บทที่ 4

การปรับเทียบแบบจำลอง

ก่อนการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ศึกษาใดๆก็ตาม ขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลองเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากผลการคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์จะไม่น่าเชื่อถือได้เลยหากขาดการปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมเสียก่อน แบบจำลองคณิตศาสตร์เป็นการจำลองสภาพเหตุการณ์จริงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ยากมากที่จะได้ผลการคำนวณมีค่าเหมือนเหตุการณ์จริงทุกประการ การปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ดีจะต้องให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกับข้อมูลจากการวัดจริงมากที่สุด เพื่อก่อให้เกิดความมั่นใจในการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ และค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เหมาะสมของแบบจำลองคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงานต่อไป

4.1 <u>หลักเกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลอง</u>

การปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ (Model Calibration) เป็นการพิจารณาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อก่อให้เกิดความถูกต้องในการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันเทียบกับข้อมูลจากการวัดจริง และพิจารณาความถูกต้องโดยอาศัยค่ารากเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง (Root Mean Square Error) เป็นหลักเกณฑ์การพิจารณา ถ้าหากค่า Root Mean Square Error (RMSE) ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่าน้อย นั่นหมายถึงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์นั้นให้ผลการคำนวณได้ดีใกล้เคียงกับข้อมูลจากการวัดจริง พารามิเตอร์ของแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการปรับเทียบมี 3 พารามิเตอร์ได้แก่ค่า CE สำหรับกำหนด Initial Error Covariance Matrix, ค่า CS สำหรับกำหนด Initial Model Error Covariance Matrix และค่า Manning Coefficientเริ่มต้น การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์หลายๆค่าในขณะที่กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์อื่นที่เหลือมีค่าคงที่นั้น ทำให้สามารถหาค่าพารามิเตอร์ CE และ CS ที่เหมาะสมได้ จากนั้นทำการปรับเทียบค่า Manning Coefficient ของแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยใช้ค่า CE และ CS ที่ได้จากการปรับเทียบในขั้นตอนที่ผ่านมา เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ CE,CS และ Manning Coefficientแล้ว นำค่าที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำและความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

โดยพิจารณาผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ สาเหตุที่ต้องทำการตรวจสอบผลการคำนวณ เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ ได้มาจากการสรุปค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลต่างๆ ปีกันซึ่งมีความหลากหลาย ดังนั้นเพื่อให้มั่นใจได้ว่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่ตัดสินใจเลือกมานั้น สามารถนำไปใช้กับข้อมูลในแต่ละปีซึ่งแตกต่างกันได้

4.2 การพิจารณาค่า CE และ CS ที่เหมาะสม

การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ การกำหนดค่า CE และ CS เพื่อกำหนด Initial Error Covariance Matrix และ Initial Model Error Covariance Matrix สำหรับแบบจำลองคณิตศาสตร์(ดูรายละเอียดจากหัวข้อ 3.3.1) มีผลต่อความถูกต้องแม่นยำของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน ฉะนั้นการพิจารณาค่า CE และ CS ที่เหมาะสมต่อการคำนวณจึงเป็นสิ่งจำเป็นก่อนขั้นตอนการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้งาน ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าในการศึกษานี้มีจำนวน 18 ปีดังที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 ข้อมูลจำนวน 18 ปีนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้สำหรับเป็นข้อมูลในการปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ และส่วนที่ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการทดสอบการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในบทต่อไป การแบ่งชุดของข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนนั้น แบ่งโดยให้ข้อมูลในแต่ละชุดมีค่าปริมาณน้ำท่ารายวันสูงสุดในแต่ละปีมีค่ามากและน้อยคละกันไป โดยจัดเรียงชุดข้อมูลทั้ง 18 ปีจากปีที่มีปริมาณน้ำท่ารายวันสูงสุดที่มีค่ามากที่สุดเรียงไปจนถึงปีที่มีปริมาณน้ำท่ารายวันสูงสุดที่มีค่าน้อยที่สุด ทำการเลือกชุดข้อมูลจากชุดข้อมูลทั้ง 18 ปีที่เรียงลำดับแล้วโดยเลือกในลักษณะอันดับเว้นอันดับก็จะได้ชุดข้อมูลที่มีค่าปริมาณน้ำท่ารายวันสูงสุดในแต่ละปีที่มีค่ามากและน้อยคละกันไป ดังนั้นชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ ประกอบไปด้วยข้อมูลจำนวน 10 ปีเรียงตามปริมาณน้ำท่ารายวันสูงสุดคือปี 1978,1980,1979,1973,1971,1975,1987,1972,1985 และ 1981 สำหรับชุดข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาค่า CE และ CS ที่เหมาะสมนี้ใช้ข้อมูลจำนวน 4 ปีคือปี 1980,1979,1987 และ 1981 นำแบบจำลองคณิตศาสตร์มาประยุกต์กับข้อมูล 4 ปีดังกล่าวโดยกำหนดค่า CE และ CS มีค่าเท่ากับ 100,1000,10000 และ 100000 สลับกันไปประกอบกับใช้ค่า Manning Coefficient ที่ทำให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน มีค่า Root Mean Square Error ต่ำที่สุด (การที่ได้ค่า Manning Coefficient ที่ทำให้ผลการ

คำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่า RMSE ต่ำที่สุด ได้มาจากการกำหนดค่า Manning Coefficient เปลี่ยนแปลงไปหลายๆค่าประกอบกับเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ CE และ CS มีค่าเท่ากับ 100,1000,10000 และ 100000 สลับกันไป พิจารณาเช่นนี้หลายๆครั้งก็จะพบค่า Manning Coefficient, ค่า CE และ CS ที่ทำให้ RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่าน้อยที่สุด) ผลการกำหนดค่า Manning Coefficient ที่ให้ผลคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่า RMSE ต่ำที่สุด ที่ค่า CE และ CS ต่างๆ กันแสดงในตาราง 4.1 และรูป 4.1

จากผลการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ CE,CS และ Manning Coefficient จากตาราง 4.1 และรูป 4.1 พบว่าเมื่อเพิ่มค่าของพารามิเตอร์ CE มากขึ้นจาก 100 ไปจนถึง 100000 ค่าเฉลี่ยของ RMSE จะมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อย(ค่อนข้างคงที่) นั้นหมายถึงการเปลี่ยนแปลงค่า CE มีผลน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงความถูกต้องของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน และเมื่อพิจารณาค่า CS ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ย RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันพบว่า เมื่อกำหนดค่า CS มากขึ้นจาก 100 จนถึง 100000 จะมีผลให้ค่าเฉลี่ย RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่าลดลงโดยจะมีค่าลดลงมากในช่วงที่ค่า CS เท่ากับ 100 และ 1000 ส่วนในช่วง CS เท่ากับ 10000 และ 100000 นั้นค่าเฉลี่ย RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อย(ค่อนข้างคงที่) และจากการพิจารณาค่า CE และค่า CS ที่เหมาะสมนี้พบว่าบ่อยครั้งเมื่อกำหนดค่า CE หรือ CS ให้มีค่าเท่ากับ 100 หรือ 1000 มักก่อให้เกิดปัญหาในด้านเสถียรภาพของการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์ ถ้าหากกำหนดค่า CE หรือค่า CS มีค่าเท่ากับ 10000 หรือ 100000 จะไม่พบปัญหาดังกล่าวเลย ฉะนั้นค่า CE และ CS ที่มีค่าเท่ากับ 10000 หรือ 100000 จึงเป็นค่าที่เหมาะสมและให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันได้ดีแต่จากตาราง 4.1 และรูป 4.4 พบว่าปี 1979 เมื่อกำหนดค่า CE และ CS เท่ากับ 100000 ค่าเฉลี่ย RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่กำหนดค่า CE และ CS เท่ากับ 10000 และเมื่อพิจารณาปี 1987 พบว่าเมื่อกำหนดค่า CS เท่ากับ 100000 ค่าเฉลี่ย RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่ามากกว่าการกำหนดค่า CS เท่ากับ 10000 จากเหตุผลดังกล่าวเพื่อที่ให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันได้ดีและไม่ก่อให้เกิดปัญหาในด้านเสถียรภาพการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์ จึงพิจารณาเลือกค่า CE และค่า CS ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากันคือ 10000 ซึ่งนั่นหมายถึงกำหนด Initial Error Covariance Matrix มีค่าเท่ากับ 0.01% ของ State Variable Matrix ดังรูป 3.4 และกำหนด Initial Model Error Covariance Matrixเท่ากับ 0.01% ของพารามิเตอร์

เริ่มต้นดังรูป 3.5

4.3 การพิจารณาค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสม

การปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์คือ การหาค่าพารามิเตอร์ของสมการหลักในแบบจำลองคณิตศาสตร์ (สมการ 2.2.1) ซึ่งส่งผลให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีความถูกต้องและแม่นยำ พารามิเตอร์ของสมการหลักมี 4 ตัวได้แก่ k_1, k_2, P_1 และ P_2 จากสมการ 2.2.2 ถึงสมการ 2.2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า k_1 กับ Manning Coefficientและความสัมพันธ์ของค่า k_2 กับ k_1 ดังนั้นการพิจารณาค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมจึงเสมือนการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสมการหลักในแบบจำลอง ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันและข้อมูลปริมาณฝนส่วนเกินรายวันที่จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาหาค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมนี้ ใช้ชุดข้อมูลที่เตรียมไว้สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองจำนวน 10 ปีได้แก่ปี 1978,1980,1979,1973,1971,1975,1987,1972,1985 และ 1981 นำแบบจำลองคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับข้อมูลชุดที่เลือกมานี้ โดยกำหนดค่า CE และ CS (สำหรับกำหนด Initial Error Covariance Matrix และ Initial Model Error Covariance Matrix ตามลำดับ) มีค่าเท่ากับ 10000 ตามผลการพิจารณาความเหมาะสมในหัวข้อที่ 4.2 ที่ผ่านมาและพิจารณาค่าความเหมาะสมของ Manning Coefficient ซึ่งพิจารณาจากค่าของ RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันที่ได้จากผลการกำหนดค่า Manning Coefficient ต่างๆซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 0.010 ถึง 0.80(โดยประมาณ) การพิจารณาค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมก็คือค่า Manning Coefficient ที่เป็นตัวแทนของการกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นของสมการหลักในแบบจำลองคณิตศาสตร์ ที่ก่อให้เกิดการประมวลผลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันที่มีค่า RMSE ต่ำที่สุด

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Manning Coefficient และ RMSE แสดงในรูป 4.2 ส่วนค่า Manning Coefficient ที่ให้ค่า RMSE ต่ำที่สุดสำหรับข้อมูลในแต่ละปีแสดงในตาราง 4.2 ซึ่งพบว่าค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมในแต่ละปีจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.07 ยกเว้นปี 1978 และปี 1971 ซึ่งค่า Manning Coefficient มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 0.60 และ 0.002 ตามลำดับ ซึ่งค่า Manning Coefficient ของทั้ง 2 ปีนี้มีค่าแตกต่างจากกลุ่มของค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมของชุดข้อมูลปีอื่นๆดังจะเห็น

ได้จากผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันในปี 1978 มีค่าความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด (Error Peak Discharge)เท่ากับ 45.41% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปีนี้เกิดสภาพน้ำหลากซึ่งมากกว่าค่าจากการคำนวณน้ำหลากในรอบ 1000 ปี และค่า RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่าเท่ากับ 6.9120 mm ซึ่งเมื่อพิจารณาจากตาราง 4.2 พบว่าค่า RMSE ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันส่วนมากมีค่าไม่เกิน 3.5874 mm(ปี 1975) และค่าความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด (Error Peak Discharge) โดยมากมีค่าผิดพลาดไม่เกิน 17.08%(ปี 1980) ซึ่งจากผลการคำนวณโดยใช้ข้อมูลปี 1978 นั้นให้ค่า RMSE ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันและค่าความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดมีค่าแตกต่างจากกลุ่มออกไปมาก ส่วนปี 1971ให้ค่าความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด (Error Peak Discharge) ต่ำกว่าค่าวัดจริงไป -44.59% และ RMSE ก็มีค่าสูงรองลงมาคือ 3.5874 mm ซึ่งแตกต่างกับค่าส่วนมากของกลุ่มออกไป ฉะนั้นการพิจารณาค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์จึงพิจารณาจากผลการคำนวณจำนวน 8 ปี(ยกเว้นปี 1978 และปี 1971) โดยที่ค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมได้มาจากค่าเฉลี่ยของ Manning Coefficient ที่เหมาะสมกับข้อมูลในแต่ละปี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.030 แต่เนื่องจากค่า Manning Coefficient ที่เลือกมานี้เป็นค่ากลางของค่าที่เหมาะสมกับข้อมูลในแต่ละปี ซึ่งจะนำไปใช้เป็นตัวแทนในการกำหนดพารามิเตอร์ของสมการหลักในแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันกับข้อมูลชุดอื่นๆทั่วไป จึงสมควรตรวจสอบความน่าเชื่อถือของค่า Manning Coefficient ที่เลือกมานี้ ก่อนนำไปใช้กำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับการประยุกต์ใช้ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 <u>การตรวจสอบความน่าเชื่อถือจากการใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม</u>

จากการพิจารณาค่า CE,CS และ Manning Coefficient ที่เหมาะสมจากหัวข้อที่ผ่านมานั้น ไม่ใช่เป็นค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ดีที่สุดสำหรับข้อมูลทุกปี แต่จะเป็นค่าพารามิเตอร์ที่สมควรจะนำไปใช้สำหรับกำหนดพารามิเตอร์สำหรับการคำนวณในแบบจำลองคณิตศาสตร์ได้หรือไม่นั้น ต้องทำการตรวจสอบเพื่อให้เกิดความมั่นใจในพารามิเตอร์ที่ตัดสินใจเลือกโดยการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์มาประยุกต์กับข้อมูลจำนวน 10 ปีชุดเดียวกับที่ใช้เป็นข้อมูลเมื่อครั้งพิจารณาหาค่า CE,CS และ Manning Coefficient ที่เหมาะสม การตรวจสอบความ

น่าเชื่อถือพิจารณาจากค่า RMSE ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน, ความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด (Error Peak Discharge) และความผิดพลาดของการคำนวณเวลาที่เกิดปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด การคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันจากแบบจำลองคณิตศาสตร์เมื่อกำหนดค่า CE,CS และ Manning Coefficient มีค่าตามที่ได้พิจารณาความเหมาะสมมาแล้ว ผลการคำนวณแสดงในรูป 4.3 สรุปผลการคำนวณแสดงในตาราง 4.3 ซึ่งสามารถแบ่งการพิจารณาออกได้ 3 ส่วนคือ

4.4.1 การพิจารณาค่า RMSE จากการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน

เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ CE,CS และ Manning Coefficient ที่ตัดสินใจเลือกใช้กับแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ไม่ใช่เป็นพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับข้อมูลทุกปี ดังนั้นค่า RMSE จากการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันที่ได้จึงมีค่ามากกว่าในกรณีที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลในแต่ละปี ดังแสดงในตาราง 4.3 พบว่าเมื่อใช้ข้อมูลปี 1978 ซึ่งเป็นปีที่ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันในรอบ 1000 ปี(EGAT, 1989) ซึ่งให้ค่า RMSE จากการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันเพิ่มขึ้น 75.77% ประกอบกับในหัวข้อที่ 4.3 ไม่ได้นำค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมกับปี 1978 และปี 1971 มาใช้พิจารณาร่วมเมื่อตัดสินใจเลือกค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมจึงทำให้ค่า RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่าเพิ่มขึ้นสูงมากคือ 75.77% และ 301.21% ตามลำดับ ส่วนสาเหตุที่ทำให้ค่า RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสำหรับข้อมูลปี 1981 มีค่าเพิ่มขึ้นถึง 106.71% เนื่องจากค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละปีจำนวน 8 ปี (ยกเว้นปี 1978 และปี 1971) ซึ่งได้ค่าเฉลี่ย Manning Coefficientเท่ากับ 0.030 พบว่าค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมกับปี 1981 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0097 ซึ่งแตกต่างจากค่าเฉลี่ย Manning Coefficient มากที่สุดในจำนวนข้อมูล 8 ปีที่พิจารณา จึงเป็นผลให้ค่า RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสำหรับปี 1981 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก ส่วนผลการคำนวณโดยใช้ข้อมูลปี 1980,1979,1973,1975,1987,1972 และ 1985 ให้ค่า RMSE จากการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันเพิ่มขึ้นในช่วง 0 ถึงประมาณ 33%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 การพิจารณาค่าความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด (Error Peak Discharge)

ค่าความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด (Error Peak Discharge) เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ตัดสินใจเลือก พบว่ามีค่าความผิดพลาดมากเมื่อใช้ข้อมูลปี 1978,1971 และ 1981 ด้วยเหตุผลลักษณะเดียวกับที่อธิบายไปในหัวข้อ 4.4.1 ส่วนความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดสำหรับปี 1980,1979,1973,1975,1987,1972 และ 1985 พบว่ามีค่าไม่เกิน 20% ยกเว้นปี 1985 ซึ่งมีค่าความผิดพลาดประมาณ 40% ดังแสดงในตาราง4.3

4.4.3 การพิจารณาค่าความผิดพลาดการคำนวณเวลาที่เกิดปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด

จากผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ตัดสินใจเลือกพบว่าความผิดพลาดการคำนวณเวลาที่เกิดปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด อยู่ในช่วง 0 ถึง 2 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกับผลการคำนวณเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลในแต่ละปียกเว้นปี 1971 เพียงปีเดียว ดังนั้นเมื่อเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ตัดสินใจเลือกมาใช้กับแบบจำลองคณิตศาสตร์ตามที่พิจารณามาแล้วนั้น ไม่ได้มีผลทำให้ความผิดพลาดการคำนวณเวลาที่เกิดปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดมีค่าเปลี่ยนแปลงไป รายละเอียดแสดงในตาราง 4.4

4.5 <u>สรุปผลการปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์</u>

การปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง ก่อนการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้งาน การปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์คือการพิจารณากำหนดพารามิเตอร์ต่างๆในแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงจากการวัดมากที่สุด ผลการปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์สรุปได้ดังนี้

1) ค่า CE และ CS ที่พิจารณาว่าเหมาะสมมีค่าเท่ากับ 10000 นั่นหมายถึงกำหนด Initial Error Covariance Matrix เท่ากับ 0.01% ของ State Variable Matrix และกำหนด Initial Model Error Covariance Matrix เท่ากับ 0.01%ของพารามิเตอร์ในสมการหลักของแบบจำลองคณิตศาสตร์ ค่า CE และ CS ที่ตัดสินใจเลือกนี้มีความเหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทั้งในด้านเสถียรภาพการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์และเหมาะสมในด้านความถูกต้องของผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน

2) ค่า Manning Coefficient ที่พิจารณาแล้วว่าเหมาะสมมีค่าเท่ากับ 0.030 ซึ่งได้มาจากค่าเฉลี่ยของ Manning Coefficient ที่เหมาะสมกับข้อมูลในแต่ละปี มีค่าอยู่ในช่วง 0.0146 ถึง 0.0728 และข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดจากข้อมูลการวัดจริงมีค่าอยู่ในช่วง 2.32 ถึง 10.77 mm/day ค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมนี้เมื่อใช้กับข้อมูลปีอื่นๆซึ่งมีค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมในแต่ละปีและค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดจากข้อมูลการวัดจริงมีค่าอยู่ในช่วงดังกล่าวพบว่าค่า RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยกว่า 35%, ค่าความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด (Error Peak Discharge) มีค่าน้อยกว่า 20% และให้ค่าความผิดพลาดการคำนวณเวลาที่เกิดปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 2 วัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้เมื่อใช้ค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมกับข้อมูลในแต่ละปี ค่า Manning Coefficient เท่ากับ 0.030 จากการพิจารณาความเหมาะสมที่ผ่านมานี้จะเป็นค่าที่ใช้กำหนดพารามิเตอร์ส่วนหนึ่งของสมการหลักในแบบจำลองคณิตศาสตร์ซึ่งได้แก่ค่า k_1 และ k_2 เพื่อให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันใกล้เคียงกับข้อมูลวัดจริง ค่า Manning Coefficient เท่ากับ 0.030 นี้ไม่ใช่เป็นค่าที่ดีที่สุดกับสภาพข้อมูลในแต่ละปีที่แตกต่างกันแต่เป็นค่าตัวแทนในการกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้น เพื่อพยายามให้ผลการคำนวณเมื่อใช้ข้อมูลสภาพต่างๆกันให้ค่าความผิดพลาดน้อยเมื่อพิจารณาโดยรวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4.1 ค่า RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันจากการกำหนดค่า CE และ CS ต่างๆกัน

Year=1980 Manning Coefficient=0.029

CS	CE=100	CE=1000	CE=10000	CE=100000	Average
100	* 4.0174	* 4.0185	* 4.0193	* 4.0194	4.0186
1000	2.3294	2.3389	2.3421	2.3422	2.3381
10000	2.1665	1.8911	1.8494	1.8451	1.9380
100000	2.1192	1.8275	1.7934	1.7916	1.8829
Average	2.6581	2.5190	2.5010	2.4995	

Year=1979 Manning Coefficient=0.049

CS	CE=100	CE=1000	CE=10000	CE=100000	Average
100	* 3.1179	**	**	**	3.1179
1000	**	**	**	**	
10000	**	2.2817	2.3421	2.3570	2.3269
100000	**	2.4102	2.6718	2.7098	2.5972
Average	3.1179	2.3459	2.5069	2.5334	

Year=1987 Manning Coefficient=0.015

CS	CE=100	CE=1000	CE=10000	CE=100000	Average
100	* 2.0683	* 2.0678	2.0672	* 2.0672	2.0676
1000	* 2.1973	3.5730	1.9327	1.8032	2.3765
10000	1.4904	1.5391	1.5534	1.5540	1.5342
100000	1.5089	1.5898	1.5897	1.5889	1.5693
Average	1.8162	2.1924	1.7857	1.7533	

Year=1981 Manning Coefficient=0.010

CS	CE=100	CE=1000	CE=10000	CE=100000	Average
100	0.8417	0.8397	0.8393	0.8393	0.8400
1000	0.4364	0.3989	0.3952	0.3948	0.4063
10000	0.3842	0.3528	0.3500	0.3497	0.3591
100000	0.3795	0.3489	0.3461	0.3459	0.3551
Average	0.5104	0.4850	0.4826	0.4824	

หมายเหตุ * หมายถึงโปรแกรมไม่สามารถคำนวณจนจบชุดข้อมูล

** หมายถึงผลการคำนวณมีค่าสูงมาก (Overflow) และคำนวณไม่จบชุดข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4.2 ผลการคำนวณโดยใช้ค่า Manning Coefficient เริ่มต้นที่เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละปี

Year	n	RMSE	Qp	Qp*	EPD	Tp
1978	0.6070	6.9120	63.40	43.60	45.41	+1
1980	0.0291	1.8494	8.93	10.77	-17.08	+1
1979	0.0486	2.3421	11.20	10.03	11.66	0
1973	0.0728	1.0966	7.80	7.60	2.63	+1
1971	0.0020	0.8168	3.69	6.66	-44.59	0
1975	0.0194	3.5874	4.73	5.16	-8.33	+2
1987	0.0146	1.5534	4.04	4.25	-4.94	+1
1972	0.0291	0.6344	2.25	2.34	-3.84	+1
1985	0.0146	0.7877	2.50	2.32	7.75	+1
1981	0.0097	0.3500	1.83	1.87	-2.13	+1

หมายเหตุ

n = ค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณโดย Kalman Filter Model

RMSE = Root Mean Square Error ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน (mm)

Qp = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่ได้จากการคำนวณ (mm/day)

Qp* = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่ได้จากข้อมูลวัดจริง (mm/day)

EPD = ความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด (%)

Tp = ความผิดพลาดการคำนวณเวลาที่เกิดปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด (day)

โดยที่ + หมายถึงคำนวณได้ช้ากว่าเหตุการณ์จริง , - หมายถึงคำนวณได้เร็วกว่าเหตุการณ์จริง

ตาราง 4.3 ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์จากการใช้พารามิเตอร์ที่ตัดสินใจเลือก

Year	n	RMSE	RMSE*	ERMSE	Qp	Qp*	EPD	Tp
1978	0.030	12.1493	6.9120	75.77	93.65	43.60	114.79	+1
1980	0.030	1.8494	1.8494	0.00	8.93	10.77	-17.08	+1
1979	0.030	2.4035	2.3421	2.62	11.03	10.03	9.97	0
1973	0.030	1.4582	1.0966	32.97	6.73	7.65	-12.02	+1
1971	0.030	3.2771	0.8168	301.21	18.89	6.60	186.21	+1
1975	0.030	3.6515	3.5874	1.78	4.58	5.16	-11.24	+2
1987	0.030	1.7921	1.5534	15.36	4.40	4.25	3.52	+1
1972	0.030	0.6344	0.6344	0.00	2.25	2.34	-3.84	+1
1985	0.030	0.8292	0.7877	5.26	3.25	2.32	40.08	+1
1981	0.030	0.7235	0.3500	106.71	4.33	1.87	131.55	+1

หมายเหตุ

RMSE = Root Mean Square Error ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน (mm)

RMSE* = Root Mean Square Error ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันเมื่อใช้ค่า n ที่เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละปี (mm)

ERMSE = ค่าการเปลี่ยนแปลง RMSE เมื่อเทียบกับ RMSE* (%)

Qp = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดจากการคำนวณ (mm/day)

Qp* = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดจากข้อมูลวัดจริง (mm/day)

EPD = ความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด (%)

Tp = ความผิดพลาดการคำนวณเวลาที่เกิดปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด (day)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4.4 ความผิดพลาดการคำนวณเวลาที่เกิดปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันสูงสุด

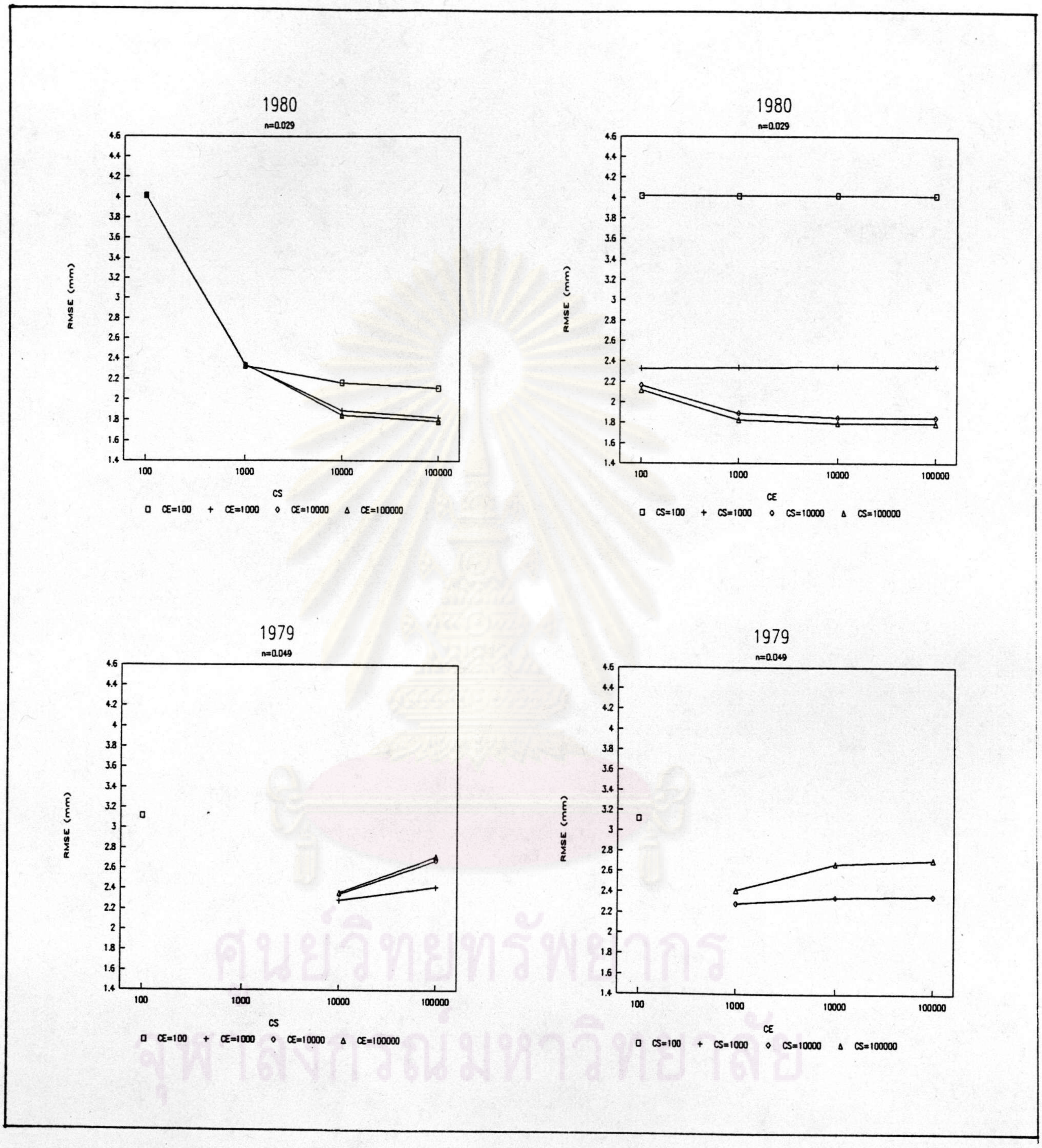
YEAR	Tp*	Tp
1978	1	1
1980	1	1
1979	0	0
1973	1	1
1971	0	1
1975	2	2
1987	1	1
1972	1	1
1985	1	1
1981	1	1

หมายเหตุ

Tp* หมายถึงค่าความผิดพลาดเมื่อใช้ค่า Manning Coefficient ที่เหมาะสมกับแต่ละปี (day)

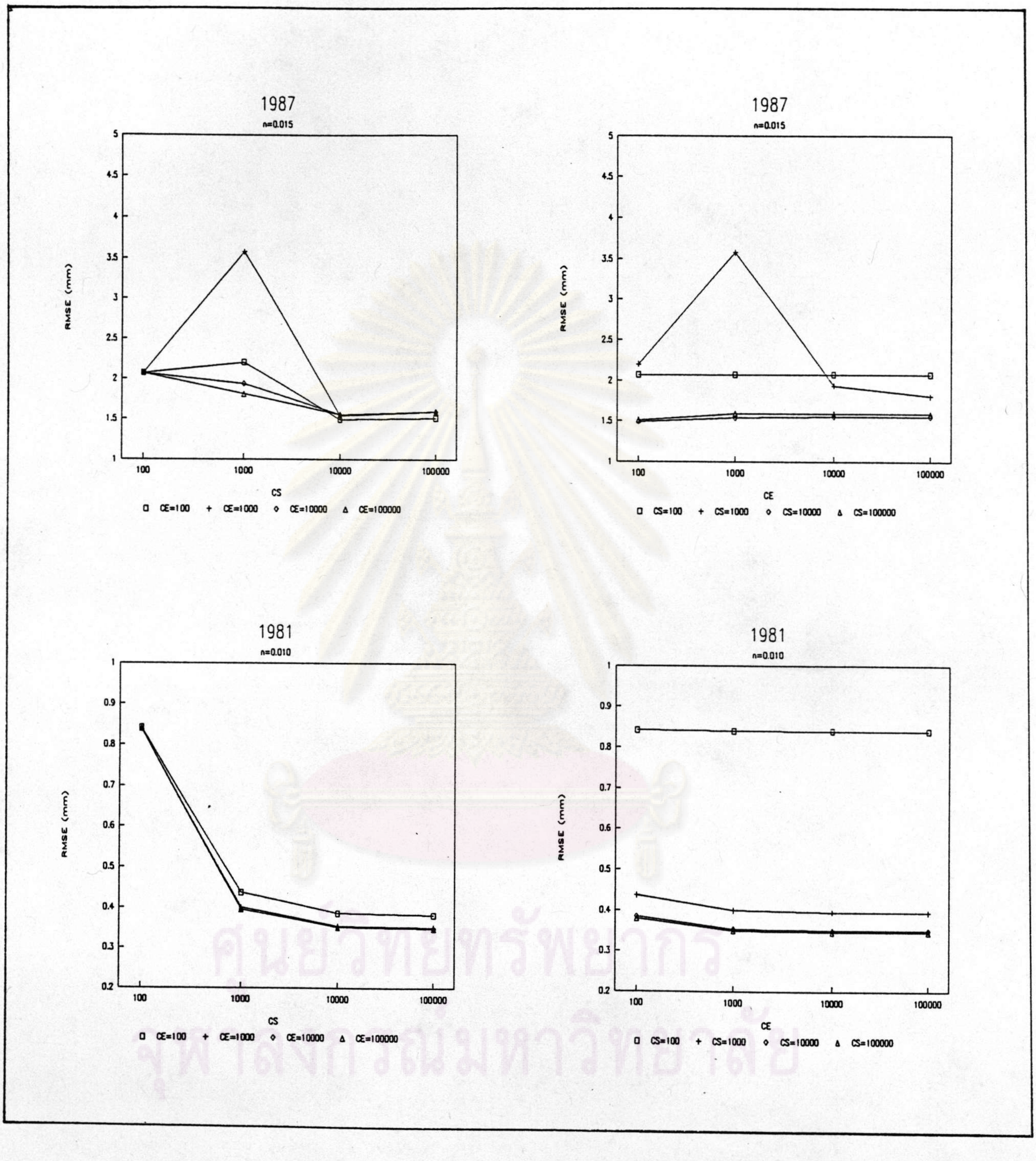
Tp หมายถึงค่าความผิดพลาดเมื่อใช้ค่า Manning Coefficient ที่ตัดสินใจเลือก (day)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



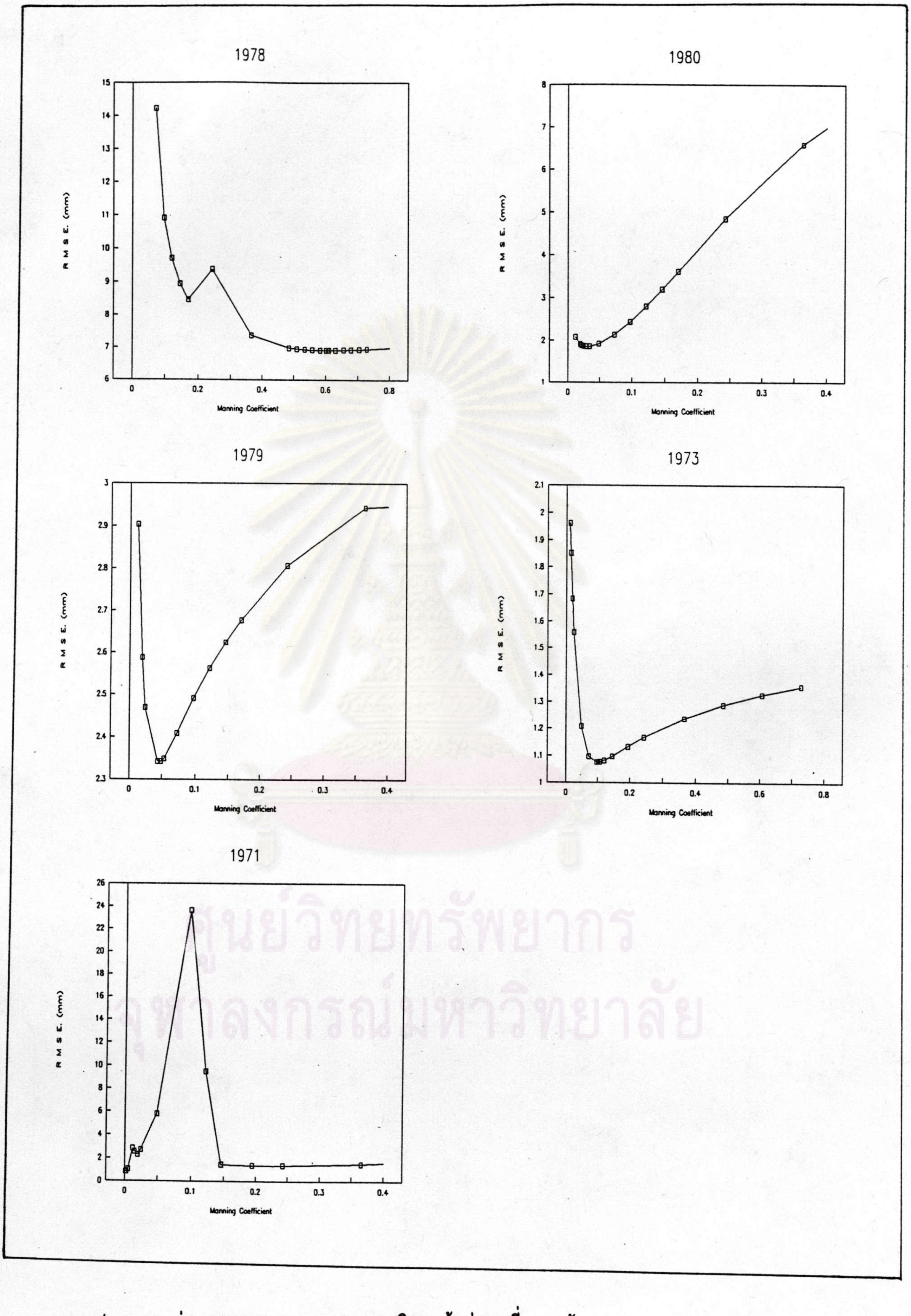
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 4.1 ค่าเฉลี่ย RMSE จากผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน เมื่อกำหนดค่า CS และ CE ต่างๆกัน



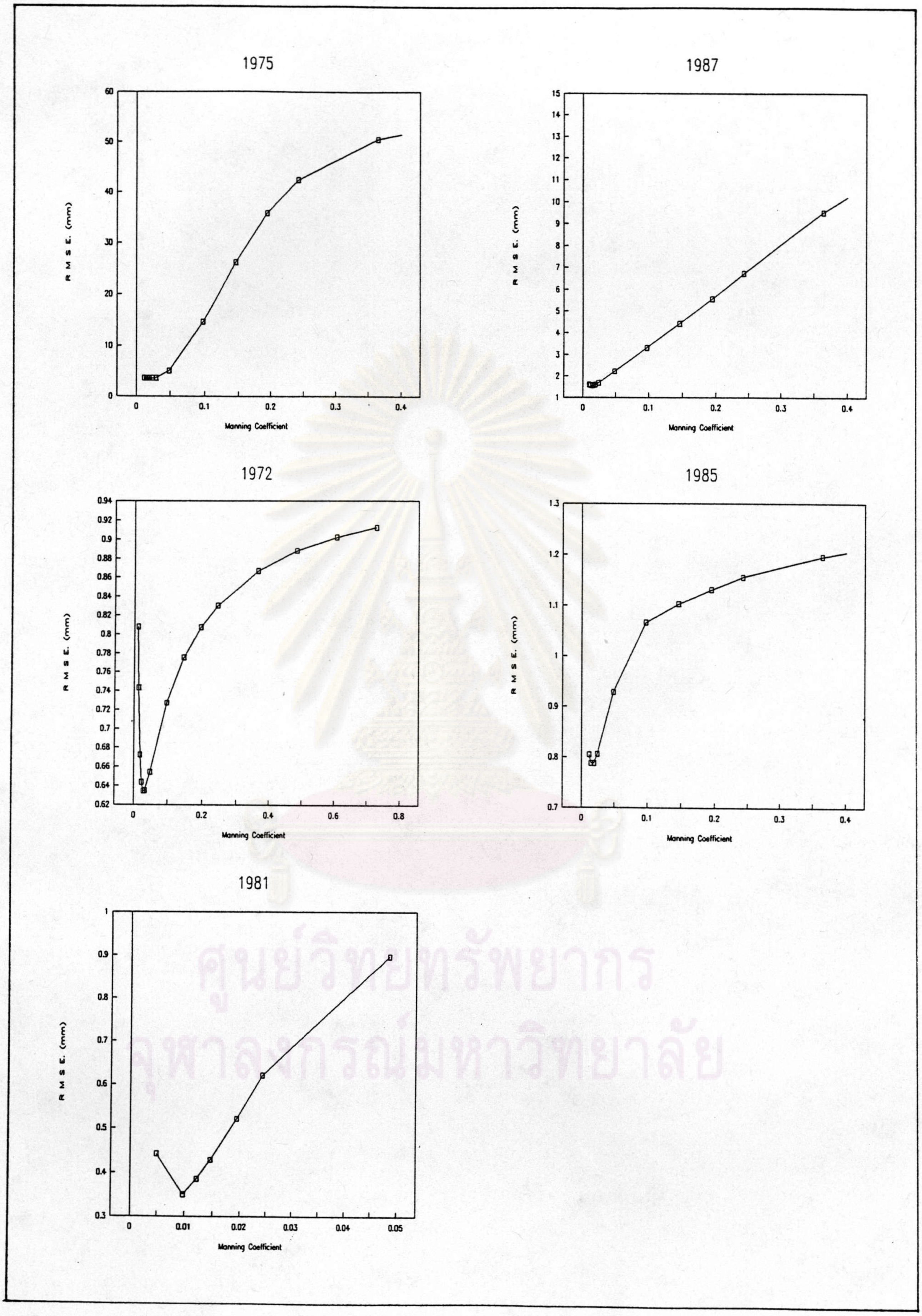
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 4.1(ต่อ) ค่าเฉลี่ย RMSE จากผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน เมื่อกำหนดค่า CS และ CE ต่างๆกัน



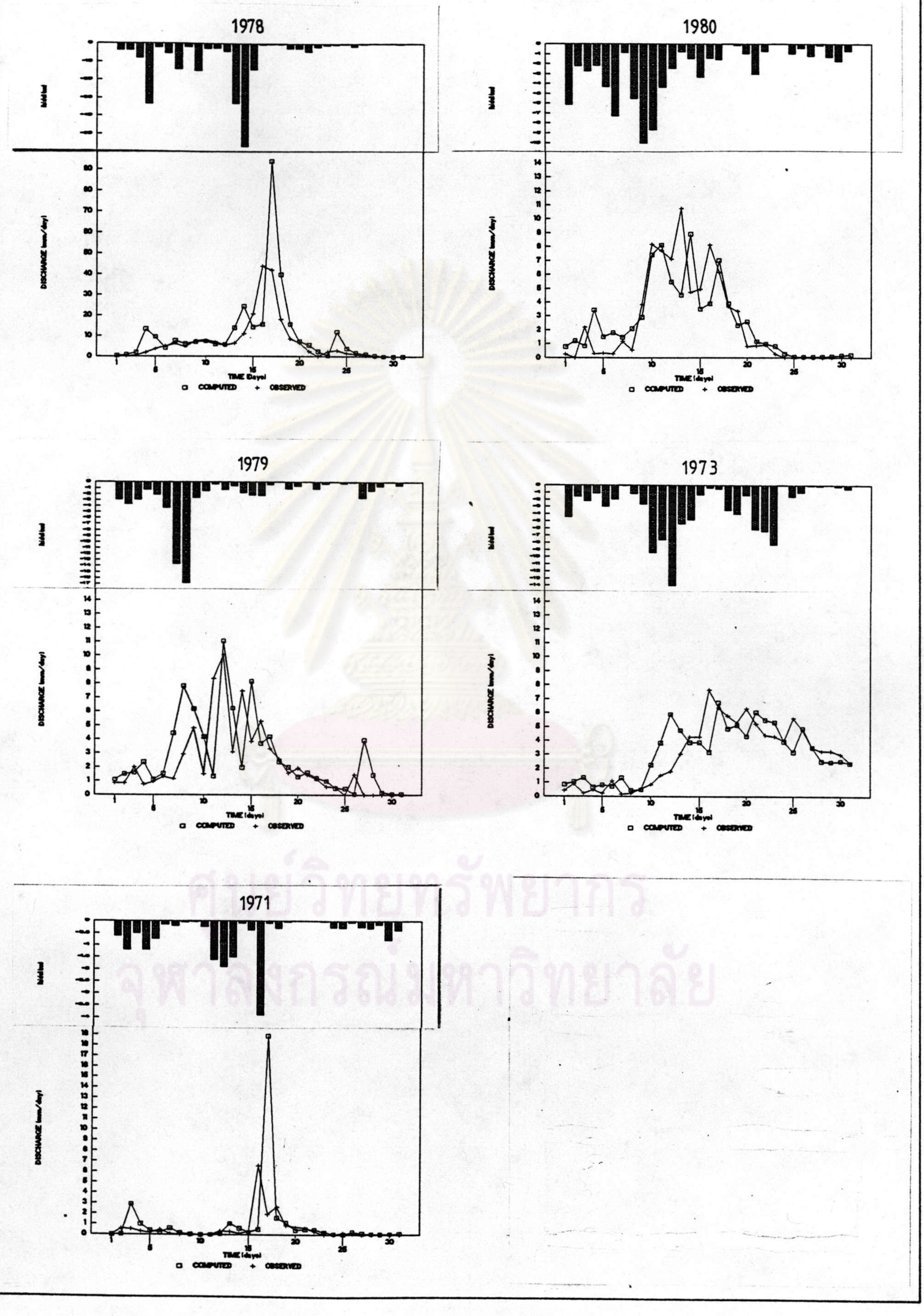
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 4.2 ค่า RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน ที่ค่า Manning Coefficient ต่างๆ



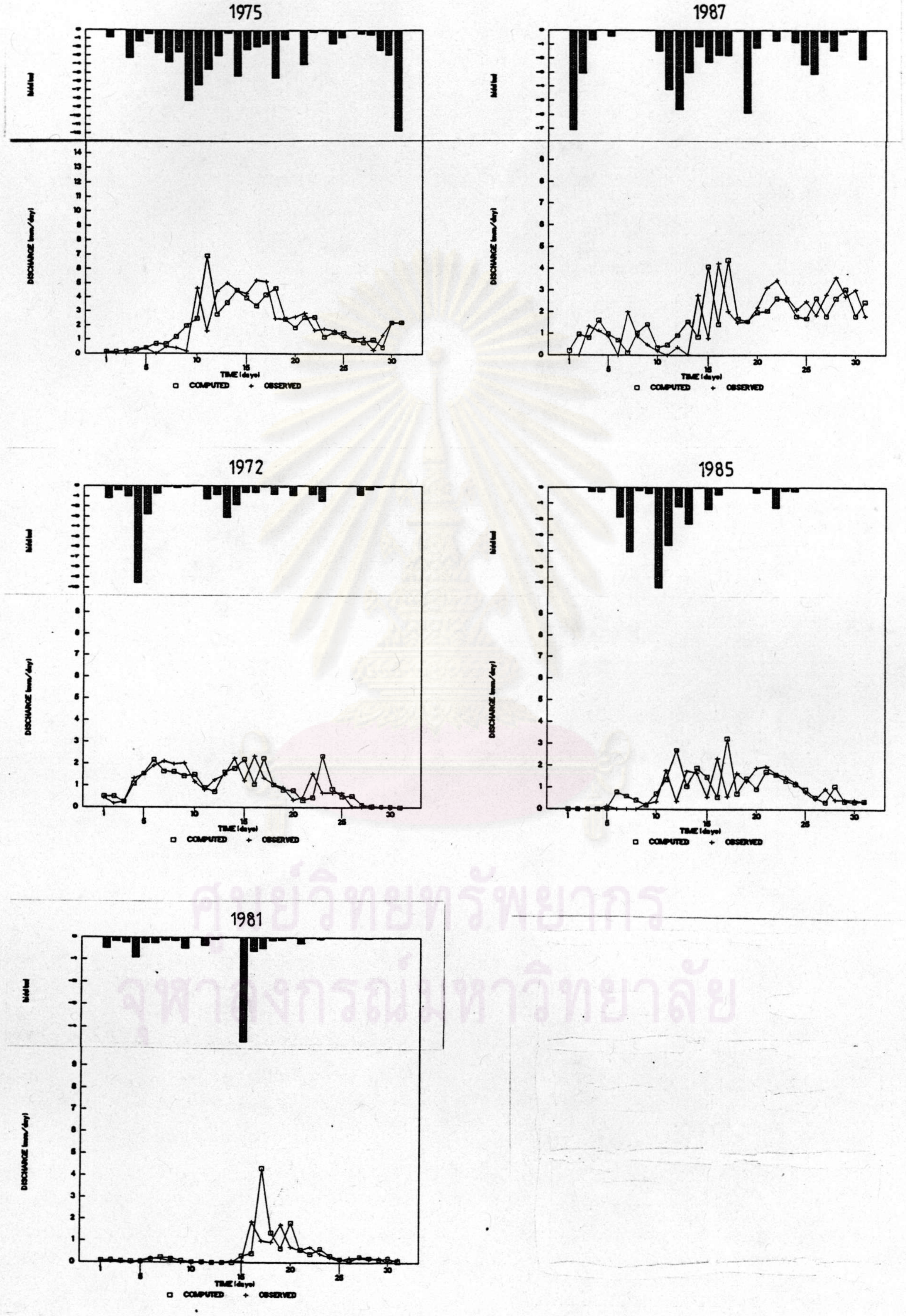
รูป 4.2(ต่อ) ค่า RMSE ของการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน
ที่ค่า Manning Coefficient ต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 4.3 ผลการคำนวณเมื่อใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 4.3(ต่อ) ผลการคำนวณเมื่อใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์