รูปหน่วยไฮโดรกราฟของลุ่มน้ำในแม่น้ำแม่กลอง

นายสุนทร สนทราพรพล

005798

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๐

i 17970143

UNIT HYDROGRAPH OF BASINS IN THE MAE KLONG RIVER

Mr. Soontorn Sontarapornpole

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1977

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ)

คณบดี

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.นิวัติ์ ดารานันท์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วรุณ คุณวาสี)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จักรี จัตุทะศรี)

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย : รองศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์เรื่อง รูปหน่วยไฮโดรกราฟของลุ่มน้ำในแม่น้ำแม่กลอง

โดย นายสุนทร สนทราพรพล

แผนกวิชา วิศวกรรมโยธา

หัวข้อวิทยานิพนธ์ รูปหน่วยไฮโดรกราฟของลุ่มน้ำในแม่น้ำแม่กลอง

ชื่อ นายสุนทร สนทราพรพล

แผนกวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา ๒๕๑๙

บทคัดย่อ

อุทกภัยเป็นภัยธรรมชาติที่ร้ายแรงอย่างหนึ่งในลุ่มน้ำแม่กลอง ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างใหญ่หลวงโดยเฉพาะในอาณาบริเวณตอนล่างของแม่น้ำนับตั้งแต่เขื่อนวชิราลงกรณ์ลงมา จากการที่ได้ศึกษาวิเคราะห์มาแล้วพบว่า อุทกภัยดังกล่าวมีสาเหตุมาจากขีดความสามารถในการให้น้ำหลากผ่านของแม่น้ำแม่กลองในตอนล่างน้อยกว่าในตอนบน และเนื่องจากการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาของบริเวณลุ่มน้ำแม่กลองยังมีไม่เพียงพอ รวมทั้งยังไม่มีสูตรที่แน่นอนสำหรับคำนวณหาปริมาณน้ำหลาก จึงเป็นเหตุให้การวางแผนงานป้องกันและลดความสูญเสียจากอุทกภัยเป็นไปด้วยความยากลำบาก ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการวิจัยนี้ เพื่อหาวิธีที่จะคาดคะเนน้ำหลากสูงสุดของลุ่มน้ำในแม่น้ำแม่กลองให้ได้ผลแม่นยำยิ่งขึ้น จากรูปไฮโดรกราฟน้ำหลากในตอนบนของลุ่มน้ำแม่กลอง โดยการเลือกข้อมูลทางอุทกวิทยาต่าง ๆ เพื่อหารูปไฮโดรกราฟน้ำหลากที่เกิดมาจากพายุฝนโดด ๆ ที่ตกสม่ำเสมอตลอดเวลา ๑ วัน มาวิเคราะห์รูปหน่วยไฮโดรกราฟ จากผลการศึกษานี้พบว่ารูปหน่วยไฮโดรกราฟเป็นรูปที่ใกล้เคียงกับรูปสามเหลี่ยมเพียงรูปเดียว ซึ่งได้หาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างรูปหน่วยไฮโดรกราฟกับองค์ประกอบที่สำคัญของลุ่มน้ำและลำน้ำ โดยพบว่าองค์ประกอบเวลาที่สำคัญจำนวน ๕ องค์ประกอบของรูปหน่วยไฮโดรกราฟ (T) และองค์ประกอบอัตราการไหลของน้ำท่าจำนวน ๑ องค์ประกอบ (U) ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟมีความสัมพันธ์กับความยาวของลำน้ำ (L) ความยาวของร่องน้ำถึงศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำ (Lc) ความลาดชันของลำน้ำ (S) และพื้นที่ของลุ่มน้ำ (A) ซึ่งความสัมพันธ์นี้สามารถแสดงได้ในรูปสูตรดังต่อไปนี้

$$T = K_T\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_T}$$

$$U = K_u A^{n_{u1}}\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_{u2}}$$

และได้ทำการหาค่าของ K_T n_T K_u n_{u1} และ n_{u2} ขององค์ประกอบรูปหน่วยไฮโดรกราฟที่มีช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ กันไว้เรียบร้อยแล้ว

Thesis Title Unit Hydrograph of Basins in the Mae Klong River

Name Mr. Soontorn Sontarapornpole

Department of Civil Engineering

Academic Year 1976

ABSTRACT

Flood, one of the principal natural hazards in the Mae Klong basin, is usually the main cause of economic losses in this region especially in its lower part below the Vajiralongkorn dam. Past investigations showed that this is caused by the capacity of the lower part of the Mae Klong river being less than the capacity of the upper part. Plans of regional programs for preventing and reducing flood damages are difficult to formulate because of the insufficient hydrologic investigations and the lack of the regional empirical formula in the computation of flood magnitude. Therefore the object of this study is to attempt to predict accurately the peak flood in the Mae Klong basin from the flood hydrograph in the upper part of the Mae Klong basin by investigating from the raw hydrologic data, the runoff hydrograph caused by the uniform intensity single storm with a 24-hour duration, to determine the unit hydrograph. Final results of this research show that a typical unit hydrograph of the basins in the Mae Klong river is similar to a single triangle which can be computed from the relationship between the principal components of the unit hydrograph and physiographic factors of the basin. Five principal components of time (T) and one principal component of discharge (U) of the unit hydrograph are related to the length of the main stream (L), the length along the stream from the outlet to a point nearest to the centroid of the basin (Lc), the slope of the main stream (S) and the basin area (A) in the following form:

$$T = K_T \left(\frac{LLc}{\sqrt{S}} \right)^{n_T}$$

$$U = K_u A^{n_{u1}} \left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_{u2}}$$

The values of K_T, n_T, K_u, n_{u1} and n_{u2} of the unit hydrograph with any duration of storm are determined.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์ ที่กรุณาแนะแนวทางปฏิบัติ ให้ความคิดเห็นอันเป็นประโยชน์และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่ง นับแต่เริ่มต้น จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อ ศาสตราจารย์ ดร.นิวัติ์ ตารานันท์ หัวหน้าแผนกวิชาวิศวกรรมโยธา รองศาสตราจารย์ จักรี จัตุทะศรี และรองศาสตราจารย์ วรุณ คุณวาสี ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ที่ทำให้การวิจัยนี้สมบูรณ์ดังเจตนารมย์ที่ตั้งไว้ รวมทั้งขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมชาย ทยานยง อาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ รวมทั้งนายสุเมธ ชัยพฤกษ์ ในความกรุณาแนะแนวอันเป็นประโยชน์ต่อการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาจากอาจารย์ทุกท่านที่กล่าวมาแล้ว จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อ นายดำรัส ช่องดารากุล หัวหน้างานวิเคราะห์และสถิติ และเจ้าหน้าที่ในกองอุตุนิยมวิทยาอุทก กรมอุตุนิยมวิทยา และนายถนอม คล้ายขยาย หัวหน้างานรวบรวมและประเมินผลสถิติ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ในกองอุทกวิทยา กรมชลประทาน ในความกรุณาให้ความร่วมมือและความสะดวกต่อการค้นหาข้อมูลเป็นอย่างดียิ่ง

ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาอย่างสูงของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนในการดำเนินการวิจัยนี้

สุนทร สนทราพรพล

สารบาญ

หน้า

หน้าหัวเรื่องภาษาไทย ก.
หน้าหัวเรื่องภาษาอังกฤษ ข.
หน้าอนุมัติ ค.
บทคัดย่อภาษาไทย ฆ.
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ง.
กิตติกรรมประกาศ จ.
สารบาญ ช.
รายการสัญลักษณ์ ฌ.
รายการตารางประกอบ ฐ.
รายการภาพประกอบ ด.
บทที่
๑. บทนำ ๑
๑.๑ ความเป็นมาของปัญหา ๑
๑.๒ การสำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งได้กระทำมาแล้ว ๒
๑.๒.๑ วิธีเรชันแนล (Rational method) ๒
๑.๒.๒ วิธีจากสูตรสำเร็จ ๓
๑.๒.๓ วิธีจากการสังเคราะห์รูปไฮโดรกราฟน้ำหลาก ๘
๑.๒.๔ วิธีอื่น ๆ ๑๖
๑.๓ วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย ๑๗
๑.๔ ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัยนี้ ๑๗
๑.๕ แผนการวิจัย ๑๗
๑.๖ นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้เป็นภาษาเทคนิค ๑๘
๒. คุณลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปของลุ่มน้ำแม่กลอง ๑๙
๒.๑ ตำแหน่งที่ตั้งและรายละเอียด ๑๙
๒.๒ แม่น้ำแม่กลอง ๑๙
๒.๓ แม่น้ำแควใหญ่ ๒๑
๒.๓.๑ แม่น้ำลำตะเพิน ๒๑
๒.๔ แม่น้ำแควน้อย ๒๒
๒.๔.๑ แม่น้ำลำพาชี ๒๒
๒.๕ สภาพภูมิอากาศ ๒๒

บทที่		หน้า
	๒.๕.๑ ปริมาณน้ำฝน	๒๕
	๒.๕.๒ ความชื้นสัมพัทธ์	๒๕
	๒.๕.๓ อุณหภูมิ	๒๕
	๒.๖ ปริมาณน้ำหลากรายปีและค่าเฉลี่ยรายปี	๒๕
๓.	ทฤษฎีและสมมุติฐานที่ใช้ในการวิจัย	๒๘
	๓.๑ รูปไฮโดรกราฟน้ำหลากและส่วนประกอบ	๒๘
	๓.๑.๑ น้ำหลากส่วนที่ได้จากการไหลบนพื้นผิวดิน	๒๘
	๓.๑.๒ น้ำหลากส่วนที่ได้จากการไหลในดินชั้นแรกไปแนวข้าง	๒๘
	๓.๑.๓ น้ำหลากส่วนที่ได้จากน้ำใต้ดิน	๒๘
	๓.๒ รูปไฮโดรกราฟน้ำท่าไร้มิติ	๓๑
	๓.๓ รูปหน่วยไฮโดรกราฟ	๓๑
	๓.๔ การหารูปหน่วยไฮโดรกราฟในช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ จากช่วงเวลาฝนตกที่กำหนดให้	๓๔
	๓.๕ การคาดคะเนน้ำหลากสูงสุดในรอบปีต่าง ๆ	๓๕
	๓.๖ การหาค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า	๓๗
	๓.๗ การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วย multiple linear regression	๓๗
	๓.๘ การประยุกต์สมการ multiple non-linear regression ให้อยู่ในรูปสมการ multiple linear regression	๓๙
๔.	ข้อมูล การวิเคราะห์และการวิจารณ์	๔๑
	๔.๑ ข้อมูล	๔๑
	๔.๑.๑ การเลือกลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำแม่กลอง	๔๑
	๔.๑.๒ คุณลักษณะที่สำคัญของลุ่มน้ำสาขาและแม่น้ำสาขา	๔๑
	๔.๑.๓ น้ำหลากสูงสุดรายปี	๔๒
	๔.๒ การวิเคราะห์ข้อมูล	๔๓
	๔.๒.๑ การเลือกข้อมูลสำหรับรูปไฮโดรกราฟน้ำหลากที่เกิดจากพายุฝนที่มีอัตราฝนตกสม่ำเสมอ	๔๓

บทที่ หน้า

๔.๒.๒ การตรวจสอบความเชิงเส้นของรูปไฮโดรกราฟน้ำหลากในลุ่มน้ำ ๔๔

๔.๒.๓ การหารูปไฮโดรกราฟน้ำท่าไร้มิติ ๔๔

๔.๒.๔ การหาสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า และรูปหน่วยไฮโดรกราฟ ๔๔

๔.๒.๕ หาค่าองค์ประกอบสำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ย ๔๕

๔.๒.๖ การตรวจสอบความสัมพันธ์ของรูปหน่วยไฮโดร-กราฟที่เกิดจากพายุฝนโดด ๆ แต่ละรูปกับรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ย ๔๕

๔.๒.๗ การหารูปหน่วยไฮโดรกราฟที่มีช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่สำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟกับองค์ประกอบสำคัญของลุ่มน้ำและลำน้ำ ๔๕

๔.๓ การวิจารณ์ผลการวิจัย ๔๖

๔.๓.๑ คุณลักษณะที่สำคัญของลุ่มน้ำสาขารวมทั้งลำน้ำสาขา ๔๖

๔.๓.๒ การตรวจสอบความเชิงเส้นของรูปไฮโดรกราฟน้ำหลากในลุ่มน้ำ ๔๘

๔.๓.๓ รูปไฮโดรกราฟน้ำท่าไร้มิติ ๔๘

๔.๓.๔ การตรวจสอบสมมุติฐานความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่สำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟกับองค์ประกอบที่สำคัญของลุ่มน้ำและลำน้ำ ๔๙

๔.๓.๕ ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่สำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟที่เกิดจากพายุฝนโดด ๆ กับองค์ประกอบที่สำคัญของลุ่มน้ำกับลำน้ำ ๕๑

๔.๓.๖ ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่สำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของลุ่มน้ำแต่ละสาขาซึ่งมีช่วงเวลาฝนตก ๒๔ ชั่วโมงกับองค์ประกอบสำคัญของลุ่มน้ำกับลำน้ำ ๕๓

บทที่		หน้า
	๔.๓.๗ ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่สำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟที่มีช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ กับองค์ประกอบสำคัญของลุ่มน้ำกับลำน้ำ	๕๓
	๔.๓.๘ ค่าน้ำหลากสูงสุดในรอบปีต่าง ๆ	๕๕
	๔.๓.๙ ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า	๕๕
๕.	ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ	๕๗
	๕.๑ ข้อสรุป	๕๗
	๕.๒ ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป	๕๘
บรรณานุกรม		๕๙
ภาคผนวก		๖๓
ประวัติการศึกษา		๑๕๕

หัวข้อวิทยานิพนธ์ รูปหน่วยไฮโดรกราฟของลุ่มน้ำในแม่น้ำแม่กลอง

ชื่อ นายสุนทร สนทราพรพล

แผนกวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา ๒๕๑๙

บทคัดย่อ

อุทกภัยเป็นภัยธรรมชาติที่ร้ายแรงอย่างหนึ่งในลุ่มน้ำแม่กลอง ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างใหญ่หลวงโดยเฉพาะในอาณาบริเวณตอนล่างของแม่น้ำนับตั้งแต่เขื่อนวชิราลงกรณ์ลงมา จากการที่ได้ศึกษาวิเคราะห์มาแล้วพบว่า อุทกภัยดังกล่าวมีสาเหตุมาจากขีดความสามารถในการให้น้ำหลากผ่านของแม่น้ำแม่กลองในตอนล่างน้อยกว่าในตอนบน และเนื่องจากการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาของบริเวณลุ่มน้ำแม่กลองยังมีไม่เพียงพอ รวมทั้งยังไม่มีสูตรที่แน่นอนสำหรับคำนวณหาปริมาณน้ำหลาก จึงเป็นเหตุให้การวางแผนงานป้องกันและลดความสูญเสียจากอุทกภัยเป็นไปด้วยความยากลำบาก ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการวิจัยนี้ เพื่อหาวิธีที่จะคาดคะเนน้ำหลากสูงสุดของลุ่มน้ำในแม่น้ำแม่กลองให้ได้ผลแม่นยำยิ่งขึ้น จากรูปไฮโดรกราฟน้ำหลากในตอนบนของลุ่มน้ำแม่กลอง โดยการเลือกข้อมูลทางอุทกวิทยาต่าง ๆ เพื่อหารูปไฮโดรกราฟน้ำหลากที่เกิดมาจากพายุฝนโดด ๆ ที่ตกสม่ำเสมอตลอดเวลา ๑ วัน มาวิเคราะห์รูปหน่วยไฮโดรกราฟ จากผลการศึกษานี้พบว่ารูปหน่วยไฮโดรกราฟเป็นรูปที่ใกล้เคียงกับรูปสามเหลี่ยมเพียงรูปเดียว ซึ่งได้หาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างรูปหน่วยไฮโดรกราฟกับองค์ประกอบที่สำคัญของลุ่มน้ำและลำน้ำ โดยพบว่าองค์ประกอบเวลาที่สำคัญจำนวน ๕ องค์ประกอบของรูปหน่วยไฮโดรกราฟ (T) และองค์ประกอบอัตราการไหลของน้ำท่าจำนวน ๑ องค์ประกอบ (U) ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟมีความสัมพันธ์กับความยาวของลำน้ำ (L) ความยาวของร่องน้ำถึงศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำ (Lc) ความลาดชันของลำน้ำ (S) และพื้นที่ของลุ่มน้ำ (A) ซึ่งความสัมพันธ์นี้สามารถแสดงได้ในรูปสูตรดังต่อไปนี้

$$T = K_T\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_T}$$

$$U = K_u A^{n_{u1}}\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_{u2}}$$

และได้ทำการหาค่าของ K_T n_T K_u n_{u1} และ n_{u2} ขององค์ประกอบรูปหน่วยไฮโดรกราฟที่มีช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ กันไว้เรียบร้อยแล้ว

รายการสัญลักษณ์

A คือ พื้นที่ของลุ่มน้ำ

A_m คือ ร้อยละของพื้นที่ที่ตั้งของเทือกเขาในลุ่มน้ำ

a คือ พารามิเตอร์ของการกระจายในทางสถิติ (dispersion parameter)

R_1 คือ ค่าตัดแกน X_1 ของเส้นกราฟ multiple linear regression ในสมการที่ (๑๘)

B_2, B_3, ..., B_m คือ ค่าสัมประสิทธิ์ประจำตัวแปรอิสระของสมการที่ (๑๘)

b คือ รีดิวส์แวเรียต (reduces variate)

C_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า

C_m คือ ค่าที่แสดงถึงสภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำประกอบด้วยพื้นที่ที่ตั้งของเทือกเขามากน้อยเพียงใด

CR คือ องค์ประกอบรูปร่างของลุ่มน้ำ

E คือ ความสูงของสถานีวัดน้ำเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง

e คือ ฐานของ Napierian logarithm

H คือ ความสูงเฉลี่ยของลุ่มน้ำเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง

H_L คือ ความสูงเฉลี่ยของลำน้ำเหนือสถานีวัดน้ำ

h_d คือ ปริมาณน้ำท่าในหน่วยความสูง

h_p คือ ปริมาณน้ำฝนในหน่วยความสูง

K_1, K_2, ... K_8 คือ ค่าคงที่ในสูตรที่ (๑) ถึง (๘) ตามลำดับ

L คือ ความยาวของลำน้ำที่ยาวที่สุดในแต่ละลุ่มน้ำ

Lc คือ ความยาวลำน้ำถึงศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำโดยวัดจากสถานีวัดน้ำ

m คือ จำนวนตัวแปรในสมการที่ (๑๘)

N คือ จำนวนปีของสถิติน้ำหลากที่ได้บันทึกในสมการที่ (๑๓)

n_1, n_2, ..., n_{10} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ประจำตัวแปรองค์ประกอบที่สำคัญของลุ่มน้ำและลำน้ำในสูตรตั้งแต่ (๑) ถึง (๘) เมื่ออยู่ในรูป multiple linear regression

Q_T คือ อัตราการไหลของน้ำหลากสูงสุดในรอบ T ปี

R_1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(multiple correlation coefficient)

S คือ ค่าความลาดชันของลำน้ำที่ยาวที่สุดในแต่ละลุ่มน้ำ

S_f คือ พื้นที่ผิวทั้งหมดของแอ่งชังน้ำในลุ่มน้ำ

S_n คือ ตัวเลขที่แสดงถึงรูปร่างของลุ่มน้ำ

S_x คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อจำนวนปีของสถิติน้ำหลากอยู่ในระยะสั้น

T_p คือ ระยะเวลาจากศูนย์ของรูปพายุฝนถึงเวลาที่มีอัตราน้ำหลากไหลสูงสุด

t_c คือ เวลาที่น้ำต้องไหลจากจุดไกลสุดมายังจุดที่ต้องการทราบ

t_r คือ ช่วงเวลาฝนตก

U_p คือ อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดของรูปหน่วยไฮโดรกราฟ

U_R คือ อัตราการไหลของน้ำท่าที่จุดเปลี่ยนความลาดชันของรูปหน่วยไฮโดรกราฟ

W_{25} คือ ระยะเวลาที่มีค่าการไหลในแม่น้ำ เท่ากันหรือสูงกว่าหนึ่งในสี่ของค่าการไหลสูงสุดของรูปไฮโดรกราฟน้ำท่า

W_{50} คือ ระยะเวลาที่มีค่าการไหลในแม่น้ำ เท่ากันหรือสูงกว่าครึ่งหนึ่งของค่าการไหลสูงสุดของรูปไฮโดรกราฟน้ำท่า

W_{75} คือ ระยะเวลาที่มีค่าการไหลในแม่น้ำ เท่ากันหรือสูงกว่าสามในสี่ของค่าการไหลสูงสุดของรูปไฮโดรกราฟน้ำท่า

X_i คือ ข้อมูลอัตราการไหลสูงสุดของน้ำหลากรายปีในปีที่ i

X_f คือ ค่าสูงสุดของการกระจายของ X_i

X_T คือ ค่าคาดคะเนของอัตราการไหลสูงสุดของน้ำหลากในรอบ T ปี

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิตของ X_i

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
๑	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่สำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟที่เกิดจากพายุฝนโดด ๆ และค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำอื่นอีก ๕ สาขากับองค์ประกอบที่สำคัญของลุ่มน้ำและลำน้ำในแม่น้ำสาขาแควใหญ่	๕๑
๒	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่สำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟที่เกิดจากพายุฝนโดด ๆ และค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำอื่นอีก ๕ สาขากับองค์ประกอบที่สำคัญของลุ่มน้ำและลำน้ำในแม่น้ำสาขาแควน้อย	๕๒
๓	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่สำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของลุ่มน้ำแต่ละสาขาซึ่งมีช่วงเวลาฝนตก ๒๔ ชั่วโมงกับองค์ประกอบสำคัญของลุ่มน้ำสาขาและลำน้ำสาขา	๕๓
๔	ช่วงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบสำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของลุ่มน้ำแต่ละสาขาซึ่งมีช่วงเวลาฝนตกตั้งแต่ ๒ ถึง ๒๒ ชั่วโมงกับองค์ประกอบสำคัญของลุ่มน้ำสาขาและลำน้ำสาขา	๕๔
๕	ความสัมพันธ์ของ T_R ซึ่งยืดออกไปแทน T_L ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยที่มีช่วงเวลาฝนตกจาก ๒ ถึง ๒๒ ชั่วโมงกับองค์ประกอบสำคัญของลุ่มน้ำและลำน้ำสาขา	๕๕
ข.๑	เปรียบเทียบอัตราน้ำหลากกับลุ่มน้ำเจ้าพระยาและมูล	๘๑
ข.๒	ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนที่จังหวัดกาญจนบุรี	๘๒
ข.๓	อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนที่จังหวัดกาญจนบุรี	๘๓
ข.๔	ปริมาณน้ำหลากรายปีและค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำ K.6	๘๔
ข.๕	ปริมาณน้ำหลากรายปีและค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำ K.10	๘๕
ข.๖	ปริมาณน้ำหลากรายปีและค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำ K.13	๘๖
ข.๗	ปริมาณน้ำหลากรายปีและค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำ K.19	๘๗
ข.๘	ปริมาณน้ำหลากรายปีและค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำ K.20	๘๘
ข.๙	ปริมาณน้ำหลากรายปีและค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำ K.22A	๘๙
ข.๑๐	รายละเอียดที่ตั้งและระยะเวลารวบรวมข้อมูลของสถานีวัดน้ำ	๙๐

ตารางที่ หน้า

ข.๑๑ ค่าสัมประสิทธิ์มีนเดอร์ริงของลุ่มน้ำสาขา ๙๑

ข.๑๒ รายละเอียดองค์ประกอบที่สำคัญของลุ่มน้ำสาขาและแม่น้ำสาขา ๙๑

ข.๑๓ ค่าน้ำหลากสูงสุดรายเดือนของลุ่มน้ำสาขาทั้ง ๖ สาขา ๙๒

ค.๑ ค่าน้ำหลากสูงสุดในรอบปีต่าง ๆ ของลุ่มน้ำ K.6 และ K.10 ๙๘

ค.๒ ค่าน้ำหลากสูงสุดในรอบปีต่าง ๆ ของลุ่มน้ำ K.13 และ K.19 ๙๙

ค.๓ ค่าน้ำหลากสูงสุดในรอบปีต่าง ๆ ของลุ่มน้ำ K.20 และ K.22A ๑๐๐

ค.๔ รายละเอียดข้อมูลปริมาณน้ำฝนและที่ใกล้เคียงของรูปไฮโดรกราฟน้ำหลาก ๑๐๑

ค.๕ ค่าอัตราน้ำหลากสูงสุดและปริมาตรน้ำหลากเทียบเท่าหน่วยความสูงของรูปไฮโดรกราฟน้ำหลากที่เกิดจากพายุฝนโดด ๆ ๑๐๒

ค.๖ ค่าของ $\frac{Q}{Q_p}$ เมื่อ $\frac{t}{T_p}$ มีค่าต่าง ๆ ของรูปไฮโดรกราฟน้ำท่าไร้มิติเฉลี่ยของลุ่มน้ำทั้ง ๖ สาขา ๑๑๑

ค.๗ ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า ๑๑๒

ค.๘ องค์ประกอบสำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟแต่ละรูปที่มีช่วงเวลาฝนตก ๒๔ ชั่วโมงของลุ่มน้ำสาขา K.6 K.10 และ K.13 ๑๑๓

ค.๙ องค์ประกอบสำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟแต่ละรูปที่มีช่วงเวลาฝนตก ๒๔ ชั่วโมงของลุ่มน้ำสาขา K.19 K.20 และ K.22A ๑๑๔

ค.๑๐ องค์ประกอบสำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยที่มีช่วงเวลาฝนตก ๒๔ ชั่วโมง ๑๒๑

ค.๑๑ ความสัมพันธ์ของ T_p T_R และ T_L ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟแต่ละรูปของสถานีวัดน้ำ K.6 และ K.10 กับรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำสาขา ๑๒๒

ค.๑๒ ความสัมพันธ์ของ T_p T_R และ T_L ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟแต่ละรูปของสถานีวัดน้ำ K.13 และ K.19 กับรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำสาขา ๑๒๓

ตารางที่ หน้า

ค.๑๓ ความสัมพันธ์ของ T_p T_R และ T_L ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟแต่ละรูปของสถานีวัดน้ำ K.20 และ K.22A กับรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำสาขา ๑๒๔

ค.๑๔ ความสัมพันธ์ของ W_{25} W_{50} และ W_{75} ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟแต่ละรูปของสถานีวัดน้ำ K.6 และ K.10 กับรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำสาขา ๑๒๕

ค.๑๕ ความสัมพันธ์ของ W_{25} W_{50} และ W_{75} ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟแต่ละรูปของสถานีวัดน้ำ K.13 และ K.19 กับรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำสาขา ๑๒๖

ค.๑๖ ความสัมพันธ์ของ W_{25} W_{50} และ W_{75} ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟแต่ละรูปของสถานีวัดน้ำ K.20 และ K.22A กับรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำสาขา ๑๒๗

ค.๑๗ ความสัมพันธ์ของ U_p และ U_R ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟแต่ละรูปของสถานีวัดน้ำ K.6 และ K.10 กับรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำสาขา ๑๒๘

ค.๑๘ ความสัมพันธ์ของ U_p และ U_R ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟแต่ละรูปของสถานีวัดน้ำ K.13 และ K.19 กับรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำสาขา ๑๒๙

ค.๑๙ ความสัมพันธ์ของ U_p และ U_R ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟแต่ละรูปของสถานีวัดน้ำ K.20 และ K.22A กับรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำสาขา ๑๓๐

ค.๒๐ องค์ประกอบสำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟของลุ่มน้ำ K.6 ที่มีช่วงเวลาฝนตกตั้งแต่ ๒ ถึง ๒๔ ชั่วโมง ๑๓๑

ตารางที่ หน้า

ค.๒๑ องค์ประกอบสำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟของลุ่มน้ำ K.10 ที่มีช่วงเวลาฝนตกตั้งแต่ ๒ ถึง ๒๔ ชั่วโมง ๑๓๒

ค.๒๒ องค์ประกอบสำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟของลุ่มน้ำ K.13 ที่มีช่วงเวลาฝนตกตั้งแต่ ๒ ถึง ๒๔ ชั่วโมง ๑๓๓

ค.๒๓ องค์ประกอบสำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟของลุ่มน้ำ K.19 ที่มีช่วงเวลาฝนตกตั้งแต่ ๒ ถึง ๒๔ ชั่วโมง ๑๓๔

ค.๒๔ องค์ประกอบสำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟของลุ่มน้ำ K.20 ที่มีช่วงเวลาฝนตกตั้งแต่ ๒ ถึง ๒๔ ชั่วโมง ๑๓๕

ค.๒๕ องค์ประกอบสำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟของลุ่มน้ำ K.22A ที่มีช่วงเวลาฝนตกตั้งแต่ ๒ ถึง ๒๔ ชั่วโมง ๑๓๖

ค.๒๖ ความสัมพันธ์ของ T_p T_R และ T_L ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของลุ่มน้ำแต่ละสาขาในช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ กัน กับองค์ประกอบที่สำคัญของลุ่มน้ำและลำน้ำ ๑๓๗

ค.๒๗ ความสัมพันธ์ของ W_{25} W_{50} และ W_{75} ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของลุ่มน้ำแต่ละสาขาในช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ กันกับองค์ประกอบที่สำคัญของลุ่มน้ำและลำน้ำ ๑๓๘

ค.๒๘ ความสัมพันธ์ของ U_p และ U_R ของรูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของลุ่มน้ำแต่ละสาขาในช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ กัน กับองค์ประกอบที่สำคัญของลุ่มน้ำและลำน้ำ ๑๓๙

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
๑	รูปหน่วยไฮโดรกราฟจำลองจากรูปสามเหลี่ยมสองรูปซ้อนกัน	๑๔
๒	ลุ่มน้ำแม่กลอง	๒๐
๓	รูปไฮโดรกราฟน้ำหลากของแม่น้ำแม่กลองวัดที่อำเภอท่าม่วง	๒๓
๔	รูปไฮโดรกราฟน้ำฝนวัดที่จังหวัดกาญจนบุรี	๒๓
๕	ทางเดินพายุหมุนที่เข้าประเทศไทยในคาบ ๒๕ ปี (พ.ศ. ๒๔๙๔-๒๕๑๘)	๒๔
๖	ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำ	๒๖
๗	รายละเอียดส่วนประกอบรูปไฮโดรกราฟน้ำหลาก	๒๙
๘	ส่วนประกอบของน้ำหลากตามแหล่งที่มา	๓๐
๙	น้ำใต้ดินส่วนที่เกิดไกลจากฝั่งร่องน้ำ	๓๐
๑๐	น้ำใต้ดินส่วนที่เกิดริมฝั่งร่องน้ำ	๓๐
๑๑	รูปไฮโดรกราฟน้ำท่าไร้มิติ	๓๑
๑๒	องค์ประกอบที่สำคัญของรูปหน่วยไฮโดรกราฟ	๓๒
๑๓	องค์ประกอบสำคัญของลุ่มน้ำและลำน้ำ	๓๓
๑๔	ค่าความลาดชันของร่องน้ำที่ยาวที่สุด	๓๔
๑๕	การหาเส้นกราฟที่มีลักษณะคล้ายตัว S	๓๔
๑๖	การหาความสูงของรูปไฮโดรกราฟน้ำท่าที่มีช่วงเวลาฝนตกตามที่ต้องการ	๓๕
ค.๑	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลสูงสุดของน้ำหลากกับปริมาตรน้ำหลากเทียบเท่าหน่วยความสูงของรูปไฮโดรกราฟน้ำหลาก	๑๐๓
ค.๒	รูปไฮโดรกราฟน้ำท่าไร้มิติในลุ่มน้ำสาขา K.6	๑๐๔
ค.๓	รูปไฮโดรกราฟน้ำท่าไร้มิติในลุ่มน้ำสาขา K.10	๑๐๕
ค.๔	รูปไฮโดรกราฟน้ำท่าไร้มิติในลุ่มน้ำสาขา K.13	๑๐๖
ค.๕	รูปไฮโดรกราฟน้ำท่าไร้มิติในลุ่มน้ำสาขา K.19	๑๐๗
ค.๖	รูปไฮโดรกราฟน้ำท่าไร้มิติในลุ่มน้ำสาขา K.20	๑๐๘
ค.๗	รูปไฮโดรกราฟน้ำท่าไร้มิติในลุ่มน้ำสาขา K.22A	๑๐๙
ค.๘	รูปไฮโดรกราฟน้ำท่าไร้มิติเฉลี่ยของลุ่มน้ำสาขาทั้ง ๖ สาขา	๑๑๐

รูปที่ หน้า

ค.๙ รูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของลุ่มน้ำ K.6 ๑๑๕

ค.๑๐ รูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของลุ่มน้ำ K.10 ๑๑๖

ค.๑๑ รูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของลุ่มน้ำ K.13 ๑๑๗

ค.๑๒ รูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของลุ่มน้ำ K.19 ๑๑๘

ค.๑๓ รูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของลุ่มน้ำ K.20 ๑๑๙

ค.๑๔ รูปหน่วยไฮโดรกราฟเฉลี่ยของลุ่มน้ำ K.22A ๑๒๐

ค.๑๕ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า n_1 และ $\ln K_1$ ในช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ ของสูตร $T_p = K_1\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_1}$ ๑๔๐

ค.๑๖ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า n_2 และ $\ln K_2$ ในช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ ของสูตร $T_R = K_2\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_2}$ ๑๔๑

ค.๑๗ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า n_3 และ $\ln K_3$ ในช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ ของสูตร $T_L = K_3\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_3}$ ๑๔๒

ค.๑๘ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า n_4 และ $\ln K_4$ ในช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ ของสูตร $W_{25} = K_4\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_4}$ ๑๔๓

ค.๑๙ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า n_5 และ $\ln K_5$ ในช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ ของสูตร $W_{50} = K_5\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_5}$ ๑๔๔

ค.๒๐ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า n_6 และ $\ln K_6$ ในช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ ของสูตร $W_{75} = K_6\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_6}$ ๑๔๕

ค.๒๑ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า n_7 n_8 และ $\ln K_7$ ในช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ ของสูตร $U_p = K_7 A^{n_7}\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_8}$ ๑๔๖

ค.๒๒ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า n_9 n_{10} และ $\ln K_8$ ในช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ ของสูตร $U_R = K_8 A^{n_9}\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)^{n_{10}}$ ๑๔๗

รูปที่ หน้า

ค.๒๓ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T_p กับ $\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)$ของรูปหน่วย ไฮโดรกราฟที่มีช่วงเวลาฝนตก ๒๔ ชั่วโมง ๑๔๘

ค.๒๔ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T_R กับ $\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)$ของรูปหน่วย ไฮโดรกราฟที่มีช่วงเวลาฝนตก ๒๔ ชั่วโมง ๑๔๙

ค.๒๕ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T_L กับ $\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)$ของรูปหน่วย ไฮโดรกราฟที่มีช่วงเวลาฝนตก ๒๔ ชั่วโมง ๑๕๐

ค.๒๖ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง W_{25} กับ $\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)$ของรูปหน่วย ไฮโดรกราฟที่มีช่วงเวลาฝนตก ๒๔ ชั่วโมง ๑๕๑

ค.๒๗ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง W_{50} กับ $\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)$ของรูปหน่วย ไฮโดรกราฟที่มีช่วงเวลาฝนตก ๒๔ ชั่วโมง ๑๕๒

ค.๒๘ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง W_{75} กับ $\left(\frac{LLc}{\sqrt{S}}\right)$ของรูปหน่วย ไฮโดรกราฟที่มีช่วงเวลาฝนตก ๒๔ ชั่วโมง ๑๕๓

ค.๒๙ ความสัมพันธ์ของความยาวลำน้ำและความลาดชันลำน้ำของลุ่มน้ำที่มีสภาพภูมิประเทศต่าง ๆ กัน ๑๕๔