

## บทที่ 1

### บทนำและตรวจเอกสาร

#### 1. ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ปัจจุบันปัญหากับทรัพยากรได้เพิ่มมากขึ้นและเกี่ยวข้องกับทุกคนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากความต้องการใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้นสวนทางกับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นทุกคนจึงควรตระหนักและร่วมกันแก้ไขด้วยการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้น และคุณภาพของน้ำที่เสื่อมโทรม ก่อให้เกิดปัญหาการแก่งแย่งทรัพยากรน้ำขึ้น การแก้ไขหรือบรรเทาปัญหาปริมาณน้ำ ได้มีการนำวิธีการต่าง ๆ มาใช้ เช่น การสร้างเขื่อนและฝาย การสร้างระบบชลประทาน การกำหนดเขตในการปลูกพืช เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การจัดการให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด มีปัจจัยสำคัญที่ต้องทราบก่อน คือ ปริมาณน้ำแท้จริงที่มีอยู่ในพื้นที่

วิธีการที่จะช่วยให้ทราบปริมาณน้ำที่แท้จริงมีหลายวิธี เช่น การวัดค่าในภาคสนาม ซึ่งจะได้ข้อมูลที่แม่นยำและถูกต้อง แต่มีข้อเสีย คือ ใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูง และในบางสถานการณ์การวัดค่าจริงไม่สามารถทำได้ อีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน คือ การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยการนำข้อมูลที่มีอยู่มาวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ แล้วนำผลที่ได้ไปปรับใช้ในการวางแผนงานเพื่อจัดการน้ำต่อไป

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นอกจากจะใช้เป็นเครื่องมือเพื่อการจัดการน้ำในลุ่มน้ำแล้วยังสามารถนำไปใช้ในการวางแผนจัดการพื้นที่รองรับน้ำ เช่น ทะเล หรือทะเลสาบ ได้อีกด้วย เนื่องจากน้ำเป็นตัวการที่นำพาสารอาหารให้แก่สิ่งมีชีวิตในลุ่มน้ำและในระบบนิเวศ แต่ในทางกลับกันก็นำพามลสารต่าง ๆ จากชุมชนและอุตสาหกรรมไปด้วยเช่นกัน สิ่งเหล่านี้มีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับปริมาณน้ำ ดังนั้นการประเมินปริมาณน้ำในลุ่มน้ำที่ไหลลงสู่แหล่งรองรับด้านล่าง เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการจัดการลุ่มน้ำ และแหล่งรองรับน้ำอีกด้วย

ทะเลสาบสงขลามีลักษณะเป็นลากูน (lagoon) คือ เป็นทะเลสาบกึ่งปิด ปริมาณน้ำทำจึงมีอิทธิพลต่อทะเลสาบสงขลามาก การขาดข้อมูลปริมาณน้ำทำจึงเป็นปัจจัยจำกัดในสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของตะกอนหรือน้ำเสีย (วินัย แซ่จิว, 2540;

ธวัช ชิตตระการ และคณะ, 2541) ทั้งนี้เพราะว่าปริมาณน้ำท่ามีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินภายในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ตัวอย่างเช่น ในปี พ.ศ. 2539 ตะกอนที่เกิดจากการชะพาโดยน้ำมีค่าประมาณ 5.3 ล้านตันต่อปี (ชาญชัย ธนาวุฒิ, 2541) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่ายังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและระบบนิเวศภายในลุ่มน้ำ (ณรงค์ ณ เชียงใหม่, อรุณโชติ คงพล และสรวิช จิตรบรรเจิดกุล, 2529; คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2537) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทะเลหลวงซึ่งได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงในอ่าวไทยน้อย ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่ทะเลสาบจึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดในบริเวณนี้ (ธวัช ชิตตระการ และคณะ, 2541) จากเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การทราบปริมาณน้ำท่าจะสามารถตอบคำถามที่นำไปสู่การจัดการลุ่มน้ำที่มีประสิทธิภาพต่อไป

ในการทำนายปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลานั้น มีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ แต่พบว่ามีประเด็นที่สามารถนำมาพัฒนาให้การทำนายปริมาณน้ำท่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากขึ้น และสามารถนำปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับงานอื่น ๆ ที่ยังขาดข้อมูลปริมาณน้ำท่า

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2537) ได้สร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยตั้งสมมุติฐานว่า พื้นที่ทั้งลุ่มน้ำมีลักษณะเหมือนกันหมด อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำที่สูญหายไปจากระบบจำนวนมากเป็นผลจากการคายน้ำของพืช ที่ในความเป็นจริงแล้วพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันทั้งชนิดของดินและสิ่งปกคลุมดิน เป็นผลให้มีการคายน้ำแตกต่างกันออกไป สำหรับการทำนายปริมาณน้ำท่าในโครงการ EmSong โดย DANCED and Office of Environment Policy and Planing (1998) ซึ่งใช้แบบจำลอง NAM (Module ในโปรแกรม MIKE11) ได้อนุมานให้ชนิดดินของลุ่มน้ำเหมือนกันทุกพื้นที่ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วในแต่ละพื้นที่มีชนิดดินแตกต่างกันซึ่งส่งผลถึงการอุ้มน้ำ และการซึมน้ำ

จากการที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีความหลากหลายในการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ โดยพื้นที่ทางทิศตะวันตกเป็นภูเขาซึ่งเป็นป่าดิบชื้น ถัดลงมาเป็นสวนยางพาราผสมกับสวนผลไม้ และบริเวณรอบทะเลสาบเป็นนาข้าว จะเห็นได้ว่าพื้นที่ลุ่มน้ำมีพืชพรรณต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ทำให้ปริมาณน้ำที่เกิดจากการคายน้ำรวมถึงการดัก (interception) ของพืชมากตามไปด้วย ดังนั้นความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองจึงเกิดขึ้นได้ เพื่อให้การทำนายปริมาณน้ำท่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาหรือใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้มีตัวแปรที่ละเอียดมากขึ้น

Variable Infiltration Capacity 2 Layer (VIC-2L) เป็น Precipitation-Runoff Model ที่พัฒนาโดย Liang *et al.* (1994) แบบจำลอง VIC-2L มีความละเอียด ชับซ้อน และใช้ข้อมูลหลายชนิดในการคำนวณ ต่อมา SEA START RC (Southeast Asia the Global Change SysTem for Analysis, Research and Training Regional Centre) ได้นำแบบจำลอง VIC-2L มาใช้ในประเทศไทย โดยพัฒนาเพิ่มเติมให้สามารถใช้ได้ง่ายยิ่งขึ้นและสามารถประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์อื่นได้อีกด้วย เมื่อนำแบบจำลอง VIC-2L ไปใช้ร่วมกับแบบจำลอง Routing ซึ่งพัฒนาโดย Lohmann, Nolte-Holube and Raschke (1996) จะสามารถหาอัตราการไหลในตำแหน่งต่าง ๆ ที่ต้องการได้

ดังนั้นการพัฒนาแบบจำลอง VIC-2L ให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น และนำมาใช้ร่วมกับแบบจำลอง Routing ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา จะทำให้สามารถทำนายปริมาณน้ำท่าเพื่อใช้ในวางแผนจัดการลุ่มน้ำได้ต่อไป และยังสามารถพัฒนาต่อไปได้อีก เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่มี Source Code เผยแพร่ให้กับผู้ที่สนใจโดยไม่คิดมูลค่า นอกจากนี้เป็นแนวทางที่สามารถนำไปใช้กับลุ่มน้ำอื่น ๆ ได้ต่อไป

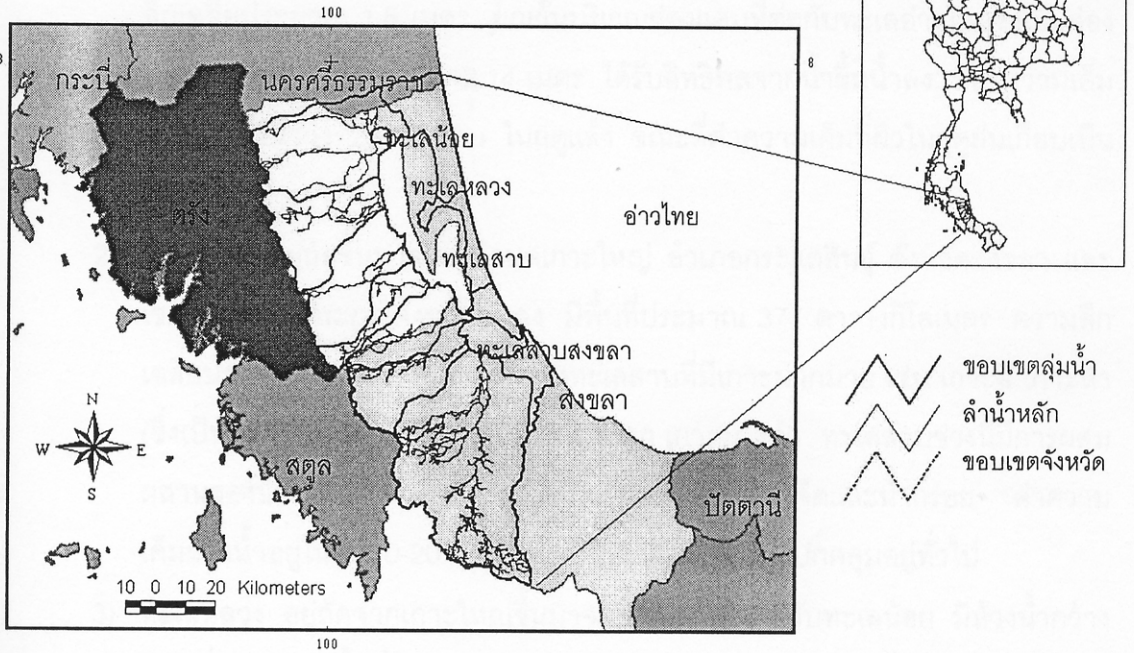
## 2. สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

### 2.1 สภาพทางภูมิศาสตร์

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของภาคใต้ (ภาพประกอบ 1-1) มีพื้นที่ประมาณ 8,602 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดพัทลุงและสงขลา และโดยมีความกว้างจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกประมาณ 64 กิโลเมตร และมีความยาวจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ประมาณ 147 กิโลเมตร พื้นที่แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นพื้นดินประมาณ 7,556 ตารางกิโลเมตร และส่วนที่เป็นพื้นน้ำประมาณ 1,046 ตารางกิโลเมตร

### 2.2 ลักษณะภูมิประเทศ

ทิศตะวันตกและทิศใต้ของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเป็นภูเขา โดยทางตะวันตกมีเขาบรรทัดเป็นสันปันน้ำ ทอดตัวยาวในแนวเหนือ-ใต้ ตั้งแต่รอยต่อระหว่างจังหวัดพัทลุงกับจังหวัดตรังลงมาถึงรอยต่อระหว่างจังหวัดสงขลา กับจังหวัดสตูล ทางทิศใต้เป็นแนวเทือกเขาสันกาลาคีรีบางส่วน พื้นที่บริเวณนี้ปกคลุมไปด้วยป่าไม้และเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญ ถัดจากพื้นที่ภูเขาเป็นที่ราบลูกคลื่น ประกอบด้วยเนินเขาเตี้ย ๆ สลับกับที่ราบ เริ่มตั้งแต่ตอนเหนือขนานกับแนวเขาบรรทัด ไปจนถึงตอนใต้ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ถัดเข้ามาจะเป็นที่ราบขนาดใหญ่ล้อมรอบตัวทะเลสาบ พื้นที่นี้เกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำพาที่รับน้ำจากพื้นที่ภูเขาแล้วไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา



ภาพประกอบ 1-1 ที่ตั้งของลุ่มน้ำทะเลสาบ

ตอนเหนือของทะเลสาบเป็นพื้นที่น้ำขังขนาดใหญ่ เรียกว่า "พรุควนเค็ง" มีพื้นที่ประมาณ 125 ตารางกิโลเมตร คาดว่าเกิดจากการตื้นเขินโดยการทับถมของตะกอน ทำให้เกิดเป็น พื้นที่ ลุ่มน้ำขัง ส่วนทางตะวันออกเป็นที่ราบชายฝั่งทะเลติดต่อกับอ่าวไทย ซึ่งคาดว่าเกิดจากการสะสม ของตะกอนและงอกเป็นสันดอนชายฝั่งปิดกั้นท้องน้ำที่เป็นอ่าวเดิม จนกลายเป็นทะเลสาบสงขลา

## 2.3 ระบบทะเลสาบและแหล่งน้ำธรรมชาติ

### 2.3.1 แหล่งน้ำในระบบทะเลสาบสงขลา

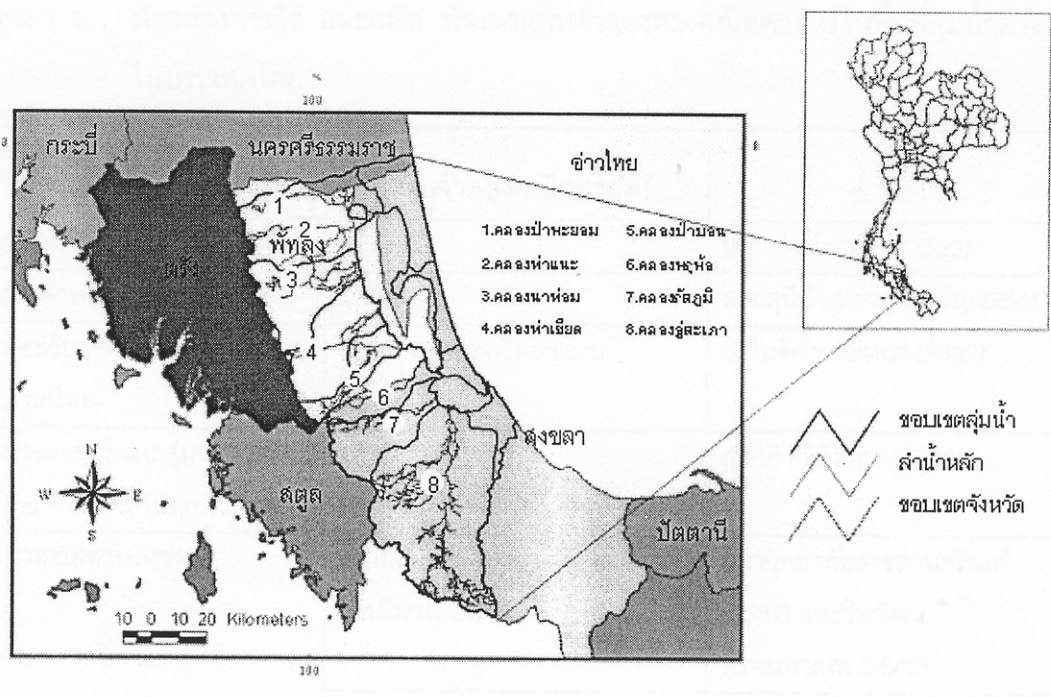
ทะเลสาบสงขลาเป็นแหล่งน้ำที่เป็นทะเลกึ่งปิด เรียกว่า ลากูน (lagoon) มีทางออกติดต่อกับทะเลอ่าวไทย ทำให้มีระบบนิเวศที่หลากหลายเพราะได้รับอิทธิพลทั้งจากน้ำจืดที่ไหลลงมาและ จากน้ำทะเลหนุน จากความแตกต่างทางด้านระบบนิเวศ สามารถแบ่งทะเลสาบสงขลาออกได้ เป็น 4 ส่วน ดังนี้

- 1) ทะเลสาบสงขลาตอนนอกสุด เริ่มจากจุดที่เชื่อมต่อกับอ่าวไทย ไปจนถึงบริเวณบ้านปากrohr อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา มีพื้นที่ประมาณ 182 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ยประมาณ 1.5 เมตร ยกเว้นบริเวณช่องแคบที่ต่อกับทะเลอ่าวไทยซึ่งเป็นช่องทางเดินเรือ ลึกประมาณ 12.14 เมตร ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง มีค่าความเค็มของน้ำอยู่ในช่วง 23-30 psu ในฤดูแล้ง ขณะที่ค่าความเค็มที่ผิวในฤดูฝนเกือบเป็นศูนย์
- 2) ทะเลสาบ อยู่ถัดขึ้นมาจนถึงตำบลเกาะใหญ่ อำเภอกระแสดินธุ์ จังหวัดสงขลา และเขตอำเภอปากพะยูน จังหวัดพัทลุง มีพื้นที่ประมาณ 377 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร เป็นส่วนของทะเลสาบที่มีเกาะมากมาย เช่น เกาะสี่ เกาะห้า (ซึ่งเป็นที่สัมปทานรังนกนางแอ่น) เกาะหมาก เกาะนางคำ ทะเลสาบช่วงนี้มีการผสมผสานของน้ำเค็มและน้ำจืด จึงมีระบบนิเวศที่เป็นทั้งน้ำจืดและน้ำกร่อย ค่าความเค็มของน้ำอยู่ในช่วง 0-20 psu และเป็นช่วงที่มีพืชน้ำขึ้นปกคลุมอยู่ทั่วไป
- 3) ทะเลหลวง อยู่ถัดจากเกาะใหญ่ขึ้นมาจนถึงส่วนที่ติดต่อกับทะเลน้อย มีห้วงน้ำกว้างใหญ่ที่สุด โดยมีพื้นที่ประมาณ 459 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร ในช่วงหน้าฝนน้ำจะเป็นน้ำจืด แต่บางปีจะมีการรุกตัวของน้ำเค็มในช่วงหน้าแล้ง ทำให้ค่าความเค็มสูงถึง 10 psu
- 4) ทะเลน้อย เป็นส่วนที่เล็กที่สุด คือ มีพื้นที่ประมาณ 28 ตารางกิโลเมตร อยู่ตอนบนสุดและแยกออกจากทะเลสาบ โดยมีคลองนางเรียงเชื่อมต่อระหว่างทะเลน้อยกับทะเลหลวง สภาพน้ำเป็นน้ำจืด มีพืชน้ำนานาชนิดขึ้นอยู่รอบ ๆ รวมทั้งวัชพืชน้ำพวกผักตบชวา จอก แหน กก มีป่าพรุนขนาดใหญ่ และเป็นแหล่งนกน้ำนานาชนิด ทั้งนกประจำถิ่นและนกอพยพ

### 2.3.2 ลำน้ำในระบบทะเลสาบสงขลา

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเป็นลุ่มน้ำใหญ่ มีต้นน้ำจากเขาบรรทัดและบางส่วนของเทือกเขาสันกาลาคีรี พื้นดินส่วนใหญ่อยู่ทางตะวันตกของทะเลสาบ และสามารถแบ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยตามคลองสาขาต่าง ๆ ที่ไหลลงสู่ทะเลสาบ (ภาพประกอบ 1-2) ดังนี้

- 1) คลองป่าพะยอม มีความยาวประมาณ 33 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเขาบรรทัด ไหลผ่านเขตอำเภอควนขนุน ลงสู่พุกควนเค็ง
- 2) คลองท่าแนะ มีความยาวประมาณ 38 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเขาบรรทัด ไหลผ่านเขตอำเภอควนขนุนลงสู่ทะเลน้อยที่บ้านประเหนือ



ภาพประกอบ 1-2 ลำน้ำหลักในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ซึ่งใช้ในการแบ่งลุ่มน้ำย่อย

- 3) คลองนาท่อม มีความยาวประมาณ 42 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเขาบรรทัด ไหลผ่านเขตอำเภอเมืองลงสู่ทะเลหลวงที่บ้านลำป่า
- 4) คลองท่าเขียด มีความยาวประมาณ 42 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเขาบรรทัด ไหลผ่านเขตอำเภอตะโหมดและอำเภอเขาชัยสน ออกสู่ทะเลสาบที่บ้านปากพล
- 5) คลองป่าบอน มีความยาวประมาณ 40 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเขาบรรทัด ไหลผ่านเขตอำเภอป่าบอนและอำเภอปากพะยูน ออกสู่ทะเลสาบที่บ้านพระเกิด
- 6) คลองพรุพ้อ มีความยาวประมาณ 36 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเขาบรรทัด เป็นคลองที่กั้นเขตแดนระหว่างจังหวัดพัทลุงกับจังหวัดสงขลา
- 7) คลองรัตภูมิ มีความยาวประมาณ 63 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเขาบรรทัด ไหลผ่านอำเภอรัตภูมิออกสู่ทะเลสาบสงขลา
- 8) คลองอู่ตะเภา มีความยาวประมาณ 68 กิโลเมตร มีคลองเล็ก ๆ หลายสายไหลมารวมกัน ได้แก่ คลองวาด ซึ่งมีต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัด คลองต้า คลองจำไทร คลอง

ตาราง 1-1 ตัวอย่างการใช้ และ/หรือ พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในพื้นที่ลุ่มน้ำต่าง ๆ ในประเทศไทย ~

พื้นที่ลุ่มน้ำ	แบบจำลองคณิตศาสตร์	อ้างอิง
ลุ่มน้ำแม่กลอง	HEC-3	เมธาพันธ์ ชาลีกุล(2539)
ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	SIBIA	สายสุนีย์ พุทธาคณเจริญ (2541)
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย	แบบจำลองอุทกวิทยาแบบ โครงข่าย	เฉลิมชัย พาวังวัฒนา (2532)
ลุ่มน้ำเพชรบุรี และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก	WRECU-I	สุชาติ ศิริจัสกุล (2539)
ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำกับ ค่าปริมาณน้ำเฉลี่ย	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2537) และชินวัฒน์ พรหมมานพ (2542)
	NAM Model	DANCED and Office of Environment Policy and Planing (1998)

#### 4. การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

การนำแบบจำลองมาใช้ในการหาปริมาณน้ำทำจึงต้องคำนึงถึงความแตกต่างของปัจจัยต่างๆ ด้วย เนื่องจากความแตกต่างของสภาพทางภูมิศาสตร์ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดดิน และปัจจัยอื่นๆ ซึ่งในอดีตที่ผ่านมาการศึกษาปริมาณน้ำทำในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ยังไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยที่มีความแตกต่างกันดังกล่าวนี้มากนัก อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงเริ่มต้นของการนำแบบจำลองมาใช้

การศึกษาปริมาณน้ำทำในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาที่ผ่านมา 4 เรื่อง คือ

- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2537)
- ชินวัฒน์ พรหมมานพ (2542)
- DANCED and Office of Environment Policy and Planing (1998)  
(โครงการ EmSong)
- วัชรวิระพันธุ์ (2542)

สองเรื่องแรกใช้หลักการทางสถิติหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับปริมาณน้ำ เรื่องที่ 3 หาปริมาณน้ำท่า โดยใช้แบบจำลอง NAM ซึ่งเป็น module ในแบบจำลอง MIKE11 เป็นการศึกษาปริมาณน้ำที่เกินจากความสามารถในการกักเก็บของส่วนต่าง ๆ หักลบกับส่วนที่เหลือไปยังแหล่งกักเก็บอื่น สำหรับเรื่องที่ 4 ใช้แบบจำลอง MIKE11 ในการพยากรณ์น้ำในลุ่มน้ำอุตะมา ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

#### 4.1 การทำนายปริมาณน้ำท่าโดย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2537)

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2537) ศึกษาปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยใช้วิธีการศึกษา 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 : นำผลของสถิติข้อมูลปริมาณน้ำฝนระยะยาวที่คำนวณขยายขึ้นของแต่ละสถานี ในเขตลุ่มน้ำ ไปสร้างความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) กับค่าปริมาณน้ำเฉลี่ย (Q) ของแต่ละสถานี ดังสมการ 1-1

$$Q = aA^b \quad (1-1)$$

โดย  $Q$  = ปริมาณน้ำเฉลี่ยทั้งปีของกลุ่มน้ำ (ลูกบาศก์เมตร)  
 $A$  = พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร)  
 $a$  และ  $b$  = ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย

จากความสัมพันธ์ของ  $Q$  กับ  $A$  ของทุกสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำในลุ่มน้ำสาขาต่าง ๆ ในทะเลสาบสงขลา ลากเส้นความสัมพันธ์โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย  $a$  และ  $b$  ดังสมการ 1-2

$$Q = 5.78278A^{0.59382} \quad (1-2)$$

การอนุมานตามสมการ 1-2 เป็นการอนุมานว่า พื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีลักษณะเหมือนกัน และใช้ตัวแปรเพียง 2 ตัว ในการสร้างสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งน้อยมาก เมื่อเทียบกับความสัมพันธ์ทั้งหมดของวัฏจักรน้ำในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

วิธีที่ 2 : ใช้พื้นที่สถานีสำรวจน้ำเป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งมีสมมติฐานเหมือนกับวิธีแรก แต่วิธีนี้ได้ข้อมูลมาจากการขยายช่วงเวลาของข้อมูลในส่วนที่ขาดให้มีความยาวขึ้น โดยใช้โปรแกรม HEC-4 อย่างไรก็ดีอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจาก โปรแกรม HEC-4 เป็นการทำนายข้อมูลส่วนที่ขาด โดยใช้หลักทางสถิติมา ไม่ใช่ข้อมูลที่ได้จากการเก็บจริง



ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จากทั้ง 2 วิธี ต่างกันมาก โดยวิธีที่ 1 ได้ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,570 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนวิธีที่ 2 ได้ 4,896 ล้านลูกบาศก์เมตร

#### 4.2 การทำนายปริมาณน้ำท่าโดย ชินวัฒน์ พรหมมาณพ (2542)

ชินวัฒน์ พรหมมาณพ (2542) นำวิธีการหาปริมาณน้ำท่า โดยวิธีที่ 2 ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2537) มาศึกษาเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายปี โดยได้พัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (Rating Curve) เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับอัตราการไหล (Rating Curve Equation) โดยใช้ Submodule Rating Curve ของ HIS Module ใน MIKE 11 เช่น ในสถานี X.67 สถานีคลองรัตภูมิ บ้านกำแพงเพชร อ.รัตภูมิ จ. สงขลา มี Rating Curve Equation ดังสมการ 1-3

$$Q = 6.7(H - 17.32)^{1.88} \quad (1-3)$$

โดย            Q = ปริมาณน้ำต่อเวลา (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)  
                  H = ความสูงของน้ำจากระดับทะเลปานกลาง (เมตร)

เมื่อหาปริมาณน้ำท่าโดยใช้ Rating Curve Equation ที่ได้ จะได้ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำท่ารายปีต่อไป ซึ่งข้อมูลที่ได้น่าจะมีคุณภาพดีขึ้น ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ได้จากวิธีนี้มีค่าประมาณ 4,916 ล้านลูกบาศก์เมตร

#### 4.3 การทำนายปริมาณน้ำท่าโดย DANCED and Office of Environment Policy and Planing(1998)

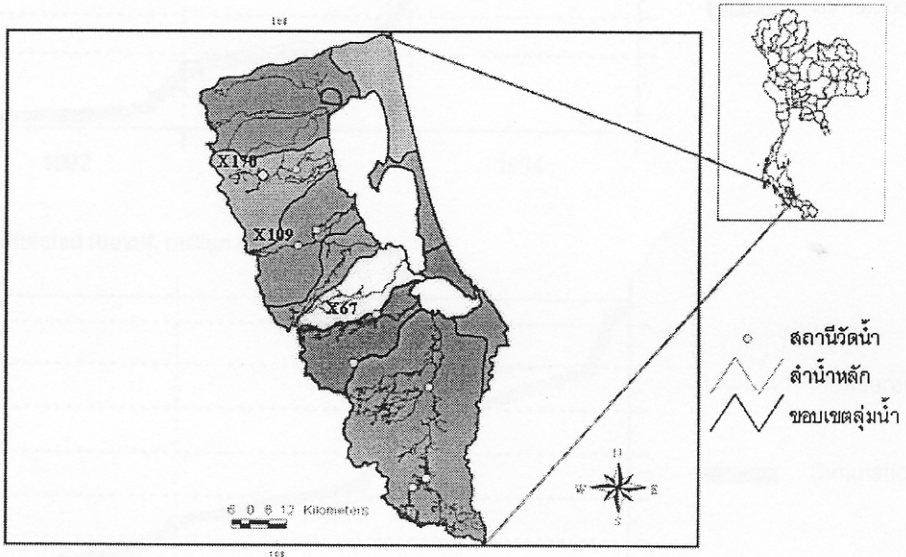
ในโครงการ EmSong (Environmental Management in the Songkhla Lake Basin) DANCED and Office of Environment Policy and Planing (1998) หาปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยใช้แบบจำลอง NAM (ย่อมาจาก "Nedbor Afstromnings Model" ซึ่งเป็นภาษาเดนมาร์ก หมายถึง Rainfall-Runoff Model) หลักการของแบบจำลองนี้ คือ แหล่งกักเก็บน้ำ (water storage) มี 4 ลำดับชั้น (layers) ด้วยกัน ซึ่งมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน คือ

- 1) Snow Storage
- 2) Surface Storage
- 3) Lower or Root Zone Storage
- 4) Groundwater Storage

ปริมาณน้ำท่าคิดได้จาก ปริมาณน้ำที่เกินจากความสามารถในการกักเก็บของส่วนต่าง ๆ ลบกับส่วนที่เหลือไปยังที่กักเก็บอื่น อย่างไรก็ตามพื้นฐานพื้นฐานของแบบจำลอง NAM คือ ดินมีลักษณะเหมือนกันหมดทั้งลุ่มน้ำ

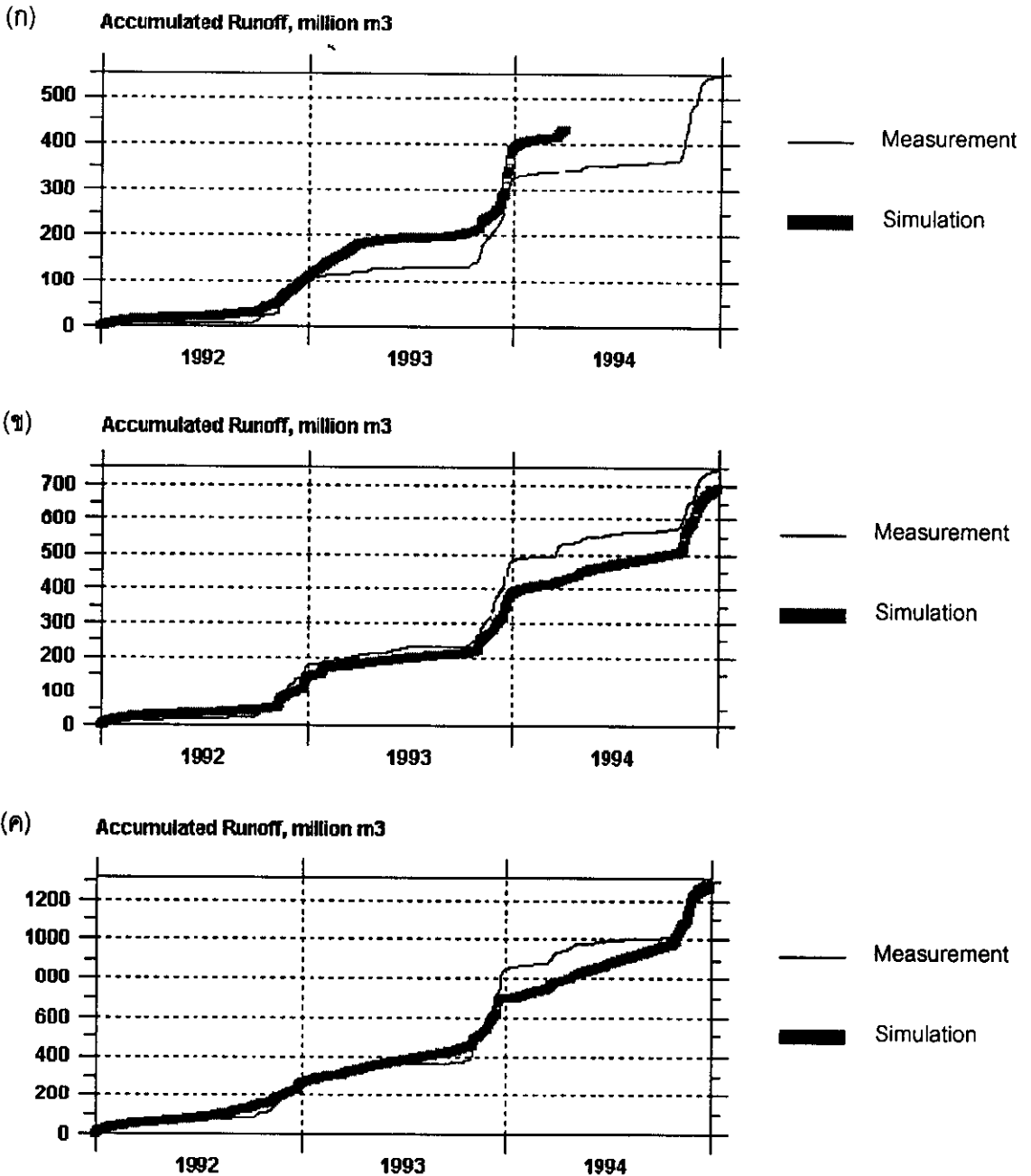
จากการเปรียบเทียบกับสถานีวัดน้ำ 7 สถานี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534-2538 พบว่า มีเพียง 4 สถานีที่ใกล้เคียงกับค่าที่วัดจริงในระยะแรก แต่ในปีสุดท้ายมีแนวโน้มว่าจะมีความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น ส่วนอีก 3 สถานี (ภาพประกอบ 1-3 และ 1-4) มีความคลาดเคลื่อนไปบ้าง สถานีทั้งสามคือ

- 1) สถานี X.67 สถานีคลองรัตภูมิ อ.รัตภูมิ จ. สงขลา
- 2) สถานี X.109 สถานีคลองบางแก้ว อ.เขาชัยสน จ.พัทลุง
- 3) สถานี X.170 สถานีคลองนาท่อม บ้านลำ อ.เมือง จ.พัทลุง



ภาพประกอบ 1-3 ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำ 3 สถานี ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ที่แบบจำลอง NAM ให้ค่าปริมาณน้ำสะสมคลาดเคลื่อนไปบ้าง

- |             |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| สถานี X.67  | สถานีคลองรัตภูมิ อ.รัตภูมิ จ. สงขลา  |
| สถานี X.109 | สถานีคลองบางแก้ว อ.เขาชัยสน จ.พัทลุง |
| สถานี X.170 | สถานีคลองนาท่อม อ.เมือง จ.พัทลุง     |



ภาพประกอบ 1-4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด และที่ได้จากแบบจำลอง NAM จากการศึกษาในโครงการ EmSong ในปี ค.ศ. 1992-1994 (DANCED and Office of Environment Policy and Planning, 1998)

(ก) สถานี X.67 (สถานีคลองรัตนภูมิ อ.รัตนภูมิ สงขลา)

(ข) สถานี X.109 (คลองบางแก้ว อ.เขารีย์สน จ.พัทลุง)

(ค) สถานี X.170 (คลองนาท่อม อ.เมือง พัทลุง)

#### 4.4 การพยากรณ์น้ำโดยวิธี วีระพันธ์ (2542)

วีระพันธ์ (2542) ใช้แบบจำลอง MIKE 11 พยากรณ์น้ำในลุ่มน้ำอุตะเกา ในปี พ.ศ. 2527 ถึง พ.ศ. 2535 โดยใช้แบบจำลอง MIKE 11 ทั้งหมด ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 ส่วน ดังนี้

- 1) ระบบสารสนเทศอุทกวิทยา (Hydrological Information System : HIS model) เป็นส่วนที่ใช้จัดการ ประมวลผล นำเสนอ และวิเคราะห์ time series ของข้อมูลอุทกวิทยา และอุตุนิยมวิทยา
- 2) NAM module คำนวณหาอัตราการไหลของน้ำจากค่าปริมาณฝน
- 3) ส่วนที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของน้ำ (Hydrograph module : HD) คำนวณ implicit finite difference ของการไหลที่ไม่อยู่ในรูปเส้นตรงทั้งในแม่น้ำและปากแม่น้ำ
- 4) ส่วนของการพยากรณ์น้ำ (Flood Forecast module : FF module) เป็นวิธีการปรับแก้ค่าปัจจุบัน (real-time) แบบอัตโนมัติ

ค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัด ยกเว้นในบางช่วง เนื่องจากความจำกัดของค่าปริมาณฝน ที่อาจจะไม่ครอบคลุม หรือบางช่วงขาดการตรวจวัด

#### 4.5 ข้อจำกัดของแบบจำลองที่มีการนำมาใช้ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

การหาปริมาณน้ำโดยใช้แบบจำลองตามวิธีการในหัวข้อ 4.1 ถึง 4.3 มีการอนุमानให้ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่าซึ่งมีอยู่มากมาย ให้มีค่าเท่ากันหมด เหลือไว้แต่เพียงบางปัจจัยเท่านั้นที่ใช้ในการคำนวณ จึงทำให้ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการทำนายคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริง ดังนั้นหากนำข้อมูลน้ำท่าที่ได้นี้ไปใช้ในการจัดการลุ่มน้ำ อาจจะทำให้เกิดความคาดเคลื่อนขึ้นได้

ส่วนวิธีการในหัวข้อ 4.4 นั้น ได้คำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมากขึ้น เช่น ความขรุขระของลำน้ำ ปริมาณฝน เป็นต้น ทำให้ได้ปริมาณน้ำท่าที่แม่นยำขึ้น อย่างไรก็ตามแบบจำลอง MIKE 11 นั้น ไม่เปิดเผย source code เนื่องจากเป็นแบบจำลองเชิงพาณิชย์

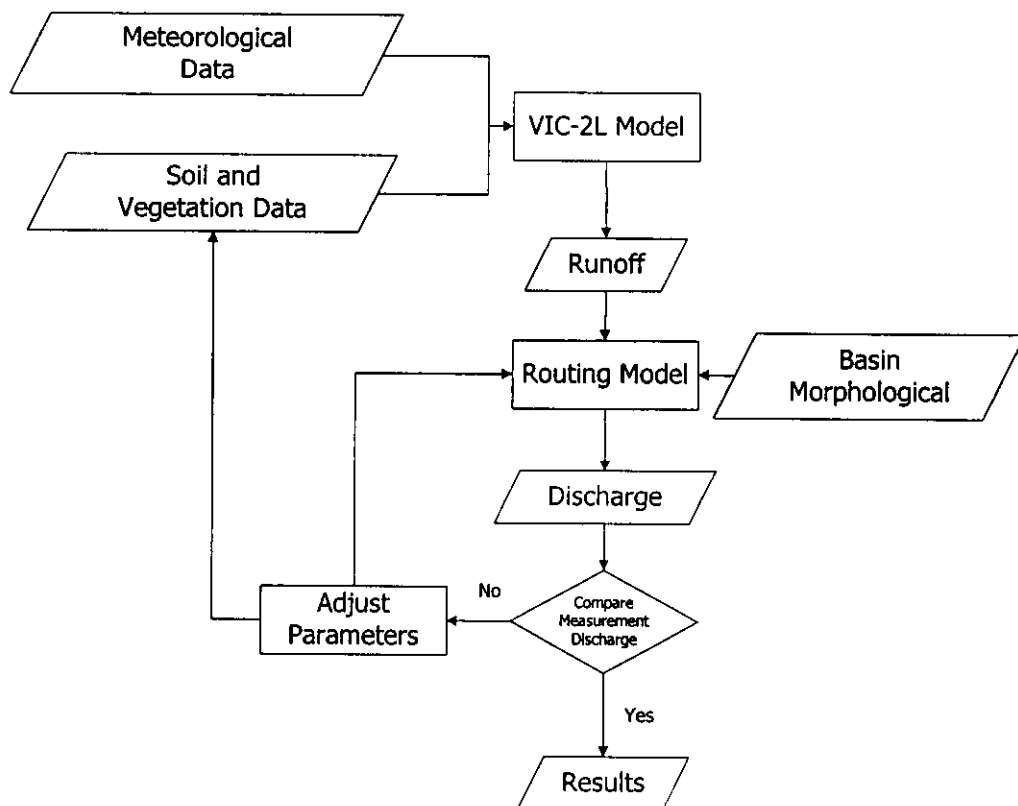
#### 5. แบบจำลอง Variable Infiltration Capacity – 2 Layers (VIC-2L) และ Routing

แบบจำลอง Variable Infiltration Capacity – 2 Layers (VIC-2L) เป็นแบบจำลองสำหรับหาปริมาณน้ำท่า ถูกออกแบบมาให้ใช้สำหรับพื้นที่ใหญ่ ๆ (Nijssen *et al.*, 1997) มีความซับซ้อนและยุ่งยากในการใช้งาน ต่อมา Southeast Asia the Global Change SysTem for Analysis, Research and Training Regional Centre (SEA START RC) ได้นำแบบจำลอง VIC-2L เข้ามา

ใช้ในประเทศไทย แต่ยังคงต้องการการพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อให้แบบจำลองนี้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น และสามารถนำไปใช้ได้กับพื้นที่ขนาดเล็ก เช่น ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

แบบจำลอง Routing ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Lohmann, Nolte-Holube and Raschke (1996) เพื่อรองรับแบบจำลองประเภท Numerical weather prediction (NWP) และ Atmospheric general circulation ซึ่งแบบจำลองทั้งสองจำพวกนี้ มีเป้าหมายเพื่อคำนวณการไหล (fluxes) ของพลังงานและน้ำในแนวตั้ง มากกว่าจะใช้เพื่อการทำนายการไหลในลำน้ำ (stream flow) แบบจำลอง VIC-2L ก็เป็นแบบจำลองในจำพวกนี้ การใช้แบบจำลอง Routing ร่วมกับแบบจำลอง VIC-2L จะทำให้สามารถหาอัตราการไหลในตำแหน่งที่ต้องการได้ (Lohmann *et al.* 1998)

การทำงานร่วมกันของแบบจำลอง VIC-2L และแบบจำลอง Routing มีขั้นตอนดังแสดงในภาพประกอบ 1-5



ภาพประกอบ 1-5 ขั้นตอนการทำงานร่วมกันของแบบจำลอง VIC-2L ร่วมกับแบบจำลอง Routing

## 5.1 หลักการทำงานของแบบจำลอง VIC-2L

แบบจำลอง Variable Infiltration Capacity – N Layers (VIC-NL) เป็นแบบจำลองที่ใช้ประสิทธิภาพการซึมน้ำของดินและการไหลของน้ำในดินชั้นล่าง (Baseflow) มาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ โดยแบ่งพื้นที่เป็น grid ใน แต่ละ grid จะแบ่งชั้นดินออกเป็น N ชั้น

ในงานวิจัยนี้แบ่งดินออกเป็น 2 ชั้น จึงเรียกว่า "VIC-2L" และใช้ grid 1 ตารางกิโลเมตร เพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูลฝนที่มีระยะห่างระหว่างสถานีที่มากกว่า 1 กิโลเมตร การแบ่งดินออกเป็น 2 ชั้น ก็เพื่อลดความซับซ้อนของข้อมูลดิบที่มีอยู่ และจากการศึกษาของผู้พัฒนาแบบจำลอง (กลุ่มวิจัยเรื่องน้ำ จาก University of Washington, ติดต่อส่วนตัว) พบว่าการใช้แบบจำลองนี้ แบ่งดินออกเป็น 2 ชั้น ก็เพียงพอ

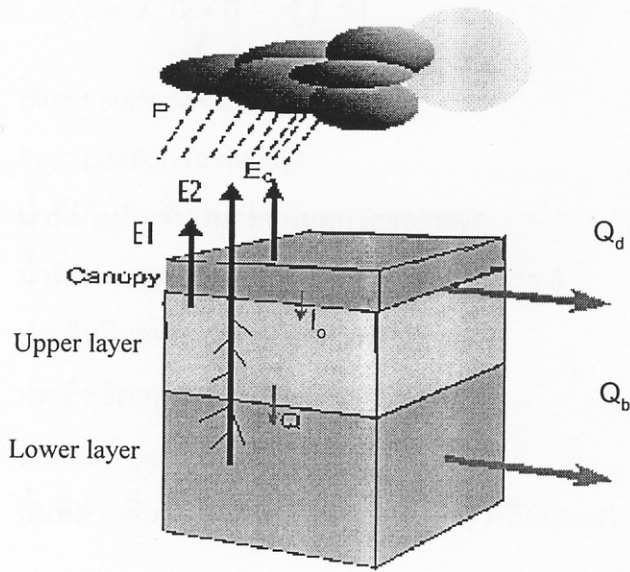
ดินสองชั้นนี้ คือ ดินชั้นบน และดินชั้นล่าง ซึ่งแบบจำลอง VIC-2L ได้ออกแบบให้มีหน้าที่ต่างกัน ดังนี้

- ดินชั้นบน (Upper layer) ออกแบบให้มีพฤติกรรมตอบสนองต่อฝน
- ดินชั้นล่าง (Lower layer) ออกแบบให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นของดิน โดยฝนจะมีผลต่อดินชั้นล่าง ก็ต่อเมื่อดินชั้นบนเปียกชุ่มเท่านั้น

สมบัติของดินจะมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพการซึมน้ำของดิน และการไหลของน้ำในดินชั้นล่าง นอกจากนี้แบบจำลองยังได้คำนึงถึงความชื้นของดินด้วย

สำหรับปัจจัยในส่วนของพืชและสิ่งปกคลุมดิน ได้จำแนกพืชออกเป็นกลุ่มชนิด (class) ต่าง ๆ แต่ละกลุ่มชนิดของพืชนั้นจะมีความยาวรากที่แทงลงไปในพื้นที่ดินได้ลึกต่างกัน ซึ่งแบบจำลองนี้ใช้ค่าความลึกของรากพืช และค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaves Area Index; LAI) เป็นปัจจัยในการคำนวณ ทั้งสองปัจจัยนี้จะส่งผลให้ค่าการคายระเหย (evapo-transpiration) ของแต่ละ grid แตกต่างกันไป ดังแสดงภาพประกอบ 1-6

ในดินชั้นบน ปริมาณน้ำท่า ( $Q_d$ ) จะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน ( $P$ ), ปริมาณน้ำในดิน ( $W$ ) และประสิทธิภาพการซึมน้ำของดิน ( $I_o$ ) ดังสมการ 1-3 และ 1-4 ลักษณะการทำงานของดินชั้นบนในแบบจำลอง VIC-2L แสดงในภาพประกอบ 1-7



ภาพประกอบ 1-6 การทำงานของแบบจำลอง VIC-2L ในแต่ละ grid

([http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/ModelDescription/VIC\\_Main\\_Fig.html](http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/ModelDescription/VIC_Main_Fig.html) Last modified: Wed Apr 26 16:51:04 PDT 2000 )

เมื่อ P = ฝน

$E_1$  = Evaporation

$E_2$  = Evapotranspiration

$E_c$  = Canopy Interception Evaporation

$I_o$  = Infiltration

Q = Percolation

$Q_d$  = Runoff

$Q_b$  = Baseflow

$$Q_d = P + W_o - W_o^{\max} \quad : I_o + P \geq I_m \quad (1-4)$$

$$Q_d = P + W_o - W_o^{\max} \left( 1 - \left( 1 - \frac{I_o + P}{I_m} \right)^{1+\beta} \right) \quad : I_o + P \leq I_m \quad (1-5)$$

โดยที่ 
$$I_o = I_m \left( 1 - (1 - A_s)^{1/\beta} \right) \quad (1-6)$$

- เมื่อ
- $Q_d$  = direct surface runoff (mm/day)
  - $P$  = Precipitation (mm/day)
  - $W_o$  = น้ำที่มีในดินชั้นบนก่อนฝนตก (mm/day)
  - $W_o^{\max}$  = น้ำที่สามารถอยู่ในดินชั้นบนได้สูงสุด (mm/day)
  - $I_m$  = ประสิทธิภาพการซึมสูงสุด (mm/day)
  - $I_o$  = ประสิทธิภาพการซึม (mm/day)
  - $\beta$  = a shape parameter
  - $A_s$  = พื้นที่ส่วนอิมิตัวใน grid หรือลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร)

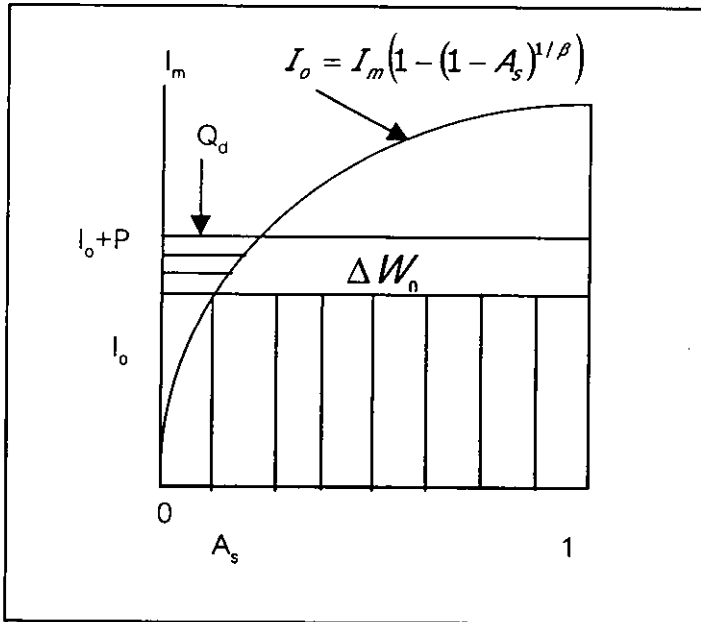
ส่วนดินชั้นล่าง Baseflow ( $Q_b$ ) คำนวณได้จากสมการ 1-7 และ 1-8 ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำที่มีอยู่จริงในดินชั้นล่าง ( $W_2$ ) ลักษณะการทำงานของดินชั้นล่าง แสดงในภาพประกอบ 1-8

$$Q_b = \frac{D_s \cdot D_m W_2}{W_s W_2^c} \quad : 0 \leq W_2 \leq W_s \cdot W_2^c \quad (1-7)$$

$$Q_b = \frac{D_s \cdot D_m W_2}{W_s W_2^c} + \left( D_m - \frac{D_s D_m}{W_s} \right) \left( \frac{W_2 - W_s W_2^c}{W_2^c - W_s W_2^c} \right)^2 \quad : W_2 > W_s \cdot W_2^c \quad (1-8)$$

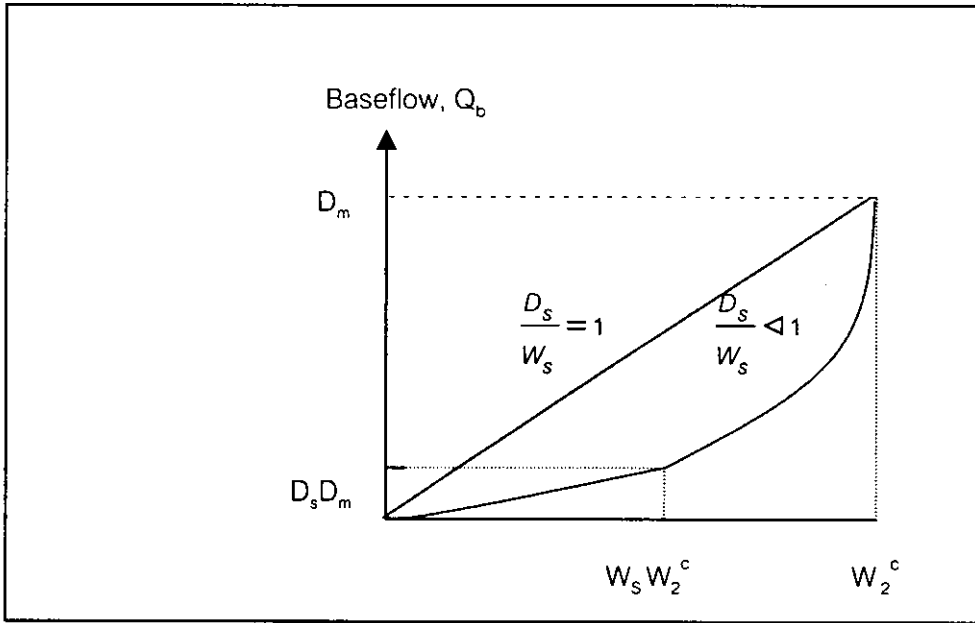
- เมื่อ
- $Q_b$  = Baseflow (mm/day)
  - $D_m$  = ความเร็วสูงสุดของ Baseflow (mm/day)
  - $D_s$  = สัดส่วนของ  $D_m$  เมื่อ Baseflow เริ่มไหลแบบไม่เป็นเส้นตรง
  - $W_2^c$  = ความชื้นสูงสุดในดินชั้นล่าง (mm/day)
  - $W_s$  = สัดส่วนของความชื้นสูงสุดเมื่อ Baseflow เริ่มไหลแบบไม่เป็นเส้นตรง
  - $W_2$  = ความชื้นในดินชั้นล่าง (mm/day)





ภาพประกอบ 1-7 การทำงานของดินชั้นบนในแบบจำลอง VIC-2L (Liang *et al.*, 1994)

- เมื่อ  $Q_d$  = Direct surface runoff (mm/day)  
 $P$  = Precipitation (mm/day)  
 $W_0$  = น้ำที่มีในดินชั้นบนก่อนฝนตก (mm/day)  
 $W_0^{\max}$  = น้ำที่สามารถอยู่ในดินชั้นบนได้สูงสุด (mm/day)  
 $I_m$  = ประสิทธิภาพการซึมสูงสุด (mm/day)  
 $I_o$  = ประสิทธิภาพการซึม (mm/day)  
 $\beta$  = a shape parameter  
 $A_s$  = พื้นที่ส่วนอิมิตัวใน grid หรือลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร)



ภาพประกอบ 1-8 การทำงานของแบบจำลอง VIC-2L ในดินชั้นล่าง (Liang *et al.*, 1994)

เมื่อ  $Q_b$  = Baseflow (mm/day)

$D_m$  = ความเร็วสูงสุดของ Baseflow (mm/day)

$D_s$  = สัดส่วนของ  $D_m$  เมื่อ Baseflow เริ่มไหลแบบไม่เป็นเส้นตรง

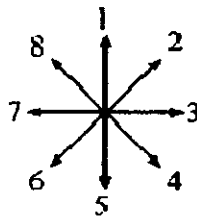
$W_2^c$  = ความชื้นสูงสุดในดินชั้นล่าง (mm/day)

$W_s$  = สัดส่วนของความชื้นสูงสุดเมื่อ Baseflow เริ่มไหลแบบไม่เป็นเส้นตรง

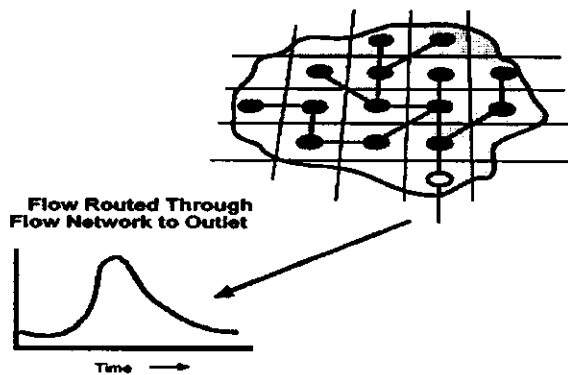
$W_2$  = ความชื้นในดินชั้นล่าง (mm/day)

## 5.2 หลักการทำงานของแบบจำลอง Routing

แบบจำลอง Routing จะทำการรวมน้ำท่าจากแต่ละ grid ที่ได้จากผล (output) ของแบบจำลอง VIC-2L โดยกำหนดให้น้ำสามารถออกจาก grid ได้ 1 ทิศทางจากทิศทางทั้งหมด 8 ทิศทาง (ภาพประกอบ 1-9) ความสูงของแต่ละ grid จะเป็นตัวกำหนดทิศทางของน้ำ โดยน้ำจะไหลไปยังรวมกันเป็นโครงข่ายแม่น้ำ (river network) ไปยัง grid ซึ่งอยู่ต่ำที่สุด ดังภาพประกอบ 1-10 ทั้ง 2 ส่วน คือ grid และ river routing อยู่บนพื้นฐานของ simple linear transfer function model (Lohmann, Nolte-Holube and Raschke, 1996) โดยมีสมมุติฐานว่า กระบวนการเคลื่อนย้าย (transport) เป็นแบบ linear และเวลาคงที่ (time invariant) (Duband, Obled and Rodriguez., 1993)



ภาพประกอบ 1-9 ทิศทางการไหลของน้ำในแต่ละ grid



ภาพประกอบ 1-10 โครงข่ายแม่น้ำ (River Network) ของลุ่มน้ำ

(<http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/>

ModelDescription/VIC\_Routing\_Fig.html Last modified: Apr 26, 2000)

โดยใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ตามสมการ Linearized Saint-Venant (สมการ 1-9) หากกราฟน้ำท่า (Hydrograph) ในแต่ละ grid แล้วนำมา convolution กับน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง VIC-2L ใน grid นั้นๆ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ คือ อัตราการไหลที่ grid ดังกล่าว

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = D \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} - C \frac{\partial Q}{\partial x} \quad (1-9)$$

โดยที่

- $x$  = ระยะทาง (m)
- $t$  = เวลา (วินาที)
- $Q$  = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)
- $C$  = ความเร็วของน้ำในแต่ละ Grid (เมตร/วินาที)
- $D$  = การแพร่ของน้ำในแต่ละ Grid (ตารางเมตร/วินาที)

สมการ 1-9 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการอินทิเกรต ได้ดังสมการ 1-10 (Lomann *et al*, 1996) ดังนี้

$$Q(x,t) = \int_0^t U(t-s)h(x,s)ds \quad (1-10)$$

เมื่อ

- $h(x,t)$  = Impulse response function
- $U(t-s)$  = Unit impulse
- $S$  = เวลา (วินาที)

โดย

$$h(x,t) = \frac{x}{2t\sqrt{\pi D}} \exp\left(-\frac{(Ct-x)^2}{4Dt}\right) \quad (1-11)$$

เมื่อใช้กรรมวิธีทางตัวเลขประมาณค่าสมการที่ 1-11 แล้วนำไปสร้างแบบจำลอง Routing จะได้ความสัมพันธ์ ดังสมการ 1-12 (Lomann *et al*, 1996)

$$FLOW(I) = FLOW(I) + UH\_S(N,J) * (R*RUNO(I-J+1) + B*BASE(I-J+1)) * 0.028 \quad (1-12)$$

- เมื่อ
- FLOW(I) = Discharge ที่ Grid (I)
- UH\_S(N,J) = ุกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยของ Grid (N,J)
- RUNO(I-J+1) = Runoff
- BASE(I-J+1) = Baseflow
- R คือ สัดส่วนของ Runoff ในแต่ละ Grid ที่สามารถไหลได้ นอกจากส่วนที่ถูกจำกัดโดยปัจจัยอื่นๆ เช่น ฝาย อ่างเก็บน้ำ และการนำไปใช้
- B คือ สัดส่วนของ Baseflow ในแต่ละ Grid ที่สามารถไหลได้ นอกจากส่วนที่ถูก จำกัดโดยปัจจัยอื่นๆ เช่น ฝาย อ่างเก็บน้ำ และการนำไปใช้
- 0.028 คือ ตัวคูณเพื่อใช้เปลี่ยนหน่วยจาก ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาทีเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

## 6. แบบจำลอง VIC-2L กับการประยุกต์ใช้

แบบจำลอง VIC-2L ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ต่าง ๆ เช่น การใช้แบบจำลองในการทำนายปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำขนาดใหญ่ เช่น อะเมซอน ดานูบ แมโขง เหลือง แงงซีเกียง หลังการ calibrate พบว่ามี bias 12 เปอร์เซ็นต์ (Nijssen *et al.*, 2000) Matheussen *et al.* (2000) ทำนายผลกระทบของปริมาณน้ำท่าต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำโคลัมเบีย เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำที่ดินของปี ค.ศ. 1900 กับ ค.ศ. 1990 พบว่าพื้นที่มีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า โดยทำให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น 4.2 ถึง 10.7 เปอร์เซ็นต์ และ Nijssen *et al.* (1997) ใช้แบบจำลอง VIC-2L หาปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำขนาดใหญ่ คือ แม่น้ำ Columbia กับ แม่น้ำ Delaware ปรากฏว่าได้ผลดี

## 7. วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาฝั่งตะวันตก
- 2) เพื่อพัฒนาระบบประมวลผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

## 8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถทำนายปริมาณน้ำท่าได้แม่นยำขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปจัดการลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาซึ่งรวมถึงส่วนทะเลสาบสงขลา
- 2) สามารถนำระบบการประมวลผลข้อมูลและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำอื่น ๆ