การวิเคราะห์การกระจายและแนวโน้มของฝนแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

นาย การุณย์ อักกาญจน์วาณิชย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-194-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16425153

DISTRIBUTION AND TREND ANALYSIS OF DROUGHT IN NORTHEAST THAILAND

Mr. Karoon Akkanwanich

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-632-194-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์การกระจายและแนวโน้มของฝนแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
โดย	นาย การุณย์ อักกาญจน์วาณิชย์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยพันธุ์ รักวิจัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. เสรี จันทรโยธา)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

การุณย์ อักกาญจน์วาณิชย์ : การวิเคราะห์การกระจายและแนวโน้มของฝนแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (DISTRIBUTION AND TREND ANALYSIS OF DROUGHT IN NORTHEAST THAILAND) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์, 291 หน้า. ISBN 974-632-194-3

การศึกษาครั้งนี้มุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์การกระจาย และแนวโน้มสภาวะฝนแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายวัน จำนวนวันฝนตก และจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดรายปี ระหว่างปี พ.ศ.2495-2534 เพื่อหาสมการการกระจายความถี่ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์การกระจายแนวโน้ม และการกระจายตามพื้นที่ของฝนแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลการศึกษาพบว่า สมการการกระจายความถี่ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ฝนแล้ง คือ 1. สมการ Normal เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกรายปี ปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกหลังเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วง 2. สมการ Two Parameter Lognormal เหมาะสมกับข้อมูลจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดรายปี 3. สมการ Extreme Value Type I เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกก่อนเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วง ปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกนอกฤดูฝน จากค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดที่ศึกษา สรุปได้ว่า ฤดูฝนเริ่มในช่วงวันที่ 11 พฤษภาคมและสิ้นสุดในช่วงวันที่ 8 ตุลาคม ของทุกปี โดยมีจำนวนวันฝนตก 50-120 วันต่อปี ปริมาณฝนตกรายปี 900-2,600 มิลลิเมตร สภาวะฝนทิ้งช่วงเกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคมและมีจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดรายปี 10-35 วัน (สำหรับคาบกลับ 2 ปี) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนรายปีในช่วง 40 ปี (พ.ศ.2495-2534) มีลักษณะแกว่งตัวมากน้อยตามปรากฏการณ์ธรรมชาติ และมีอัตราลดลงเล็กน้อยคือ 2.47 มิลลิเมตรต่อปี ช่วงเวลาที่ฝนรายปีต่ำกว่าเส้นถดถอยเฉลี่ยนาน 5 ปีต่อครั้ง และมีปริมาณน้อยกว่าเส้นถดถอยเฉลี่ย 83.7 มิลลิเมตรต่อปี การเกิดสภาวะฝนแล้งเกิดห่างกันเฉลี่ย 5 ปีต่อครั้ง แนวโน้มของจำนวนวันฝนตกรายปีมีอัตราเพิ่มขึ้นเล็กน้อยคือ 0.15 วันต่อปี ช่วงเวลาที่จำนวนวันฝนตกรายปีต่ำกว่าเส้นถดถอยเฉลี่ยนาน 8 ปีต่อครั้ง การเกิดสภาวะจำนวนวันตกแล้งรายปีเกิดห่างกันเฉลี่ย 3 ปีต่อครั้ง แนวโน้มของสภาวะฝนทิ้งช่วง มีอัตราเพิ่มขึ้นเล็กน้อยคือ 0.05 วันต่อปี ช่วงเวลาที่จำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดรายปีมากกว่าเส้นถดถอยเฉลี่ย 5 ปีต่อครั้ง มีจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดรายปีมากกว่าเส้นถดถอยเฉลี่ย 2 วันต่อปี การเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานเกิดห่างกันเฉลี่ย 5 ปีต่อครั้ง

โดยรวมแล้วพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือแบ่งตามสภาวะฝนแล้งได้ 4 เขต โดยมีเขตที่มีสภาวะฝนแล้งมาก คือ จังหวัดชัยภูมิ ขอนแก่น นครราชสีมา และเลย เขตที่มีสภาวะฝนชุ่มชื้น คือ จังหวัดนครพนม และหนองคาย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C315145 : MAJOR CIVIL ENGINEERING
KEY WORD: : DROUGHT / NORTHEAST THAILAND

KAROON AKKANWANICH : DISTRIBUTION AND TREND ANALYSIS OF DROUGHT IN NORTHEAST THAILAND. THESIS ADVISOR : ASSI. PROF. DR. SUCHARIT KOONTANAKULVONG, 291 pp. ISBN 974-632-194-3

The study aimed to analyse the distribution and trend of drought in Northeast Thailand by using the data of daily rainfall, rainy day and maximum dry spell duration during the year 1952-1991 in order to find the appropriate frequency distribution function, trend and spatial distribution of drought in Northeast Thailand.

The study found that the appropriate frequency functions for drought analysis are Normal, Two Parameter Log Normal and Extreme Value Type I equations for rainfall, rainy day of annual and period after dry spell, for maximum dry spell duration and for rainfall and rainy day of period before dry spell and dry season respectively. The study data indicated that in average rain in Northeast Thailand Started form May 11 and ended in October 8. The rainy day was 50-120 days per year and the annual rainfall was 900-2600 millimeter. Dry spell in Northeast Thailand occurred in July with the duration of 10-35 days (for 2 years return period). The trend of 40 years rainfall data is fluctuating as natural phenomena but the overall trend for annual rainfall slightly decreased i.e., 2.47 millimeter per year with the average of 5 consecutive years period and 83.7 millimeter per year below regression line. The drought rainfall year occurred every 5 years. The rainy day increased be 0.15 day per year with the average of 8 years below regression line. The drought rainy day year occurred every 3 years. Dry spell duration also increased by 0.05 day per year with the average of 5 consecutive years period and 2 days per year below regression line. Serious dry spell occurred every 5 years in average.

As a whole, the drought condition in Northeast Thailand can be categorized into 4 zones where the most sensitive of drought area was found in Chaiyapum, Khonkaen, Nakhonratchasima and Loei Provinces and the wet area was found in Nakonphanom and Nongkhai Provinces.

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยพันธุ์ รักวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุจริต คุณธนกุลวงศ์ อาจารย์ ดร. เสรี จันทรโยธา และคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิทยาการและคอยให้คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุจริต คุณธนกุลวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด

อนึ่ง ข้าพเจ้าขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศ สำนักงานพลังงานแห่งชาติ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลในการวิจัยด้วยดี ขอขอบคุณศูนย์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาวิศวกรรม-แหล่งน้ำ และชมรมวิศวกรรมแหล่งน้ำ ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านเครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยบางส่วน และขอขอบคุณผู้บังคับบัญชาทุกระดับชั้นในสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม ที่ได้สนับสนุนให้ข้าพเจ้าได้มาศึกษาในครั้งนี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของรุ่นพี่ เพื่อน และรุ่นน้องชาววิศวกรรมแหล่งน้ำ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจด้วยดีมาโดยตลอด

ท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งคอยอบรมเลี้ยงดู และให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน ด้วยความห่วงใยเสมอมา และขอขอบคุณพี่และน้องที่คอยให้กำลังใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งพี่สาวที่ได้ช่วยพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

การุณย์ อักกาญจน์วาณิชย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฐ
สารบัญรูป..... ณ

บทที่ 1 บทนำ..... 1
บทนำและความเป็นมา..... 1
วัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา..... 2
การศึกษาที่ผ่านมา..... 3
ขั้นตอนการศึกษา..... 6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 7

บทที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา..... 12
ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์..... 12
สภาพภูมิประเทศ..... 12
1. เขตลักษณะภูมิประเทศ..... 13
2. ลุ่มน้ำและลำน้ำที่สำคัญ..... 14
สภาพภูมิอากาศ..... 15
1. ฤดูกาล..... 15
2. ปริมาณและการกระจายของฝน..... 16
3. อุณหภูมิ..... 16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. ความกดอากาศ..... 17
5. ความชื้นสัมพัทธ์..... 17
สภาพความแห้งแล้ง..... 17

บทที่ 3 คำนิยามและทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา..... 26
คำนิยาม..... 26
1. การเริ่ม/สิ้นสุดฤดูฝน..... 26
2. สภาวะฝนแล้งรายปี..... 27
3. สภาวะฝนทิ้งช่วง..... 28
4. สภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน..... 29
สมการการกระจายความถี่ที่ใช้และการหาค่าพารามิเตอร์..... 29
1. การกระจายแบบปกติ Normal Distribution..... 30
2. การกระจายแบบ Two Parameter Lognormal..... 32
3. การกระจายแบบ Extreme Value Type I..... 33
การทดสอบความเหมาะสมของสมการการกระจายความถี่..... 34
การวิเคราะห์แนวโน้ม..... 35
1. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง
(Linear Regression Analysis)..... 35
2. วิธีปรับข้อมูลให้เรียบ (Smoothing Method)..... 36
การวิเคราะห์การกระจายตามพื้นที่..... 37

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ข้อมูลที่ใช้และแนวทางการวิเคราะห์..... 41
ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์..... 41
1. ปริมาณน้ำฝน..... 41
2. รหัสสถานีวัดปริมาณน้ำฝน..... 42
3. ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์..... 43
การคัดเลือกสถานีวัดปริมาณน้ำฝน..... 44
การคัดเลือกสมการการกระจายความถี่..... 46
การวิเคราะห์แนวโน้ม..... 47
1. การวิเคราะห์แนวโน้มเชิงเส้นตรง..... 47
2. การพิจารณาแนวโน้มลักษณะวงจร..... 48
3. การพิจารณาแนวโน้มลักษณะสภาวะฝนแล้ง..... 50
การวิเคราะห์การกระจายตามพื้นที่..... 51
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะฝนแล้งรายปีกับสภาวะฝนทิ้งช่วง..... 52
การวิเคราะห์สภาวะฝนแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ..... 53

บทที่ 5 ผลการศึกษา..... 71
การวิเคราะห์ช่วงเวลาฤดูฝนและสภาวะฝนทิ้งช่วง..... 71
การวิเคราะห์การกระจายความถี่..... 72
1. การกระจายความถี่ของปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกรายปี..... 72
2. การกระจายความถี่ของจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี..... 72
3. การกระจายความถี่ของปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกก่อนเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วง..... 73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. การกระจายความถี่ของปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกหลังเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วง..... 73
5. การกระจายความถี่ของปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกนอกฤดูฝน.... 74
การวิเคราะห์แนวโน้ม..... 75
1. แนวโน้มเชิงเส้นตรง..... 75
1.1 การวิเคราะห์แนวโน้มเชิงเส้นตรงของปริมาณฝนรายปี..... 75
1.2 การวิเคราะห์แนวโน้มเชิงเส้นตรงของจำนวนวันฝนตกรายปี. 75
1.3 การวิเคราะห์แนวโน้มเชิงเส้นตรงของจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี..... 76
2. แนวโน้มลักษณะวงจรของข้อมูล..... 77
2.1 การวิเคราะห์แนวโน้มลักษณะวงจรของข้อมูลปริมาณฝนรายปี. 75
2.2 การวิเคราะห์แนวโน้มลักษณะวงจรของข้อมูลจำนวนวันฝนตกรายปี..... 78
2.3 การวิเคราะห์แนวโน้มลักษณะวงจรของข้อมูลจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี..... 78
3. แนวโน้มการเกิดสภาวะฝนแล้ง..... 80
3.1 การวิเคราะห์แนวโน้มของการเกิดสภาวะฝนแล้งรายปี..... 80
3.2 การวิเคราะห์แนวโน้มของการเกิดสภาวะจำนวนวันฝนตกแล้งรายปี..... 81
3.3 การวิเคราะห์แนวโน้มของความถี่สภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน.. 81

การวิเคราะห์การกระจายตามพื้นที่..... 84
1, การกระจายตามพื้นที่ของช่วงเวลาฤดูฝนและสภาวะฝนทิ้งช่วง..... 84
2. การกระจายตามพื้นที่ของปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกรายปี..... 85

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. การกระจายตามพื้นที่ของจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี..... 86
4. การกระจายตามพื้นที่ของปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตก่อนเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วง..... 86
5. การกระจายตามพื้นที่ของปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตหลังเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วง..... 87
6. การกระจายตามพื้นที่ของปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตนอกฤดู..... 88
7. การกระจายตามพื้นที่ของแนวโน้มปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตรายปี. 88
8. การกระจายตามพื้นที่ของแนวโน้มจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี. 89
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะฝนแล้งรายปีกับสภาวะฝนทิ้งช่วง..... 90
1. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนรายปีกับจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี..... 90
2. ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาที่เกิดสภาวะฝนแล้งรายปีกับสภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน..... 90
3. ความสัมพันธ์ตามพื้นที่ระหว่างสภาวะฝนแล้งรายปีกับสภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน..... 91
การวิเคราะห์สภาวะฝนแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ..... 91

บทที่ 6 สรุปและเสนอแนะ..... 163
สรุปผลการศึกษา..... 163
1. ช่วงเวลาฤดูฝนและสภาวะฝนทิ้งช่วง..... 163
2. สมการการกระจายความถี่ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูล..... 164
3. การกระจายความถี่ของข้อมูล..... 164
4. แนวโน้มของข้อมูล..... 165
5. การกระจายตามพื้นที่ของผลการวิเคราะห์..... 166

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6. ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะฝนแล้งรายปีกับสภาวะฝนทิ้งช่วง..... 167
7. สภาวะฝนแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ..... 168
ข้อเสนอแนะ..... 169

รายการอ้างอิง..... 170

ภาคผนวก ก. ผลการวิเคราะห์การกระจายความถี่ของข้อมูลของแต่ละสถานี (73 สถานี) 173
ภาคผนวก ข. กราฟแนวโน้มของปริมาณฝนรายปี จำนวนวันฝนตกรายปี
และจำนวนวันฝนทิ้งช่วง..... 229
ภาคผนวก ค. การกระจายตามพื้นที่ของผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่โอกาสเกิดต่าง ๆ..... 259
ประวัติผู้เขียน..... 291

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	สรุปขอบเขตของการศึกษา	8
2-1	ลักษณะของฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งออกเป็นรายเดือน	19
2-2	ลักษณะอากาศโดยทั่วไปของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (คาบการตรวจ 30 ปี พ.ศ. 2499 - 2528)	20
4-1	ตัวอย่างข้อมูลที่คัดเลือกมาใช้ในการวิเคราะห์	54
4-2	รายชื่อสถานีวัดปริมาณน้ำฝนที่คัดเลือกมาใช้ในการศึกษา	55
4-3	ตัวอย่างผลของโปรแกรมตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล	59
4-4	ค่าคลาดเคลื่อนจากการทดสอบสมการการกระจายความถี่กับข้อมูลปริมาณฝนรายปี	60
4-5	ค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนจากการทดสอบสมการการกระจายความถี่กับข้อมูลชนิดต่าง ๆ	61
5-1	ค่าเฉลี่ยของวันเริ่มต้นและสิ้นสุด ฤดูฝนและฝนทิ้งช่วง	94
5-2	สรุปวันเริ่ม/สิ้นสุดฤดูฝนและฝนทิ้งช่วงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	96
5-3	สรุปค่าปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกรายปี ที่ได้จากการวิเคราะห์การกระจายความถี่	96
5-4	สรุปจำนวนวันฝนทิ้งช่วงที่ได้จากการวิเคราะห์การกระจายความถี่	97
5-5	สรุปค่าปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกก่อนเกิดฝนทิ้งช่วงที่ได้จากการวิเคราะห์การกระจายความถี่	97
5-6	สรุปค่าปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกหลังเกิดฝนทิ้งช่วงที่ได้จากการวิเคราะห์การกระจายความถี่	98
5-7	สรุปค่าปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกนอกฤดูฝนที่ได้จากการวิเคราะห์การกระจายความถี่	98
5-8	สรุปผลการวิเคราะห์การกระจายความถี่ของข้อมูลชนิดต่าง ๆ	99
5-9	สรุปช่วงเวลาฤดูฝนและฝนทิ้งช่วง (กรณี R <= 30 มม.)	100

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5-10 แนวโน้มเชิงเส้นตรงของข้อมูลปริมาณฝนรายปี..... 101
5-11 แนวโน้มเชิงเส้นตรงของข้อมูลจำนวนวันฝนตกรายปี..... 102
5-12 แนวโน้มเชิงเส้นตรงของข้อมูลจำนวนวันฝนทิ้งช่วง (R = 0 มม.)..... 103
5-13 แนวโน้มเชิงเส้นตรงของข้อมูลจำนวนวันฝนทิ้งช่วง (R <= 10 มม.)..... 104
5-14 แนวโน้มเชิงเส้นตรงของข้อมูลจำนวนวันฝนทิ้งช่วง (R <= 20 มม.)..... 105
5-15 แนวโน้มเชิงเส้นตรงของข้อมูลจำนวนวันฝนทิ้งช่วง (R <= 30 มม.)..... 106
5-16 แนวโน้มช่วงเวลาที่ฝนรายปีต่ำกว่าเส้นถดถอย..... 107
5-17 แนวโน้มช่วงเวลาที่จำนวนวันฝนตกรายปีต่ำกว่าเส้นถดถอย..... 108
5-18 แนวโน้มช่วงเวลาที่จำนวนวันฝนทิ้งช่วง (R = 0 มม.) สูงกว่าเส้นถดถอย..... 109
5-19 แนวโน้มช่วงเวลาที่จำนวนวันฝนทิ้งช่วง (R <= 10 มม.) สูงกว่าเส้นถดถอย.... 110
5-20 แนวโน้มช่วงเวลาที่จำนวนวันฝนทิ้งช่วง (R <= 20 มม.) สูงกว่าเส้นถดถอย.... 111
5-21 แนวโน้มช่วงเวลาที่จำนวนวันฝนทิ้งช่วง (R <= 30 มม.) สูงกว่าเส้นถดถอย.... 112
5-22 แนวโน้มการเกิดสภาวะฝนแล้งรายปี..... 113
5-23 แนวโน้มการเกิดสภาวะจำนวนวันฝนตกแล้งรายปี..... 114
5-24 แนวโน้มการเกิดสภาวะจำนวนวันฝนทิ้งช่วงยาวนาน (R = 0 มม.)..... 115
5-25 แนวโน้มการเกิดสภาวะจำนวนวันฝนทิ้งช่วงยาวนาน (R <= 10 มม.)..... 116
5-26 แนวโน้มการเกิดสภาวะจำนวนวันฝนทิ้งช่วงยาวนาน (R <= 20 มม.)..... 117
5-27 แนวโน้มการเกิดสภาวะจำนวนวันฝนทิ้งช่วงยาวนาน (R <= 30 มม.)..... 118
5-28 ช่วงเวลาที่เกิดสภาวะฝนแล้งรายปีในแต่ละสถานี..... 119
5-29 ช่วงเวลาที่เกิดสภาวะจำนวนวันฝนตกแล้งรายปีในแต่ละสถานี..... 120
5-30 ช่วงเวลาที่เกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน (R = 0 มม.) ในแต่ละสถานี..... 121
5-31 ช่วงเวลาที่เกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน (R <= 10 มม.) ในแต่ละสถานี..... 122
5-32 ช่วงเวลาที่เกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน (R <= 20 มม.) ในแต่ละสถานี..... 123
5-33 ช่วงเวลาที่เกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน (R <= 30 มม.) ในแต่ละสถานี..... 124

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5-34 สรุปผลการวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ..... 125
5-35 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนรายปีกับจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุด ประจำปีของแต่ละสถานี..... 126
5-36 ปีที่เกิดสภาวะฝนแล้งรายปีกับสภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานแบบต่าง ๆ ในแต่ละสถานี... 127
5-37 เกณฑ์การแบ่งเขตสภาวะฝนแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ..... 128
5-38 ค่าเฉลี่ยวันเริ่ม/สิ้นสุดฤดูฝนและสภาวะฝนทิ้งช่วงและข้อมูลต่าง ๆ (คาบการเกิดซ้ำ 2 ปี) ของแต่ละสถานีในเขตที่ 1 (เขตฝนแล้งมาก)..... 129
5-39 ค่าเฉลี่ยวันเริ่ม/สิ้นสุดฤดูฝนและสภาวะฝนทิ้งช่วงและข้อมูลต่าง ๆ (คาบการเกิดซ้ำ 2 ปี) ของแต่ละสถานีในเขตที่ 2 (เขตฝนแล้งปานกลาง)..... 130
5-40 ค่าเฉลี่ยวันเริ่ม/สิ้นสุดฤดูฝนและสภาวะฝนทิ้งช่วงและข้อมูลต่าง ๆ (คาบการเกิดซ้ำ 2 ปี) ของแต่ละสถานีในเขตที่ 3.1 (เขตฝนแล้งน้อยตอนเหนือ) 131
5-41 ค่าเฉลี่ยวันเริ่ม/สิ้นสุดฤดูฝนและสภาวะฝนทิ้งช่วงและข้อมูลต่าง ๆ (คาบการเกิดซ้ำ 2 ปี) ของแต่ละสถานีในเขตที่ 3.2 (เขตฝนแล้งน้อยตอนใต้).. 132
5-42 ค่าเฉลี่ยวันเริ่ม/สิ้นสุดฤดูฝนและสภาวะฝนทิ้งช่วงและข้อมูลต่าง ๆ (คาบการเกิดซ้ำ 2 ปี) ของแต่ละสถานีในเขตที่ 4 (เขตฝนชุ่มชื้น)..... 133
5-43 เปรียบเทียบวันเริ่ม/สิ้นสุดฤดูฝนและสภาวะฝนทิ้งช่วงในแต่ละเขต ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ..... 134
5-44 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การกระจายความถี่ของข้อมูลชนิดต่าง ๆ ในแต่ละเขต กับพื้นที่ทั้งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (คาบการเกิดซ้ำ 2 ปี)..... 135

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ....	9
1-2	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	10
1-3	ผังขั้นตอนการศึกษา.....	11
2-1	ขอบเขตของพื้นที่ศึกษา.....	21
2-2	ลักษณะภูมิประเทศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	22
2-3	ลุมน้ำที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	23
2-4	ทิศทางลมมรสุม แนวช่องความกดอากาศ และทางเดินพายุหมุนเขตร้อน ที่มีผลต่อฤดูกาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	24
2-5	ฝนเฉลี่ยรายปี.....	25
3-1	ช่วงระยะเวลาฤดูฝนและฝนทิ้งช่วง.....	39
3-2	การแบ่งเส้นกริดตามแกน X , Y (10 กม. x 10 กม.).....	40
4-1	ที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา.....	62
4-2	ตัวอย่างเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนจากสมการการกระจายความถี่ชนิดต่าง ๆ....	63
4-3	ตัวอย่างแสดงกราฟการทำ Moving Average 3, 5, 7 และ 9 ปี.....	64
4-4	แนวโน้มเชิงเส้นตรง (เส้นถดถอย) ที่ใช้อธิบายแนวโน้มของข้อมูล.....	65
4-5	ตัวอย่างการพิจารณาแนวโน้มลักษณะวงจรของช่วงเวลาปีฝนแล้งเทียบกับเส้นถดถอย	66
4-6	ตัวอย่างการพิจารณาแนวโน้มลักษณะวงจรของช่วงเวลาฝนทิ้งช่วงรายปี เทียบกับเส้นถดถอย.....	67
4-7	ตัวอย่างการพิจารณาแนวโน้มการเกิดสภาวะฝนแล้งรายปี.....	68
4-8	ตัวอย่างการพิจารณาแนวโน้มการเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน.....	69
4-9	เปรียบเทียบเส้นชั้นน้ำฝนเท่ากันที่ได้จากการแบ่งเส้นกริด 5, 10, 20 และ 30 กิโลเมตร.....	70
5-1	ช่วงเวลาฤดูฝนและฝนทิ้งช่วง.....	136
5-2	การกระจายตามพื้นที่ของวันเริ่มฤดูฝน.....	137

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5-3 การกระจายตามพื้นที่ของวันเริ่มสภาวะฝนทิ้งช่วง..... 138
5-4 การกระจายตามพื้นที่ของวันสิ้นสุดสภาวะฝนทิ้งช่วง..... 139
5-5 การกระจายตามพื้นที่ของวันสิ้นสุดฤดูฝน..... 140
5-6 การกระจายตามพื้นที่ของปริมาณฝนรายปีที่โอกาสเกิดมากกว่า ร้อยละ 50..... 141
5-7 การกระจายตามพื้นที่ของจำนวนวันฝนตกรายปีที่โอกาสเกิดมากกว่า ร้อยละ 50... 142
5-8 การกระจายตามพื้นที่ของจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี (R = 0 มม.)
ที่โอกาสเกิดมากกว่า ร้อยละ 50..... 143
5-9 การกระจายตามพื้นที่ของจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี (R <= 10 มม.)
ที่โอกาสเกิดมากกว่า ร้อยละ 50..... 144
5-10 การกระจายตามพื้นที่ของจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี (R <= 20 มม.)
ที่โอกาสเกิดมากกว่า ร้อยละ 50..... 145
5-11 การกระจายตามพื้นที่ของจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี (R <= 30 มม.)
ที่โอกาสเกิดมากกว่า ร้อยละ 50..... 146
5-12 การกระจายตามพื้นที่ของปริมาณฝนก่อนเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงที่โอกาสเกิดมากกว่า
ร้อยละ 50..... 147
5-13 การกระจายตามพื้นที่ของจำนวนวันฝนตกก่อนเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วง
ที่โอกาสเกิดมากกว่าร้อยละ 50..... 148
5-14 การกระจายตามพื้นที่ของปริมาณฝนหลังเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงที่โอกาสเกิดมากกว่า
ร้อยละ 50..... 149
5-15 การกระจายตามพื้นที่ของจำนวนวันฝนตกหลังเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วง
ที่โอกาสเกิดมากกว่าร้อยละ 50..... 150
5-16 การกระจายตามพื้นที่ของปริมาณฝนตกนอกฤดูฝนที่โอกาสเกิดมากกว่าร้อยละ 50... 151
5-17 การกระจายตามพื้นที่ของจำนวนวันฝนตกนอกฤดูฝนที่โอกาสเกิดมากกว่าร้อยละ 50 152
5-18 การกระจายตามพื้นที่ของแนวโน้มปริมาณฝนรายปีในรอบ 40 ปี..... 153

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5-19 การกระจายตามพื้นที่ของแนวโน้มจำนวนวันฝนตกรายปีในรอบ 40 ปี..... 154
5-20 การกระจายตามพื้นที่ของแนวโน้มจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี
(R = 0 มม.) ในรอบ 40 ปี..... 155
5-21 การกระจายตามพื้นที่ของแนวโน้มจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี
(R <= 10 มม.) ในรอบ 40 ปี..... 156
5-22 การกระจายตามพื้นที่ของแนวโน้มจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี
(R <= 20 มม.) ในรอบ 40 ปี..... 157
5-23 การกระจายตามพื้นที่ของแนวโน้มจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดประจำปี
(R <= 30 มม.) ในรอบ 40 ปี..... 158
5-24 การกระจายตามพื้นที่ของโอกาสเกิดฝนแล้งรายปีในรอบ 40 ปี..... 159
5-25 การกระจายตามพื้นที่ของโอกาสเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน ในรอบ 40 ปี..... 160
5-26 การกระจายตามพื้นที่ของโอกาสเกิดฝนแล้งรายปีพร้อมกับเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วง
ยาวนาน ในรอบ 40 ปี..... 161
5-27 เขตพื้นที่ฝนแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ..... 162