ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ	วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การประยุกต์ใช้สมการมัลติควอดคริกและเทคนิค 3D CAD สำหรับปริมาณฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ในลุ่มน้ำประเทศไทย

Application of Multiquadric Equations and 3D CAD Technique for Estimation of Mean Areal Rainfall on Thailand Basins

นามผู้วิจัย นายโอฬาร ทองขาวเผือก

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทีฆวุฒิ พุทธภิรมย์, M.Sc.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์สุวัฒนา จิตตลดากร, Ph.D.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์ประทีป ดวงเดือน, M.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรชัย ลิปิวัฒนาการ, M.Asc.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้สมการมัลติควอดริคและเทคนิค 3D CAD สำหรับปริมาณฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ในลุ่มน้ำประเทศไทย

Application of Multiquadric Equations and 3D CAD Technique for Estimation of Mean Areal Rainfall on Thailand Basins

โดย

นายโอฬาร ทองขาวเผือก

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โอฬาร ทองขาวเผือก 2554: การประยุกต์ใช้สมการมัลติควอดคริกและเทคนิค 3D CAD สำหรับปริมาณฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ในลุ่มน้ำประเทศไทย ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทีฆวุฒิ พุทธภิรมย์, M.Sc. 123 หน้า

งานประยุกต์ในอุทกวิทยาโดยเฉพาะการศึกษาในพื้นที่ขนาดใหญ่ จำเป็นจะต้องประมาณการค่าเฉลี่ยความลึกของฝนเชิงพื้นที่ซึ่งเป็นพารามิเตอร์หลักในการคำนวณปริมาณน้ำท่าและน้ำสมดุลย์ของลุ่มน้ำ การศึกษาและวิเคราะห์ปรากฏการณ์ฝนโดยประเพณีนิยมถือว่าเป็นขบวนการแบบเฟ้นสุ่ม (stochastic processes) การแปรผันของของความลึกฝนมีลักษณะเสมือนพื้นผิวสามมิติ มีความสัมพันธ์เชิงสุ่มและเชิงบวกกับความลึกฝนโดยรอบ โดยมีข้อสมมุติปกติ ๒ ประการคือ เป็นขบวนการที่มีลักษณะเอกพันธ์และเสมือนกันทุกทาง

การหาค่าถ่วงน้ำหนักของฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่มีพัฒนาการที่ยาวนาน ตั้งแต่การหาค่าเฉลี่ยเชิงคณิตศาสตร์ ค่าเฉลี่ยแบบธีเอสเสน การหาค่าเฉลี่ยแบบเส้นชั้นน้ำฝนตลอดจนการหาค่าพื้นผิวที่เหมาะสมเชิงตัวเลขทั้งวิธีคริกกิ้ง แบบส่วนกลับระยะทาง และแบบพื้นผิวมัลติควอดริค

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้วิธีพื้นผิวมัลติควอดริคในการหาค่าสัมประสิทธิ์ถ่วงน้ำหนักของปริมาณฝนเฉลี่ยและนำเทคนิค 3D CAD มาใช้ในการคำนวณปริมาตรใต้กรวยมัลติควอดริคโดยไม่ต้องใช้ข้อมูลฝน ซึ่งเมื่อตรวจสอบค่า “RMSE” มีค่าต่ำและมีผลใกล้เคียงกับวิธีของธีเอสเสน โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกรังจะให้ค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดคือต่างจากค่าฝนเฉลี่ยคาบ30 ปีเพียง 0.84 มม./ปี ในปีที่มีฝนมาก(1990)และ0.97 มม.ปี ในปีที่มีฝนน้อย(1993) และในปีที่มีฝนน้อยจะมีค่าRMSE ใกล้เคียงกับวิธีของธีเอสเสนมากกว่าปีที่ฝนมากในทุกลุ่มน้ำ วิธีการดังกล่าวเหมาะที่นำไปประยุกต์ใช้ในการหาค่าปริมาณฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ระดับลุ่มน้ำหลักและในสถานการณ์ที่แตกต่างกันในประเทศไทยต่อไป

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Olan Thongkhawphurg 2011: Application of Multiquadric Equations and 3D CAD Technique for Estimation of Mean Areal Rainfall on Thailand Basins. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Teekawuth Potapirom, M.Sc. 123 pages.

For application in hydrology , especially studies involving large area , it is usually beneficial to have estimates of average areal rain fall depth it is main parameter for calculation runoff and water balance on a watershed. Rainfall phenomena have traditionally been analyzed as stochastic processes. The variation of rainfall depth can be thought as a 3D surface with a random variable and is positively correlated with surrounding rainfall depths. Two typical assumptions are that the rainfall process is spatially homogeneous and is isotropic.

Areal rainfall estimation have development for along tine Such as the Arithmetic Mean, the Thiessen Polygon and Isohyetal overall. Numerical surface fitting methods such as kriging, reciprocal distance and multiquadric Equation.

In cause of study apply of multiquadric equations and 3D cad technique for volume under cone and compairision the root mean squre error (RMSE) are lightly with thiessen by at the sakeakrang river basin have RMSE are lightly with thiessen more than other river basin in 1999 is the year that have many rainfall RMSE is 0.84 mm./year and 1993 is the year that have light rainfall RMSE is 0.97 mm./year and in the year that have light rainfall of ever river basin in Thailand have RMSE neary Theeasen method more than year that have many rainfall so that Application of multiquadric equation can apply estimate of areal rain fall on Thailand basins.

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ความกรุณาในการให้คำปรึกษาแนะแนวทาง และให้ความช่วยเหลืออย่างมากจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ทีฆวุฒิ พุทธภิรมย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์สุวัฒนา จิตตลดากร กรรมการวิชาเอก รองศาสตราจารย์ประทีป ดวงเดือน กรรมการวิชารอง

ขอบคุณเพื่อนๆพี่ สำนักชลประทานที่ 16 ที่คอยให้คำแนะนำและให้กำลังใจ

ขอขอบคุณพ่อ แม่ ภรรยา ญาติพี่น้องและผู้เกี่ยวข้องทุกคนที่คอยให้กำลังใจจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านบ้างไม่มากก็น้อย คุณความดีทั้งหมดนี้ขอกราบแทบเท้ามอบแด่ พ่อจำลอง แม่แปลก ทองขาวเผือก ที่ให้กำเนิดและอุ้มชู คอยดูแลและให้กำลังใจเสมอมา ส่งเสริมลูกจนประสบความสำเร็จในครั้งนี้

โอฬาร ทองขาวเผือก

พฤษภาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(10)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	47
อุปกรณ์	47
วิธีการศึกษา	47
ผลการศึกษาและวิจารณ์	50
สรุปผลการศึกษา	95
ปัญหาและข้อเสนอแนะ	98
ปัญหา	98
ข้อเสนอแนะ	99
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	100
ภาคผนวก	102
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	123

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การรายงานลักษณะของฝน	7
2	การพยากรณ์บริเวณที่จะมีฝนตก	7
3	การรายงานประเภทฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา	8
4	ชื่อพายุหมุนตามความเร็วลมใกล้ศูนย์กลางพายุ	10
5	รายชื่อพายุหมุนเขตร้อนใช้ในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตก โดยเริ่มใช้เมื่อ 1 มกราคม 2545	11
6	จำนวนสถานีวัดน้ำฝนน้อยที่สุด สำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายเดือน	18
7	ความหนาแน่นของจำนวนสถานีวัดน้ำในน้อยที่สุดตามลักษณะและขนาดพื้นที่	18
8	รายชื่อลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำในประเทศไทย	28
9	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำกกในคาบ 30 ปี โดยเฉลี่ยจากข้อมูลอากาศในสถานีตรวจวัดอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาที่กระจายอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำกก	32
10	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำกกในคาบ 30 ปี โดยเฉลี่ยจากข้อมูลอากาศในสถานีตรวจวัดอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาที่กระจายอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง	34
11	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำกกในคาบ 30 ปี โดยเฉลี่ยจากข้อมูลอากาศในสถานีตรวจวัดอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาที่กระจายอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	36
12	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำกกในคาบ 30 ปี โดยเฉลี่ยจากข้อมูลอากาศในสถานีตรวจวัดอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาที่กระจายอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	38
13	ผลการวิเคราะห์ลุ่มน้ำกก	69
14	ผลการวิเคราะห์ลุ่มน้ำสะแกกรัง	70
15	ผลการวิเคราะห์ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	71
16	ผลการวิเคราะห์ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	71
17	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.1989 (ปีฝนน้อย) ลุ่มน้ำกก	72

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.1971 (ปีฝนมาก) ลุ่มน้ำกก	73
19	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.200 ลุ่มน้ำกก	74
20	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.1997 ลุ่มน้ำกก	75
21	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ เฉลี่ยทุกปี(คาบ55ปี) ลุ่มน้ำกก	76
22	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.1993 (ปีฝนน้อย) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	77
23	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.1999 (ปีฝนมาก) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	78
24	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.1989 ลุ่มน้ำสะแกกรัง	79
25	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.2000 ลุ่มน้ำสะแกกรัง	80
26	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ เฉลี่ยทุกปี(คาบ55ปี) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	81
27	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.2005 (ปีน้ำน้อย) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	82
28	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.2000 (ปีน้ำมาก) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	83
29	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.1991 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	84
30	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.1997 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	85
31	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ เฉลี่ยทุกปี (คาบ55ปี) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	86
32	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.2006 (ปีน้ำน้อย) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	87
33	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.2000 (ปีน้ำน้อย) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	88
34	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.1994 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	89
35	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.2001 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	90
36	ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ เฉลี่ยทุกปี (คาบ55ปี) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	91
37	ผลการทดสอบเชื่อถือด้วยวิธี RMSE ของลุ่มน้ำกก	93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
38	ผลการทดสอบเชื่อถือด้วยวิธี RMSE ของลุ่มปราจีนบุรี	93
39	ผลการทดสอบเชื่อถือด้วยวิธี RMSE ของลุ่มน้ำสะแกกรัง	94
40	ผลการทดสอบเชื่อถือด้วยวิธี RMSE ของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	94
41	เปรียบเทียบจำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่ควรมีตามหลักสากลในพื้นที่ลุ่มน้ำ	98

ตารางผนวกที่

1	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย ในพื้นที่ลุ่มน้ำกก	103
2	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1989 ในพื้นที่ลุ่มน้ำกก	104
3	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1971 ในพื้นที่ลุ่มน้ำกก	105
4	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1997 ในพื้นที่ลุ่มน้ำกก	106
5	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2002 ในพื้นที่ลุ่มน้ำกก	107
6	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย ในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง	108
7	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1993 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง	109
8	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1999 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง	110
9	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1989 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง	111
10	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2000 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง	112
11	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	113
12	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2005 ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	114
13	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2000 ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	115
14	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1991 ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	116
15	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1997 ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	117
16	ปริมาณฝนรายเฉลี่ย ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	118
17	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2006 ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	119
18	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2000 ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	120
19	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1994 ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	121
20	ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2001 ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	122

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วัฏจักรน้ำ	5
2	ฝนที่เกิดจากการพัดพาความร้อน	8
3	ลักษณะการเกิดฝนภูเขา	9
4	ลักษณะฝนพายุหมุน	10
5	แนวร่องมรสุมและแนวการเคลื่อนตัวของพายุหมุนที่ผ่านประเทศไทยในเดือนต่าง ๆ	13
6	แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในคาบ 30 ปี สถานีเชียงราย	14
7	แสดงลักษณะข้อมูลความเข้มฝนในคาบ Return period ต่าง ๆ ของสถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพฯ	15
8	เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบไม่บันทึกข้อมูลต่อเนื่อง	16
9	เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบไม่บันทึกข้อมูลต่อเนื่อง (ถ้วยกระดก)	16
10	การตรวจวัดปริมาณน้ำฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ	17
11	การตรวจวัดน้ำฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา	17
12	การแบ่งพื้นที่โดยวิธี ธีเอสเสน ในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา (ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	22
13	แสดงลักษณะเส้นชั้นน้ำฝน	24
14	แผนที่ 25 ลุ่มน้ำ	27
15	แผนที่ลุ่มน้ำประธาน 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทยและแสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาที่กระจายอยู่ในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำทั่วประเทศไทย	30
16	ลุ่มน้ำกก	31
17	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	33
18	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	35
19	ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	37
20	แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	49
21	แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำกกและตำแหน่งพิกัดสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำกก	50
22	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Mae Suai (08102) ลุ่มน้ำกก	51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Muang (08103) ลุ่มน้ำกก	51
24	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Mae Ai (07492) ลุ่มน้ำกก	52
25	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Fang (07102) ลุ่มน้ำกก	52
26	แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรังและตำแหน่งพิกัดสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง	53
27	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Ban Pangmakha (12801) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	53
28	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Khlong Pho,Ban Hang Rai (26281) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	54
29	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Huai Mae Wong (26271) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	54
30	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A.Lan Sak (69312) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	55
31	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Nong Chang (69042) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	55
32	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Sawang Arom (69062) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	56
33	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Thap Than (69022) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	56
34	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Muang (69012) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	57
35	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Nong KhaYang (69032) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	57
36	แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีและตำแหน่งพิกัดสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	58
37	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Muang (44013) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	58

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
38	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Prachanta kham (44062) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	59
39	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. SiMaha Phot (44032) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	59
40	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Nadi (44132) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	60
41	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Kabin Buri (44043) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	60
42	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Huai Samong (44191) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	61
43	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Khlong Yang, (74181) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	61
44	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Ban Kaeng (74081) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	62
45	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Ban Kaeng (74081) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	62
46	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A.SoiDao (06162) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	63
47	แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาและตำแหน่งพิกัดสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	63
48	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Muang (58013) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	64
49	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Hat Yai (58022) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	64
50	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Sadao (58102) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	65
51	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Rattaphum (58032) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	65

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
52	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Pak Phayun (35022) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	66
53	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Sathing Phra (58092) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	66
54	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Ranot (58042) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	67
55	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี RID Office Unit 12 (58061) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	67
56	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Khlong Phya Hong (35091) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	68
57	แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Khuan Khanun (35032) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	68
58	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 1989 (ปีฝนน้อย) ลุ่มน้ำกก	73
59	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 1971 (ปีฝนมาก) ลุ่มน้ำกก	74
60	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 2000 ลุ่มน้ำกก	75
61	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 1997 ลุ่มน้ำกก	76
62	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ยทุกปี (คาบ55ปี) ลุ่มน้ำกก	77
63	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 1993 (ปีฝนน้อย) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	78
64	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 1999 ลุ่มน้ำสะแกกรัง	79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
65	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 1989 ลุ่มน้ำสะแกกรัง	80
66	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 2000 ลุ่มน้ำสะแกกรัง	81
67	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ยทุกปี (คาบ55ปี) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	82
68	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 2005 (ปีฝนน้อย)ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	83
69	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 2000 (ปีฝนมาก) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	84
70	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 1991 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	85
71	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 1997 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	86
72	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ยทุกปี (คาบ55ปี) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	87
73	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 2006 (ปีฝนน้อย)ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	88
74	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 2000 (ปีฝนมาก)ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	89
75	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 1994 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	90
76	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ. 2001 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	91
77	กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ยทุกปี (คาบ55ปี) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	92

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

l	=	vector of rank *N* with all entries equal to l
a	=	hyperboloid parameter in Eq. (4)
a	=	surface area of watershed or region of interest
b	=	constant in equation (16) used to modify the standard conic multiquadric surface
C	=	$(C_1, C_2, \ldots, C_N)^t$ is vector of rank $M \leq N$ containing kernel coefficients for numerically fitted surface. $M = N$ for multiquadric surfaces
D	=	(d_{ij}) is *N* by *N* matrix of kernel functions where d_{ij} is conic multiquadric kernel function for *jth* gauge evaluated at coordinates of ith gauge. Defined in Eq. (5)
$f(x,y)$	=	random variable representing the depth of rainfall at every point in region of interest
G	=	$\{G_j(x_i)\}$ is the general matrix of kernel functions where entry $G_{ij} = G_j(x_i)$ is *jth* kernel function evaluated at coordinates of *i*th rain gauge
h	=	distance vector between two points
M	=	number of kernel functions defining fitted surface. *M*= *N* for multiquadric surfaces
N	=	number of rain gauges in network covering region of interest
P	=	average areal rainfall depth defined in Eq. (1)
$\hat{P}$	=	estimated average areal rainfall depth
R	=	symbol denoting region of interest over which integra tion in Eq. (1) occurs
r	=	distance in covariance function
V	=	vector of kernel functions, v, integrated over watershed or region of interest to yield volumes
v	=	$(G_1(x, y), G_2(x, y), \ldots, G_M(x, y))^t$ is vector of kernel functions
x	=	$(x, y)^t$ is the coordinate vector for a point in the region

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$\mathbf{X_i}$	=	coordinate vector for the *i*th rain gauge
$\underline{Z}$	=	$(Z_1, Z_2, \ldots, Z_N)^t$ is vector of rank *N* containing rainfall depth observations for each of *N* rain gauges
$z(x, y)$	=	functional representation of surface numerically fitted to rainfall data
□	=	decay coefficient in exponential covariance function
$\underline{\gamma}$	=	$(\gamma_1 \ldots\ldots\ldots \gamma_n)^t$ is vector of rank *N* containing the gauge weighting coefficients for *N* rain gauges
□(h)	=	rainfall semivariogram
σ^2	=	point variance of rainfall process

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประยุกต์ใช้สมการมัลติควอดริคและเทคนิค 3D CAD สำหรับปริมาณฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ในลุ่มน้ำประเทศไทย

Application of Multiquadric Equations and 3D CAD Technique for Estimation of Mean Areal Rainfall on Thailand Basins

คำนำ

ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่รับน้ำในแต่ละแห่ง จะเปลี่ยนมาเป็นปริมาตรน้ำที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นๆ ซึ่งการจะทำการตรวจวัดปริมาตรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยาก เนื่องจากมีปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบหลายอย่างด้วยกัน เช่นลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำที่แตกต่างกัน ลักษณะสภาพภูมิอากาศ ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น ดังนั้นกระบวนการที่จะคาดการณ์ปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำที่สามารถทำได้ง่ายกว่าคือ การวัดจากประมาณน้ำฝน ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่ามีหลายหน่วยงาน หลายองค์กรได้ติดตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปทุกภูมิภาคของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำหลักทั้ง 25 ลุ่มน้ำ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงและมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก ประกอบกับปัญหาทางด้านอุทกภัยที่มีความรุนแรงและความเสียหายมากขึ้นกว่าในอดีตที่ผ่านมา เป็นเหตุให้การคาดการณ์ พยากรณ์ปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำมีความสำคัญและเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเตือนภัยน้ำท่วมเพื่อป้องกันและบรรเทาความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี

การศึกษาในเรื่องปริมาณฝนเฉลี่ยที่ตกบนพื้นที่รับน้ำหรือพื้นที่ลุ่มน้ำนับเป็นแนวทางหนึ่งที่คาดการณ์พยากรณ์ปริมาณน้ำหลากที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ ในอดีตที่ผ่านมาการหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบนพื้นที่นั้นกระทำได้โดยการนำข้อมูลน้ำฝนจากสถานีวัดปริมาณน้ำฝนที่เป็นตัวแทนของปริมาณฝนที่ตกกระจายในลุ่มน้ำมาคำนวณเป็นปริมาณฝนเฉลี่ย โดยวิธีการหาปริมาณฝนเฉลี่ยที่ใช้กันโดยทั่วไปมี 3 วิธี คือ วิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ (arithmetic -mean method) โดยการหาปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำทุกสถานีมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนสถานี วิธีการนี้มีข้อจำกัดคือ ลุ่มน้ำที่ต้องการวิเคราะห์ข้อมูลต้องเป็นที่ราบ ไม่มีอิทธิพลของแนวภูเขาที่จะทำให้ฝนตกไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สม่ำเสมอทั่วพื้นที่ สถานีวัดน้ำฝนต้องกระจายสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาณน้ำฝนในแต่ละสถานีต้องไม่แตกต่างกันมาก วิธีของธีเอสเสน (Thiessen method) พิจารณาจากสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละแห่งจะมีอาณาบริเวณครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝนที่สถานีนั้น ๆ โดยการลากเส้นรูปหลายเหลี่ยมแบ่งพื้นที่รอบสถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง วิธีของธีเอสเสนสามารถลดปัญหาการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอของสถานีวัดน้ำฝนได้ แต่หากใช้กับพื้นที่ใหญ่ๆ ปริมาณฝนเฉลี่ยที่คำนวณได้อาจคลาดเคลื่อนไปมาก การแบ่งรูปหลายเหลี่ยมไม่ได้คำนึงถึงสภาพภูมิประเทศ หากมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนต้องสร้างรูปหลายเหลี่ยมใหม่ทุกครั้งและผู้คำนวณแต่ละคนอาจจะแบ่งพื้นที่รูปหลายเหลี่ยมได้แตกต่าง ไม่เท่ากัน วิธีเส้นชั้นน้ำฝน (isohytal method) เป็นการลากเส้นชั้นน้ำฝนผ่านบริเวณที่มีความลึกฝนเท่ากัน วิธีนี้จะได้ผลใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงก็ต่อเมื่อมีสถานีวัดน้ำฝนเป็นจำนวนมาก

จากปัญหาและข้อจำกัดดังกล่าวข้างต้นพบว่ามีงานศึกษาของ Carmine C Balascio และคณะ ซึ่งได้ผลดี จึงได้นำมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำของประเทศไทยโดยทำการหาปริมาณฝนเฉลี่ยบนพื้นที่ด้วยวิธีประยุกต์ใช้สมการมัลติควอดริคและเทคนิค 3D CAD (APPLICATION OF MULTIQUADRIC EQUATIONS AND 3D CAD TECHNIQUE) ซึ่งใช้เทคนิคการจำลองกรวยวัดน้ำฝนให้มีขนาดครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำแล้วนำกรวยดังกล่าวมาวางเหนือสถานีวัดน้ำฝน แต่ละสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ๆ และทำการหาพื้นที่เหนือสถานีวัดน้ำฝนซึ่งลาตั้งฉากมาสัมผัสพื้นที่ผิวกรวยซึ่งเปรียบเสมือนพื้นที่รับน้ำฝนที่สถานีนั้นๆ สามารถนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาในรูปบบของความลึกน้ำฝนต่อหน่วยพื้นที่และนำค่าที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในทางอุทกวิทยาต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ในการศึกษานี้ประกอบด้วย

1. เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิค 3D CAD ในการหาสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่วิธี Multiquadric

2. เพื่อศึกษาการหาสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ด้วยวิธี Multiquadric

3. เพื่อเปรียบเทียบการหาสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ระหว่างวิธี Multiquadric กับวิธีหาปริมาณน้ำฝนในพื้นที่วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์และวิธีของธีเอสเสน ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมและใช้อยู่ในปัจจุบัน

4.พิจารณาตรวจสอบค่าความแม่นยำของวิธี Multiquadric กับวิธี Multiquadric กับวิธีหาปริมาณน้ำฝนในพื้นที่วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์และวิธีของธีเอสเสน โดยค่า RMSE

ขอบเขตการศึกษา

1.เลือกลุ่มนน้ำในภาคต่าง ๆ จำนวน 4 ลุ่มน้ำคือ ภาคเหนือ ลุ่มน้ำกก ภาคกลาง ลุ่มน้ำสะแกกรัง ภาคตะวันออก ลุ่มน้ำปราจีนและภาคใต้ ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เพื่อทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ในพื้นที่ลุ่มน้ำ

2. ใช้ข้อมูลพื้นที่ Thiessen polygon เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ในลุ่มน้ำตัวอย่าง 4 ลุ่มน้ำที่ทำการศึกษา

3.ข้อมูลฝนเฉลี่รายเดือนที่ใช้ทำการศึกษา เป็นข้อมูลน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนกรมชลประทานตั้งแต่ปี 1952-2007

4. เปรียบเทียบความแม่นยำในปีที่มีฤดูกาลแตกต่างกัน และรวมทุกปีที่พิจารณา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

การหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบนพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่รับน้ำ จำเป็นต้องหาค่าปริมาณน้ำฝนที่เป็นตัวแทนของปริมาณฝนที่ตกกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ที่พิจารณาด้วยวิธีการต่างๆ โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่วางอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่รับน้ำ หลาย ๆสถานี ซึ่งมักจะมีการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นรายชั่วโมง รายวัน รายเดือนและรายปี หรือในช่วงที่เกิดพายุฝนแต่ละครั้ง ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ทำการตรวจวัดในแต่ละสถานีจะได้ค่าต่างๆ ซึ่งเป็นตัวเลขที่ไม่เท่ากัน ในการนำตัวเลขปริมาณน้ำฝนเหล่านี้มาใช้งานในทางอุทกวิทยานั้นจึงจำเป็นต้องคำนวณออกมาเป็นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (average precipitation) บนพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่รับน้ำที่พิจารณา

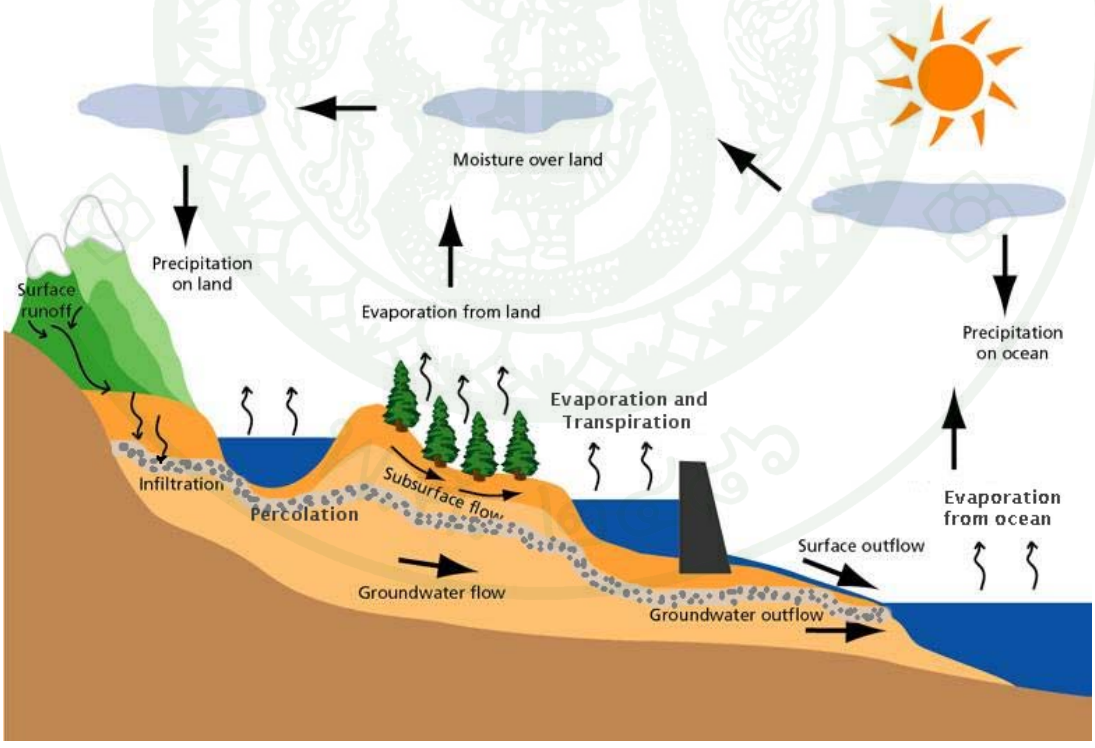
อุทกวิทยา หรือ Hydrology เป็นคำที่มาจากภาษากรีก ประกอบด้วยคำว่า Hydro ซึ่งแปลว่า น้ำ และ Logos ซึ่งแปลว่า วิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาโดยรวมแล้วจะหมายถึงการศึกษาทางวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิด การเคลื่อนที่ การกระจาย และคุณสมบัติของน้ำที่มีอยู่ในบรรยากาศ บนผิวดิน และที่อยู่ใต้ผิวดิน ทั้งทางด้านกายภาพและทางเคมีที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของน้ำทั้งปริมาณ และคุณภาพ ตามสถานที่และตามเวลา

วัฏจักรน้ำ (Hydrologic cycle) คือการเกิดและการหมุนเวียนของน้ำที่อยู่ในโลก ซึ่งเคลื่อนที่หมุนเวียนอยู่เป็นภาคตอนต่าง ๆ น้ำในโลกไม่สูญหายไปไหน แต่จะเปลี่ยนรูปอยู่ในสภาพต่าง ๆ วนเวียนอยู่ในวัฏจักรของน้ำ อันไม่มีจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งอาจจะอธิบายได้ดังนี้ ไอน้ำในบรรยากาศเรียกว่า atmospheric moisture ได้แก่ น้ำในรูปของไอน้ำมีอยู่ในบรรยากาศทั่วไปตลอดเวลา อาจมองเห็นได้ในรูปของ เมฆ หมอก และมองเห็นไม่ได้ในรูปของไอน้ำ ไอน้ำนี้เกิดจากการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ บนผิวโลก ไอน้ำในบรรยากาศนี้ ถ้าหากมีมากขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว ความแปรปรวนทางอุตุนิยมวิทยา ของบรรยากาศรอบผิวโลก จะทำให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็น ละอองน้ำ และรวมตัวกัน เป็นหยดน้ำตกลงมาสู่ผิวโลกในหลายรูปแบบ เรียกว่าน้ำฟ้าหรือน้ำจากอากาศ (precipitation) ซึ่งถ้าเป็นของเหลวก็คือ ฝน (rain) ถ้าเป็นรูปผลึกก็คือหิมะ (snow) ถ้าเป็นรูปของของแข็งก็คือ ลูกเห็บ (hail, sleet) และน้ำแข็ง (ice) นอกจากนั้นก็มีรูปอื่น คือ น้ำค้าง (dew) หรือน้ำค้างแข็งตัว (frost) ในเมืองหนาวน้ำฝนที่ตกลงมาสู่ผิวโลกนั้น อาจตกปรอยๆ บางส่วนอาจไม่ตกถึงผิวโลก แต่ระเหยบางส่วนตามใบหรือลำต้นเรียกว่า interception ซึ่งบางส่วน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จะระเหยกลับสู่บรรยากาศ และบางส่วนจะหยดต่อลงสู่พื้นที่ อาคารต่าง ๆ เก็บกักน้ำฝนไว้ได้บ้างเช่นเดียวกัน

น้ำฝนส่วนที่ตกถึงพื้นดิน จะเริ่มซึมลงดินด้วยแรงดึงดูดของเม็ดดิน ในลักษณะที่เรียกว่าการซึมสู่ผิวดิน หรือการซึมผ่านผิวดิน (infiltration) และจะกลายเป็นน้ำที่ไหลในดินเรียกว่า sub-surface runoff ในกรณีที่เม็ดดินมีความชื้นเดิมน้อยมาก เช่น แห้ง อัตราการซึมลงดินในลักษณะนี้จะสูงมาก แต่เมื่อดินอิ่มตัวก็จะลดลงทันทีทันใดเช่นกัน น้ำส่วนที่ซึมลงไปอิ่มตัวอยู่ในดินจะถูกแรงดึงดูดโลก ดูดให้ซึมลึกลงไปอีกเรียกว่า น้ำใต้ดิน (ground water) น้ำใต้ดินนี้มีหลายระดับขั้น จะค่อยๆไหลตามความลาดเทของชั้นดินไปสู่ที่ต่ำ อาจเป็นแหล่งขังน้ำใต้ดิน หรืออาจไหลออกสู่แม่น้ำลำธารที่อยู่ระดับต่ำกว่า หรือออกสู่ทะเลโดยตรงก็มี แต่หากบางส่วนที่ซึมลงดินไปแล้ว เกิดมีชั้นดินแน่นทึบวางอยู่น้ำส่วนนี้ก็จะไหลไปตามลาดเท ใต้ผิวดิน และขนานไปกับผิวดินแน่นทึบดังกล่าว เรียกว่า interflow ซึ่งจะไหลออกสู่ผิวดินอีก เป็นลักษณะของน้ำซับค่อยไหลซึมออกไป



ภาพที่ 1 วัฏจักรน้ำ

ที่มา: ดัดแปลงจาก Shaw (1994)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำที่ซึมลงดินตามขั้นตอนต่าง ๆ นั้นอาจถูกรากพืชดูดเอาไปปรุงอาหาร เลี้ยงลำต้นและคายออกทางใบ เรียกว่า การคายน้ำ (transpiration) ซึ่งเป็นจำนวนมากน้อยขึ้นอยู่กับพืช น้ำฝนส่วนที่เหลือจากการซึมลงดินเมื่ออัตราฝนตกมีค่าสูงกว่าอัตราการซึมลงดินก็จะเกิด ขังนองอยู่ตามพื้นดินแล้วรวมตัวกันไหลลงสู่ที่ต่ำเรียกว่า overland flow บางส่วนอาจไปรวมตัวอยู่ในที่ลุ่มบริเวณเล็ก ๆ เรียกว่า surface storage แต่ส่วนใหญ่จะรวมกันมีปริมาณมากขึ้น มีแรงเซาะดินให้เป็นร่องน้ำ ลำธารและแม่น้ำตามลำดับ น้ำที่ไหลอยู่ในแม่น้ำลำธารเรียกว่า น้ำท่า (surface runoff) น้ำท่านี้จะไหลออกสู่ทะเล มหาสมุทรไปในที่สุด ตลอดเวลาที่น้ำอยู่ในขั้นตอนต่าง ๆ เหล่านี้ จะเกิดการระเหยเรียกว่า evaporation คือ น้ำเปลี่ยนสภาพไปเป็นไอน้ำ ขึ้นไปสู่บรรยากาศตลอดเวลา อาจเป็นจากผิวของใบไม้ที่ดักน้ำฝนไว้ จากผิวดินที่อิ่มด้วยน้ำ จากผิวน้ำในแม่น้ำ ลำธาร ทะเลสาบ หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ ทะเล และมหาสมุทร เมื่อเป็นไอน้ำก็จะลอยสูงขึ้นไป และเมื่ออุณหภูมิ เย็นลงก็จะกลั่นตัวเป็นละอองหรือหยดน้ำและจะกลายเป็นฝนตกลงมาอีก วัฏจักรของน้ำจึงไม่มีเริ่มต้นไม่มีที่สิ้นสุดหมุนเวียนอยู่เช่นนี้ตลอดเวลา โดยการศึกษาว่าในขั้นตอนใด มีปริมาณน้ำอยู่เท่าใดนั้นเรียกว่า water balance

น้ำจากอากาศ คือ น้ำที่เกิดจากความชื้นที่มีอยู่ในอากาศที่ได้รับความเย็นและเกิดการรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีน้ำหนักมากกว่าแรงลอยตัวและแรงต้านหรือแรงเสียดทานระหว่างน้ำกับอากาศ จึงตกลงมาสู่พื้นผิวโลก ซึ่งอาจจะตกลงมาเป็นของเหลว เช่น ฝน (rain) หรือเป็นของแข็ง เช่นลูกเห็บ (hail) หรือเป็นรูปผลึกน้ำแข็งเช่น หิมะ (snow) ขึ้นอยู่กับสถานที่และเวลาที่เกิดน้ำจากอากาศ

ฝน (rain) ประกอบด้วยหยดน้ำที่ส่วนมากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.5 มม. สำหรับประเทศไทย กรมอุตุนิยมวิทยาได้แบ่งการรายงานลักษณะฝนตามปริมาณ การพยากรณ์บริเวณที่จะมีฝนตกตามขอบเขตของพื้นที่ที่จะมีฝนตก และการรายงานประเภทฝนตกตามความเข้มดังตารางข้างท้ายนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 การรายงานลักษณะของฝน

ลักษณะของฝน	ปริมาณฝน
ฝนวัดจำนวนไม่ได้(trace)	$P < 0.1$ mm.
ฝนเล็กน้อย(light rain)	$0.1 \text{ mm.} \leq P \leq 10 \text{ mm.}$
ฝนปานกลาง(moderate rain)	$10.1 \text{ mm.} \leq P \leq 35 \text{ mm.}$
ฝนหนัก(heavy rain)	$35.1 \text{ mm.} \leq P \leq 90 \text{ mm.}$
ฝนหนักมาก(very heavy rain)	$90.1 \text{ mm.} \leq P$

หมายเหตุ: P คือ ปริมาณฝน (mm) ที่ตกใน 1 วัน

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ 2 การพยากรณ์บริเวณที่จะมีฝนตก

บริเวณที่จะมีฝนตก	ขอบเขตบริเวณที่จะมีฝนตก
บางแห่ง (isolated)	มีฝนไม่เกิน 20 % ของพื้นที่
เป็นแห่งๆ (widely scattered)	มีฝนเกิน 20% แต่ไม่เกิน 40 % ของพื้นที่
กระจาย (scattered)	มีฝนเกิน 40% แต่ไม่เกิน 60 % ของพื้นที่
เกือบทั่วไป (almost widespread)	มีฝนเกิน 60% แต่ไม่เกิน 80 % ของพื้นที่
ทั่วไป (widespread)	มีฝนเกิน 80 % ของพื้นที่
เป็นบริเวณกว้าง	มีฝนอยู่ในขอบเขตของพายุหมุน

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

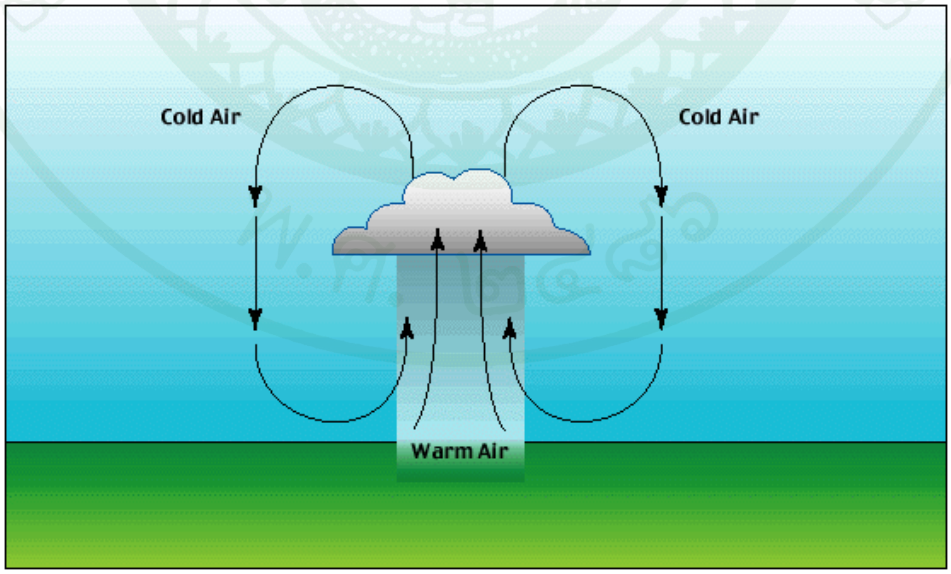
ตารางที่ 3 การรายงานประเภทฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา

ประเภทฝน	ความเข้มฝน (mm/hr)
ฝนตกเล็กน้อย	1-5
ฝนตกปานกลาง	5-10
ฝนตกหนัก	10-20
ฝนตกหนักมาก	มากกว่า 20

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา

ลักษณะของฝนชนิดต่าง ๆ ที่แบ่งตามสาเหตุของการเกิดสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

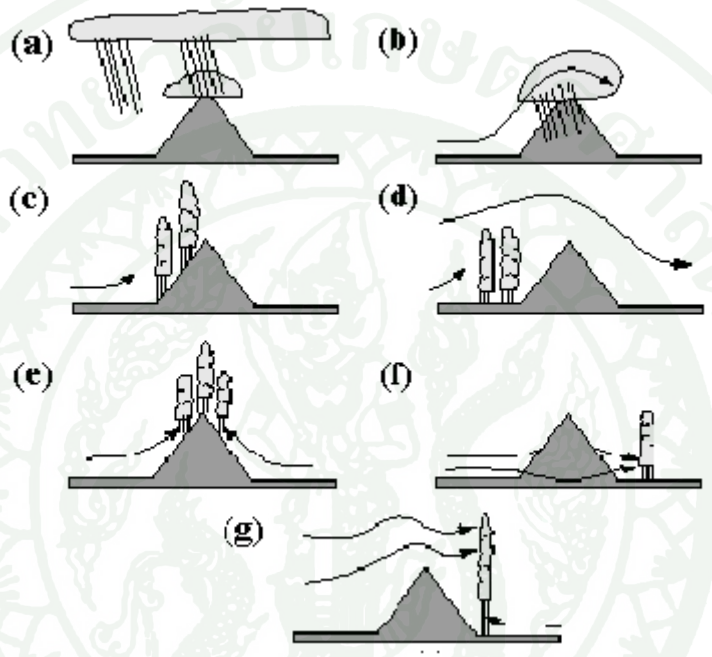
1. ฝนที่เกิดจากการพัดพาความร้อน (convecive rain) เกิดขึ้นเนื่องจากมวลอากาศบริเวณพื้นผิวโลกได้รับความร้อนไม่เท่ากัน มวลอากาศที่ได้รับความร้อนมากจะลอยตัวขึ้นสู่ท้องฟ้า และอุณหภูมิก็จะค่อยๆลดลงจนถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ก็จะเกิดการกลั่นตัวเป็นละอองน้ำเล็กๆและตกลงมาเป็นฝน



ภาพที่ 2 ฝนที่เกิดจากการพัดพาความร้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

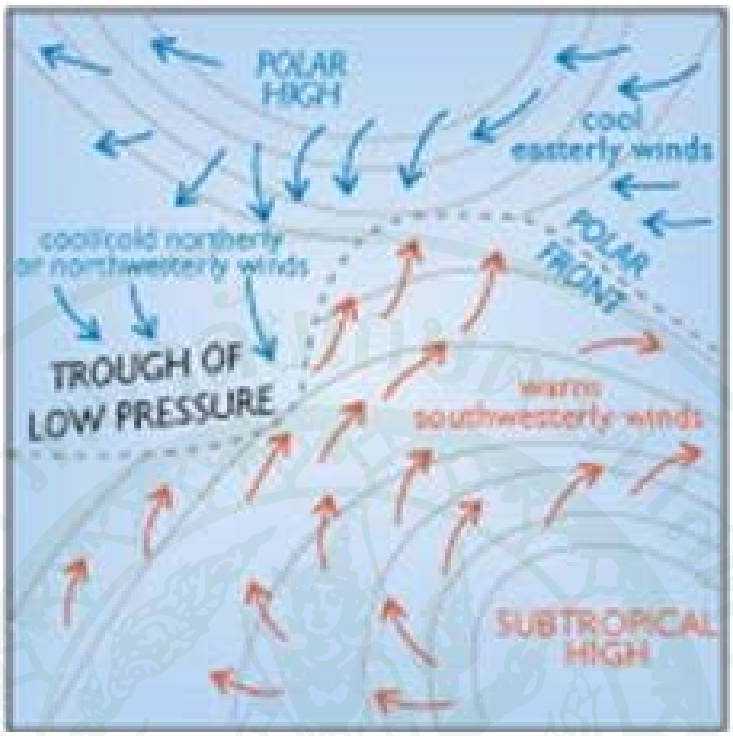
2. ฝนภูเขา (orographic rain) เกิดขึ้นเนื่องจากมวลอากาศที่อุ้มไอน้ำหรือมีความชื้นสะสมจากทะเลหรือจากพื้นดินถูกกระแสลมพัดเข้าปะทะแนวภูเขาแล้วเกิดการลอยตัวสูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิลดลงจนกระทั่งถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้าง เกิดการกลั่นตัวเป็นละอองน้ำแล้วสะสมรวมกันจนกลายเป็นฝน



ภาพที่ 3 ลักษณะการเกิดฝนภูเขา

3. ฝนพายุหมุน (cyclonic storm) เป็นฝนที่เกิดจากมวลอากาศที่มีความกดอากาศสูงเคลื่อนไปสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า มวลอากาศในบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำก็จะลอยตัวสูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิลดลงจนกระทั่งถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้าง เกิดการกลั่นตัวเป็นละอองน้ำแล้วสะสมรวมกันจนกลายเป็นฝน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 ลักษณะฝนพายุหมุน

ตารางที่ 4 ชื่อพายุหมุนตามความเร็วลมใกล้ศูนย์กลางพายุ

ชื่อพายุหมุน	ความเร็วลมใกล้ศูนย์กลางพายุ (km/hr)
1.พายุดีเปรสชั่น(Depression)	40-61
2.พายุโซนร้อน (Tropical storm)	62-117
3.พายุไต้ฝุ่น (Typhoon)	มากกว่า 118

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 รายชื่อพายุหมุนเขตร้อนใช้ในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตก โดยเริ่มใช้เมื่อ 1 มกราคม 2545

ประเทศที่ส่งชื่อ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที 4	ชุดที่ 5
กัมพูชา	ดอมเรย	กองเรน	นากรี	กรอวาญ (กระวาน)	สาลิกา
จีน	ไห่คุ้ย	ยู่ทู่	ฟงเฉิน	ตู้เจี๋ยน	ไหหม่ำ
เกาหลีเหนือ	ไคโรจิ	โทราจิ	คัลเมจิ	มูจิแก	มิอะริ
ฮ่องกง (จีน)	ไคตั๊ก	มานหยี่	ฟองวอง	ฉอยหวั่น	หมาง้อน
ญี่ปุ่น	เทมบิง	อุซางิ	คัมมุริ	คอบปุ	โทะคาเงะ
ลาว	โบลาเวน	ป่าบึก (ปลาบึก)	พันฝน	กิสนา (กฤษณา)	นกเตน (นกกระเต็น)
มาเก๊า (จีน)	ซานปา	หวู่ติ๊บ	หว่องฟง	ป้าหม่า	หมุ่ยฟ้า
มาเลเซีย	เจอลาวัต	เซอปัต	นูรี	เมอโลร์	เมอร์บุก
ไมโครนีเซีย	เอวิเนียร์	ฟีโทว์	ซินลากอ	เนพาร์ตัก	นันมาดอล
ฟิลิปปินส์	มาลิกซี	ดานัส	ฮากุปิต	ลูปีต	ตาลัส
เกาหลีใต้	เกมี	นารี	ชังมี	มีรีแน	โนรู
ไทย	พระพิรุณ	วิภา	เมขลา	นิดา	กุหลาบ
สหรัฐอเมริกา	มาเรีย	ฟรานซิสโก	ฮีโกส	โอไมล์	โรคี
เวียดนาม	เซินติญ	เลกีมา	บาหวี่	โกนเซิน	เซินกา
กัมพูชา	โบพา	กรอซา	ไม้สัก	จันทู	เนสาด
จีน	หวู่คง	ไห่เยี่ยน	ไห่เฉิน	เตี้ยนหมู่	เตี้ยนหมู่
เกาหลีเหนือ	โซนามุ	โพดอล	โนล	มินดอลเล	นาลแก
ฮ่องกง (จีน)	ซานซาน	เหล่งเหลง	ดอลฟิน	ไลออนร็อก	บันยัน
ญี่ปุ่น	ยางิ	คะจิกิ	คุจิระ	คอมปาซุ	วาชิ
ลาว	หลี่ผี	ฟ้าใส	จันหอม (จันทน์หอม)	น้ำเทิน	ปาข่า (ปลาข่า)
มาเก๊า (จีน)	เบบินคา	เพผ่า	หลิ่นฟ้า	หม่าโหล	ซันหวู่
มาเลเซีย	รุมเบีย	ตาปาห์	นังกา	เมอรันตี	มาวาร์
ไมโครนีเซีย	ซูลิก	มิแทก	เซาเดโลร์	ฟานาบี	กูโซล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ประเทศที่ส่งชื่อ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที 4	ชุดที่ 5
ฟิลิปปินส์	ซิมารอน	ฮากิบิส	โมลาเว	มาลากัส	ตาลิม
เกาหลีใต้	เชบี	โนกูรี	โคนี	เมกี	ทกซุริ
ไทย	มังคุด	รามสูร	มรกต	ชบา	ขนุน
สหรัฐอเมริกา	อูตอร์	มัตโม	เอตาว	แอรี	วีเซนเต
เวียดนาม	จ่ามี	หะลอง	หว่ามก๋อ	ซงด่า	ซาวลา

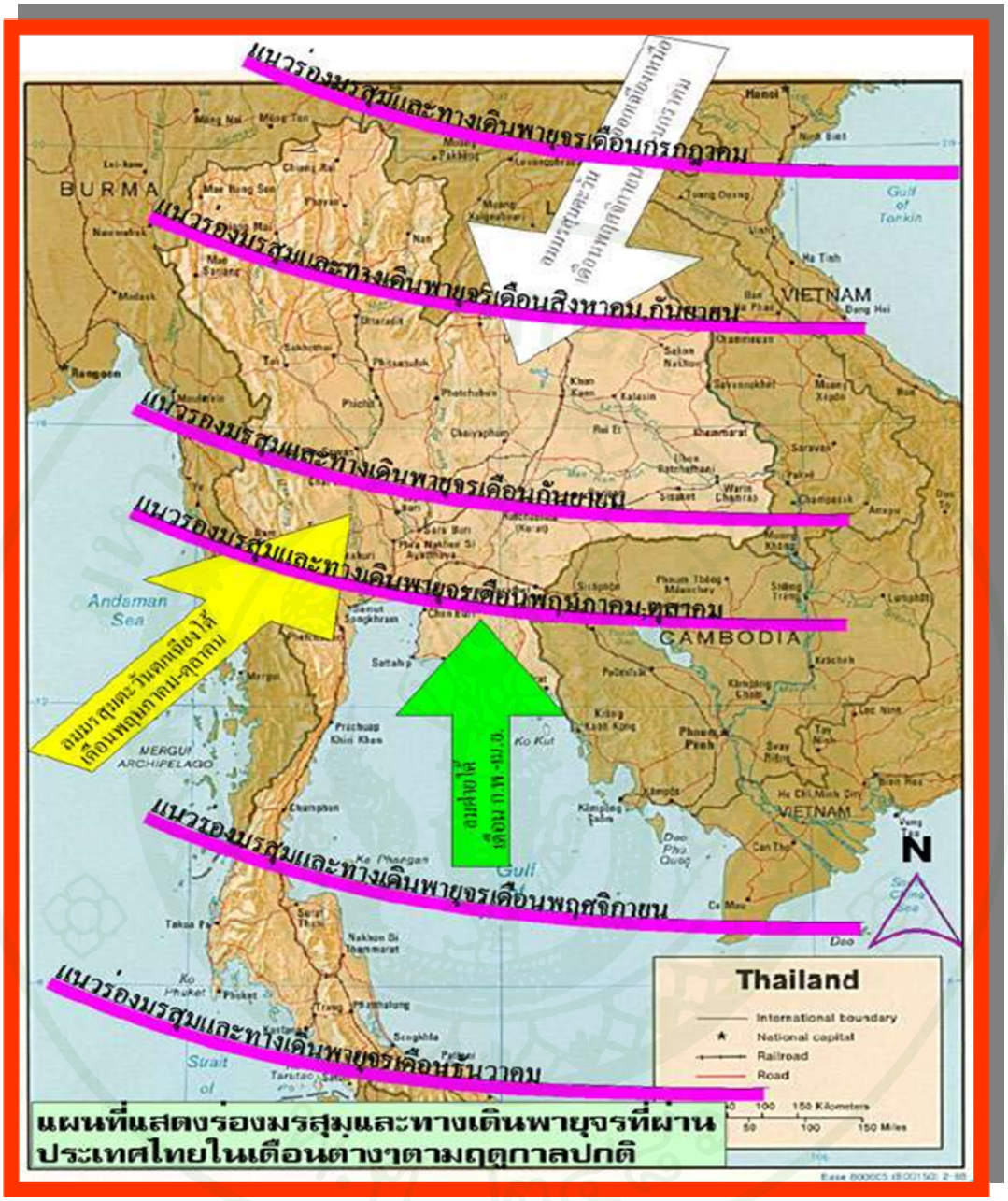
4. ฝนในแนวอากาศ (frontal storm) คือฝนที่เกิดจากมวลอากาศร้อนปะทะมวลอากาศมวลอากาศที่มีอุณหภูมิเย็น มวลอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นทำให้อุณหภูมิลดลงจนกระทั่งถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้าง เกิดการกลั่นตัวเป็นละอองน้ำแล้วสะสมรวมกันจนกลายเป็นฝน ฝนที่เกิดจากแนวปะทะในประเทศไทยที่พบได้ทั่วไปคือฝนจากลมประจำฤดูกาล ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

4.1 ฝนที่เกิดจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เกิดในฤดูฝนประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งพัดพาความชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาตกในประเทศไทย

4.2 ฝนที่เกิดจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เกิดขึ้นในฤดูหนาวประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนมกราคม ซึ่งจะเกิดมากบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย

4.3 ฝนที่เกิดจากลมฝ่ายใต้หรือลมว่าว เกิดขึ้นในฤดูแล้งประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



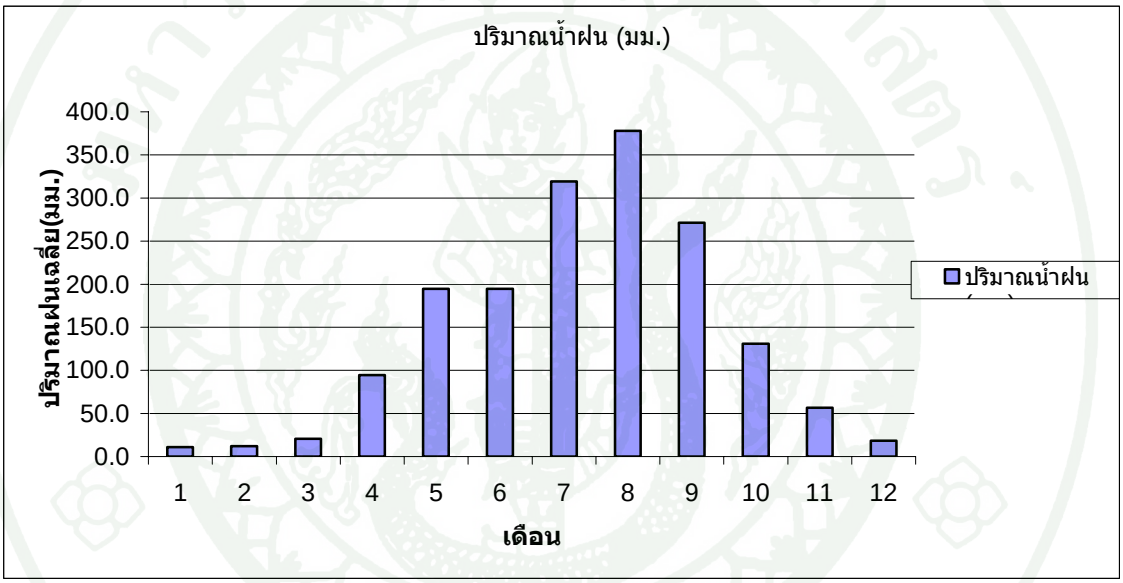
ภาพที่ 5 แนวร่องมรสุมและแนวการเคลื่อนตัวของพายุหมุนที่ผ่านประเทศไทยในเดือนต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การนำเสนอข้อมูลฝน

การแสดงข้อมูลน้ำฝน (presentation of rainfall data)

1. ปริมาณฝนที่วัดเป็นความลึกน้ำ (Depth) ซึ่งปกติจะทำการตรวจวัดเป็น หน่วย มิลลิเมตร หรือเป็นนิ้ว ดังเช่นตัวอย่างการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่สถานีเชียงรายซึ่งตั้งอยู่ในลุ่มกกในคาบ 30 ปี จากกองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา



ภาพที่ 6 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในคาบ 30 ปี สถานีเชียงราย

ที่มา: กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา

2. ระยะเวลาที่ฝนตก (duration of storm) ซึ่งทำการตรวจวัดเป็นรายนาที รายชั่วโมง หรือรายวัน

3. ความเข้มฝน (rainfall intensity) คือความลึกฝนต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมง หรือเป็นนิ้วต่อชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ : ความลึกฝน (มม.) และความเข้มฝน (มม./ชม.) ของช่วงเวลาฝนต่าง ๆ ที่ return period ต่าง ๆ ที่วิเคราะห์โดยวิธีโมเมนต์ของสถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพฯ โดยวิธีโมเมนต์

T		ช่วงเวลาฝนตก								
		5	10	15	30	1	2	6	12	24
ปี		นาที	นาที	นาที	นาที	ชม.	ชม.	ชม.	ชม.	ชม.
2	ความลึกฝน: มม.	10.74	19.10	26.96	44.11	59.67	70.80	80.68	84.61	88.43
	ความเข้มฝน: มม./ชม.	128.88	114.60	107.84	88.22	59.67	35.40	13.45	7.05	3.68
5	ความลึกฝน: มม.	13.28	24.32	34.60	55.73	76.48	94.14	109.07	112.54	116.84
	ความเข้มฝน: มม./ชม.	159.36	145.92	138.40	111.46	76.48	47.07	18.18	9.38	4.87
10	ความลึกฝน: มม.	14.97	27.78	39.66	63.42	87.61	109.59	127.87	131.03	135.64
	ความเข้มฝน: มม./ชม.	179.64	166.68	158.64	126.84	87.61	54.80	21.31	10.92	5.65
25	ความลึกฝน: มม.	16.59	31.10	44.52	70.80	98.29	124.41	145.90	148.77	153.68
	ความเข้มฝน: มม./ชม.	199.08	186.60	178.08	141.60	98.29	62.21	24.32	12.40	6.40
50	ความลึกฝน: มม.	18.68	35.40	50.80	80.35	112.11	143.59	169.24	171.73	177.04
	ความเข้มฝน: มม./ชม.	224.16	212.40	203.20	160.70	112.11	71.80	28.21	14.31	7.38
100	ความลึกฝน: มม.	20.25	38.61	55.51	87.50	122.47	157.97	186.73	188.94	194.54
	ความเข้มฝน: มม./ชม.	243.00	231.66	222.04	175.00	122.47	78.99	31.12	15.75	8.11
200	ความลึกฝน: มม.	21.82	41.82	60.20	94.63	132.79	172.29	204.16	206.08	211.97
	ความเข้มฝน: มม./ชม.	261.84	250.92	240.80	189.26	132.79	86.15	34.03	17.17	8.83
500	ความลึกฝน: มม.	23.88	46.05	66.39	104.04	146.40	191.19	227.15	228.70	234.97
	ความเข้มฝน: มม./ชม.	286.56	276.30	265.56	208.08	146.40	95.60	37.86	19.06	9.79
1000	ความลึกฝน: มม.	25.44	49.25	71.07	111.15	156.69	205.47	244.53	245.79	252.36
	ความเข้มฝน: มม./ชม.	305.28	295.50	284.28	222.30	156.69	102.74	40.76	20.48	10.52

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะข้อมูลความเข้มฝนในคาบ Return period ต่าง ๆ ของสถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพฯ

4. การกระจายของฝน(Rainfall distribution)

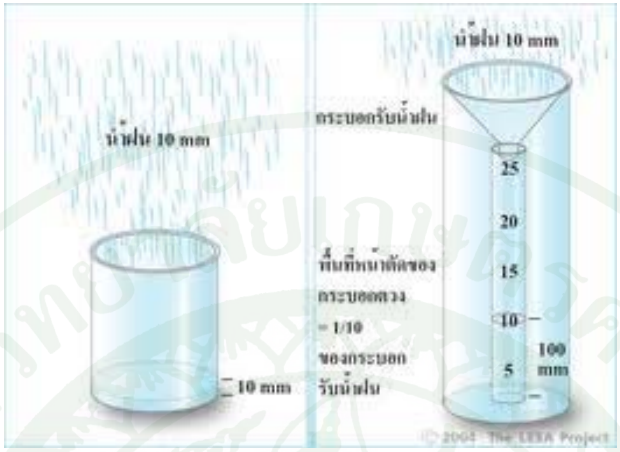
5. โอกาสที่จะเกิด (Probabillity) เป็นโอกาสที่จะเกิดฝนหรือความเข้มฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ(return period) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ การคาดการณ์ หรือการออกแบบโครงสร้างทางชลศาสตร์

การตรวจวัดฝน (Rainfall measurement) ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยี่ในการตรวจวัดฝนมีพัฒนาก้าวหน้าเป็นอย่างมากทำให้การตรวจวัด การคาดการณ์ค่อนข้างถูกต้องและแม่นยำโดยสามารถแบ่งลักษณะการตรวจวัดฝนได้เป็น 3 ลักษณะด้วยกันคือ

1. การตรวจวัดฝนด้วยเครื่องวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน เครื่องมือการตรวจวัดน้ำฝนที่ใช้ทำการตรวจวัดลักษณะนี้สามารถจำแนกออกได้เป็นสองชนิด คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 เครื่องวัดน้ำฝนแบบไม่บันทึกข้อมูลต่อเนื่อง



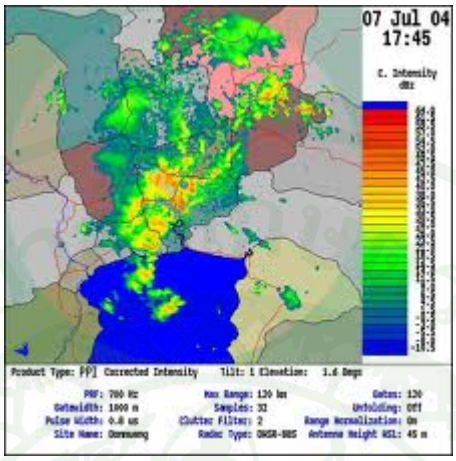
ภาพที่ 8 เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบไม่บันทึกข้อมูลต่อเนื่อง

1.2 เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง เช่นเครื่องวัดน้ำฝนแบบชั่งน้ำหนัก เครื่องวัดน้ำฝนแบบถ้วยกระดก เครื่องวัดน้ำฝนแบบลูกลอย

ภาพที่ 9 เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง (ถ้วยกระดก)

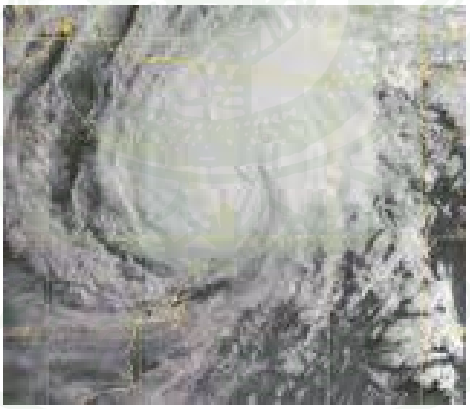
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การตรวจวัดฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ ซึ่งเป็นการตรวจวัดระยะไกลด้วยคลื่นวิทยุ



ภาพที่ 10 การตรวจวัดปริมาณน้ำฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ

3. การตรวจวัดฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งแบ่งออกได้เป็นสองชนิดคือดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบอยู่กับที่ และดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบโคจรผ่านขั้วโลก



ภาพที่ 11 การตรวจวัดน้ำฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนและความพอเพียงของสถานีวัดฝน

จำนวนสถานีวัดน้ำฝน (Number of rain gage)

ในปี พ.ศ. 2508 Bleasdale ได้เสนอแนะจำนวนสถานีวัดน้ำฝนอย่างน้อยที่สุดที่จะวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามขนาดพื้นที่ดังตาราง

ตารางที่ 6 จำนวนสถานีวัดน้ำฝนน้อยที่สุด สำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายเดือน

พื้นที่		จำนวนสถานีวัดน้ำฝน
km^2	mi^2	
26	10	2
260	100	6
1300	500	12
2600	1000	15
5200	2000	20
7600	3000	24

ในปี พ.ศ.2512 องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก ได้เสนอแนะความหนาแน่นของจำนวนสถานีวัดน้ำฝนน้อยที่สุดตามลักษณะและขนาดพื้นที่ดังตาราง

ตารางที่ 7 ความหนาแน่นของจำนวนสถานีวัดน้ำฝนน้อยที่สุดตามลักษณะและขนาดพื้นที่

บริเวณ	ความหนาแน่นน้อยที่สุด	
	km^2/สถานี	mi^2/สถานี
1 พื้นที่ราบในเขตภูมิอากาศอบอุ่น เขตภูมิอากาศกึ่งร้อนและเขตภูมิอากาศร้อน	600-900	230-350
2 พื้นที่ภูเขาในเขตภูมิอากาศอบอุ่น เขตภูมิอากาศกึ่งเขตร้อนและเขตภูมิอากาศร้อน	100-250	40-100
3 พื้นที่ภูเขาขนาดเล็กและมีฝนตกไม่สม่ำเสมอ	25	10
4 พื้นที่แห้งแล้ง และเขตภูมิอากาศขั้วโลก	1500-10000	600-4000

ที่มา: Vijay P.Singh, [66]

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความพอเพียงของสถานีวัดน้ำฝน (adequacy of raingauge stations) สามารถวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางสถิติหาจำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่เหมาะสม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนและเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ในการประมาณฝนเฉลี่ย ดังสมาการ

จำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่เหมาะสม $$N = \left(\frac{C_v}{\in} \right)^2 \quad (1)$$

สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน $$C_V = \frac{100\sigma}{\overline{P}} \quad (2)$$

C_V คือ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของปริมาณฝน m สถานี

$\in$ คือ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้โดยประมาณจากปริมาณฝนเฉลี่ย

σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากข้อมูลปริมาณฝนจำนวน m สถานี

$\overline{P}$ คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยจากข้อมูลปริมาณน้ำฝน m สถานี

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $$\sigma = \sqrt{\frac{1}{m-1}\left\{ \sum_{i=1}^{m} p_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{m} p_i \right)^2}{m} \right\}} \quad (3)$$

ปริมาณฝนเฉลี่ย $$\overline{p} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} p_i \quad (4)$$

p_i คือ ปริมาณฝนที่วัดได้จากสถานีที่ I = 1,2,3……,m

การประมาณค่าน้ำฝนที่ขาดหายไป (Missind Data)

ข้อมูลน้ำฝนที่จัดเก็บได้จากสถานีตรวจวัดน้ำฝนต่างๆ อาจจะขาดความต่อเนื่องของข้อมูลได้จากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ตรวจวัดชำรุด เจ้าหน้าที่ไม่ได้ทำการตรวจวัดข้อมูล เป็นต้น เมื่อมีความจำเป็นจะต้องนำข้อมูลน้ำฝนเหล่านั้นมาใช้งานจึงจำเป็นต้องประมาณค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อมูลที่ขาดหายไป โดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียง หน่วยงานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาได้เสนอวิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนที่ขาดหายไปดังนี้

ถ้าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีวัดน้ำฝน A,B,C มาเปรียบเทียบกับสถานี X ซึ่งเป็นสถานีที่มีข้อมูลน้ำฝนขาดหายแล้ว ปรากฏว่าความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีค่าไม่เกิน 10% จะสามารถประมาณค่าปริมาณน้ำฝนที่ขาดหายไปของสถานี X โดยวิธีการเฉลี่ยทางเลขคณิตดังนี้

ปริมาณฝน $$p_x = \frac{1}{3}\left(p_A + P_B + P_C\right) \quad (5)$$

P_X คือ ปริมาณน้ำฝนที่ขาดหายไปของสถานีวัดน้ำฝน X

P_A, P_B, P_C คือ ปริมาณน้ำฝนของสถานี A,B,C

ถ้าข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของสถานี A,B,C สถานีใดสถานีหนึ่งแตกต่างจากสถานี X เกิน 10 %จะสามารถประมาณค่าปริมาณน้ำฝนที่ขาดหายไปของสถานี X โดยวิธีอัตราส่วนปกติ

ปริมาณฝน $$p_x = \frac{1}{3}\left[\frac{N_X}{N_A}P_A + \frac{N_X}{N_B}P_B + \frac{N_X}{N_C}P_C\right] \quad (6)$$

N_X คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีวัดน้ำฝน X

N_A, N_B, N_C คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของสถานี A,B,C

การหาปริมาณฝนเฉลี่ยบนพื้นที่ (Average watershed precipitation)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนตามพื้นที่โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนที่วัดได้ของสถานีในพื้นที่ เป็นการวิเคราะห์ เพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยของน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ ซึ่งการคำนวณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีด้วยกัน 3 วิธี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การเฉลี่ยด้วยวิธีคณิตศาสตร์ (Arithmetic average)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด วิธีการก็คือ เฉลี่ยประมาณน้ำฝนด้วยการรวมปริมาณน้ำฝนทุก ๆ สถานีแล้วหารด้วยจำนวนสถานีวัดน้ำฝน ก็จะได้คาเฉลี่ยความลึกสม่ำเสมอเท่าตามต้องการ สถานีวัดน้ำฝนที่จะใช้เป็นสถานีที่ตั้งอยู่ภายในเส้นขอบเขตของลุ่มน้ำเท่านั้น จะเห็นว่าวิธีนี้จะได้ผลถูกต้องดีนั้นพื้นที่ลุ่มน้ำจะต้องค่อนข้างราบเรียบ สถานีวัดน้ำฝนติดตั้งกระจัดกระจายสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำ และในแต่ละสถานีจะบันทึกปริมาณน้ำฝนไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยมากนัก ขีดจำกัดของวิธีนี้อาจจะทำให้ลดน้อยลงได้ด้วยการนำเอาสภาพของภูมิประเทศมาพิจารณาในการเลือกที่ตั้งสถานีด้วย

$$\overline{p} = \sum_{i=1}^{n} \frac{p_i}{n} \qquad (7)$$

$\overline{p}$ คือ ปริมาณฝนเฉลี่ย (mm or in.)

P_i คือ ปริมาณฝนที่สถานีวัดน้ำฝนที่ I (i=1,2,3,…,n)

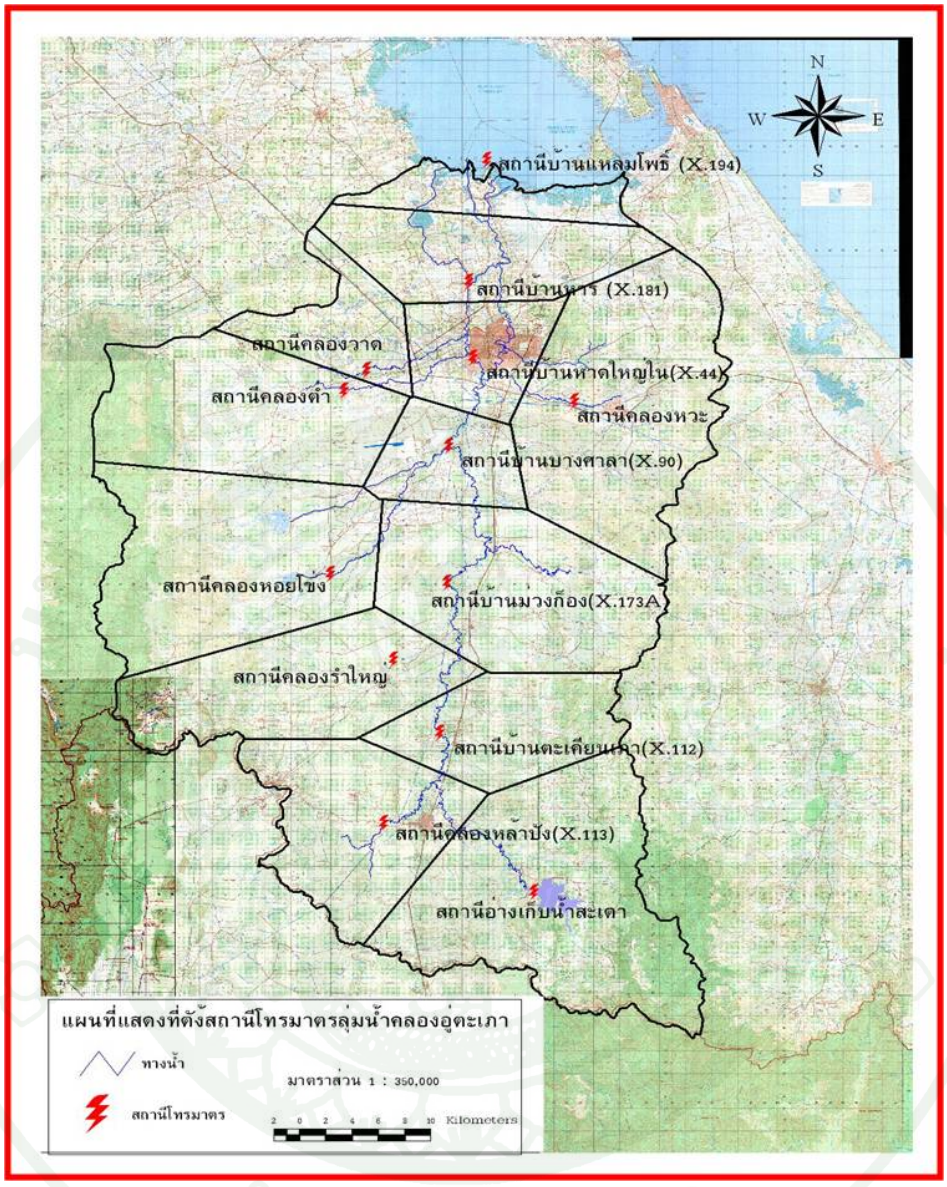
n คือ จำนวนสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำที่พิจารณา

2. วิธีเฉลี่ยธีเอสเสน (Thiessen average)

วิธีนี้พยายามที่จะลดปัญหาความไม่สม่ำเสมอในการกระจายที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน โดยคำนึงถึงขนาดของพื้นที่ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของแต่ละสถานี การกำหนดว่าสถานีใดจะคลุมพื้นที่เท่าใดหรือมีอิทธิพลในพื้นที่เท่าใดนั้น ให้สร้างรูปเหลี่ยมธีเอสเสน (Thiessen polygon) ล้อมรอบสถานีนั้น ๆ เป็นขอบเขตไว้

หลักในการสร้างรูปสี่เหลี่ยมธีเอสเสนก็คือ ลากเส้นตรงแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับเส้นเชื่อมระหว่าง 2 สถานีใกล้เคียงกัน เส้นเหล่านี้และในบางครั้งเส้นขอบเขตของลุ่มน้ำจะประกอบกันเป็นรูปเหลี่ยม จุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งตั้งฉากดังกล่าวก็คือ มุมของรูปเหลี่ยมนั้นเอง พื้นที่รูปเหลี่ยมของแต่ละสถานีหารด้วยพื้นที่ของลุ่มน้ำทั้งหมดจะเป็นตัว weighting factor สำหรับแต่ละสถานีนั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 การแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนด้วยวิธี ธีเอสเสน ในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา (ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา)

จะเห็นว่าวิธีนี้มีหลักเกณฑ์ดีกว่าการเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้หลักการเฉลี่ยโดยสมมติว่าแต่ละสถานีมีความสำคัญเท่ากัน วิธีเฉลี่ยธีเอสเสนเหมาะสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ ข้อที่จะทำให้ผลการคำนวณผิดพลาดได้ง่ายก็คือ สถานีที่คลุมพื้นที่มาก ถ้าวัดปริมาณน้ำฝนผิดพลาดก็จะทำให้ค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนมากด้วย นอกจากนั้น วิธีการนี้คำนึงถึงระยะทางระหว่างสถานีเป็นหลักในการสร้างรูปเหลี่ยม โดยไม่คำนึงถึงสภาพภูมิประเทศแต่อย่างใด ดังนั้นหากพื้นที่ลุ่มน้ำมีลักษณะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลุ่ม ๆ ดอน ๆ หรือมีภูเขามากจะทำให้การหาความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าผิดพลาดได้ง่าย ข้อเสียอีกประการหนึ่งของวิธีนี้ก็คือ จะต้องสร้างรูปเหลี่ยมใหม่ทุกครั้ง หากโครงข่ายหรือจำนวนสถานีในลุ่มน้ำเปลี่ยนแปลงไป

$$\overline{p} = \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{n} P_i A_i \qquad (8)$$

$\overline{p}$ คือ ปริมาณฝนเฉลี่ย (mm or in.)

P_i คือ ปริมาณฝนที่สถานีวัดน้ำฝนที่ I (i=1,2,3,…,n)

A_i คือ พื้นที่รูปหลายเหลี่ยมที่ล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝนที่ i

A คือ พื้นที่รับน้ำฝนรวมมีค่าเท่ากับ $\sum_{i=1}^{n} A_i$

3. วิธีเฉลี่ยด้วยเส้นชั้นน้ำฝน

วิธีนี้เป็นวิธีที่ค่อนข้างจะละเอียดถูกต้องในการคำนวรหาความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าของปริมาณน้ำฝน เพราะใช้เส้นชั้นน้ำฝนเป็นหลักซึ่งนับว่าแน่นอนและสมเหตุสมผล กว่าทั้ง 2 วิธีแรกที่กล่าวมาแล้ว เส้นชั้นนำฝนหรือ isohyets นั้นคือ เส้นที่ลากผ่านบริเวณที่มีความลึกของน้ำฝนเท่า ๆ กัน โดยประมาณ ที่ตั้งของสถานีและปริมาณน้ำฝนที่สถานีวัดได้จะเขียนลงบนแผนที่ จากนั้นก็ลากเส้นชั้นน้ำฝน ในชั้นแรกคำนวณหาค่าเฉลี่ยของน้ำฝนในพื้นที่ระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน ซึ่งปกติแล้วก็คือ ค่าเฉลี่ยของความลึกของเส้นชั้นน้ำฝนทั้งสองนั้นเอง คูณค่าเฉลี่ยความลึกของน้ำฝนด้วยพื้นที่ระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน และรวมกันให้ครบทุกเส้นชั้นน้ำฝน ความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าก็คือผลรวมดังกล่าวหารด้วยพื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำนั้นเอง

$$\overline{p} = \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{n} P_i A_i \qquad (9)$$

$\overline{p}$ คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยทั่วพื้นที่รับน้ำ (mm or in.)

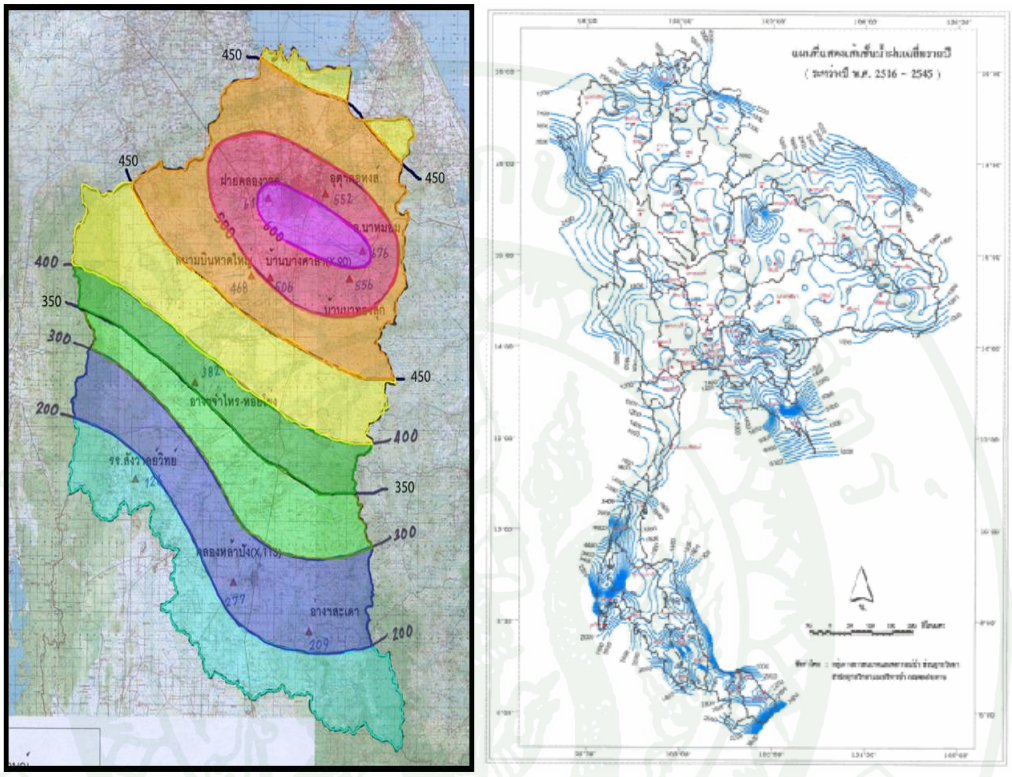
P_i คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน 2 เส้นที่อยู่ใกล้กัน

A_i คือ พื้นที่ระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน 2 เส้นที่อยู่ใกล้เคียงกัน

A คือ พื้นที่รับน้ำฝนรวมมีค่าเท่ากับ $\sum_{i=1}^{n} A_i$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

n คือ จำนวนปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน 2 เส้น



ภาพที่ 13 แสดงลักษณะเส้นชั้นน้ำฝน

วิธีการหาสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ทั้งสามวิธีข้างต้นเป็นวิธีการที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อคำนวณหาปริมาณฝนเฉลี่ยบนพื้นที่ และประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลอุทกวิทยาสำหรับประเทศไทยมาเป็นระยะเวลานาน แต่จากการศึกษาของ Canine C. Balascio ได้นำวิธีการประมาณสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่โดยใช้ Multiquadric Equation และนำเทคนิค 3D CAD มาช่วยในการคำนวณซึ่งเป็นวิธีการใหม่ที่น่าศึกษาทดลองและตรวจสอบความน่าเชื่อถือหรือความถูกต้องของค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้เปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิม จากเหตุผลข้างต้น จึงได้นำเทคนิคดังกล่าวมาศึกษาหาสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ของลุ่มน้ำบางลุ่มน้ำประธาน 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลุ่มน้ำในประเทศไทย

โครงสร้างของลุ่มน้ำ (watershed structure)

เมื่อกำหนดให้ลุ่มน้ำเป็นระบบ (system) ที่มีน้ำฝนเป็นหนึ่งในหลายๆ ปัจจัยของปัจจัยผันแปรภายนอก (forcing function) ที่เข้ามากระทำต่อระบบ ฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้งจะมีปริมาณ (amount) ความหนักเบาในการตก (intensity) และช่วง ระยะเวลาที่ฝนตก (duration) แตกต่างกันไป โดยมนุษย์ไม่สามารถควบคุมได้ สำหรับภายในระบบเองจะมี ปัจจัยคงที่ อันประกอบไปด้วย ลักษณะภูมิประเทศ ชนิดดินและโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่มนุษย์เข้าไปเปลี่ยนแปลงได้ยากเป็น ตัวรองรับ โดยมีปัจจัยปรุงแต่งที่เป็นตัวกลางในการปรับค่าน้ำฝน ซึ่งเป็นปัจจัยผันแปรภายนอกให้เข้ากับปัจจัย คงที่ภายในด้วยลักษณะที่แตกต่างกันไป จนก่อให้เกิดเป็นการทำงานของลุ่มน้ำ และส่งผลลัพธ์ออกมา ในรูปของน้ำไหลในลำธาร (output) ออกจากระบบของลุ่มน้ำ ปัจจัยปรุงแต่งนี้ก็คือ พืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมผิวดิน (vegetation cover) นั่นเอง

คณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ ได้แบ่งพื้นที่ประเทศไทยออกเป็นลุ่มน้ำสำคัญ 25 ลุ่มน้ำ และแบ่งออกเป็นลุ่มน้ำย่อย 254 ลุ่มน้ำย่อย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งประเทศประมาณ 511,361 ตร.กม. (ยังไม่รวมพื้นที่เกาะต่างๆ ยกเว้นเกาะภูเก็ต)

หน้าที่ของลุ่มน้ำ (watershed function)

หน้าที่หรือการทำงานตามหน้าที่ภายในระบบลุ่มน้ำ หมายถึงกระบวนการต่างๆ ของระบบการหมุนเวียนของน้ำที่เกิดขึ้นเป็นลำดับขั้นตอน ตั้งแต่น้ำฝนเข้าสู่ระบบ จนกลายเป็นน้ำไหลในลำธารออกจากระบบของลุ่มน้ำ โดยมีพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุม เป็นกลไกสำคัญในการปรุงแต่งปัจจัยผันแปรภายนอกหรือน้ำฝนให้เข้ากับปัจจัย คงที่ภายในด้วยการส่งเสริมให้น้ำไหลซึมลงไปในดิน เริ่มต้นจากเรือนยอดของต้นไม้ที่นอกจากจะสกัดกั้น น้ำฝนบางส่วนให้ติดค้างบนเรือนยอด (interception) แล้ว ยังช่วยลดแรงปะทะและชะลอการ หยด/ไหลของน้ำฝน ให้หล่นลงสู่พื้นดินในลักษณะที่ค่อยเป็นค่อยไปอีกด้วย

ซากพืชที่ผิวดิน (litter floor) เป็นด่านที่สองของต้นไม้ที่ช่วยลดแรงตกกระทบของเม็ดฝน และยืดระยะเวลาในการไหลสู่ของผิวดินของน้ำฝน นอกจากนี้การสลายตัวของซากพืชจนกลายเป็น

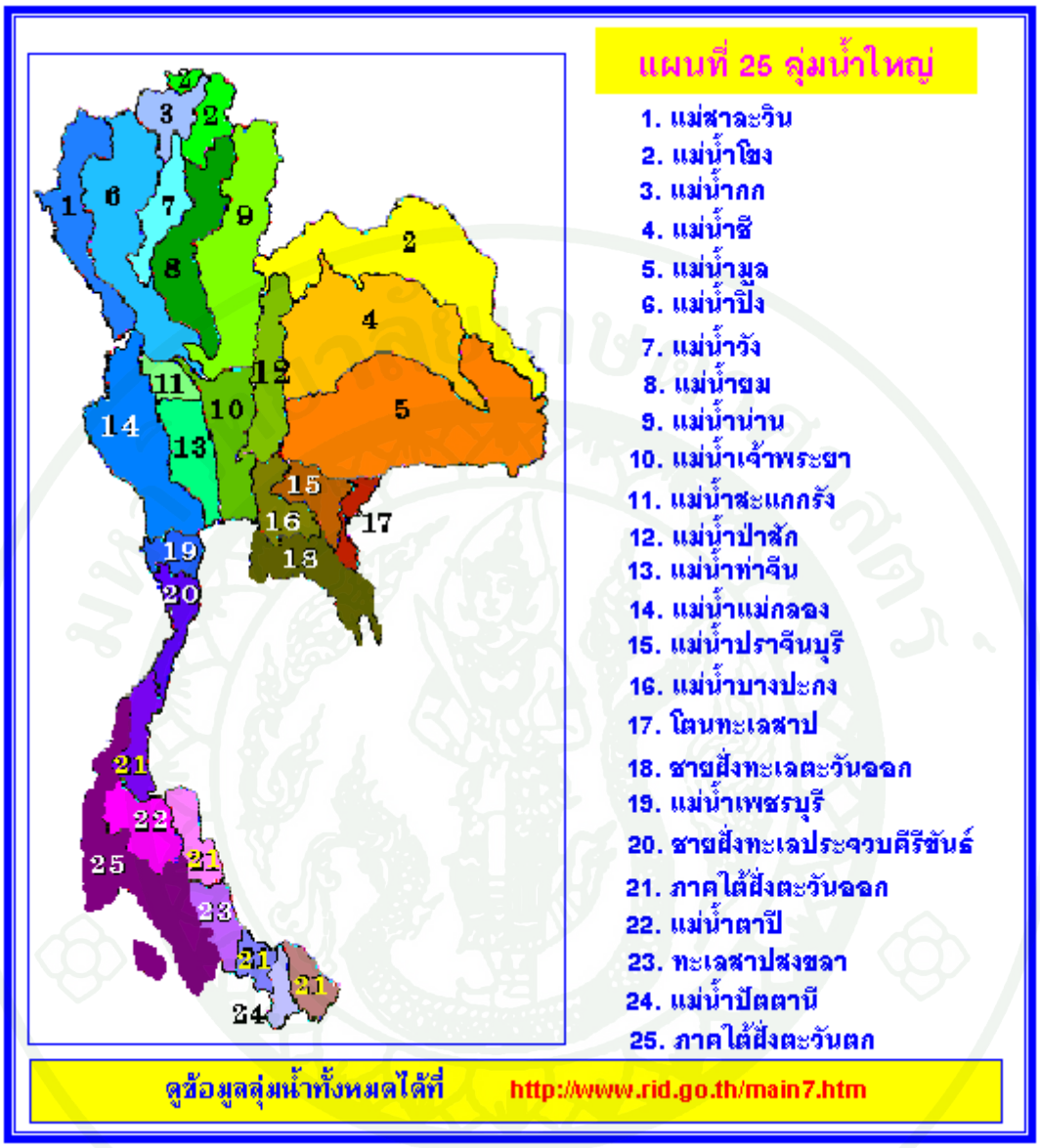
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อินทรีย์วัตถุ (organic mater) และคลุกเคล้ากับดิน โดยจุลินทรีย์ในดินจะช่วยให้ดินผิวมีความพรุน และน้ำฝนซึมผ่านผิวดิน (infiltration) ลงมาได้มาก ระบบรากที่หยั่งลึกลงไปในชั้นดิน จะช่วยส่งเสริมให้น้ำฝนซึมลงไปในส่วนลึกของชั้นดิน (percolation) ได้มากขึ้น ทั้งสามส่วนของต้นไม้นี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้น้ำฝนที่ตกลงมาอย่างรุนแรงและรวดเร็วกลับกลายเป็นน้ำไหล อย่างค่อยเป็นค่อยไปในดินได้

สำหรับกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากที่น้ำฝนไหลผ่านผิวดินลงไปในดินแล้ว มีดังต่อไป นี้ คือ น้ำฝนที่ซึมลงไปในดิน ส่วนหนึ่งถูกต้นไม้ดึงไปใช้ทางราก ที่เหลือจะเติมความชื้นให้กับดิน ถ้าค่าความชื้นที่เกิดขึ้นใหม่มีค่ามากกว่า ความจุสนาม (field capacity) หรือปริมาณน้ำที่เม็ดดินถูกยึดเอาไว้ น้ำในส่วนเกินจะไหลลงสู่ดินชั้นล่าง (percolation) กลายเป็นน้ำใต้ดิน (groundwater) แต่ถ้าน้ำที่เติมลงมามีอัตราเร็วมากกว่าการระบายลงสู่ดินชั้นล่าง น้ำในส่วนเกินจะไหลตามด้านข้างใต้ผิวดิน (lateral flow) หรือ (inter flow) หรือ (subsurface flow) ลงสู่ลำธาร ในทำนองเดียวกัน ถ้าน้ำที่ไหลเติมลงมามีความเร็วมากกว่า percolation และ inter-flow แล้วน้ำในส่วนเกินก็จะเพิ่มความชื้นให้กับดิน มากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งดินอิ่มตัว (saturation point) น้ำที่เหลือจะเอ่อนองตามผิวหน้าดินและไหลลงสู่ลำธาร หรือที่ต่ำทางผิวหน้าดินทันที เรียกว่าน้ำไหลบ่าหน้าดิน (surface runoff)

ดังนั้นน้ำไหลในลำธาร (stream flow) ซึ่งถือว่าเป็น output ออกจากระบบลุ่มน้ำ จึงประกอบไปด้วย น้ำไหลบ่า หน้าผิวดิน surface runoff น้ำไหลตามด้านข้างใต้ผิวดิน (interflow or lateral flow or subsurface flow) และน้ำใต้ดิน (groundwater flow) นอกจากนี้ยังมีบางส่วนของน้ำฝนที่ตกลงสู่ลำธารโดยตรง เรียกว่า channel precipitation แต่เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำไหลในลำธารมีความเร็วในการไหลที่แตกต่างกันไป โดยสามารถแสดงออกมา เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล ของน้ำที่เป็นองค์ประกอบต่างๆ ของน้ำไหลในลำธาร กับช่วงระยะเวลา หรือ hydrograph

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 แผนที่ 25 ลุ่มน้ำ

ที่มา: กรมชลประทาน (2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 รายชื่อลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำในประเทศไทย

หมายเลข	ชื่อลุ่มน้ำ		พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ (%)				พื้นที่ป่าไม้ (%)
	ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ		1A	1B	2.00	3-5	
ภาคเหนือ								
01	ลุ่มน้ำสาละวิน	Mae Nam Salawin	17,920	-	-	-	-	75.0
02	ลุ่มน้ำโขง 1	Mae Nam Khong	9,920	-	-	-	-	37.0
03	ลุ่มน้ำแม่กก	Mae Nam Kok	7,895	36.0	4.0	16.0	44.0	34.0
06	ลุ่มน้ำปิง	Mae Nam Ping	33,898	36.0	2.0	14.0	48.0	49.0
07	ลุ่มน้ำวัง	Mae Nam Wang	10,791	23.0	1.0	14.0	62.0	61.0
08	ลุ่มน้ำยม	Mae Nam Yom	23,616	18.0	1.0	13.0	68.0	33.0
09	ลุ่มน้ำน่าน	Mae Nam Nan	34,330	20.0	1.0	18.0	61.0	43.0
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ								
02	ลุ่มน้ำโขง 2	Mae Nam Khong	47,502	-	-	-	-	20.0
04	ลุ่มน้ำชี	Mae Nam Chi	49,477	10.0	1.0	3.0	86.0	14.0
05	ลุ่มน้ำมูล	Mae Nam Mun	69,701	2.0	-	-	-	10.0
ภาคกลาง								
10	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	Mae Nam Chao Phraya	20,125	1.5	0.1	0.5	98.0	1.5
11	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	Mae Nam Sakae Krang	5,190	9.0	0.1	7.0	84.0	28.0
12	ลุ่มน้ำป่าสัก	Mae Nam Pasak	16,292	11.0	4.0	7.0	78.0	18.0
13	ลุ่มน้ำท่าจีน	Mae Nam Thachin	13,682	5.5	0.0	1.3	93.0	16.0
ภาคตะวันออก								
14	ลุ่มน้ำแม่กลอง	Mae Nam Mae Klong	30,837	38.0	0.30	14.0	47.7	53.0
15	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	Mae Nam Prachin Biri	10,481	-	-	-	-	22.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

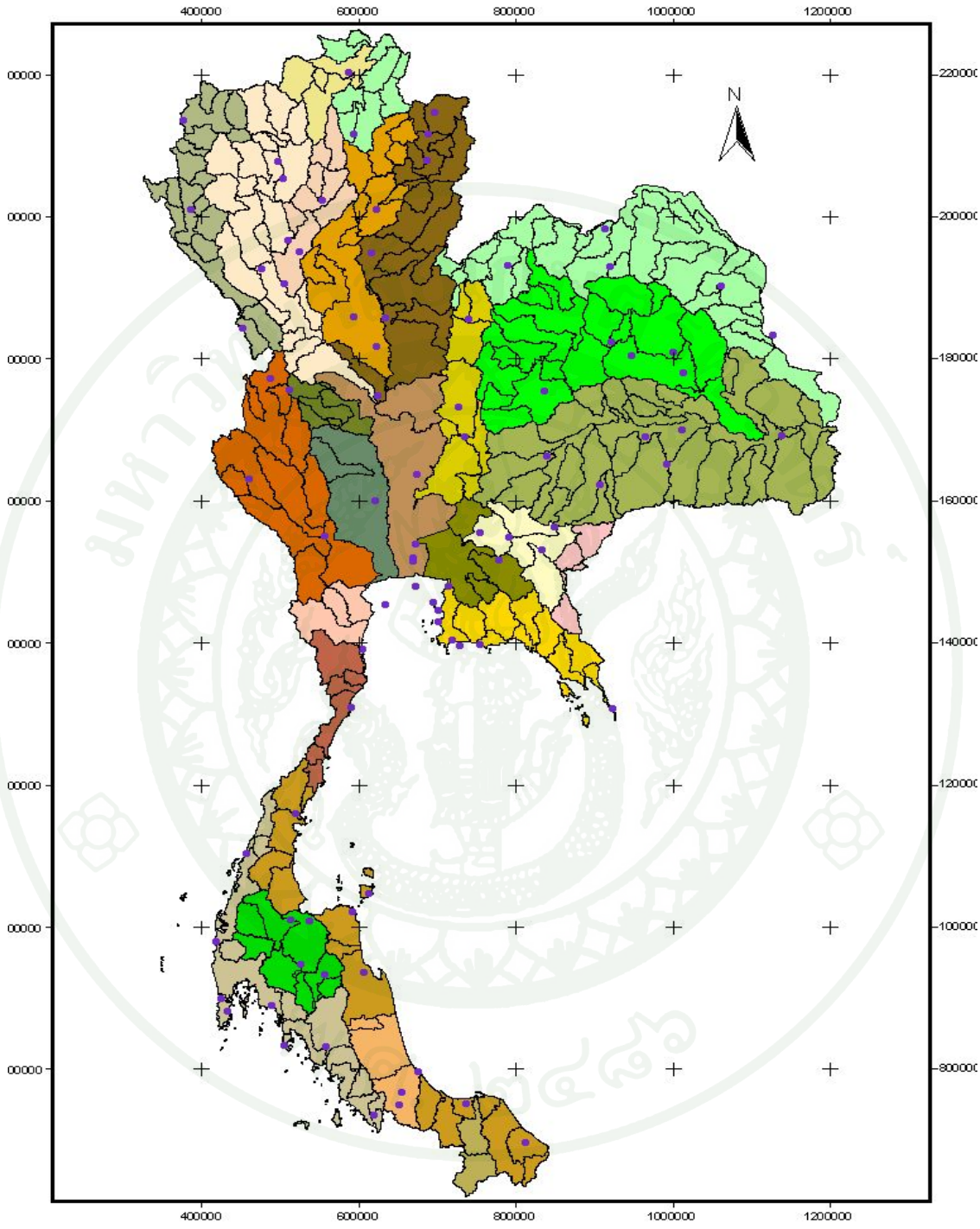
ตารางที่ 8 (ต่อ)

หมายเลข	ชื่อลุ่มน้ำ		พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ (%)				พื้นที่ป่าไม้ (%)
	ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ		1A	1B	2.00	3-5	
16	ลุ่มน้ำบางปะกง	Mae Nam Bang Prakong	7,978	-	-	-	-	19.5
17	ลุ่มน้ำโตนเลสาบ	Thole Sap	4,150	-	-	-	-	38.0
18	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	East-Coast Gulf	13,829	-	-	-	-	12.5
19	ลุ่มน้ำเพชรบุรี	Mae Nam Petchaburi	5,603	43.0	0.04	6.0	50.96	41.0
20	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก	West Coast Gulf	6,745	8.5	0.60	2.6	88.3	43.0
ภาคใต้								
21	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	Peninsula-East coast	26,352	9.0	2.0	7.6	81.4	13.0
22	ลุ่มน้ำตาปี	Mae Nam Tapi	12,225	11.0	1.6	8.0	79.4	24.0
23	ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	Thale sap Songkhla	8,495	12.0	2.3	9.0	76.7	9.0
24	ลุ่มน้ำปัตตานี	Mae Nam Pattani	3,858	13.0	2.3	6.0	78.7	34.0
25	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	Peninsula-West coast	21,172	26.0	1.7	21.0	51.0	45.0
รวมทั้งประเทศ								28.0

หมายเหตุ: การแบ่งลุ่มน้ำ แบ่งตามคณะอนุกรรมการทางวิชาการของคณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ

ที่มา: แผนแม่บทเพื่อการจัดการลุ่มน้ำในประเทศไทย (ฉบับร่าง) (2546)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



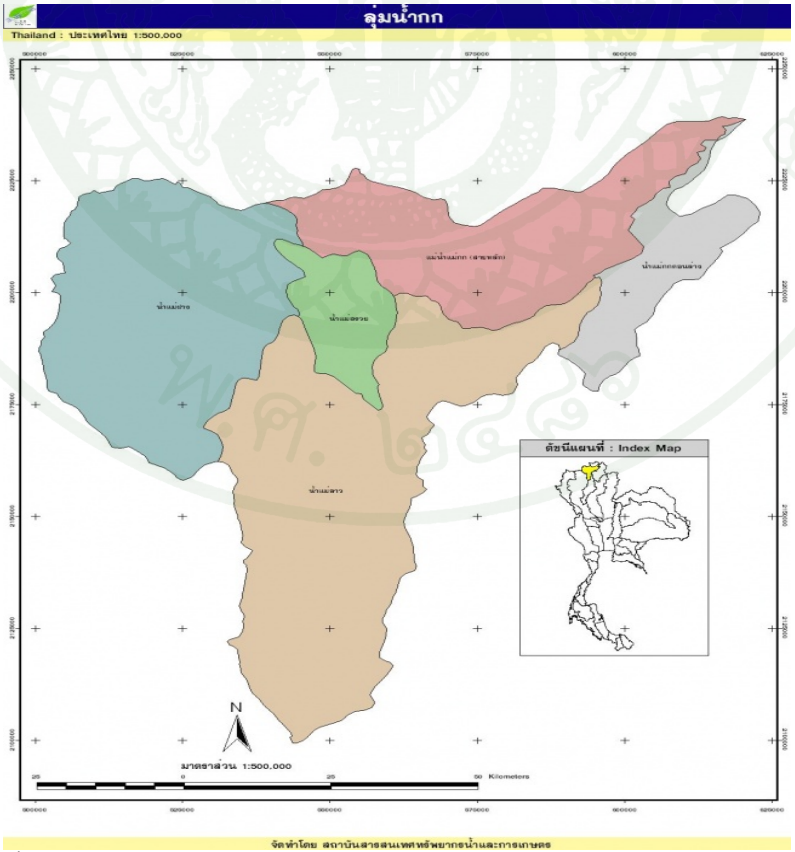
ภาพที่ 15 แผนที่ลุ่มน้ำประธาน 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทยและแสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา ที่กระจายอยู่ในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำทั่วประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากลักษณะภูมิศาสตร์และลักษณะของลุ่มน้ำที่มีความแตกต่างกันของทั้ง 25 ลุ่มน้ำในประเทศไทย การศึกษาวิจัยนี้จึงเลือกลุ่มน้ำตัวอย่างที่นำมาทำการศึกษาจำนวน 4 ลุ่มน้ำจาก 4 ภูมิภาค ซึ่งมีลักษณะของลุ่มน้ำที่ต่างกันเช่น เป็นรูปขนนก เป็นรูปใบโพธิ์ มีลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันเช่น เป็นภูเขาที่ราบกว้าง เป็นแหลมยื่นออกไปในทะเล โดยลุ่มน้ำที่ทำการศึกษาทั้ง 4 ลุ่มน้ำมีรายละเอียดดังนี้

1. ลุ่มน้ำกก

ลุ่มน้ำกกอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย เกิดจากต้นน้ำทางทิศเหนือเมืองกก รัฐเชียงตุง ประเทศสหภาพพม่า ลำน้ำไหล ผ่านเมืองกกและเมืองสาด เข้าเขตแดนประเทศไทยที่ช่องน้ำแม่กก อำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่ และไหลไปทางทิศตะวันออกผ่าน อำเภอแม่อายแล้วเข้าเขตจังหวัดเชียงราย ผ่านอำเภอแม่จันและอำเภอเมืองโดยไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ผ่านอำเภอ เชียงแสนและไหลลงแม่น้ำโขงขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 7,895 ตารางกิโลเมตร มีลำน้ำสาขาที่สำคัญ คือ น้ำแม่ฝาง น้ำแม่ลาว น้ำแม่สวย และน้ำแม่กกตอนล่าง



ภาพที่ 16 ลุ่มน้ำกก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

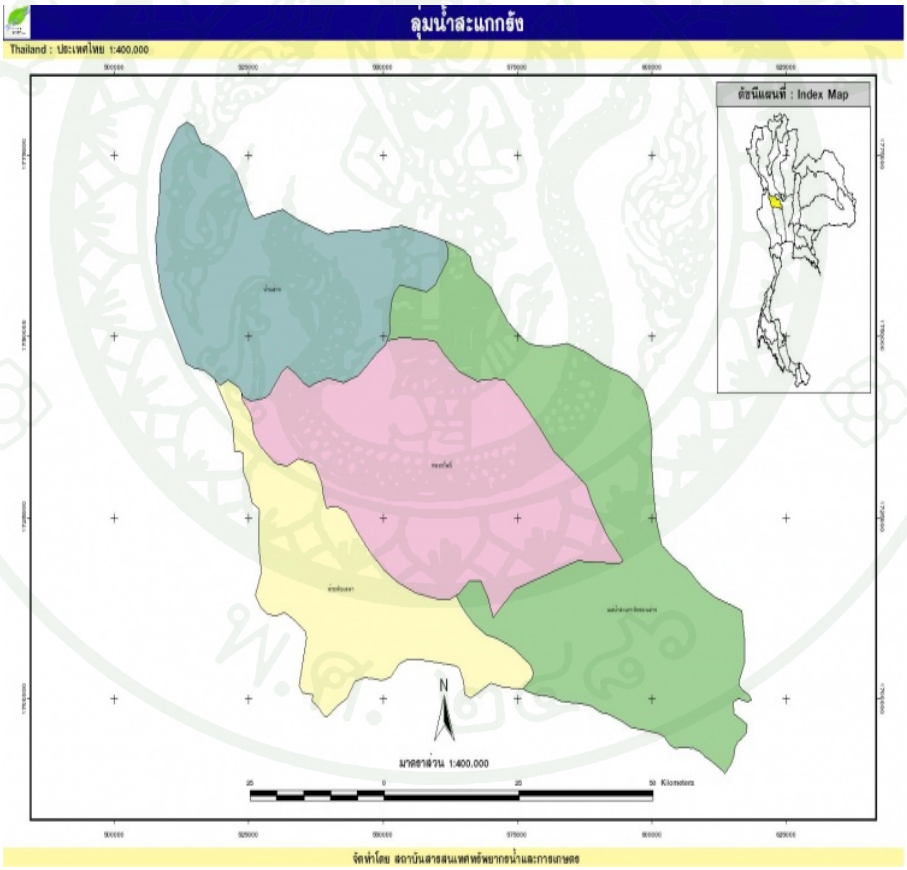
ตารางที่ 9 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำกกในคาบ 30 ปี โดยเฉลี่ยจากข้อมูลอากาศในสถานีตรวจวัดอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาที่กระจายอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำกก

Lever Basin	Lever Basin No.	elevation	UIM		Month	Evap(mm)	Rainfall			Tmax(^{0}C)	Tmin(^{0}C)	Tmean(^{0}C)	RHmax%	RHmin%
			X	Y			Mean	Mean rainy day	Daily maximum					
แม่น้ำกก	03	390.00	587,219	2,202,475	1	287	11.2	1.5	48.3	28.1	121	19.1	94	43
แม่น้ำกก	03	390.00	587,219	2,202,475	2	422	12.2	14.4	5.30	31	13	21.2	92	33
แม่น้ำกก	03	390.00	587,219	2,202,475	3	502	20.9	2.8	63. 9	33.8	16.4	24.4	87	31
แม่น้ำกก	03	390.00	587,219	2,202,475	4	572	94.6	10.1	93.2	34.8	20.1	26.9	87	38
แม่น้ำกก	03	390.00	587,219	2,202,475	5	455	194.7	17.5	102.2	33.1	22.3	27	92	53
แม่น้ำกก	03	390.00	587,219	2,202,475	6	367	194.8	18.7	135.3	31.9	23.2	27.1	93	61
แม่น้ำกก	03	390.00	587,219	2,202,475	7	31.3	319.1	22.4	157.8	30.9	23.1	26.5	94	65
แม่น้ำกก	03	390.00	587,219	2,202,475	8	2.77	377.7	23.5	156.1	30.7	22.9	26.2	95	67
แม่น้ำกก	03	390.00	587,219	2,202,475	9	3.00	271.2	17.5	116.9	30.8	22.3	25.9	95	65
แม่น้ำกก	03	390.00	587,219	2,202,475	10	2.89	130.7	11.0	113.0	30	20.6	24.7	95	61
แม่น้ำกก	03	390.00	587,219	2,202,475	11	2.72	56.6	5.1	123.2	28.3	17	22	95	55
แม่น้ำกก	03	390.00	587,219	2,202,475	12	2.55	18.5	2.1	69.6	26.6	129	18.9	95	49
		รวม				43.13	1,702.20	133.60	1,232.50	370.00	225.90	289.90	1.114.00	621.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ลุ่มน้ำสะแกกรัง (Sa Kae Krang Basin)

ลุ่มน้ำสะแกกรัง เป็นลุ่มน้ำซึ่งอยู่ทางภาคกลางของประเทศ เกิดจากพื้นที่ต้นน้ำลำธารที่เป็นเทือกเขาทางภาคเหนือของ ประเทศไทยระหว่างจังหวัดอุทัยธานี กำแพงเพชร และนครสวรรค์ ให้การระบายน้ำจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือลงสู่ทิศตะวันออก โดยไหลจากอำเภอแม่วงก์และอำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์ไปรวมกับคลองโพธิ์ที่อำเภอสว่างอารมณ์ จังหวัดอุทัยธานี แล้ว ไหลไปรวมกับห้วยทับเสลาที่อำเภอทัพทัน ต่อจากนั้นไหลไปรวมกับแม่น้ำเจ้าพระยา ที่อำเภอโกรกพระ จังหวัดอุทัยธานี ขนาดพื้น ที่ลุ่มน้ำประมาณ 5,202 ตารางกิโลเมตร มีลำน้ำสาขาที่สำคัญ คือ น้ำแม่วงก์ คลองโพธิ์ ห้วยทับเสลา และแม่น้ำสะแกกรังตอนล่าง



ภาพที่ 17 ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

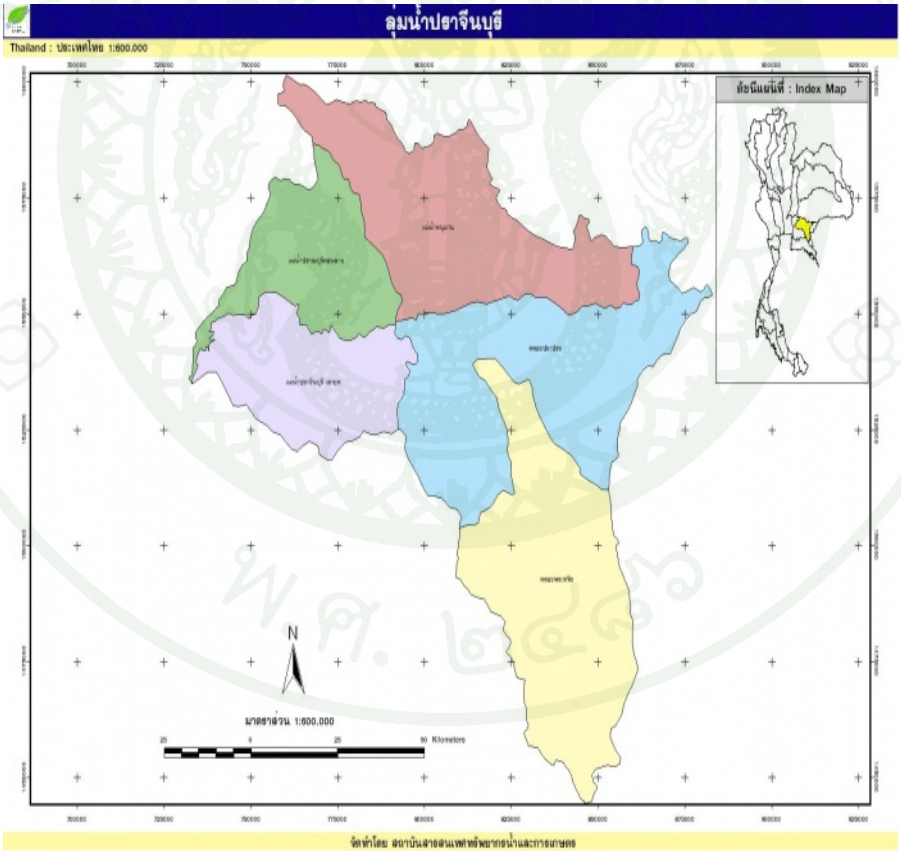
ตารางที่ 10 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรังในคาบ 30 ปี โดยเฉลี่ยจากข้อมูลอากาศในสถานีตรวจวัดอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาที่กระจายอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง

Lever Basin	Lever Basin No.	elevation	UIM		Month	Evap(mm)	Rainfall			Tmax(^{0}C)	Tmin(^{0}C)	Tmean(^{0}C)	RHmax%	RHmin%
			X	Y			Mean	Mean rainy day	Daily maximum					
แม่น้ำสะแกกรัง	11	124.00	512,489	1,756,033	1	4.01	4.2	0.8	39.7	32	16.3	23.6	89	37
แม่น้ำสะแกกรัง	11	124.00	512,489	1,756,033	2	6.03	8.4	0.8	85	35	19.3	26.9	77	30
แม่น้ำสะแกกรัง	11	124.00	512,489	1,756,033	3	7.77	13.4	1.7	55.0	37.5	23.6	30.1	69	29
แม่น้ำสะแกกรัง	11	124.00	512,489	1,756,033	4	8.40	42.0	4.7	94.3	38.4	26	31.4	71	34
แม่น้ำสะแกกรัง	11	124.00	512,489	1,756,033	5	6.59	161.2	12.4	175.7	35.4	25.5	29.6	83	50
แม่น้ำสะแกกรัง	11	124.00	512,489	1,756,033	6	5.09	124.2	15.1	110.8	32.9	25.1	28.3	85	59
แม่น้ำสะแกกรัง	11	124.00	512,489	1,756,033	7	4.85	93.7	14.2	72.9	32.4	24.9	28	84	60
แม่น้ำสะแกกรัง	11	124.00	512,489	1,756,033	8	4.55	127.9	16.3	128.0	32.1	24.5	27.6	86	61
แม่น้ำสะแกกรัง	11	124.00	512,489	1,756,033	9	4.21	208.9	16.9	145.0	32.3	23.9	27.4	91	63
แม่น้ำสะแกกรัง	11	124.00	512,489	1,756,033	10	3.47	203.9	13.9	124.0	31.5	22.7	26.5	95	64
แม่น้ำสะแกกรัง	11	124.00	512,489	1,756,033	11	3.32	60.8	5.1	95.9	30.5	2.0	24.7	94	56
แม่น้ำสะแกกรัง	11	124.00	512,489	1,756,033	12	3.32	5.2	0.8	50.6	30.2	16.4	22.6	92	45
		รวม				61.62	1,053.80	102.70	1,176.90	400.20	268.20	326.70	1,016.00	585.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ลุ่มน้ำปราจีนบุรี (Prachin Basin)

ลุ่มน้ำปราจีนบุรีอยู่ทางภาคตะวันออกของประเทศไทย ประกอบด้วยพื้นที่ของจังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดสระแก้วเกิดจาก ต้นน้ำบริเวณเทือกเขาพนมดงรัก มีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 10,006 ตารางกิโลเมตร ให้การระบายน้ำจากทางทิศตะวันออกไปสู่ ทิศตะวันตก มีลำน้ำสาขาที่สำคัญ คือ คลองพระสทึง แม่น้ำพระปรง แม่น้ำหนุมาน และแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง แม่น้ำปราจีนบุรีเกิด จากการบรรจบกันของแม่น้ำหนุมานกับแม่น้ำพระปรงโดยไหลไปบรรจบกับแม่น้ำนครนายกที่อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา กลายเป็นแม่น้ำบางปะกง อ่างเก็บน้ำที่สำคัญในบริเวณลุ่มน้ำปราจีนบุรี คือ เขื่อนพระสทึง เขื่อนใสน้อย และเขื่อนห้วยโสมง ปริมาณ น้ำฝนเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,619 มิลลิเมตร



ภาพที่ 18 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

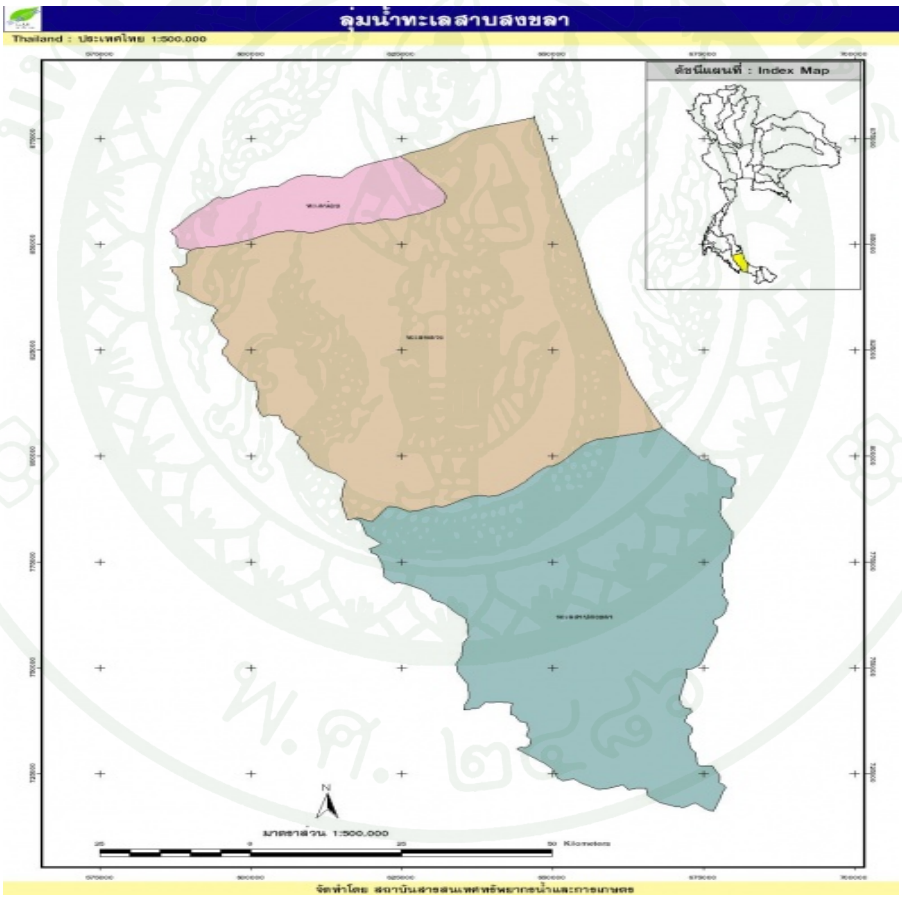
ตารางที่ 11 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีในคาบ 30 ปี โดยเฉลี่ยจากข้อมูลอากาศในสถานีตรวจวัดอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาที่กระจายอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

Lever Basin	Lever Basin No.	elevation	UIM X	UIM Y	Month	Evap(mm)	Rainfall Mean	Mean rainy day	Daily maximum	Tmax(^{0}C)	Tmin(^{0}C)	Tmean(^{0}C)	RHmax%	RHmin%
แม่น้ำปราจีน	15	68	798,889	1,55,366	1	4.44	6.17	0.87	42.30	32.3	18.8	25.9	86	41
แม่น้ำปราจีน	15	68	798,889	1,55,366	2	4.98	16.70	2.17	56.90	34.2	21.2	27.4	87	40
แม่น้ำปราจีน	15	68	798,889	1,55,366	3	5.75	44.97	4.73	80.13	35.9	23.3	29.1	88	42
แม่น้ำปราจีน	15	68	798,889	1,55,366	4	5.75	98.40	8.50	118.13	36.3	24.7	29.8	89	47
แม่น้ำปราจีน	15	68	798,889	1,55,366	5	5.13	189.70	16.10	114.20	34.7	24.9	29.0	92	57
แม่น้ำปราจีน	15	68	798,889	1,55,366	6	4.67	197.07	16.77	110.10	33.2	24.8	28.5	92	61
แม่น้ำปราจีน	15	68	798,889	1,55,366	7	4.58	216.70	18.17	112.07	32.7	24.5	28.2	92	62
แม่น้ำปราจีน	15	68	798,889	1,55,366	8	4.37	279.93	20.70	131.53	32.3	24.4	27.8	94	64
แม่น้ำปราจีน	15	68	798,889	1,55,366	9	4.22	296.67	20.07	151.53	32.1	24.2	27.6	94	65
แม่น้ำปราจีน	15	68	798,889	1,55,366	10	4.09	157.20	14.33	142.63	31.8	23.7	27.2	93	62
แม่น้ำปราจีน	15	68	798,889	1,55,366	11	4.35	34.00	4.33	47.93	31.2	21.5	26.2	88	52
แม่น้ำปราจีน	15	68	798,889	1,55,366	12	4.48	4.67	0.57	58.37	30.8	18.9	24.9	55	29
		รวม				56.82	1,54217	127.30	1,165.83	397.40	274.87	331.43	1,050.33	621.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (Thale Sap Songkhla Basin)

พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเป็นลุ่มน้ำทางภาคใต้ เกิดจากเทือกเขาทางภาคใต้ มีพื้นที่รวมประมาณ 8,217 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัดสงขลา และบางส่วนของจังหวัดพัทลุง พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาประกอบด้วยลำน้ำต่างๆ ที่ไหลลงทะเลสาบสงขลา ทะเลหลวง และทะเลน้อย มีอ่างเก็บน้ำที่สำคัญ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำนาท่อม อ่างเก็บน้ำชะมวง อ่างเก็บน้ำคลองวาด อ่างเก็บน้ำควนกุฎิ อ่างเก็บน้ำพญาโฮ้ง และอ่างเก็บน้ำหลักสาม มีประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 865,396 คน ประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่ราบ



ภาพที่ 19 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในคาบ 30 ปี โดยเฉลี่ยจากข้อมูลอากาศในสถานีตรวจวัดอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาที่กระจายอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

Lever Basin	Lever Basin No.	elevation	UIM X	UIM Y	Month	Evap(mm)	Rainfall Mean	Rainfall Mean rainy day	Rainfall Daily maximum	Tmax(^{0}C)	Tmin(^{0}C)	Tmean(^{0}C)	RHmax%	RHmin%
ทะเลสาบสงขลา	23	16	676,721	780,501	1	2.53	51.40	80.5	164.65	30.25	23.00	26.50	90	63
ทะเลสาบสงขลา	23	16	676,721	780,501	2	2.91	28.05	3.55	205.30	31.45	23.20	27.15	90	59
ทะเลสาบสงขลา	23	16	676,721	780,501	3	3.04	49.65	5.40	119.15	32.75	23.65	27.95	91	57
ทะเลสาบสงขลา	23	16	676,721	780,501	4	2.95	95.60	9.45	99.50	33.50	24.20	28.50	93	58
ทะเลสาบสงขลา	23	16	676,721	780,501	5	2.56	140.60	13.80	156.70	33.25	24.45	28.40	93	61
ทะเลสาบสงขลา	23	16	676,721	780,501	6	2.35	99.95	12.90	84.10	33.00	24.20	28.15	93	60
ทะเลสาบสงขลา	23	16	676,721	780,501	7	2.34	98.70	12.95	91.50	32.80	23.80	27.90	93	59
ทะเลสาบสงขลา	23	16	676,721	780,501	8	2.44	111.75	13.95	118.10	32.75	23.85	27.85	93	58
ทะเลสาบสงขลา	23	16	676,721	780,501	9	2.33	144.70	16.10	107.90	32.15	23.70	27.40	93	62
ทะเลสาบสงขลา	23	16	676,721	780,501	10	2.06	231.80	20.35	135.60	31.30	23.65	27.00	95	67
ทะเลสาบสงขลา	23	16	676,721	780,501	11	1.71	442.70	21.95	305.00	29.80	23.55	26.35	95	73
ทะเลสาบสงขลา	23	16	676,721	780,501	12	1.93	344.85	18.90	246.50	29.25	23.25	26.05	98	71
		รวม				29.15	1,839.75	157.35	1,834.00	382.25	284.50	329.20	1,108.50	746.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การหาค่าเฉลี่ยน้ำฝนโดยวิธี Weighted Averaging

การหาค่าความสูงน้ำฝนเฉลี่ย กำหนดให้ $f(x, y)$ เป็นความสูงของจำนวนน้ำฝนทุก ๆ จุด $f(x, y)$ ในลุ่มน้ำ โดยกำหนดให้ลุ่มน้ำ R มีพื้นที่ผิว a ฟังก์ชั่น $f(x, y)$ เป็นการพิจารณาตัวแปรในลุ่มน้ำ R. ค่าของฟังก์ชั่น $f(x, y)$ ทุกจุดมีค่าเป็นบวก ในลุ่มน้ำ R, ฟังก์ชั่น $f(x, y)$ เป็นฟังก์ชั่นต่อเนื่อง ค่าความสูงน้ำฝนเฉลี่ย P, ในลุ่มน้ำ R เขียนได้ดังสมการ

$$P = \frac{1}{a}\iint_R f(x,y)d_x d_y \ \ where \ a = \iint_R d_x d_y \tag{10}$$

ฟังก์ชั่น $f(x, y)$ ใน (10) เป็นตัวแปร Unknow กำหนดได้ไม่ได้ทุกจุดในลุ่มน้ำ แต่พื้นผิวสามารถวัดหรือ “การสุ่ม” ที่ N ตำแหน่งเครื่องวัดจำนวนน้ำฝน โดยสมมุติเครือข่ายของ N เครื่องวัดน้ำฝนครอบคลุมลุ่มน้ำ หรือ R เป็นเวคเตอร์ และการวิเคราะห์กำหนดให้ $x = (x, y)^t$ เป็นการแสดงระยะตามแนว x และ y ในเขตลุ่มน้ำ ให้ x_i, i = 1 ….N, เป็นพิกัดเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่ i th ให้ $Z = (Z_1, Z_2, \ldots Z_N)$ เป็นค่าความสูงของปริมาณน้ำฝนที่ตำแหน่ง N

วิธีการ Linear Method ของการหาความสูงน้ำฝนเฉลี่ยกับน้ำหนักเฉลี่ยจากการวัดเป็น z เพื่อหาค่าเฉลี่ยที่แท้จริง กำหนดให้โดย (10) วิธีการกำหนดตัวเลข โดยค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนัก ให้ $\gamma = (\gamma_1 + \ldots. \gamma_n)$ เป็นสัมประสิทธิ์ค่าน้ำหนักค่าเฉลี่ยความสูงของน้ำฝนที่กำหนดโดยสมการ

$$\hat{P} = \underset{-}{\gamma}^t \underset{-}{z} = \sum_{i=1}^{N} \gamma_i Z \ \text{ where } \underset{-}{\gamma}^t 1 = \sum_{i=1}^{N} \gamma_i = 1 \tag{11}$$

$$Z(x,y) = \sum_{i=1}^{N} C_j \left[(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2 \right] \tag{12}$$

วิธีการที่ง่ายที่สุดของการกำหนดสัมประสิทธิ์น้ำหนัก γ_i เป็นการหาค่าเฉลี่ยของเลขคณิตของข้อมูล ค่าเฉลี่ยเลขคณิตบางครั้งเป็นวิธีที่ไม่ดี เพราะว่ามันไม่ได้คำนึงถึงพิกัดของสถานีวัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำฝน การหาค่าน้ำหนักของ Thiessen เป็นวิธีที่ง่ายและเป็นวิธีดั้งเดิมของการหาน้ำหนัก ใน (11) เป็นผลของรูปของเรขาคณิตของลุ่มน้ำและลักษณะจำเพาะของเครือข่ายเครื่องวัดน้ำฝน

วิธีการหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักโดย Multiquadric Equations

$$Z(x,y)=\sum_{i=1}^{N} C_j\left[(x-x_j)^2+(y-y_j)^2+a^2\right]^{1/2} \tag{13}$$

ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ผิว N มีศูนย์อยู่ที่เครื่องวัดน้ำฝน N ในสมการ (13) ทำให้ลดตัวแปรลง เมื่อค่าคงที่ a^2 เป็น 0 เมื่อ a^2 = 0 สมการพื้นผิวเปลี่ยนเป็น Right Circular Cone ซึ่งความสูงของ Cone ที่จุดใด ๆ ก็ตามในระนาบ x – y มีค่าเท่ากับตามระยะทาง Euclidean จากศูนย์กลางของ Cone สัมประสิทธิ์ c_j ได้ถูกกำหนดเป็นผลรวมระยะทางแต่ละอันของ N แต่ละศูนย์ของเครื่องมือวัดน้ำฝน เหมาะกับข้อมูลที่มีค่าปริมาณฝนทุกสถานี

เพื่อให้เหมาะกับพื้นผิว เราต้องกำหนดสัมประสิทธิ์ N ใน (13) สัมประสิทธิ์เหล่านี้อาจสะดวกต่อการจัดเรียงตามเวคเตอร์ C = (C_1 .....C_N) เรียก Z ใหม่ว่า เวคเตอร์ ตำแหน่งเครื่องวัด N โดย N เป็นเมตริกซ์ของ Kernel ฟังก์ชั่น ที่จุดวัดน้ำฝน D = (d_{ij}) โดย

$$d_y=\left[(x_i-x_j)^2+(y_i-y_j)^2\right]^{1/2} \tag{14}$$

สัมประสิทธิ์ของเวคเตอร์ สามารถหาได้โดยระบบเส้นตรง $Dc = Z$ ดังนั้น $C = D^{-1} Z$. ให้จำนวนของสมการ M น้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนสถานีวัดน้ำฝน N สมมติว่าเราต้องการที่ fit surface จาก

$$z(x,y)=\sum_{j=1}^{M} c_j G_j(\underline{x})=\sum_{j=1}^{M} c_j G_j(x,y) \tag{15}$$

Kernel ฟังก์ชั่น G_j *(x , y)* ลักษณะจำเพาะที่ของ x และ y และ c_1 เป็นค่าคงที่ในการกำหนด สังเกตว่า (15) ประกอบด้วยทั้งรูปแบบของสมการกำลังสอง ดังที่ระบุใน (12) และ (13)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในขณะที่สมการโฟลิโนเมียว และสไปนส์ มีจำนวนที่แน่นอน การปรับปรุงสมการ (15) ไปยังข้อมูลน้ำฝน ดังนี้

ให้ Z เป็นทิศทางตามแนวของความสูงของน้ำฝนตามสถานีวัดให้ N คูณด้วย M เมตริกซ์ G = $\{G_j (x_i)\}$, i = 1……N; j = 1…..M และให้ $C_j = (C_1 \ldots\ldots C_M)^t$ ในการเชื่อมด้วย (15) นำไปสู่ระบบเส้นตรง $G_C = Z$ สำหรับ M = N, ข้อสรุป C คือ ข้อกำหนด ในขณะที่ N > M เรามีค่าเกินกำหนดในแต่ละกรณี ข้อสรุปที่ถูกต้อง หรือ ข้อสรุปอย่างน้อยที่สุดสำหรับระบบที่กำหนดโดย

$$\underline{C} = (GG)^{-t} G'^{t} \underline{Z} \tag{16}$$

วิธีการหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักโดย Conic Multiquadratic Equations

Balascio (1983) แสดงให้เห็นว่าค่าความสูงของน้ำฝนสามารถคำนวณจากผิวของ Surface ได้แก่ ในสมการ (15) เป็นค่าเฉลี่ยความน้ำหนักที่ถูกต้อง เราสังเกตว่าสมการ Conic Multiquadric Equation สามารถอธิบายโดย (15) และโดยการพิจารณาถึงหาค่าเฉลี่ยความสูงน้ำฝนที่กำหนดให้โดย (10) การประมาณที่ค่าจริงนี้สามารถทำได้โดยการ Integrat surface ตาม (15) โดย R ที่มีพื้นที่ผิว a ดังนั้น

$$\hat{P} = \left[\tfrac{1}{a}\right] \iint_R z(x,y) d_x d_y = \left[\frac{1}{a}\right] \iint_R \sum_{j=1}^{M} c_j G_j (x,y) d_x d_y \tag{17}$$

ดังนั้น z (x,y) เป็นสมการประกอบด้วย Kamel ฟังก์ชั่น Gj (x, y) เป็นผลรวมใน (17) สามารถ Integrat ทีละเทอมในรูปแบบ เวกเตอร์ และ Karnel ฟังก์ชั่น V = (G_1 (x, y) , G_2 (x, y) ,….G_M (x, y)^t เขียนเสียใหม่จาก (15) เป็น z (x, y) = v^t c ดังนั้นสมการ (17) สามารถทำเป็นสมการใหม่ได้ดังนี้

$$\hat{P} = \left[\frac{1}{a}\right] \iint_R \underline{V'} C d_x d_y \tag{18}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สังเกตเห็นว่าเวคเตอร์ V เป็นฟังก์ชั่นของ x และ y ในการ Integrat และสามารถแยกออกได้ การ Integrate เวคเตอร์ ไปทีละเทอม สามารถเขียนเป็น y จำนวนคูณจำนวนของทิศทาง V:

$$\underline{V} = \iint_R \underline{V} d_x d_y \tag{19}$$

การคำนวณรูปแบบ ฟังก์ชั่น G_j (x, y) สามารถสรุปเป็นจำนวนเดียวกันใน (19) Pegram (1993) เสนอวิธีปรับสำหรับการใช้ซอฟแวร์ GIS โดยใช้ 3D CAD เป็นซอฟแวร์ที่สามารถช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น

จากสมการ (16) (18) และ (19) Balacio (2000) แสดงให้เห็นว่าเวคเตอร์สัมประสิทธิ์น้ำหนักเครื่องวัดสัมพันธ์กับ (17) คือ

$$\underline{\gamma^t} = \left(1/a\right)\underline{V^t}\left(G^t G\right)^{-t} G^t \tag{20}$$

สำหรับ Conic multiguadrie เมตริกซ์ G เท่ากับเมตริกซ์ D ดังคำอธิบายใน (14) ใน (20) γ เป็นเวคเตอร์ของค่าคงที่หาโดยเรขาคณิตของเครือข่ายสถานีวัดน้ำฝน และลุ่มน้ำ มันเป็นอิสระจากข้อมูลปริมาณน้ำฝน

การขจัดการคาดคะเนจำนวนฝนที่อคติ

โดยทั่วไปการเริ่มต้นของทิศทางสัมประสิทธิ์ γ ได้อธิบายโดย (20) อาจไปเป็นผลรวมเท่ากับหนึ่ง การตรวจสอบ (13) ซึ่งนิยามผิวกำลังสองพหุคูณรูปกรวย เมื่อ $a^2 = 0$ แนะนำเหตุผลสำหรับบางครั้งมีอคติสัมพันธ์กับรูปแบบมาตรฐานของผิวกำลังสองพหุคูณรูปกรวย ผิวกำลังสองพหุคูณรูปกรวยได้ให้ความหมายไว้ในสมการ (13) ด้วย $a^2 = 0$ เป็นไปไม่ได้ที่จะเหมาะสมถูกต้องกับความสูงน้ำฝนที่เป็นรูปแบบไม่ใช่ศูนย์ความภูมิภาคต่าง ๆ คุณลักษณะที่ต้องการของผิวใด ๆ ที่เหมาะสมกับวิธีการ ควรมีความสามารถในการปรับปรุงผิวแนวนอนอย่างถูกต้องของความสูงหรือความลึก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มันง่ายที่แสดงว่าสภาพที่เพียงพอสำหรับผิวที่สัมพันธ์กับความสูงที่ถูกต้องหรือคาดคะเน ปริมาตรเป็นความสามารถของการปรับปรุงที่แน่นอนของผิวเพื่อพิจารณากรณีทั่ว ๆ ไปในเมื่อจำนวนของฟังก์ชันหลัก M น้อยกว่า หรือเท่ากับ N-1 ในเมื่อ N เป็นจำนวนทั้งหมดจุดสังเกตและสมการที่มีปัญหา มันเป็นไปได้ที่แสดงจำนวนใด ๆ ที่ผิวที่สามารถปรับปรุงความสูงที่ถูกต้องทุกหนทุกแห่งในภูมิภาคในรูปแบบต่อไปนี้

$$Z(x,y) = C_o + \sum_{j=1}^{M} C_j G_j(x,y) \tag{21}$$

สมมติว่า a เป็นความสูงของน้ำฝนที่มีรูปแบบแน่นอน b เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นทุกแห่งในบริเวณ โดยการตรวจสอบ เราเห็นข้อสรุปที่เหมาะที่สุดของ (21) คือ z (x, y) = b ซึ่งถูกต้อง ดังนั้น Co = b และสัมประสิทธิ์ c_i i = 1, 2, ……..M เป็นค่าศูนย์ การคำนวณแสดงให้เห็นว่า เมื่อผิวหน้าที่มีรูปแน่นอนเป็นการผสมผสานเกินบริเวณ R ปริมาณที่บรรลุคือ ab หารด้วยพื้น a ด้วยค่าเฉลี่ยความสูง b จากการอภิปรายในหมวดที่ผ่านมาเรารู้ว่าผลวันนี้เทียบเท่าค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของการสังเกตจำนวนฝนตก ดังนั้น γ^t z = b ด้วย z = b = b1 เราสรุปว่า γ^t 1 = 1 ดังนั้นผิวของจำนวนใด ๆ ที่ให้ความหมายโดยระบบเส้นตรงของสมการจะเหมาะสมกับค่าคงที่ที่ถูกต้องในค่าเฉลี่ยความสูงจำนวนน้ำฝน

Moore et at. (1989) เสนอข้อขยายของสมการ (13) ว่ากำหนดปัญหาที่อคติตามพื้นผิวกำลังสองพหุคูณรูปกรวย a^2 เป็นชุดที่เท่ากับ 0 แต่วิธีการที่ขยายโดยการเพิ่มค่าคงที่ b, ซึ่งบังคับหรือไปสู่รูปแบบที่ได้ระบุโดย (21) :

$$Z(x,y) = b\sum_{i=1}^{N} C_j \left[(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2 \right]^{1/2} \text{ where } \sum_{j=1}^{N} C_j = 0 \tag{22}$$

เนื่องจากมันเป็นความต้องการที่จะเชื่อมต่อกับจุดข้อมูลของ N อุปสรรคในค่าของ C_1 เป็นที่ต้องการที่ทำข้อสรุปที่กำหนด

Borga and Vizzaccaro (1997) สังเกตว่า Moore et al (1989) เพิ่มปัญหา C^t 1 = 0 เพื่อประกันผิวหน้าที่เหมาะสมไปเป็นการเพิ่มต่อเนื่องหรือลดลงจากความใกล้ชิดของเครือข่าย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครื่องวัด สิ่งนี้ได้ขยายผิวหน้ากำลังสองพหุคูณรูปกรวยจะปรับให้ความสูงคงที่และถูกต้องที่ทุกจุด ในภูมิภาค ค่า C_j จะเท่ากับ 0 และคงที่ b จะคาดว่าความสูงน้ำฝนที่มีรูปแบบ ดังนั้น แบบที่ขยายจากผิวถ้าว่าสองพหุคูณรูปกรวยที่กำหนดให้ความ (23) จะเป็นการคาดคะเนผลไปลำเลียงของค่าเฉลี่ยความสูงน้ำฝนของพื้นที่

Balascio (2000) ให้รายละเอียดเกี่ยวกับระบบการขยายสมการที่มีผลจากสมการ (22) ด้วย C = $(C_1, C_2.....C_N)^t$ ปริมาณทิศทาง V ของหน้าที่หลักให้ความหมายสำหรับผิวกำลังสองพหุคูณรูปกรวย

$$\underline{V} = \underline{\nu}(x, y) = \left\{\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_j)^2}\right\}_{i=1}^{N} \tag{23a}$$

and

$$\underline{V} = \iint_R V d_x d_y \tag{23b}$$

สมการ (22) อาจจะแสดงออกในทิศทางความ Z (x, y) = C^t V + b ด้วยการเข้าในเมตริกซ์ D ให้ความหมายความสมการ (14) และสังเกตการณ์ N ของความสูงจำนวนน้ำฝนที่เครื่องวัดน้ำฝน ตามทางเข้าของทิศทาง Z ระบบเส้นตรงของสมการได้บรรจุ :

$$D\underline{c} + b\underline{1} = \underline{Z} \text{ with } \underline{C}^t\underline{1} = 0 \tag{24}$$

การใช้ปัญหาของผลรวมตามสมการของสัมประสิทธิ์หน้าที่หลักในทิศทาง C ดังแสดงสำหรับ b ดังต่อไปนี้

$$b = \frac{\underline{1}^t D^{-1}\underline{Z}}{\underline{1}^t D^{-1}\underline{1}} \tag{25}$$

การใช้ความหมายของ b จาก (25) Balascio (2000) แสดงว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\hat{P} = \left[\frac{1}{a}\right] Z^t D^{-1} \left[\underline{V} + \left[\frac{a - \underline{V}'D\underline{1}}{\underline{1}'D\underline{1}} \right] \right] \underline{1} = \underline{Z}^t \underline{\gamma} \Rightarrow$$

$$\underline{\gamma} = \left[\frac{1}{a}\right] D^{-1} \left[\underline{V} + \left[\frac{a - \underline{V}'D\underline{1}}{\underline{1}'D\underline{1}} \right] \underline{1} \right] \tag{26}$$

การทำให้ค่าของ (26) มีค่า γ เท่ากับ 1 ดังนั้น แบบฟอร์มของการขยายของผิวกำลังสองพหุคูณรูปกรวย ที่ให้ความหมายโดย (22) เป็นผลจากการคาดคะเนที่ถูกต้องของความสูงจำนวนน้ำฝนโดยค่าเฉลี่ย

การตรวจสอบความเหมาะสมของการพยากรณ์ด้วยค่า Root Mean Square Error (RMSE)

ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนหรือค่า Root Mean Square Error สามารถหาได้จากสมการ

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left(y_i^p - y_i^o \right)^2} \tag{27}$$

เมื่อ

n	คือ	จำนวนข้อมูล
Y_i^p	คือ	ข้อมูลที่ทำนาย
Y_i^o	คือ	ข้อมูลที่วัดจริง

การศึกษาที่ผ่านมา

สมชาติ ฉันทศิริวรรณ 2005

วิธีเมชเลสสามารถใช้แก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยเชิงเส้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันมุ่งศึกษาการใช้วิธีเมชเลสเพื่อแก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยไม่เชิงเส้น บทความนี้นำเสนอการหาผลเฉลยของปัญหาปัวส์ซองไม่เชิงเส้นที่มีพจน์แหล่งกำเนิด ซึ่งเป็นฟังก์ชันของตัวแปรสนามและอนุพันธ์ของตัวแปรสนาม ปัญหาจะถูกแบ่งเป็นปัญหาเอกพันธ์ที่แก้ได้ด้วยวิธีผลเฉลยมูลฐาน และปัญหาไม่เอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธ์ที่แก้ได้ด้วยวิธีกำหนดจุดมัลติควอดริก ผลเฉลยของปัญหาได้จากวิธีการคำนวณซ้ำ ๆ วิธีที่นำเสนอนี้สามารถแก้ ปัญหาที่มีระดับความไม่เชิงเส้นของตัวแปรสนามสูง และระดับความไม่เชิงเส้นของอนุพันธ์ย่อยของตัวแปรสนามต่ำ

Balascio 1983

การใช้สมการเชิงตัวเลข เช่น Kriging , reciprocal distance , Multiquadric Equation ได้ถูกนำมาใช้ในการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แยกออกจากกันชัดเจน เช่น สถานีวัดน้ำฝน ซึ่งได้นำวิธีดังกล่าวมาใช้ในการประมาณค่าความสูงของน้ำฝน ซึ่งในลักษณะคล้ายกับเทคนิค Surface-fitting ถูกใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ การประมาณค่าความสูงของน้ำฝนจะถูกต้องได้ก็ต่อเมื่อไม่มีค่าใดในพื้นที่เป็นศูนย์ ซึ่งในการประมาณค่าโดย Conic Multiquadric Surface ไม่ต้องคำนึงถึงค่าความสูงของน้ำฝนที่สถานีวัด ซึ่งไม่ทำให้เกิดค่าที่เป็นลบเหมือนปรากฏการณ์ที่เกิดกับการวิเคราะห์ โดย Multicollinearity ในงานวิจัยบางครั้ง สำหรับการคำนวณหาสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่โดยวิธี Multiquadric โดยใช้เทคนิค 3D CAD แสดงให้เห็นว่ามีความถูกต้อง

Pegram 1993

โมเดลอุทกวิทยาเกี่ยวกับการประมาณค่าน้ำฝนบนโลกนี้ ต้องการความถูกต้องและแม่นยำ การวิเคราะห์มีความยุ่งยากซับซ้อน โดยเฉพาะพื้นที่ ๆ มีสถานีวัดน้ำฝนน้อย จึงไม่น่าเชื่อถือหรือข้อมูลผิดพลาดได้ งานวิจัยนี้ใช้คณิตศาสตร์อย่างง่ายในการประมาณน้ำหนักของแต่ละสถานี โดยใช้สมการ Hyperboliod Surface-fitting ซึ่งคำนวณพื้นที่รับน้ำฝน ประมาณจากรูปหลายเหลี่ยมของลุ่มน้ำ สถานีวัดน้ำฝนจะถูกจำแนกและจัดกลุ่มตามลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละสถานี โดยใช้ Covariance biplot ซึ่งวิธีนี้ จะจำแนกข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนออกตามคุณสมบัติของข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือหรือข้อมูลไม่ครบถ้วน จะถูกปรับค่าน้ำหนักเฉลี่ยพื้นที่ไปอยู่ที่สถานีใกล้เคียง แนวคิดเชิงพื้นที่ของ Multicollinearity แนะนำให้เลือกสถานีที่มีข้อมูลที่ถูกต้องมาใช้ในการคำนวณเชิงพื้นที่ ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ลุ่มน้ำ นาทาน แอฟริกาใต้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

อุปกรณ์

คอมพิวเตอร์ โน๊ตบุ๊ค

โปรแกรม 3D CAD

โปรแกรม Smada เพื่อใช้งาน Matrix solution

โปรแกรม Excel

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและพิกัดสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา

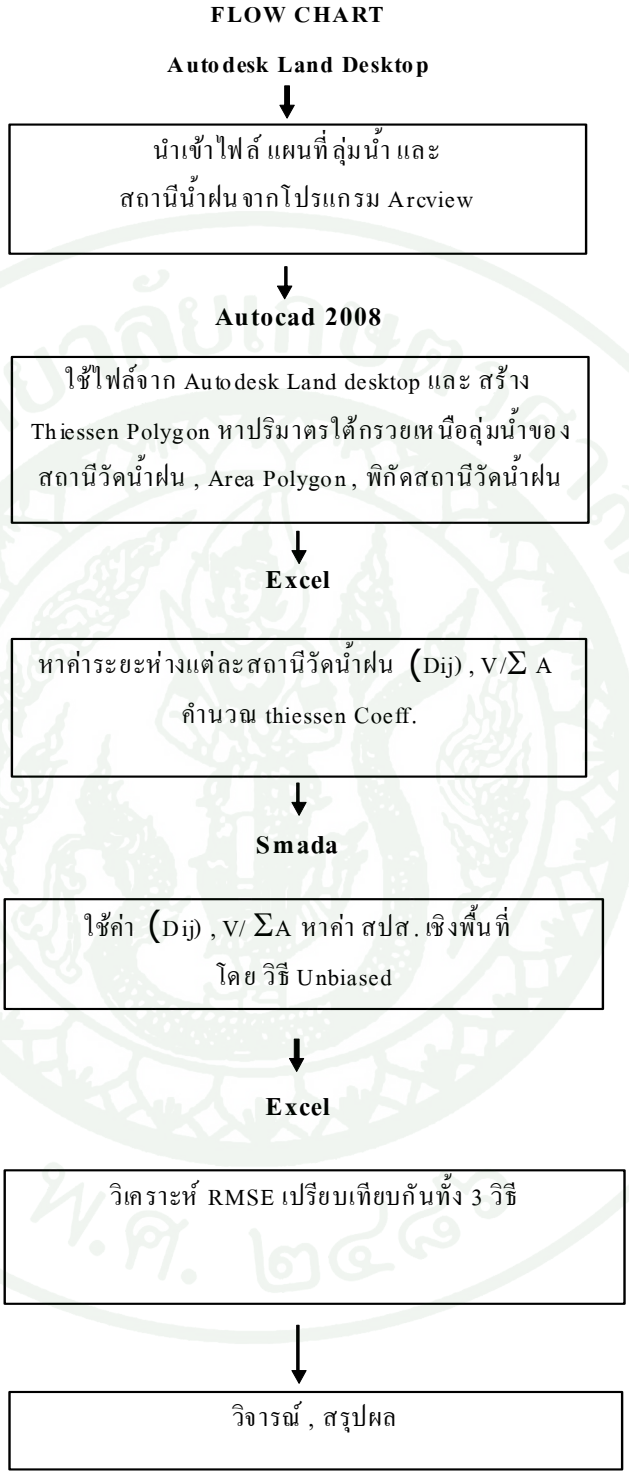
วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ การศึกษาถึงสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำประธาน 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทย ในการศึกษาวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำ ได้ทำการสุมคัดเลือกลุ่มน้ำตัวอย่างซึ่งมีความแตกต่างกันทางลักษณะทางกายภาพและภูมิภาคได้แก่ ลุ่มน้ำกกเป็นลุ่มน้ำตัวแทนทางภาคเหนือซึ่งเป็นลุ่มน้ำที่มีขนาดพื้นที่ 7,895 ตร.กม. มีพื้นที่ป่าไม้ 34 %ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำสะแกกรังเป็นตัวแทนลุ่มน้ำภาคกลางลักษณะส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบ มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 5,190 ตร.กม. มีพื้นที่ป่าไม้ 28%ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำปราจีนบุรีเป็นลุ่มน้ำตัวแทนภาคตะวันออก มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 10,481 ตร.กม.มีพื้นที่ป่าไม้ 22%ของพื้นที่ลุ่มน้ำและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเป็นลุ่มน้ำตัวแทนภาคใต้มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 8,495 ตร.กม. มีพื้นที่ป่าไม้ 9 %ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาถึงการวัดปริมาณน้ำฝนและข้อมูลน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่กระจายครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง และส่วนที่ 3 เป็นการศึกษาถึงวิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์น้ำฝนเชิงพื้นที่ ที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยเฉพาะวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แก่วิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ และวิธีของธีเอสเสน ซึ่งทั้งสองวิธีมีข้อดี ข้อเสียและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การวิจัยนี้ยังได้เสนอวิธีการใหม่ในการหาค่าสัมประสิทธ์น้ำฝนเชิงพื้นที่ ที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำได้แก่วิธี การประยุกต์ใช้สมการมัลติควอดริคและเทคนิค 3D CAD โดยการสร้างโมเดลจำลองกรวยรับน้ำฝนให้มีขนาดครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำนำปลายกรวยดังกล่าวไปวางเหนือสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละสถานีแล้วคำนวณพื้นที่ โดยลากเส้นตั้งฉากจากพื้นระนาบของลุ่มน้ำตัดผิวสัมผัสกรวย นำพื้นที่ดังกล่าวมาประยุกต์หาค่าสัมประสิทธิ์น้ำฝนที่ตกในพื้นที่ในรูปของความลึกน้ำฝนต่อหน่วยพื้นที่โดยวิธีUnbiased weight

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แล้วเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ที่ได้กับวิธีการอื่นๆ ทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธี Root Mean Square Error (RMSE) โดยเลือกพิจารณาจากฐานข้อมูลน้ำฝนในปีที่มีข้อมูลฝนที่ต่างกัน ได้แก่ ปีฝนตกมาก ปีฝนตกน้อยและปีฝนตกในเกณฑ์ปกติ เพื่อให้ต่อการเข้าใจถึงกระบวนการทำงานยิ่งขึ้นได้สรุปขั้นตอนทั้งหมดเป็นแผนภาพ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



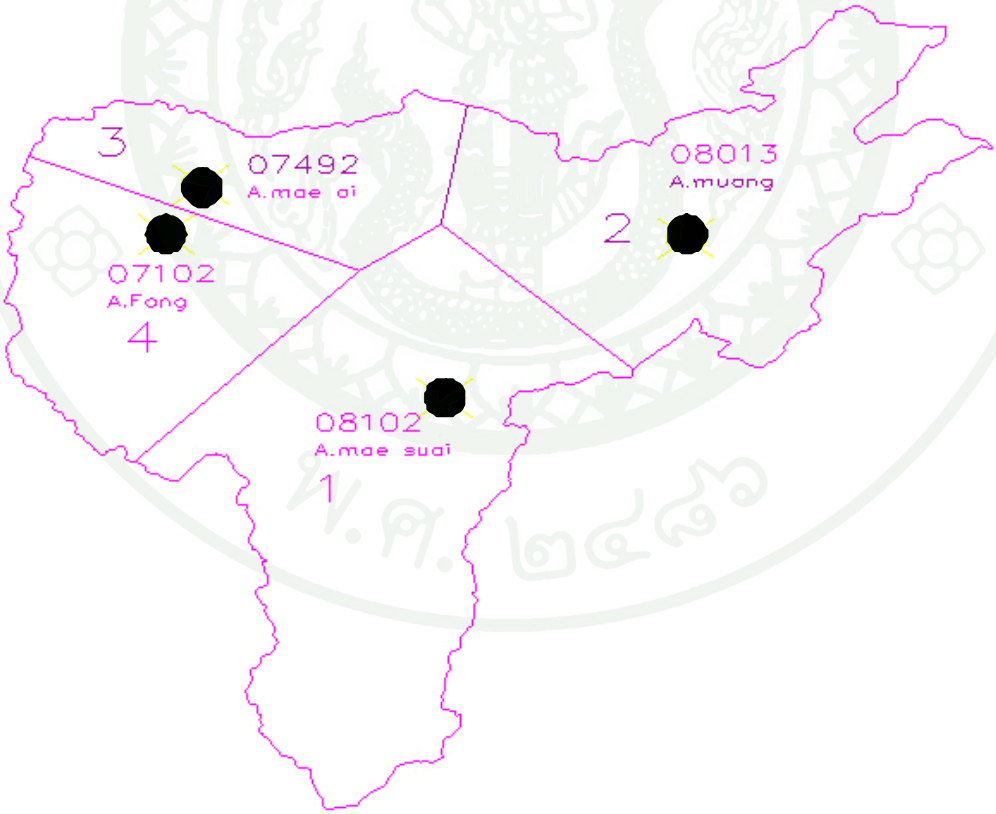
ภาพที่ 20 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำประธาน 25 ลุ่มน้ำทั่วประเทศไทยและได้คัดเลือกลุ่มน้ำตัวแทนในการวิจัยจำนวน 4 ลุ่มน้ำได้แก่ลุ่มน้ำกก ลุ่มน้ำสะแกกรัง ลุ่มน้ำปราจีนและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ซึ่งเป็นตัวแทนลุ่มน้ำในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกและภาคใต้ตามลำดับโดยการสำรวจสถานีวัดน้ำฝนที่กระจายอยู่ทั่วอาณาบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำที่ทำการศึกษา และนำสมการมัลติควอดริคและเทคนิค 3D CAD จำลองกรวยรับน้ำฝนครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำ นำกรวยมาวางไว้เหนือสถานีวัดน้ำฝนต่างๆ แล้วคำนวณหาพื้นที่สัมผัสกรวยวัดน้ำฝนเหนือสถานีทุกๆ สถานีในลุ่มน้ำเพื่อประยุกต์หาค่าสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ผลในแต่ละลุ่มน้ำดังรูปภาพที่แสดง

ลุ่มน้ำกก



ภาพที่ 21 แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำกกและตำแหน่งพิกัดสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำกก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 22 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Mae Suai (08102) ลุ่มน้ำกก

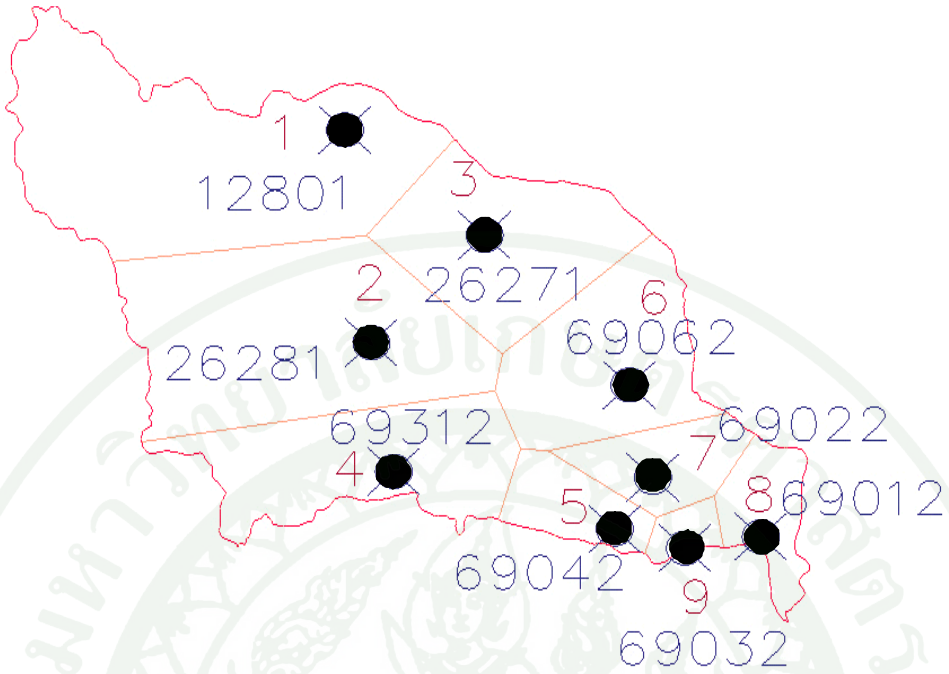
ภาพที่ 23 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Muang (08103) ลุ่มน้ำกก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

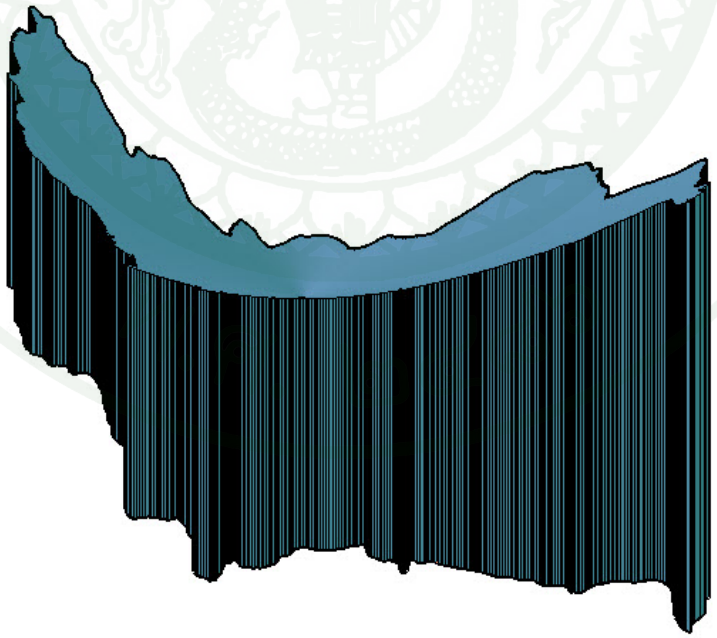
ภาพที่ 24 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Mae Ai (07492) ลุ่มน้ำกก

ภาพที่ 25 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Fang (07102) ลุ่มน้ำกก ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

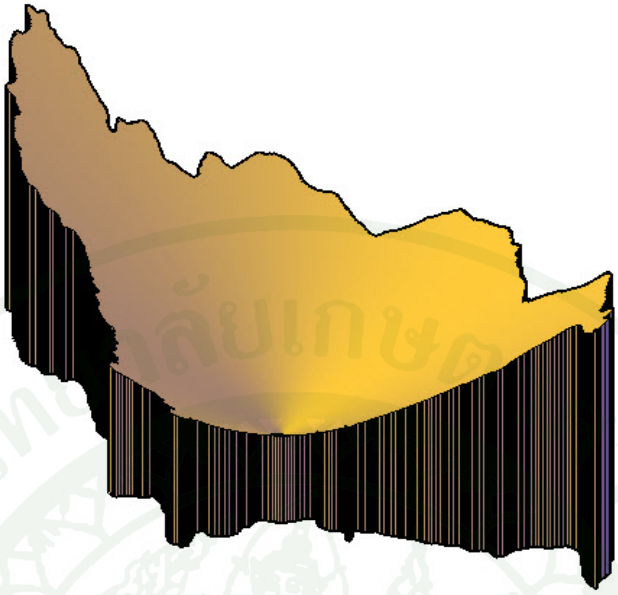


ภาพที่ 26 แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรังและตำแหน่งพิกัดสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง



ภาพที่ 27 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Ban Pa ngmakha (12801) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 28 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Khlong Pho,Ban Hang Rai (26281) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

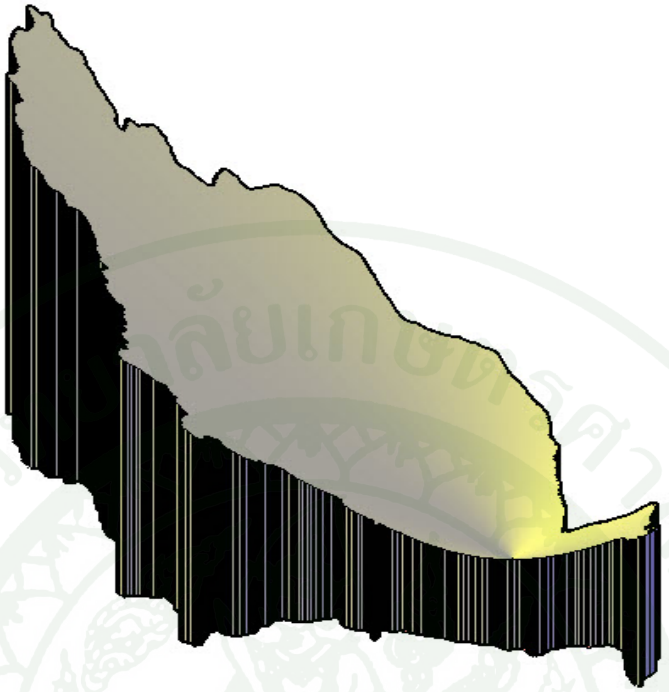
ภาพที่ 29 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Huai Mae Wong (26271) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 30 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A.Lan Sak (69312) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ภาพที่ 31 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Nong Chang (69042) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 32 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Saw ang Arom (69062) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ภาพที่ 33 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Thap Than (69022) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

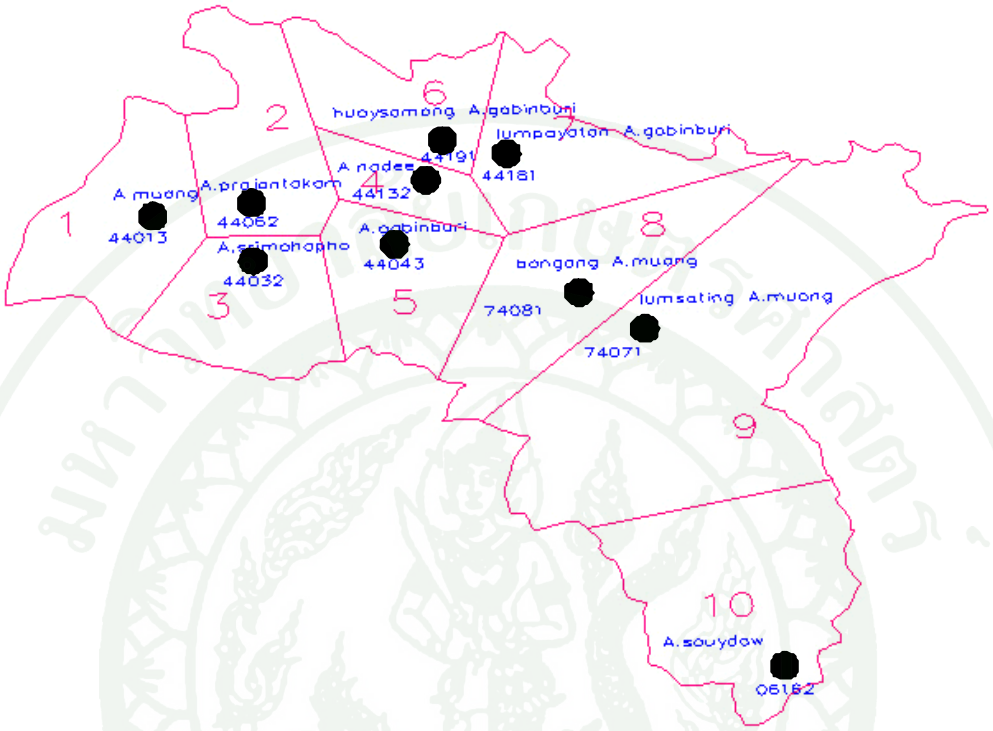
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 34 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Muang (69012) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

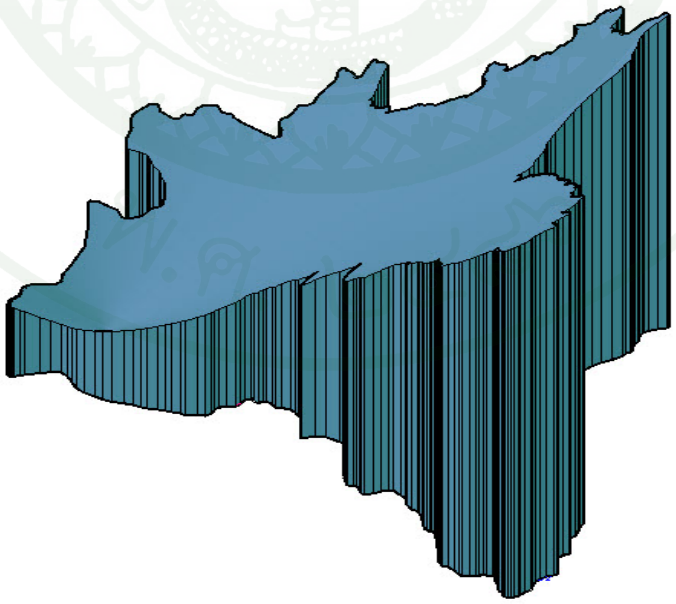
ภาพที่ 35 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Nong KhaYang (69032) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลุ่มน้ำปราจีนบุรี



ภาพที่ 36 แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีและตำแหน่งพิกัดสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี



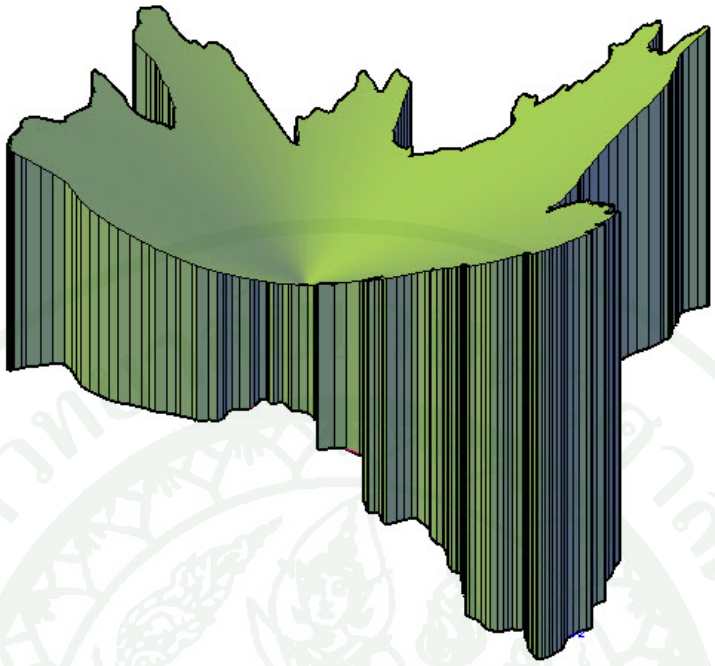
ภาพที่ 37 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Muang (44013) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

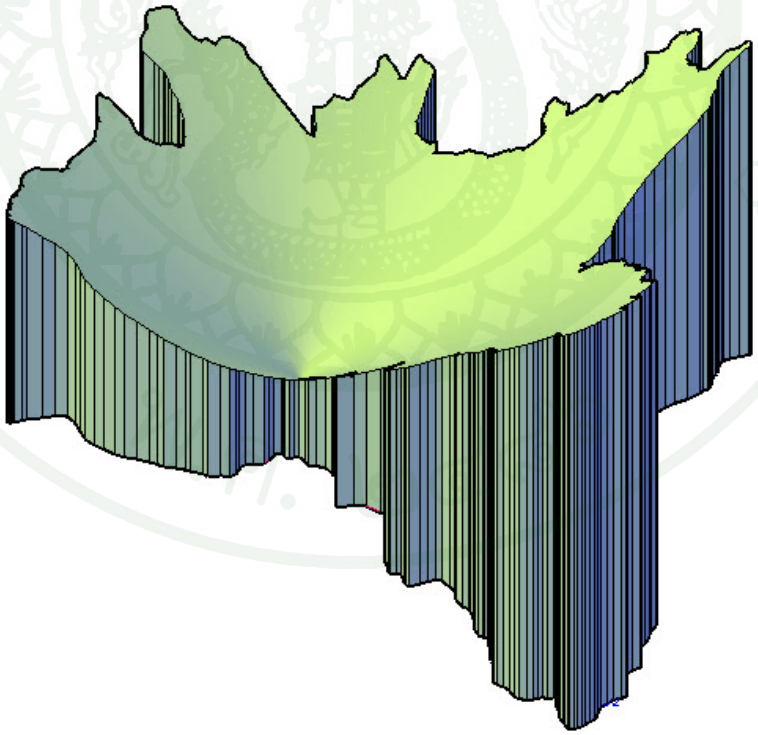
ภาพที่ 38 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Prachanta kham (44062) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ภาพที่ 39 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. SiMaha Phot (44032) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

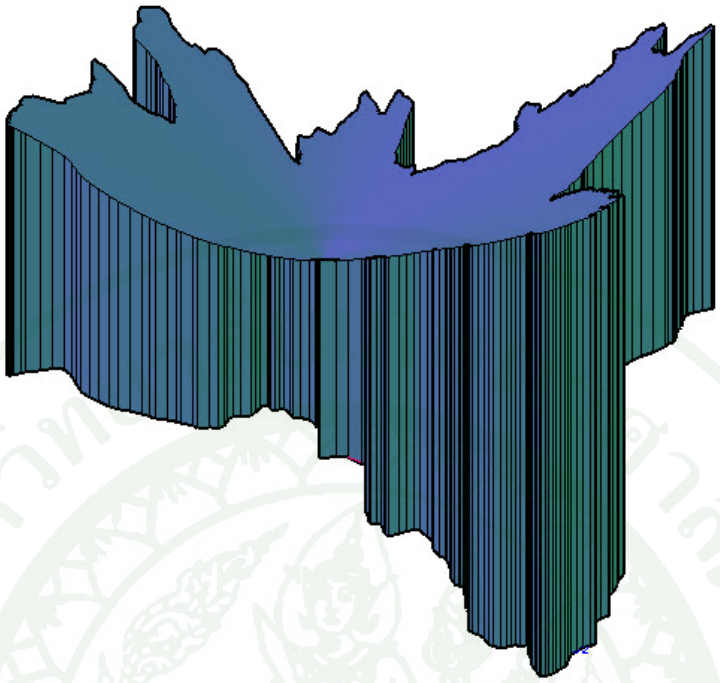


ภาพที่ 40 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Nadi (44132) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

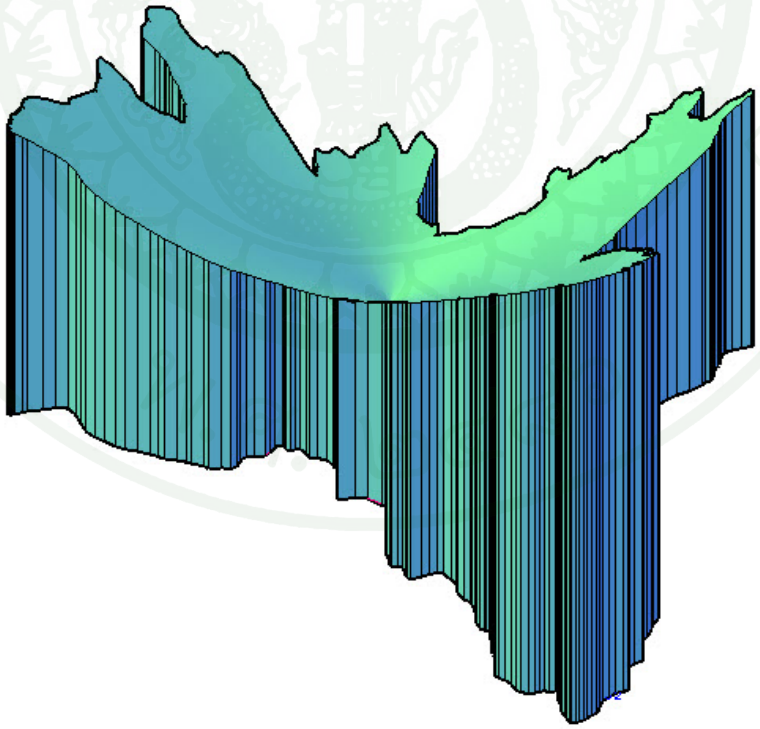


ภาพที่ 41 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Kabin Buri (44043) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 42 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Huai Samong (44191) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี



ภาพที่ 43 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Khlong Yang, (74181) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

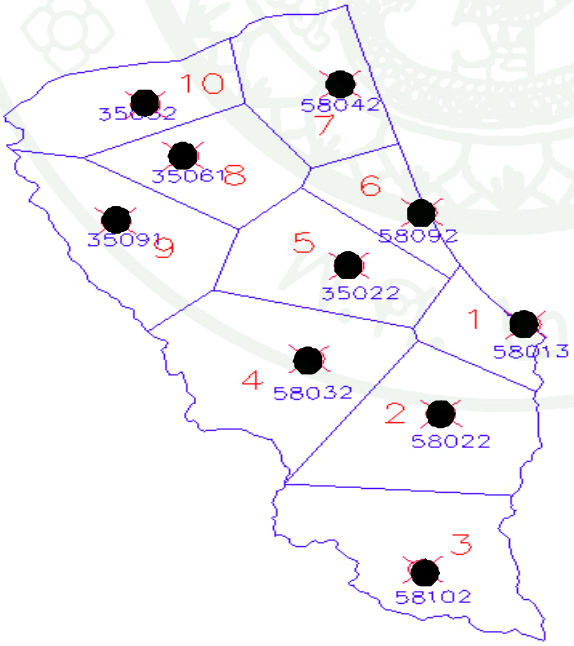
ภาพที่ 44 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Ban Kaeng (74081) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ภาพที่ 45 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Lam PhraSathung (74071) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 46 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A.SoiDao (06162) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา



ภาพที่ 47 แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาและตำแหน่งพิกัดสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

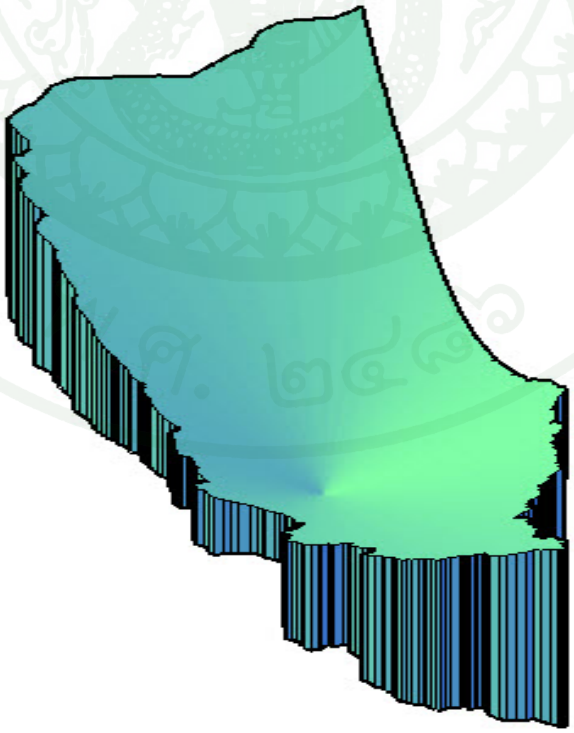
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 48 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Muang (58013) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ภาพที่ 49 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Hat Yai (58022) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

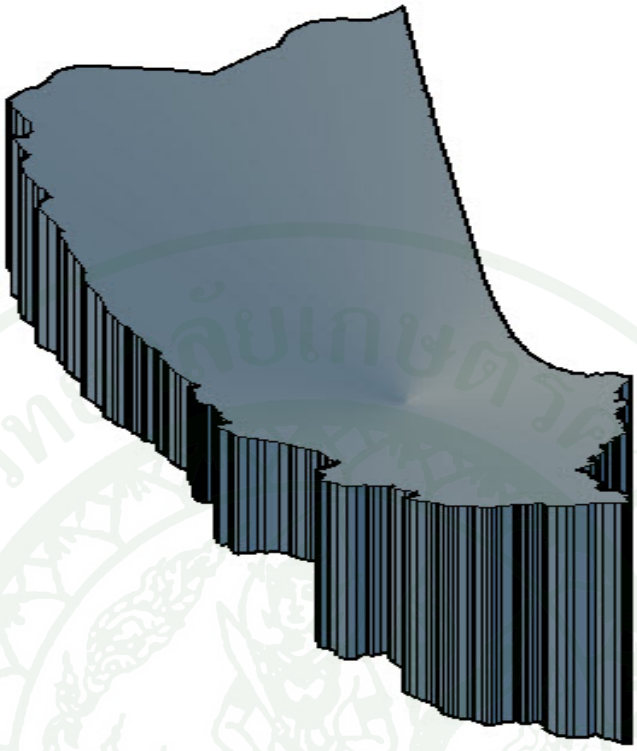
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 50 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Sadao (58102) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา



ภาพที่ 51 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Rattaphum (58032) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

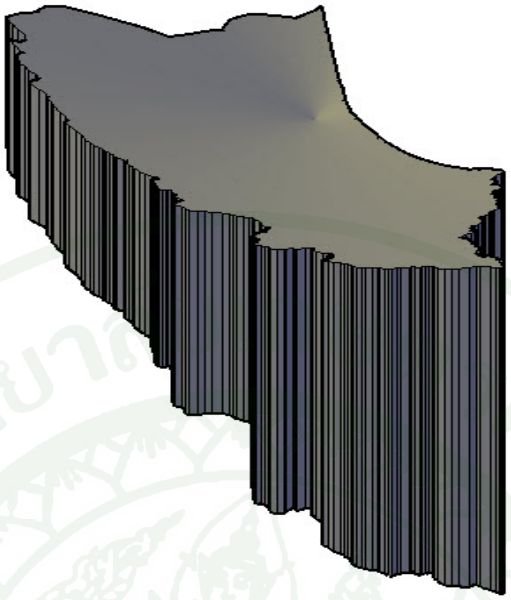
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 52 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Pak Phayun (35022) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ภาพที่ 53 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Sathing Phra (58092) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

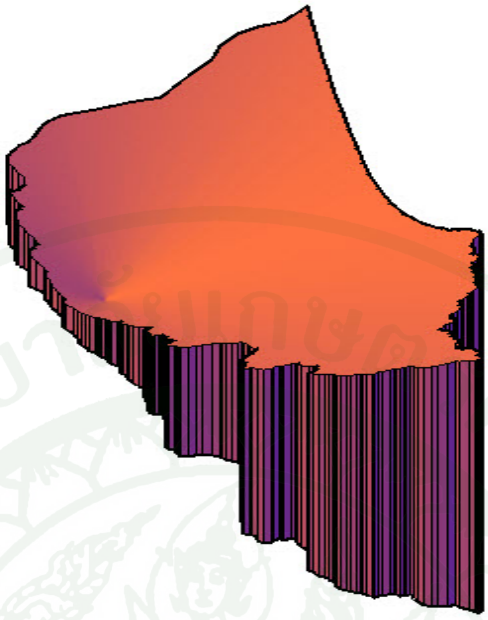
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



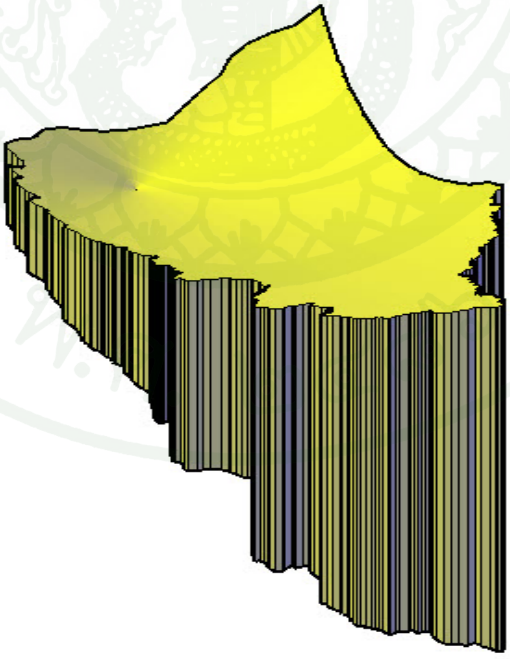
ภาพที่ 54 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Ranot (58042) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ภาพที่ 55 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี RID Office Unit 12 (58061) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 56 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี Khlong Phya Hong (35091) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา



ภาพที่ 57 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนใต้กรวยเหนือสถานี A. Khuan Khanun (35032) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อน้ำผลการวิเคราะห์หาพื้นที่รับน้ำฝนเหนือสถานีวัดน้ำฝนถึงเส้นสัมผัสพื้นที่ผิวกรวยในพื้นที่ลุ่มน้ำมาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ของปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างจำนวน 4 ลุ่มน้ำ ด้วยวิธีพื้นผิวมัลตริควอดริคโดยใช้เทคนิคแบบ Unbiased ได้ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ในลุ่มน้ำตัวอย่างที่ทำการศึกษาดังตาราง

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ลุ่มน้ำกก

Gauge number	X coordinate (km)	Y coordinate (km)	Thiessen polygon area (km^2)	Thiessen coefficients	Volume cone (km^3)	Unbiased weights
1	556.966	2173.525	2796.079	0.388	285382.172	0.373
2	587.14	2201.558	2124.55	0.295	356256.327	0.28
3	526.773	2211.228	962.831	0.134	356243.935	0.118
4	522.455	2202.493	1316.803	0.183	346822.593	0.229
	total	4428.8831	7200.263	1.000	13447.05	1.000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ลุ่มน้ำสะแกกรัง

Gauge number	X coordinate (km)	Y coordinate (km)	Thiessen polygon area (km^2)	Thiessen coefficients	Volume cone (km^3)	Multiquadric Weights
1	553.828	1,760.960	1,311.067	0.265	195,346.921	0.2760
2	557.417	1,729.323	1,109.979	0.224	148,400.226	0.2300
3	572.697	1,745.282	625.247	0.126	167,366.116	0.0980
4	560.445	1,710.190	639.387	0.129	180,202.123	0.1750
5	590.274	1,701.623	190.725	0.039	239,627.609	0.0400
6	592.245	1,723.047	579.482	0.117	202,621.840	0.0950
7	595.429	1,709.294	231.572	0.047	232,874.372	0.0360
8	609.983	1,700.510	199.179	0.040	304,294.177	0.0340
9	599.736	1,698.804	63.382	0.013	274,159.413	0.0160
	total		4,950.020	1.000		1.0000

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

Gauge number	X coordinate (km)	Y coordinate (km)	Thiessen polygon area (km^2)	Thiessen coefficients	Volume cone (km^3)	Multiquadric Weights
1	755.909	1,554.724	864.553	0.087	665,938.881	0.112
2	771.560	1,556.270	775.797	0.078	568,066.589	0.048
3	771.467	1,545.354	727.780	0.073	552,837.751	0.070
4	797.313	1,561.633	315.636	0.032	491,285.984	0.017
5	792.310	1,547.767	686.340	0.069	466,771.906	0.059
6	800.974	1,569.273	620.912	0.062	520,891.249	0.076
7	810.660	1,567.330	778.390	0.078	508,680.576	0.115
8	821.516	1,537.075	1,067.528	0.107	440,576.493	0.102

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 (ต่อ)

Gauge number	X coordinate (km)	Y coordinate (km)	Thiessen polygon area (km^2)	Thiessen coefficients	Volume cone (km^3)	Multiquadric Weights
9	830.456	1,528.790	2,798.999	0.281	463,852.185	0.237
10	849.017	1,454.579	1,325.591	0.133	925,335.122	0.164
	total		9,961.526	1.000		1.000

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

Gauge number	X coordinate (km)	Y coordinate (km)	Thiessen polygon area (km^2)	Thiessen coefficients	Volume cone (km^3)	Multiquadric Weights
1	676.247	797.048	362.715	0.044	451,039.193	0.037
2	661.043	774.329	1,104.427	0.135	420,609.276	0.121
3	657.173	733.989	1,131.029	0.139	620,088.799	0.149
4	638.603	788.914	1,227.721	0.150	349,743.981	0.155
5	645.896	812.83	836.555	0.103	342,968.550	0.100
6	658.730	826.384	403.502	0.050	405,854.794	0.050
7	645.201	859.79	791.971	0.097	516,992.015	0.085
8	617.771	841.807	664.441	0.081	430,448.356	0.084
9	605.736	825.011	923.351	0.113	425,857.059	0.130
10	611.397	855.121	714.843	0.088	512,690.308	0.089
	total		8,160.555	1.000		1.000

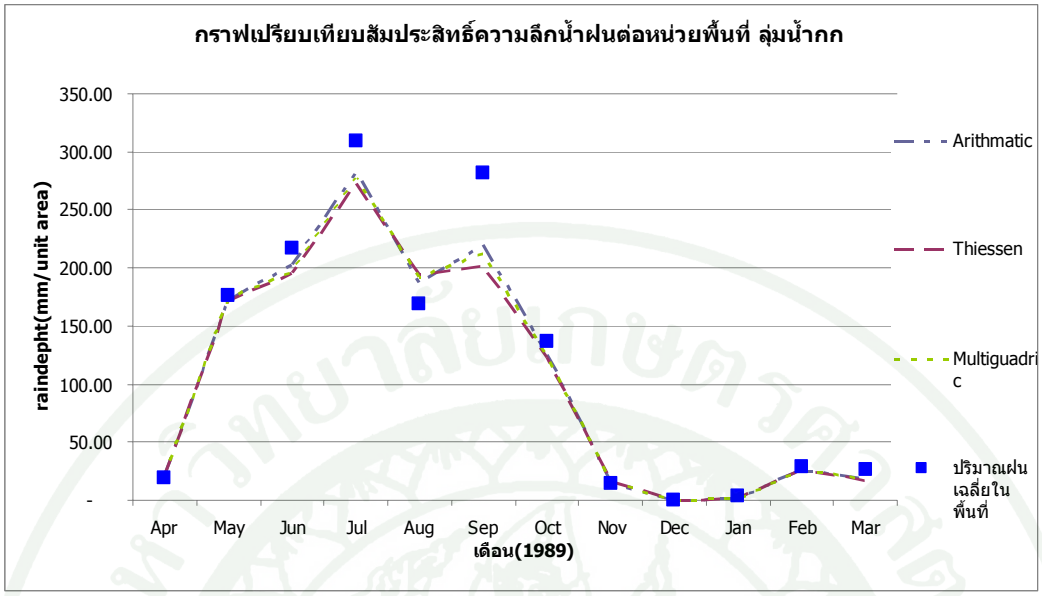
เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้มาคูณกับปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีวัดน้ำน้ำฝนในแต่ละลุ่มน้ำซึ่งจะให้ค่าความลึกฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ และนำผลดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยวิธีวิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ (arithmetric-mean method) และวิธีของธีเอสเสน (Thessen method) ผลลัพธ์ที่ได้จะพบว่าวิธี Multiquadric จะผลที่ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดในทุกลุ่มน้ำที่ทำการศึกษาดังผลในตารางและภาพกราฟเชิงเปรียบเทียบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี ค.ศ.1989 (ปีฝนน้อย) ลุ่มน้ำกก

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
			Arithmatic	Thiessen	Multiquadric
min		กรมชลประทาน	method	method	method
1989	Apr	19.15	20.43	20.36	20.00
1989	May	175.95	172.85	171.46	173.70
1989	Jun	217.05	202.10	194.85	196.93
1989	Jul	309.65	281.38	272.22	276.59
1989	Aug	169.15	186.88	194.23	192.34
1989	Sep	281.25	219.25	201.41	211.96
1989	Oct	136.20	125.48	121.82	123.74
1989	Nov	14.20	14.48	15.59	16.17
1989	Dec	-	-	-	-
1989	Jan	3.35	1.68	1.19	1.46
1989	Feb	28.35	26.68	26.39	26.30
1989	Mar	26.95	18.35	16.43	17.70
Sum		1,381.25	1,269.53	1,235.95	1,256.89

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

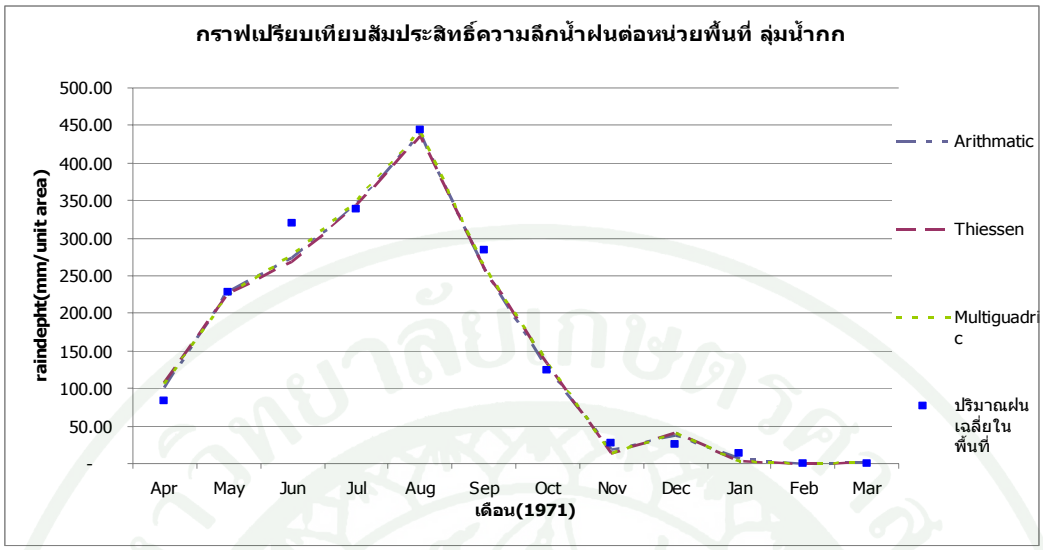


ภาพที่ 58 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.1989 (ปีฝนน้อย) ลุ่มน้ำกก

ตารางที่ 18 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.1971 (ปีฝนมาก) ลุ่มน้ำกก

Year max	Month	Real Average Rainfall กรมชลประทาน	Raindepth (mm./unit area)		
			Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
1971	Apr	82.65	100.73	107.24	106.12
1971	May	227.45	229.70	225.58	224.66
1971	Jun	319.40	273.80	268.45	277.59
1971	Jul	339.00	343.88	344.18	349.43
1971	Aug	444.50	439.43	435.66	442.25
1971	Sep	283.50	259.08	258.02	259.79
1971	Oct	124.90	126.23	133.42	134.98
1971	Nov	27.50	18.95	14.23	13.95
1971	Dec	25.80	36.58	41.09	40.93
1971	Jan	13.70	6.85	3.77	3.47
1971	Feb	-	-	-	-
1971	Mar	0.15	1.33	1.53	1.47
Sum		1,888.550	1,836.53	1,833.17	1,854.64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

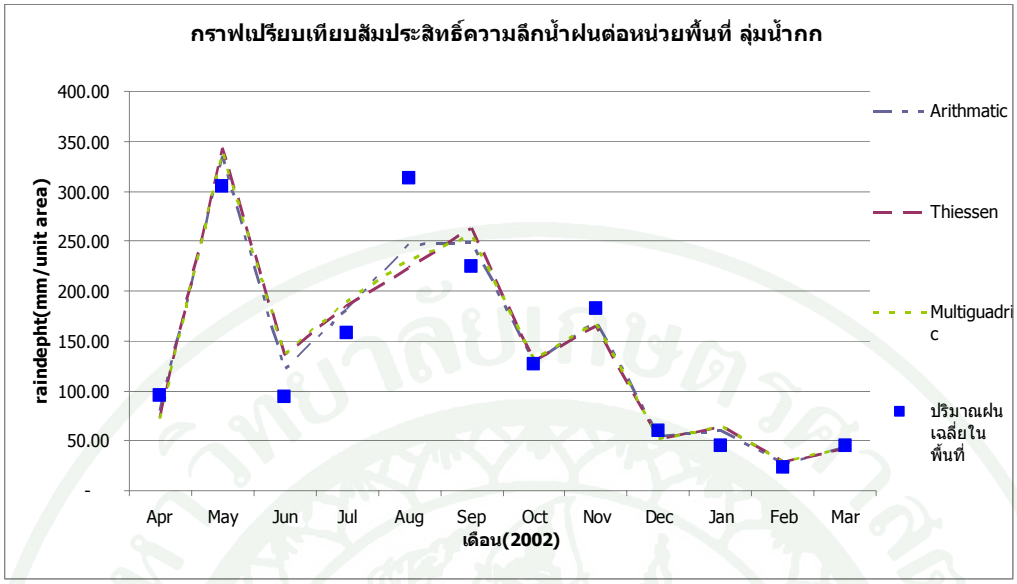


ภาพที่ 59 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.1971 (ปีฝนมาก) ลุ่มน้ำกก

ตารางที่ 19 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.2002 ลุ่มน้ำกก

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
		กรมชลประทาน	Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
2002	Apr	94.800	79.85	72.89	72.61
2002	May	304.450	334.18	342.40	340.33
2002	Jun	93.650	120.83	136.00	135.96
2002	Jul	157.650	180.28	185.52	188.85
2002	Aug	312.900	246.75	222.88	231.24
2002	Sep	223.850	249.13	261.99	255.83
2002	Oct	126.700	127.90	129.86	131.20
2002	Nov	181.900	168.98	164.68	167.95
2002	Dec	59.600	53.78	52.19	52.16
2002	Jan	44.450	59.30	63.46	63.57
2002	Feb	22.550	27.30	28.11	28.64
2002	Mar	45.150	44.00	42.37	42.98
Sum		1,667.650	1,692.25	1,702.35	1,711.31

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

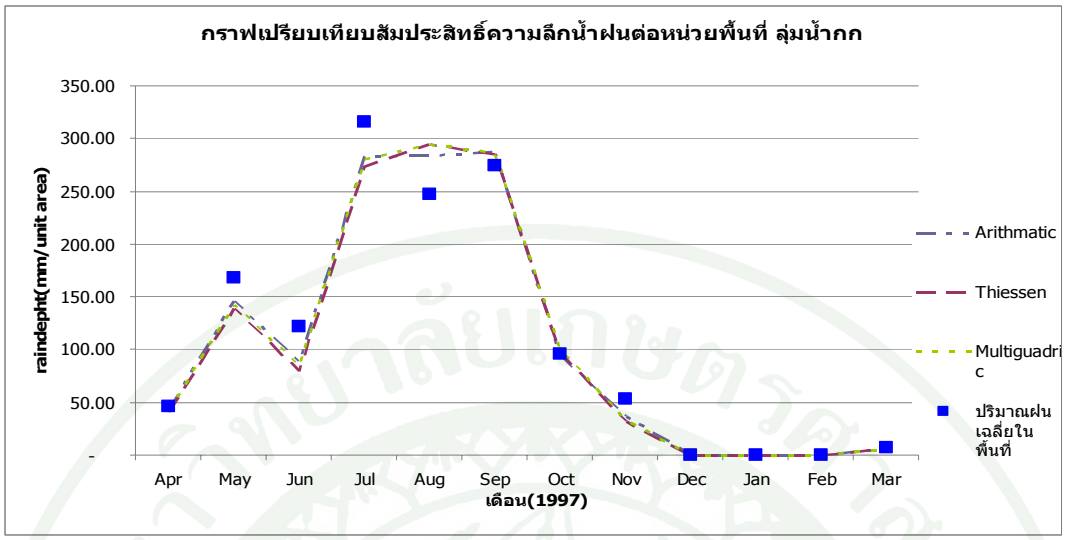


ภาพที่ 60 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 2002 ลุ่มน้ำกก

ตารางที่ 20 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.1997 ลุ่มน้ำกก

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
		กรมชลประทาน	Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
1997	Apr	46.40	42.00	40.17	41.05
1997	May	167.55	145.63	138.47	142.37
1997	Jun	122.20	87.80	79.32	84.18
1997	Jul	316.00	283.15	273.70	279.74
1997	Aug	247.20	284.08	293.96	294.22
1997	Sep	274.75	287.38	285.53	286.26
1997	Oct	95.60	93.05	96.49	99.08
1997	Nov	53.15	36.88	31.63	32.72
1997	Dec	-	-	-	-
1997	Jan	-	-	-	-
1997	Feb	-	-	-	-
1997	Mar	6.60	5.58	5.55	5.99
Sum		1,329.450	1,265.53	1,244.82	1,265.60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

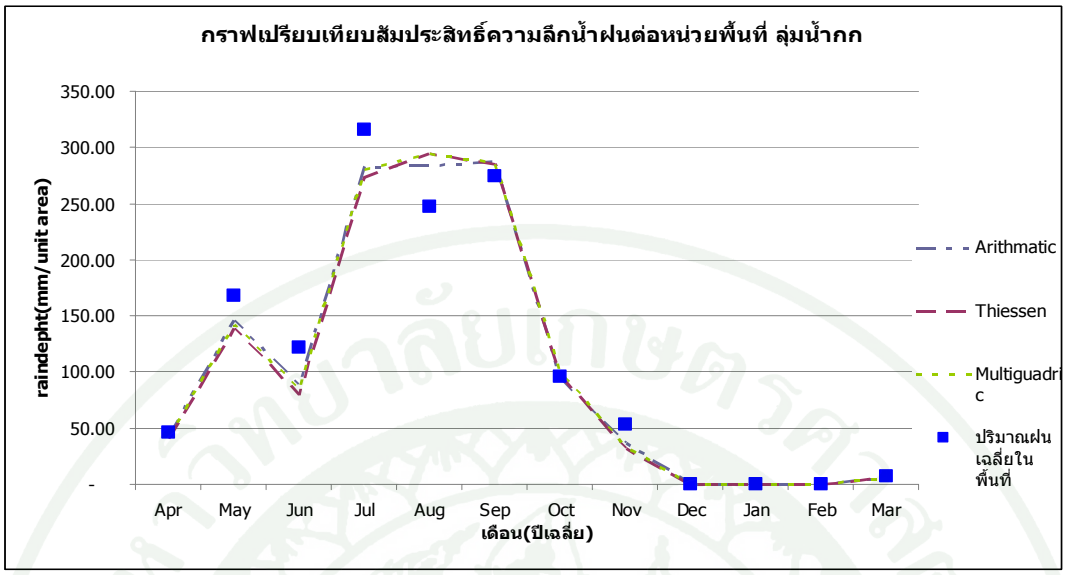


ภาพที่ 61 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 1997 ลุ่มน้ำกก

ตารางที่ 21 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ เฉลี่ยทุกปี (คาบ 55 ปี) ลุ่มน้ำกก

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
		คาบ 55 ปี	Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
เฉลี่ยทุกปี	Apr	74.55	73.27	71.53	72.42
เฉลี่ยทุกปี	May	192.05	188.88	188.91	190.47
เฉลี่ยทุกปี	Jun	182.10	176.47	178.21	179.92
เฉลี่ยทุกปี	Jul	238.35	251.15	251.86	255.19
เฉลี่ยทุกปี	Aug	305.05	301.19	296.57	302.22
เฉลี่ยทุกปี	Sep	236.80	230.74	228.84	231.50
เฉลี่ยทุกปี	Oct	118.65	115.34	116.21	117.09
เฉลี่ยทุกปี	Nov	48.05	46.36	46.64	47.05
เฉลี่ยทุกปี	Dec	20.19	19.02	19.29	19.37
เฉลี่ยทุกปี	Jan	13.35	12.38	11.98	12.03
เฉลี่ยทุกปี	Feb	10.70	9.71	10.06	10.20
เฉลี่ยทุกปี	Mar	22.10	21.41	21.28	21.53
Sum		1,461.940	1,445.92	1,441.38	1,459.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

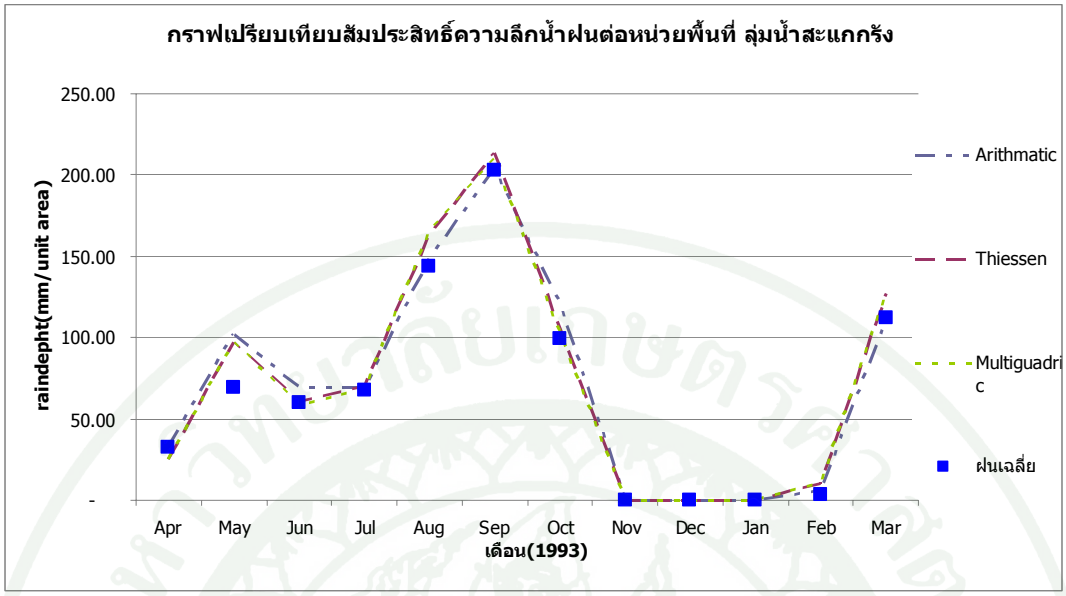


ภาพที่ 62 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ เฉลี่ยทุกปี (คาบ 55 ปี) ลุ่มน้ำกก

ตารางที่ 22 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.1993 (ปีฝนน้อย) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
min		กรมชลประทาน	Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
1993	Apr	32.13	32.83	25.00	24.49
1993	May	69.53	101.81	96.70	96.71
1993	Jun	59.87	69.06	60.64	58.60
1993	Jul	67.40	69.49	70.44	69.37
1993	Aug	143.67	147.77	162.77	165.08
1993	Sep	202.87	203.63	213.53	210.11
1993	Oct	99.70	120.30	104.94	102.50
1993	Nov	-	-	-	-
1993	Dec	-	-	-	-
1993	Jan	-	-	-	-
1993	Feb	3.53	5.91	10.67	11.27
1993	Mar	112.20	111.18	127.07	128.52
Sum		790.900	861.98	871.77	866.64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

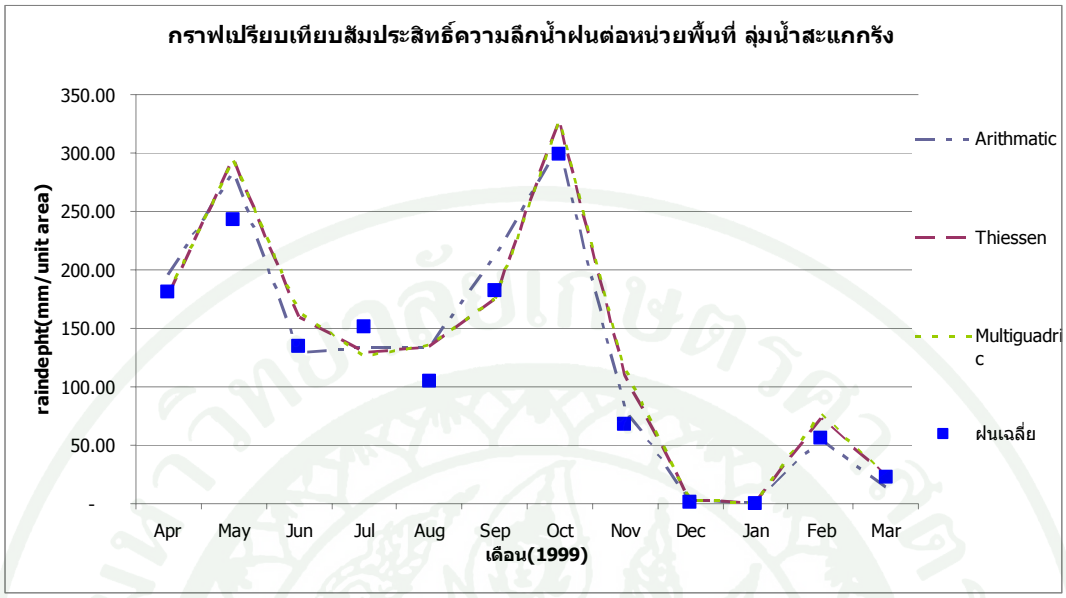


ภาพที่ 63 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 1993 (ปีฝนน้อย) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ตารางที่ 23 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.1999 (ปีฝนมาก) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

Year max	Month	Real Average Rainfall กรมชลประทาน	Raindepth (mm./unit area) Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
1999	Apr	181.27	194.99	176.84	178.04
1999	May	243.07	283.81	293.52	294.00
1999	Jun	134.63	129.32	159.17	162.55
1999	Jul	151.37	133.77	129.37	126.57
1999	Aug	104.70	133.27	134.84	136.25
1999	Sep	182.67	211.67	174.92	174.81
1999	Oct	298.60	305.58	328.87	327.74
1999	Nov	67.67	80.98	109.52	115.87
1999	Dec	1.43	2.51	2.76	2.92
1999	Jan	-	1.10	1.38	1.39
1999	Feb	55.47	55.36	72.56	76.57
1999	Mar	22.20	13.00	22.70	22.25
Sum		1,443.067	1,545.34	1,606.44	1,618.95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

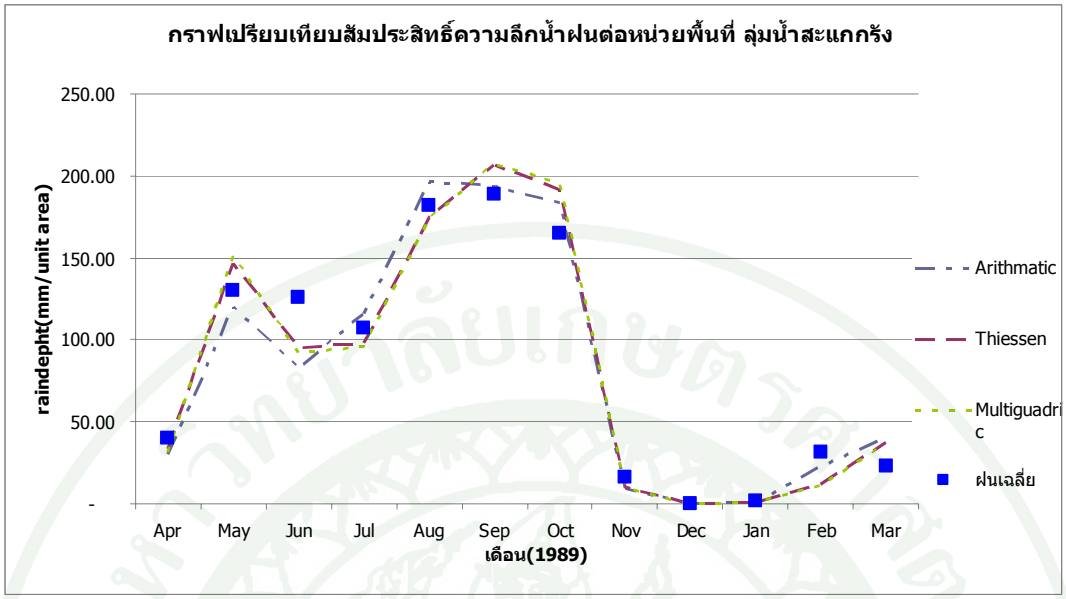


ภาพที่ 64 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 1999 ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ตารางที่ 24 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.1989 ลุ่มน้ำสะแกกรัง

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
		กรมชลประทาน	Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
1989	Apr	39.90	29.71	33.59	31.31
1989	May	129.77	119.54	146.22	151.27
1989	Jun	126.20	82.44	95.06	91.80
1989	Jul	107.00	116.03	97.63	95.79
1989	Aug	181.77	196.19	174.42	173.49
1989	Sep	188.77	193.98	206.72	207.90
1989	Oct	164.90	183.34	191.14	195.79
1989	Nov	16.07	8.99	10.24	10.60
1989	Dec	-	-	-	-
1989	Jan	1.73	0.61	1.00	0.96
1989	Feb	31.30	23.21	12.14	11.16
1989	Mar	23.20	40.61	37.24	36.71
Sum		1,010.600	994.67	1,005.40	1,006.79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

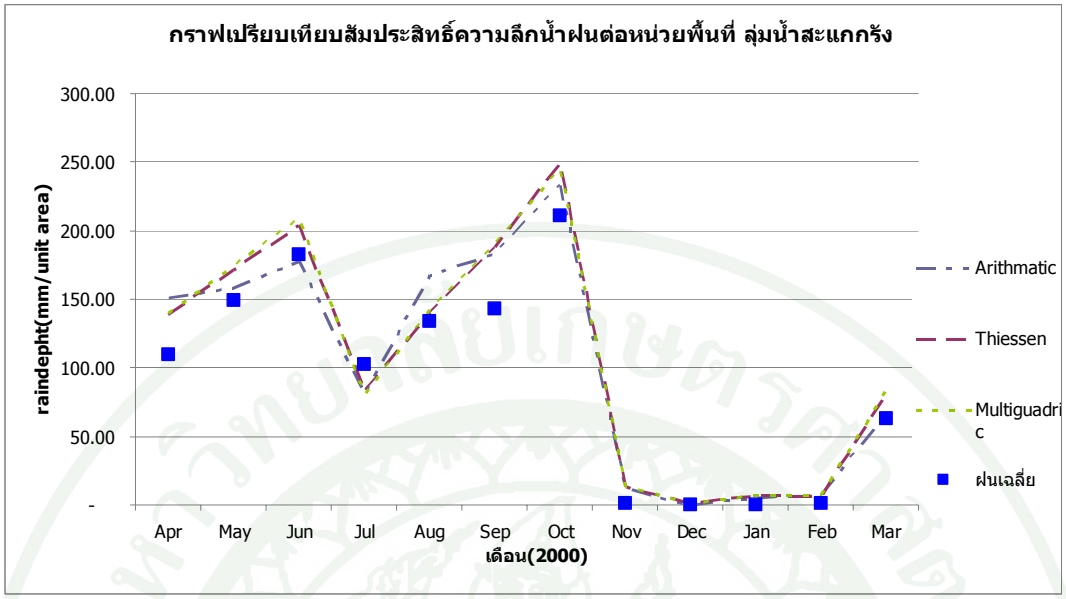


ภาพที่ 65 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 1989 ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ตารางที่ 25 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.2000 ลุ่มน้ำสะแกกรัง

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
		กรมชลประทาน	Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
2000	Apr	109.83	150.56	138.91	139.85
2000	May	149.40	158.53	171.16	173.88
2000	Jun	182.53	177.12	203.91	208.94
2000	Jul	102.53	80.34	81.93	79.56
2000	Aug	133.50	167.04	140.01	141.62
2000	Sep	142.40	182.98	187.95	189.45
2000	Oct	211.23	232.63	249.68	245.19
2000	Nov	0.73	12.01	12.81	13.55
2000	Dec	-	0.30	0.60	0.62
2000	Jan	0.17	4.79	7.39	7.22
2000	Feb	0.53	7.18	5.79	6.73
2000	Mar	62.53	66.90	81.20	83.06
Sum		1,095.400	1,240.39	1,281.34	1,289.67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

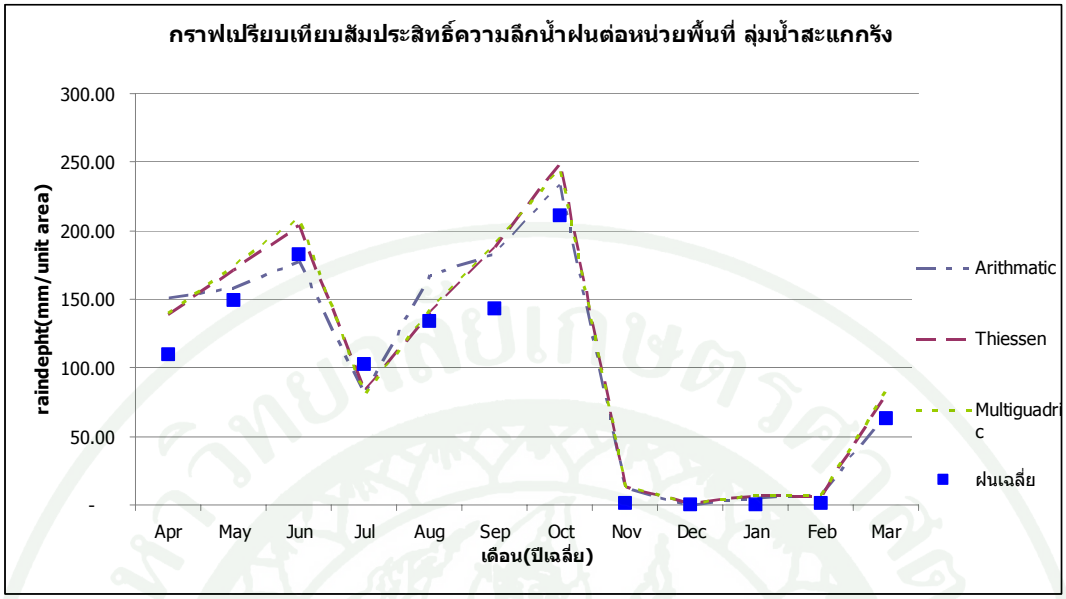


ภาพที่ 66 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 2000 ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ตารางที่ 26 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ เฉลี่ยทุกปี (คาบ 55 ปี) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
		คาบ 55 ปี	Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
เฉลี่ยทุกปี	Apr	52.20	67.25	66.02	66.76
เฉลี่ยทุกปี	May	175.65	164.34	175.06	176.27
เฉลี่ยทุกปี	Jun	130.00	129.62	132.17	131.48
เฉลี่ยทุกปี	Jul	142.65	130.04	128.41	127.19
เฉลี่ยทุกปี	Aug	179.40	159.71	153.58	151.35
เฉลี่ยทุกปี	Sep	243.35	253.36	246.36	246.16
เฉลี่ยทุกปี	Oct	161.55	176.04	182.84	185.94
เฉลี่ยทุกปี	Nov	40.30	40.36	41.90	42.17
เฉลี่ยทุกปี	Dec	5.25	4.00	4.31	4.39
เฉลี่ยทุกปี	Jan	3.60	6.16	5.88	5.84
เฉลี่ยทุกปี	Feb	13.00	17.14	19.12	20.25
เฉลี่ยทุกปี	Mar	31.90	34.98	37.01	37.19
Sum		1,178.850	1,182.99	1,192.68	1,195.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

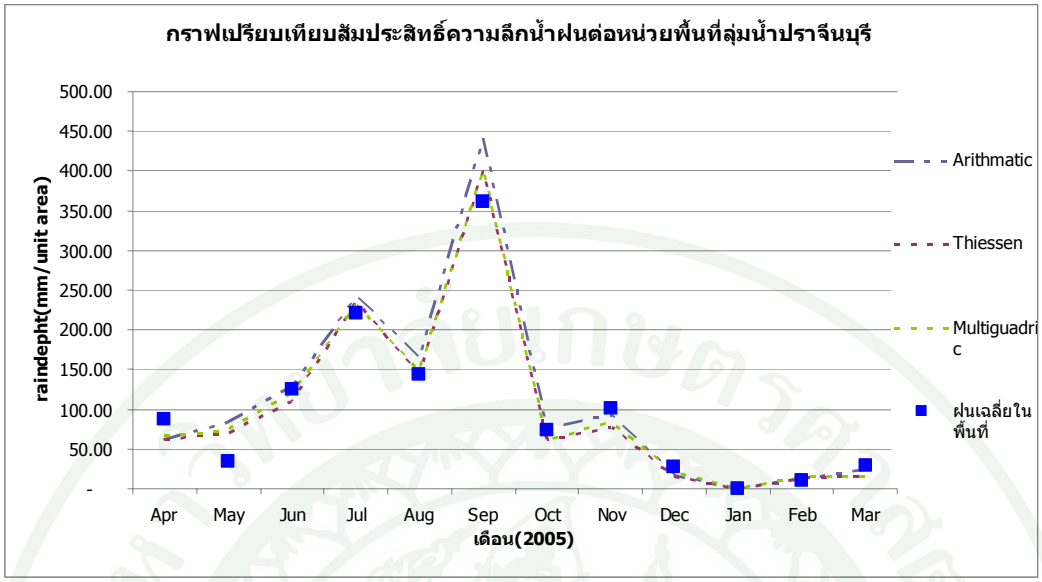


ภาพที่ 67 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ เฉลี่ยทุกปี (คาบ 55ปี) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ตารางที่ 27 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.2005 (ปีน้ำน้อย) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
min		กรมชลประทาน	Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
2005	Apr	87.83	62.27	61.42	66.83
2005	May	34.80	83.34	70.10	72.86
2005	Jun	124.93	128.66	109.93	119.28
2005	Jul	221.40	241.66	234.51	230.96
2005	Aug	144.47	164.59	144.03	147.64
2005	Sep	361.30	441.98	401.49	402.33
2005	Oct	74.33	76.32	61.44	60.79
2005	Nov	101.57	93.19	77.76	83.70
2005	Dec	28.07	16.55	16.13	19.79
2005	Jan	-	0.47	0.41	0.52
2005	Feb	10.40	11.60	13.15	14.72
2005	Mar	28.63	23.57	15.78	16.16
Sum		1,217.733	1,344.20	1,206.15	1,235.59

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

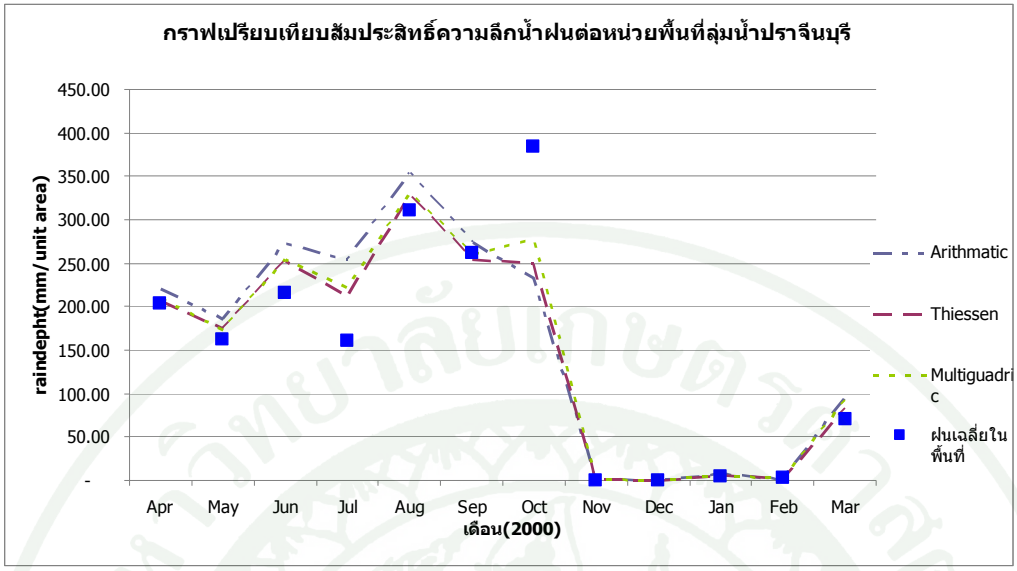


ภาพที่ 68 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 2005 (ปีฝนน้อย) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ตารางที่ 28 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.2000 (ปีน้ำมาก) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

Year max	Month	Real Average Rainfall กรมชลประทาน	Raindepth (mm./unit area)		
			Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
2000	Apr	203.40	219.87	206.89	209.83
2000	May	161.90	185.70	173.75	172.73
2000	Jun	216.30	272.51	252.14	254.51
2000	Jul	160.93	253.33	210.48	221.65
2000	Aug	310.10	353.07	327.00	329.86
2000	Sep	261.83	273.58	253.38	260.73
2000	Oct	383.97	232.05	248.86	276.82
2000	Nov	0.67	1.20	1.26	1.21
2000	Dec	-	-	-	-
2000	Jan	4.50	7.52	5.68	6.56
2000	Feb	3.10	0.93	1.04	1.30
2000	Mar	70.83	96.52	83.16	91.72
Sum		1,777.533	1,896.28	1,763.66	1,826.90

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

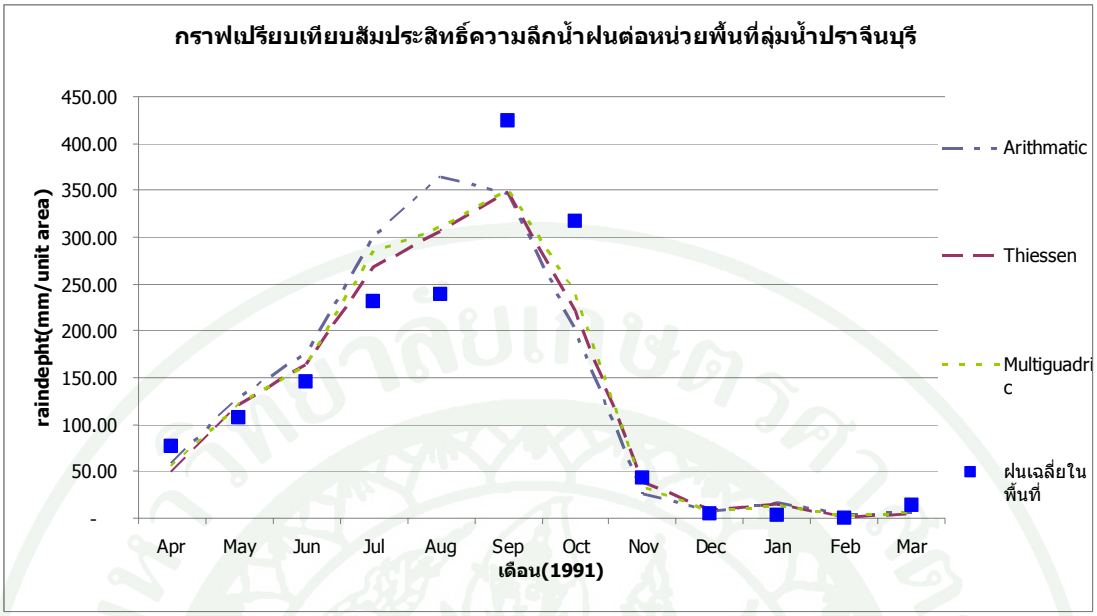


ภาพที่ 69 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 2000 (ปีฝนมาก) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ตารางที่ 29 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.1991 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
		กรมชลประทาน	Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
1991	Apr	75.77	57.78	49.70	55.35
1991	May	107.22	128.30	120.52	120.39
1991	Jun	145.30	176.58	163.53	163.55
1991	Jul	231.43	300.76	268.36	284.30
1991	Aug	239.50	365.01	305.42	310.61
1991	Sep	423.47	346.23	347.31	351.06
1991	Oct	317.57	198.54	219.83	239.12
1991	Nov	42.10	26.54	38.34	33.94
1991	Dec	4.90	8.06	8.62	7.85
1991	Jan	2.37	17.53	14.71	13.60
1991	Feb	0.17	3.84	2.08	2.46
1991	Mar	13.33	6.15	4.99	6.01
Sum		1,603.117	1,635.32	1,543.44	1,588.23

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

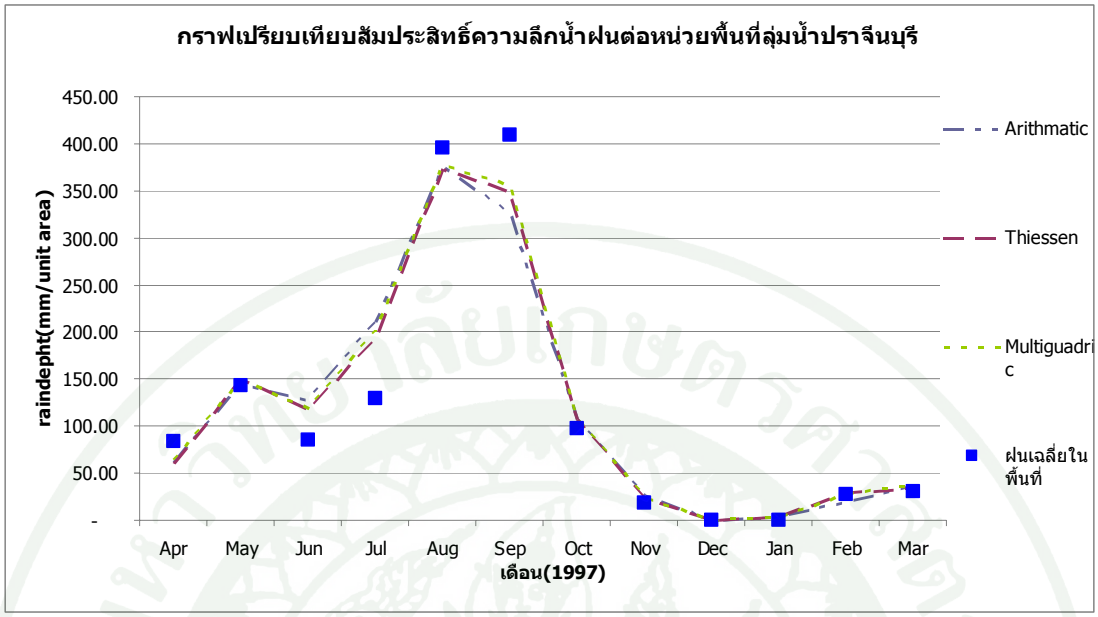


ภาพที่ 70 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 1991 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ตารางที่ 30 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.1997 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
		กรมชลประทาน	Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
1997	Apr	83.57	60.62	59.34	64.35
1997	May	142.37	144.58	148.76	149.05
1997	Jun	85.30	127.28	117.74	118.19
1997	Jul	128.77	209.95	191.49	201.08
1997	Aug	395.63	375.97	373.11	376.39
1997	Sep	408.70	325.12	348.37	355.80
1997	Oct	97.23	106.45	107.09	107.68
1997	Nov	18.37	25.82	23.10	23.95
1997	Dec	-	-	-	-
1997	Jan	-	3.40	3.64	3.47
1997	Feb	27.93	19.55	28.95	26.70
1997	Mar	30.57	36.04	34.03	37.78
Sum		1,418.433	1,434.78	1,435.63	1,464.44

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

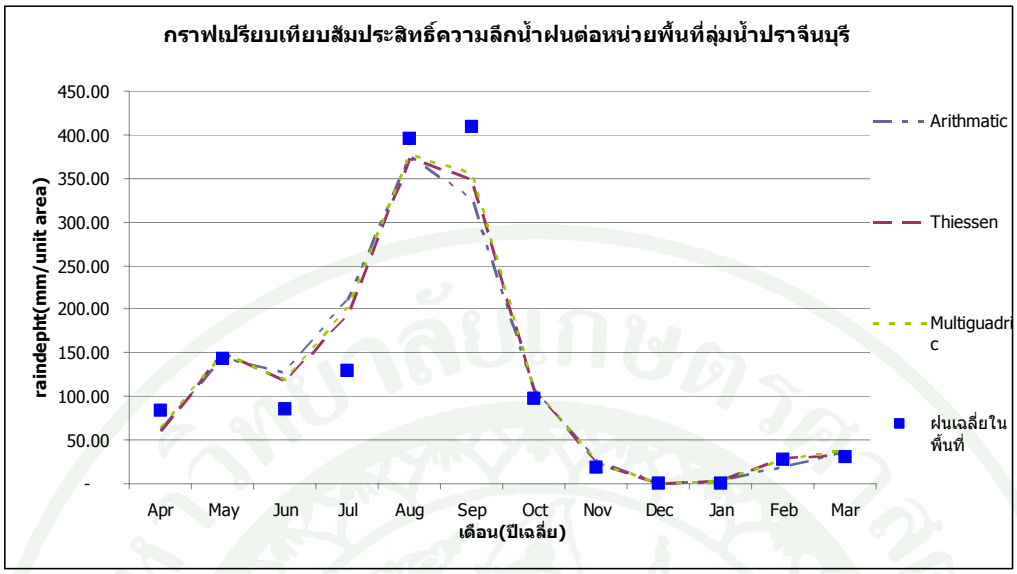


ภาพที่ 71 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 1997 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ตารางที่ 31 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ เฉลี่ยทุกปี (คาบ55ปี) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
		คาบ 55 ปี	Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
เฉลี่ยทุกปี	Apr	88.20	85.34	82.67	83.92
เฉลี่ยทุกปี	May	169.90	181.72	171.38	169.19
เฉลี่ยทุกปี	Jun	205.60	219.83	204.88	204.44
เฉลี่ยทุกปี	Jul	255.80	257.56	234.05	234.49
เฉลี่ยทุกปี	Aug	280.50	299.09	278.61	278.92
เฉลี่ยทุกปี	Sep	303.20	308.73	293.97	296.67
เฉลี่ยทุกปี	Oct	180.40	178.66	176.65	184.81
เฉลี่ยทุกปี	Nov	31.40	32.86	32.58	33.96
เฉลี่ยทุกปี	Dec	6.30	5.99	5.75	6.02
เฉลี่ยทุกปี	Jan	6.90	6.77	6.69	6.59
เฉลี่ยทุกปี	Feb	21.70	18.13	18.04	18.11
เฉลี่ยทุกปี	Mar	48.70	44.34	43.03	43.72
Sum		1,598.600	1,639.02	1,548.31	1,560.86

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

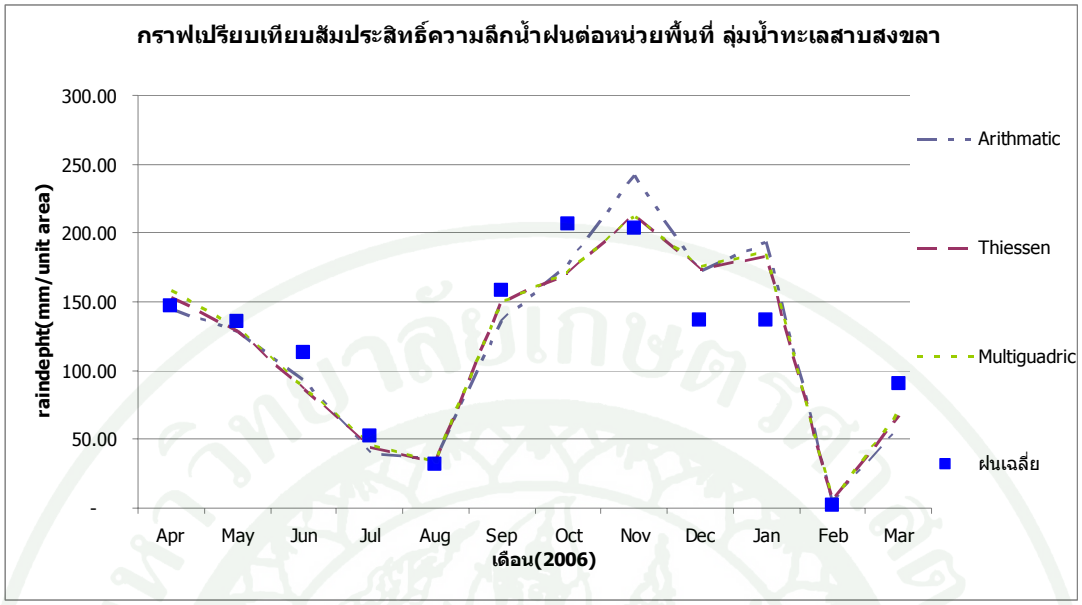


ภาพที่ 72 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ เฉลี่ยทุกปี (คาบ 55ปี) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ตารางที่ 32 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.2006 (ปีน้ำน้อย) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
min			Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
2006	Apr	147.23	144.38	152.83	158.70
2006	May	135.57	128.86	128.75	131.49
2006	Jun	113.27	92.61	86.45	87.72
2006	Jul	52.47	40.40	44.10	45.98
2006	Aug	32.00	35.72	33.17	34.11
2006	Sep	157.80	135.16	150.16	150.10
2006	Oct	206.50	176.45	170.06	171.20
2006	Nov	203.27	241.80	213.00	211.27
2006	Dec	136.30	171.51	173.80	176.15
2006	Jan	136.67	192.70	183.13	186.02
2006	Feb	2.27	4.42	4.86	4.88
2006	Mar	90.40	58.93	66.90	69.38
Sum		1,413.733	1,422.94	1,407.21	1,427.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

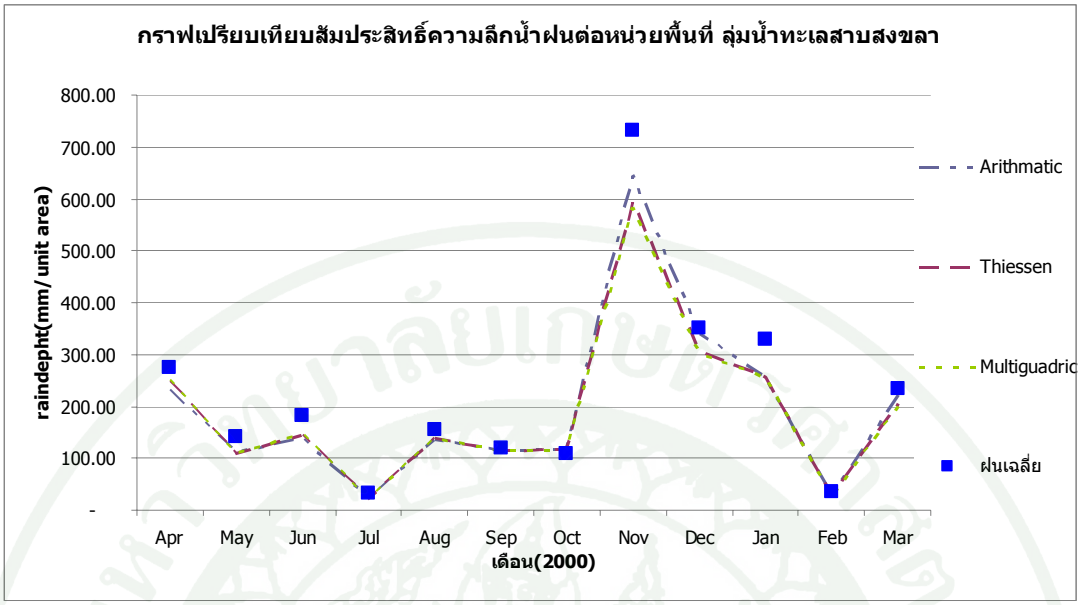


ภาพที่ 73 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 2006 (ปีฝนน้อย) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ตารางที่ 33 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.2000 (ปีน้ำมาก) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
max			Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
2000	Apr	273.77	231.24	247.64	249.23
2000	May	140.80	111.27	107.74	109.98
2000	Jun	181.17	139.61	145.34	147.21
2000	Jul	31.33	22.00	21.89	21.88
2000	Aug	154.30	136.09	137.76	139.19
2000	Sep	120.37	115.39	115.48	114.50
2000	Oct	108.40	117.55	116.30	113.65
2000	Nov	731.30	645.70	592.94	582.02
2000	Dec	351.27	340.47	306.74	301.12
2000	Jan	328.93	254.77	256.41	254.46
2000	Feb	36.53	27.64	25.90	24.89
2000	Mar	232.93	221.23	205.20	199.08
Sum		2,691.100	2,362.95	2,279.34	2,257.21

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

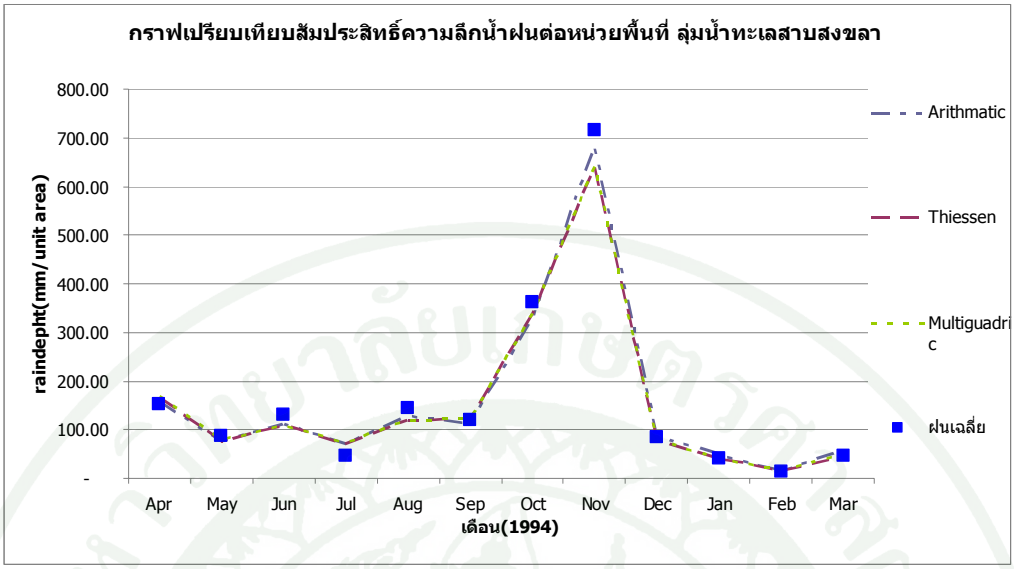


ภาพที่ 74 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 2000 (ปีฝนมาก) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ตารางที่ 34 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.1994 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

Year	Month	Real Average Rainfall	Raindepth (mm./unit area)		
			Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
1994	Apr	152.43	156.97	167.19	167.72
1994	May	85.80	76.33	77.49	78.10
1994	Jun	130.30	110.63	108.39	108.18
1994	Jul	45.13	69.83	71.99	73.40
1994	Aug	144.00	126.62	120.62	120.16
1994	Sep	119.93	112.49	121.33	121.83
1994	Oct	361.87	327.54	336.55	338.02
1994	Nov	715.00	681.89	639.31	642.58
1994	Dec	83.53	87.19	78.72	79.76
1994	Jan	40.77	48.58	40.97	41.28
1994	Feb	14.27	16.11	15.50	15.59
1994	Mar	47.30	58.36	47.47	47.66
Sum		1,940.333	1,872.54	1,825.52	1,834.29

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

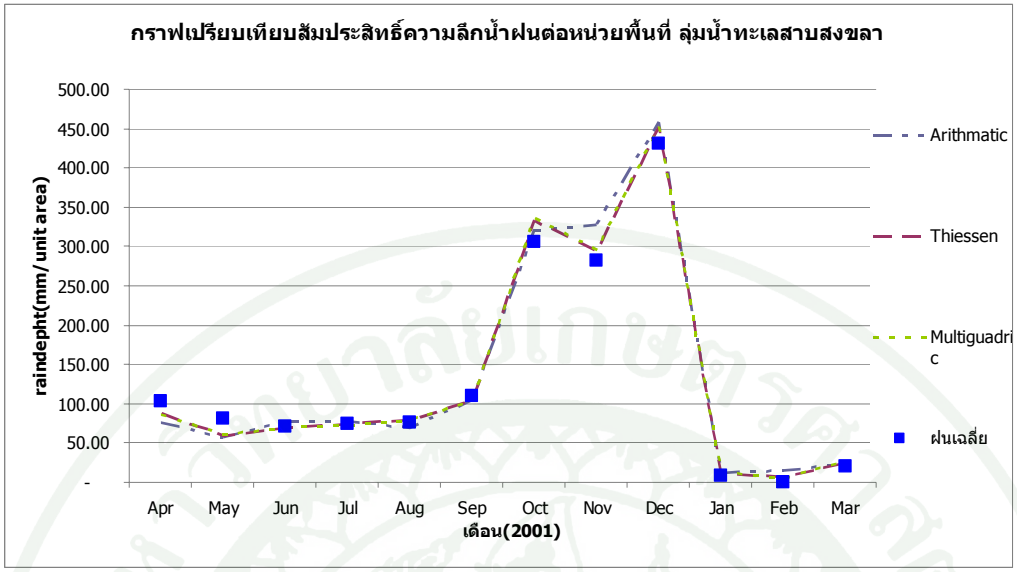


ภาพที่ 75 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ 1994 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ตารางที่ 35 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ.2001 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

Year	Month	Real Average Rainfall	Rain depth (mm./unit area)		
			Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
2001	Apr	102.57	76.64	87.08	86.61
2001	May	80.50	56.63	59.09	60.16
2001	Jun	71.60	78.30	69.31	69.90
2001	Jul	74.27	78.21	74.02	72.16
2001	Aug	76.80	69.78	79.58	78.75
2001	Sep	110.23	104.05	103.33	102.59
2001	Oct	305.83	320.72	332.09	336.88
2001	Nov	282.17	327.49	294.34	295.93
2001	Dec	431.23	457.34	450.76	453.35
2001	Jan	8.10	12.03	12.33	12.87
2001	Feb	0.40	15.47	6.91	5.85
2001	Mar	20.80	23.16	25.64	26.37
Sum		1,564.500	1,619.82	1,594.46	1,601.40

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

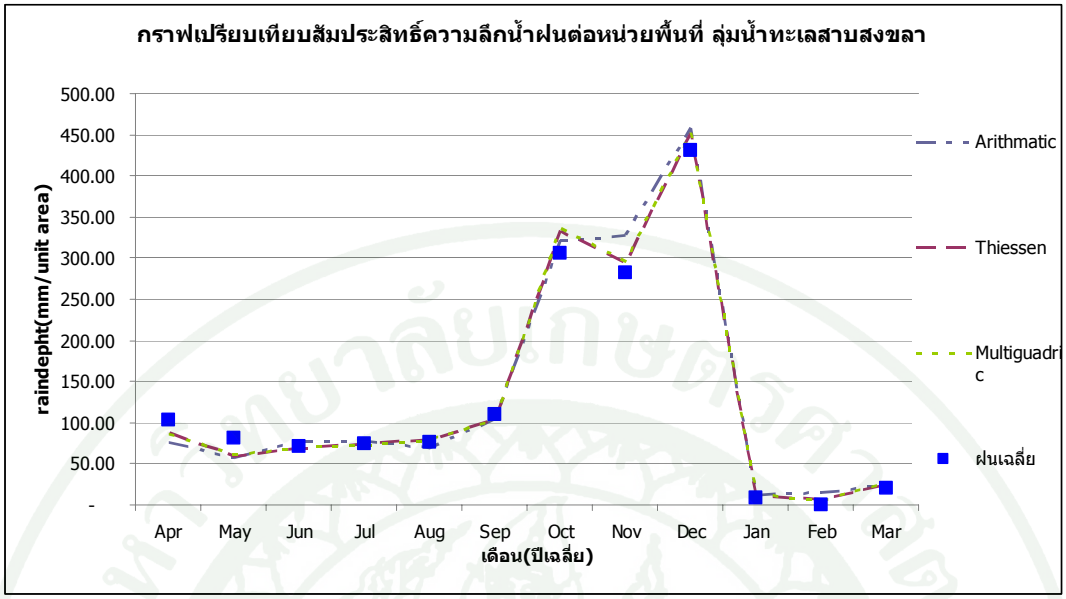


ภาพที่ 76 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ปี คศ. 2001 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ตารางที่ 36 ค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ เฉลี่ยทุกปี(คาบ55ปี) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

Year	Month	Real Average Rainfall คาบ 55 ปี	Raindepth (mm./unit area)		
			Arithmatic method	Thiessen method	Multiquadric method
เฉลี่ยทุกปี	Apr	95.60	88.92	92.78	93.58
เฉลี่ยทุกปี	May	140.60	28.16	130.65	131.74
เฉลี่ยทุกปี	Jun	99.95	81.15	80.59	80.68
เฉลี่ยทุกปี	Jul	98.70	86.33	87.20	87.33
เฉลี่ยทุกปี	Aug	101.75	92.33	93.31	93.67
เฉลี่ยทุกปี	Sep	124.70	120.23	121.63	121.75
เฉลี่ยทุกปี	Oct	248.80	253.92	249.27	248.42
เฉลี่ยทุกปี	Nov	442.70	476.83	445.47	442.46
เฉลี่ยทุกปี	Dec	334.85	352.75	334.65	334.10
เฉลี่ยทุกปี	Jan	91.40	92.34	89.95	90.75
เฉลี่ยทุกปี	Feb	28.05	35.22	33.64	34.28
เฉลี่ยทุกปี	Mar	49.65	58.65	59.03	60.09
Sum		1,856.750	1,866.84	1,818.17	1,818.85

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 77 กราฟเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำฝนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ยทุกปี(คาบ55ปี) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

เมื่อนำผลการวิเคราะห์มาหาค่าสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ของลุ่มเฉลี่ยรายเดือนในปีต่าง ๆ ที่พิจารณาโดยเลือกปีที่มีปริมาณน้ำฝนแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะปีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดและปีที่มี ปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุดของลุ่มน้ำตัวอย่างทั้ง 4 ลุ่มน้ำ ทั้งโดยเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic-mean method) วิธีของธีเอสสเสน (Thiessen method) และ วิธีพื้นผิวมัลตริควอดริค มาทำการทดสอบความเชื่อมั่นด้วยวิธี ***Root Mean Square Error(RMSE)*** ได้ผลการเปรียบเทียบดังตาราง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 37 ผลการทดสอบเชื่อถือด้วยวิธี RMSE ของลุ่มน้ำกก

การทดสอบความเชื่อถือด้วยวิธี RMSE ของลุ่มน้ำกก

YEAR	วิธีที่ทำการเปรียบเทียบ (มม./ปี)			หมายเหตุ
	ฝนเฉลี่ย-Arithmatic	ฝนเฉลี่ย-Thiessen	ฝนเฉลี่ย-Multiquadric	
1971	16.57	19.45	17.33	ปีที่มีปริมาณน้ำฝนมาก
1989	21.19	27.76	24.32	ปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย
1997	19.48	24.63	22.72	
2002	25.53	35.13	32.80	
เฉลี่ยทุกปี	4.80	5.50	5.31	

ตารางที่ 38 ผลการทดสอบเชื่อถือด้วยวิธี RMSE ของลุ่มน้ำปราจีนบุรี

การทดสอบความเชื่อถือด้วยวิธี RMSE ของลุ่มน้ำปราจีนบุรี

YEAR	วิธีที่ทำการเปรียบเทียบ			หมายเหตุ
	ฝนเฉลี่ย-Arithmatic	ฝนเฉลี่ย-Thiessen	ฝนเฉลี่ย-Multiquadric	
1991	59.85	43.30	41.26	
1997	37.09	28.73	29.01	
2000	56.47	43.46	38.32	ปีที่มีปริมาณน้ำฝนมาก
2005	29.70	20.42	19.26	ปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย
เฉลี่ยทุกปี	7.99	7.40	6.97	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 39 ผลการทดสอบเชื่อถือด้วยวิธี RMSE ของลุ่มน้ำสะแกกรัง

การทดสอบความเชื่อถือด้วยวิธี RMSE ของลุ่มน้ำสะแกกรัง

	วิธีที่ทำการเปรียบเทียบ			หมายเหตุ
YEAR	ฝนเฉลี่ย-Arithmatic	ฝนเฉลี่ย-Thiessen	ฝนเฉลี่ย-Multiquadric	
1989	16.33	15.89	17.92	
1993	11.47	11.46	11.72	ปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย
1999	18.61	25.14	26.89	ปีที่มีปริมาณน้ำฝนมาก
2000	21.80	23.04	23.86	
เฉลี่ยทุกปี	10.19	11.55	12.69	

ตารางที่ 40 ผลการทดสอบเชื่อถือด้วยวิธี RMSE ของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

การทดสอบความเชื่อถือด้วยวิธี RMSE ของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

	วิธีที่ทำการเปรียบเทียบ			หมายเหตุ
YEAR	ฝนเฉลี่ย-Arithmatic	ฝนเฉลี่ย-Thiessen	ฝนเฉลี่ย-Multiquadric	
1994	18.12	26.51	25.79	
2000	38.83	50.64	53.78	ปีที่มีปริมาณน้ำฝนมาก
2001	19.57	13.11	14.33	
2006	27.26	23.23	23.61	ปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย
เฉลี่ยทุกปี	14.31	8.28	8.20	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปผลการศึกษา

ในการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำ โดยทั่วไปมักนิยมใช้วิธีของธีเอสเสน เนื่องจากเป็นวิธีที่มีหลักการที่ดีกว่าวิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์เพราะสามารถลดปัญหาที่เกิดจากการกระจายของสถานีวัดน้ำฝนแบบไม่สม่ำเสมอในลุ่มน้ำแต่วิธีการค่อนข้างจะยุ่งยากแต่วิธีของธีเอสเสนก็มีข้อจำกัดซึ่งผู้คำนวณแต่ละคนอาจจะแบ่งพื้นที่ได้ไม่เท่ากันทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกัน เมื่อทำการประยุกต์ใช้วิธีวิธีพื้นผิวมัลติควอดริคซึ่งจะสามารถแก้ไขปัญหาและข้อจำกัดในข้างต้นจะให้ค่าค่าสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำที่ใกล้เคียงกับวิธีของธีเอสเสนเป็นอย่างมาก

เมื่อทำการทดสอบค่าความแม่นยำด้วยวิธี วิธี Root Mean Square Error(RMSE) ของลุ่มน้ำตัวอย่างจำนวนสี่ลุ่มน้ำโดยการปริมาณน้ำฝนที่คำนวณได้ด้วยวิธีต่างๆ มาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยซึ่งได้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน โดยแยกตามพื้นที่ลุ่มน้ำที่ทำการศึกษา

พบว่าในลุ่มน้ำกกซึ่งเป็นลุ่มน้ำทางภาคเหนือ ปีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด(1971) วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 16.50 มม./ปี วิธีค่าธีเอสเสน ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 19.45 มม./ปี และวิธีพื้นผิวมัลติควอดริคให้ค่าความคลาดเคลื่อน 17.33 มม./ปี สำหรับในปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด(1989) วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 21.19 มม./ปี วิธีธีเอสเสน ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 27.76 มม./ปี และวิธีพื้นผิวมัลติควอดริค ให้ความคลาดเคลื่อน 24.32 มม./ปี และในปีฝนเฉลี่ยคาบ 55 ปี(1952-2007) วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 4.80 มม./ปี วิธีค่าธีเอสเสน ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 5.50 มม./ปี และวิธีพื้นผิวมัลติควอดริคให้ค่าความคลาดเคลื่อน 5.31 มม./ปี จะเห็นวิธีวิธีพื้นผิวมัลติควอดริคจะให้ค่า RMSE น้อยกว่าวิธีของธีเอสเสนโดยเฉพาะในปีฝนเฉลี่ยค่าความแม่นยำจะใกล้เคียงกับปริมาณฝนเฉลี่ยคาบ 55 ปีเป็นอย่างมาก ส่วนวิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์จะให้ค่า RMSE ต่ำสุดแสดงว่ามีการวางตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนกระจายในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ครอบคลุม

สำหรับลุ่มน้ำปราจีนบุรี ซึ่งเป็นลุ่มน้ำทางภาคตะวันออกปีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด (2000) วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 56.47 มม./ปี วิธีค่าธีเอสเสน ให้ค่าความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คลาดเคลื่อน 43.46 มม./ปี และวิธีพื้นผิวมัลติควอดริคให้ค่าความคลาดเคลื่อน 38.32 มม./ปี สำหรับในปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด(2005) วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 29.70 มม./ปี วิธีธีเอสเสน ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 20.42 มม./ปี และวิธีพื้นผิวมัลติควอดริค ให้ความคลาดเคลื่อน 19.26 มม./ปี ในปีฝนเฉลี่ยคาบ 55 ปี(1952-2007) วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 7.99 มม./ปี วิธีค่าธีเอสเสน ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 7.40 มม./ปี และวิธีพื้นผิวมัลติควอดริคให้ค่าความคลาดเคลื่อน 6.97 มม./ปี ในลุ่มน้ำนี้วิธีวิธีพื้นผิวมัลติควอดริคให้ค่า RMSE ต่ำสุดซึ่งการจำลองเทคนิค 3D มาคำนวณหาพื้นที่รับน้ำฝนในลุ่มน้ำเหนือสถานีวัดน้ำฝนสามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิผล ส่วนวิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาตร์ให้ค่าสูงสุดบ่งบอกถึงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนอาจจะไม่ได้เป็นตัวแทนที่ดีของลุ่มน้ำ

สำหรับลุ่มน้ำสะแกกรังซึ่งเป็นลุ่มน้ำทางภาคกลางตอนบนปีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด (1999) วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 18.61 มม./ปี วิธีค่าธีเอสเสน ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 25.14 มม./ปี และวิธีพื้นผิวมัลติควอดริคให้ค่าความคลาดเคลื่อน 26.89 มม./ปี สำหรับในปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด(1993) วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 11.47 มม./ปี วิธีธีเอสเสน ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 11.46 มม./ปี และวิธีพื้นผิวมัลติควอดริค ให้ความคลาดเคลื่อน 11.72 มม./ปี ในปีฝนเฉลี่ยคาบ 55 ปี(1952-2007) วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 10.19 มม./ปี วิธีค่าธีเอสเสน ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 11.55 มม./ปี และวิธีพื้นผิวมัลติควอดริคให้ค่าความคลาดเคลื่อน 12.69 มม./ปี ในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกรังทั้งสามวิธีจะให้ค่า RMSE ที่ไม่แตกต่างกันมากนักทั้งในปีฝนน้อย ฝนมากและปีฝนปกติ และปีฝนเฉลี่ย

สำหรับลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาซึ่งเป็นลุ่มน้ำทางภาคใต้ปีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด (2000) วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 38.83 มม./ปี วิธีค่าธีเอสเสน ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 50.64 มม./ปี และวิธีพื้นผิวมัลติควอดริคให้ค่าความคลาดเคลื่อน 53.78 มม./ปี สำหรับในปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด(2006) วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 27.26 มม./ปี วิธีธีเอสเสน ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 23.23 มม./ปี และวิธีพื้นผิวมัลติควอดริค ให้ความคลาดเคลื่อน 23.61 มม./ปีในปีฝนเฉลี่ยคาบ 55 ปี(1952-2007) วิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 14.31 มม./ปี วิธีค่าธีเอสเสน ให้ค่าความคลาดเคลื่อน 8.28 มม./ปี และวิธีพื้นผิวมัลติควอดริคให้ค่าความคลาดเคลื่อน 8.20 มม./ปี ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาทั้งสามวิธีจะให้ค่า RMSE มากบ้าง น้อยบ้างแตกต่างกันไปบ่งบอกถึงการกระจายของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำไม่คงที่อาจจะตกมากในบางสถานีและตกน้อยในบางสถานีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพื้นที่รับน้ำฝนของแต่ละ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานีแต่ในปีฝนเฉลี่ยวิธีพื้นผิวมัลติควอดริคจะให้ค่าต่ำสุดและใกล้เคียงกับวิธีธีเอสเสนเป็นอย่างมาก

จะเห็นได้ว่าวิธีการวิธีพื้นผิวมัลติควอดริค จะให้ค่าสัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำใกล้เคียงกับวิธีของธีเอสเสนเป็นอย่างมากในทุก ๆ ลุ่มน้ำโดยเฉพาะลุ่มน้ำทางภาคตะวันออกจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนแตกต่างจากปริมาณฝนเฉลี่ย ของสถานีวัดน้ำฝนกรมชลประทานน้อยกว่าภาคอื่นๆทั้งนี้เนื่องจากความแปรปรวนระหว่างฝนรายปีและฝนเฉลี่ยมีค่าน้อย ค่า RMSE ที่คำนวณได้สามารถบ่งชี้ได้ว่า วิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนด้วยการประยุกต์พื้นผิวมัลติควอดริคเป็นวิธีที่มีความแม่นยำและสามารถใช้แทนวิธีการของธีเอสเสนและวิธีค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ได้ในทุกลุ่มน้ำของประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ปัญหา

1. Multiquadric surface และ numuerical surface อื่น ๆ เป็นวิธีประมาณน้ำฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ ซึ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำต้องไม่มีสถานีใด ๆ มีค่าน้ำฝนเป็นศูนย์

2. การศึกษาครั้งนี้ยังมิได้แก้ปัญหาในกรณี Multi Colinearity อันเกิดจากสถานีอยู่นอกพื้นที่ลุ่มน้ำ

3. ความเชื่อถือในข้อมูลพื้นที่ Thiessen Polygon และข้อมูลSub basin shape formซึ่งเป็น secondary data

4. จำนวนสถานีวัดน้ำฝนซึ่งกระจายอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำมีน้อยเกินไป ข้อมูลน้ำฝนที่ได้อาจจะไม่ถูกต้องและไม่เป็นตัวแทนของปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำ ซึ่งตามมาตรฐานควรมีจำนวนสถานีดังรายละเอียดในตาราง

ตารางที่ 41 เปรียบเทียบจำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่ควรมีตามหลักสากลในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ลุ่มน้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ ตร.กม.	จำนวนสถานีวัดน้ำฝน		จำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่มีอยู่จริง
		วิธี Bleasdale	มาตรฐานองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก	
กก	7,200.263	20-24	24	4
ปราจีนบุรี	9,961.526	มากกว่า 24	33	10
สะแกกรัง	4,950.02	15-20	17	9
ทะเลสาบสงขลา	8,160.55	มากกว่า 24	27	10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาให้ครอบคลุมทั้ง 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทยFfpพิจารณาถึงลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำโดยแยกศึกษาเป็นกลุ่ม ๆและนำมาเปรียบเทียบกัน

2. ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ เพิ่มเติมเช่นวิธี Krigging และวิธีเส้นชั้นน้ำฝน

3. ควรมีการศึกษาการปรับแก้ในกรณีที่มีสถานีวัดน้ำฝนน้อยเกินไป

4. การตรวจสอบข้อมูลsecondary data เช่น Basin shape form

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

Balaseio, C. C. (1983). "Error of areal rainfall depth estimation and performance of rainfall data collection networks." MS thesis, **Iowa State University**. Ames.

Balascio, C. C. (2000). "Multiquadric equations, kriging, and rainfall estimation." ASAE Annu. Int. Meeting, Paper No. 002041, **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, Mich.

Bastin, G., Lorent, B., Duque, c., and Gevers, M. (1984). "Optimal estimation of the average areal rainfall and optimal selection of rainguage locations." **Water Resow: Res**., 20(4), 463-470.

Borga, M., and Vizzaccaro. A. (1997). "On the interpolation of hydrologic variables: Fornlal equivalence of multiquadric surface fitting and kriging." **J. of Hydro., Amsterdam**. 195. 160-171.

Bras, R. L., and Rodriguez-Iturbe, 1. (]985). Random functions and hydrology. **Addison-Wesley**, Reading. Mass.

Cressie, N. A. C. (199/). Statistics for spatial data, **Wiley**, New York.

Creutin, J. D., and Ohled, C. (J 982). "Objective analysis and mapping techniques for rainfall fields: An objective comparison." **Water Resow: Re**s., 18(2),251-256.

Hardy, R. L. (1971). "Multiquadric equations of topography and other irregular surfaces." J. GeophvsRes.. 76(8).1905-1915. Hardy, R. L. (1977). "Least squares prediction." **Photogrammetric L'ngrg. and Remote Sensin**/?, 43(4), 475-492

Jones. D. A., Gurney. R. J.. and O'ConnelL P. E. (1979). "Network design using optimal estimation procedures." **Water Resow: Res**.. 15(6), 1801-1812.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lee, P. S., Lynn, P. P., and Shaw. E. M. (1974). "Comparison of multiquadric surfaces for the estimation of areal rainfall." **Hydro. Sci. Bull.**, 19(3), 303-317.

Moore, R. J., et al. (]989). "Towards an improved system for weather radar calibration and rainfall forecasting using raingauge data from a regional telemetry system." New directions/or sUlface water modeling, IAHS Pub!. No 181,**Intemational Association of Hydrological Sciences**. **Wallingford. U.K**., 13-21.

Pegram, G. c., and Pegram. G. G. S. (1993). "Integration of rainfall via multiquadric surfaces over polygons." **J. Hvdr. Engrg., ASCE**. 119(2). 151-163.

Rhenals, A. E., Rodriguez-Iturbe, 1., and Shaake. J. C. (1974). "Bidimensional spectral analysis of rainfall events." **Tech. Re**p. 193. Ralph

M. Parsons Lab. for Water Resour. and Hydrodynamics, Dept. of Civ. Engrg.. **Massachusetts Institute of Technology**, Cambridge. Mass.

Shaw, E. M., and Lynn, P. P. (1972). "Areal rainfall evaluation using two surface fitting techniques." **Bull. Am. Assoc. o.t'Hydrologic Sci.**. 17(4). 419-433.

Simanton. J. R.• and Osborn. H. B. (1980). "Reciprocal-distance estimate of point rainfall.".**I. Hydr. Div., ASCE**, 106(7). 1242-1246.

Tabios. G. Q.. and Salas, T. D. (1985). "A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation." **Water Resour. Bull**., 21(3), 365-380.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย ในพื้นที่ลุ่มน้ำกก

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย (มม.)												รายปี
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	
1. A. Fang	เชียงใหม่	07102	62.8	184.1	162.9	231.9	236	228.6	118.1	40.9	19.1	10.5	11.2	23.9	1,330
2. A. Mae Ai	เชียงใหม่	07492	74.9	197.1	190	284.6	297.7	226.7	124.7	52.5	23.7	13.9	13.2	16.2	1,515.3
3. A. Ma e Suai	เชียงใหม่	08102	69.6	174.1	136.8	195.7	234.9	204.8	91	34.9	13.2	9.5	6.5	14.5	1,185.6
4. A. Mu ang	เชียงใหม่	08013	89.8	204.8	176.8	318.6	363.4	282.7	132.6	57.6	16.4	13.5	13.7	24.6	1,694.7
			297.1	760.1	666.5	1,030.8	1132	942.8	466.4	185.9	72.4	47.4	44.6	79.2	5,725.6

ที่มา: สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1989 ในพื้นที่ลุ่มน้ำกก

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. A. Fang	เชียงใหม่	07102	9.7	149.5	157.9	243.3	221	151.4	106.7	20.6	0	0	30.2	16.6
2. A. Mae Ai	เชียงใหม่	07492	33.7	190	216.4	262.9	188.2	163.1	122.8	8.9	0	0	19.8	2.9
3. A. Ma e Suai	เชียงใหม่	08102	7.3	142.8	197.9	266.6	182.5	171.1	115.5	4.6	0	0.7	31.5	14.8
4. A. Muang	เชียงใหม่	08013	31	209.1	236.2	352.7	155.8	391.4	156.9	23.8	0	6	25.2	39.1
			20.425	172.85	202.1	281.375	186.875	219.25	125.475	14.475	0	1.675	26.675	18.35

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1971 ในพื้นที่ลุ่มน้ำกก

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. A. Fang	เชียงใหม่	07102	118	185.5	295.6	285.7	360.4	316.9	185.7	0	49.4	0	0	0
2. A. Mae Ai	เชียงใหม่	07492	119.6	278.4	160.8	411.8	508.3	152.4	69.4	20.8	45.3	0	0	5
3. A. Ma e Suai	เชียงใหม่	08102	83.2	240.1	216	249.6	343.1	278.6	98.4	40.3	18	25.3	0	0
4. A. Mu ang	เชียงใหม่	08013	82.1	214.8	422.8	428.4	545.9	288.4	151.4	14.7	33.6	2.1	0	0.3
			100.725	229.7	273.8	343.875	439.425	259.075	126.225	18.95	36.575	6.85	0	1.325

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1997 ในพื้นที่ลุ่มน้ำกก

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. A. Fang	เชียงใหม่	07102	30	111	73.8	243.5	261.2	217.8	116.8	27.3	0	0	0	5.1
2. A. Mae Ai	เชียงใหม่	07492	45.2	136.4	33	257.1	380.7	382.2	64.2	13.9	0	0	0	4
3. A. Mae Suai	เชียงใหม่	08102	36.5	125.8	77.1	250.5	207.4	250.7	56.3	51.3	0	0	0	0.5
4. A. Muang	เชียงใหม่	08013	56.3	209.3	167.3	381.5	287	298.8	134.9	55	0	0	0	12.7
			42	145.625	87.8	283.15	284.075	287.375	93.05	36.875	0	0	0	5.575

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2002 ในพื้นที่ลุ่มน้ำกก

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. A. Fang	เชียงใหม่	07102	58.9	337.8	190.8	130.4	147	352.7	133.4	139.5	57.1	52	15.1	25.3
2. A. Mae Ai	เชียงใหม่	07492	70.9	390	105.2	275.4	214.2	196.1	124.8	172.6	38.8	96.3	49	60.4
3. A. Mae Suai	เชียงใหม่	08102	113.8	309.1	68.1	82	242.1	298.7	103.9	141.6	65.8	28.4	9.4	36.5
4. A. Muang	เชียงใหม่	08013	75.8	299.8	119.2	233.3	383.7	149	149.5	222.2	53.4	60.5	35.7	53.8
			79.85	334.175	120.825	180.275	246.75	249.125	127.9	168.975	53.775	59.3	27.3	44

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย ในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย (มม.)												รายปี
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	
1. Ban Pangmakha	กำแพงเพชร	12081	57.5	172	137.5	138.4	152.6	254.2	161.2	44	2.9	8.1	17.3	39.6	1,185.3
2. KhlongPho,Ban Hang Rai,	นครสวรรค์	26281	63.7	200	128.3	132.2	159.3	241.6	205.9	53.1	6.4	4.8	27.1	44.1	1,266.4
3. Huai Mae Wong	นครสวรรค์	26271	70	169.5	139.4	119.2	163.6	219.5	153.7	37.1	3	5.1	8.4	32.6	1,121.1
4. A.Lan Sak	อุทัยธานี	69132	63.3	142.8	107.8	105.7	124.8	215	213	28.3	3.1	3.7	27	29.3	1,063.8
5. A. Nong Chang	อุทัยธานี	69042	72.9	177.7	122.2	123.2	165.4	249.6	160.5	53.3	2.8	3	10.7	27.3	1,168.5
6. A. Sawang Arom	อุทัยธานี	69062	152	129.4	134.8	158.7	237.7	160.2	38.3	2.7	4	11.8	29.9	1,112.9	2,225.8
7. A. Thap Than	อุทัยธานี	69022	62.5	156.9	116.5	129.9	163.2	254.7	156.7	49.4	3.1	5.9	13.8	30.7	1,143.3
8. A. Muang	อุทัยธานี	69012	59.9	152.1	116	121.7	152.2	243.9	156.2	30.8	2.9	2.6	9.4	27.7	1,075.4
9. A. Nong KhaYang	อุทัยธานี	69032	73.3	161.9	136.5	125.2	150.3	248.7	168.6	36.2	4.7	5.6	12.7	23.3	1,147.1
			675.1	1,462.3	1,139	1,154.2	1,469.1	2087.4	1,414.1	334.9	32.9	50.6	156.3	1367.5	1,2565.3

ที่มา: สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1993 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. Ban Pangmakha	กำแพงเพชร	12081	0	65.7	54.1	76.7	216	224.1	61.1	0	0	0	10.6	182.2
2. KhlongPho,Ban Hang Rai,	นครสวรรค์	26281	37.2	139.5	34.5	51.9	163.8	208.6	113.1	0	0	0	25.1	113.8
3. Huai Mae Wong	นครสวรรค์	26271	34.5	124.8	111.6	91.4	143.5	266.3	142.9	0	0	0	6.4	145.6
4. A.Lan Sak	อุทัยธานี	69132	28	97.1	58.3	68.2	156.7	161.4	102.1	0	0	0	11.1	114.1
5. A. Nong Chang	อุทัยธานี	69042	29.1	69.5	46	57.1	106.1	237.4	118.7	0	0	0	0	107.4
6. A. Sawang Arom	อุทัยธานี	69062	31.5	32.5	51.7	70.9	90.3	229.3	106.8	0	0	0	0	59
7. A. Thap Than	อุทัยธานี	69022	32.7	110.4	75.5	109	152	132.2	162.6	0	0	0	0	82.7
8. A. Muang	อุทัยธานี	69012	37.6	166.4	116	45.6	176.8	218.2	144.2	0	0	0	0	100.4
9. A. Nong KhaYang	อุทัยธานี	69032	64.9	110.4	73.8	54.6	124.7	155.2	131.2	0	0	0	0	95.4
			32.83	101.81	69.06	69.49	147.77	203.63	120.30	0.00	0.00	0.00	5.91	111.18

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1999 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. Ban Pangmakha	กำแพงเพชร	12801	170.1	136.3	188.2	168.6	138	155.5	364.5	139.6	0	0	74.4	57
2. KhlongPho,Ban Hang Rai,	นครสวรรค์	26281	156.7	393	195.6	76	141.7	160.3	341.8	152.4	5.7	1.3	84.4	3.4
3. Huai Mae Wong	นครสวรรค์	26271	187.4	330.7	146.6	165.3	124.8	174.8	355.3	62.4	4.7	5.4	61.2	38.9
4. A.Lan Sak	อุทัยธานี	69132	204.2	389.1	164	90.3	148.4	174.9	287.1	149.4	5.7	3.2	128.1	5.2
5. A. Nong Chang	อุทัยธานี	69042	244.1	188.25	132.4	142.3	152.2	349.8	289.2	93	0	0	25.4	0
6. A. Sawang Arom	อุทัยธานี	69062	132.2	381.5	120.8	135	93.1	120.4	291.3	36.6	0	0	57.5	9.6
7. A. Thap Than	อุทัยธานี	69022	261.6	260	66.5	121.7	146	295.5	312.2	35.5	2.2	0	32.7	2.9
8. A. Muang	อุทัยธานี	69012	157.1	264	54.9	154.2	172.2	201.7	268.8	33.1	0	0	0	0
9. A. Nong KhaYang	อุทัยธานี	69032	241.5	211.4	94.9	150.5	83	272.1	240	26.8	4.3	0	34.5	0
			194.99	283.81	129.32	133.7	133.27	211.67	305.58	80.98	2.51	1.10	55.36	13.00

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1989 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. Ban Pangmakha	กำแพงเพชร	12801	40.2	141.1	157.7	83.6	177.4	226.5	152.1	23.5	0	2.2	9.4	0.4
2. KhlongPho,Ban Hang Rai,	นครสวรรค์	26281	23.7	201.8	90	119.1	197.3	207.4	232.8	3.7	0	0.3	8	67
3. Huai Mae Wong	นครสวรรค์	26271	55	76.5	96.7	121.9	125.3	181.1	178	10.2	0	0	0	50.9
4. A.Lan Sak	อุทัยธานี	69132	4.8	189.6	0	64.4	134.2	211.9	266.1	8.6	0	0	0	41.6
5. A. Nong Chang	อุทัยธานี	69042	36.2	90.6	47.7	64.6	180.9	171.45	162	0	0	0	0	35.5
6. A. Sawang Arom	อุทัยธานี	69062	61	167.3	103.8	44.1	125.3	207.2	167.2	0	0	3	20.9	36.8
7. A. Thap Than	อุทัยธานี	69022	23.6	35.1	34.5	115	276.9	161.3	158.7	8.1	0	0	43.6	27.9
8. A. Muang	อุทัยธานี	69012	4.4	93	94.5	238.3	305.8	246.4	157.8	2.1	0	0	63.4	73
9. A. Nong KhaYang	อุทัยธานี	69032	18.5	80.9	117.1	193.3	242.6	132.6	175.4	24.7	0	0	63.6	32.4
			29.71	119.54	82.44	116.03	196.19	193.98	183.34	8.99	0	0.61	23.21	40.61

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2000 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. Ban Pangmakha	กำแพงเพชร	12801	50.6	168.8	220.2	112.9	96.7	154.9	279.8	0	0	0	0	102.3
2. KhlongPho,Ban Hang Rai,	นครสวรรค์	26281	120.5	208.3	212	77.4	188.9	233.5	334.3	17.6	2.7	20.6	5.2	89.5
3. Huai Mae Wong	นครสวรรค์	26271	246.8	174.2	147.9	100.1	83.6	210.7	317.7	24	0	17	1.6	61.3
4. A.Lan Sak	อุทัยธานี	69132	248.4	189	268	22	136.2	213.1	100.6	33.4	0	4.2	23.4	88.7
5. A. Nong Chang	อุทัยธานี	69042	160.1	148.4	134.2	87	328.7	168.2	292.4	11.2	0	0	19.8	67.5
6. A. Sawang Arom	อุทัยธานี	69062	136.5	124.2	220.7	73.7	110	129.3	133.4	1.4	0	0.5	0	61.7
7. A. Thap Than	อุทัยธานี	69022	187.4	107.9	148.7	67.6	162.9	178.1	165.7	19.7	0	0.8	13	60
8. A. Muang	อุทัยธานี	69012	62.3	150.8	135.7	61.4	202.6	216	249.3	0	0	0	0	47.5
9. A. Nong KhaYang	อุทัยธานี	69032	142.4	155.2	106.7	121	193.8	143	220.5	0.8	0	0	1.6	23.6
			150.56	158.53	177.12	80.34	167.04	182.98	232.63	12.01	0.30	4.79	7.18	66.90

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย (มม.)												รายปี
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	
1. A. Muang	ปราจีนบุรี	44013	119.1	218.2	235.6	269.8	382.2	354.8	157.1	35.2	4.5	7.3	17.1	50.7	1,851.6
2. A. Prachanta kham	ปราจีนบุรี	44062	58.9	184.9	233.7	262.1	349.5	309.1	132.6	20.5	3.5	2.3	8.4	31.4	1,596.7
3. A. SiMaha Phot	ปราจีนบุรี	44032	62.5	178.3	210.2	223.5	268.6	251.3	119.8	21.8	3.5	6.3	11.9	30.4	1,388.1
4. A. Nadi	ปราจีนบุรี	44132	87.8	199.3	252.5	314.2	374.7	364	198	38.6	4.8	5.5	19.2	59.2	1,917.7
5. A. Kab in Buri	ปราจีนบุรี	44043	83.4	200.7	218.5	269.2	300.7	308.7	162.9	31	3.5	7.5	21	52.7	1,659.8
6. Huai S among	ปราจีนบุรี	44191	86.6	186.3	234.8	298.6	299.7	298.2	181.6	31.3	3.8	4.9	15.8	45.3	1,686.7
7. Khlong Yang,	ปราจีนบุรี	44181	88	208.2	271.2	334.3	352.4	318.9	204.6	36.4	4.9	7	25.7	53.2	1,904.7
8. Ban Kaeng	สระแก้ว	74081	71.1	178.9	220.9	247.3	267.8	273.9	150.9	27.3	1.3	10.3	13.1	34.3	1,497.2
9. Lam PhraSathung	สระแก้ว	74071	71.9	164.2	190.2	199.7	239.8	264.1	148.2	26.7	2.3	5.7	19.3	38.3	1,370.4
10. A.Soi Dao	จันทบุรี	06162	52.6	94.3	125.3	132.2	193.8	303.5	337.5	43.5	6	4.6	12.9	39.7	1,345.8
			781.9	1,813.3	2,192.9	2,550.9	3,029.2	3,046.5	1,793.2	312.3	38.1	61.4	164.4	435.2	1,6218.7

ที่มา: สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2005 ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. A. Muang	ปราจีนบุรี	44013	63.7	57.4	225.5	287	252.9	543.1	73.3	236.2	27.2	0	9.3	85.9
2. A. Prachanta kham	ปราจีนบุรี	44062	39.7	53.7	117.8	250.3	167.6	621.3	104.7	52.35	0	0	0	0
3. A. SiMaha Phot	ปราจีนบุรี	44032	72	146	139.5	224.5	229	479.3	121.8	134.7	14	0	0	0
4. A. Nadi	ปราจีนบุรี	44132	18.5	85.4	125.3	268.9	160.7	433.9	96	94.6	0	0	0	54.8
5. A. Kabin Buri	ปราจีนบุรี	44043	116	67.7	82.1	271.8	203.7	451.1	217.7	124.7	5.2	0	0	95
6. Huai S among	ปราจีนบุรี	44191	17.8	84.5	159.4	246.7	154.7	439.1	0	55.6	22.7	0	31.5	0
7. Khlong Yang,	ปราจีนบุรี	44181	45.3	155.1	195	215.4	185.8	540.7	0	121.7	28.2	3.3	50.6	0
8. Ban Kaeng	สระแก้ว	74081	49.9	136.6	92.7	274.8	111	370.5	0	43.5	11.2	1.4	2.7	0
9. Lam PhraSathung	สระแก้ว	74071	16.1	31.4	43.2	233.8	88.3	302.8	0	33.5	0	0	21.9	0
10. A.Soi Dao	จันทบุรี	06162	183.7	15.6	106.1	143.4	92.2	238	149.7	35	57	0	0	0
			62.27	83.34	128.66	241.66	164.59	441.98	76.32	93.185	16.55	0.47	11.6	23.57

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ตารางผนวกที่ 13 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2000 ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. A. Muang	ปราจีนบุรี	44013	359.1	291.4	220.7	270.1	549.1	288.6	239.2	0.3	0	0	4.3	99
2. A. Prachanta kham	ปราจีนบุรี	44062	33.4	157	191	185.2	255.5	164.8	112.2	0	0	0	0	57
3. A. SiMaha Phot	ปราจีนบุรี	44032	56	182.3	258.4	262.1	498.1	196.7	19.7	0	0	0	0	58.1
4. A. Nadi	ปราจีนบุรี	44132	319.7	209.9	390.5	336.2	378.3	416.9	201.6	0	0	19.5	0	93.4
5. A. Kabin Buri	ปราจีนบุรี	44043	321.7	162.6	271.9	246.3	396.6	260.3	121.4	3.4	0	0.2	0	69.3
6. Huai S among	ปราจีนบุรี	44191	280.2	200.8	318	373.1	337.6	289.2	242.8	4	0	18.3	0	187.7
7. Khlong Yang,	ปราจีนบุรี	44181	237.1	149	316	446.4	436.5	288.6	311.8	0	0	14.7	0	207.4
8. Ban Kaeng	สระแก้ว	74081	340.4	309.7	330.4	201.2	297.8	333.8	159.1	2.6	0	9	0	79.8
9. Lam PhraSathung	สระแก้ว	74071	208.4	147.7	211.2	120.8	310.3	185.9	170.6	1.7	0	0	0	44.9
10. A.Soi Dao	จันทบุรี	06162	42.7	46.6	217	91.9	70.9	311	742.1	0	0	13.5	5	68.6
			219.87	185.7	272.51	253.33	353.07	273.58	232.05	1.2	0	7.52	0.93	96.52

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1991 ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. A. Muang	ปราจีนบุรี	44013	101.1	172.4	183.8	336.2	356.8	521.6	74	34.6	0	7.1	0.5	40
2. A. Prachanta kham	ปราจีนบุรี	44062	72.5	107.9	192.5	204.1	439	560.2	69.9	35.8	0	46	0	0
3. A. SiMaha Phot	ปราจีนบุรี	44032	13.1	175.6	112.7	153	238.9	235.2	104.7	50.5	20.5	0	0	0
4. A. Nadi	ปราจีนบุรี	44132	35	144.2	203.6	322	635.7	310.1	151	11.7	14.7	5.4	19.8	0
5. A. Kabin Buri	ปราจีนบุรี	44043	82.4	107.2	249.2	204.9	257.8	190.2	171.1	24.2	4.3	20.5	0.1	15.7
6. Huai S among	ปราจีนบุรี	44191	83.3	109.5	191.6	603.8	487.1	264.5	193	11.3	11.5	24.9	0.3	1.5
7. Khlong Yang,	ปราจีนบุรี	44181	45.8	143.8	213.3	467.1	553.5	314.2	175.1	5.4	2.9	9.1	17.7	4.3
8. Ban Kaeng	สระแก้ว	74081	18.4	173.1	167	358.4	319.6	287.5	167.9	0.2	12	62.3	0	0
9. Lam PhraSathung	สระแก้ว	74071	0	107.45	139.7	187.4	195.2	303.4	156.8	91	14.7	0	0	0
10. A.Soi Dao	จันทบุรี	06162	126.2	41.8	112.4	170.7	166.5	445.4	721.9	0.7	0	0	0	0
			57.78	128.295	176.58	300.76	365.01	346.23	198.54	26.54	8.06	17.53	3.84	6.15

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1997 ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. A. Muang	ปราจีนบุรี	44013	167	103.30	63.2	136.9	435	277	52.9	24.3	0	0	0.6	7.5
2. A. Prachanta kham	ปราจีนบุรี	44062	0	119.2	177.8	95.5	363.6	339.6	88.3	20.1	0	0	0	49
3. A. SiMaha Phot	ปราจีนบุรี	44032	31	65.6	79	155.3	247.6	208	45.7	0	0	0	0	26
4. A. Nadi	ปราจีนบุรี	44132	48.1	188.8	146.4	306.3	394.3	240.3	108.1	19	0	0	37	25.4
5. A. Kabin Buri	ปราจีนบุรี	44043	54	125.6	120.9	163.7	355.5	345.2	119.3	39.8	0	0	9.5	2.4
6. Huai S among	ปราจีนบุรี	44191	94.6	220	130.4	231.4	503.1	279.5	155.5	60.8	0	0	13.3	39.3
7. Khlong Yang,	ปราจีนบุรี	44181	82.7	191	199.5	513.3	342.2	343.7	92.9	27.8	0	0	27.6	100.1
8. Ban Kaeng	สระแก้ว	74081	45.1	108.5	162.9	247.7	366.5	268.8	163	35.6	0	34	24.3	26.5
9. Lam PhraSathung	สระแก้ว	74071	60.9	187.6	87	173.2	368.8	351.1	97.9	15	0	0	70.4	16.2
10. A.Soi Dao	จันทบุรี	06162	22.8	136.2	105.7	76.2	383.1	598	140.9	15.8	0	0	12.8	68
			60.62	144.58	127.28	209.95	375.97	325.12	106.45	25.85	0	3.4	19.55	36.04

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 ปริมาณฝนรายเฉลี่ย ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย (มม.)												รายปี
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	
1. A. Muang	สงขลา	58013	75	120.9	94.1	88.7	103	126	253.8	552.9	439.8	64.5	42.3	49.5	2,010.6
2. A. Hat Yai	สงขลา	58022	130.5	96.2	94.1	119.1	150.2	221.6	341.2	272.6	57.8	14.7	44.3	1632.2	3,174.5
3. A. Sadao	สงขลา	58102	111.8	156.9	102	92.6	131.2	155.6	205.7	181.4	153.7	35.6	26.9	75.4	1,428.9
4. A. Rattaphum	สงขลา	58032	111.4	117.3	68	95.1	96.1	110.4	231.6	400.6	319.7	71.9	21.7	59.2	1,702.8
5. A. PakPhayun	พัทลุง	35022	59.7	97.5	56.6	73.7	73.8	89.7	195.6	524.4	360.1	56.5	26.8	43.1	1,657.4
6. A. Sathing Phra	สงขลา	58092	78.6	131.9	90.7	79.2	96.9	114.1	253.2	617.1	406.9	69.1	29.2	61.3	2,028.2
7. A. Ranot	สงขลา	58042	88	131.3	82.7	88.4	72.9	114.9	270.9	612.4	369.2	71.6	29.1	59.7	1,991.3
8. RID Office Unit 12	พัทลุง	35061	105.4	137.5	81.7	102.1	109	137.9	247	553.9	456.7	120	52.2	87.1	2,190.6
9. KhlongPhya Hong	พัทลุง	35091	95.1	155.8	89.3	100.2	114.9	108.3	238.5	484.1	392.2	129.2	56.7	84.6	2,049
10. A. Khuan Khanun	พัทลุง	35032	100.4	114	76.3	77.1	76.4	100.2	249.6	486.3	383.4	96.2	39.8	81.7	1,881.4
			955.9	1,259.3	835.5	916.2	1,024.4	1,278.7	2,487.1	4,685.7	3,339.5	729.3	369	2,233.8	2,0114.7

ที่มา: สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 17 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2006 ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. A. Muang	สงขลา	58013	126.60	143.30	197.70	41.70	36.50	91.40	171.00	303.80	189.10	316.00	7.30	70.60
2. A. Hat Yai	สงขลา	58022	96.60	96.30	71.60	11.00	13.10	269.00	123.90	87.90	183.30	102.80	8.50	27.00
3. A. Sadao	สงขลา	58102	158.30	160.70	146.70	111.90	54.60	248.90	231.00	53.60	54.40	106.80	6.80	183.30
4. A. Rattaphum	สงขลา	58032	264.50	149.00	27.00	56.50	20.00	189.00	117.20	172.00	252.00	274.50	7.00	65.00
5. A. PakPhayun	พัทลุง	35022	0.00	47.30	30.80	9.50	6.50	65.10	82.10	255.00	78.10	74.80	0.00	87.90
6. A. Sathing Phra	สงขลา	58092	70.50	94.60	26.00	15.00	55.40	95.80	175.50	364.50	80.10	177.30	0.00	0.00
7. A. Ranot	สงขลา	58042	30.00	35.30	20.70	6.50	5.00	46.00	174.20	321.10	100.20	92.60	0.00	5.00
8. RID Office Unit 12	พัทลุง	35061	283.40	198.70	162.30	36.00	34.90	159.40	306.40	301.20	276.40	228.40	0.00	0.00
9. KhlongPhya Hong	พัทลุง	35091	268.90	146.40	104.30	50.90	36.20	62.00	138.20	211.90	283.50	261.80	4.60	85.50
10. A. Khuan Khanun	พัทลุง	35032	145.00	217.00	139.00	65.00	95.00	125.00	245.00	347.00	218.00	292.00	10.00	65.00
			1,443.80	1,288.60	926.10	404.00	357.20	1,351.60	1,764.50	2,418.00	1,715.10	1,927.00	44.20	589.30

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 18 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2000 ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. A. Muang	สงขลา	58013	77.7	99.4	123.6	35.9	77.6	80.4	203.7	878.5	557.3	224.7	35.9	157.7
2. A. Hat Yai	สงขลา	58022	243.9	88.3	100.2	7.4	89.8	144.1	166.3	370.7	132.5	265	60.8	188
3. A. Sadao	สงขลา	58102	326.1	148	289.7	20.7	167.6	149.9	222	682.1	184.7	297.6	2	94
4. A. Rattaphum	สงขลา	58032	259.4	81.7	153.25	35.6	181.8	127	57.4	542.6	443.65	344.7	16.9	123.9
5. A. PakPhayun	พัทลุง	35022	232.9	84.5	103	39.3	150.6	31.8	36.7	437.9	377.5	342.1	45.6	279.2
6. A. Sathing Phra	สงขลา	58092	128.3	158.4	111.9	7.3	203	184.2	114.7	797.8	452.9	286	30.5	240.6
7. A. Ranot	สงขลา	58042	219	28.8	93.9	17.8	114	166.8	212	976.4	387.2	140.6	6.4	375.9
8. RID Office Unit 12	พัทลุง	35061	262.31	89.9	150.8	34	144.7	179.4	66.5	1,073.9	491.6	347.1	62	325.6
9. KhlongPhya Hong	พัทลุง	35091	185.6	130.1	74.3	10.6	112.5	58.5	59.5	0	0	0	0	0
10. A. Khuan Khanun	พัทลุง	35032	377.2	103.6	195.4	11.4	119.3	31.8	36.7	697.1	377.3	299.9	16.3	427.4
			2,312.4	1,112.7	1,396.05	220	1,360.9	1,153.9	1,175.5	6,457	3,404.65	2,547.7	276.4	2,212.3

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.1994 ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. A. Muang	สงขลา	58013	59.7	41.9	148.1	55.3	194.9	135.7	214.5	658.2	132.4	72.8	10.1	114.6
2. A. Hat Yai	สงขลา	58022	212.6	67.8	164.2	103.2	153.2	202.8	202.9	291.3	19.8	17.2	19.3	0
3. A. Sadao	สงขลา	58102	114.9	45.3	134.8	45	103.2	196.1	343.8	211.3	42.5	12.9	12.9	35
4. A. Rattaphum	สงขลา	58032	236.6	73.5	31.5	60.1	87.2	124.1	379.2	558.5	55.7	2.5	3.2	3.7
5. A. PakPhayun	พัทลุง	35022	155.1	137.5	108.9	11.6	113.3	111	420.3	891.5	81.2	39	12.7	51
6. A. Sathing Phra	สงขลา	58092	145.3	88.9	79.8	42.9	92.3	93.3	217.8	651.1	81	59.6	24.5	100.9
7. A. Ranot	สงขลา	58042	137.7	81.8	52.3	34.2	58.5	24.1	410.6	730.3	79.4	34.6	18	68.1
8. RID Office Unit 12	พัทลุง	35061	187.3	74.6	147.2	78.8	215.5	52.7	321.5	1,042.2	126.9	70.4	17.2	55.9
9. KhlongPhya Hong	พัทลุง	35091	177.1	128.3	118.5	152	107.7	124.5	308.1	848.3	131.9	66.6	28	79.6
10. A. Khuan Khanun	พัทลุง	35032	143.4	23.7	121	115.2	140.4	60.6	456.7	936.2	121.1	110.2	15.2	74.8
			1,569.7	763.3	1,106.3	698.3	1,266.2	1,124.9	3275.4	6,818.9	871.9	485.8	161.1	583.6

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 20 ปริมาณฝนรายเดือน ปี ค.ศ.2001 ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)											
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. A. Muang	สงขลา	58013	59.5	47.4	67.2	162.8	39.7	81.7	277.7	459.5	505.2	4.9	153.5	44.5
2. A. Hat Yai	สงขลา	58022	153.9	53	56.9	105.3	207.5	141.8	250.5	115.4	431.5	2	0	11.9
3. A. Sadao	สงขลา	58102	209.3	148.7	119.3	128.4	137.8	119.3	388.1	96.6	293.2	7.4	1	41.8
4. A. Rattaphum	สงขลา	58032	86.7	40.8	12.2	21.3	31.9	118.5	460.7	250.3	494.1	12.7	0	75.5
5. A. PakPhayun	พัทลุง	35022	51.2	21.1	13.4	34.5	54.6	76.9	245.4	332.9	461.5	0	0	0
6. A. Sathing Phra	สงขลา	58092	59.5	72.7	230.6	71.3	45.4	194.3	346.8	466.4	469.7	1.6	0	13.6
7. A. Ranot	สงขลา	58042	54.1	47.2	91.1	122.5	41.1	99.7	299.3	400.2	385.8	11.9	0	0
8. RID Office Unit 12	พัทลุง	35061	47.2	71.7	82.1	59.9	38	134.5	284	417	539	16.9	0.2	20.6
9. KhlongPhya Hong	พัทลุง	35091	12.2	50.3	86.5	42.1	78.6	61.5	429.5	201.6	635.5	30.8	0	20.2
10. A. Khuan Khanun	พัทลุง	35032	32.8	13.4	23.7	34	23.15	12.3	225.2	235	357.9	32.1	0	3.5
			766.4	566.3	783	782.1	697.75	1,040.5	3,207.2	3,274.9	4,573.4	120.3	154.7	231.6

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายโอฬาร ทองขาวเผือก
วัน เดือน ปี ที่เกิด	23 กรกฎาคม 2511
สถานที่เกิด	จังหวัดพัทลุง
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	หัวหน้าฝ่ายโครงการพิเศษ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ส่วนปฏิบัติการ สำนักชลประทานที่ 16 ตำบลควนลัง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์