# บทที่ 2
# การศึกษาที่ผ่านมา

## 2.1 การศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

**NEDECO (1984)** ได้ทำการศึกษาโครงการป้องกันน้ำท่วมในเขตกรุงเทพและปริมณฑล ในเขตพื้นที่ใจกลางเมือง (City Core Project) โดยเสนอให้มีการปรับปรุงโครงสร้างทางวิศวกรรม โดยจัดทำเป็นลำดับความสำคัญในการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วม เช่นให้ดำเนินการในเรื่อง ป้องกันน้ำท่วมตามแนวป้องกันที่สำคัญก่อน เช่น ประตูระบายน้ำและสถานีสูบน้ำ ซึ่งเป็นการ ป้องกันน้ำภายนอกไม่ให้เข้ามาในพื้นที่ แต่ยังไม่มีแผนงานของระบบระบายน้ำภายในและระบบ พื้นที่ปิดล้อมสำหรับการบริหารน้ำภายใน โดยสาเหตุของปัญหาน้ำท่วมเกิดจากน้ำเหนือหลาก น้ำทะเลหนุน และฝนที่ตกในพื้นที่

**AIT (1986)** ได้ทำการศึกษาโครงการป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานครภายใต้โครงการ "เจ้าพระยา 2 " โดยเป็นมาตรการที่ใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมคือคลองลัดเพื่อระบายน้ำที่มีปริมาณ มากกว่าปกติให้ไหลออกสู่อ่าวไทยโดยไม่ต้องผ่านพื้นที่กรุงเทพมหานคร

โดยได้ศึกษาสาเหตุของน้ำท่วมและพบว่าสาเหตุที่สำคัญคือ

- น้ำ หลากที่มาจากทางด้านเหนือในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายน
- ระดับน้ำทะเลสูง
- ฝนที่ตกหนักในพื้นที่

**JICA (1986)** ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมโครงการป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำใน พื้นที่กรุงเทพฝั่งตะวันออก โดยเสนอมาตรการที่ใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมคือ สร้างพื้นที่ปิดล้อม ประตูระบายน้ำ สถานีสูบน้ำและการปรับปรุงคลอง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำในพื้นที่ ใกล้เคียงที่จะสูงขึ้นและด้านคุณภาพน้ำ ส่วนมาตรการที่ไม่ใช้โครงสร้าง เช่น การกำหนดการใช้ พื้นที่ (พื้นที่สีเขียวสำหรับการเกษตรเท่านั้น) การประชาสัมพันธ์ การพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้า การประกันภัย เป็นต้น

โดยได้ศึกษาสาเหตุของน้ำท่วมและพบว่าสาเหตุที่สำคัญคือ

- พื้นที่มีระดับต่ำ
- ระดับน้ำทะเลสูง
- ฝนที่ตกหนักในพื้นที่

**Sverdrup (1988)** ได้ทำโครงการที่ปรึกษาการบริหารโครงการป้องกันน้ำท่วมในเขตกรุงเทพและปริมณฑล โดยมีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาทบทวนการศึกษาที่ได้กระทำมาก่อนโดยบริษัทที่ปรึกษาต่างๆ และการใช้การพิจารณาทบทวนดังกล่าวเพื่อการเสนอแผนเบ็ดเสร็จในการปรับปรุงการป้องกันน้ำท่วม

โดยได้เสนอการจัดองค์กร การปรับปรุงโครงสร้าง เช่นการจัดสร้างประตูระบายน้ำ และการปรับปรุงการระบายน้ำ การงดใช้น้ำบาดาลเพื่อป้องกันดินทรุด

และเสนอให้จัดทำโครงการพื้นที่ธนบุรีและสมุทรปราการ แต่สำหรับโครงการเจ้าพระยา 2 ให้มีการศึกษาเพิ่มเติม

**สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร (2545)** ได้จัดทำแผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วม กรุงเทพมหานคร ประจำปี 2545 โดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ แผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร เนื่องจากน้ำฝน และแผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร เนื่องจากน้ำหนุนโดยอาศัยคันกั้นน้ำตามแนวฝั่งแม่น้ำ และใช้ประตูระบายน้ำและสถานีสูบน้ำ

โดยได้สรุปสาเหตุน้ำท่วมโดยแบ่งออกเป็นสาเหตุจากธรรมชาติและสาเหตุจากทางกายภาพ

สาเหตุจากธรรมชาติได้แก่ น้ำฝน น้ำทุ่ง น้ำเหนือจากแม่น้ำเจ้าพระยา น้ำทะเลหนุน และระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา

สาเหตุทางกายภาพ ได้แก่ ปัญหาผังเมือง ปัญหาระบบระบายน้ำ และปัญหาแผ่นดินทรุด

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาสามารถสรุปได้ว่าการผันแปรระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาได้รับอิทธิพลจากน้ำเหนือหลาก น้ำทะเลหนุน และฝนที่ตกในพื้นที่ เพราะฉะนั้นแนวทางในการพยากรณ์ค่าระดับน้ำโดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมตัวแปรนำเข้าคือ ระดับน้ำที่สถานีบางไทรซึ่งเป็นตัวแทนของน้ำหลากจากทางด้านเหนือ ระดับน้ำที่สถานีสันดอนกรุงเทพซึ่งเป็นตัวแทนของน้ำทะเลหนุน ระดับน้ำที่สถานีใกล้เคียงและความลึกฝนในพื้นที่ซึ่งเป็นตัวแทนของฝนที่ตกในพื้นที่

## 2.2 โครงข่ายใยประสาทเทียม

การศึกษาเกี่ยวกับโครงข่ายใยประสาทเทียมในด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 10 ปีที่ผ่านมา

**Hajime Mase, Masanobu Sakamoto and Tetsuo Sakai (1995)** ทำการประเมินเสถียรภาพของ rubber-mound breakwater หรือ rock slope โดยใช้ข้อมูลการทดลองของ Van der Meer (1988) ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความชันของหินและหาดที่มีลักษณะเป็นกรวดหรือหินภายใต้การปะทะของคลื่น โดยประยุกต์ใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมชนิดวิธีปรับแก้ค่าย้อนกลับ ตัวแปรเข้าคือ ค่าเสถียรภาพ (stability No). 7 ตัว, ระดับความเสียหาย (the damage level), จำนวนคลื่นที่เข้าปะทะและ ค่าความคล้ายคลึงกันของคลื่น (the surf-similarity parameter) ตัวแปรออกคือค่าระดับความเสียหาย (damage level) มีโครงสร้าง 13-4-1 (ตัวแปรเข้า 13 ตัว ตัวแปรซ่อน 4 ตัว และตัวแปรออก 1 ตัว) โดยใช้ฟังก์ชั่นแปลงค่าแบบซิกมอยด์ (sigmoid) มีค่าโมเมนตัม (momentum) เท่ากับ 0.1 และค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ (learning coefficients) เท่ากับ 0.1 ช่วงเวลาในการเรียนรู้และช่วงเวลาในการทดสอบแบบจำลองใช้วิธีการสุ่มจากตัวอย่างการทดลองของ Van der Meer 100 ตัวอย่าง

ผลของการทดสอบแบบจำลองพบว่าสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ค่าระดับความเสียหายได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ($r^2$) เท่ากับ 0.91 ซึ่งให้ผลประมาณใกล้เคียงกับวิธีของ Van der Meer และผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอเกี่ยวกับการเรียนรู้ของแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมว่าจำนวนตัวแปรซ่อนจำนวนมากไม่ได้ส่งผลให้ผลการทดลองถูกต้องมากขึ้น เพราะจะเกิดการเรียนรู้มากเกินไป (overlearning) ซึ่งส่งผลให้การคำนวณผิดพลาดก็ได้ เพราะฉะนั้นจำนวนตัวแปรซ่อนในแบบจำลองที่เหมาะสมจึงขึ้นอยู่กับสภาพของปัญหานั้นๆ

**Manouchehr Vaziri (1997)** ทำการพยากรณ์ระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 1994 ของทะเลสาบแคสเบี้ยนซึ่งมีอาณาเขตติดกับประเทศรัสเซีย อาเซอร์ไบจัน อิหร่าน เติร์กเมนิสถาน และคาซัคสถาน โดยประยุกต์ใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมชนิดวิธีปรับแก้ค่าย้อนกลับ ตัวแปรเข้าคือระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือน 12 เดือนย้อนหลัง ตัวแปรออกคือ ระดับน้ำเฉลี่ยในเดือนปัจจุบัน มีโครงสร้าง 12-2-1 (ตัวแปรเข้า 12 ตัว ตัวแปรซ่อน 2 ตัว และตัวแปรออก 1 ตัว) โดยใช้ฟังก์ชั่นแปลงค่าแบบไฮเปอร์บอลิก แทนเจ้นท์ (hyperbolic tangent) ใช้กฎการเรียนรู้แบบผลต่างสะสม (cumulative delta rule) มีค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.4 และค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ของชั้นตัวแปรซ่อนและชั้นตัวแปรออกเท่ากับ 0.3 และ 0.15 ตามลำดับ ช่วงเวลาในการเรียนรู้ของโมเดลอยู่ในช่วงเดือนมกราคมปี ค.ศ. 1987 ถึงเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 1993 รวมทั้งสิ้น 84 ตัวอย่างและช่วงเวลาในการทดสอบแบบจำลองตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 1994 รวมทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง

ผลของการทดสอบแบบจำลองพบว่าสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ระดับน้ำเฉลี่ยของทะเลสาบแคสเบี้ยนได้ โดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ระดับน้ำเฉลี่ยต่ำกว่าค่าสังเกตประมาณ 3 เซนติเมตร

**Ching-Piao Tsai and Tsong-Lin Lee (1999)** ทำการพยากรณ์ระดับน้ำขึ้นน้ำลงรายชั่วโมงล่วงหน้า 1 ชั่วโมง ช่วงเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 1994 ของท่าเรือไทชุง (Taichung Harbour) และบริเวณหาดเมอเต๋า (Mirtuor Coast) ในเกาะไต้หวัน โดยประยุกต์ใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมชนิดวิธีปรับแก้ค่าย้อนกลับ ตัวแปรเข้าคือระดับน้ำรายชั่วโมงย้อนหลัง 2 ชั่วโมง และผลต่างระหว่างค่าสังเกตย้อนหลังและค่าพยากรณ์จากแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมย้อนหลัง 2 ชั่วโมง ตัวแปรออกคือ ระดับน้ำรายชั่วโมงปัจจุบัน มีโครงสร้าง 4-4-1 (ตัวแปรเข้า 4 ตัว ตัวแปรซ่อน 4 ตัว และตัวแปรออก 1 ตัว) มีค่าโมเมนตัม เท่ากับ 0.8 และค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้เท่ากับ 0.1 ผลของการทดสอบแบบจำลองพบว่าสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ระดับน้ำขึ้นน้ำลงล่วงหน้า 1 ชั่วโมงได้ โดยมีความผิดพลาดทุกกรณีน้อยกว่า 10 เซนติเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficients) = 0.90

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้เสนอผลของโครงสร้างที่มีต่อการพยากรณ์ดังนี้

- ผลของตัวแปรซ่อน

  กรณีที่ ค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.8 และค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้เท่ากับ 0.1 ที่จำนวนรอบการทำซ้ำ 200 รอบ โครงสร้างที่มีชั้นตัวแปรซ่อน 1 ชั้น ให้ผลดีที่สุด

- ผลของค่าองค์ประกอบการเรียนรู้

  กรณีที่ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้มีค่ามากจะทำให้ผลการพยากรณ์มีการแกว่งสูง แต่หากค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้มีค่าน้อยส่งผลให้จำนวนรอบการทำซ้ำเพื่อให้คำตอบลู่เข้ามีจำนวนมากกว่าหรือใช้เวลาในการเรียนรู้นานกว่านั่นเอง โดยทางผู้วิจัยเสนอใช้ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้เท่ากับ 0.1 เมื่อค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.8 โดยค่าที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละปัญหาด้วย

- ผลของจำนวนโหนดในชั้นตัวแปรเข้า

  การที่ใช้ตัวแปรเข้าจำนวนมากไม่ได้หมายถึงผลการพยากรณ์ที่ดีตามไปด้วย แต่จำนวนตัวแปรเข้าที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเข้าและตัวแปรออกเป็นหลัก

**Coulibaly (2000)** พัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมชนิดต่างๆ เพื่อพยากรณ์อัตราการไหลเข้าอ่าง 1-7 วัน เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าในเขตลุ่มน้ำ Chute-du-Diable ใน Northern Quebec ประเทศแคนาดา ซึ่งมีขนาดลุ่มน้ำ 9,700 ตารางกิโลเมตร ในส่วนของโครงสร้างของแบบจำลองนั้น ตัวแปรเข้าคือปริมาณน้ำไหลเข้าตามธรรมชาติรายวัน ข้อมูลฝนหรือหิมะ 5 วันย้อนหลัง ค่าประมาณการละลายของหิมะ 5 วันย้อนหลัง อุณหภูมิเฉลี่ย, สูงสุดและต่ำสุดรายวัน ตัวแปรออกคือ อัตราการไหลเข้าอ่าง 1-7 วัน ช่วงเวลาในการเรียนรู้ 29 ปี ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1964

ถึงปี ค.ศ. 1992 และช่วงเวลาการทดสอบของโมเดล 3 ปี ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1993-1995 โดยแบบจำลองที่ใช้มี 4 ประเภท

1. แบบจำลองที่ใช้การปรับแก้ค่าที่ได้จากการพยากรณ์โดยใช้ผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าคาดการณ์ที่เวลาย้อนหลัง

2. แบบจำลอง ARMAX (the auto regression moving average with exogenous inputs model)

3. แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม

4. แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมร่วมกับกระบวนการหยุดการทดสอบเมื่อเข้าใกล้คำตอบ (early stopped training approach; STA) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการเรียนรู้ของแบบจำลองที่น้อยหรือมากเกินไป

ผลของการทดสอบพบว่าแบบจำลองชนิดที่ 2 เหมาะสำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วัน แบบจำลองชนิดที่ 4 เหมาะสำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 2-7 วัน แบบจำลองชนิดที่ 1 และ 3 เหมาะสำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้าในช่วงเวลาปานกลาง 4-7 วัน เพราะฉะนั้นผู้วิจัยเสนอให้เลือกใช้แบบจำลองที่ 4 เนื่องจากมีความรวดเร็วในการทดสอบ ใช้เวลาในการคำนวณที่น้อยกว่าและค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าด้วย

**ASCE Task Committee on Application of Artificial Neural Network in Hydrology (2000)** ได้ทำการศึกษาความสามารถของโครงข่ายใยประสาทเทียมในการแก้ปัญหาทางด้านอุทกวิทยา โดยได้ทำการสรุปรายละเอียดของโครงข่ายใยประสาทเทียม แนวความคิด กระบวนการและแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ความสามารถเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองตัวอื่น และแนวทางการพัฒนาในอนาคต

โดยสรุปข้อเด่นและข้อด้อยของแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมดังนี้

ข้อเด่น

- แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมสามารถจดจำและเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเข้าและตัวแปรออก โดยปราศจากการพิจารณาทางด้านกายภาพ
- แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม ทำงานได้ดีถึงแม้ว่าข้อมูลจะประกอบด้วยข้อมูลที่มีความผิดพลาดทั้งที่เกิดจากการวัดและตัวของข้อมูลเอง
- เป็นกระบวนการประมวลข้อมูลและทำการพยากรณ์ซึ่งใช้งานได้ง่าย

ข้อด้อย

ยังไม่มีกฎหรือวิธีที่ชัดเจนในการเลือกโครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการเรียนรู้ และเกณฑ์ในการวัด ยังต้องอาศัยประสบการณ์และการตัดสินใจของผู้วิจัยเท่านั้น

นอกจากนั้นยังได้ทำการเสนอผลงานทางด้านแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมดังเช่น

- การพยากรณ์น้ำท่าจากค่าน้ำฝน
- การพยากรณ์น้ำท่าจากค่าน้ำท่าในอดีต
- ด้านคุณภาพน้ำ
- ด้านน้ำใต้ดิน
- การพยากรณ์ค่าทางอุตุนิยมวิทยา

**Chayanis Manusthiparom (2000)** ทำการพยากรณ์ระดับน้ำรายชั่วโมงและอัตราการไหลรายชั่วโมง ที่สถานีสะพานพุทธ กรุงเทพมหานคร โดยประยุกต์ใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมชนิดวิธีปรับแก้ค่าย้อนกลับ ตัวแปรเข้าคือระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานีสะพานพุทธ สถานีป้อมพระจุลและสถานีบางไทรในชั่วโมงปัจจุบันและย้อนหลัง 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ตัวแปรออกคือ ระดับน้ำและอัตราการไหลรายชั่วโมงที่สถานีสะพานพุทธล่วงหน้า 1 ชั่วโมง ช่วงเวลาในการเรียนรู้และทดสอบแบบจำลองมีการเลือกบางช่วงของปี ค.ศ. 1991-1998 และมีการใช้แบบจำลองทางสถิติช่วยในการพยากรณ์ด้วย

ผลของการทดสอบแบบจำลองพบว่าสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ระดับน้ำและอัตราการไหลรายชั่วโมงที่สถานีสะพานพุทธ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.90 โดยการใช้แบบจำลอง AR(3) ร่วมกับแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมพบว่าไม่ได้เพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์เท่าใดนัก

**เสรี ศุภราทิตย์ และ รุ่งเรือง จุลชาต (2544)** พัฒนาและประยุกต์ใช้ neuro-genetic algorithm เพื่อพยากรณ์ระดับน้ำที่สถานี X44 ซึ่งอยู่ในเขตเทศบาลเมืองหาดใหญ่ โดยประยุกต์ใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมแบบหน่วงเวลา (time delay neural network, TDNN) เพื่อใช้ในการพยากรณ์โดยใช้ genetic algorithm (GA) เพื่อช่วยในการหาโครงสร้างของโครงข่ายที่เหมาะสมที่สุด ตัวแปรเข้าคือข้อมูลฝนจากลุ่มน้ำคลองเรียน ลุ่มน้ำเขาคอหงส์ ลุ่มน้ำคลองหวะ ลุ่มน้ำคลองวาดและลุ่มน้ำคลองต่ำ โดยมีเวลาในการเดินทางของน้ำท่วม 0.5, 0.5, 2.6 และ 4 ชั่วโมง ตัวแปรออกคือระดับน้ำที่สถานี X44 ช่วงเวลาในการเรียนรู้ของแบบจำลองคือปี พ.ศ. 2543 และช่วงเวลาในการทดสอบแบบจำลองคือปี พ.ศ. 2531

ผลของการทดสอบแบบจำลองพบว่าสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ระดับน้ำที่สถานี X44 ได้ โดยมีความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (AAE) น้อยกว่า 0.24 เมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.98 โดยผู้วิจัยเสนอให้นำการพยากรณ์นี้ไปใช้ควบคู่กับระบบเตือนภัยในอำเภอหาดใหญ่ เพื่อลดความสูญเสียจากน้ำท่วมซึ่งเป็นมาตรการที่ไม่ใช้สิ่งก่อสร้างที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่ง

**เสรี ศุภราทิตย์, ชัยยุทธ ชินณะราศรี และ ทรงพล โนนสว่าง (2544)** ทำการพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้า 1 วันในช่วงที่เกิดน้ำท่วมในปี 2531 ที่สถานี X44 ซึ่งอยู่ในเขตเทศบาลเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ตัวแปรเข้าคือปริมาณเฉลี่ยของน้ำฝน 3 วัน จำนวน 4 สถานี และระดับน้ำที่สถานีวัดย้อนหลังรายวัน 3 วันย้อนหลัง ตัวแปรออกคือ ระดับน้ำล่วงหน้า 1 วัน มีโครงสร้าง 7-3-1 (ตัวแปรเข้า 7 ตัว ตัวแปรซ่อน 3 ตัว และตัวแปรออก 1 ตัว) ช่วงเวลาในการเรียนรู้ของแบบจำลองคือปี พ.ศ. 2543 และช่วงเวลาในการทดสอบแบบจำลองคือปี พ.ศ. 2531

ผลของการทดสอบแบบจำลองพบว่าสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้า 1 วันได้ โดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ระดับน้ำที่สถานี X44 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.97 และ 0.95 ในช่วงการเรียนรู้และช่วงทดสอบตามลำดับ และจากการทดสอบโครงสร้างโดยการเปลี่ยนจำนวนโหนดในชั้นตัวแปรซ่อน 3, 4 และ 7 โหนด พบว่าโครงสร้างที่ให้ผลการพยากรณ์ที่ดีที่สุดคือ 7-3-1 แสดงว่าค่าความถูกต้องไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนโหนดซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ

**ธวัชชัย ติงสัญชลี (2544)** พัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมชนิดวิธีปรับแก้ค่าย้อนกลับเพื่อพยากรณ์อัตราการไหล 1 วันล่วงหน้าที่บ้านจักโกรก (Z11) ในลุ่มน้ำประเส ทางภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 2,123 ตารางกิโลเมตร และมีความยาวของแม่น้ำประเสประมาณ 85 กิโลเมตร ลักษณะพื้นที่ขนาดเล็กและชัน ในส่วนของโครงสร้างของแบบจำลองนั้น ตัวแปรเข้าคือความลึกฝนในวันที่ทำการพยากรณ์และย้อนหลัง 1 วันของสถานีฝนที่อยู่เหนือขึ้นไป และอัตราการไหลที่สถานีบ้านจักโกรกในวันที่ทำการพยากรณ์และย้อนหลัง 2 วัน ตัวแปรออกคือ อัตราการไหลที่สถานีบ้านจักโกรกล่วงหน้า 1 วัน มีโครงสร้าง 5-5-1 (ตัวแปรเข้า 5 ตัว ตัวแปรซ่อน 5 ตัว และตัวแปรออก 1 ตัว) ในการพิจารณาเลือกจำนวนโหนดในชั้นตัวแปรซ่อนใช้วิธีลองผิดลองถูก มีค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.5 และค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ของชั้นตัวแปรซ่อนและชั้นตัวแปรออกเท่ากับ 0.03 ถึง 0.20 ช่วงเวลาในการเรียนรู้ของแบบจำลองคือปี พ.ศ. 2538 ถึงปี พ.ศ. 2540 และช่วงเวลาในการทดสอบแบบจำลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 ถึงปี พ.ศ. 2537

ผลของการทดสอบแบบจำลองพบว่าสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์อัตราการไหลที่สถานีบ้านจักโกรกได้ โดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมสามารถพยากรณ์อัตราการไหลโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.94 และ 0.92 ในช่วงการเรียนรู้และช่วงทดสอบตามลำดับ แต่ยังมีข้อผิดพลาดที่เห็นได้ชัดในช่วงที่อัตราการไหลมีค่าสูง โดยผู้วิจัยได้เสนอข้อเด่นของแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมคือ ไม่ต้องใช้ข้อมูลทางด้านฟิสิกส์หรือข้อมูลลักษณะพื้นที่มีความรวดเร็ว แต่ข้อด้อยคือจำเป็นต้องมีข้อมูลในการเรียนรู้ที่เพียงพอ

**เสรี ศุภราทิตย์ (2544)** พัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมชนิดวิธีปรับแก้ค่าย้อนกลับเพื่อพยากรณ์ระดับน้ำขึ้นน้ำลงรายชั่วโมง ณ. สถานีป้อมพระจุล จังหวัดสมุทรปราการ ในส่วนของโครงสร้างของแบบจำลองนั้น ตัวแปรเข้าคือระดับน้ำขึ้นน้ำลงในชั่วโมงปัจจุบันและย้อนหลัง 1 ชั่วโมง ตัวแปรออกคือ ระดับน้ำขึ้นน้ำลงล่วงหน้า 1 ชั่วโมง มีโครงสร้าง 2-4-1 (ตัวแปรเข้า 2 ตัว ตัวแปรซ่อน 5 ตัว และตัวแปรออก 1 ตัว) ในการพิจารณาเลือกจำนวนโหนดในชั้นตัวแปรซ่อนใช้วิธีลองผิดลองถูก ช่วงเวลาในการเรียนรู้และการทดสอบของโมเดลอยู่ในเดือนเมษายนปี พ.ศ. 2531

ผลของการทดสอบแบบจำลองพบว่าสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ระดับน้ำขึ้นน้ำลงล่วงหน้า 1 ชั่วโมง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.98 และมีผลต่างสัมบูรณ์เฉลี่ยประมาณ 8 เซนติเมตร จากผลการทดสอบจะเห็นว่าแบบจำลองให้ผลการพยากรณ์ที่ดีเพราะว่าพยากรณ์ล่วงหน้าเพียง 1 ชั่วโมงเท่านั้น ผลกระทบอื่นยังไม่มีผลมากนัก โดยผู้วิจัยได้เสนอจุดเด่นของแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมคือ เป็นเครื่องมือชนิดใหม่และประยุกต์ใช้กว้างขวาง สามารถแก้ปัญหาเชิงซ้อนและไม่เชิงเส้นได้ และสามารถปรับตัวได้เมื่อรูปแบบข้อมูลเปลี่ยนแปลงแต่จุดด้อยคือเป็นแบบจำลองกล่องดำ ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ในแบบจำลองได้

**Kitpaisalsakul and Piman (2002)** ได้ทำการพยากรณ์น้ำท่ารายวันล่วงหน้า 1 2 และ 3 วัน โดยใช้แบบจำลอง ANN ณ. สถานี KGT 10 บริเวณลุ่มน้ำคลองพระสทึง โดยใช้ข้อมูลฝนรายวันและน้ำท่ารายวันย้อนหลังเป็นตัวแปรนำเข้า โดยทำการเปรียบเทียบผลกับแบบจำลอง Multiple Linear Regression (MLR)

จากการศึกษาพบว่าในช่วงระยะเวลา 1 วันทั้งสองแบบจำลองให้ผลที่ใกล้เคียงกัน แต่แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมจะมีความผิดพลาดน้อยกว่าแบบจำลอง MLR ที่ระยะเวลาล่วงหน้า 2 และ 3 วัน

**Daniel T. Cox et al. (2002)** ทำการศึกษาการพยากรณ์ระดับน้ำรายชั่วโมง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997-1999 โดยแบ่งเป็นช่วงฤดูใบไม้ผลิ เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน และช่วงฤดูร้อน เดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม ของอ่าวกัลเวสเทน ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยผู้วิจัยได้เสนอว่าการพยากรณ์ระดับน้ำขึ้นน้ำลงรายชั่วโมงโดยวิธีการวิเคราะห์ฮาร์โมนิกนั้นมีความผิดพลาดสูงในบางช่วงเวลาที่มีผลกระทบทางด้านอุตุ-อุทกวิทยา โดยผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์จากวิธีการวิเคราะห์ฮาร์โมนิกเป็นผลมาจากลมที่พัดทิศทางตะวันออกและทิศตะวันตกโดยมีช่วงเวลาเหลื่อมกันระหว่างอิทธิพลของลมประมาณ 9 ชั่วโมง และได้เสนอวิธีการปรับแก้เช่น ค่าพยากรณ์ระดับน้ำขึ้นน้ำลงเท่ากับค่าพยากรณ์โดยวิธีฮาร์โมนิกบวกค่าผลต่างระหว่างค่าสังเกตย้อนหลังและ

ค่าพยากรณ์ย้อนหลัง หรือใช้การปรับแก้เนื่องจากอิทธิพลของลมโดยมีการเหลื่อมกันของเวลา 9 ชั่วโมง

นอกจากนั้นยังได้เสนอการพยากรณ์ผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์จากวิธีการวิเคราะห์ฮาร์โมนิก โดยประยุกต์ใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมชนิดวิธีปรับแก้ค่าย้อนกลับ ตัวแปรเข้าคือผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์จากวิธีการวิเคราะห์ฮาร์โมนิกย้อนหลัง 5 ชั่วโมงย้อนหลัง ค่ากำลังสองของความเร็วลมทิศตะวันออก-ตะวันตกย้อนหลัง 6 ชั่วโมง ค่ากำลังสองของความเร็วลมทิศเหนือ-ใต้ย้อนหลัง 6 ชั่วโมง และค่าความดันบรรยากาศย้อนหลัง 20 ค่า ตัวแปรออกคือ ผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์จากวิธีการวิเคราะห์ฮาร์โมนิกในชั่วโมงปัจจุบัน มีโครงสร้าง 37-1-1 (ตัวแปรเข้า 37 ตัว ตัวแปรซ่อน 1 ตัว และตัวแปรออก 1 ตัว) โดยใช้ฟังก์ชั่นแปลงค่าแบบล็อคซิก (logsig) และแทนซิก (tansig) ผลของการทดสอบแบบจำลองพบว่าการพยากรณ์ระดับน้ำโดยวิธีวิเคราะห์ฮาร์โมนิกให้ผลพอใช้ในช่วงฤดูแล้งแต่มีความถูกต้องน้อยลงในช่วงฤดูใบไม้ผลิเนื่องจากอิทธิพลของอุตุ-อุทกวิทยา และสามารถปรับแก้โดยใช้วิธีบวกผลต่างย้อนหลังซึ่งใช้ได้ในช่วงเวลาที่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง และหากใช้วิธีปรับแก้ค่าผลต่างจากอิทธิพลของลมสามารถใช้ได้ในช่วงเวลาน้อยกว่า 9 ชั่วโมง ขณะที่หากใช้แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ผลต่างระดับน้ำรายชั่วโมงได้ในช่วงเวลาที่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง

**Oscar R. Dolling and Eduardo A. Varas (2002)** ทำการพยากรณ์อัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 1997 ของลุ่มน้ำซานฮวน (San Juan river basin) ในประเทศอาเจนตินา มีขนาดพื้นที่รับน้ำ 20,000 ตารางกิโลเมตรโดยประยุกต์ใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมชนิดวิธีปรับแก้ค่าย้อนกลับ ตัวแปรเข้าคือตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา 3 เดือนระหว่างเดือนเมษายนถึงมิถุนายนได้แก่ จำนวนเดือนที่พิจารณา อุณหภูมิเฉลี่ย ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย จำนวนชั่วโมงที่แดดส่องถึง ความเร็วลมเฉลี่ย ค่าความลึกของหิมะ จำนวนวันที่มีเมฆครึ้ม ความลึกฝนเฉลี่ย ปริมาณน้ำท่า ตัวแปรออกคือ อัตราการไหลของ 7 เดือนตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนมกราคม มีโครงสร้าง 30-20-7 (ตัวแปรเข้า 30 ตัว ตัวแปรซ่อน 20 ตัว และตัวแปรออก 7 ตัว) โดยใช้ฟังก์ชั่นแปลงค่าแบบซิกมอยด์ (sigmoid) ช่วงเวลาในการเรียนรู้ของโมเดลอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1981 ถึงปี ค.ศ. 1996 รวมทั้งสิ้น 17 ปี และช่วงเวลาในการทดสอบแบบจำลองคือปี ค.ศ. 1997 ผลของการทดสอบแบบจำลองพบว่าสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์อัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือนได้ โดยทุกกรณีมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 10 %

โดยผู้วิจัยเสนอรูปแบบการจัดสร้างแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมโดยแบ่งเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น การเลือกตัวแปรเข้าและตัวแปรออก ประกอบด้วย

- การเลือกและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและมีความเหมาะสม

- การเลือกตัวแปรออก
- การเลือกตัวแปรเข้าใช้การวิเคราะห์ค่าทางสถิติและความสัมพันธ์ทางด้านฟิสิกส์
- การเลือกช่วงเวลาในการเรียนรู้ สอบเทียบ และพยากรณ์ โดยแบ่งเป็นช่วงร้อยละ 40, 40 และ 20 ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 2 การจัดสร้างโมเดล

- การเลือกจำนวนโหนดในตัวแปรซ่อน
- กระบวนการเรียนรู้
- ความสามารถในช่วงการเรียนรู้ของแบบจำลอง
- การพิจารณาแบบจำลองที่ดีที่สุด มีประสิทธิภาพสูงสุด ใช้การเปรียบเทียบในรูปแบบของรูปกราฟและทางสถิติ

**Kitpaisalsakul and Suttinon (2002)** ได้ทำการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์การผันแปรของระดับน้ำทะเลล่วงหน้า 3 12 และ 24 ชั่วโมง ณ. สถานีป้อมพระจุล บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยใช้แบบจำลองฮาร์โมนิกและแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม ในส่วนของแบบจำลองฮาร์โมนิกใช้ข้อมูลย้อนหลัง 1 ปีเป็นตัวแปรเข้า และแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมใช้ข้อมูลย้อนหลัง 25 ชั่วโมงเป็นตัวแปรเข้า

จากการศึกษาพบว่าในช่วงระยะเวลาสั้นแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมจะมีความผิดพลาดน้อยกว่าแบบจำลองฮาร์โมนิก

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมสามารถสรุปได้ว่า

1. แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ระดับน้ำในแม่น้ำได้ โดยยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนเกี่ยวกับการคัดเลือกโครงสร้าง (ตัวแปรเข้า ตัวแปรออก และตัวแปรซ่อน) และค่าตัวแปร (ค่าโมเมนตัม และอัตราการเรียนรู้) ที่เหมาะสม แต่แนวทางในการคัดเลือกโครงสร้างและค่าตัวแปรจะขึ้นอยู่กับชนิดของแต่ละปัญหา
2. แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมชนิดวิธีปรับแก้ค่าย้อนกลับ (Back Propagation Neural Network, BPNN) เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อนและให้ผลการคำนวณในเกณฑ์ดี แต่อาจมีข้อด้อยคือใช้เวลาลู่เข้าของผลลัพธ์นานกว่าวิธีอื่น
3. ในการคัดเลือกตัวแปรเข้า-ออกของแบบจำลองจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ทางด้านกายภาพเป็นสำคัญ ส่วนจำนวนชั้นตัวแปรซ่อนสำหรับการพยากรณ์นิยมใช้เพียงหนึ่งชั้นเป็นส่วนใหญ่
4. สำหรับการพยากรณ์ระดับน้ำในแม่น้ำในการศึกษาที่ผ่านมาล้วนแต่เป็นการพยากรณ์ระยะสั้น (1-3 ชั่วโมง) ซึ่งจะให้ผลที่ดีเพราะระดับน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มากนัก

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาทำให้สามารถกำหนดแนวทางในการวิจัยได้ดังนี้

1. ศึกษารูปแบบของตัวแปรที่มีผลต่อระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาได้แก่ ระดับน้ำขึ้นน้ำลง ระดับน้ำหลากจากด้านเหนือ ระดับน้ำในลำน้ำและความลึกฝน
2. ทำการทดสอบเพื่อหาโครงสร้างและค่าตัวแปรที่เหมาะสมโดยแบ่งเป็นกรณีศึกษา เช่น กรณีศึกษาการคัดเลือกตัวแปรเข้า กรณีศึกษาการคัดเลือกตัวแปรออก กรณีศึกษาการคัดเลือกตัวแปรซ่อน กรณีศึกษาการคัดเลือกค่าโมเมนตัม กรณีศึกษาการคัดเลือกอัตราการเรียนรู้ เป็นต้น เพื่อหารูปแบบของแบบจำลองที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา
3. ทำการพยากรณ์ระดับน้ำในช่วงเวลา 1 ชม. – 7 วัน เพื่อให้ทราบถึงความสามารถและข้อจำกัดของแบบจำลอง