การเสริมสร้างฐานความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์น้ำหลาก
กรณีศึกษาลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่าน

นายวรภัต ธรรมประทีป

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-17-4940-6
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 1 มี.ค. 2549

I21938088

ENHANCEMENT OF KNOWLEDGE BASE ON PEAK DISCHARGE ANALYSIS
CASE STUDY OF PING, WANG, YOM AND NAN RIVER BASIN

Mr. Worrapat Thammaprateep

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Water Resources Engineering

Department of Water Resources Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-4940-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเสริมสร้างฐานความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์น้ำหลาก กรณีศึกษาลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่าน
โดย	นายวรภัต ธรรมประทีป
สาขาวิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ชัยยุทธ สุขศรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทรโยธา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ชัยยุทธ สุขศรี)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ครรชิต ลิขิตเดชาโรจน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล)

วรภัต ธรรมประทีป : การเสริมสร้างฐานความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์น้ำหลาก กรณีศึกษาลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่าน. (ENHANCEMENT OF KNOWLEDGE BASE ON PEAK DISCHARGE ANALYSIS CASE STUDY OF PING, WANG, YOM AND NAN RIVER BASIN) อ. ที่ปรึกษา : อ.ชัยยุทธ สุขศรี, 271 หน้า. ISBN 974-17-4940-6

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลจากวิธีอนุกรมสูงสุดรายปี (AMS) และข้อมูลจากวิธีอนุกรมสูงสุดบางส่วน (PDS) เพื่อวิเคราะห์ขนาดและความถี่น้ำหลากที่คาบการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับข้อมูล AMS ใช้ฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Gumbel สำหรับข้อมูล PDS ใช้ฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Poisson วิเคราะห์ความถี่น้ำหลาก และใช้ฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Exponential วิเคราะห์ขนาดน้ำหลาก โดยในข้อมูล PDS มีการศึกษาการเลือกค่าน้ำท่วมฐานและการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล การหาค่าพารามิเตอร์ใช้วิธี Moment Method และวิธี Maximum Likelihood Method จากนั้นเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้ข้อมูลทั้งสองแบบ ด้วยวิธีทฤษฎีค่าแท้จริง (Rv,1) วิธีทฤษฎีค่าประมาณ (Rv,2) และวิธีเอมไพริกัล (Rv,3) ในการวิเคราะห์น้ำหลากเชิงภูมิภาคมีการศึกษาการแบ่งพื้นที่ย่อยและการทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของพื้นที่

ผลการศึกษา พบว่าการหาค่าพารามิเตอร์จากวิธี Maximum Likelihood Method เป็นวิธีที่เหมาะสมกว่าวิธี Moment Method สำหรับในพื้นที่ศึกษา การหาค่าน้ำท่วมฐานโดยใช้ค่า AMS ที่มีค่าน้อยที่สุด และการตรวจสอบความเป็นอิสระโดยพิจารณาระยะห่างระหว่างค่าปริมาณน้ำหลาก เป็นวิธีที่มีค่าประสิทธิภาพการใช้ข้อมูลสูงสุด การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้ข้อมูลทั้งสองแบบ ในการวิเคราะห์ขนาดและความถี่น้ำหลาก วิธี Rv,1 ให้ผลการศึกษาที่ชัดเจนที่สุด ซึ่งให้ค่าความแปรปรวนของปริมาณการไหลของข้อมูล PDS ต่ำกว่าข้อมูล AMS เมื่อมีจำนวนเหตุการณ์โดยเฉลี่ยต่อปีมีค่าอย่างน้อย 1.733 1.714 1.727 และ 1.870 สำหรับลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่าน ตามลำดับ

การแบ่งพื้นที่ย่อยและทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาได้ผลการแบ่งเป็น 7 ลุ่มน้ำย่อย เฉพาะในลุ่มน้ำปิงตอนบนเท่านั้นที่มีข้อมูลจำนวนเพียงพอในการหาค่า R ซึ่งได้เท่ากับ 0.972 สำหรับค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลรายปีต่อปริมาณการไหลเฉลี่ย พบว่าที่รอบปีการเกิดซ้ำโดยเฉลี่ยที่ 2.5 ปีขึ้นไป ค่าปริมาณการไหลรายปีต่อปริมาณการไหลเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูล PDS มีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากข้อมูล AMS ซึ่งถ้านำไปใช้ในการออกแบบอาคารทางชลศาสตร์ จะได้ค่าคาบการเกิดที่สูงกว่าหรือมีความเสี่ยงน้อยกว่าค่าที่ได้จากข้อมูล AMS

ภาควิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ	ลายมือชื่อนิสิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	
ปีการศึกษา	2546	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	-

4470510721 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING

KEY WORD : FLOODS / FLOOD FREQUENCY / ANNUAL SERIES / PARTIAL SERIES / REGIONAL ANALYSIS

WORRAPAT THAMMAPRATEEP : ENHANCEMENT OF KNOWLEDGE BASE ON PEAK DISCHARGE ANALYSIS CASE STUDY OF PING, WANG, YOM AND NAN RIVER BASIN. THESIS ADVISOR : CHAIYUTH SUKHSRI, 271 pp. ISBN 974-17-4940-6.

This research study makes use of both Annual Maximum Series (AMS) and Partial Duration Series (PDS) to demonstrate the processes of flood magnitude and frequency analysis for different return periods. For AMS, the Gumbel frequency distribution function is used. For PDS, the Poisson function is used for explaining number of exceedances and the Exponential function is used for explaining the magnitude. For PDS studies various methods for choosing based flood and testing of data independent. The Moment Method (MM) and the Maximum Likelihood Method (ML) are selected for parameters estimation. The efficiency of both methods are compared by taking the ratio of the discharge variation using different approaches such as: Exact Theoretical Approach (Rv,1), Approximately Theoretical Approach (Rv,2) and Empirical Approach (Rv,3). In the regional analysis studies the river basins are divided into sub-basins and the hydrologic homogeneity of each sub-basin is tested.

The results of this study show that for the estimation of parameters ML is more suitable than MM. In studied area, the choosing of based flood from minimum AMS and the testing of data independency from selection of time between peak discharges is the most efficient. Rv,1 is a suitable technique for comparing efficiency of data that gives the most distinct result in which PDS gives less discharge variation than AMS, if it has the average number of events per year at least 1.733, 1.714, 1.727 and 1.870 for Ping, Wang, Yom and Nan River Basin.

Result of divided the river basin and test of hydrologic homogeneity give 7 sub-basins. Only the Upper Ping river basin, that have enough data to calculating R, which is 0.972. For the relation between annual discharge and its average it is found that at the return period of about 2.5 and more, the estimation from PDS gives higher discharge than from AMS. Therefore in specifying the design discharge for hydraulics structures, PDS provides value of peak discharges with higher return period or in other words less risk than values from AMS.

Department Water Resources Engineering Student's signature Worapat T.

Field of study Water Resources Engineering Advisor's signature

Academic year 2003 Co-advisor's signature -

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ชัยยุทธ สุขศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ แนวทาง และคำปรึกษาแก้ไขปัญหาตลอดเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยอย่างดียิ่ง รวมไปถึงตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ขอกราบขอพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทรโยธา อาจารย์ ดร.ครรชิต ลิขิตเดชาโรจน์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ เพื่อตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งคณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิเคราะห์และประมวลผลสถิติ กองอุทกวิทยา เจ้าหน้าที่ศูนย์อุทกวิทยาฯ ภาคเหนือตอนบน เจ้าหน้าที่ศูนย์อุทกวิทยาฯ ภาคเหนือตอนล่าง เจ้าหน้าที่สำนักชลประทานที่ 1 - 4 กรมชลประทาน ที่กรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูล และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่าน ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ขอขอบคุณผองเพื่อนสำหรับกำลังใจ และความหวังดีที่มีให้ตลอดมา และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณพ่อ แม่ ที่ได้อบรมเลี้ยงดูด้วยความรักตลอดมา

หากวิทยานิพนธ์นี้มีผลดีและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อส่วนรวมและสังคมแล้ว ผู้วิจัยขอมอบความดีนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฎ
สารบัญภาพ.....ณ
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการศึกษา.....ถ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2
1.3 ขอบข่ายการศึกษา.....3
1.4 ขั้นตอนที่ใช้ในการศึกษา.....4
1.5 การศึกษาที่ผ่านมา.....6
1.6 คำจำกัดความ.....9

บทที่ 2 แนวทางการศึกษา.....11
2.1 แนวทางการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา.....11
2.2 การแจกแจงความน่าจะเป็น.....12
2.2.1 ฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Gumbel.....12
2.2.2 ฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Poisson.....13
2.2.3 ฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Exponential.....14
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบการเกิดซ้ำของข้อมูลอนุกรมสูงสุดรายปีและข้อมูลอนุกรมสูงสุดบางส่วน.....15
2.4 การเลือกค่าน้ำท่วมฐาน.....16
2.5 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล.....17
2.6 การทดสอบความเหมาะสมของฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น.....18
2.7 การประมาณค่าปริมาณน้ำหลาก.....19
2.8 การประมาณค่าความแปรปรวนของปริมาณการไหล.....20

หน้า

2.9 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความแปรปรวนของปริมาณการไหล.....21
2.10 การแบ่งพื้นที่ย่อยและการทดสอบความคล้ายคลึงเชิงอุทกวิทยา.....22
2.11 การวิเคราะห์ความถี่น้ำหลากเชิงภูมิภาค.....24

บทที่ 3 พื้นที่ศึกษา.....27
3.1 ลุ่มน้ำปิง.....27
3.1.1 อาณาเขตและที่ตั้ง.....27
3.1.2 สภาพภูมิประเทศ.....27
3.1.3 สภาพภูมิอากาศ.....28
3.1.4 ลุ่มน้ำและระบบแม่น้ำ.....28
3.1.5 สภาพน้ำฝนและน้ำท่า.....29
3.1.5.1 สภาพน้ำฝน.....29
3.1.5.2 สภาพน้ำท่า.....29
3.2 ลุ่มน้ำวัง.....32
3.2.1 อาณาเขตและที่ตั้ง.....32
3.2.2 สภาพภูมิประเทศ.....32
3.2.3 สภาพภูมิอากาศ.....33
3.2.4 ลุ่มน้ำและระบบแม่น้ำ.....33
3.2.5 สภาพน้ำฝนและน้ำท่า.....34
3.2.5.1 สภาพน้ำฝน.....34
3.2.5.2 สภาพน้ำท่า.....34
3.3 ลุ่มน้ำยม.....36
3.3.1 อาณาเขตและที่ตั้ง.....36
3.3.2 สภาพภูมิประเทศ.....36
3.3.3 สภาพภูมิอากาศ.....36
3.3.4 ลุ่มน้ำและระบบแม่น้ำ.....37
3.3.5 สภาพน้ำฝนและน้ำท่า.....38
3.3.5.1 สภาพน้ำฝน.....38
3.3.5.2 สภาพน้ำท่า.....38

หน้า

3.4 ลุ่มน้ำน่าน.....40
3.4.1 อาณาเขตและที่ตั้ง.....40
3.4.2 สภาพภูมิประเทศ.....40
3.4.3 สภาพภูมิอากาศ.....40
3.4.4 ลุ่มน้ำและระบบแม่น้ำ.....41
3.4.5 สภาพน้ำฝนและน้ำท่า.....42
3.4.5.1 สภาพน้ำฝน.....42
3.4.5.2 สภาพน้ำท่า.....42

บทที่ 4 ข้อมูลและการตรวจสอบข้อมูล.....48
4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....48
4.1.1 ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน.....48
4.1.2 ข้อมูลหน้าตัดทางน้ำ.....49
4.1.3 ข้อมูลลักษณะท้องน้ำ.....52
4.1.4 ข้อมูลโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ.....52
4.2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล.....52

บทที่ 5 การวิเคราะห์น้ำหลาก.....55
5.1 ข้อมูลอนุกรมสูงสุดรายปี.....55
5.2 ข้อมูลอนุกรมสูงสุดบางส่วน.....56
5.2.1 การเลือกค่าน้ำท่วมฐาน.....56
5.2.2 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล.....62
5.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ขนาดและความถี่น้ำหลาก.....70
5.4 การเปรียบเทียบปริมาณการไหลหลังจากเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้ข้อมูล.....73
5.5 การแบ่งพื้นที่ย่อยและการทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยา.....114
5.5.1 การแบ่งพื้นที่ย่อยเบื้องต้นตามลักษณะทางสภาพภูมิอากาศ.....114
5.5.2 การแบ่งพื้นที่ย่อยเบื้องต้นตามลักษณะทางอุทกวิทยา.....115
5.5.3 การแบ่งพื้นที่ย่อยเบื้องต้นตามลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ.....116

หน้า

5.5.4 การทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยา.....117
5.6 การวิเคราะห์ความถี่น้ำหลากเชิงภูมิภาค.....139
5.7 การทดสอบกระบวนการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสูงสุดฉับพลันรายปี..154

บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....161
6.1 สรุปผลการศึกษา.....161
6.2 ข้อเสนอแนะ.....164

รายการอ้างอิง.....165

ภาคผนวก.....169
ภาคผนวก ก ข้อมูลทั่วไปของลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่าน.....170
- สรุปประเด็นหน้าตัดลำน้ำที่แตกต่างจากปีอื่นๆของสถานีที่ใช้ในการศึกษา.....183
- โครงการพัฒนาแหล่งน้ำที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน...187
ภาคผนวก ข การพิสูจน์สมการต่างๆที่ใช้ในการศึกษา.....193
- แสดงขั้นตอนการรวมฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Poisson และ Exponential เป็นฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Gumbel 194
- สมการที่ใช้ในการประมาณค่าความแปรปรวนของปริมาณการไหลจากข้อมูล PDS.....197
- สมการที่ใช้ในการประมาณค่าความแปรปรวนของปริมาณการไหลจากข้อมูล AMS.....200
ภาคผนวก ค ขั้นตอนและตัวอย่างการคำนวณ กรณีต่างๆที่ใช้ในการศึกษา.....201
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....271

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ค่าคาบการเกิดซ้ำของข้อมูลอนุกรม AMS และข้อมูลอนุกรม PDS.....15

ตารางที่ 2.2 ค่าวิกฤตของวิธี Smirnov-Kolmogorov.....20

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรลดรูปและรอบปีการเกิดซ้ำที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....26

ตารางที่ 4.1 ช่วงความยาวข้อมูลที่มีการสำรวจระดับและปริมาณน้ำของสถานีวัดน้ำท่าต่างๆที่ใช้ในการศึกษา.....50

ตารางที่ 4.2 สรุปรายงานประวัติสถานี.....53

ตารางที่ 5.1 สรุปค่าอนุกรมสูงสุดรายปี.....57

ตารางที่ 5.2 สรุปค่าพารามิเตอร์ของค่าอนุกรมสูงสุดรายปี.....58

ตารางที่ 5.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ระดับต่างๆโดยวิธี Smirnov-Kolmogorov.....59

ตารางที่ 5.4 สรุปค่าน้ำท่วมฐานจากการพิจารณาทั้ง 4 วิธี.....61

ตารางที่ 5.5 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติการหาค่าน้ำท่วมฐานทั้ง 4 วิธี ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่าน.....63

ตารางที่ 5.6 ระยะห่างน้ำหลาก(วัน) เพื่อตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลปริมาณน้ำหลาก.....65

ตารางที่ 5.7 ค่าพารามิเตอร์ของสถานีที่ทำการศึกษาเมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 50% 75% และ 90%.....66

ตารางที่ 5.8 ค่าพารามิเตอร์ของสถานีที่ทำการศึกษาเมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล โดยค่าน้ำหลากต้องห่างกันอย่างน้อย 5 วันสำหรับลุ่มน้ำปิงและวัง และค่าน้ำหลากต้องห่างกันอย่างน้อย 6 วันสำหรับลุ่มน้ำยมและน่าน และค่าอัตราการไหลระหว่างค่าน้ำหลาก 2 ค่าต้องน้อยกว่า 50%ของค่าที่ต่ำกว่าของค่าน้ำหลากทั้ง 2 นั้น.....67

ตารางที่ 5.9 ค่าพารามิเตอร์เมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล โดยค่าน้ำหลากต้องห่างกันอย่างน้อย 2/3 ของค่าที่ต่ำกว่าของค่าน้ำหลากทั้งสองนั้น และช่วงเวลาระหว่างค่าน้ำหลากต้องมากกว่า 2Tp.....68

หน้า

ตารางที่ 5.10 ค่าพารามิเตอร์เมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล โดยค่าน้ำหลากต้องห่างกันอย่างน้อย lnA วัน และค่าอัตราการไหลระหว่างค่าน้ำหลาก 2 ค่าต้องน้อยกว่า 75% ของค่าที่ต่ำกว่าของค่าน้ำหลากทั้ง 2 นั้น.....69
ตารางที่ 5.11 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้ข้อมูลอนุกรมสูงสุดรายปีและอนุกรมสูงสุดบางส่วน.....74
ตารางที่ 5.12 สรุปค่าปริมาณการไหลเฉลี่ยจากข้อมูลอนุกรมสูงสุดรายปีและอนุกรมสูงสุดบางส่วน โดยตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลแบบต่างๆและแบ่งข้อมูลเป็นช่วงย่อย ช่วงละ 5 ปีและ 10 ปี.....81
ตารางที่ 5.13 การเปรียบเทียบปริมาณการไหลจากอนุกรมทั้งสองแบบโดยใช้วิธีทฤษฎีค่าแท้จริง กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....100
ตารางที่ 5.14 การเปรียบเทียบปริมาณการไหลจากอนุกรมทั้งสองแบบโดยใช้วิธีทฤษฎีค่าแท้จริง กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์วิธีโมเมนต์.....103
ตารางที่ 5.15 สภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่านโดยสรุป.....114
ตารางที่ 5.16 สภาพทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่านโดยสรุป.....115
ตารางที่ 5.17 ปริมาณน้ำท่าต่อพื้นที่ลุ่มน้ำของสถานีต่างๆในลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่าน.....118
ตารางที่ 5.18 การทดสอบความคลาดเคลื่อนทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....125
ตารางที่ 5.19 การทดสอบความคลาดเคลื่อนทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....126
ตารางที่ 5.20 การทดสอบความคลาดเคลื่อนทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนล่าง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....127
ตารางที่ 5.21 การทดสอบความคลาดเคลื่อนทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนล่าง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....128
ตารางที่ 5.22 การทดสอบความคลาดเคลื่อนทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำวัง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....129
ตารางที่ 5.23 การทดสอบความคลาดเคลื่อนทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำวัง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....130

หน้า

ตารางที่ 5.24 การทดสอบความคลาดเคลื่องทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำยมตอนบน โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....131
ตารางที่ 5.25 การทดสอบความคลาดเคลื่องทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำยมตอนบน โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....132
ตารางที่ 5.26 การทดสอบความคลาดเคลื่องทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำยมตอนล่าง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....133
ตารางที่ 5.27 การทดสอบความคลาดเคลื่องทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำยมตอนล่าง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....134
ตารางที่ 5.28 การทดสอบความคลาดเคลื่องทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....135
ตารางที่ 5.29 การทดสอบความคลาดเคลื่องทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....136
ตารางที่ 5.30 การทดสอบความคลาดเคลื่องทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนล่าง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....137
ตารางที่ 5.31 การทดสอบความคลาดเคลื่องทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนล่าง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....138
ตารางที่ 5.32 สรุปค่าอนุกรมสูงสุดรายปีจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าสูงสุดฉับพลันรายปี.....141
ตารางที่ 5.33 ผลการวิเคราะห์ความถี่น้ำหลากลุ่มน้ำย่อย แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ย และพื้นที่ลุ่มน้ำ.....142
ตารางที่ 5.34 สรุปผลการวิเคราะห์ค่า Q_Mและ A จากการศึกษาของหน่วยงานต่างๆ.....140
ตารางที่ 5.35 อัตราส่วนระหว่างปริมาณการไหลรายปีกับปริมาณการไหลเฉลี่ยของสถานีในพื้นที่ศึกษา กรณีอนุกรม AMS ใช้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....146
ตารางที่ 5.36 อัตราส่วนระหว่างปริมาณการไหลรายปีกับปริมาณการไหลเฉลี่ยของสถานีในพื้นที่ศึกษา กรณีอนุกรม AMS ใช้วิธีโมเมนต์.....148
ตารางที่ 5.37 อัตราส่วนระหว่างปริมาณการไหลรายปีกับปริมาณการไหลเฉลี่ยของสถานีในพื้นที่ศึกษา กรณีอนุกรม PDS ใช้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....150

หน้า

ตารางที่ 5.38 อัตราส่วนระหว่างปริมาณการไหลรายปีกับปริมาณการไหลเฉลี่ยของสถานีในพื้นที่ศึกษา กรณีอนุกรม PDS ใช้วิธีโมเมนต์.....152
ตารางที่ 5.39 สรุปค่าพารามิเตอร์ของค่าอนุกรมสูงสุดรายปี.....155
ตารางที่ 5.40 การตรวจสอบความเหมาะสมของฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ระดับต่างๆโดยวิธี Smirnov-Kolmogorov.....155
ตารางที่ 5.41 ค่าพารามิเตอร์ของสถานีที่ทำการศึกษาเมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 50% 75% และ 90%.....156
ตารางที่ 5.42 ค่าพารามิเตอร์ของสถานีที่ทำการศึกษาเมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล โดยค่าน้ำหลากต้องห่างกันอย่างน้อย 5 วันสำหรับลุ่มน้ำปิงและวัง และค่าน้ำหลากต้องห่างกันอย่างน้อย 6 วันสำหรับลุ่มน้ำยมและน่าน และค่าอัตราการไหลระหว่างค่าน้ำหลาก 2 ค่าต้องน้อยกว่า 50%ของค่าที่ต่ำกว่าของค่าน้ำหลากทั้ง 2 นั้น.....156
ตารางที่ 5.43 ค่าพารามิเตอร์เมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล โดยค่าน้ำหลากต้องห่างกันอย่างน้อย 2/3 ของค่าที่ต่ำกว่าของค่าน้ำหลากทั้งสองนั้น และช่วงเวลาระหว่างค่าน้ำหลากต้องมากกว่า 2Tp.....156
ตารางที่ 5.44 ค่าพารามิเตอร์เมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล โดยค่าน้ำหลากต้องห่างกันอย่างน้อย lnA วัน และค่าอัตราการไหลระหว่างค่าน้ำหลาก 2 ค่าต้องน้อยกว่า 75% ของค่าที่ต่ำกว่าของค่าน้ำหลากทั้ง 2 นั้น.....157
ตารางที่ ค-1 ปริมาณน้ำท่ารายวันสูงสุดของเดือนและสูงสุดของปี.....203
ตารางที่ ค-2 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของสถานี P.1.....209
ตารางที่ ค-3 การทดสอบ Smirnov-Kolmogorov ของสถานี P.1.....214
ตารางที่ ค-4 ตัวอย่างปริมาณน้ำท่ารายวันสูงสุดของเดือนและสูงสุดของปีสถานีP.1.....218
ตารางที่ ค-5 ตัวอย่างการหาค่า Qb วิธีที่ 3 222
ตารางที่ ค-6 ตัวอย่างการหาค่า Qb วิธีที่ 4.....227
ตารางที่ ค-7 ตัวอย่างการตรวจสอบความเป็นอิสระวิธีที่ 1.....231
ตารางที่ ค-8 ตัวอย่างการตรวจสอบความเป็นอิสระวิธีที่ 2.....239
ตารางที่ ค-9 การพิจารณาระยะห่างของปริมาณน้ำหลาก เพื่อตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล.....241

หน้า

ตารางที่ ค-10 ตัวอย่างการตรวจสอบความเป็นอิสระวิธีที่ 3.....249
ตารางที่ ค-11 ตัวอย่างการตรวจสอบความเป็นอิสระวิธีที่ 4.....256
ตารางที่ ค-12 ผลการวิเคราะห์ค่า Rv,1 สถานี P.1 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธี ภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....260
ตารางที่ ค-13 ผลการวิเคราะห์ค่า Rv,1 สถานี P.1 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธี โมเมนต์.....260
ตารางที่ ค-14 ผลการวิเคราะห์ค่า Rv,1 สถานี P.4A โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธี ภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....261
ตารางที่ ค-15 ผลการวิเคราะห์ค่า Rv,1 สถานี P.4A โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธี โมเมนต์.....261
ตารางที่ ค-16 ผลการวิเคราะห์ค่า Rv,2 สถานี P.1 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธี ภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....263
ตารางที่ ค-17 ผลการวิเคราะห์ค่า Rv,2 สถานี P.1 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธี โมเมนต์.....263
ตารางที่ ค-18 ผลการวิเคราะห์ค่า Rv,2 สถานี P.4A โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธี ภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....264
ตารางที่ ค-19 ผลการวิเคราะห์ค่า Rv,2 สถานี P.4A โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธี โมเมนต์.....264
ตารางที่ ค-20 ผลการวิเคราะห์ค่า Rv,3 สถานี P.19A โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธี ภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และแบ่งข้อมูลเป็นช่วงๆละ 5 ปี.....267
ตารางที่ ค-21 ผลการวิเคราะห์ค่า Rv,3 สถานี P.19A โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธี โมเมนต์ และแบ่งข้อมูลเป็นช่วงๆละ 5 ปี.....267
ตารางที่ ค-22 ผลการวิเคราะห์ค่า Rv,3 สถานี P.19A โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธี ภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และแบ่งข้อมูลเป็นช่วงๆละ 10 ปี.....268
ตารางที่ ค-23 ผลการวิเคราะห์ค่า Rv,3 สถานี P.19A โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธี โมเมนต์และแบ่งข้อมูลเป็นช่วงๆละ 10 ปี.....268

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 1.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการศึกษา.....5
รูปที่ 2.1 กราฟเพื่อการทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของข้อมูล.....26
รูปที่ 3.1 ทิศทางลมมรสุม พายุไต้ฝุ่น และตำแหน่งร่องความกดอากาศ.....30
รูปที่ 3.2 แผนภูมิแสดงการจำลองระบบการไหลของลุ่มน้ำปิง.....31
รูปที่ 3.3 แผนภูมิแสดงการจำลองระบบการไหลของลุ่มน้ำวัง.....35
รูปที่ 3.4 แผนภูมิแสดงการจำลองระบบการไหลของลุ่มน้ำยม.....39
รูปที่ 3.5 แผนภูมิแสดงการจำลองระบบการไหลของลุ่มน้ำน่าน.....43
รูปที่ 3.6 อนุกรมสูงสุดรายปีของสถานีที่ศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง.....44
รูปที่ 3.7 อนุกรมสูงสุดรายปีของสถานีที่ศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำวัง.....45
รูปที่ 3.8 อนุกรมสูงสุดรายปีของสถานีที่ศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำยม.....46
รูปที่ 3.9 อนุกรมสูงสุดรายปีของสถานีที่ศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน.....47
รูปที่ 5.1 กราฟ Rv,1 เมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระแบบต่างๆและใช้ค่าพารามิเตอร์ จากวิธี ML และ MM.....75
รูปที่ 5.2 กราฟ Rv,2 เมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระแบบต่างๆและใช้ค่าพารามิเตอร์ จากวิธี ML และ MM.....77
รูปที่ 5.3 กราฟ Rv,3 เมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระแบบต่างๆและใช้ค่าพารามิเตอร์ จากวิธี ML และ MM.....79
รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบปริมาณการไหลจากอนุกรมทั้งสองแบบ กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....106
รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบปริมาณการไหลจากอนุกรมทั้งสองแบบ กรณีใช้ค่าพารามิเตอร์วิธีโมเมนต์.....110
รูปที่ 5.6 การแบ่งพื้นที่ย่อยของลุ่มน้ำปิง.....119
รูปที่ 5.7 การแบ่งพื้นที่ย่อยของลุ่มน้ำวัง.....120
รูปที่ 5.8 การแบ่งพื้นที่ย่อยของลุ่มน้ำยม.....121
รูปที่ 5.9 การแบ่งพื้นที่ย่อยของลุ่มน้ำน่าน.....122

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 5.10 การแบ่งพื้นที่ย่อยตามความลาดชันลำน้ำสายหลักของลุ่มน้ำปิง.....123
รูปที่ 5.11 การแบ่งพื้นที่ย่อยตามความลาดชันลำน้ำสายหลักของลุ่มน้ำวัง.....123
รูปที่ 5.12 การแบ่งพื้นที่ย่อยตามความลาดชันลำน้ำสายหลักของลุ่มน้ำยม.....124
รูปที่ 5.13 การแบ่งพื้นที่ย่อยตามความลาดชันลำน้ำสายหลักของลุ่มน้ำน่าน.....124
รูปที่ 5.14 การทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปิง
ตอนบนโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....125
รูปที่ 5.15 การทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปิง
ตอนบนโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....126
รูปที่ 5.16 การทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปิง
ตอนล่างโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....127
รูปที่ 5.17 การทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปิง
ตอนล่างโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....128
รูปที่ 5.18 การทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำวัง
โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....129
รูปที่ 5.19 การทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำวัง
โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....130
รูปที่ 5.20 การทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำยม
ตอนบนโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....131
รูปที่ 5.21 การทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำยม
ตอนบนโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....132
รูปที่ 5.22 การทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำยม
ตอนล่างโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....133
รูปที่ 5.23 การทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำยม
ตอนล่างโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....134
รูปที่ 5.24 การทดสอบความคล้ายคลึงทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำน่าน
ตอนบนโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....135

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 5.25 การทดสอบความคลาดเคลื่องทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำน่าน ตอนบนโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....136
รูปที่ 5.26 การทดสอบความคลาดเคลื่องทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำน่าน ตอนล่างโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีโมเมนต์.....137
รูปที่ 5.27 การทดสอบความคลาดเคลื่องทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำน่าน ตอนล่างโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด.....138
รูปที่ 5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยและพื้นที่ลุ่มน้ำของ ลุ่มน้ำย่อยต่างๆในพื้นที่ศึกษา.....143
รูปที่ 5.29 โค้งค่ามากที่สุด (Envelop Curve).....144
รูปที่5.30 อัตราสวนระหว่างปริมาณการไหลต่อปริมาณการไหลเฉลี่ยที่คาบการ เกิดซ้ำต่างๆ.....145
รูปที่ 5.31 กราฟ Rv,1 เมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระแบบต่างๆและใช้ค่าพารามิเตอร์ จากวิธี ML และ MM.....158
รูปที่ 5.32 การเปรียบเทียบปริมาณการไหลจากอนุกรมทั้งสองแบบ กรณีใช้ค่า ปริมาณการไหลสูงสุดฉับพลันรายปี.....160
รูปที่ ก-1 สถานี P.1 สะพานนวรัฐ อ.เมือง จ.เชียงใหม่.....171
รูปที่ ก-2 ลักษณะหน้าตัดลำน้ำ สถานีที่ใช้ในการศึกษาในปีต่างๆ.....178
รูปที่ ค-1 ค่า R-Curve สถานี P.19A.....225
รูปที่ ค-2 กราฟน้ำท่า 5 เดือนแรกที่มีการเก็บข้อมูลของสถานี P.19A.....252
รูปที่ ค-3 กราฟน้ำท่า 6 เดือนแรกของฤดูฝนของสถานี P.19A.....252
รูปที่ ค-4 กราฟน้ำท่า 5 เดือนแรกที่มีการเก็บข้อมูลของสถานี P.20.....253
รูปที่ ค-5 กราฟน้ำท่า 6 เดือนแรกของฤดูฝนของสถานี P.20.....253
รูปที่ ค-6 ตัวอย่างชลภาพของสถานี P.1.....269

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการศึกษา

ML	=	การประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method)
MM	=	การประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีโมเมนต์ (Moment Method)
AMS	=	ข้อมูลอนุกรมสูงสุดรายปี (Annual Maximum Series)
PDS	=	ข้อมูลอนุกรมสูงสุดบางส่วน (Partial Duration Series)
α	=	ค่า Scale Parameter ของการแจกแจงความน่าจะเป็น Gumbel
β	=	ขนาดของเหตุการณ์โดยเฉลี่ย (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
λ	=	จำนวนเหตุการณ์โดยเฉลี่ยต่อปี
μ	=	ค่าเฉลี่ย
σ	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
σ^2	=	ค่าความแปรปรวน (Variance)
K	=	ค่าดัชนีความถี่ (Frequency Factor)
M	=	จำนวนเหตุการณ์ที่มีขนาดของปริมาณน้ำท่ามากกว่าค่าระดับน้ำท่วมฐานที่กำหนด
N	=	ขนาดของข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูล
T	=	คาบการเกิดซ้ำ (Return Period)
y(T)	=	ตัวแปรลดรูปมาตรฐานของ Gumbel (Reduced Gumbel Standard Variate)
$P(E_1)$	=	ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ E_1
Q(T)	=	ค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่คาบการเกิดซ้ำที่กำหนด
$Q_i(T)$	=	ค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่ได้จากกาประมาณค่าจากตัวอย่างลำดับที่ i
$\overline{Q(T)}$	=	ค่าเฉลี่ยของ $Q_i(T)$ ทั้งหมด
Qb	=	ค่าน้ำท่วมฐาน (Base Flood)
Q_M	=	ค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ย
Q(T)a	=	ค่าปริมาณการไหลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลอนุกรมสูงสุดรายปี
Q(T)p	=	ค่าปริมาณการไหลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลอนุกรมสูงสุดบางส่วน
$\overline{Q(T)a}$	=	ค่าปริมาณการไหลเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลอนุกรมสูงสุดรายปี
$\overline{Q(T)p}$	=	ค่าปริมาณการไหลเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลอนุกรมสูงสุดบางส่วน

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการศึกษา(ต่อ)

Var[Q(T)a]	=	ค่าความแปรปรวนของปริมาณการไหลได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลอนุกรมสูงสุดรายปี
Var[Q(T)p]	=	ค่าความแปรปรวนของปริมาณการไหลได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลอนุกรมสูงสุดบางส่วน