หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าในฉับพลัน (Real Time Forecasting) คือการคำนวณน้ำท่าโดยใช้ข้อมูลทางอุทกวิทยาที่บันทึกได้ใหม่ล่าสุดเช่น 1 ชั่วโมงหรือ 1 วัน ก่อนเวลาที่ต้องพยากรณ์มาใช้ในการคำนวณ การพยากรณ์ลักษณะนี้สามารถให้ผลการคำนวณที่ทันต่อเหตุการณ์เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation) และการเตือนอุทกภัย (Flood Warning) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเตรียมการรับสภาพน้ำหลาก (Floods) อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยในการตัดสินใจการเปิดประตูน้ำสำหรับการระบายน้ำล้น (Spillway) ในสภาวะคับขัน ส่งผลให้เกิดความปลอดภัยต่อตัวเขื่อนและบรรเทาหรือลดอุทกภัยจากน้ำหลากในพื้นที่ท้ายน้ำ

แบบจำลองที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ น้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) เป็นแบบจำลองหลัก ประกอบกับใช้ Kalman Filter Technique โดยมีจุดเด่นที่สุดคือ สามารถใช้ค่าความผิดพลาดจากผลการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำฝน-น้ำท่าในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่ารายวันในปัจจุบัน ไปปรับปรุงพารามิเตอร์ของสมการในแบบจำลองคณิตศาสตร์หลัก เพื่อให้การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าในครั้งต่อไป ถูกต้องและแม่นยำได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งวิธีการของ Kalman Filter Technique สามารถใช้ร่วมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำฝน-น้ำท่าอื่นๆที่เป็น Conceptual Model ได้ จึงเป็นที่สนใจในการศึกษารายละเอียดและเทคนิคต่างๆเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำในปัจจุบัน

สำหรับการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้มุ่งที่จะประยุกต์แบบจำลองคณิตศาสตร์กับพื้นที่ศึกษาโดยจะพิจารณาถึงความถูกต้อง แม่นยำ ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าระหว่างแบบจำลองคณิตศาสตร์ผนวกกับการใช้ Kalman Filter Technique และการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียวในลักษณะเปรียบเทียบ รวมทั้งพิจารณาศึกษาถึงความเหมาะสมการนำไปใช้งานจริงกับพื้นที่ โดยการประเมินค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำท่าและสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา วิธีการประเมินผลของการคำนวณปริมาณน้ำท่าจะพิจารณาสามค่าด้วยกันคือ Root Mean Square Error(RMSE),ความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำท่าสูงสุดและความผิดพลาดการคำนวณเวลาที่เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุด นอกจากนี้จะได้ศึกษาถึงความเหมาะสม

จากการใช้ข้อมูลปริมาณฝนที่ได้จากการคำนวณล่วงหน้า ประยุกต์ใช้กับแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณปริมาณน้ำท่าล่วงหน้า ซึ่งคาดว่าจะเป็นวิธีการหนึ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนรับปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำได้อย่างเหมาะสมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้วางวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้

1) วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของสมการในแบบจำลองคณิตศาสตร์หลัก ที่เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) และค่าความแปรปรวนของตัวแปรต่างๆ ใน Kalman Filter Technique ให้มีความเหมาะสมกับข้อมูลและสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา

2) ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ มาคำนวณปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) ศึกษาความสามารถของ Kalman Filter Technique เมื่อนำไปใช้ร่วมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์หลักน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) โดยเปรียบเทียบผลความถูกต้อง และแม่นยำในการคำนวณปริมาณน้ำท่า กับการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์หลักน้ำฝน-น้ำท่าเพียงอย่างเดียว

1.3 ขอบข่ายของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้จะดำเนินการในขอบเขตดังนี้

1) ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ น้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) แบบ Non-Linear Storage Function Model (NLSFM) เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์หลัก ผนวกกับการใช้ Kalman Filter Technique ในการศึกษาปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ

2) สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกพื้นที่รับน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์เป็นพื้นที่ศึกษา ซึ่งตั้งอยู่ที่ ต.โคกสูง อ.อุบลรัตน์ จ.ขอนแก่น Latitude 16° 45′ 13"เหนือ Longitude 102° 37′ 15" ตะวันออก (EGAT,1989 A) ลักษณะโครงการเป็นเขื่อนเอนกประสงค์ มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 12,104 ตารางกิโลเมตร ก่อสร้างเสร็จเมื่อปี พ.ศ.2509 แผนที่โครงการดังแสดงในรูป 1.1

3) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน และ

ปริมาณน้ำท่ารายวัน จากสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ จำนวน 10 สถานี (EGAT,1980) โดยจะเลือกใช้ข้อมูลประมาณในช่วงก่อนและหลัง 15 วันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดในแต่ละปีจำนวน 18 ปี ตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละสถานีแสดงในรูป 1.2

4) การกำหนดค่าปริมาณน้ำฝนรายวันที่จะใช้เป็นตัวแทนของปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำจะใช้วิธี Reciprocal-Distance-Squared Method (RDS) (Singh,V.P.1989) โดยใช้โปรแกรม Surfer เป็นเครื่องมือในการคำนวณปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยของพื้นที่ศึกษา

5) การศึกษาในครั้งนี้จะศึกษาในกรณีต่างๆ ดังต่อไปนี้

5.1) วิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของสมการหลักในแบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) แบบ Non-Linear Storage Function Model (NLSFM) และค่าความแปรปรวนของตัวแปรใน Kalman Filter Technique ที่เหมาะสมกับภูมิประเทศและข้อมูลปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า ของพื้นที่ศึกษา

5.2) ศึกษาความสามารถของ Kalman Filter Technique ในการคำนวณปริมาณน้ำท่า อย่างถูกต้อง แม่นยำ เมื่อใช้ผนวกกับแบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำฝน-น้ำท่า โดยพิจารณาจากค่าของ Root Mean Square Error (RMSE) ของปริมาณน้ำท่า ,ค่าความผิดพลาดของผลคำนวณปริมาณน้ำท่าสูงสุด และค่าความผิดพลาดของเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด เป็นค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาความถูกต้องของการคำนวณ

5.3) ประเมินผลจากการใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากการคำนวณล่วงหน้าแบบ 1-2-3- และ 4-Day Average กับแบบจำลอง NLSFM ผนวกกับ Kalman Filter Technique โดยใช้ค่า RMSE ของปริมาณน้ำท่า ค่าความผิดพลาดของปริมาณน้ำท่าสูงสุดและค่าความผิดพลาดของเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดเป็นค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษา

1.4 พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษานี้ ใช้พื้นที่ลุ่มน้ำของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ซึ่งตั้งอยู่บนลำน้ำพอง ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ห้วงานอยู่ห่างจากจังหวัดขอนแก่นไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 50 กิโลเมตร เขื่อนอุบลรัตน์สร้างเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2509 วัตถุประสงค์เพื่อการควบคุมอุทกภัย การชลประทาน ผลิตกระแสไฟฟ้าและการประมง มีพื้นที่รับน้ำประมาณ

12,104 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,750 ล้านลูกบาศก์เมตร สาเหตุที่เลือกใช้พื้นที่นี้เป็นพื้นที่ศึกษาเนื่องจาก

1) ในอดีตที่ผ่านมา พื้นที่นี้เคยเกิดสภาพน้ำหลากครั้งสำคัญเข้าสู่อ่างเก็บน้ำคือในปี พ.ศ.2521 ซึ่งปริมาณน้ำหลากสูงสุดวัดได้ 8,633 cms. และไหลผ่านออกทางทางระบายน้ำล้น (Spillway) ปริมาณ 3,772 cms. ซึ่งทางระบายน้ำล้นถูกออกแบบให้รับปริมาณน้ำหลากไหลผ่านได้เพียง 2,500 cms. เท่านั้น ก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อตัวเขื่อนรวมทั้งประชาชนบริเวณท้ายน้ำด้วย รูปถ่ายทางระบายน้ำล้นขณะที่เกิดน้ำหลากในปี พ.ศ.2521 แสดงในรูป 1.3 ดังนั้นถ้ามีการพยากรณ์อัตราการไหลเข้าสู่เขื่อนล่วงหน้าได้ถูกต้อง ก็อาจจะสามารถเตรียมตัวรับเหตุการณ์ได้ดีขึ้น และลดความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายจากการปล่อยน้ำเกินความสามารถของทางระบายน้ำล้น (Spillway)

2) ในอดีตที่ผ่านมา ยังไม่มีการศึกษาการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ผนวกกับ Kalman Filter Technique ประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดประมาณ 10,000 ตารางกิโลเมตรในประเทศไทยมาก่อน จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเพื่อแสดงถึงขอบเขตในการประยุกต์ใช้ของแบบจำลอง

3) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่ารายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ มีเพียงพอสำหรับการศึกษาในครั้งนี้โดยที่มีสถานีวัดน้ำฝนติดตั้งกระจายอยู่ในพื้นที่รับน้ำจำนวน 10 สถานีและมีข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ จำนวน 18 ปี รายชื่อสถานีแสดงในตาราง 1.1

1.5 การศึกษาที่ผ่านมา

การศึกษาที่ผ่านมามีการนำ Kalman Filter Technique ไปใช้ร่วมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์แบบต่างๆเพื่อการคำนวณปริมาณน้ำท่าในลักษณะต่างๆกัน พอสรุปได้ดังนี้

HINO (1973) เป็นบุคคลแรกที่นำ Filtering Technique ไปประยุกต์กับการประมาณค่าของพารามิเตอร์ของ Hydrologic System โดยที่พิจารณาถึงการประมาณค่าพารามิเตอร์มากว่าผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากน้ำฝน และสมมุติให้ผลจากการเปลี่ยนแปลงของ System Characteristics หรือ พารามิเตอร์ มีผลมากกว่า Measurement Error ของปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า

MOORE and WEISS (1976) ใช้ Four Parameters Catchment Response Model ในการคำนวณปริมาณน้ำท่าในลักษณะ Real Time Forecasting โดยใช้ Extended

Kalman Filtering Algorithm ร่วมด้วย การศึกษาทำที่แม่น้ำ Ray ในประเทศอังกฤษและผลที่ได้ แสดงให้เห็นถึงผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าที่ดีขึ้นเนื่องจากการใช้ Filter Algorithm

HOSHI and YAMAOKA (1980)ใช้ Prasad Model ซึ่งเป็น NLSFM แบบหนึ่ง ทำการคำนวณปริมาณน้ำท่าที่แม่น้ำ Ishikari ในประเทศญี่ปุ่นซึ่งมีพื้นที่รับน้ำประมาณ 14,330 ตร.กม. โดยใช้ Kalman Filter Technique แบบ First Order และ Second Order ผลปรากฏว่าความสามารถของ Second Order Filter นั้นดีกว่าแบบ First Order Filter เพราะทำให้ ค่าการคำนวณปริมาณน้ำท่ามีความถูกต้องมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาใกล้ๆกับ Peak Flood

GAUTAM (1983) ได้ใช้ Linear Storage Function Model (LSFM) และ Non-Linear Storage Function Model (NLSFM) มาอธิบาย กระบวนการเปลี่ยนน้ำฝนให้เป็นน้ำท่า (Rainfall-Runoff Process)โดยใช้ Kalman Filter Algorithm มาร่วมด้วย และได้ทำการเปรียบเทียบการคำนวณปริมาณน้ำท่าล่วงหน้า 1,2 และ 3 วันโดยใช้ข้อมูลจริงจากแม่น้ำ Bagmati ในประเทศเนปาล มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 584 ตร.กม. จากการวิเคราะห์ผลแสดงให้เห็นว่า NLSFM มีความสามารถในการพยากรณ์ได้ดีกว่า LSFM โดยเฉพาะในการคำนวนปริมาณน้ำท่าล่วงหน้ามากวันขึ้น

สุทัศน์ วีสกุล (2533) ได้ทำการศึกษาโดยใช้ Kalman Filter Technique ผนวกกับ LSFM ประยุกต์ใช้กับเขื่อนจุฬาภรณ์ ซึ่งเป็นเขื่อนขนาดเล็กมีพื้นที่รับน้ำประมาณ 545 ตร.กม. โดยได้ทำการคำนวณปริมาณน้ำท่าไหลเข้าเขื่อนล่วงหน้า 1,2 และ 3 วัน พบว่า ในการคำนวณด้วย LSFM ผนวกกับ Kalman Filter Technique ในลักษณะคำนวณล่วงหน้า 1 วันให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าถูกต้องใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด เนื่องจากได้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) ของปริมาณน้ำท่ารายวันต่ำที่สุด

1.6 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้มีขั้นตอนการดำเนินการศึกษา ดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎีของ Kalman Filter Technique และทฤษฎีทางอุทกวิทยาของ Non-Linear Storage Function Equation ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่า

2) รวบรวมข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาของพื้นที่ศึกษา ซึ่งประกอบด้วย แผนที่แสดงลุ่มน้ำ

แผนที่แสดงที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่า , ข้อมูลปริมาณน้ำฝน , ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

3) ศึกษาและคัดเลือก ข้อมูลปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่า ในช่วงที่เกิดปริมาณน้ำท่ามากที่สุดในแต่ละปี เพื่อเตรียมข้อมูลเหล่านี้นำไปประยุกต์ใช้กับแบบจำลองคณิตศาสตร์ต่อไป

4) ทดสอบและเปรียบเทียบผลของการปรับค่าพารามิเตอร์ ของสมการในแบบจำลองคณิตศาสตร์หลัก และค่าความแปรปรวนของตัวแปรใน Kalman Filter Technique เพื่อหาค่าที่เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่ใช้ สำหรับใช้เป็นค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น เพื่อการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในลักษณะต่างๆต่อไป

5) ประยุกต์แบบจำลองคณิตศาสตร์กับชุดข้อมูลที่คัดเลือกมาแล้ว โดยประยุกต์ในลักษณะต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในขอบข่ายของการศึกษา หัวข้อ 1.3

6) วิเคราะห์และสรุปผล

7) จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

1.7 ผลที่ได้จากการศึกษา

1) เรียนรู้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model)

2) สามารถเสนอแนะค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น ทางอุทกวิทยาที่เหมาะสมของแบบจำลอง Non-Linear Storage Function Model (NLSFM) ผนวกกับ Kalman Filter Technique ในพื้นที่รับน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์

3) ประเมินความสามารถในการคำนวณปริมาณน้ำท่า ระหว่างการที่มี การใช้ Kalman Filter Technique ผนวกกับ NLSFM โดยเปรียบเทียบกับแบบจำลองเดียวกันนี้เมื่อไม่มี Kalman Filter Technique ร่วมด้วย

4) รูปแบบหรือปริมาณฝนเบื้องต้นล่วงหน้า ที่ให้ค่าความผิดพลาดน้อยในการคำนวณน้ำท่าสำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลองในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

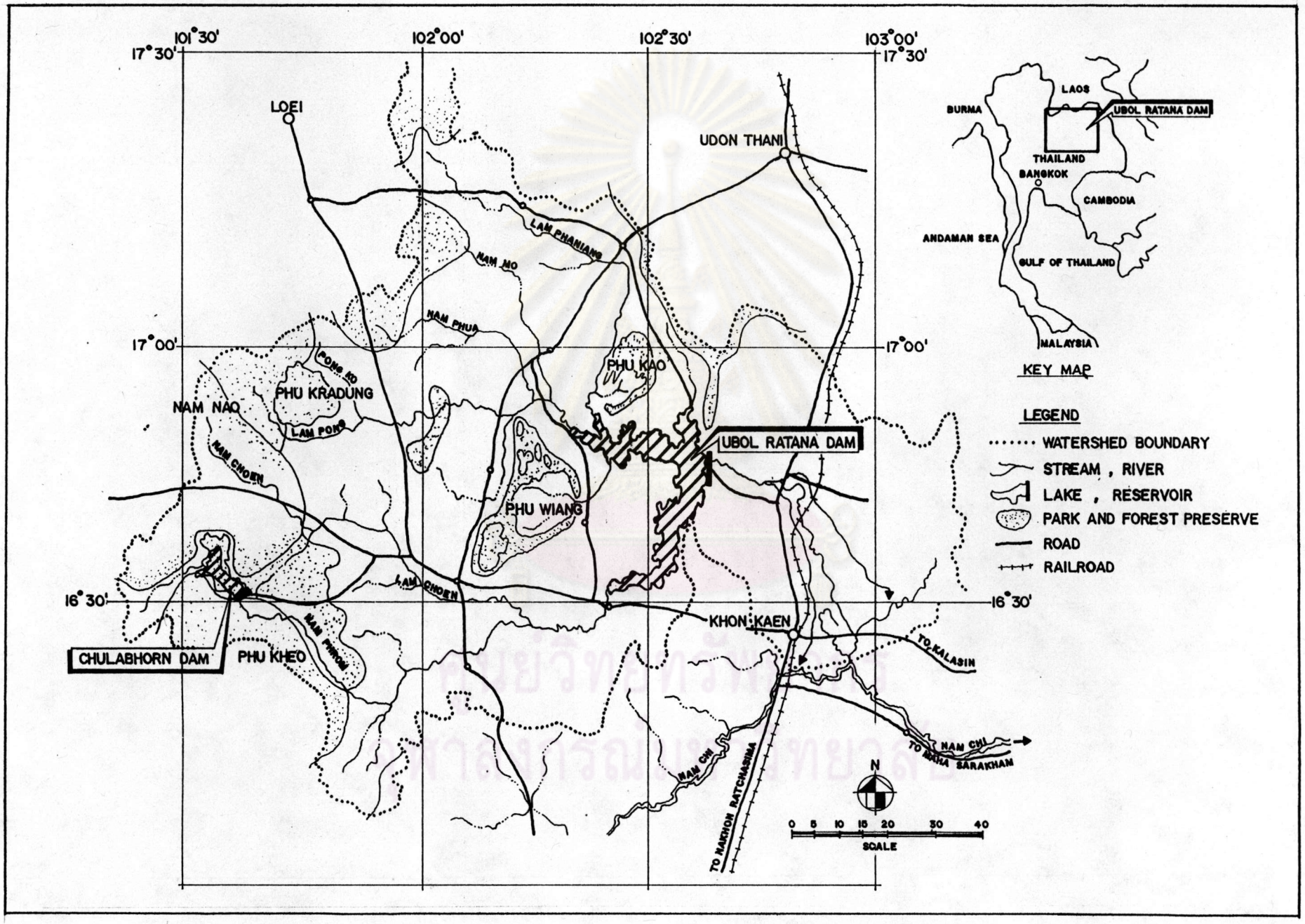
5) เป็นแนวทางในการนำแบบจำลอง NLSFM ผนวกกับ Kalman Filter Technique นี้ เพื่อประยุกต์ใช้กับอ่างเก็บน้ำลักษณะนี้ในพื้นที่อื่นๆที่มีพื้นที่รับน้ำลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกันและ มีโอกาสเกิดอุทกภัยสูง เพื่อให้การคำนวณปริมาณน้ำหลาก ถูกต้องแม่นยำขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ในการดำเนินการอ่างเก็บน้ำและเตือนภัย

ตาราง 1.1 รายชื่อสถานีวัดปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา

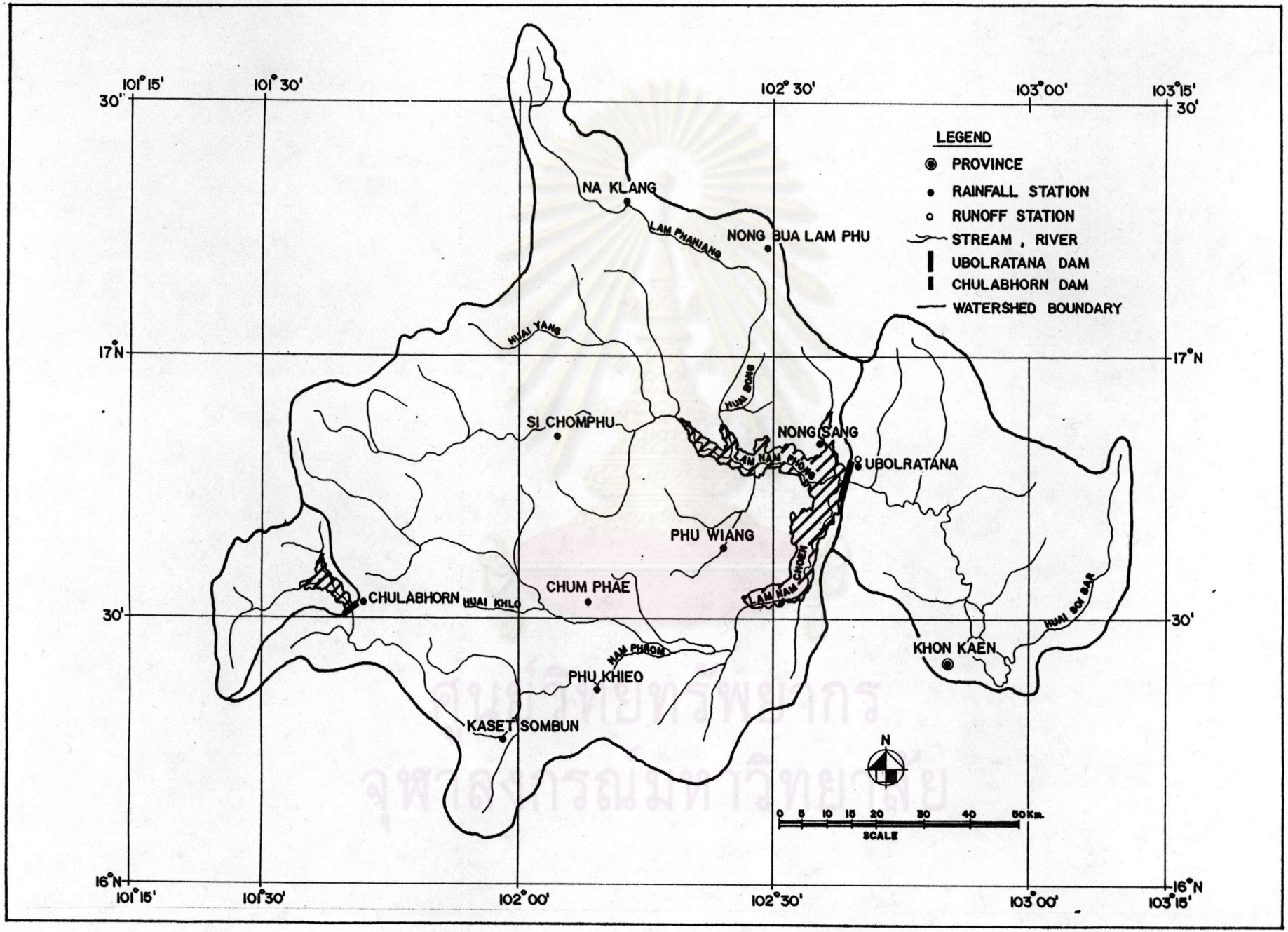
Station Code*	ชื่อสถานี	สถานีน้ำฝน	สถานีน้ำท่า
05284	Chulabhorn Dam	✓	
68042	Nong Bua Lam Phu	✓	
68072	Nong Sang	✓	
68222	Na Klang	✓	
05032	Phu Khieo	✓	
05052	Kaset Sombun	✓	
1405	Phu Wiang	✓	
1407	Chum Phae	✓	
1429	Si Chomphu	✓	
14424	Ubolratana Dam	✓	✓

*Station Code คือ หมายเลขสถานีที่ใช้ในหน่วยงานของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 1.1 พื้นที่ศึกษา



รูป 1.2 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา

รูป 1.3 สภาพเหตุการณ์น้ำล้น Spillway พศ.2521