บทที่ 4

แบบจำลองคณิตศาสตร์

4.1 การจำลองแบบปัญหา

การจำลองแบบปัญหา เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งนิยมนำมาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ มาตั้งแต่โบราณกาลแล้ว แต่ที่ได้รับความสนใจและตื่นตัวในการนำมาใช้แก้ไขปัญหาในสาขาต่าง ๆ อย่างแพร่หลายในปัจจุบันนั้น เป็นผลสืบเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ มีผู้ให้คำจำกัดความของการจำลองแบบปัญหาและวิธีการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ไว้หลายประการ

Shannon (29) ได้กล่าวไว้ว่า การจำลองแบบปัญหา คือ กระบวนการออกแบบแบบจำลอง ของระบบงานจริง แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กุศโลบายต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

Welty Claire (35) การจำลองแบบปัญหา คือ กระบวนการที่พยายามทำการแทนปรากฏการณ์ หรือ พฤติกรรมของระบบงานจริง โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อเรียนรู้ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ระบบงานนั้นได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมหรือ ตัวแปรต่าง ๆ จากภายนอกทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยการนำแบบจำลองนั้นไปประยุกต์ใช้และประเมินผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

Naylor et al (24) การจำลองแบบปัญหา คือ การทดสอบปัญหาโดยประยุกต์วิธีเชิงตัวเลขเข้ากับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์เพื่อที่จะอธิบายพฤติกรรมและโครงสร้างทั้งภายนอกและภายในของระบบที่ซับซ้อน สำหรับช่วงเวลาต่าง ๆ ในแนวทางต่าง ๆ เท่าที่จะเป็นไปได้

Chorafas (13) การจำลองแบบปัญหา คือ การเทียบเคียงการทำงานอย่างง่าย โดยที่การเทียบเคียงจะพิจารณาความคล้ายคลึงของคุณสมบัติของวัตถุ โดยไม่จำเป็นต้องมีความเหมือนกันอย่างสิ้นเชิงก็ได้

จากคำจำกัดความดังกล่าว พอจะสรุปได้ว่า กระบวนการในการจำลองแบบปัญหานั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน อย่างชัดเจนคือ การสร้างแบบจำลองขึ้นมาส่วนหนึ่งและการนำเอาแบบจำลองนั้นไปประยุกต์ใช้งานเชิงวิเคราะห์อีกส่วนหนึ่ง ส่วนกลไกของวิธีการจำลองแบบปัญหานั้นขึ้นอยู่กับแบบจำลองและการใช้แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหานั้นอาจจะเป็นแบบจำลองทางกายภาพโดยการย่อส่วนขนาดลงเป็นระบบหรือเป็นเพียงแนวความคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่งโดยไม่จำเป็นต้องเหมือนระบบจริง แต่ต้องสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบจริง Naylor (25) เสนอแนะว่า การนำเอาแบบจำลองไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหานั้นสามารถดำเนินการได้ในกรณีต่อไปนี้ คือ

1) การจำลองแบบปัญหาอาจจะนำไปใช้เพื่อศึกษาและทดลองกับระบบงานที่มีผลกระทบต่อสิ่งภายในระบบที่ซับซ้อนหรือในระบบใหญ่ และแม้แต่ในระบบย่อย ๆ ลงไป
2) ใช้การจำลองปัญหาเพื่อศึกษาผลกระทบต่อระบบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายนอก กฎเกณฑ์ในการจัดองค์กรต่อการดำเนินการของระบบ โดยการดัดแปลงรายละเอียด ภายในแบบจำลองของระบบ และสังเกตุผลของการดัดแปลงต่อพฤติกรรมของระบบ
3) ใช้สำหรับการสังเกตุในรายละเอียดของระบบที่ทำการจำลองอยู่นั้น ที่อาจจะทำให้เข้าใจระบบที่มีอยู่เดิมดียิ่งขึ้น และอาจจะทำให้ได้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้พัฒนาระบบเดิมให้ดียิ่งขึ้น
4) สามารถนำการจำลองแบบปัญหามาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทฤษฎีการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มาใช้ในการตัดสินปัญหา
5) การจำลองแบบปัญหาใด ๆ ขึ้นมาก่อน สามารถทำให้ทราบถึงรายละเอียดของผลลัพธ์ล่วงหน้า ก่อนที่จะนำไปดำเนินการปฏิบัติจริง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) การจำลองแบบปัญหาในระบบที่ซับซ้อนเพื่อทำให้สามารถทราบว่า ตัวแปรใดเป็นตัวแปรเด่น ที่มีผลกระทบต่อระบบมากกว่าตัวแปรอื่น ๆ

7) การใช้การจำลองแบบปัญหากับระบบใหม่ ที่มีข้อมูลที่เคยเก็บบันทึกไว้น้อยหรือไม่มีเลย เพื่อใช้คาดคะเนผลที่อาจจะเกิดขึ้นได้

8) การจำลองแบบปัญหาใช้ได้ดีกับระบบงานที่เป็นลักษณะพลศาสตร์ โดยอาจจะกำหนดเงื่อนไขเวลาที่ใช้ในการจำลอง น้อยกว่า เท่ากับ หรือมากกว่า เวลาที่ใช้จริงในการดำเนินการระบบก็ได้

9) เหตุการณ์บางอย่างหากเกิดขึ้นจะก่อความเสียหายอย่างรุนแรง การจำลองปัญหาสามารถเลียนแบบปรากฏการณ์ของเหตุการณ์เหล่านั้นเพื่อหามาตรการป้องกัน หรือเตือนภัยล่วงหน้า

แบบจำลองสามารถจำแนกออกได้เป็นหลายลักษณะ โดยใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกันออกไป ถ้าพิจารณาจากรูปร่างลักษณะของแบบจำลองเอง อาจจะจำแนกออกเป็น แบบจำลองทางกายภาพคือ แบบจำลองที่เลียนแบบระบบงานจริงโดยการย่อหรือขยายมิติของระบบงานจริงโดยใช้มาตราส่วนขนาดหนึ่งที่เหมาะสม เช่น รางน้ำ (flume) ที่ใช้เพื่อศึกษาพฤติกรรมด้านชลศาสตร์ของช่องทางน้ำเปิดในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ แบบจำลองอนาลอจ์คือ แบบจำลองที่สร้างขึ้นเป็นแผงวงจรไฟฟ้าเพื่อแทนระบบงานจริง เช่น นำตัวความต้านทานและตัวเก็บประจุไฟฟ้ามาประกอบกันเป็นแผงวงจร เพื่อใช้แทนความเสียดทานของท่อส่งน้ำและถังเก็บน้ำของระบบประปา เป็นต้น

4.2 <u>การพัฒนาแบบจำลอง</u>

การพัฒนาแบบจำลองเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ไม่มีรูปแบบที่เป็นลักษณะทั่วไป หลักเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองก็ดีหรือการประยุกต์แบบจำลองกับปัญหาก็ดีเป็นเพียงข้อเสนอแนะหรือแนวทางที่มีเป้าหมายเพื่อให้ได้ข้อมูลคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ถูกต้อง ข้อมูลหรือผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่ได้จากการจำลองแบบปัญหาจะมีความถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงเพียงใด ขึ้นอยู่กับความรู้ความเข้าใจและความสามารถของผู้จำลองแบบปัญหาหรือผู้วิเคราะห์เอง อาจกล่าวได้ว่า การจำลองแบบปัญหาเป็นทั้ง " ศาสตร์ " และ

" ศิลป " วิธีการในการจำลองปัญหาเป็นการประสมประสานกันระหว่าง " ความรอบรู้ " และ " การเรียนรู้ " อันเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของผู้นำไปใช้งาน แต่อย่างไรก็ตามหลักเกณฑ์ทั่ว ๆ ไปในการจำลองแบบปัญหานั้นส่วนใหญ่ได้มาจากหลักเกณฑ์ทางการวิเคราะห์ระบบ

ในการพัฒนาแบบจำลองนั้นต้องแจกแจงอธิบายปัญหาที่ต้องการศึกษาก่อน เพื่อจะสามารถชี้ชัดลงไปได้ว่า จุดประสงค์ของการจำลองแบบปัญหานั้นคืออะไร หลังจากนั้นจึงทำการสร้างแบบจำลองขึ้น โดยทั่วไปแบบจำลองจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งก็คือชุดของสมการที่ใช้อธิบายระบบงานจริงกับอีกส่วนหนึ่งคือชุดของขั้นตอนปฏิบัติงานเป็นลำดับ (algorithm) หรือ กระบวนการในการหาผลลัพธ์ของชุดสมการนั่นเอง แต่ในการสร้างแบบจำลองนั้น ต้องผ่านกระบวนการในการให้คำจำกัดความของระบบงานและจะต้องจำกัดขอบเขตของระบบงานที่จะศึกษา รวมถึงขอบข่ายวัตถุประสงค์และวิธีการวัดประสิทธิภาพของระบบงานด้วย ซึ่งจะต้องมีการจัดเตรียมข้อมูลที่จำเป็นในการศึกษาระบบงานหรือทดสอบแบบจำลองเพื่อให้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมานั้นสามารถใช้เลียนแบบระบบงานจริงได้ใกล้เคียงมากที่สุด จากนั้นจึงทำการออกแบบแบบจำลองโดยอาจจะทำการลดหรือแปลงจากระบบงานจริงไปเป็นรูปแบบปัญหาในลักษณะ " ผังงานเชิงตรรกวิทยา " ซึ่งภายหลังสามารถพัฒนาต่อไปเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้

แต่ก่อนที่จะนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผ่านขั้นตอนอีกสองประการ ขั้นตอนแรกคือ การปรับเทียบแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองปัญหากับข้อมูลที่วัดจริง เหตุผลที่ต้องทำการปรับเทียบแบบจำลองก็เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์บางตัวที่ใช้ในการคำนวณ ในการปรับค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะต้องปรับจนกระทั่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณใกล้เคียงกับข้อมูลที่วัดจริงมากที่สุด อาจจะกล่าวได้ว่า การปรับเทียบแบบจำลองนั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่ง เพราะว่าการนำแบบจำลองที่ใช้ได้ดีกับปัญหาของระบบหนึ่งไปประยุกต์ใช้กับปัญหาของอีกระบบหนึ่งอาจจะให้ผลลัพธ์ที่ไม่น่าพอใจ ถ้าหากการปรับค่าพารามิเตอร์ไม่ถูกต้อง ส่วนอีกขั้นตอนหนึ่งซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายคือ การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองซึ่งจะเป็นการทดสอบแบบจำลองโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากขั้นตอนปรับเทียบโดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณกับข้อมูลที่วัดจริงอีกชุดหนึ่ง ซึ่งถ้าหากแบบจำลองมีความถูกต้องผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณควรมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง ส่วน

ระดับของความถูกต้องนั้น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการจำลองปัญหาในแต่ละกรณี สำหรับขั้นตอนทั่วไปในการพัฒนาแบบจำลองแสดงในรูป 4-1

อย่างไรก็ตาม พึงตระหนักไว้ว่า ในสองขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนที่ต้องการความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบอย่างยิ่ง ซึ่งบางครั้งการขาดแคลนข้อมูลที่มีคุณภาพนั้นจะเป็นปัญหาที่มักเกิดขึ้นเสมอในทางปฏิบัติ และอีกประการก็คือ จะต้องแน่ใจว่าข้อมูลที่นำมาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองกับการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองจะต้องไม่เป็นข้อมูลชุดเดียวกัน

รูป 4-1 ขั้นตอนทั่วไปในการพัฒนาแบบจำลอง

4.3 การจำลองแบบปัญหาของการไหลในลำน้ำธรรมชาติ

ในปัจจุบันเมื่อกล่าวถึงลำน้ำธรรมชาติ ไม่ได้หมายความถึงลำน้ำที่คงสภาพตามธรรมชาติอย่างสมบูรณ์ ด้วยเหตุผลที่ว่าลักษณะทางกายภาพของลำน้ำธรรมชาติจะถูกเปลี่ยนแปลงโดยการกระทำของมนุษย์ เช่น ก่อสร้างแนวคันกั้นน้ำในบางช่วงลำน้ำ ปรับปรุงขยายลำน้ำ สร้างทางผันน้ำท่วม สร้างอาคารชลประทานปิดกั้นลำน้ำ อย่างไรก็ตามแม้ว่าสภาพทางกายภาพจะถูกกระทบกระเทือน แต่ปรากฏการณ์เกี่ยวกับสภาพของการไหลในลำน้ำจะมีอยู่ 2 ช่วงระยะเวลาที่เกิดขึ้นเสมอเป็นประจำตามธรรมชาติ คือ สภาพการไหลของน้ำในช่วงฤดูแล้งซึ่งมักเกือบไม่มีน้ำไหลเป็นเวลานานหลายเดือน อีกช่วงหนึ่งเป็นช่วงที่เกิดน้ำหลากฉับพลัน เกิดเป็นเวลาช่วงสั้น ๆ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทั้งสองประการนี้จะมีผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจต่อพื้นที่เกษตรกรรม หรือชุมชนที่ตั้งอยู่ริมสองฝั่งลำน้ำ ดังนั้น ในการพิจารณาปัญหาของลำน้ำธรรมชาติจึงมีเป้าหมายหลักเพื่อ การป้องกันชีวิตทรัพย์สิน การพัฒนาเศรษฐกิจ และการพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ในการจำลองปัญหาในด้านชลศาสตร์ของลำน้ำจะมีวัตถุประสงค์โดยทั่วไปดังต่อไปนี้

1) เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางด้านชลศาสตร์ เป็นการศึกษาถึงสภาพการไหลของน้ำภายในลุ่มน้ำหรือระบบของลำน้ำ ซึ่งอาจจะเป็นลำน้ำสายหลัก หรือรวมถึงลำน้ำสาขาย่อย ๆ ด้วย การศึกษาปรากฏการณ์ทางชลศาสตร์มักจะหมายถึง การศึกษาในด้านปริมาณ เช่น อัตราการไหล ระดับน้ำ ระยะเวลาท่วมขัง ฯลฯ และการศึกษาในด้านคุณภาพ เช่น การแพร่กระจายของน้ำเค็มเข้ามาในลำน้ำ การเคลื่อนตัวของตะกอนในลำน้ำ ฯลฯ
2) เพื่อศึกษาและออกแบบโครงการ ในการศึกษาและออกแบบโครงการนั้น นอกจากจะทำความเข้าใจถึงสภาพชลศาสตร์ในปัจจุบันแล้ว ยังต้องเข้าใจถึงผลกระทบต่อสภาพการไหลภายหลังมีโครงการรูปแบบต่าง ๆ แล้วด้วย สำหรับการศึกษาข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบนั้นจะต้องพิจารณาในระยะยาวโดยใช้เทคนิคทางสถิติ คาดคะเนความน่าจะเป็น และการเปรียบเทียบในระหว่างหลาย ๆ รูปแบบหรือแนวทางเลือกของโครงการ
3) เพื่อทำนายเหตุการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่ค่อยเกิดขึ้นบ่อยครั้ง โดยทั่วไปข้อมูลที่

จดบันทึกและเก็บรวบรวมเอาไว้ของปรากฏการณ์ธรรมชาติเหล่านี้มีจำนวนน้อย หรือบางกรณีไม่มีการจดบันทึกเอาไว้เลย ในการพิจารณาข้อมูลที่จะนำมาใช้จำลองปัญหาเพื่อวัตถุประสงค์นี้ อาจจะนำเทคนิคสำหรับการทำนายเพื่อสร้างข้อมูลมาใช้ เช่น การวิเคราะห์ความน่าจะเป็น วิธี stochastic วิธีทางสถิติ ฯลฯ ในการทำนายการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ธรรมชาตินี้ ก็เพื่อจะได้ทำการเตรียมการณ์ เพื่อกำหนดมาตรการแก้ปัญหาเอาไว้ล่วงหน้าเป็นเวลานานพอสมควรในการอพยพและเคลื่อนย้ายทรัพย์สิน หรือปรับสภาพบริเวณพื้นที่เพื่อเตรียมรับน้ำท่วมได้ทันเวลาและเหมาะสมกับสภาพการณ์ ในกรณีที่มีข้อมูลในอดีตของพื้นที่ที่ทำการศึกษาอยู่ ก่อนที่จะนำเอาแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ทำนายเหตุการณ์ในอนาคตจะต้องมีการตรวจสอบแบบจำลองจากข้อมูลในอดีตก่อน แต่พึงตระหนักว่าสมการที่ใช้ในแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมา และข้อมูลที่ใช้ต้องมีคุณภาพดีเพียงพอที่จะสามารถแทนปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างสมเหตุสมผลด้วย

4.4 แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับแม่น้ำบางนรา

แบบจำลองคณิตศาสตร์คือแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยการนำเอาสมการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องหรือ สามารถใช้เป็นตัวแทนของเหตุการณ์ในระบบมาจัดเป็นกลุ่มเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระเบียบมีกฎเกณฑ์แน่นอนเพื่อใช้ศึกษาพฤติกรรมของระบบ โดยทั่วไปจะพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับในการศึกษาปัญหาการไหลในทางน้ำเปิดได้มีการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์อย่างกว้างขวาง เช่น แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาการเคลื่อนตัวของตะกอนในลำน้ำหรือทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำท่วม การวิเคราะห์การดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำ การศึกษาการแพร่กระจายของน้ำเค็ม ฯลฯ การพิจารณาเลือกใช้แบบจำลองแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับระบบงานที่ศึกษาและชนิดของผลลัพธ์ที่ต้องการจากการจำลองปัญหานั้น ๆ

ในการพัฒนาแบบจำลอง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ศึกษาพฤติกรรมของการไหลของน้ำในแม่น้ำบางนรานั้นได้เลือกใช้ "แบบจำลองคณิตศาสตร์" โดยพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ VAX ของ กองกรรมวิธีข้อมูล กรมชลประทาน แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมานี้ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

ส่วนประกอบที่ 1 ได้แก่ ส่วนที่แทนลักษณะทางกายภาพของลำน้ำ โดยการสร้างรูปแทนลำน้ำ (river configuration)ของแม่น้ำบางนราขึ้น ในการแบ่งขนาดของช่วงระยะทางระหว่างบัพ(Δx) นั้น กำหนดให้แบ่งออกเป็นช่วงเท่า ๆ กัน มีความยาวช่วงละ 1 กิโลเมตร โดยที่บัพของอัตราการไหล (Q) และบัพของระดับน้ำ (h) มีตำแหน่งสลับกัน บัพที่ขอบเขตภายนอกกำหนดเป็นบัพระดับน้ำ มีตำแหน่งอยู่ที่ ปากแม่น้ำบางนราที่ อ.ตากใบ ปากแม่น้ำบางนราที่อ.เมือง ปากคลองระบายน้ำน้ำแบ่ง และปากคลองระบายที่เสนอใหม่

ส่วนประกอบที่ 2 ได้แก่ ส่วนที่ใช้คำนวณผลลัพธ์ ซึ่งได้แก่ อัตราการไหล ระดับน้ำ และระยะเวลาท่วมขังของน้ำบนพื้นที่สองฝั่งตลอดแนวลำน้ำ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งกำหนดไว้ตามที่แสดงในแผนภาพของแม่น้ำบางนราดังรูป 4-2

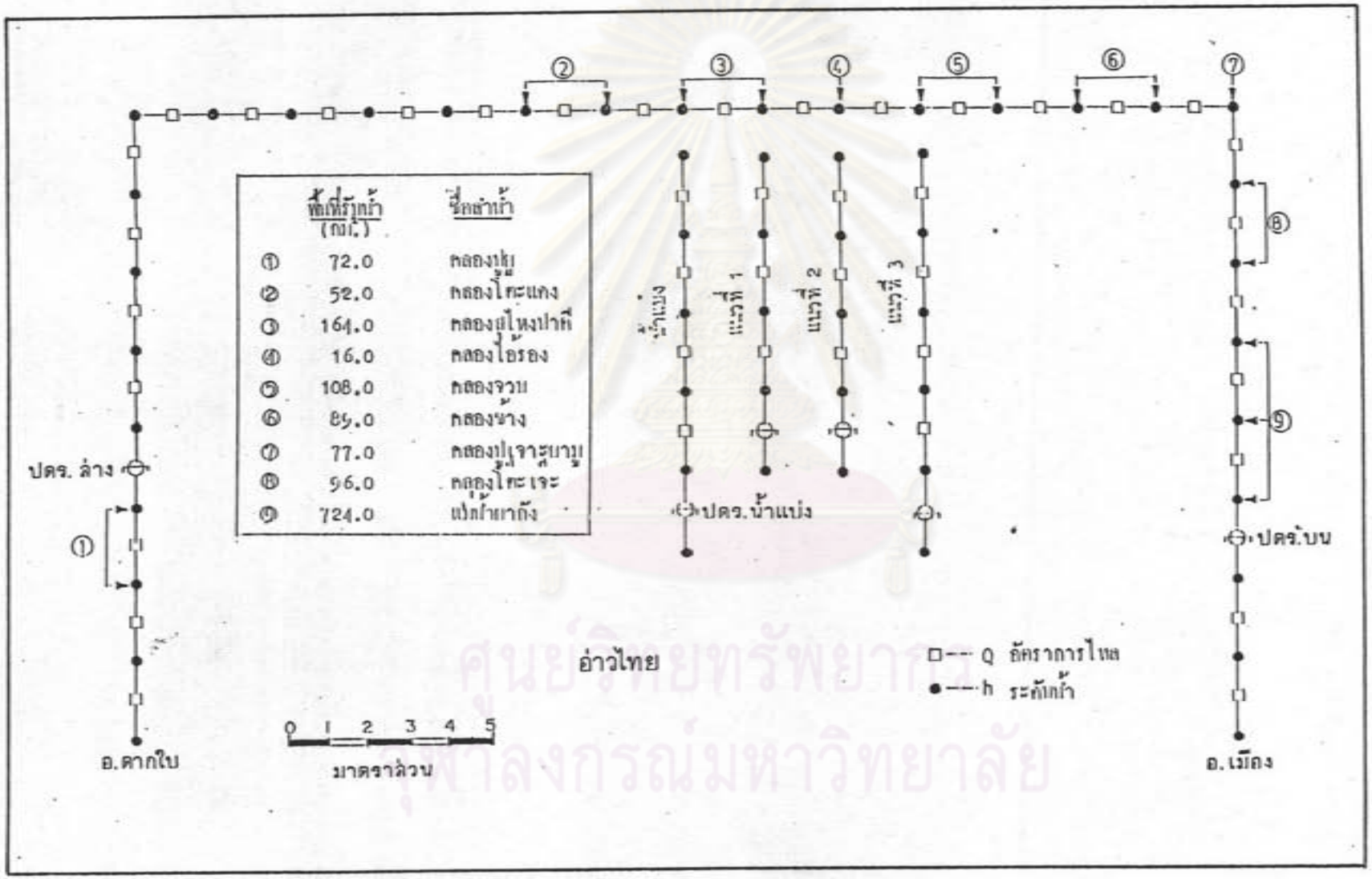
ส่วนประกอบที่ 3 ได้แก่ ส่วนที่ใช้คำนวณผลประโยชน์โดยตรง ซึ่งในที่นี้ก็คือผลิตผลทางการเกษตรที่เก็บเกี่ยวได้ หลังจากที่สภาวะอุทกภัยได้ผ่านพ้นไปแล้ว

4.5 ข้อมูลที่ใช้เพื่อจำลองปัญหา

4.5.1 ข้อมูลทางกายภาพของลำน้ำ

ข้อมูลทางกายภาพของแม่น้ำบางนรา ประกอบด้วย ระดับท้องน้ำ ระดับตลิ่ง ความลาดเทของท้องลำน้ำ ขนาดพื้นที่น้ำท่วมสองฝั่งลำน้ำที่ระดับต่าง ๆ มิติของรูปหน้าตัดลำน้ำ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้มาโดยทำการวัดและคำนวณจากแผนที่สำรวจรูปตัดตามยาวลำน้ำ(มาตราส่วนแนวตั้ง 1:100 แนวนอน 1:4000) และแผนที่สำรวจภูมิประเทศ(มาตราส่วน 1:10,000) สำรวจโดย กองสำรวจภูมิประเทศ กรมชลประทาน ประกอบกับแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (มาตราส่วน 1:40,000) และแผนที่สำรวจภูมิประเทศ(มาตราส่วน 1:50,000) สำรวจโดย กรมแผนที่ทหาร

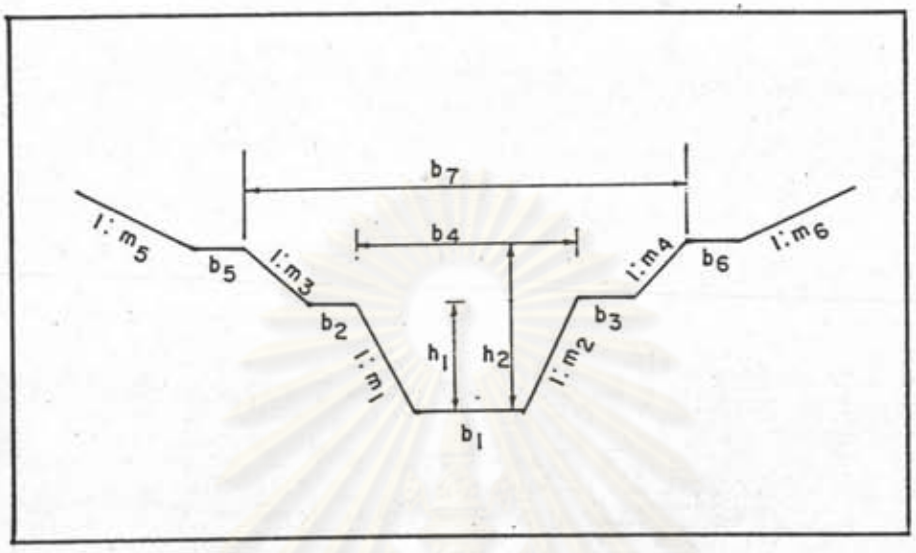
สำหรับมิติรูปหน้าตัดตามแนวขวางของลำน้ำที่ใช้ในแบบจำลองนั้น ได้มาจากการปรับรูปร่างทางกายภาพของรูปตัดลำน้ำที่วัดจากแผนที่ให้เข้ากันได้กับรูปหน้าตัดเรขาคณิตที่กำหนดขึ้นเป็นรูปทั่วไปไว้ ดังรูป 4-3 มิติของรูปหน้าตัดตามขวางของแม่น้ำบางนราและของคลองระบายน้ำน้ำแบ่ง แสดงไว้ใน ตาราง 4-1 และ ตาราง 4-2 สำหรับลักษณะรูปหน้าตัดเรขาคณิต



รูป 4-2 แผนภาพของแม่น้ำบางนรา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และรูปตัดตามยาวของแม่น้ำบางนรา แสดงในรูป 4-4 และรูป 4-5 ตามลำดับ



รูป 4-3 รูปตัดทรงเรขาคณิตที่ใช้ในการปรับรูปหน้าตัดตามขวางของแม่น้ำบางนรา

4.5.2 ปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้าง

เนื่องจาก ข้อมูลของฝน และน้ำท่ารายชั่วโมง ของลำน้ำสาขาต่าง ๆ ที่ไหลมาบรรจบตลอดแนวของแม่น้ำบางนราไม่เคยมีการเก็บบันทึกเอาไว้ ในการศึกษาของ JICA จึงได้นำเอาวิธีการวิเคราะห์มาใช้เพื่อคำนวณหาข้อมูลน้ำท่ารายชั่วโมงที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการจำลองปัญหาโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีสังเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ซึ่งเสนอโดย Nagayasu การสังเคราะห์น้ำท่าด้วยวิธีดังกล่าวนี้เหมาะสมกับบริเวณพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาติดต่อกับพื้นที่ราบที่มีระดับค่อนข้างต่ำ ซึ่งการวิเคราะห์ในลักษณะนี้เป็นการพิจารณาลำน้ำสาขาเป็นแบบ " ลำน้ำสาขาอิสระ " ดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.8 สำหรับรายละเอียดของการสังเคราะห์น้ำท่านี้ได้แสดงไว้ใน ภาคผนวก ข.

ในการพิจารณาข้อมูลของฝนที่จะนำมาใช้เพื่อคำนวณปริมาณน้ำท่าจากกราฟสังเคราะห์หนึ่งหน่วยน้ำท่านั้น เนื่องด้วยบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมทั้งสองด้าน คือด้านมหาสมุทรแปซิฟิคและด้านมหาสมุทรอินเดีย จากสถิติของข้อมูลน้ำฝนที่สถานี อ.เมือง จ.นราธิวาส ที่เคยจดบันทึกเอาไว้ ได้แสดงให้เห็นว่าลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งพัดมา

ตาราง 4-1 มิติต่าง ๆ ของแม่น้ำบางนรา

กม.ที่	b_1 (ม.)	b_2 (ม.)	b_3 (ม.)	b_4 (ม.)	b_5 (ม.)	b_6 (ม.)	b_7 (ม.)	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	h_1 (ม.)	h_2 (ม.)
อ.ตากใบ	27.5	0.0	0.0	202.2	0.0	0.0	1102.0	17.52	7.96	200.0	1600.0	115.0	1.5	6.85	7.35
2	20.0	0.0	0.0	160.0	0.0	0.0	360.0	4.33	13.00	0.0	400.0	30.0	450.0	8.08	8.58
4	62.5	0.0	0.0	160.0	0.0	0.0	320.0	2.59	7.51	0.0	320.0	330.0	2000.0	9.66	10.16
6	57.5	0.0	0.0	130.0	0.0	0.0	830.0	3.72	4.58	66.7	1333.3	66.7	1333.3	8.73	9.23
8	30.0	0.0	0.0	63.0	0.0	0.0	66.0	3.00	3.00	3.0	3.0	500.0	2000.0	5.50	6.00
10	7.5	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	610.0	4.35	8.71	566.7	533.3	566.7	533.3	4.02	4.52
12	2.5	0.0	0.0	45.0	0.0	0.0	578.4	7.33	6.51	666.7	400.0	666.7	400.0	3.07	3.57
14	2.5	0.0	0.0	35.0	0.0	0.0	235.0	3.79	4.42	400.0	0.0	1450.5	1300.0	3.96	4.46
16	10.0	0.0	0.0	40.0	0.0	0.0	240.0	1.86	3.71	400.0	0.0	1000.0	100.0	5.39	5.89
18	3.5	0.0	0.0	40.0	0.0	0.0	240.0	5.50	3.84	200.0	200.0	100.0	2900.0	3.91	4.41
20	1.5	0.0	0.0	48.0	0.0	0.0	398.0	4.68	6.21	700.0	0.0	550.0	420.0	4.27	4.77
22	2.5	0.0	0.0	41.0	0.0	0.0	241.0	3.91	4.69	0.0	400.0	2300.0	930.0	4.48	4.98
24	0.1	0.0	0.0	49.0	0.0	0.0	449.0	2.72	3.95	400.0	400.0	1200.0	100.0	7.35	7.85
26	1.0	0.0	0.0	52.0	0.0	0.0	252.0	3.20	4.96	400.0	0.0	500.0	2000.0	6.25	6.75
28	2.0	0.0	0.0	47.0	800.0	3000.0	447.0	4.38	4.19	400.0	400.0	800.0	2000.0	5.25	5.75

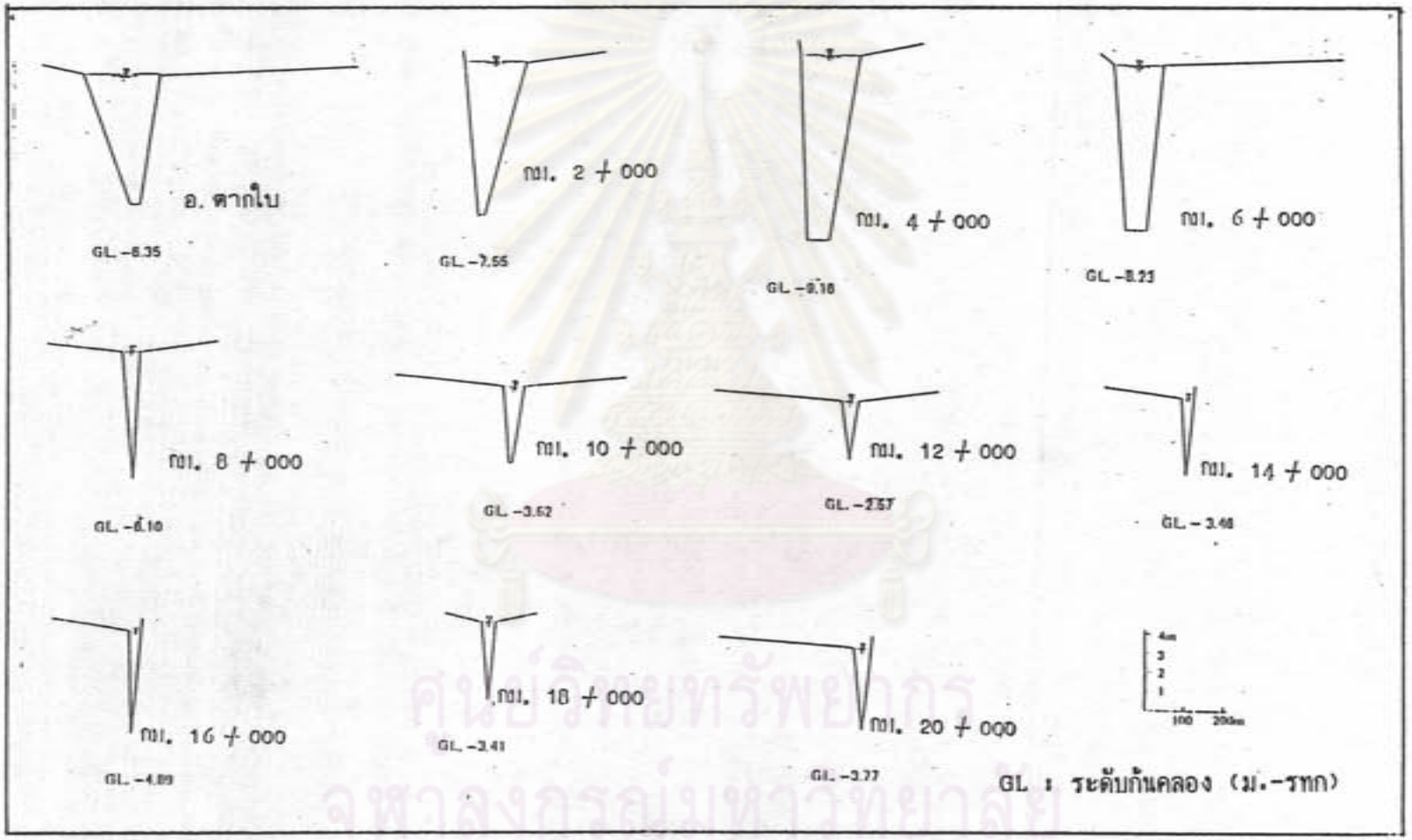
ตาราง 4-1(ต่อ)

กม.ที่	b_1 (ม.)	b_2 (ม.)	b_3 (ม.)	b_4 (ม.)	b_5 (ม.)	b_6 (ม.)	b_7 (ม.)	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	h_1 (ม.)	h_2 (ม.)
30	1.5	0.0	0.0	46.0	1000.0	0.0	446.0	3.53	3.45	400.0	400.0	1450.0	1.0	6.38	6.88
32	2.5	0.0	0.0	52.2	400.0	0.0	452.0	2.41	5.55	400.0	400.0	350.0	1.0	6.22	6.72
34	7.5	0.0	0.0	68.0	2000.0	0.0	468.0	6.35	3.25	400.0	400.0	350.0	1.0	6.30	6.80
36	10.0	0.0	0.0	61.0	2000.0	0.0	461.0	2.78	4.31	400.0	400.0	2000.0	1.0	7.20	7.70
38	8.0	0.0	0.0	97.0	2000.0	2000.0	497.0	4.54	13.47	400.0	400.0	2000.0	2500.0	4.63	5.13
40	15.0	0.0	0.0	82.0	2000.0	300.0	482.0	4.77	8.02	400.0	400.0	3200.0	1780.0	5.24	5.74
42	22.0	0.0	0.0	98.0	2000.0	0.0	498.0	11.91	6.95	400.0	400.0	2000.0	550.0	4.03	4.53
44	40.5	0.0	0.0	117.0	2000.0	0.0	517.0	5.58	14.59	400.0	400.0	2000.0	630.0	3.85	4.35
46	12.5	0.0	0.0	165.0	1000.0	1000.0	565.0	3.54	39.66	400.0	400.0	850.0	1350.0	3.53	4.03
48	120.0	0.0	0.0	405.0	1000.0	0.0	305.0	29.76	67.18	400.0	400.0	450.0	500.0	2.94	3.44
50	90.0	0.0	0.0	310.0	2000.0	0.0	710.0	9.01	43.87	400.0	400.0	400.0	2000.0	4.16	4.66
52	40.0	0.0	0.0	144.0	200.0	0.0	374.0	5.75	7.54	60.0	400.0	170.0	350.0	7.83	8.33
54	150.0	0.0	0.0	177.0	600.0	0.0	180.0	3.00	3.00	3.0	3.0	600.0	3.0	4.84	5.34
56	5.0	0.0	0.0	260.0	0.0	400.0	460.0	1.04	51.98	0.0	400.0	100.0	300.0	4.81	5.31
58	15.0	0.0	0.0	242.0	1000.0	0.0	442.0	26.00	3.51	400.0	60.0	500.0	1.5	7.69	8.19
ถ.เมือง	32.0	0.0	0.0	265.0	0.0	0.0	395.0	8.02	20.04	60.0	400.0	250.0	2000.0	4.74	5.24

ตาราง 4-2 มิติต่าง ๆ ของคลองระบายน้ำน้ำแบ่ง

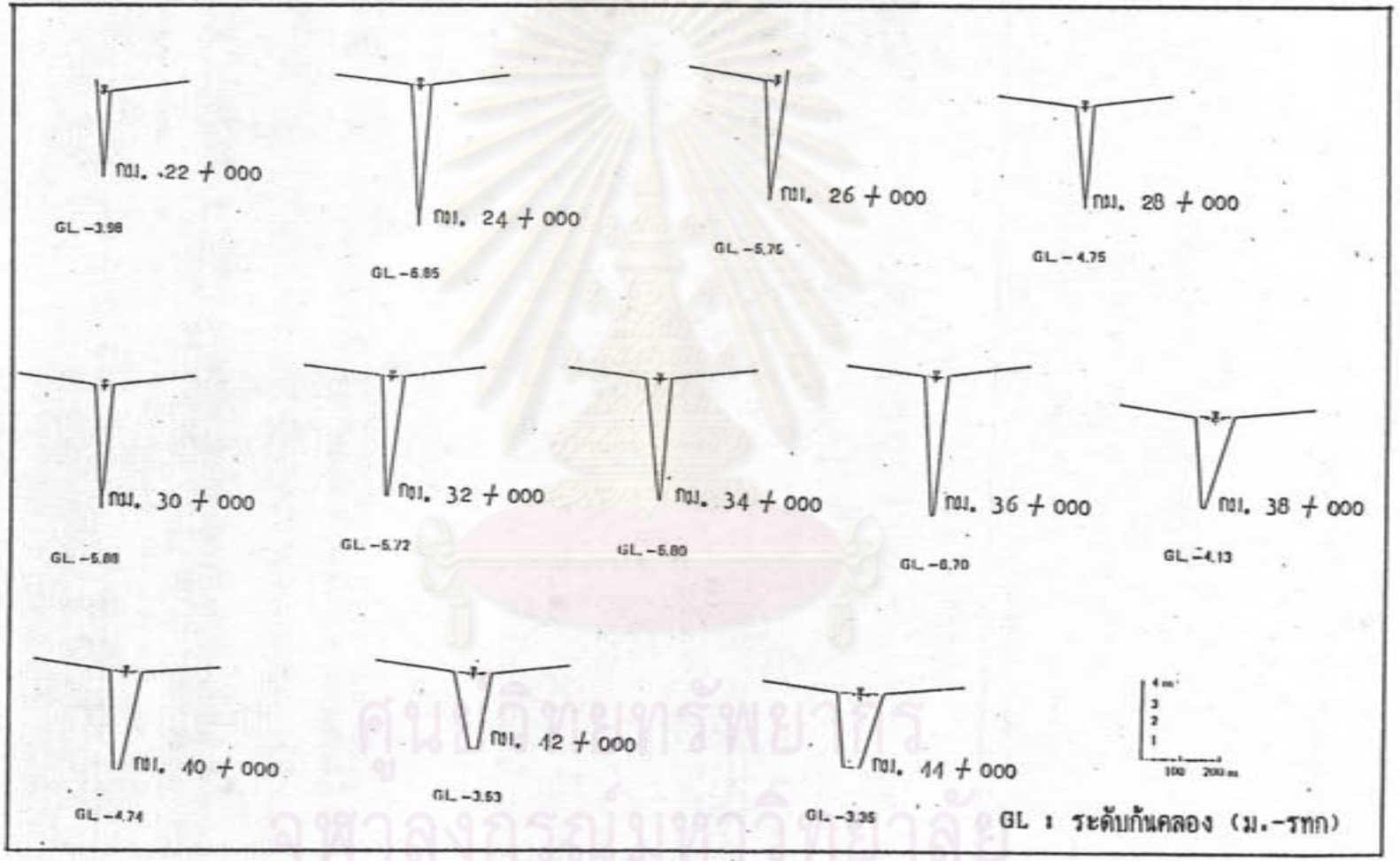
กม.ที่	b_1 (ม.)	b_2 (ม.)	b_3	b_4 (ม.)	b_5 (ม.)	b_6 (ม.)	b_7 (ม.)	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	h_1 (ม.)	h_2 (ม.)
ปลายคลอง	45.0	10.0	10.0	69.0	0.0	0.0	105.0	3.00	3.00	2.0	2.0	2000.0	2000.0	4.00	8.00
2	45.0	10.0	10.0	69.0	0.0	0.0	105.0	3.00	3.00	2.0	2.0	2000.0	2000.0	4.00	8.00
4	45.0	10.0	10.0	69.0	0.0	0.0	105.0	3.00	3.00	2.0	2.0	2000.0	2000.0	4.00	8.00
6	45.0	10.0	10.0	69.0	0.0	0.0	105.0	3.00	3.00	2.0	2.0	2000.0	2000.0	4.00	8.00
8	45.0	10.0	10.0	69.0	0.0	0.0	105.0	3.00	3.00	2.0	2.0	2000.0	2000.0	4.00	8.00
ปลายคลอง	45.0	10.0	10.0	69.0	0.0	0.0	105.0	3.00	3.00	2.0	2.0	2000.0	2000.0	4.00	8.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



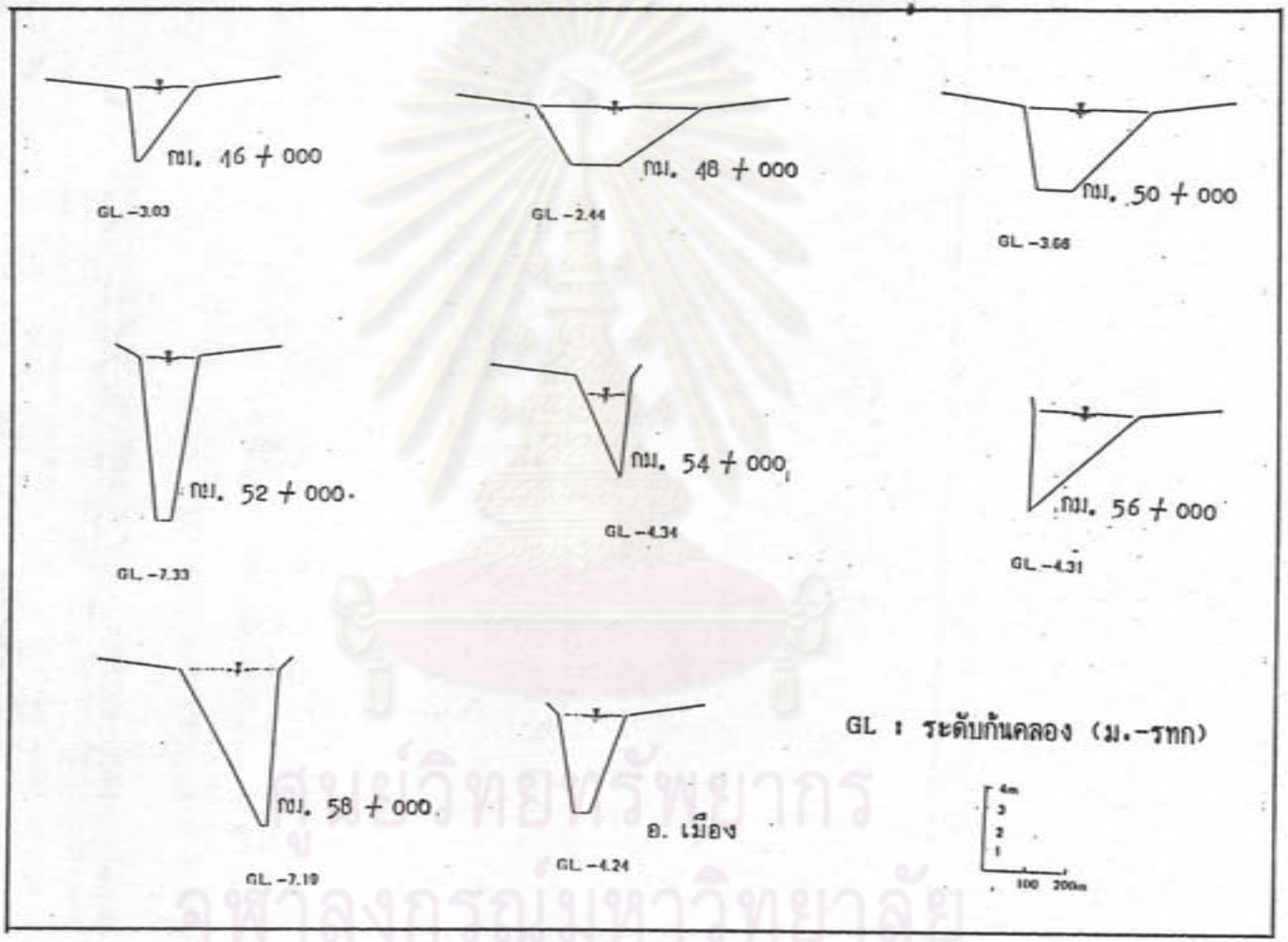
รูป 4-4 รูปหน้าตัดตามขวางของแม่น้ำบางนรา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



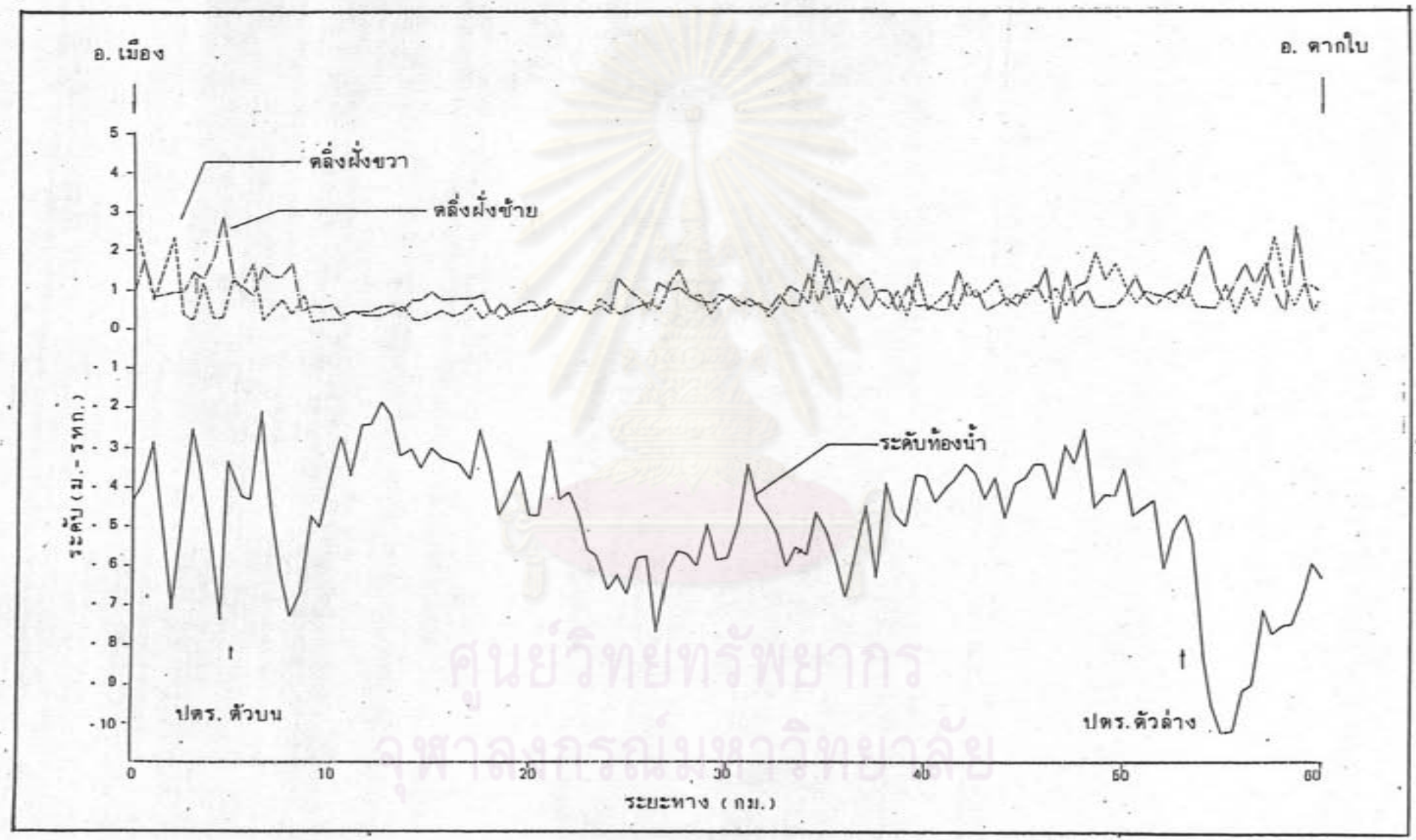
รูป 4-4(ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4-4(ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4-5 รูปตัดตามความยาวลำน้ำของแม่น้ำบางนรา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากมหาสมุทรแปซิฟิค จะพัดผ่านบริเวณพื้นที่ในราวเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคมเป็นประจำทุกปีนั้น มีอิทธิพลก่อให้เกิดฝนตกหนักติดต่อกันเป็นเวลาหลายวัน ซึ่งปริมาณของฝนที่ตกเนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณฝนทั้งปี และฝนที่ตกในช่วงนี้ จะตกติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน 3-5 วัน ซึ่งจะเป็นสาเหตุประการสำคัญที่ก่อให้เกิดภาวะน้ำท่วมโดยฉับพลันและท่วมขังอยู่ในบริเวณพื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำบางนราเป็นเวลาหลายวัน ซึ่งสร้างความเสียหายแก่พื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ปลูกข้าวนาปีเป็นอย่างมาก JICA ได้กำหนดใช้ปริมาณฝนที่มีคาบที่กลับของการเกิดซ้ำ 5 ปี สำหรับการออกแบบขนาดประตูระบายน้ำพร้อมด้วยอาคารประกอบ

JICA ได้ทำการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของข้อมูลฝนที่ตกติดต่อกันเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 1 วัน ถึง 7 วัน ที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝน อ.เมือง จ.นราธิวาส ร่วมกับข้อมูลฝนที่มีการบันทึกไว้เป็นเวลา 32 ปี(ตั้งแต่ พ.ศ.2496 ถึง พ.ศ. 2527) สรุปผลได้ว่าปริมาณฝนที่ตกติดต่อกันเป็นเวลา 5 วันระหว่างวันที่ 20 ถึง วันที่ 24 ธันวาคม 2527 ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 543.3 มิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกับ ปริมาณฝนตกติดต่อกัน 5 วันในคาบที่กลับของการเกิดซ้ำ 5 ปีซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 544.0 มิลลิเมตร ดังแสดงในตาราง 4-3 จึงได้กำหนดใช้รูปแบบฝนที่ตกในช่วงเวลาดังกล่าว จากสถานีวัดน้ำฝน อ.เมือง จ.นราธิวาส มาใช้เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำท่าของลำน้ำสาขาต่าง ๆ ที่ไหลลงสู่แม่น้ำบางนรา กราฟน้ำท่าที่ได้จากการสังเคราะห์โดยวิธีของ Nagayasu แสดงไว้ใน รูป 4-6 ถึง รูป 4-8

4.5.3 ข้อมูลระดับน้ำทะเล

ข้อมูลระดับน้ำทะเลที่ปากแม่น้ำ ทางด้าน อ. ตากใบ เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการวัดจากสถานี X-100 โดย กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน ส่วนข้อมูลระดับน้ำทะเลที่ปากแม่น้ำทางด้าน อ. เมือง นั้น เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการคำนวณจากตารางน้ำขึ้นน้ำลง โดยกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ กราฟระดับน้ำที่ปากน้ำทั้งสองแห่งแสดงไว้ในรูป 4-9

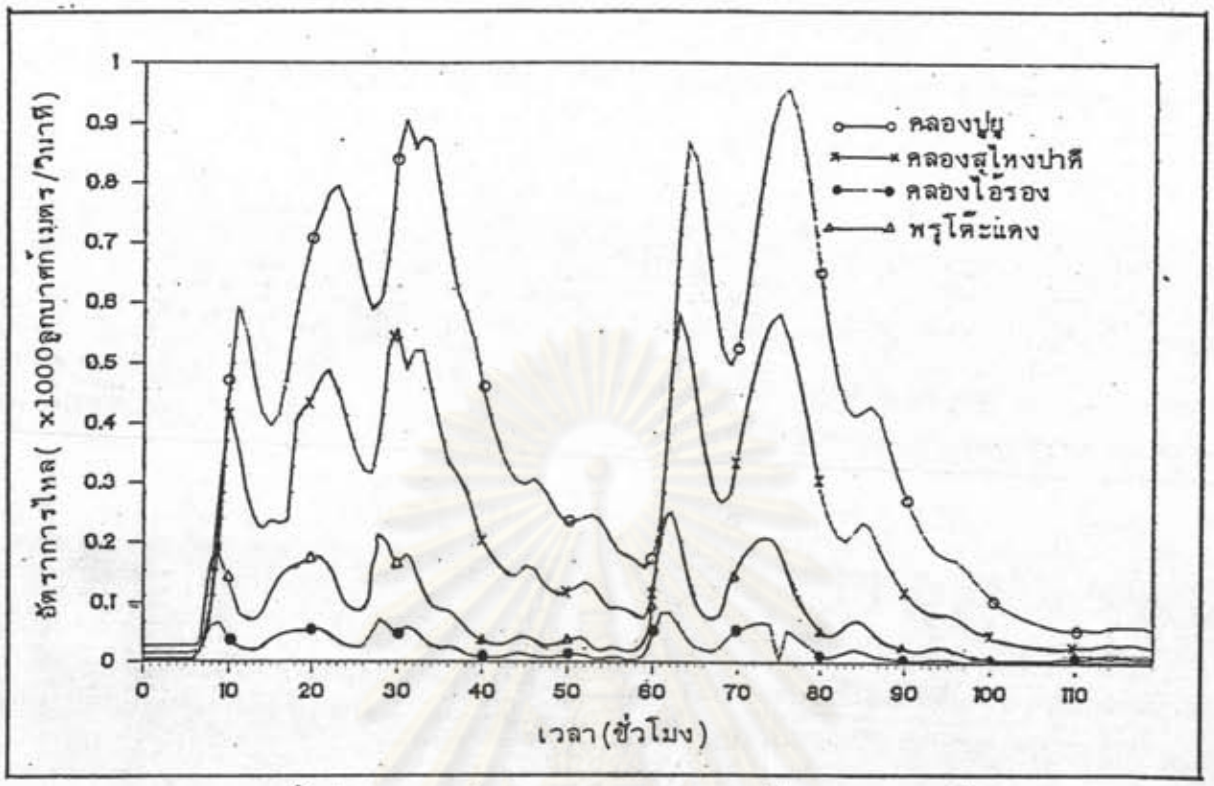
ตาราง 4-3 ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของปริมาณฝนที่ตกติดต่อกัน เป็นเวลานาน 1 ถึง 7 วัน ในคาบที่กลับของการเกิดซ้ำต่าง ๆ

คาบที่กลับของการเกิดซ้ำ (ปี)	จำนวนวันที่ฝนตกติดต่อกัน (วัน)						
	1	2	3	4	5	6	7
	ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)						
2	163	235	284	324	356	382	408
3	204	294	360	408	443	474	503
5	254	368	455	507	544	579	609
10	323	472	587	642	675	715	742
20	395	582	728	779	805	850	870
30	439	651	816	863	882	928	944
50	497	741	931	971	980	1,029	1,037
100	580	872	1,099	1,124	1,116	1,168	1,193

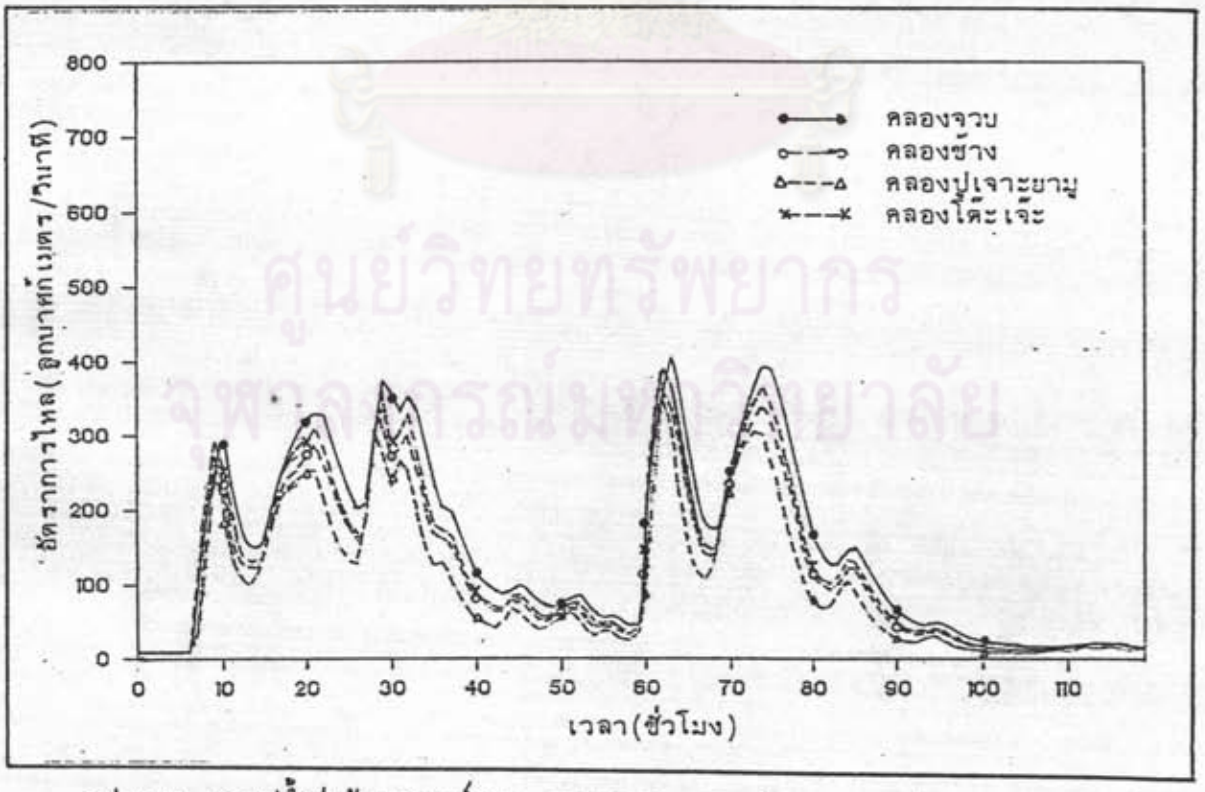
4.6 การปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

4.6.1 การปรับเทียบแบบจำลอง

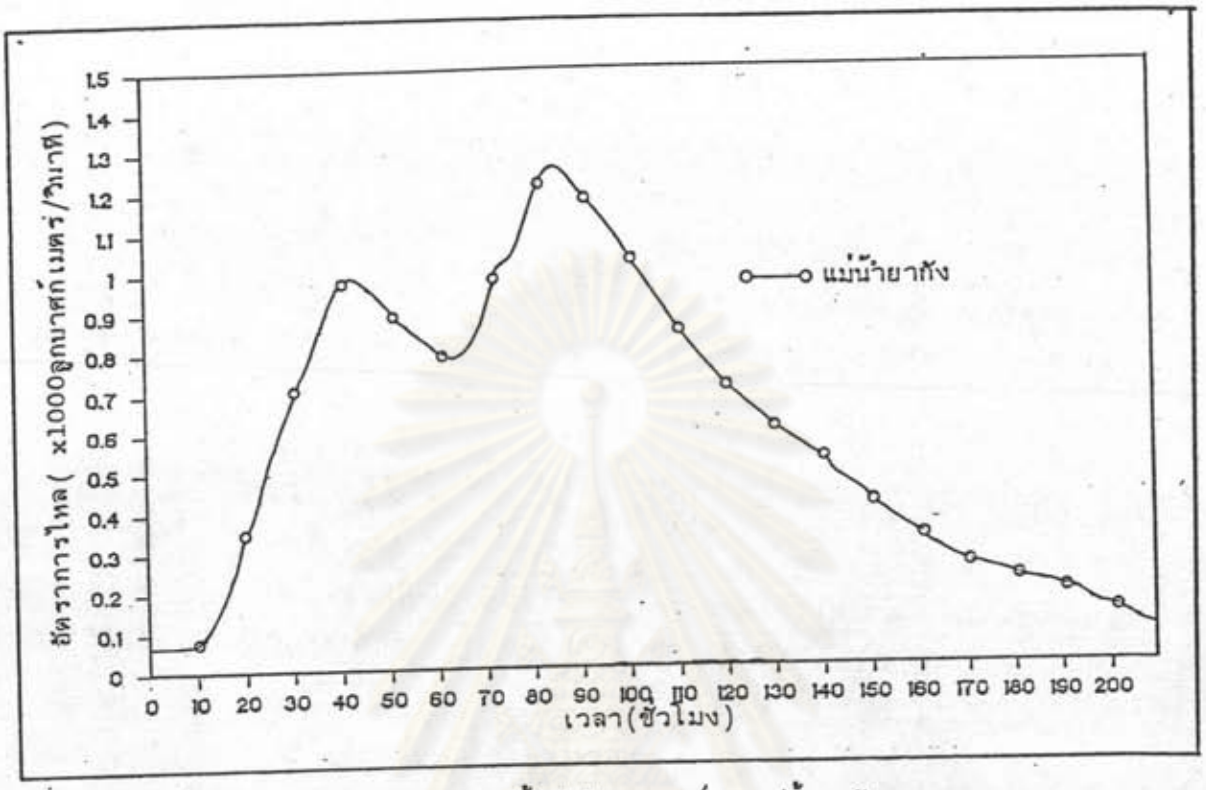
การปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมานั้น ก็เพื่อที่จะหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีและเหมาะสมที่สุด ในที่นี้พารามิเตอร์ที่จะต้องทำการปรับเทียบก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน Manning (n) ในการปรับเทียบครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลระดับน้ำของสถานีวัดภายในแม่น้ำบางนรา ได้แก่ สถานี X-161 มีตำแหน่งอยู่ที่จุดบรรจบของแม่น้ำบางนรากับคลองปูยู และอีกสถานี



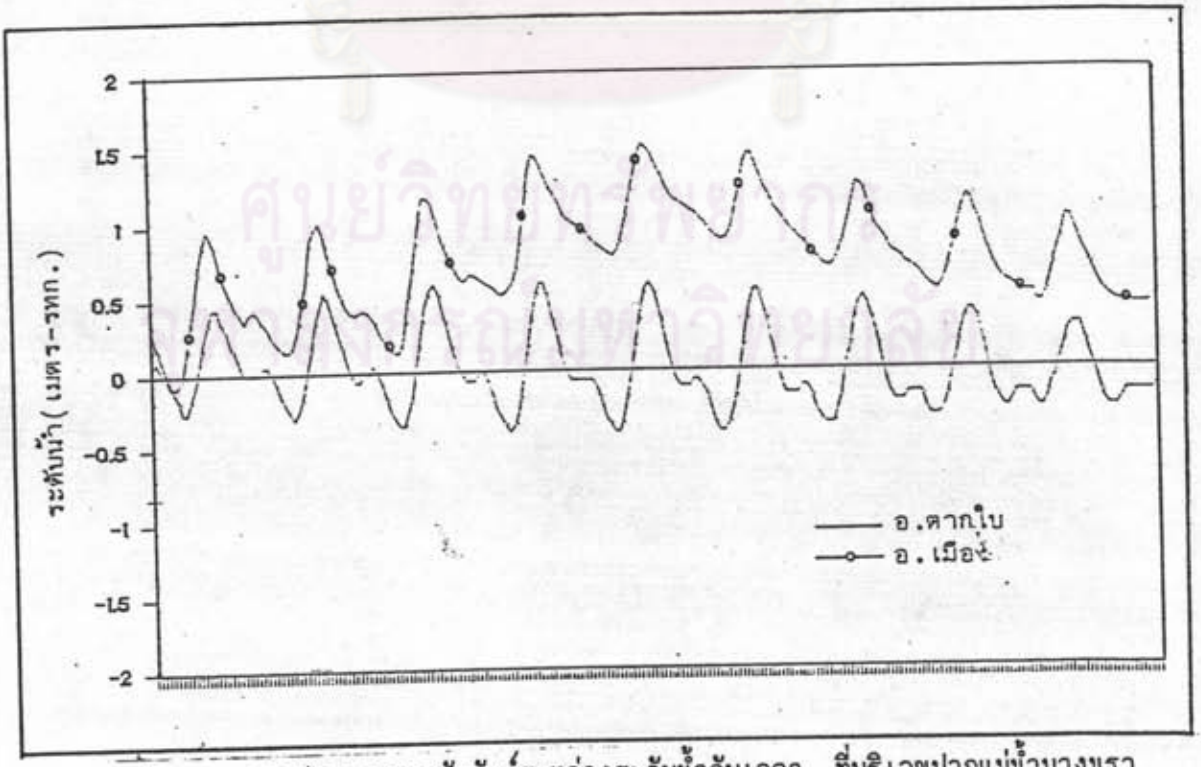
รูป 4-6 กราฟน้ำท่าสังเคราะห์ของ คลองปูยู คลองสุไหงปาดี คลองไอ้รอง และพรุโต๊ะแดง



รูป 4-7 กราฟน้ำท่าสังเคราะห์ของ คลองจวบ คลองช้าง คลองปูเจาะยามู และคลองโต๊ะเจ๊ะ



รูป 4-8 กราฟน้ำท่าสังเคราะห์ของแม่น้ำยากัง



รูป 4-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับเวลา ที่บริเวณปากแม่น้ำบางนรา ทางด้าน อ.เมือง และทางด้าน อ.ตากใบ

คือ สถานี X-160 มีตำแหน่งอยู่ที่จุดบรรจบของแม่น้ำบางนรากับแม่น้ำยากัง ดังแสดงในแผนที่รูป 4-10 ข้อมูลที่นำมาใช้เป็นข้อมูลที่วัดเมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน 2528 ถึง วันที่ 16 พฤศจิกายน 2528 วิธีที่ใช้ในการปรับเทียบนั้น คือ การสมมุติคำตอบ (trial & error) โดยการเปลี่ยนค่า Manning (n) ที่ตำแหน่งของบัพอัตราการไหล จนกระทั่งค่าของระดับน้ำที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดจริง ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ตำแหน่งต่างๆ สรุปไว้ตามี ตาราง 4-3

รูป 4-11 และรูป 4-12 แสดงให้เห็นถึงค่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ของสถานี X-160 และ X-161 จะเห็นได้ว่าค่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณนั้นจะมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าค่าที่วัดจริงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามลักษณะการขึ้นลงของน้ำมีรูปแบบที่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมาก

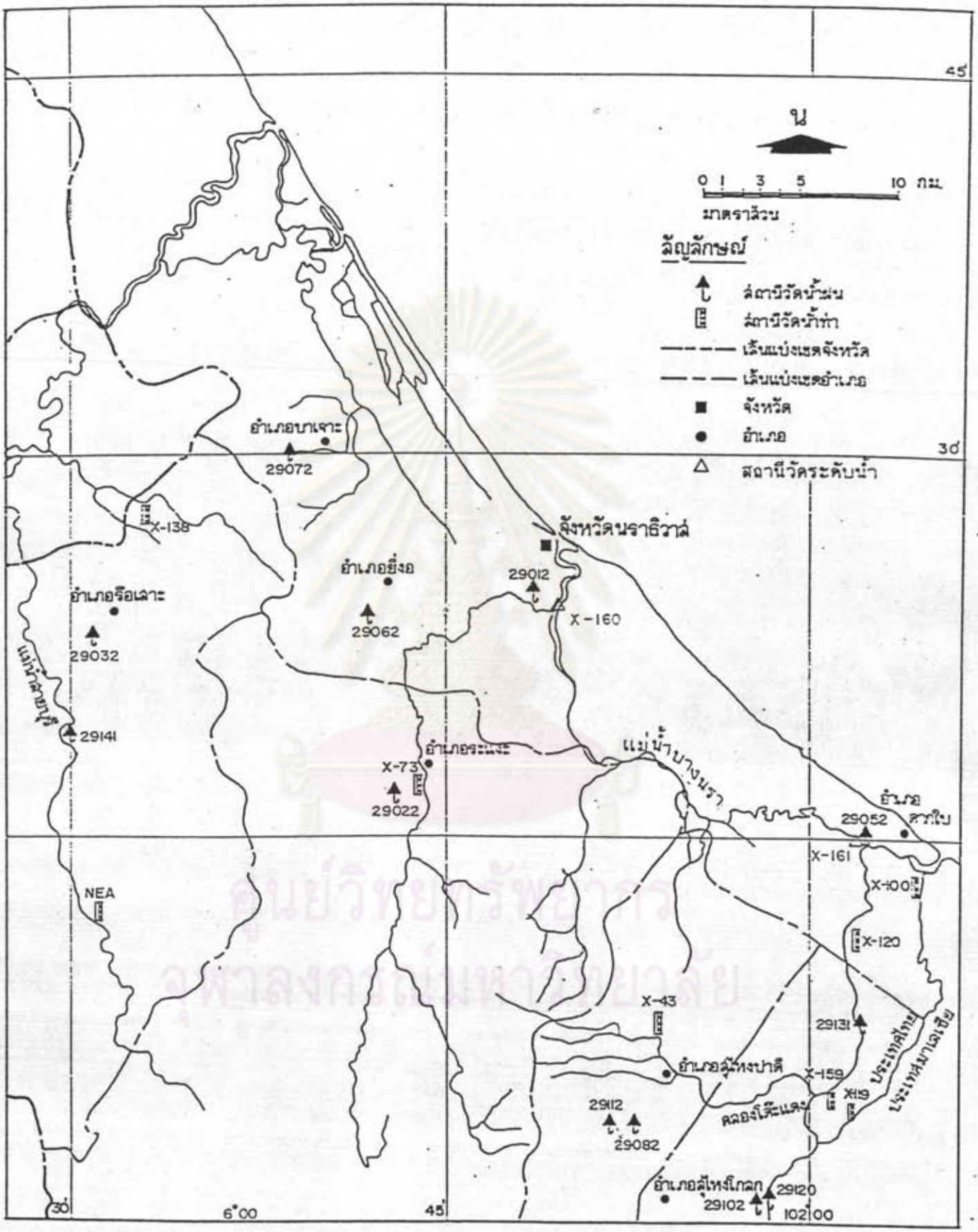
4.6.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.2 ว่าก่อนที่จะนำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาไปประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาปรากฏการณ์ใด ๆ นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องผ่านขั้นตอนตรวจสอบขั้นสุดท้าย คือ การตรวจสอบความถูกต้องหรือความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง ในที่นี้ได้นำเอาแบบจำลองไปคำนวณค่าของระดับน้ำที่สถานีเดิมคือ X-160 และ X-161 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ปรับเทียบแล้ว และนำค่าของระดับน้ำที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดจริงของแต่ละสถานีในระหว่างวันที่ 20 ธันวาคม 2528 ถึง 29 ธันวาคม 2528 ดังได้แสดงไว้ในรูป 4-13 และรูป 4-14 ซึ่งปรากฏว่าลักษณะการขึ้นลงของน้ำมีรูปแบบสอดคล้องกันดี และค่าของระดับน้ำทั้งจากการวัดและที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก จึงสรุปว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลในแม่น้ำบางนราได้

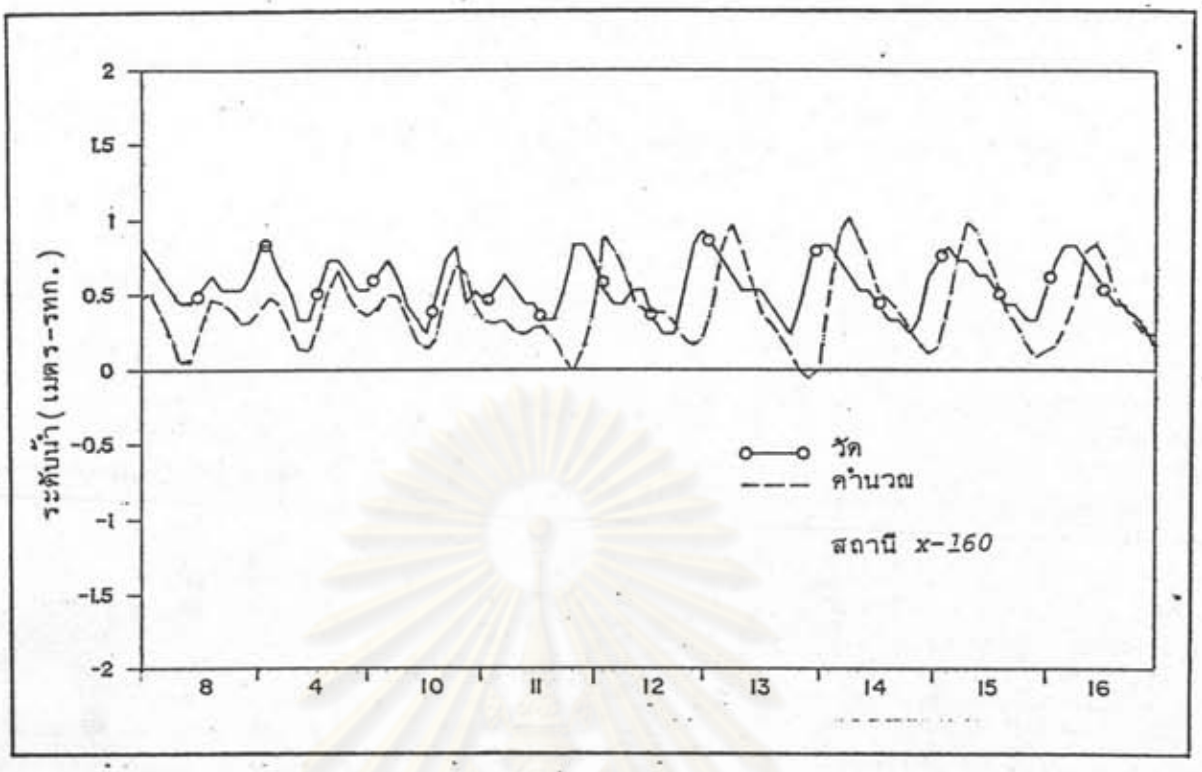
ตาราง 4-4 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของแม่น้ำบางนรา

กม.ที่	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning	หมายเหตุ
อ.ตากใบ		
1	0.035	-ปรับเทียบ โดยใช้ข้อมูลของระดับน้ำ จากสถานี X-160 และ X-161 ทำการวัด ระหว่างวันที่ 8 พฤศจิกายน ถึงวันที่ 16 พฤศจิกายน 2528 วัดด้วยเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ ติดตั้งโดย JICA
3	0.035	
5	0.035	
7	0.035	
9	0.045	
11	0.045	
13	0.045	
15	0.045	
17	0.045	
19	0.045	
21	0.045	
23	0.045	
25	0.045	
27	0.045	
29	0.045	
31	0.045	
33	0.045	
35	0.045	
37	0.045	
39	0.045	
41	0.045	
43	0.045	
45	0.045	
47	0.035	
49	0.035	
51	0.035	
53	0.035	
55	0.035	
57	0.035	
59	0.035	
อ.เมือง		

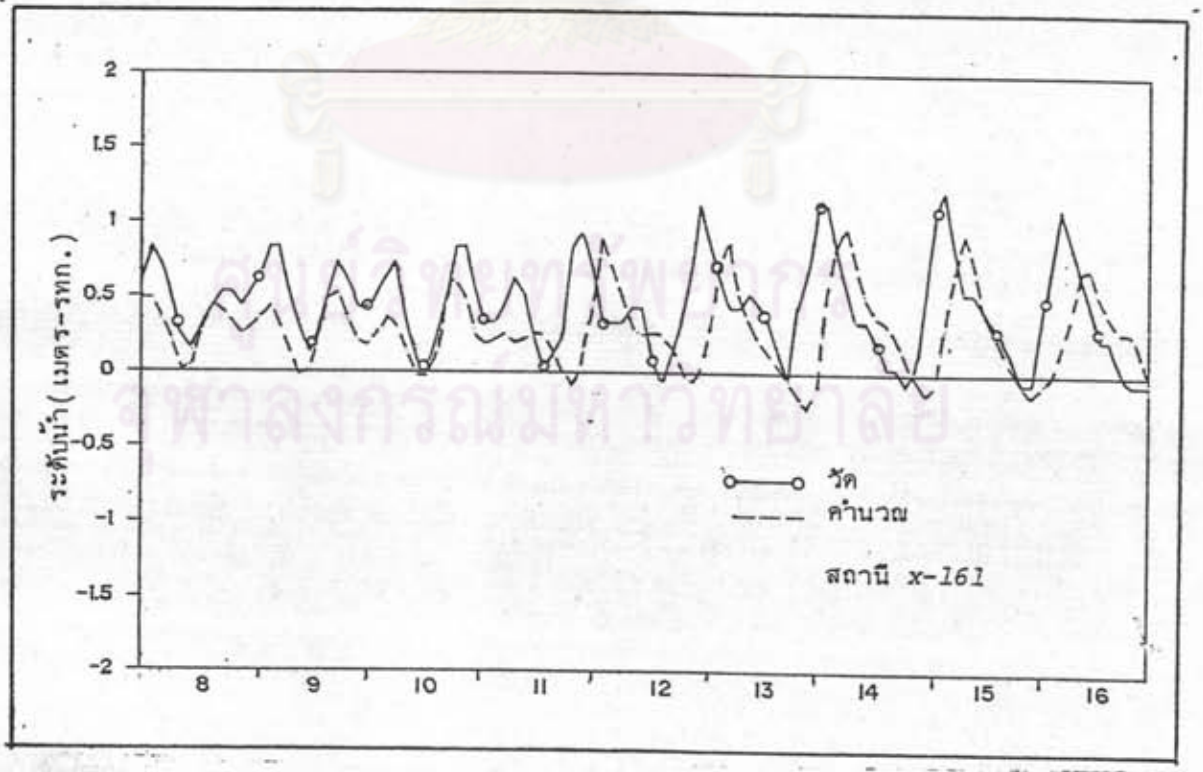
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



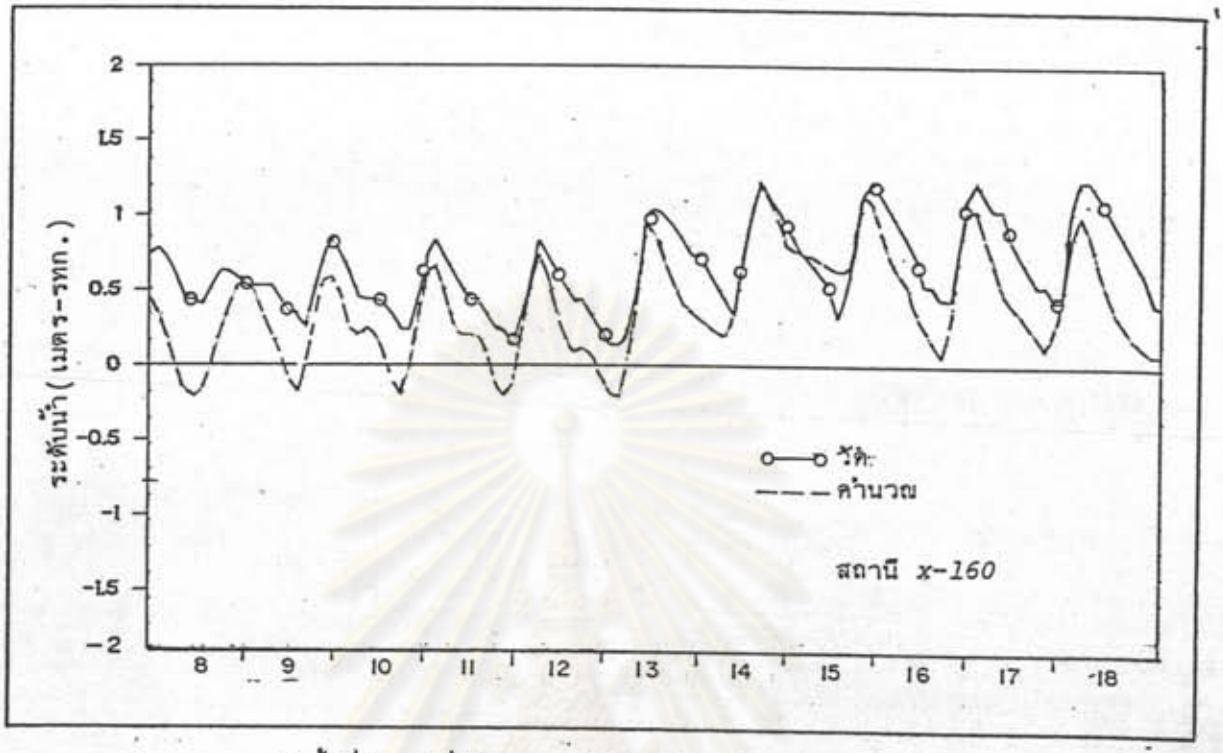
รูป 4-10 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดระดับน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา



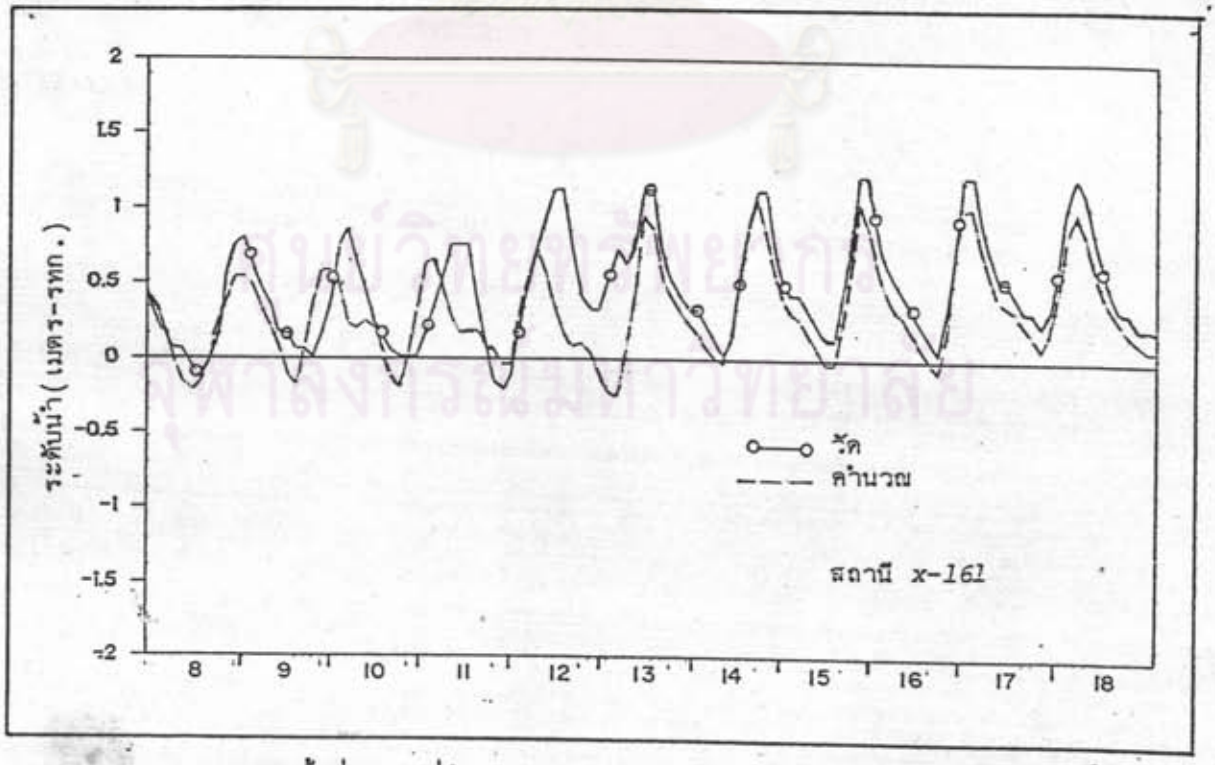
รูป 4-11 การปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของ แม่น้ำบางนรา โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำ ที่วัดจากสถานี X-160 ระหว่าง วันที่ 8 พฤศจิกายน 2528 ถึง วันที่ 16 พฤศจิกายน 2528



รูป 4-12 การปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของ แม่น้ำบางนรา โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำ ที่วัดจากสถานี X-161 ระหว่าง วันที่ 8 พฤศจิกายน 2528 ถึง วันที่ 16 พฤศจิกายน 2528



รูป 4-13 ระดับน้ำที่วัดและที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง โดยใช้ ข้อมลระดับน้ำจากสถานี X-160 ระหว่าง วันที่ 8 ธันวาคม 2528 ถึง วันที่ 18 ธันวาคม 2528



รูป 4-14 ระดับน้ำที่วัดและที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง โดยใช้ ข้อมูลระดับน้ำจากสถานี X-161 ระหว่าง วันที่ 8 ธันวาคม 2528 ถึง วันที่ 18 ธันวาคม 2528