



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ แบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัวสำหรับน้ำท่ารายฤดูกาล

โดย ผศ. ดร. ขวาลิต ชาลีรักษ์ตระกูล และคณะ

มิถุนายน 2544

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

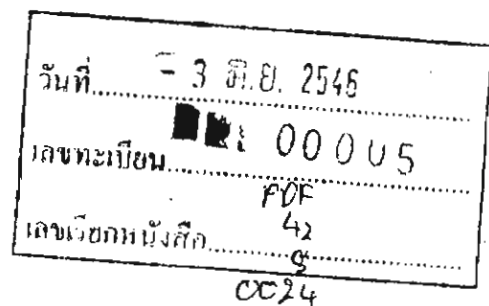
โครงการ แบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัวสำหรับน้ำท่ารายฤดูกาล

คณะผู้วิจัย

สังกัด

ผศ. ดร. ขวาลิต ขาสีรักษ์ตระกูล

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ชั้น 14 อาคาร เอส เอ็ม ทาวเวอร์
(ความเห็นในร่างรายงานของมูลนิธิสกว. ไม่จำเป็นต้องลงนามด้วยเสมอไป)

เลขบัญชีออมทรัพย์ 10300

โทร. 298-0455 โทรสาร 298-0476

Home page : <http://www.trf.or.th>

E-mail : trf-info@trf.or.th

ห้องสมุด

๑๑๑

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการทุนวิจัยหลังปริญญาเอก (PDF/24/2542) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุภัทท์ วงศ์วิเศษสมใจ ที่ปรึกษาโครงการวิจัยที่ให้คำแนะนำปรึกษาในทุกๆด้าน คุณ เกียรติกร แสงรัตน์วัชรา นักศึกษาปริญญาโท และคุณ รวิวรรณ อาจเลิศ ผู้ซึ่งมีส่วนร่วมในการวิจัย และจัดทำรายงานฉบับนี้ หายที่สุดขอขอบคุณสมาชิกครอบครัวชาลีรักษ์ตระกูลที่เป็นกำลังใจตลอดมา

Project Code : PDF-42-8-0024

(รหัสโครงการ)

Project Title : แบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัวสำหรับน้ำท่ารายฤดูกาล

(ชื่อโครงการ)

Investigator : ผศ. ดร. ขวลิท ขาสีรักษ์ตระกูล ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
(ชื่อนักวิจัย) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail Address : cchava@engr.tu.ac.th

Project Period : กรกฎาคม 2542 ถึง มิถุนายน 2544

(ระยะเวลาโครงการ)

บทคัดย่อ

แบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัวด้วยซิงกูลาร์ วาลิว ดีคอมโพสิชัน (singular value decomposition, SVD) [SVD/MAR (1)] เป็นแบบจำลองทางสถิติหนึ่ง สำหรับสังเคราะห์น้ำท่ารายฤดูกาลทั้งจากสถานีเดียวหรือหลายสถานีพร้อมเพรียงกัน ให้มีคุณสมบัติทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาลอดีตที่สเกลเวลาต่างๆ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักอยู่ 2 ประการคือ พิจารณาตรวจสอบวิธีแตกตัว [SVD หรือ โซเลสกี ดีคอมโพสิชัน (Cholesky decomposition, CD)] ที่เหมาะสม และเพื่อเสนอแบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานี ที่มีแนวทางใหม่ในการลดจำนวนพารามิเตอร์

เพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์หลักข้อแรก แบบจำลอง CD/MAR(1) ได้ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้ แบบจำลองนี้ประยุกต์ CD เข้ากับเมตริกของข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาลปรกติ ก่อนที่จะจำลอง MAR(1) กับเมตริกผลลัพธ์ของ CD ความปรวนแปรสหสัมพันธ์ของ MAR(1)-ส่วนเหลือ (residuals) คำนวณตามวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (method of maximum likelihood, MML) และวิธีโมเมนต์ (method of moment, MOM) แบบจำลอง CD/MAR(1) นี้ใช้ได้กับกรณีหนึ่งสถานีหรือหลายสถานีที่จำนวนสถานีที่พิจารณาไม่มากนัก แต่ถ้าสถานีที่สนใจมีจำนวนมาก เราจำเป็นต้องใช้แบบจำลอง SVD/MAR(1) ผลการพิจารณาตรวจสอบแบบจำลองที่ใช้ CD [CD/MAR(1)-MML และ CD/MAR(1)-MOM] และแบบจำลองเดิมที่ใช้ SVD [SVD/MAR(1)-MML และ SVD/MAR(1)-MOM] ด้วยข้อมูลจำนวน 43 ปี (ปี พ.ศ. 2498 – 2540) ของน้ำท่ารายเดือนจากสถานี Y.1C แม่น้ำยม (หนึ่งสถานี) สรุปได้ว่าแบบจำลอง CD/MAR(1)-MML สามารถรักษาคูสมบัตินทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและรายปีอดีตได้ดีที่สุด แต่กระนั้นก็ตามไม่มีแบบจำลองใดที่พิจารณา สามารถอธิบายคุณลักษณะน้ำแล้งที่ระดับตัดต่างๆไว้ได้

วัตถุประสงค์หลักอีกประการหนึ่งของการศึกษานี้เป็นการพัฒนาแบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานี ที่มีแนวทางใหม่ในการลดจำนวนพารามิเตอร์ แบบจำลองที่เสนอคำนวณเมตริกขององค์ประกอบหลักมาตรฐาน (standardized principal components, SPC) จากเมตริกของข้อมูลน้ำท่าปรกติทุกสถานีพร้อมเพรียงกัน (simultaneous) หรือที่ละสถานี (at-site) ด้วย SVD การลดจำนวนพารามิเตอร์ของ MAR(1) ทำได้โดยแบ่งเมตริก SPC ออกเป็น 2 ส่วนคือ เมตริกย่อยของ SPC ที่มีความสำคัญทางสถิติต่อการคำนวณย้อนกลับหาเมตริกของตัวแปรสุ่มน้ำท่าเริ่มต้น และส่วนที่ไม่มีความสำคัญทางสถิติ ตามเกณฑ์ของ 85% ของความแปรปรวนสะสมทั้งหมดของข้อมูลน้ำท่า จากนั้นจำลองส่วนที่มีความสำคัญด้วย MAR (1) แบบจำลอง SVD/MAR (1)-MML และ SVD/MAR(1)-MOM ที่เสนอ (simultaneous และ at-site) และที่มีอยู่เดิม ได้ถูกนำไปประยุกต์กับข้อมูลน้ำท่ารายเดือนจำนวน 43- ปี (พ.ศ. 2498-2540) จากสถานี P.12 แม่น้ำปิง W.3A แม่น้ำวัง Y.1C แม่น้ำยม และSK แม่น้ำน่าน ผลการศึกษาที่ได้พบว่าแบบจำลอง SVD/MAR(1)-MML ชนิดแตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน มีจำนวนพารามิเตอร์น้อยที่สุด และค่าองศาอิสระสำหรับประมาณการความแปรปรวนแปรสลับพันซ์ของ MAR(1)-ส่วนเหลือมากที่สุด อีกทั้งยังสามารถรักษาคุณลักษณะทางสถิติพื้นฐาน และคุณลักษณะน้ำแล้งที่หลายระดับตัดของข้อมูลน้ำท่าช่วงเวลารายเดือนและรายปีได้ดีที่สุดด้วย

ABSTRACT

The MAR(1) model combined with singular value decomposition, SVD, [SVD/MAR(1)] is a stochastic model for generating seasonal flows at a single and multiple sites that can reproduce the historic basic flow statistics at several different time scales. The main objectives of this research work are to investigate the appropriate decomposition for the stochastic MAR(1) model [SVD or Cholesky decomposition, CD], and to propose a multisite SVD/MAR(1) model having a new scheme in reducing the number of parameters.

To achieve the first objective, a stochastic CD/MAR(1) model is proposed. The model applies the CD to a matrix of normalized seasonal-flow data before modeling an MAR(1) to the innovation CD matrix. The MAR(1)-residual covariances are estimated using the method of maximum likelihood, MML, or the method of moment, MOM. The CD/MAR(1) model is limited to application at a single site or multiple locations where only few sites are considered. If the number of considered sites is large, it is necessary to use the SVD/MAR(1). Results of examining all competitive models [CD/MAR(1)-MML, CD/MAR(1)-MOM, SVD/MAR(1)-MML and SVD/MAR(1)-MOM] using a sequence of 43-year (1955 – 1997) monthly flow records for station Y.1C (Yom River) can be concluded that the CD/MAR(1)-MML model is the best one for describing the basic properties of historic monthly and annual flows. However, none of the models can preserve the monthly and annual drought statistics at several different threshold levels.

Another principal objective is to develop a multisite SVD/MAR(1) model having a new approach for reducing the number of parameters. Hence, the developed model computes the matrix of standardized principal components (SPC) from the matrix of normalized seasonal-flow data at once for all locations, or at each site. The MAR(1) parameters are reduced by separating the total SPC matrix into the sub-matrix of statistically significant SPC and noises based on the 85% of cumulative flow variance as a chosen cut-off level. The statistically significant SPC matrix is modeled using an MAR(1) process. The proposed simultaneous, at-site and existing SVD/MAR(1) models were applied to four series of 43-year (1955-1997) monthly flow data at station P.12 (Ping River), W.3A (Wang River), Y.1C (Yom River) and SK (Nan River). Results have demonstrated that the simultaneous SVD/MAR(1)-MML model has the least number of parameters, and the greatest degrees of freedom for computing the covariances of MAR(1) residuals. Further, it preserves best for the basic statistics and drought properties against several truncation levels of historic monthly and annual flows.

KEY WORDS: seasonal Flow generation, Singular value decomposition (SVD), Multivariate AR(1) [MAR(1)]

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ	ii
ABSTRACT	iv
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	vii
สารบัญรูป	xvi
รายการสัญลักษณ์	xvii
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	4
1.3 องค์ประกอบของรายงานการวิจัย	4
2. แบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัว	5
2.1 แบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม	5
2.1.1 กรณีสถานีเดียว	5
2.1.2 กรณีหลายสถานี	7
2.2 แบบจำลอง CD/MAR(1)	8
2.3 แบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานีที่เสนอ	9
2.3.1 แยกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน	9
2.3.2 แยกตัวทีละสถานี	11
3. ผลการประยุกต์ CD/MAR(1) ที่เสนอ	12
3.1 ข้อมูลน้ำท่า	12
3.2 วิธีการประยุกต์	12
3.3 ผลลัพธ์และการวิจารณ์	15
4. ผลการประยุกต์แบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานีที่เสนอ	28
4.1 ข้อมูลน้ำท่า	28
4.2 วิธีการประยุกต์	28
4.3 ผลลัพธ์และการวิจารณ์	29
5. บทสรุป	64
5.1 สรุปผลการศึกษา	64
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยขั้นต่อไป	65

5.3 คุณค่าทางวิชาการของงานวิจัยนี้	66
บรรณานุกรม	67
Output จากโครงการวิจัยที่ได้รับทุนจาก สกว.	69
ภาคผนวก	
ก. ผลการประยุกต์เพิ่มเติม	70
ข. reprint หรือ manuscript และบทความสำหรับการเผยแพร่	159

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของพล็อตความน่าจะเป็นแบบล็อกนอร์มอล 3-พารามิเตอร์ สำหรับน้ำท่ารายเดือน (สถานี Y.1C)	12
3.2 ค่าเฉลี่ยน้ำท่ารายเดือน (ล้าน ม ³) ของข้อมูลอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์ สำหรับสถานี Y.1C	17
3.3 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ล้าน ม ³) ของข้อมูลอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์ สำหรับสถานี Y.1C	18
3.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของข้อมูลอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับ สถานี Y.1C	19
3.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าเดือนนี้กับเดือนที่แล้วของข้อมูลอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C	20
3.6 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าปีนี้กับปีที่แล้ว ของข้อมูลน้ำท่ารายปีอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C	21
3.7 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูล สังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด mean	22
3.8 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูล สังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด 1.25 mean	23
3.9 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูล สังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด 1.5 mean	24
3.10 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูล สังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด mean	25
3.11 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูล สังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด 1.25 mean	26
3.12 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูล สังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด 1.5mean	27
4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของพล็อตความน่าจะเป็นแบบล็อกนอร์มอล3-พารามิเตอร์ สำหรับน้ำท่ารายเดือน (สถานี P.12 W.3A Y.1C และ SK)	28
4.2 SPC ที่สำคัญทางสถิติ จำนวนพารามิเตอร์และองศาอิสระของแบบจำลอง MAR(1) แต่ละประเภท (ชุดข้อมูลลุ่มน้ำเจ้าพระยา)	29
4.3 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 (mcm)	32

4.4	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 (mcm)	33
4.5	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 (mcm)	34
4.6	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 (mcm)	35
4.7	ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย แบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12	36
4.8	ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย แบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12	37
4.9	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเดือนนี้กับเดือนที่แล้วของข้อมูลน้ำท่ารายเดือน และของข้อมูลสังเคราะห์ที่คำนวณโดย แบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอสำหรับ สถานี P.12	38
4.10	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเดือนนี้กับเดือนที่แล้ว ของข้อมูลน้ำท่ารายเดือน และข้อมูลสังเคราะห์ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับ สถานี P.12	39
4.11	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่างสถานีของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12&W.3A	40
4.12	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่างสถานีของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12&W.3A	41
4.13	ค่าคุณสมบัติทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลน้ำท่ารายปีและข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12	42
4.14	ค่าคุณสมบัติทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลน้ำท่ารายปีและข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12	43
4.15	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่างสถานีของข้อมูลน้ำท่ารายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 W.3A Y.1C และ SK	44
4.16	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่างสถานีของข้อมูลน้ำท่ารายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 W.3A Y.1C และ SK	45
4.17	ผลรวมคะแนนและจำนวน out of bound (.) แสดงลำดับความสามารถการรักษา คุณลักษณะพื้นฐานทางสถิติของแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอและมีอยู่เดิม ของข้อมูลสังเคราะห์รายเดือนชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยา	46

[illegible]

4.34	ช่วงเวลาและขนาดน้ำเลี้ยงของข้อมูลน้ำทำรายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย แบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 1.5 mean	62
4.35	ผลรวมคะแนนแสดงลำดับความสามารถการรักษาคุณลักษณะน้ำเลี้ยงทั้ง 4 ระดับตัดของ แบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอและมีอยู่เดิมของข้อมูลสังเคราะห์รายเดือนชุดลุ่มน้ำ เจ้าพระยา	63
4.36	ผลรวมคะแนนแสดงลำดับความสามารถการรักษาคุณลักษณะน้ำเลี้ยงทั้ง 4 ระดับตัดของ แบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอและมีอยู่เดิมของข้อมูลสังเคราะห์รายปีชุดลุ่มน้ำ เจ้าพระยา	63
ก.1	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี W.3A (mcm)	71
ก.2	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี W.3A (mcm)	72
ก.3	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี Y.1C (mcm)	73
ก.4	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี Y.1C (mcm)	74
ก.5	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี SK (mcm)	75
ก.6	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี SK (mcm)	76
ก.7	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ โดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี W.3A (mcm)	77
ก.8	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ โดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี W.3A (mcm)	78
ก.9	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ โดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี Y.1C (mcm)	79
ก.10	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ โดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี Y.1C (mcm)	80
ก.11	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ โดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี SK (mcm)	81
ก.12	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ โดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี SK (mcm)	82
ก.13	ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ โดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี W.3A	83

สารบัญรูป

รูป		หน้า
3.1	ที่ตั้งสถานีของข้อมูลชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยา	13
3.2	นิยามแสดงคุณสมบัติของน้ำแล้งที่ใช้เปรียบเทียบในการศึกษา	14

รายการสัญลักษณ์

A	เมตริกพารามิเตอร์ของแบบจำลอง disaggregation
a	พารามิเตอร์แสดงจุดต่ำสุดของทฤษฎีความถี่แจกแจงแบบล็อกนอร์มอลระหว่างฤดูกาล
B	ระดับตัดต่างๆ ในการหาคุณลักษณะน้ำแล้ง
D	ช่วงเวลาขาดแคลนน้ำ
G	เมตริกความปรวนแปรสหสัมพันธ์ของ U
$\tilde{G}$	เมตริกสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ U
$I(.)$	เมตริกเอกลักษณ์
I	ดรรชนีแถว
J	ดรรชนีคอลัมน์
K	เมตริกพารามิเตอร์ของแบบจำลอง MAR (1) ชนิดแตกตัวด้วย SVD
k	จำนวนองค์ประกอบหลักมาตรฐาน (standardized principal components, SPC) ที่มีความสำคัญทางสถิติของ X
k_j	จำนวน SPC ที่มีความสำคัญทางสถิติของ X
L	เมตริกของพารามิเตอร์ของแบบจำลอง CD/MAR(1)
M	เมตริกของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ลำดับที่ 0 ของ Y
M_1	เมตริกของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ลำดับที่ 1 ของ Y
m	จำนวนปีของข้อมูลน้ำท่า
N	เมตริกของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ลำดับที่ 0 ของ Y
N_1	เมตริกของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ลำดับที่ 1 ของ Y
n	จำนวนสถานี
P	$(1/m)XX^T$ หรือ major product ของ X
p_k	เปอร์เซ็นต์ความปรวนแปรสะสมของ Y_1
Q	เมตริกข้อมูลน้ำท่ารายเดือน
q	ลักษณะทางสถิติของข้อมูลอดีต
$\hat{q}$	ค่าทางสถิติสังเคราะห์ของข้อมูล q
$\bar{q}$	ค่าเฉลี่ยของ q คำนวณจากน้ำท่าสังเคราะห์
$q_{(1)}$	ค่าสูงสุดของ q คำนวณจากน้ำท่าสังเคราะห์
$q_{(100)}$	ค่าต่ำสุดของ q คำนวณจากน้ำท่าสังเคราะห์
R	เมตริกสหสัมพันธ์ของ X
R_1	เมตริกสหสัมพันธ์ลำดับที่ 1 ของ X
r	ลำดับ (rank) ของ X
r_j	ลำดับ (rank) ของ X_j ($j = 1, \dots, n$)

S	เมตริกห้แยงมุมของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ X
s	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ q คำนวณจากน้ำท่าสังเคราะห์
T	transpose operator
U	เมตริกส่วนเหลือของแบบจำลอง MAR(1)
V_V	แถวเวกเตอร์ของ MAR(1) ส่วนเหลือ
V_V	แถวเวกเตอร์ของตัวแปรสุ่มแบบปรกติมาตรฐาน
W	เมตริกส่วนเหลือของแบบจำลอง MAR (1) ชนิดแตกตัวด้วย SVD
X	นอร์มอลไรซ์ (normalized) คอลัมน์เวกเตอร์ของน้ำท่ารายฤดูกาล
$\tilde{X}$	เมตริกมาตรฐานของ X
X_j	เมตริกของ transformed seasonal flows ที่สถานี j
$\bar{x}$	เมตริกค่าเฉลี่ยของ X
$x_{(1)}$	ค่าสูงสุดของ X_j
$x_{(0)}$	ค่ามัธยฐานของ X_j
$x_{(m)}$	ค่าต่ำสุดของ X_j
Y	นอร์มอลไรซ์ (normalized) คอลัมน์เวกเตอร์ของน้ำท่ารวม
Y	เมตริกย่อย / ของ SPC ที่ต่อเนื่องกัน
Y	เมตริก SPC ของ X
Y_1	เมตริกย่อยของ SPC ที่มีความสำคัญทางสถิติ
Y_2	เมตริกย่อยของ SPC ที่มีความสำคัญทางสถิติ
Y_1'	Y_1 ของ X'
Y_2'	Y_2 ของ X'
Δ	เมตริกไอเกนแวลลิว (eigenvalues) ของ R และ P
Φ	เมตริกพารามิเตอร์ของแบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัวด้วย SVD
Γ	เมตริกไอเกนเวกเตอร์ของ R และ P
Λ	เมตริกไอเกนแวลลิวของ $\tilde{G}$
Π	เมตริกไอเกนเวกเตอร์ (eigenvectors) ของ W
Ψ	เมตริกไอเกนเวกเตอร์ของ $\tilde{G}$
γ	สัมประสิทธิ์ความเบ้ของข้อมูลน้ำรายเดือน Q
V	ดรรชนีปี
$p_{0.05}$	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วิกฤติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
σ	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำรายเดือน u
ω	จำนวนฤดูกาล
ξ	น้ำขาดแคลน

- ψ เมตริกของพารามิเตอร์ของแบบจำลอง CD/MAR(1)
- ζ ปริมาณน้ำขาดแคลน
- Υ เมตริกผลลัพธ์ที่ได้จากการประยุกต์เทคนิค CD

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

น้ำท่ารายฤดูกาลเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญ สำหรับจัดการน้ำท่าที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพ โดยปรกติวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่ การศึกษาเลียนแบบ (simulation study) พฤติกรรมของระบบทรัพยากรน้ำ (water resource systems) ที่พิจารณา ด้วยชุดข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาลจำนวนมาก การศึกษาเลียนแบบนี้จะทำให้เราเข้าใจพฤติกรรมตอบสนองของระบบ ซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจเลือกนโยบายการบริหารน้ำที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติข้อมูลอดีตของน้ำท่ารายฤดูกาล ณ สถานที่ที่เราสนใจ มักมีความยาวไม่มากนักและมีเพียงชุดเดียว ยิ่งกว่านั้นโอกาสที่ชุดข้อมูลอดีตนี้จะเกิดซ้ำอีกในอนาคตมีความเป็นไปได้น้อย การใช้ชุดข้อมูลน้ำท่าอดีตเพียงชุดเดียวจะทำให้เราไม่เข้าใจพฤติกรรมของระบบ ที่พิจารณาเท่าที่ควร และจะส่งผลให้ไม่สามารถจัดสรรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากเหตุผลที่กล่าวไว้ข้างต้น การสังเคราะห์น้ำท่ารายฤดูกาลจำนวนมากจากชุดข้อมูลอดีตจึงเป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับบริหารและจัดการน้ำ ในการนำเอา น้ำท่ารายฤดูกาลสังเคราะห์ (generated seasonal flows) ไปใช้ในการศึกษาเลียนแบบพฤติกรรมของระบบทรัพยากรน้ำนั้น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของการคำนวณลักษณะและพฤติกรรมของระบบ [ปริมาณความจุเก็บกักของระบบ (storage capacity) แนวนโยบายการจัดสรรน้ำ (operating policy) และความเสี่ยงของการขาดแคลนน้ำ (water-deficit risk) เป็นต้น] ที่ถูกต้อง ซึ่งจะส่งผลให้สามารถออกแบบและวางแผนระบบได้อย่างเหมาะสม น้ำท่ารายฤดูกาลสังเคราะห์จะต้องมีลักษณะทางสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย (mean) ความแปรปรวน (variance) สัมประสิทธิ์ความเบ้ (skewness coefficient) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามเวลา (temporal correlation coefficient) ที่เหมือนกันกับของข้อมูลน้ำท่าอดีตที่สเกลเวลา (time scale) ต่างๆ (Hoshi et al., 1978; Bras and Rodriguez-Iturbe, 1985; Oliveira et al., 1988) ตัวอย่าง เช่น ถ้าเราสังเคราะห์น้ำท่ารายเดือน (monthly flow) ด้วยข้อมูลน้ำท่าอดีตของสถานีหนึ่ง (single site) น้ำท่ารายเดือนสังเคราะห์ที่ได้จะต้องรักษาลักษณะทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลที่ช่วงเวลารายเดือนและรายปี (monthly and annual time intervals) ยิ่งกว่านั้นในกรณีที่เราจำเป็นต้องสังเคราะห์น้ำท่ารายฤดูกาลจากข้อมูลอดีตหลายสถานีพร้อมเพรียงกัน (multiple sites) ปัญหาจะยิ่งซับซ้อนขึ้น เพราะเราจะต้องอธิบายสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำท่าระหว่างสถานีต่างๆ (cross-correlation coefficient) เพิ่มเติม นอกเหนือไปจากที่จะต้องจำลองลักษณะทางสถิติพื้นฐานของแต่ละสถานีที่หลายสเกลเวลา ขึ้นอยู่กับจำนวนสถานีที่เราพิจารณาลักษณะทางสถิติของน้ำท่าที่เราจำเป็นต้องรักษาไว้ อาจจะมากเสียจนกระทั่งเกินกว่าจำนวนชุดข้อมูลอดีต ถ้าสถานีที่สนใจมีจำนวนมาก

ในการสังเคราะห์น้ำท่ารายฤดูกาลให้รักษาลักษณะทางสถิติของน้ำท่าที่หลายสเกลเวลาแบบจำลองทางสถิติที่ได้รับการยอมรับให้ใช้กันในทางปฏิบัติคือแบบจำลองแจกแจง (disaggregation) แบบจำลองนี้ได้ถูกนำเสนอให้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายโดย Valencia and Schaake (1973) แบบจำลองแจกแจงจะสังเคราะห์น้ำท่ารายฤดูกาล (lower-level หรือ shorter time scale) จากน้ำท่ารายสเกลเวลารวม (upper-level หรือ longer time scale) ที่กำหนดให้ แบบจำลองแจกแจงนี้จะให้ข้อมูลน้ำท่าสังเคราะห์ ที่มีคุณสมบัติทางสถิติพื้นฐานคล้ายคลึงกับของข้อมูลน้ำท่าในอดีตสำหรับสเกลเวลารวมต่างๆ เช่น ถ้าเราประยุกต์แบบจำลองแจกแจง เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนจากน้ำท่ารวมรายปี น้ำท่ารายเดือนที่ได้จะมีคุณสมบัติทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและรายปีอดีต นอกจากนี้ผลรวมของน้ำท่ารายเดือนสังเคราะห์ที่ได้จะเท่ากับน้ำท่ารวมรายปีที่กำหนดให้ด้วย อย่างไรก็ตามคุณสมบัติผลรวม (additive property) ของแบบจำลองแจกแจงนี้จะมีได้ ก็ต่อเมื่อข้อมูลน้ำท่าอดีตที่นำมาจำลองมีความถี่กระจายเป็นแบบปกติ (normal) เท่านั้น คุณสมบัตินี้จะสูญเสียไปถ้ามีการแปลงความถี่ของข้อมูลจากการกระจายแบบเบ้ (skewed) ให้เป็นแบบปกติ ซึ่งในความเป็นจริงข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาลส่วนใหญ่ก็จะมีรูปร่างความถี่ไม่ปกติเสียด้วย นอกจากนี้แบบจำลองนี้ยังมีจำนวนพารามิเตอร์ (parameter) ที่มากเกินไป เพราะว่ามันถูกออกแบบให้สามารถอธิบายลักษณะทางสถิติพื้นฐานทั้งหมดที่รายฤดูกาล ช่วงเวลารวม และระหว่างช่วงเวลาทั้งสอง ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการนำไปใช้สังเคราะห์น้ำจากหลายสถานี

การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการแปลงข้อมูลให้เป็นปกติ และทำให้คุณสมบัติผลรวมสำหรับแบบจำลองแจกแจงของ Valencia and Schaake (1973) เสียไป สามารถทำได้ 2 วิธี วิธีแรกแก้ไขโดยเลือกปรับน้ำท่ารายฤดูกาลหรือน้ำท่ารวม ให้คุณสมบัติผลรวมคงอยู่ และยอมให้ความถี่แจกแจงของข้อมูลน้ำท่าที่ถูกปรับแก้คลาดเคลื่อนแทน (Grygier and Stedinger, 1988) อีกวิธีหนึ่งที่เป็นไปได้ก็คือเลือกใช้แบบจำลองแจกแจง ที่สามารถจำลองความถี่ของข้อมูลน้ำท่าได้โดยไม่ต้องแปลงข้อมูล อาทิ แบบจำลองแจกแจงไม่เชิงเส้น (non-linear) ที่พัฒนาโดย Koutsoyiannis (1992) หรือที่ใช้ความถี่ของตัวอย่างข้อมูลโดยตรง (ไม่มีการแปลงข้อมูล) เช่น แบบจำลองแจกแจงไม่ใช้พารามิเตอร์ (non-parametric) เพิ่งนำเสนอเร็วๆ นี้โดย Tarboton et al. (1998)

ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนพารามิเตอร์ของแบบจำลองแจกแจงของ Valencia and Schaake (1973) อาจลดได้โดยกระจายน้ำท่ารวมที่กำหนดให้ทีละขั้น (staged disaggregation) จนกระทั่งได้น้ำท่าในช่วงเวลาที่ต้องการ (ดู Loucks et al., 1981) เช่น ถ้าต้องการน้ำท่ารายเดือนสังเคราะห์จากน้ำท่ารวมรายปีที่กำหนดให้ เราอาจแบ่งน้ำท่ารายปีออกเป็นน้ำท่าราย 4-เดือน ก่อนที่จะแบ่งน้ำท่าราย 4-เดือนให้เป็นน้ำท่ารายเดือนตามลำดับ หรือเราอาจเลือกใช้แบบจำลองแจกแจงต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับสังเคราะห์น้ำท่ารายฤดูกาลจากหลายสถานีพร้อมเพรียงกัน (Lane, 1982; Grygier and Stedinger, 1988; Koutsoyiannis, 1992; Santos and Salas, 1992) แบบจำลองเหล่านี้ อธิบายเฉพาะสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำท่าที่สำคัญๆ [สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าฤดูนี้กับฤดูที่แล้วที่สถานีเดียวกัน (season-to-season correlation coefficient) และสัมประสิทธิ์สห

สัมพันธระหว่างน้ำท่ารายฤดูกาลจากต่างสถานีกัน (seasonal cross-correlation coefficient)] และรักษาคุณสมบัติผลรวมของน้ำท่า

นอกเหนือไปจากแบบจำลองแจกแจงที่กล่าวไปแล้วข้างต้น วิธีการทางสถิติหลายวิธีสำหรับสังเคราะห์น้ำท่ารายฤดูกาลจากข้อมูลน้ำท่าอดีตในช่วงเวลานั้นโดยตรง ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาให้สามารถรักษาลักษณะทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลน้ำท่าอดีตที่รายสเกลเวลาต่างๆ Cavadias (1986) ได้เสนอวิธีสังเคราะห์น้ำท่ารายฤดูกาล โดยพัฒนาขึ้นมาจากเทคนิค ซิงกูลาร์ วาลิว ดิคอมโพสิชัน (singular value decomposition, SVD) SVD เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ เหมาะที่จะนำไปใช้คำนวณเมตริกองค์ประกอบหลักมาตรฐาน (standardized principal components, SPC) ของเมตริกข้อมูลขนาดใหญ่ วิธีของ Cavadias (1986) สามารถรักษาค่าเฉลี่ย ความปรวนแปร และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าในปีเดียวกัน (within-the-year correlation coefficient) ของข้อมูลอดีตที่สเกลเวลาต่างๆ แต่มันไม่สามารถอธิบายสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าฤดูแรกของปีกับฤดูสุดท้ายของปีที่แล้ว (season-to-season correlation coefficient between flows of successive years) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อัตโนมัติลำดับที่ 1 ของน้ำท่ารวมรายปี (lag-one annual auto-correlation coefficient)

เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของวิธีสังเคราะห์น้ำท่าด้วย SVD (Cavadias, 1986) ให้สามารถอธิบายลักษณะทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลน้ำท่าอดีตในช่วงเวลารวมต่างๆได้ Chaleeraktragoon (1999) ได้พัฒนาแบบจำลองทางสถิติสำหรับสังเคราะห์น้ำท่ารายฤดูกาล ซึ่งประกอบไปด้วยเทคนิค SVD กับขบวนการถดถอยอัตโนมัติแบบหลายตัวแปรลำดับที่ 1 [multivariate autoregressive of order one, MAR(1)] แบบจำลองนี้จะถูกเรียกรวมกันในภายหลังว่า SVD/MAR(1) แบบจำลอง SVD/MAR(1) นี้เริ่มต้นด้วยการแปลงเมตริกข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาลอดีตแบบปรกติให้เป็นเมตริก SPC โดยเทคนิค SVD ก่อนที่จะประยุกต์ขบวนการ MAR(1) เข้ากับเมตริก SPC การแตกตัวเมตริกสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation matrix) ของเมตริกข้อมูลน้ำท่าด้วย SVD ทำให้แบบจำลอง SVD/MAR(1) เหมาะที่จะนำไปใช้สังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าจากหลายสถานีพร้อมเพรียงกัน เพราะจำนวนพารามิเตอร์ของ MAR(1) สามารถลดลงได้ง่าย โดยแบ่งเมตริก SPC อย่างเท่าๆกันออกเป็น 3 เมตริกย่อยของ SPC ที่เรียงลำดับต่อเนื่องกันไป (successive) แล้วจึงจำลอง MAR(1) เข้ากับแต่ละเมตริกย่อยของ SPC อย่างไรก็ตามแนวทางการลดจำนวนพารามิเตอร์ที่มีอยู่เดิมนี้อาจสิ้นเปลืองพารามิเตอร์มากเกินไปจนความจำเป็น เพราะว่าจำลอง MAR(1) เข้ากับทุกคอลัมน์เวกเตอร์ของเมตริก SPC ทั้งๆที่คอลัมน์เวกเตอร์แรกของเมตริก SPC เท่านั้น ที่มีนัยสำคัญทางสถิติในการคำนวณย้อนกลับเพื่อหาเมตริกน้ำท่าสังเคราะห์ แต่คอลัมน์เวกเตอร์ที่เหลือไม่มีความสำคัญ (noise) เลย (ดู Jolliffe, 1986) นอกจากนี้เป็นที่รู้กันอยู่โดยทั่วไปว่า การแตกตัวของเมตริกสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทำได้หลายวิธี (Graybill, 1969 and Koutsoyiannis, 1999) วิธีที่ง่ายและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่ ไชเลสกี ดิคอมโพสิชัน (Cholesky decomposition, CD) ดู Graybill (1969) ยิ่งกว่านั้นแต่ละวิธีแตกตัวจะให้คำตอบที่แตกต่างกันออกไป ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับแบบจำลอง SVD/MAR(1) ว่าการแตกตัวด้วย SVD ที่ใช้อยู่เหมาะสมหรือไม่

จากที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของ SVD และ CD ที่จะนำมาใช้กับแบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัว (Chaleeraktragoon, 1999) และเสนอแบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานะ ที่มีแนวทางใหม่ในการลดจำนวนพารามิเตอร์ แนวทางที่เสนอในการศึกษานี้ใช้เกณฑ์ความแปรปรวนสะสม (cumulative variance) ของข้อมูลน้ำท่า ในการแบ่งเมตริก SPC ออกเป็นส่วนที่สำคัญกับ noise (Jolliffe, 1986) ข้อมูลน้ำท่าที่ถูกเลือกใช้เป็นข้อมูลน้ำท่ารายเดือนของสถานี P.12 (แม่น้ำปิง) W.3A (แม่น้ำวัง) Y.1C (แม่น้ำยม) และ SK (แม่น้ำน่าน) จำนวน 43 ปี (ปี พ.ศ. 2498 - 2540) ผลลัพธ์ของการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า วิธีแตกตัวด้วย CD เหมาะสมสำหรับใช้กับ MAR(1) กรณีสถานะเดียว แต่ SVD ดีกว่าถ้าใช้ในกรณีของหลายสถานะ แบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานะที่แนะนำในการศึกษานี้ มีจำนวนพารามิเตอร์ที่น้อยกว่าแบบจำลองเดิม และยังสามารถอธิบายลักษณะทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาลได้ดีที่สเกลเวลาต่างๆได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- (1) เสนอแบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัวด้วย CD [CD/MAR(1)]
- (2) ตรวจสอบความสามารถของแบบจำลอง SVD/MAR(1) และ CD/MAR(1) ในการรักษาลักษณะทางสถิติของข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาล และที่สเกลเวลารวมรายปี
- (3) เสนอแบบจำลอง SVD/MAR(1) กรณีหลายสถานะ ที่มีแนวทางใหม่สำหรับลดจำนวนพารามิเตอร์
- (4) เปรียบเทียบแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอกับที่มีอยู่เดิม ทั้งในประเด็นของจำนวนพารามิเตอร์ และความสามารถในการอธิบายลักษณะทางสถิติของข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาลที่ช่วงเวลาเดือนและรวมรายปี

1.3 องค์ประกอบของรายงานการวิจัย

บทที่ 2 อธิบายถึงแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม พร้อมทั้งนำเสนอแบบจำลอง CD/MAR(1) และแบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานะที่แนะนำ บทที่ 3 อธิบายถึงวิธีการตรวจสอบความสามารถของแบบจำลอง SVD/MAR(1) และ CD/MAR(1) ที่พิจารณา และวิจารณ์ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษา ผลลัพธ์การเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอกับที่มีอยู่เดิมจะถูกวิจารณ์ในบทที่ 4 บทที่ 5 จะสรุปผลการศึกษา แนะนำงานวิจัยในขั้นต่อไป พร้อมทั้งกล่าวถึงคุณค่าทางวิชาการที่ริเริ่มในงานวิจัยนี้

บทที่ 2

แบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัว

บทนี้เป็นการอธิบายถึงแบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัวที่มีอยู่เดิม และที่เสนอแนะเพิ่มเติมตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ รายละเอียดแบบจำลองต่างๆมีดังนี้

2.1 แบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม

Chaleeraktragoon (1999) ได้พัฒนาแบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาลกรณีสถานีเดียวหรือหลายสถานีพร้อมเพรียงกัน

2.1.1 กรณีสถานีเดียว

กำหนดให้เมตริกข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาล $Q = [Q_{ij}]$ โดยที่ $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, \omega$; (m = จำนวนปีของข้อมูล และ ω = จำนวนฤดูกาล) ถ้า Q , มีความถี่แจกแจงไม่เป็นแบบปกติ (normal) Q , จะถูกแปลงให้เป็นน้ำท่ารายฤดูกาลปกติ X_j โดย (Loucks et al., 1981):

$$X_j = \ln(Q_j - a_j) \quad (2.1)$$

เมื่อ a_j = พารามิเตอร์แสดงจุดต่ำสุด (lower bound parameter) ของทฤษฎีความถี่แจกแจงแบบล็อกนอร์มอล (lognormal distribution) สำหรับน้ำท่าฤดูกาล j Stedinger (1993) แนะนำให้คำนวณหาพารามิเตอร์ a_j จากตัวอย่างข้อมูลน้ำท่าด้วยวิธีประมาณการแบบควอนไทล์ (quantile) ดังสมการ

$$a_j = \frac{x_{(1)}x_{(m)} - x_{(e)}^2}{x_{(1)} + x_{(m)} - 2x_{(e)}} \quad (2.2)$$

โดยที่ $x_{(1)}$ = ค่าสูงสุดของ X_j , $x_{(m)}$ = ค่าต่ำสุดของ X_j และ $x_{(e)}$ = ค่ามัธยฐาน (median) ของ X_j จากนั้นคำนวณเมตริกมาตรฐาน $\tilde{X}$ ของ X โดย

$$\tilde{X} = (X - \bar{X})S^{-1} \quad (2.3)$$

เมื่อ $\bar{X}$ = เมตริกของค่าเฉลี่ยของ X และ S = เมตริกทแยงมุมของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ X

ในขั้นต่อไปเมตริกมาตรฐาน $\tilde{X}$ จะถูกแปลงให้เป็น $m \times r$ เมตริก Y ของ SPC [r = ลำดับ (rank k) ของ $\tilde{X}$ ในที่นี้ $r \leq \omega$] ด้วย SVD ดังสมการ

$$Y = \tilde{X} \Gamma [\Delta^{1/2}]^{-1} \quad (2.4)$$

โดยที่ $\Delta = r \times r$ เมตริกทแยงมุมของไอเกนวลลิว (eigenvalues) ที่เป็นบวก และเรียงจากมากไปน้อย ($\Delta_{11} > \Delta_{12} > \dots > \Delta_{rr} > \dots > \Delta_{rr}$ เมื่อ Δ_{jj} = สมาชิกตามแนวทแยงมุมของเมตริก Δ) และ $\Gamma = \omega \times r$ เมตริกของไอเกนเวกเตอร์ (eigenvectors) ของ R (R = เมตริกสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ X) ที่มีแถวเวกเตอร์และคอลัมน์เวกเตอร์เป็นออร์โธนอร์มอล (orthonormal) [นั่นคือ $\Gamma^T \Gamma = I(r)$, $\Gamma \Gamma^T = I(\omega)$ เมื่อ $I(.)$ = เมตริกเอกลักษณ์] เมตริก Δ และ Γ จะถูกประมาณการจาก

$$R \Gamma = \Delta \Gamma \quad (2.5)$$

และ
$$R = \frac{1}{m} \tilde{X}^T \tilde{X} \quad (2.6)$$

จากนั้นจำลองเมตริก Y ของ SPC ด้วย MAR(1):

$$Y_v = Y_{v-1} \Phi + U_v = Y_{v-1} \Phi + W_v K \quad (2.7)$$

เมื่อ $Y_v = 1 \times r$ แถวเวกเตอร์ของ Y , $U_v = 1 \times r$ แถวเวกเตอร์ส่วนเหลือ (residuals) ของ U ที่มีความปรวนแปรสหสัมพันธ์ G , Φ และ $K = r \times r$ พารามิเตอร์เมตริกและ $W_v = 1 \times r$ แถวเวกเตอร์ตัวแปรสุ่มปรกติมาตรฐาน (standard normal) ของ W พารามิเตอร์เมตริก Φ คำนวณหาโดย

$$\Phi = M^{-1} M_1 = M_1 \quad (2.8)$$

เมื่อ M และ $M_1 = r \times r$ เมตริกของสหสัมพันธ์ลำดับที่ 0 และ 1 ของ Y สังเกตใน (2.8) ด้วยว่า $M^{-1} = I(r)$ ประมาณการของพารามิเตอร์ K ประมาณการได้โดย

$$K = \Lambda^{1/2} \Psi^T [G_{\parallel}]^{1/2} \quad (2.9)$$

เมื่อ $\Lambda = k \times k$ เมตริกของไอเกนวลลิว, $\Psi = k \times k$ เมตริกของไอเกนเวกเตอร์ของ $\tilde{G}$ ($\tilde{G}$ = เมตริกสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ U) และ $[G_{\parallel}]$ = เมตริกทแยงมุมของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ U เมตริก

G สามารถประมาณการได้ทั้งวิธี method of maximum likelihood, MML และ method of moment, MOM ซึ่งแสดงตามลำดับได้ดังนี้ (Stedinger, 1985) :

$$G = (1/m)U^T U \quad (2.10)$$

$$G = M - \Phi^T M \Phi = (I(r) - \Phi^T \Phi) \quad (2.11)$$

แบบจำลอง SVD/MAR(1) อธิบายเมตริก R ด้วย Δ และ Γ [ดู (2.5)] และถ้าเราเขียนสมการ (2.4) ใหม่ว่า

$$R_1 = \Gamma \Delta^{1/2} M_1 \Delta^{1/2} \Gamma^T \quad (2.12)$$

จะเห็นได้ว่าแบบจำลองนี้รักษา R_1 ผ่านทาง M_1 แบบจำลอง SVD/MAR(1) มีจำนวนพารามิเตอร์ของแบบจำลอง $= 2r^2$ และค่าองศาอิสระสำหรับจำนวนพารามิเตอร์ $K = m - r$

2.1.2 กรณีหลายสถานะ

ในที่นี้เมตริกนำทํารายฤดูกาลแบบปรกติและมาตรฐาน $\tilde{X}$ จะกลายเป็น $\tilde{X} = [\tilde{X}_j]$ สำหรับ $j = 1, 2, \dots, n(\omega)$ ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งแบบพหุพจน์(non-singular, $r \leq n(\omega)$) และเอกพจน์ (singular, $r \leq m$) ขึ้นอยู่กับความยาวของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้และจำนวนสถานะที่พิจารณา ในกรณีที่เมตริก $\tilde{X}$ เป็นพหุพจน์ เราจะแปลง $\tilde{X}$ ให้เป็น $m \times r$ เมตริก Y ของ SPC ด้วย SVD ดังสมการ (2.4) ในทางตรงข้ามถ้าเมตริก $\tilde{X}$ เป็นเอกพจน์ ในที่นี้เราจะคำนวณเมตริกไอเกนวาเลลิว Δ จากเมตริกผลคูณ $P [P = (1/m)\tilde{X}\tilde{X}^T]$ เพราะขนาดของเมตริกเล็กกว่า R โดย

$$P\Pi = \Pi\Delta \quad (2.13)$$

เมื่อ $\Pi = m \times r$ เมตริกไอเกนเวคเตอร์ของ P ส่วนเมตริกไอเกนเวคเตอร์ Λ ของ R คำนวณโดย

$$\Lambda = \left(\frac{1}{m}\right)^{1/2} \tilde{X}^T \Pi (\Delta^{1/2})^{-1} \quad (2.14)$$

ขั้นตอนต่อไปเป็นการหา SPC เมตริก Y

$$Y = m^{1/2} \Pi \quad (2.15)$$

จากนั้นจะทำการแบ่งเมตริก SPC Y ออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆกัน $Y = Y^1:Y^2:Y^3$ เมื่อ Y เป็น $m \times r/3$ เมตริกของ SPC ที่ต่อเนื่องกัน และจำลองแต่ละเมตริก Y ด้วย MAR(1) [ดู (2.7)-(2.11)] แบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานี ตามที่ได้อธิบายไว้รักษาเมตริก R เหมือนของแบบจำลองกรณีสถานีเดียว แต่ให้เมตริก R_1 โดยประมาณผ่านทางสมาชิกตามแนวทะแยงมุมของ M_1 ขนาด $(r/3) \times (r/3)$ ซึ่งส่งผลให้จำนวนพารามิเตอร์ลดลงจาก $2r^2$ เป็น $(2/3)r^2$ และจำนวนองศาอิสระเพิ่มขึ้นจาก $m - r$ เป็น $m - (r/3)$

2.2 แบบจำลอง CD/MAR(1)

วิธีแตกตัวเมตริกของข้อมูลมีด้วยกันหลายวิธีและแต่ละวิธีก็ให้คำตอบที่แตกต่างกัน เช่น SVD (Jöreskog et al., 1976 และ Green, 1978) ซึ่งใช้ในแบบจำลองเดิมตามที่ได้อธิบายไว้แล้ว CD หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าวิธีรากกำลังที่สอง –square root method– (ดู Graybill, 1969) และที่เพิ่งพัฒนาขึ้นมาล่าสุดได้แก่การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (optimal) ด้วยแนวทางการหาค่าเหมาะสมแบบไม่เชิงเส้น –non-linear optimization scheme– (Koutsoyiannis, 1999) แต่วิธีที่ง่ายที่สุดและใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่ CD ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักข้อหนึ่งของงานวิจัยนี้จึงต้องการที่จะพิจารณาตรวจสอบว่า CD หรือ SVD จะเหมาะสมกับแบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัว โดยเสนอแนะแบบจำลอง CD/MAR(1) ซึ่งจะกล่าวถึงในลำดับต่อไป เพื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองเดิม

โดยทั่วไป CD จะใช้กับเมตริกข้อมูลที่มีเมตริกสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของมันเป็นบวกอย่างชัดเจน [positive definite] (Ula, 1992) ซึ่งส่วนใหญ่มักเป็นเมตริกของข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาลสำหรับหนึ่งสถานี หรือหลายสถานีเมื่อสถานีที่พิจารณามีไม่มาก เพื่อความสะดวกในการนำเสนอแบบจำลอง CD/MAR(1) จะถูกอธิบายให้เข้ากลับกรณีเมตริกข้อมูลน้ำท่ามาจากหนึ่งสถานี ดังนั้นในที่นี้เมตริกข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาลมาตรฐาน $\tilde{X}$ มีขนาด $m \times \omega$ แบบจำลอง CD/MAR(1) เริ่มต้นด้วยการแปลงเมตริก $\tilde{X}$ โดย

$$Y = \tilde{X} \Lambda^{-1} \quad (2.16)$$

โดยที่ $Y = m \times \omega$ เมตริกผลลัพท์ที่คอลัมน์เวกเตอร์มีคุณสมบัติเป็นออร์โทโกนอล –orthogonal– [$\frac{1}{m} Y^T Y = I(\omega)$] และ $\Lambda = \omega \times \omega$ เมตริกสามเหลี่ยมส่วนบน (upper triangular matrix) ของพารามิเตอร์ ที่มีสมาชิก $\Lambda_{ij} \neq 0$ เมื่อ $i \leq j$ และ $\Lambda_{ij} = 0$ สำหรับ $i > j$ พารามิเตอร์เมตริก Λ ประมาณการจาก

$$R = \Lambda^T \Lambda \quad (2.17)$$

เมตริก Y จะถูกจำลองด้วย MAR(1) ตาม (2.7) เมื่อ ψ และ L คือ MAR(1)-พารามิเตอร์ของ Y V_V คือ แกนเวกเตอร์ของ MAR(1) ส่วนเหลือที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และความแปรปรวนแปรสหสัมพันธ์ H และ V_V' คือ แกนเวกเตอร์ของตัวแปรสุ่มแบบปรกติมาตรฐาน พารามิเตอร์เมตริก ψ สามารถถูกประมาณการได้ด้วย N และ N_1 โดยที่ N และ N_1 = เมตริกสหสัมพันธ์ลำดับที่ 0 และ 1 ของ (2.8) แต่พารามิเตอร์เมตริก L คำนวณได้จากเมตริกของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ H_s ของ V (2.17) เมตริกของความแปรปรวนแปรสหสัมพันธ์ H ของ V อาจประมาณการด้วยวิธี MML หรือวิธี MOM ด้วย (2.10) และ (2.11) แบบจำลอง CD/MAR(1) อธิบายเมตริก R ด้วย Λ ตาม (2.7) ทำนองเดียวกับแบบจำลอง SVD/MAR(1) และรักษาเมตริก R_1 ผ่านทางเมตริก N_1 [ดู (2.8)] จำนวนพารามิเตอร์ของมัน = $2\omega^2$ ส่วนจำนวนของค่าอิสระที่เหลือสำหรับคำนวณพารามิเตอร์เมตริก $L = m - \omega$

แบบจำลอง CD/MAR(1) ที่อธิบายที่อธิบายไว้ข้างต้นสามารถนำมาใช้สังเคราะห์ข้อมูลน้ำทำจากหลายสถานีพร้อมเพรียงกันได้ คราบน้ำเมตริกของสหสัมพันธ์ R ของข้อมูลยังเป็นบวกชัดเจน สถานการณ์เช่นนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อข้อมูลน้ำทำยาวเพียงพอและ/หรือ จำนวนสถานีที่พิจารณามีไม่มาก อย่างไรก็ตามในกรณีของหลายสถานีจำนวนพารามิเตอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (จำนวนเท่าของ $2\omega^2$) ดังนั้นการลดจำนวนพารามิเตอร์จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับกรณีหลายสถานี แต่ CD ไม่ได้ให้เมตริกผลลัพธ์ Y ที่คอลัมน์เวกเตอร์ของมันสามารถถูกแบ่งแยกความสำคัญทางสถิติต่อค่า $\tilde{X}$ ได้อย่างชัดเจนเหมือน SVD ซึ่งจะได้แสดงในลำดับต่อไป ทำให้ไม่สามารถมีเกณฑ์หรือแนวทางที่แน่นอนสำหรับลดจำนวนพารามิเตอร์ได้ ยิ่งกว่านั้นเมื่อเมตริกสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R เป็นบวกที่ไม่ค่อยชัดเจน (positive semidefinite) ถึงแม้ว่ายังสามารถปรับปรุงให้คำนวณเมตริก Λ ได้ แต่กระนั้นก็ตามส่วนกลับของ Λ^{-1} ไม่สามารถคำนวณได้ จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า ในกรณีของหลายสถานีการใช้ SVD จึงมีข้อได้เปรียบกว่า CD มาก ดังนั้นแบบจำลองสำหรับหลายสถานีที่เสนอในลำดับต่อไปจะพิจารณาเฉพาะ SVD

2.3 แบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานีที่เสนอ

กำหนดให้ $\tilde{X}$ $m \times m\omega$ เมตริกของข้อมูลน้ำทำรายฤดูกาลปรกติหลายสถานี ในลำดับต่อไป SVD จะถูกนำไปใช้แตกตัวเมตริก $\tilde{X}$ ได้ 2 ลักษณะ คือ แยกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกันทุกสถานี (simultaneous) หรือ ทีละสถานี (at-site) ขึ้นอยู่กับความสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำทำที่พิจารณา รายละเอียดของแต่ละแบบจำลองสามารถอธิบายโดยสรุปได้ดังนี้

2.3.1 แยกตัวครั้งเดียวพร้อม เพรียงกัน

ถ้าเมตริกข้อมูลน้ำทำ $\tilde{X}$ มีลักษณะสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสถานีสูงเมตริก $\tilde{X}$ จะถูกแปลงให้เป็นเมตริก SPC (Y) พร้อมกันทุกสถานี กรณีนี้ในช่วงการแตกตัวเพื่อหาเมตริก SPC Y จะเหมือนกับแบบจำลองที่มีอยู่เดิม ทั้งกรณีที่ข้อมูลเป็นเมตริกพหุพจน์ [ดู (2.4)] และเอกพจน์ [ดู

(2.13)-(2.15)] เพื่อที่จะลดจำนวนพารามิเตอร์ของแบบจำลอง MAR (1) สำหรับกรณีหลายสถานี ให้พิจารณา (2.4) และเขียน (2.4) ใหม่สำหรับค่าพารามิเตอร์ $\tilde{X}_j$ ของ X ดังนี้คือ:

$$\tilde{X}_j = \Delta_{11}^{1/2} \Gamma_{1j} Y_{1j} + \Delta_{22}^{1/2} \Gamma_{2j} Y_{2j} + \dots + \Delta_{rr}^{1/2} \Gamma_{rj} Y_{rj} \quad (2.18)$$

จาก (2.18) จะเห็นได้ว่าน้ำหนักการถ่วงดุล $\tilde{X}_j$ คือค่าผลรวมตามน้ำหนักของ Y_j ($j = 1, 2, \dots, r$) และน้ำหนักก็คือ ผลคูณของรากที่สองของไอเกนแวลลิวและค่าไอเกนเวกเตอร์ และเรียงจากมากไปน้อย เพราะ $\Delta_{11} > \Delta_{22} > \dots > \Delta_{rr}$ ดังนั้นในการคำนวณหา $\tilde{X}_j$ ความสำคัญทางสถิติของแต่ละเทอมจะเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย

จากที่อธิบายไว้ข้างต้น ถ้าเรากำหนดให้ $k =$ จำนวนคอลัมน์เวกเตอร์แรกของเมตริก SPC (Y) ที่มีความสำคัญทางสถิติ ดังนั้น $Y_1, Y_2, \dots, Y_k$ จะเป็น SPC ที่มีความสำคัญ ในขณะที่คอลัมน์เวกเตอร์ที่เหลือ ($Y_{k+1}, Y_{k+2}, \dots, Y_r$) จะถือเหมือนดังเป็นตัวแปรสุ่ม (noises) Joliffe (1986) ได้แนะนำให้ใช้เกณฑ์เป็นเปอร์เซ็นต์ของความแปรปรวนแปรสะสมของข้อมูล [criterion (%) of cumulative variance p_k] สำหรับคำนวณค่า k โดย

$$p_k = \frac{100}{n\omega} \sum_{j=1}^k \Delta_j \quad (2.19)$$

โดยปกติ p_k ที่เลือกใช้ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 70-90% ของค่าความแปรปรวนแปรรวมของ $\tilde{X}$ ($n\omega$) ถ้าเลือกค่า p_k น้อย ($p_k \approx 70\%$) จำนวนคอลัมน์เวกเตอร์ของ SPC ที่มีความสำคัญทางสถิติ Y_j , $j = 1, \dots, k$ ก็จะน้อยหรือพูดอีกอย่างหนึ่งว่าขนาดของเมตริก SPC ที่พิจารณาจะเล็กลงไปมาก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อลักษณะทางสถิติพื้นฐานสถิติเช่น สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักการถ่วงดุลในปีนี้กับปีที่แล้วของ $\tilde{X}$ สูญเสียไป ในทางตรงกันข้ามถ้าเลือก p_k มาก ($p_k \approx 90\%$) ถึงแม้ว่าเราจะสามารถรักษาลักษณะของ $\tilde{X}$ แต่จำนวนตัวแปรก็จะลดลงได้น้อย

การศึกษานี้เลือกใช้ค่า $p_k \approx 85\%$ เพื่อที่จะได้เมตริกย่อย SPC ที่มีความสำคัญทางสถิติที่ไม่ใหญ่จนเกินไป และยังไม่สูญเสียลักษณะสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ข้างต้น (Chaleeraktragoon and Artlett, 2000) จากนั้นหาจำนวน SPC เมตริกที่มีความสำคัญทางสถิติตาม (2.19) ค่า k ที่ได้จะถูกนำมาใช้แบ่งเมตริก Y ออกเป็น $m \times k$ เมตริกย่อยของ k คอลัมน์เวกเตอร์แรกของ SPC ที่มีความสำคัญทางสถิติ Y_1 และ $m \times (r-k)$ เมตริกย่อยของ SPC ส่วนเหลือ Y_2 ขั้นตอนต่อไปเป็นการประยุกต์แบบจำลอง MAR (1) เข้ากับเมตริกย่อย Y_1 ด้วย (2.7) เมตริกของพารามิเตอร์ Φ และ K ประมาณการด้วย (2.8)-(2.11)

แบบจำลอง SVD/MAR(1) ชนิดแตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน สามารถรักษาเมตริก R เหมือนแบบจำลอง SVD/MAR(1) กรณีสถานีเดียว (แบบจำลองเดิม) [ดู (2.5)] แต่ให้เมตริก R_1 โดยประมาณผ่านทางสมาชิกของเมตริก M_1 ขนาด $k \times k$ ดังนั้นจึงทำให้ จำนวนพารามิเตอร์ของแบบ

จำลองลดลงจาก $2r^2$ เป็น $2k^2$ และค่าองศาอิสระสำหรับจำนวนพารามิเตอร์เพิ่มขึ้นจาก $m - r$ เป็น $m - k$

2.3.2 แดกตัวที่ละสถานี

ในกรณีที่สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำท่าระหว่างปีนี้และปีที่แล้วสำหรับแต่ละสถานีมีค่าสูง แต่สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำท่าที่สถานีต่างกันมีค่าไม่มากนัก เมตริกของข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาลสำหรับหลายสถานี $\tilde{X}$ จะถูกแบ่งย่อยออกเป็น $m \times \omega$ เมตริกน้ำท่าของแต่ละสถานี $\tilde{X}'$ ($i = 1, \dots, n$) ขั้นตอนต่อไปเป็นการแปลงเมตริกน้ำท่า $\tilde{X}'$ ด้วยเทคนิค SVD ให้ได้เมตริก Y ของ SPC ขนาด $m \times r$, (r , เป็น rank ของ $\tilde{X}'$) ตาม (2.4) จากนั้นเมตริก SPC Y ของทุกสถานีจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนตามที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.3.1 ($Y = Y_1':Y_2'$) เมตริกรวม Y_1 ของ SPC ที่มีความสำคัญทางสถิติจะได้อาจมาจากการนำเอา Y_1' ($i = 1, \dots, n$) มารวมกัน ($Y_1 = Y_1^1:Y_1^2:\dots:Y_1^n$) และจะถูกจำลองด้วย MAR(1) [ดู (2.7) -(2.11)]

แบบจำลอง SVD/MAR(1) ชนิดแดกตัวที่ละสถานีนี้อธิบายโดยประมาณถึงลักษณะสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R ของน้ำท่าต่างสถานีกันด้วย Δ และ Γ ของแต่ละเมตริกย่อยของ Y_1' และให้เมตริก R_i โดยประมาณผ่านทางสมาชิกย่อยของเมตริก M_i ขนาด $\sum_{i=1}^n k_i \times \sum_{i=1}^n k_i$ ทำให้จำนวนพารามิเตอร์ของแบบจำลองลดลงจาก $2r^2$ เป็น $2(\sum_{i=1}^n k_i)^2$ และค่าองศาอิสระสำหรับจำนวนพารามิเตอร์เพิ่มขึ้นจาก $m - r$ เป็น $r - \sum_{i=1}^n k_i$ ดังจะได้แสดงให้ดูในลำดับต่อไป (บทที่ 4)

บทที่ 3

ผลการประยุกต์ CD/MAR(1) ที่เสนอ

3.1 ข้อมูลน้ำท่า

ข้อมูลน้ำท่าที่นำมาใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลน้ำท่ารายเดือนของสถานี Y.1C (แม่น้ำยม) ความยาวข้อมูลเท่ากับ 43 ปี (พ.ศ. 2498-2540) ตำแหน่งของ Y.1C แสดงดังรูป 3.1 ตาราง 3.1 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของพล็อตความน่าจะเป็น (probability plot correlation coefficient, ρ) ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05 จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $\rho > \rho_{critical}$ ($\rho_{critical} = 0.973$) ในทุกเดือน ดังนั้นเราจึงสรุปได้ว่าทฤษฎีความถี่แจกแจงแบบล็อกนอร์มอลสามารถนำไปใช้อธิบายความถี่แจกแจงของชุดข้อมูลนี้ได้

ตาราง 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของพล็อตความน่าจะเป็นแบบล็อกนอร์มอล 3-พารามิเตอร์ สำหรับน้ำท่ารายเดือน (สถานี Y.1C)

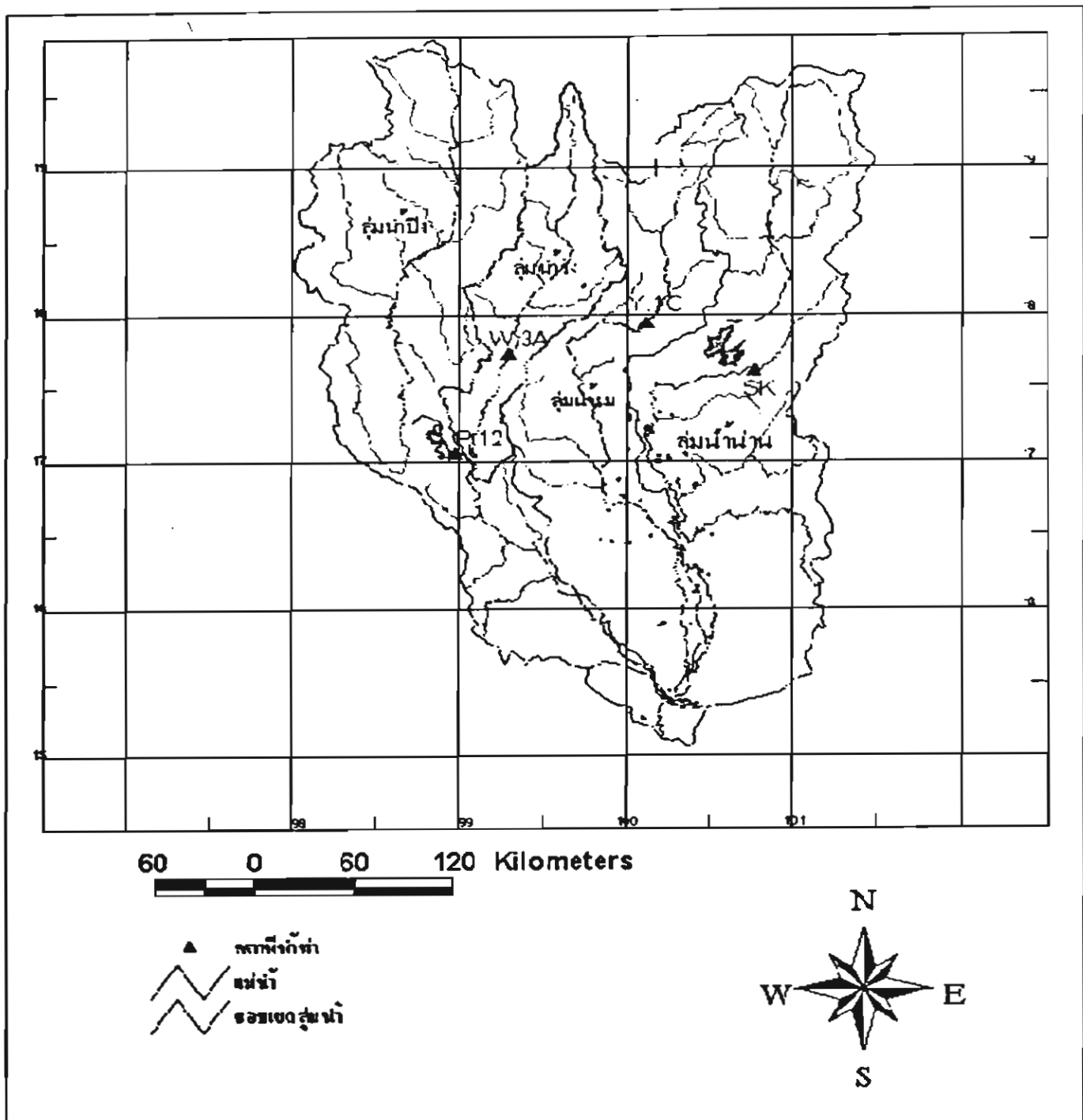
เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Y.1C	0.978	0.992	0.994	0.996	0.995	0.988	0.989	0.992	0.985	0.994	0.993	0.980

หมายเหตุ: $\rho_{0.05} = 0.973$

3.2 วิธีการประยุกต์

น้ำท่ารายเดือนสังเคราะห์ที่มีความยาวเท่ากับชุดข้อมูลอดีตจำนวน 100 ชุด ได้ถูกคำนวณด้วยแบบจำลองทั้งหมดที่พิจารณา [CD/MAR(1)-MML, CD/MAR(1)-MOM, SVD/MAR(1)-MML, SVD/MAR(1)-MOM] ตามที่ได้อธิบายไว้ในบทที่แล้ว ในแต่ละชุดข้อมูลน้ำท่ารายเดือนสังเคราะห์ ลักษณะทางสถิติพื้นฐาน (ค่าเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์ความเบ้ และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าเดือนนี้กับเดือนที่แล้ว) ได้ถูกคำนวณหา จากนั้นเราจะคำนวณหา ค่าสูงสุด ($\max, q_{(1)}$) ค่าต่ำสุด ($\min, q_{(100)}$) ค่าเฉลี่ย ($\text{mean}, \bar{q}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\text{std.}, \sigma$) ของแต่ละคุณลักษณะทางสถิติพื้นฐาน q จากชุดข้อมูลทั้ง 100 ชุด เพื่อใช้ตรวจสอบความสามารถในการรักษาคูณลักษณะต่างๆ ของข้อมูลแต่ละแบบจำลองที่พิจารณา

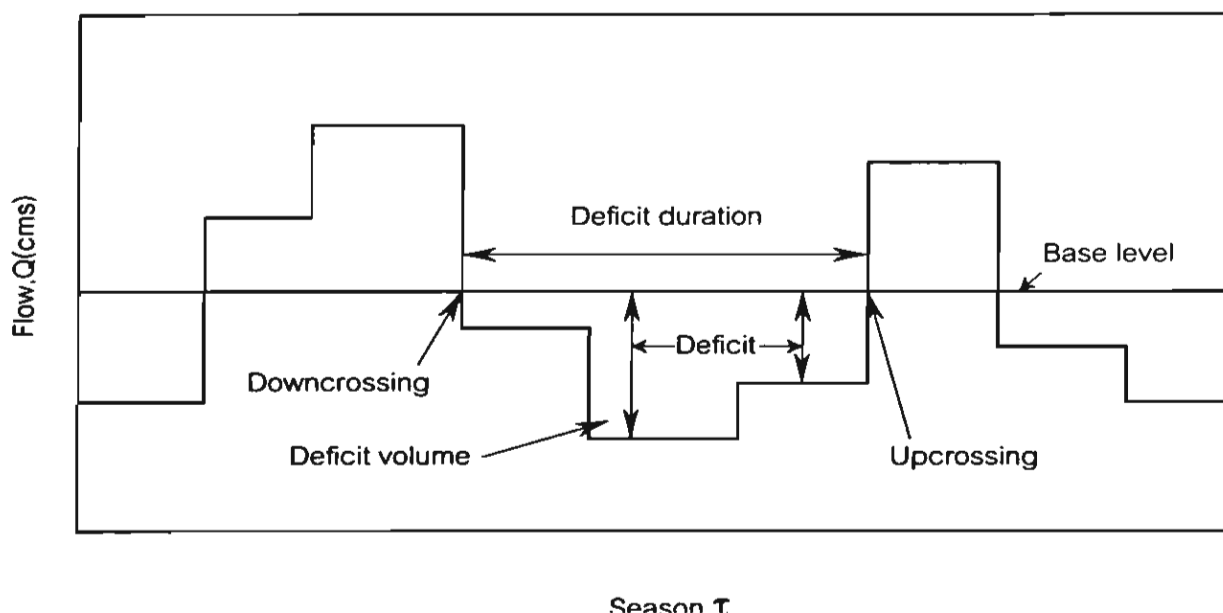
นอกจากนี้ ถ้านำน้ำท่ารายเดือนสังเคราะห์ไปศึกษาเลียนแบบสภาพการขาดแคลนน้ำของลุ่มน้ำรวมหนึ่งคุณสมบัติน้ำแล้งที่ระดับตัด ($\text{base level}, B$) ต่างๆก็เป็นลักษณะทางสถิติของน้ำท่าอดีตที่จำเป็นต้องรักษาไว้ (Yevjevich, 1972) รูป 3.2 นำเสนอนิยามแสดงคุณสมบัติของน้ำแล้งที่ระดับตัดหนึ่ง จากรูปจะเห็นได้ว่าน้ำขาดแคลน ($\text{deficit}, \xi$) คือน้ำท่าที่มีระดับต่ำกว่าระดับฐาน B



รูป 3.1 ที่ตั้งสถานีข้อมูลชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ระยะเวลาน้ำท่าที่ลดลงจนตัดกับระดับฐาน (downcrossing) จนถึงน้ำท่าที่เพิ่มขึ้นจนตัดกับระดับฐานถัดไป (upcrossing) คือ ช่วงเวลาขาดแคลนน้ำ (deficit duration, D) และผลรวมของน้ำขาดแคลนภายในช่วงเวลาขาดแคลน D น้ำจะถูกเรียกว่าปริมาณน้ำขาดแคลน (deficit volume, ζ)

การศึกษานี้เลือกใช้ระดับตัดทั้งหมด 3 ระดับตัดเริ่มตั้งแต่ 1.0 1.25 และ 1.5 เท่าของค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่าอดีตทั้งหมดทุกเดือนสำหรับแต่ละสถานที่สนใจ จากนั้นประมาณการค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของปริมาณน้ำขาดแคลนและช่วงเวลาขาดแคลนน้ำของแต่ละชุดข้อมูลที่ระดับตัดหนึ่งๆ พร้อมทั้งบันทึกสถิติ [$\bar{q}$, s , $q_{(1)}$ และ $q_{(100)}$] ของลักษณะน้ำแล้วรายเดือน q โดยคำนวณจากข้อมูลสังเคราะห์ทั้งหมด



รูป 3.2 นิยามแสดงคุณสมบัติของน้ำแล้งที่ใช้เปรียบเทียบในการศึกษา

ในลำดับต่อไป ได้คำนวณหาการทำรวมรายปีสังเคราะห์ จากน้ำท่ารายเดือนสังเคราะห์รวมทั้งลักษณะทางสถิติพื้นฐานและคุณลักษณะน้ำแล้งที่ระดับฐานต่างๆ (1.0 1.25 และ 1.5 เท่าของค่าเฉลี่ยน้ำท่ารายปี) ของข้อมูลน้ำท่ารายปีสังเคราะห์ที่ได้ เหมือนกับที่ได้อธิบายไว้แล้วในกรณีน้ำท่ารายเดือน

เพื่อตรวจสอบความสามารถของแบบจำลองที่เสนอ ในการรักษาลักษณะทางสถิติของข้อมูลน้ำท่าอดีต q ว่าเป็นที่ยอมรับได้หรือไม่ ทำได้โดยคำนวณเกณฑ์หนึ่งช่วงเบี่ยงเบนมาตรฐาน (one standard deviation interval, OSDI) ของแต่ละแบบจำลอง:

$$\text{OSDI} = \bar{q} \pm s \quad (3.1)$$

ถ้าลักษณะทางสถิติของ q อยู่ในเกณฑ์หนึ่งช่วงเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{q} - s \leq q \leq \bar{q} + s$) แสดงว่าแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายลักษณะทางสถิติ q ของข้อมูลน้ำท่าอดีตได้

นอกจากนี้ในการพิจารณาเรียงลำดับความสามารถของแบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัวที่พิจารณาในการให้คุณสมบัติทางสถิติต่างๆของข้อมูลน้ำท่าอดีต เราใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (root mean square error, RMSE) ดังสมการ

$$RMSE = ((\bar{q} - q)^2 + s^2)^{1/2} \quad (3.2)$$

ถ้า RMSE ของแบบจำลองใดมีค่าน้อยที่สุดแสดงว่าแบบจำลองนั้นมีความสามารถค่า q ได้ดีที่สุด ในลำดับต่อไปจะเป็นการนำเสนอผลการประยุกต์ของแบบจำลองทั้ง 4 ที่พิจารณา

3.3 ผลลัพธ์และการวิจารณ์

ตาราง 3.2 แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C พบว่า วิธีประมาณการ 4 วิธีที่ทำการนำเสนอ สามารถรักษาคูณลักษณะค่าเฉลี่ยของข้อมูลไว้ได้ตามเกณฑ์หนึ่งช่วงเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยที่ CD/MAR(1)-MLE ให้ค่า RMSE เฉลี่ย ($\overline{RMSE}$) น้อยที่สุด ตาราง 3.3 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์ (สถานี Y.1C) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า วิธีประมาณการทั้ง 4 วิธีสามารถรักษาคูณลักษณะค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลไว้ได้ตามเกณฑ์หนึ่งช่วงเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยที่ CD/MAR(1)-MLE ให้ค่า $\overline{RMSE}$ น้อยที่สุด ตาราง 3.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ผลการศึกษาดตามเกณฑ์หนึ่งช่วงเบี่ยงเบนมาตรฐานให้ผลเช่นเดียวกันกับค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ วิธีประมาณการทั้ง 4 วิธีสามารถรักษาคูณลักษณะนี้ของข้อมูลไว้ได้ ส่วนค่า $\overline{RMSE}$ แบบจำลองที่ให้ค่าน้อยที่สุด คือ CD/MAR(1)-MLE

ตาราง 3.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าเดือนนี้กับเดือนที่แล้ว ของข้อมูลอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C พบว่า วิธีประมาณการที่เสนอสามารถรักษาคูณลักษณะนี้ของข้อมูลไว้ได้ตามเกณฑ์ และวิธี CD/MAR(1)-MLE มีค่า $\overline{RMSE}$ น้อยที่สุด ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าเดือนแรกของปีกับเดือนสุดท้ายของปีที่แล้ว พบว่าวิธีประมาณการทั้งสี่สามารถรักษาคูณลักษณะนี้ของข้อมูลไว้ได้ตามเกณฑ์หนึ่งช่วงเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ CD/MAR(1)-MLE ให้ค่า $\overline{RMSE}$ น้อยที่สุดเช่นกัน

ตาราง 3.6 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์ความเบ้ และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าปีนี้กับปีที่แล้วของข้อมูลน้ำท่ารายปีอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์ (สำหรับสถานี Y.1C) แสดงให้เห็นว่า วิธีประมาณการที่เสนอทั้ง 4 ชนิดสามารถรักษาคูณลักษณะดังกล่าวไว้ได้ สำหรับการประเมินตามเกณฑ์ RMSE พบว่า วิธี CD/MAR(1)-MML ให้ค่า RMSE น้อยที่สุด

ตาราง 3.7-3.9 แสดงช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด 1.0 1.25 และ 1.5 เท่าของค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือน พบว่า วิธีประมาณการที่นำเสนอทั้ง 4 ชนิดสามารถรักษาคูณลักษณะน้ำแล้งของข้อมูลไว้ได้เฉพาะที่ระดับตัด 1.0 เท่าของค่าเฉลี่ย ส่วนระดับตัดที่เหลือ (1.25 และ 1.5 เท่าของค่าเฉลี่ย) นั้นแบบจำลองที่เสนอทั้งหมดไม่สามารถรักษาคูณลักษณะน้ำแล้งของข้อมูลไว้ได้ โดยที่แบบจำลอง CD/MAR(1)-MML เป็นวิธีประมาณการที่มีค่า RMSE น้อยที่สุด ตาราง 3.10-3.12 แสดงช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์ (สถานี Y.1C) ทั้ง 3 ระดับตัดเช่นเดียวกับกรณีของข้อมูลน้ำท่ารายเดือน พบว่า ให้ผลเช่นเดียวกับของกรณีรายเดือนคือ วิธีประมาณการทั้ง 4 ชนิดที่นำเสนอสามารถรักษาคูณลักษณะน้ำแล้งของข้อมูลไว้ได้เฉพาะที่ระดับตัด 1.0 เท่าของค่าเฉลี่ยข้อมูลน้ำท่ารายปี โดยที่ CD/MAR(1)-MML เป็นวิธีประมาณการที่มีค่า RMSE น้อยที่สุด

จากการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การรักษาลักษณะพื้นฐานทางสถิติและลักษณะน้ำแล้งของข้อมูลสังเคราะห์ให้มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลอดีตนั้น ทุกแบบจำลองสามารถรักษาลักษณะพื้นฐานทางสถิติไว้ได้ สำหรับคูณลักษณะน้ำแล้งแบบจำลองทั้งหมดสามารถรักษาคูณสมบัติลักษณะน้ำแล้งได้เฉพาะที่ระดับตัด 1.0 เท่าของค่าเฉลี่ยเท่านั้น โดยที่แบบจำลอง CD/MAR(1)-MML มีความสามารถดีที่สุด

ตาราง 3.2 ค่าเฉลี่ยน้ำท่ารายเดือน (ล้าน ม³) ของข้อมูลอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับ
สถานี Y.1C

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
q	13	55	63	130	422	540	213	71	27	14	9	8
SVD/MAR(1)-MML				RMSE = 16.750								
$\bar{q}$	12	55	64	137	434	543	213	71	27	14	8	8
s	2	7	8	30	68	47	21	9	2	2	1	2
$q_{(1)}$	18	71	83	250	683	702	276	99	31	23	13	13
$q_{(k)}$	8	41	49	66	309	459	153	46	20	8	5	4
RMSE	1.9	6.9	7.6	31.0	68.9	46.8	21.1	9.1	2.2	2.4	1.4	1.7
$\bar{q} + s$	14	62	71	167	502	589	234	80	29	17	10	9
$\bar{q} - s$	11	48	56	107	366	496	192	62	25	12	7	6
SVD/MAR(1)-MOM				RMSE = 18.203								
$\bar{q}$	12	54	63	133	423	536	213	70	27	14	8	7
s	2	8	8	41	72	47	23	9	2	2	1	2
$q_{(1)}$	18	76	94	301	677	653	274	93	33	20	12	13
$q_{(k)}$	7	39	48	72	320	428	167	46	20	9	5	4
RMSE	2.1	7.8	8.1	40.9	72.4	46.7	22.8	9.4	2.5	2.4	1.5	1.9
$\bar{q} + s$	14	62	71	173	495	583	236	80	29	16	10	9
$\bar{q} - s$	10	46	55	92	350	490	190	61	24	11	7	6
CD/MAR(1)- MML				RMSE = 15.185								
$\bar{q}$	12	55	63	131	427	535	210	69	27	14	8	8
s	2	9	8	29	59	40	19	9	2	2	1	2
$q_{(1)}$	19	97	82	228	648	620	250	92	31	18	11	13
$q_{(k)}$	8	39	45	75	294	444	154	51	21	10	6	4
RMSE	2.2	8.7	7.8	29.1	59.0	39.9	19.0	9.1	2.2	2.1	1.3	1.8
$\bar{q} + s$	15	63	70	160	486	575	229	77	29	16	10	9
$\bar{q} - s$	10	46	55	102	368	496	191	60	24	12	7	6
CD/MAR(1)-MOM				RMSE = 17.359								
$\bar{q}$	13	55	63	141	421	541	211	69	27	14	8	8
s	3	8	8	32	69	47	22	10	2	2	1	2
$q_{(1)}$	21	77	94	244	662	693	262	98	33	20	12	14
$q_{(k)}$	6	35	49	80	297	437	172	47	21	9	5	4
RMSE	2.6	7.7	8.3	33.7	69.0	46.7	22.3	9.9	2.3	2.3	1.5	2.0
$\bar{q} + s$	16	63	71	173	490	588	233	79	29	16	10	10
$\bar{q} - s$	10	48	55	110	352	494	189	60	25	12	7	6

ตาราง 3.3 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ล้าน ม³) ของข้อมูลอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับ
สถานี Y.1C

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
q	11	44	47	160	313	317	114	52	12	9	6	7
SVD/MAR(1)- MML				RMSE = 29.253								
$\bar{q}$	10	46	46	183	344	322	113	48	12	10	6	6
s	2	12	12	100	117	61	18	12	2	3	1	2
$q_{(1)}$	19	80	86	808	868	480	182	81	17	20	13	12
$q_{(u)}$	6	27	25	70	183	197	71	19	9	5	4	3
RMSE	2.6	12.1	12.4	102.9	121.0	61.1	18.3	13.0	1.5	2.9	1.4	1.8
$\bar{q} + s$	13	58	59	283	461	383	131	60	14	13	7	8
$\bar{q} - s$	8	34	34	82	227	262	95	36	11	7	5	4
SVD/MAR(1)-MOM				RMSE = 38.792								
$\bar{q}$	10	46	50	186	371	325	113	48	12	9	6	6
s	2	11	19	140	173	69	20	12	1	3	1	2
$q_{(1)}$	18	89	148	1079	1296	539	199	83	16	17	10	13
$q_{(u)}$	6	28	29	49	169	195	66	23	9	5	3	3
RMSE	2.4	11.3	18.8	141.9	182.2	69.0	20.2	12.6	1.4	2.5	1.4	1.8
$\bar{q} + s$	13	57	69	325	544	393	133	60	14	12	7	8
$\bar{q} - s$	8	35	32	46	198	256	92	36	11	7	4	4
CD/MAR(1)- MML				RMSE = 24.425								
$\bar{q}$	10	47	47	165	335	311	109	47	12	9	6	6
s	3	15	15	78	93	49	16	13	2	2	1	1
$q_{(1)}$	19	151	113	554	685	429	149	109	17	21	8	11
$q_{(u)}$	6	27	23	65	163	210	69	28	9	6	4	3
RMSE	2.6	14.9	15.4	78.1	95.3	49.0	17.0	14.2	1.6	2.4	1.0	1.5
$\bar{q} + s$	13	62	62	243	427	360	125	60	14	12	7	8
$\bar{q} - s$	8	32	31	87	242	263	93	33	11	7	5	5
CD/MAR(1)-MOM				RMSE = 32.881								
$\bar{q}$	11	46	48	201	349	327	112	47	12	9	6	7
s	3	10	16	100	128	86	18	13	2	2	1	2
$q_{(1)}$	19	75	136	572	785	829	168	91	16	16	8	12
$q_{(u)}$	5	24	26	69	187	181	78	25	8	5	4	3
RMSE	3.0	10.4	15.6	107.5	133.1	86.2	18.3	13.7	1.6	2.4	1.1	1.8
$\bar{q} + s$	14	56	64	300	477	413	130	60	14	12	7	8
$\bar{q} - s$	8	36	33	101	221	242	94	34	11	7	5	5

ตาราง 3.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของข้อมูลอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
q	2.58	0.93	1.76	2.96	1.17	0.86	0.74	2.32	0.25	1.18	1.15	1.19
SVD/MAR(1)- MML						RMSE = 0.815						
$\bar{q}$	1.37	1.54	1.80	2.80	1.70	1.11	0.83	1.75	0.17	1.61	1.16	1.24
s	0.68	0.77	0.81	1.16	0.80	0.60	0.43	0.74	0.35	0.70	0.62	0.65
$q_{(1)}$	3.46	4.20	4.19	5.87	4.72	3.51	2.19	4.41	1.00	3.38	3.37	3.37
$q_{(k)}$	0.14	0.27	0.34	0.86	0.44	0.03	-0.46	0.21	-0.70	0.22	-0.23	-0.04
RMSE	1.39	0.98	0.81	1.17	0.96	0.65	0.44	0.94	0.36	0.82	0.62	0.65
$\bar{q} + s$	<u>2.05</u>	2.30	2.61	3.96	2.50	1.71	1.26	2.49	0.52	2.31	1.78	1.89
$\bar{q} - s$	0.69	0.77	0.99	1.65	0.89	0.50	0.40	1.01	-0.18	0.91	0.54	0.59
SVD/MAR(1)-MOM						RMSE = 0.899						
$\bar{q}$	1.54	1.67	2.04	2.77	2.05	1.24	0.84	1.68	-0.18	1.39	0.97	1.12
s	0.72	0.76	0.96	1.17	1.01	0.66	0.55	0.79	0.39	0.71	0.60	0.64
$q_{(1)}$	4.47	3.78	5.25	5.90	5.32	3.78	2.77	4.34	0.94	4.60	3.13	3.16
$q_{(k)}$	0.20	0.38	0.40	0.91	0.73	0.25	-0.47	0.44	-1.72	0.27	-0.12	-0.11
RMSE	1.26	1.06	1.00	1.18	1.34	0.76	0.55	1.02	0.58	0.75	0.63	0.65
$\bar{q} + s$	<u>2.26</u>	2.43	3.00	3.94	3.07	1.90	1.39	2.47	<u>0.21</u>	2.10	1.57	1.77
$\bar{q} - s$	0.82	0.91	1.08	1.60	1.04	0.58	0.29	0.88	-0.57	0.68	0.37	0.48
CD/MAR(1)- MML						RMSE = 0.792						
$\bar{q}$	1.49	1.65	1.86	2.52	1.67	1.10	0.78	1.72	-0.14	1.41	0.98	1.19
s	0.62	0.72	0.82	1.00	0.76	0.54	0.47	0.74	0.35	0.69	0.52	0.58
$q_{(1)}$	3.18	3.77	4.31	5.18	5.06	2.55	1.98	4.63	0.75	4.23	2.50	2.81
$q_{(k)}$	0.50	0.31	0.34	1.20	0.36	0.21	-0.36	0.15	-0.89	0.07	-0.15	0.09
RMSE	1.26	1.01	0.83	1.09	0.91	0.59	0.47	0.95	0.53	0.73	0.55	0.58
$\bar{q} + s$	<u>2.10</u>	2.36	2.69	3.52	2.43	1.64	1.25	2.46	<u>0.21</u>	2.10	1.50	1.77
$\bar{q} - s$	0.87	0.93	1.04	1.52	0.91	0.56	0.31	0.98	-0.49	0.72	0.46	0.60
CD/MAR(1)-MOM						RMSE = 0.833						
$\bar{q}$	1.58	1.50	1.90	2.81	1.98	1.22	0.81	1.69	-0.16	1.37	0.92	1.21
s	0.74	0.68	0.87	1.11	1.00	0.68	0.47	0.83	0.41	0.61	0.50	0.53
$q_{(1)}$	4.21	3.95	5.28	5.82	4.92	4.58	2.95	4.77	0.89	3.52	2.91	2.61
$q_{(k)}$	0.32	0.28	0.18	1.06	0.31	0.01	-0.47	0.30	-1.22	0.39	-0.10	0.11
RMSE	1.24	0.88	0.88	1.12	1.29	0.77	0.48	1.04	0.58	0.64	0.55	0.53
$\bar{q} + s$	<u>2.32</u>	2.18	2.77	3.92	2.99	1.90	1.29	2.52	0.25	1.98	1.42	1.74
$\bar{q} - s$	0.85	0.82	1.04	1.70	0.98	0.54	0.34	0.86	-0.57	0.76	0.42	0.69

_____ = $q > \bar{q} + s$ หรือ $q < \bar{q} - s$

ตาราง 3.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าเดือนนี้กับเดือนที่แล้วของข้อมูลอดีตเปรียบเทียบกับ
ของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
q	0.456	0.163	0.484	0.113	0.439	0.490	0.562	0.474	0.594	0.747	0.808	0.719
SVD/MAR(1)- MML						RMSE = 0.375						
$\bar{q}$	0.306	0.350	0.386	0.222	0.437	0.398	0.595	0.541	-0.63	-0.73	0.847	0.741
s	0.165	0.165	0.175	0.181	0.169	0.151	0.112	0.121	0.093	0.058	0.058	0.094
$q_{(1)}$	0.733	0.748	0.728	0.779	0.875	0.734	0.877	0.771	-0.38	-0.51	0.960	0.922
$q_{(k)}$	-0.03	-0.08	-0.01	-0.13	0.042	0.046	0.330	0.138	-0.82	-0.82	0.674	0.524
RMSE	0.223	0.249	0.201	0.211	0.169	0.177	0.116	0.138	1.228	1.477	0.071	0.096
$\bar{q} + s$	0.471	0.515	0.562	0.403	0.606	0.549	0.707	0.663	<u>-0.54</u>	<u>-0.67</u>	0.906	0.835
$\bar{q} - s$	0.141	<u>0.185</u>	0.211	0.041	0.268	0.247	0.483	0.420	-0.72	-0.79	0.789	0.647
SVD/MAR(1)-MOM						RMSE = 0.158						
$\bar{q}$	0.317	0.383	0.373	0.210	0.425	0.409	0.558	0.536	0.630	0.729	0.840	0.726
s	0.146	0.162	0.199	0.209	0.181	0.184	0.123	0.133	0.097	0.067	0.063	0.111
$q_{(1)}$	0.704	0.709	0.842	0.847	0.954	0.842	0.796	0.868	0.826	0.869	0.958	0.915
$q_{(k)}$	-0.06	0.040	-0.06	-0.20	-0.01	-0.15	0.240	0.157	0.324	0.508	0.700	0.444
RMSE	0.201	0.273	0.228	0.230	0.182	0.201	0.123	0.146	0.103	0.070	0.071	0.111
$\bar{q} + s$	0.463	0.545	0.572	0.419	0.606	0.593	0.681	0.669	0.726	0.797	0.904	0.837
$\bar{q} - s$	0.171	<u>0.221</u>	0.173	0.001	0.244	0.225	0.435	0.403	0.533	0.662	0.777	0.614
CD/MAR(1)- MML						RMSE = 0.150						
$\bar{q}$	0.352	0.314	0.376	0.248	0.423	0.384	0.576	0.534	0.650	0.734	0.846	0.741
s	0.139	0.181	0.185	0.199	0.178	0.169	0.118	0.122	0.076	0.067	0.058	0.095
$q_{(1)}$	0.686	0.836	0.810	0.724	0.828	0.723	0.892	0.803	0.792	0.857	0.939	0.881
$q_{(k)}$	0.037	-0.11	-0.10	-0.28	-0.08	-0.02	0.267	0.165	0.476	0.524	0.612	0.447
RMSE	0.174	0.236	0.214	0.241	0.179	0.199	0.119	0.135	0.095	0.069	0.069	0.097
$\bar{q} + s$	0.491	0.495	0.561	0.447	0.602	0.554	0.694	0.655	0.727	0.802	0.904	0.836
$\bar{q} - s$	0.213	0.133	0.191	0.049	0.245	0.215	0.458	0.412	0.574	0.667	0.788	0.647
CD/MAR(1)-MOM						RMSE = 0.151						
$\bar{q}$	0.338	0.382	0.375	0.234	0.425	0.402	0.529	0.535	0.625	0.730	0.836	0.746
s	0.170	0.177	0.162	0.201	0.177	0.174	0.106	0.130	0.090	0.058	0.061	0.105
$q_{(1)}$	0.673	0.797	0.801	0.764	0.902	0.927	0.808	0.833	0.832	0.839	0.946	0.923
$q_{(k)}$	-0.03	-0.06	0.006	-0.20	0.031	-0.06	0.248	0.210	0.321	0.567	0.663	0.312
RMSE	0.207	0.282	0.196	0.235	0.178	0.195	0.112	0.143	0.095	0.060	0.067	0.109
$\bar{q} + s$	0.508	0.559	0.537	0.435	0.602	0.576	0.635	0.665	0.715	0.788	0.897	0.851
$\bar{q} - s$	0.168	<u>0.205</u>	0.213	0.032	0.248	0.227	0.422	0.405	0.534	0.673	0.776	0.641

— = $q > \bar{q} + s$ หรือ $q < \bar{q} - s$

ตาราง 3.6 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าปีนี้กับปีที่แล้ว
ของข้อมูลน้ำท่ารายปีอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ย (ล้าน ม ³)	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ล้าน ม ³)	สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
Q	1565	755	0.825	-0.097
SVD/MAR(1)-MML				
$\bar{q}$	2158	778	1.171	-0.063
S	118	172	0.641	0.172
$q_{(1)}$	2510	1413	3.858	0.568
$q_{(u)}$	1890	462	0.072	-0.391
RMSE	605	174	0.729	0.175
$\bar{q} + s$	2276	951	1.812	0.109
$\bar{q} - s$	<u>2040</u>	606	0.530	-0.234
SVD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	1560	821	1.434	-0.037
S	137	249	0.957	0.143
$q_{(1)}$	1979	2064	5.291	0.409
$q_{(u)}$	1297	487	-0.130	-0.398
RMSE	137	257	1.134	0.155
$\bar{q} + s$	1697	1070	2.390	0.106
$\bar{q} - s$	1423	573	0.477	-0.180
CD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	1557	755	1.051	-0.048
S	110	154	0.613	0.146
$q_{(1)}$	1876	1339	3.286	0.386
$q_{(u)}$	1309	476	0.134	-0.384
RMSE	110	154	0.654	0.154
$\bar{q} + s$	1667	909	1.665	0.098
$\bar{q} - s$	1447	601	0.438	-0.194
CD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	1572	808	1.314	-0.071
S	130	216	0.847	0.157
$q_{(1)}$	2011	1737	4.343	0.244
$q_{(u)}$	1298	438	0.034	-0.484
RMSE	130	222	0.978	0.159
$\bar{q} + s$	1702	1024	2.161	0.086
$\bar{q} - s$	1442	592	0.466	-0.228

$\bar{q} = q > \bar{q} + s$ หรือ $q < \bar{q} - s$

ตาราง 3.7 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูล
สังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด mean

คุณลักษณะ	ช่วงเวลาน้ำแล้งเฉลี่ย (เดือน)	ช่วงเวลาน้ำแล้งสูงสุด (เดือน)	ปริมาณน้ำแล้งเฉลี่ย (ล้าน ม ³)	ปริมาณน้ำแล้งสูงสุด (ล้าน ม ³)
Q	7.76	11.00	760	1106
SVD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	3.89	9.24	378	936
S	0.15	1.42	16	129
$q_{(1)}$	4.28	11.00	413	1261
$q_{(k)}$	3.60	7.00	342	794
RMSE	3.873	2.263	382	213
$\bar{q} + s$	<u>4.04</u>	<u>10.66</u>	<u>394</u>	<u>1065</u>
$\bar{q} - s$	3.74	7.82	362	807
SVD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	7.97	14.21	785	1446
S	0.47	4.83	49	473
$q_{(1)}$	9.27	22.00	925	2439
$q_{(k)}$	6.96	10.00	673	997
RMSE	0.512	5.797	55.232	582.665
$\bar{q} + s$	8.44	19.04	834	1919
$\bar{q} - s$	7.51	9.38	735	974
CD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	7.97	14.77	784	1491
S	0.45	4.93	47	485
$q_{(1)}$	9.33	22.00	909	2411
$q_{(k)}$	7.04	10.00	662	961
RMSE	0.494	6.206	53	619
$\bar{q} + s$	8.42	19.70	831	1976
$\bar{q} - s$	7.52	9.84	737	1007
CD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	7.94	14.33	779	1474
S	0.52	5.02	57	515
$q_{(1)}$	9.14	22.00	919	2469
$q_{(k)}$	6.66	10.00	643	990
RMSE	0.546	6.027	59.760	633.392
$\bar{q} + s$	8.46	19.35	836	1989
$\bar{q} - s$	7.43	9.31	723	959

ตาราง 3.8 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูล
สังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด 1.25 mean

คุณลักษณะ	ช่วงเวลาน้ำแล้งเฉลี่ย (เดือน)	ช่วงเวลาน้ำแล้งสูงสุด (เดือน)	ปริมาณน้ำแล้งเฉลี่ย (ล้าน ม ³)	ปริมาณน้ำแล้งสูงสุด (ล้าน ม ³)
Q	7.76	11.00	760	1106
SVD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	4.13	9.82	512	1242
S	0.16	1.46	21	141
$q_{(1)}$	4.59	11.00	573	1545
$q_{(k)}$	3.74	8.00	446	1044
RMSE	3.638	1.877	249	196
$\bar{q} + s$	<u>4.29</u>	11.28	<u>533</u>	1383
$\bar{q} - s$	3.97	8.36	490	1101
SVD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	8.63	17.09	1082	2178
S	0.49	5.44	64	674
$q_{(1)}$	9.72	34.00	1243	3922
$q_{(k)}$	7.50	10.00	938	1325
RMSE	0.994	8.169	327.853	1266.903
$\bar{q} + s$	9.12	22.53	1145	2852
$\bar{q} - s$	<u>8.14</u>	<u>11.65</u>	<u>1018</u>	<u>1504</u>
CD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	8.65	17.14	1083	2187
S	0.44	5.13	60	662
$q_{(1)}$	9.86	30.00	1226	3752
$q_{(k)}$	7.67	10.00	945	1343
RMSE	0.992	8.001	329	1268
$\bar{q} + s$	9.09	22.27	1143	2849
$\bar{q} - s$	<u>8.21</u>	<u>12.01</u>	<u>1024</u>	<u>1526</u>
CD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	8.65	16.68	1085	2143
S	0.44	5.02	58	643
$q_{(1)}$	9.72	23.00	1234	3071
$q_{(k)}$	7.79	10.00	946	1336
RMSE	0.994	7.578	330.292	1220.178
$\bar{q} + s$	9.10	21.70	1143	2785
$\bar{q} - s$	<u>8.21</u>	<u>11.66</u>	<u>1027</u>	<u>1500</u>

ตาราง 3.9 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูล
สังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด 1.5 mean

คุณลักษณะ	ช่วงเวลาน้ำแล้งเฉลี่ย (เดือน)	ช่วงเวลาน้ำแล้งสูงสุด (เดือน)	ปริมาณน้ำแล้งเฉลี่ย (ล้าน ม ³)	ปริมาณน้ำแล้งสูงสุด (ล้าน ม ³)
Q	7.76	11.00	760	1106
SVD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	4.48	10.74	799	1970
S	0.15	0.84	29	171
$q_{(1)}$	4.90	11.00	879	2281
$q_{(k)}$	4.10	8.00	725	1502
RMSE	3.285	0.876	48	881
$\bar{q} + s$	<u>4.63</u>	11.58	828	2141
$\bar{q} - s$	4.33	9.90	<u>770</u>	<u>1799</u>
SVD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	9.37	20.54	1433	3186
S	0.59	4.26	91	658
$q_{(1)}$	11.27	34.00	1697	5287
$q_{(k)}$	8.14	10.00	1264	1670
RMSE	1.713	10.446	679.505	2182.481
$\bar{q} + s$	9.96	24.80	1525	3844
$\bar{q} - s$	<u>8.77</u>	<u>16.28</u>	<u>1342</u>	<u>2529</u>
CD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	9.37	20.30	1437	3152
S	0.54	5.43	85	827
$q_{(1)}$	10.85	34.00	1694	5360
$q_{(k)}$	8.17	11.00	1265	1698
RMSE	1.701	10.770	682	2207
$\bar{q} + s$	9.92	25.73	1521	3978
$\bar{q} - s$	<u>8.83</u>	<u>14.87</u>	<u>1352</u>	<u>2325</u>
CD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	9.38	20.21	1435	3164
S	0.60	4.54	93	711
$q_{(1)}$	10.94	33.00	1668	5151
$q_{(k)}$	8.07	11.00	1208	1687
RMSE	1.728	10.266	680.832	2177.711
$\bar{q} + s$	9.98	24.75	1527	3875
$\bar{q} - s$	<u>8.78</u>	<u>15.67</u>	<u>1342</u>	<u>2452</u>

ตาราง 3.10 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูล
สังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด mean

คุณลักษณะ	ช่วงเวลาน้ำแล้งเฉลี่ย (เดือน)	ช่วงเวลาน้ำแล้งสูงสุด (เดือน)	ปริมาณน้ำแล้งเฉลี่ย (ล้าน ม ³)	ปริมาณน้ำแล้งสูงสุด (ล้าน ม ³)
Q	2.33	6.00	1240	3888
SVD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	1.25	2.01	287	592
s	0.30	0.83	121	181
$q_{(1)}$	3.00	6.00	1115	1121
$q_{(u)}$	1.00	1.00	98	224
RMSE	1.122	4.076	960	3300
$\bar{q} + s$	<u>1.551</u>	<u>2.845</u>	<u>408</u>	<u>773</u>
$\bar{q} - s$	0.952	1.175	167	412
SVD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	2.51	5.90	1258	3132
s	0.77	2.14	393	1139
$q_{(1)}$	5.60	14.00	2687	7522
$q_{(u)}$	1.23	2.00	512	1275
RMSE	0.789	2.146	393	1367
$\bar{q} + s$	3.280	8.044	1651	4271
$\bar{q} - s$	1.744	3.756	865	1993
CD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	2.41	5.73	1199	2919
s	0.55	1.94	292	883
$q_{(1)}$	3.86	12.00	1948	5107
$q_{(u)}$	1.25	2.00	587	1113
RMSE	0.560	1.956	295	1310
$\bar{q} + s$	2.962	7.668	1491	<u>3802</u>
$\bar{q} - s$	1.852	3.792	907	2036
CD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	2.32	5.57	1147	2918
s	0.59	1.82	300	962
$q_{(1)}$	4.00	11.00	1992	6746
$q_{(u)}$	1.42	2.00	569	1450
RMSE	0.594	1.872	314	1365
$\bar{q} + s$	2.919	7.392	1446	<u>3880</u>
$\bar{q} - s$	1.730	3.748	847	1957

ตาราง 3.11 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูล
สังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด 1.25 mean

คุณลักษณะ	ช่วงเวลาน้ำแล้งเฉลี่ย (เดือน)	ช่วงเวลาน้ำแล้งสูงสุด (เดือน)	ปริมาณน้ำแล้งเฉลี่ย (ล้าน ม ³)	ปริมาณน้ำแล้งสูงสุด (ล้าน ม ³)
q	2.33	6.00	1240	3888
SVD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	1.87	4.47	709	1874
s	0.35	1.29	154	619
$q_{(1)}$	2.86	8.00	1244	3764
$q_{(k)}$	1.15	2.00	377	836
RMSE	0.578	2.002	552	2107
$\bar{q} + s$	<u>2.221</u>	<u>5.761</u>	<u>863</u>	<u>2493</u>
$\bar{q} - s$	1.524	3.179	556	1255
SVD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	4.13	9.74	3024	7348
s	1.39	3.89	1071	3040
$q_{(1)}$	8.50	25.00	7084	22128
$q_{(k)}$	2.00	4.00	1279	3308
RMSE	2.273	5.394	2080	4606
$\bar{q} + s$	5.522	13.626	4094	10387
$\bar{q} - s$	<u>2.745</u>	5.854	<u>1953</u>	<u>4308</u>
CD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	3.91	9.64	2866	7312
s	1.41	3.92	1062	2964
$q_{(1)}$	11.33	22.00	7506	18061
$q_{(k)}$	1.83	4.00	1323	3039
RMSE	2.119	5.351	1943	4529
$\bar{q} + s$	5.326	13.562	3928	10276
$\bar{q} - s$	<u>2.496</u>	5.718	<u>1804</u>	<u>4348</u>
CD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	4.19	9.39	3103	7059
s	1.66	3.82	1235	2793
$q_{(1)}$	10.33	24.00	7970	17859
$q_{(k)}$	1.92	4.00	1394	2710
RMSE	2.490	5.108	2235	4226
$\bar{q} + s$	5.850	13.212	4338	9852
$\bar{q} - s$	<u>2.531</u>	<u>5.568</u>	<u>1868</u>	<u>4266</u>

ตาราง 3.12 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีอดีตเปรียบเทียบกับของข้อมูล
สังเคราะห์สำหรับสถานี Y.1C ที่ระดับตัด 1.5mean

คุณลักษณะ	ช่วงเวลาน้ำแล้งเฉลี่ย (เดือน)	ช่วงเวลาน้ำแล้งสูงสุด (เดือน)	ปริมาณน้ำแล้งเฉลี่ย (ล้าน ม ³)	ปริมาณน้ำแล้งสูงสุด (ล้าน ม ³)
Q	2.33	6.00	1240	3888
SVD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	5.22	12.04	4452	10298
S	2.07	4.61	1674	3958
$q_{(1)}$	17.50	29.00	13389	24828
$q_{(k)}$	1.92	4.00	1898	3631
RMSE	3.554	7.600	3622	7534
$\bar{q} + s$	7.293	16.652	6126	14256
$\bar{q} - s$	<u>3.146</u>	<u>7.428</u>	<u>2778</u>	<u>6340</u>
SVD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	6.63	13.72	6816	14205
s	3.88	5.71	3974	5843
$q_{(1)}$	35.00	35.00	35061	35061
$q_{(k)}$	2.70	6.00	2867	5960
RMSE	5.791	9.602	6848	11857
$\bar{q} + s$	10.512	19.430	10790	20048
$\bar{q} - s$	<u>2.753</u>	<u>8.010</u>	<u>2843</u>	<u>8362</u>
CD/MAR(1)- MML				
$\bar{q}$	7.03	14.62	7172	14914
s	4.15	5.59	4378	5829
$q_{(1)}$	37.00	37.00	38570	38570
$q_{(k)}$	3.11	6.00	3246	6345
RMSE	6.270	10.274	7373	12472
$\bar{q} + s$	11.183	20.210	11550	20743
$\bar{q} - s$	<u>2.880</u>	<u>9.030</u>	<u>2794</u>	<u>9085</u>
CD/MAR(1)-MOM				
$\bar{q}$	7.71	15.08	7763	15275
s	5.05	6.69	5118	6618
$q_{(1)}$	37.00	37.00	37426	37426
$q_{(k)}$	2.67	6.00	2700	6041
RMSE	7.376	11.280	8291	13170
$\bar{q} + s$	12.759	21.772	12881	21892
$\bar{q} - s$	<u>2.668</u>	<u>8.388</u>	<u>2645</u>	<u>8657</u>

บทที่ 4

ผลการประยุกต์แบบจำลอง SVD/MAR (1) สำหรับหลายสถานที่ที่เสนอ

4.1 ข้อมูลน้ำท่า

ข้อมูลน้ำท่ารายฤดูกาลที่ถูกคัดเลือกมาใช้ในการศึกษา เพื่อทดลองสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าด้วยแบบจำลองที่อธิบายไว้ข้างต้นได้แก่ ข้อมูลชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยา (ดังรูป 3.1) ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลน้ำท่ารายเดือน 43 ปี (พ.ศ. 2498-2540) ของสถานี P.12 (แม่น้ำปิง) W.3A (แม่น้ำวัง) Y.1C (แม่น้ำยม) และสถานี SK (เขื่อนสิริกิติ์)

ตาราง 4.1 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานล็อกนอร์มอล (3 พารามิเตอร์) สำหรับจำลองความถี่แจกแจงของน้ำท่ารายเดือนของสถานี P.12 W.3A Y.1C และ SK ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เช่นเดียวกับการณ์ของสถานีเดียว ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ทั้งหมดที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วิกฤติ ($\rho_{0.05}$) ยกเว้นเพียงข้อมูลน้ำท่าเดือนเม.ย. และมี.ค. ของสถานี W.3A เท่านั้น ซึ่งทำให้สรุปได้ว่าความถี่แจกแจงของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนที่เลือกใช้เป็นไปตาม ทฤษฎีความถี่แจกแจงแบบล็อกนอร์มอล 3-พารามิเตอร์ ที่สมมติในแบบจำลอง SVD/MAR(1)

ตาราง 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของพล็อตความน่าจะเป็นแบบล็อกนอร์มอล 3-พารามิเตอร์สำหรับน้ำท่ารายเดือน (สถานี P.12 W.3A Y.1C และ SK)

สถานี	ค่าสหสัมพันธ์ของพล็อตความน่าจะเป็น											
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
P.12	0.985	0.991	0.994	0.991	0.977	0.990	0.995	0.986	0.996	0.994	0.992	0.993
W.3A	<u>0.970</u>	0.992	0.995	0.993	0.983	0.976	0.996	0.995	0.995	0.997	0.994	<u>0.972</u>
Y.1C	0.978	0.992	0.994	0.996	0.995	0.988	0.989	0.992	0.985	0.994	0.993	0.980
SK	0.991	0.989	0.988	0.977	0.991	0.991	0.991	0.994	0.995	0.989	0.996	0.990

หมายเหตุ: $\rho_{0.05} = 0.973$

4.2 วิธีการประยุกต์

แบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานที่ที่เสนอในการศึกษานี้ (ชนิดแตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และแตกตัวทีละสถานี) และที่มีอยู่เดิม ตามที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 ได้ถูกประยุกต์เข้ากับข้อมูลน้ำท่าชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่เลือกไว้ข้างต้น

ตาราง 4.2 แสดงจำนวน SPC ที่สำคัญทางสถิติ จำนวนพารามิเตอร์และค่าองศาอิสระที่เกิดขึ้นในแบบจำลองแต่ละประเภทของข้อมูลชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยา พบว่าแบบจำลอง SVD/MAR (1)

ชนิดแตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกันมีจำนวนพารามิเตอร์น้อยที่สุด และจำนวนองศาอิสระเหลือสำหรับประมาณการเมตริกพารามิเตอร์ K มากที่สุด หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าแบบจำลองนี้มีขนาดเล็กที่สุด เมื่อเทียบกับแบบจำลองที่เหลืออีก 2 ประเภท (ชนิดเต็มและชนิดแตกตัวที่ละสถานี)

ตาราง 4.2 SPC ที่สำคัญทางสถิติ จำนวนพารามิเตอร์และองศาอิสระของแบบจำลอง MAR(1) แต่ละประเภท (ชุดข้อมูลลุ่มน้ำเจ้าพระยา)

แบบจำลอง	องค์ประกอบที่สำคัญทางสถิติ	จำนวนพารามิเตอร์	องศาอิสระ
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน	11	242	31
แตกตัวที่ละสถานี	24	1152	18
Chaleeraktragoon (1999)	-	1234	28

การเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลอง SVD/MAR(1)-MML และ SVD/MAR(1)-MOM ชนิดแตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน แตกตัวที่ละสถานีและที่มีอยู่เดิมในการรักษาลักษณะทางสถิติของข้อมูลน้ำท่าอดีต ใช้วิธีการตามที่ได้เสนอไว้ในหัวข้อ 3.2 (การศึกษาคุณสมบัติน้ำแล้งใช้ 4 ระดับตัด คือ 0.75 1.0 1.25 และ 1.5 เท่าของค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่าอดีต) ผลการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองต่างๆได้รวบรวมไว้ในรูปแบบตาราง ซึ่งจะได้กล่าวในลำดับต่อไป

4.3 ผลลัพธ์และการวิจารณ์

ตาราง 4.3-4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอและที่มีอยู่เดิมตามลำดับ สำหรับสถานี P.12 (ดูตาราง ก.1-ก.6 สำหรับสถานี W.3A Y.1C และ SK) จากตารางพบว่าแบบจำลองทุกชนิดสามารถรักษาลักษณะทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลไว้ได้ในช่วง $\bar{x} \pm s$ ตามเกณฑ์ OSDI การเรียงลำดับความสามารถของแบบจำลองในการรักษาลักษณะทางสถิติพื้นฐานต่างๆ จะพูดถึงอย่างละเอียดในลำดับต่อไป ตาราง 4.5-4.6 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี P.12 (แสดงเพิ่มเติมสำหรับ 3 สถานีที่เหลือในตาราง ก.7-ก.12) พบว่าแบบจำลองทั้งหมดสามารถรักษาลักษณะทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลไว้ได้ตามเกณฑ์ OSDI ทำนองเดียวกัน ตาราง 4.7-4.8 และก.13-ก.18 ได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการรักษาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของแบบจำลองทุกชนิดที่พิจารณา เห็นว่าทุกแบบจำลองก็สามารถรักษาลักษณะทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลไว้ได้ตามเกณฑ์

ตาราง 4.9-4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเดือนนี้กับเดือนที่แล้วภายในปีเดียวกัน และระหว่างปีก็ต่อเนื่องกัน (ดูค่าเดือนเมษายน) ของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในอดีตเทียบกับข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี P.12 (ดูตาราง ก.19-ก.24 ประกอบสำหรับสถานีที่เหลือ) พบว่าแบบจำลองทั้ง 3 ชนิดสามารถรักษาลักษณะพื้นฐานทางสถิติของข้อมูลไว้ได้เช่นเดียวกัน ตาราง 4.11-4.12 แสดงค่าเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสถานี ของข้อมูลน้ำ

ทำรายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ระหว่างสถานี P.12 กับ W.3A ของข้อมูลชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยา ผลลัพธ์ของสถานีอื่นๆ ได้รวบรวมไว้ในตาราง ก.25-ก.34 จากตารางเราสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองชนิดแตกตัวที่ละสถานีมีจำนวนที่ออกนอกช่วง $\pm 2s$ เป็นจำนวนมาก เนื่องจากในการประมาณลักษณะสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสถานีนั้นประมาณจาก SPC matrix Y ไม่ได้คำนวณโดยตรงจาก Normalized flow matrix Y ขณะที่แบบจำลองชนิดแตกตัวครั้งเดียวและแบบจำลองเดิมยังสามารถรักษาคุณสมบัตินี้ไว้ได้เป็นอย่างดี

ตาราง 4.13-4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสถานีเดียวกันของข้อมูลน้ำทำรายปีในอดีตเทียบกับข้อมูลน้ำทำรายปีสังเคราะห์ตามลำดับ สำหรับสถานี P.12 (สถานี W.3A Y.1C และ SK ดูตาราง ก.34-ก.40 ประกอบด้วย) พบว่าแบบจำลองทุกชนิด สามารถรักษาคุณลักษณะไว้ได้ตามเกณฑ์ OSDI

ตาราง 4.15-4.16 แสดงค่าเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่างสถานี ของข้อมูลน้ำทำรายปีในอดีตเทียบกับข้อมูลน้ำทำรายปีสังเคราะห์ ระหว่างสถานี P.12 W.3A Y.1C และ SK พบว่าแบบจำลองที่พิจารณา สามารถรักษาคุณลักษณะไว้ได้ตามเกณฑ์เช่นกัน

ตาราง 4.17 แสดงผลรวมคะแนนและจำนวน out of bound ที่แสดงลำดับความสามารถการรักษาคุณลักษณะทางสถิติพื้นฐาน ของแบบจำลองข้อมูลสังเคราะห์รายเดือน ผลรวมคะแนนหาได้จากการรวมคะแนนลำดับค่า $\overline{RMSE}$ (เรียงลำดับตามค่า $\overline{RMSE}$ ของแต่ละวิธีจากน้อยไปมาก เช่น ถ้า $\overline{RMSE}$ น้อยที่สุดจะได้คะแนน = 1 แต่ถ้าค่า $\overline{RMSE}$ มากที่สุดจะได้คะแนน = 6) ของทุกสถานีในแต่ละคุณสมบัติ สำหรับข้อมูลน้ำทำรายเดือนพบว่าแบบจำลองชนิดแตกตัวครั้งเดียวที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย MML มีค่าผลรวมลำดับ $\overline{RMSE}$ น้อยที่สุด ตาราง 4.18 แสดงผลรวมคะแนนแสดงลำดับความสามารถการรักษาคุณลักษณะทางสถิติพื้นฐาน ของแบบจำลองข้อมูลสังเคราะห์รายปีหาได้จากผลรวมลำดับค่า $\overline{RMSE}$ ของทุกสถานี ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองชนิดแตกตัวครั้งเดียวและแตกตัวที่ละสถานี ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย MML มีค่าน้อยกว่าแบบจำลองชนิดเดิม และผลรวมลำดับ $\overline{RMSE}$ มีค่าใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากแบบจำลองชนิดแตกตัวที่ละสถานี ไม่สามารถรักษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสถานีของข้อมูลน้ำทำรายเดือนไว้ได้ ดังนั้นแบบจำลองชนิดแตกตัวครั้งเดียวที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย MML จึงมีความสามารถดีที่สุดในการรักษาคุณลักษณะทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลสังเคราะห์ให้คล้ายคลึงกับข้อมูลอดีต

ตาราง 4.19-4.26 แสดงช่วงระยะเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำทำรายเดือนของข้อมูลในอดีตเปรียบเทียบกับข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี P.12 (ดูประกอบสำหรับสถานี W.3A Y.1C และ SK ในตาราง ก.41-ก.64) ของข้อมูลชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่ระดับตัด 0.75 1.0 1.25 และ 1.5 เท่าของค่าเฉลี่ย ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองชนิดทั้งหมดสามารถรักษาคุณลักษณะน้ำแล้งของข้อมูล ที่ระดับตัดต่างๆไว้ได้ตามเกณฑ์ OSDI

ตาราง 4.27-4.34 แสดงช่วงระยะเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำทำรายปีของข้อมูลในอดีตเปรียบเทียบกับข้อมูลสังเคราะห์สำหรับสถานี P.12 (สถานี W.3A Y.1C และ SK ดูตาราง

ก.65-ก.88 ประกอบด้วย) ที่ระดับคัต 0.75 1.0 1.25 และ 1.5 เท่าของค่าเฉลี่ย ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าทุกแบบจำลองยังคงสามารถรักษาคูณลักษณะน้ำแล้งที่ระดับคัตต่างๆของข้อมูลไว้ได้

ตาราง 4.35-4.36 แสดงผลรวมคะแนนแสดงลำดับความสามารถการรักษาคูณลักษณะน้ำแล้ง (ค่า RMSE) ทั้ง 4 ระดับคัตทุกสถานี ของแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอและที่มีอยู่เดิมของข้อมูลสังเคราะห์รายเดือนและรายปีชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยาตามลำดับ พบว่าแบบจำลองทั้งหมดสามารถรักษาคูณลักษณะน้ำแล้งของข้อมูลทุกระดับคัตที่พิจารณาไว้ได้ และแบบจำลองชนิดแตกตัวครั้งเดียวที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย MML มีความสามารถดีที่สุดในการรักษาคูณลักษณะน้ำแล้งของข้อมูลสังเคราะห์ให้ใกล้เคียงกับข้อมูลอดีต เนื่องจากมีค่าผลรวมลำดับ RMSE น้อยที่สุด ถึงแม้ว่าข้อมูลน้ำท่ารายเดือนแบบจำลองชนิดแตกตัวครั้งเดียวจะมีค่าผลรวมลำดับใกล้เคียงกับแบบจำลองเดิมและมีค่าสูงกว่าชนิดแตกตัวที่ละสถานี แต่แบบจำลองชนิดแตกตัวที่ละสถานีไม่สามารถรักษาคูณทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลรายเดือนไว้ได้ และในข้อมูลรายปีผลรวมลำดับของแบบจำลองชนิดแตกตัวครั้งเดียวจะมีค่าผลรวมลำดับน้อยกว่าแบบจำลองเดิมมากเมื่อเทียบกับชุดข้อมูลรายเดือน

จากผลการศึกษาในกรณีหลายสถานีทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า แบบจำลองชนิดแตกตัวครั้งเดียวมีจำนวนพารามิเตอร์น้อยที่สุดและมีค่าองศาอิสระมากที่สุด แบบจำลองทุกชนิดที่พิจารณาสามารถรักษาคูณลักษณะพื้นฐานทางสถิติและคูณลักษณะน้ำแล้งที่ระดับคัตต่างๆของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและรายปีไว้ได้ เว้นแต่แบบจำลองชนิดแตกตัวที่ละสถานีไม่สามารถรักษาคูณลักษณะค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนทั้ง 2 ชุดไว้ได้ และแบบจำลอง SVD/MAR(1)-MML ชนิดแตกตัวครั้งเดียวมีความสามารถดีที่สุ

ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	52	175	288	353	915	1566	1258	614	288	153	73	38
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML						RMSE	46.0					
Mean, $\bar{q}$	55	172	285	347	912	1589	1259	627	289	155	75	40
Std., s	11	19	26	40	93	145	90	69	22	16	10	7
Max, $q_{(1)}$	81	227	340	471	1168	2034	1468	792	341	190	101	57
Min, $q_{(100)}$	31	127	230	251	755	1297	1048	486	222	123	55	23
RMSE	11.2	19.6	25.8	40.7	92.8	146.7	89.7	70.1	22.4	16.2	10.3	6.9
$\bar{q} + s$	66	192	311	388	1005	1734	1349	696	312	171	85	47
$\bar{q} - s$	45	153	260	307	820	1444	1170	558	267	139	64	33
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM						RMSE	42.0					
Mean, $\bar{q}$	53	173	288	354	909	1586	1256	607	286	153	74	39
Std., s	10	17	24	44	79	123	86	67	22	14	9	7
Max, $q_{(1)}$	81	212	353	460	1142	1975	1422	850	344	188	95	57
Min, $q_{(100)}$	34	132	229	237	725	1352	1103	496	242	122	56	25
RMSE	10.2	16.9	24.1	43.6	79.6	125.1	85.6	67.7	21.7	13.9	8.7	7.3
$\bar{q} + s$	63	190	312	397	989	1709	1342	675	308	167	83	47
$\bar{q} - s$	43	156	264	310	830	1462	1171	540	264	139	66	32
แตกตัวทีละสถานี และ MML						RMSE	46.2					
Mean, $\bar{q}$	51	171	288	348	902	1545	1250	597	284	149	72	37
Std., s	11	19	23	30	84	165	70	79	25	20	12	10
Max, $q_{(1)}$	80	225	343	425	1132	1968	1407	862	346	197	110	63
Min, $q_{(100)}$	32	126	236	281	738	1247	1085	461	241	111	49	19
RMSE	11.3	19.2	22.5	29.9	85.3	166.0	70.2	80.9	25.5	20.6	12.3	10.2
$\bar{q} + s$	62	189	311	377	986	1710	1320	677	309	169	84	47
$\bar{q} - s$	40	152	266	318	817	1381	1181	518	259	129	60	27
แตกตัวทีละสถานี และ MOM						RMSE	41.7					
Mean, $\bar{q}$	50	171	286	346	901	1560	1243	603	286	151	73	38
Std., s	10	16	26	31	73	145	72	65	20	16	11	9
Max, $q_{(1)}$	92	209	349	429	1043	2075	1395	765	341	203	105	64
Min, $q_{(100)}$	30	133	223	271	688	1230	1048	436	243	114	51	21
RMSE	10.5	16.1	25.7	31.9	74.2	145.4	74.2	66.1	19.9	16.2	11.2	9.0
$\bar{q} + s$	61	187	312	377	974	1705	1315	668	306	168	84	47
$\bar{q} - s$	40	156	260	314	828	1415	1170	538	266	135	62	29

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	52	175	288	353	915	1566	1258	614	288	153	73	38
Chaleeraktragoon (1999) และ MML						RMSE	50.5					
Mean, $\bar{q}$	53	174	285	355	915	1591	1258	614	288	156	75	40
Std., s	11	19	26	41	111	163	95	76	22	19	11	8
Max, $q_{(1)}$	81	220	351	507	1245	2122	1510	823	343	209	104	63
Min, $q_{(100)}$	34	131	229	272	712	1334	1032	400	219	116	56	23
RMSE	11	19	26	42	111	165	95	76	22	19	12	9
$\bar{q} + s$	64	193	310	397	1026	1754	1354	690	310	175	87	48
$\bar{q} - s$	42	156	259	314	804	1428	1163	539	266	137	64	31
Chaleeraktragoon (1999) และ MOM						RMSE	45.5					
Mean, $\bar{q}$	51	175	295	351	905	1555	1270	630	291	154	73	37
Std., s	11	17	26	35	84	144	92	75	20	18	11	9
Max, $q_{(1)}$	80	215	366	436	1107	1899	1516	856	353	190	102	64
Min, $q_{(100)}$	23	129	234	227	659	1147	1065	506	237	112	39	17
RMSE	11	17	27	35	84	144	93	77	20	18	11	9
$\bar{q} + s$	62	192	321	386	988	1699	1362	705	310	172	85	46
$\bar{q} - s$	40	157	269	316	821	1411	1178	555	271	136	62	29

ตาราง 4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	50	118	174	262	476	669	463	362	114	84	49	32
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML						RMSE	47.2					
Mean, $\bar{q}$	58	118	180	244	440	730	469	361	112	82	51	34
Std., s	17	20	28	51	71	155	78	72	15	13	11	8
Max, $q_{(1)}$	133	194	255	396	700	1303	763	598	147	116	81	63
Min, $q_{(100)}$	30	77	132	155	284	472	312	232	84	54	32	21
RMSE	18.9	20.4	28.6	53.7	80.0	166.9	78.6	71.8	14.7	13.5	11.5	7.9
$\bar{q} + s$	75	139	208	294	511	886	547	433	126	96	63	42
$\bar{q} - s$	42	98	152	193	369	575	391	289	97	69	40	26
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM						RMSE	49.7					
Mean, $\bar{q}$	57	122	179	253	437	748	461	347	110	78	50	33
Std., s	18	18	32	63	77	154	75	82	14	12	9	8
Max, $q_{(1)}$	128	171	310	472	679	1131	745	712	140	113	74	61
Min, $q_{(100)}$	33	83	126	155	271	422	306	225	84	52	34	16
RMSE	18.9	18.6	32.6	63.5	86.9	173.2	74.9	83.8	14.2	12.6	9.1	8.2
$\bar{q} + s$	74	140	211	316	514	902	536	429	124	90	59	41
$\bar{q} - s$	39	103	147	190	359	594	386	264	97	67	41	25
แตกตัวที่ละสถานี และ MML						RMSE	47.6					
Mean, $\bar{q}$	52	114	173	238	430	678	448	329	108	75	46	29
Std., s	17	18	26	47	67	153	78	87	13	13	9	8
Max, $q_{(1)}$	134	173	250	473	728	1190	632	739	139	110	75	51
Min, $q_{(100)}$	29	76	126	149	286	395	278	195	74	52	29	15
RMSE	17.7	18.6	26.0	52.7	81.9	153.0	79.8	93.3	14.4	15.2	9.8	8.3
$\bar{q} + s$	70	133	199	285	497	831	526	416	121	88	56	38
$\bar{q} - s$	35	96	147	191	363	525	370	242	95	63	37	21
แตกตัวที่ละสถานี และ MOM						RMSE	49.6					
Mean, $\bar{q}$	50	115	169	228	413	683	414	329	106	78	46	30
Std., s	15	17	25	45	64	173	60	81	13	14	11	10
Max, $q_{(1)}$	125	171	238	379	610	1714	650	714	156	108	106	75
Min, $q_{(100)}$	27	68	115	141	288	428	255	188	80	49	28	17
RMSE	15.2	17.1	25.8	56.1	89.6	173.7	77.8	87.2	15.8	15.6	11.6	9.7
$\bar{q} + s$	66	132	194	272	477	856	475	410	119	92	57	40
$\bar{q} - s$	35	98	143	193	350	510	354	248	93	63	35	21

ตาราง 4.6 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	50	118	174	262	476	669	463	362	114	84	49	32
Chaleeraktragoon (1999) และ MML							RMSE	51.4				
Mean, $\bar{q}$	55	121	174	258	443	722	456	348	110	82	51	32
Std., s	19	23	27	58	76	200	68	82	14	14	11	8
Max, $q_{(1)}$	130	188	288	456	727	1511	670	758	147	146	85	68
Min, $q_{(100)}$	30	81	111	151	280	445	294	189	75	54	32	16
RMSE	20	23	27	58	83	207	69	84	14	14	11	8
$\bar{q} + s$	74	143	201	316	518	922	524	430	124	95	62	40
$\bar{q} - s$	37	98	146	200	367	522	388	265	97	68	40	24
Chaleeraktragoon (1999) และ MOM							RMSE	48.1				
Mean, $\bar{q}$	52	118	181	240	431	705	459	352	109	79	49	31
Std., s	16	19	28	47	70	162	72	91	12	15	11	10
Max, $q_{(1)}$	114	167	257	373	735	1266	666	724	134	131	83	91
Min, $q_{(100)}$	23	72	122	136	315	352	324	213	83	44	27	14
RMSE	16	19	29	52	84	166	73	91	13	15	11	10
$\bar{q} + s$	68	137	209	287	501	867	532	443	121	94	60	41
$\bar{q} - s$	36	99	154	193	361	544	387	262	97	64	38	22

ตาราง 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลองSVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	1.430	0.610	0.740	1.900	1.040	0.890	0.840	1.600	0.510	1.330	1.280	0.970
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML						RMSE	0.736					
Mean, $\bar{q}$	2.030	0.992	1.069	1.396	0.911	1.509	0.974	1.455	0.499	1.013	1.346	1.622
Std., s	0.901	0.579	0.600	0.677	0.473	0.811	0.521	0.749	0.376	0.618	0.651	0.751
Max, $q_{(1)}$	5.126	3.283	3.745	3.843	2.686	4.660	3.068	4.544	1.392	3.504	4.056	4.251
Min, $q_{(100)}$	0.341	-0.070	-0.179	0.244	0.019	0.145	-0.056	0.202	-0.503	0.028	0.312	0.427
RMSE	1.082	0.693	0.684	0.844	0.491	1.020	0.538	0.763	0.376	0.694	0.654	0.994
$\bar{q} + s$	2.931	1.571	1.669	2.074	1.385	2.320	1.494	2.204	0.875	1.631	1.997	2.373
$\bar{q} - s$	1.129	0.413	0.469	0.719	0.438	0.699	0.453	0.707	0.123	0.395	0.695	0.870
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM						RMSE	0.729					
Mean, $\bar{q}$	2.047	1.094	1.017	1.397	0.911	1.579	0.929	1.433	0.297	0.903	1.279	1.530
Std., s	0.860	0.485	0.695	0.660	0.552	0.684	0.515	0.640	0.393	0.491	0.600	0.838
Max, $q_{(1)}$	5.058	2.361	3.544	3.973	3.866	3.545	2.974	3.326	1.451	2.391	2.996	4.595
Min, $q_{(100)}$	0.627	0.062	0.076	0.402	-0.046	0.353	-0.002	0.282	-0.721	-0.173	0.048	0.268
RMSE	1.058	0.685	0.748	0.830	0.567	0.971	0.523	0.661	0.447	0.651	0.600	1.008
$\bar{q} + s$	2.907	1.579	1.712	2.057	1.463	2.263	1.444	2.073	0.690	1.394	1.879	2.368
$\bar{q} - s$	1.187	0.609	0.321	0.737	0.359	0.895	0.413	0.794	-0.097	0.411	0.679	0.692
แตกตัวทีละสถานี และ MML						RMSE	0.688					
Mean, $\bar{q}$	1.944	0.951	0.933	1.385	0.939	1.414	0.924	1.417	0.415	0.883	1.242	1.387
Std., s	0.944	0.545	0.511	0.752	0.548	0.642	0.533	0.837	0.406	0.490	0.483	0.608
Max, $q_{(1)}$	5.338	2.451	3.071	4.981	3.139	3.585	3.112	5.335	1.897	2.735	2.502	3.028
Min, $q_{(100)}$	0.614	-0.159	0.125	0.501	0.166	0.373	-0.026	0.194	-0.570	0.086	0.339	0.356
RMSE	1.075	0.643	0.546	0.912	0.557	0.829	0.540	0.857	0.417	0.663	0.485	0.737
$\bar{q} + s$	2.888	1.496	1.444	2.137	1.487	2.056	1.458	2.254	0.821	1.374	1.724	1.995
$\bar{q} - s$	1.000	0.406	0.422	0.633	0.392	0.772	0.391	0.579	0.009	0.393	0.759	0.779
แตกตัวทีละสถานี และ MOM						RMSE	0.692					
Mean, $\bar{q}$	1.897	1.001	0.977	1.360	0.807	1.527	0.763	1.411	0.381	1.093	1.231	1.537
Std., s	0.743	0.508	0.558	0.606	0.459	0.730	0.449	0.796	0.379	0.650	0.585	0.732
Max, $q_{(1)}$	3.692	2.589	3.296	3.212	2.441	4.616	2.763	4.147	1.771	2.967	4.166	3.753
Min, $q_{(100)}$	0.566	-0.040	-0.181	0.251	0.022	0.303	-0.135	0.125	-0.529	-0.208	0.148	0.129
RMSE	0.877	0.641	0.607	0.812	0.514	0.969	0.455	0.818	0.400	0.692	0.587	0.925
$\bar{q} + s$	2.640	1.509	1.536	1.966	1.266	2.257	1.211	2.207	0.760	1.743	1.816	2.268
$\bar{q} - s$	1.154	0.494	0.419	0.753	0.349	0.798	0.314	0.616	0.002	0.443	0.646	0.805

ตาราง 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลองSVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	1.430	0.610	0.740	1.900	1.040	0.890	0.840	1.600	0.510	1.330	1.280	0.970
Chaleeraktragoon (1999) และ MML						$\overline{\text{RMSE}}$	0.735					
Mean, $\bar{q}$	2.035	1.039	1.003	1.564	1.017	1.573	0.985	1.394	0.394	1.011	1.347	1.416
Std., s	0.978	0.526	0.587	0.864	0.495	0.902	0.535	0.683	0.407	0.538	0.687	0.649
Max, $q_{(1)}$	5.121	3.236	2.987	3.952	2.904	4.643	2.630	5.115	1.659	3.035	4.032	3.537
Min, $q_{(100)}$	0.163	0.180	-0.193	0.224	0.263	0.360	-0.227	0.228	-0.449	0.004	0.103	0.235
RMSE	1.150	0.679	0.643	0.927	0.495	1.131	0.554	0.713	0.423	0.625	0.691	0.788
$\bar{q} + s$	3.014	1.565	1.590	2.428	1.512	2.475	1.520	2.077	0.800	1.549	2.034	2.065
$\bar{q} - s$	1.057	0.514	0.416	0.700	0.522	0.670	0.451	0.711	-0.013	0.473	0.659	0.767
Chaleeraktragoon (1999) และ MOM						$\overline{\text{RMSE}}$	0.691					
Mean, $\bar{q}$	1.938	0.911	0.902	1.366	0.945	1.527	0.982	1.367	0.352	1.024	1.346	1.409
Std., s	0.910	0.454	0.491	0.643	0.552	0.710	0.501	0.768	0.406	0.568	0.645	0.658
Max, $q_{(1)}$	4.853	2.715	2.326	3.111	2.823	4.545	2.592	4.499	1.731	2.968	3.913	4.079
Min, $q_{(100)}$	0.462	-0.248	-0.260	0.359	-0.058	0.248	0.058	-0.061	-0.396	0.106	0.231	0.120
RMSE	1.042	0.545	0.517	0.836	0.560	0.954	0.521	0.802	0.435	0.646	0.648	0.791
$\bar{q} + s$	2.848	1.365	1.393	2.009	1.497	2.236	1.483	2.135	0.758	1.592	1.991	2.067
$\bar{q} - s$	1.028	0.457	0.410	0.723	0.393	0.817	0.480	0.599	-0.054	0.455	0.701	0.751

ตาราง 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเดือนนี้กับเดือนที่แล้ว ของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและข้อมูล
สังเคราะห์ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	0.373	0.224	0.478	0.312	0.585	0.670	0.245	0.250	0.614	0.645	0.575	0.685
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML						RMSE	0.148					
Mean, $\bar{q}$	0.339	0.303	0.501	0.382	0.549	0.592	0.280	0.307	0.706	0.747	0.754	0.605
Std., s	0.167	0.154	0.122	0.132	0.114	0.103	0.164	0.142	0.089	0.072	0.078	0.123
Max, $q_{(1)}$	0.686	0.713	0.821	0.713	0.818	0.794	0.675	0.648	0.855	0.892	0.891	0.838
Min, $q_{(100)}$	-0.065	-0.020	0.071	0.089	0.273	0.328	-0.122	-0.032	0.484	0.550	0.509	0.326
RMSE	0.171	0.173	0.124	0.149	0.119	0.129	0.167	0.154	0.128	0.124	0.195	0.147
$\bar{q} + s$	0.506	0.457	0.623	0.513	0.663	0.695	0.443	0.450	0.795	0.819	0.833	0.728
$\bar{q} - s$	0.172	0.148	0.379	0.250	0.435	0.489	0.116	0.165	<u>0.617</u>	<u>0.675</u>	<u>0.676</u>	0.482
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM						RMSE	0.147					
Mean, $\bar{q}$	0.319	0.323	0.482	0.392	0.564	0.583	0.282	0.306	0.694	0.730	0.738	0.612
Std., s	0.148	0.138	0.122	0.147	0.110	0.130	0.147	0.167	0.090	0.071	0.074	0.119
Max, $q_{(1)}$	0.742	0.588	0.779	0.703	0.785	0.854	0.630	0.665	0.855	0.864	0.899	0.858
Min, $q_{(100)}$	-0.148	0.024	0.201	0.095	0.262	0.214	-0.144	-0.253	0.411	0.484	0.564	0.316
RMSE	0.158	0.170	0.122	0.168	0.112	0.156	0.152	0.177	0.120	0.110	0.179	0.139
$\bar{q} + s$	0.467	0.461	0.604	0.539	0.674	0.712	0.430	0.473	0.784	0.801	0.812	0.730
$\bar{q} - s$	0.171	0.185	0.361	0.245	0.454	0.453	0.135	0.139	0.604	<u>0.659</u>	<u>0.665</u>	0.493
แตกตัวทีละสถานี และ MML						RMSE	0.145					
Mean, $\bar{q}$	0.359	0.302	0.451	0.415	0.564	0.589	0.301	0.309	0.682	0.732	0.727	0.581
Std., s	0.149	0.144	0.135	0.142	0.109	0.100	0.146	0.156	0.082	0.070	0.079	0.127
Max, $q_{(1)}$	0.668	0.613	0.701	0.761	0.808	0.773	0.645	0.652	0.845	0.863	0.884	0.860
Min, $q_{(100)}$	0.026	-0.044	-0.071	0.074	0.135	0.331	-0.095	-0.051	0.435	0.480	0.546	0.307
RMSE	0.149	0.164	0.138	0.176	0.111	0.129	0.157	0.167	0.107	0.111	0.171	0.164
$\bar{q} + s$	0.507	0.446	0.586	0.557	0.672	0.688	0.447	0.465	0.764	0.802	0.806	0.707
$\bar{q} - s$	0.210	0.158	0.316	0.272	0.455	0.489	0.155	0.153	0.601	<u>0.663</u>	<u>0.648</u>	0.454
แตกตัวทีละสถานี และ MOM						RMSE	0.150					
Mean, $\bar{q}$	0.368	0.298	0.464	0.422	0.547	0.570	0.278	0.310	0.678	0.730	0.738	0.606
Std., s	0.168	0.162	0.139	0.144	0.120	0.112	0.136	0.147	0.091	0.073	0.087	0.129
Max, $q_{(1)}$	0.773	0.709	0.765	0.746	0.794	0.853	0.616	0.670	0.856	0.871	0.891	0.861
Min, $q_{(100)}$	-0.054	-0.081	0.070	0.018	0.180	0.296	-0.072	-0.187	0.420	0.556	0.394	0.308
RMSE	0.168	0.179	0.140	0.181	0.126	0.150	0.140	0.159	0.111	0.111	0.185	0.151
$\bar{q} + s$	0.536	0.461	0.603	0.566	0.667	0.682	0.414	0.457	0.768	0.802	0.825	0.735
$\bar{q} - s$	0.200	0.136	0.325	0.278	0.427	0.458	0.143	0.162	0.587	<u>0.657</u>	<u>0.651</u>	0.478

ตาราง 4.10 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเดือนนี้กับเดือนที่แล้ว ของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและข้อมูล
สังเคราะห์ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	0.373	0.224	0.478	0.312	0.585	0.670	0.245	0.250	0.614	0.645	0.575	0.685
Chaleeraktragoon (1999) และ MML						RMSE	0.155					
Mean, $\bar{q}$	0.357	0.337	0.514	0.418	0.577	0.592	0.298	0.325	0.696	0.743	0.741	0.618
Std., s	0.162	0.172	0.129	0.130	0.117	0.119	0.171	0.160	0.079	0.073	0.084	0.132
Max, $q_{(1)}$	0.752	0.724	0.787	0.765	0.802	0.855	0.653	0.660	0.837	0.860	0.890	0.906
Min, $q_{(100)}$	0.001	-0.056	0.134	0.043	0.207	0.111	-0.076	-0.105	0.488	0.561	0.504	0.247
RMSE	0.163	0.206	0.134	0.168	0.117	0.143	0.179	0.177	0.114	0.122	0.186	0.149
$\bar{q} + s$	0.520	0.509	0.643	0.548	0.693	0.711	0.469	0.485	0.775	0.816	0.825	0.750
$\bar{q} - s$	0.195	0.164	0.386	0.288	0.460	0.473	0.127	0.165	<u>0.617</u>	<u>0.670</u>	<u>0.658</u>	0.485
Chaleeraktragoon (1999) และ MOM						RMSE	0.147					
Mean, $\bar{q}$	0.398	0.326	0.499	0.414	0.570	0.560	0.277	0.298	0.693	0.733	0.747	0.607
Std., s	0.147	0.149	0.124	0.130	0.114	0.123	0.132	0.143	0.081	0.063	0.083	0.137
Max, $q_{(1)}$	0.720	0.669	0.793	0.721	0.771	0.784	0.559	0.664	0.840	0.881	0.905	0.892
Min, $q_{(100)}$	0.066	-0.087	0.235	-0.071	0.190	0.098	0.015	0.008	0.392	0.605	0.540	0.226
RMSE	0.149	0.180	0.126	0.165	0.115	0.165	0.136	0.151	0.114	0.108	0.191	0.158
$\bar{q} + s$	0.545	0.474	0.623	0.543	0.685	0.684	0.409	0.441	0.775	0.797	0.830	0.745
$\bar{q} - s$	0.250	0.177	0.374	0.284	0.456	0.437	0.145	0.155	0.612	<u>0.670</u>	<u>0.664</u>	0.470

ตาราง 4.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่างสถานะของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12&W.3A

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	0.415	0.547	0.688	0.744	0.853	0.874	0.788	0.848	0.778	0.697	0.525	0.275
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML						RMSE	0.130					
Mean, $\bar{q}$	0.343	0.588	0.633	0.624	0.750	0.802	0.719	0.848	0.801	0.588	0.524	0.195
Std., s	0.193	0.122	0.110	0.130	0.074	0.066	0.082	0.054	0.051	0.125	0.126	0.176
Max, $q_{(1)}$	0.735	0.842	0.856	0.904	0.917	0.920	0.900	0.942	0.897	0.840	0.752	0.669
Min, $q_{(100)}$	-0.148	0.222	0.304	0.306	0.476	0.570	0.475	0.667	0.676	0.176	0.062	-0.081
RMSE	0.206	0.128	0.123	0.177	0.126	0.097	0.107	0.054	0.056	0.166	0.126	0.193
$\bar{q} + s$	0.535	0.709	0.743	0.754	<u>0.824</u>	<u>0.868</u>	0.801	0.902	0.853	0.713	0.649	0.370
$\bar{q} - s$	0.150	0.466	0.523	0.494	0.677	0.736	0.638	0.793	0.750	0.463	0.398	0.019
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM						RMSE	0.131					
Mean, $\bar{q}$	0.304	0.608	0.611	0.637	0.740	0.792	0.731	0.858	0.789	0.582	0.520	0.162
Std., s	0.186	0.116	0.119	0.125	0.075	0.064	0.087	0.046	0.052	0.109	0.112	0.172
Max, $q_{(1)}$	0.804	0.847	0.852	0.864	0.893	0.925	0.916	0.942	0.901	0.807	0.789	0.565
Min, $q_{(100)}$	-0.072	0.305	0.282	0.261	0.539	0.610	0.378	0.693	0.632	0.315	0.226	-0.199
RMSE	0.217	0.131	0.142	0.165	0.135	0.103	0.104	0.047	0.053	0.159	0.112	0.206
$\bar{q} + s$	0.490	0.724	0.730	0.762	<u>0.816</u>	<u>0.856</u>	0.818	0.904	0.841	<u>0.691</u>	0.632	0.334
$\bar{q} - s$	0.118	0.493	0.492	0.512	0.665	0.729	0.643	0.812	0.736	0.473	0.407	-0.010
แตกตัวทีละสถานี และ MML						RMSE	0.193					
Mean, $\bar{q}$	0.290	0.478	0.442	0.552	0.626	0.691	0.626	0.758	0.688	0.527	0.552	0.184
Std., s	0.220	0.139	0.136	0.129	0.097	0.085	0.098	0.081	0.080	0.111	0.118	0.165
Max, $q_{(1)}$	0.805	0.854	0.703	0.874	0.824	0.888	0.819	0.953	0.849	0.773	0.794	0.516
Min, $q_{(100)}$	-0.250	0.140	0.085	0.263	0.358	0.473	0.327	0.536	0.492	0.241	0.192	-0.180
RMSE	0.252	0.156	0.281	0.231	0.247	0.202	0.190	0.121	0.120	0.203	0.121	0.188
$\bar{q} + s$	0.510	0.617	<u>0.578</u>	<u>0.681</u>	<u>0.722</u>	<u>0.776</u>	<u>0.724</u>	<u>0.839</u>	<u>0.769</u>	<u>0.639</u>	0.670	0.349
$\bar{q} - s$	0.071	0.338	0.306	0.423	0.529	0.605	0.528	0.678	0.608	0.416	0.433	0.019
แตกตัวทีละสถานี และ MOM						RMSE	0.189					
Mean, $\bar{q}$	0.267	0.523	0.461	0.562	0.626	0.682	0.610	0.763	0.684	0.524	0.542	0.197
Std., s	0.174	0.117	0.129	0.132	0.105	0.102	0.096	0.081	0.082	0.119	0.123	0.176
Max, $q_{(1)}$	0.618	0.722	0.778	0.811	0.883	0.887	0.766	0.923	0.856	0.804	0.816	0.626
Min, $q_{(100)}$	-0.182	0.198	0.082	0.202	0.372	0.401	0.328	0.511	0.449	0.248	0.176	-0.177
RMSE	0.228	0.119	0.261	0.225	0.250	0.217	0.202	0.118	0.125	0.211	0.124	0.193
$\bar{q} + s$	0.441	0.640	<u>0.591</u>	<u>0.694</u>	<u>0.731</u>	<u>0.784</u>	<u>0.706</u>	<u>0.844</u>	<u>0.765</u>	<u>0.643</u>	0.665	0.373
$\bar{q} - s$	0.094	0.407	0.332	0.430	0.522	0.580	0.514	0.682	0.602	0.405	0.418	0.020

ตาราง 4.12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่างสถานะของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12&W.3A

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	0.415	0.547	0.688	0.744	0.853	0.874	0.788	0.848	0.778	0.697	0.525	0.275
Chaleeraktragoon (1999) และ MML						RMSE	0.124					
Mean, $\bar{q}$	0.362	0.610	0.628	0.639	0.741	0.793	0.728	0.851	0.802	0.605	0.525	0.246
Std., s	0.174	0.124	0.114	0.121	0.074	0.068	0.075	0.043	0.053	0.105	0.133	0.162
Max, $q_{(1)}$	0.790	0.846	0.885	0.915	0.880	0.952	0.871	0.947	0.906	0.810	0.822	0.659
Min, $q_{(100)}$	0.016	0.201	0.254	0.336	0.461	0.582	0.525	0.711	0.586	0.351	0.212	-0.193
RMSE	0.182	0.139	0.129	0.161	0.134	0.105	0.096	0.043	0.058	0.140	0.133	0.165
$\bar{q} + s$	0.536	0.735	0.743	0.760	<u>0.815</u>	<u>0.861</u>	0.803	0.893	0.854	0.710	0.658	0.408
$\bar{q} - s$	0.188	0.486	0.514	0.518	0.668	0.726	0.654	0.808	0.749	0.500	0.392	0.084
Chaleeraktragoon (1999) และ MOM						RMSE	0.131					
Mean, $\bar{q}$	0.334	0.602	0.640	0.624	0.751	0.792	0.729	0.853	0.789	0.572	0.511	0.195
Std., s	0.176	0.116	0.105	0.124	0.078	0.066	0.076	0.045	0.057	0.118	0.143	0.193
Max, $q_{(1)}$	0.718	0.816	0.829	0.872	0.890	0.899	0.872	0.945	0.901	0.825	0.788	0.602
Min, $q_{(100)}$	-0.062	0.366	0.346	0.319	0.544	0.511	0.498	0.703	0.605	0.192	0.080	-0.290
RMSE	0.193	0.129	0.116	0.173	0.128	0.105	0.096	0.045	0.058	0.173	0.144	0.209
$\bar{q} + s$	0.510	0.718	0.746	0.748	<u>0.830</u>	<u>0.857</u>	0.805	0.898	0.846	<u>0.690</u>	0.654	0.388
$\bar{q} - s$	0.159	0.485	0.535	0.499	0.673	0.726	0.652	0.808	0.732	0.453	0.368	0.002

ตาราง 4.13 ค่าคุณสมบัติทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลน้ำท่ารายปีและข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย
แบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12

Properties	Mean (mcm)	Standard (mcm)	Skewness	Correlation
Historic, q	5773	1714	0.174	0.153
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML				
Mean, $\bar{q}$	5806	1816	0.843	0.205
Std., s	388	255	0.544	0.154
Max, $q_{(1)}$	6878	2585	3.331	0.603
Min, $q_{(100)}$	4986	1248	-0.204	-0.148
RMSE	389.1	274.5	0.862	0.162
$\bar{q} + s$	6194	2071	1.387	0.359
$\bar{q} - s$	5418	1561	<u>0.300</u>	0.051
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	5778	1829	0.835	0.181
Std., s	335	303	0.582	0.142
Max, $q_{(1)}$	6747	2620	3.013	0.502
Min, $q_{(100)}$	5087	1226	-0.189	-0.157
RMSE	334.9	323.6	0.880	0.145
$\bar{q} + s$	6113	2131	<u>1.417</u>	0.323
$\bar{q} - s$	5443	1526	0.252	0.039
แตกตัวทีละสถานี และ MML				
Mean, $\bar{q}$	5694	1721	0.820	0.066
Std., s	386	234	0.471	0.151
Max, $q_{(1)}$	6738	2554	2.004	0.406
Min, $q_{(100)}$	4833	1236	-0.262	-0.364
RMSE	394.3	234.1	0.800	0.175
$\bar{q} + s$	6080	1955	<u>1.292</u>	0.217
$\bar{q} - s$	5307	1487	0.349	-0.085
แตกตัวทีละสถานี และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	5708	1683	0.841	0.094
Std., s	308	267	0.579	0.166
Max, $q_{(1)}$	6563	2981	3.665	0.509
Min, $q_{(100)}$	4986	1120	-0.364	-0.417
RMSE	315.1	269.3	0.883	0.177
$\bar{q} + s$	6016	1950	1.420	0.260
$\bar{q} - s$	5400	1415	<u>0.262</u>	-0.072

ตาราง 4.14 ค่าคุณสมบัติทางสถิติพื้นฐานของข้อมูลน้ำท่ารายปีและข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12

Properties	Mean (mcm)	Standard (mcm)	Skewness	Correlation
Historic, q	5773	1714	0.174	0.153
Chaleeraktragoon (1999) และ MML				
Mean, $\bar{q}$	5806	1826	0.913	0.132
Std., s	426	316	0.548	0.147
Max, $q_{(1)}$	7028	3073	2.959	0.491
Min, $q_{(100)}$	5070	1271	0.044	-0.326
RMSE	427	335	0.920	0.148
$\bar{q} + s$	6231	2141	1.462	0.279
$\bar{q} - s$	5380	1510	<u>0.365</u>	-0.015
Chaleeraktragoon (1999) และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	5788	1764	0.818	0.126
Std., s	376	270	0.507	0.132
Max, $q_{(1)}$	6611	2335	2.731	0.570
Min, $q_{(100)}$	4690	1076	-0.019	-0.149
RMSE	376	275	0.820	0.135
$\bar{q} + s$	6164	2034	1.325	0.258
$\bar{q} - s$	5412	1494	<u>0.311</u>	-0.006

ตาราง 4.15 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่างสถานะของข้อมูลน้ำท่ารายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานะ P.12 W.3A Y.1C และ SK

สถานะ	P.12&W.3A	P.12&Y.1C	P.12&SK	W.3A&Y.1A	W.3A&SK	Y.1C&SK
Historic, q	0.869	0.699	0.703	0.760	0.675	0.831
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML						
Mean, $\bar{q}$	0.800	0.671	0.697	0.763	0.649	0.788
Std., s	0.062	0.079	0.082	0.066	0.107	0.062
Max, $q_{(1)}$	0.890	0.839	0.882	0.882	0.841	0.908
Min, $q_{(100)}$	0.586	0.424	0.466	0.574	0.321	0.490
RMSE	0.093	0.084	0.082	0.066	0.110	0.075
$\bar{q} + s$	<u>0.862</u>	0.750	0.779	0.829	0.756	0.851
$\bar{q} - s$	0.737	0.591	0.616	0.697	0.543	0.726
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM						
Mean, $\bar{q}$	0.791	0.635	0.674	0.752	0.645	0.783
Std., s	0.060	0.098	0.090	0.086	0.104	0.070
Max, $q_{(1)}$	0.898	0.854	0.852	0.931	0.870	0.911
Min, $q_{(100)}$	0.588	0.388	0.386	0.487	0.314	0.572
RMSE	0.099	0.117	0.095	0.086	0.108	0.085
$\bar{q} + s$	<u>0.851</u>	0.733	0.764	0.838	0.750	0.853
$\bar{q} - s$	0.730	0.538	0.584	0.666	0.541	0.712
แตกตัวทีละสถานะ และ MML						
Mean, $\bar{q}$	0.787	0.660	0.661	0.739	0.642	0.759
Std., s	0.053	0.078	0.079	0.075	0.093	0.070
Max, $q_{(1)}$	0.890	0.867	0.821	0.892	0.809	0.898
Min, $q_{(100)}$	0.626	0.440	0.458	0.515	0.374	0.537
RMSE	0.098	0.088	0.089	0.078	0.099	0.100
$\bar{q} + s$	<u>0.839</u>	0.738	0.739	0.814	0.736	<u>0.829</u>
$\bar{q} - s$	0.734	0.582	0.582	0.664	0.549	0.689
แตกตัวทีละสถานะ และ MOM						
Mean, $\bar{q}$	0.798	0.648	0.661	0.739	0.644	0.755
Std., s	0.062	0.076	0.078	0.076	0.086	0.073
Max, $q_{(1)}$	0.913	0.792	0.818	0.880	0.839	0.894
Min, $q_{(100)}$	0.620	0.436	0.519	0.519	0.423	0.522
RMSE	0.094	0.091	0.089	0.079	0.091	0.105
$\bar{q} + s$	<u>0.859</u>	0.724	0.739	0.815	0.730	<u>0.828</u>
$\bar{q} - s$	0.736	0.573	0.583	0.663	0.558	0.682

ตาราง 4.16 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่างสถานะของข้อมูลน้ำท่ารายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 W.3A Y.1C และ SK

สถานี	P.12&W.3A	P.12&Y.1C	P.12&SK	W.3A&Y.1A	W.3A&SK	Y.1C&SK
Historic, q	0.869	0.699	0.703	0.760	0.675	0.831
Chaleeraktragoon (1999) และ MML						
Mean, $\bar{q}$	0.802	0.674	0.688	0.757	0.638	0.793
Std., s	0.065	0.089	0.098	0.081	0.118	0.069
Max, $q_{(1)}$	0.921	0.827	0.890	0.916	0.851	0.911
Min, $q_{(100)}$	0.555	0.284	0.348	0.495	0.329	0.518
RMSE	0.094	0.093	0.100	0.081	0.124	0.079
$\bar{q} + s$	<u>0.867</u>	0.763	0.787	0.838	0.756	0.862
$\bar{q} - s$	0.737	0.585	0.590	0.675	0.520	0.723
Chaleeraktragoon (1999) และ MOM						
Mean, $\bar{q}$	0.786	0.655	0.680	0.762	0.634	0.778
Std., s	0.062	0.087	0.085	0.083	0.105	0.066
Max, $q_{(1)}$	0.883	0.850	0.839	0.924	0.871	0.897
Min, $q_{(100)}$	0.577	0.470	0.277	0.539	0.278	0.570
RMSE	0.103	0.098	0.088	0.083	0.113	0.085
$\bar{q} + s$	<u>0.848</u>	0.742	0.764	0.844	0.738	0.843
$\bar{q} - s$	0.725	0.568	0.595	0.679	0.529	0.712

ตาราง 4.17 ผลรวมคะแนนและจำนวน out of bound (.) แสดงลำดับความสามารถการรักษาคุณลักษณะพื้นฐานทางสถิติของแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอและที่มีอยู่เดิมของข้อมูลสังเคราะห์รายเดือนชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยา

Properties	แบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอ				แบบจำลอง SVD/MAR (1)	
	แตกตัวครั้งเดียว		แตกตัวทีละสถานี		ที่มีอยู่เดิม	
	MML	MOM	MML	MOM	MML	MOM
Mean	17 (0)	11 (0)	13 (0)	4 (0)	23 (0)	13 (0)
Standard deviation	10 (0)	18 (0)	6 (0)	9 (1)	23 (0)	17 (0)
Skewness coefficient	14 (2)	20 (6)	9 (2)	8 (3)	19 (2)	14 (4)
Correlation coefficient	10 (10)	15 (9)	9 (6)	18 (9)	18 (10)	10 (8)
Cross correlation coefficient	9 (7)	22 (8)	33 (36)	33 (35)	8 (8)	17 (8)
ผลรวม	60 (19)	86 (23)	69 (44)	71 (48)	91 (20)	71 (20)

: ตัวเลขที่มีค่าน้อยแสดงว่าแบบจำลองมีความสามารถดี

ตาราง 4.18 ผลรวมคะแนนแสดงลำดับความสามารถการรักษาคุณลักษณะพื้นฐานทางสถิติของแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอและที่มีอยู่เดิมของข้อมูลสังเคราะห์รายปีชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยา

Properties	แบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอ				แบบจำลอง SVD/MAR (1)	
	แตกตัวครั้งเดียว		แตกตัวทีละสถานี		ที่มีอยู่เดิม	
	MML	MOM	MML	MOM	MML	MOM
Mean	12	13	7	8	24	14
Standard deviation	12	20	4	10	23	19
Skewness coefficient	10	13	9	12	23	17
Correlation coefficient	15	11	17	15	16	10
Cross correlation coefficient	9	28	18	18	24	16
ผลรวม	58	85	55	63	110	76

: ตัวเลขที่มีค่าน้อยแสดงว่าแบบจำลองมีความสามารถดี

ตาราง 4.19 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย
แบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 0.75 mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	6.3	10.0	1413	2412
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML				
Mean, $\bar{q}$	6.2	9.5	1407	2491
Std., s	0.4	0.5	98	177
Max, $q_{(1)}$	7.1	10.0	1651	3143
Min, $q_{(100)}$	5.2	9.0	1129	2183
RMSE	0.390	0.743	98.085	194.148
$\bar{q} + s$	6.6	10.0	1505	2668
$\bar{q} - s$	5.8	9.0	1309	2313
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	6.2	9.4	1409	2478
Std., s	0.4	0.5	96	192
Max, $q_{(1)}$	7.0	10.0	1636	2980
Min, $q_{(100)}$	5.1	9.0	1138	2056
RMSE	0.367	0.763	95.730	203.159
$\bar{q} + s$	6.6	<u>9.9</u>	1505	2670
$\bar{q} - s$	5.9	8.9	1313	2286
แตกตัวทีละสถานี และ MML				
Mean, $\bar{q}$	6.2	9.4	1405	2459
Std., s	0.4	0.5	99	161
Max, $q_{(1)}$	7.2	10.0	1692	2912
Min, $q_{(100)}$	5.1	9.0	1139	2000
RMSE	0.408	0.763	99.513	167.489
$\bar{q} + s$	6.6	<u>9.9</u>	1504	2620
$\bar{q} - s$	5.8	8.9	1306	2298
แตกตัวทีละสถานี และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	6.3	9.5	1423	2451
Std., s	0.3	0.5	86	158
Max, $q_{(1)}$	7.1	10.0	1626	2790
Min, $q_{(100)}$	5.5	9.0	1202	2130
RMSE	0.335	0.716	86.920	162.779
$\bar{q} + s$	6.7	10.0	1509	2609
$\bar{q} - s$	6.0	9.0	1336	2293

ตาราง 4.20 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ
โดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 0.75 mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	6.3	10.0	1413	2412
Chaleeraktragoon (1999) และ MML				
Mean, $\bar{q}$	6.3	9.5	1433	2493
Std., s	0.4	0.5	104	177
Max, $q_{(1)}$	7.1	10.0	1655	3004
Min, $q_{(100)}$	5.4	9.0	1155	2088
RMSE	0.378	0.737	106.097	194.124
$\bar{q} + s$	6.7	10.0	1537	2669
$\bar{q} - s$	5.9	9.0	1329	2316
Chaleeraktragoon (1999) และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	6.2	9.4	1403	2474
Std., s	0.3	0.5	86	181
Max, $q_{(1)}$	6.9	10.0	1580	2945
Min, $q_{(100)}$	5.4	9.0	1179	2131
RMSE	0.352	0.783	86.770	191.619
$\bar{q} + s$	6.5	<u>9.9</u>	1489	2655
$\bar{q} - s$	5.8	8.9	1317	2292

ตาราง 4.21 ช่วงเวลาและขนาดน้ำเลี้ยงของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	7.4	10.0	2356	3529
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML				
Mean, $\bar{q}$	7.3	9.9	2325	3622
Std., s	0.3	0.3	134	191
Max, $q_{(1)}$	8.1	10.0	2625	4156
Min, $q_{(100)}$	6.5	9.0	1999	3209
RMSE	0.367	0.333	137.574	212.953
$\bar{q} + s$	7.7	10.2	2460	3813
$\bar{q} - s$	7.0	9.6	2191	3431
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	7.4	10.0	2344	3630
Std., s	0.3	0.2	113	214
Max, $q_{(1)}$	8.2	11.0	2635	4293
Min, $q_{(100)}$	6.6	9.0	2088	3258
RMSE	0.325	0.225	113.563	236.931
$\bar{q} + s$	7.7	10.2	2457	3844
$\bar{q} - s$	7.1	9.7	2231	3415
แตกตัวที่ละสถานี และ MML				
Mean, $\bar{q}$	7.4	9.9	2359	3607
Std., s	0.4	0.3	146	231
Max, $q_{(1)}$	8.1	10.0	2662	4290
Min, $q_{(100)}$	6.3	9.0	1950	3035
RMSE	0.374	0.284	146.111	244.248
$\bar{q} + s$	7.8	10.2	2505	3838
$\bar{q} - s$	7.0	9.6	2213	3375
แตกตัวที่ละสถานี และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	7.4	9.9	2356	3572
Std., s	0.3	0.3	109	184
Max, $q_{(1)}$	8.2	10.0	2580	4156
Min, $q_{(100)}$	6.6	9.0	2107	3241
RMSE	0.324	0.318	109.295	188.799
$\bar{q} + s$	7.8	10.2	2465	3756
$\bar{q} - s$	7.1	9.6	2246	3389

ตาราง 4.22 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ
โดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	7.4	10.0	2356	3529
Chaleeraktragoon (1999) และ MML				
Mean, $\bar{q}$	7.4	9.9	2348	3591
Std., s	0.3	0.3	141	212
Max, $q_{(1)}$	8.1	10.0	2625	4296
Min, $q_{(100)}$	6.4	9.0	1986	2982
RMSE	0.346	0.362	141	221
$\bar{q} + s$	7.743	10.208	2488.913	3803.552
$\bar{q} - s$	7.1	9.5	2207	3379
Chaleeraktragoon (1999) และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	7.3	9.9	2309	3582
Std., s	0.4	0.4	133	230
Max, $q_{(1)}$	8.0	11.0	2641	4292
Min, $q_{(100)}$	6.4	9.0	1998	3071
RMSE	0.409	0.402	141.404	236.398
$\bar{q} + s$	7.6	10.2	2443	3812
$\bar{q} - s$	6.9	9.5	2176	3351

ตาราง 4.23 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ
โดยแบบจำลองSVD/MAR (1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 1.25 mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	7.8	11.0	3220	4732
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML				
Mean, $\bar{q}$	8.1	10.8	3377	4933
Std., s	0.4	2.2	184	841
Max, $q_{(1)}$	8.9	22.0	3809	9674
Min, $q_{(100)}$	7.0	10.0	2775	4276
RMSE	0.491	2.258	242.052	864.605
$\bar{q} + s$	8.5	13.0	3561	5774
$\bar{q} - s$	7.8	8.5	3193	4092
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	8.2	10.5	3401	4958
Std., s	0.3	1.7	171	705
Max, $q_{(1)}$	8.8	22.0	3762	9327
Min, $q_{(100)}$	7.2	10.0	2923	4193
RMSE	0.503	1.806	248.415	740.028
$\bar{q} + s$	8.5	12.3	3571	5662
$\bar{q} - s$	<u>7.9</u>	8.8	<u>3230</u>	4253
แตกตัวที่ละสถานี และ MML				
Mean, $\bar{q}$	8.2	10.5	3378	4819
Std., s	0.3	1.7	119	693
Max, $q_{(1)}$	8.7	21.0	3636	9217
Min, $q_{(100)}$	7.3	10.0	3065	4237
RMSE	0.445	1.822	198.012	698.367
$\bar{q} + s$	8.4	12.2	3498	5512
$\bar{q} - s$	<u>7.9</u>	8.7	<u>3259</u>	4126
แตกตัวที่ละสถานี และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	8.2	10.4	3398	4858
Std., s	0.3	1.6	150	643
Max, $q_{(1)}$	8.9	20.0	3729	8864
Min, $q_{(100)}$	7.3	10.0	3011	4247
RMSE	0.505	1.698	232.750	655.110
$\bar{q} + s$	8.5	11.9	3548	5501
$\bar{q} - s$	<u>7.9</u>	8.8	<u>3248</u>	4215

ตาราง 4.24 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ
โดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 1.25 mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	7.8	11.0	3220	4732
Chaleeraktrakoon (1999) และ MML				
Mean, $\bar{q}$	8.1	10.4	3371	4848
Std., s	0.3	1.5	175	652
Max, $q_{(1)}$	8.8	21.0	3833	9341
Min, $q_{(100)}$	6.9	10.0	2796	4245
RMSE	0.478	1.613	230.831	661.970
$\bar{q} + s$	8.5	11.9	3546	5500
$\bar{q} - s$	7.8	8.9	3196	4196
Chaleeraktrakoon (1999) และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	8.1	10.5	3369	4873
Std., s	0.3	1.5	156	629
Max, $q_{(1)}$	9.0	22.0	3857	8981
Min, $q_{(100)}$	7.2	10.0	2963	4245
RMSE	0.471	1.569	215.253	645.094
$\bar{q} + s$	8.5	11.9	3525	5502
$\bar{q} - s$	7.8	9.0	3213	4243

ตาราง 4.25 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ
โดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 1.5 mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	8.5	11.0	4282	5934
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML				
Mean, $\bar{q}$	8.7	12.9	4470	7030
Std., s	0.3	4.4	207	2285
Max, $q_{(1)}$	9.5	22.0	4932	13108
Min, $q_{(100)}$	7.7	10.0	3881	5351
RMSE	0.386	4.820	279.665	2533.815
$\bar{q} + s$	9.0	17.3	4677	9315
$\bar{q} - s$	8.4	8.4	4263	4746
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	8.6	12.6	4419	6755
Std., s	0.3	4.0	208	1860
Max, $q_{(1)}$	9.4	22.0	4882	11793
Min, $q_{(100)}$	7.8	10.0	3832	5343
RMSE	0.356	4.318	248.528	2033.178
$\bar{q} + s$	8.9	16.6	4627	8615
$\bar{q} - s$	8.3	8.6	4211	4894
แตกตัวที่ละสถานี และ MML				
Mean, $\bar{q}$	8.7	12.8	4474	6917
Std., s	0.3	4.2	172	2008
Max, $q_{(1)}$	9.4	22.0	4986	12481
Min, $q_{(100)}$	8.0	10.0	3999	5368
RMSE	0.344	4.592	257.395	2235.778
$\bar{q} + s$	9.0	17.0	4646	8925
$\bar{q} - s$	8.4	8.6	<u>4301</u>	4909
แตกตัวที่ละสถานี และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	8.7	12.1	4447	6582
Std., s	0.3	3.6	170	1721
Max, $q_{(1)}$	9.3	22.0	4858	11721
Min, $q_{(100)}$	8.0	10.0	3975	5469
RMSE	0.328	3.752	237.036	1838.998
$\bar{q} + s$	8.9	15.7	4618	8303
$\bar{q} - s$	8.4	8.5	4277	4861

**ตาราง 4.26 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณ
โดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 1.5 mean**

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	8.5	11.0	4282	5934
Chaleeraktrakoon (1999) และ MML				
Mean, $\bar{q}$	8.7	12.9	4459	6955
Std., s	0.3	4.2	206	2058
Max, $q_{(1)}$	9.5	22.0	4925	12711
Min, $q_{(100)}$	7.6	10.0	3686	5308
RMSE	0.387	4.603	271.459	2297.648
$\bar{q} + s$	9.0	17.1	4665	9014
$\bar{q} - s$	8.4	8.6	4253	4897
Chaleeraktrakoon (1999) และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	8.7	13.5	4470	7260
Std., s	0.3	4.7	199	2304
Max, $q_{(1)}$	9.6	22.0	5049	12762
Min, $q_{(100)}$	7.9	10.0	3939	5389
RMSE	0.394	5.337	274.033	2658.055
$\bar{q} + s$	9.0	18.2	4670	9564
$\bar{q} - s$	8.4	8.8	4271	4957

ตาราง 4.27 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย
แบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 0.75 mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	1.7	5.0	1027	2730
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML				
Mean, $\bar{q}$	1.4	2.6	950	2316
Std., s	0.3	1.2	342	1376
Max, $q_{(1)}$	2.5	7.0	2192	8703
Min, $q_{(100)}$	1.0	1.0	420	608
RMSE	0.443	2.706	350.286	1436.521
$\bar{q} + s$	1.7	<u>3.8</u>	1292	3691
$\bar{q} - s$	1.1	1.4	609	940
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	1.5	2.7	1026	2299
Std., s	0.4	1.0	425	1145
Max, $q_{(1)}$	2.7	5.0	2647	7242
Min, $q_{(100)}$	1.0	1.0	270	387
RMSE	0.424	2.552	425.495	1223.137
$\bar{q} + s$	1.8	<u>3.7</u>	1451	3444
$\bar{q} - s$	1.1	1.6	600	1154
แตกตัวทีละสถานี และ MML				
Mean, $\bar{q}$	1.3	2.4	860	2094
Std., s	0.3	1.2	331	1052
Max, $q_{(1)}$	2.3	6.0	2080	5758
Min, $q_{(100)}$	1.0	1.0	158	219
RMSE	0.483	2.833	370.599	1228.779
$\bar{q} + s$	<u>1.6</u>	<u>3.6</u>	1191	3146
$\bar{q} - s$	1.0	1.2	529	1043
แตกตัวทีละสถานี และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	1.3	2.4	846	2016
Std., s	0.3	1.1	352	1044
Max, $q_{(1)}$	2.6	7.0	2479	7438
Min, $q_{(100)}$	1.0	1.0	119	136
RMSE	0.480	2.791	395.231	1264.702
$\bar{q} + s$	<u>1.6</u>	<u>3.5</u>	1198	3060
$\bar{q} - s$	1.0	1.4	495	972

ตาราง 4.28 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง VD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 0.75 mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	1.7	5.0	1027	2730
Chaleeraktragoon (1999) และ MML				
Mean, $\bar{q}$	1.5	3.0	965	2456
Std., s	0.4	1.3	397	1317
Max, $q_{(1)}$	3.2	9.0	2392	7159
Min, $q_{(100)}$	1.0	1.0	340	620
RMSE	0.433	2.416	402.152	1345.504
$\bar{q} + s$	1.9	<u>4.3</u>	1362	3774
$\bar{q} - s$	1.1	1.7	568	1139
Chaleeraktragoon (1999) และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	1.5	2.7	996	2482
Std., s	0.4	1.4	418	1452
Max, $q_{(1)}$	3.7	9.0	2394	9144
Min, $q_{(100)}$	1.0	1.0	330	617
RMSE	0.471	2.649	419.006	1473.119
$\bar{q} + s$	1.9	<u>4.1</u>	1414	3934
$\bar{q} - s$	1.1	1.4	578	1030

ตาราง 4.29 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย
แบบจำลอง VD/MAR (1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	2.2	5.0	2755	9947
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML				
Mean, $\bar{q}$	2.7	6.6	3456	9424
Std., s	0.9	2.3	1226	3536
Max, $q_{(1)}$	7.2	14.0	8634	18433
Min, $q_{(100)}$	1.4	2.0	1201	2772
RMSE	1.035	2.752	1412.618	3574.640
$\bar{q} + s$	3.6	8.8	4682	12960
$\bar{q} - s$	1.9	4.3	2230	5887
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	2.7	6.5	3374	9602
Std., s	0.7	2.1	956	3459
Max, $q_{(1)}$	5.4	13.0	6282	18701
Min, $q_{(100)}$	1.5	3.0	1610	3683
RMSE	0.832	2.548	1139.447	3476.045
$\bar{q} + s$	3.3	8.6	4331	13061
$\bar{q} - s$	2.0	4.4	2418	6143
แตกตัวทีละสถานี และ MML				
Mean, $\bar{q}$	2.6	6.7	3294	9693
Std., s	0.7	2.4	1188	3935
Max, $q_{(1)}$	5.5	12.0	7657	19594
Min, $q_{(100)}$	1.3	2.0	1188	3263
RMSE	0.853	2.932	1304.596	3943.048
$\bar{q} + s$	3.3	9.1	4482	13628
$\bar{q} - s$	1.9	4.3	2106	5758
แตกตัวทีละสถานี และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	2.7	6.8	3201	8987
Std., s	0.8	2.5	1087	3450
Max, $q_{(1)}$	5.8	14.0	7356	24896
Min, $q_{(100)}$	1.4	3.0	1362	2760
RMSE	0.940	3.107	1175.276	3581.074
$\bar{q} + s$	3.5	9.3	4288	12437
$\bar{q} - s$	1.9	4.3	2113	5537

ตาราง 4.30 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย
แบบจำลองSVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	2.2	5.0	2755	9947
Chaleeraktrakoon (1999) และ MML				
Mean, $\bar{q}$	2.5	6.6	3200	10123
Std., s	0.7	2.7	1159	5266
Max, $q_{(1)}$	4.7	17.0	5906	28367
Min, $q_{(100)}$	1.167	2.000	586.338	2296.392
RMSE	0.8	3.2	1242	5269
$\bar{q} + s$	3.2	9.3	4359	15389
$\bar{q} - s$	1.8	3.9	2042	4858
Chaleeraktrakoon (1999) และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	2.6	6.7	3218	9556
Std., s	0.9	3.0	1294	4529
Max, $q_{(1)}$	6.6	18.0	8595	29033
Min, $q_{(100)}$	1.2	2.0	1078	3072
RMSE	0.965	3.441	1374.332	4545.872
$\bar{q} + s$	3.5	9.7	4512	14085
$\bar{q} - s$	1.7	3.7	1924	5027

ตาราง 4.31 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย
แบบจำลองSVD/MAR (1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 1.25 mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	4.3	18.0	8872	42602
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML				
Mean, $\bar{q}$	6.4	13.6	13932	30653
Std., s	3.3	5.7	7610	12697
Max, $q_{(1)}$	20.0	32.0	44162	72980
Min, $q_{(100)}$	2.1	5.0	4146	8853
RMSE	3.947	7.174	9138.258	17435.112
$\bar{q} + s$	9.7	19.3	21542	43350
$\bar{q} - s$	3.1	7.9	6322	17956
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	6.5	14.9	14033	33728
Std., s	4.2	6.3	9248	14498
Max, $q_{(1)}$	41.0	41.0	84909	84909
Min, $q_{(100)}$	2.6	6.0	4760	9930
RMSE	4.802	7.032	10590.420	16998.386
$\bar{q} + s$	10.8	21.2	23281	48226
$\bar{q} - s$	2.3	8.6	4784	19230
แตกตัวที่ละสถานี และ MML				
Mean, $\bar{q}$	5.4	13.3	11297	28781
Std., s	2.0	4.8	4313	10200
Max, $q_{(1)}$	13.3	29.0	25271	60959
Min, $q_{(100)}$	2.2	6.0	5193	11037
RMSE	2.297	6.678	4947.398	17177.353
$\bar{q} + s$	7.4	18.1	15609	38981
$\bar{q} - s$	3.4	8.6	6984	18581
แตกตัวที่ละสถานี และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	6.0	14.3	12759	31243
Std., s	2.7	5.2	5876	12954
Max, $q_{(1)}$	20.0	32.0	39685	68798
Min, $q_{(100)}$	2.5	5.0	4177	9201
RMSE	3.220	6.392	7045.573	17228.901
$\bar{q} + s$	8.7	19.5	18636	44197
$\bar{q} - s$	3.4	9.1	6883	18289

ตาราง 4.32 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย
แบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 1.25 mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	4.3	18.0	8872	42602
Chaleeraktrakoon (1999) และ MML				
Mean, $\bar{q}$	5.9	13.3	12621	30923
Std., s	2.9	5.8	7120	15500
Max, $q_{(1)}$	20.0	35.0	45127	80518
Min, $q_{(100)}$	2.4	4.0	3608	9272
RMSE	3.347	7.519	8046.284	19407.127
$\bar{q} + s$	8.8	19.1	19741	46423
$\bar{q} - s$	2.9	7.4	5501	15423
Chaleeraktrakoon (1999) และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	5.7	13.4	12112	31065
Std., s	2.6	5.4	5967	12462
Max, $q_{(1)}$	21.0	29.0	43644	63835
Min, $q_{(100)}$	2.3	5.0	4761	12056
RMSE	2.986	7.088	6790.115	16982.161
$\bar{q} + s$	8.3	18.9	18080	43527
$\bar{q} - s$	3.0	8.0	6145	18603

**ตาราง 4.33 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย
แบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอ สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 1.5 mean**

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	13.7	22.0	41604	77309
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML				
Mean, $\bar{q}$	14.1	22.6	45639	75658
Std., s	9.0	9.0	29943	31324
Max, $q_{(1)}$	43.0	43.0	150036	150612
Min, $q_{(100)}$	4.5	9.0	12156	25657
RMSE	8.996	9.065	30213.434	31367.980
$\bar{q} + s$	23.0	31.7	75582	106982
$\bar{q} - s$	5.1	13.6	15696	44333
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	15.0	24.3	48273	80090
Std., s	10.1	9.3	33138	30488
Max, $q_{(1)}$	43.0	43.0	155714	155714
Min, $q_{(100)}$	4.3	7.0	13139	27056
RMSE	10.225	9.545	33802.166	30614.761
$\bar{q} + s$	25.1	33.6	81411	110578
$\bar{q} - s$	4.9	15.0	15135	49602
แตกตัวทีละสถานี และ MML				
Mean, $\bar{q}$	13.7	24.0	44271	78957
Std., s	7.6	8.2	26915	28997
Max, $q_{(1)}$	43.0	43.0	161084	161084
Min, $q_{(100)}$	5.0	9.0	14813	27129
RMSE	7.625	8.477	27047.345	29043.307
$\bar{q} + s$	21.3	32.3	71187	107954
$\bar{q} - s$	6.1	15.8	17356	49961
แตกตัวทีละสถานี และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	15.7	24.4	50404	78761
Std., s	9.5	8.5	32219	28492
Max, $q_{(1)}$	43.0	43.0	155760	155760
Min, $q_{(100)}$	5.1	12.0	15364	33906
RMSE	9.669	8.802	33399.246	28529.003
$\bar{q} + s$	25.1	32.9	82623	107253
$\bar{q} - s$	6.2	15.9	18184	50269

ตาราง 4.34 ช่วงเวลาและขนาดน้ำแล้งของข้อมูลน้ำท่ารายปีและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย
แบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี P.12 ที่ระดับตัด 1.5 mean

Properties	Mean D. (month)	Max D. (month)	Mean V. (mcm)	Max V. (mcm)
Historic, q	13.7	22.0	41604	77309
Chaleeraktrakoon (1999) และ MML				
Mean, $\bar{q}$	14.1	23.5	46222	78850
Std., s	7.8	9.0	28278	32295
Max, $q_{(1)}$	43.0	43.0	159033	159033
Min, $q_{(100)}$	4.5	9.0	12507	29054
RMSE	7.851	9.120	28652.649	32332.164
$\bar{q} + s$	21.9	32.5	74500	111145
$\bar{q} - s$	6.2	14.5	17944	46554
Chaleeraktrakoon (1999) และ MOM				
Mean, $\bar{q}$	14.7	24.6	47677	81528
Std., s	9.3	8.6	31096	29449
Max, $q_{(1)}$	43.0	43.0	158709	158709
Min, $q_{(100)}$	3.3	9.0	8248	31015
RMSE	9.360	8.988	31683.215	29749.865
$\bar{q} + s$	24.0	33.2	78773	110977
$\bar{q} - s$	5.3	16.0	16581	52078

ตาราง 4.35 ผลรวมคะแนนแสดงลำดับความสามารถการรักษาคุณลักษณะน้ำแล้งทั้ง 4 ระดับตัดของแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอและที่มีอยู่เดิมของข้อมูลสังเคราะห์รายเดือนชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยา

Properties	แบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอ				แบบจำลอง SVD/MAR (1)	
	แตกตัวครั้งเดียว		แตกตัวทีละสถานี		ที่มีอยู่เดิม	
	MML	MOM	MML	MOM	MML	MOM
0.75 mean	59	66	48	44	68	49
mean	64	58	65	44	51	54
1.25 mean	65	68	36	41	61	64
1.5 mean	84	57	38	39	55	65
ผลรวม	272	249	187	168	235	232

: ตัวเลขที่มีค่าน้อยแสดงว่าแบบจำลองมีความสามารถดี

ตาราง 4.36 ผลรวมคะแนนแสดงลำดับความสามารถการรักษาคุณลักษณะน้ำแล้งทั้ง 4 ระดับตัดของแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอและที่มีอยู่เดิมของข้อมูลสังเคราะห์รายปีชุดลุ่มน้ำเจ้าพระยา

Properties	แบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่เสนอ				แบบจำลอง SVD/MAR (1)	
	แตกตัวครั้งเดียว		แตกตัวทีละสถานี		ที่มีอยู่เดิม	
	MML	MOM	MML	MOM	MML	MOM
0.75 mean	38	46	74	67	46	62
mean	40	33	59	64	67	74
1.25 mean	88	54	34	65	68	26
1.5 mean	32	78	45	62	73	46
ผลรวม	198	211	212	258	254	208

: ตัวเลขที่มีค่าน้อยแสดงว่าแบบจำลองมีความสามารถดี

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการศึกษา

แบบจำลอง SVD/MAR(1) เป็นแบบจำลองทางสถิติสำหรับสังเคราะห์การทำรายฤดูกาลจากข้อมูลเพียงสถานีเดียวหรือหลายสถานีพร้อมเพรียงกัน อย่างไรก็ตามเป็นที่รู้กันดีอยู่แล้วว่า CD เป็นวิธีแตกตัวที่ง่าย และให้คำตอบของการแตกตัวที่ต่างไปจาก SVD นอกจากนี้แบบจำลอง SVD/MAR(1) กรณีหลายสถานียังมีจำนวนพารามิเตอร์มากเกินไป เพราะ MAR(1) ยังถูกประยุกต์เข้ากับคอลัมน์เวกเตอร์ SPC ที่ไม่มีความสำคัญทางสถิติสำหรับคำนวณหาเมตริกของน้ำทำรายฤดูกาลแบบปรกติ

ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักข้อแรกของงานวิจัยนี้คือตรวจสอบความเหมาะสมระหว่าง CD และ SVD เมื่อนำมาใช้ในแบบจำลอง MAR(1) ชนิดแตกตัว เพื่อที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้ข้างต้นแบบจำลอง CD/MAR(1) จึงได้ถูกนำเสนอในการศึกษานี้ แบบจำลองนี้แตกตัวเมตริกของข้อมูลน้ำทำรายฤดูกาลปรกติ X ด้วย CD จากนั้นจำลอง MAR(1) เข้ากับเมตริกผลลัพธ์ Y ความปรวนแปรสหสัมพันธ์ของ MAR(1)-ส่วนเหลือ V ถูกประมาณการด้วย MML หรือ MOM แบบจำลอง CD/MAR(1)-MML และ CD/MAR(1)-MOM ได้ถูกเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่มีอยู่เดิม [SVD/MAR(1)-MML และ SVD/MAR(1)-MOM] โดยประยุกต์เข้ากับข้อมูลน้ำทำรายเดือน 43-ปี (ปี พ.ศ. 2498 – 2540) จากสถานี Y.1C (แม่น้ำยม) แต่ละแบบจำลองได้ถูกประเมินความสามารถในการรักษาลักษณะทางสถิติพื้นฐาน และคุณสมบัติน้ำแล้งที่ระดับตัดต่างๆ ของข้อมูลน้ำทำรายเดือนที่ช่วงเวลารายเดือนและรวมรายปี ตามเกณฑ์หนึ่งช่วงเบี่ยงเบนมาตรฐาน และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้คือ

- (1) แบบจำลอง CD/MAR(1) สังเคราะห์น้ำทำรายฤดูกาลได้ เมื่อเมตริกสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R ของ X เป็นบวกแน่นอน (positive definite) เช่น กรณีสถานีเดียว หรือมีฉะนั้นเมตริก A ไม่สามารถคำนวณส่วนกลับได้ ทำให้เหลือเพียงแบบจำลอง SVD/MAR(1) เท่านั้น ที่ยังใช้งานได้ในกรณีนี้
- (2) แบบจำลองที่พิจารณาตรวจสอบทั้งหมดสามารถรักษาค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์ความแปร และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำทำรายฤดูกาลกับฤดูที่แล้วของข้อมูลน้ำทำรายเดือนและรายปี แต่ที่ดีที่สุดคือ CD/MAR(1)-MML
- (3) เมื่อประเมินด้วยคุณสมบัติน้ำแล้งรายเดือนและรายปีที่ระดับตัดต่างๆ แบบจำลองทั้งสี่สามารถอธิบายลักษณะน้ำแล้งได้ เฉพาะที่ระดับตัดเท่ากับค่าเฉลี่ยรวมของน้ำทำเท่านั้น แต่ที่ดีที่สุดได้แก่ CD/MAR(1)-MML

วัตถุประสงค์หลักอีกข้อหนึ่งของการศึกษานี้คือเสนอแบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานะ ที่มีแนวทางใหม่ในการลดจำนวนพารามิเตอร์ ในขั้นตอนการแตกตัว เมตริกของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R ของ $\tilde{X}$ อาจแตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกันทุกสถานะหรือทีละสถานะ ก่อนที่เมตริก SPC จะถูกแบ่งออกเป็นส่วนที่มีความสำคัญทางสถิติ Y_1 ต่อการคำนวณหาเมตริกข้อมูลน้ำท่าปรกติ กับคอสมันน์เวกเตอร์ของ SPC ที่เหลือ (noise) ด้วยเกณฑ์ความแปรปรวนแปรสะสมระดับ 85% ของความแปรปรวนรวมของ Y ผลการประยุกต์ของแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอและที่มีอยู่เดิม เข้ากับข้อมูล 43-ปี (ปี พ.ศ. 2498 – 2540) ของน้ำท่ารายเดือนจาก 4 สถานะ [P.12 (แม่น้ำปิง) W.3A (แม่น้ำวัง) Y.1C (แม่น้ำยม) และ SK (แม่น้ำน่าน)] สรุปได้ว่า

- (1) แบบจำลอง SVD/MAR(1) ชนิดแตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกันทุกสถานะ มีจำนวนพารามิเตอร์น้อยที่สุดและจำนวนองศาอิสระสำหรับประมาณการพารามิเตอร์ K เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลอง SVD/MAR(1) ชนิดแตกตัวทีละสถานะและชนิดที่มีอยู่เดิม
- (2) แบบจำลอง SVD/MAR(1)-MML และ SVD/MAR(1)-MOM ชนิดแตกตัวทีละสถานะ ไม่สามารถอธิบายสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่ารายเดือนจากสถานะต่างกันได้ใน ขณะที่แบบจำลองที่เหลือสามารถรักษาลักษณะทางสถิติพื้นฐานของน้ำท่ารายเดือนและรายปีไว้ได้ทั้งหมด แบบจำลองที่ดีที่สุดได้แก่ SVD/MAR(1)-MML ชนิดแตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกันทุกสถานะ
- (3) ในทางตรงกันข้ามกับผลที่ได้จากการตรวจสอบ CD และ SVD (กรณีหนึ่งสถานะ) แบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานะทุกชนิดที่พิจารณาให้น้ำท่ารายฤดูกาลสังเคราะห์ ที่มีคุณลักษณะน้ำแล้งที่ระดับตัดต่างๆของข้อมูลน้ำท่าอดีต (รายเดือนและรายปี) แต่ที่ดีที่สุดคือแบบจำลอง SVD/MAR(1)-MML ชนิดแตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกันทุกสถานะ

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในขั้นต่อไป

งานวิจัยที่ควรศึกษาในขั้นต่อไปได้แก่

- (1) ศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลอง SVD/MAR(1) สำหรับหลายสถานะ กับแบบจำลองแจกแจง SPIGOT ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในทางปฏิบัติ ลักษณะทางสถิติของข้อมูลน้ำท่าที่ควรใช้ในการเปรียบเทียบนี้คือ คุณลักษณะน้ำแล้งที่ระดับตัดต่างๆ ปริมาตรความจุเก็บกักประมาณการ นโยบายจัดการน้ำ และความเสี่ยงของการขาดแคลนน้ำเป็นต้น
- (2) ประยุกต์น้ำท่ารายฤดูกาลสังเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลอง SVD/MAR(1) ในการศึกษาเลียนแบบพฤติกรรมของระบบทรัพยากรน้ำ

- (3) พัฒนาแบบจำลอง SVD/MAR(1) ให้สามารถสังเคราะห์น้ำท่าที่สเกลเวลาสั้น (รายสัปดาห์ และรายวัน) สำหรับกรณีสถานีเดียวหรือหลายสถานี เพราะจะได้เป็นประโยชน์ในการศึกษาขบวนการน้ำท่วม

5.3 คุณค่าทางวิชาการของงานวิจัยนี้

เท่าที่ผู้แต่งทราบ คุณค่าทางวิชาการต่อองค์ความรู้ในการจำลองขบวนการน้ำท่ารายฤดูกาลที่เริ่มในงานวิจัยนี้ได้แก่

- (1) พัฒนาแนวทางใหม่ในการลดจำนวนพารามิเตอร์ของแบบจำลอง SVD/MAR (1) โดยลดจำนวนตัวแปรสุ่มเริ่มต้นของน้ำท่ารายฤดูกาล ให้เหลือเฉพาะตัวแปรสุ่มใหม่ของ SPC ที่มีความสำคัญทางสถิติต่อการคำนวณย้อนกลับเพื่อหาเมตริกของตัวแปรสุ่มเริ่มต้น แนวทางที่พัฒนาขึ้นมานี้ทำให้อาณาพารามิเตอร์ของแบบจำลองลดลงไปจากเดิมมาก แต่ยังรักษาความสามารถของแบบจำลอง ในการอธิบายคุณสมบัติทางสถิติพื้นฐานของน้ำท่าที่สเกลเวลาต่างๆได้
- (2) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าต่างสถานีกันในช่วงเวลารวมต่างๆ เป็นลักษณะสถิติของน้ำท่าคุณลักษณะหนึ่ง ที่จำเป็นต้องอธิบายไว้อย่างน้อยที่สุดโดยประมาณ ถ้าเราต้องการให้น้ำท่ารายฤดูกาลสังเคราะห์ มีคุณลักษณะน้ำแล้งรายเดือนและรายปีที่ระดับตัดต่างๆ

บรรณานุกรม

- Cavadias, G.S. (1986). "A Multivariate Seasonal Model for Streamflow Simulation." in: La recherche en Hydrologie au Quebec, edited by V-T-V. Nguyen, and Y. Faucher, Les Presses de l'Universite du Quebec, 35, 58-77.
- Chaleeraktragoon, C. (1999). "Stochastic Procedure for Genarating Seasonal Flows." Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, 4(4), 337-343.
- Chaleeraktragoon, C., and Artlert, R. (2000). "Parameter Reduction of Decomposed MAR(1) Procedure." Stochastic Hydraulic, 553-559.
- Graybill, F.A. (1969). Introduction to Matrices with Applications in Statistic. Wadsworth, Belmont, CA, 382 pp.
- Grygier, J.C., and Stedinger, J.R. (1988). "Condensed Disaggregation Procedure and Conservation Correlations for Stochastic Hydrology." Water Resources Research, 24(10), 1574-1584.
- Joliffe, I.T. (1986). Principal Component Analysis, Springer – Verlag, New York Inc., N.Y.
- Koutsoyiannis, D. (1992). "A Nonlinear Disaggregation Method with a Reduce Parameter Set for Simulation of Hydrologic Series." Water Resources Research, 28(12), 3175-3191.
- Koutsoyiannis, D. (1999). "Optimal Decomposition of Covariance Matrices for Multivariate stochastic Model in Hydrology." Water Resources Research, 35(4), 1219-1229.
- Lane, W.L. (1982). "Correlated parameter estimates for disaggregation schemes." in: Statistical Analysis of Rainfall and Runoff, edited by V.P. Singh, Water Resources Publications, Littleton, Colorado, 505-530.
- Loucks, D.P., Stedinger, J.R., and Haith, D.A. (1981). Water Resource Systems Planning and Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 559 pages.
- Matalas, N.C. (1967). "Mathematical Assessment of Synthetic Hydrology." Water Resources Research, 3(4), 937-945.
- Pereira, M.V.F., Oliveira, G.C., Kelman, J., and Stedinger, J.R. (1988). "A Representation of Spatial Cross Correlation in Large Stochastic Seasonal Streamflow Models." Water Resources Research, 24(5), 781-785.
- Santos, E.G., and Salas, J.D. (1992). "Stepwise Disaggregation Scheme for Synthetic Hydrology." Journal of Hydrolic Engineering, ASCE, 118(5), 765-784.

- Tarboton, D.G., Sharma, A., and Lall, U. (1998). "Disaggregation Procedures for Stochastic Hydrology Based on Nonparametric Density Estimation." Water Resources Research, 34(1), 107-120.
- Valencia, D.R., and Schaake, J.C. (1973). "Disaggregation Processes in Stochastic Hydrology." Water Resources Research, 9(3), 580-585.
- Yejevich, V. (1972). Stochastic Processes in Hydrology. Water Resources Publication. Fort Collins, Colo.

Output จากโครงการวิจัยที่ได้รับทุนจาก สกว.

1. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ (ระบุชื่อผู้แต่ง ชื่อเรื่อง ชื่อวารสาร ปี เล่มที่ เลขที่ และหน้า)
2. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์
 - เชิงพาณิชย์ (มีการนำไปผลิตฝ่าย/ขาย/ก่อให้เกิดรายได้ หรือมีการนำไปประยุกต์ใช้โดยภาคธุรกิจ/บุคคลทั่วไป)
 - เชิงนโยบาย (มีการกำหนดนโยบายอิงงานวิจัย/เกิดมาตรการใหม่/เปลี่ยนแปลงระเบียบข้อบังคับหรือวิธีการทำงาน)
 - เชิงสาธารณะ (มีเครือข่ายความร่วมมือ/สร้างกระแสความสนใจในวงกว้าง)
 - เชิงวิชาการ (มีการพัฒนาการเรียนการสอน/สร้างนักวิจัยใหม่)
3. อื่นๆ (เช่น ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในประเทศ การเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการ หนังสือ การจดสิทธิบัตร)
 - Chaleeraktragoon, C., and Artlett, R. (2000). "Parameter Reduction of Decomposed MAR(1) Procedure." Stochastic Hydraulic, 553-559.

ภาคผนวก ก
ผลการประยุกต์เพิ่มเติม

ตาราง ก.1 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี W.3A (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	9	39	62	69	214	416	281	98	36	19	10	8
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML						RMSE	17.3					
Mean, $\bar{q}$	10	38	62	68	222	420	284	100	36	19	10	8
Std., s	3	8	14	17	49	53	36	15	4	3	1	2
Max, $q_{(1)}$	22	73	100	140	406	578	383	140	46	28	13	13
Min, $q_{(100)}$	3	26	31	39	131	311	204	74	29	14	7	4
RMSE	3.3	8.5	13.9	17.2	50.1	53.7	35.8	15.5	3.7	2.9	1.3	1.9
$\bar{q} + s$	13	47	76	85	272	474	320	115	40	22	11	10
$\bar{q} - s$	7	30	48	51	173	367	248	85	32	16	9	6
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM						RMSE	16.1					
Mean, $\bar{q}$	10	40	63	71	224	421	278	96	36	19	10	8
Std., s	3	8	15	21	48	44	28	15	3	3	1	2
Max, $q_{(1)}$	21	65	118	151	439	542	363	151	44	27	14	13
Min, $q_{(100)}$	5	25	42	44	152	319	228	71	28	14	8	5
RMSE	3.3	7.9	14.9	21.0	48.8	44.5	28.3	15.2	3.2	2.6	1.2	1.9
$\bar{q} + s$	13	48	78	92	272	465	306	111	39	21	11	10
$\bar{q} - s$	7	33	49	51	176	377	250	81	32	16	9	6
แตกตัวทีละสถานี และ MML						RMSE	17.2					
Mean, $\bar{q}$	9	38	62	67	209	410	278	94	35	18	10	8
Std., s	2	7	13	19	47	60	29	18	4	3	1	2
Max, $q_{(1)}$	17	58	116	162	366	594	357	156	46	29	14	11
Min, $q_{(100)}$	5	24	38	36	113	287	225	59	26	12	7	5
RMSE	2.5	6.9	13.1	18.9	47.5	59.9	28.8	18.5	4.4	3.3	1.5	1.5
$\bar{q} + s$	11	45	75	86	256	469	307	112	39	21	11	9
$\bar{q} - s$	7	31	49	48	162	350	250	76	30	15	8	6
แตกตัวทีละสถานี และ MOM						RMSE	15.7					
Mean, $\bar{q}$	9	38	62	66	214	411	273	95	36	18	10	8
Std., s	3	7	12	16	48	53	25	14	4	2	1	1
Max, $q_{(1)}$	18	57	99	113	400	548	344	132	46	25	13	12
Min, $q_{(100)}$	5	27	36	38	123	286	217	65	27	12	7	5
RMSE	2.5	6.6	12.4	15.9	48.4	53.4	26.3	14.4	3.5	2.5	1.2	1.3
$\bar{q} + s$	12	45	74	82	262	464	298	110	39	21	11	9
$\bar{q} - s$	7	32	49	51	166	358	248	81	32	16	9	7

ตาราง ก.2 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี W.3A (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	9	39	62	69	214	416	281	98	36	19	10	8
Chaleeraktrakoon (1999) และ MML						RMSE	19.3					
Mean, $\bar{q}$	10	39	63	69	228	420	281	99	36	19	10	8
Std., s	3	7	14	19	59	59	40	17	4	3	1	2
Max, $q_{(1)}$	25	62	101	153	485	601	396	147	46	28	14	15
Min, $q_{(100)}$	4	26	39	42	145	328	186	59	27	14	8	4
RMSE	3.5	7.3	13.6	18.5	60.9	59.5	40.2	17.1	3.8	3.2	1.4	2.0
$\bar{q} + s$	13	46	76	87	287	479	321	116	40	23	12	10
$\bar{q} - s$	7	32	49	50	168	360	241	82	32	16	9	6
Chaleeraktrakoon (1999) และ MOM						RMSE	16.6					
Mean, $\bar{q}$	10	38	64	71	223	412	284	100	36	19	10	8
Std., s	4	6	12	15	44	50	39	17	3	3	1	2
Max, $q_{(1)}$	24	55	103	114	394	549	408	162	44	28	15	18
Min, $q_{(100)}$	4	27	39	43	127	270	190	66	28	12	6	4
RMSE	3.9	6.1	12.2	15.1	44.6	50.6	39.2	17.5	3.3	2.9	1.4	2.2
$\bar{q} + s$	14	44	76	85	267	462	323	118	39	22	11	10
$\bar{q} - s$	6	32	52	56	179	361	245	83	33	16	9	6

ตาราง ก.3 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี Y.1C (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	14	54	60	124	500	547	220	75	29	14	8	8
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML						RMSE	19.2					
Mean, $\bar{q}$	14	53	59	124	453	555	224	78	29	15	9	8
Std., s	2	9	7	21	85	55	20	10	3	2	1	2
Max, $q_{(1)}$	20	77	81	191	782	722	273	117	37	19	12	13
Min, $q_{(100)}$	9	37	47	83	310	449	169	55	21	9	6	5
RMSE	2.3	8.6	7.6	20.6	96.9	55.5	20.2	10.4	3.0	2.0	1.3	1.6
$\bar{q} + s$	16	62	66	144	538	610	244	88	32	16	10	10
$\bar{q} - s$	11	45	52	103	368	500	204	67	27	13	7	7
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM						RMSE	19.9					
Mean, $\bar{q}$	14	55	59	134	451	553	222	75	29	15	9	9
Std., s	2	7	7	41	80	51	18	9	2	2	1	2
Max, $q_{(1)}$	20	75	81	399	756	700	265	99	35	20	13	14
Min, $q_{(100)}$	9	39	44	78	281	430	184	59	24	10	6	5
RMSE	2.3	7.6	7.4	41.6	93.9	51.7	18.1	8.8	2.3	1.8	1.2	1.8
$\bar{q} + s$	16	63	67	174	531	604	240	84	32	16	10	10
$\bar{q} - s$	12	48	52	93	371	501	204	66	27	13	8	7
แตกตัวที่ละสถานี และ MML						RMSE	18.8					
Mean, $\bar{q}$	13	54	60	121	439	539	218	73	28	14	8	8
Std., s	2	8	7	24	66	56	21	10	3	2	1	1
Max, $q_{(1)}$	18	77	79	230	630	672	287	98	36	20	12	12
Min, $q_{(100)}$	9	40	43	62	313	415	167	55	22	8	5	5
RMSE	1.6	7.8	7.0	24.1	89.7	56.4	21.4	10.2	2.9	2.1	1.2	1.4
$\bar{q} + s$	15	62	66	145	505	594	240	83	31	16	10	10
$\bar{q} - s$	12	46	53	97	373	483	197	63	26	12	7	7
แตกตัวที่ละสถานี และ MOM						RMSE	18.0					
Mean, $\bar{q}$	13	54	60	119	438	540	217	73	29	14	8	8
Std., s	2	8	6	21	62	53	20	9	3	2	1	1
Max, $q_{(1)}$	17	73	74	188	659	701	282	105	36	21	13	12
Min, $q_{(100)}$	9	38	41	71	329	425	182	55	23	10	5	5
RMSE	1.8	7.8	6.4	21.8	88.2	53.2	20.2	9.7	2.5	2.0	1.3	1.4
$\bar{q} + s$	15	61	67	140	500	592	237	83	31	16	9	9
$\bar{q} - s$	11	46	54	98	375	487	197	64	26	12	7	7

ตาราง ก.4 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี Y.1C (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	14	54	60	124	500	547	220	75	29	14	8	8
Chaleeraktragoon (1999) และ MML						$\overline{\text{RMSE}}$	20.3					
Mean, $\bar{q}$	14	54	59	126	464	559	224	77	29	15	9	8
Std., s	3	7	7	23	101	56	20	10	3	2	1	2
Max, $q_{(1)}$	21	70	78	217	847	706	268	111	35	19	11	13
Min, $q_{(100)}$	8	39	45	83	307	411	169	58	22	10	5	5
RMSE	2.6	7.1	6.7	23.3	107.6	57.2	20.1	10.3	2.8	2.1	1.4	1.8
$\bar{q} + s$	16	61	66	150	565	615	244	87	32	17	10	10
$\bar{q} - s$	11	47	53	103	362	504	204	67	27	13	7	7
Chaleeraktragoon (1999) และ MOM						$\overline{\text{RMSE}}$	19.2					
Mean, $\bar{q}$	13	55	62	127	450	534	221	75	29	14	9	8
Std., s	3	7	7	23	77	56	21	12	3	2	1	2
Max, $q_{(1)}$	22	76	87	191	630	710	274	109	36	20	13	14
Min, $q_{(100)}$	9	41	48	83	265	379	168	52	21	9	5	5
RMSE	2.7	7.4	7.2	23.1	91.5	57.9	21.4	11.5	3.1	2.0	1.3	1.6
$\bar{q} + s$	16	62	69	150	527	590	242	87	32	16	10	10
$\bar{q} - s$	11	48	54	104	373	478	200	64	25	12	7	7

ตาราง ก.5 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี SK (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	78	175	298	765	1511	1482	591	255	137	104	74	70
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML						RMSE	43.3					
Mean, $\bar{q}$	78	172	294	760	1513	1503	600	259	139	105	74	69
Std., s	11	22	27	56	135	171	45	17	8	8	7	9
Max, $q_{(1)}$	107	258	363	881	1851	1941	699	300	156	125	91	106
Min, $q_{(100)}$	53	129	242	648	1223	1064	494	215	120	84	57	50
RMSE	10.6	22.4	26.7	56.0	135.0	172.5	46.0	17.7	8.1	8.4	7.2	9.2
$\bar{q} + s$	88	194	321	816	1648	1674	645	276	147	113	81	79
$\bar{q} - s$	67	149	268	705	1378	1331	555	241	131	96	67	60
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM						RMSE	40.9					
Mean, $\bar{q}$	77	175	294	766	1513	1499	596	254	137	103	74	69
Std., s	11	17	22	58	128	167	39	17	7	7	7	8
Max, $q_{(1)}$	117	217	344	928	1797	1864	707	301	160	130	96	100
Min, $q_{(100)}$	55	141	247	637	1250	1207	521	222	121	87	57	50
RMSE	11.4	17.3	21.9	57.8	128.2	168.1	39.0	17.3	7.4	7.4	6.9	8.5
$\bar{q} + s$	89	192	316	824	1641	1666	635	271	144	111	81	78
$\bar{q} - s$	66	158	273	708	1385	1331	557	237	129	96	67	61
แตกตัวทีละสถานี และ MML						RMSE	40.2					
Mean, $\bar{q}$	75	171	293	758	1492	1468	587	251	135	102	72	68
Std., s	9	18	22	44	117	168	44	19	9	9	8	9
Max, $q_{(1)}$	104	216	355	878	1761	2048	743	308	161	130	95	94
Min, $q_{(100)}$	58	131	242	624	1256	1179	495	213	119	84	58	52
RMSE	9.8	18.0	22.6	45.0	119.0	168.7	44.1	19.8	8.9	9.5	7.7	9.1
$\bar{q} + s$	85	188	315	803	1609	1636	630	270	144	111	80	77
$\bar{q} - s$	66	153	271	714	1374	1300	543	231	126	92	64	59
แตกตัวทีละสถานี และ MOM						RMSE	37.4					
Mean, $\bar{q}$	77	173	295	752	1501	1459	587	253	137	103	73	69
Std., s	10	19	21	42	101	160	45	17	8	7	6	8
Max, $q_{(1)}$	117	230	343	857	1791	1849	705	308	161	125	97	89
Min, $q_{(100)}$	58	131	235	681	1268	1136	497	220	122	82	59	50
RMSE	10.4	18.6	21.5	44.0	101.4	161.9	45.5	16.6	7.8	7.1	6.2	7.6
$\bar{q} + s$	87	191	317	794	1602	1619	632	270	144	110	79	77
$\bar{q} - s$	67	154	274	710	1400	1299	542	237	129	96	66	62

ตาราง ก.6 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี SK (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	78	175	298	765	1511	1482	591	255	137	104	74	70
Chaleeraktrakoon (1999) และ MML						RMSE	45.3					
Mean, $\bar{q}$	78	173	296	762	1529	1507	599	256	138	105	74	70
Std., s	10	18	24	53	151	181	48	20	10	8	7	9
Max, $q_{(1)}$	104	219	366	896	1904	1979	707	307	159	126	101	95
Min, $q_{(100)}$	55	128	251	651	1252	1162	492	217	120	88	61	51
RMSE	10.3	18.6	23.6	53.5	151.6	182.4	49.0	20.0	9.8	8.3	7.2	8.7
$\bar{q} + s$	89	191	319	816	1680	1688	647	276	148	113	81	79
$\bar{q} - s$	68	154	272	709	1379	1327	550	236	128	96	67	61
Chaleeraktrakoon (1999) และ MOM						RMSE	42.4					
Mean, $\bar{q}$	79	177	303	766	1506	1452	593	255	136	104	74	70
Std., s	11	21	21	51	133	171	46	18	9	8	7	8
Max, $q_{(1)}$	120	283	362	888	1816	1951	690	299	156	127	91	94
Min, $q_{(100)}$	57	135	263	625	1159	962	497	202	113	84	57	55
RMSE	11.5	20.9	21.7	51.0	133.1	173.8	45.5	18.3	9.2	7.8	7.4	8.4
$\bar{q} + s$	90	198	324	817	1639	1624	639	273	146	111	81	78
$\bar{q} - s$	67	156	282	715	1373	1281	548	236	127	96	66	61

ตาราง ก.7 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี W.3A (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	9	43	72	84	195	255	181	81	19	15	7	6
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML						RMSE	31.0					
Mean, $\bar{q}$	12	45	77	94	256	277	185	81	20	15	7	7
Std., s	5	22	31	40	103	62	48	24	4	4	1	2
Max, $q_{(1)}$	27	196	196	291	609	517	351	196	33	31	11	14
Min, $q_{(100)}$	4	22	26	41	112	173	89	46	13	8	5	4
RMSE	5.7	22.4	31.6	41.8	120.3	66.0	48.5	24.2	3.8	4.1	1.2	2.1
$\bar{q} + s$	17	67	108	135	360	340	233	105	24	19	8	9
$\bar{q} - s$	7	22	45	54	153	215	137	57	16	11	6	5
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM						RMSE	33.3					
Mean, $\bar{q}$	11	47	87	102	262	281	174	78	20	15	7	7
Std., s	7	20	42	50	106	60	44	26	4	5	2	2
Max, $q_{(1)}$	45	130	260	284	798	445	330	186	31	43	15	18
Min, $q_{(100)}$	4	21	33	38	121	178	110	43	14	7	5	3
RMSE	7.5	20.7	44.7	53.5	125.7	65.0	44.5	25.8	3.5	5.1	1.5	2.2
$\bar{q} + s$	18	68	129	152	368	341	218	103	23	20	8	9
$\bar{q} - s$	4	27	44	51	156	222	130	52	16	10	5	5
แตกตัวทีละสถานี และ MML						RMSE	25.9					
Mean, $\bar{q}$	10	43	76	91	226	259	176	72	18	14	6	7
Std., s	4	16	28	44	71	58	44	26	3	4	1	2
Max, $q_{(1)}$	25	119	190	284	460	470	286	192	28	28	11	15
Min, $q_{(100)}$	5	21	31	29	93	136	101	39	12	6	4	4
RMSE	4.1	16.4	28.6	44.8	77.8	58.4	43.8	27.2	3.0	3.7	1.3	2.1
$\bar{q} + s$	14	59	104	135	297	317	219	98	21	18	8	9
$\bar{q} - s$	6	26	47	46	154	201	132	47	16	10	5	5
แตกตัวทีละสถานี และ MOM						RMSE	29.8					
Mean, $\bar{q}$	10	44	77	90	236	259	165	73	18	14	6	6
Std., s	4	18	31	47	108	68	37	24	3	4	1	1
Max, $q_{(1)}$	30	137	196	321	874	643	272	157	26	32	10	10
Min, $q_{(100)}$	4	24	30	37	93	148	99	39	11	7	4	4
RMSE	3.8	18.2	31.2	47.1	115.7	67.8	39.7	24.9	3.0	3.8	1.3	1.5
$\bar{q} + s$	14	62	107	136	344	326	202	96	21	17	7	8
$\bar{q} - s$	6	26	46	43	128	191	129	49	16	10	5	5

ตาราง ก.8 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดยแบบจำลอง SVD/MAR (1) ที่มีอยู่เดิม สำหรับสถานี W.3A (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	9	43	72	84	195	255	181	81	19	15	7	6
Chaleeraktragoon (1999) และ MML						RMSE	36.3					
Mean, $\bar{q}$	11	42	79	97	278	270	178	81	20	16	7	7
Std., s	5	14	34	58	128	73	54	28	4	5	1	2
Max, $q_{(1)}$	38	98	212	522	847	636	401	225	43	49	12	17
Min, $q_{(100)}$	3	21	35	40	129	168	98	37	14	9	5	3
RMSE	5.1	14.5	34.7	60.0	152.5	74.2	53.6	27.5	4.2	5.5	1.5	2.0
$\bar{q} + s$	15	57	113	156	406	343	231	108	24	21	8	9
$\bar{q} - s$	6	28	45	39	150	197	124	53	16	10	5	5
Chaleeraktragoon (1999) และ MOM						RMSE	34.2					
Mean, $\bar{q}$	12	42	80	99	261	271	178	79	19	15	7	7
Std., s	7	13	29	51	134	67	49	30	3	4	1	2
Max, $q_{(1)}$	49	90	211	423	1113	514	364	246	28	31	11	15
Min, $q_{(100)}$	4	23	34	38	125	151	84	38	12	5	4	3
RMSE	7.2	12.8	29.8	53.1	149.1	68.3	49.0	29.9	3.1	4.2	1.3	2.2
$\bar{q} + s$	18	55	108	150	394	337	227	109	22	19	8	9
$\bar{q} - s$	5	30	51	48	127	204	129	49	16	11	5	4

ตาราง ก.9 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและของข้อมูลสังเคราะห์ ที่คำนวณโดย
แบบจำลอง SVD/MAR(1) ที่เสนอ สำหรับสถานี Y.1C (mcm)

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Historic, q	11	43	47	151	376	327	115	56	14	9	6	6
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MML						RMSE	25.5					
Mean, $\bar{q}$	11	45	46	154	400	342	114	54	14	9	6	6
Std., s	3	13	11	56	117	63	18	15	2	2	1	1
Max, $q_{(1)}$	19	104	87	338	834	584	172	132	18	16	10	13
Min, $q_{(100)}$	19	104	87	338	834	584	172	132	18	16	10	13
RMSE	2.7	13.3	11.2	55.8	119.7	64.5	17.7	15.4	1.7	1.9	1.1	1.5
$\bar{q} + s$	14	58	58	210	517	405	132	69	15	11	7	8
$\bar{q} - s$	9	32	35	98	282	279	97	39	12	7	5	5
แตกตัวครั้งเดียวพร้อมเพรียงกัน และ MOM						RMSE	33.7					
Mean, $\bar{q}$	11	49	47	179	400	336	111	50	13	9	6	7
Std., s	2	12	13	135	147	56	13	11	2	2	1	2
Max, $q_{(1)}$	17	92	89	1209	1146	474	146	81	18	13	9	11
Min, $q_{(100)}$	7	27	24	68	188	230	88	31	9	6	4	4
RMSE	2.3	14.0	13.1	137.6	148.9	56.9	13.4	12.6	1.6	1.8	1.0	1.7
$\bar{q} + s$	13	61	60	314	547	392	124	61	15	11	7	8
$\bar{q} - s$	9	36	34	44	253	280	98	39	12	7	5	5
แตกตัวทีละสถานี และ MML						RMSE	25.5					
Mean, $\bar{q}$	11	45	45	146	389	323	109	50	13	9	6	6
Std., s	2	13	11	67	112	61	13	15	2	2	1	1
Max, $q_{(1)}$	22	110	91	568	772	537	150	142	19	18	10	11
Min, $q_{(100)}$	6	28	25	53	182	209	72	22	9	5	3	3
RMSE	2.4	13.2	11.5	67.0	112.6	61.5	14.4	16.6	1.8	2.1	1.1	1.4
$\bar{q} + s$	13	58	56	213	501	384	122	65	14	11	7	8
$\bar{q} - s$	8	32	33	79	277	261	96	34	11	7	5	5
แตกตัวทีละสถานี และ MOM						RMSE	24.8					
Mean, $\bar{q}$	10	43	47	136	378	306	104	48	13	8	5	6
Std., s	2	10	13	64	115	47	14	14	2	2	1	1
Max, $q_{(1)}$	16	72	99	542	818	463	154	102	17	15	10	10
Min, $q_{(100)}$	6	26	25	54	214	218	72	28	10	5	3	4
RMSE	2.2	9.8	13.1	65.4	114.8	51.9	17.4	16.3	1.7	2.1	1.3	1.4
$\bar{q} + s$	12	53	60	200	493	353	118	62	15	10	7	8
$\bar{q} - s$	8	33	34	73	263	258	90	34	11	6	4	5