยระบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์และแบบจำลองถัง.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน). กรุงเทพฯ: สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทรงศักดิ์ ภัทราวุฒิชัย. (2546). **การพยากรณ์สภาพน้ำท่วมในลุ่มน้ำภาชี โดยแบบจำลอง MIKE 11 และโครงข่ายประสาทประดิษฐ์.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน). กรุงเทพฯ: สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทวี ชัยพิมลผลิน. (2555). **รายงานการวิจัยการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์น้ำท่วม ในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้ภาพเรดาร์และข้อมูลอุทกวิทยา.** เชียงใหม่: สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธีรยุทธ ใจตรง. (2548). **การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมของอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อการบริหารจัดการอุทกภัย.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นัทพันธุ์ เกษมพันธุ์. (2547). **การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยระบบโครงข่ายประสาทสัมผัสประดิษฐ์และแบบจำลองทางสโตคาสติก.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประสาน สังวาลเดช. (2553). **การคาดหมายการเกิดฝนบริเวณกรุงเทพมหานครจากดรรชนีเสถียรภาพของอากาศ ด้วยระบบโครงข่ายประสาทเทียม.** กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา.

พรพิมล ณ นคร. (2550). **แบบจำลองระบบพยากรณ์อากาศโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม: กรณีศึกษา กรมอุตุนิยมวิทยา ประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์). สงขลา: ฝ่ายหอสมุดคุณหญิงหลง อรรถกระวิสุนทร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์. (2546). **การพยากรณ์ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาภายใต้อิทธิพลของระดับน้ำขึ้นน้ำลงโดยใช้โครงข่ายใยประสาทเทียม.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมแหล่งน้ำ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพชรนรินทร์ แก้วหล้า. (2553). **ระบบการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคหัวใจโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ). กรุงเทพฯ: สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เลอพงศ์ อ่ำสุริยา. (2546). **การประยุกต์ใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมในการจำลองความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-อัตราการไหล.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมแหล่งน้ำ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วงศ์วัฒนา สมบุญยิ่ง. (2548) **การพัฒนากรรมวีธีพันธุกรรม ร่วมกับโครงข่ายใยประสาทเทียมสำหรับพยากรณ์น้ำท่ารายวันล่วงหน้า ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมแหล่งน้ำ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณลภย์ วิสิฐธรรมคุณ. (2548). **การพยากรณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยใช้โครงข่ายใยประสาทเทียม พื้นที่ศึกษา: บริเวณกรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสารสนเทศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

วีรวุธ เลพล. (2553). **การสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำฝนโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับเขตภูมิอากาศร้อนชื้น.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล). มหาสารคาม: สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วันชัย ขวาธิจักร. (2549). **การแยกประเภทข้อมูลภาพลักษณ์จากดาวเทียมโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Radial basis function.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์). ขอนแก่น: สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วัฒนา กันบัว. (2548). **ลักษณะของคลื่นลมซึ่งเกิดมาจากอิทธิพลของพายุหมุนเขตร้อนในอ่าวไทย.** วิทยานิพนธ์ ดุษฎีบัณฑิต (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

ศิริกัญญา แสงสว่าง. (2546). **การเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและแบบจำลองทางอุทกวิทยาในการประเมินน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบน.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมหญิง พรหมเจริญ และยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี. (2542). การจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม JERS-1 ระบบ OPS โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม. ใน: **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: 271-277.

สราวุธ นนทะสุด. (2551). **การลดพิกัดที่คลาดเคลื่อนของเครื่องรับ GPS เนื่องจากความแปรปรวนของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโทรคมนาคม). กรงเทพฯ: สำนักหอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุประภาพ พัฒน์สิงหเสนีย์. (2546). **การเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมในลุ่มน้ำปิง ตอนบน.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรเชษฐ์ เถื่อนแก้วสิงห์. (2552). **การใช้โครงข่ายประสาทเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อย.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ). ขอนแก่น: สำนักวิทยาบริการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรพันธ์ อินแก้ว. (2555). **การคาดการณ์ปริมาณน้ำล่วงหน้า 1-3 วัน ในลุ่มน้ำหลักโดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (ANNs).** สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2555, จาก http://water.rid.go.th/hyd/

สุเทพ จันทร์เขียว. (2546). **พื้นที่เสี่ยงภัยการเกิดน้ำท่วมฉับพลันและแผ่นดินถล่มในจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุเมธ ฆโนทัย, ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี และ ปัญญา ฐิติมัชฌมา. (2545). การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมแบบหลายช่วงคลื่นด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ART. ใน: **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์ ครั้งที่ 40.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: 52-57.

อดิศร แก้วสิทธุ์. (2552). **การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม.** วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ครุศาสตร์ไฟฟ้า). กรุงเทพฯ: สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อรอนงค์ วรรณราช. (2546). **การบริหารอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ โดยประยุกต์ใช้เทคนิคโครงข่ายใยประสาทเทียม.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมแหล่งน้ำ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาทิตย์ อินทวี. (2551). **การพยากรณ์สึนามิโดยวิธีโครงข่ายใยประสาทเทียม.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมแหล่งน้ำ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาทิตย์ อภิโชติธนกุล.(2551). **การพยากรณ์ความต้องการข้าวไทยจากต่างประเทศโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและแบบจำลองเศรษฐมิติ.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ). ขอนแก่น: สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

โอม ไทยสวัสดิ์. (2550). **การประยุกต์แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม สำหรับการประเมินน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อยของ ลุ่มน้ำปิงตอนบน ที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Areerachakul, Sirilak and Sanguansintukul, Siripun. (2010). Classification and Regression Trees and MLP Neural Network to Classify Water Quality of Canal in Bangkok, Thailand. **International Journal of Intelligent Computing Research.** 1: 43-50.

Choi, Jaewon., Oh, Hyun-Joo., Lee, Hong-Jin., Lee, Changwook., and Lee, Saro. (2012). Combining Landslide Susceptibility Maps Obtained from Frequency Ratio, Logistic Regression, and Artificial Neural Network Models using ASTER Images and GIS. **Engineering Geology.** 124: 12-23.

Haykin, Simon. (1999). **Self-organizing Maps. Neural Networks – A Comprehensive Foundation.** 2nd Edition. Prentice-Hall, New Jersey.

Heppenstall, Alison J., Crooks, Andrew T., See, Linda M. and Batty, Michael. (2012). **Agent-Based Models of Geographical Systems.** London: Springer.

Junsawang, Prem. (2007). **Artificial Neural Network Model for Rainfall-Runoff Relationship.** Master's thesis. Master of Science (Computational Science). Bangkok: Center of Academic Resources. Chulalongkorn University.

Kasabov, Nikola, K. (1996). **Foundations of Neural Network, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering.** The MIT Press, Cambridge MA.

Limanond, Thirayoot., Jomnonkwao, Sajjakaj., and Srikaew, Artit. (2011). Projection of Future Transport Energy Demand of Thailand. **Energy Policy.** 39: 2754-2763.

Moustra, Maria., Avraamides, Marios., and Christodoulou, Chris. (2011). Artificial Neural Network for Earthquake Prediction Using Time Series Magnitude Data or Seismic Electric Signals. **Expert Systems with Applications.** 38(12): 15032-15039.

Ngo, The A., Drake, France and See, Linda. (2012). An Agent-Based Modelling Application of Shifting Cultivation.IN Alison J.H., Andrew T.C., Linda M.S. and Michale B. **Agent-Based Models of Geographyical Systems.** London: Springer.

Niamnuy, Chalida., Kerdpiboon, Soraya., and Devahastin, Sakamon. (2012). Artificial Neural Network Modeling of Physicochemical Changes of Shrimp During Boiling. **LWT-Food Science and Technology.** 45: 110-116.

Sookhanaphibarn, K.ingkarn, Polsiri, Piruna., Choensawat, Worawat., and Lin, Frank, C., (2007). Application of Neural Networks to Business Bankruptcy Analysis in Thailand. **International Journal of Computational Intelligence Research.** 3: 91-96.

Tang, Wenwu., Malanson, George, P., and Entwisle, Barbara. (2009). Simulated Village Locations in Thailand: A Multi-scale Model Including A Neural Network Approach. **Landscape Ecology.** 24: 557-575.