

## บทที่ 2

### แนวความคิด ทฤษฎี วรรณกรรมปริทัศน์

#### 2.1 แนวความคิด ทฤษฎี

ทำการศึกษาโดยอาศัย 3 แนวคิดในการศึกษา คือ 1) แนวคิดทางด้านอุทกวิทยา 2) แนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลองทางอุทกวิทยา 3) แนวคิดเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในแบบจำลองทางอุทกวิทยา ดังนี้

##### 2.1.1 แนวคิดทางด้านอุทกวิทยาลุ่มน้ำ

แนวคิดทางด้านอุทกวิทยา ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ระบบลุ่มน้ำในงานวิจัย ได้แก่แนวคิดเรื่องโครงข่ายลำน้ำ ลักษณะทางกายภาพของลำธาร ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำ สาเหตุของการเกิดน้ำท่วม การคาดการณ์ภาวะน้ำท่วม แนวคิดเรื่องการเคลื่อนตัวของน้ำ และแนวคิดเรื่องสมดุลน้ำ โดยพิจารณาจากปัจจัยที่มีผลต่อการระบายน้ำในลุ่มน้ำ ดังนี้

1) ปัจจัยทางด้านรูปทรงของพื้นที่รับน้ำ (catchments geometry) ได้แก่พื้นที่ลุ่มน้ำ รูปร่างลุ่มน้ำ ความยาวลำธาร โครงข่ายการระบายน้ำและความหนาแน่นของโครงข่าย

2) ปัจจัยด้านภูมิอากาศ (climate) ได้แก่อุณหภูมิ ชนิดฝน ฤดูกาล น้ำฝนเฉลี่ย ความชื้นของฝนและความถี่

3) ปัจจัยด้านธรณีวิทยา (geology) ได้แก่โครงสร้างของหิน ชั้นหิน การกระจายของชั้นหิน และรูปร่างสัณฐานของภูมิประเทศ

4) ปัจจัยทางด้านคุณลักษณะของดิน (soil properties) ได้แก่ชนิดของดิน การกระจายของชนิดดิน ลักษณะเนื้อดิน การยอมให้น้ำซึมผ่าน การพังทลาย ความชื้นในดินและระดับน้ำใต้ดิน

5) ปัจจัยทางด้านพืชปกคลุมดิน (vegetation cover) ได้แก่ชนิดพืช การกระจาย การสกัดกั้นน้ำและการระเหย ความหลากหลายของพืชในช่วงเวลาต่างๆ

6) ปัจจัยทางด้านอุทกวิทยา (hydrology) ได้แก่อัตราการซึมลงดิน ความสามารถในการซึมลงดิน ระดับน้ำสูงสุด ชนิดของการไหล (มีน้ำไหลตลอดปีหรือชั่วคราว) ข้อมูลน้ำรายปี การกักเก็บน้ำในลำน้ำ

7) ปัจจัยทางด้านตะกอน (sediment yield) ได้แก่ที่มาของตะกอน การพังทลายของหน้าดิน และการพัดพา

8) ปัจจัยทางด้านกิจกรรมของมนุษย์ (human's activities) ได้แก่การทำลายป่าไม้ ระดับและชนิดของการพัฒนา โครงสร้างของกิจกรรม

ทั้งนี้ปัจจัยที่ 2-8 มีผลต่อระดับน้ำท่า และลักษณะรูปทรงลุ่มน้ำมีผลต่อลักษณะกราฟน้ำท่า และระดับสูงสุดของน้ำ (peak discharge) (Przedwojski *et al.*, 1995 หน้า 23 อ้างอิงจาก Kinori and Mevorach, 1984; Jansen *et al.*, 1979; Richards, 1982)

#### 2.1.1.1 แนวคิดเรื่องโครงข่ายลำน้ำ (stream network)

โครงข่ายลำน้ำหรือโครงข่ายการระบายน้ำเกิดจากการกั้ดเซาะของน้ำ ทำให้ผิวดินเกิดเป็นร่องตามความลาดเอียงของภูมิประเทศ แล้วไหลมารวมกันเกิดเป็นลำน้ำ โดยลำน้ำแต่ละสายเมื่อไหลมารวมกันจะขยายกว้างออกไปจนกลายเป็นโครงข่ายลำน้ำบนพื้นที่ลุ่มน้ำ ทั้งนี้ลำน้ำทุกสายที่ปรากฏอยู่ จะประกอบด้วยลำน้ำสายใหญ่ที่มีสาขาแตกแยกออกไป โดยสาขาของลำน้ำแต่ละสายจะมีลุ่มน้ำที่มีขนาดได้สัดส่วนกับขนาดของลำน้ำ และสาขาของลำน้ำทุกสายที่ไหลมารวมกันเป็นระบบของลุ่มน้ำ จะพยายามปรับระดับท้องน้ำให้เท่ากัน ไม่ว่าลำน้ำสายใดที่ไหลมารวมกันนั้นจะมีระดับสูงหรือต่ำกว่ากัน (วิชัย เทียนน้อย, 2524)

การเชื่อมโยงโครงข่ายของลำน้ำ Shreve (1967) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับจุดต่อ (node) และการเชื่อมโยงลำน้ำจากทฤษฎีกราฟว่า “สายต้นน้ำจะเป็นจุดต่อภายนอก และลำน้ำที่เชื่อมต่อกันจะเป็นจุดต่อภายใน การเชื่อมโยงจะเป็นการติดต่อของลำน้ำที่มีจุดต่ออยู่ติดกัน โดยการเชื่อมโยงภายนอก เป็นการติดต่อกันของลำน้ำอันดับที่ 1 มาต่อกัน ส่วนการเชื่อมโยงภายใน จะเป็นการติดต่อของลำน้ำที่มีจุดต่อภายในมาเชื่อมต่อกัน” (Beven and Kirkby, 1993)

วัฏจักรของแม่น้ำลำธาร William Morris Davis (1850-1934) นักธรณีวิทยาชาวอเมริกัน ได้แบ่งวัฏจักรของภูมิประเทศที่ถูกกัดเซาะโดยแม่น้ำลำธารว่ามี 3 วัฏด้วยกัน คือวัยเยาว์ วัยเจริญเต็มที่และวัยชรา โดยในวัยเยาว์เป็นระยะที่แม่น้ำเริ่มก่อตัวขึ้น ธารน้ำมีลักษณะเป็นสายสั้นๆ เกิดการกัดเซาะด้านต้นน้ำ และร่องน้ำมีการกัดเซาะในแนวดิ่ง หุบเขามีลักษณะเป็นรูปตัววี ท้องน้ำขรุขระมักพบลักษณะของแก่ง น้ำตก ผ่นังหุบเขาที่เป็นหินผาสองชั้นมีขนาดบสองฝั่งลำน้ำ โดยแม่น้ำในวัยเยาว์นี้จะไม่พบที่ราบน้ำท่วมถึงเลย วัยเจริญเต็มที่ที่เป็นลำน้ำที่ถูกกัดเซาะพื้นดินจนไปถึงระดับหนึ่ง ลำน้ำจะเริ่มไหลเอื่อยและช้าลง ในลักษณะนี้เรียกว่าเกิดสมดุล น้ำตก เกาะแก่งถูกทำลายไป ท้องน้ำราบเรียบขึ้น ระยะนี้แม่น้ำเริ่มกัดเซาะทางด้านข้างและยังคงกัดเซาะในแนวดิ่งด้วย หุบเขาจึงมีลักษณะกว้างขึ้นเป็นรูปตัวยู ความชันของแม่น้ำลดลง มีการตกตะกอนเกิดขึ้น แม่น้ำเริ่มไหลคดเคี้ยวและพบที่ราบน้ำท่วมถึง วัยชราแม่น้ำมีการกัดเซาะเฉพาะทางด้านข้าง หุบเขามีความกว้างมากและมีลักษณะเป็นรูปตัวยู ความชันของแม่น้ำลดลง การตกตะกอนมีมากขึ้นและการทับถมของตะกอนจะทำให้แม่น้ำคดเคี้ยวมากขึ้น ในฤดูน้ำหลาก กระแสน้ำไหลเชี่ยว แม่น้ำจะมีการไหลตัดคอคอดของคูกน้ำ

เป็นการไหลที่ทำให้เกิดทะเลสาบรูปแอก (oxbow lake) ขณะเดียวกันน้ำที่ล้นตลิ่งจะทำให้เกิดการทับถมของตะกอนริมฝั่งแม่น้ำเกิดเป็นที่ราบน้ำท่วมถึงและคันดินธรรมชาติ จะไม่พบลักษณะแก่งและน้ำตก กระแสน้ำไหลช้าลง และบริเวณใกล้ปากแม่น้ำ พบดินดอนรูปสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ (พวงเพชร ธนสิน, 2543)

จากแนวคิดเรื่องโครงข่ายลำน้ำ การเชื่อมต่อของลำน้ำจนกลายเป็นโครงข่ายลำน้ำในลุ่มน้ำ ทำให้เข้าใจถึงการเดินทางของน้ำผ่านลำน้ำตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทาง ซึ่งมีประโยชน์ในการสร้างเส้นทางลำน้ำรวมถึงทิศทางการไหลให้สอดคล้องกับการเคลื่อนตัวของน้ำ ในแบบจำลองและเข้าใจถึงช่วงวัยของลำน้ำในลุ่มน้ำ ที่การเกิดน้ำท่วมขึ้นจะเกิดได้ในช่วงวัยเจริญเต็มที่ถึงวัยชรา ทั้งนี้โครงข่ายลำน้ำได้นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาเส้นทางกระบายน้ำตามธรรมชาติในพื้นที่ โดยทำการพิจารณาโครงข่ายลำน้ำร่วมกับลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ โดยเฉพาะในเรื่องของทิศด้านลาดและความลาดชันที่มีผลต่อทิศทางการไหลของน้ำในลำน้ำ

#### 2.1.1.2 แนวคิดเรื่องลักษณะทางกายภาพของลำธาร (stream physiography)

ลักษณะทางกายภาพของลำธาร (วิชัย เทียนน้อย, 2524; จรูญ สุขเกษม, 2538; พวงเพชร ธนสิน, 2543; วิโรจน์ ชัยธรรม, 2544; Vissman and Lewis, 1995; Maidment, 1993) ประกอบด้วย

##### 1) ชนิดของลำธาร

นักอุทกวิทยาได้แบ่งชนิดของลำธารออกเป็น 3 ชนิด ตามปริมาณน้ำในลำธาร คือ

- 1.1) ลำธารน้ำตลอดปีหรือมีน้ำมากกว่า 6 เดือนใน 1 ปี (permanent stream)
- 1.2) ลำธารที่มีน้ำเกือบตลอดปี (intermittent stream) มีน้ำไม่เกิน 6 เดือนใน 1 ปี
- 1.3) ลำธารที่มีน้ำในช่วงเวลาสั้นๆ (ephemeral stream) จะมีน้ำไหลอยู่ใน

ระยะเวลาสั้นๆ หลังฝนตกเท่านั้น

2) รูปร่างโครงข่ายลำน้ำหรือรูปแบบการระบายน้ำ (drainage pattern) เป็นลักษณะแสดงทิศทางการไหลของแม่น้ำในแนวระนาบ ซึ่งแม่น้ำแต่ละสายมีลักษณะเฉพาะตัว การไหลของกระแสน้ำ แสดงให้เห็นผลสะท้อนของความลาดชันของพื้นที่ ความแข็ง โครงสร้างของหินและการไหลตัวของเปลือกโลก เช่นการเกิดภูเขาไฟ การยกตัวของพื้นที่ และยังทำให้ทราบถึงความเป็นมาของพื้นที่นั้นๆ ด้วย แม่น้ำลำธารที่ไหลไปบนพื้นที่ใด มักปรับเส้นทางให้เข้ากับโครงสร้างของพื้นที่เหล่านั้น เช่นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง เส้นทางน้ำมักจะไหลขนานกันลงมาสู่ที่ต่ำ พื้นที่ที่เป็นภูเขาไฟรูปกรวยหรือรูปโดม เส้นทางน้ำจะไหลจากยอดเขาสู่เชิงเขาโดยรอบเป็นต้น รูปแบบของแม่น้ำลำธารจัดเป็น 12 ประเภทดังนี้

2.1) แบบกิ่งไม้ (dendritic pattern) แม่น้ำลำธารแบบนี้มีลักษณะคล้ายต้นไม้ ซึ่งมีกิ่งก้านสาขาเป็นรูปแบบที่มีลักษณะ ไม่สม่ำเสมอ การไหลไม่มีทิศทางแน่นอน

2.2) แบบขนาน (parallel pattern) เป็นแบบที่สาขาไหลขนานกันบนพื้นที่ลาดชันสม่ำเสมอ แม่น้ำจะไหลขนานกันไปทั้งสาขาใหญ่และสาขาย่อย

2.3) แบบตารางสี่เหลี่ยม (rectangular pattern) เป็นรูปแบบที่แม่น้ำทุกสาขาทั้งสาขาใหญ่และสาขาย่อยมารวมกันเป็นมุมฉาก

2.4) แบบร้านเถาวัล (trellis pattern) เป็นรูปทางน้ำที่มีทางน้ำสายใหญ่หลายสายไหลขนานกัน โดยมีทางน้ำสาขาไหลมาบรรจบในแนวตั้งฉากกับลำน้ำสายใหญ่ ณ จุดต่างๆ และทางน้ำสาขานั้นๆ ยังแตกแขนงออกไปในแนวตั้งฉาก ซึ่งไหลขนานกับทางน้ำสายใหญ่ด้วย

2.5) แบบวงแหวน (annular pattern) เป็นทางน้ำที่มีรูปร่างคล้ายวงแหวนขนาดต่างๆ ซ้อนกัน

2.6) แบบใบไม้ (pinnate pattern) เป็นรูปแบบคล้ายๆ ใบไม้ที่แยกออกไปจากกึ่งกลางเป็น 2 แถวเหมือนขนนก แม่น้ำลำธารแบบนี้ปรากฏบนที่ราบตะกอนน้ำแข็งทับถม (till plain) สารวัตถุเป็นทรายและดินร่วนปนดินเหนียว

2.7) แบบศูนย์กลาง (centripetal pattern) แม่น้ำลำธารแบบนี้จะไหลขนานกันลงมาจากบริเวณรอบๆ ไปสู่กลางแอ่ง (buffals wallows) และซึมหายไป เพราะตรงกันแอ่งเป็นตะกอนเนื้อหยาบหรือพวกกรวดทราย

2.8) แบบรัศมี (radial pattern) เป็นรูปทางน้ำที่มีทิศทางการไหลของน้ำออกจากศูนย์กลางมีลักษณะเป็นรูปรัศมี มักเกิดในบริเวณที่พื้นที่ตรงกลางสูง โดยเฉพาะพื้นที่โครงสร้างรูปโดมที่เกิดใหม่ๆ ยังไม่มีการกร่อน หรือพื้นที่ที่รบกวนเขาไฟ

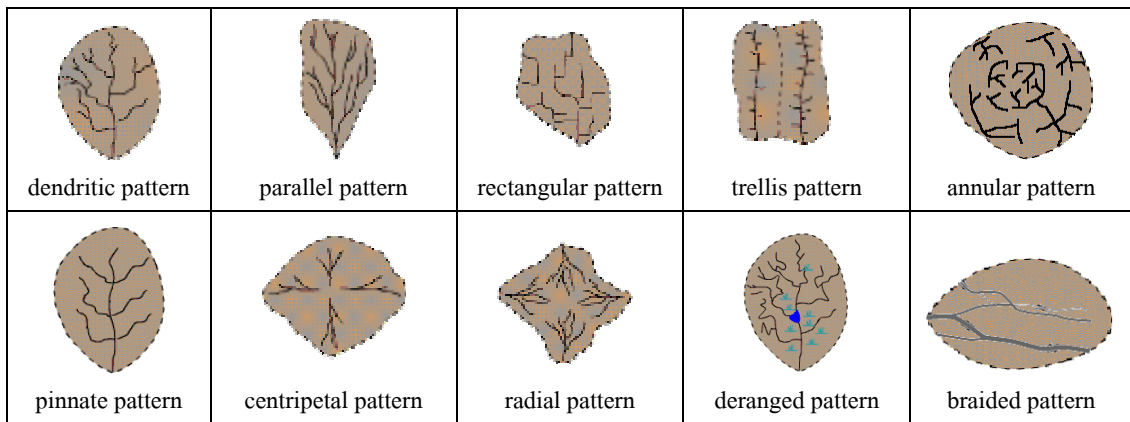
2.9) แบบกระจาย (distributary pattern) เป็นแบบที่แม่น้ำลำธารแตกสาขาออกไปเป็นรัศมีเหมือนรูปพัด เกิดบริเวณที่ราบดินตะกอนรูปพัด และที่ราบดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ

2.10) แบบธารประสานสาย (braided pattern) เกิดกับแม่น้ำที่ร่องน้ำกว้าง เมื่อกระแสน้ำมีความเร็วไม่เพียงพอที่จะพัดพาตะกอนไปได้หมด แม่น้ำจะทิ้งตะกอนประเภทกรวดทรายไว้ตามท้องน้ำ น้ำจะไหลแทรกไปกับตะกอนเหล่านั้น แยกแยกเป็นหลายๆ สายไหลบรรจบกันบ้างแยกกันบ้างเรื่อยไป (เมื่อมีปริมาณน้ำมาก น้ำจะท่วมและร่องน้ำจะเปลี่ยนไป) มักพบบริเวณตะกอนรูปพัดเชิงเขาหรือที่ราบน้ำท่วมถึง

2.11) แบบเชื่อมกัน (anastomosing pattern) เป็นรูปแบบการระบายน้ำที่ประกอบด้วยแม่น้ำคดเคี้ยวทะเลสาบรูปแอก และร่องค้ำน้ำเก่า เกิดบนที่ราบน้ำท่วมถึง

2.12) แบบธารน้ำแข็ง (deranged pattern หรือ glacially pattern) เป็นรูปแบบการระบายน้ำที่เกิดจากการกัดเซาะของน้ำแข็ง

แสดงตัวอย่างภาพรูปแบบการระบายน้ำ ดังภาพ 2.1



ภาพ 2.1 ตัวอย่างภาพรูปแบบการระบายน้ำ

ที่มา: Ritter, 2004 และปรับปรุงจาก Amador, 2001

### 2.1.1.3 แนวคิดเรื่องลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ (watershed physiography)

ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ (จรรยา สุขเกษม, 2538) ประกอบด้วย

1) พื้นที่ลุ่มน้ำ หมายถึงพื้นที่ภายในลุ่มน้ำโดยมีเส้นแบ่งเขตล้อมรอบบริเวณลุ่มน้ำ ซึ่งเรียกว่าสันปันน้ำ (perimeter or divide) โดย Horton (1945) ได้ศึกษาและสรุปว่า “พื้นที่เฉลี่ยลุ่มน้ำแต่ละอันดับจะเพิ่มขึ้นในลักษณะอนุกรมเรขาคณิต โดยที่ลุ่มน้ำอันดับ 1 มีพื้นที่เฉลี่ยลุ่มน้ำน้อยกว่าลุ่มน้ำในอันดับที่สูงขึ้น โดยลุ่มน้ำอันดับที่สูงสุดจะมีพื้นที่เฉลี่ยลุ่มน้ำมากที่สุด”

2) รูปร่างลุ่มน้ำ แบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ

2.1) ลุ่มน้ำรูปขนนก (featherlike basin) ลักษณะทั่วไปของลุ่มน้ำมีรูปร่างคล้ายขนนก พื้นที่ลุ่มน้ำมีขนาดเล็กและยาวเรียว มีลำน้ำสาขาไหลลงสู่ตัวลำน้ำสายใหญ่ทั้งสองฝั่ง ปริมาณน้ำท่วมจากลุ่มน้ำชนิดนี้จะมีอัตราค่อนข้างต่ำ เพราะว่าจะระยะเวลาที่ปริมาณน้ำของลำน้ำสาขาต่างๆ ไหลมาถึงบริเวณน้ำท่วมไม่ตรงกัน แต่เมื่อเกิดน้ำท่วมขึ้นจะท่วมอยู่เป็นเวลานาน เนื่องจากได้รับปริมาณน้ำจากลำน้ำสาขาอย่างต่อเนื่อง

2.2) ลุ่มน้ำรูปวงกลม (radial basin) เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีสันปันน้ำเป็นรูปคล้ายพัดหรือวงกลม และมีลำน้ำสาขาไหลลงสู่ลำน้ำสายใหญ่ที่จุดใดจุดหนึ่งจุดเป็นรัศมีของวงกลม ในลุ่มน้ำที่มีลักษณะเช่นนี้ ปริมาณน้ำท่วมจะมารวมกันที่จุดเดียว ทำให้เกิดน้ำท่วมขนาดใหญ่ใกล้กับจุดบรรจบ

2.3) ลุ่มน้ำรูปขนาน (parallel basin) ลุ่มน้ำชนิดนี้มีพื้นที่ลุ่มน้ำแยกเป็น 2 ส่วนและจะมาบรรจบกันในตอนล่างหรือด้านท้ายน้ำ และจะเกิดน้ำท่วมบริเวณตอนใต้ของสวแม่น้ำ

2.4) ลุ่มน้ำรูปผสม (complex basin) คือลุ่มน้ำที่มีลักษณะหลายแบบรวมอยู่ด้วยกัน

3) ความหนาแน่นการระบายน้ำ คืออัตราส่วนระหว่างความยาวลำธารสายใหญ่และสาขาในกลุ่มน้ำต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งจากการสำรวจพบว่ากรณีที่อัตราความหนาแน่นของการระบายน้ำมีค่าต่ำ มักพบในบริเวณพื้นผิวของโลกที่มีหินแข็งหรือเป็นพวกหินทรายและมีป่าไม้ปกคลุมอย่างหนาแน่น หรือกล่าวอีกในหนึ่งว่าเป็นพื้นที่ที่มีโครงสร้างเนื้อหินหยาบ กรณีที่อัตราความหนาแน่นของการระบายน้ำมีค่าปานกลางมักพบอยู่ในบริเวณที่มีหินทรายที่เป็นชั้นบางๆ และหินดินดานที่หนา จึงทำให้การกัดเซาะพื้นผิวของดินจากการกระทำของน้ำทำได้ง่าย แต่พื้นที่ยังปกคลุมด้วยป่าไม้ที่หนาทึบ และกรณีที่อัตราความหนาแน่นของการระบายน้ำมีค่าสูงปรากฏอยู่ในภูมิประเทศที่มีโครงสร้างของเนื้อหินที่ละเอียด มีหินชั้นรองรับ การกัดเซาะเกิดขึ้นได้ง่าย พืชพันธุ์ปกคลุมพื้นดินเบาบาง

4) ระดับความสูงของกลุ่มน้ำ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดิน

5) ความลาดชันของกลุ่มน้ำ

#### 2.1.1.4 สาเหตุของน้ำท่วม

สาเหตุของการเกิดน้ำท่วมมีดังต่อไปนี้ (The Task Committee on Hydrology Handbook of Management Group D of the American Society of Civil Engineers, 1996)

1) คุณลักษณะของกลุ่มน้ำ ได้แก่ขนาด รูปร่างและลักษณะทางภูมิประเทศมีผลต่อการเกิดน้ำท่วม เช่นในเขตลุ่มน้ำขนาดใหญ่มีขนาดของน้ำท่วมที่รุนแรงและนานกว่า ซึ่งโดยทั่วไปลุ่มน้ำขนาดเล็กการเกิดน้ำท่วมเกิดขึ้นบ่อยกว่าในลุ่มน้ำขนาดใหญ่ รูปร่างลุ่มน้ำแบบวงกลมมีโอกาสเกิดน้ำท่วมที่รุนแรงกว่าในลุ่มน้ำแบบขนนก พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงเกิดน้ำท่วมที่รุนแรงกว่าในพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย ลักษณะภูมิประเทศที่ปกคลุมด้วยหินการเกิดน้ำท่วมจะปรากฏให้เห็นใหญ่กว่าบริเวณที่ปกคลุมด้วยดิน

2) คุณลักษณะการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พื้นที่ป่าและพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมดินหนาแน่น การเกิดน้ำท่วมจะมีระดับสูงสุดต่ำกว่าพื้นที่ที่มีป่าหรือพืชปกคลุมดินหนาแน่นน้อยกว่า แต่พื้นที่ที่มีพืชปกคลุมหนาแน่น น้ำจะท่วมขังนานกว่า พื้นที่ที่เกิดไฟป่าจะมีผลต่อการไหลบ่าของน้ำท่วมเพิ่มขึ้น ในพื้นที่ที่เป็นแหล่งชุมชนจะมีผลให้เกิดน้ำท่วมรุนแรงขึ้นแต่น้ำท่วมอยู่ในระยะเวลาไม่นาน เนื่องจากสิ่งก่อสร้าง เช่นถนน พื้นที่ไถจะเป็นที่เปิด ไม่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำและการซึมลงดินลดลง

3) ฝน ฝนที่มีความเข้มสูงและตกเป็นระยะเวลานานเป็นที่มาของการเกิดน้ำท่วม สำหรับลุ่มน้ำขนาดเล็ก ฝนที่มีความเข้มสูง แต่ตกไม่นานนักก็มีผลให้เกิดน้ำท่วมได้ ในลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ การท่วมก็มีความรุนแรงขึ้น

4) การพังทลายของหน้าดินและตะกอน ซึ่งจะทำให้ทางน้ำเกิดความตื้นเขิน

5) เขื่อนพัง

### 2.1.1.5 แนวคิดในการคาดการณ์น้ำท่วม

ในการคาดการณ์ภาวะน้ำท่วมและความเสียหายจากอุทกภัยนั้น จำเป็นต้องพิจารณาจากหนึ่งปัจจัยหรือมากกว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดน้ำท่วม (Dunne and Leopold, 1978) ได้แก่

- 1) ปริมาณน้ำท่าจากฝนที่มีความสำคัญในการนำไปวางแผนวิธีการควบคุมน้ำท่วม การจัดการน้ำ และการชลประทาน
- 2) ระดับน้ำท่วมสูงสุดที่จะนำไปใช้ในการออกแบบสะพาน วางสายท่อระบายน้ำ ทางน้ำล้นในเขื่อนและอ่างเก็บน้ำต่างๆ
- 3) ความสูงของน้ำท่วม
- 4) ระยะเวลาในการตกของฝน การกระจายของฝนและความเข้มของฝน
- 5) พื้นที่น้ำท่วมถึง
- 6) อัตราการไหลของน้ำ

### 2.1.1.6 แนวคิดในการวิเคราะห์น้ำท่วม

การวิเคราะห์น้ำท่วมเป็นการวิเคราะห์เพื่อการคาดคะเนและทำนายโอกาสการเกิดน้ำท่วม ซึ่งการคาดคะเน (forecasting) หมายถึงการคาดการณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตหรือในขณะนั้น โดยการกำหนดเวลาที่แน่นอน เช่นคาดคะเนว่าน้ำจะเข้าท่วมพื้นที่ในอีก 7 ชั่วโมง ส่วนการทำนาย (prediction) เป็นการคาดการณ์เหตุการณ์อาศัยเงื่อนไขในอนาคต โดยมีได้อ้างอิงในเรื่องของเวลาที่ชัดเจน เช่นโอกาสเกิดน้ำท่วมในอีก 100 ปี 10 ปี หรือ 7 วันข้างหน้า

Maidment (1993) กล่าวว่าประเภทของการคาดคะเนน้ำท่วมแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีการ คือการคาดคะเนระยะสั้น คือการคาดคะเนล่วงหน้าที่มีระยะเวลาน้อยกว่า 7 วัน และการคาดคะเนระยะยาวที่มีการคาดคะเนมากกว่า 7 วัน โดยส่วนใหญ่มักทำการคาดคะเนในระยะเดือน โดยการคาดคะเนระยะสั้นแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือการคาดคะเนแบบจำลองการเคลื่อนที่ในลำน้ำและการคาดคะเนจากแบบจำลองความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่า สำหรับการคาดคะเนระยะยาวเป็นการศึกษาใน 3 ลักษณะ คือการคาดคะเนโดยการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าในระยะยาว (index-variable) การคาดคะเนจากการพิจารณาปริมาณกักเก็บน้ำจากพื้นที่ต่างๆ เช่นบนผิวดิน ได้ผิวดินหรือการทับถมของหิมะ (storage accounting) และการคาดคะเนโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการศึกษา (conceptual simulation)

ซึ่งในการวิเคราะห์น้ำท่วมเพื่อคำนวณหาโอกาสการเกิดน้ำท่วมหรือการทำนายรอบการเกิดซ้ำของน้ำท่วม นักอุทกวิทยาสามารถทำนายโอกาสการเกิดน้ำท่วมได้โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น 4 ชนิด คือทฤษฎีแกมเบล ทฤษฎีล็อกนอร์มอลแบบสองพารามิเตอร์ (Two-Parameter Lognormal distribution) ทฤษฎีเพียร์สันประเภทสาม (Pearson Type III distribution) และทฤษฎี

ล็อกเพียร์ซประเภทสาม (Log Pearson Type III distribuiton) ทั้งนี้จะเลือกใช้วิธีใดนั้น ได้มีคณะกรรมการร่วมกันทำการศึกษาและสรุปผลการศึกษาออกมา เช่นในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการที่เรียกว่า U.S. Water Resources Research Council ได้เสนอว่าควรใช้ทฤษฎีล็อกเพียร์ซประเภทสามเป็นทฤษฎีพื้นฐานและให้ใช้ทฤษฎีอื่นทดสอบเปรียบเทียบ ในประเทศอังกฤษสรุปว่าให้ใช้ทฤษฎี General Extreme Value distribution ซึ่งมีทฤษฎีกัมเบลรวมอยู่ด้วยจะเหมาะสมที่สุด โดยเฉพาะในกรณีที่มีข้อมูลน้ำท่วมอยู่ไม่กี่ปีหรือกรณีมีข้อมูลปีสั้น ทฤษฎีกัมเบลจะเป็นวิธีที่ดีที่สุด สำหรับในประเทศไทย Sabur (1982) ได้มาศึกษาและสรุปผลการศึกษาว่าถ้าใช้ Kolmogorov-Smirnov test เป็นมาตรฐานการเปรียบเทียบ ทฤษฎีกัมเบลและทฤษฎีล็อกนอร์มอลซึ่งมีเพียงสองพารามิเตอร์จะเหมาะสมที่สุด แต่ถ้าใช้ Chi-Square test เป็นเกณฑ์ ทฤษฎีกัมเบลจะเหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตามสำหรับในประเทศไทย Sabur (1982) ได้แนะนำว่าทฤษฎีกัมเบลจะเหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์น้ำท่วมสำหรับแม่น้ำในประเทศไทยที่สุด

ด้วยเหตุนี้การศึกษาครั้งนี้ได้นำทฤษฎีกัมเบลมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำสูงสุดรายปีเพื่อใช้ในการคำนวณขนาดน้ำท่วมและรอบปีการเกิดซ้ำ สามารถสรุปขั้นตอนในการคำนวณขนาดน้ำท่วมและรอบปีการเกิดซ้ำเฉลี่ยด้วยทฤษฎีกัมเบล โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีโมเมนต์ดังนี้ (วิระพล เต็มสมบัติ, 2531; Mutreja, 1986; Maidment, 1993)

- 1) คำนวณพารามิเตอร์ต่างๆ ในรูปของค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ ( $\bar{Q}$ ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) จากข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายปีที่มีอยู่หรือที่กำหนดจากสูตรมีดังนี้

$$\bar{Q} = \frac{\sum q}{N} \quad \text{เมื่อ } q \text{ เป็น ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี}$$

N จำนวนปีที่ใช้เป็นตัวอย่าง

$$S = \sqrt{\frac{\sum (q - \bar{Q})^2}{N-1}} \quad \text{กรณีที่ } N < 30 \text{ ใช้สมการ } S = \sqrt{\frac{\sum q^2}{N} - \left(\frac{\sum q}{N}\right)^2 \left(\frac{N}{N-1}\right)}$$

- 2) คำนวณขนาดปริมาณน้ำ (QTr) สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำเฉลี่ย (Tr) จากสมการ

$$Tr = \frac{(N+1)}{m} \quad \text{เมื่อ } N \text{ คือ จำนวนที่ใช้เป็นตัวอย่าง}$$

m ลำดับของอนุกรมปริมาณน้ำสูงสุดรายปีที่ได้

จัดเรียงข้อมูลตามลำดับขนาด (magnitude) ของขนาดปริมาณน้ำสูงสุดรายปีจากมากไปหาน้อย แล้วกำหนดลำดับค่า m โดยที่ m = 1 สำหรับขนาดปริมาณน้ำที่มีค่ามากที่สุด และ m = N สำหรับขนาดปริมาณน้ำที่มีค่าน้อยที่สุด สมการที่ใช้คือ

$$QTr = \bar{Q} - 0.45S - 0.7797S \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{Tr}\right)\right] \quad \text{ในกรณีที่ค่า } Tr \text{ มีค่าสูงๆ ให้ใช้สมการ}$$

$$QTr = \bar{Q} - 0.45S + 0.7797S \ln Tr$$

### 2.1.1.7 แนวคิดการเคลื่อนตัวของน้ำ (flow routing)

การเคลื่อนตัวของน้ำ เป็นแนวความคิดเพื่อใช้ประกอบการหาปริมาณกักเก็บน้ำและเวลาในการเคลื่อนตัวของน้ำ ณ จุดหนึ่งบนเส้นทางไหลของน้ำที่ไหลมาจากจุดหนึ่งหรือหลายจุดที่อยู่เหนือน้ำขึ้นไป ทั้งนี้ตำแหน่งที่ระดับน้ำสูงสุดเคลื่อนตัวไปปรากฏในช่วงทำให้น้ำใช้ระยะเวลาช่วงหนึ่งในการเคลื่อนตัว จึงทำให้สามารถคาดคะเนได้ว่า เมื่อข้อมูล ณ สถานีต้นทางมีปริมาณน้ำค่าหนึ่งสามารถหาได้ว่า ณ เวลาที่พิจารณาจะมีข้อมูลปริมาณน้ำ ณ สถานีปลายทางเท่าใด

การศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำเป็นวิธีการวิเคราะห์หาการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านระบบทางอุทกวิทยา โดยอาศัยวิธีการแก้สมการที่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกักเก็บน้ำและอัตราการไหลของน้ำที่จุดออก ปริมาณกักเก็บน้ำของระบบในทางอุทกวิทยา หมายถึงปริมาณกักเก็บน้ำบนผิวดิน ปริมาณกักเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำและปริมาณกักเก็บน้ำในลำน้ำ ดังนั้นการเคลื่อนตัวของน้ำ จึงมีวิธีการในการศึกษา 3 ลักษณะ คือการเคลื่อนตัวของน้ำบนผิวดิน (watershed routing) การเคลื่อนตัวของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (reservoir routing) และการเคลื่อนตัวของน้ำในลำน้ำ (channel routing) ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเรื่องการเคลื่อนตัวของน้ำในลำน้ำ

สมการงบดุลของน้ำ เป็นสมการพื้นฐานที่ใช้ในการควบคุมสภาพการเคลื่อนตัวของน้ำในระบบอุทกวิทยา เป็นสมการที่ได้จากกฎแห่งการไม่สูญหายของสสาร ที่ให้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเข้า (I) อัตราการไหลออก (O) และปริมาณกักเก็บน้ำ (S) ของระบบทางอุทกวิทยา สำหรับการเคลื่อนตัวของน้ำในลำน้ำ วิธีที่นิยมใช้คือวิธี Muskingum ซึ่งกำหนดให้ปริมาณกักเก็บในลำน้ำมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลเข้าและอัตราการไหลออกดังนี้

$$O_{i+1} = C_1 I_{i+1} + C_2 I_i + C_3 O_i \quad \text{โดยที่ } I_i \text{ และ } O_i \text{ คืออัตราการไหลเข้าและออก ณ เวลาใดๆ}$$

$$\text{เมื่อ} \quad C_1 = \frac{\Delta t - 2Kx}{2K(1-x) + \Delta t} \quad C_2 = \frac{\Delta t + 2Kx}{2K(1-x) + \Delta t} \quad C_3 = \frac{2K(1-x) - \Delta t}{2K(1-x) + \Delta t}$$

หาค่า  $x$  ที่เหมาะสม และค่า  $K$  ได้จากสมการ  $S = K[xI + (1-x)O]$

|       |   |     |                                                                                                                  |
|-------|---|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | S | คือ | ปริมาณกักเก็บน้ำของลำน้ำในช่วงลำน้ำ 2 สถานี                                                                      |
|       | x |     | ค่าคงที่สำหรับแต่ละช่วงของลำน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.5                                                       |
|       | K |     | ค่าคงที่สำหรับแต่ละช่วงของลำน้ำ มีหน่วยเป็นเวลา โดยมีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับเวลาที่ใช้ในการเดินทางของคลื่นน้ำ |
|       | I |     | อัตราการไหลเข้า                                                                                                  |
|       | O |     | อัตราการไหลออก                                                                                                   |

โดยที่  $K$  และ  $\Delta t$  จะต้องมีหน่วยเวลาเดียวกัน และผลรวมสัมประสิทธิ์  $C$  ต้องเท่ากับ 1.0 ทั้งนี้ Muskingum มีวิธีการคำนวณสรุปได้ดังนี้ (วิระพล แต่มบัตติ, 2531; ชูโชค อายุพงศ์, 2541; Mutreja, 1986)

1) หาค่า  $x$  และ  $K$  ของลำน้ำจากข้อมูลการไหลเข้าและไหลออกจากช่วงลำน้ำ ด้วยสมการหาค่า  $S$

2) ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลการไหล ค่า  $x$  และ  $K$  ของลำน้ำสามารถหาได้โดยวิธี Muskingum-Cunge (Chow, Maidment and Mays, 1988: Sec. 9.7) หรือประมาณค่าโดยให้  $x = 0.2$  หรือทดลองคำนวณค่า  $x$  ต่างๆ ในช่วง 0 ถึง 0.5 แล้วพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $K$  และ  $S$  เพื่อหาค่า  $x$  ที่เหมาะสม โดยเลือกจากความสัมพันธ์ที่มีความแตกต่างน้อยที่สุด และ  $K$  เท่ากับเวลาที่ใช้ในการเดินทางของคลื่นน้ำผ่านช่วงลำน้ำจากจุดไหลเข้าไปยังจุดไหลออก ในกรณีที่ไม่มีค่า  $S$  หาค่า  $x$  และ  $K$  ได้จากสมการ 
$$K = \frac{0.5\Delta t[I_{j+1} + I_j - (O_{j+1} + O_j)]}{x(I_{j+1} - I_j) + (1-x)(O_{j+1} - O_j)}$$
 เมื่อสมมติให้  $x$  มีค่าเท่ากับ 0.1, 0.2, 0.3,..... แล้วคำนวณหาค่าของเศษและค่าของส่วน นำไปพล็อตกราฟให้ส่วนเป็นแกนตั้งและเศษเป็นแกนนอน เลือกค่า  $x$  ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากจุดที่พล็อตอยู่ในแนวเส้นตรงโดยประมาณมากที่สุด หาค่าของ  $K$  จากความลาดเทของเส้นตรง

3) คำนวณหาอัตราการไหลออกที่เวลาต่างๆ ด้วยสมการหาค่า  $O_{i+1}$

#### 2.1.1.8 แนวคิดเรื่องสมดุลน้ำ (water balance)

แนวคิดเรื่องสมดุลน้ำได้นำมาใช้ประกอบการอธิบายและคาดการณ์น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง เนื่องจากการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับที่มาของน้ำและการสูญเสียน้ำในวัฏจักร การนำแนวคิดสมดุลน้ำมาใช้จึงทำให้เกิดความเข้าใจในวัฏจักรของน้ำ

แนวคิดสมดุลน้ำเป็นการศึกษาความสมดุลของปริมาณน้ำบนผิวดิน ปริมาณน้ำในดินและปริมาณน้ำใต้ดิน เริ่มใช้โดยนักอุทกนิยวิทยา Thornthwaite and Mather (1955) ที่กล่าวถึงความสมดุลระหว่างปริมาณน้ำไหลเข้ากับปริมาณน้ำไหลออก ได้แก่การระเหย การกักเก็บน้ำใต้ดินและปริมาณน้ำในลำน้ำ ผลของการวิเคราะห์สมดุลสามารถนำไปวินิจฉัยเกี่ยวกับดิน การวิเคราะห์ความชื้นในดิน การระเหย ระดับน้ำใต้ดินและปริมาณน้ำในลำน้ำจากข้อมูลอุทกนิยวิทยาและค่าสังเกตในเรื่องของดินและพืช

สมดุลน้ำยังได้ถูกนำไปใช้ในการคำนวณฤดูกาลและรูปแบบทางภูมิศาสตร์ของทางชลประทาน ความชื้นในดินภายใต้สิ่งแวดล้อมที่มีผลมาจากพืชพันธุ์ธรรมชาติ อีกทั้งการนำไปใช้เพื่อการคาดการณ์ปริมาณน้ำและระดับน้ำในลำน้ำ อัตราการไหลของน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ตลอดจนตัวแปรที่มีผลต่อระดับน้ำและความเค็ม ผลกระทบจากกิจกรรมมนุษย์ต่อวัฏจักรของน้ำ

แนวทางการวิเคราะห์สมดุลน้ำ (Dunne and Leopold, 1978) มีสมการพื้นฐานที่ใช้ในการศึกษาคือ 
$$P = I + AET + OF + \Delta SM + \Delta GWS + GWR$$

|       |              |     |                                                               |
|-------|--------------|-----|---------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | P            | คือ | ปริมาณฝน (precipitation)                                      |
|       | I            |     | ปริมาณการสกัดกั้น (interception)                              |
|       | AET          |     | ปริมาณการระเหยที่เป็นจริง (actual evapotranspiration)         |
|       | OF           |     | ปริมาณน้ำที่ไหลบนผิวดิน (overland flow)                       |
|       | $\Delta SM$  |     | ความแตกต่างของความชื้นในดิน (change in soil moisture)         |
|       | $\Delta GWS$ |     | ความแตกต่างของปริมาณน้ำใต้ดิน (change in groundwater storage) |
|       | GWR          |     | ปริมาณการไหลของน้ำใต้ดิน (groundwater runoff)                 |

โดยการวิเคราะห์จะเป็นการหาปัจจัยสำคัญของการระเหยที่มีผลต่อสภาพความชื้นในดิน ทำให้เกิดความแตกต่างของความชื้นในดินในช่วงฤดูกาลต่างๆ และถ้ามีปริมาณน้ำส่วนเกินในดิน จะวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดที่ทำให้มีปริมาณน้ำส่วนเกิน การวิเคราะห์สามารถวิเคราะห์ได้จากกราฟ สมดุลน้ำ ตารางวิเคราะห์สมดุลน้ำ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำที่รักษาไว้ในดิน (water retained) และปริมาณน้ำที่สูญเสียไป (water loss)

กราฟสมดุลน้ำ เป็นกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำเฉลี่ยรายเดือนในส่วนต่างๆ ของวัฏจักรน้ำรอบ 1 ปี โดยมีกราฟแสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดิน (runoff) และกราฟศักยภาพการคายระเหยเป็นหลักในการพิจารณา พื้นที่ใต้กราฟแสดงให้เห็นถึง ปริมาณความชื้นในดินเฉลี่ย ปริมาณการระเหย ปริมาณความชื้นในดินที่ใช้ประโยชน์ ปริมาณความชื้นขาดแคลนในดิน และปริมาณความชื้นส่วนเกินในดิน

ตารางสมดุลน้ำ เป็นตารางแสดงปริมาณน้ำเฉลี่ยรายเดือนในส่วนต่างๆ ของวัฏจักรน้ำรอบ 1 ปี โดยมีข้อมูลประกอบในตารางดังนี้

- 1) P                    ปริมาณฝน
- 2) PET                ปริมาณการระเหยที่อาจเป็นไปได้ (potential evapotranspiration)
- 3) P – PET           ปริมาณความแตกต่างของปริมาณฝนและปริมาณการระเหยที่อาจเป็นไปได้
- 4) Acc Pot WL       ปริมาณสะสมของน้ำที่สูญเสียไป โดยการบวกสะสมผลต่าง P-PET ที่มีค่าลบ
- 5) SM                ปริมาณความชื้นในดิน (soil moisture)
- 6)  $\Delta S_m$            ปริมาณความแตกต่างของความชื้นในดินระหว่างเดือน
- 7) AET               ปริมาณการระเหยที่เป็นจริง
- 8) D                  ปริมาณการขาดแคลนความชื้นในดิน (soil moisture deficit)
- 9) S                  ปริมาณความชื้นส่วนเกินในดิน (soil moisture surplus)
- 10) Total avail. For runoff      ผลรวมของปริมาณการไหลของน้ำ
- 11) Ro                ปริมาณการไหลของน้ำ (runoff)

## 12) Detention

## ปริมาณการกักเก็บน้ำ

ทั้งนี้ปริมาณความแตกต่างของน้ำฝนและปริมาณการระเหยที่อาจเป็นไปได้เป็นการพิจารณาให้เห็นความแตกต่างของสองฤดูกาล คือฤดูที่ฝนตกและฤดูที่ฝนไม่ตก ส่วนปริมาณสะสมของน้ำที่สูญเสียไปโดยการบวกสะสมผลต่างของ P-PET ที่มีค่าเป็นลบเป็นการคำนวณสำหรับฤดูที่ฝนไม่ตกฤดูเดียวและทำการสรุปรวมปริมาณสะสมในช่วงปลายฤดูฝน

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำที่รักษาไว้ในดินและปริมาณน้ำที่สูญเสียไป เป็นการแสดงเส้นกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำที่รักษาไว้ในดินและปริมาณน้ำที่สูญเสียไป ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ลักษณะผิวดิน ความลึกกราฟพืช

แต่เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบนมีข้อจำกัดในเรื่องของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ตารางสมดุลน้ำ ได้แก่ปริมาณน้ำถูกสกัดกั้น ปริมาณการระเหยของน้ำที่เป็นจริง ปริมาณความชื้นในดิน ปริมาณน้ำใต้ดินและปริมาณการไหลของน้ำใต้ดิน ดังนั้นในการนำมาวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้นำบางส่วนของกราฟวิเคราะห์สมดุลน้ำมาใช้ นั่นคือการวิเคราะห์จากกราฟสมดุลน้ำที่ประกอบด้วยเส้นกราฟปริมาณน้ำระเหยที่อาจเป็นไปได้หรือศักยภาพการคายระเหย เส้นกราฟน้ำฝน และเส้นกราฟปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดิน มาใช้ในการพิจารณาช่วงเวลาที่ปริมาณความชื้นส่วนเกินในดิน นั่นคือช่วงที่เส้นกราฟศักยภาพการคายระเหยมีน้อยกว่าปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดิน และน้ำฝน โดยโอกาสเกิดน้ำท่วมขึ้นได้เมื่อในพื้นที่เป็นช่วงที่มีปริมาณความชื้นส่วนเกินในดิน และยังมีฝนตกในปริมาณมาก

## 2.1.2 แนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลองทางอุทกวิทยา

แบบจำลองทางอุทกวิทยาเป็นการแสดงสมการคณิตศาสตร์การไหลของน้ำและส่วนประกอบที่อยู่บนผิวดินหรืออยู่ภายในสิ่งแวดล้อมนั้น ได้มีการศึกษามานานกว่า 150 ปี ยกตัวอย่างเช่นกฎว่าด้วยการควบคุมสมดุลการไหลของน้ำใต้ดิน (Darcy's Law) ได้ปรากฏขึ้นในปี ค.ศ.1856 สมการ The St.Venant ซึ่งอธิบายเกี่ยวกับการไหลของน้ำระบบไม่คงที่แบบเปิดพัฒนาขึ้นในปีค.ศ.1871 และการไหลของน้ำแบบคงที่ที่ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการอธิบายการไหลของน้ำปรากฏขึ้นในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา การพัฒนาตะกอนในธรรมชาติของน้ำเริ่มสนใจในปีค.ศ.1950 โดยได้เริ่มศึกษาจากการไหลผ่านท่อ แม่น้ำ ปากแม่น้ำและระบบน้ำใต้ดิน โดยเนื้อหาในเรื่องของการพัฒนาตะกอนได้ถูกกล่าวถึงอย่างเด่นชัดและในปัจจุบันก็เป็นหัวข้อหลักในการสร้างแบบจำลองทางอุทกวิทยา สำหรับการศึกษาโดยอาศัยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ได้เริ่มปรากฏขึ้นช่วงกลางปีค.ศ.1960 เริ่มจากแบบจำลองการพัฒนาตะกอนและการไหลของน้ำผิวดิน ต่อมาในปี ค.ศ.1970 ได้พัฒนาเป็นแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน

แบบจำลองทางอุทกวิทยาได้ถูกนำมาใช้ในการแสดงระบบน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน และยังมี ความเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางด้านชีววิทยาและนิเวศวิทยา เพราะการพัฒนาของส่วนประกอบ ของน้ำในลำน้ำเป็นสิ่งที่มิอิทธิพลมาจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตที่จะเป็นตัวเพิ่มหรือลดตะกอนของ น้ำ อีกทั้งยังเป็นเงื่อนไขในการไหลของน้ำที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของถิ่นที่อยู่ของสิ่งมีชีวิต ต่างๆ ระดับสภาพภูมิอากาศของดิน เหล่านี้เป็นตัวแปรทางด้านความแปรปรวนของอุทกวิทยาที่มีผลต่อ กระบวนการทางชีววิทยาและนิเวศวิทยา นอกจากนี้อุทกวิทยายังมีความเกี่ยวข้องกับอากาศและ ภูมิอากาศด้วย ดังนั้นตามกฎแบบจำลองของกระบวนการทางด้านบรรยากาศ จึงควรมีการเชื่อมโยง กับระบบแบบจำลองทางอุทกวิทยาด้วย แต่ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยาก ทั้งนี้เพราะแบบจำลอง ทางด้านบรรยากาศนั้นมีขอบเขตกายภาพที่ใหญ่เป็นแบบจำลองทางภูมิอากาศของโลก ดังนั้นจึงมี ขนาดใหญ่กว่าระดับลุ่มน้ำหรือระดับทวีปที่ใช้อยู่ในแบบจำลองทางอุทกวิทยา

ปัจจุบันแบบจำลองทางอุทกวิทยาได้ศึกษาใน 3 เนื้อหาพื้นฐานคือ 1) ด้านการควบคุมและ บรรเทาผลกระทบทางน้ำ 2) การจัดการน้ำ 3) การควบคุมและบรรเทาน้ำท่วม โดยสามารถแบ่ง ประเภทแบบจำลองได้เป็น 4 ประเภท คือแบบจำลองเกี่ยวกับน้ำผิวดิน แบบจำลองคุณภาพน้ำผิวดิน แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและแบบจำลองการพัฒนาตะกอนของน้ำใต้ดิน ทั้งนี้การศึกษาใน แบบจำลองเกี่ยวกับน้ำผิวดินเป็นการศึกษาถึงการไหลของน้ำบนผิวดินหรือในแหล่งกักเก็บน้ำ (Goodchild *et al.*, 1993)

ในงานวิจัยครั้งนี้การใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยาเป็นการศึกษาในเนื้อหาของการควบคุม และบรรเทาน้ำท่วมด้านการเตือนภัยน้ำท่วม ซึ่งเป็นแบบจำลองเกี่ยวกับน้ำผิวดินโดยมีจุดมุ่งหมาย ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การไหลของน้ำเพื่อการคาดการณ์น้ำท่วมด้วยจุด วิกฤตลำนํ้า ซึ่งจุดวิกฤตลำนํ้าของแต่ละสถานีได้สำรวจและบันทึกไว้โดยศูนย์อุทกวิทยาและบริหาร น้ำภาคเหนือตอนบน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน

### 2.1.3 แนวคิดเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในแบบจำลองทางอุทกวิทยา

Goodchild *et al.* (1993) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และ แบบจำลองทางอุทกวิทยา โดยเสนอว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการ แสดงข้อมูลทางกายภาพที่ปรากฏบนพื้นโลกร่วมกับแบบจำลองทางอุทกวิทยา เพื่อผลในการเพิ่ม ความสามารถในการศึกษาเชิงพื้นที่ให้กับนักอุทกวิทยา ซึ่งการศึกษาด้วยแบบจำลองเพียงอย่างเดียว จะสามารถศึกษาได้ดีในเชิงมิติของเวลา แต่ไม่มีหรือมีน้อยในแนวคิดเชิงพื้นที่ Maidment (1993) ให้ความคิดว่าองค์ประกอบทั้งสอง คือมิติเชิงพื้นที่และเวลานั้นมีความสัมพันธ์กันโดยพื้นฐาน การศึกษาร่วมกันจึงส่งผลให้เกิดความถูกต้องของระบบยิ่งขึ้น โดยการนำประโยชน์ของระบบ

สารสนเทศภูมิศาสตร์มาช่วยเพิ่มความสามารถในเรื่องของการนิยามและการอธิบายเชิงพื้นที่เข้ากับแบบจำลองทางอุทกวิทยาให้มากขึ้น

การประยุกต์ใช้ข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ข้อมูลจะสามารถแสดงในเรื่องของตำแหน่งบ่อน้ำ จุดปล่อยน้ำ ตำแหน่งสถานีสำรวจอุทกวิทยา ข้อมูลเส้นแสดงเส้นทางน้ำและท่อต่างๆ ข้อมูลรูปปิด (polygon) ได้แก่แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำ ขอบเขตน้ำใต้ดิน ข้อมูลกริด (grid) ซึ่งเป็นข้อมูลแบบราสเตอร์ (raster) ได้แก่แบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model: DEM) นำมาศึกษาเกี่ยวกับความลาดชันลำน้ำ (Tarboton *et al.*, 1991) การศึกษาความสูง ความลาดชัน และรูปแบบการระบายน้ำ (สมพร สง่างศ์, 2541) การคำนวณความชันของภูมิประเทศหรือศึกษาการขาดแคลนความชุ่มชื้นภายในดิน (Beven and Kirkby, 1993) แบบจำลองโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulated Irregular Network: TIN) ได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษาลุ่มน้ำและโครงข่ายการระบายน้ำในลักษณะ 3 มิติ (Jones *et al.*, 1990) เป็นต้น

ด้านงานวิจัยทางด้านอุทกวิทยาและการศึกษาโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่การศึกษาในเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากชุมชนและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งทำให้สามารถศึกษาได้ว่าปริมาณและคุณภาพของน้ำในลำน้ำมีเท่าใดและเป็นอย่างไร อีกทั้งยังตอบคำถามได้ว่ามลพิษในลำน้ำได้มาจากแหล่งใด และที่ใดเหมาะสมต่อการลงทุนเพื่อแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำได้ และสามารถนำไปศึกษาอุทกวิทยาเพื่อการพยากรณ์ผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงทางด้านอุทกวิทยาได้ (Grayson, 2001)

สำหรับในงานวิจัยครั้งนี้การนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ได้นำมาประยุกต์เพื่อการดำเนินการวิจัยดังนี้

1) เพื่อการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพต่างๆ ที่มีผลต่อระดับน้ำและการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา โดยข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศที่ใช้เป็นหลักในงานวิจัย ได้แก่ตำแหน่งสถานีสำรวจอุทกวิทยา เส้นทางลำน้ำ โครงข่ายลำน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำ ความลาดชัน ความสูง พื้นที่น้ำท่วมซึ่งได้จากการสำรวจและบันทึกพื้นที่น้ำท่วมของศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน เป็นต้น

2) การแสดงตำแหน่งของสถานีสำรวจอุทกวิทยา ซึ่งคาดการณ์ว่าจะเกิดน้ำท่วมขึ้น ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ว่าสถานีใดจะเกิดน้ำท่วมขึ้นนั้น ได้จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การไหลของน้ำมาคาดการณ์ปริมาณน้ำระหว่างสถานี ทำการแสดงตำแหน่งของสถานีที่คาดการณ์ว่าจะเกิดน้ำท่วมขึ้น ได้ดำเนินการโดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม Arc View มาเป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาโดยการเขียนโปรแกรมควบคุมลำดับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสถานีต่างๆ ที่อยู่ต่อเนื่องกัน ฐานข้อมูลหลักที่ใช้ประกอบในการสร้าง

แบบจำลอง ได้แก่ข้อมูลทางอุทกวิทยา เส้นทางลำน้ำแม่ปิงและสาขา ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ ตำแหน่งสถานีสำรวจอุทกวิทยา

3) การรายงานน้ำท่วมในลักษณะการแสดงผลแผนที่เฉพาะเรื่องต่างๆ อาทิเช่นแผนที่ทางน้ำ ตำแหน่งสถานีสำรวจอุทกวิทยา พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจสภาวะน้ำท่วมที่เกิดขึ้นได้สะดวกและเข้าใจง่ายขึ้นประกอบการอ่านบรรยาย

## 2.2 วรรณกรรมปริทัศน์

การทบทวนวรรณกรรมมีประเด็นที่เกี่ยวข้องได้แก่ การวิเคราะห์และการพยากรณ์น้ำท่วม การสร้างแบบจำลองทางอุทกวิทยา และการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่น้ำท่วมถึง ดังนี้

### 2.2.1 การวิเคราะห์และการพยากรณ์น้ำท่วม

ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน, 2538 ได้มีการศึกษาเพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำยม โดยในลุ่มน้ำปิงได้มีขั้นตอนวิธีการเตือนภัยและรายงานสภาวะน้ำท่วมดังนี้

1) การเตือนภัยโดยใช้ข้อมูลระดับน้ำเป็นเกณฑ์

1.1) การศึกษาในลุ่มน้ำปิง มีวัตถุประสงค์เพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมในแหล่งชุมชนหนาแน่นเขตหนองหอย ใช้ข้อมูลในการศึกษาจากสถานีสำรวจอุทกวิทยา 5 สถานี ในปีพ.ศ.2538 ได้แก่

P.1 ตั้งอยู่ ลำน้ำแม่ปิง สถานีที่ 1 อำเภอเมืองเชียงใหม่

P.4A ลำน้ำแม่แตง สถานีที่ 4A อำเภอแม่แตง

P.21 ลำน้ำแม่ริม สถานีที่ 21 อำเภอแม่ริม

P.20 ลำน้ำแม่ปิง สถานีที่ 20 อำเภอเชียงดาว

P.28A ลำน้ำแม่งัด สถานีที่ 56A หรือปริมาณน้ำจากเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล

สรุปผลการศึกษาและวิธีการที่ใช้ในการเตือนภัยดังนี้

1. เวลาในการเคลื่อนตัวของน้ำจากสถานี P.20 ถึง P.1 ใช้เวลา 28 ชั่วโมง จากสถานี P.4A ถึง P.1 ใช้เวลา 20 ชั่วโมง และจากสถานี P.21 ถึง P.1 ใช้เวลา 6 ชั่วโมง

2. ผลการสำรวจระดับน้ำวิกฤตของลำน้ำ ณ สถานี P.1 มีค่าเท่ากับ 3.40 เมตร หรือ 303.90 เมตร (รทก.) และปริมาณน้ำวิกฤตเท่ากับ 350 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จึงกำหนดให้ระดับน้ำเข้าสู่ระยะวิกฤตที่ 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

3. ผลการวิเคราะห์รอบปีการเกิดน้ำท่วมด้วยวิธีกัมเบลของข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายปี สถานี P.1 พบว่า ปริมาณน้ำ ณ วันที่ 2 สิงหาคม 2538 ซึ่งมีปริมาณน้ำ 504.60 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีเป็นปริมาณน้ำสูงสุดรอบ 7 ปี

4. วิธีการที่ใช้ในการเตือนภัยน้ำท่วม ทำได้โดยการคาดการณ์ปริมาณน้ำสถานี P.1 โดยหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำระหว่างสถานี P.67 และ P.1 เมื่อคาดการณ์ได้ว่าปริมาณน้ำ สถานี P.1 เข้าสู่ระดับวิกฤต จึงทำการแจ้งเตือนน้ำท่วมล่วงหน้า 7 ชั่วโมง

1.2) การศึกษาในกลุ่มน้ำยม มีวิธีการเตือนภัยน้ำท่วม ดังนี้

1. หาความสัมพันธ์ของระดับน้ำ 2 สถานีคือ Y.20 (แม่น้ำยม สถานีที่ 20) และ Y.1C (แม่น้ำยม สถานีที่ 1C) ใช้สมการเส้นตรง  $Y = aX + B$ , R เมื่อ R คือสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของระดับน้ำอยู่ในช่วง  $-1.0 < R < 1.0$  ยอมรับได้ที่  $+0.7 < R < +1.0$  และ  $-1.0 < R < -0.7$

2. หาความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนตัวของน้ำจากสถานี Y.20 ถึง Y.1C โดยการพิจารณาจากจุดเปลี่ยนโค้งกราฟน้ำท่า

3. คำนวณรอบปีการเกิดน้ำท่วม ด้วยวิธีกัมเบล

2) การเตือนภัยโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและข้อมูลระดับน้ำเป็นเกณฑ์

ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน (2545) ได้เตือนภัยน้ำท่วมเมื่อนำจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนและข้อมูลระดับน้ำ ซึ่งสามารถเตือนภัยได้ล่วงหน้า 9-21 ชั่วโมง โดยแม่น้ำน่านมีต้นน้ำจากคอกยวเว ไหลผ่าน อำเภอทุ่งช้าง อำเภอเชียงกลาง อำเภอท่าวังผาและอำเภอเมืองน่าน ข้อมูลที่นำมาใช้ในการเตือนภัย คือ

1. ข้อมูลน้ำฝนจากอำเภอทุ่งช้าง อำเภอเชียงกลาง อำเภอปัว อำเภอสองแควและอำเภอท่าวังผา โดยนำข้อมูลน้ำฝนที่วัดได้ใน 1 วัน มารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ย หากปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 80 มิลลิเมตรจะมีผลทำให้เกิดปริมาณน้ำหลากไหลลงสู่แม่น้ำน่าน และมารวมกันที่อำเภอท่าวังผา โดยใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ซึ่งปริมาณน้ำหลากดังกล่าวมีผลทำให้สถานีวัดระดับน้ำท่าวังผามีระดับน้ำสูงประมาณ 7 เมตร และจะมากหรือน้อยกว่าขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยดังกล่าว

2. ข้อมูลระดับน้ำที่สถานีวัดระดับน้ำอำเภอท่าวังผา กล่าวคือเมื่อระดับน้ำสูงประมาณ 6-7 เมตร อีกประมาณ 9 ชั่วโมงต่อมา ปริมาณน้ำที่ไหลจากอำเภอท่าวังผาจะเดินทางไปถึงสถานีวัดระดับน้ำ N.1 ซึ่งตั้งอยู่ในเขตเทศบาลเมืองน่าน (สถานีท่าวังผาห่างจากสถานี N.1 ประมาณ 60 กิโลเมตร) และจะมีผลทำให้ระดับน้ำสูงประมาณ 6-7 เมตร ซึ่งระดับดังกล่าวจะทำให้ปริมาณน้ำเริ่มล้นตลิ่ง และไหลเข้าท่วมในเขตพื้นที่ลุ่มของเทศบาลเมืองน่าน

เห็นได้ว่าการเตือนภัยน้ำท่วมของศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน ได้ใช้ตัวแปรในการเตือนภัยจากระดับน้ำในลำน้ำเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับลุ่มน้ำรูปขนนก และในการคาดการณ์ลุ่มน้ำรูปใบพัดใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนมาคาดการณ์ ซึ่งการคาดการณ์ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝน สามารถบอกได้ว่าจะท่วม แต่ไม่สามารถบอก

ได้ว่าน้ำท่วมขนาดเท่าใด และการคาดการณ์ด้วยระดับน้ำจะสามารถเตือนภัยและแจ้งล่วงหน้าให้กับประชาชนได้อย่างรวดเร็ว

วิวัฒน์ เนิงงาม (2527) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า เพื่อทำนายโอกาสของการเกิดน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเพื่อทำนายโอกาสการเกิดน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายปี ระดับน้ำสูงสุดรายปีและระดับน้ำสูงสุดรายเดือน ข้อมูลของสถานีวัดน้ำกรมชลประทานและการทำเรือเป็นข้อมูลประกอบ ผลการศึกษาได้จากการคำนวณค่าเฉลี่ยระดับน้ำสูงสุด ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดน้ำท่วม และสถิติปริมาณน้ำที่ไหลผ่านสถานี

วัชร วิระพันธุ์ และคณะ (2534) ได้ศึกษาการวิเคราะห์และการพยากรณ์น้ำท่วมฉับพลัน โดยการวิเคราะห์การกระจายของค่าดัชนีความชื้นของดินเนื่องจากฝน (Antecedent Precipitation Index distribution หรือ API. dist) จากสมการ  $API(i) = K API(o) + PR$  เมื่อ  $API(i)$  คือค่าดัชนีความชื้นในวันที่ทำการคำนวณ  $API(o)$  คือค่าดัชนีความชื้นในวันก่อนทำการคำนวณ 1 วัน  $K$  คือค่าดัชนีความชื้นของดิน เนื่องมาจากฝน ที่ใช้ในการพิจารณาการเกิดน้ำท่วมฉับพลัน ซึ่งกองอุตุนิยมวิทยาอุทก กรมอุตุนิยมวิทยาได้กำหนดให้มีค่า 0.8  $PR$  คือปริมาณฝน (มิลลิเมตร) ใน 24 ชั่วโมงที่ตรวจวัดได้ในเช้าวันที่ทำการคำนวณ ทั้งนี้ได้พยากรณ์น้ำท่วมฉับพลันจากค่าวิกฤตของดัชนีความชื้นที่กำหนดไว้ที่ระดับ 150 มิลลิเมตร เพราะพื้นที่ดิน ณ สถานีตรวจวัดน้ำฝนที่มีค่าดัชนีมากกว่า 150 มิลลิเมตรขึ้นไปจะอิ่มตัวไปด้วยน้ำและเริ่มเจิ่งนองหากมีฝนตกลงมาอีก ข้อมูลที่ใช้ประกอบการพยากรณ์ คือเกณฑ์ปริมาณฝนที่ก่อให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันในเขตอำเภอเมืองจังหวัดต่างๆ ทั้งประเทศ ภาพถ่ายเมฆจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาราย 1 ชั่วโมง การตรวจวัดปริมาณฝนด้วยเรดาร์ราย 1 ชั่วโมง การตรวจวัดน้ำฝนจากสถานีตรวจอากาศภาคพื้นดินราย 3 ชั่วโมง การพยากรณ์ลักษณะอากาศราย 6 ชั่วโมง และข้อมูลอื่นๆ ที่ใช้สำหรับการพยากรณ์อากาศ

McEwen *et al.* (2002) ได้ศึกษาการเตือนภัยน้ำท่วม ความรับผิดชอบในการเตือนภัย และการวางแผนการควบคุมและบรรเทาน้ำท่วม มีขั้นตอนในการศึกษาระบบการเตือนภัยน้ำท่วม 6 ขั้นตอน คือ 1) การคาดการณ์น้ำท่วม 2) การรายงานน้ำท่วม 3) การแจ้งข้อความเตือนภัย 4) ระบบการสื่อสาร 5) ความรับผิดชอบของหน่วยงานในการควบคุมและบรรเทาน้ำท่วม และ 6) การทำสิ่งตีพิมพ์รัฐบาล โดยดำเนินการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม กราฟน้ำท่าในพื้นที่น้ำท่วม ศึกษาผลกระทบจากภัยน้ำท่วม และหาแนวทางการควบคุมและบรรเทาน้ำท่วม ในการแจ้งข้อความเตือนภัยน้ำท่วมได้แสดงเป็นรหัสสีระบุพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม จำนวน 3 สี คือ 1) การแจ้งเตือนภัยด้วยข้อความสีเหลือง สำหรับพื้นที่น้ำท่วมที่เป็นพื้นที่เกษตรและถนนสายเล็กๆ ริมฝั่งแม่น้ำ 2) การแจ้งเตือนภัยด้วยข้อความสีอำพันหรือสีน้ำตาลเหลือง สำหรับพื้นที่น้ำท่วมที่เป็นพื้นที่เกษตร

ขนาดใหญ่และถนนสายใหญ่ริมฝั่งแม่น้ำ และ 3) การแจ้งเตือนภัยด้วยข้อความสีแดง สำหรับพื้นที่น้ำท่วมที่เป็นพื้นที่ชุมชน ถนนสายใหญ่และพื้นที่เกษตรขนาดใหญ่

### 2.2.2 การสร้างแบบจำลองทางอุทกวิทยา

Ludwig (1977) ได้อธิบายเหตุการณ์น้ำท่วมในโครงข่ายลำน้ำสายหลักของกลุ่มน้ำโดยใช้แบบจำลอง River Basin Model (RBM) ในการอธิบายได้อธิบายถึงกลุ่มตัวแปรองค์ประกอบของน้ำป่าและองค์ประกอบในการไหลของน้ำในลำน้ำ นั่นคือน้ำป่าบนผิวดิน น้ำไหลใต้ผิวดิน ทั้งนี้การไหลของน้ำป่าบนผิวดินได้ถูกคำนวณโดยแบบจำลอง IUH และน้ำไหลใต้ผิวดิน คำนวณโดย Single-Linear Reservoir Model วิธีวิจัยได้แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและลำน้ำสาขาของโครงข่ายลำน้ำ โดยจะประกอบด้วยขอบเขตลุ่มน้ำ โครงสร้างพื้นฐานภายนอกของทางน้ำ จุดเชื่อมต่อของโครงข่ายลำน้ำสายหลัก สิ่งก่อสร้างที่อยู่ในพื้นที่ และโครงการที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการไหลของน้ำ แผนที่โครงข่ายลำน้ำแสดงในลักษณะแบบจำลองเพื่อให้เข้าใจไปคำนวณและอ่านเข้าใจง่าย พื้นที่ศึกษามีขนาด 4,000 ตารางกิโลเมตร ยาว 600 กิโลเมตร ประกอบด้วยลำน้ำ 30 สาขา มีวัตถุประสงค์เพื่อการป้องกันน้ำท่วมและการจัดการลำน้ำ แต่ไม่ได้มีการสังเกต เปรียบเทียบกราฟน้ำท่า และเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงในลุ่มน้ำและระบบลำน้ำในอนาคตจะไม่สามารถใช้แบบจำลองได้

Ammentop *et al.* (1998) ได้ศึกษาเรื่องแบบจำลองระวังภัยน้ำท่วม (Flood Watch) โดยได้นำโปรแกรมการพยากรณ์น้ำท่วม MIKE-II มาร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อให้ใช้งานได้ง่ายมากขึ้น และยังคงความเป็นประโยชน์ในเครื่องมือการจัดการด้านน้ำท่วม แนวทางในการพัฒนาแบบจำลองผู้ทำการศึกษาได้พัฒนาให้มีระบบสนับสนุนการตัดสินใจร่วมกับการประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลทางด้านเวลา (time series) โดยใช้โปรแกรม MIKE-II และนำโปรแกรม Arc View มาใช้เพื่อการแก้ไขปรับปรุงในด้านการนำเสนอและการอธิบายข้อมูลและผลลัพธ์ของแบบจำลองแบบจำลองได้นำไปประยุกต์ใช้ที่ Bangladesh ซึ่งประกอบด้วยลุ่มน้ำ Ganges, Brahmaputra และ Meghna โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการเตรียมการทำสิ่งตีพิมพ์รัฐบาล ข้อความแจ้งเตือนน้ำท่วมและแผนที่ต่างๆ แบบจำลอง Flood Watch ประกอบด้วยระบบจัดการข้อมูลตามช่วงเวลาจริงที่มีอุปกรณ์สื่อสารของระบบส่งผ่านระยะไกล โปรแกรมแก้ไขและแสดงข้อมูลแผนที่ โปรแกรม MIKE-II สำหรับการพยากรณ์ระดับน้ำและการเกิดน้ำท่วมตามช่วงเวลาจริง และระบบการเตือนภัยน้ำท่วม

ประเสริฐ ชูแสง (2527) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์ระบบน้ำท่วมกรุงเทพฯ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ VISICALC ทั้งนี้ได้นำข้อมูลจากกรมแผนที่ทหารกรมชลประทาน สำนักการระบายน้ำกรุงเทพฯ เป็นแบบในการจำลองระบบ โดยระบบจะมีความสามารถในการคำนวณปริมาณน้ำเข้ากรุงเทพฯ เช่นน้ำฝน น้ำเหนือ ซึ่งมีผลทำให้น้ำท่วมถนนในแต่ละจุด คำนวณได้ว่าหากจะคงสภาพน้ำท่วมในบริเวณหนึ่งๆ ไว้ไม่ให้ท่วมเกินตัวเลขจำนวน

เช่น 40 เซนติเมตร ต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่ตัว ที่ไหนและกินเวลาเท่าใด สามารถเปรียบเทียบและหาผลจากโครงการขุดคลองระบบน้ำขึ้นใหม่ โครงการตามพระราชดำริ โครงการสร้างท่อนบในแต่ละพื้นที่ ได้ว่าโครงการใดจะมีผลอย่างไรก่อนการดำเนินการจริง สามารถทำนายและเตรียมการป้องกันในปัดๆ ไปจากผลที่เกิดจากแผ่นดินทรุดได้ และสามารถชี้พื้นที่ที่ได้รับความเสียหายหนัก และจะต้องได้รับการป้องกันและแก้ไขก่อนพื้นที่อื่นๆ โดยการเปรียบเทียบจากระดับน้ำ อัตราทรุดตัวของพื้นดิน และความหนาแน่นของประชาชนและการจราจรเป็นหลัก ข้อมูลที่ใช้ ได้แก่ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง เพื่อใช้คำนวณหาความลึกต่อเนื่องของระดับน้ำในพื้นที่ต่างๆ อัตราการระบายน้ำหรืออัตราการไหลของน้ำในคู คลอง ท่อระบายน้ำที่มีอยู่แล้ว จากสำนักการระบายน้ำกรุงเทพ กรมชลประทาน ปริมาณน้ำฝนในรอบ 5-7 วันที่ผ่านมานับจนถึงวันคำนวณระดับน้ำและปริมาณน้ำในแต่ละสถานี โดยมีหลักการทั่วไปในการศึกษา คือการกำหนดความสูงของผิวดิน น้ำที่ไหลเข้าพื้นที่ได้มาจากคลอง น้ำที่ท่วมเลยเข้ามาจากพื้นที่ที่ติดต่อกัน หรือปริมาณน้ำฝน น้ำไหลออกจากพื้นที่โดยทางคูคลอง ท่อระบายน้ำ เครื่องสูบน้ำและพื้นที่ใกล้เคียง โดยผลการจำลองจะแสดงความลึกของน้ำและปริมาณน้ำ แต่ยังไม่ได้ทำการคำนวณปริมาณน้ำเข้า ออก และผลที่มีต่อระดับน้ำ

Panya Consultant Company (2544) ได้ศึกษาระบบเตือนภัยน้ำท่วมในลุ่มน้ำ วัดตุประสงค์ เพื่อการทำนายระดับน้ำในแม่น้ำยม เพื่อการเตือนภัยน้ำท่วม โดยการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถทำนายระดับน้ำในแม่น้ำยม ทั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE-II ซึ่งสามารถทำนายการเคลื่อนตัวของกราฟน้ำหลาก ระดับน้ำและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ต่างๆ ณ ช่วงเวลาต่างๆ โดยได้อาศัยข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง ได้แก่แผนที่ภูมิประเทศ ข้อมูลภาพถ่ายตามยาว และตามขวางของลำน้ำยมและคลองต่างๆ กราฟปริมาณน้ำของสถานีสำรวจอุทกวิทยา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในแบบจำลองในการประมาณกราฟน้ำท่าของกลุ่มน้ำสาขาที่ไหลลงแม่น้ำยม ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับน้ำของสถานีสำรวจอุทกวิทยา การดำเนินการวิจัยได้ให้ความสำคัญกับตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์ (ส.ป.ส.) ความเสียหายในลำน้ำและพื้นที่น้ำท่วม ที่มีผลต่อการคำนวณระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำ โดยที่ค่าส.ป.ส.ความเสียหายจะมีค่าสูงเมื่อลำน้ำมีความลาดชันสูงและอยู่ในบริเวณหุบเขาหรือบริเวณที่สองฝากฝั่งมีป่าไม้หรือแหล่งชุมชน ในขณะที่บริเวณที่ราบลุ่มจะมีค่าส.ป.ส.น้อย

Panya Consultant Company (2544) ได้ศึกษาระบบป้องกันน้ำท่วมพื้นที่รอบโรงงานเหล็ก อำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สองทิศทาง โดยในการศึกษาได้ศึกษาลักษณะการเกิดน้ำท่วม โดยพิจารณาจากองค์ประกอบทางด้านทิศทางการไหลของลำน้ำ ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม ทางระบายน้ำออกจากพื้นที่น้ำท่วม ระยะเวลาการเกิดน้ำท่วม

สำหรับในการศึกษาสภาพน้ำท่วมได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ The Diffusion Hydrodynamic Model ที่นิยมใช้กับโครงการป้องกันน้ำท่วม การคำนวณประกอบด้วยตัวแปรการไหลของน้ำในทิศทางเดียว ตัวแปรการไหลของน้ำในลำน้ำที่ไหลไปในทิศทางต่างๆ รวมถึงตัวแปรการไหลของน้ำ เมื่อน้ำล้นตลิ่งและกระจายสู่พื้นที่น้ำท่วม ข้อมูลที่ใช้ ได้แก่ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ปริมาณน้ำท่วม ด้วยวิธีการประมาณอัตราการไหลของน้ำในช่วงเกิดน้ำท่วม ค่าความเสียดทานระหว่างผิวดินและน้ำ อัตราการระบายน้ำและปริมาณน้ำฝน ได้ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่เป็นที่ลุ่มต่ำ ถ้าไม่มีระบบป้องกันน้ำท่วมจะทำให้ น้ำท่วมโรงงานเหล็กและพื้นที่โดยรอบ จึงเสนอแนะให้ขุดคลองระบายน้ำ กว้าง 40 เมตร ยาว 2,480 เมตรและทำลวดถนนรูปสี่เหลี่ยม จำนวน 12 ช่อง ขนาด 1.6 x 1.6 เมตร บนถนนทางเข้าโรงงานเหล็ก 2 แห่ง ที่คลองระบายน้ำตัดผ่านเพื่อระบายน้ำออกสู่ทะเลโดยเร็ว

เฉลิมพล ดำรงพงษ์ (2543) ศึกษาการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมโดยการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมในระบบเรดาร์และระบบจำลองลุ่มน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผนที่เขตน้ำท่วมในจังหวัดพิษณุโลกจากการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม JERS-1 ในระบบเรดาร์ พร้อมทั้งทดสอบการใช้ระบบจำลองลุ่มน้ำ (Watershed Modeling System) เพื่อจำลองเขตน้ำท่วมจากข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ และระดับน้ำท่ารายวันในโครงข่ายการระบายน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา ระยะเวลาที่น้ำท่วมขัง และความลึกของน้ำที่ท่วมพื้นที่ รวมทั้งโอกาสเกิดน้ำท่วม โดยผลการศึกษาพบว่าข้อมูลเรดาร์ไม่สามารถใช้จำแนกพื้นที่น้ำท่วมบริเวณริมฝั่งแม่น้ำและบริเวณตัวเมืองพิษณุโลก เนื่องจากในบริเวณดังกล่าว มีไม้ยืนต้นขึ้นเรียงรายทำให้มีการกระจัดกระจายของค่าสะท้อนสูง และการทดสอบแบบจำลองลุ่มน้ำ ได้ผลการศึกษาว่าสามารถสร้างเขตน้ำท่วมได้โดยการสร้างคันดินกั้นน้ำ ทำให้เขตน้ำท่วมมีขนาดแตกต่างจากการไม่ใช้คันดินกั้นน้ำในการจำลอง ข้อมูลที่ใช้ คือแบบจำลองภูมิประเทศชนิดโครงข่ายสามเหลี่ยม โครงข่ายลำน้ำและข้อมูลน้ำท่ารายวัน ทั้งนี้ได้ทำการวิจัยด้วยการกำหนดระดับความลึกของเขตน้ำท่วม โดยการทดสอบระบบแบบจำลองได้คำนึงถึงปัจจัยซึ่งมีผลต่อการเกิดน้ำท่วม คือคันดินกั้นน้ำซึ่งเป็นตัวกั้นน้ำไม่ให้ท่วม และสถานีวัดน้ำในโครงข่ายลำน้ำเป็นตัวบอกระดับน้ำและแจ้งเตือนให้ประชาชนรับมือกับปัญหาอุทกภัยได้

วัชร วิระพันธุ์ (2538) ได้ศึกษาเรื่องการจำลองน้ำท่วมในลุ่มน้ำอุ้มตะโก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการพยากรณ์น้ำในลุ่มน้ำอุ้มตะโก โดยแบ่งวัตถุประสงค์ในการวิจัยออกเป็น 3 ประการคือ 1) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของท้องน้ำ 2) ศึกษาการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำ 3) การพยากรณ์ระดับน้ำที่สถานีหาดใหญ่ (สถานี X.44) ทั้งนี้ได้ใช้แบบจำลอง MIKE-II เพื่อการพยากรณ์ระดับน้ำ ตัวแปรหลักที่ใช้ในการพยากรณ์ คือความสามารถในการกักเก็บน้ำสูงสุดของชั้นผิวดิน ความสามารถในการกักเก็บน้ำสูงสุดของชั้นรากพืช และสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับน้ำหรือปริมาณน้ำกับเวลา ลักษณะการไหลของน้ำและสมมูลน้ำ ข้อมูลที่ใช้ ได้แก่ข้อมูล

อุตุนิยมวิทยา เช่นข้อมูลฝนรายวัน ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง ข้อมูลปริมาณน้ำรายวัน ข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำ-ปริมาณน้ำ ตารางความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณน้ำ ข้อมูลน้ำระเหยรายเดือน ข้อมูลแผนที่ต่างๆ ได้แก่แผนที่ลุ่มน้ำ แผนที่แสดงพื้นที่น้ำท่วม ปีพ.ศ.2531 แผนที่ธรณีวิทยา ชนิดของดิน การใช้ที่ดินและข้อมูลสภาพตัดขวางลำน้ำ ได้ผลการศึกษาสรุปว่าการเปลี่ยนแปลงของท้องน้ำในช่วงปลายน้ำตั้งแต่อำเภอหาดใหญ่ถึงทะเลสาบสงขลาในช่วงเวลา 8 ปีคือ พ.ศ.2528-2538 เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากโดยเฉพาะหลังอุทกภัยปีพ.ศ.2531 ที่ทำให้ท้องน้ำเกิดการตื้นเขิน การระบายน้ำเป็นด้วยความลำบากและอาจเป็นสาเหตุของอุทกภัยในปีต่อๆ มา การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในที่ราบสูงไม่มีการเปลี่ยนแปลงยังคงนิยมปลูกยางและผลไม้มานานชนิด แต่ในที่ราบลุ่มเดิมเป็นที่นาได้เปลี่ยนแปลงเป็นการทำนาทุ่งมากขึ้น สำหรับการพยากรณ์ระดับน้ำด้วย MIKE-II มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้และได้แนะนำว่าเพื่อให้เกิดความถูกต้องยิ่งขึ้นควรใช้ข้อมูลที่ทำการตรวจวัดทุก 3 ถึง 6 ชั่วโมง

อัจฉรา ดันติสุนทรโรดม (2533) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน ทั้งนี้เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำบางพื้นที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าหรือมีเพียงสถานีวัดน้ำฝน ดังนั้นจึงศึกษาเพื่อทราบความสัมพันธ์ โดยการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำฝนและน้ำท่าของสถานีต่างๆ แล้วนำมาสร้างกราฟได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง สร้างเป็นสมการได้ดังนี้

$$(\text{Runoff}) = -5 + 0.3 (\text{Rainfall})$$

Thailand Integrated Water Resource System (2545) ได้ศึกษาและคำนวณระดับน้ำและอัตราการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยาถึงกรุงเทพมหานคร มีวัตถุประสงค์เพื่อการคาดการณ์ระดับน้ำและอัตราการไหล นำไปใช้เพื่อการบรรเทาความเสียหายและเตรียมการจัดการปัญหาน้ำท่วม ในลักษณะของโครงการระยะสั้น เตรียมการ 2 อาทิตย์ โดยการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ AII River Network Model แบบจำลองคำนวณปริมาณน้ำล่องหน้า 2 เดือนด้วยทฤษฎี Harmonic Analysis และการปรับการคำนวณทุกอาทิตย์ ข้อมูลที่ใช้ คือข้อมูลฝนเหนือเขื่อน 58 สถานี ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึง 15 กันยายน พ.ศ.2545 และข้อมูลปัจจุบันวันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ.2545 ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำ ณ สถานีสำรวจอุทกวิทยา 9 สถานี ผลการคำนวณแสดงเป็นกราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ ณ สถานีสำรวจอุทกวิทยา

### 2.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วม

พรชัย ปรีชาปัญญา (2544) ศึกษาและสรุปปัจจัยที่ทำให้เกิดอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำบนภูเขา ในภาคเหนือ ได้แก่ 1) ปัจจัยด้านความหนาแน่น ชนิดของพืชเกษตร ที่พืชยืนต้นใบแคบให้เกิดความรุนแรงน้อยกว่าพืชใบทาง 2) ปัจจัยด้านชนิดวัชพืช วัชพืชรากลึกทำให้เกิดความรุนแรงน้อยกว่ารากตื้น 3) ปัจจัยด้านสิ่งปกคลุมดิน ได้แก่ ประเภทป่าไม้ พืชสวน พืชผัก พืชไร่ โดยพื้นที่รกร้างเป็นการใช้ที่ดินที่ก่อให้เกิดความรุนแรงสูงสุด 4) ปัจจัยด้านชนิดป่า 5) ปัจจัยด้านความลาดชันของพื้นที่ 6) ปัจจัยด้านรูปร่างของกลุ่มน้ำ รูปร่างแบบยาวเรียวยาวให้เกิดความรุนแรงน้อยกว่าแบบวงกลม 7) ปัจจัยด้านเนื้อดิน ดินเหนียวหรือดินทรายให้เกิดความรุนแรงน้อยที่สุด ดินร่วนปนทรายหรือร่วนปนเหนียวให้เกิดความรุนแรงปานกลางและดินร่วนให้เกิดความรุนแรงมากที่สุด 8) ปัจจัยด้านความลึกของดิน หน้าดินลึกมากให้เกิดความรุนแรงน้อยที่สุด ในขณะที่หน้าดินตื้นทำให้เกิดความรุนแรงมากกว่า 9) ปัจจัยด้านความชื้นของฝน 10) ปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน 11) ปัจจัยด้านตำแหน่งการใช้ที่ดิน โดยที่ราบและตอนล่างของกลุ่มน้ำจะเกิดความเสียหายน้อยที่สุด ในขณะที่พื้นที่สูงและลาดชันให้เกิดความเสียหายมากกว่า 12) ปัจจัยด้านการก่อสร้าง การสร้างแหล่งกักเก็บน้ำทำให้เกิดความรุนแรงน้อยที่สุด และการเบนน้ำจากกลุ่มน้ำอื่นเข้าพื้นที่ทำให้เกิดภาวะน้ำท่วมมากขึ้น 13) ปัจจัยด้านทิศด้านลาด 14) ปัจจัยด้านความสูงของพื้นที่ลุ่มได้รับความรุนแรงมากกว่าที่สูง 15) ปัจจัยจากไฟป่า ก่อเกิดความรุนแรงมากที่สุดในช่วงปลายฤดูแล้ง 16) ปัจจัยด้านมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และ 17) ปัจจัยด้านการใช้สารเคมี

ประหยัด ปานดี (2533) ศึกษาอุทกภัยบริเวณภาคใต้ของไทย ในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่เกิดเหตุการณ์อุทกภัยและแผ่นดินถล่ม ปลายเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2531 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของภูมิประเทศต่อการเกิดอุทกภัยและแผ่นดินถล่ม ข้อมูลที่ใช้ ได้แก่ ความสูง ความลาดชัน ลักษณะทางธรณีวิทยา อุทกวิทยา ภูมิอากาศ คุณลักษณะของดิน สิ่งปกคลุมดิน กิจกรรมมนุษย์ ข้อมูลความเสียหายทางเศรษฐกิจและสังคม ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT, LANDSAT TM วิธีการศึกษาได้ทำการวิเคราะห์รอยร้าวทางธรณีวิทยา ความแปรปรวนของอากาศและการกระจายของฝน สมดุลน้ำ ความพรุนของดิน การเคลื่อนย้ายมวลวัตถุโดยการสูญเสียแรงยึดเกาะและการวิเคราะห์หลักฐานบางประการ ซึ่งเกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิประเทศ สรุปผลการวิจัยได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุทกภัยและแผ่นดินถล่มในครั้งนี้ คืออิทธิพลจากภูมิอากาศ การกระจายของฝน ปริมาณน้ำ ความชื้นส่วนเกิน รอยแตกร้าวของหิน อัตราความพรุนของเนื้อดินที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ความไม่มีเสถียรภาพของโครงสร้างธรณีวิทยา โดยเฉพาะหินแกรนิตซึ่งมีรอยร้าวและรอยเลื่อนเกิดขึ้นมากมายและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

สุรภิ อิงคากุล (2538) ศึกษาสภาพน้ำท่วมทางภูมิศาสตร์ในกรุงเทพมหานครและพื้นที่ใกล้เคียง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพน้ำท่วมในเขตกรุงเทพมหานครและพื้นที่ใกล้เคียง ศึกษาปัจจัยทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องและปัจจัยเกี่ยวกับกิจกรรมมนุษย์ ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่า การกระจายของฝน ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและระดับน้ำ ระดับความสูงของพื้นที่ ระบบการระบายน้ำ ทั้งนี้ได้สรุปปัจจัยของการเกิดน้ำท่วมที่มีผลให้เกิดระดับความรุนแรงมากขึ้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก คือปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำในลำน้ำ ปัจจัยรองได้แก่ปัจจัยทางธรรมชาติ อาทิระดับความสูงของพื้นที่ ระยะน้ำทะเลหนุน ปัจจัยทางด้านมนุษย์ อาทิการทรุดตัวของพื้นดินอันเกิดจากการขุดบ่อบาดล ระบบระบายน้ำออกสู่คลองหลักและออกสู่ทะเลขาดประสิทธิภาพ การใช้ที่ดินไม่เหมาะสม เช่นการสร้างอาคาร หมู่บ้านในพื้นที่ซึ่งควรเป็นพื้นที่เกษตร การมีระบบป้องกันน้ำท่วมทำให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่นอกเขตป้องกันมากยิ่งขึ้น การก่อสร้างถนนและทางรถไฟ ปิดกั้นเส้นทางระบายน้ำ

ประสิทธิ์ เมฆอรุณ (2544) ศึกษาการประยุกต์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์ พื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัยในเขตลุ่มน้ำยมตอนล่าง มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินและขอบเขตของอุทกภัยในลุ่มน้ำยมตอนล่าง กำหนดพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย และศึกษามาตรการป้องกันบรรเทาความเสียหายที่เกิดขึ้นจากอุทกภัย โดยมีแนวคิดที่ว่าสาเหตุหลักของการเกิดอุทกภัย ได้แก่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี จำนวนวันที่ฝนตกรายปี ปริมาณฝนที่ตกหนักมากที่สุด ระดับความสูงของพื้นที่และความลาดชัน สาเหตุทางอ้อม ได้แก่โครงข่ายลำน้ำ เส้นทางคมนาคม การใช้ประโยชน์ที่ดินและคุณสมบัติของเนื้อดิน

ศิริ มณีวรรณ (2532) ศึกษาความสัมพันธ์ทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา ลุ่มน้ำปิงตอนบน มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์และจำแนกลุ่มน้ำตามลักษณะทางกายภาพ ข้อมูลที่ใช้ ได้แก่ลักษณะทางธรณีวิทยา ภูมิวิทยา ภูมิสัณฐานวิทยา อุทกวิทยา ภูมิอากาศและสิ่งปกคลุมดิน วิธีการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ 1) วิเคราะห์องค์ประกอบทางด้านภูมิสัณฐานวิทยา ธรณีวิทยาและภูมิวิทยาของลุ่มน้ำ 2) จำแนกพื้นที่ลุ่มน้ำตามลักษณะองค์ประกอบทางกายภาพที่วิเคราะห์ได้ในขั้นตอนที่ 1 และ 3) วิเคราะห์เชิงผสมผสานของพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่การวิเคราะห์พื้นที่ทางกายภาพร่วมกับลักษณะภูมิอากาศ พืชปกคลุมดิน ผลการวิเคราะห์พบว่าลุ่มน้ำอันดับที่ 1-4 มีองค์ประกอบต่างๆ คล้ายคลึงกัน ได้แก่ลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายการระบายน้ำ การไหลซึมของน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความสูงของลุ่มน้ำ ระยะเวลาที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ความสูงของลำน้ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ความถี่ของชนิดหินและดิน และความพรุนของหิน แนวคิดในการศึกษา ได้แก่แนวคิดด้านภูมิศาสตร์กายภาพ แนวคิด

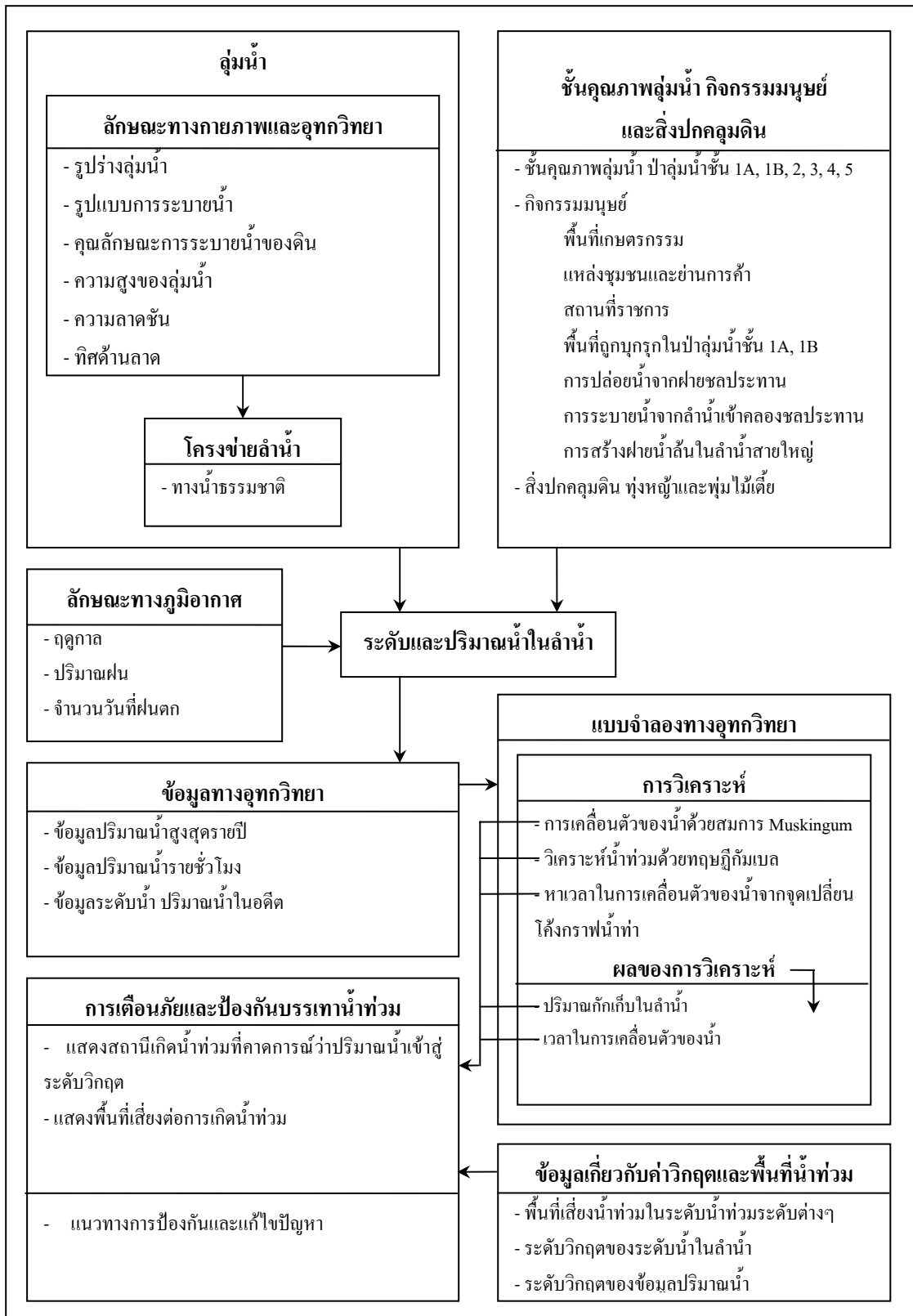
เกี่ยวกับสภาพของตัวแปรทางกายภาพในช่วงเวลาต่างๆ และแนวคิดเกี่ยวกับเทคนิคการวิเคราะห์ทางภูมิศาสตร์

### 2.3 กรอบแนวคิดในการศึกษา

จากการศึกษาแนวคิดและทบทวนวรรณกรรมพบว่า สาเหตุหลักของการเกิดภาวะน้ำท่วมคือปริมาณน้ำ ระดับน้ำในลำน้ำและปริมาณฝน ดังนั้นในการศึกษาจึงได้พิจารณาจากสาเหตุดังกล่าว โดยเน้นการศึกษาที่ระดับน้ำในลำน้ำ เนื่องจากเป็นตัวแปรสรุปสุดท้ายที่ได้รับอิทธิพลมาจากลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำ ภูมิอากาศ อุทกวิทยาและกิจกรรมมนุษย์ ซึ่งการเกิดน้ำท่วมขึ้นได้พิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำและลำธารที่ประกอบกันเป็นโครงข่ายลำน้ำ ลักษณะภูมิอากาศ ลักษณะทางอุทกวิทยาและกิจกรรมมนุษย์ที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมบริเวณริมฝั่งแม่น้ำปัจจัยที่ได้นำมาพิจารณา ได้แก่รูปร่างลุ่มน้ำ รูปแบบการระบายน้ำ ปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกต่อปี คุณลักษณะการระบายน้ำของดิน ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ กิจกรรมมนุษย์ ความลาดชัน ความสูงทิศด้านลาด การใช้ที่ดินและการพังทลายของดินริมตลิ่ง อาศัยหลักทฤษฎีเพื่อใช้ในการคาดการณ์น้ำท่วม บริเวณริมฝั่งแม่น้ำ และหาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม 3 แนวคิด คือ 1) แนวคิดด้านสมดุลน้ำ ใช้เพื่อศึกษาวัฏจักรทางด้านอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ โดยการพิจารณาจากบางส่วนของกราฟสมดุลน้ำในช่วงที่มีปริมาณความชื้นขาดแคลนและปริมาณความชื้นส่วนเกินในดิน เนื่องจากเป็นช่วงที่พื้นที่มีความชุ่มชื้นสูง หากลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำมีความสามารถในการระบายน้ำไม่ดี จะมีโอกาสเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วมได้ 2) แนวคิดด้านการวิเคราะห์น้ำท่วมด้วยทฤษฎีกัมเบล ใช้เพื่อกำหนดหารอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำสูงสุดรายปี ที่สามารถนำไปใช้ทำนายรอบปีการเกิดซ้ำของการเกิดน้ำท่วม 3) แนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนตัวของน้ำ ใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำคาดการณ์ ซึ่งสามารถนำค่าการคำนวณไปใช้เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของระดับน้ำ 2 สถานีว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยการคำนวณหาปริมาณน้ำคาดการณ์เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่สำรวจได้ และนำปริมาณน้ำคาดการณ์ไปใช้เพื่อการเตือนภัยน้ำท่วม เมื่อทราบข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้า-ออก ณ ช่วงเวลาที่ 1 และปริมาณน้ำไหลเข้า ณ ช่วงเวลาที่ 2 โดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำคาดการณ์กับระดับวิกฤตลำนํ้า ระยะเวลาในการเตรียมการเตือนภัยหาได้จากเวลาในการเคลื่อนตัวของน้ำจากจุดเปลี่ยนโค้งกราฟน้ำท่า

สำหรับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในแบบจำลองทางอุทกวิทยาดำเนินการศึกษาโดยการเขียนคำสั่งกำหนดการทำงานอย่างมีเงื่อนไขในโปรแกรม Arc View ซึ่งสามารถเชื่อมโยงข้อมูลแผนที่และการคำนวณทางอุทกวิทยาได้ โดยแนวทางในการคาดการณ์น้ำท่วมในงานวิจัยนี้เป็นการคาดการณ์ระยะสั้น ใช้แนวคิดการเคลื่อนตัวของน้ำ ทฤษฎี Muskingum

มาใช้เพื่อให้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถแสดงข้อมูลในมิติของเวลาได้ ข้อมูลหลักที่ใช้ประกอบในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่สถิติอุทกวิทยา เส้นแม่น้ำ ขอบเขตลุ่มน้ำ ตำแหน่งสถานีสำรวจอุทกวิทยา ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองทางอุทกวิทยาเพื่อการคาดการณ์น้ำท่วมได้แก่ ระดับน้ำ/ปริมาณน้ำ เวลาในการเตรียมการเตือนภัยน้ำท่วม และระดับวิกฤตลุ่มน้ำ แสดงกรอบแนวคิดในการศึกษาดังภาพ 2.2



ภาพ 2.2 กรอบแนวคิดในการศึกษา

## 2.4 แหล่งข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลชั้นที่ 2 (secondary data) จากแหล่งต่างๆ คือแผนที่ รายงานการสำรวจ เอกสารทางวิชาการ และสถิติต่างๆ ดังนี้

1) แหล่งข้อมูลทางอุทกวิทยา รวบรวมจากสถิติอุทกวิทยา จัดทำโดยศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่างๆ ณ สถานีสำรวจอุทกวิทยา จำนวน 16 แห่ง คือลำน้ำแม่ปิงสถานี P.20, P.75, P.67, P.1, P.73 ลำน้ำแม่จัดสถานี P.56A ลำน้ำแม่แดงสถานี P.65, P.4A ลำน้ำแม่ริมสถานี P.21 ลำน้ำแม่ขานสถานี P.71 ลำน้ำแม่กลางสถานี P.24 ลำน้ำแม่ลีสถานี P.76, P.42 และลำน้ำแม่กวงสถานี P.79, P.80, P.77 ข้อมูลที่ใช้มีดังนี้

1.1) ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง

1.2) ตารางความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณน้ำ (rating table) ของแต่ละสถานีสำรวจอุทกวิทยา

1.3) ข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายปี ณ สถานีสำรวจอุทกวิทยาที่มีข้อมูลบันทึกไว้อย่างน้อย 20 ปี เพื่อใช้ในการวิเคราะห์รอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำด้วยทฤษฎีแกมเบล ดังนี้

|       |            |                               |
|-------|------------|-------------------------------|
| P.1   | น้ำแม่ปิง  | ปีน้ำพ.ศ. 2497-2545 ( 49 ปี ) |
| P.21  | น้ำแม่ริม  | ปีน้ำพ.ศ. 2497-2545 ( 49 ปี ) |
| P.4A  | น้ำแม่แดง  | ปีน้ำพ.ศ. 2498-2545 ( 48 ปี ) |
| P.24A | น้ำแม่กลาง | ปีน้ำพ.ศ. 2516-2545 ( 29 ปี ) |
| P.42  | น้ำแม่ลี   | ปีน้ำพ.ศ. 2521-2545 ( 25 ปี ) |
| P.20  | น้ำแม่ปิง  | ปีน้ำพ.ศ. 2522-2545 ( 24 ปี ) |

หมายเหตุ สถานีในน้ำแม่ปิง P.67, P.75, P.73 น้ำแม่แดง P.65 น้ำแม่จัด P.56A น้ำแม่กวง P.79, P.80, P.77 น้ำแม่ขาน P.71 และน้ำแม่ลี P.76 มีข้อมูลน้อยกว่า 20 ปี

1.4) แหล่งข้อมูลภูมิอากาศ ใช้ข้อมูลฝนรายวันในช่วงมีพายุเข้าปีน้ำพ.ศ.2543 รวบรวมจากสถิติอุตุนิยมวิทยา เก็บบันทึกโดยกองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยาโดยใช้ข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยา จำนวนสถานีตรวจวัดน้ำฝน 39 สถานี ดังนี้

|       |                              |                            |
|-------|------------------------------|----------------------------|
| 07013 | ตั้งอยู่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ | ช่วงข้อมูลปีพ.ศ. 2495-2543 |
| 07022 | อ.สารภี จ.เชียงใหม่          | 2495-2542                  |
| 07032 | อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่       | 2495-2542                  |
| 07042 | อ.สันทราย จ.เชียงใหม่        | 2495-2542                  |
| 07052 | อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่      | 2495-2543                  |

|       |                                                         |           |
|-------|---------------------------------------------------------|-----------|
| 07062 | อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่                                    | 2495-2542 |
| 07072 | อ.หางดง จ.เชียงใหม่                                     | 2495-2542 |
| 07082 | อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่                                 | 2495-2542 |
| 07092 | อ.สอด จ.เชียงใหม่                                       | 2495-2543 |
| 07112 | อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่                                    | 2495-2542 |
| 07122 | อ.พร้าว จ.เชียงใหม่                                     | 2495-2543 |
| 07182 | อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่                                    | 2495-2543 |
| 07192 | บ้านแอ่น อ.คอยเต่า จ.เชียงใหม่                          | 2502-2541 |
| 07242 | อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย อ.เมืองเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ | 2504-2542 |
| 07252 | ศูนย์วิจัยลุ่มน้ำคอยเชียงดาว อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่     | 2507-2542 |
| 07262 | พระตำหนักภูพิงคราชนิเวศน์ อ.เมืองเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่  | 2508-2542 |
| 07292 | สถานีทดลองข้าว อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่                  | 2505-2542 |
| 07304 | สถานีอุตุนิยมวิทยาแม่ใจ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่           | 2516-2542 |
| 07391 | สำนักงานชลประทานที่ 1 อ.เมืองเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่      | 2514-2543 |
| 07420 | ห้วยแม่แฝก อ.สันทราย จ.เชียงใหม่                        | 2495-2541 |
| 07430 | บ้านผาแตก อ.คอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่                       | 2478-2532 |
| 07440 | บ้านห้วยแก้วไซฟอน อ.สันทราย จ.เชียงใหม่                 | 2495-2534 |
| 07450 | บ้านห้วยแม่เตาไฮ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่                  | 2495-2534 |
| 07460 | ประจักษ์ศิลปาคมโครงการฝายแม่แฝก อ.สันทราย จ.เชียงใหม่   | 2503-2533 |
| 07480 | โครงการฝายแม่แฝก อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่                   | 2495-2544 |
| 07502 | สวนป่าแม่หอพระ อ.พร้าว จ.เชียงใหม่                      | 2515-2544 |
| 07520 | โครงการชลประทานแม่แตง อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่              | 2518-2544 |
| 07530 | บ้านแม่ฮ่องฮัก อ.คอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่                  | 2518-2533 |
| 07540 | บ้านแม่โป่งไซฟอน อ.คอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่                | 2518-2533 |
| 07702 | กิ่งอำเภอเวียงแหง จ.เชียงใหม่                           | 2533-2542 |
| 07740 | ศูนย์วิจัยโครงการชลประทานแม่แตง อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่    | 2530-2540 |
| 07751 | P.65 บ้านม่วงป๋อก อ.เวียงแหง จ.เชียงใหม่                | 2538-2542 |
| 17012 | อ.เมือง จ.ลำพูน                                         | 2495-2542 |
| 17022 | อ.ลี้ จ.ลำพูน                                           | 2498-2544 |
| 17032 | อ.ป่าซาง จ.ลำพูน                                        | 2498-2542 |

|       |                                              |           |
|-------|----------------------------------------------|-----------|
| 17042 | อ.แม่ทา จ.ลำพูน                              | 2495-2542 |
| 17052 | อ.บ้านโฮ้ง จ.ลำพูน                           | 2505-2542 |
| 17081 | P.42 บ้านแม่บอนใหม่ อ.ทุ่งหัวช้าง จ.ลำพูน    | 2522-2541 |
| 17093 | สถานีตรวจอากาศ ต.แม่ทา กิ่งอ.แม่ฮ่อน จ.ลำพูน | 2523-2542 |

2) แหล่งข้อมูลดิน การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ เส้นทางคมนาคม แม่น้ำ เส้นชั้นความสูง และความลาดชัน ได้จากศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3) ขอบเขตลุ่มน้ำปิงตอนบนและสาขา ภาพตัดขวางลำน้ำของสถานีสำรวจอุทกวิทยา ค่าวิกฤตลำน้ำ และพื้นที่น้ำท่วม ได้จากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน

4) แหล่งข้อมูลการระบายน้ำจากลำน้ำสู่คลองชลประทานและเส้นคลองชลประทานจากโครงการชลประทานแม่แตง กรมชลประทาน