การพยากรณ์ค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลโดยใช้ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง
Hourly Salinity Prediction at Sumlae Pumping Station Using Hourly Water Level Data

ชนสรณ์ ลาภนิมิตรชัย[1], วรรณดี ไทยสยาม[2], จิรวัฒน์ กณะสุต[3]
Chanasorn Lapnimitchai[1], Wandee Thaisiam[2], Jirawat Kanasut[3]
ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
E-mail : active_save@hotmail.com[1], fengwdt@ku.ac.th[2], fengjwg@ku.ac.th[3]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลโดยใช้ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงของสถานีวัดระดับน้ำสถานี C.35 ในแม่น้ำเจ้าพระยา สถานี S.5 ในแม่น้ำป่าสัก และระดับน้ำด้านท้ายน้ำที่สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า ด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ผลการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ของข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานี C.35 ที่เวลาย้อนหลัง 8 ชั่วโมง ระดับน้ำที่สถานี S.5 ที่เวลาย้อนหลัง 12 ชั่วโมง และ ระดับน้ำที่สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า ที่เวลาย้อนหลัง 16 ชั่วโมง ให้ความแม่นยำในการทำนายความเค็มที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลได้ดีที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ของการเรียนรู้ การตรวจสอบ และการทดสอบของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเท่ากับ 0.96 , 0.88 และ 0.80 ตามลำดับ จากนั้นได้นำแบบจำลองที่ได้ไปพยากรณ์ค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล ในปี 2559 พบว่าแบบจำลองสามารถพยากรณ์ค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลน้ำทะเลขึ้นได้ดีที่สุด โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.0692 กรัมต่อลิตร

คำสำคัญ: แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม, แม่น้ำเจ้าพระยา, พยากรณ์ค่าความเค็ม, สถานีสูบน้ำดิบสำแล

Abstract

The objective of this study is to predict hourly salinity values at Sumlae Pumping Stations using hourly water level data of water level measurement station C.35 in the Chao Phraya River Station S.5 in Pasak River and the downstream water level at Phra Chunlachomklao Fort Station by using artificial neural networks model. The study results showed that the satisfied salinity predictions at Sumlae Pumping Stations relate to water level at station C.35 (with 8-hour lag time), water level at station S.5 (with 12-hour lag time) and water level at Phra Chunlachomklao Fort Station (with 16-hour lag time). The correlation coefficient (R) of training, validation and test of the artificial neural network model are 0.96, 0.88 and 0.80 , respectively. The proposed model is employed to predict salinity at Sumlae Pumping Stations in 2016. It is found that the model is satisfied to predict hourly salinity values at Sumlae Pumping Stations and more efficiency of predicting during high tidal effect.

Keywords: Artificial Neural Networks, Chao Phraya River, predict salinity, Sumlae Pumping Stations

1. บทนำ

การประปานครหลวงมีหน้าที่หลักในการผลิตน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภคให้แก่ประชาชนในเขตพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาการประปานครหลวงมักประสบปัญหาด้านคุณภาพน้ำดิบเป็นประจำทุกปีในช่วงฤดูแล้ง โดยเฉพาะแหล่งน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยา เนื่องจาก แม่น้ำเจ้าพระยาจะได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลหนุนจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาเข้ามาได้ไกลถึงจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทำให้ค่าความเค็มในบางช่วงเวลาสูงเกินมาตรฐาน อาทิ เช่นในปี 2557 แม่น้ำเจ้าพระยาเกิดสภาวะน้ำเค็มรุกล้ำเร็วกว่าปกติ และมีค่าความเค็มสูงกว่ามาตรฐานในระดับรุนแรง จากการตรวจวัดที่สถานีสูบน้ำสำแล จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นสถานีสูบน้ำดิบที่สำคัญของการประปานครหลวงโดยการรับน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยาเข้าสู่คลองประปาตะวันออกที่จะส่งน้ำดิบให้โรงผลิตน้ำบางเขน โรงผลิตน้ำสามเสน และโรงผลิตน้ำธนบุรี เพื่อผลิตน้ำประปาส่งต่อให้สถานีสูบจ่ายน้ำประปาฝั่งตะวันออก มีปริมาณการสูบน้ำดิบประมาณวันละ 4.5 ล้านลูกบาศก์เมตร พบว่ามีค่าความเค็มสูงสุดถึง 1.92 กรัมต่อลิตร เกินค่ามาตรฐานความเค็มน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาที่ต้องต่ำกว่า 0.25 กรัมต่อลิตร ซึ่งส่งผลต่อระบบการบริหารจัดการน้ำดิบของการประปานครหลวง ดังนั้นหากมีการพยากรณ์ค่าความเค็มที่บริเวณหน้าโรงสูบน้ำดิบสำแลได้ล่วงหน้า จะส่งผลดีต่อการบริหารจัดการน้ำดิบของการประปานครหลวง

ในอดีตที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการรุกตัวของความเค็มในแม่น้ำโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ณัฐวุฒิและวิษุวัฒน์ (2557) ได้ศึกษาผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยตอนบนที่มีผลต่อการรุกล้ำความเค็มในแม่น้ำท่าจีน โดยใช้แบบจำลอง MIKE11-HD/AD โดยจะต้องใช้ข้อมูล อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัดการไหล และรัศมีชลศาสตร์ที่ได้จากค่า MIKE11-HD ในการพยากรณ์การรุกล้ำของความเค็มในแม่น้ำ สนิท (2562) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมาตรการการปรับตัวเพื่อการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาและท่าจีนตอนล่างโดยใช้แบบจำลอง MIKE11 จาการศึกษาได้การประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์จำลอง RCP2.6 และ 8.5 จากรายงานของ IPCC จำลองระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้นมีค่า 0.76 และ 1.06 เมตร (ในปีค.ศ. 2100) ผลการศึกษาพบว่าค่าความเค็มที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลมีค่าเท่ากับ 0.63 - 0.67 กรัมต่อลิตร และปลายลิ่มความเค็มรุกตัวไปยังพื้นที่ต้นน้ำที่ตำบลเกาะเรียน จ.พระนครศรีอยุธยา ในแม่น้ำเจ้าพระยา

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการพยากรณ์ค่าความเค็มในแม่น้ำ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความยุ่งยากและต้องอาศัยข้อมูลสำรวจลักษณะรูปตัดลำน้ำที่เป็นปัจจุบัน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการทำนายความเค็มในแม่น้ำ สุวัฒนาและปกรณ์ (2547) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back Propagation ในการพยากรณ์ระดับความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยใช้ข้อมูลความเค็มรายวันที่สะพานกรุงเทพฯ และสะพานพุทธฯ ข้อมูลระดับน้ำสูงสุดรายวันที่ป้อมพระจุลจอมเกล้า ข้อมูลอัตราการไหลด้านท้ายเขื่อนเจ้าพระยา ในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ระหว่างปีพ.ศ. 2535 ถึง 2543 พบว่าสามารถประยุกต์ใช้พยากรณ์ความผันแปรของความเค็มรายวันได้ล่วงหน้า 1 ถึง 2 วัน ชนสรณ์ (2563) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงในปี พ.ศ. 2556 – 2557 ที่สถานี C.35 บ้านป้อม S.5 โรงพยาบาลปัจจมาธิราชอุทิศ และสถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า ที่ช่วงเวลาย้อนหลัง 8 ชั่วโมง 9 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยจะได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่ดีที่สุดในช่วงการเรียนรู้ข้อมูล (Training) เท่ากับ 0.88 ในช่วงการตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) เท่ากับ 0.87 ในช่วงการทดสอบ (Testing) เท่ากับ 0.81 และได้ผลรวมเท่ากับ 0.87 จะสามารถพยากรณ์ค่าความเค็มรายชั่วโมงของน้ำดิบที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลได้ใกล้เคียงที่สุด ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเรียนรู้และจดจำเหตุการณ์ในอดีตมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ค่าความเค็มที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลรายชั่วโมง ให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เพื่อช่วยในการบริหารจัดการน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวงในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพยากรณ์ค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแล เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำดิบของการประปานครหลวง

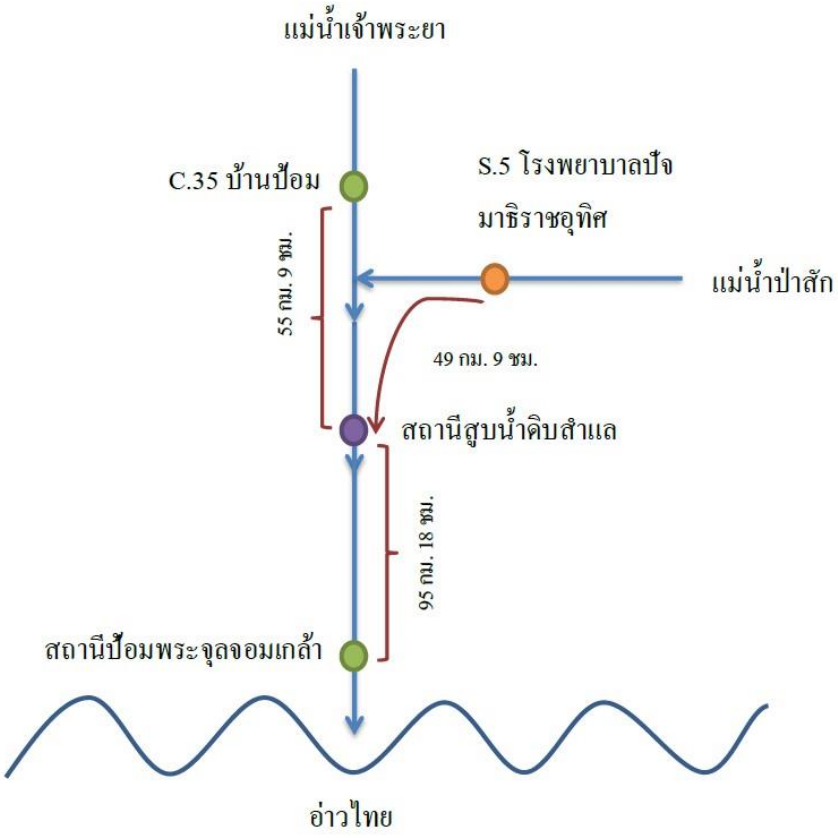
3. พื้นที่ศึกษา

แม่น้ำเจ้าพระยา มีจุดกำเนิดอยู่ที่ปากน้ำโพจังหวัดนครสวรรค์ โดยจะไหลจากทิศเหนือลงสู่อ่าวไทยผ่านที่ราบภาคกลางในเขตจังหวัดนครสวรรค์และลพบุรี ซึ่งเป็นที่ราบสูงมีเนินเขาเป็นสันกั้นน้ำระหว่างลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำป่าสัก ส่วนทางตอนล่างอยู่ในเขตจังหวัดสระบุรีและฉะเชิงเทรา เป็นที่ราบลาดเขาลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา และเป็นที่ราบชายฝั่งทะเลในเขตจังหวัดสมุทรปราการ ทางฝั่งตะวันตกของลุ่มน้ำ ตอนบนเป็นที่ราบและตอนล่างเป็นที่ราบลุ่ม ซึ่งมีเขตติดต่อกับลุ่มน้ำท่าจีนลาดลงไปจรดชายฝั่งทะเล โดยมีความยาวของแม่น้ำเจ้าพระยาลงไปจนถึงพื้นที่ปากอ่าวไทยประมาณ 379 กิโลเมตร ในการศึกษานี้พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ด้านท้ายเขื่อนเจ้าพระยา ตั้งแต่สถานีวัดน้ำท่า C.35 อ.บ้านป้อม จ.อ่างทอง สถานีวัดน้ำท่า S.5 โรงพยาบาลปัจมาธิราชอุทิศ อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบสำแล และสถานีตรวจวัดระดับน้ำป้อมพระจุลจอมเกล้าดังแสดงในรูปที่ 1

4. วิธีการศึกษา

1.พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม แบบ Back Propagation โดยเลือกขบวนการเรียนรู้ด้วยวิธี Levenberg-Marquarde ข้อมูลสำหรับการเรียนรู้แบบจำลองประกอบด้วยข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานี C.35 ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานี S.5 ข้อมูลระดับน้ำทะเลพยากรณ์รายชั่วโมงที่ป้อมพระจุลจอมเกล้า และข้อมูลค่าการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลรายชั่วโมงตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2556 - 2557

2.ศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลระดับน้ำที่สถานี C.35 S.5 และระดับน้ำทะเลที่ป้อมพระจุลจอมเกล้าต่อค่าการนำไฟฟ้าที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล จากแผนผังแม่น้ำเจ้าพระยาในรูปที่ 1 ได้ทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่สถานีวัดระดับน้ำต่างๆ ที่มีผลต่อความการนำไฟฟ้าที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 ผังแสดงเส้นทางน้ำของพื้นที่ศึกษา

- สถานี C.35 บ้านป้อม มีระยะทางห่างกับสถานีสูบน้ำดิบสำแล 55 กิโลเมตร ระยะเวลาการเดินทางของน้ำประมาณ 9 ชั่วโมง ในการศึกษาได้ทำการนำเข้าข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานี C.35 ย้อนหลังโดยเลือกใช้ช่วงเวลาย้อนหลังเริ่มต้นที่ 5 ชั่วโมง และสิ้นสุดที่ 10 ชั่วโมง

- สถานี S.5 มีระยะห่างกับสถานีสูบน้ำดิบสำแล 49 กิโลเมตร ระยะเวลาการเดินทางของน้ำประมาณ 9 ชั่วโมง ในการศึกษาได้ทำการนำเข้าข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานี S.5 ย้อนหลังโดยเลือกใช้ช่วงเวลาย้อนหลังเริ่มต้นที่ 8 ชั่วโมง และสิ้นสุดที่ 13 ชั่วโมง

- สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า มีระยะทางห่างกับสถานีสูบน้ำดิบสำแล มีระยะห่าง 95 กิโลเมตร ระยะเวลาการเดินทางของน้ำ 18 ชั่วโมง ในการศึกษาได้ทำการนำเข้าข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงโดยเลือกใช้ช่วงเวลาย้อนหลังเริ่มต้นที่ 13 ชั่วโมง และสิ้นสุดที่ 18 ชั่วโมง

3.การฝึกฝนแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำนายค่าการนำไฟฟ้าที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล โดยนำเข้าข้อมูลระดับน้ำที่สถานี C.35 S.5 ข้อมูลระดับน้ำทะเลที่ป้อมพระจุลจอมเกล้า ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2556 - 2557 เข้าสู่แบบจำลองโดยกำหนดให้เป็นข้อมูล Input Train และข้อมูลค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (Conductivity) ของสถานีสูบน้ำดิบสำแลเดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2556 - 2557 เข้าสู่แบบจำลองโดยกำหนดให้เป็นข้อมูล Output Train

4.พยากรณ์ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (Conductivity) ที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

5.เปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเค็มที่ตรวจวัดได้กับค่าจากการพยากรณ์ โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error ,RMSE) โดยค่า RMSE ยิ่งเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยจะมีความแม่นยำมากที่สุด

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n}(x_i - y_i)^2}$$

เมื่อ x_i คือ ค่าตรวจวัด

y_i คือ ค่าพยากรณ์

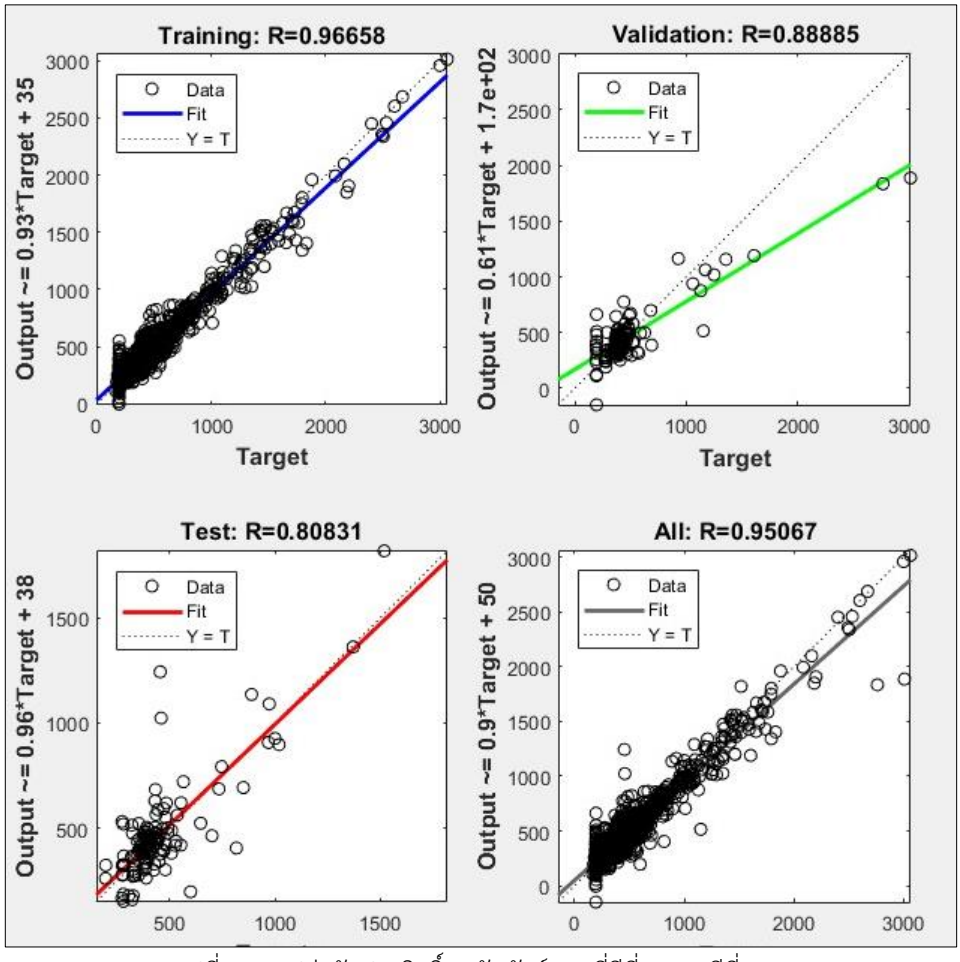
5. ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานีวัดน้ำท่า C.35 S.5 และป้อมพระจุลจอมเกล้าต่อค่าการนำไฟฟ้าที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล

ในการศึกษาได้นำเข้าข้อมูลเพื่อฝึกฝนแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมจำนวนทั้งสิ้น 216 กรณี พบว่ากรณีศึกษาที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่ดีทั้งหมด 10 กรณี ดังแสดงในตารางที่ 1 จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าโดยกรณีศึกษาที่ 136 จะได้ค่าที่ดีที่สุด โดยใช้ค่าระดับน้ำที่สถานี C.35 ที่เวลาย้อนหลัง 8 ชั่วโมง ระดับน้ำที่สถานี S.5 ที่เวลาย้อนหลัง 12 ชั่วโมง และ ระดับน้ำทะเลที่ป้อมพระจุลจอมเกล้า ที่เวลาย้อนหลัง 16 ชั่วโมง ของปี พ.ศ.2556 - 2557 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ของการเรียนรู้ การตรวจสอบ การทดสอบ และผลรวมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเท่ากับ 0.96 , 0.88 0.80 และ 0.95 ตามลำดับ แสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการฝึกฝนแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

กรณีศึกษาที่	ช่วงเวลาย้อนหลัง (ชั่วโมง)			สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R)			
	C.35	S.5	ป้อมพระจุลจอมเกล้า	Train	Val	Test	All
58	6	11	16	0.93022	0.84075	0.86044	0.91964
95	7	11	17	0.93776	0.65929	0.80226	0.9176
136	8	12	16	0.96658	0.88885	0.80831	0.95067
141	8	13	15	0.89419	0.87432	0.79457	0.88922
160	9	10	16	0.94953	0.82637	0.82254	0.93626
165	9	11	15	0.92086	0.81787	0.67556	0.90974
172	9	12	16	0.95046	0.88774	0.86949	0.94119
189	10	9	15	0.8934	0.86557	0.84285	0.88658
196	10	10	16	0.93302	0.87314	0.72638	0.91938
216	10	13	18	0.91166	0.81821	0.7775	0.90221



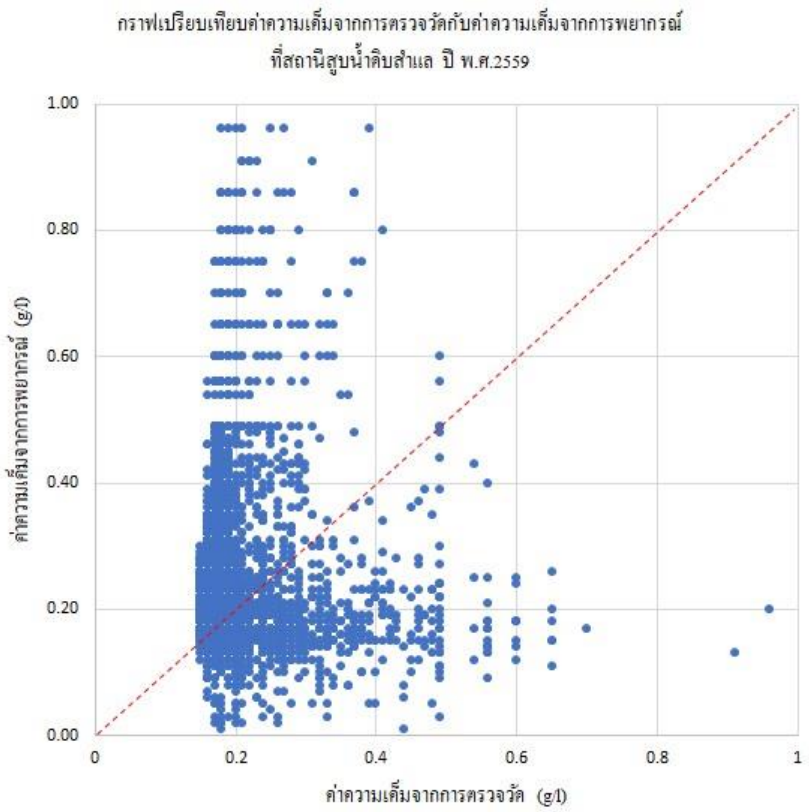
รูปที่ 2 กราฟค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่ดีที่สุด กรณีที่ 136

2.ผลการทำนายค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล

จากการฝึกฝนแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพบว่า กรณีที่ 136 ให้ค่าการพยากรณ์ที่มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ดังนั้นจึงนำฟังก์ชั่นที่ได้จากการฝึกฝนของกรณีที่ 136 ไปพยากรณ์ค่าการนำไฟฟ้าที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล ในช่วงเดือนมกราคม ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2559 โดยมีข้อมูลนำเข้าประกอบด้วยค่าระดับน้ำที่สถานี C.35 ที่เวลาย้อนหลัง 8 ชั่วโมง ระดับน้ำที่สถานี S.5 ที่เวลาย้อนหลัง 12 ชั่วโมง ระดับน้ำทะเลที่ป้อมพระจุลจอมเกล้า ที่เวลาย้อนหลัง 16 ชั่วโมง เมื่อได้ค่าการนำไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้จากแบบจำลองแปลงเป็นค่าความเค็ม และนำมาเปรียบเทียบกับค่าความเค็มตรวจวัด ดังแสดงตัวอย่างผลการพยากรณ์ค่าความเค็มในตารางที่ 2 สำหรับผลการพยากรณ์ค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดของช่วงเดือนมกราคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2559 แสดงในรูปที่ 3

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเค็มที่ตรวจวัดได้กับค่าจากการพยากรณ์ ของ ปี 2559

DATE	Time	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครโมห์/เซนติเมตร)		ค่าความเค็ม (กรัม/ลิตร)		% error
		ตรวจวัด	พยากรณ์	ตรวจวัด	พยากรณ์	
16/4/2559	13.00 น.	418	366.01	0.20	0.17	0.2444
16/4/2559	14.00 น.	406	410.79	0.19	0.20	
16/4/2559	15.00 น.	392	393.43	0.19	0.19	
16/4/2559	16.00 น.	383	435.35	0.18	0.21	
16/4/2559	17.00 น.	376	427.92	0.18	0.20	
16/4/2559	18.00 น.	373	389.02	0.18	0.18	
16/4/2559	19.00 น.	368	383.37	0.17	0.18	
16/4/2559	20.00 น.	365	422.17	0.17	0.20	
16/4/2559	21.00 น.	360	406.36	0.17	0.19	
16/4/2559	22.00 น.	359	402.65	0.17	0.19	
16/4/2559	23.00 น.	358	434.88	0.17	0.21	
17/4/2559	00.00 น.	358	421.86	0.17	0.20	
17/4/2559	1.00 น.	360	398.66	0.17	0.19	
17/4/2559	2.00 น.	361	402.76	0.17	0.19	
17/4/2559	3.00 น.	367	429.48	0.17	0.20	
17/4/2559	4.00 น.	373	422.75	0.18	0.20	
17/4/2559	5.00 น.	391	396.11	0.19	0.19	
17/4/2559	6.00 น.	420	383.00	0.20	0.18	



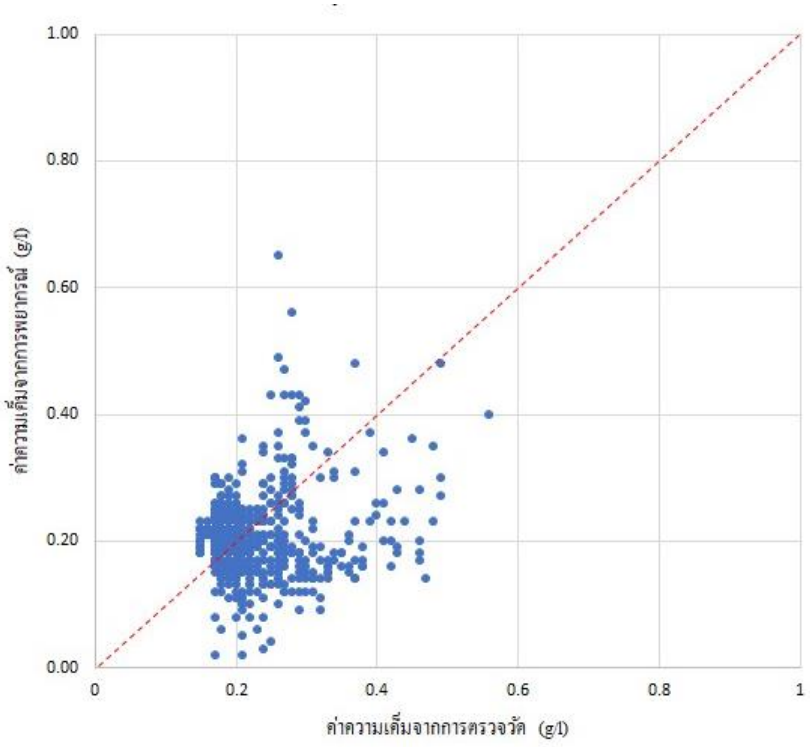
รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความเค็มรายชั่วโมงที่ตรวจวัดได้กับค่าความเค็มรายชั่วโมง
จากการพยากรณ์ของ ปี พ.ศ. 2559 ช่วงเดือน มกราคม ถึง พฤษภาคม

จากผลการศึกษาการทำนายค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลจำนวน 3,616 ค่าตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 ครอบคลุมช่วงเวลาน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่าค่าความเค็มที่ได้จากการพยากรณ์มีค่าสูงกว่าค่าความเค็มตรวจวัด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Root Mean Square Error ,RMSE) เท่ากับ 0.24 กรัมต่อลิตร จากผลการพยากรณ์ทั้งหมด พบว่าแบบจำลองมีความแม่นยำในการพยากรณ์ค่าความเค็มในช่วงเวลาน้ำทะเลขึ้นมากกว่าช่วงน้ำทะเลลง ดังนั้นในการศึกษาจึงได้แยกผลการพยากรณ์ค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลในช่วงเวลาอิทธิพลน้ำทะเลขึ้นและน้ำทะเลลง จากการที่ดวงจันทร์เคลื่อนที่รอบโลกใน 1 วันแรงโน้มถ่วงที่ดวงจันทร์กระทำต่อโลกจะทำให้มวลน้ำบนโลกไหลไปรวมกันบนโลกฝั่งที่อยู่ใกล้กับดวงจันทร์ โดยที่ระดับน้ำทะเลจะขึ้นสูงสุดบนด้านที่หันเข้าหาดวงจันทร์และด้านตรงข้ามดวงจันทร์ ทำให้เกิดเป็นน้ำขึ้นรายวัน และระดับน้ำทะเลจะลงต่ำสุดบนด้านที่ตั้งฉากกับดวงจันทร์ทำให้เกิดเป็นน้ำลงรายวัน โลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบหรือ 1 วัน ทำให้ดวงจันทร์เคลื่อนผ่านบริเวณที่เกิดน้ำขึ้นและน้ำลงทั้งสองด้าน ทำให้เกิดน้ำขึ้นและน้ำลง วันละ 2 ครั้ง ในวันขึ้น 15 ค่ำ และวันแรม 15 ค่ำ ดวงอาทิตย์ โลก และดวงจันทร์จะเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน แรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์เสริมกัน ส่งอิทธิพลให้ระดับน้ำขึ้นสูงสุดและระดับน้ำลงต่ำสุดแตกต่างกันมาก เรียกว่า น้ำเกิด และในวันขึ้น 8 ค่ำ และวันแรม 8 ค่ำ ดวงอาทิตย์ โลก และดวงจันทร์จะอยู่ในแนวตั้งฉากกัน แรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ไม่เสริมกัน ส่งอิทธิพลให้ระดับน้ำขึ้นสูงสุดและระดับน้ำลงต่ำสุดไม่แตกต่างกันมาก เรียกว่า น้ำตาย

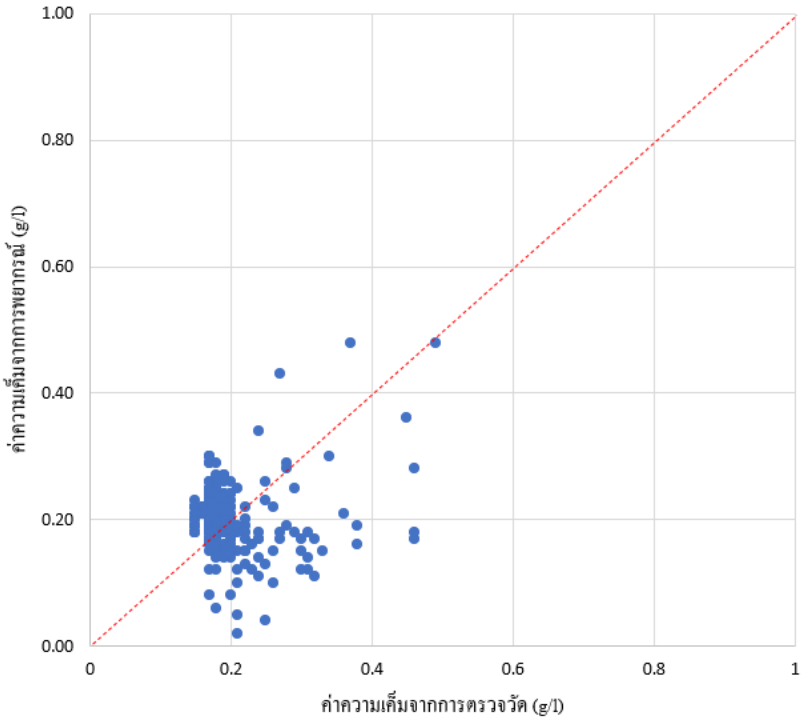
ตารางที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์ค่าความเค็มที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล ช่วงเดือนมกราคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2559 ในช่วงเวลาอิทธิพลน้ำทะเลขึ้นและลง

กรณีที่	ช่วงของข้อมูล	ค่าความคลาดเคลื่อน (g/l) (Root Mean Square Error ,RMSE)
1	ช่วงเวลาน้ำขึ้นรายวัน	0.15
2	ช่วงเวลาน้ำลงรายวัน	0.30
3	ช่วงเวลาน้ำเกิด	0.20
4	ช่วงเวลาน้ำตาย	0.27

จากตารางที่ 3 พบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้จากการศึกษามีความแม่นยำในการพยากรณ์ค่าความเค็มที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลในช่วงอิทธิพลน้ำทะเลขึ้นมากกว่าช่วงเวลาน้ำทะเลลง โดยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์ในช่วงน้ำทะเลขึ้นรายวัน และช่วงเวลาน้ำเกิด อยู่ที่ 0.15 และ 0.20 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเค็มที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลประกอบด้วยปริมาณน้ำที่ไหลผ่านสถานีวัดระดับน้ำ C.35 และ S.5 และอิทธิพลน้ำทะเลหนุนจากอ่าวไทย ซึ่งหากปริมาณน้ำด้านเหนือน้ำที่ไหลผ่านสถานีวัดระดับน้ำทั้งสองมีปริมาณน้อย และประจวบกับเป็นช่วงอิทธิพลน้ำทะเลหนุนสูงจะส่งผลให้ค่าความเค็มที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของการเคลื่อนตัวลิ่มความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำทะเลหนุนสูงและปริมาณน้ำด้านเหนือน้ำไหลลงมาน้อย ส่งผลให้ลิ่มความเค็มสามารถเคลื่อนตัวไปยังบริเวณเหนือน้ำได้มากขึ้น ดังนั้นในการศึกษาจึงได้ทำการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ค่าความเค็มที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลกับค่าความเค็มตรวจวัดในช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำไหลผ่านสถานีวัดระดับน้ำ C.35 และ S.5 น้อยซึ่งได้แก่เดือนเมษายน ดังแสดงในรูปที่ 5 นอกจากนั้นได้วิเคราะห์ข้อมูลการพยากรณ์ของเดือนเมษายนช่วงที่ได้รับอิทธิพลน้ำขึ้นรายวัน ดังแสดงผลในรูปที่ 6



รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความเค็มที่ตรวจวัดได้กับค่าความเค็มจากการพยากรณ์ของเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2559



รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความเค็มที่ตรวจวัดได้กับค่าความเค็มจากการพยากรณ์ ของ เดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2559 ช่วงน้ำขึ้นรายวัน

จากรูปที่ 5 พบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำในการพยากรณ์ค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลครอบคลุมช่วงเวลาอิทธิพลน้ำทะเลขึ้นและลง ในเดือนเมษายน พ.ศ.2559 โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.085 กรัมต่อลิตร ทั้งนี้แบบจำลองมีความแม่นยำในการทำนายค่าความเค็มได้ดีมากขึ้นในช่วงเวลาอิทธิพลน้ำทะเลขึ้นดังรูปที่ 6 ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.069 กรัมต่อลิตร

6. สรุปผลการศึกษา

1.จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล โดยใช้ค่าระดับน้ำรายชั่วโมงของสถานี C.35 สถานี S.5 และสถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า พบว่า ค่าความสัมพันธ์ของระดับน้ำที่สถานี C.35 ที่เวลาย้อนหลัง 8 ชั่วโมง ระดับน้ำที่สถานี S.5 ที่เวลาย้อนหลัง 12 ชั่วโมง และระดับน้ำที่สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า ที่เวลาย้อนหลัง 16 ชั่วโมง ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ของการพยากรณ์ค่าการนำไฟฟ้าที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลที่ดีที่สุด

2.การประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อพยากรณ์ความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลในช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2559 พบว่าแบบจำลองสามารถพยากรณ์ค่าความเค็มได้ โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.24 กรัมต่อลิตร ทั้งนี้แบบจำลองมีความแม่นยำมากขึ้นในการพยากรณ์ค่าความเค็มในช่วงที่ปริมาณการไหลด้านเหนือน้ำน้อยและได้รับอิทธิพลน้ำทะเลขึ้น โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่น้อยสุดเท่ากับ 0.069 กรัมต่อลิตร ทั้งนี้ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองที่ได้จากการศึกษานี้เพื่อพยากรณ์ความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล ควรประยุกต์ใช้ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลน้ำทะเลขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ค่าพยากรณ์มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

สุวัฒนา จิตตลดากร และปกรณ์ ดิษฐกิจ. (2547). การพยากรณ์การผันแปรของความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9

ณัฐวุฒิ อินบุตร และวิษุวัฒน์ แต้สมบัติ. (2557). การรุกล้ำของความเค็ม และการแพร่กระจายความเค็มตามความยาวของลำน้ำในแม่น้ำท่าจีน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล

สนิท วงษา. (2562). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมาตรการการปรับตัวเพื่อการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจาพระยาและทาจีนตอนลาง**.** การประชุมวิชาการ ด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 12, 12(13), 49-62

ชนสรณ์ ลาภนิมิตรชัย. (2563). การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ค่าความเค็มรายชั่วโมงที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล. การประชุมวิชาการ ด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 13, 13(13), 47-48

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. http://www.lesa.biz/astronomy/astro-events/tides. 2021, January 13