

โครงการวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 7/2556

เรื่อง

การวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดสำหรับกรุงเทพมหานคร

Analysis of Extreme Rainfall Trend of Bangkok

โดย

นายกรวิทย์ กิจพาณิชย์เจริญ

นายกิตติศักดิ์ บุญมี

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พ.ศ. 2556

ใบรับรองโครงการวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดสำหรับกรุงเทพมหานคร

Analysis of Extreme Rainfall Trend of Bangkok

นามผู้ทำโครงการ      นายกรวิทย์      กิจพาณิชย์เจริญ  
   นายกิตติศักดิ์      บุญมี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....  
(ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์)  
...../...../.....

หัวหน้าภาค .....  
(ศศ.นิมิตร เจริญทรัพย์)  
...../...../.....

## บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดสำหรับกรุงเทพมหานคร

โดย : นายกรวิทย์ กิจพาณิชย์เจริญ

นายกิตติศักดิ์ บุญมี

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : .....

(ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์)

...../...../.....

การวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดสำหรับกรุงเทพมหานคร มีวัตถุประสงค์ของการศึกษา เพื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน ช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำ กราฟการแผ่กระจายของ ปริมาณฝนสูงสุด และการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดของกรุงเทพมหานคร ซึ่งผลของการศึกษา สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบปริมาณน้ำนองสูงสุดสำหรับการออกแบบระบบระบายน้ำใน พื้นที่กรุงเทพมหานคร

การศึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลฝนราย 3 ชั่วโมง จากสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติ จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201) สถานีสำนักงานอุดุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203) สถานีสภ.บางนา (455301) และสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601) จากข้อมูลได้นำมา พัฒนากฎความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน ช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำตั้งแต่ 2 ปี ถึง 1,000 ปี กราฟ การแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง ของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 4 สถานี และทำการวิเคราะห์ แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 3 6 12 และ 24 ชั่วโมง ด้วยการทดสอบของแมนน์-เคนคอลล์ โดย พิจารณาใช้ระดับนัยสำคัญที่  $p < 0.01$   $p < 0.05$  และ  $p < 0.10$  จากผลการศึกษาไม่พบแนวโน้มของปริมาณ ฝนสูงสุดที่สถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201) และสถานีสำนักงานอุดุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือ คลองเตย (455203) แต่พบแนวโน้มที่ลดลงที่สถานีสภ.บางนา (455301) และแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นที่สถานี ท่าอากาศยานดอนเมือง (455601)

## ABSTRACT

Title : Analysis of Extreme Rainfall Trend of Bangkok

By : Mr. Korawit Kitparnitchrun

Mr. Kittisak Boonmee

Project Adviser : .....

(Dr. Chaiyapong Thepprasit)

...../...../.....

The purposes of the study of analysis of extreme rainfall trend of Bangkok were to determine the rainfall intensity-duration- frequency relation (IDF), distribution of maximum rainfall and the trend of extreme rainfall for Bangkok which useful for design peak discharge and design drainage system for Bangkok.

The 3-hour rainfall data was collected from 4 raingauges station which are Queen Sirikit National Convention Center station (455201), Port Authority of Thailand station (455203), Bangna Agrometeorological station (455301) and Don Muang Airport station (455601). The data was used to develop the rainfall intensity-duration- frequency curve which considered return period is from 2 to 1,000 years, and the distribution of maximum 24 hour rainfall of each station. The trend of extreme rainfall for duration of 3, 6, 12 and 24 hours were determined using Mann-Kendall test and using a significance level of  $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$  and  $p < 0.10$ . The results showed no trend in Queen Sirikit National Convention Center station (455201) and Port Authority of Thailand station (455203), while decreasing trends in Bangna Agrometeorological station (455301), and increasing trend in Don Muang Airport station (455601).

## คำนิยม

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ ให้ความรู้ อบรมสั่งสอนและทำการตรวจสอบแก้ไขโครงการนี้ตลอดระยะเวลาทำโครงการให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่อำนวยความสะดวกในการจัดทำโครงการฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ เพื่อน บุคลากรและเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมชลประทานทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในการดำเนินโครงการครั้งนี้

ผู้จัดทำขอขอบแต่ อาจารย์และทุกท่าน หากมีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใดที่เกิดขึ้นจากการทำโครงการฉบับนี้ ผู้จัดทำโครงการต้องขออภัยเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นาย กรวิทย์ กิจพาณิชย์เจริญ

นายกิตติศักดิ์ บุญมี

เมษายน 2557

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
ABSTRACT	
คำนิยม	
สารบัญ	ก
สารบัญภาพ	ค
สารบัญตาราง	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	2
2.1 สภาพข้อมูลพื้นฐานกรุงเทพมหานคร	2
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.3 ทฤษฎีที่ใช้ศึกษา	7
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	19
3.1 การรวบรวมข้อมูล	19
3.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น ช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำ	19
3.3 การศึกษาการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุด ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง	21
3.4 การวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง ด้วยแบบจำลอง TREND	23

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์</b>	24
4.1 ผลการวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น ช่วงเวลาและรอบปีการเกิดซ้ำ	24
4.2 ผลการวิเคราะห์กราฟการแพร่กระจายของปริมาณฝนสูงสุด ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง	32
4.3 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุด	45
<b>บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ</b>	46
5.1 สรุป	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	47
<b>ภาคผนวก</b>	49
-ภาคผนวก ก. คู่มือการใช้แบบจำลอง TREND	50
-ภาคผนวก ข. คำอธิบายของการทดสอบทางสถิติ	54

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร	2
2.2 ทิศทางลมและร่องมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย	3
2.3 ตัวอย่างกราฟความลึกน้ำฝน – ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ	8
2.4 ตัวอย่างการหากราฟความเข้ม-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ	8
2.5 โค้งความเข้มฝน – ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ	15
3.1 ขั้นตอนการศึกษากราฟ ความเข้มฝน – ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ	20
3.2 ลักษณะกราฟข้อมูลที่ทำกรเลือกเพื่อนำไปปรับปรุงเป็นกราฟตัวแทน	21
3.3 ขั้นตอนการศึกษาการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง	22
3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง ด้วยแบบจำลอง TREND	23
4.1 กราฟความเข้มฝน – ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201)	30
4.2 กราฟความเข้มฝน – ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601)	30
4.3 กราฟความเข้มฝน – ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203)	31
4.4 กราฟความเข้มฝน – ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีสภ. บางนา (455301)	31



## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.5 เส้นกราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์	36
4.6 เส้นกราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง	36
4.7 เส้นกราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย	37
4.8 เส้นกราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีสภ. บางนา	37
4.9 ภาพเส้นกราฟที่ทำการเลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปภาพให้เป็นกราฟตัวแทน ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์	40
4.10 ภาพเส้นกราฟที่ทำการเลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปภาพให้เป็นกราฟตัวแทน ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง	40
4.11 ภาพเส้นกราฟที่ทำการเลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปภาพให้เป็นกราฟตัวแทน ของสถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเล ท่าเรือคลองเตย	41
4.12 ภาพเส้นกราฟที่ทำการเลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปภาพให้เป็นกราฟตัวแทน ของสถานีสภ.บางนา	41
4.13 กราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์	43
4.14 กราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง	43

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.15 กราฟการแพร่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย	44
4.16 กราฟการแพร่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีสภ. บางนา	44
<b>ภาพผนวกที่</b>	
1. การเริ่มต้นการใช้แบบจำลอง TREND	50
2. การนำเข้าข้อมูลเพื่อทำการทดสอบแบบจำลอง TREND	50
3. ตัวเลือกรูปการทดสอบด้วยแบบจำลอง TREND	51
4. ผลการทดสอบด้วยแบบจำลอง TREND	52
5. การแสดงผลการทดสอบของแบบจำลอง TREND	53
6. การแสดงผลการทดสอบของแบบจำลอง TREND ด้วย Excel	53

## สารบัญญัตราสาร

ตารางที่	หน้า
3.1 ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่ทำการรวบรวมสำหรับการศึกษา	19
4.1 ปริมาณฝนสูงสุดในแต่ละปี ในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201)	24
4.2 ปริมาณฝนสูงสุดในแต่ละปี ในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601)	25
4.3 ปริมาณฝนสูงสุดในแต่ละปี ในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203)	26
4.4 ปริมาณฝนสูงสุดในแต่ละปี ในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานีสภ.บางนา (455301)	26
4.5 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 4 สถานี	27
4.6 แจกแจงความถี่ ข้อมูลความเข้มฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงด้วยวิธีกัมเบล ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201)	27
4.7 แจกแจงความถี่ ข้อมูลความเข้มฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงด้วยวิธีกัมเบล ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601)	27
4.8 แจกแจงความถี่ ข้อมูลความเข้มฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงด้วยวิธีกัมเบล ของสถานีอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203)	28
4.9 แจกแจงความถี่ ข้อมูลความเข้มฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงด้วยวิธีกัมเบล ของสถานีสภ.บางนา (455301)	28

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.10 ความเข้มข้นในหน่วย มิลลิเมตรต่อชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201)	29
4.11 ความเข้มข้นในหน่วย มิลลิเมตรต่อชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601)	29
4.12 ความเข้มข้นในหน่วย มิลลิเมตรต่อชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงของสถานีสำนักงาน อุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203)	29
4.13 ความเข้มข้นในหน่วย มิลลิเมตรต่อชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงของสถานีสภ.บางนา (455301)	29
4.14 ผลการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การสะสมของพายุฝน สถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201)	32
4.15 ผลการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การสะสมของพายุฝน สถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601)	33
4.16 ผลการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การสะสมของพายุฝน สถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203)	34
4.17 ผลการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การสะสมของพายุฝน สถานีสภ.บางนา (455301)	35
4.18 ตารางแสดงข้อมูลเส้นกราฟที่เลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปภาพ ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์	38

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.19 ตารางแสดงข้อมูลเส้นกราฟที่เลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปภาพ ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง	38
4.20 ตารางแสดงข้อมูลเส้นกราฟที่เลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปภาพ ของสถานีสำนักงานอู่คูนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย	39
4.21 ตารางแสดงข้อมูลเส้นกราฟที่เลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปภาพ ของสถานีสภ.บางนา	39
4.22 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์การแผ่กระจายของของฝนสะสม	42
4.23 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดของกรุงเทพมหานคร	45

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มา

กรุงเทพมหานครเป็นเมืองหลวงของประเทศไทยซึ่งเป็นแหล่งเศรษฐกิจที่สำคัญตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ปัจจุบันกรุงเทพมหานครประสบปัญหาอุทกภัย น้ำท่วมขังจากปริมาณฝนที่ตกหนัก ซึ่งมีหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วม และปัจจัยสำคัญก็คือ ความเข้มของปริมาณฝนซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบขนาดของระบบระบายน้ำให้เพียงพอต่อสภาพฝนของพื้นที่ อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศจากผลกระทบของภาวะโลกร้อนส่งผลให้สภาพการเกิดฝนตกหนักของกรุงเทพมหานครมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพฝนในอดีตทำให้การบริหารจัดการปริมาณน้ำฝนเป็นเรื่องยากในปัจจุบัน เพราะขาดข้อมูลในการคาดการณ์ว่าในอนาคตจะมีแนวโน้มของปริมาณฝนเป็นอย่างไร จึงทำให้เกิดแนวคิดในการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดของกรุงเทพมหานครขึ้นพร้อมทั้งการศึกษากราฟความเข้ม ช่วงเวลาและรอบปีการเกิดซ้ำ กราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุด ซึ่งจะช่วยให้มีข้อมูลในการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณฝนสูงสุดของกรุงเทพมหานคร เพื่อจะได้นำมาพัฒนาระบบป้องกันและบรรเทา น้ำท่วมของกรุงเทพมหานครต่อไป

#### 1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน ช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 4 สถานีในพื้นที่กรุงเทพมหานคร
- 2) เพื่อศึกษาการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 4 สถานีในพื้นที่กรุงเทพมหานคร
- 3) เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดของกรุงเทพมหานคร

#### 1.3 ขอบเขตการศึกษา

วิเคราะห์แนวโน้มปริมาณน้ำฝนสูงสุดช่วงเวลา 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงของจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยใช้แหล่งข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติ จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201) สถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203) สถานีสภ.บางนา (455301) และสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601)

## บทที่ 2

### ตรวจเอกสาร

#### 2.1 สภาพข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกรุงเทพมหานคร

##### ลักษณะภูมิประเทศ

กรุงเทพมหานครมีพื้นที่ 1,568.7 ตารางกิโลเมตร มีแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่ง ทอดตัวยาว 372 กิโลเมตร พาดผ่านจังหวัด ทำให้กรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียงเป็นส่วนหนึ่งของที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย ซึ่งเป็นพื้นที่อุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเพาะปลูก พื้นที่ส่วนใหญ่ในกรุงเทพมหานครเป็นที่ราบลุ่ม ตั้งอยู่บนพื้นที่บริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ ซึ่งเกิดจากตะกอนน้ำพา มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประมาณ 1.50-2.00 เมตร โดยมีความลาดเอียงจากทิศเหนือสู่อ่าวไทยทางทิศใต้ โดยเฉพาะลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างจะอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1.50 เมตร ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้งในช่วงฤดูมรสุม



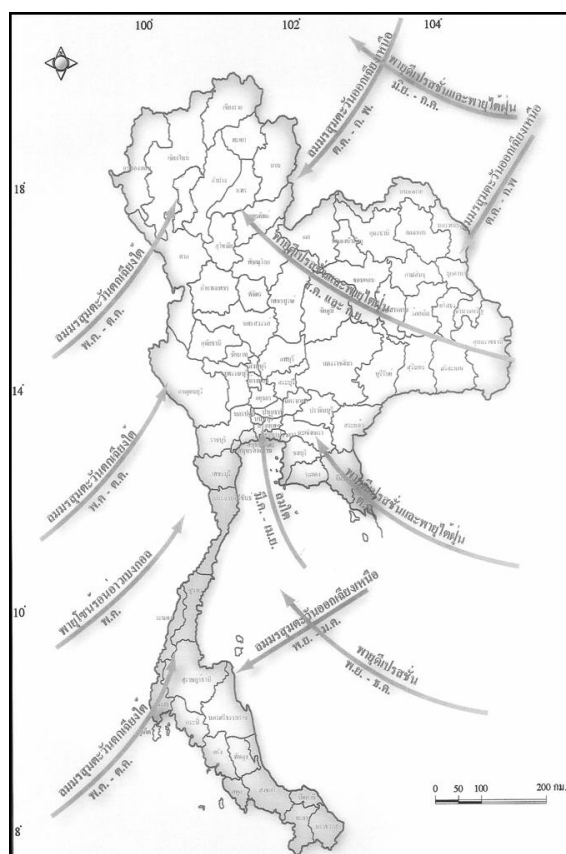
ที่มา :<http://th.wikipedia.org/>

ภาพที่ 2.1 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร

ถ่ายเวลา 18:06, 12 กุมภาพันธ์ 2549

## ลักษณะภูมิอากาศ

กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ในเขตร้อน มีภูมิอากาศร้อนแบบทุ่งหญ้าสะวันนา (Aw) ตามเกณฑ์การแบ่งภูมิอากาศโลกของวลาดีมีร์ เคิเปิน คือ อุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำสุดสูงกว่า 18 องศาเซลเซียส มีอย่างน้อย 1 เดือนที่ปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 60 มิลลิเมตร อากาศของกรุงเทพมหานครได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กลางเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม) และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนพฤศจิกายน-กลางเดือนกุมภาพันธ์) ทำให้มีฝนตกในช่วงบ่ายถึงค่ำอย่างสม่ำเสมอ และยังเกิดร่องมรสุมพาดผ่านในเดือนพฤษภาคมกับเดือนกันยายน ซึ่งทำให้มีฝนตกหนักกว่าปกติ แต่ในช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม ร่องมรสุมนี้จะเลื่อนขึ้นไปพาดผ่านทางเหนือ ทำให้ฝนตกน้อยลงและในเดือนพฤศจิกายน เมื่อซีกโลกเหนือหันออกจากดวงอาทิตย์ หย่อมความกดอากาศสูงจากประเทศจีนจะแผ่ลงมา มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งพัดเอาความแห้งแล้งและหนาวเย็นมา ทำให้เกิดอากาศเย็นและแห้ง ท้องฟ้าแจ่มใส ไม่มีเมฆและฝนตกน้อย ครึ่งหลังของเดือนกุมภาพันธ์ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะอ่อนกำลังลง เป็นการเปลี่ยนเข้าสู่ฤดูร้อน อากาศจะร้อนขึ้นเรื่อย ๆ กระแสลมในช่วงนี้จะพัดมาจากทางใต้ หรือตะวันออกเฉียงใต้ เรียกว่าลมตะเภา ดังแสดงทิศทางลมและร่องมรสุมที่พาดผ่านในประเทศไทย ในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ทิศทางลมและร่องมรสุมที่พาดผ่านประเทศไทย



## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ertuna (1970) เสนอผลการวิจัยเพื่อหาข้อสรุปว่าทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็นทฤษฎีใดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลน้ำฝนในช่วงเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย โดยแบ่งพื้นที่ของประเทศไทยออกเป็นออกเป็น 6 ภูมิภาค และตั้งสมมุติฐานของการวิจัยว่า ในภูมิภาคเดียวกันต้องเป็นพื้นที่ที่ถือว่ามีความลักษณะเดียวกัน (homogenous region) แล้วทำการวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็น 4 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล ทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบแกมมา ทฤษฎีการแจกแจงแบบลอการิธึม ทฤษฎีการแจกแจงน่าจะเป็นแบบเพียร์สัน โดยทดสอบภาวะสวารูปดี (test of goodness of fit) ของการแจกแจงด้วยวิธีไคสแควร์ (chi-square test) แล้วสรุปว่าทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบแกมมา และแบบลอการิธึมเหมาะสม กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนของทุกภูมิภาค ทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล เหมาะสมกับข้อมูลของทุกภูมิภาค แต่ไม่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณฝนที่มีช่วงเวลา 2 ชั่วโมงในพื้นที่ใต้สุดของประเทศตั้งแต่จังหวัดตรังลงไปเท่านั้น และทฤษฎีนี้ยังให้ค่าประมาณของปริมาณฝนสูงสุดสูงกว่าทุกทฤษฎีโดยเฉพาะเมื่อรอบปีการเกิดซ้ำเฉลี่ยมีค่ามาก ส่วนทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเพียร์สันไม่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณฝนในทุกๆ ภูมิภาคของประเทศไทย

Hamed (2008) ได้กล่าวไว้ว่า วิธีทดสอบ แมนน์-เคนคอลล เป็นวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับวิธีทดสอบแนวโน้มแบบไม่มีพารามิเตอร์ วิธีอื่น วิธีทดสอบแมนน์-เคนคอลล เหมาะสำหรับการตรวจสอบแนวโน้มอนุกรมเวลาทางอุทกวิทยาซึ่งมักจะมีข้อมูลที่บิดเบือนและขาดหายไป

Mustonen and Seppo E. (1969) ได้ศึกษาความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ฝน (Rainfall Intensity-Duration-Frequency) ที่ตกในประเทศไทย แสดงเป็นเส้นกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสูงสุดในช่วงเวลา 1 2 3 4 และ 5 วัน ที่อาจตกในรอบ 1 ถึง 100 ปี และเส้นกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสูงสุดในช่วงเวลา 5 10 15 30 และ 60 นาที และ 2 6 และ 12 ชั่วโมง ที่อาจตกในรอบ 2 5 10 25 50 ปี ของจังหวัดที่สำคัญ 14 จังหวัด (เชียงใหม่ พิชญ โลก อุดรธานี สกลนคร นครราชสีมา อุบลราชธานี ร้อยเอ็ด ลพบุรี กรุงเทพฯ กาญจนบุรี ชลบุรี จันทบุรี ชุมพร สงขลา ) จากข้อมูลน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนของจังหวัดนั้นๆ การวิเคราะห์ได้ กระทำโดยวิธีกราฟตามหลักทฤษฎีของ Gumbel

Sabur (1982) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ขนาดและความถี่น้ำหลากในภูมิภาคต่างๆของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลที่มีช่วงสถิติข้อมูล 10 ถึง 53 ปี จำนวน 84 สถานี โดยมีขนาดพื้นที่รับน้ำตั้งแต่ 39 ถึง 11,290 ตารางกิโลเมตร ผลจากการเปรียบเทียบฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น 4 แบบ คือ Lognormal 2 Parameter, Pearson Type III, Log Pearson Type III และ Gumbel สรุปได้ว่า ถ้าใช้การทดสอบด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบ พบว่าทั้งการแจกแจงแบบ Gumbel และแบบ Lognormal 2 Parameter เหมาะสมที่สุด แต่ถ้าใช้การทดสอบแบบ Chi-Square เป็นมาตรฐาน พบว่าการแจกแจงแบบ Gumbel ปรับเข้ากับข้อมูลได้ดีกว่าฟังก์ชันอื่นๆ สำหรับแม่น้ำในประเทศไทย ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการแจกแจงความถี่น้ำหลากที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ความถี่น้ำหลาก โดยการแจกแจงวิธี Gumbel และหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากหลายปีเฉลี่ยกับพื้นที่รับน้ำโดยใช้สมการถดถอย (Regression Analysis) ซึ่งพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้มีค่า 0.82 ถึง 0.92

Sabur (1982) แนะนำให้ใช้การแจกแจงความถี่ด้วยวิธี Gumbel ในการวิเคราะห์น้ำหลากสำหรับประเทศไทย เนื่องจากมีสถิติข้อมูลสั้น

ธีรวง (2519) ได้แสดงค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกสูงที่อาจตกในช่วงเวลา 1 วัน ในรอบ 2 5 10 50 และ 100 ปี ที่สถานีวัดน้ำฝนจังหวัดต่างๆ ในเขต ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง รวมทั้งหมด 12 จังหวัด (เชียงใหม่ พิชญ โลก เลย อุดรธานี สกลนคร นครราชสีมา อุบลราชธานี ลพบุรี กาญจนบุรี กรุงเทพฯ ชลบุรี จันทบุรี) ในแผนที่ประเทศไทย แล้วลากเส้นปริมาณน้ำฝนสูงสุด เท่ากัน สำหรับทั้ง 5 กรณี โดยผลงานวิเคราะห์ค่าน้ำฝนสูงสุดที่แสดงนั้น ได้รวบรวมจากรายงานวิเคราะห์วิจัย ตามทฤษฎี Gumbel ของนิติบัญญัติ ตรี โท และคณาจารย์ สาขาวิชาชลศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวิทย์ (2525) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความลึก - ช่วงเวลา - ความถี่ของฝน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่มีช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ที่ค่ารอบปีต่างๆ จำนวน 257 สถานี และสถานีใกล้เคียงอีก 19 สถานี โดยใช้วิธีคำนวณตามทฤษฎีของกัมเบล

วรรณวิศา (2553) ได้ทำศึกษาแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนบน แล้วทำการเปรียบเทียบแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าที่ได้ โดยใช้สถานีศึกษาจำนวน 4 สถานี เท่ากันคือสำหรับน้ำฝนมีสถานี 28013 28022 28073 และ 28142 น้ำท่ามีสถานี N.13A N.1 N.42 และ สถานี N.49 ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลน้ำฝนและน้ำท่ารายปีในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2545 ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความต่อเนื่องกัน ในการศึกษาได้นำการใช้วิธีการของแมนน์ เคนดอลล์ มาใช้วิเคราะห์ หาค่าแนวโน้ม

วิชชุดา (2540) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้อนุกรมสูงสุดรายปี และอนุกรมสูงสุดบางส่วนในการวิเคราะห์ขนาดและความถี่น้ำหลากในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้ข้อมูลที่มีช่วงปีสถิติข้อมูล 17 ถึง 75 ปี จำนวน 11 สถานี โดยเลือกฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Gumbel สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายปี ผลการวิเคราะห์พบว่าการใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีโมเมนต์ ให้ผลที่คล้ายกัน และสรุปว่าค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่าวิธีโมเมนต์

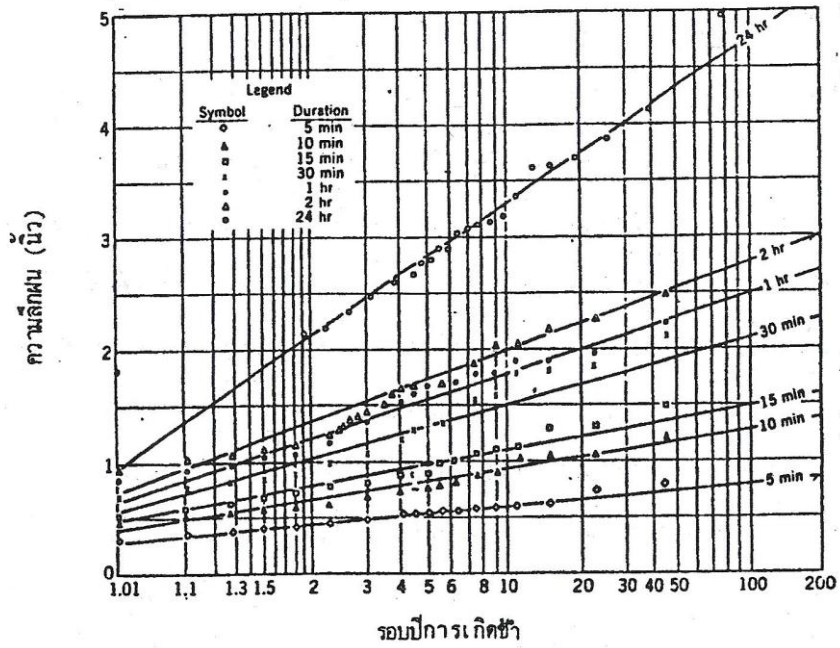
อมเรศ (2549) ได้ทำการวิเคราะห์ความถี่และแนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดในรอบปีการเกิดต่างๆ ในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลสำหรับประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยจาก อุทกภัย และแผ่นดินถล่มเนื่องจากฝนสูงสุด โดยทำการศึกษาลักษณะภูมิประเทศและสภาพการใช้พื้นที่ รวบรวมข้อมูลน้ำฝน วิเคราะห์ความถี่และแนวโน้มของฝนสูงสุดตามวิธี กัมเบล และนำข้อมูลที่ได้มาประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยจากการเกิดฝนสูงสุด

## 2.3 ทฤษฎีที่ใช้ศึกษา

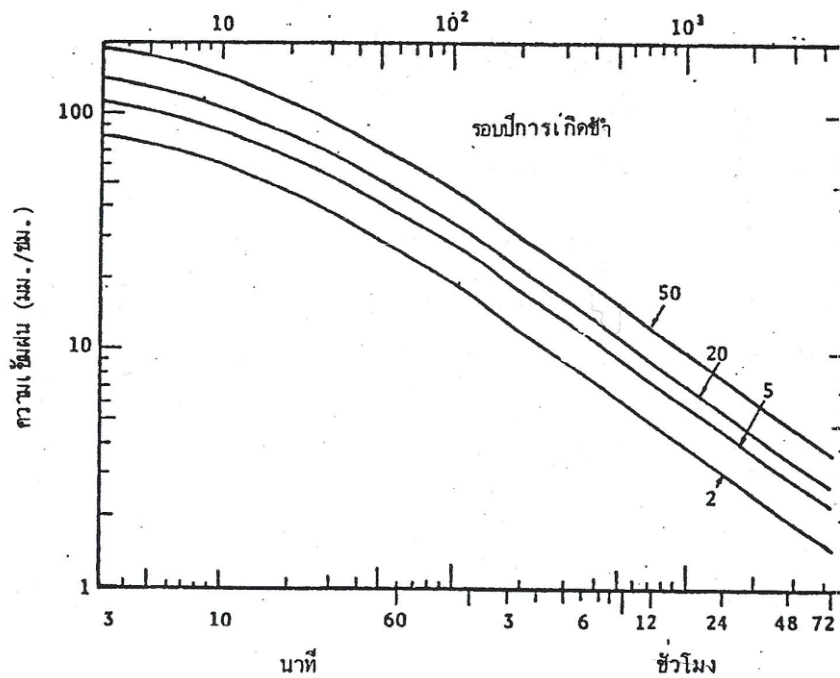
### การวิเคราะห์ฝนแบบความลึก-ช่วงเวลา-ความถี่ (Dept-Duration-Frequency Analysis of Rainfall)

วรารุช (2539) การวิเคราะห์ความลึก-ช่วงเวลา-ความถี่ คือ วิธีการวิเคราะห์ฝนเฉพาะจุดหรือสถานี โดยใช้ข้อมูลฝนที่ได้บันทึกไว้ที่สถานีอย่างต่อเนื่อง เป็นระยะเวลายาวนานหลายปี เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความลึก ช่วงเวลา และความถี่ในการเกิดฝน แต่บ่อยครั้งจะวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ (ดังแสดงในภาพที่ 2.3) หรือ ความเข้ม-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ(ดังแสดงในภาพที่ 2.4) แทนความลึก-ช่วงเวลา-ความถี่ เพราะสะดวกต่อการเอาไปใช้งาน วิธีการวิเคราะห์ทั้ง 2 แบบนี้มีขั้นตอนเหมือนกัน

การวิเคราะห์ฝนแบบนี้จะทำให้ทราบความรุนแรงของฝน โดยดูจากรอบปีการเกิดซ้ำ ซึ่งสามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะงานได้เช่น รอบปีการเกิดซ้ำของฝนสำหรับการออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมเท่ากับ 5-10 ปี สำหรับการออกแบบท่อลอดถนนเท่ากับ 25 ปี เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นฝนที่มีค่าสูงสุดเฉพาะจุด ซึ่งถือว่าเป็นตัวแทนฝนในพื้นที่ไม่เกิน 10 ตารางไมล์ ถ้านำไปใช้สำหรับพื้นที่มากกว่า 10 ตารางไมล์ จะต้องปรับแก้ด้วยแฟคเตอร์ลดขนาดฝนตามสัดส่วนของพื้นที่ (Areal Reduction Factors) ต่อไป



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างกราฟความลึกน้ำฝน - ช่วงเวลา - รอบปีการเกิดซ้ำ (วีระพล, 2531)



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างกราฟความชื้น-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ (วีระพล, 2531)

## ความถี่และรอบปีการเกิดซ้ำ

ความถี่หมายถึงโอกาสความน่าจะเป็น (Probability) ที่ฝนในปีใดๆ จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า  $x$  ที่กำหนดให้หรือ  $P(X \geq x)$

ส่วนรอบปีการเกิดซ้ำ (Return Period) หมายถึงค่าเฉลี่ยของระยะเวลา(ปกติเป็นปี) ระหว่างเหตุการณ์ที่ฝนจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า  $x_{Tr}$  ที่กำหนด ( $X \geq x_{Tr}$ ) หนึ่งครั้ง ระยะเวลาระหว่างเหตุการณ์  $X \geq x_{Tr}$  เรียกว่า Recurrent Interval  $\tau$  จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง  $\infty$  และความน่าจะเป็น ของ  $\tau$  จะเท่ากับ Joint Probability ของการเกิดเหตุการณ์  $X \geq x_{Tr}$  1 ครั้ง และ  $X < x_{Tr}$   $\tau-1$  ครั้ง

$$\text{ถ้า } P(X \geq x_{Tr}) = p$$

$$P(\tau) = (1 - p)^{\tau-1} p$$

$$E(\tau) = \sum_{\tau=1}^{\infty} \tau (1 - p)^{\tau-1} p$$

$$= p + 2(1-p)p + 3(1-p)^2 p + 4(1-p)^3 p + p + \dots$$

$$= p[1 + 2(1-p) + 3(1-p)^2 + 4(1-p)^3 + \dots]$$

$$= \frac{p}{[1 - (1-p)]^2}$$

$$= \frac{1}{p} = \text{รอบปีการเกิดซ้ำ } T_r \quad \dots \quad (1)$$

ตามกฎ Complementarity

$$P(X < x_{Tr}) = 1 - P(X \geq x_{Tr})$$

$$T_r = \frac{1}{1 - P(X < x_{Tr})} \quad \dots \quad (2)$$

## ประโยชน์ของการวิเคราะห์ฝนแบบความเข้มข้น –ช่วงเวลา–รอบปีการเกิดซ้ำ

วิธีการหาปริมาณการไหลสูงสุดของกลุ่มน้ำขนาดเล็กที่เป็นที่นิยมใช้กันมากวิธีหนึ่งคือ Rational Formula  $Q = CiA$  ซึ่งมีสมมติฐานว่าฝนตกในอัตราสม่ำเสมอทั่วลุ่มน้ำเป็นเวลานานเท่ากับ time of concentration หรือค่า  $i$  ในสมการคือความเข้มข้นซึ่งมีช่วงเวลาเท่ากับ time of concentration ผลการฝนแบบความเข้มข้น –ช่วงเวลา–รอบปีการเกิดซ้ำ จะช่วยให้ผู้ออกแบบอาคารระบายน้ำ สามารถเลือก  $i$  ที่มีช่วงเวลาตามที่ต้องการ และสามารถเลือกขนาดความรุนแรงของฝนให้เหมาะสมกับอาคารที่ออกแบบได้จากค่าความถี่หรือ รอบปีการเกิดซ้ำ เช่น 5 10 หรือ 25 ปี เป็นต้น

## ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการวิเคราะห์ฝนแบบความเข้มข้น –ช่วงเวลา–รอบปีการเกิดซ้ำ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลฝนเฉพาะจุดหรือเฉพาะสถานี จึงสามารถใช้วิธีการนี้วิเคราะห์ฝนที่สถานีใดๆ ที่ต้องการได้ ถ้าสถานีนั้นมีข้อมูลที่วัดต่อเนื่องกันเป็นเวลายาวนานพอ แต่เพื่อให้ปลอดภัยในการนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้งานจึงควรเลือกวิเคราะห์ฝนที่สถานีซึ่งมีฝนตกหนักที่สุดในบริเวณ กรณีที่ช่วงเวลาที่ต้องการเป็นวัน เช่น 1 2 หรือ 3 วัน จะใช้ข้อมูลรายวันของสถานี แต่ถ้าต้องการรู้ที่ช่วงเวลา น้อยกว่าวัน เป็นชั่วโมง หรือ นาที จะต้องใช้ข้อมูลฝนจากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ และเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ความถี่ฝนให้ค่าเชื่อถือได้ ข้อมูลที่ใช้ควรมีระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 30 ปี

## วิธีการวิเคราะห์ความเข้มข้น –ช่วงเวลา –รอบปีการเกิดซ้ำ โดยวิธีกราฟ

จากข้อมูลสถิติฝนของสถานีซึ่งได้มีการบันทึกไว้เป็นเวลานาน 30 ปี หรือมากกว่าจะดีมาก จะสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. เลือกช่วงเวลาที่ต้องการจะวิเคราะห์ เช่น 1 วัน 2 วัน หรือ 3 วัน
2. เลือกค่าฝนสูงสุด (Extream Values) ของช่วงเวลาที่กำหนดในแต่ละปีจะได้อนุกรมฝนสูงสุดประจำปีที่มีช่วงเวลาตามที่กำหนด
3. วิเคราะห์ความถี่ (Frequency Analysis) ของอนุกรมฝนสูงสุดประจำปี ซึ่งมีขั้นตอนต่อไปนี้
  - (1) จัดเรียงข้อมูลจากน้อยไปหามาก

(2) คำนวณหาความถี่ หรือ Plotting Position ซึ่งสูตรที่นิยมใช้กันมากได้แก่สูตรของ

Weibull

$$F(x_n) = \frac{n}{N+1} \dots\dots\dots (3)$$

เมื่อ

$F(x_n)$  คือ ความถี่สัมพัทธ์สะสมแบบไม่มากกว่าของข้อมูล  $x_n$  หรือ plotting Position ของข้อมูล  $x_n$

$x_n$  = ค่าฝนสูงสุดลำดับที่  $n$  ในอนุกรมฝนสูงสุดประจำปี ซึ่งมีช่วงเวลาตามทีเลือก

$n$  = ลำดับที่ของ  $x_n$  ที่จัดเรียงจากน้อยไปมาก

$N$  = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

(3) พล็อต  $x_n$  และ  $F(x_n)$  ลงในกระดาษกราฟความน่าจะเป็น (Probability Graph) ที่เหมาะสมเช่น กระดาษกราฟกัมเบล โดยทั่วไป ข้อมูลฝนสูงสุดประจำปีในประเทศไทยจะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นตามฟังก์ชันการแจกแจงกัมเบล (Gumbel Distribution)

ค่า  $F(x_n)$  สามารถเปลี่ยนเป็นค่ารอบปีการเกิดซ้ำได้โดยสมการ (2)

$$T_r = \frac{1}{1-F(x_n)} \text{ จึงอาจทำการพล็อตค่า } x_n \text{ กับ } T_r \text{ แทนได้}$$

(4) พิจารณาจุดพล็อตของ  $x_n$  และ  $F(x_n)$  เรียงตัวกันเป็นเส้นตรงดีหรือไม่ ถ้าไม่เป็นเส้นตรงแสดงว่าใช้กระดาษกราฟไม่เหมาะสมหรือข้อมูลไม่พิตกับฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นทีเลือก

ถ้าจุดเรียงตัวเป็นเส้นตรงดีแล้วแสดงว่าสมมติฐานเกี่ยวกับฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นถูกต้อง ให้ลากเส้นตรงเพื่อเป็นตัวแทนของจุดจะให้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน-ช่วงเวลาและรอบปีการเกิดซ้ำตามต้องการ



### การวิเคราะห์ความสัมพันธ์-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำโดยวิธีกราฟ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ ดังรูปที่ 3.5 จะหาได้จากกราฟ ความลึก-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. อ่านค่าความลึกฝนที่ช่วงเวลาต่างๆ ที่รอบปีการเกิดซ้ำที่ต้องการ เช่น 2 5 20 และ 50 ปี จากกราฟ ความลึก-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ
2. กำหนดหาความเข้มฝนที่ช่วงเวลาต่างๆ และรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ จากค่าที่อ่านได้ในข้อ 1 ดังสมการ

$$i(t, T_r) = \frac{D(t, T_r)}{t} \dots\dots\dots (4)$$

เมื่อ  $i(t, T_r)$  = ความเข้มฝนที่ช่วงเวลา  $t$  และรอบปีการเกิดซ้ำ  $T_r$

$D(t, T_r)$  = ความลึกฝนที่ช่วงเวลา  $t$  และรอบปีการเกิดซ้ำ  $T_r$

3. พล็อตความเข้มฝนสำหรับแต่ละรอบปีการเกิดซ้ำเทียบกับช่วงเวลาในกระดาษกราฟล็อก-ล็อก จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำตามที่ต้องการ

สำหรับอนุกรมฝนสูงสุดประจำปีความเข้มที่รอบปีการเกิดซ้ำใดๆ จะลดลงเมื่อช่วงเวลาการตกของฝนเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 2.4

### การหาสมการความเข้ม-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ

กรณีที่กราฟความเข้ม-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำที่พล็อตในกระดาษกราฟล็อก-ล็อก มีลักษณะเป็นเส้นตรงขนานกัน จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ กับช่วงเวลาได้ด้วยสมการยกกำลัง

$$i = Kt^{-d} \dots\dots\dots (5)$$

เมื่อ  $i$  = ความเข้มฝน เป็น มม./ชม.

$t$  = ช่วงเวลาการตกของฝน เป็น นาที

$K =$  ส.ป.ส. ของสมการซึ่งเป็นฟังก์ชันของรอบปีการเกิดซ้ำ  $T_r$  หรือหมายถึงความเข้มข้น เป็น มม./ชม. ซึ่งมีช่วงเวลาเท่ากับ 1 นาที จากกราฟ

$d =$  ความลาดเทของกราฟความเข้มข้น-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำที่พล็อตในกระดาษกราฟ ล็อก-ล็อก

อย่างไรก็ตาม ถ้าช่วงเวลาที่ทำการวิเคราะห์พิสัย (Range) กว้างมากเช่น จากไม่กี่นาทีถึงหลายๆ ชั่วโมง เส้นกราฟความเข้มข้น-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ มักจะมีลักษณะโค้งที่บริเวณที่มีช่วงเวลาน้อยๆ เช่น ในรูปที่ 3.5 กราฟที่มีช่วงเวลาน้อยกว่า 1 ชั่วโมง จะโค้งลง กรณีเช่นนี้จะสามารถแปลงกราฟดังกล่าวให้เป็นเส้นตรงได้โดยการบวกค่า  $t$  ด้วยค่าคงที่  $b$  ซึ่งจะได้สมการใหม่ว่า

$$i = K(t + d)^{-d} \dots\dots\dots (6)$$

ค่า  $b$  จะหาค่าได้โดยการทดลองทายค่า (Trial and Error) จนกระทั่งพล็อตระหว่าง  $i$  และ  $(t + b)$  เป็นเส้นตรงในกระดาษกราฟล็อก-ล็อก

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วค่า  $K$  เป็นฟังก์ชันของรอบปีการเกิดซ้ำ  $T_r$  ซึ่งโดยทั่วไปจะสมมติว่า  $K$  และ  $T_r$  มีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$K = a T_r^c \dots\dots\dots (7)$$

เมื่อ  $a$  และ  $c$  คือค่าคงที่ของสมการ

แทนค่า  $K$  ลงในสมการที่ 6 จะได้

$$i = \frac{a T_r^c}{(t+b)^d} \dots\dots\dots (8)$$

### ความเข้มฝน ช่วงเวลา รอบปีการเกิดซ้ำ (Intensity-Duration-Frequency: IDF)

ในทางปฏิบัติการเลือกปริมาณน้ำฝนเพื่อใช้ในการออกแบบทางอุทกวิทยามักจะเลือกจากโค้งความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มฝน ระยะเวลาการตก และรอบปีการเกิดซ้ำ โดยทั่วไปจะมีการศึกษาและจัดทำเป็นรูปแบบ IDF Curve (ภาพที่ 2.5) หรือสมการทางคณิตศาสตร์ (ในรูปของสมการที่ 9) สมการทางคณิตศาสตร์ของโค้ง IDF (Mathematical Representation of IDF curve) แสดงได้ดังนี้

$$i = \frac{a}{t_r + b} \quad \dots\dots\dots (9)$$

โดยที่

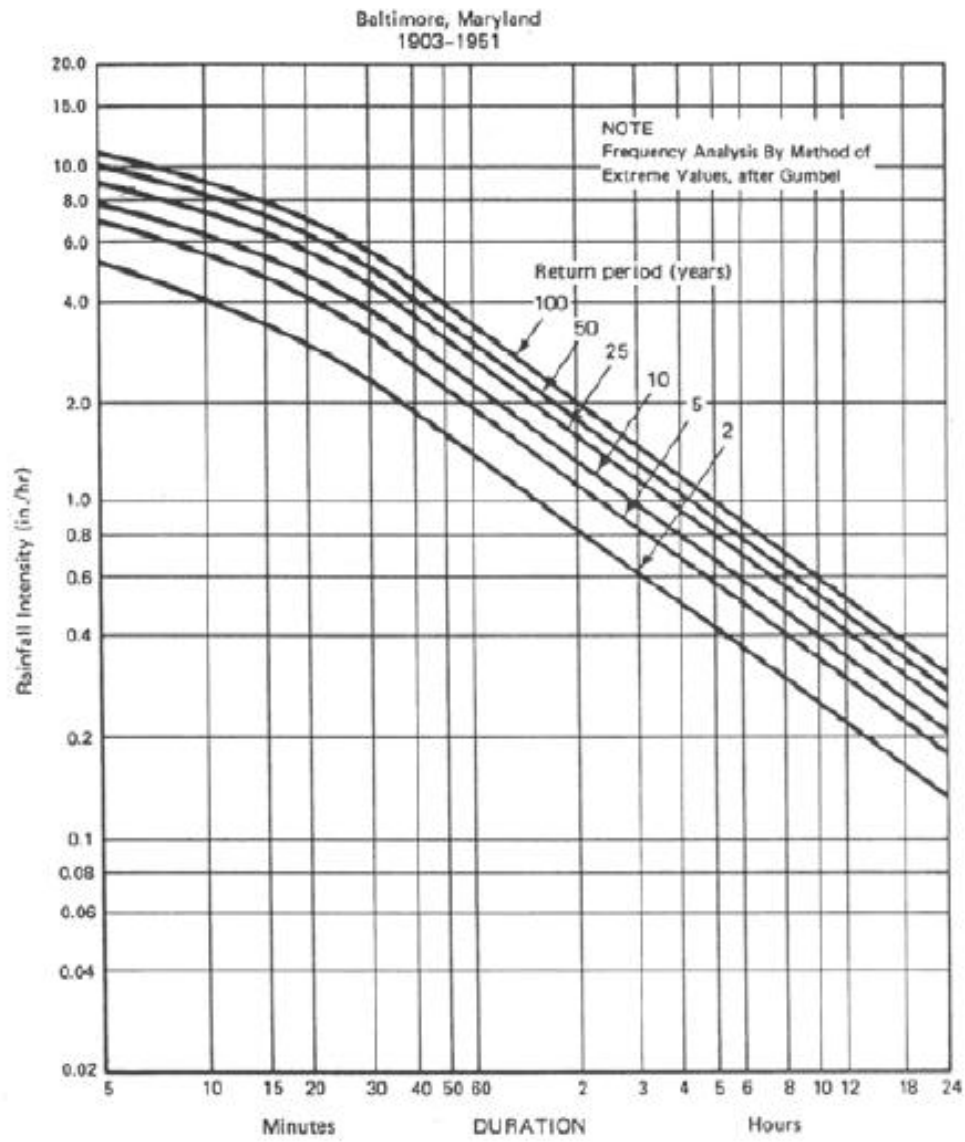
$i$  : ความเข้มฝน (ความลึกต่อเวลา)

$t_r$  : ช่วงระยะเวลาการตกของฝน

$a, b$  : ค่าคงที่เฉพาะของแต่ละพื้นที่และรอบปีการเกิดซ้ำ

ในการเลือกใช้ต้องกำหนดรอบปีการเกิดซ้ำของฝนหรือความถี่ของการเกิดฝน และช่วงระยะเวลาการตกของฝน โดยจะพิจารณารอบปีการเกิดซ้ำสูง (มีโอกาสดังขึ้นน้อย) หากสิ่งทีออกแบบมีความสำคัญหรือมีความเสียหายรุนแรง หากปริมาณน้ำมีค่ามากกว่าที่ออกแบบไว้

ส่วนระยะเวลาการตกของฝนจะพิจารณาเท่ากับ time of concentration คือ ระยะเวลาที่น้ำจากจุดไกลสุดของพื้นที่ไหลมาถึงทางออก ซึ่งจะเป็นเวลาที่ทำให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุด (เอกสิทธิ์, 2550)



ภาพที่ 2.5 โค้งความเข้มฝน - ช่วงเวลา - รอบปีการเกิดซ้ำ (McCuen, 1998)

**ทฤษฎีแกมเบล (Gumbel Distribution)**

การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของทฤษฎีการแจกแจงความถี่ด้วยวิธีแกมเบล สามารถทำได้โดยวิธีโมเมนต์ (Moments Estimate) และวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Estimate)

วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดเป็นวิธีที่ดีที่สุดเชิงสถิติ และให้ผลการคำนวณที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุด แต่การคำนวณค่อนข้างซับซ้อนเนื่องจากต้องใช้อัลกอริทึมการคำนวณแบบทำซ้ำ (Iteration Method) ในการศึกษาโครงการนี้จะใช้วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีโมเมนต์สำหรับการศึกษา ค่าปริมาณน้ำท่วมสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำที่พิจารณาโดยวิธีแกมเบล (Gumbel Distribution) หาได้จากสมการ (ไชยาพงษ์, 2555)

$$Q_{T_r} = \bar{Q} - 0.45s_q - 0.7797s_q \ln[-\ln(1 - \frac{1}{T_r})] \dots\dots\dots (10)$$

- โดยที่  $Q_{T_r}$  = ค่าปริมาณน้ำท่วมสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำที่พิจารณา
- $\bar{Q}$  = ค่า Mean ของปริมาณน้ำท่วมสูงสุดรายปี
- $s_q$  = ค่า Standard Deviation ของข้อมูลปริมาณน้ำท่วมสูงสุดรายปี
- $T_r$  = รอบปีการเกิดซ้ำ

**วิธีการทดสอบของแมนน์-เคนดอลล์ (Mann-Kendall Test)**

Theprasit et. al. (2009) การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธีการทดสอบแมนน์-เคนดอลล์ เป็นการทดสอบทางสถิติแบบไม่มีพารามิเตอร์ ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายสำหรับการใช้วิเคราะห์หาแนวโน้มของอนุกรมเวลาของข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา ในศึกษานี้ได้ใช้วิธีการทดสอบแมนน์-เคนดอลล์ ในการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุด 3 6 12 และ 24 ชั่วโมง โดยกำหนดใช้ระดับความเชื่อมั่น (Confidence Levels) ที่ร้อยละ 90 ร้อยละ 95 และร้อยละ 99 ในการจัดกลุ่มแนวโน้ม ที่มีนัยสำคัญของแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นและแนวโน้มที่ลดลง และสำหรับอนุกรม  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis,  $H_0$ ) คือตัวอย่างของ  $n$  เป็นตัวแปรสุ่มที่ไม่ต้องการเงื่อนไขความเป็นอิสระและการแจกแจงเดียวกัน สมมติฐานทางเลือก (Alternative Hypothesis,  $H_1$ ) สำหรับการทดสอบแบบสองทิศทางจะมีการแจกแจงของ  $x_k$  และ  $x_j$  ซึ่งจะมีค่าไม่เหมือนกันกับทุกค่าของ  $k, j \leq n$  ด้วย  $k \neq j$  สถิติทดสอบ S คำนวณโดยสมการดังนี้

$$\sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \dots\dots\dots (11)$$

เมื่อ

$$\text{sign}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \dots\dots\dots (12)$$

ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของสถิติทดสอบ S ดังนี้

$$E(13) \dots\dots\dots(13)$$

$$V_0(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^m t_j(t_j-1)(2t_j+5)]}{18} \dots\dots\dots (14)$$

การแจกแจงความโน้มเอียงของ S และแนวโน้มที่มีนัยสำคัญสามารถทดสอบได้ โดยการเปรียบเทียบค่าตัวแปรมาตรฐาน z ในสมการที่ (15) ด้วยการแจกแจงปกติของตัวแปรสุ่มที่ระดับนัยสำคัญที่ต้องการด้วยการเพิ่มขึ้นและลดลงหนึ่งหน่วยในสมการที่ (14) ซึ่งได้รับการปรับปรุงโดย

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \dots\dots\dots (15)$$

ค่าบวกของ z ในสมการที่ (15) เป็นการแสดงถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าลบของ z แสดงถึงแนวโน้มที่ลดลง เมื่อทำการทดสอบแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงที่ระดับนัยสำคัญ (p-value) ซึ่งในงานวิจัยนี้ ใช้การวิเคราะห์แนวโน้มอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ( $p < 0.10$ ) ร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ ) และ ร้อยละ 99 ( $p < 0.01$ )

## แบบจำลอง TREND

แบบจำลอง TREND เป็นผลิตภัณฑ์ของ CRC สำหรับ Catchment Hydrology's (CRCCH) Climate Variability Program โดยได้ดำเนินการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และทดสอบโดย Francis Chiew และ Lionel Siriwardena และแบบจำลอง TREND ได้รับการพัฒนาโดย Sylvain Arene และ Joel Rahman ปัจจุบันเป็น Version 1.0.2 สามารถ download ได้จาก <http://www.toolkit.net.au/Tools/TREND>

แบบจำลอง TREND ถูกออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการทดสอบทางสถิติสำหรับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและการสุ่มในข้อมูลอนุกรมเวลาทางอุทกวิทยาและอื่น ๆ โดยสามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้

- 1) Mann-Kendall (non-parametric test for trend)
- 2) Spearman's Rho (non-parametric test for trend)
- 3) Linear Regression (parametric test for trend)
- 4) Distribution-Free CUSUM (non-parametric test for step jump in mean)
- 5) Cumulative Deviation (parametric test for step jump in mean)
- 6) Worsley Likelihood Ratio (parametric test for step jump in mean)
- 7) Rank-Sum (non-parametric test for difference in median from two data periods)
- 8) Student's t (parametric test for difference in mean from two data periods)
- 9) Median Crossing (non-parametric test for randomness)
- 10) Turning Points (non-parametric test for randomness)
- 11) Rank Difference (non-parametric test for randomness)
- 12) Autocorrelation (parametric test for randomness).

วิธีการใช้งานแบบจำลอง TREND ได้แสดงในภาคผนวก ก.

## บทที่ 3

### วิธีการศึกษา

#### 3.1 การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลเพื่อทำการศึกษความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำ ศึกษาการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง และวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมงด้วยแบบจำลอง TREND โดยทำการรวบรวมข้อมูลฝนราย 3 ชั่วโมง จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201) สถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203) สถานีสภ.บางนา (455301) และสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601) ดังตารางสรุป

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่ทำการรวบรวมสำหรับการศึกษา

ลำดับที่	ชื่อสถานี	รหัสสถานี	ช่วงของข้อมูล
1	สถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์	455201	ค.ศ. 1981 - 2012
2	สถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย	455203	ค.ศ. 1994 - 2012
3	สถานีสภ.บางนา	455301	ค.ศ. 2006 - 2012
4	สถานีท่าอากาศยานดอนเมือง	455601	ค.ศ. 1981 - 2012

#### 3.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น ช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำ

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น ช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีใน กรุงเทพมหานคร ได้แก่ สถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201) สถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203) สถานีสภ.บางนา (455301) และสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601) เพื่อสร้างกราฟความเข้มข้น-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ ของแต่ละสถานี

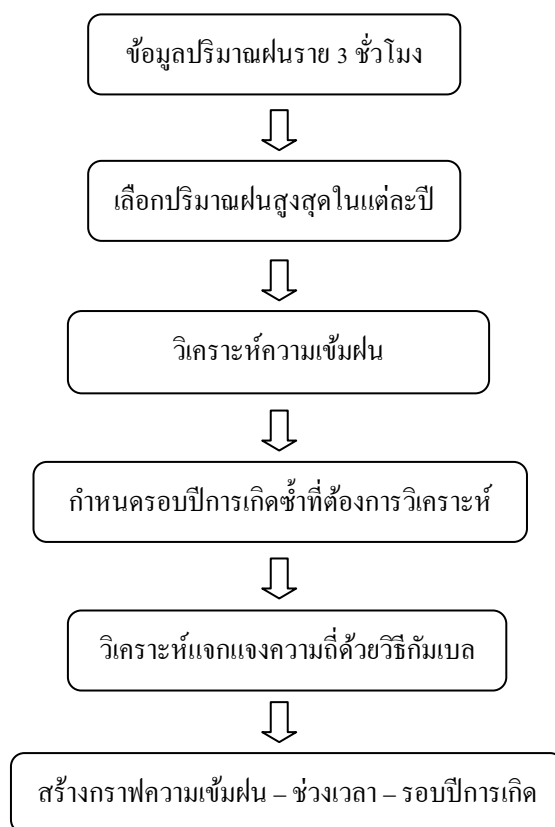
ขั้นตอนการศึกษาคือความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้น-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ แสดงได้ดังภาพที่

##### 3.1 และสรุปได้ดังนี้

1. จากข้อมูลฝนที่รวบรวมได้ทั้ง 4 สถานี ทำการคัดเลือกปริมาณฝนสูงสุดในแต่ละปี ในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง
2. กำหนดรอบปีการเกิดซ้ำที่ต้องการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปีถึง 1,000 ปี



3. ทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ ข้อมูลปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงด้วยวิธีกัมเบล
4. ทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นในหน่วย มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ของปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง
5. นำผลที่ได้มาแสดงในรูปแบบกราฟ ความเข้มข้น – ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ ที่ต้องการ (Intensity Duration Frequency Curve)



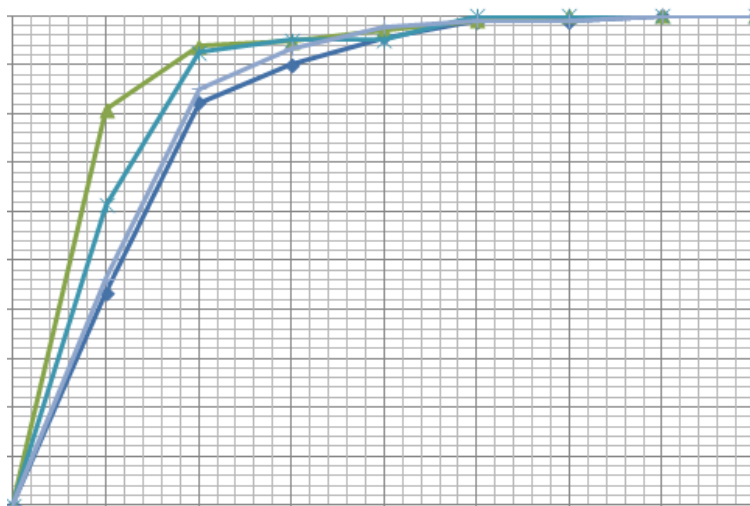
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษากราฟ ความเข้มข้น – ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ

### 3.3 การศึกษาการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

ศึกษาการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีในกรุงเทพมหานคร ได้แก่ สถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201) สถานีสำนักงานอุตสาหกรรมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203) สถานีสภ.บางนา (455301) และสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601) เพื่อสร้างกราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของแต่ละสถานี

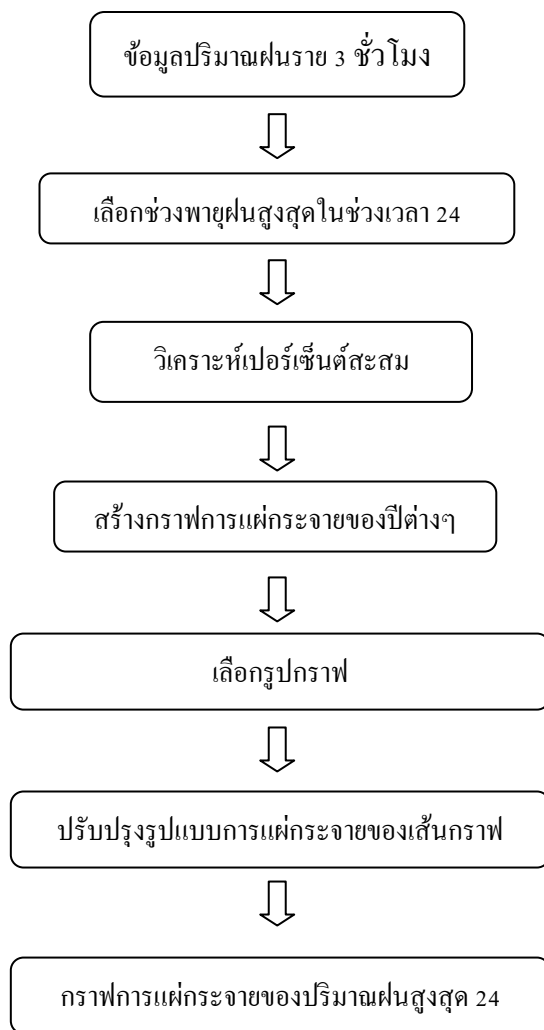
ขั้นตอนการศึกษาการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง แสดงได้ดังภาพที่ 3.3 และสรุปได้ดังนี้

1. จากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดราย 3 ชั่วโมง ของทั้ง 4 สถานี ทำการคัดเลือกช่วงพายุฝนที่เกิดขึ้นสูงสุด 24 ชั่วโมง ในรอบปี โดยดูจากลักษณะข้อมูลฝนราย 3 ชั่วโมง ที่ติดติดต่อกัน และ ในชั่วโมงแรกถึงชั่วโมงที่ 3 มีปริมาณฝนที่ตกมาก แล้วชั่วโมงถัดไปมีปริมาณฝนที่ลดลง
2. จากพายุฝนที่คัดเลือก ทำการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของการสะสมรายชั่วโมงตั้งแต่ ชั่วโมงแรก ถึง ชั่วโมงที่ 24
3. ทำการสร้างกราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของปีต่างๆ ในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนที่ทำการศึกษา
4. ทำการเลือกรูปกราฟที่มีลักษณะช่วงต้นมีการเพิ่มขึ้นของค่าข้อมูล แล้วจึงมีลักษณะคงที่ เพื่อที่จะทำการปรับปรุงรูปกราฟ ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ลักษณะกราฟข้อมูลที่ทำกรเลือกเพื่อนำไปปรับปรุงเป็นกราฟตัวแทน

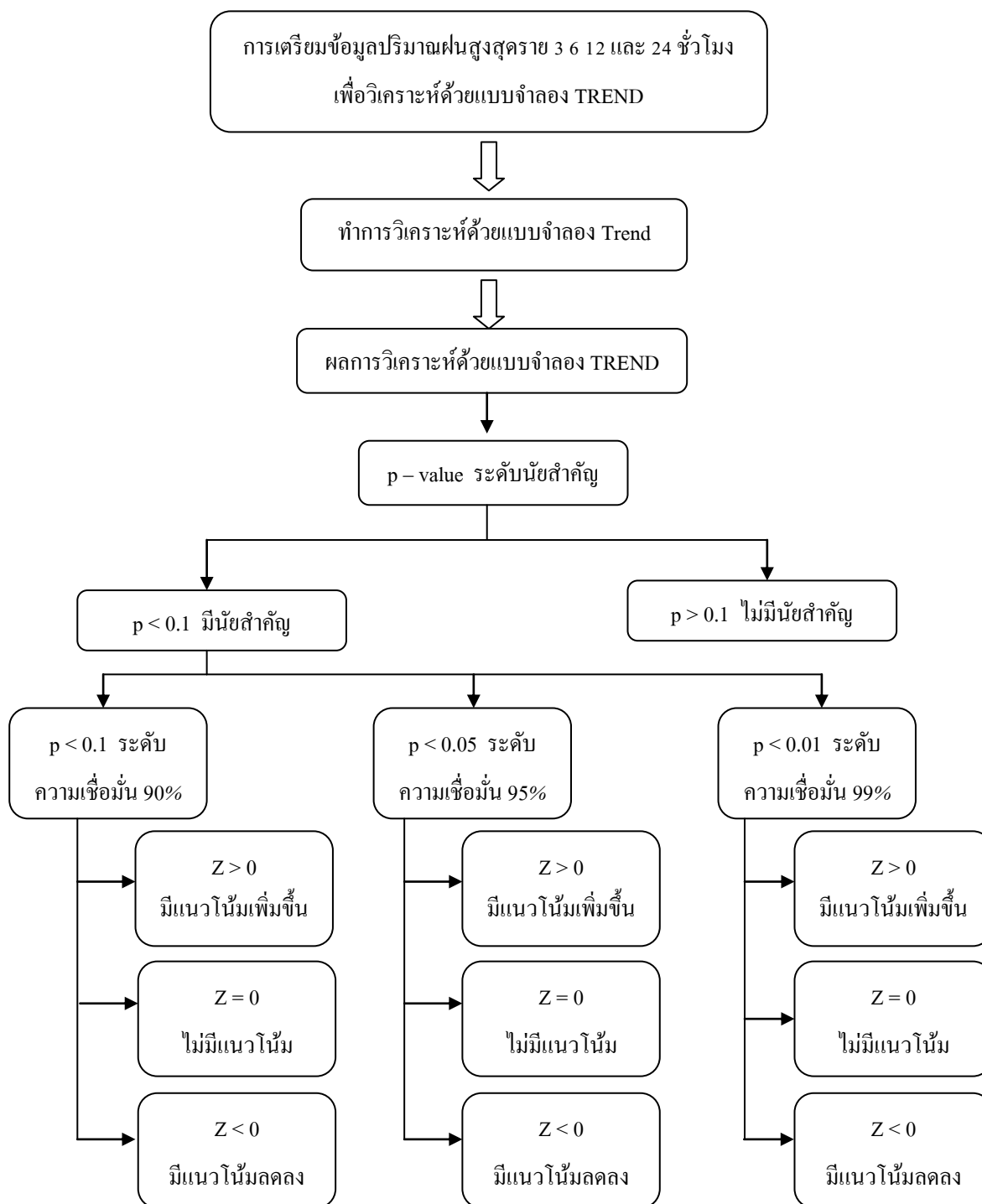
5. ทำการปรับปรุงรูปกราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ให้เป็นกราฟการแผ่กระจายตัวแทนของสถานีวัดน้ำฝนที่ทำกรวิเคราะห์ โดยนำกราฟที่เลือกมาเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมงแล้วทำการปรับปรุงรูปกราฟ



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการศึกษาการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

### 3.4 การวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมงด้วยแบบจำลอง TREND

การวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณฝนสูงสุดของกรุงเทพมหานคร ด้วยวิธีการทดสอบของแมนน์-เคนดอลล์ (Mann-Kendall Test) การศึกษานี้ได้เลือกใช้แบบจำลอง TREND ในการวิเคราะห์หาแนวโน้มดังกล่าว ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษาแสดงได้ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมงด้วยแบบจำลอง TREND

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น ช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำ

1. การเลือกค่าปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ในแต่ละปีที่ทำการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ถึง 4.4

ตารางที่ 4.1 ปริมาณฝนสูงสุดในแต่ละปี ในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานี ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201)

สถานี	ค.ศ.	ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ช่วงเวลาที่ศึกษา(มม.)			
		3 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
ศูนย์ประชุมแห่งชาติ สิริกิติ์ (455201)	1981	91.5	106.9	114.9	129.7
	1982	78.4	78.4	78.4	85.2
	1983	63.3	68.5	89.3	107.2
	1984	83.2	83.2	86.2	87.9
	1985	95.2	95.2	95.2	122.7
	1986	117.5	165.1	280.2	375.4
	1987	144.1	144.8	152.7	153.4
	1988	70.7	73.2	97.7	97.7
	1989	70.8	92.5	97.2	100.9
	1990	58.6	73.8	90.3	149.7
	1991	115.3	115.8	123.1	123.1
	1992	119.6	125.8	126.7	132.7
	1993	50.2	59.3	59.3	94.8
	1994	88.2	122.3	122.7	124.9
	1995	91.2	91.2	91.2	91.2
	1996	93.3	93.5	93.5	93.5
	1997	65.4	65.4	65.4	65.4
	1998	95.3	108	115	116
	1999	94.5	105.2	108.5	111.5
	2000	63.5	63.5	64.2	71.2
	2001	90.2	90.2	90.2	115.9
	2002	76.9	112.5	115.5	125.2
	2003	86.4	86.4	87.6	112.8
	2004	86.1	86.1	86.1	87.9
2005	65.6	69	102.2	127.1	
2006	104.4	128.6	128.6	141.2	
2007	56.7	66.5	69.2	69.2	
2008	60.4	60.8	64.8	88.4	
2009	120.8	127.8	127.8	150.8	
2010	60	65	65	87.1	
2011	123.5	151.7	154.6	201.7	
2012	60	60	60.7	63.4	

ตารางที่ 4.2 ปริมาณฝนสูงสุดในแต่ละปี ในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานี ทำอากาศยานคอนเมือง (455601)

สถานี	ค.ศ.	ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ช่วงเวลาที่ศึกษา(มม.)			
		3 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
ทำอากาศยานคอนเมือง (455601)	1981	87.9	87.9	106.8	143.6
	1982	88.1	88.4	88.4	88.4
	1983	49.6	60.5	60.5	68.3
	1984	72.6	72.6	72.6	72.6
	1985	53.2	53.2	55.5	60
	1986	68.2	73.8	100.1	175.6
	1987	48.5	48.5	48.5	48.5
	1988	73.5	103.6	115.1	115.4
	1989	57.8	65.8	67.9	102.5
	1990	55.2	71.3	95.3	187.9
	1991	75.1	77.7	77.7	77.1
	1992	117.3	121.6	124	126.4
	1993	86.2	128.8	128.8	128.8
	1994	90.2	94.3	97.9	101.1
	1995	93.3	93.3	105.3	105.3
	1996	54.7	65.1	65.2	79.5
	1997	59.8	93.6	93.6	96.2
	1998	87	98.5	100.1	105.6
	1999	104.3	119.3	119.3	119.3
	2000	77.8	105.2	106.2	106.2
	2001	48.2	48.2	48.2	55.5
	2002	58.4	61.8	61.8	62
	2003	70.1	79.2	79.2	79.5
	2004	101.5	101.5	101.5	101.5
	2005	102.5	102.5	102.5	143.7
	2006	68	68	77.2	122.2
2007	68.5	77.1	89.8	89.9	
2008	110	110.2	118.2	119.7	
2009	77.8	77.8	96.9	97.2	
2010	89.3	89.3	89.3	89.3	
2011	92.1	100.7	100.9	124.9	
2012	102.3	104.5	104.5	104.5	

ตารางที่ 4.3 ปริมาณฝนสูงสุดในแต่ละปี ในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานี สำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203)

สถานี	ค.ศ.	ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ช่วงเวลาที่ศึกษา(มม.)			
		3 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
สำนักงานอุตุนิยมวิทยาทาง ทะเลท่าเรือคลองเตย (455203)	1994	240	240	240	240
	1995	94.5	94.5	94.5	98.8
	1996	105.3	105.3	105.3	105.3
	1997	56.5	56.5	56.5	58.7
	1998	96.7	113.2	113.2	114.8
	1999	97.2	97.2	118.2	118.2
	2000	76.6	76.6	76.6	76.6
	2001	78.4	78.4	78.4	85.8
	2002	96.9	160	240	380
	2003	77.8	77.9	77.9	80.6
	2004	73.8	74.1	74.1	74.2
	2005	79.4	99.3	99.3	121.7
	2006	70.2	70.2	70.2	88
	2007	83.9	84.2	84.2	84.6
	2008	72.2	72.2	76	76
	2009	101.5	101.5	101.5	135.8
	2010	77.8	77.8	77.8	80.1
	2011	152.2	152.2	152.2	152.6
	2012	42.6	42.6	60.3	60.3

ตารางที่ 4.4 ปริมาณฝนสูงสุดในแต่ละปีในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานี สกษ. บางนา (455301)

สถานี	ค.ศ.	ปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ช่วงเวลาที่ศึกษา(มม.)			
		3 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
สกษ. บางนา(455301)	2006	94.5	94.5	95.3	95.3
	2007	102.1	139.3	140.1	140.1
	2008	61	61	67.5	67.5
	2009	64.5	67.5	89.5	115.4
	2010	83.2	83.2	85.3	95.1
	2011	87.6	107.1	110	158.1
	2012	40	65.6	65.8	69

2. การวิเคราะห์แจกแจงความถี่ข้อมูลความเข้มฝนสูงสุดช่วงเวลา 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงด้วยวิธีกัมเบล

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 4 สถานี

สถานี	ค่าพารามิเตอร์							
	ค่า Mean ของปริมาณฝน $\bar{Q}$				ค่า Standard Deviation ของข้อมูลปริมาณฝน $S_Q$			
	3 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
1. ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201)	85.650	94.881	103.250	118.900	23.457	28.864	41.179	55.499
2. ท่าอากาศยานดอนเมือง (455601)	77.781	85.744	90.588	103.069	19.537	21.266	21.888	32.072
3. สำนักงานอุตุนิคมวิทยาทางทะเล ท่าเรือคลองเตย (455203)	93.342	98.616	105.063	117.479	42.025	44.656	52.627	75.909
4. สกย.บางนา (455301)	76.129	88.314	93.357	105.786	21.844	28.024	25.734	34.278

ตารางที่ 4.6 แจกแจงความถี่ ข้อมูลความเข้มฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงด้วยวิธีกัมเบล ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201)

เวลา(ชม.)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ (มม.)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
3	81.798	102.528	116.253	133.594	146.460	159.230	171.953	188.739	201.426
6	90.141	115.649	132.538	153.877	169.707	185.421	201.077	221.732	237.343
12	96.487	132.878	156.972	187.415	209.999	232.417	254.753	284.220	306.491
24	109.785	158.832	191.305	232.334	262.772	292.985	323.089	362.804	392.820

ตารางที่ 4.7 แจกแจงความถี่ ข้อมูลความเข้มฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงด้วยวิธีกัมเบล ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601)

เวลา(ชม.)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ (มม.)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
3	74.573	91.838	103.269	117.712	128.427	139.062	149.659	163.640	174.206
6	82.251	101.044	113.487	129.209	140.872	152.448	163.983	179.201	190.702
12	86.993	106.336	119.143	135.325	147.329	159.245	171.117	186.781	198.618
24	97.802	126.144	144.910	168.620	186.209	203.669	221.065	244.016	261.361



ตารางที่ 4.8 แจกแจงความถี่ ข้อมูลความเข้มฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงด้วยวิธีกัมเบล ของสถานีสำนักงานอุตุวิทยาทองทะเลท่าเรือคลองเตย (455203)

เวลา(ชม.)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ (มม.)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
3	86.440	123.579	148.168	179.236	202.284	225.162	247.957	278.030	300.758
6	91.282	130.746	156.875	189.889	214.380	238.691	262.913	294.869	319.021
12	96.420	142.928	173.721	212.627	241.490	270.140	298.685	336.345	364.808
24	105.012	172.096	216.511	272.630	314.262	355.587	396.761	451.082	492.137

ตารางที่ 4.9 แจกแจงความถี่ ข้อมูลความเข้มฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงด้วยวิธีกัมเบล ของสถานีสภ. บางนา (455301)

เวลา(ชม.)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ (มม.)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
3	72.541	91.845	104.627	120.776	132.756	144.648	156.496	172.128	183.942
6	83.712	108.478	124.875	145.593	160.962	176.219	191.419	211.473	226.630
12	89.131	111.873	126.930	145.955	160.068	174.078	188.036	206.452	220.370
24	100.156	130.449	150.505	175.846	194.645	213.306	231.899	256.428	274.967

3. การวิเคราะห์ความเข้มข้นในหน่วยมิลลิเมตรต่อชั่วโมง ของปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.10 ความเข้มข้นในหน่วย มิลลิเมตรต่อชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201)

เวลา(ชม.)	ความเข้มข้นสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ (มม./ชม.)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
3	27.266	34.176	38.751	44.531	48.820	53.077	57.318	62.913	67.142
6	15.023	19.275	22.090	25.646	28.285	30.903	33.513	36.955	39.557
12	8.041	11.073	13.081	15.618	17.500	19.368	21.229	23.685	25.541
24	4.574	6.618	7.971	9.681	10.949	12.208	13.462	15.117	16.367

ตารางที่ 4.11 ความเข้มข้นในหน่วย มิลลิเมตรต่อชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601)

เวลา(ชม.)	ความเข้มข้นสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ (มม./ชม.)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
3	24.858	30.613	34.423	39.237	42.809	46.354	49.886	54.547	58.069
6	13.709	16.841	18.915	21.535	23.479	25.408	27.331	29.867	31.784
12	7.249	8.861	9.929	11.277	12.277	13.270	14.260	15.565	16.552
24	4.075	5.256	6.038	7.026	7.759	8.486	9.211	10.167	10.890

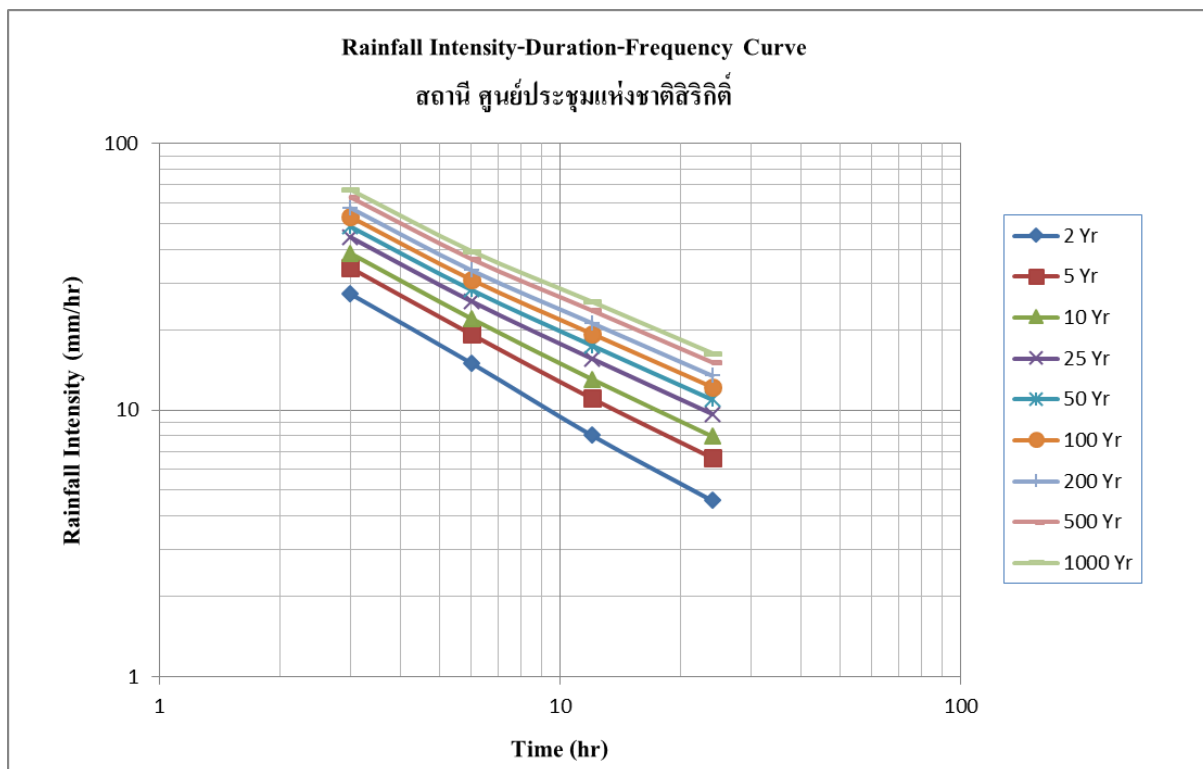
ตารางที่ 4.12 ความเข้มข้นในหน่วย มิลลิเมตรต่อชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง ของสถานีสำนักงานอุตุวิทยามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (455203)

เวลา(ชม.)	ความเข้มข้นสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ (มม./ชม.)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
3	28.813	41.193	49.389	59.745	67.428	75.054	82.652	92.677	100.253
6	15.214	21.791	26.146	31.648	35.730	39.782	43.819	49.145	53.170
12	8.035	11.911	14.477	17.719	20.124	22.512	24.890	28.029	30.401
24	4.376	7.171	9.021	11.360	13.094	14.816	16.532	18.795	20.506

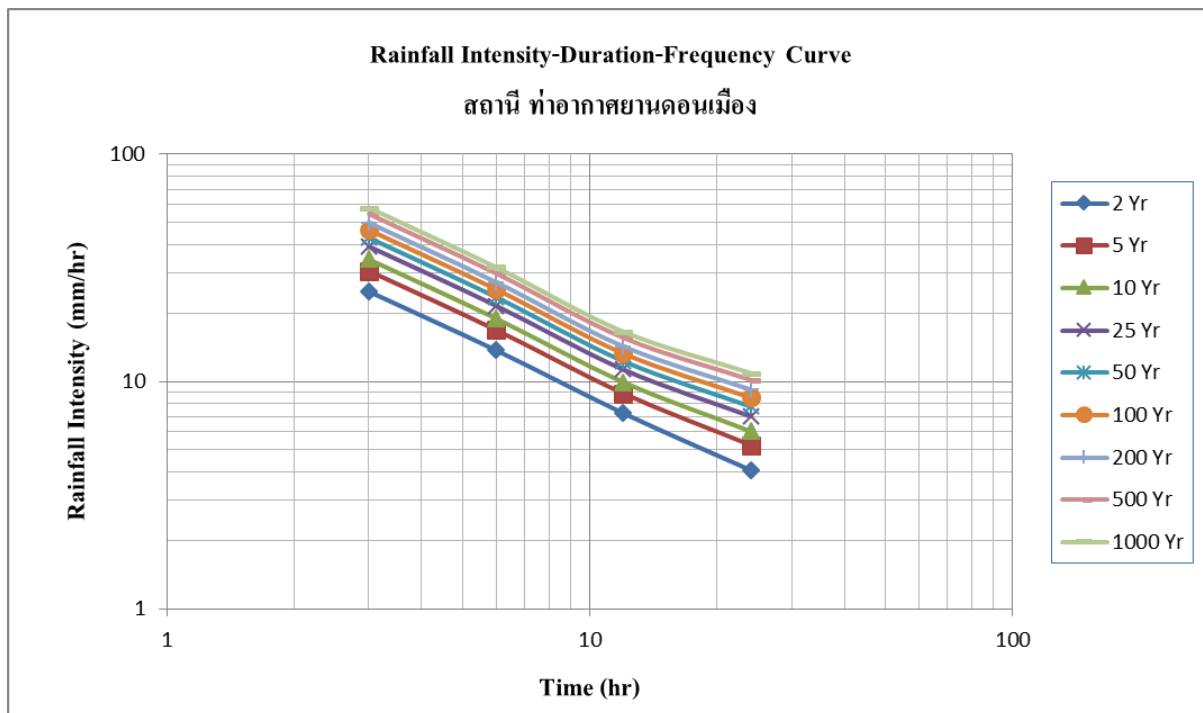
ตารางที่ 4.13 ความเข้มข้นในหน่วย มิลลิเมตรต่อชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง ของสถานีสภ. บางนา (455301)

เวลา(ชม.)	ความเข้มข้นสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ (มม./ชม.)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
3	24.180	30.615	34.876	40.259	44.252	48.216	52.165	57.376	61.314
6	13.952	18.080	20.812	24.265	26.827	29.370	31.903	35.246	37.772
12	7.428	9.323	10.578	12.163	13.339	14.506	15.670	17.204	18.364
24	4.173	5.435	6.271	7.327	8.110	8.888	9.662	10.685	11.457

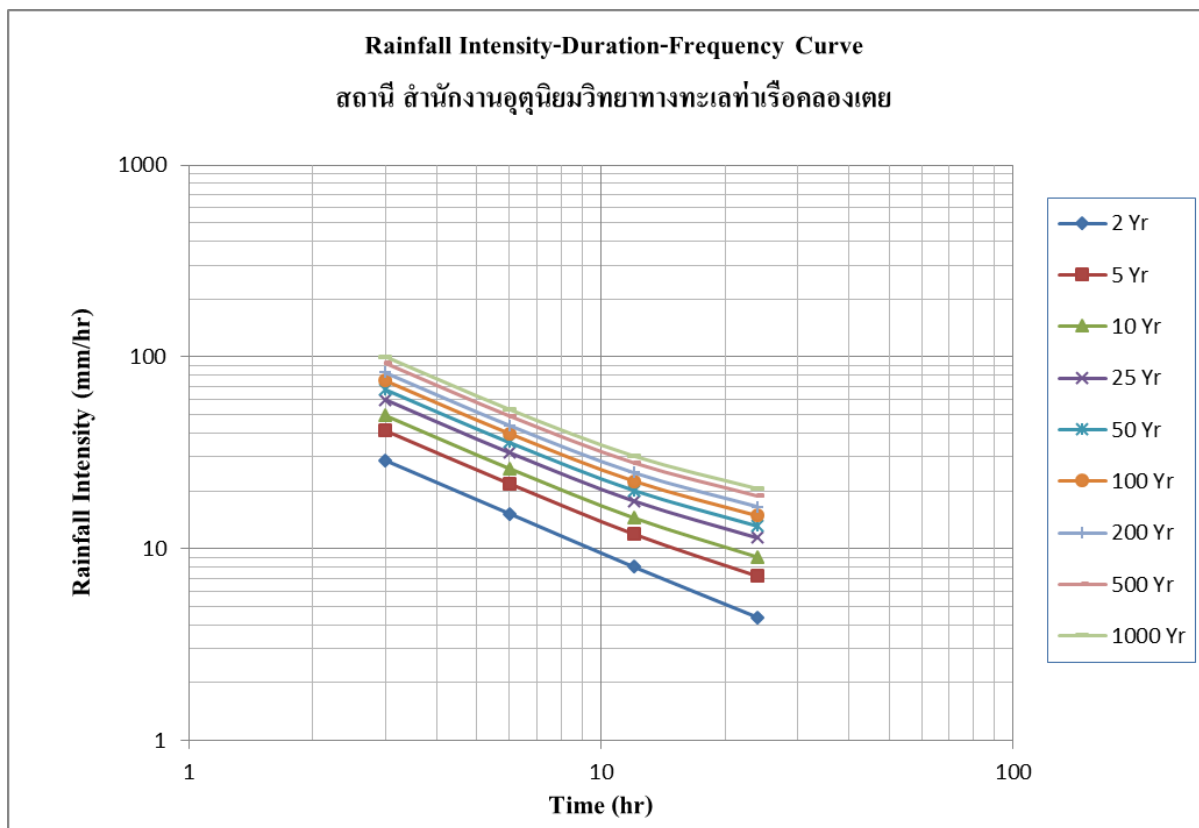
4. กราฟ ความเข้มฝน – ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ ที่ได้จากการศึกษาแสดงได้ดังภาพที่ 4.1 ถึง 4.4



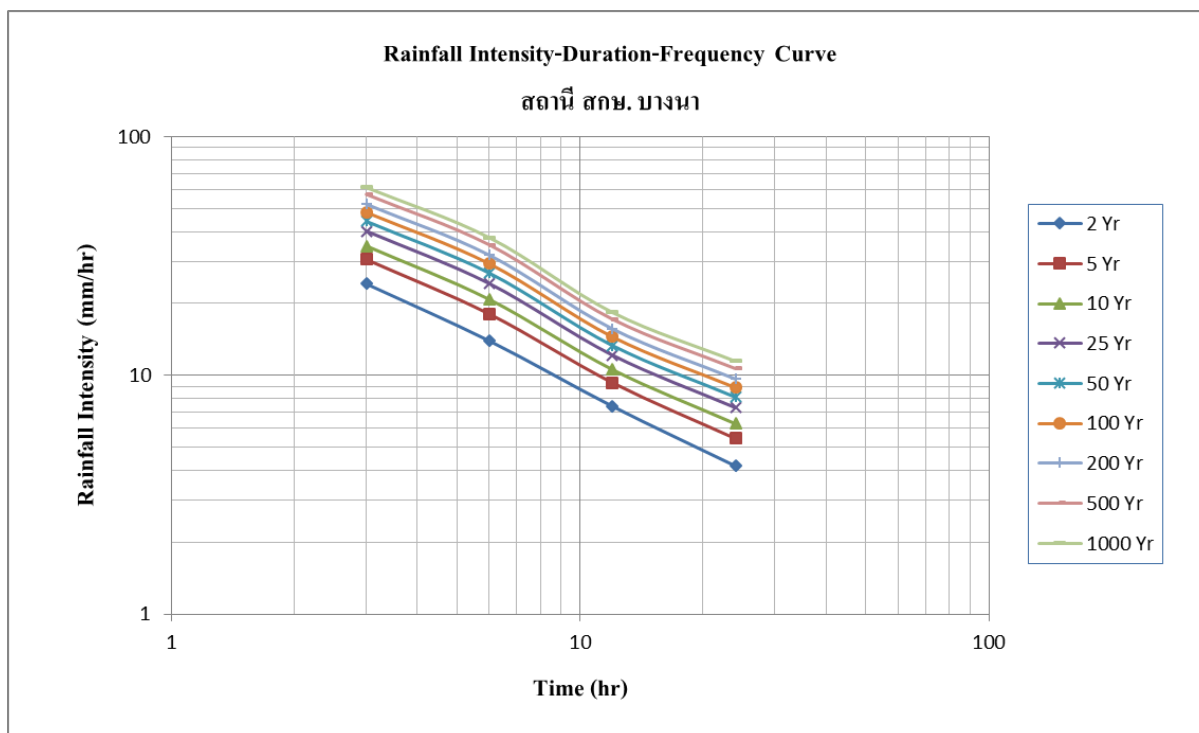
ภาพที่ 4.1 กราฟความเข้มฝน – ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201)



ภาพที่ 4.2 กราฟความเข้มฝน – ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601)



ภาพที่ 4.3 กราฟความเข้มฝน-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203)



ภาพที่ 4.4 กราฟความเข้มฝน - ช่วงเวลา - รอบปีการเกิดซ้ำ ของสถานีสกษ. บางนา (455301)



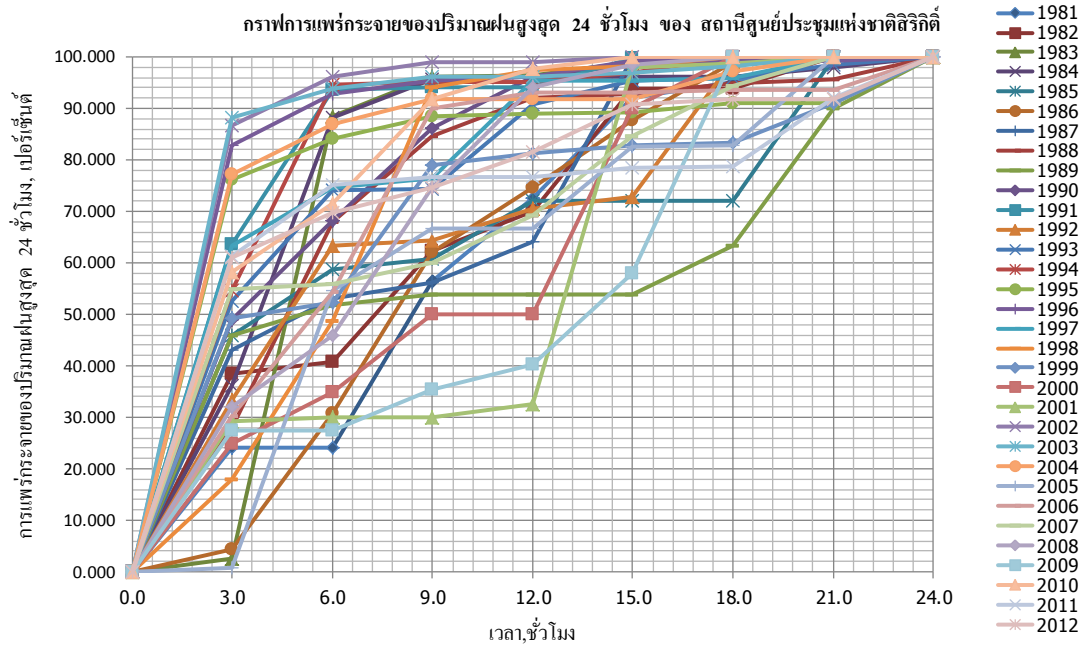




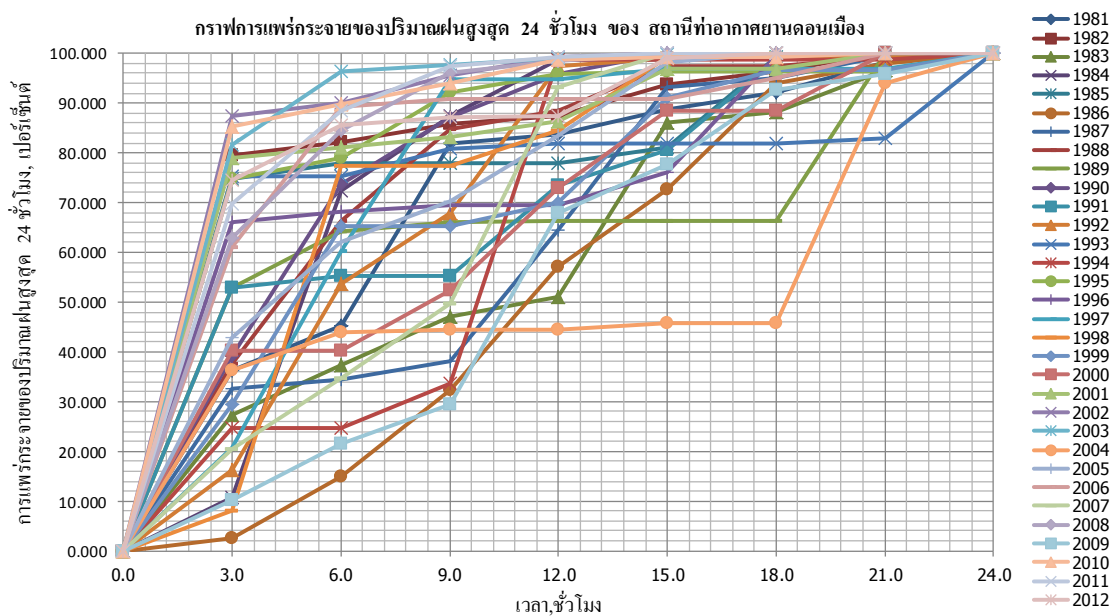




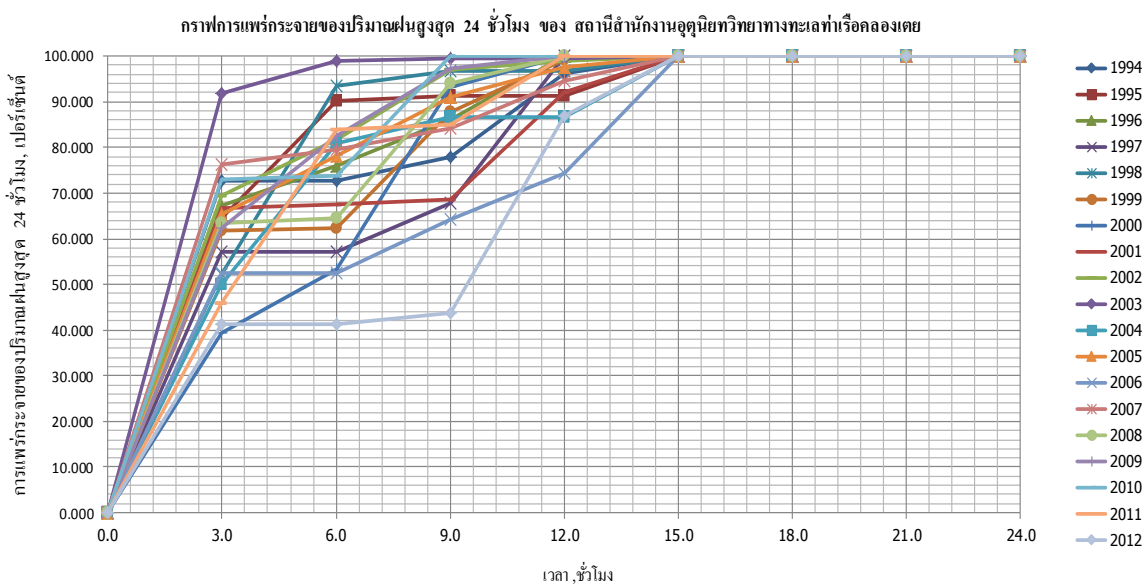
## 2. เส้นกราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ทั้ง 4 สถานี



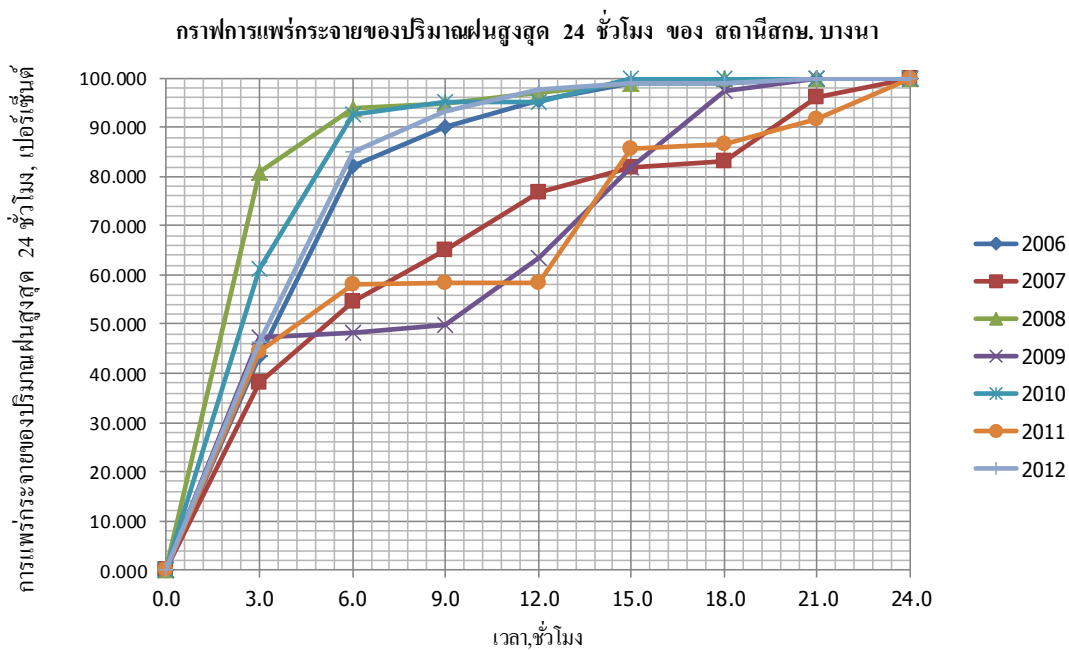
ภาพที่ 4.5 เส้นกราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์



ภาพที่ 4.6 เส้นกราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง



ภาพที่ 4.7 เส้นกราฟการแพร่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีสำนักงานอุตุวิทยาทองทะเลท่าเรือคลองเตย



ภาพที่ 4.8 เส้นกราฟการแพร่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีสภ.บังนา

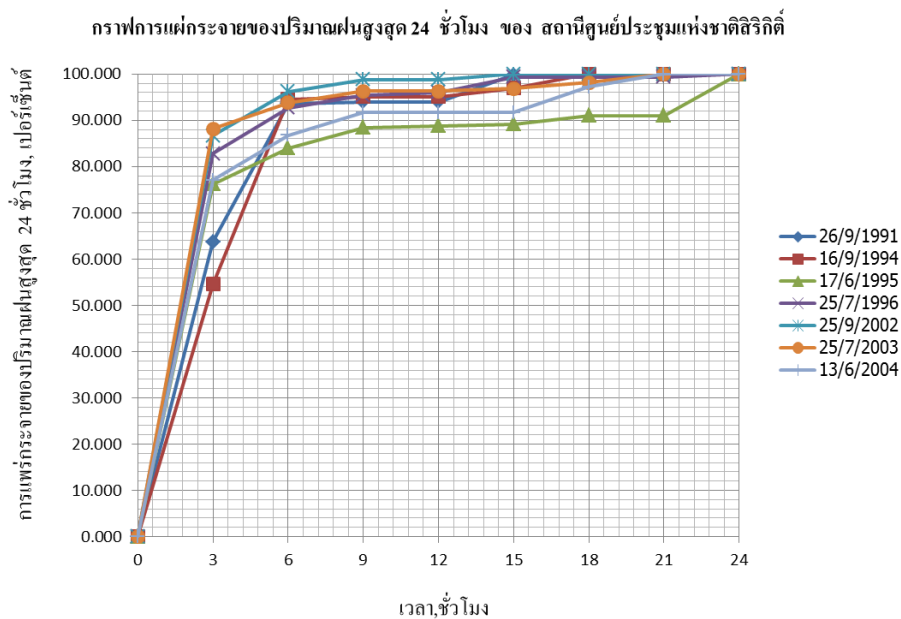


ตารางที่ 4.20 ตารางแสดงข้อมูลเส้นกราฟที่เลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปภาพของ สถานีสำนักงานอุดุนิยมวิทยาทางทะเล  
ท่าเรือคลองเตย

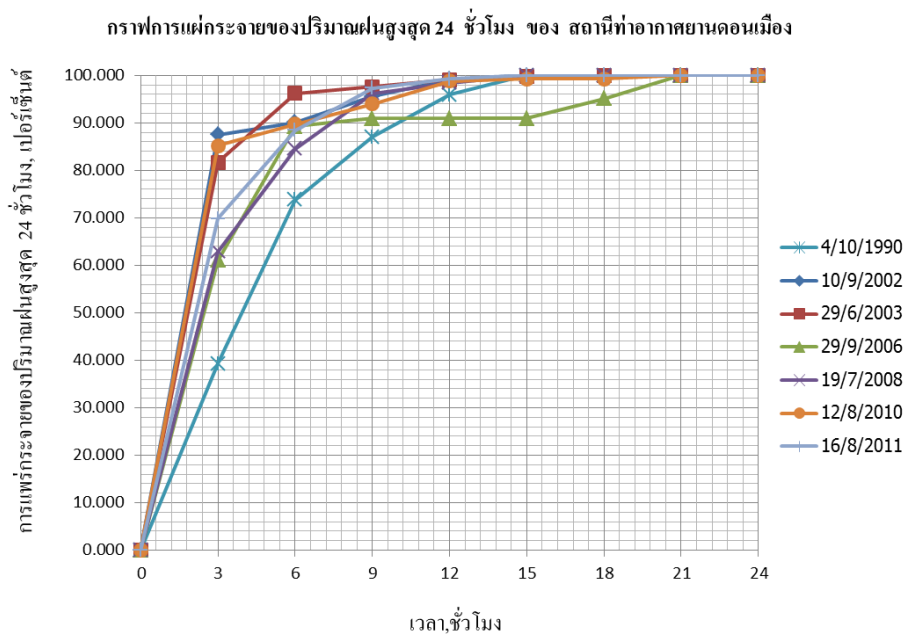
เวลา (ชั่วโมง)	เปอร์เซ็นต์การแผ่กระจายของฝนสะสมจากชุดข้อมูลที่เลือก							
	4/7/1995	20/8/1998	27/10/2002	6/7/2003	16/6/2004	14/9/2005	16/8/2011	เฉลี่ย
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	64.596	52.159	69.388	91.765	50.000	65.242	62.353	65.072
6	90.062	93.610	81.633	98.824	80.882	78.225	82.549	86.541
9	91.304	96.891	96.939	99.412	86.765	90.961	97.255	94.218
12	91.304	96.891	98.980	99.412	86.765	97.617	100.000	95.853
15	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
18	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
21	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
24	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

ตารางที่ 4.21 ตารางแสดงข้อมูลเส้นกราฟที่เลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปภาพของ สถานีสภ.บางนา

เวลา (ชั่วโมง)	เปอร์เซ็นต์การแผ่กระจายของฝนสะสมจากชุดข้อมูลที่เลือก				
	4/7/1995	20/8/1998	27/10/2002	6/7/2003	เฉลี่ย
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	80.745	61.238	46.256	43.333	57.893
6	93.789	92.508	85.022	82.222	88.385
9	94.720	95.114	93.392	90.000	93.307
12	97.205	95.114	97.797	95.556	96.418
15	99.068	100.000	99.119	98.889	99.269
18	100.000	100.000	99.119	98.889	99.502
21	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
24	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

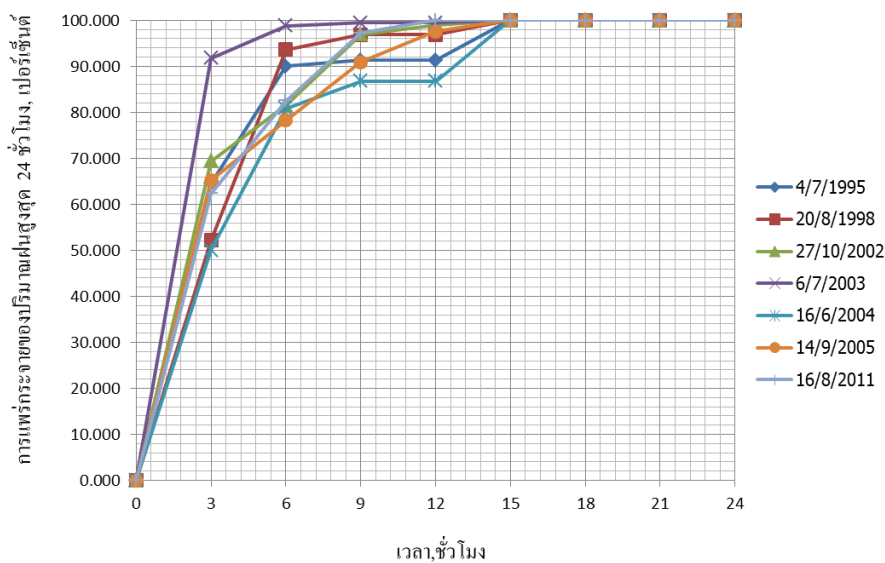


ภาพที่ 4.9 ภาพเส้นกราฟที่ทำการเลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปภาพให้เป็นกราฟตัวแทนของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์



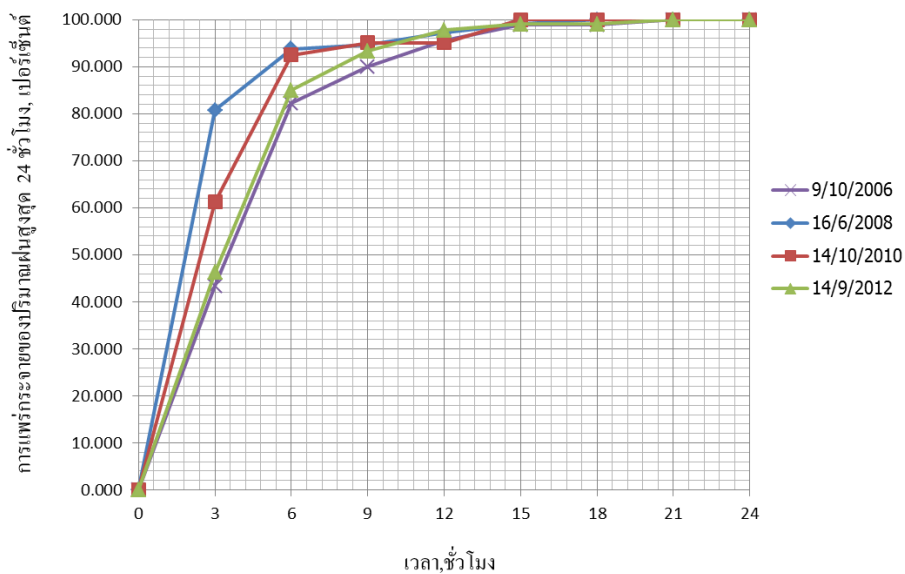
ภาพที่ 4.10 ภาพเส้นกราฟที่ทำการเลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปภาพให้เป็นกราฟตัวแทนของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง

กราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง ของ สถานีสำนักงานอุตุฯมหาวิทยาลัยทางทะเล ท่าเรือคลองเตย



ภาพที่ 4.11 ภาพเส้นกราฟที่ทำการเลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปกราฟให้เป็นกราฟตัวแทนของสถานีสำนักงานอุตุฯมหาวิทยาลัยทางทะเล ท่าเรือคลองเตย

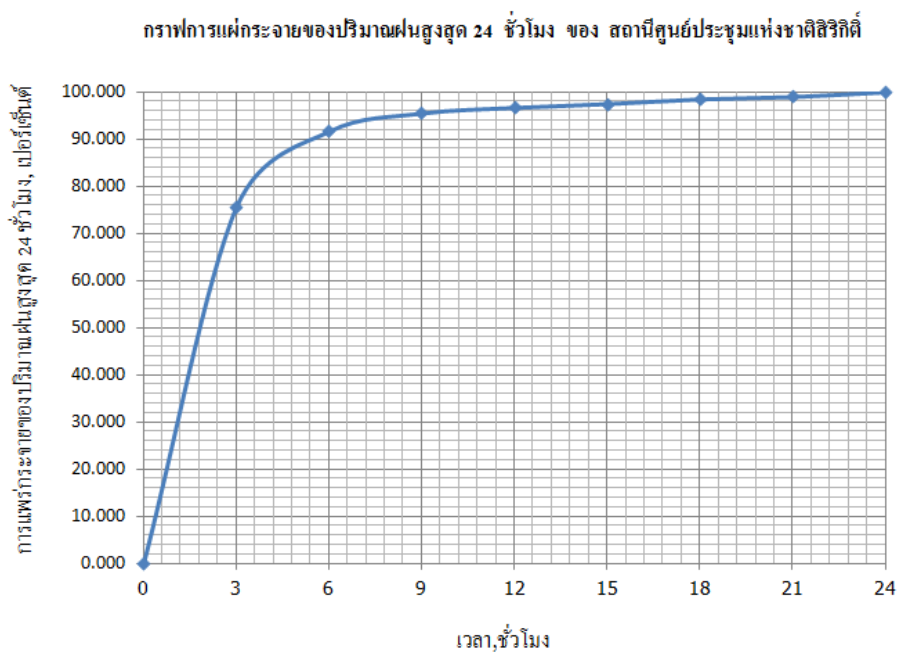
กราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง ของ สถานีสภ.บางนา



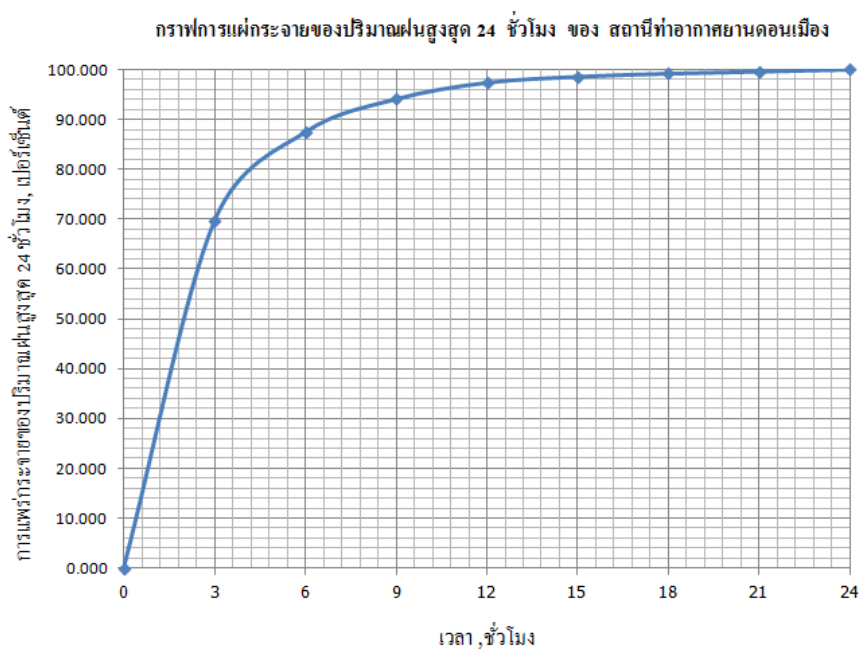
ภาพที่ 4.12 ภาพเส้นกราฟที่ทำการเลือกเพื่อทำการปรับปรุงรูปกราฟให้เป็นกราฟตัวแทนของสถานีสภ.บางนา

4. กราฟตัวแทนของสถานีวัดน้ำฝนที่ทำการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 4.17 และ ภาพที่ 4.9 ถึง 4.12 ตารางที่ 4.22 แสดงเปอร์เซ็นต์การแผ่กระจายของฝนสะสม

เวลา (ชม.)	เปอร์เซ็นต์การแผ่กระจายของฝนสะสม			
	สถานี ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์	สถานี ท่าอากาศยานดอนเมือง	สถานีสำนักงาน อศุณิยมหาวิทยาลัยทางทะเล ท่าเรือคลองเตย	สถานีสภย. บางนา
0	0	0	0	0
1	25.202	23.216	23.159	19.298
2	50.404	46.431	46.318	38.595
3	75.606	69.647	69.477	57.893
4	80.960	75.586	76.662	68.057
5	86.314	81.525	83.847	78.221
6	91.668	87.464	91.032	88.385
7	92.945	89.675	92.734	90.590
8	94.223	91.885	94.435	92.795
9	95.500	94.096	96.137	95.000
10	95.900	95.189	96.591	95.473
11	96.300	96.283	97.046	95.945
12	96.700	97.376	97.500	96.418
13	96.967	97.773	97.800	96.779
14	97.233	98.171	98.100	97.139
15	97.500	98.568	98.400	97.500
16	97.833	98.778	98.567	97.900
17	98.167	98.988	98.733	98.300
18	98.500	99.198	98.900	98.700
19	98.667	99.332	99.133	98.967
20	98.933	99.466	99.367	99.233
21	99.000	99.600	99.600	99.500
22	99.333	99.733	99.733	99.667
23	99.667	99.867	99.867	99.833
24	100.000	100.000	100.000	100.000

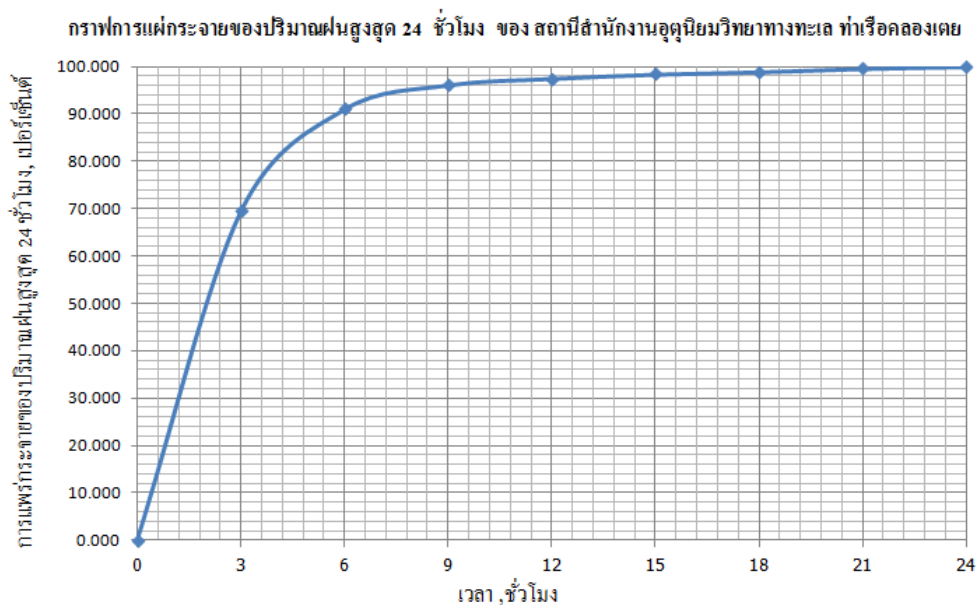


ภาพที่ 4.13 กราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์

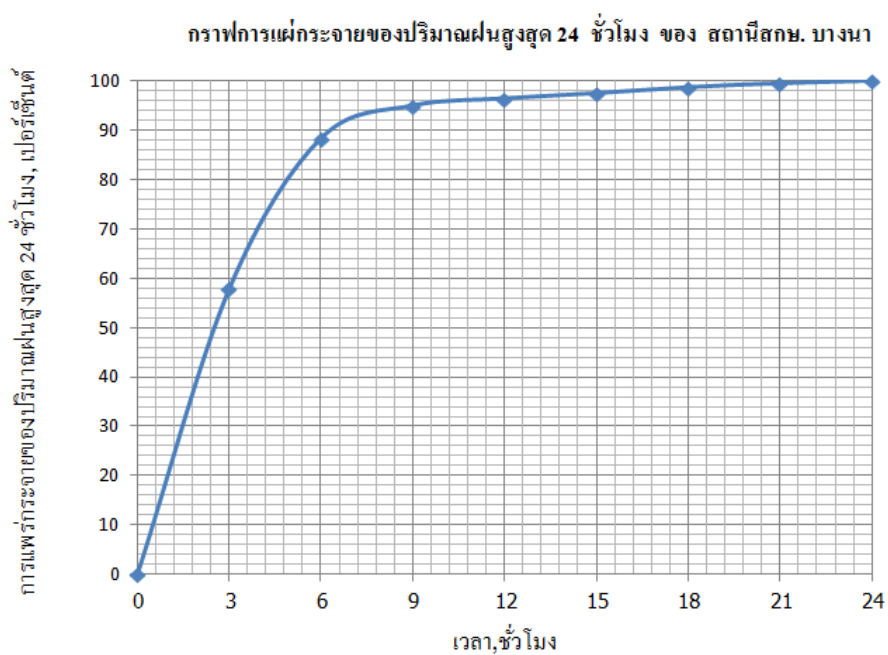


ภาพที่ 4.14 กราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง





ภาพที่ 4.15 กราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเล ทำเรือคลองเตย



ภาพที่ 4.16 กราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของสถานีสทภ.บางนา

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุด

ผลการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสถานีวัดน้ำฝนต่างๆ ของกรุงเทพมหานครด้วยวิธีแมนน์-เคนดอลล์ สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดของกรุงเทพมหานคร

สถานี	ปริมาณฝนสูงสุด			
	3ชม.	6ชม.	12ชม.	24ชม.
ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์	-0.778	-0.989	-0.892	-0.778
	(a)	(a)	(a)	(a)
ท่าอากาศยานดอนเมือง	2.108	1.735	1.005	0.551
	(c)	(d)	(a)	(a)
สำนักอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย	-1.294	-1.329	-1.155	-0.7
	(a)	(a)	(a)	(a)
สภ.บางนา	-0.901	-0.3	-0.901	0
	(b)	(a)	(b)	(a)

(a) No significant trend

(b) Trend statistically significant at  $p < 0.01$

(c) Trend statistically significant at  $p < 0.05$

(d) Trend statistically significant at  $p < 0.10$

จากผลการวิเคราะห์แนวโน้มด้วยแบบจำลอง TREND โดยใช้วิธี แมนน์-เคนดอลล์ แสดงให้เห็นว่า

1. สถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ แสดงแนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุด ลดลง โดยไม่มีนัยสำคัญ
2. สถานีท่าอากาศยานดอนเมือง แสดงแนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดเพิ่มขึ้นโดยปริมาณฝนสูงสุดที่ 3 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่  $p < 0.05$  และ  $p < 0.10$  ตามลำดับ
3. สถานีสำนักงานอุตุนิยมวิทยาทางทะเลท่าเรือคลองเตย แสดงแนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุด ลดลง โดยไม่มีนัยสำคัญ
4. สถานีสภ.บางนา แสดงแนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดลดลงและ ปริมาณฝนสูงสุดที่ 3 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง มีแนวโน้มลดลง ที่  $p < 0.01$

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### สรุป

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น ช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำ การแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง และวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดของกรุงเทพมหานคร สามารถสร้างกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น ช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201) สถานีสถานีท่าอากาศยานดอนเมือง(455601) สถานีสำนักงานอุดุณิยมหาวิทยาลัยทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203) และสถานีสภ.บางนา (455301) ได้ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ถึง ภาพที่ 4.4 และสามารถสร้างกราฟการแผ่กระจายของปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของทั้ง 4 สถานี ได้ดังแสดงในภาพที่ 4.13 ถึง ภาพที่ 4.16

นอกจากนี้การศึกษาวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง พบว่ามีแนวโน้มปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นที่สถานีท่าอากาศยานดอนเมือง (455601) และมีปริมาณฝนสูงสุด 3 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ลดลงที่สถานีสภ.บางนา (455301) ในขณะที่ปริมาณฝนสูงสุดของสถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (455201) และสถานีสำนักงานอุดุณิยมหาวิทยาลัยทางทะเลท่าเรือคลองเตย (455203) ค่าแนวโน้มที่วิเคราะห์หามีค่าความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับต่ำ (ไม่มีนัยสำคัญ  $p > 0.1$ ) ดังนั้นในการศึกษานี้ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการศึกษานี้ยังไม่สามารถสรุปผลของแนวโน้มปริมาณฝนสูงสุดของกรุงเทพมหานครได้อย่างชัดเจน เนื่องจากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดส่วนใหญ่ของสถานีไม่แสดงค่าแนวโน้มที่ชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญ

#### ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลฝนที่ทำการตรวจวัดของสถานีสภ.บางนา มีช่วงปีที่สั้น ในอนาคตเมื่อมีข้อมูลที่ยาวนานจะทำให้การวิเคราะห์ได้ผลที่น่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น
2. เนื่องจากข้อมูลฝนของบางสถานีขาดหายไปครบสมบูรณ์ การศึกษานี้ได้ใช้การแทนค่าเท่ากับศูนย์ในช่วงเวลานั้น ซึ่งหากใช้วิธีการเติมข้อมูลที่ขาดหายไปจะทำให้การศึกษามีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์. 2555. เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมการระบายน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- ธำรง เปรมปรีดี. 2519. ปริมาณน้ำฝนสูงสุดใน 1 วัน ของประเทศไทย. วิศวกรรมสาร. 29(3) : 57.
- ประวิทย์ ตูลาพันธ์. 2525. ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกฝน-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของ ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วรรณวิศา ศิริ. 2553. การวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำฝนสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน. (ออนไลน์). ค้นข้อมูล 8 มีนาคม 2557. จาก <http://civil.eng.cmu.ac.th/research/in/2553/485>.
- วรารุช วุฒินิพนธ์. 2539. อุทกวิทยาประยุกต์. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและอบรมการเกษตรแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม. 492 น.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. มุลนิธิวิกิมีเดีย. อัปเดต 2 เมษายน 2557, 22.01 UTC. สารานุกรมออนไลน์. เข้าถึงได้จาก :<http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%9E%E0%B8%A1%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B8%A3>. อินเทอร์เน็ต. เข้าถึงเมื่อ 8 เมษายน 2557.
- วีระพล แต่สมบัติ. 2531. อุทกวิทยาประยุกต์. โรงพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, กรุงเทพฯ. 317 น.
- อมเรศ บกสุวรรณ. 2549. การวิเคราะห์ความถี่และแนวโน้มของฝนสูงสุด ในจังหวัดแม่ฮ่องสอน. (ออนไลน์). ค้นข้อมูล 4 เมษายน 2557. จาก <http://www.thaihydra.org/index.php/documents/journal/75-no13-.html>.

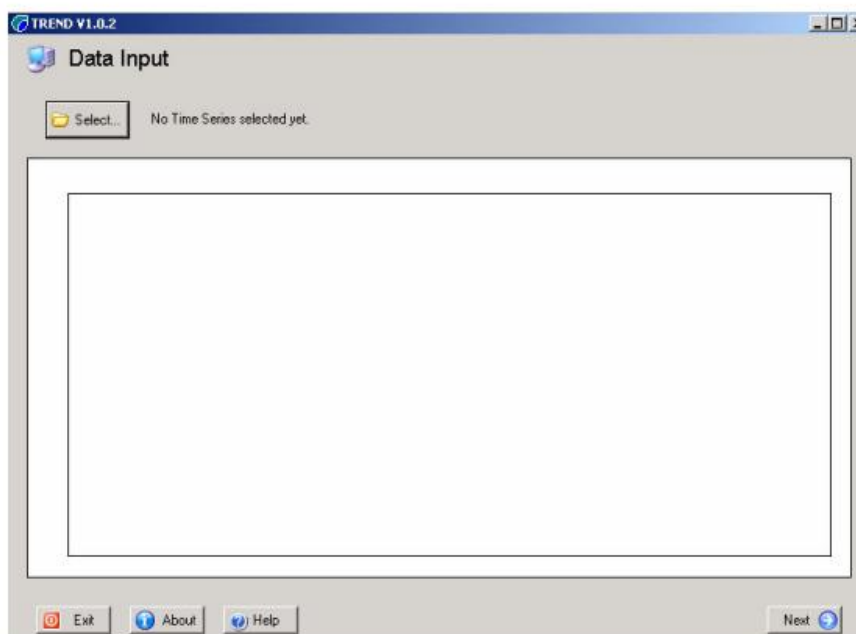
- เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย. 2550. เอกสารประกอบการสอนวิชาอุทกวิทยา 1. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- Ertuna, C. 1970. **Probability Distribution of Short Duration Annual Rainfalls in Thailand.** M. Eng. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Hamed, K.H., Rao, A.R., 1998. **A modified Mann–Kendall trend test for autocorrelated data.** J. Hydrol. 204, 182–196.
- McCuen, Richard H. 1998. **Hydrologic analysis and design.** 2nd ed. Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall.
- Mustone, S.E. 1969. **Rainfall intensity-Duration-Frequency Curves for Som Station in Thailand.** Meteorological Department, Office of The Prime Minister, Bangkok. 10 p.
- Sabur, M. A. 1982. **Regional flood frequency analysis of Thailand.** M. Eng. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Theprasit, C., K. Pongput, and T. Supriyasilp, 2009. **Reference Evapotranspiration Trend Analysis in the Upper Chao Phraya River Basin.** Thai Journal of Agricultural Science. 42(4) :201-211.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก. คู่มือการใช้งานแบบจำลอง TREND

### 1. การเริ่มต้นการใช้งาน

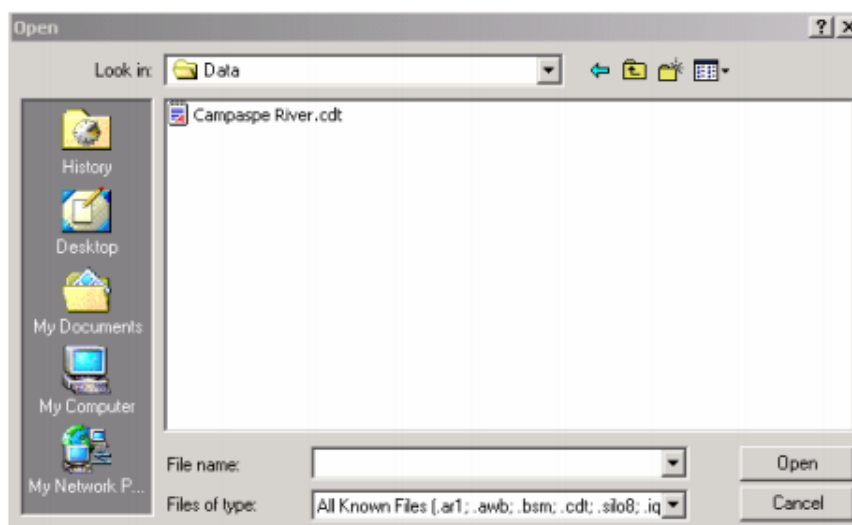
การใช้โปรแกรม คลิก สองครั้งที่ ไอคอน TREND บริเวณหน้า Desktop จากนั้นแบบจำลอง TREND จะปรากฏ ในเวลาประมาณ 5 วินาที ดังภาพผนวกที่ 1



ภาพผนวกที่ 1 การเริ่มต้นการใช้แบบจำลอง TREND

### 2. หน้าจอแสดงข้อมูลนำเข้า

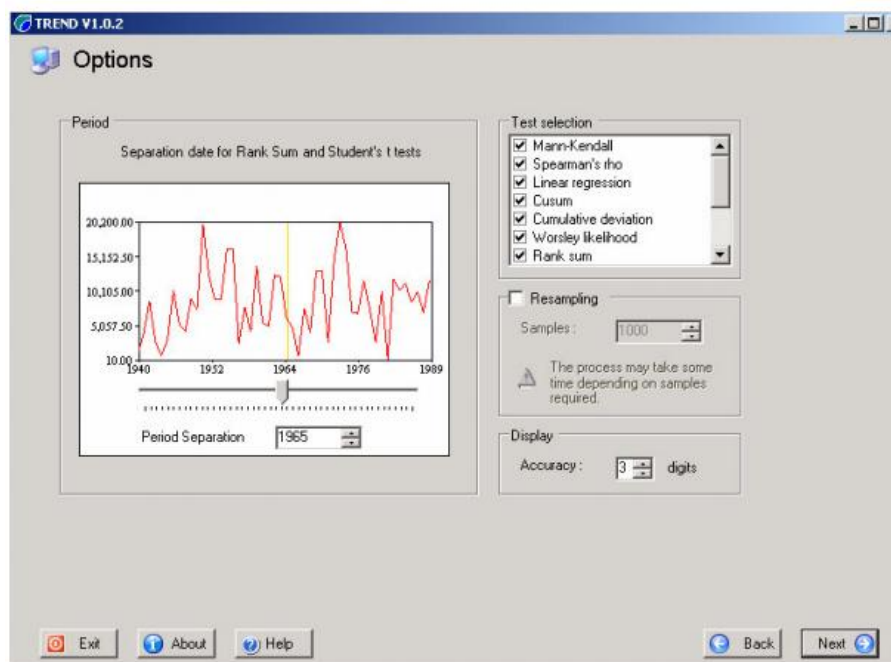
เป็นขั้นตอนต่อเนื่องจากขั้นตอนแรกในการ Run โปรแกรม การนำเข้าข้อมูลคลิกที่ปุ่ม Select (ภาพผนวกที่ 1) เพื่อเลือกเปิด File ข้อมูลใน Folder โดยเลือกไปที่ข้อมูลที่ต้องการ หลังจากนั้นคลิกที่ปุ่ม Open (ภาพผนวกที่ 2)



ภาพผนวกที่ 2 การนำเข้าข้อมูลเพื่อทำการทดสอบแบบจำลอง TREND

### 3. ตัวเลือกหน้าจอ

ภายในหน้าจอที่ปรากฏจะมีทั้งหมด 4 แผงด้วยกัน ในตัวเลือกหน้าจอ (ภาพผนวกที่ 3) คลิกปุ่ม Next



ภาพผนวกที่ 3 ตัวเลือกวิธีการทดสอบด้วยแบบจำลอง TREND

3.1 Test selection panel เลือก/ตรวจสอบ การทดสอบทางสถิติที่ต้องการจะหาค่า สามารถเลือก Trend ทั้ง 12 ข้อได้

3.2 Resampling panel เลือก/ตรวจสอบ ข้อมูลจาก Folder Resampling จะเป็นข้อมูลที่ต้องการประเมิน หาค่าข้อมูลทางสถิติ จากนั้นใส่ค่าตัวเลขที่ต้องการคำนวณ ( 1000 ตัวอย่าง คือค่าที่แนะนำในการคำนวณ เพราะจะทำให้ค่านัยสำคัญอยู่ที่ 0.05) ในบางครั้งค่าแนวโน้มสามารถคิดได้จาก การวิเคราะห์การสุ่ม

3.3 Period panel เลือก “Period separation year” โดยการใส่ข้อมูลปี เพื่อการใส่ลูกศรในการสร้างจุดของเวลา การแบ่งคาบเวลาในการจัดลำดับและการทดสอบนักเรียน ที่มีค่าเฉลี่ย/มัธยฐาน ในส่วนต้นของข้อมูลและส่วนท้ายของข้อมูล

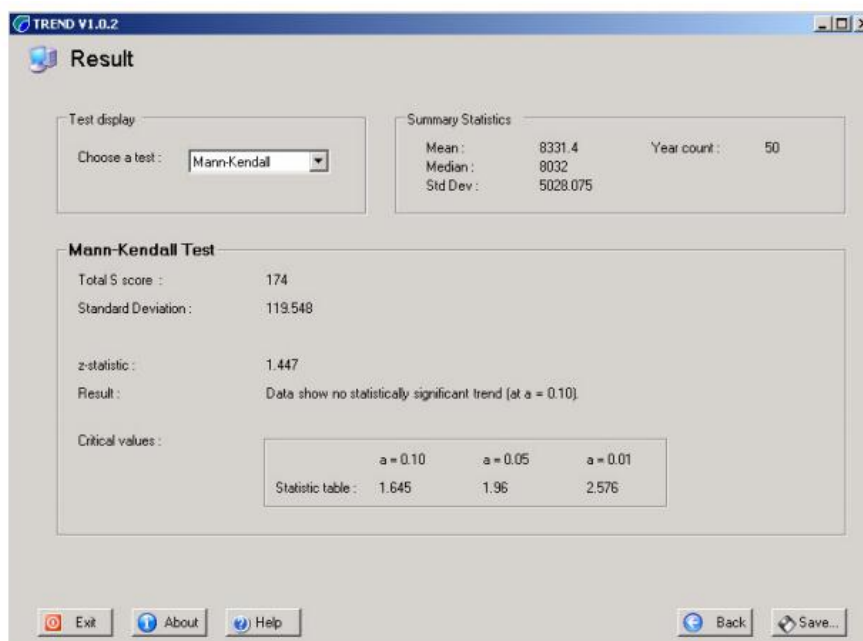
3.4 Display panel การหาค่าความถูกต้องหรือแม่นยำให้ใช้ค่าที่ถูกกำหนด ไว้แล้วคือ 3

3.5 Running the test หลังจากที่เราเห็นทั้ง 4 แผงแล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม Next เพื่อทำการประมวลผลข้อมูล ผลลัพธ์จะปรากฏเมื่อ TREND คำนวณสถิติเสร็จ เรียบร้อยแล้ว



#### 4. การแสดงผลลัพธ์

4.1 Test display panel ผลของสถิติแต่ละอันจะถูกนำเสนอแยกกัน เลือกสถิติที่ต้องการผลลัพธ์ที่จะแสดงดังภาพผนวกที่ 4



ภาพผนวกที่ 4 ผลการทดสอบด้วยแบบจำลอง TREND

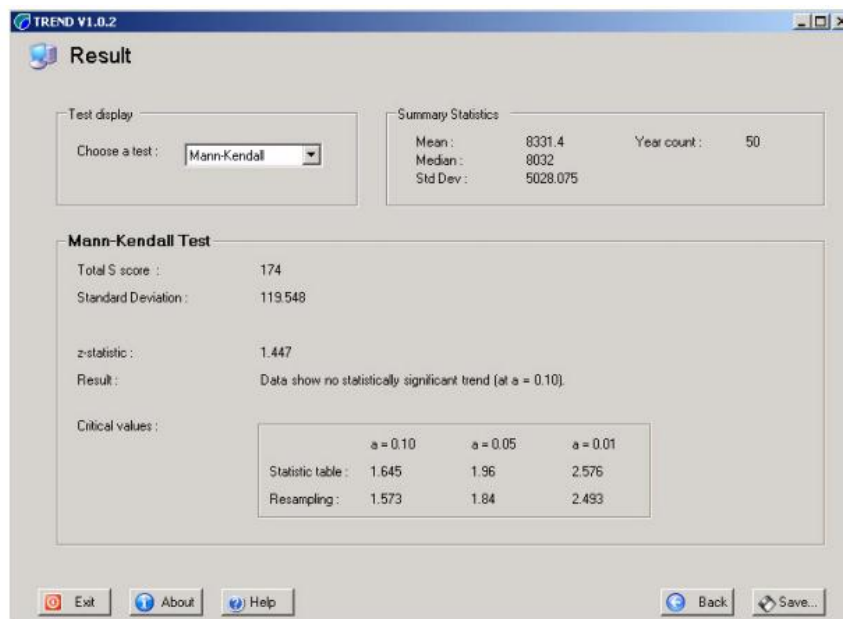
4.2 Summary statistics panel ในส่วนของแผงนี้จะแสดงค่าปี ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูล

4.3 Test result panel ในแผงที่จะแสดงผลลัพธ์ของการคำนวณ คำนัยสำคัญ  $\alpha=0.01$ ,  $\alpha=0.05$  และ  $\alpha=0.1$  จะเป็นค่าที่แสดงผลลัพธ์ สำหรับการทดสอบบางการทดสอบ สามารถแสดงกราฟแสดงข้อมูลเวลา หรือ สถิติ ได้ โดยคลิกที่ปุ่ม More

#### 5. การบันทึกผล

การนำออกข้อมูลทำได้โดยการ คลิกที่ปุ่ม Save (ภาพผนวกที่ 5) เพื่อบันทึกข้อมูล จะปรากฏกล่อง Save as ให้ใส่ชื่อแฟ้มและเลือกที่เก็บแฟ้ม และคลิกที่ปุ่ม Save การแสดงผลลัพธ์ที่ดีที่สุดควรอยู่ใน Excel บันทึกชื่อแฟ้มเป็น .csv

การแสดงผลลัพธ์ (ภาพผนวกที่ 6) ในคอลัมน์แรก จะเป็นสถิติที่ใช้ คอลัมน์ที่สอง เป็นค่านัยสำคัญ  $\alpha=0.01$ ,  $\alpha=0.05$  และ  $\alpha=0.1$  หรือบางข้อมูลไม่มีค่านัยสำคัญจะแสดง NS คือ  $\alpha=0.1$  S หมายถึงค่านัยสำคัญทางสถิติ



ภาพผนวกที่ 5 การแสดงผลการทดสอบของแบบจำลอง TREND

Results.csv									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Data file : Campaspe River.cbt								
2									
3		Test statistic	Critical values			Critical values			Result
4			(Statistical table)			(Resampling)			
5			a=0.1	a=0.05	a=0.01	a=0.1	a=0.05	a=0.01	
6	Mann-Kendall	1.447	1.645	1.96	2.576	1.606	1.949	2.727	NS
7	Spearman's Rho	1.523	1.645	1.96	2.576	1.666	1.948	2.601	NS
8	Linear regression	1.432	1.681	2.012	2.685	1.64	1.948	2.567	NS
9	Cusum	6	8.627	9.617	11.526	9	10	11	NS
10	Cumulative deviation	1.055	1.14	1.27	1.52	1.151	1.266	1.517	NS
11	Worsley likelihood	2.895	2.87	3.16	3.79	2.857	3.189	3.621	S (0.1)
12	Rank Sum	-0.504	1.645	1.96	2.576	1.727	2.057	2.658	NS
13	Student's t	-0.516	1.68	2.011	2.682	1.641	1.96	2.465	NS
14	Median Crossing	0.429	1.645	1.96	2.576	1.571	1.857	2.429	NS
15	Turning Point	0	1.645	1.96	2.576	2.05	2.05	2.733	NS
16	Rank Difference	-1.077	1.645	1.96	2.576	1.642	1.918	2.457	NS
17	Auto Correlation	1.527	1.645	1.96	2.576	1.61	1.918	2.599	NS
18									

ภาพผนวกที่ 6 การแสดงผลการทดสอบของแบบจำลอง TREND ด้วย Excel

## ภาคผนวก ข. คำอธิบายของการทดสอบทางสถิติ

### 1. การทดสอบทางสถิติ

ในส่วนนี้จะบรรยายถึงการอธิบายพื้นฐานของการทดสอบทางสถิติ ที่เกี่ยวข้องกับการหาแนวโน้ม

#### 1.1 คำอธิบายพื้นฐาน

สมมติฐาน คือจุดเริ่มต้นของสถิติ กำหนดให้ สมมติฐานหลัก คือ  $H_0$  สมมติฐานรอง คือ  $H_1$  ตัวอย่างเช่น ทดสอบแนวโน้มของชุดเวลา  $H_0$  คือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล  $H_1$  แทนการเพิ่มขึ้นหรือลดของข้อมูล

การทดสอบทางสถิติ คือ การเปรียบเทียบค่า  $H_0$  กับ  $H_1$  ที่มีค่าแสดงตัวเลขที่ได้จากการคำนวณ ชุดข้อมูลที่นำมาทดลอง

ค่านัยสำคัญ คือค่าเฉลี่ยของการทดสอบทางสถิติ ซึ่งแตกต่างกับการวิเคราะห์ค่า ซึ่งจะดูค่าที่อยู่ภายใต้  $H_0$

ยอมรับ และปฏิเสธ มี 2 ค่าที่จะเป็นไปได้ คือ 1. ปฏิเสธ  $H_0$  2. ยอมรับ  $H_0$  เมื่อ  $H_1$  เป็นจริง ในการทดสอบถ้ากราฟเบี่ยงเบนไปในรูปแบบที่ 2 น้อยมากเท่าไรถือว่ามีประสิทธิภาพ (powerful)

#### 1.2 ค่านัยสำคัญ

ค่านัยสำคัญ คือค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ เป็นค่าสูงสุดหรือค่าที่มากกว่าของข้อสมมติฐาน ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ( $H_0$ ) ตัวอย่างเช่น  $\alpha = 0.05$  การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะมีค่า 5% สำหรับค่าของข้อมูลแบบสุ่ม ถ้าหากค่าของการทดสอบมากกว่าค่าของการวิเคราะห์ จะปฏิเสธ  $H_0$  ค่านัยสำคัญที่เป็นไปได้คือการปฏิเสธ  $H_0$  แสดงว่ามีแนวโน้มหรือการเบี่ยงเบนของกราฟ เมื่อไม่มีข้อมูล การตีค่าของค่านัยสำคัญที่เป็นไปได้

$\alpha > 0.1$  แทบจะไม่ปฏิเสธ  $H_0$

$0.05 < \alpha < 0.1$  เป็นไปได้ที่จะปฏิเสธ  $H_0$

$0.01 < \alpha < 0.05$  ปฏิเสธ  $H_0$

$\alpha < 0.01$  ปฏิเสธ  $H_0$  โดยสิ้นเชิง

สำหรับหลักการดั้งเดิมทางสถิติ การวิเคราะห์ค่านัยสำคัญ สามารถดูได้จาก ตารางหรือการคำนวณของข้อมูลที่ได้มีการจัดเตรียมไว้แล้ว

### 1.3 การวิเคราะห์การสุ่มเพื่อประเมินค่านัยสำคัญ

การวิเคราะห์แบบสุ่มเป็นหลักการที่มีความหนักแน่น ในการประเมินค่านัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประโยชน์ในการคำนวณข้อสมมุติฐานที่ไม่เป็นจริง ในการวิเคราะห์การสุ่ม การใส่ชุดข้อมูลเดิมที่จัดเตรียมเพื่อให้ค่าเท่ากับข้อมูลเดิม ข้อมูลมาจากการสุ่มข้อมูล ในรายปีของชุดข้อมูลเดิม ใน TREND ข้อมูล จะถูกสุ่มโดยการแทนที่ จัดตำแหน่งในชุดข้อมูล จะบรรจุข้อมูลได้มากกว่า 1 ที่อยู่ในชุดข้อมูลเดิมเหมือนกัน และไม่มีการใส่ข้อมูลอื่น ข้อมูลทางสถิติเดิม จะถูกเปรียบเทียบ ได้กับข้อมูล หรือ ค่าทางสถิติ

### 1.4 สถิติพารามตริกและสถิตินอนพารามตริก

สถิติพารามตริก เป็นการทดสอบเกี่ยวกับข้อสมมุติ ของข้อมูล ที่มีค่าเบี่ยงเบนจากแนวโน้มน มีประโยชน์สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่หรือ เปลี่ยนแปลงข้อมูล โดยปกติสถิติพารามตริก เป็นที่นิยมใช้ในสถิติทั่วไป

สถิตินอนพารามตริก โดยทั่วไปคือ การแจกแจงแบบอิสระ ใช้ในการหาแนวโน้มนหรือการเปลี่ยนแปลง แต่ไม่ได้กำหนดขนาดของแนวโน้มนหรือการเปลี่ยนแปลง ถือว่ามีประโยชน์มาก เพราะ มักพบข้อมูลแบบแจกแจงไม่ปกติ