

การประเมินประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ด้านอุทกพลศาสตร์ในการศึกษาตรวจสอบ

การเคลื่อนตัวของน้ำหลากของลุ่มน้ำปิงตอนบน

An Evaluation of the Effectiveness of hydrodynamic Models Application for Flood Routing Investigation in the Upper Ping River Basin

วิษุวัตม์ แต่สมบัติ¹

นุชนารถ ศรีวงศิดานนท์²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อการเปรียบเทียบประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ที่ใช้กันแพร่หลาย 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลอง NWS FLDWAV ซึ่งเป็นแบบจำลองประเภทที่มีการเผยแพร่ออกสู่สาธารณะ (public domain) โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อลิขสิทธิ์ ซึ่งพัฒนาโดยหน่วยงาน U.S. National Weather Service ในประเทศสหรัฐอเมริกา และแบบจำลอง MIKE 11-HD ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย DHI Water and Environment ในประเทศเดนมาร์ก ในการศึกษาได้นำแบบจำลองทั้งสองมาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบการเคลื่อนตัวของน้ำหลากสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยคัดเลือกเหตุการณ์น้ำ

หลากจำนวน 3 เหตุการณ์ ในช่วงฤดูน้ำหลากของปี พ.ศ. 2544 2546 และ 2548 โดยได้ทำการเปรียบเทียบความถูกต้องของผลการประเมินระดับน้ำและปริมาณการไหลในแม่น้ำปิงสายหลักที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 และ P.1 ซึ่งจากการศึกษาพบว่า แบบจำลองทั้งสองมีความสามารถในการจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำหลากได้ใกล้เคียงกันและมีความถูกต้องสูง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบบจำลอง NWS FLDWAV มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านน้ำท่วมสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย เช่นเดียวกับแบบจำลอง MIKE 11-HD ที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไป

¹นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

²รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

Abstract

This study aims to evaluate the effectiveness of 2 well-known hydrodynamic models namely the NWS FLDWAV model which is a public domain model developed by the U.S. National Weather Service (USA) and the MIKE 11-HD model developed by the DHI Water and Environment (Denmark). These models are applied for flood routing investigation in the Upper Ping River Basin using 3 historical flood events in the period of 2001 2003 and 2005. Water levels and discharges at the gauging stations P.67 and P.1 computed by these models were compared with the observed data. It was found that both NWS FLDWAV and MIKE 11-HD models can be used for flood routing investigation with high accuracy. Therefore the NWS FLDWAV is a suitable model to be applied for flood study in Thailand river basins as well as the MIKE 11-HD model that has been accepted worldwide.

Key words : Hydrodynamic Model, Flood Routing Investigation, NWS FLDWAV, MIKE 11-HD, Upper Ping River Basin

1. บทนำ

การศึกษาครั้งนี้ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง “ระบบการพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วมตามเวลาจริงสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำยม” [1] ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การ

เคลื่อนที่ของน้ำท่าจากจุดพิจารณาด้านเหนือน้ำไปยังจุดพิจารณาด้านท้ายน้ำที่สนใจทั้งในลำน้ำ(channel) และทุ่งน้ำท่วม (flood plain) ในลุ่มน้ำปิงตอนบน เพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางชลศาสตร์ของคลื่นน้ำท่วม โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ (hydrodynamic model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของน้ำท่าแบบกระจาย (distributed flow routing model) ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของสมการเซนต์-วีแนนท์ที่นำมาใช้อธิบายการไหลแบบมิติเดียว ซึ่งปริมาณการไหลและระดับน้ำสามารถคำนวณได้ในรูปฟังก์ชันของเวลาและพื้นที่ [2]

ในต่างประเทศได้มีการพัฒนาแบบจำลองอุทกพลศาสตร์มากมาย เช่น แบบจำลอง RUBICON [3], NWS FLDWAV [4], CE-QUAL-RIV1 [5], HEC-RAS [6] และ MIKE 11 [7] เป็นต้น โดยการศึกษาครั้งนี้จะทำการคัดเลือกแบบจำลองทางด้านอุทกพลศาสตร์ประเภท public domain ซึ่งไม่เสียหรือมีค่าใช้จ่ายไม่มากในการจัดซื้อลิขสิทธิ์ และผู้พัฒนามีการแจกจ่าย source code ของแบบจำลอง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างความเข้าใจในรายละเอียดของทฤษฎี รวมทั้งนำไปพัฒนาหรือปรับปรุงให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งาน ซึ่งนับว่าเป็นสิ่งที่ดีต่อการพัฒนาขีดความสามารถของแบบจำลองเอง รวมทั้งเป็นการเพิ่มศักยภาพในด้านการทำวิจัยในแนวลึกให้กับผู้ใช้งานแบบจำลอง

ดังนั้น เพื่อก่อให้เกิดความมั่นใจว่าแบบจำลองประเภท public domain ที่เลือกมาสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับแบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้เลือกแบบ

จำลองย่อย Hydrodynamic (HD) ในชุดของแบบจำลอง MIKE 11 มาประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำปิงตอนบนโดยใช้เหตุการณ์น้ำหลากเดียวกัน จากนั้นนำผลการประเมินกราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำที่พิจารณาเปรียบเทียบกัน เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิผล รวมทั้งข้อดีและข้อเสียของแบบจำลองทั้งสองประเภทดังกล่าว

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการของแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ประเภท public domain และคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมที่สุดในการประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำในประเทศไทย

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้แบบจำลองประเภท public domain ที่เลือกกับแบบจำลอง MIKE 11-HD เพื่อตรวจสอบการเคลื่อนตัวของน้ำหลากในลุ่มน้ำปิงตอนบน

3. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำปิงตอนบน ซึ่งครอบคลุมพื้นที่เหนือเขื่อนภูมิพล มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 25,370 ตารางกิโลเมตร บริเวณตอนกลางลุ่มน้ำเป็นที่ตั้งของจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำพูน ซึ่งมีความสำคัญทางเศรษฐกิจในภาคเหนือของประเทศไทย โดยจังหวัดทั้งสองประสบปัญหาอุทกภัยแทบทุกปีจากผลของลมมรสุมและพายุจร ปัจจุบันกรมชลประทานกำลังดำเนินการติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อติดตามและเฝ้าระวังอุทกภัยแบบตามเวลาจริง (real-time) โดยครอบคลุมพื้นที่ 9,733 ตารางกิโลเมตร บริเวณด้านบนลุ่มน้ำ

สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำปิงตอนบนเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อนปกคลุมด้วยป่าไม้ ลำน้ำใน

ช่วงที่ไหลผ่านอำเภอเชียงดาวอยู่ระดับความสูงประมาณ 500 ถึง 1,300 เมตร (รทก.) ความลาดชันท้องน้ำประมาณ 1:40 ลำน้ำช่วงที่ผ่านหุบเขาตอนบนในเขตอำเภอแม่แตงมีระดับความสูงประมาณ 320 ถึง 500 เมตร (รทก.) ความลาดชันท้องน้ำประมาณ 1:50 ลำน้ำช่วงที่ผ่านที่ราบในหุบเขาในเขตอำเภอแม่แตง อำเภอแม่ริม และอำเภอเมือง มีระดับความสูงประมาณ 260 ถึง 300 เมตร (รทก.) ความลาดชันท้องน้ำประมาณ 1:1,800 ลำน้ำช่วงที่ผ่านที่ราบในหุบเขาก่อนไหลลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล มีระดับความสูงประมาณ 140 ถึง 260 เมตร (รทก.) และมีความลาดชันท้องน้ำประมาณ 1:1,590

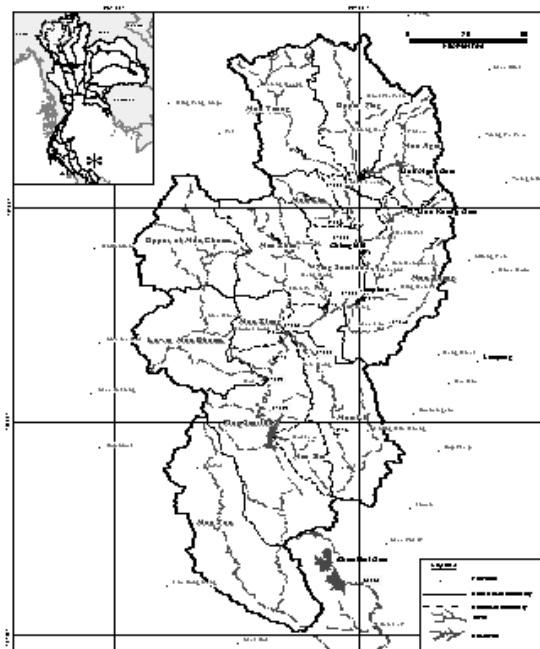
ลุ่มน้ำปิงตอนบนประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำปิงส่วนที่ 1 2 และ 3 แม่แตง แม่จัด แม่ริม แม่กวง แม่แจ่ม แม่ขาน แม่กลาง แม่หาด แม่ลี และแม่ต๋น ดังแสดงในภาพที่ 1

4. แบบจำลองอุทกพลศาสตร์

4.1 ทฤษฎีของ Saint-Venant

การไหลของน้ำผ่านดินหรือทางน้ำของลุ่มน้ำใด ๆ ในธรรมชาติจะมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล ความเร็ว และความลึกของการไหลตามพื้นที่ตลอดทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ สมการเซนต์-เวแนนท์ ซึ่งพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดย Barre de Saint-Venant ในปี ค.ศ. 1871 สามารถนำมาใช้ในการอธิบายการไหลในทางน้ำเปิดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาแบบหนึ่งมิติได้ โดยจำเป็นต้องมีสมมุติฐานดังต่อไปนี้ [2]

1. การไหลแบบหนึ่งมิติ โดยความลึกและความเร็วในการไหลเปลี่ยนแปลงในทิศทางตามความยาวของลำน้ำ ความเร็วมีค่าคงที่ และผิวน้ำ



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

อยู่ในแนวระดับกับหน้าตัดใด ๆ ที่ตั้งฉากกับแกนตามแนวความยาว

2. สมมุติให้การไหลเป็นแบบค่อย ๆ เปลี่ยนแปลง (gradually varied flow) ตามแนวลำน้ำ
3. แกนตามแนวความยาวของลำน้ำเป็นเส้นตรงโดยประมาณ
4. ความลาดชันของท้องน้ำมีน้อยและท้องน้ำมีลักษณะไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งการกัดเซาะและการทับถมของท้องน้ำไม่นำมาพิจารณา
5. สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (resistance coefficients) สำหรับการไหลแบบปั่นป่วนที่คงที่ตามพื้นที่และเวลา
6. ของไหลมีสภาพที่ไม่สามารถกดอัดได้ (incompressible)

สมการเซนต์-วีแนนท์ เป็นสมการอนุพันธ์ของผลต่างแบบไม่เป็นเส้นตรง มีลักษณะไฮเปอร์โบลิกบางส่วน ซึ่งพิจารณาทั้งในเทอมของพื้นที่

และเวลาแสดงในสมการที่ (1) และ (2) ซึ่งต้องใช้การแก้สมการด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (numerical solution schemes) โดยจะขึ้นอยู่กับแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์แต่ละประเภทที่เลือกใช้ ยกตัวอย่างเช่น แบบจำลอง MIKE 11-HD ใช้การแก้สมการในลักษณะเชิงเส้นตรงที่เรียกว่าวิธี 6-point Abbott scheme [7] ส่วนแบบจำลอง FLDWAV ใช้การแก้สมการในลักษณะเชิงไม่เส้นตรงเรียกว่า วิธี weighted 4-points implicit finite-difference scheme [4]

สมการความต่อเนื่อง

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad (1)$$

สมการโมเมนตัม

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (\beta Q^2 / A)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} + S_f + S_r \right) - \beta q v_x + W_f B = 0 \quad (2)$$

เมื่อ x คือ ระยะทางที่วัดตามแนวของค่าปริมาณการไหลเฉลี่ยในลำน้ำ t คือ ระยะเวลา q คือ การไหลเข้าด้านข้าง h คือ ระดับของผิวน้ำ v_x คือ ความเร็วของการไหลเข้าด้านข้างในทิศทางตามการไหลในลำน้ำ S_f คือ ความลาดเทของความเสียดทาน S_r คือ ความลาดชันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของทางน้ำ B คือ ความกว้างของลำน้ำ W_f คือ เทอมของความเร่ง β คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนตัม g คือ ค่าคงที่ของอัตราความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก

4.2 แบบจำลอง NWS FLDWAV

แบบจำลอง NWS FLDWAV เป็นแบบจำลองประเภท public domain ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย US National Weather Service (NWS) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีพื้นฐานจากแบบจำลอง DWOPER และแบบจำลอง DAMBRK โดยแบบ

จำลอง NWS FLDWAV นั้น ได้ปรับปรุงเป็นฉบับล่าสุดคือ Version 2.0.2.2 ในปี ค.ศ. 2003 [4] ซึ่งใช้จำลองการไหลแบบไม่คงที่ตามเวลา (unsteady flow) ในทางน้ำสายเดียว หรือทางน้ำที่มีสาขา

4.3 แบบจำลอง MIKE 11-HD

แบบจำลอง MIKE 11 เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1972 โดย DHI Water and Environment [7] เป็นแบบจำลองเชิงการคำนวณที่มีการปรับปรุงฉบับใหม่ทุก ๆ ปี โดยเน้นระบบการใช้งานแบบง่าย (user-friendly) โดยแต่ละหน่วยของการใช้งานเป็นลักษณะของการอธิบายโดยตัวของมันเอง (self-explanatory)

แบบจำลองย่อย MIKE 11-HD ทำหน้าที่ในการจำลองการไหลแบบไม่คงที่ตามเวลาในโครงข่ายของทางน้ำเปิด ผลที่ได้ประกอบด้วยระดับน้ำ ปริมาณการไหล และความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา และสามารถใช้งานร่วมกับแบบจำลองย่อย NAM/UHM ซึ่งเป็นการสร้างปริมาณน้ำไหลเข้าได้

5. วิธีการดำเนินการ

1. กำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ประเภท public domain เพื่อประยุกต์ใช้ในการเคลื่อนตัวของน้ำหลากสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย

2. ศึกษาทฤษฎีและหลักการของแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ทั้งหมดที่คัดเลือกมา จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาแบบจำลองที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยแบบจำลองที่ผ่านการคัดเลือก คือ แบบจำลอง NWS FLDWAV

3. ทำการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (model calibration and verification)

โดยใช้ข้อมูลเหตุการณ์น้ำหลากจำนวน 3 เหตุการณ์ ในปี พ.ศ. 2544 2546 และ 2548 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลอง โดยข้อมูลในอดีตของลุ่มน้ำปิงตอนบนที่รวบรวมและนำมาใช้ประกอบด้วย ข้อมูลอุตุนิยามวิทยา-อุทกวิทยา และลักษณะของสภาพภูมิประเทศ รวมทั้งข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ จำนวน 2 ลำน้ำ สํารวจเมื่อ พ.ศ. 2540 โดยกรมชลประทาน [8] ซึ่งประกอบด้วย

- แม่น้ำปิง ช่วงบริเวณจุดบรรจบแม่น้ำแม่จัดกับแม่น้ำปิงถึงเขื่อนภูมิพล จำนวน 264 รูปตัด รวมระยะทาง 364.5 กิโลเมตร โดยระยะห่างระหว่างรูปตัดอยู่ในช่วง 0.20 ถึง 51.00 กิโลเมตร

- น้ำแม่กวัง ช่วงจากเขื่อนแม่กวังอุดมธารา ถึง จุดบรรจบแม่น้ำปิง จำนวน 76 รูปตัด รวมระยะทาง 64 กิโลเมตรโดยระยะห่างระหว่างรูปตัดอยู่ในช่วง 0.33 ถึง 1.20 กิโลเมตร

อาคารชลศาสตร์ที่สำคัญในแม่น้ำปิงจำนวน 13 แห่ง ประกอบด้วย ฝ่ายแม่แฝก ฝ่ายแม่แดง ฝ่ายท่าศาลา ฝ่ายหนองผึ้ง ฝ่ายท่าวังตาล ฝ่ายแม่ปิงเก่า ฝ่ายท่ามะโก๋ ฝ่ายสบร้อง ฝ่ายพญาอุต ฝ่ายหนองสลิก ฝ่ายเด่นคา ฝ่ายดอยน้อย และฝ่ายวังปาน และในน้ำแม่กวัง จำนวน 2 แห่ง คือ ฝ่ายวังตอง และฝ่ายบ้านแม่ร้องน้อย

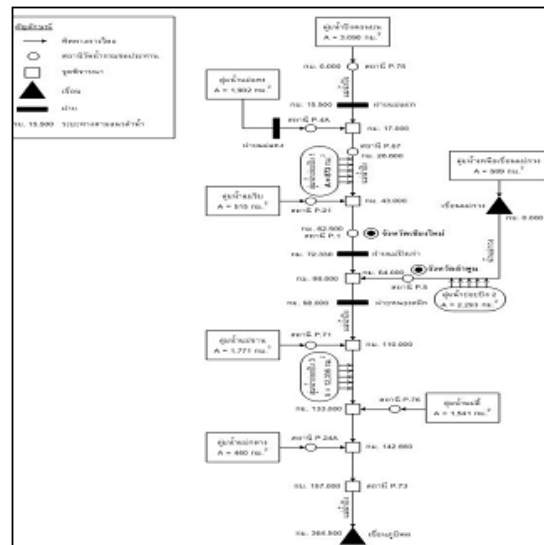
4. ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ทั้งสอง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผล โดยกำหนดโครงข่ายระบบแม่น้ำปิงตอนบน ซึ่งมีขอบเขตด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ ประเภทของข้อมูลที่ใช้ และช่วงเวลาในการคำนวณ สรุปได้ดังนี้ (ดูภาพที่ 2)

- เหตุการณ์น้ำหลากปี พ.ศ. 2544 เลือกใช้ช่วงเวลาในการคำนวณแต่ละครั้ง (time step) เท่ากับ 1 นาที ขอบเขตด้านเหนือน้ำที่แม่น้ำปิงใช้

ปริมาณการไหลรายวันที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 และที่น้ำแม่กวังใช้ปริมาณน้ำรายวันที่ปล่อยท้ายเขื่อนแม่กวัง ส่วนขอบเขตด้านท้ายน้ำใช้ระดับน้ำรายวันที่เขื่อนภูมิพล ปริมาณการไหลเข้าด้านข้างของกลุ่มน้ำสาขา แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) ปริมาณการไหลเข้าด้านข้างรายวันของกลุ่มน้ำสาขาที่มีสถานีวัดน้ำท่า จำนวน 5 แห่ง คือ สถานี P.4A (แม่แตง) สถานี P.21 (แม่วิม) สถานี P.71 (แม่ขาน) สถานี P.76 (แม่ลี้) และสถานี P.24A (แม่กลาง) 2) ปริมาณการไหลรายวันของกลุ่มน้ำสาขาที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าตั้งอยู่ ใช้การประเมินจากแบบจำลอง NAM โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มน้ำย่อย คือ กลุ่มน้ำย่อยปิง 1 ไหลเข้าแม่น้ำปิงระหว่างสถานี P.75 ถึงสถานี P.1 มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 873 ตารางกิโลเมตร กลุ่มน้ำย่อยปิง 2 ไหลเข้าน้ำแม่กวังระหว่างท้ายเขื่อนแม่กวังถึงจุดบรรจบแม่น้ำปิง มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 2,293 ตารางกิโลเมตร และกลุ่มน้ำย่อยปิง 3 ไหลเข้าแม่น้ำปิงระหว่างสถานี P.1 ถึงเขื่อนภูมิพล มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 12,336 ตารางกิโลเมตร โดยเลือกใช้สถานีวัดน้ำฝน จำนวน 9 สถานี ดังแสดงในภาพที่ 1

- เหตุการณ์น้ำหลากปี พ.ศ. 2546 เลือกใช้ช่วงเวลาในการคำนวณแต่ละครั้งเท่ากับ 1 นาติ โดยได้ทดลองเปลี่ยนขอบเขตด้านท้ายน้ำขึ้นมาใช้โค้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลและระดับน้ำ (rating curves) ที่สถานี P.73 ส่วนขอบเขตด้านเหนือน้ำและการไหลเข้าด้านข้างของกลุ่มน้ำสาขา เลือกใช้ที่ตำแหน่งเดียวกับเหตุการณ์น้ำหลากปี พ.ศ. 2544 ยกเว้นกลุ่มน้ำย่อยปิง 3 โดยมีพื้นที่ลดลงเป็น 3,806 ตารางกิโลเมตร ทำให้มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมเท่ากับ 16,815 ตารางกิโลเมตร

- เหตุการณ์น้ำหลากปี พ.ศ. 2548



ภาพที่ 2 แผนภูมิระบบแม่น้ำปิงตอนบนที่ใช้ในการศึกษา

เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องการรวบรวมข้อมูลดังนั้นจึงเลือกใช้ช่วงเวลาในการวิเคราะห์ระหว่างวันที่ 12 ถึง 16 สิงหาคม ช่วงเวลาในการคำนวณแต่ละครั้งเท่ากับ 1 นาติ ขอบเขตด้านเหนือน้ำเลือกใช้ปริมาณการไหลรายชั่วโมงที่สถานี P.75 ส่วนขอบเขตด้านท้ายน้ำเลือกใช้ปริมาณการไหลรายวันที่ปล่อยท้ายฝายแม่ปิงเก่า สำหรับปริมาณการไหลเข้าด้านข้างรายชั่วโมงสำหรับกลุ่มน้ำสาขาที่มีสถานีวัดน้ำท่า เลือกใช้ 2 สถานี คือ สถานี P.4A และ P.21 ส่วนกลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าทั้งหมดใช้การประเมินปริมาณการไหลรายชั่วโมงจากแบบจำลอง NAM โดยเลือกใช้สถานีวัดน้ำฝน เพียงแห่งเดียว คือ สถานี 07112 ที่ฝายแม่แตง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

6. การประเมินประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้

แบบจำลอง

การหาความแตกต่างระหว่างระดับน้ำและ

ปริมาณการไหลที่คำนวณได้จากแบบจำลองทั้งสอง เทียบกับค่าที่บันทึกไว้ที่สถานีวัดน้ำท่าที่พิจารณา จะใช้ค่าทางสถิติ 2 ค่า ดังแสดงในสมการ (3) และ (4) ดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือ correlation coefficient (r)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q}) \times (Q_o - \bar{Q}_o)}{\left[\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2 \times \sum_{i=1}^N (Q_o - \bar{Q}_o)^2 \right]^{0.5}} \quad (3)$$

2. ค่า efficiency index (EI)

$$EI = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_o - \bar{Q}_o)^2 - \sum_{i=1}^N (Q_o - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^N (Q_o - \bar{Q}_o)^2} \times 100\% \quad (4)$$

เมื่อ Q_i คือ ปริมาณการไหลหรือระดับน้ำที่เวลา i ส่วน $\bar{Q}$ คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณการไหลหรือระดับน้ำ โดยที่ subscript O กับ C คือ ค่าที่ตรวจวัดได้และค่าที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง ตามลำดับ และ N คือ จำนวนของข้อมูล

ค่า r มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้า r มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรงที่ดีมาก ส่วนค่า Efficiency index (EI) ถ้ามีค่าเท่ากับร้อยละ 100 แสดงว่าชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับที่ได้จากการตรวจวัดทุกข้อมูล

7. ผลการศึกษ

ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองทั้งสองทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning'n) ในลำน้ำและทุ่งน้ำท่วมในแต่ละช่วงแม่น้ำ สรุปดังในตารางที่ 1 สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์กับค่าที่ตรวจวัดจริงทั้งระดับน้ำและ

ปริมาณการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 และ P.67 ด้วยค่าทางสถิติที่ประเมินได้จากแบบจำลองทั้งสองในแต่ละช่วงเหตุการณ์น้ำหลาก ดังแสดงในตารางที่ 2 ส่วนภาพที่ 3 ถึงภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบกราฟปริมาณการไหลที่สถานี P.1 ทั้งสามเหตุการณ์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่า ผลการประยุกต์ใช้ของแบบจำลองทั้งสองเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงให้ค่าทางสถิติที่ดี จึงสรุปได้ว่าแบบจำลอง NWS FLDWAV มีความเหมาะสมสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทยเช่นเดียวกับแบบจำลอง MIKE 11-HD

สำหรับเหตุการณ์น้ำหลากปี พ.ศ. 2548 เมื่อพิจารณาเส้นกราฟน้ำท่าที่คำนวณได้ในภาพที่ 5 จะมีความแตกต่างจากค่าที่วัดได้จริงมาก เนื่องจากมีระดับน้ำไหลล้นตลิ่งค่อนข้างมาก จึงมีการเคลื่อนตัวของน้ำหลากในทุ่งน้ำท่วมมาก ซึ่งรูปตัดขวางลำน้ำที่ใช้ในแบบจำลองทั้งสองยังขาดข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามในการต่อขยายทุ่งน้ำท่วมให้ครอบคลุมสำหรับขนาดปริมาณน้ำหลากที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์ดังกล่าว

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning'n) ที่ได้จากการศึกษา

ช่วงแม่น้ำ	ในลำน้ำ	ในทุ่งน้ำท่วม
แม่น้ำปิง		
• กม.0.0 ถึง กม. 62.5 (สถานี P.1)	0.025	0.125
• กม.62.5 ถึง กม. 100.0	0.030	0.150
• กม.100 ถึง กม. 157 (สถานี P.73)	0.035	0.175
• กม.157 ถึง กม. 215.5	0.040	0.200
• กม.215.5 ถึง กม. 364.5 (เขื่อนภูมิพล)	0.050	0.250
น้ำแม่กว		
• กม.0.0 ถึง กม. 26	0.040	0.160
• กม.26 ถึง กม. 64	0.050	0.200

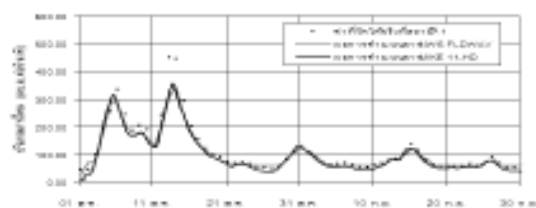
ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยค่าทางสถิติที่จุดพิจารณา

ปี พ.ศ.	ค่าระดับน้ำ				ค่าปริมาณการไหล			
	สถานี P.67		สถานี P.1		สถานี P.67		สถานี P.1	
	FW	M11	FW	M11	FW	M11	FW	M11
1. r								
• 2544	0.98	0.97	0.98	0.80	0.98	0.98	0.98	0.97
• 2546	0.97	0.95	0.98	0.84	0.96	0.97	0.98	0.98
• 2548	0.90	0.93	0.97	0.89	0.83	0.87	0.92	0.90
2. EI								
• 2544	92.6	65.3	59.7	44.4	92.5	91.9	90.5	89.3
• 2546	63.0	96.2	34.3	39.1	94.9	93.9	96.4	95.1
• 2548	76.8	82.4	88.6	36.0	69.1	72.9	80.6	76.6

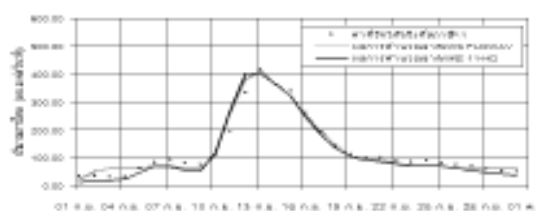
หมายเหตุ : FW คือค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง NWS FLDWAV
M11 คือค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง MIKE 11-HD

8. บทสรุป

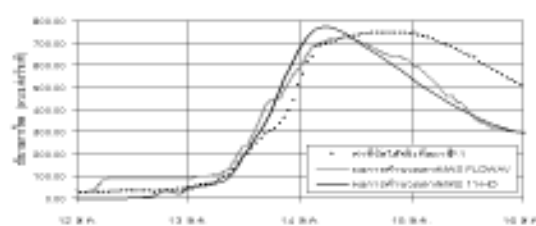
ความมีประสิทธิภาพของแบบจำลองแยกพิจารณาเป็นประเด็นสำคัญ ดังนี้ 1) ความมีเสถียรภาพในคำนวณที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงขอบเขตด้านท้ายน้ำ และต่อช่วงเวลาของข้อมูลกราฟน้ำหลากที่ใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าทั้งข้อมูลรายวันและรายชั่วโมง พบว่า กราฟน้ำหลากที่คำนวณได้ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันมาก อย่างไรก็ตาม แบบจำลอง NWS FLDWAV จะมีเสถียรภาพในคำนวณดีกว่าแบบจำลอง MIKE 11-HD เนื่องจาก มีฟังก์ชันในการปรับค่าช่วงเวลาในการคำนวณแต่ละครั้ง (time step) โดยแบบอัตโนมัติ เมื่อพบว่าช่วงเวลาในการคำนวณแต่ละครั้งที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมในช่วงการคำนวณ และไม่พบปัญหาการแกว่งของค่าที่คำนวณได้ในช่วงเริ่มต้นการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11-HD จะมีปัญหาการแกว่งของค่าที่คำนวณได้ในช่วงเริ่มต้น ทำให้ต้องคำนวณไปสักช่วงเวลาหนึ่ง ค่าจึงจะไม่แกว่ง แต่ก็สามารถแก้ปัญหานี้ได้ ถ้านำไฟล์ค่าเริ่มต้น (hotstart files)



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณการไหลของน้ำหลากปี พ.ศ. 2544



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบปริมาณการไหลของน้ำหลากปี พ.ศ. 2546



ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบปริมาณการไหลของน้ำหลากปี พ.ศ. 2548

ของการคำนวณในช่วงก่อนหน้านั้นมาใช้เป็นค่าเริ่มต้นของช่วงเวลาถัดไป ซึ่งจะทำให้ค่าที่คำนวณไม่แกว่งในช่วงเริ่มต้น 2) การเชื่อมต่อกับแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าเพื่อใช้สร้างข้อมูลกราฟน้ำท่าเป็นข้อมูลด้านเข้า ซึ่งพบว่า แบบจำลอง MIKE 11 นั้นสามารถทำได้แบบอัตโนมัติผ่านทางแบบจำลอง NAM แต่แบบจำลอง NWS FLDWAV ไม่มีแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่เชื่อมต่อโดยตรง จึงต้องใช้การป้อนค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง NAM แทน

9. กิตติกรรมประกาศ

ผู้แต่งขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา
แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนทุน
เพื่อการวิจัยนี้ และขอขอบคุณหน่วยงานที่เอื้อเพื่อ
ข้อมูลประกอบการวิจัย คือ สำนักชลประทานที่ 1
ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน
สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน
และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, 2548. รายงานโครงการวิจัยเรื่อง
“ระบบการพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วมตาม
เวลาจริงสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำยม”.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- [2] นุชนารถ ศรีวงศ์ตานนท์, 2545. การจำลอง
สภาวะน้ำท่วม (Flood Modelling). ภาควิชา
วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 277 หน้า.
- [3] Haskoning, 1992. Users Manual (Version
1.0). Royal Dutch Consulting Engineers
and Architects, Netherlands. 209 p.
- [4] Fread, D.L. and Lewis, J.M., 1998. NWS
FLDWAV Model: Theoretical description
and User documentation. Hydrologic Re-
search Laboratory, Office of Hydrology,
National Weather Service (NWS), NOAA,
Silver Spring, Maryland, USA. 334 p.
- [5] Environmental Laboratory, 1995. CE-
QUAL-RIVI User's Manual: A Dynamic,
One-Dimensional (Longitudinal) Water
Quality Model for Streams. US Army Corps
of Engineer, Waterways Experiment Sta-
tion, USA. 290 p.
- [6] Brunner, G.W., 2002. HEC-RAS River
Analysis System: Hydraulic Reference
Manual Version 3.1. US Army Corps of
Engineer, Hydrologic Engineering Center
(HEC), USA. 363 p.
- [7] DHI Water and Environment, 2002.
MIKE11-A Modelling System for Rivers and
Channels: Reference Manual. Hørsholm,
Denmark, 504 p.
- [8] บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด, บริษัท
เข้าอี๊ดทีเอเซียเทคโนโลยี จำกัด, บริษัท พี แอนด์
ซี แมเนจเม้นท์ จำกัด และ Snowy Mountains
Engineering Co.Ltd., 2540. รายงานการ
ศึกษาความเหมาะสมและศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม
โครงการบรรเทาอุทกภัยและการ
ขาดแคลนน้ำลุ่มน้ำปิงตอนบน (ฉบับสุดท้าย).
กรมชลประทาน กรุงเทพฯ.

