



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

ปริญญา

วิศวกรรมชลประทาน

วิศวกรรมชลประทาน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การเปรียบเทียบการประมาณฝนเชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำปิงตอนบนและกลุ่มน้ำท่าจีน
โดยเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่

Comparison of the Spatial Rainfall in Upper Ping Basin and Tha Chin Basin
by Spatial Interpolation Techniques

นามผู้วิจัย นายพีระพงศ์ รัตนบุรี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์ธร โสภำพันธุ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิมิตร เติณรัตน์พิพัฒน์, วศ.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบการประมาณฝนเชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำปิงตอนบนและกลุ่มน้ำท่าจีน
โดยเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่

Comparison of the Spatial Rainfall in Upper Ping Basin and Tha Chin Basin
by Spatial Interpolation Techniques

โดย

นายพีระพงศ์ รัตนบุรี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิระพงศ์ รัตนบุรี 2557: การเปรียบเทียบการประมาณฝนเชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำท่าจีนโดยเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน) สาขาวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์ศร โสภณพันธุ์, Ph.D. 154 หน้า

การศึกษาการเปรียบเทียบการประมาณฝนเชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำท่าจีนโดยเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคนิคการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ของปริมาณฝน และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนรายวันด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการประมาณค่าจำนวน 5 วิธี คือ Inverse Distance Weighting, Kriging, Isohyetal, Thiessen-polygon และ Thin Plate Spline โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 45 สถานี อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนจำนวน 26 สถานี และพื้นที่ใกล้เคียง จำนวน 19 สถานี พิจารณาข้อมูลปริมาณฝนเดือนสิงหาคมในปี พ.ศ. 2553 และปี พ.ศ. 2554 ข้อมูลปริมาณฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 33 สถานี อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน จำนวน 13 สถานี และพื้นที่ใกล้เคียง จำนวน 20 สถานี พิจารณาข้อมูลปริมาณฝนเดือนตุลาคม ในปี พ.ศ. 2553 และปี พ.ศ. 2554 โดยทำการทดสอบความถูกต้องในการประมาณค่าโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (Mean Error, ME) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (Root Mean Square Error, RMSE) ผลการศึกษาพบว่า ในลุ่มน้ำปิงตอนบน ซึ่งมีภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อน วิธี Thin Plate Spline ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น และมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (Mean Error, ME) เป็นบวกคือให้ค่าการประมาณค่าต่ำกว่าค่าจริง (Under- Estimate) ส่วนในลุ่มน้ำท่าจีน ซึ่งมีภูมิประเทศเป็นที่ราบ วิธี Isohyetal ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (Mean Error, ME) เป็นลบคือให้ค่าการประมาณค่าสูงกว่าค่าจริง (Over-Estimate)

Peerapong Rattanaburi 2014: Comparison of the Spatial Rainfall in Upper Ping Basin and Tha Chin Basin by Spatial Interpolation Techniques. Master of Engineering (Irrigation Engineering), Major Field: Irrigation Engineering, Department of Irrigation Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Pongsatorn Sopaphun, D.Eng. 154 pages.

Comparison of the spatial rainfall in Upper Ping basin and Tha Chin basin by spatial interpolation techniques aims to evaluate spatial interpolation techniques and compare different rainfall interpolation methods to produce spatial rainfall estimates. The interpolation methods used in this study were inverse distance weighting, kriging, isohyetal, thiessen polygon and thin plate spline. Daily rainfall data from 26 rain gauges in Upper Ping basin and 19 surrounding point stations were used to estimate rainfall in August, 2010 and 2011. Moreover, daily rainfall data from 33 rain gauges in Tha Chin basin and 20 surrounding point stations were used to estimate rainfall in October, 2010 and 2011. The accuracy of estimations was assessed through basic statistics, such as mean error (ME) and root mean square error (RMSE). Thin plate spline have performed the lowest RMSE in Upper Ping basin and ME have provided positive value that is under estimate rainfall. Isohyetal have produced more accurate predictions than another methods in Tha Chin basin and mean error have been showing that the value is over estimate rainfall.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศธร โสภณพันธุ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.วิษุวัตก์ เต็มสมบัติ ที่ให้คำปรึกษาเสนอแนะแนวทางในการวางแผนงานวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณ ดร.ธนศรี สมบูรณ์ ผู้ทรงคุณทรงวุฒิภายนอก ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมชลประทานทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนด้วยดีตลอดมา รวมถึงบุคลากรทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของกรมชลประทาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาตลอด

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับมารดา นางกัญญา รัตนบุรี บิดา นายสหัส รัตนบุรี ตลอดจนญาติพี่น้องเพื่อนฝูง คณาจารย์และผู้มีพระคุณ ที่คอยให้การสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าตลอดมาในทุกเรื่อง จนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

พีระพงศ์ รัตนบุรี

มิถุนายน 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	41
อุปกรณ์	41
วิธีการ	42
ผลและวิจารณ์	53
ผล	53
วิจารณ์ผล	70
สรุปและข้อเสนอแนะ	72
สรุป	72
ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	75
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก ข้อมูลปริมาณฝนรายวันที่ใช้ในการศึกษา	79
ภาคผนวก ข ผลการประมาณค่าเชิงพื้นที่	137
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	154

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณน้ำในเขต 25 กลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย	5
2	ค่าเฉลี่ยตัวแปรภูมิอากาศ ของสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ ในกลุ่มน้ำปึงตอนบน	8
3	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในกลุ่มน้ำปึงตอนบน	9
4	ค่าสถิติของข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญในรอบ 30 ปี ของสถานีตรวจวัด ในกลุ่มน้ำท่าจีนและบริเวณใกล้เคียง	13
5	สรุปลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่กลุ่มน้ำท่าจีน	14
6	สรุปรายละเอียดข้อมูลที่คัดเลือก	53
7	ค่าฝนสะสมรายเดือนในปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร)	54
8	ลักษณะทางสถิติในการประมาณค่าในแต่ละวิธีของกลุ่มน้ำปึงตอนบน และกลุ่มน้ำท่าจีน	64
9	ลักษณะทางสถิติในการประมาณค่าในแต่ละวิธีของกลุ่มน้ำปึงตอนบน และกลุ่มน้ำท่าจีน กรณีวันที่มีปริมาณฝนสูงสุด	65
10	สรุปวิธีการประมาณค่าที่เหมาะสมกับพื้นที่แต่ละกลุ่มน้ำ	71
 ตารางผนวกที่		
ก1	สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาของกลุ่มน้ำปึงตอนบน	80
ก2	สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาของกลุ่มน้ำท่าจีน	82
ก3	ค่าระดับความสูงจาก DEM SRTM กับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ของกลุ่มน้ำปึงตอนบน	125
ก4	ค่าระดับความสูงจาก DEM SRTM กับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ของกลุ่มน้ำท่าจีน	127
ก5	ปริมาณฝนรายเดือนของกลุ่มน้ำปึงตอนบน ปี พ.ศ. 2553	129
ก6	ปริมาณฝนรายเดือนของกลุ่มน้ำปึงตอนบน ปี พ.ศ. 2554	131
ก7	ปริมาณฝนรายเดือนของกลุ่มน้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2553	133

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก8	ปริมาณฝนรายเดือนของกลุ่มน้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2554	135
ข1	ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำปึงตอนบน (มิลลิเมตร) สิงหาคม พ.ศ. 2553	138
ข2	ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำปึงตอนบน (มิลลิเมตร) สิงหาคม พ.ศ. 2554	139
ข3	ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำท่าจีน (มิลลิเมตร) ตุลาคม พ.ศ. 2553	140
ข4	ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำท่าจีน (มิลลิเมตร) ตุลาคม พ.ศ. 2554	141
ข5	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (ME) ในการประมาณค่าปริมาณฝน เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 (มิลลิเมตร) ลุ่มน้ำปึงตอนบน	142
ข6	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (ME) ในการประมาณค่าปริมาณฝน เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร) ลุ่มน้ำปึงตอนบน	143
ข7	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) ในการประมาณ ค่าปริมาณฝนเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 (มิลลิเมตร) ลุ่มน้ำปึงตอนบน	144
ข8	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) ในการประมาณ ค่าปริมาณฝนเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร) ลุ่มน้ำปึงตอนบน	145
ข9	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ในการประมาณ ค่าปริมาณฝนเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 (มิลลิเมตร) ลุ่มน้ำปึงตอนบน	146
ข10	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ในการประมาณ ค่าปริมาณฝนเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร) ลุ่มน้ำปึงตอนบน	147
ข11	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (ME) ในการประมาณค่าปริมาณฝน เดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 (มิลลิเมตร) ลุ่มน้ำท่าจีน	148
ข12	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (ME) ในการประมาณค่าปริมาณฝน เดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร) ลุ่มน้ำท่าจีน	149
ข13	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) ในการประมาณ ค่าปริมาณฝนเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 (มิลลิเมตร) ลุ่มน้ำท่าจีน	150

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข14	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) ในการประมาณ ค่าปริมาณฝนเดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำท่าจีน	151
ข15	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ในการประมาณ ค่าปริมาณฝนเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำท่าจีน	152
ข16	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ในการประมาณ ค่าปริมาณฝนเดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำท่าจีน	153

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขอบเขตพื้นที่ 25 กลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย	4
2	ผังระบบแหล่งน้ำของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา – ทำจีน	6
3	พื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำปิงตอนบนโดยรวม	10
4	พื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำปิงตอนบน	11
5	ค่าเฉลี่ยรายเดือนข้อมูลภูมิอากาศของสถานีตรวจอากาศในพื้นที่ กลุ่มน้ำทำจีน (พ.ศ.2514 – 2543)	15
6	พื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำทำจีนโดยรวม	16
7	พื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำทำจีน	17
8	วัฏจักรอุทกวิทยาหรือวัฏจักรของน้ำ (Hydrologic cycle)	19
9	ลักษณะฝนเกิดจากการพาความร้อน	21
10	ลักษณะฝนภูเขา	21
11	Double Mass Curve	27
12	ระยะทางระหว่างจุดที่ไม่ทราบค่ากับจุดที่ทราบค่าในบริเวณใกล้เคียง	29
13	ขั้นตอนการดำเนินงาน	42
14	ขอบเขตพื้นที่กลุ่มน้ำปิงตอนบนและสถานีวัดน้ำฝน	44
15	ขอบเขตพื้นที่กลุ่มน้ำทำจีนและสถานีวัดน้ำฝน	45
16	ขั้นตอนการประมาณค่าเชิงพื้นที่	48
17	ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM) ของกลุ่มน้ำปิงตอนบน	56
18	ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM) ของกลุ่มน้ำทำจีน	56
19	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสูงกับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี กลุ่มน้ำปิงตอนบน	57
20	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสูงกับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี กลุ่มน้ำทำจีน	57
21	ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของปริมาณฝนในแต่ละวิธี กลุ่มน้ำปิงตอนบน ณ วันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2553	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของปริมาณฝนในแต่ละวิธี ลุ่มน้ำท่าจีน ณ วันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2553	60
23	กราฟแสดงปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันทั้งลุ่มน้ำปึงตอนบน ช่วงเดือนสิงหาคม 2553	61
24	กราฟแสดงปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันทั้งลุ่มน้ำปึงตอนบน ช่วงเดือนสิงหาคม 2554	61
25	กราฟแสดงปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันทั้งลุ่มน้ำท่าจีนช่วงเดือนตุลาคม 2553	62
26	กราฟแสดงปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันทั้งลุ่มน้ำท่าจีนช่วงเดือนตุลาคม 2554	63
27	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ลุ่มน้ำปึงตอนบน ช่วงเดือนสิงหาคม 2553 เปรียบตามปริมาณฝนจากมากไปหาน้อย	67
28	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ลุ่มน้ำปึงตอนบน ช่วงเดือนสิงหาคม 2554 เปรียบตามปริมาณฝนจากมากไปหาน้อย	67
29	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ลุ่มน้ำปึงท่าจีน ช่วงเดือนตุลาคม 2553 เปรียบตามปริมาณฝนจากมากไปหาน้อย	69
30	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ลุ่มน้ำปึงท่าจีน ช่วงเดือนตุลาคม 2554 เปรียบตามปริมาณฝนจากมากไปหาน้อย	69
ภาพผนวกที่		
ก1	การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนรายวันช่วงปี ค.ศ. 2005 – 2011 ลุ่มน้ำปึงตอนบน	84
ก2	การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนรายวันช่วงปี ค.ศ. 2005 – 2011 ลุ่มน้ำท่าจีน	107

การเปรียบเทียบการประมาณฝนเชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำปิงตอนบนและกลุ่มน้ำท่าจีน โดยเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่

Comparison of the Spatial Rainfall in Upper Ping Basin and Tha Chin Basin by Spatial Interpolation Techniques

คำนำ

ข้อมูลฝนถือเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากในงานวิศวกรรม การออกแบบ การวางแผนด้านอุทกวิทยาและการบริหารจัดการน้ำ ข้อมูลเหล่านี้ได้จากเครื่องมือตรวจวัดน้ำฝนซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่ได้อย่างต่อเนื่องและน่าเชื่อถือ หากต้องการข้อมูลน้ำฝนเชิงพื้นที่หรือการกระจายของฝนเพื่อมาใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำต่างๆ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดหลายๆ สถานีมาทำการวิเคราะห์และหาค่าเฉลี่ยเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation) เพื่อคาดคะเนปริมาณฝนในบริเวณที่ไม่ได้มีการติดตั้งเครื่องตรวจวัด

สำหรับประเทศไทยการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนเป็นแบบจุดในแต่ละสถานีตรวจวัดน้ำฝน และสถานีตรวจวัดอากาศแต่ละหน่วยงาน เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน เป็นต้น ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้จึงเป็นเพียงตัวแทนของข้อมูล ณ บริเวณที่ทำการตรวจวัดเท่านั้น ไม่สามารถเป็นตัวแทนบริเวณที่อยู่ห่างไกลจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนได้ ทั้งนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจัดการลุ่มน้ำนั้นได้มีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS) มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) จึงจำเป็นต้องมีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนในบริเวณที่ไม่มีการตรวจวัด (Spatial Interpolation) แต่เนื่องจากลักษณะการกระจายตัวของฝนที่ตกมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมากทั้งตามระยะทาง เวลาและความหนักเบาของฝน ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีความสำคัญต่อการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนได้อย่างถูกต้องและแม่นยำจากอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันแต่ละวิธีโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์วิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันที่มีความถูกต้องและเหมาะสมในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนและกลุ่มน้ำท่าจีน ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศแตกต่างกัน ทั้งนี้ เพื่อสามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความถูกต้องแม่นยำและมีประสิทธิภาพไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบการประมาณฝนเชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำปิงตอนบนและกลุ่มน้ำท่าจีนโดยเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ที่มีเป้าหมายที่ตอบโจทยว่า “เทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ที่มีความแม่นยำและเชื่อถือได้เพียงไร” มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ศึกษาเทคนิคการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยวิธีการ Inverse Distance Weighting, Kriging, Isohyetal, Thiessen-polygon และ Thin Plate Spline
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยวิธีการ Inverse Distance Weighting, Kriging, Isohyetal, Thiessen-polygon และ Thin Plate Spline

การตรวจเอกสาร

1. สภาพลุ่มน้ำในประเทศไทย

ประเทศไทยแบ่งลุ่มน้ำ (Watershed) ออกเป็น 25 ลุ่มน้ำหลัก (ภาพที่ 1) โดยใช้สันปันน้ำ ทั้งที่เป็นธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเป็นเส้นแบ่งโดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ การบริหารจัดการน้ำ ซึ่งพื้นที่ในระบบเขตการปกครอง (ตำบล อำเภอ จังหวัด) ไม่สามารถแบ่งได้ มีพื้นที่ทั้งหมด 514,049.32 ตร.กม ปริมาณฝนเฉลี่ย 34,052.30 มม. ปริมาณน้ำ 707,326.83 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณน้ำท่า 197,085.43 ล้าน ลบ.ม. ดังแสดงในตารางที่ 1 สามารถจำแนกตามภาคได้ดังนี้

ภาคเหนือ ประกอบด้วย 6 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำสาละวิน, ลุ่มน้ำกก, ลุ่มน้ำปิง, ลุ่มน้ำวัง, ลุ่มน้ำยม และลุ่มน้ำน่าน มีพื้นที่ 130,554.99 ตร.กม

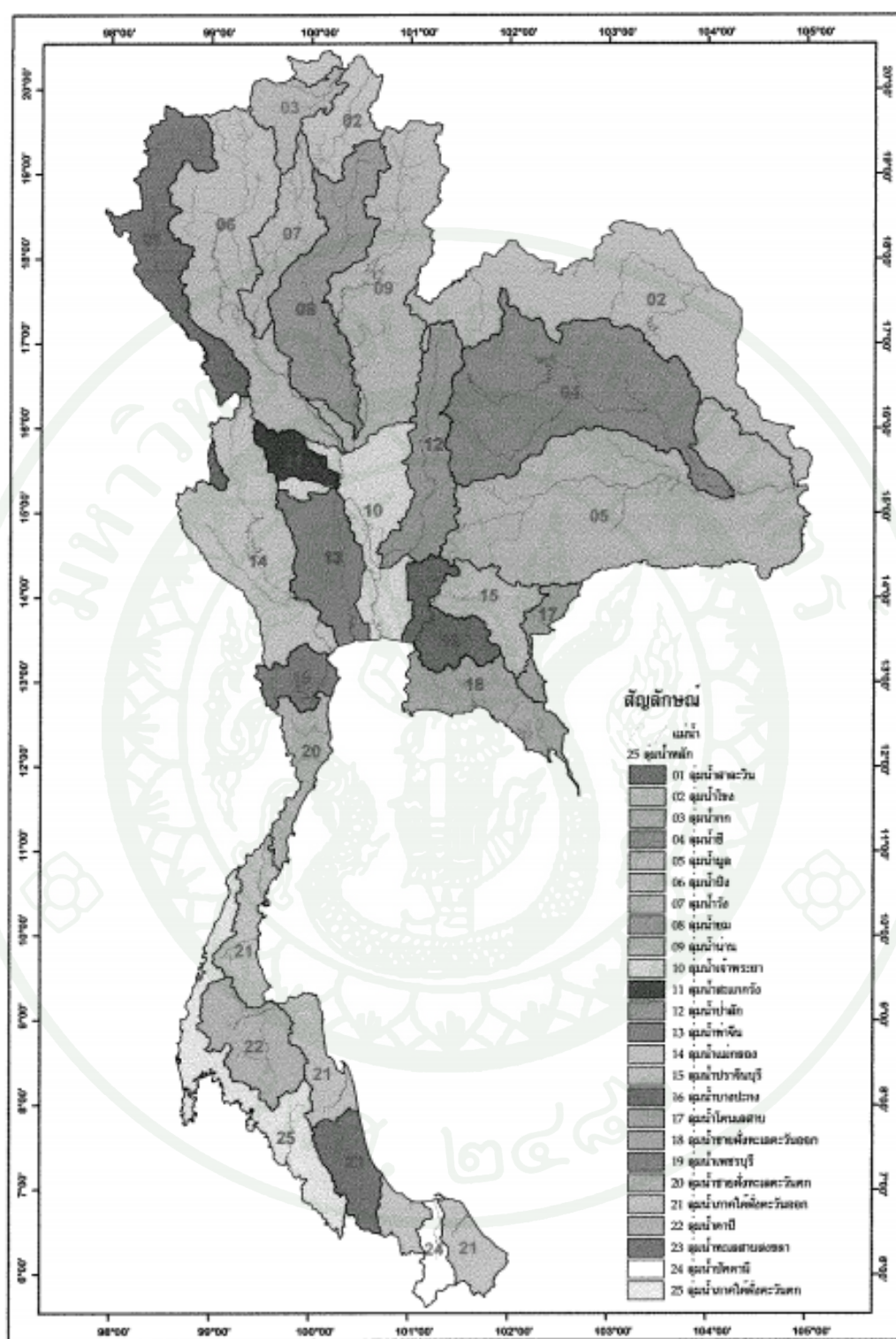
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย 3 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำโขง, ลุ่มน้ำชี และลุ่มน้ำมูล มีพื้นที่ 177,390.04 ตร.กม

ภาคกลาง ประกอบด้วย 3 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำเจ้าพระยา, ลุ่มน้ำสะแกกรัง และลุ่มน้ำป่าสัก มีพื้นที่ 40,945.73 ตร.กม

ภาคตะวันออก ประกอบด้วย 4 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำปราจีนบุรี, ลุ่มน้ำบางปะกง, ลุ่มน้ำโตนเลสาบ และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก มีพื้นที่ 30,571.96 ตร.กม

ภาคตะวันตก ประกอบด้วย 4 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำท่าจีน, ลุ่มน้ำแม่กลอง, ลุ่มน้ำเพชรบุรี และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก มีพื้นที่ 64,045.15 ตร.กม

ภาคใต้ ประกอบด้วย 5 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก, ลุ่มน้ำตาปี, ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา, ลุ่มน้ำปัตตานี และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก มีพื้นที่ 70,541.75 ตร.กม



ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย

ที่มา: กรมชลประทาน (2552)

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำในเขต 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย

รหัส ลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ปริมาณฝน เฉลี่ย (มม.)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)
01	สาละวิน	19,105.94	1,748.70	31,333.21	13,159.95
02	โขง	57,188.60	1,711.10	98,258.21	34,007.17
03	กก	7,299.83	1,356.70	10,711.15	3,695.35
04	ชี	49,129.87	1,285.40	63,597.74	7,377.34
05	มูล	71,071.57	1,249.90	87,119.28	8,189.21
06	ปิง	34,499.39	1,050.10	35,594.19	7,368.00
07	วัง	10,793.57	1,020.30	11,011.08	1,651.66
08	ยม	23,948.15	1,212.40	28,632.04	4,581.13
09	น่าน	34,908.11	1,324.40	45,467.98	11,821.67
10	เจ้าพระยา	20,266.49	881.3	17,737.04	3,192.67
11	สะแกกรัง	5,055.88	1,095.80	5,688.30	1,251.43
12	ป่าสัก	15,623.36	901.1	14,679.82	1,908.38
13	ท่าจีน	13,491.63	977.3	13,370.44	1,283.56
14	แม่กลอง	30,180.71	1,522.60	46,952.42	20,424.30
15	เพชรบุรี	9,672.1	972.2	5,447.24	2,342.31
16	ชายฝั่งทะเลตะวันตก	10,700.71	1,431.80	9,656.06	2,703.70
17	ปราจีนบุรี	4,085.93	1,394.50	14,614.36	3,945.88
18	บางปะกง	13,093.05	1,019.90	8,136.76	2,533.79
19	โตนเลสาบ	6,260.17	1,274.60	5,290.86	2,013.17
20	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	7,132.81	2,240.70	30,986.64	14,873.59
21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	26,067.89	1,642.40	43,280.52	18,610.63
22	ตาปี	13,561.81	1,119.80	13,688.44	6,022.91
23	ทะเลสาบสงขลา	8,481.28	1,509.30	12,821.50	3,461.81
24	ปัตตานี	3,654.87	1,859.20	7,170.93	3,155.21
25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	18,775.6	2,250.80	46,080.63	17,510.64
	รวมทั้งประเทศ	514,049.32	34,052.30	707,326.83	197,085.43

แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายใหญ่ที่สุดของประเทศ มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาในภาคเหนือ (ภาพที่ 2) โดยมีลำน้ำสาขา ได้แก่ แม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน ไหลบรรจบกันที่ อ.ปากน้ำโพธิ์ จ.นครสวรรค์ เป็นแม่น้ำเจ้าพระยาและไหลจากทิศเหนือมาทางทิศใต้ออกสู่อ่าวไทยที่ จ.สมุทรปราการ และมีแม่น้ำสะแกกรังไหลมาบรรจบทางฝั่งขวาที่ อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์ เมื่อแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านที่ราบบริเวณเขตติดต่อระหว่าง จ.นครสวรรค์, จ.อุทัยธานี และ จ.ชัยนาท ลำน้ำจะแยกสาขาออกทางฝั่งตะวันตกเป็นแม่น้ำสุพรรณบุรี (หรือแม่น้ำท่าจีน) ซึ่งจะไหลขนานกับแม่น้ำเจ้าพระยาไปออกสู่อ่าวไทยที่ จ.สมุทรสาคร นอกจากนี้ ยังมีแม่น้ำน้อยแยกออกจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ อ.สรรพยา จ.ชัยนาท โดยแม่น้ำน้อยจะไหลกลับสู่แม่น้ำเจ้าพระยาที่ อ.เสนา จ.พระนครศรีอยุธยา ส่วนทางฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา มีแม่น้ำลพบุรีซึ่งแยกออกจากแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณ อ.เมือง จ.สิงห์บุรี โดยแม่น้ำลพบุรีจะไหลไปบรรจบกับแม่น้ำป่าสัก อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา และแม่น้ำป่าสักจะไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณ จ. พระนครศรีอยุธยา (เอกสิทธิ์, 2550)

2. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปิงตอนบน

2.1 ลักษณะทั่วไปและสภาพภูมิประเทศ

พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน ซึ่งครอบคลุมพื้นที่เหนือเขื่อนภูมิพล โดยมีพื้นที่รับน้ำประมาณ 25,370 ตร.กม. ลุ่มน้ำปิงตอนบนตั้งอยู่ในเขตจังหวัดลำพูนและจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเส้นละติจูด $17^{\circ} 14' 30''$ ถึง $19^{\circ} 47' 52''$ เหนือ และระหว่างเส้นลองจิจูด $98^{\circ} 4' 30''$ ถึง $99^{\circ} 22' 30''$ ตะวันออก โดยสภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน ปกคลุมด้วยป่าไม้ ลำน้ำในช่วงที่ไหลผ่านอำเภอเชียงดาวอยู่ที่ระดับความสูงประมาณ 500 ถึง 1,300 ม. รทก. ความลาดชันท้องน้ำประมาณ 1:40 ลำน้ำช่วงที่ผ่านหุบเขาตอนบนในเขตอำเภอแม่แตงมีระดับความสูงประมาณ 320 ถึง 500 ม. รทก. ความลาดชันท้องน้ำประมาณ 1:50 ลำน้ำช่วงที่ผ่านที่ราบในหุบเขาในเขตอำเภอแม่แตง อำเภอแมริม อำเภอเมือง มีระดับความสูงประมาณ 260 ถึง 300 ม. รทก. ความลาดชันท้องน้ำประมาณ 1:1,800 ลำน้ำช่วงที่ผ่านที่ราบในหุบเขาก่อนไหลลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล มีระดับความสูงประมาณ 140 ถึง 260 ม. รทก. ความลาดชันท้องน้ำประมาณ 1:1,590 (กรมทรัพยากรน้ำ, 2549)

แม่น้ำปิงมีต้นกำเนิดในทิวเขาตื๋นน้ำในเขต อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ ไหลจากทิศเหนือลงมาทิศใต้ผ่านพื้นที่ในเขต จ.เชียงใหม่ จ.ลำพูน จ.ตาก และบรรจบกับแม่น้ำวังที่ จ.ตาก และไหลผ่าน จ.กำแพงเพชร และไปบรรจบกับแม่น้ำน่านที่ อ.ปากน้ำโพ จ.นครสวรรค์ มีความยาวทั้งสิ้น 740 กิโลเมตร

2.2 สภาพภูมิอากาศ

พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูง สภาพภูมิอากาศทั่วไปอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนั้นแล้ว ในแต่ละปีจะได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชัน ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำปิงมีฝนตกชุกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม

จากข้อมูลตรวจวัดสภาพภูมิอากาศของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ จำนวน 2 สถานี คือ เชียงใหม่และลำพูน (สถิติช่วงปี พ.ศ.2514-2543) สรุปค่าเฉลี่ยรายปีของตัวแปรภูมิอากาศหลักที่สำคัญได้ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยตัวแปรภูมิอากาศ ของสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ ในลุ่มน้ำปิงตอนบน

สถานีตรวจวัด สภาพภูมิอากาศ	ตัวแปรภูมิอากาศ	ค่าเฉลี่ย รายปี	ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ย รายเดือน	ค่าเฉลี่ยสูงสุด รายเดือน	ค่าเฉลี่ยต่ำสุด รายเดือน
เชียงใหม่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	25.6	20.9 (ม.ค.) - 28.8 (เม.ย.)	36 (เม.ย.)	14.1 (ม.ค.)
	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	71.0	54.0 (มี.ค.) - 81.0 (ส.ค.)	93.0 (ส.ค. ถึง ก.ย.)	31.0 (มี.ค.)
	ความชื้นของเมฆ (0-10)	5.2	2.0 (ก.พ.) - 8.5 (ส.ค.)	-	-
	ความเร็วลม (น็อต)	2.4	1.3 (ม.ค.) - 3.3 (พ.ค.)	99.0 (ก.พ.-มี.ค.)	-
	ปริมาณการระเหยจากผิวดิน	1,639.0	98.3 (ธ.ค.) - 189.4 (เม.ย.)	-	-
	วัดการระเหย (มิลลิเมตร)				
ลำพูน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26.1	21.1 (ธ.ค.) - 29.9 (เม.ย.)	37.7 (เม.ย.)	14.0 (ม.ค.)
	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	71.0	51.0 (มี.ค.) - 83.0 (ก.ย.)	96.0 (ก.ย. - พ.ย.)	26.0 (มี.ค.)
	ความชื้นของเมฆ (0-10)	5.3	2.0 (ก.พ.) - 8.6 (ส.ค.)	-	-
	ความเร็วลม (น็อต)	1.4	0.5 (พ.ย.) - 2.4 (มี.ย.)	50.0 (เม.ย.)	-
	ปริมาณการระเหยจากผิวดิน	1,734.4	94.4 (พ.ย.) - 216.8	-	-
	วัดการระเหย (มิลลิเมตร)		(เม.ย.)		

2.3 สภาพปริมาณน้ำฝน

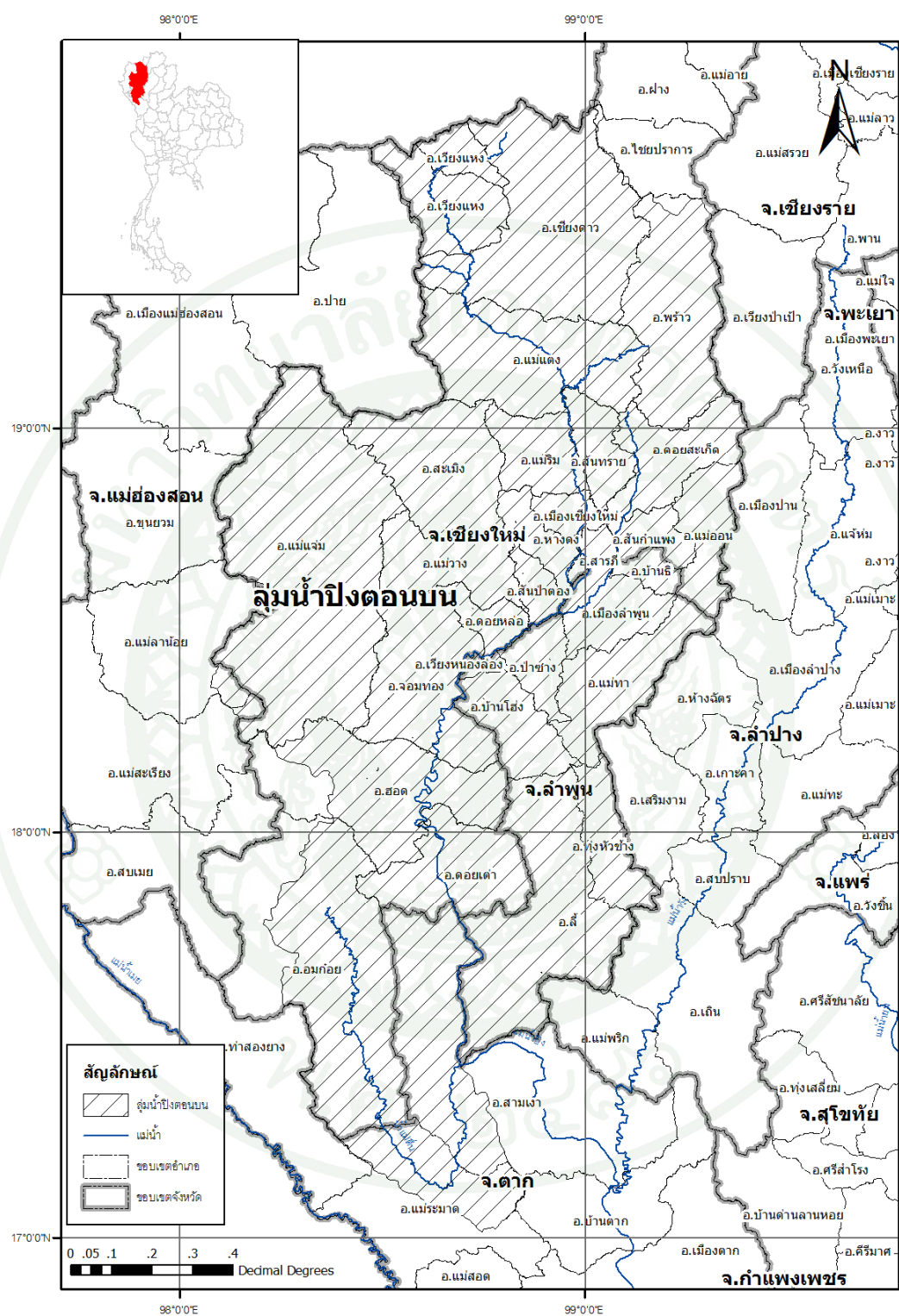
ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน พบว่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรแตกต่างกัน อยู่ระหว่าง 864-1,785 มม. โดยปริมาณฝนจะมีค่ามากพื้นที่ที่หน้าเขาที่เป็นแนวปะทะลมมรสุม ทางตอนบนของกลุ่มน้ำ และจะลดน้อยลงไปบริเวณพื้นที่ที่ราบด้านท้ายน้ำ ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ประเมินด้วยการเฉลี่ยเส้นชั้นน้ำฝนที่ได้จัดทำไว้ข้างต้น มีค่าประมาณ 1,111 มม.

สำหรับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนมีค่าผันแปรอยู่ในช่วงระหว่าง 0.97-341.73 มม. เดือนที่มีปริมาณฝนสูงสุด ได้แก่ เดือนกันยายน และสรุปค่าเฉลี่ยการกระจายรายเดือนและรายปี ของปริมาณฝนแยกตามจังหวัด ได้ดังนี้

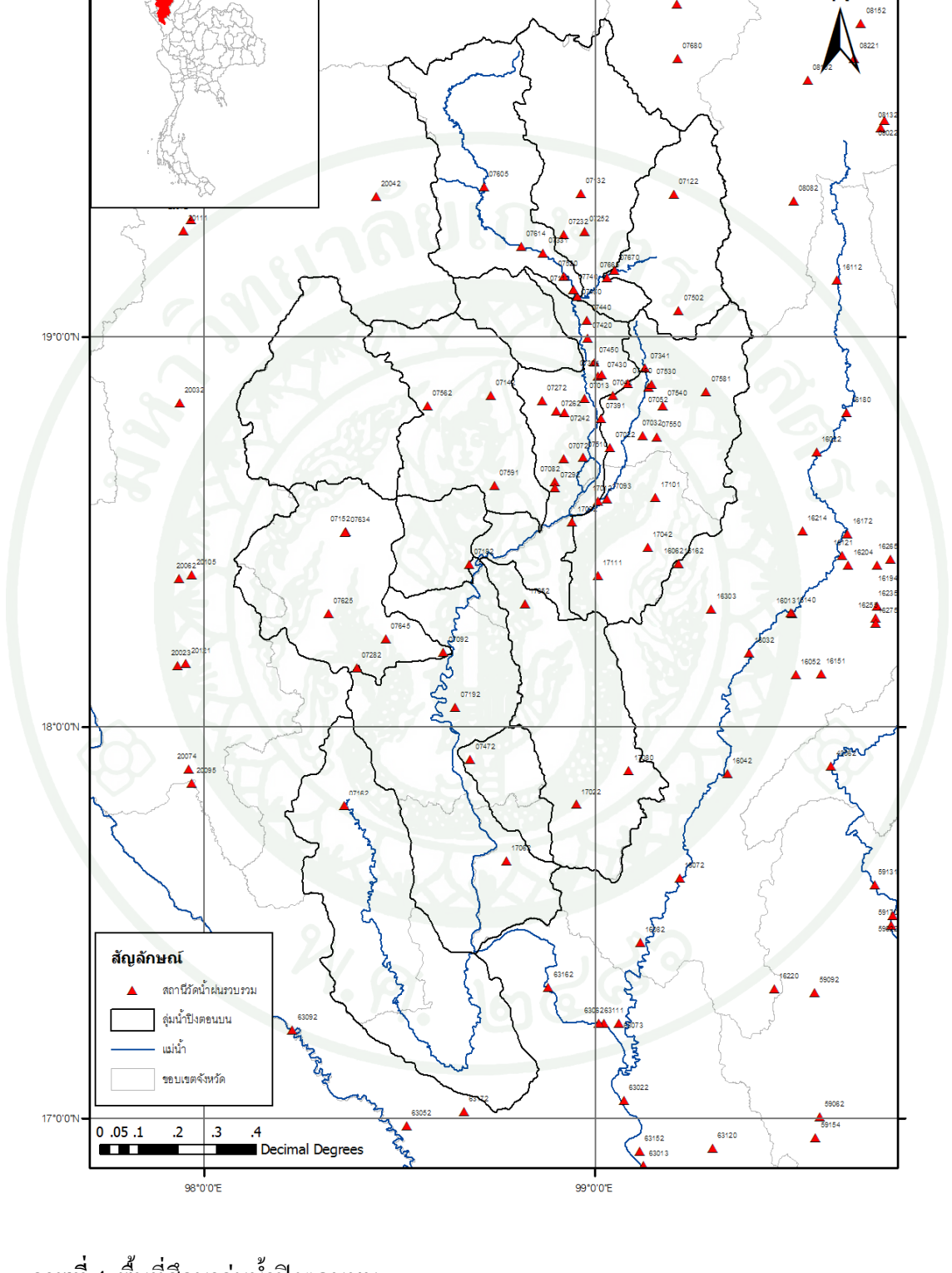
ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในกลุ่มน้ำปิงตอนบน

(หน่วย: มม.)

จังหวัด	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รายปี
เชียงใหม่	41	131	113	141	175	179	102	34	11	5	5	15	952
ลำพูน	49	144	123	129	167	199	119	34	9	4	5	15	997



ภาพที่ 3 พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปึงตอนบนโดยรวม



ภาพที่ 4 พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปิงตอนบน

3. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำท่าจีน

3.1 ลักษณะทั่วไปและสภาพภูมิประเทศ

ลุ่มน้ำท่าจีน ตั้งอยู่ทางตอนกลางประเทศไทย และอยู่ทางฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 13,681 ตร.กม. พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขต 11 จังหวัด ได้แก่ อุทัยธานี ชัยนาท สุพรรณบุรี นครปฐม สมุทรสาคร กาญจนบุรี อ่างทอง อยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี และ กรุงเทพมหานคร ลักษณะลุ่มน้ำวางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้ อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ $13^{\circ} 10'$ เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ $15^{\circ} 30'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $98^{\circ} 15'$ ตะวันออกถึงเส้นแวงที่ $100^{\circ} 10'$ ตะวันออก ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำสะแกกรัง ทิศใต้ติดกับอ่าวไทย ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำเจ้าพระยา และ ทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำแม่กลอง

สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำท่าจีน เป็นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำซึ่งเป็นที่ราบเดียวกันกับที่ราบลุ่มน้ำเจ้าพระยาฝั่งตะวันตก ตอนบนของลุ่มน้ำเป็นที่เชิงเขาแต่มีระดับไม่สูงมากนัก ส่วนตอนกลาง และตอนล่างเป็นที่ราบลุ่มติดต่อกับที่ราบลุ่มของลุ่มน้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีนแยกออกมาทางฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาที่ตำบลมะขามเต่า อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ไหลผ่านจังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม และออกสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสาคร แม่น้ำท่าจีนมีชื่อเรียกต่างๆ กัน ตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปากแม่น้ำ คือ คลองมะขามเต่า แม่น้ำสุพรรณบุรี แม่น้ำนครชัยศรี และแม่น้ำท่าจีน (กรมทรัพยากรน้ำ, 2549)

แม่น้ำท่าจีนมีต้นกำเนิดแยกจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ ต.มะขามเต่า อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท มีทิศทางการไหลจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ขนานกับแม่น้ำเจ้าพระยาไปออกทะเลด้านอ่าวไทยบริเวณ จ.สมุทรสาคร มีความยาวทั้งสิ้น 307 กิโลเมตร

3.2 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน โดยทั่วไปอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมทำให้เกิดฤดูกาล 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน มีช่วงเวลาประมาณ 6 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคมโดยได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนตัวผ่านประเทศไทย มีผลทำให้ฝนตกชุกโดยเฉพาะในช่วงเดือนกันยายน ตุลาคม เริ่มประมาณกลางเดือน

พายุภัยและไปสิ้นสุดกลางเดือนกุมภาพันธ์ โดยได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดมวลอากาศแห้งและเย็นจากประเทศจีนมาปกคลุมประเทศไทย เป็นช่วงที่ฝนตกน้อย ท้องฟ้าโปร่ง อุณหภูมิต่ำสุดในรอบปี ฤดูร้อนเริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงประมาณ กลางเดือนพฤษภาคม ในระยะนี้มีฝนตกน้อย อุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนเมษายน ค่าสถิติ ของข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญในรอบ 30 ปี ของสถานีตรวจวัดในกลุ่มน้ำท่าจีนและบริเวณใกล้เคียง จำนวน 4 สถานี ซึ่งได้แก่ สถานีที่สุพรรณบุรี กรุงเทพมหานคร นครสวรรค์ และกาญจนบุรี สรุปลักษณะสภาพภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ตารางที่ 4 ค่าสถิติของข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญในรอบ 30 ปี ของสถานีตรวจวัดในกลุ่มน้ำท่าจีน และบริเวณใกล้เคียง

สถานี	รายการ	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	น้ำระเหย จากผา (มม./เดือน)	เมฆ ปกคลุม	ความเร็ว ลม (น็อต)
อ.เมือง	ค่าเฉลี่ย	27.9	73.7	154.5	6.1	3.0
จ.สุพรรณบุรี	ค่าสูงสุด	30.3	80.0	195.9	8.7	3.6
	ค่าต่ำสุด	24.6	70.0	129.5	3.7	2.1
กรุงเทพมหานคร	ค่าเฉลี่ย	28.2	74.9	148.5	7.6	3.1
	ค่าสูงสุด	30.1	80.0	183.6	8.9	4.7
	ค่าต่ำสุด	25.9	69.0	122.8	5.8	1.9
อ.เมือง	ค่าเฉลี่ย	28.2	70.4	168.2	5.6	3.1
จ.นครสวรรค์	ค่าสูงสุด	31.5	82.0	243.5	8.6	5.4
	ค่าต่ำสุด	24.6	60.0	126.5	2.9	1.5
อ.เมือง	ค่าเฉลี่ย	28.0	68.6	158.8	5.7	2.1
จ.กาญจนบุรี	ค่าสูงสุด	31.1	79.0	215.7	8.4	2.5
	ค่าต่ำสุด	24.7	59.0	122.6	3.0	1.4

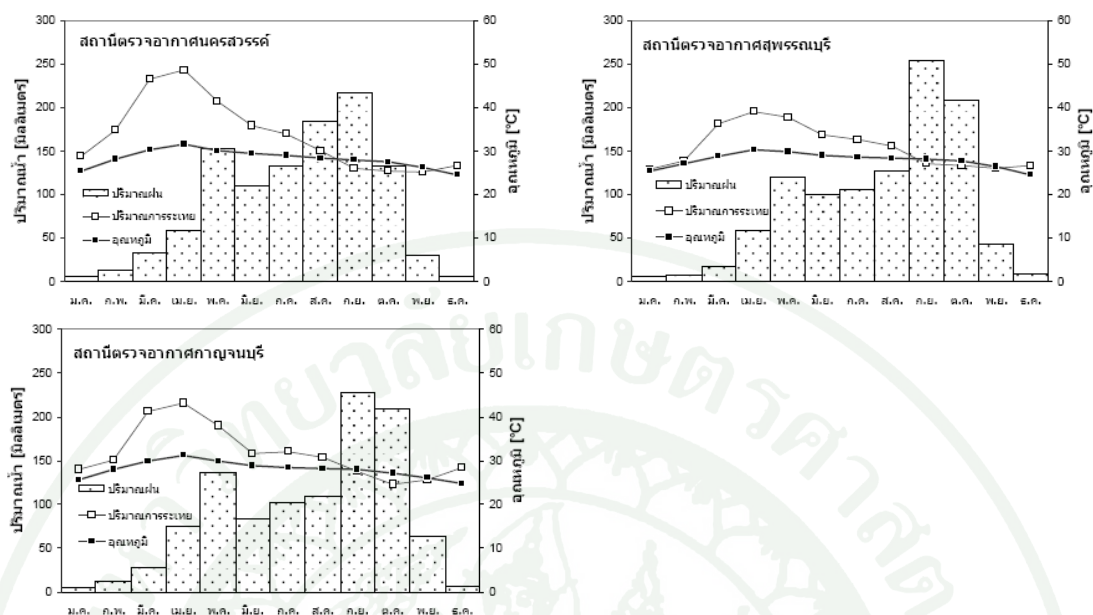
ตารางที่ 5 สรุปลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน

ตัวแปรภูมิอากาศ	ค่าเฉลี่ยรายปี	ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.1	24.6-31.5
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	71.9	59.0-82.0
น้ำระเหยจากผิวน้ำ (มม./เดือน)	157.5	122.6-243.5
เมฆปกคลุม (หน่วย 0-10)	6.3	2.9-8.9
ความเร็วลม (น็อต)	2.8	1.4-5.4

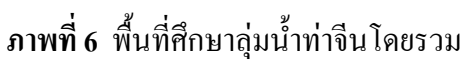
สรุปได้ว่า ลุ่มน้ำท่าจีนมีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 71.9 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำเฉลี่ย 157.5 มม./ปี (หรือ 1,890 มม./ปี) เมฆปกคลุมเฉลี่ย 6.3 และความเร็วมเฉลี่ย 2.8 น็อต

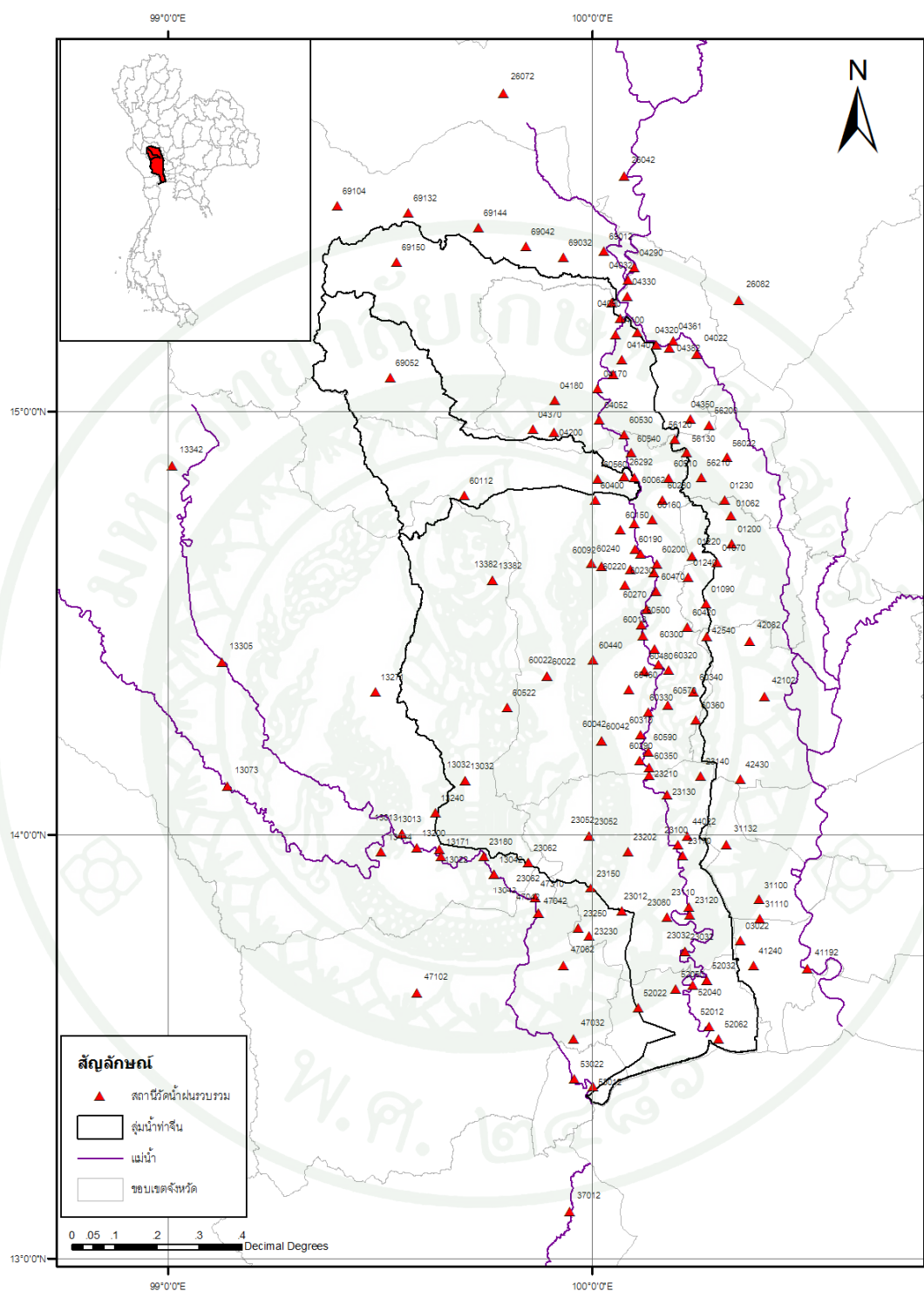
3.3 สภาพปริมาณน้ำฝน

ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในลุ่มน้ำท่าจีน 1,000 มิลลิเมตร โดยเดือนกันยายนมีปริมาณฝนตกมากที่สุดมีปริมาณมากกว่า 200 มิลลิเมตร ส่วนเดือนที่มีปริมาณฝนต่ำที่สุด ได้แก่ ช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ มีปริมาณฝนเฉลี่ยน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร



ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยรายเดือนข้อมูลภูมิอากาศของสำนัตรวจอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน
(พ.ศ.2514 – 2543)



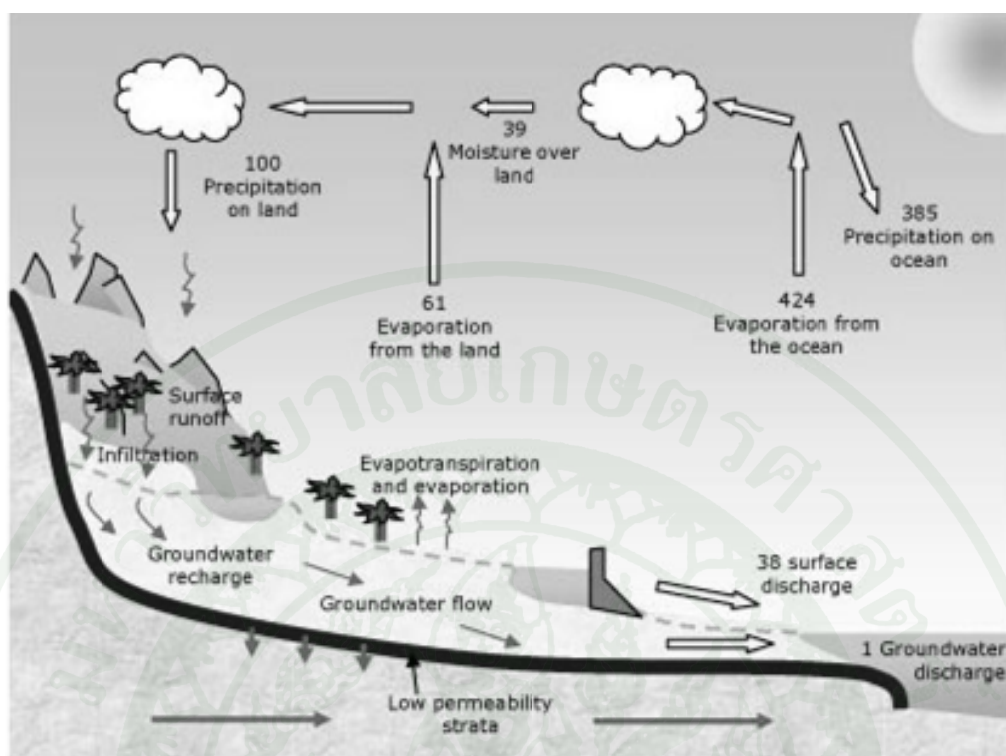


ภาพที่ 7 พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำท่าจีน

4. ฝนและการเกิดฝน

4.1 วัฏจักรอุทกวิทยา

วัฏจักรอุทกวิทยาหรือวัฏจักรของน้ำ (Hydrologic cycle) หมายถึง การเกิดและหมุนเวียนของน้ำที่อยู่ในโลก (วีระพล, 2528) โดยไม่มีการสูญหายไปไหน น้ำจากแหล่งต่างๆ จะมีการถ่ายเทหมุนเวียนกันไปมาตลอดเวลา น้ำจากทะเล มหาสมุทร และที่สะสมอยู่บนพื้นดิน มีการระเหย (evaporation) ขึ้นสู่บรรยากาศเป็นไอน้ำ (water vapor) ซึ่งจะมีการลอยตัวขึ้นไปสะสมจนกระทั่งเกิดกระบวนการควบแน่นและกลั่นตัวกลายเป็นฝนหรือน้ำจากอากาศ (Precipitation) ตกลงมาสู่ทะเล มหาสมุทรหรือบนแผ่นดินอีก น้ำฝนส่วนหนึ่งจะค้างอยู่ตามใบและลำต้นพืช อาจมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณพืชคลุมดิน น้ำบางส่วนจะถูกขังอยู่ตามแหล่งน้ำหรือที่ลุ่ม หรือซึมซับอยู่ในบริเวณที่มีฝนตก น้ำเหล่านี้อาจกลับคืนสู่บรรยากาศโดยการระเหย (Evaporation) หรือการคายน้ำของพืช (Transpiration) น้ำบางส่วนอาจซึมลงไปในดิน (Infiltration) ไปรวมเป็นแหล่งน้ำบาดาล (Ground Water Resource) ส่วนที่เหลือจะไหลอยู่บนผิวดินในรูปของน้ำท่า (Surface Runoff) กลายเป็นแหล่งน้ำผิวดิน บางส่วนอาจกลับสู่บรรยากาศ โดยการระเหยและการคายน้ำของพืชขณะที่อยู่บนดินหรือในดินบ้าง แต่ในที่สุดทั้งน้ำบาดาลและน้ำท่าส่วนที่เหลือก็จะไหลลงสู่ทะเลและมหาสมุทร และระเหยกลับขึ้นมาใหม่หมุนเวียนเป็นวัฏจักร (ภาพที่ 8) เช่นนี้ตลอดไปไม่มีที่สิ้นสุด (กิริติ, 2537)



ภาพที่ 8 วงจรอุทกวิทยาหรือวัฏจักรของน้ำ (Hydrologic cycle)

ที่มา: MIT (n.d.)

3.2 ความสำคัญของฝน

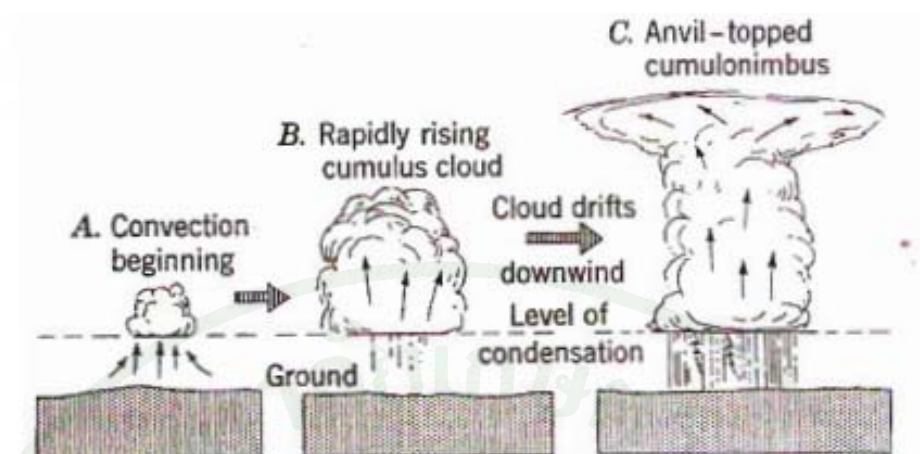
ฝน ถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของวัฏจักรอุทกวิทยาก่อนที่จะหมุนเวียนไปเป็นน้ำท่า และหมุนเวียนไปตามวัฏจักรอุทกวิทยา Hughes (2006) กล่าวว่าฝนถือเป็นปัจจัยสำคัญใน งานด้าน อุทกวิทยา วิศวกรรมและการบริหารจัดการน้ำฝนทำให้เกิดน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ที่มนุษย์สามารถ นำมาใช้อุปโภค-บริโภค และเพื่อการดำรงชีวิตอื่นๆ ซึ่งทุกกิจกรรมของมนุษย์ล้วนต้องพึ่งพาน้ำ ทั้งสิ้น การเก็บกักน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติ รวมถึงสร้างแหล่งเก็บกักน้ำเพิ่มเติมและการจัดการ บริหารน้ำนั้นวันมีความสำคัญเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำที่มีมากหรือน้อยเกินไปสามารถ ก่อให้เกิดโทษได้ เช่นการที่ฝนตกมากเกินไปทำให้น้ำท่ามีปริมาณมากและเป็นสาเหตุให้เกิดน้ำท่วม หรือดินถล่มในทางตรงกันข้าม ฝนที่ตกน้อยเกินไปเป็นสาเหตุให้เกิดความแห้งแล้งและภาวะขาด แคลนน้ำ ซึ่งเหตุการณ์ฝนมากหรือน้อยเกินไปนี้ หากเราสามารถทราบข้อมูลที่เป็นปัจจุบันอย่าง สมบูรณ์และถูกต้อง รวมถึงการพยากรณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้ล่วงหน้าจะทำให้สามารถ

บริหารจัดการเพื่อรับมือกับเหตุการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้การตรวจวัดและการพยากรณ์ฝนจึงเป็นสิ่งจำเป็นในงานด้านบริหารจัดการแหล่งน้ำ

4.3 การเกิดฝน

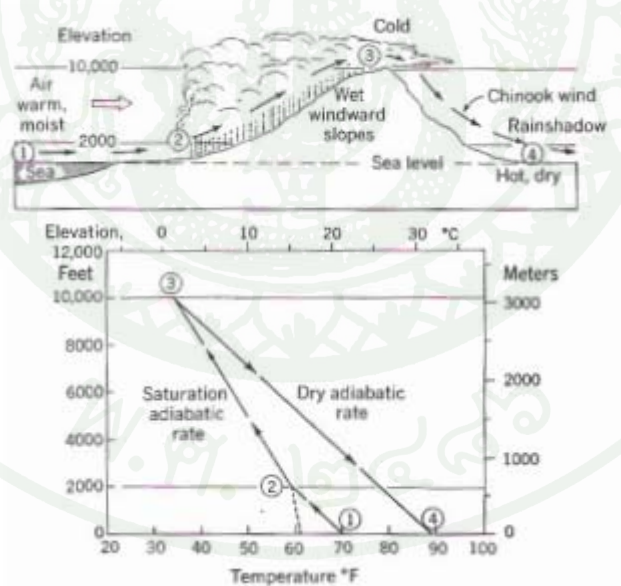
ฝนหรือน้ำจากอากาศ (วีระพล, 2528) หมายถึง การที่ไอน้ำที่อยู่ในบรรยากาศซึ่งเย็นตัวลงและควบแน่นรวมกันทำให้มีขนาดโตขึ้น และมีน้ำหนักมากขึ้นจนไม่สามารถลอยอยู่ในบรรยากาศจึงตกลงสู่พื้นดิน มวลน้ำดังกล่าวรวมเรียกว่า Precipitation ตกลงมาสู่พื้นดินในลักษณะต่างๆ ทั้งของเหลว คือ น้ำฝน (rain) หรือเป็นของแข็ง เช่น ลูกเห็บ (hail) และหิมะ (snow) เป็นต้น เอกสิทธิ์ (2547) สรุปสาเหตุการเกิดของฝนสามารถจำแนกได้เป็น 4 วิธี คือ

- 1) ฝนเกิดจากการพาความร้อน (Convective Storm) เกิดจากมวลอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิของมวลอากาศที่ลอยตัวสูงขึ้นไปเย็นลงถึงจุดน้ำค้างไอน้ำจะกลั่นตัวตกลงมาเป็นฝน (ภาพที่ 9)
- 2) ฝนภูเขา (Orographic Storm) เกิดจากมวลอากาศที่อุ้มน้ำพัดจากทะเลไปปะทะภูเขาหรือพื้นโลกที่มีความลาดชันสูง จะลอยตัวสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิของมวลอากาศที่ลอยตัวสูงขึ้นไปเย็นลงถึงจุดน้ำค้างไอน้ำจะกลั่นตัวตกลงมาเป็นฝน (ภาพที่ 10)
- 3) ฝนพายุหมุน (Cyclonic Storm) เป็นฝนที่เกิดจากความกดอากาศสูงเคลื่อนตัวไปสู่บริเวณความกดอากาศต่ำ มวลอากาศในบริเวณความกดอากาศต่ำจะลอยตัวสูงขึ้น
- 4) ฝนในแนวอากาศ (Frontal storm) เป็นฝนที่เกิดจากมวลอากาศร้อนปะทะมวลอากาศที่มีอุณหภูมิเย็น มวลอากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น



ภาพที่ 9 ลักษณะฝนเกิดจากการพาความร้อน

ที่มา: Strahler (1967)



ภาพที่ 10 ลักษณะฝนภูเขา

ที่มา: Strahler (1967)

4.4 ปัจจัยที่ทำให้เกิดฝน

ฝนหรือน้ำจากอากาศจะเกิดขึ้นได้ต้องมีปัจจัย 3 ประการ (กิริติ, 2537) คือ

- 1) ความชื้นในอากาศหรือปริมาณไอน้ำในอากาศ (moisture) มีมากกว่าไอน้ำอิ่มตัวที่อากาศจะรับไว้ได้
- 2) กระบวนการควบแน่น (mechanism of condensation) ที่เกิดจากการลอยตัวของมวลอากาศขึ้น ซึ่งในขณะที่ลอยสูงขึ้น มวลอากาศขึ้นจะขยายตัวเนื่องจากความดันบรรยากาศรอบๆ มวลอากาศขึ้นลดลง ขณะเดียวกันจะเกิดการเย็นตัวลง เมื่ออุณหภูมิของมวลอากาศขึ้นลดลงถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้าง จะทำให้ไอน้ำในอากาศอิ่มตัวหรือเกินจุดอิ่มตัว และเกิดการควบแน่นกลั่นตัวเป็นฝนหรือน้ำจากอากาศ
- 3) แกนการควบแน่นหรือแกนการกลั่นตัว (condensation nuclei) เพื่อให้ไอน้ำจากอากาศที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำเล็กๆ มาเกาะรวมกันเป็นหยดใหญ่หนักเกินกว่าที่อากาศจะรับไหว และมีลักษณะการตกที่แรงกว่าแรงเสียดทานระหว่างหยดน้ำกับอากาศและแรงลอยตัวของหยดน้ำ จึงตกลงมาเป็นฝนหรือน้ำจากอากาศได้ โดยที่แกนการกลั่นตัว คือ ฝุ่นละออง ละอองเกสรดอกไม้ ไอเกลือจากทะเล ควันทรายนต์ ควันจากโรงงานอุตสาหกรรม เกลือแกง (Calcium Chloride) และ ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of Nitrogen)

4.5 วิธีการตรวจวัดข้อมูลฝน

4.5.1 การตรวจวัดข้อมูลฝนโดยเครื่องวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

การตรวจวัดน้ำฝนด้วยเครื่องวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน (Rain Gauge) เป็นเครื่องมือการตรวจวัดที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย กล่าวคือเครื่องมือดังกล่าวจะทำการบันทึกค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในภาชนะต่อหนึ่งหน่วยเวลาโดยตรง ลักษณะและประเภทของเครื่องมือวัดน้ำฝนภาคพื้นดินแบ่งได้เป็น 2 ชนิด (เอกสิทธิ์, 2547ข) คือ เครื่องวัดน้ำฝนแบบไม่บันทึกข้อมูลต่อเนื่อง (Non-recording Rain Gauge) มีลักษณะเป็นกระบอกตวงใช้วัดปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในแต่ละครั้งเท่านั้น ไม่สามารถวัดข้อมูลปริมาณฝนอย่างต่อเนื่องได้ต้องรอการตรวจวัดในเวลา 07.00 น. ของ

แต่ละวัน ข้อมูลน้ำฝนที่ได้จึงเป็นปริมาตรฝนที่ตกลงในภาชนะต่อช่วงเวลาที่มีการเก็บข้อมูล เครื่องวัดน้ำฝนแบบไม้อัดโนมดที่นิยมใช้ได้แก่ เครื่องวัดน้ำฝนมาตรฐานขนาด 8 นิ้ว (Standard 8-inch Rain Gauge) ส่วนเครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง (Recording Rain Gauge) เป็นเครื่องมือวัดที่สามารถบันทึกปริมาณฝนตามเวลาได้อย่างต่อเนื่อง โดยจะบันทึกค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในภาชนะต่อหน่วยเวลาที่กำหนด ตัวอย่างของเครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึกต่อเนื่องที่นิยมใช้ในงานอุทกวิทยามี 3 ชนิด ได้แก่ เครื่องวัดน้ำฝนแบบถ้วยกระดก (Tipping Bucket Rain Gauge) เครื่องวัดน้ำฝนแบบชั่งน้ำหนัก (Weighting Bucket Rain Gauge) เครื่องวัดน้ำฝนแบบลูกลอย (Float Type Rain Gauge)

4.5.2 การตรวจวัดข้อมูลฝนโดยเรดาร์ตรวจอากาศ

เรดาร์ (RADAR: RAdio Detection And Ranging) เป็นหนึ่งในอุปกรณ์การตรวจวัดระยะไกล (Remote Sensing Instruments) หลักการทำงานคือ จานเรดาร์จะปล่อยพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วของแสงออกไป เมื่อกระทบกับเม็ดของน้ำในอากาศ จะสะท้อนกลับมายังเรดาร์ การสะท้อนกลับของพลังงานขึ้นอยู่กับขนาดของหยดน้ำ จำนวน Particles ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร สถานะของหยดน้ำ โดยทั่วไปถ้ามีปริมาณน้ำจากอากาศสูง การสะท้อนกลับจะมีมาก เนื่องจากการสูญเสียพลังงานเมื่อผ่านน้ำจากอากาศเนื่องจากการกระจายและดูดซับ ดังนั้นต้องใช้ความยาวคลื่นในช่วง 5 ถึง 10 ซม. (สายสุนีย์, 2546)

4.5.3 การตรวจวัดข้อมูลฝนโดยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเป็นดาวเทียมที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ โดยใช้หลักการการปลดปล่อยพลังงาน (Emission) การดูดซับ (Absorption) และการสะท้อนกลับ (Reflection) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความยาวคลื่นหรือความถี่ต่างๆ จากสิ่งกีดขวางที่สนใจในอากาศ โดยจานสายอากาศจะทำหน้าที่รับสัญญาณจากดาวเทียมโดยตรง แล้วส่งผลมาที่เครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียม จากนั้นจึงส่งผ่านมายังเครื่องแปลสัญญาณเป็นภาพถ่ายต่อไปที่เครื่องผลิตภาพผ่านจากดาวเทียมมายังผู้ใช้ ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบอยู่กับที่หรือดาวเทียมค้างฟ้า (Geostationary Meteorological Satellite) และดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบโคจรผ่านขั้วโลก (Polar-Orbit Satellite) ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วยค่ารังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของชั้นบรรยากาศที่ระดับความสูงต่างๆ

ชนิด จำนวนและความสูงของเมฆที่ลอยอยู่ในท้องฟ้า อุณหภูมิและค่าการสะท้อนแสงของวัตถุที่ผิวพื้น (กิริติ, 2537)

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลฝน

4.6.1 ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีภาคพื้นดิน

Goovaert (2000) กล่าวว่าความถูกต้องของการประมาณค่าปริมาณฝนจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาให้ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้นสูงมาก ความผิดพลาดที่เกิดจากผู้บันทึกข้อมูลอาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลหรือความห่างของข้อมูล และจำเป็นต้องทำการประมาณค่าปริมาณฝนในตำแหน่งที่ไม่ได้มีการบันทึกค่าจากสถานีใกล้เคียงเพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนที่ถูกต้องมากขึ้น การใช้ข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินเป็นวิธีที่มีข้อจำกัดหลายอย่างแต่ก็เป็นวิธีที่น่าเชื่อถือที่สุดในการหาค่าปริมาณฝน ณ จุดหนึ่งๆ

Grimes *et al.* (1999) กล่าวว่าข้อจำกัดที่เด่นชัดของการตรวจวัดปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินคือการตรวจวัดข้อมูลเป็นจุด ดังนั้น จำเป็นต้องมีจำนวนสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินค่อนข้างหนาแน่นจึงจะทำให้การประมาณปริมาณฝนเชิงพื้นที่ที่มีความถูกต้องมากขึ้น

ปัญหาอื่นของสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน คือ จำเป็นต้องมีการอ่านค่าเกือบทุกวัน ยกเว้นแบบที่เป็นระบบอัตโนมัติ ดังนั้นจะต้องติดตั้งไว้ในบริเวณที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย การติดตั้งในที่ที่ห่างไกลเป็นเรื่องยากและมีค่าใช้จ่ายสูง จึงมีสถานีที่อยู่ห่างไกลจากที่อยู่อาศัยค่อนข้างน้อย การกระจายตัวของสถานีในลักษณะนี้อาจไม่เป็นตัวแทนของพื้นที่

ในการวิเคราะห์ปริมาณฝนเชิงพื้นที่และเวลา ข้อมูลจะถูกนำมาเขียนกราฟและคำนวณทางสถิติ อธิบายลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง สาเหตุ พฤติกรรมของฝน ความสัมพันธ์และความแปรปรวนเชิงพื้นที่ (Sun *et al.*, 2003)

4.6.2 การประมาณค่าข้อมูลฝนที่ขาดหายไป (Estimating missing rainfall data)

ความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลฝนอาจเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ ทั้งจากต้นน้ำ ในบริเวณรอบๆ ปัญหาการใช้เครื่องมือหรือเทคนิคการตรวจวัด ปัญหาเหล่านี้เป็นสาเหตุที่ทำให้ข้อมูลฝนมีการขาดหายไป ขาดความต่อเนื่องหรือผิดพลาดไปจากความจริง และจะส่งผลกระทบต่ออย่างมากหากนำข้อมูลที่ยังไม่ได้ตรวจสอบไปใช้ในแบบจำลองอุทกวิทยา (Teegavarapu *et al.*, 2005)

เอกสิทธิ์ (2547) กล่าวว่าวิธีการประมาณค่าข้อมูลนั้นมีหลายวิธี อาทิ วิธีเฉลี่ยจากสถานีข้างเคียง (station-mean method) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด ในขณะที่ วิธีอัตราส่วนปกติ (normal-ratio method) และวิธี quadrant ใช้การเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (weighted mean) มาใช้ในการประมาณค่า โดยวิธีอัตราส่วนปกติจะพิจารณาปริมาณน้ำฝนปกติรายปี (normal annual rainfall) ของแต่ละสถานี ส่วนวิธี quadrant จะพิจารณาระยะทางระหว่างสถานีที่ข้อมูลหายไปกับสถานีข้างเคียง

ก) วิธีเฉลี่ยจากสถานีข้างเคียง (Station-Mean Method)

วิธีนี้จะให้ความสำคัญกับข้อมูลทุกสถานีเท่าๆ กัน สามารถใช้ได้ในกรณีที่มีปริมาณน้ำฝนปกติรายปี (normal annual rainfall) ของสถานีที่ข้อมูลหายไป กับสถานีข้างเคียง มีค่าต่างกันไม่เกิน 10% (เอกสิทธิ์, 2547ข)

วิธีเฉลี่ยจากสถานีข้างเคียงจะให้ปริมาณฝนเฉลี่ยที่นำมาเป็นตัวแทนได้ ต่อเมื่อพื้นที่ที่ต้องการวิเคราะห์ข้อมูลต้องเป็นที่ราบ ไม่มีอิทธิพลของแนวเขตภูเขา สถานีวัดน้ำฝนจะต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ (กิริติ, 2537)

$$P_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

โดยที่

P_x : ปริมาณฝนของสถานีที่ข้อมูลหายไป

P_i : ปริมาณฝนของสถานีข้างเคียง

n : จำนวนสถานีข้างเคียง ปกติเลือกใช้ประมาณ 3 สถานี

ข) วิธีอัตราส่วนปกติ (Normal-Ratio Method)

เลือกใช้ กรณีปริมาณน้ำฝนปกติรายปีต่างกันมาก (เกิน 10%)

(เอกสิทธิ์, 2547)

$$P_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \cdot P_i \quad \text{โดยที่} \quad w_i = \frac{N_x}{N_i} \quad (2)$$

โดยที่

N_x : ปริมาณฝนปกติรายปีของสถานีที่ข้อมูลหายไป

N_i : ปริมาณฝนปกติรายปีของสถานีข้างเคียง

ค) วิธี Quadrant

วิธี Quadrant สามารถเลือกใช้กรณีปริมาณน้ำฝนปกติรายปีต่างกันมากได้เช่นกัน โดยใช้ค่าส่วนกลับของระยะทางยกกำลังสองมาใช้คำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก วิธีนี้เหมาะกับบริเวณที่การกระจายตัวของสถานีไม่สม่ำเสมอ เนื่องจาก นำระยะทางระหว่างสถานีมาพิจารณาด้วย (เอกสิทธิ์, 2547ข)

$$P_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \cdot P_i \quad \text{โดยที่} \quad w_i = \frac{1/d_i^2}{\sum_{i=1}^n 1/d_i^2} \quad (3)$$

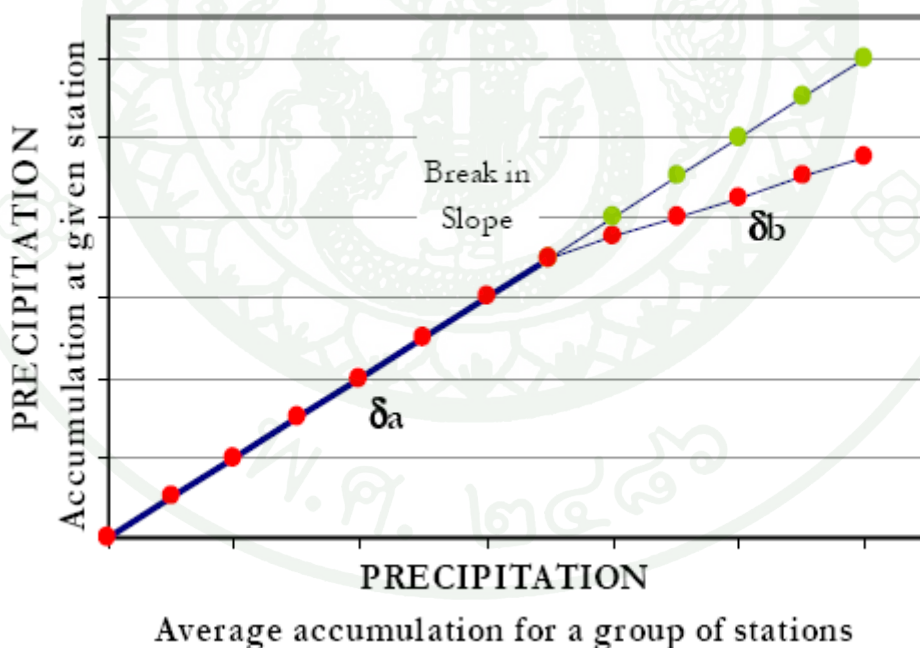
โดยที่ d_i^2 เป็นระยะทางระหว่างสถานีที่ข้อมูลหายไปกับสถานีข้างเคียง

ยกกำลังสอง

หาจาก $d_i^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2$ โดย $\Delta x = x_x - x_i$ และ $\Delta y = y_x - y_i$

4.6.3 การตรวจสอบความกลมกลืนของข้อมูลของแต่ละสถานี (Gauge consistency)

ข้อมูลที่ขาดหายไปเป็นปัญหาหนึ่งที่พบในการนำข้อมูลน้ำฝนมาวิเคราะห์ อีกปัญหาหนึ่งที่พบคือ ความกลมกลืนของข้อมูลของสถานีนั้นๆ ปัญหาความกลมกลืนของข้อมูล อาจเกิดได้จากการเปลี่ยนแปลงหลายสาเหตุ อาทิ วิธีการเก็บข้อมูล เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล ตำแหน่งหรือสภาพแวดล้อมของสถานีตรวจวัด แนวทางการตรวจสอบทำได้ด้วยการวิเคราะห์ ด้วย double-mass curve ซึ่งกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมของสถานีที่ต้องการ ตรวจสอบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสะสมของกลุ่มสถานีที่อยู่ข้างเคียง กรณี ข้อมูลของสถานี นั้นมีความกลมกลืนกันตลอดช่วงเวลาที่ทำการบันทึก กราฟที่ได้จะเป็นเส้นตรง หากข้อมูลมีการ เปลี่ยนแปลง กราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นหัก (ภาพที่ 11) สังเกตได้จากการเปลี่ยนความลาดชันของ เส้นกราฟ ซึ่งค่าความลาดชันเหล่านี้จะนำมาใช้ในการปรับข้อมูลให้กลับมามีความกลมกลืนกัน (เอกสิทธิ์, 2547)



ภาพที่ 11 Double Mass Curve

ที่มา: Maria (2007)

4.6.4 ความลึกเฉลี่ยของน้ำฝนทั้งพื้นที่ (Average Areal Rainfall)

ข้อมูลฝนที่ได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินนั้นมีลักษณะเป็นข้อมูลจุด ซึ่งหากจะนำไปใช้ประโยชน์ต่อจำเป็นต้องหาความลึกเฉลี่ยของน้ำฝนทั้งพื้นที่ก่อน ในปัจจุบันมีวิธีการหาความลึกเฉลี่ยของน้ำฝนทั้งพื้นที่หลายวิธีด้วยกัน ดังนี้

ก) วิธีเฉลี่ยจากสถานีวัดน้ำฝน (Station-Mean Method)

วิธีนี้จะเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด ให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือเมื่อสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่มีการกระจายสม่ำเสมอเต็มพื้นที่หนึ่ง รูปแบบสมการจะคล้ายกับการคำนวณเพื่อประมาณข้อมูลน้ำฝนที่หายไป แต่วัดอุปสงค์ และผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นคนละอันกัน (เอกสิทธิ์, 2547)

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (4)$$

โดยที่

$\bar{P}$: ปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ศึกษา

P_i : ปริมาณฝนของแต่ละสถานีในพื้นที่ศึกษา

n : จำนวนสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา

ข) วิธีของธิเอสเซน (Thiessen Polygon Method)

วิธีของธิเอสเซนเป็นการสร้างรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) ขึ้น โดยถือว่าปริมาณน้ำฝนในพื้นที่หลายเหลี่ยมนั้นมีค่าสม่ำเสมอเท่ากับสถานีวัดที่ตั้งในรูปหลายเหลี่ยมนั้น แล้วจึงหาพื้นที่แต่ละสถานีครอบคลุมเพื่อทำการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบมีค่าถ่วงน้ำหนักต่อไป (เอกสิทธิ์, 2547ข) ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสถานีวัดน้ำฝน จะต้องหาค่า Weighting Factor หรือรูปหลายเหลี่ยม Thiessen ใหม่ นอกจากนี้วิธีนี้ไม่ได้คำนึงถึงอิทธิพลของสภาพภูมิประเทศต่อลักษณะการเกิดฝน โดยจะคำนึงถึงเฉพาะระยะทางเป็นหลักในการสร้างรูปหลายเหลี่ยมเท่านั้น (สายสุนีย์, 2546)

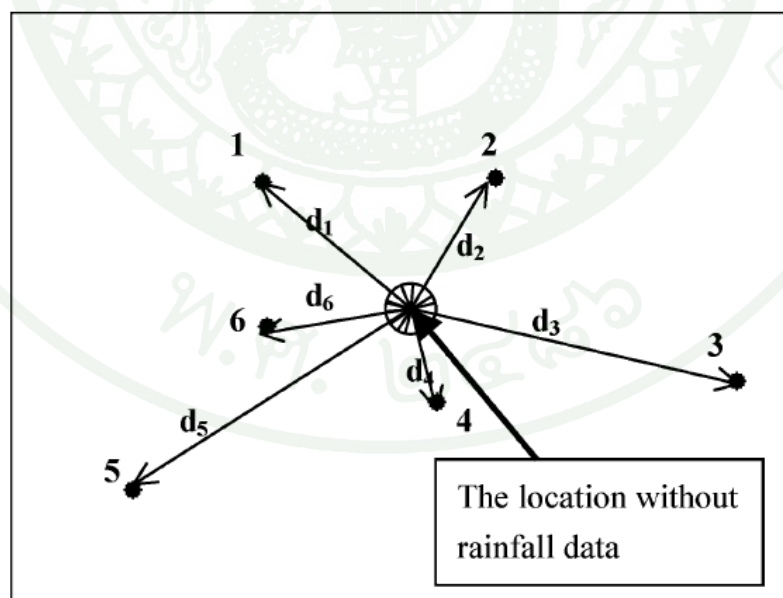
$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot P_i \quad \text{โดยที่} \quad w_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (5)$$

ก) วิธีเขียนเส้นชั้นน้ำฝน (Isohyetal line method)

วิธีการคำนวณด้วยเส้นชั้นน้ำฝน ใช้สมการในการคำนวณเช่นเดียวกับวิธีของธีเอสเซน แต่ละขั้นตอนจะใช้ข้อมูลน้ำฝนจากแต่ละสถานีมาเขียนเป็นเส้นชั้นน้ำฝนก่อน แล้วจึงหาพื้นที่ระหว่างชั้นน้ำฝนเพื่อนำมาหาค่าถ่วงน้ำหนัก (เอกสิทธิ์, 2547) วิธีเขียนเส้นชั้นน้ำฝนนี้จำเป็นต้องใช้ความรู้ทางด้านภูมิประเทศ (Orographic) และลักษณะรูปร่างของพายุ (Storm Morphology) ที่มีอิทธิพลต่อฝนเฉลี่ยบนพื้นที่ในการเขียนเส้นชั้นน้ำฝน (สายสุนีย์, 2546)

ง) วิธี Inverse Distance Weight (IDW)

อาศัยหลักการที่ว่าตำแหน่งใกล้เคียงกันย่อมมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในการคำนวณค่า ณ ตำแหน่งที่ต้องการ ตำแหน่งสถานีที่อยู่ใกล้ที่สุดจะมีน้ำหนักความสำคัญมากกว่า จึงเป็นการประมาณค่าให้กับจุดที่ไม่ทราบค่าจากผลรวมเชิงเส้นของค่าที่ทราบแล้วถ่วงน้ำหนักจุดให้ถูกจำกัดด้วยระยะทาง ค่าถ่วงน้ำหนักนี้จะเปลี่ยนแปลงตามระยะทางจากจุดที่ไม่ทราบค่าไปยังจุดที่ทราบค่าจุดต่อไป (Chang *et al.*, 2006)



ภาพที่ 12 ระยะทางระหว่างจุดที่ไม่ทราบค่ากับจุดที่ทราบค่าในบริเวณใกล้เคียง

ที่มา: Chang *et al.* (2006)

จ. วิธี Kriging

เป็นวิธีประมาณค่าโดยการให้ค่าน้ำหนักของค่าข้อมูลเข้าเฉลี่ย (Averaged input values) คล้ายคลึงกับวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่การคำนวณค่าน้ำหนักกระทำโดยใช้แบบจำลอง เซมิแวรี-โอแกรม (Semi-variogram) แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของข้อมูล จึงต้องมีการทดสอบว่าข้อมูลมีความเหมาะสมกับแบบจำลองเซมิแวรี-โอแกรมใดมากที่สุด โดยค่าอัตราความผันแปรระหว่างจุดที่เปลี่ยนแปลงตามระยะทางซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างค่าของจุดที่เปลี่ยนไป (Semi-variance) กับระยะทางของแต่ละจุด (lag distance) คล้ายการถ่วงน้ำหนักตามระยะทางต่างกันที่ไม่ได้เป็นการถ่วงน้ำหนักตามระยะทางระหว่างตำแหน่งที่ทราบค่ากับตำแหน่งที่ไม่ทราบค่า แต่เป็นการจัดกลุ่มของตำแหน่งที่ทราบค่าไว้เป็นกลุ่ม ๆ ตามลักษณะความสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ที่มีความเกี่ยวพันกันในแต่ละจุด แล้วหาค่าความผันแปรเพื่อนำมาใช้เป็นค่าถ่วงน้ำหนัก โดยสมการในการปรับวาริโอแกรมจะมีอยู่หลายสมการ ซึ่งแต่ละสมการจะมีค่าเริ่มต้นของค่าความผันแปร (nugget) ค่าที่ระดับของวาริโอแกรมสิ้นสุดลง หรือค่าเริ่มคงที่ (sill) และระยะจากระยะทางของแต่ละจุดไปถึง sill (range) แตกต่างกันไป (เมธี และจุไรพร, 2542)

วิธี Kriging แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของข้อมูลกับค่าอัตราความผันแปรระหว่างจุดที่เปลี่ยนแปลงตามระยะทางแสดงด้วยวาริโอแกรม (Variogram) แสดงค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างค่าของจุดที่เปลี่ยนไป (Semi-Variance) กับระยะทางแต่ละจุด (Lag Distance) คล้ายวิธี Inverse Distance Weight (IDW) แตกต่างกับวิธี Kriging เป็นการจัดกลุ่มของตำแหน่งที่ทราบค่าไว้เป็นกลุ่ม ๆ ตามลักษณะความสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกันในแต่ละจุด แล้วหาค่าความผันแปร (Nugget) เพื่อนำมาใช้เป็นค่าถ่วงน้ำหนัก โดยสมการในการปรับวาริโอแกรมจะมีอยู่หลายสมการในแต่ละสมการจะมีค่าเริ่มต้นของค่าความผันแปรค่าที่ระดับของวาริโอแกรมสิ้นสุดลงหรือค่าเริ่มคงที่ (Sill) และระยะจากระยะทางของแต่ละจุดไปถึง Sill (Range) แตกต่างกันไป (Chang, 2002)

ค่าประมาณจากวาริโอแกรมจะนำมาใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามระยะทางในการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ ค่าที่ได้คือผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักของจุดที่ทราบค่าซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างจุดที่ทำการประมาณค่ากับจุดที่ทราบค่า โดยค่าถ่วงน้ำหนักที่เลือกมาทำการประมาณค่าต้องไม่มีความเอนเอียง และมีความผันแปรน้อยที่สุดรูปแบบของ Kriging (Burrough and McDonnell, 1998: 134; Chang, 2002: 255) สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1) Ordinary Kriging วิธีนี้สมมติให้จุดที่ไม่ทราบค่าถูกประมาณค่าด้วยจุดที่ทราบค่าในแนวเดียวกันในลักษณะของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ การวัดระดับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ขึ้นอยู่กับจุดที่ทราบค่าว่ามีระดับครึ่งหนึ่งของความผันแปรเฉลี่ย (Average Semi-Variance) มีรูปแบบของสมการ (Chang, 2002) ดังนี้

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (6)$$

โดย $\gamma(h)$ = ค่าความผันแปรเฉลี่ย (Semi-Variance)

h = ระยะทาง ระหว่างจุด

n = จำนวนคู่ของจุดแต่ละคู่ตามระยะทาง h

z = ค่าของจุดที่ตำแหน่ง x

ในการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ Ordinary Kriging ใช้การปรับ Semi-Variogram โดยตรง สมการพื้นฐานในการประมาณค่า z ของแต่ละจุด ดังสมการ (Burrough and McDonnell, 1998: 139) ดังนี้

$$z_0 = \sum_{i=1}^s z_x w_x \quad (7)$$

โดย z_0 = ค่าประมาณที่ต้องการ

z_x = ค่าของจุด

w_x = น้ำหนักที่มีความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่ต้องการประมาณค่ากับจุดที่ทราบค่าแล้ว

s = จำนวนจุดที่ทราบค่าที่จะใช้ในการประมาณค่า

2) Universal Kriging วิธีนี้มีรูปแบบเป็น Deterministic Interpolation โดยตั้งสมมุติฐานให้ความผันแปรเชิงพื้นที่ในค่า z มารวมกันและมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่กับจุดที่ทราบค่า นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่มีการปรับความโค้งของพื้นที่ โดยเป็นวิธีของการรวมเข้าไว้ของพื้นผิวระนาบกับพื้นผิวควอดราติก (Quadratic) ซึ่งใช้รูปแบบของสมการโพลิโนเมียล (Chang, 2002) ดังนี้

$$M = b_1x_i + b_2y_i \quad (8)$$

$$M = b_1x_i + b_2y_i + b_3x_i^2 + b_4x_iy_i + b_5y_i^2 \quad (9)$$

โดย M = น้ำหนักที่มีความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่ต้องการประมาณค่ากับจุดที่ทราบค่าแล้ว

x_i, y_i = ระยะทาง ระหว่างจุด

b_1, b_2 = จำนวนคู่ของจุดแต่ละคู่ตามระยะทาง h

จ) วิธี Thin Plate Smoothing Spline

การประมาณค่าด้วยวิธี Thin Plate Smoothing Spline จะสมมติให้ข้อมูลน้ำฝนที่สถานีวัดน้ำต่างๆ แปรผันไปตามพิกัดภูมิศาสตร์ในระบบพิกัดแบบ Latitude และ Longitude และมีความสัมพันธ์กับระดับความสูงของพื้นที่ด้วย (Hutchinson, 1995a)

$$r(x_i, y_i, z_i) = z(x_i, y_i, z_i) + \varepsilon(x_i, y_i, z_i) \quad (10)$$

เมื่อ r = ข้อมูลน้ำฝนแบบจุดที่สถานีวัดน้ำฝน

z = ค่า smoothing function ที่เหมาะสมที่สุดที่ประเมินได้จากข้อมูลฝนแบบจุด

ε = ค่าความผิดพลาดแบบไม่ต่อเนื่องที่สถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง

x_i = ค่า latitude ที่สถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง

y_i = ค่า longitude ที่สถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง

z_i = ค่าระดับความสูงที่สถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง

4.7 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ในปัจจุบันระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้มีบทบาทที่ช่วยในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ โดยมีนิยามและความสำคัญ ดังนี้

4.7.1 นิยามและความหมาย

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เป็นการนำเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลรูปทรงฐานบนพื้นผิวโลก (Spatial) เพื่อการบริหารจัดการฐานข้อมูล ประกอบด้วย การรวบรวม การจัดเก็บ การจัดการ การวิเคราะห์ และการแสดงผลผลลัพธ์ข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงเป็นเครื่องมือใช้ในการจัดรูปแบบความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันของข้อมูลลักษณะต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ขึ้นกับชนิดและรายละเอียดของข้อมูลนั้น ๆ ในการนำมาอ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลกได้โดยอาศัยระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geocode) (จินตนา, 2551) เพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ที่มีความถูกต้องได้ผลลัพธ์ดีที่สุดตามต้องการ (สุเพชร, 2551)

4.7.2 ความสำคัญและกระบวนการดำเนินงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

กระบวนการดำเนินงานในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ถูกนำมาใช้การวิเคราะห์ในการแก้ไขปัญหาหรือวางแผนจัดการ ซึ่งมีการกำหนดวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลที่มีการจัดเตรียมฐานข้อมูล (Database Preparation) ประกอบด้วย การนำเข้าข้อมูล (Data Capture) การตรวจสอบและแก้ไขข้อมูล (Data Verification and Correction) ในการนำเข้าข้อมูลที่มีการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้ได้กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นการแปลงข้อมูลเชิงพื้นที่ให้เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Data) สำหรับกระบวนการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลเป็นขั้นตอนสำคัญ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปดำเนินการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องตามมาตรฐานที่กำหนด เพราะข้อมูลที่ไม่ถูกต้องจะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนไปจากสิ่งที่ควรจะเป็น ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) จึงต้องวิเคราะห์ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ เพื่อสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและนำไปแสดงผลได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

4.8 การประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่

4.8.1 นิยามและความหมาย

การประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แบบประมาณค่าในช่วง (Interpolation) เป็นการประยุกต์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีค่าเลขประจำพิกัด ได้แก่ Digital Number, Pixel Value และ Z Value เป็นต้น การประมาณค่าในช่วงจึงเป็นการทำนายค่าจุดข้อมูลพื้นที่ผิวจากข้อมูลต่อเนื่องของจุดที่มีค่าแตกต่างกันในแต่ละจุด โดยอาศัยจุดข้อมูลที่ทราบค่ามาทำนายโดยใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างความถูกต้อง กล่าวคือ การแสดงค่าต่างๆ อาจแสดงออกมาได้ด้วยแกน Z (Z-Axis) ที่มีอยู่ในระบบพิกัด 3 มิติ x, y, z เนื่องจากพื้นที่ผิวนั้นประกอบขึ้นจากจุดจำนวนนับไม่ถ้วนแบบจำลองพื้นที่ผิวจึงเกิดจากการประมาณค่าพื้นที่ผิวจริงช่วยสร้างรายละเอียดของพื้นผิวในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการเก็บตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันบนพื้นที่ที่ต้องการแล้วจึงคำนวณเพื่อแทรกค่าด้วยการประมาณค่าในช่วงลงไประหว่างจุดตัวอย่างเหล่านั้น (สุเพชร, 2552; Childs, 2004)

จากการศึกษาพบว่าการให้นิยามของการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ ดังนี้

Burrough and McDonnell (1998) กล่าวถึง Interpolation ว่าเป็นการประมาณค่าข้อมูลให้กับส่วนที่ไม่ได้มีการสำรวจหรือเก็บตัวอย่าง จากค่าที่ทราบในตำแหน่งที่มีอยู่ในบริเวณที่ใกล้เคียงกัน

Jacek (1999) ให้นิยามของ Interpolation ว่าเป็นกระบวนการประมาณค่าให้กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ทราบค่าโดยใช้ข้อมูลที่ทราบค่าในตำแหน่งใกล้เคียง จากความสัมพันธ์กันของข้อมูลทั้งตำแหน่ง เส้น หรือพื้นที่

Chang (2002) ให้นิยาม Spatial Interpolation ว่าเป็นกระบวนการการใช้ตำแหน่งที่ทราบค่าข้อมูลในการประมาณค่าตำแหน่งที่ไม่ทราบค่า โดยตำแหน่งที่ทราบค่านี้เรียกว่า ตำแหน่งควบคุม (Control Point) เป็นตำแหน่งที่มีข้อมูลมีการเก็บตัวอย่าง เพื่อทำนายค่าการเปลี่ยนแปลงจุดข้อมูลจนถึงพื้นที่ผิว

สุเพชร (2552) กล่าวถึง การประมาณค่าในช่วง (Interpolation) เป็นการทำนายค่าให้กับเซลล์ใน Raster จากข้อมูลจุดตัวอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด วิธีการดังกล่าวสามารถใช้ในการทำนายค่าที่ไม่ทราบได้จากจุดทางภูมิศาสตร์โดยการประมาณค่าของ Z-Value สำหรับทุกตำแหน่งจุดสำรวจภายใต้สมมติฐานว่า ข้อมูลจะต้องเป็นประเภทข้อมูลที่ต่อเนื่อง (Continuous Data) ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถประมาณค่าได้จากตำแหน่งที่อยู่ข้างเคียง

การประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation) จึงเป็นกระบวนการของการใช้ข้อมูลจุดที่ทราบค่าในการทำนายค่าบริเวณตำแหน่งที่ไม่มีข้อมูล โดยใช้ตำแหน่งที่มีข้อมูลจากการตรวจวัดหรือเก็บตัวอย่างเพื่อประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงค่าจุดข้อมูลจนถึงพื้นที่ผิวที่มีลักษณะข้อมูลที่ต่อเนื่องกัน

4.8.2 ความสำคัญของการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการข้อมูลที่มีความต่อเนื่องกระจายทั่วพื้นที่ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ สภาพภูมิประเทศ ความสูง การกระจายตัวของสารเคมี ระดับเสียงรบกวน เป็นต้น แต่การสำรวจเพื่อให้ได้ข้อมูลกระจายทั่วทั้งพื้นที่ศึกษามีข้อจำกัด ทั้งจากสภาพพื้นที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น สภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อน หน้าผาสูงชันหรือป่ารกทึบ เป็นต้น รวมถึงข้อจำกัดด้านวัสดุค่าใช้จ่ายดำเนินการค่อนข้างสูง การเก็บข้อมูลจึงได้ชุดตัวอย่างแสดงถึงค่า ณ ตำแหน่งในแต่ละจุดที่เก็บมาเท่านั้น ส่งผลให้ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์บางส่วนขาดหายไป หรือมีความไม่ต่อเนื่องของข้อมูล การประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่จึงเป็นการทำนายค่าให้กับข้อมูลตัวอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด (สุเพชร, 2552) การประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ จึงนำมาใช้ในการจัดการข้อมูลที่ต้องการเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง การกระจายตัวทั่วพื้นที่ศึกษา ประหยัดค่าใช้จ่าย รวมถึงได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำเพื่อสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์และวางแผนการจัดการได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิญวัฒน์ (2550) ได้ศึกษาการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของข้อมูลปริมาณฝนรายวันโดยวิธี Thin Plate Smoothing Spline ในลุ่มน้ำปิงตอนบน มาเปรียบเทียบกับ การประมาณค่าด้วยวิธีรูปเหลี่ยม ธีเอสเซน และวิธีเส้นชั้นน้ำฝน พบว่าการประมาณค่าข้อมูลฝนโดยวิธี Thin Plate Smoothing Spline ให้ผลการประมาณค่าที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่เป็นภูเขาสลับซับซ้อน

Igor *et al.* (2008) ได้ศึกษาวิธีประมาณค่าน้ำฝนรายเดือนในลุ่มน้ำ Cetina river ประเทศโครเอเชีย โดยทำการเปรียบเทียบด้วยวิธี IDW, Arithmetic average, ธีเอสเซน, โพลีกอน, Isohyetal, hypsometric และวิธี Kriging อาศัยข้อมูลจากสถานีตรวจวัดในพื้นที่ 10 สถานี และสถานีข้างเคียง 11 สถานี ข้อมูลฝนที่ใช้เริ่มตั้งแต่ปี 1988 วิธี Kriging ที่เลือกใช้ คือ Ordinary Kriging, Universal Kriging และ Kriging with external drift (KED) จากการศึกษาพบว่า ปริมาณฝนที่ได้จากการประมาณโดยวิธี Kriging with external drift (KED) มีความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวกับระดับภูมิประเทศดีกว่าวิธีอื่น

Oke *et al.* (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการข้อมูลจากดาวเทียม TRMM พยากรณ์ฝนรายวันในทวีปออสเตรเลีย โดยทำการศึกษาทั่วทั้งทวีปรวมถึงเกาะแทสมาเนีย โดยใช้วิธีเปรียบเทียบข้อมูลฝนในเชิงพื้นที่โดยทำการ Interpolate ค่าน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน วิธีการ Interpolate ที่เลือกใช้ มี 3 แบบ คือ

- Ordinary Kriging (OK)
- Cokriging (CK)
- Simple Kriging with locally varying mean (SKlm)

แล้วจึงตรวจสอบข้อมูลโดยใช้วิธีทางสถิติ คือ Mean Error, Mean Absolution Error และ Root Mean Square Error พบว่าข้อมูลฝนที่ได้จากการ Interpolate ทั้ง 3 วิธีแต่ละวิธีมีความถูกต้องไม่เหมือนกันโดยจะมีปัจจัยทางด้านภูมิประเทศที่ทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อน ซึ่งพอจะสรุปผลจากการ Interpolate ได้คือ วิธี Cokriging ใช้กับข้อมูลของ TRMM มีความถูกต้องที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ วิธี Cokriging เหมาะจะใช้กับภูมิประเทศที่เป็นภูเขาและ Simple Kriging with locally varying mean เหมาะจะใช้กับพื้นที่ที่เป็นชายฝั่งและพื้นที่ที่มีสถานีวัดน้ำฝนอยู่น้อย

สันชัย (2554) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนรายวัน โดยวิธี Kriging เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของวิธีการประมาณค่าด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า วิธี Kriging มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) น้อยที่สุด

ประกอบ (2537) ได้ศึกษาการประมาณค่าฝนด้วยวิธี Kriging เปรียบเทียบกับทำคอนทัวร์ โดยทั่วไป คือ วิธีหาค่าเฉลี่ยทางเลขคณิตและวิธี Thiessen โดยใช้ข้อมูลฝนรายวันจากสถานี ในบริเวณพื้นที่จังหวัดชัยภูมิและขอนแก่น จำนวน 34 สถานี 15 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2511-2525 ผลการศึกษาพบว่า วิธี Kriging ให้ค่าประมาณการปริมาณน้ำฝนที่จุดหรือบนพื้นที่ที่ไม่มีการวัดข้อมูลได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่าวิธีอื่นๆ นอกจากนี้วิธี Kriging สามารถแสดงปริมาณฝนที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปและมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงตามธรรมชาติ ทั้งยังแสดงลักษณะการกระจายของเส้นปริมาณฝนที่ได้ จะมีความอ่อนไหวต่อข้อมูลที่ผิดพลาด ณ จุดใดๆ น้อยกว่าวิธีอื่น

เมธิ และจุไรพร (2542) ได้ศึกษาการสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศโดยการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging และ Thin Plate Spline (TPS) โดยการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนของสถานีตรวจอากาศบริเวณพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก จำนวน 305 สถานี ผลการศึกษากการสร้างฐานข้อมูลภูมิอากาศต่อเนื่องเชิงพื้นที่วิธี TPS ให้ผลลัพธ์การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยกว่าการประมาณค่าโดยวิธี Kriging ซึ่งให้ผลต่างจากการศึกษาของ จุไรพร (2541) ที่ได้ศึกษาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ปริมาณน้ำฝนพบว่าวิธีการประมาณค่าโดยวิธี kriging ให้ความคลาดเคลื่อนทางสถิติต่ำกว่าวิธี Thiessen และ Inverse Distance Weight (IDW) ตามลำดับ ส่วนการศึกษาของ Dirks, Hay, Stow and Harris (1998) ได้เปรียบเทียบการประมาณค่าข้อมูลฝนจำนวน 13 สถานี พื้นที่ 35 ตารางกิโลเมตร พบว่าวิธี Kriging สามารถให้ค่าที่แสดงนัยสำคัญมากกว่าวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่และ Thiessen ค่าที่ได้จะมีความแปรปรวนสูง แต่แนะนำให้ใช้สำหรับพื้นที่ที่มีโครงข่ายข้อมูลหนาแน่นสูง

Apaydin *et al.* (2004) ได้ศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ 6 วิธี ได้แก่ Inverse Distance Weighted, Global Polynomial, Local Polynomial, Complete Regularized Spline, Kriging และ Cokriging นำมาเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติเพื่อใช้พยากรณ์ทางด้านอุตุนิยมวิทยา พื้นที่ตอนใต้ของประเทศตุรกี ในช่วง 28 ปี ตั้งแต่ ค.ศ.1971-1999 ผลการศึกษาพบว่า เทคนิคการประมาณค่าวิธี Cokriging เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการแสดงค่าอุณหภูมิ ความเข้มแสง ความชื้น

สัมพัทธ์ ความเร็วลม และปริมาณฝน ทั้งนี้ ได้นำผลวิเคราะห์ปริมาณฝนในประเทศตุรกี ซึ่งเป็นประเทศที่มีปริมาณฝนระดับต่ำไปประยุกต์ใช้วางแผนการบริหารจัดการระบบชลประทาน

รัศมี (2543) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าน้ำฝนเชิงพื้นที่โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิญ โดยการประมาณค่าจำนวน 5 วิธี ได้แก่ รูปหลายเหลี่ยม ธีเอสเซน ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ พื้นผิวเคลื่อนที่ พื้นผิวเชิงแนวโน้มและวิธี Kriging โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนจำนวน 42 สถานี จากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณและรูปแบบเส้นน้ำฝนที่ได้ ผลการศึกษาการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบส่วนกลับระยะทาง จะเหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีการกระจายของสถานีวัดน้ำฝนไม่ดีและมีพื้นที่ค่อนข้างใหญ่ เพราะใช้เวลาไม่มากในการคำนวณและให้รูปแบบน้ำฝนเชิงพื้นที่ที่มีเส้นชั้นน้ำฝนต่อเนื่องเริ่มจากจุดที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยไปหาจุดที่มีปริมาณน้ำฝนมากหรือมากไปหาน้อยตามระยะทางสถานีวัดน้ำฝน

Chaplot *et al.* (2006: 126) ได้เปรียบเทียบวิธีการสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่สำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ให้มีความละเอียดสูง โดยเทคนิคการประมาณค่าวิธี IDW, Ordinary Kriging (OK), Multiquadratic Radial Basis Function (MRBF) และ Regularized Spline With Tension (RST) ผลการศึกษาพบว่า การประมาณค่าข้อมูลที่มีกลุ่มตัวอย่างหนาแน่นสูงวิธี MRBF จะให้ค่าความแม่นยำสูง วิธี Kriging จะให้ผลการประมาณค่าดีที่สุดเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนน้อย แม้มีความหนาแน่นข้อมูลต่ำ ส่วนวิธี RST จะให้ค่าแม่นยำสูงเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูง เมื่อความหนาแน่นข้อมูลต่ำ และวิธี IDW จะให้ความแม่นยำสูงเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูงและโครงสร้างข้อมูลมาก

Marx *et al.* (2006) ได้ศึกษาแบบจำลองโดยใช้การตรวจวัดเรดาร์เพื่อประเมินลักษณะทางอุทกวิทยา ร่วมกับการวิเคราะห์ทางสถิติในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากตำแหน่งจุดตรวจวัดน้ำฝน (Raingage) 15 สถานี เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลนอง (Rainfall Runoff) และสร้างแบบจำลองราย 3 เดือนขึ้น ส่วนการศึกษาของ Morin *et al.* (2005: 23) เพื่อสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนโดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลเรดาร์ของข้อมูลพายุฝน การสร้างแบบจำลองฝนโดยการนำเข้าข้อมูลเรดาร์พบว่าการเกิดพายุในแอริโซน่าส่งผลต่อความแปรปรวนข้อมูล ในการประเมินผลค่าความแม่นยำขึ้นกับความหนาแน่นของโครงข่ายตำแหน่งเครื่องมือวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

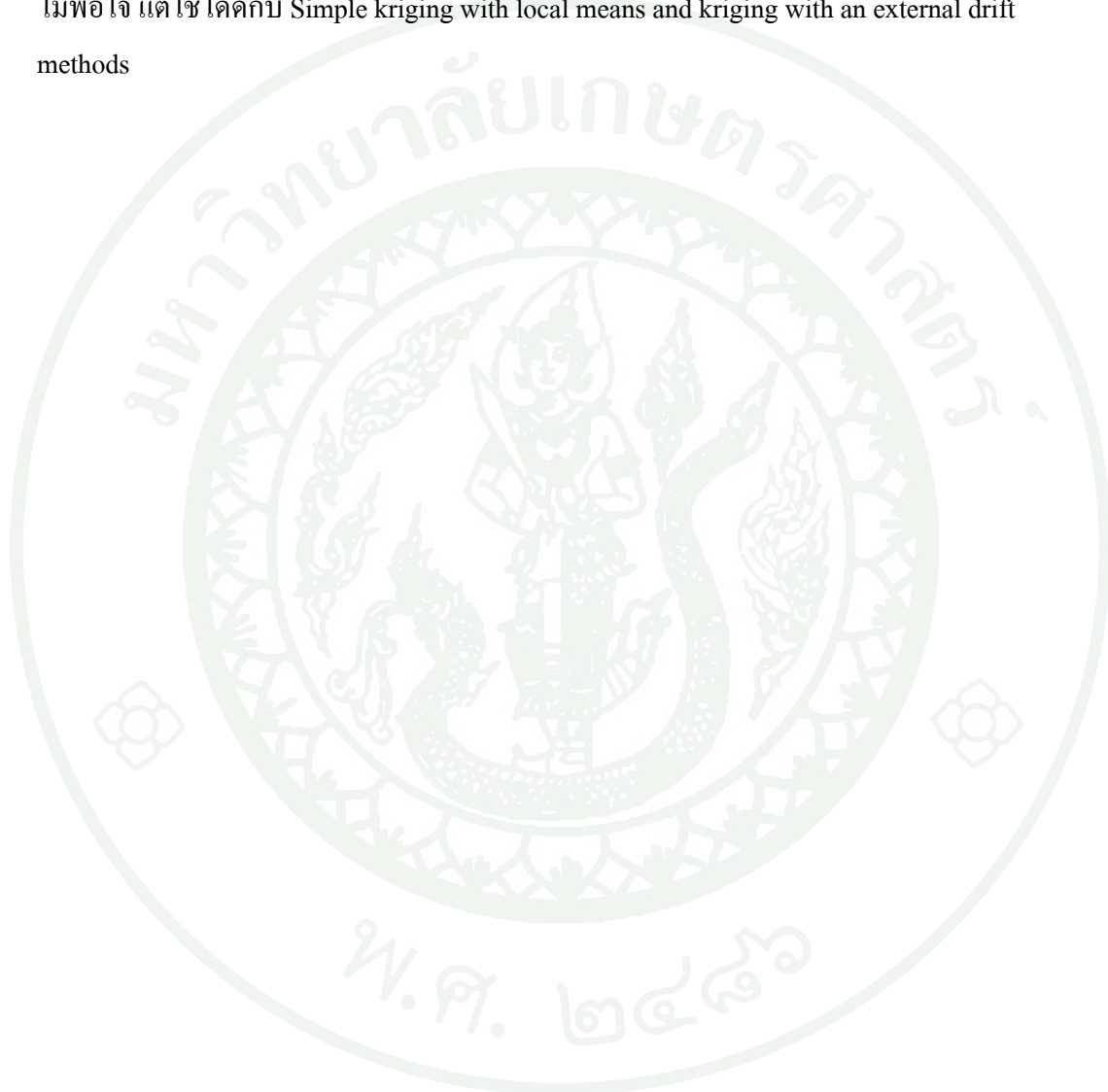
Nynke *et al.* (2008) ได้เปรียบเทียบการประมาณค่าข้อมูลสภาพอากาศรายวัน (น้ำฝน ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุดของอุณหภูมิ และระดับน้ำทะเล) ในทวีปยุโรปด้วย 6 วิธี โดยใช้ข้อมูล ช่วงปี 1961 ถึง 1990 วิธีที่ใช้คือ regression, NNI, ADW (1 and 2), kriging (global and local), TPS (2D and 3D), and CI ผลที่ได้คือวิธี Global Kriging เป็นวิธีที่แสดงช่วงการเปลี่ยนแปลงของ ค่าประมาณค่าสูงสุดอุณหภูมิต่างน่ายอมรับ ส่วนวิธี NNI จะใช้ได้กับข้อมูลการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิที่มีหลายสถานีในพื้นที่ที่พิจารณา แม้ว่าวิธี NNI จะให้ค่าติดลบเมื่อค่าความสัมพันธ์ของ สถานีมีน้อย จากหลายๆการศึกษาพบว่า Universal kriging เป็นวิธีการประมาณค่าที่ดีที่สุดสำหรับ ข้อมูลน้ำฝนและอุณหภูมิ (Attorre *et al.*, 2007) เช่นเดียวกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงรายวันของ สภาพภูมิอากาศ (Jarvis and Stuart, 2001; Stahl *et al.*, 2006)

Stahl *et al.* (2006) ได้ทำการเปรียบเทียบค่าข้อมูลการเปลี่ยนแปลง 12 ชนิด ของข้อมูล อุณหภูมิสูงสุด ค่าสุดรายวัน จากวิธี regression-based, kriging and weighted average approaches ในรัฐบริติชโคลัมเบีย ประเทศแคนาดา โดยเลือกวิธี GIDS (multiple linear regression) มาประเมินการประมาณค่าจะดีที่สุดเมื่อพื้นที่มีสถานีข้อมูลที่ใช้ได้อย่างหนาแน่น อย่างไรก็ตาม ข้อสรุปกล่าวไว้ว่า GIDS ไม่ควรนำไปประเมินการประมาณค่า เมื่อสถานีที่ขาดหายตั้งอยู่ที่ความสูง เพราะการประมาณค่าที่ได้ไม่ค่อยน่าเชื่อถือ มีความคลาดเคลื่อนสูง ถ้าในพื้นที่มีจำนวนความหนาแน่น ของสถานีน้อย ให้เลือกใช้วิธี Ordinary kriging สำหรับการประมาณค่า

Hancock *et al.* (1995) ได้ศึกษาการประมาณค่าน้ำฝนเฉลี่ยบนผิวดินจำนวน 78 สถานี ในภูมิภาคเขตร้อนชื้นโดยใช้วิธี Thin plate smoothing spline of position and elevation ร่วมกับ ใช้โมเดลสำหรับหาค่าความคลาดเคลื่อนแบบโควาเรียนซ์ (error covariance) มี 2 โมเดล คือ A non-diagonal error covariance (NDEC) และ A pre-standardised diagonal error covariance (PDEC) โมเดลทั้งสองได้ถูกนำมาใช้ประเมินค่าความคลาดเคลื่อนแบบโควาเรียนซ์ ผลที่ได้คือ การใช้วิธี Thin plate smoothing spline ร่วมกับโมเดล PDEC เหมาะสำหรับการหาค่าประมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝน ส่วนการใช้วิธี Thin plate smoothing spline ร่วมกับโมเดล NDEC เหมาะสำหรับการหาค่าประมาณ น้ำฝนในช่วงฤดูแล้ง

Marco and Alfonso (2005) ได้ทำการประเมินผลการประมาณค่าของวิธี Kriging แบบต่างๆ สำหรับทำแผนที่การแผ่ของรังสีแสงอาทิตย์ direct solar radiation (DSR) เทคนิคที่ใช้คือ simple, ordinary, simple with local mean and kriging with external drift การแสดงการประมาณค่าการแผ่

รังสีแสงอาทิตย์ได้ถูกประเมินค่าและเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละเทคนิคของการคาดการณ์ค่าและค่าจริงที่ตรวจวัดได้ นอกจากนี้ลักษณะทางสถิติเช่นค่าความคลาดเคลื่อนของการลำดับชั้นของแผนที่ของแต่ละเทคนิควิธี Kriging และการประเมินค่าความน่าเชื่อถือจากการประมาณค่าด้วยวิธี DSR ผลการศึกษาพบว่า ผลการประมาณค่าจาก Simple และ Ordinary kriging ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่ใช้ได้ดีกับ Simple kriging with local means and kriging with an external drift methods



อุปกรณ์และวิธีการ

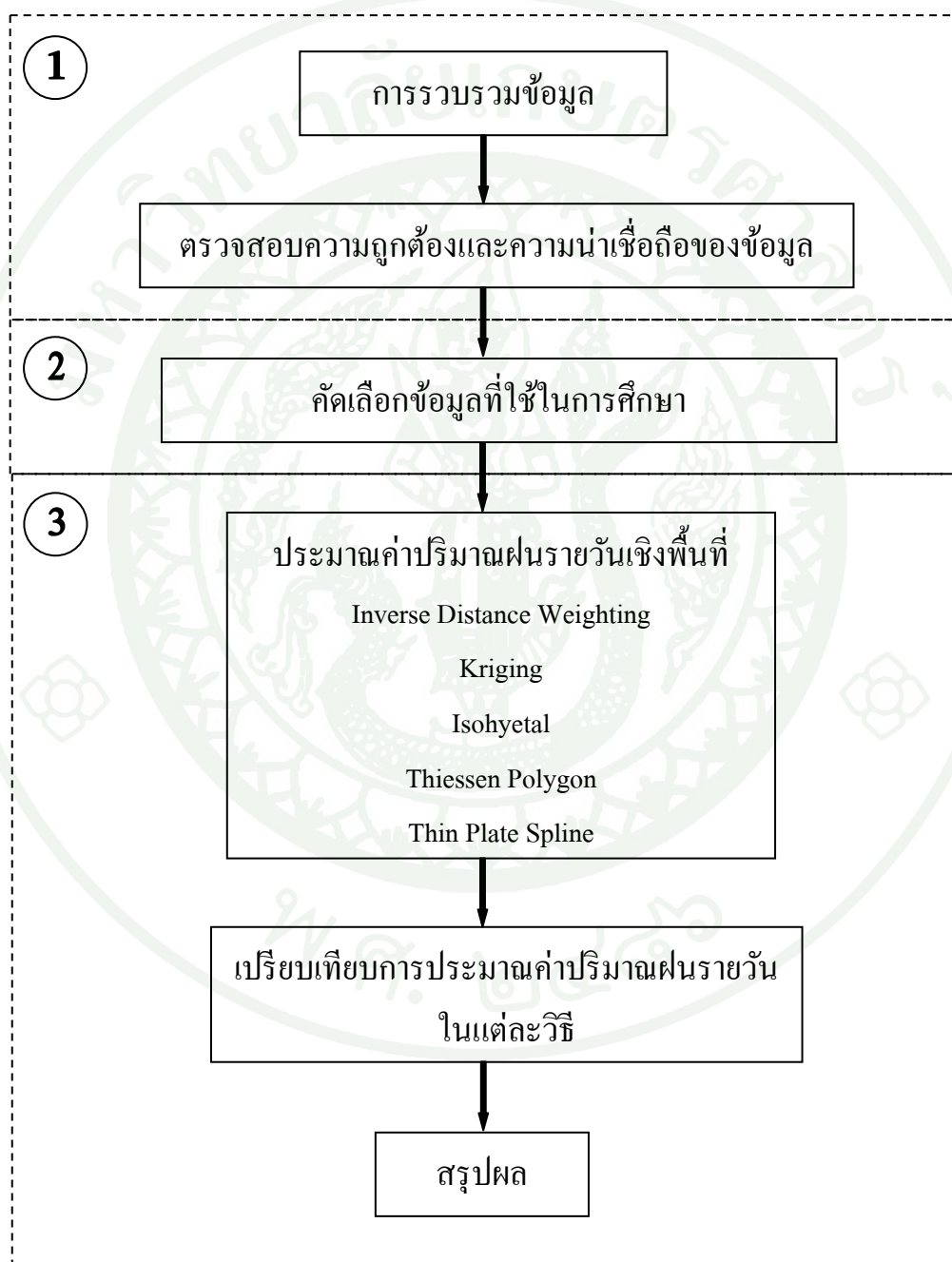
อุปกรณ์

อุปกรณ์และข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบไปด้วย

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและเครื่องพิมพ์
2. โปรแกรมทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS)
3. Shape file ขอบเขตลุ่มน้ำ และตำแหน่งของสถานีตรวจวัดปริมาณฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบนและลุ่มน้ำท่าจีน
4. โปรแกรม ANUSPLIN Version 4.3
5. โปรแกรมจัดการเอกสาร MS-Word, MS-Excel และ MS-PowerPoint
6. ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศในเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) SRTM ของ NASA ซึ่งมีความละเอียด 3 arc second หรือประมาณ 90 เมตร
7. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันในพื้นที่ลุ่มน้ำและพื้นที่ใกล้เคียง ของลุ่มน้ำปึงตอนบนและลุ่มน้ำท่าจีนตั้งแต่ปี พ.ศ.2548 ถึง ปี พ.ศ.2554

วิธีการ

การศึกษานี้จะประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ได้แก่ การรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล การคัดเลือกข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล



ภาพที่ 13 ขั้นตอนการดำเนินงาน

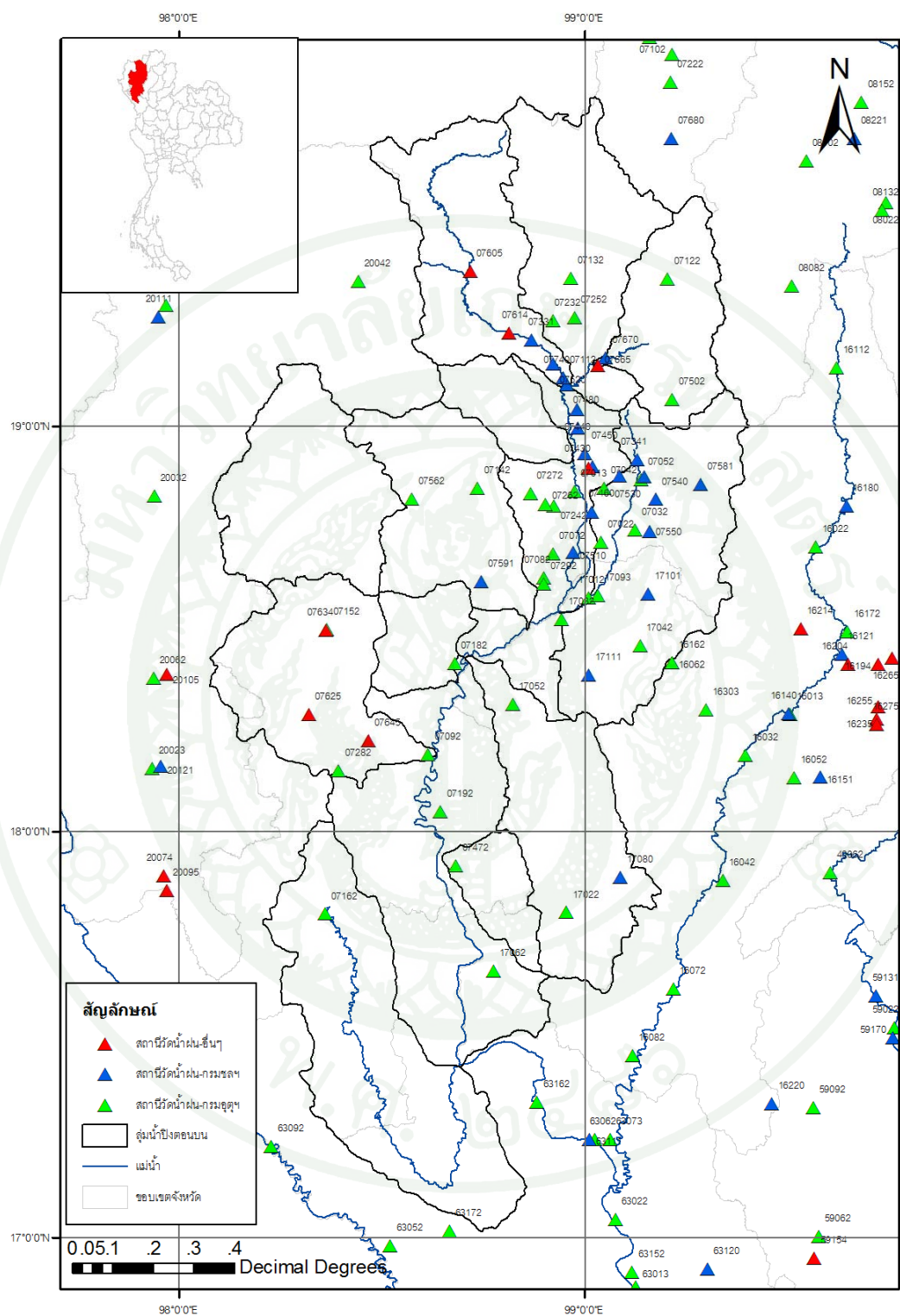
โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. การรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล

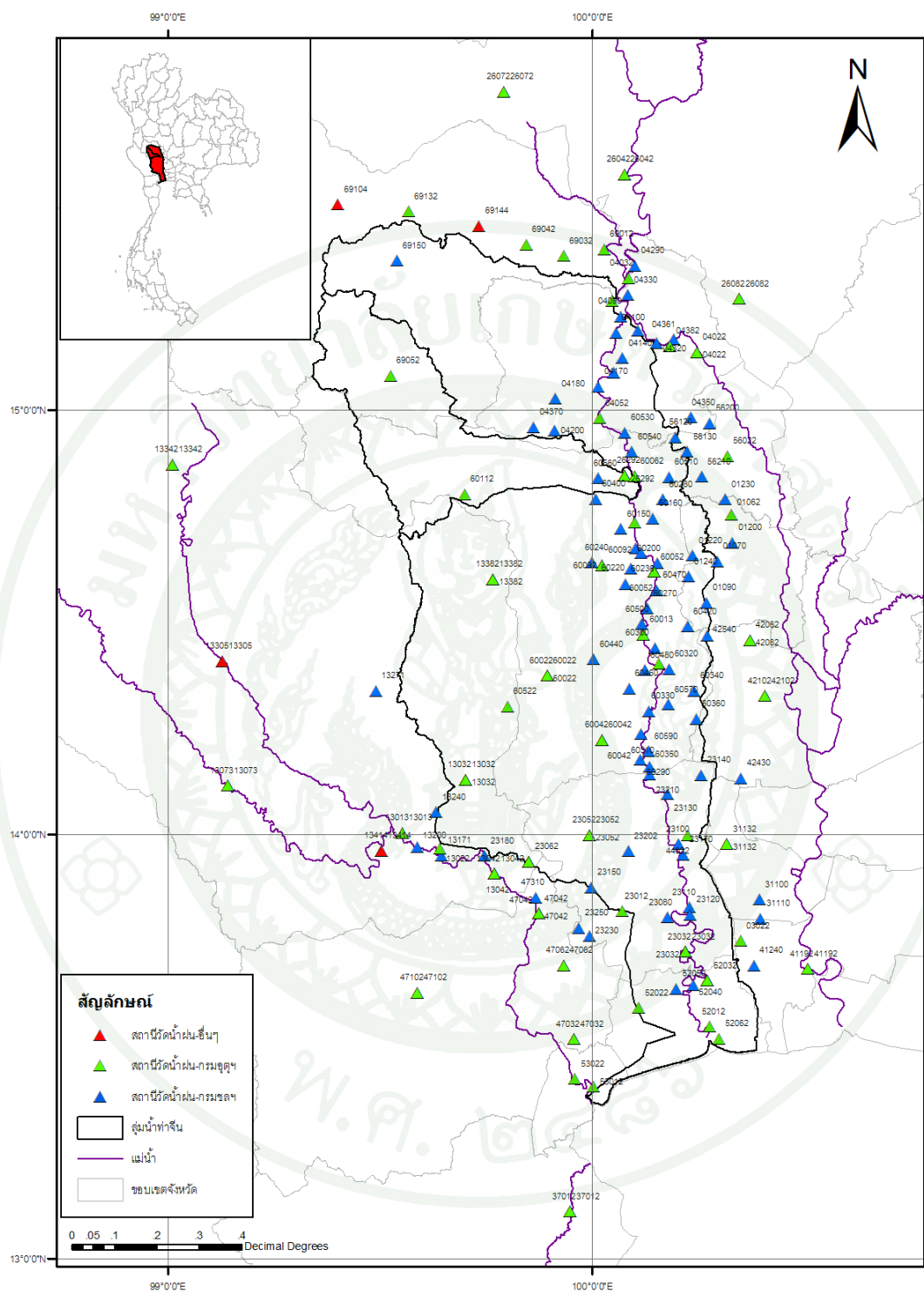
1.1 เตรียมข้อมูลพื้นที่ศึกษา โดยเงื่อนไขในการคัดเลือก คือ ต้องเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ลาดชัน และพื้นที่ราบ เพื่อพิจารณาความแตกต่างในการประมาณค่า ในการศึกษาครั้งนี้ได้คัดเลือกพื้นที่ศึกษา 2 กลุ่มน้ำ คือ

1.1.1 กลุ่มน้ำปิงตอนบน ซึ่งอยู่ตอนบนของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่เหนือเขื่อนภูมิพล มีสภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน ปกคลุมด้วยป่าไม้

1.1.2 พื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน ซึ่งอยู่ตอนกลางของประเทศไทย มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำ ตอนบนของกลุ่มน้ำมีลักษณะเป็นเชิงเขาแต่มีระดับไม่สูงมากนัก



ภาพที่ 14 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนและสถานีวัดน้ำฝน



ภาพที่ 15 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนและสถานีวัดน้ำฝน

1.2 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ขอบเขตลุ่มน้ำ ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของสถานีวัดน้ำฝน โดยใช้ข้อมูลของกรมชลประทาน ในการศึกษาจะต้องจัดเตรียมข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็น 2 แบบ คือ ระบบพิกัดแบบภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System) ซึ่งมีหน่วยเป็นองศา และ ระบบพิกัดแบบกริด (Grid Coordinate System) Projection UTM (Universal Transverse Mercator) Datum WGS84 Zone 47N ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร เพื่อให้เหมาะสมในการศึกษาการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันในแต่ละวิธี

1.3 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ข้างเคียง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – พ.ศ.2554 ของกรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และหน่วยงานอื่นๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนจำนวน 132 สถานี และในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนจำนวน 131 สถานี ซึ่งทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 7 นาฬิกาของทุกวัน โดยแต่ละสถานีวัดน้ำฝนจะประกอบด้วย รหัสสถานี ชื่อสถานี ตำแหน่งแนวเส้นรุ้ง (Latitude) ตำแหน่งแนวเส้นแวง (Longitude)

1.4 ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาเลือกใช้ข้อมูลที่เคยเผยแพร่ออกสู่สาธารณะของ NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ซึ่งมีความละเอียด 3 arc second หรือประมาณ 90 เมตร ซึ่งสามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้ที่ <http://srtm.csi.cgiar.org>

2. การคัดเลือกข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

2.1 ตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนเบื้องต้น ทำการตรวจสอบข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนโดยการจัดเตรียมข้อมูลฝนรายวันเป็นฝนสะสมรายปี ทำการคัดเลือกข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่ขาดหายไปทั้งปี หรือมีค่าผิดปกติออก

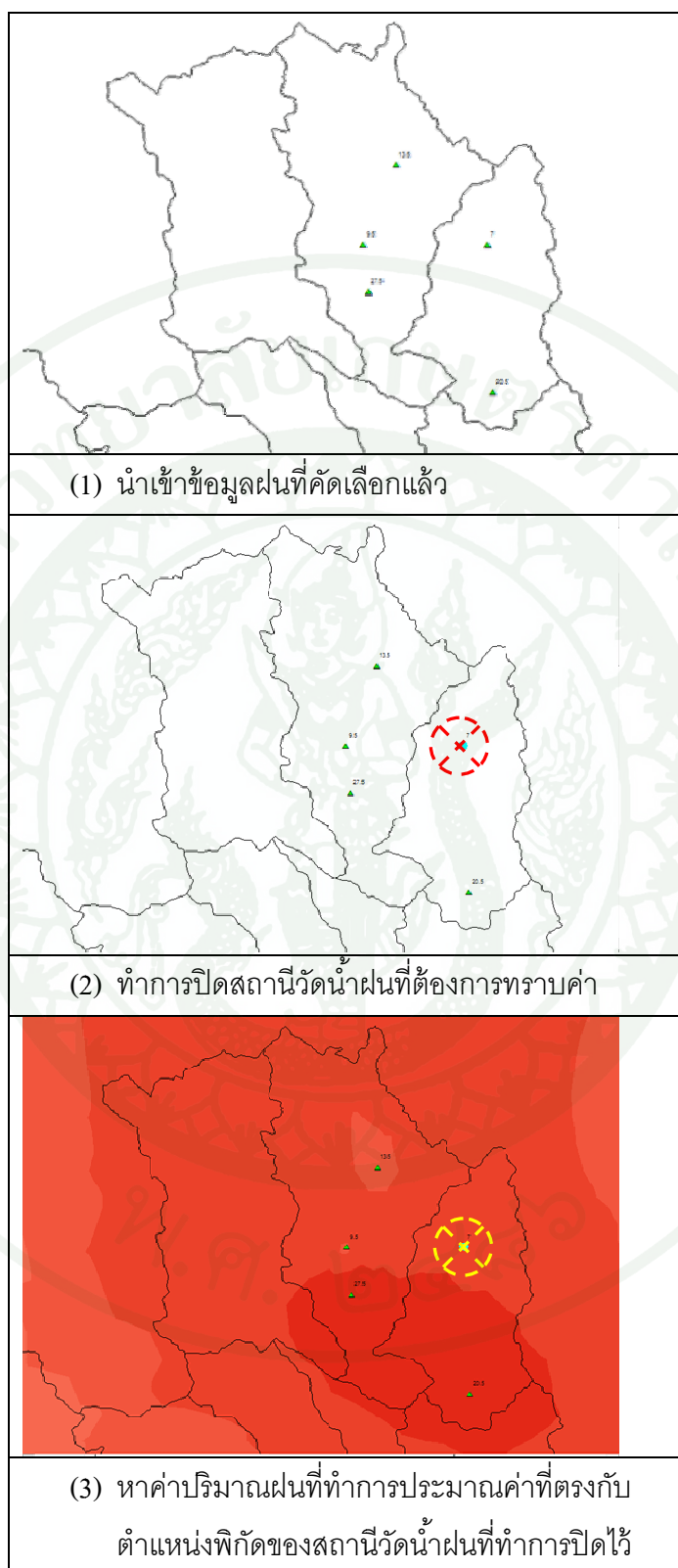
2.2 ทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนโดยวิธีกราฟทับทวี (Double Mass Curves) กรณีที่ข้อมูลถูกต้องกราฟที่ได้จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง

2.3 คัดเลือกข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในปี พ.ศ. 2553 และ ปี พ.ศ.2554 ทำการหาค่าฝนสะสมรายเดือนของแต่ละปี และทำการเลือกข้อมูลฝนเดือนที่มีปริมาณฝนสะสมรายเดือนมากที่สุด เพื่อใช้ในการศึกษา

2.4 ทำการหาค่าระดับของสถานีวัดน้ำฝนจากข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) ของ SRTM โดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS ในการศึกษาจึงเลือกพิจารณากลุ่มน้ำปิงตอนบนซึ่งมีระดับความสูงของสถานีทั้งหมดอยู่ในช่วง 100 – 2,600 เมตร ในกลุ่มน้ำท่าจีนระดับความสูงของสถานีทั้งหมดอยู่ในช่วง 0 – 850 เมตร เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของระดับความสูงกับปริมาณฝน

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

3.1 หาค่าปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Inverse Distance Weight, Kriging และ Isohyetal โดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS ประมาณค่าของข้อมูลฝนซึ่งมีลักษณะข้อมูลแบบจุดให้เป็นข้อมูลในเชิงพื้นที่ในรูปแบบข้อมูลต่อเนื่องหรือเป็นกริดในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งจะต้องใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบระบบพิกัดแบบภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System)



ภาพที่ 16 ขั้นตอนการประมาณค่าเชิงพื้นที่

3.1.1 สร้างขอบเขตที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาในรูปแบบ Polygon

3.1.2 นำเข้าข้อมูลแผนที่ที่คัดเลือกแล้ว ซึ่งเป็นฝนรายวันของแต่ละสถานีวัดน้ำฝน แสดงในภาพที่ 16 ภาพย่อยที่ (1)

3.1.3 ทำการปิดสถานีวัดน้ำฝนที่ต้องการทราบค่า จากนั้นใช้โปรแกรม ArcGIS สร้างปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Inverse Distance Weight, Kriging และ Isohyetal โดยสร้างให้เต็มพื้นที่ขอบเขตที่กำหนดไว้ในข้อ 3.1.1 ดังแสดงในภาพที่ 16 ภาพย่อยที่ (2)

3.1.4 หาค่าปริมาณฝนที่ทำการประมาณค่าที่ตรงกับตำแหน่งพิกัดของสถานีวัดน้ำฝนที่ทำการปิดไว้ในข้อ 3.1.3 ทำการบันทึกข้อมูลเพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าจริงของสถานีนั้นๆ ดังแสดงในภาพที่ 16 ภาพย่อยที่ (3)

3.1.5 ทำการสร้างค่าปริมาณฝนทุกๆ สถานีวัดน้ำฝนที่ต้องการทราบค่า จนครบทุกสถานีใน 1 เดือน

3.2 หาค่าปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Thiessen Polygon โดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS ประมาณค่าของข้อมูลฝนซึ่งมีลักษณะข้อมูลแบบจุดให้เป็นข้อมูลในเชิงพื้นที่ในรูปแบบข้อมูลต่อเนื่องหรือเป็นกริดในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งจะต้องใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบระบบพิกัดแบบกริด (Grid Coordinate System) Projection UTM (Universal Transverse Mercator) Datum WGS84 Zone 47N เนื่องจากในการสร้างปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Thiessen Polygon จำเป็นต้องคำนวณหาพื้นที่ในแต่ละ Polygon เพื่อใช้หาค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละสถานีวัดน้ำฝน

3.2.1 สร้างขอบเขตที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาในรูปแบบ Polygon

3.2.2 นำเข้าข้อมูลแผนที่ที่คัดเลือกแล้ว ซึ่งเป็นฝนรายวันของแต่ละสถานีวัดน้ำฝน

3.2.3 ทำการปิดสถานีวัดน้ำฝนที่ต้องการทราบค่า จากนั้นใช้โปรแกรม ArcGIS สร้างปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Thiessen Polygon โดยสร้างให้เต็มพื้นที่ขอบเขตที่กำหนดไว้ในข้อ 3.2.1

3.2.4 หาค่าปริมาณฝนที่ทำการประมาณค่าที่ตรงกับตำแหน่งพิกัดของสถานีวัดน้ำฝนที่ทำการปิดไว้ในข้อ 3.2.3 ทำการบันทึกข้อมูลเพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าจริงของสถานีนั้นๆ

3.2.5 ทำการสร้างค่าปริมาณฝนทุกๆ สถานีวัดน้ำฝนที่ต้องการทราบค่า จนครบทุกสถานีใน 1 เดือน

3.3 หาค่าปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Thin Plate Spline โดยใช้โปรแกรม ANUSPLIN Version 4.3 ประมาณค่าของข้อมูลฝนซึ่งมีลักษณะข้อมูลแบบจุดให้เป็นข้อมูลในเชิงพื้นที่ในรูปแบบข้อมูลต่อเนื่องหรือเป็นกริดในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.3.1 สร้างขอบเขตที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาในรูปแบบ Polygon

3.3.2 นำเข้าข้อมูลฝนที่คัดเลือกแล้ว ซึ่งเป็นฝนรายวันของแต่ละสถานีวัดน้ำฝน

3.3.3 ทำการปิดสถานีวัดน้ำฝนที่ต้องการทราบค่า จากนั้นใช้โปรแกรม ANUSPLIN Version 4.3 สร้างปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Thin Plate Spline โดยสร้างให้เต็มพื้นที่ขอบเขตที่กำหนดไว้ในข้อ 3.3.1

3.3.4 หาค่าปริมาณฝนที่ทำการประมาณค่าที่ตรงกับตำแหน่งพิกัดของสถานีวัดน้ำฝนที่ทำการปิดไว้ในข้อ 3.3.3 ทำการบันทึกข้อมูลเพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าจริงของสถานีนั้นๆ

3.3.5 ทำการสร้างค่าปริมาณฝนทุกๆ สถานีวัดน้ำฝนที่ต้องการทราบค่า จนครบทุกสถานีใน 1 เดือน

3.4 ตรวจสอบผลการประมาณค่าของแต่ละวิธีและสรุปผลการศึกษา

โดยการบรรยายลักษณะการกระจายของปริมาณน้ำฝนโดยวิธีการประมาณค่าแต่ละวิธีด้วยลักษณะทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error, MAE), ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (Root Mean Square Error, RMSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (Mean Error)

การประเมินผลด้วย RMSE คือการวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณที่จากการประมาณค่าแต่ละวิธี หากค่า RMSE มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับวิธีอื่น แสดงว่าค่าการประมาณที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2} \quad (11)$$

โดย RMSE = ค่า Error ที่เกิดขึ้น
 x_i = ค่าจริง
 x = ค่าที่ได้จากการประมาณค่า
 n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

การประเมินผลด้วย MAE เป็นวิธีการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าจากการประมาณค่าและค่าจริง หาก MAE มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับวิธีอื่น แสดงว่าค่าการประมาณที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - x| \quad (12)$$

โดย MAE = ค่า Error ที่เกิดขึ้น
 x_i = ค่าจริง
 x = ค่าที่ได้จากการประมาณค่า
 n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

การประเมินผลด้วย ME เป็นวิธีการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างค่าจากการประมาณค่าและค่าจริง หาก ME มีค่าเป็นบวก แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้ต่ำกว่าค่าจริง แต่ถ้าหาก ME มีค่าเป็นลบ แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้สูงกว่าค่าจริง

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x) \quad (13)$$

โดย ME = ค่า Error ที่เกิดขึ้น
 x_i = ค่าจริง
 x = ค่าที่ได้จากการประมาณค่า
 n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of Determination) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ R^2 เป็นค่าที่อธิบายว่าสมการการถดถอยที่ใช้ประมาณค่ามีความสามารถอธิบายความผันผวนของตัวแปรตามได้มากน้อยเพียงใด หรือตัวแปรอิสระในแบบจำลองอธิบายตัวแปรตามได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ยิ่งค่าเข้าใกล้เคียง 1 มาก แสดงว่ามีค่าความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างสองกลุ่มตัวแปรมาก

$$R^2 = \frac{SS_{Reg}}{SST} \quad (14)$$

โดย R^2 = ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ
 SS_{Reg} = ค่าความแปรปรวนของ y เนื่องจากอิทธิพลของ X
 SST = ผลบวกของผลต่างระหว่าง Y_i กับ $\bar{Y}$ ยกกำลังสอง

ผลและวิจารณ์

ผล

การศึกษา การเปรียบเทียบการประมาณฝนเชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำปิงตอนบนและกลุ่มน้ำท่าจีน โดยเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ ที่มีรายละเอียดของผลการศึกษา ดังต่อไปนี้

1. การตรวจสอบและคัดเลือกข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝน โดยวิธีกราฟทับทวี (Double Mass Curves) และพิจารณาค่า R^2 ที่เข้าใกล้ 1 สรุปได้ดังตารางที่ 6 ทำให้สามารถคัดเลือกข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่นำไปใช้ศึกษา

ตารางที่ 6 สรุปรายละเอียดข้อมูลที่คัดเลือก

ที่	รายละเอียด	กลุ่มน้ำปิงตอนบน	กลุ่มน้ำท่าจีน
1.	จำนวนสถานีที่คัดเลือก	45	33
	- กรมชลประทาน	4	-
	- กรมอุตุนิยมวิทยา	40	31
	- หน่วยงานอื่น	1	2
2.	ค่า R^2 ของสถานี	0.9772 – 0.9994	0.9849 – 0.9993
3.	ค่า DEM (ม.)	112 – 1,286	4 - 270
4.	ฝนเฉลี่ยรายปี (มม.)	727 – 1,807	640 – 1,507

- กลุ่มน้ำปิงตอนบน มีสถานีที่คัดเลือกจำนวน 45 สถานี โดยประกอบด้วยสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน 4 สถานี กรมอุตุนิยมวิทยา 40 สถานี และหน่วยงานอื่นอีก 1 สถานี อยู่ในพื้นที่กลุ่มน้ำปิงตอนบนจำนวน 26 สถานี และพื้นที่ใกล้เคียง จำนวน 19 สถานี ค่า R^2 ที่ได้จากการทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนโดยวิธีกราฟทับทวีอยู่ในช่วง 0.9772 – 0.9994 ซึ่งมีความน่าเชื่อ่าน่าเชื่อถืออยู่ในระดับดี

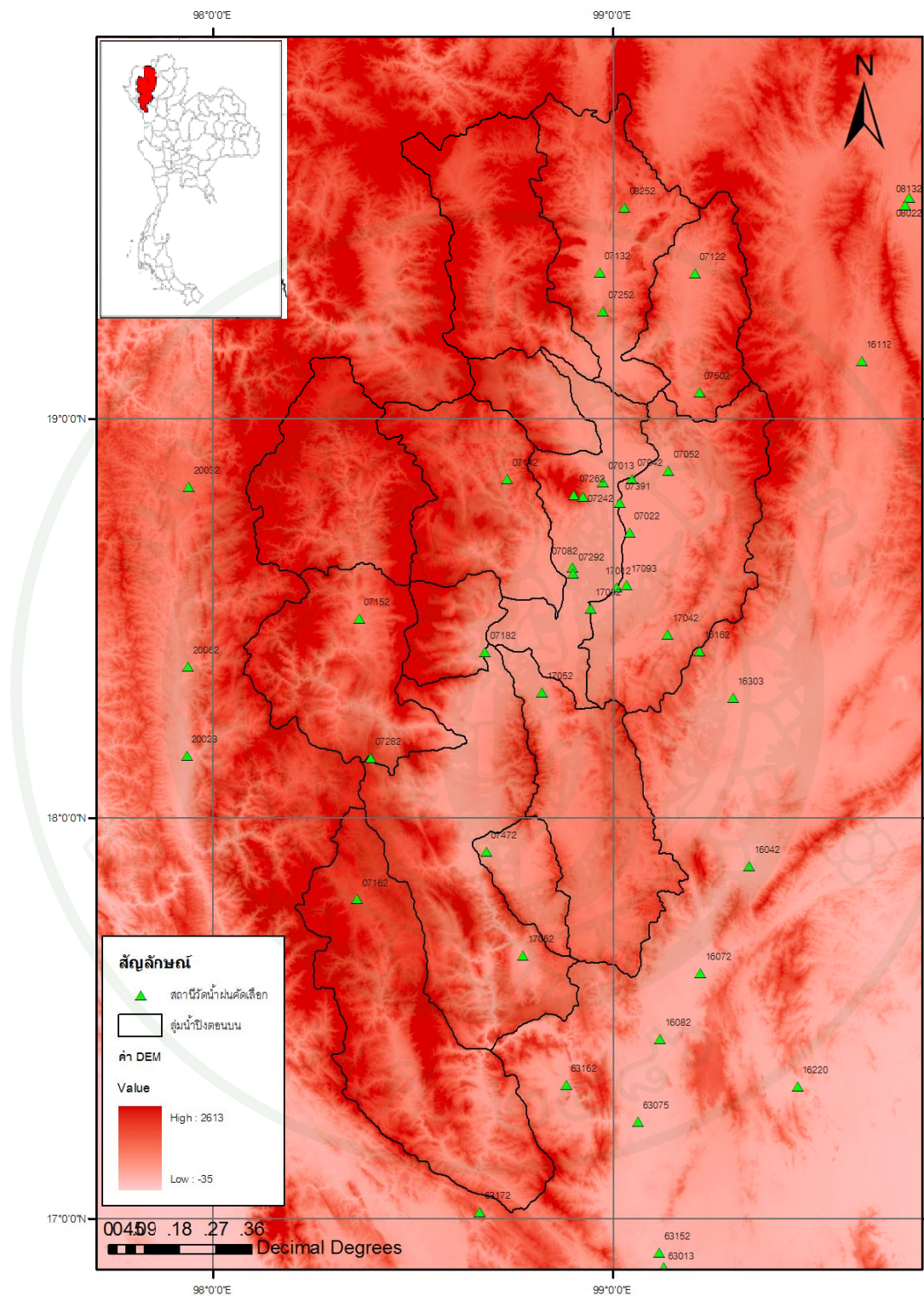
- กลุ่มน้ำท่าจีน มีสถานีที่คัดเลือกจำนวน 33 สถานี โดยประกอบด้วยสถานีวัดน้ำฝนของ กรมอุตุนิยมวิทยา 31 สถานี และหน่วยงานอื่นอีก 2 สถานี อยู่ในพื้นที่กลุ่มน้ำท่าจีน จำนวน 13 สถานี และพื้นที่ใกล้เคียง จำนวน 20 สถานี ค่า R^2 ที่ได้จากการทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนโดยวิธีกราฟทับทวิอยู่ในช่วง 0.9849 – 0.9993 ซึ่งมีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับดี

จากการศึกษาพบว่าสถานีวัดน้ำฝนที่มีข้อมูลสมบูรณ์ที่สุดจะเป็นของกรมอุตุนิยมวิทยารายละเอียดของสถานีวัดน้ำฝนที่คัดเลือกแสดงตารางผนวก ก1 และ ก2 ส่วนรายละเอียดผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนโดยวิธีกราฟทับทวิ (Double Mass Curves) แสดงในภาพผนวกที่ ก3 และ ก4

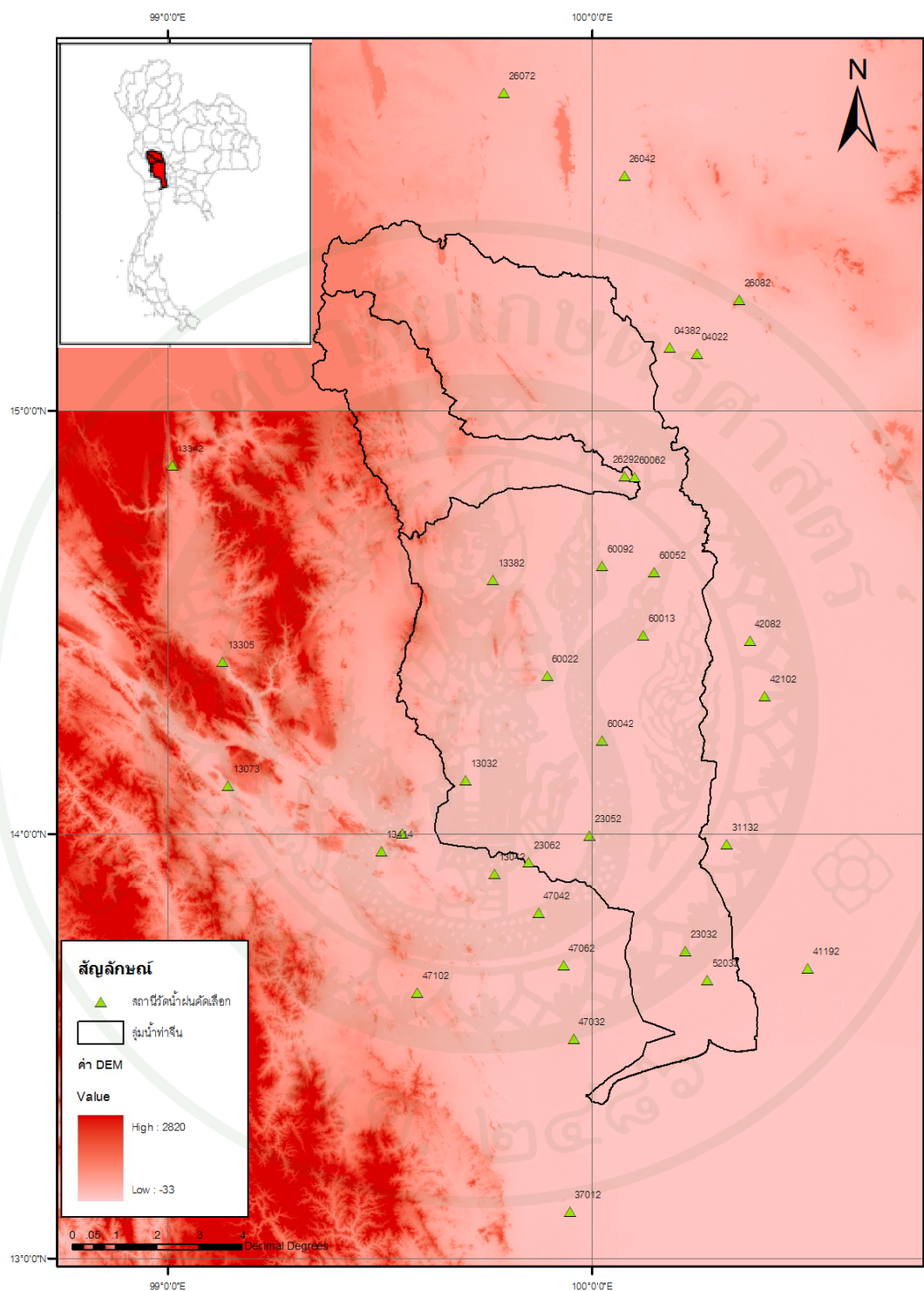
ตารางที่ 7 ค่าฝนสะสมรายเดือนในปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร)

กลุ่มน้ำ	ปี	เดือน											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปิง	2553	235	33	3743	662	2720	5641	7795	14271	8835	8064	28	561
	2554	9	40	62	4484	10270	6678	7465	11215	10674	5707	408	11
ท่าจีน	2553	14	429	2600	641	2352	5143	5489	6202	8116	8655	81	662
	2554	0	0	0	2349	4759	2865	4016	4570	5795	7381	39	9

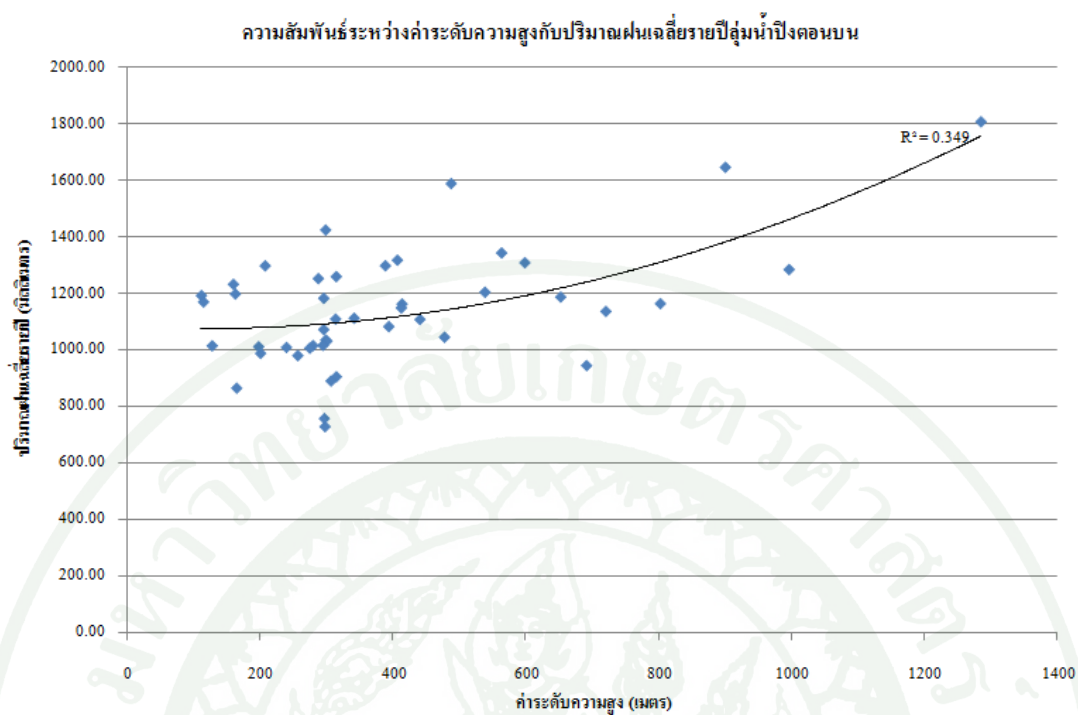
1.2 ทำการเลือกข้อมูลที่มีปริมาณฝนสะสมรายปีมากที่สุดมาพิจารณา ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกฝนปี พ.ศ. 2554 ซึ่งมีปริมาณฝนตกมาก และพิจารณาฝนในปีใกล้เคียงคือ ปี พ.ศ. 2553 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบ ผลจากตารางที่ 7 พบว่า กลุ่มน้ำปิงตอนบนมีค่าฝนสะสมรายเดือนสูงที่สุดในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ. 2553 (14,271 มม.) และ พ.ศ. 2554 (11,215 มม.) กลุ่มน้ำท่าจีนมีค่าฝนสะสมรายเดือนสูงที่สุดในเดือนตุลาคมทั้งปี พ.ศ. 2553 (8,655 มม.) และ พ.ศ. 2554 (7,381 มม.) ดังนั้นในการศึกษาการประมาณค่าปริมาณฝนเชิงพื้นที่จึงเลือกใช้ข้อมูลฝนเดือนสิงหาคมสำหรับกลุ่มน้ำปิงตอนบน และเลือกใช้ข้อมูลฝนเดือนตุลาคมสำหรับกลุ่มน้ำท่าจีน (รายละเอียดค่าฝนสะสมรายเดือนแสดงในตารางผนวก ก5, ก6, ก7 และ ก8)



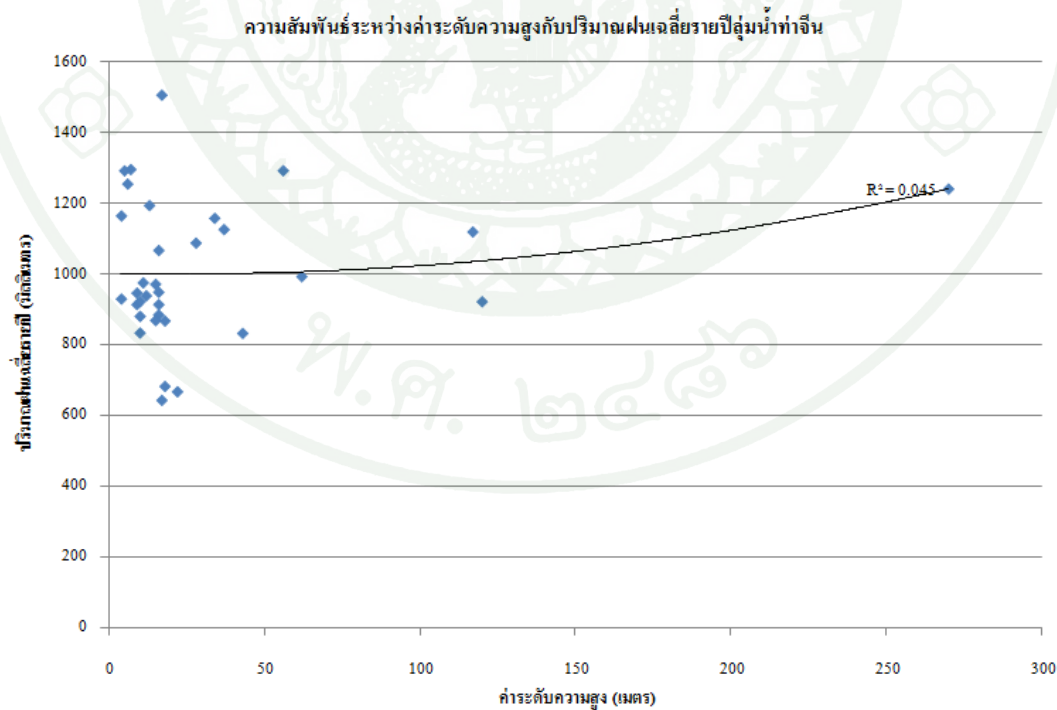
ภาพที่ 17 ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงตัวเลข (DEM) ของลุ่มน้ำปึงตอนบน



ภาพที่ 18 ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงตัวเลข (DEM) ของกลุ่มน้ำท่าจีน



ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสูงกับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีลุ่มน้ำปึงตอนบน



ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสูงกับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีลุ่มน้ำทำเงิน

1.3 จากภาพที่ 17 และภาพที่ 18 แสดงค่าระดับของสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานีที่ได้จาก DEM ของ SRTM พบว่า

- กลุ่มน้ำปิงตอนบน มีระดับความสูงของสถานีทั้งหมดอยู่ในช่วง 110 – 1,300 เมตร โดยมีค่าระดับสูงสุดที่สถานี 07262 คือ 1,286 เมตร เมตรและต่ำสุดที่สถานี 16220 จะเห็นได้ว่า สถานีวัดน้ำฝนส่วนใหญ่ไม่ได้ตั้งบนพื้นที่สูงชันบนภูเขาสูง เนื่องจากสถานีวัดน้ำฝนที่คัดเลือกส่วนใหญ่จะเป็นของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งจะติดตั้งสถานีวัดน้ำฝนในบริเวณพื้นที่ชุมชนหรือสถานีตรวจวัดอากาศของอำเภอ แต่เมื่อพิจารณาค่าระดับความสูงแต่ละสถานีก็จะพบว่ามีความแตกต่างกัน อยู่ค่อนข้างมากเพราะสภาพภูมิประเทศของตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนมีความแตกต่างกัน

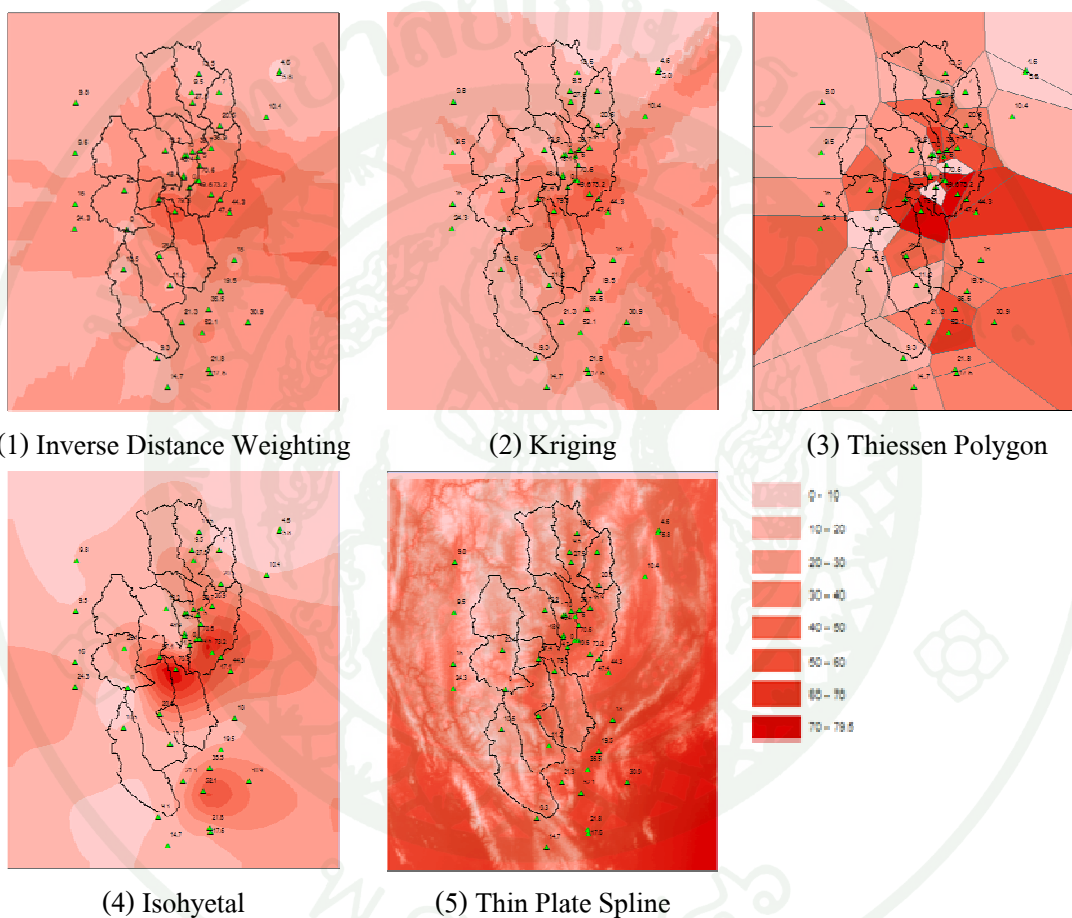
กลุ่มน้ำท่าจีน มีระดับความสูงของสถานีทั้งหมดอยู่ในช่วง 4 – 270 เมตร โดยมีค่าระดับสูงสุดที่สถานี 13342 คือ 270 เมตรและต่ำสุดที่สถานี 23032 จะเห็นได้ว่าสถานีส่วนใหญ่จะกระจายตัวในเขตชุมชนเนื่องจากส่วนใหญ่จะเป็นของกรมอุตุนิยมวิทยา ค่าระดับความสูงของแต่ละสถานี มีค่าแตกต่างกันไม่มากเนื่องจากลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่กลุ่มน้ำท่าจีนมีลักษณะเป็นที่ราบ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสูงกับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำปิงตอนบน (ภาพที่ 19) ค่า R^2 ของกลุ่มน้ำปิงตอนบนมีค่า 0.349 และกลุ่มน้ำท่าจีน (ภาพที่ 20) ค่า R^2 ของกลุ่มน้ำท่าจีนมีค่า 0.045 สรุปได้ว่า ค่าระดับความสูงของกลุ่มน้ำปิงตอนบนมีผลต่อปริมาณฝนแต่เนื่องจากตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนที่ทำการคัดเลือกส่วนใหญ่ไม่ได้อยู่บนภูเขาสูง ค่าความสัมพันธ์ที่ได้จึงน้อยแต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มน้ำท่าจีนที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบ จะเห็นได้ว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับปริมาณฝนของกลุ่มน้ำท่าจีนมีค่าน้อยมากทำให้ในกลุ่มน้ำท่าจีนไม่มีอิทธิพลของความสูงที่ทำให้ปริมาณฝนมีค่าแตกต่างกัน

2. ผลการประมาณค่าฝนเชิงพื้นที่

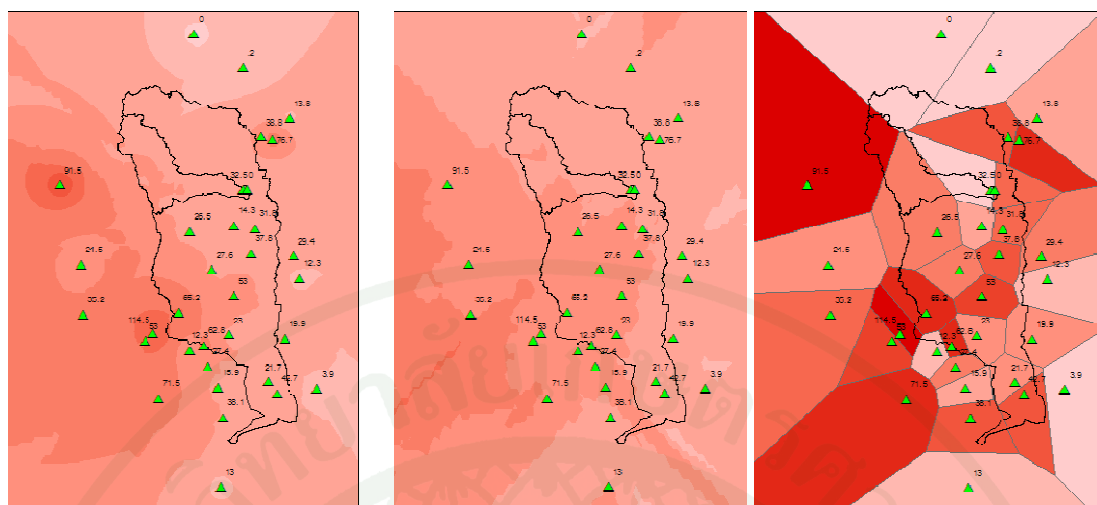
การศึกษาการประมาณค่าปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการทั้ง 5 จะแสดงรายละเอียด ผลการศึกษาในภาคผนวก ข และได้คัดเลือกวันที่มีฝนตกหนักมาแสดงเป็นแผนที่ของผล การประมาณค่าข้อมูลน้ำฝนรายวันทั้งพื้นที่กลุ่มน้ำปิงตอนบน ได้แก่ ข้อมูลฝนรายวันของวันที่ 18 สิงหาคม 2553 และในพื้นที่กลุ่มน้ำท่าจีน ได้แก่ ข้อมูลฝนรายวันของวันที่ 2 ตุลาคม 2553 ภาพที่ 21 และภาพที่ 22 ตามลำดับ แสดงผลการประมาณค่าฝนรายวัน โดยวิธี ภาพย่อยที่ (1) ใช้วิธี

Inverse Distance Weighting ภาพย่อยที่ (2) ใช้วิธี Kriging ภาพย่อยที่ (3) ใช้วิธี Thiessen Polygon ภาพย่อยที่ (4) ใช้วิธี Isohyetal และภาพย่อยที่ (5) ใช้วิธี Thin Plate Spline แสดงให้เห็นการกระจายตัวของฝนที่ได้จากการประมาณค่าในแต่ละวิธี พบว่ารูปแบบการกระจายตัวของฝนมีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่วิธี Thin Plate Spline มีลักษณะการกระจายตัวของฝนตามลักษณะภูมิประเทศ เนื่องจากในการประมาณค่าน้ำฝนด้วยวิธีนี้จะใช้ค่าระดับภูมิประเทศในการประมาณค่า



ภาพที่ 21 ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของปริมาณฝนในแต่ละวิธี กลุ่มน้ำปึงดอนบน
ณ วันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2553

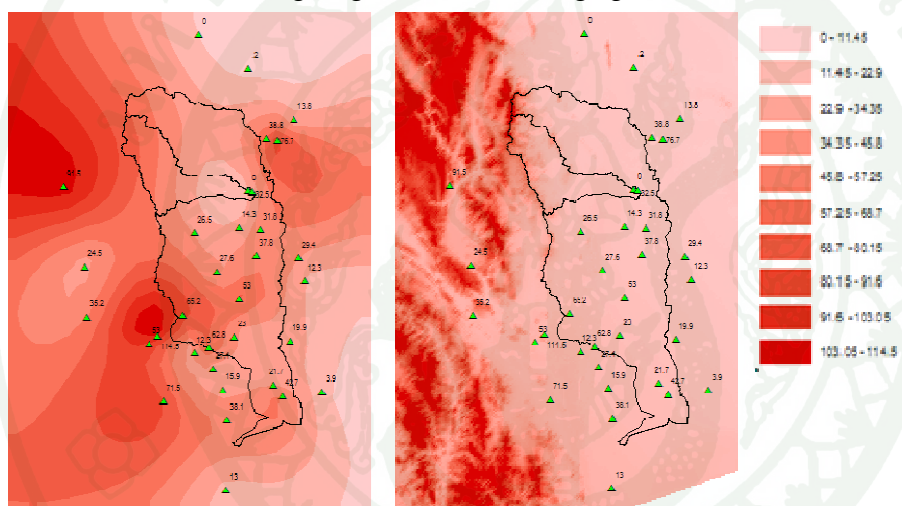
หมายเหตุ: สถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา, กรมชลประทาน และหน่วยงานอื่นๆ (ม.ป.ป.)



(1) Inverse Distance Weighting

(2) Kriging

(3) Thiessen Polygon

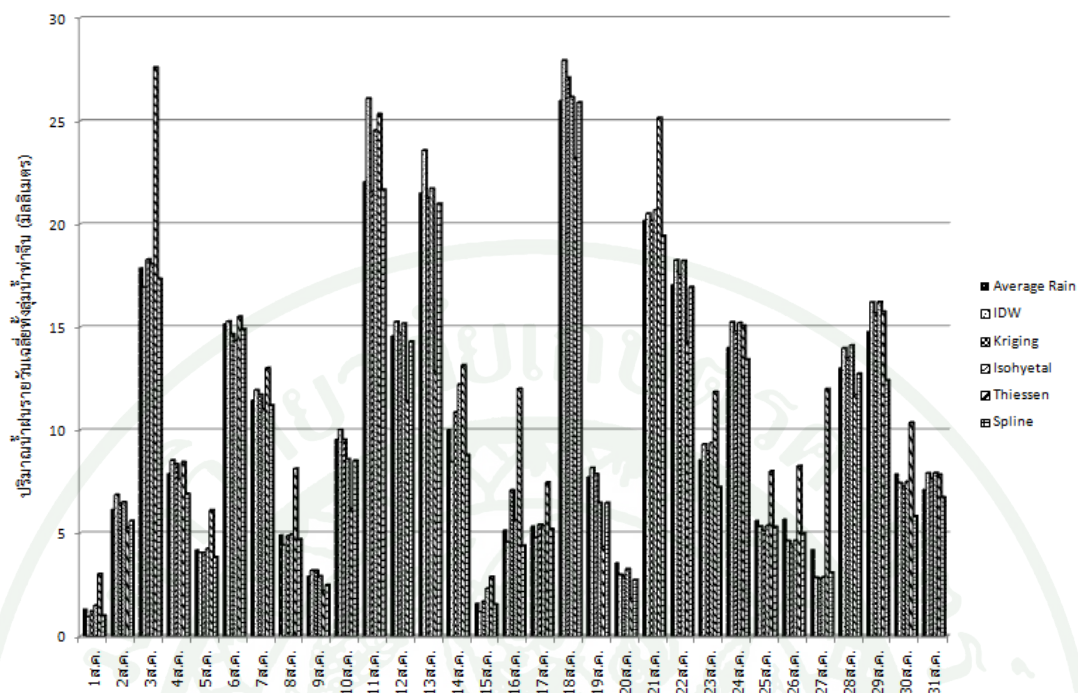


(4) Isohyetal

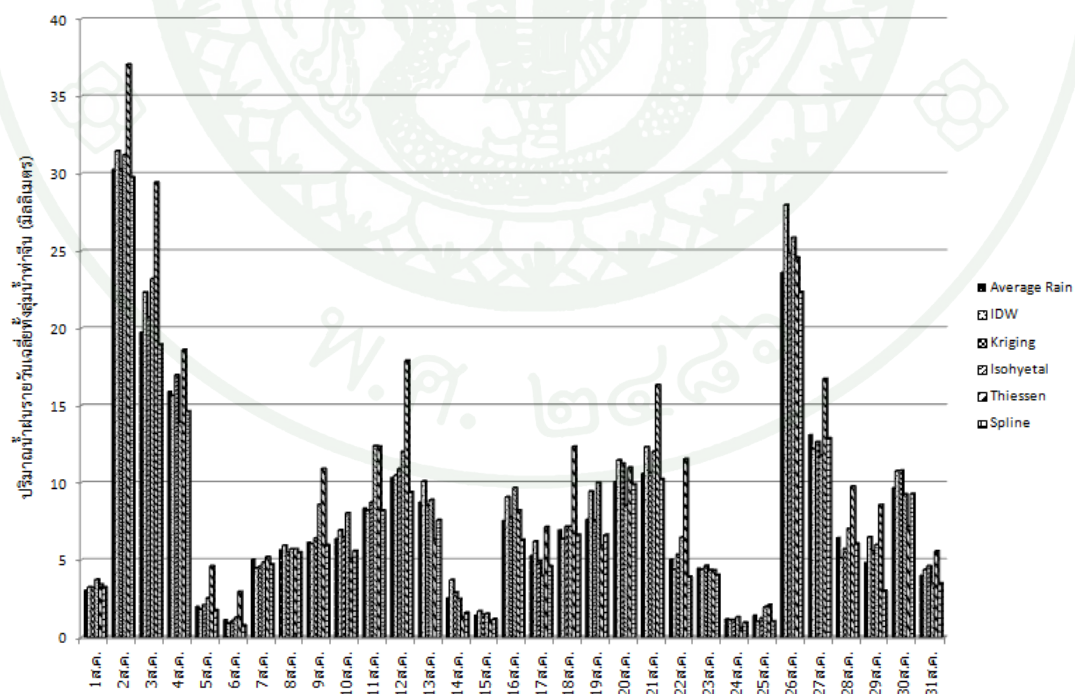
(5) Thin Plate Spline

ภาพที่ 22 ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของปริมาณฝนในแต่ละวิธี ลุ่มน้ำท่าจีน
ณ วันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2553

หมายเหตุ: สถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา, กรมชลประทาน และหน่วยงานอื่นๆ (ม.ป.ป.)

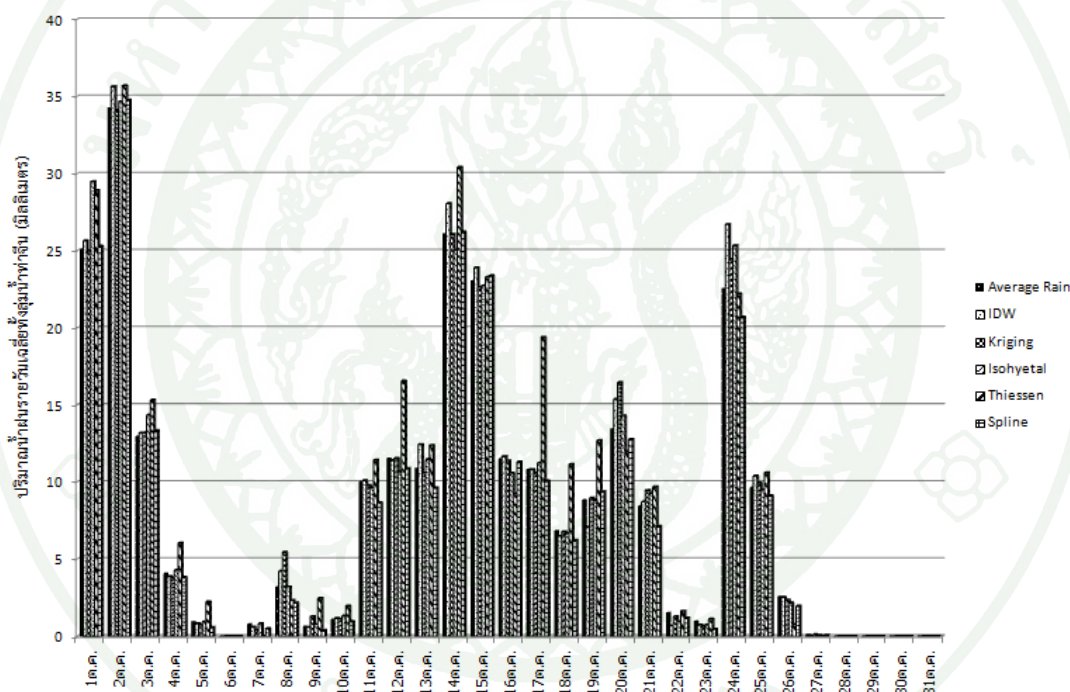


ภาพที่ 23 กราฟแสดงปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันทั้งลุ่มน้ำปึงตอนบนช่วงเดือนสิงหาคม 2553

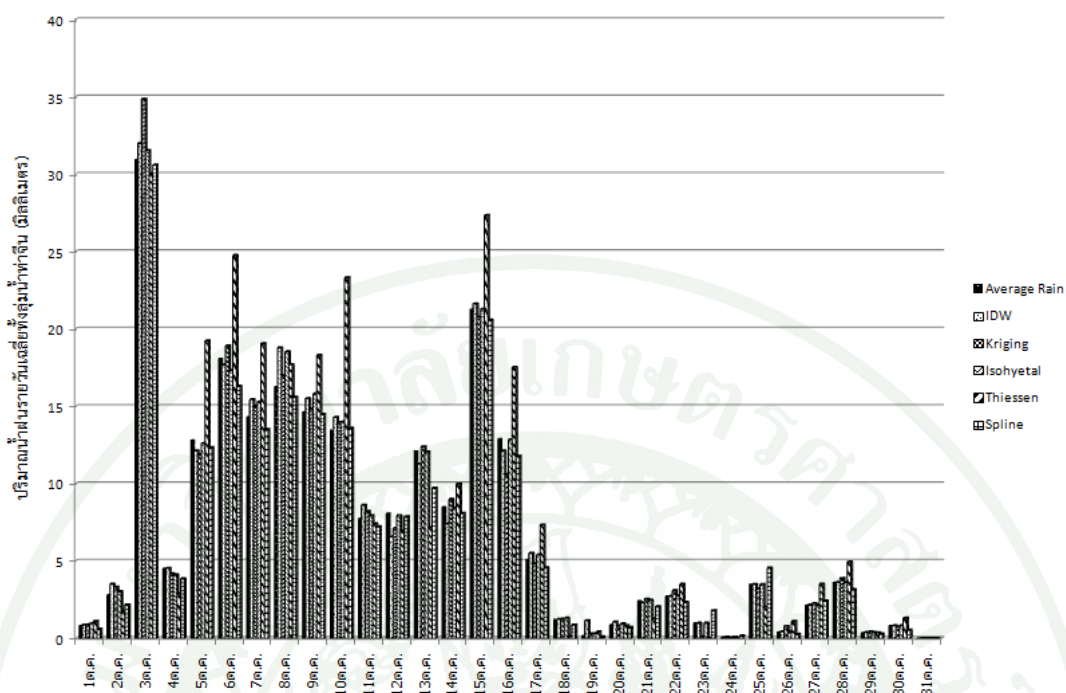


ภาพที่ 24 กราฟแสดงปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันทั้งลุ่มน้ำปึงตอนบนช่วงเดือนสิงหาคม 2554

กลุ่มน้ำปิงตอนบนช่วงเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2553 และปี พ.ศ. 2554 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันทั้งพื้นที่ในการประมาณค่าจะสูงกว่าค่าจริงเป็นส่วนใหญ่ (ภาพที่ 23 และภาพที่ 24) โดยเฉพาะวิธี Thiessen Polygon ซึ่งมีค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันทั้งพื้นที่สูงที่สุด รองลงมาคือวิธี Inverse Distance Weighting เมื่อพิจารณาวันที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุด วันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2553 พบว่า วิธี Thin Plate Spline มีค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันทั้งพื้นที่ใกล้เคียงกับปริมาณฝนที่ตกจริงมากที่สุด และวันที่ 2 สิงหาคม พ.ศ. 2554 พบว่า วิธี Kriging มีค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันทั้งพื้นที่ใกล้เคียงกับปริมาณฝนที่ตกจริงมากที่สุด ส่วนในกรณีวันที่มีปริมาณฝนตกน้อย ค่าที่ได้จากการประมาณค่าจะน้อยกว่าปริมาณฝนที่ตกจริง



ภาพที่ 25 กราฟแสดงปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันทั้งกลุ่มน้ำท่าจีนช่วงเดือนตุลาคม 2553



ภาพที่ 26 กราฟแสดงปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันทั้งลุ่มน้ำท่าจีนช่วงเดือนตุลาคม 2554

ลุ่มน้ำท่าจีนช่วงเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2553 และปี พ.ศ. 2554 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันทั้งพื้นที่ในการประมาณค่าจะค่อนข้างสูงกว่าค่าจริงไม่มากนัก (ภาพที่ 25 และภาพที่ 26) แต่วิธี Thiessen Polygon จะมีค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันทั้งพื้นที่สูงที่สุดและสูงกว่าทุกวิธี รองลงมาคือวิธี Inverse Distance Weighting และ วิธี Isohyetal เมื่อพิจารณาวันที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุด วันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2553 พบว่า วิธี Kriging มีค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันทั้งพื้นที่ใกล้เคียงกับปริมาณฝนที่ตกจริงมากที่สุด และวันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2554 พบว่า วิธี Thin Plate Spline มีค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันทั้งพื้นที่ใกล้เคียงกับปริมาณฝนที่ตกจริงมากที่สุด ส่วนในกรณีวันที่มีปริมาณฝนตกน้อย พื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน ค่าการประมาณค่าส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นวิธี Thiessen Polygon

ผลการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันทั้งพื้นที่ด้วยวิธีการต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนในช่วงเดือนสิงหาคม 2553 และช่วงเดือนสิงหาคม 2554 พื้นที่ลุ่มน้ำทำนุในช่วงเดือนตุลาคม 2553 และช่วงเดือนตุลาคม 2554 สรุปผลการศึกษาในลักษณะทางสถิติแสดงในตารางที่ 8 และตารางที่ 9 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ลักษณะทางสถิติในการประมาณค่าในแต่ละวิธีของกลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำทำนุ

ลักษณะทางสถิติ	การประมาณค่า	ลุ่มน้ำปิงตอนบน		ลุ่มน้ำทำนุ	
		สิงหาคม	สิงหาคม	ตุลาคม	ตุลาคม
		พ.ศ. 2553	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2553	พ.ศ. 2554
ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (ME)	IDW	-9.69	-35.32	-10.74	-4.34
	Kriging	-3.47	-6.62	-5.98	-3.21
	Isohyetal	-7.55	-20.10	-6.91	-4.86
	Thiessen	-33.22	-64.83	-37.47	-37.42
	TPS	20.43	18.80	11.05	11.72
ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE)	IDW	268.59	216.36	242.44	192.56
	Kriging	280.36	219.95	241.74	225.56
	Isohyetal	286.37	223.64	254.42	200.49
	Thiessen	437.78	356.08	333.31	324.77
	TPS	244.94	188.45	202.86	195.40
ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE)	IDW	401.90	323.52	347.74	267.34
	Kriging	416.73	327.04	355.14	326.87
	Isohyetal	440.27	330.65	195.66	275.63
	Thiessen	879.59	714.63	559.00	580.39
	TPS	370.72	287.85	307.30	287.67

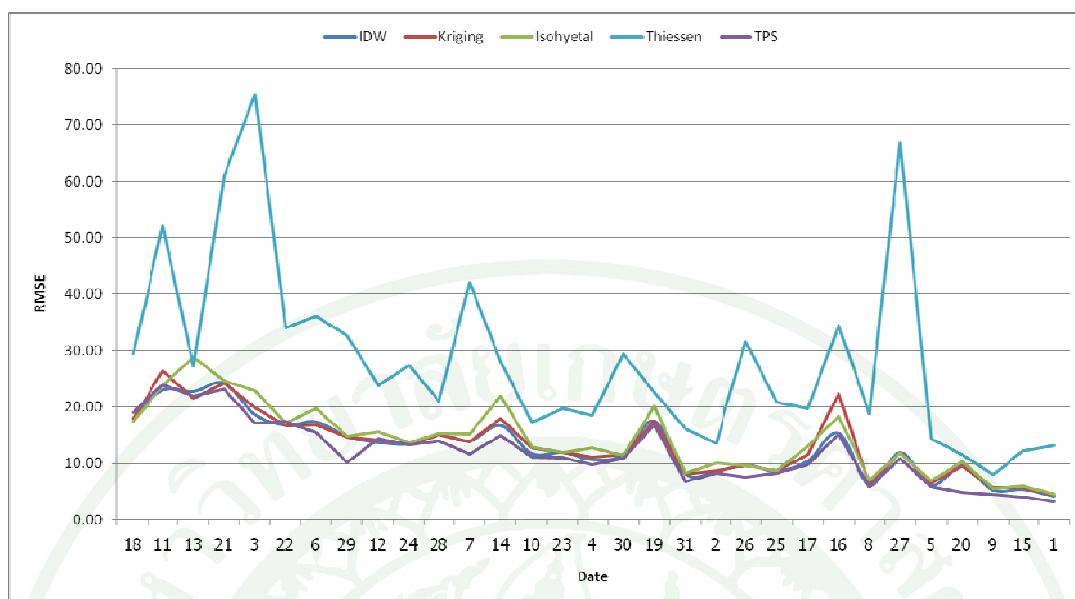
ตารางที่ 9 ลักษณะทางสถิติในการประมาณค่าในแต่ละวิธีของกลุ่มน้ำปึงตอนบน
และลุ่มน้ำท่าจีน กรณีวันที่มีปริมาณฝนสูงสุด

ลักษณะทางสถิติ	การ ประมาณค่า	ลุ่มน้ำปึงตอนบน		ลุ่มน้ำท่าจีน	
		18 สิงหาคม	2 สิงหาคม	2 ตุลาคม	3 ตุลาคม
		พ.ศ. 2553	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2553	พ.ศ. 2554
ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อน (ME)	IDW	-1.95	-1.69	-1.38	-1.05
	Kriging	-1.11	0.03	0.12	-3.90
	Isohyetal	-0.17	-0.91	-0.41	-0.58
	Thiessen	2.77	-6.77	-2.35	0.90
	TPS	0.09	0.53	-0.52	0.34
ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อน สัมบูรณ์ (MAE)	IDW	13.94	18.55	22.12	20.10
	Kriging	14.01	17.75	21.42	19.59
	Isohyetal	11.75	15.01	24.45	23.05
	Thiessen	23.04	34.61	29.94	30.51
	TPS	15.25	16.02	18.76	18.20
ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อน ยกกำลังสอง (RMSE)	IDW	18.03	29.63	27.26	26.99
	Kriging	17.98	24.74	27.34	26.85
	Isohyetal	17.45	23.13	11.85	30.77
	Thiessen	29.48	59.71	51.67	47.70
	TPS	19.08	21.90	23.83	25.35

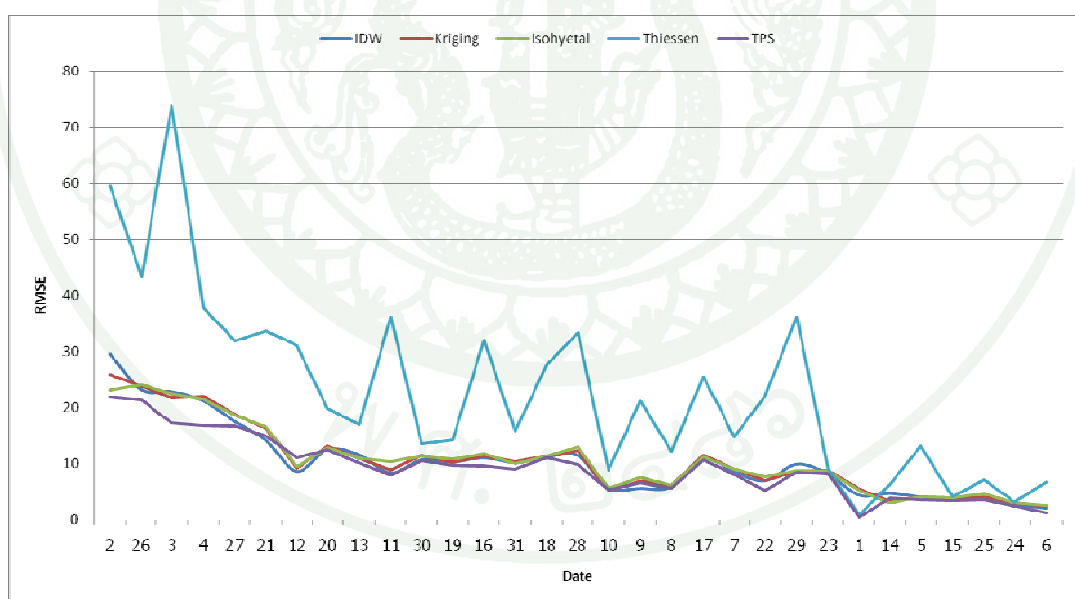
ลุ่มน้ำปึงตอนบน เดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2553 มีลักษณะทางสถิติของวิธีการประมาณค่าในแต่ละวิธี (ตารางที่ 8) ดังนี้ พบว่า วิธี Thin Plate Spline ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำที่สุด (MAE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ได้แก่ MAE เท่ากับ 244.94 และ RMSE เท่ากับ 370.72 ส่วนค่า ME เป็นบวก (20.43) แสดงว่ามีค่าต่ำกว่าค่าจริง ทั้งนี้เนื่องจากวิธี Thin Plate Spline ใช้ข้อมูลระดับความสูงมาพิจารณา รองลงมาคือ วิธี Inverse Distance Weighting และ วิธี Kriging ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากวันที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุด คือ วันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2553 (ตารางที่ 9) พบว่า วิธี Isohyetal กลับมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำที่สุด (MAE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE)

ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ได้แก่ MAE เท่ากับ 11.75 และ RMSE เท่ากับ 17.45 ส่วนค่า ME เป็นลบ (-0.17) แสดงว่ามีค่าสูงกว่าค่าจริง รองลงมาคือ วิธี Kriging และ วิธี Inverse Distance Weighting ตามลำดับ พิจารณาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) โดยเรียงข้อมูลตามปริมาณฝนที่ฝนในเดือนสิงหาคมจากมากไปหาน้อย (ภาพที่ 27) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฝนที่ได้จากการประมาณค่ามีความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกัน ยกเว้นวิธี Thiessen Polygon ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนสูง

กลุ่มน้ำปิงตอนบน เดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2554 มีลักษณะทางสถิติของวิธีการประมาณค่าในแต่ละวิธี (ตารางที่ 8) ดังนี้ พบว่า วิธี Thin Plate Spline ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำที่สุด (MAE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ได้แก่ MAE เท่ากับ 188.45 และ RMSE เท่ากับ 287.85 ส่วนค่า ME เป็นบวก (18.80) แสดงว่ามีค่าต่ำกว่าค่าจริงทั้งนี้เนื่องจากวิธี Thin Plate Spline ใช้ข้อมูลระดับความสูงมาพิจารณา รองลงมาคือ วิธี Inverse Distance Weighting และ วิธี Kriging ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากวันที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุด คือ วันที่ 2 สิงหาคม พ.ศ. 2554 (ตารางที่ 9) พบว่า วิธี Thin Plate Spline มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำที่สุด (MAE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ได้แก่ MAE เท่ากับ 16.02 และ RMSE เท่ากับ 21.90 ส่วนค่า ME เป็นบวก (0.53) แสดงว่ามีค่าต่ำกว่าค่าจริง รองลงมาคือ วิธี Kriging และ วิธี Isohyetal ตามลำดับ พิจารณาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) โดยเรียงข้อมูลตามปริมาณฝนที่ฝนในเดือนสิงหาคมจากมากไปหาน้อย (ภาพที่ 28) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฝนที่ได้จากการประมาณค่ามีความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกัน ยกเว้นวิธี Thiessen Polygon ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนสูง



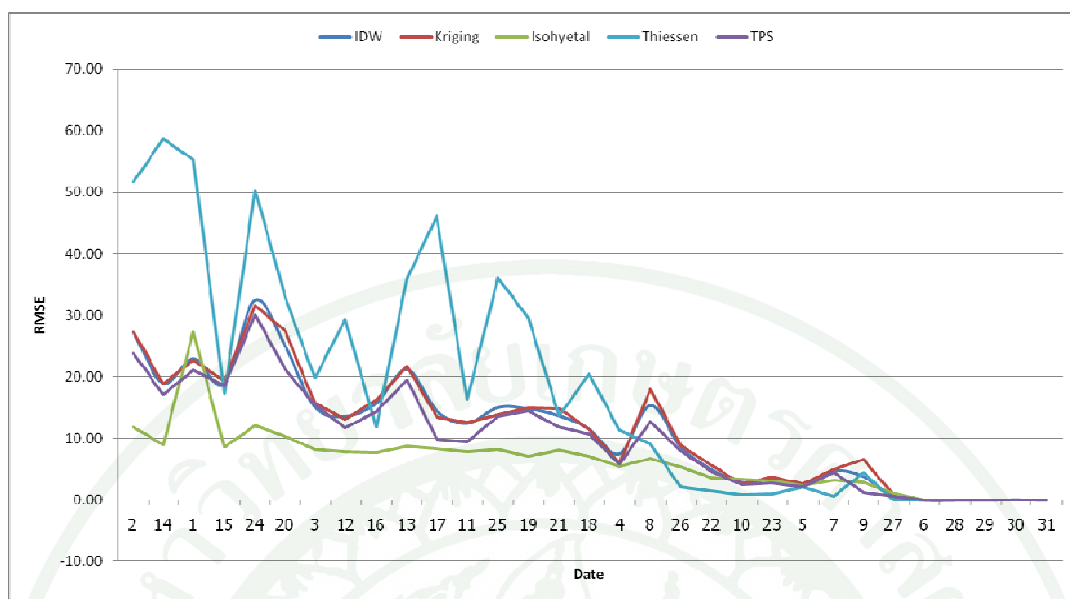
ภาพที่ 27 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) กลุ่มน้ำปึงตอนบนช่วงเดือน
สิงหาคม 2553 เรียงตามปริมาณฝนจากมากไปหาน้อย



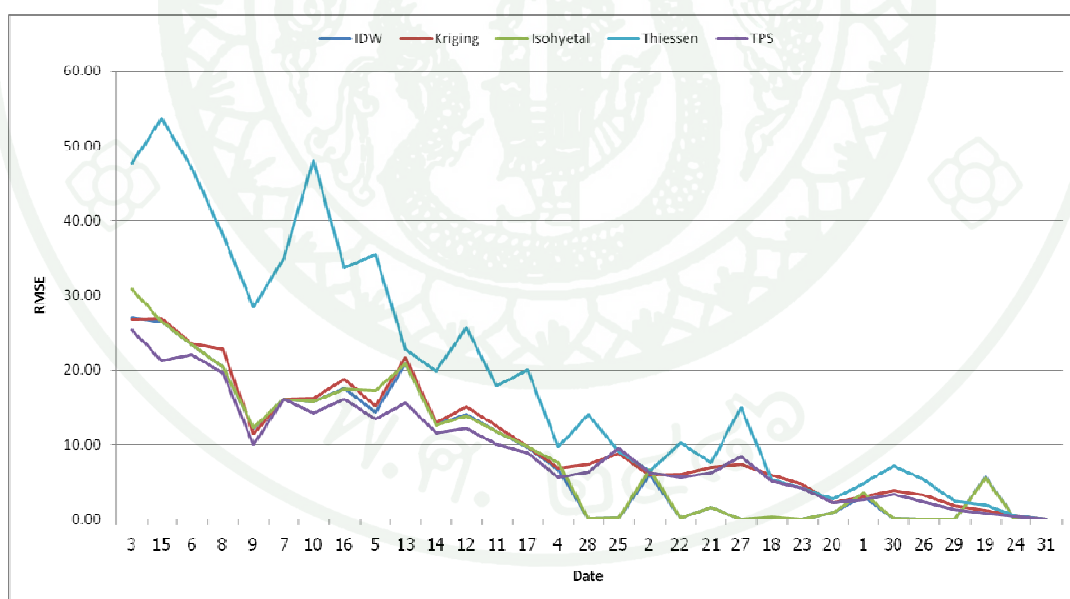
ภาพที่ 28 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) กลุ่มน้ำปึงตอนบนช่วงเดือน
สิงหาคม 2554 เรียงตามปริมาณฝนจากมากไปหาน้อย

ลุ่มน้ำท่าจีน เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2553 มีลักษณะทางสถิติของวิธีการประมาณค่าในแต่ละวิธี (ตารางที่ 8) ดังนี้ พบว่า วิธี Isohyetal ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ได้แก่ RMSE เท่ากับ 195.66 ส่วนค่า ME เป็นลบ (-6.91) แสดงว่ามีค่าสูงกว่าค่าจริง รองลงมาคือ วิธี Thin Plate Spline และ วิธี Inverse Distance Weighting ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากวันที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุด คือ วันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2553 (ตารางที่ 9) พบว่า วิธี Isohyetal มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ได้แก่ RMSE เท่ากับ 11.85 ส่วนค่า ME เป็นลบ (-0.41) แสดงว่ามีค่าสูงกว่าค่าจริง รองลงมาคือ วิธี Thin Plate Spline และ วิธี Inverse Distance Weighting ตามลำดับ พิจารณาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) โดยเรียงข้อมูลตามปริมาณฝนที่ฝนในเดือนตุลาคมจากมากไปหาน้อย (ภาพที่ 29) แสดงให้เห็นว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธี Isohyetal มีค่าต่ำเกือบทั้งเดือน

ลุ่มน้ำท่าจีน เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2554 มีลักษณะทางสถิติของวิธีการประมาณค่าในแต่ละวิธี (ตารางที่ 8) ดังนี้ พบว่า วิธี Inverse Distance Weighting ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ได้แก่ RMSE เท่ากับ 267.34 ส่วนค่า ME เป็นลบ (-4.34) แสดงว่ามีค่าสูงกว่าค่าจริง รองลงมาคือ วิธี Isohyetal และ วิธี Thin Plate Spline ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากวันที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุด คือ วันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2554 (ตารางที่ 9) พบว่า วิธี Thin Plate Spline มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ได้แก่ RMSE เท่ากับ 25.35 ส่วนค่า ME เป็นบวก (0.34) แสดงว่ามีค่าต่ำกว่าค่าจริง รองลงมาคือ วิธี Kriging และ วิธี Inverse Distance Weighting ตามลำดับ พิจารณาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) โดยเรียงข้อมูลตามปริมาณฝนที่ฝนในเดือนตุลาคมจากมากไปหาน้อย (ภาพที่ 30) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฝนที่ได้จากการประมาณค่ามีความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกัน ยกเว้นวิธี Thiessen Polygon ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนสูง



ภาพที่ 29 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) กลุ่มน้ำท่าเงินช่วงเดือนตุลาคม 2553 เรียงตามปริมาณฝนจากมากไปหาน้อย



ภาพที่ 30 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) กลุ่มน้ำท่าเงินช่วงเดือนตุลาคม 2554 เรียงตามปริมาณฝนจากมากไปหาน้อย

วิจารณ์ผล

การประมาณค่าฝนเชิงพื้นที่ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำท่าจีนจากสถานีวัดน้ำฝน ที่ทำการคัดเลือกแล้วทั้งสองพื้นที่จะเห็นได้ว่าข้อมูลฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา มีความสมบูรณ์ของ ข้อมูลมากที่สุด เนื่องจากเป็นหน่วยงานหลักในการจัดเก็บข้อมูลฝน และมีการจัดเก็บข้อมูลอย่าง ต่อเนื่อง แต่ข้อจำกัดของสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา คือ ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีจะอยู่ใน พื้นที่ชุมชนหรือในสถานีตรวจอากาศของแต่ละจังหวัดทำให้ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนมีความ หนาแน่นน้อย มีผลต่อค่าการประมาณค่าเชิงพื้นที่

ค่าระดับความสูงของสถานีวัดน้ำฝนมีผลต่อปริมาณฝนซึ่งสังเกตได้ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง ตอนบนให้ค่า R^2 ของความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับปริมาณฝนที่มากกว่าลุ่มน้ำท่าจีน อย่างไรก็ตามปัจจัยที่มีผลต่อค่าการประมาณค่ามากที่สุดคือ ความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝน

ค่าฝนเชิงพื้นที่ที่ประมาณค่าได้โดยรวมให้ลักษณะการกระจายของฝนคล้ายๆ กัน โดยลักษณะความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในกรณีฝนตกเป็นหย่อมขนาดเล็กในบริเวณที่ไม่มีสถานี วัดน้ำฝน ซึ่งการประมาณค่าจะให้ผลที่น้อยกว่าความเป็นจริง เนื่องจากระยะทางระหว่างสถานี ใกล้เคียงจะมีผลต่อการประมาณค่า ความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝนมากจะทำให้การประมาณค่า มีความคลาดเคลื่อนน้อยลงซึ่งจะเห็นได้ชัดในวิธีการ Thiessen Polygon ที่มีความแตกต่างของค่า การประมาณค่าในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝนมากกับพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของ สถานีวัดน้ำฝนน้อย

วิธีการประมาณค่าที่เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนสำหรับข้อมูลฝนปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2554 ดังแสดงในตารางที่ 10 จะเห็นได้ว่า วิธี Thin Plate Spline จะเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาจะเป็นวิธี Inverse Distance Weighting เหมือนกันทั้ง 2 ปี ค่าที่ได้จากการประมาณ มีรูปแบบคล้ายกัน เนื่องจากวิธี Thin Plate Spline มีการพิจารณาระดับความสูงของสถานีวัดน้ำฝน ด้วย ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ว่าระดับความสูงมีผลต่อปริมาณฝนที่เกิดขึ้น

วิธีการประมาณค่าที่เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนสำหรับข้อมูลฝนปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2554 ดังแสดงในตารางที่ 10 จะเห็นได้ว่าวิธีที่เหมาะสมที่สุดแต่ละปีจะไม่เหมือนกัน คือ ในปี พ.ศ. 2553 วิธี Isohyetal เหมาะสมที่สุด ส่วนในปี พ.ศ. 2554 วิธี Inverse Distance Weighting เนื่องจาก

ในกลุ่มน้ำทำจันทันมีลักษณะเป็นที่ราบ ดังนั้นจึงไม่มีปัจจัยเรื่องระดับความสูง แต่ปัจจัยที่สูงผลต่อการประมาณค่าในกลุ่มน้ำทำจันทันคือ การกระจายตัวของสถานีวัดน้ำฝน และรูปแบบฝนที่ตกในพื้นที่

ตารางที่ 10 สรุปวิธีการประมาณค่าที่เหมาะสมกับพื้นที่แต่ละลุ่มน้ำ

ลุ่มน้ำ	ปี พ.ศ.	อันดับที่ 1		อันดับที่ 2	
		วิธีการ	ค่าการประมาณ	วิธีการ	ค่าการประมาณ
ปึงตอนบน	2553	Spline	ต่ำกว่า	IDW	สูงกว่า
	2554	Spline	ต่ำกว่า	IDW	สูงกว่า
ทำจันทัน	2553	Isohyetal	สูงกว่า	Spline	ต่ำกว่า
	2554	IDW	สูงกว่า	Isohyetal	สูงกว่า

หมายเหตุ: IDW หมายถึง Inverse Distance Weighting
Spline หมายถึง Thin Plate Spline

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

สรุปผลการศึกษาวิธีการประมาณค่าฝนเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำท่าจีน ดังนี้

วิธีการประมาณค่าของข้อมูลฝนเชิงพื้นที่จากการศึกษาทั้ง 5 วิธี วิธีที่เหมาะสมสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบนของข้อมูลปี พ.ศ. 2553 คือ วิธี Thin Plate Spline เนื่องจากเป็นวิธีที่มีการพิจารณาค่าระดับความสูงของพื้นที่ในการประมาณค่าด้วย ซึ่งพื้นที่ของลุ่มน้ำปิงตอนบนมีลักษณะเป็นภูเขาสูงและลาดชัน ทำให้ได้ผลการประมาณค่าที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดและให้ค่าการประมาณค่าต่ำกว่าค่าจริง (Under- Estimate) รองลงมาคือวิธี Inverse Distance Weighting ซึ่งให้ค่าการประมาณค่าสูงกว่าค่าจริง (Over- Estimate)

วิธีที่เหมาะสมสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบนของข้อมูลปี พ.ศ. 2554 คือ วิธี Thin Plate Spline เนื่องจากเป็นวิธีที่มีการพิจารณาค่าระดับความสูงของพื้นที่ในการประมาณค่าด้วย ซึ่งพื้นที่ของลุ่มน้ำปิงตอนบนมีลักษณะเป็นภูเขาสูงและลาดชัน ทำให้ได้ผลการประมาณค่าที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดและให้ค่าการประมาณค่าต่ำกว่าค่าจริง (Under- Estimate) รองลงมาคือวิธี Inverse Distance Weighting ซึ่งให้ค่าการประมาณค่าสูงกว่าค่าจริง (Over- Estimate)

วิธีการประมาณค่าของข้อมูลฝนเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับลุ่มน้ำท่าจีนของข้อมูลปี พ.ศ. 2553 คือ วิธี Isohyetal ให้ผลการประมาณค่าที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดและให้ค่าการประมาณค่าสูงกว่าค่าจริง (Over- Estimate) รองลงมาคือวิธี Thin Plate Spline ให้ค่าการประมาณค่าต่ำกว่าค่าจริง (Under- Estimate) เนื่องจากสภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำท่าจีนมีลักษณะเป็นที่ราบมีความลาดชันน้อย จึงไม่มีอิทธิพลจากฝนที่เกิดจากฝนภูเขา

วิธีการประมาณค่าของข้อมูลฝนเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับลุ่มน้ำท่าจีนของข้อมูลปี พ.ศ. 2554 คือ วิธี Inverse Distance Weighting ให้ผลการประมาณค่าที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดและให้ค่าการประมาณค่าสูงกว่าค่าจริง (Over- Estimate) รองลงมาคือวิธี Isohyetal ให้ค่าการประมาณค่าสูงกว่าค่าจริง (Over- Estimate)

สำหรับพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นพื้นที่สูงชัน วิธีที่เหมาะสมที่สุดคือ Thin Plate Spline สำหรับพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นที่ราบ วิธีที่เหมาะสมที่สุดคือ Isohyetal หรือ Inverse Distance Weighting

ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลฝนที่ใช้ในการศึกษาการประมาณค่าฝนเชิงพื้นที่ของแต่ละหน่วยงานจะมีข้อจำกัดแตกต่างกัน คือ ข้อมูลของกรมชลประทานจะมีตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในบริเวณหัวงานและตามแนวแม่น้ำหรือคลองส่งน้ำแต่มีความหนาแน่นน้อยในพื้นที่ที่อยู่นอกเขตพื้นที่ชลประทานเหมาะกับการประมาณค่าในพื้นที่ชลประทาน ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาจะมีตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ชุมชนหรือสถานีตรวจอากาศของแต่ละจังหวัด จึงทำให้มีความหนาแน่นของสถานีน้อย ดังนั้น หากทำการศึกษาการประมาณค่าในพื้นที่อื่น จำเป็นต้องพิจารณาถึงแหล่งข้อมูลที่ใช้ศึกษาด้วย

วิธี Inverse Distance Weighting ให้ผลการประมาณค่าในเชิงพื้นที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ในลักษณะพื้นที่ที่ต่างกัน ทั้งนี้ ในการวิเคราะห์จำเป็นต้องเลือกค่ายกกำลังและกลุ่มของสถานีข้างเคียงที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากที่สุด ในการศึกษครั้งนี้จะเลือกใช้ค่ายกกำลัง 1 และเลือกกลุ่มของสถานีข้างเคียงจำนวน 12 สถานี ซึ่งจะให้ความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ข้อมูลฝนรายวัน ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนและขอบเขตลุ่มน้ำ ที่อยู่ในระบบพิกัดแบบภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System) ซึ่งมีหน่วยเป็นองศา

วิธี Kriging ให้ผลการประมาณค่าในเชิงพื้นที่ได้ดีกว่าวิธีอื่นเนื่องจากการปรับหาค่าสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับจุดตัวอย่างจากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของข้อมูลสร้างแบบจำลองแบบ Variogram เพื่อให้ทราบความแปรปรวนของพื้นที่ผิว ดังนั้นแบบจำลองในการสร้างวาริโอแกรมในพื้นที่ศึกษาอื่นจำเป็นต้องทำการคัดเลือกโดยการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่เหมาะสมกับข้อมูลของพื้นที่ใดๆ แต่ข้อจำกัดของวิธี Kriging คือ ไม่สามารถหาค่าฝนเชิงพื้นที่ได้ในกรณีที่ฝนที่สถานีเป็น 0 และในกรณีที่ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่มีน้อย การประมาณค่าบางจุดอาจมีค่าติดลบ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ข้อมูลฝนรายวัน ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนและขอบเขตลุ่มน้ำ ที่อยู่ในระบบพิกัดแบบภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System) ซึ่งมีหน่วยเป็นองศา

วิธี Isohyetal ให้ผลการประมาณค่าในเชิงพื้นที่ค่อนข้างดีกับพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นที่ราบ หากทำการแบ่งช่วงข้อมูลที่ละเอียดก็จะทำให้ผลที่ได้ค่อนข้างดีกว่าวิธีที่ซับซ้อนกว่า หากในพื้นที่มีความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝนมาก จะทำให้ได้ค่าใกล้เคียงค่าจริงมาก แต่ในพื้นที่ที่มีลักษณะลาดชันจะให้ค่าที่มีความคลาดเคลื่อนบ้าง ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ข้อมูลฝนรายวัน ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนและขอบเขตลุ่มน้ำ ที่อยู่ในระบบพิกัดแบบกริด (Grid Coordinate System) Projection UTM (Universal Transverse Mercator) Datum WGS84 Zone 47N ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร

วิธี Thiessen Polygon เป็นวิธีการประมาณค่าที่สะดวกที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ แต่ทั้งนี้ผลที่ได้จะมีความคลื่อนค่อนข้างมาก ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ศึกษา จากการศึกษาพบว่า หากกรณีฝนตกในพื้นที่ที่มีสถานีวัดน้ำฝนอยู่น้อย แต่มีบางสถานีที่มีปริมาณฝนตกมาก ค่าที่ได้จากการประมาณค่าจะสูงตามอิทธิพลของพื้นที่ของสถานีข้างเคียง ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ข้อมูลฝนรายวัน ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนและขอบเขตลุ่มน้ำ ที่อยู่ในระบบพิกัดแบบกริด (Grid Coordinate System) Projection UTM (Universal Transverse Mercator) Datum WGS84 Zone 47N ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร

วิธี Thin Plate Splin ให้ผลการประมาณค่าในเชิงพื้นที่ค่อนข้างดีเนื่องจากการใช้ข้อมูลของระดับภูมิประเทศมาพิจารณาด้วย ซึ่งเหมาะกับพื้นที่ที่มีลักษณะลาดชัน เนื่องจากให้ค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ข้อมูลฝนรายวัน ข้อมูลระดับความสูงของสถานีวัดน้ำฝนจาก SRTM ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนและขอบเขตลุ่มน้ำ ที่อยู่ในระบบพิกัดแบบภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System) ซึ่งมีหน่วยเป็นองศา

ในการศึกษาครั้งนี้หากเทคนิควิธีของ Thin Plate Splin ให้ผลที่ดี ก็สามารถประยุกต์ใช้วิธี CoKriging ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่คล้ายกับวิธี Kriging แต่มีการเพิ่มชุดข้อมูลเพื่อให้การประมาณค่าดียิ่งขึ้น โดยชุดข้อมูลที่เพิ่มจะสัมพันธ์กับชุดข้อมูลหลักเพื่อให้ผลลัพธ์ดียิ่งขึ้น เช่น ใช้ตัวแปรร่วมระดับความสูงจากน้ำทะเลพิจารณาพร้อมกับข้อมูลในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝน เพื่อให้ผลการประมาณค่าเชิงพื้นที่มีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น แต่ทั้งนี้ด้วยข้อจำกัดของวิธีการ CoKriging ในกรณีวันที่มีปริมาณฝนน้อยมากๆ ควรใช้วิธีการประมาณค่าด้วยวิธีอื่นเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องกว่า และการนำข้อมูลระดับภูมิประเทศมาใช้หากมีข้อมูลทีละเอียดอาจทำให้ได้ค่าที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และควรพิจารณาอิทธิพลของกลุ่มฝนด้วย โดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนจากเรดาร์ หรือข้อมูลฝนจากดาวเทียมในการศึกษาต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2554. โครงการศึกษาวางระบบและติดตั้งระบบโทรมาตรเพื่อพยากรณ์น้ำและเตือนภัยลุ่มน้ำท่าจีน. บริษัท ลีอกซ์เลย์ จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.
- กิริติ ลีวัจนกุล. 2537. อุทกวิทยา. SPEC, ปทุมธานี
- ประกอบ วิโรจนกุล. 2537. การหาปริมาณน้ำฝนบนพื้นที่โดยวิธี KRINGING. วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 21 (มกราคม-กุมภาพันธ์): 29-43.
- เมธิ เอกะสิงห์ และจุไรพร แก้วทิพย์. 2542. การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว. โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รังสรรค์ อาภาศัพท์กุล. 2547. อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- รัศมี สุวรรณวีระกำจร. 2543. การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าน้ำฝนเชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำเชิญ. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์. 1 (กันยายน-ธันวาคม): 35-48.
- วิษุวัตก์ แต่สมบัติ. 2550. การประมาณค่าเชิงพื้นที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน โดยวิธี Thin Plate Smoothing Spline สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- วีระพล แต่สมบัติ. 2528. หลักอุทกวิทยา. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2531. อุทกวิทยาประยุกต์. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.

สายสุณีษ์ พุทธาคณเจริญ. 2546. **วิศวกรรมอุทกวิทยา**. ไลบรารี นายนันท์ พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

สุเพชร จิรัชจรกุล. 2551. **เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.2**.

กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

_____. 2552. **เรียนรู้ระบบสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1**. ภาควิชา
เทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุรที อิงคกุล. 2548. **การวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกล**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
กรุงเทพฯ.

เอกสิทธิ์ ไหมสิตสกุลชัย. 2547. **การหาค่าการใช้น้ำของพืชในโครงการชลประทานขนาดใหญ่
โดยใช้การสำรวจระยะไกล**, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2547ข. **อุทกวิทยา 1**. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม

เอกสิทธิ์ ไหมสิตสกุลชัย และคณะ. 2550. **การวินิจฉัยการจัดการน้ำในลุ่มน้ำแม่น้ำท่าจีน**,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Chang, C., Lo, S. and S. Yu. 2006. The parameter optimization in the inverse distance method
by genetic algorithm for estimating precipitation. **Environmental Monitoring and
Assessment**. 117: 145-155.

Chang, Kang-tsung. 2002. **Introduction to Geographic Information Systems**.
McGraw Hill Higher Education, New York.

- Chokngamwong, R. and L. Chiu. 2006. **TRMM and Thailand daily gauge rainfall comparison**, Conference proceeding in the 8th AMS Annaul meeting, Atlanta Geogia, USA.
- Goovaerts, P. 2000. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. **J. Hydrology**. 288: 113-139.
- Hutchinson, M.F. 1995a. Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines. **International Journal of Geographic Information Systems**. 1.9: 385-403.
- Hutchinson, M.F. and P.E. Gessler. 1994. Splines-more than just a smooth interpolator. **Geoderma**. 62: 45-67.
- Jacek, M. 1999. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. John Wiley&Son, Inc., New York.
- Johnston, K., M. Jay, V. Hoef K. Konstantin and L. Neli. 2001. **Using ArcGIS Geostatistical Analyst**. California: ESRI USA. Inc.
- Sun X., M. J. Maton and E. E. Ebert. 2003. **Regional rainfall estimation using double kriging of rain gauge and satellite observations**. BMRC research report No.94.





ภาคผนวก ก
ข้อมูลปริมาณฝนรายวันที่ใช้ในการศึกษา

ตารางผนวกที่ ก1 สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาของกลุ่มน้ำปิงตอนบน

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี สถานี	Organize	ละติจูด	ลองจิจูด	UTM X	UTM Y
1	07013	A. Muang	TMD	98.98	18.84	497429.46	2083090.94
2	07022	A. Sarapi	TMD	99.04	18.71	504364.76	2069105.72
3	07042	A. San Sai	TMD	99.05	18.85	505088.18	2083954.50
4	07052	A. Doi Saket	TMD	99.14	18.87	514683.30	2086327.40
5	07082	A. San Pa Tong	TMD	98.90	18.63	489335.74	2059548.59
6	07122	A. Phrao	TMD	99.21	19.36	521497.35	2141161.04
7	07132	A. Chiang Dao	TMD	98.97	19.37	496502.89	2141181.84
8	07142	A. Samoeng	TMD	98.74	18.85	472167.72	2084007.73
9	07152	A. Mae Chaem	TMD	98.37	18.50	432967.47	2045434.81
10	07162	A. Omkoi	TMD	98.36	17.80	432169.21	1967709.67
11	07182	A. Chom Thong	TMD	98.68	18.42	466172.42	2036218.90
12	07242	Doi Suthep-Pui National Park	TMD	98.93	18.80	492097.00	2079009.60
13	07252	Doi Chiang Dao Watershed Research	TMD	98.98	19.27	497436.05	2130548.06
14	07262	Phuphing Ratchaniwet Palace	TMD	98.90	18.81	489810.63	2079442.23
15	07282	Doi Bo Kaeo Seed-Multiplication, A. Hot	TMD	98.39	18.15	435805.65	2006920.19
16	07292	San Pa Tong Rice Experimental Station	TMD	98.90	18.61	489514.09	2057800.33
17	07391	R.I.D. Office Unit 1, A. Muang	RID	99.02	18.79	501780.95	2077503.25
18	07472	Bhumiphol Dam Develop Settlement	TMD	98.68	17.92	466457.46	1980998.11
19	07502	Mae Ho Phra Forest Plantation, A. Mae Taeng	TMD	99.22	19.07	522798.59	2108221.77
20	08022	A. Phan	TMD	99.74	19.55	577919.97	2162064.85
21	08132	Phan Agriculture Experimental Station	TMD	99.73	19.53	576932.19	2160002.25
22	08252	A.Pa-Daet	TMD	99.03	19.53	503032.02	2159129.71
23	16042	A. Sop Prap	TMD	99.34	17.88	536081.46	1976853.71
24	16072	A. Thoen	TMD	99.22	17.61	523223.68	1947140.25
25	16082	A. Mae Phrik	TMD	99.12	17.45	512508.92	1928998.29
26	16112	A. Wang Nua	TMD	99.62	19.15	565430.57	2116988.02

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

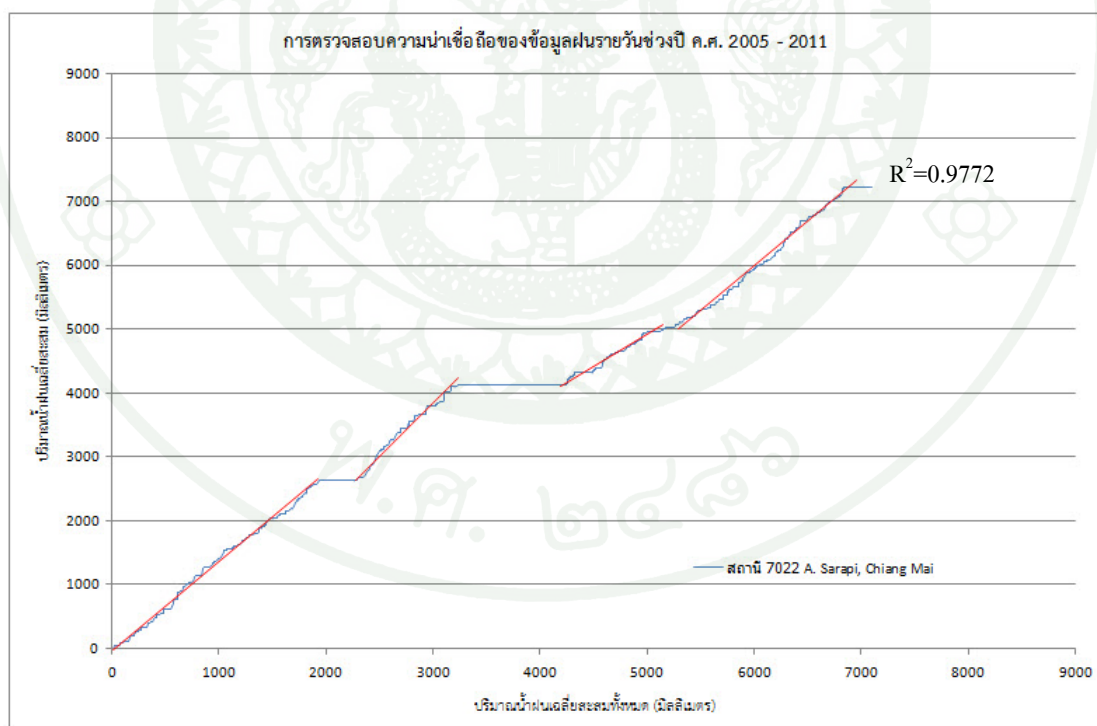
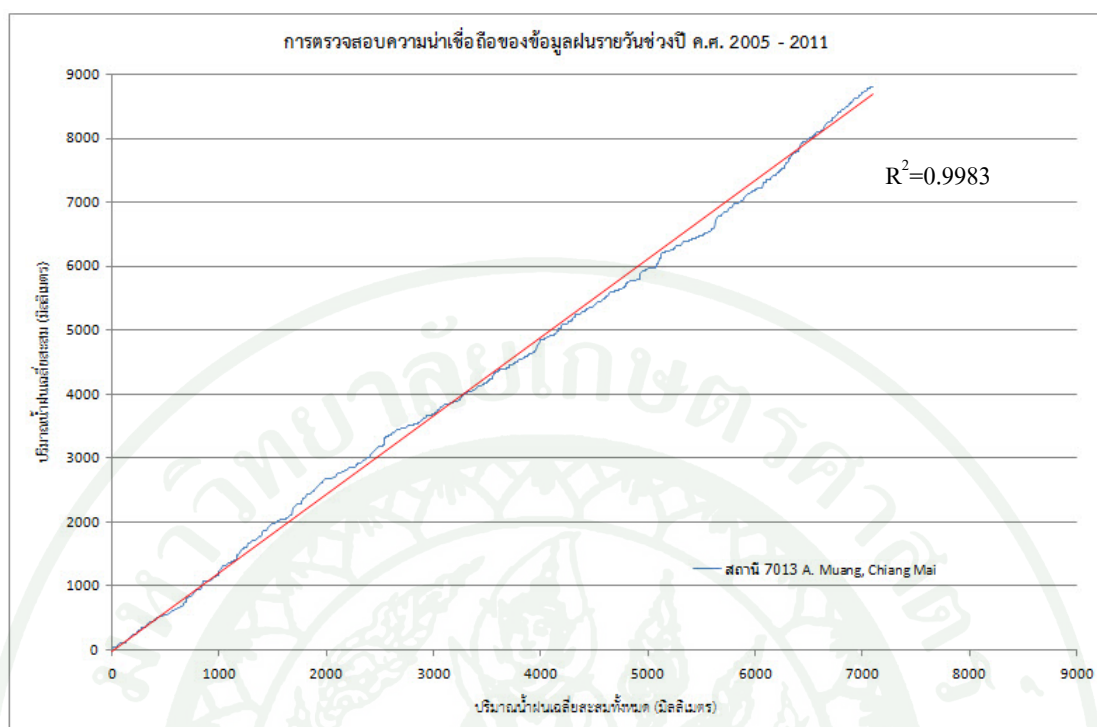
ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี สถานี	Organize	ละติจูด	ลองจิจูด	UTM X	UTM Y
27	16162	Thung Kwian Forest Plantation, A. Hang Chat	TMD	99.22	18.42	522885.99	2036302.28
28	16220	Ban Mae Phu (Y.26), A. Thoen	RID	99.46	17.33	549058.68	1916032.25
29	16303	Lampang Agrometeorogocal Station	TMD	99.30	18.30	531704.77	2023402.95
30	17012	A. Muang	TMD	99.01	18.58	500991.82	2054046.65
31	17032	A. Pa Sang (Pak Bong)	TMD	98.94	18.52	494078.88	2048117.11
32	17042	A. Mae Tha	TMD	99.14	18.46	514486.27	2041051.67
33	17052	A. Ban Hong	TMD	98.82	18.31	481242.94	2024979.23
34	17062	Ban Ko, A. Li	TMD	98.78	17.66	476135.05	1952097.35
35	17093	Lamphun Agrometeorological Station	TMD	99.03	18.58	503513.46	2054721.88
36	20023	A. Mae Sariang	TMD	97.94	18.16	387319.31	2007848.82
37	20032	A. Khun Yuam	TMD	97.94	18.83	388253.48	2082262.82
38	20062	A. Mae La Noi	TMD	97.94	18.38	387695.25	2032468.12
39	20111	Nam Pai (Sw.5A), A. Muang	RID	97.95	19.27	389514.68	2130970.97
40	63013	A. Muang	TMD	99.13	16.88	513494.88	1866350.82
41	63075	Bhumibol Dam	Other	99.06	17.24	506644.11	1906294.49
42	63152	Tak Animal Supporter	TMD	99.12	16.92	512427.41	1870343.70
43	63162	Ban Samong, A. Sam Ngao	TMD	98.88	17.33	487600.23	1916430.72
44	63172	Ban Um Wab, A. Sam Ngao	TMD	98.67	17.02	464525.45	1881432.67
45	63181	Mae Lamao (SW.6), A. Mae Sot	RID	98.75	16.76	473771.44	1853264.96

ตารางผนวกที่ ก2 สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาของกลุ่มน้ำท่าจีน

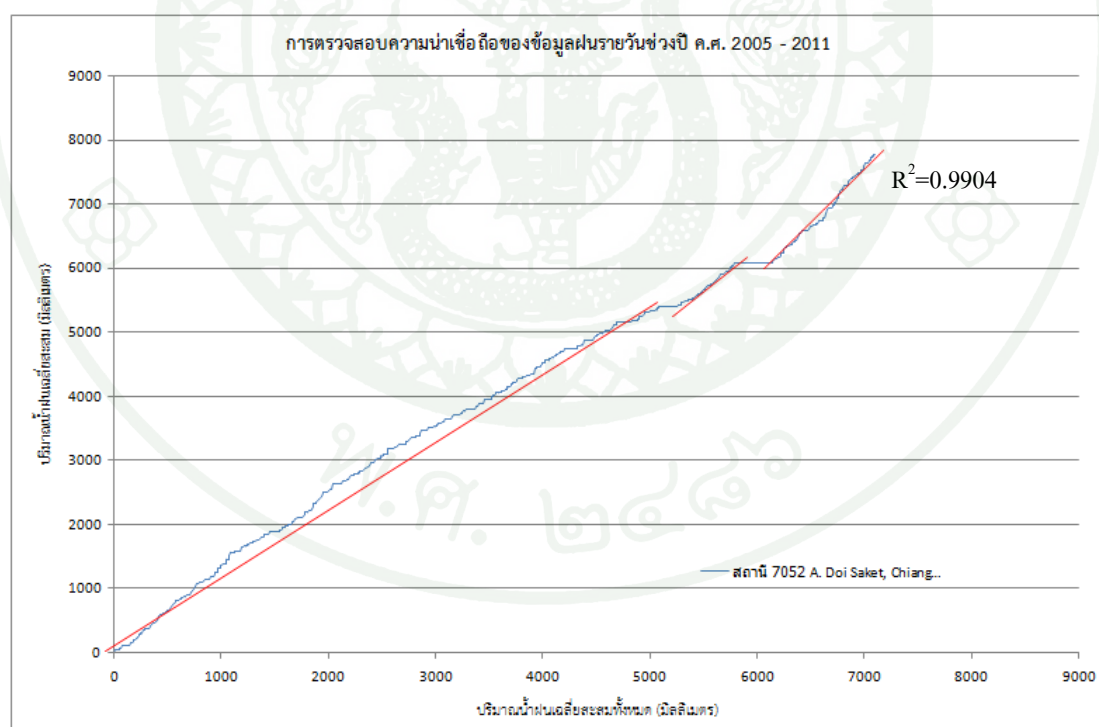
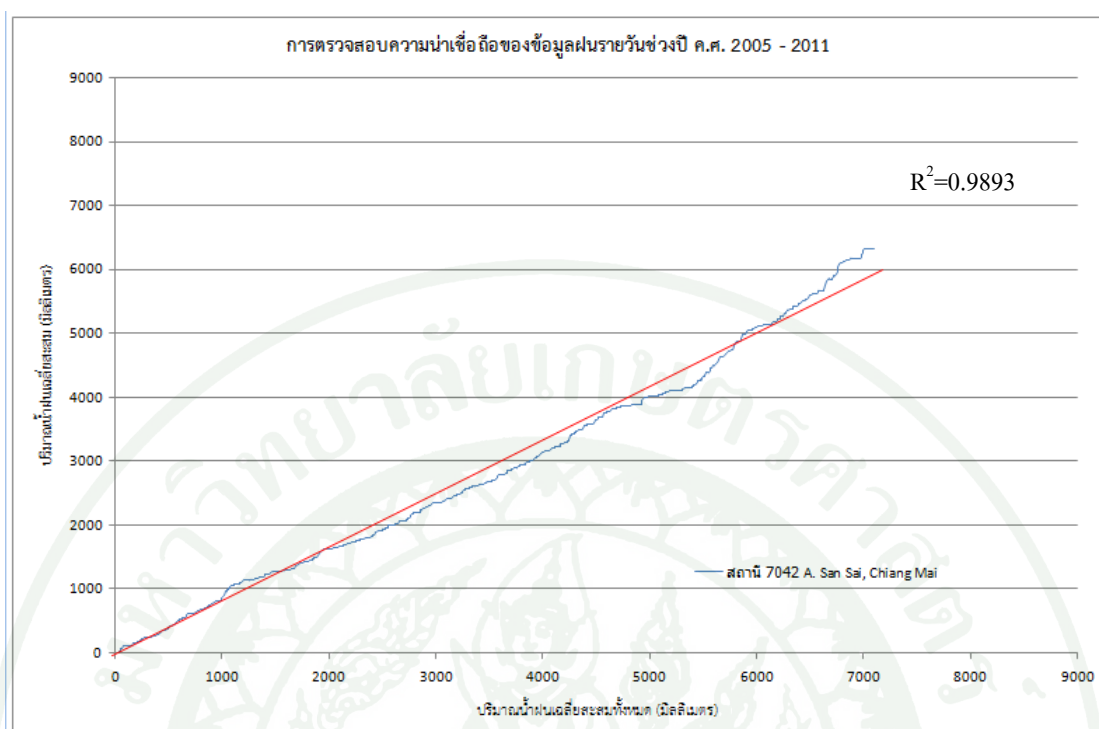
ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี สถานี	Organize	ละติจูด	ลองจิจูด	UTM X	UTM Y
1	04022	A. Sanphaya	TMD	100.25	15.14	633986.53	1673638.42
2	04382	Chai Nat Agrometeorological Station	TMD	100.18	15.15	627100.09	1675259.73
3	13013	A. Muang	TMD	99.55	14.00	559751.56	1548039.42
4	13032	A. Phanom Thuan	TMD	99.70	14.13	575736.94	1561907.27
5	13042	A. Tha Maka	TMD	99.77	13.91	583124.13	1537420.31
6	13073	A. Sai Yok	TMD	99.14	14.11	515229.98	1560327.71
7	13305	Srinagarind Dam, A. Si Sawat	Other	99.13	14.41	513830.52	1592709.92
8	13342	Ban Khao Lek, A. Si Sawat	TMD	99.01	14.87	501075.72	1643980.70
9	13382	A. Lao Khuan	TMD	99.77	14.60	582579.37	1614224.27
10	13414	Livestock Breeding, A. Muang	Other	99.50	13.96	554394.24	1543327.00
11	23032	A. Sam Phran	TMD	100.22	13.72	631914.38	1517336.54
12	23052	A. Kamphaeng Saen	TMD	99.99	14.00	607392.36	1547586.76
13	23062	Kamphaeng Saen Agrometeorological Station	TMD	99.85	13.93	591885.96	1540635.55
14	26042	A. Krok Phra	TMD	100.08	15.55	615380.45	1719937.14
15	26072	A. Lat Yao	TMD	99.79	15.75	584865.88	1741374.98
16	26082	A. Takhli	TMD	100.35	15.26	644646.90	1687652.75
17	26292	A. Kao Lico	TMD	100.08	14.84	615874.82	1641395.10
18	31132	A. Sai Noi	TMD	100.32	13.98	642358.20	1545390.09
19	37012	A. Muang	TMD	99.95	13.11	602739.75	1449426.65
20	41192	A. Rat Burana	TMD	100.51	13.68	663197.16	1512966.39
21	42082	A. Phak Hai	TMD	100.37	14.46	647878.72	1598644.90
22	42102	A. Sena	TMD	100.41	14.33	651848.40	1584131.88
23	47032	A. Damnoen Saduak	TMD	99.96	13.52	603553.46	1494357.24
24	47042	A. Ban Pong	TMD	99.87	13.81	594452.42	1527161.88
25	47062	A. Bang Phae	TMD	99.93	13.69	600839.16	1513570.14
26	47102	Rukkhachat Park, A. Chom Bung	TMD	99.59	13.63	563633.48	1506397.12
27	52032	A. Krathum Baen	TMD	100.27	13.65	637577.64	1509777.26
28	60013	A. Muang	TMD	100.12	14.47	620814.70	1599935.97
29	60022	A. U Thong	TMD	99.89	14.37	596410.90	1589198.84

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

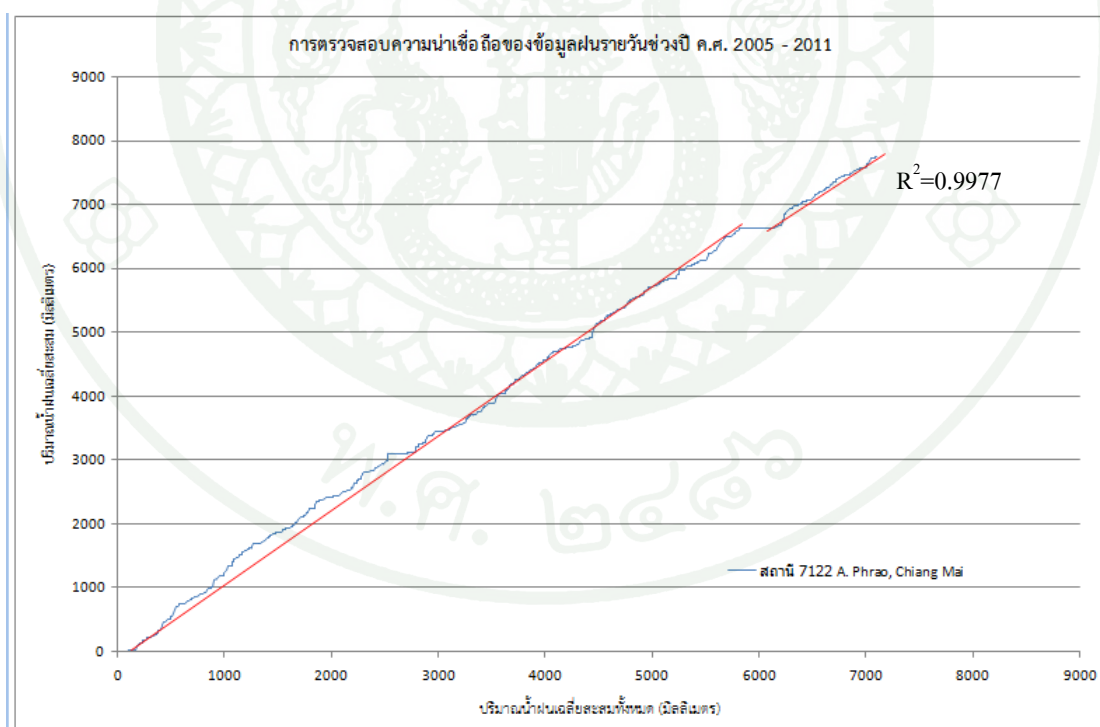
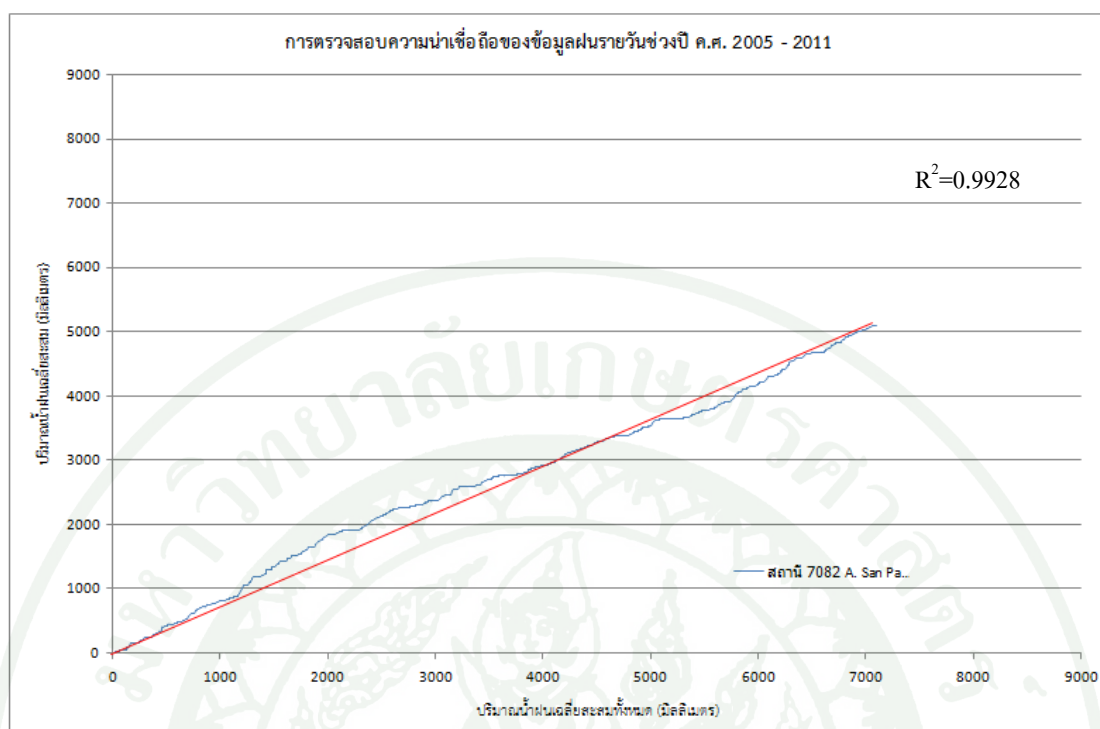
ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี สถานี	Organize	ละติจูด	ลองจิจูด	UTM X	UTM Y
30	60042	A. Song Phi Nong	TMD	100.02	14.22	610481.07	1572454.83
31	60052	A. Si Prachan	TMD	100.15	14.62	623534.95	1616299.40
32	60062	A. Doembang Nangbuat	TMD	100.10	14.84	618350.36	1641263.34
33	60092	A. Don Chedi	TMD	100.02	14.63	610278.42	1617961.66



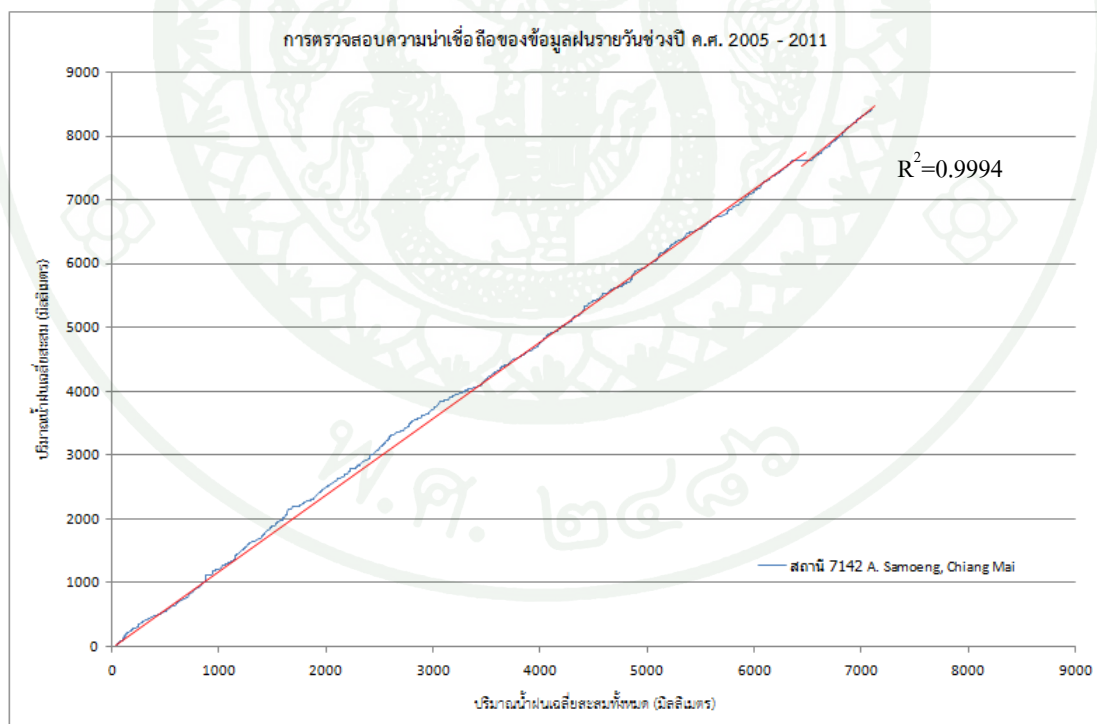
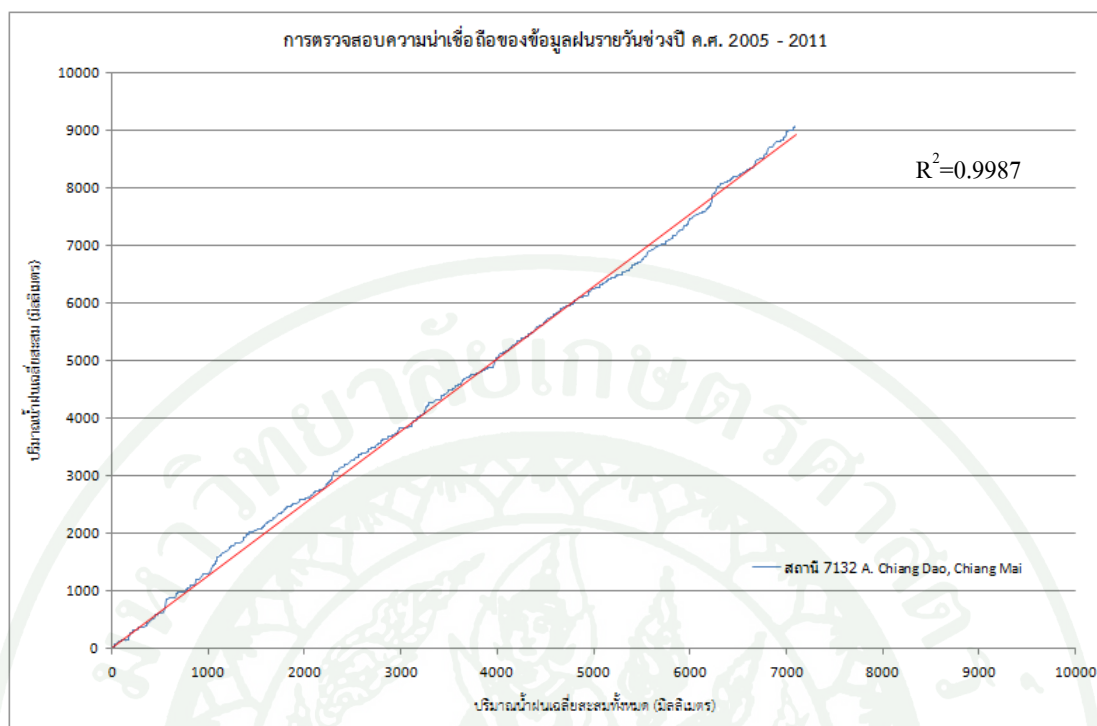
ภาพผนวกที่ ก1 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนรายวันช่วงปี ค.ศ. 2005- 2011
 กลุ่มน้ำปึงตอนบน



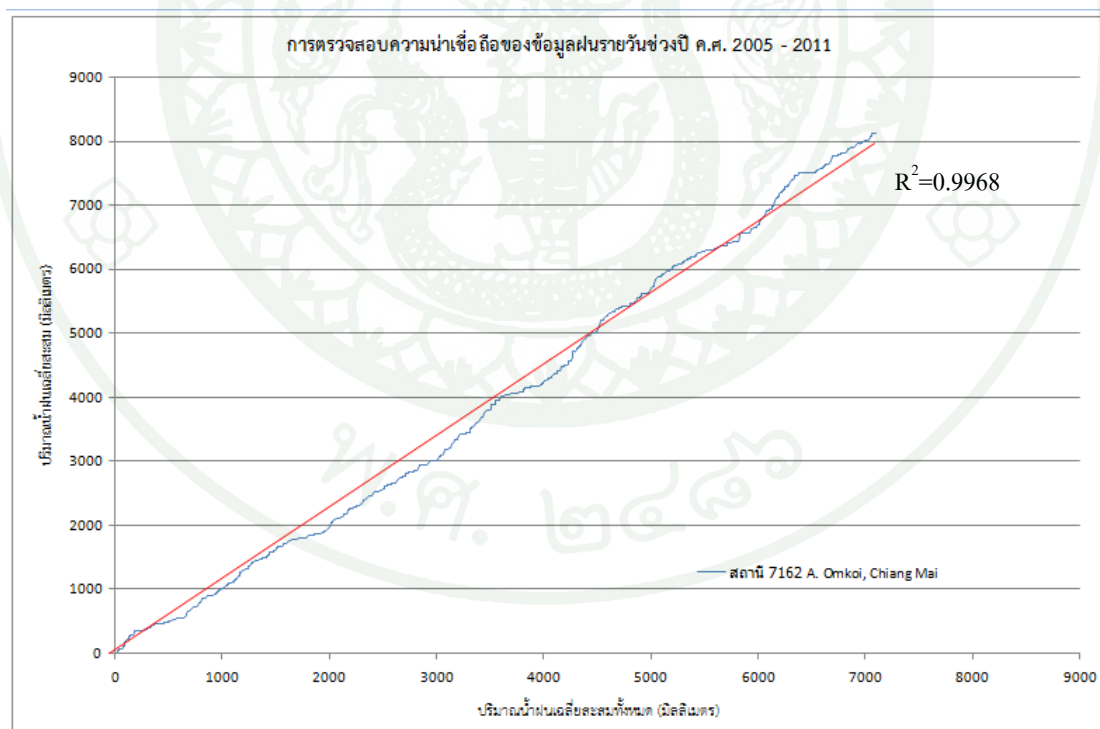
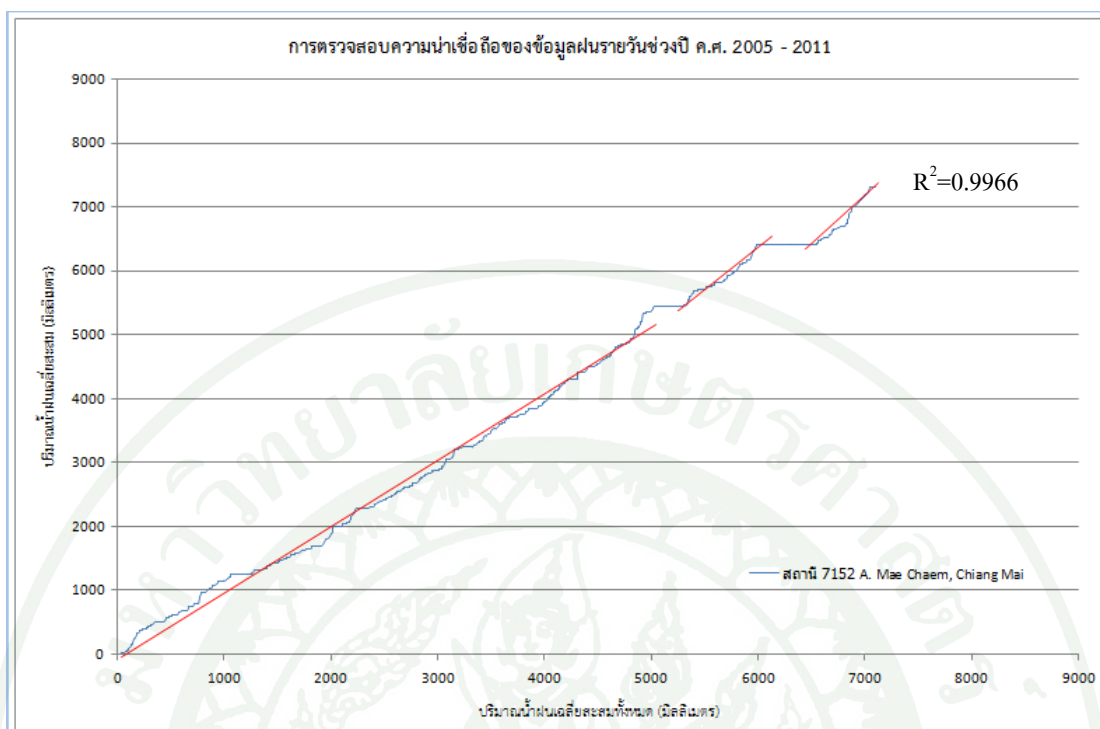
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



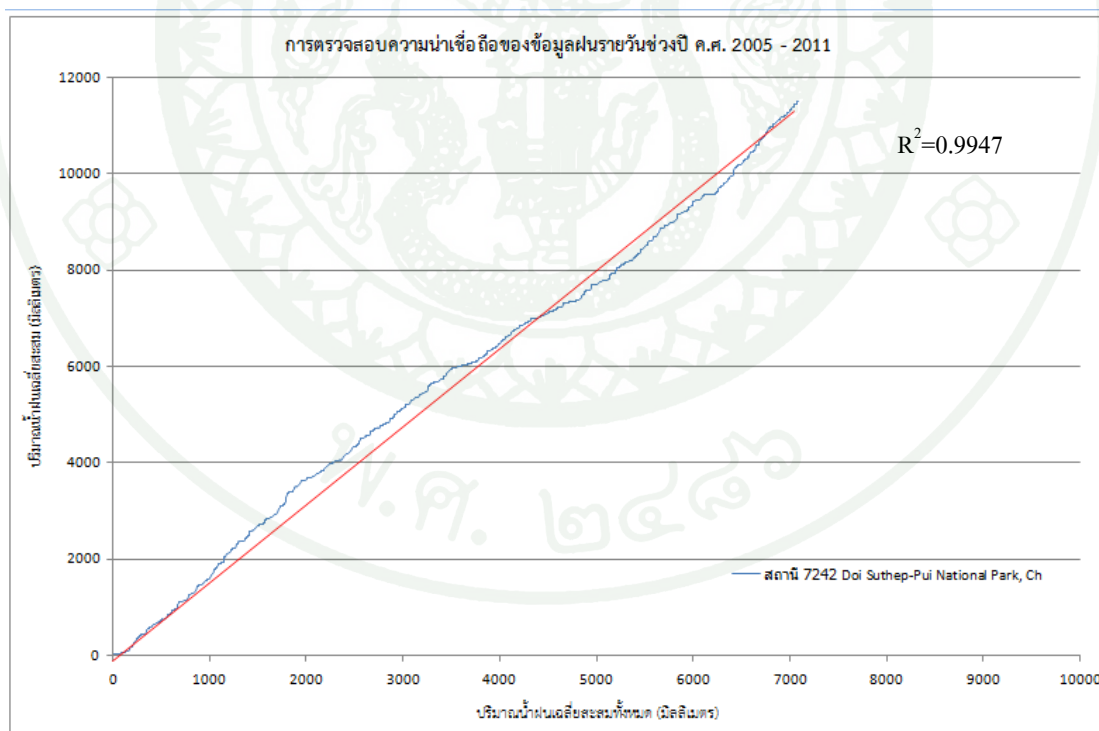
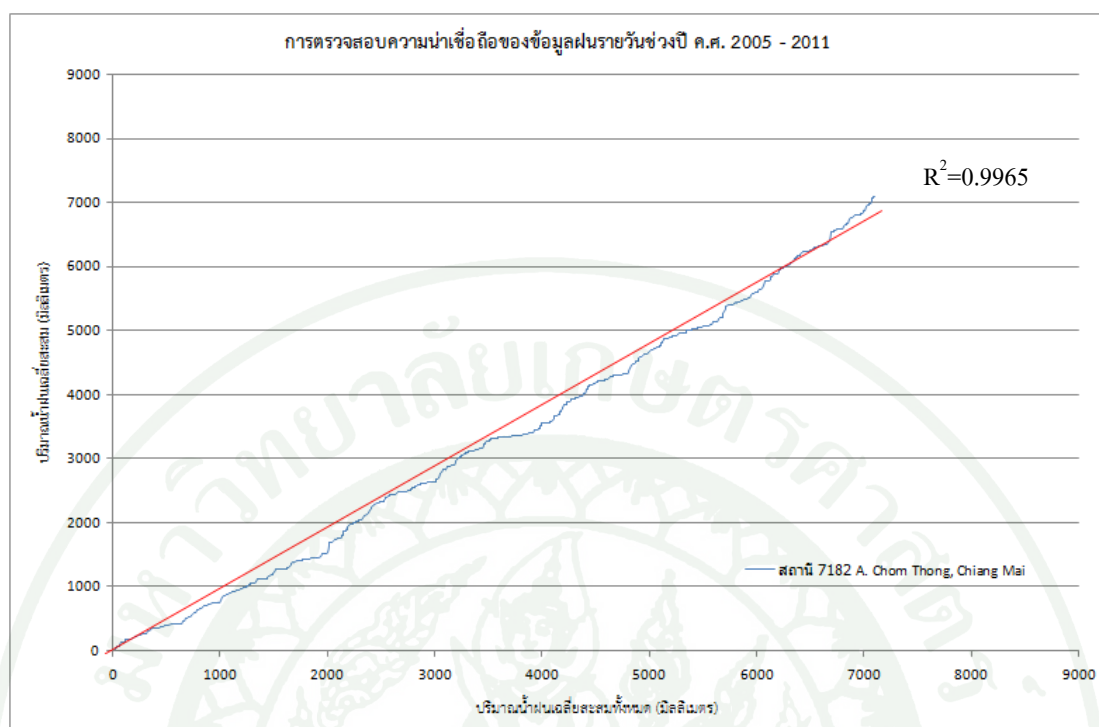
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



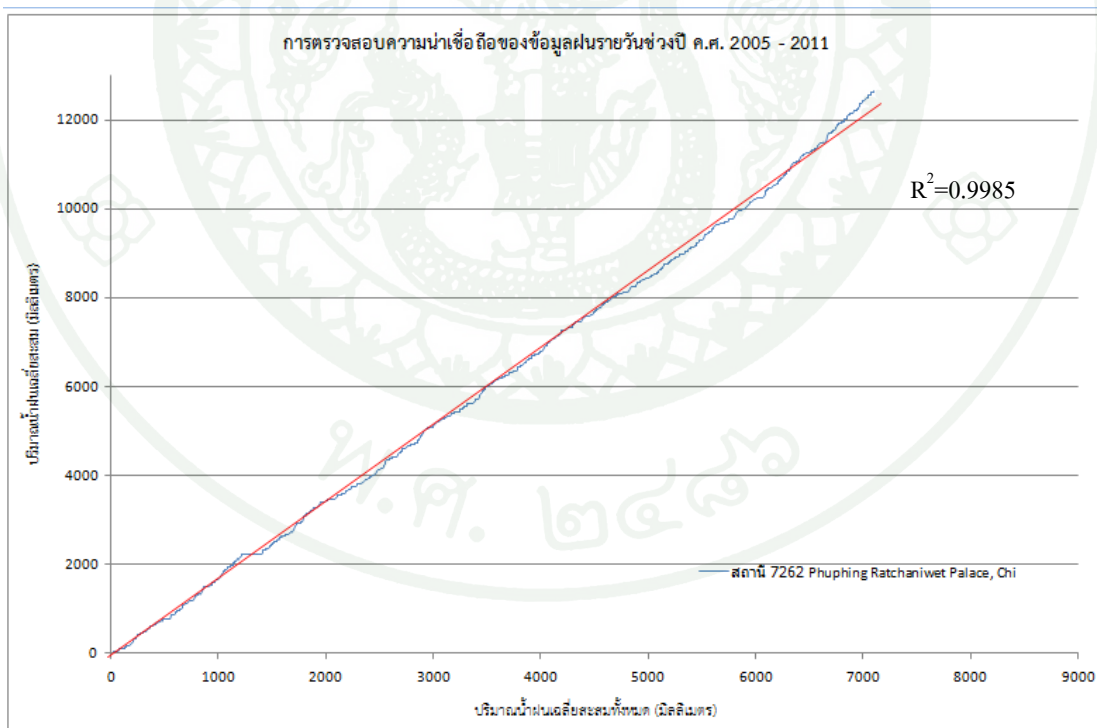
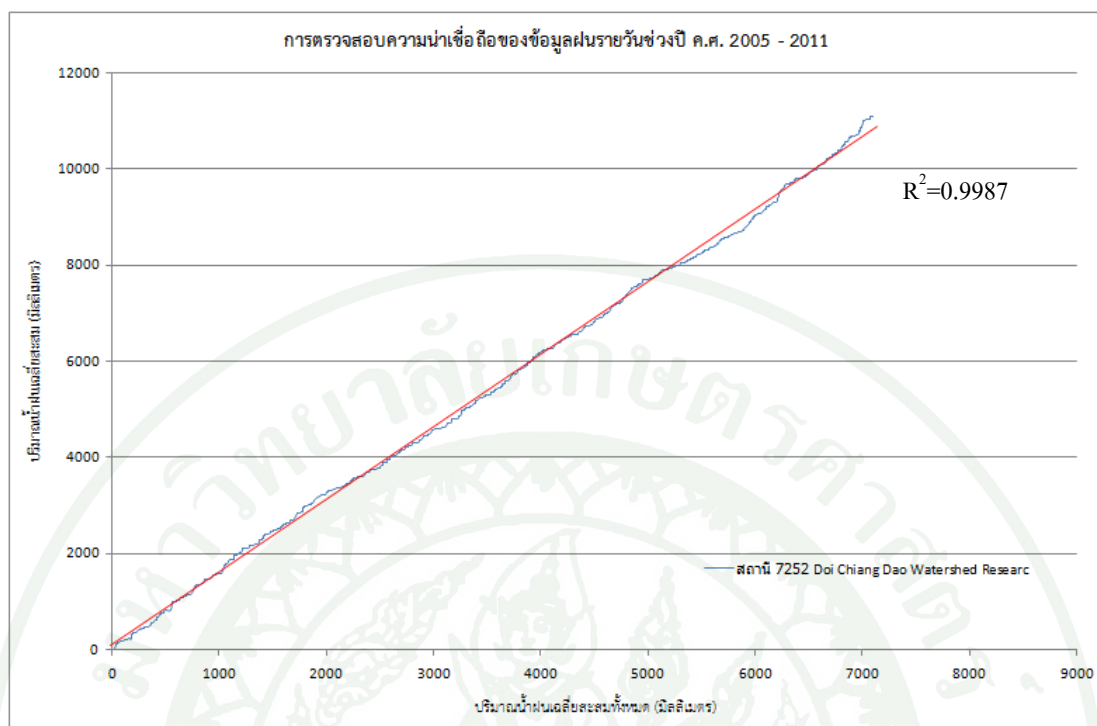
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



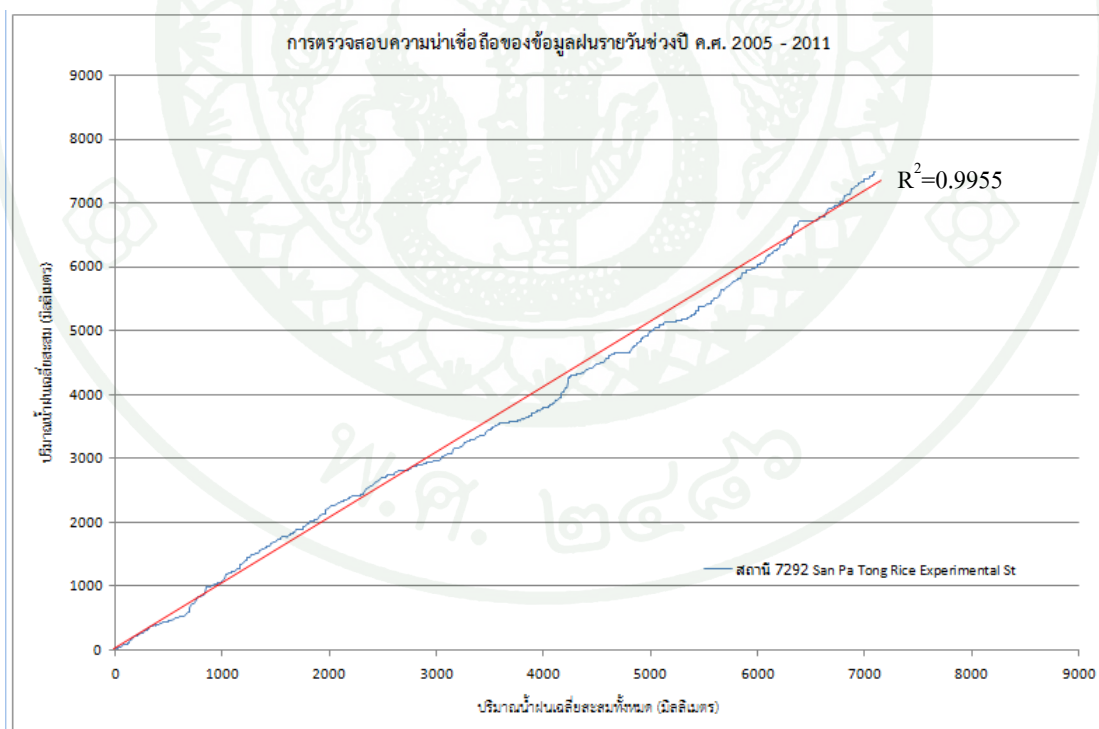
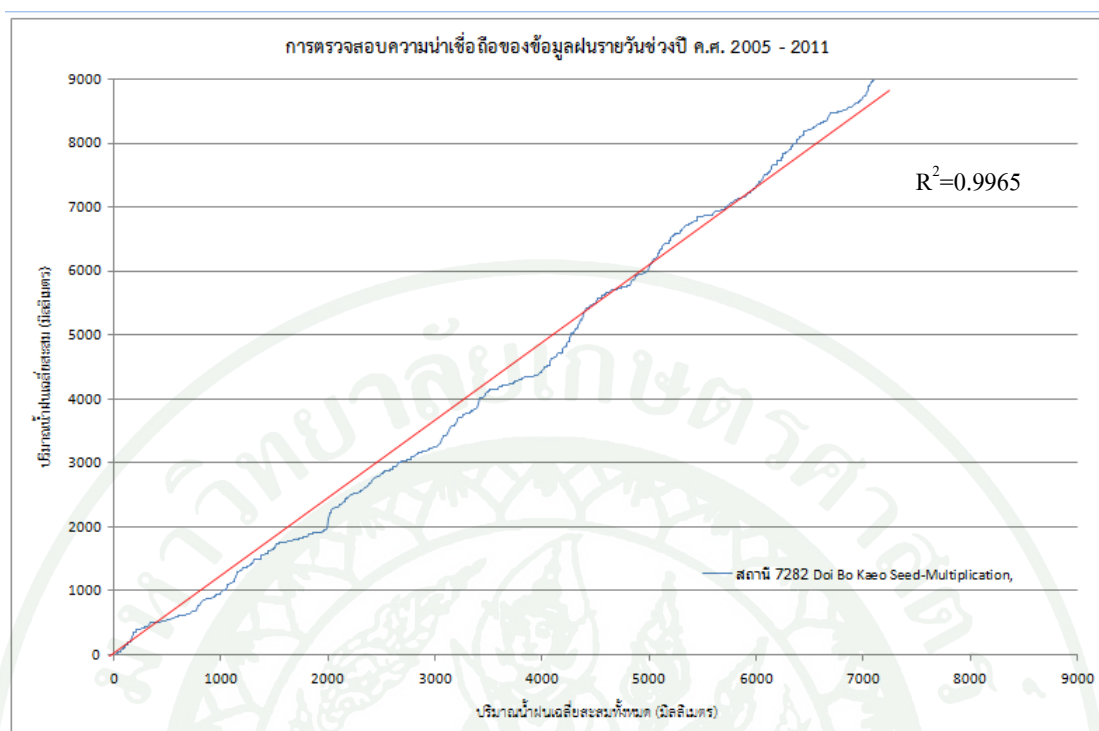
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



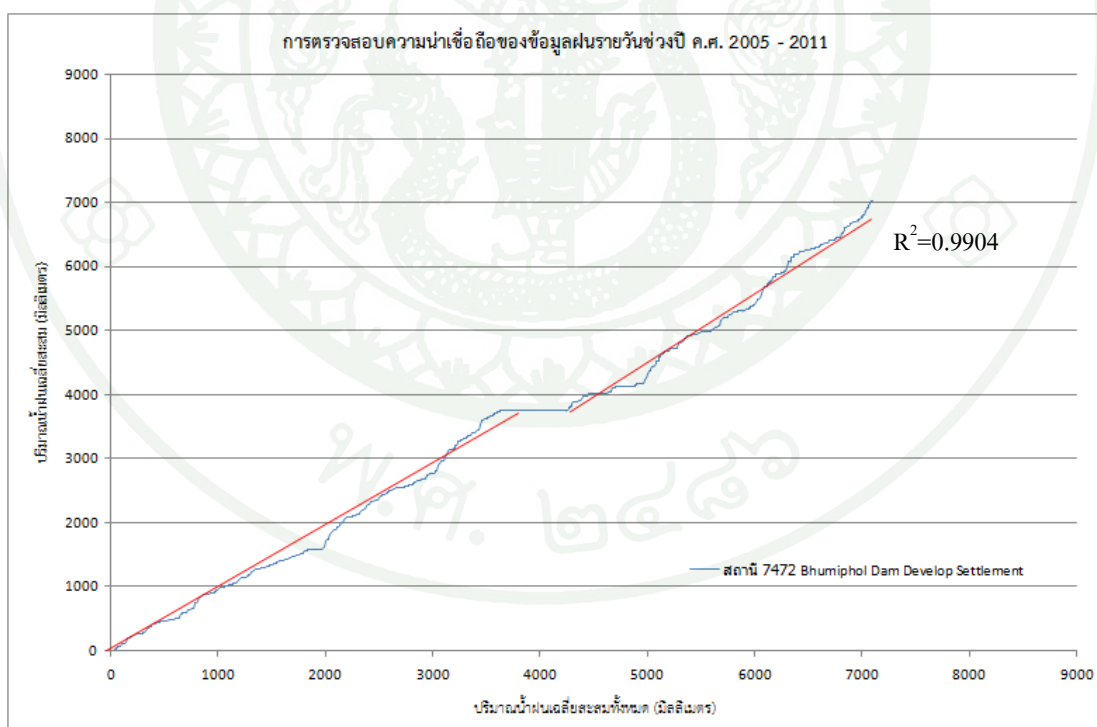
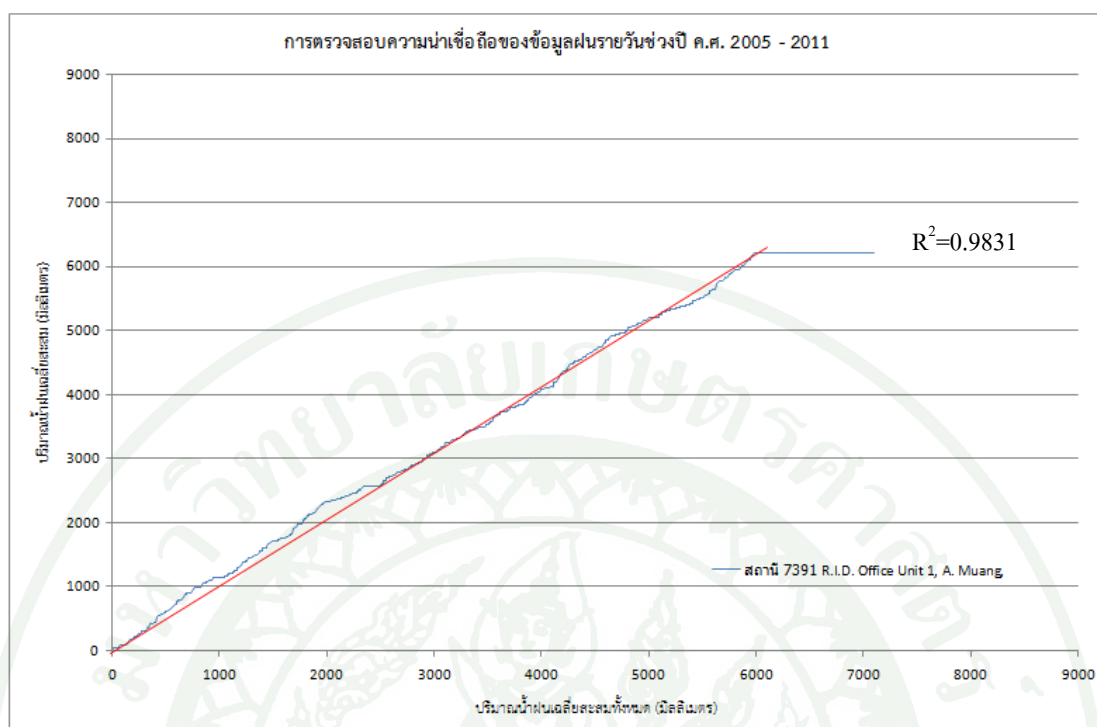
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



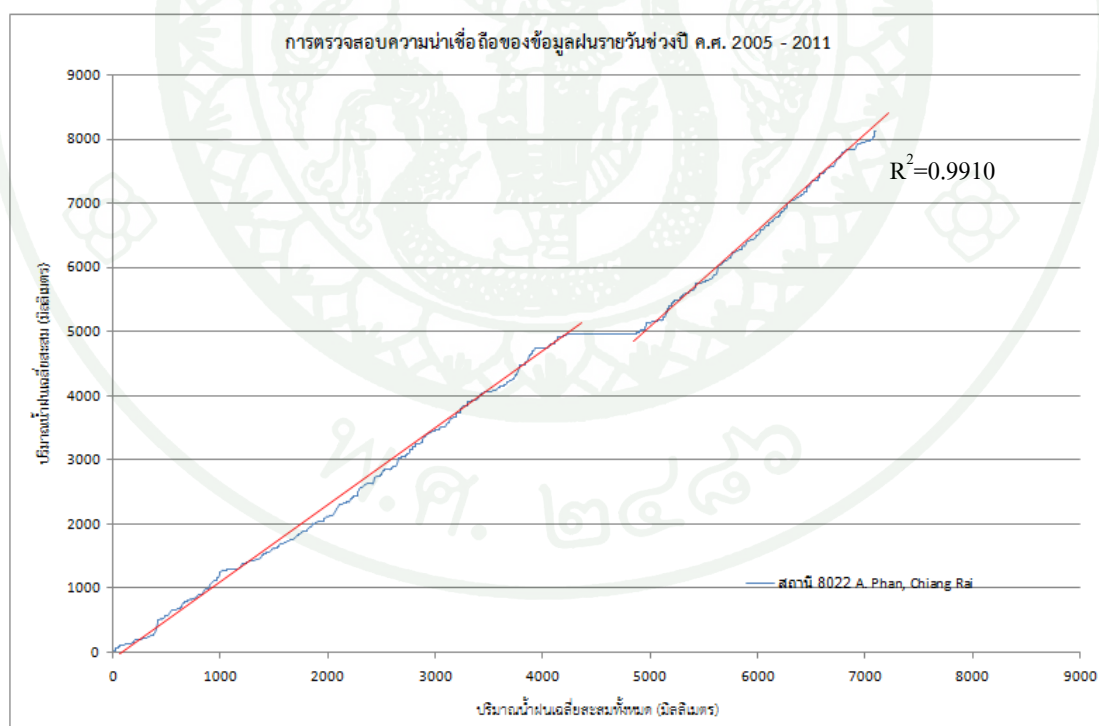
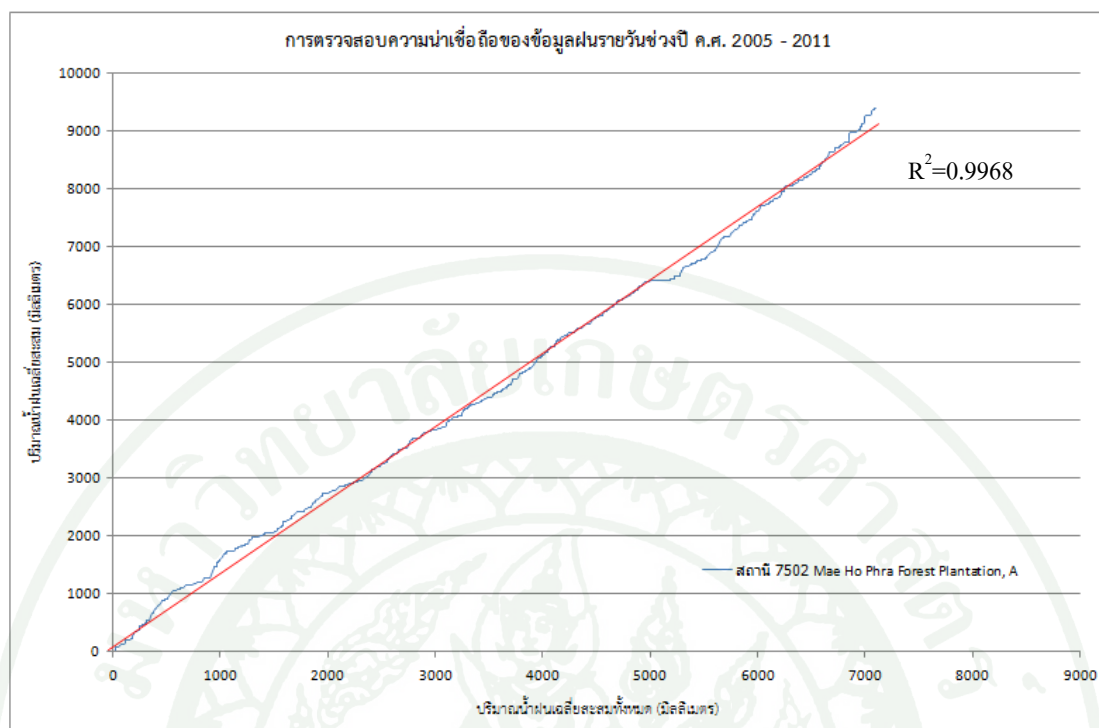
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



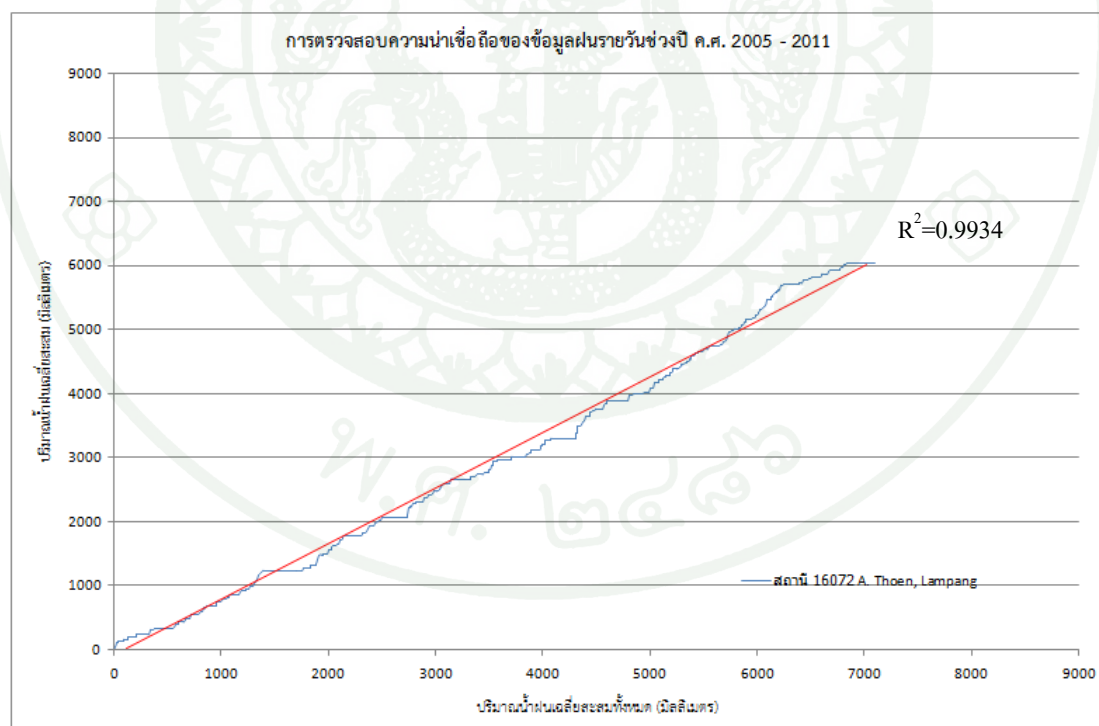
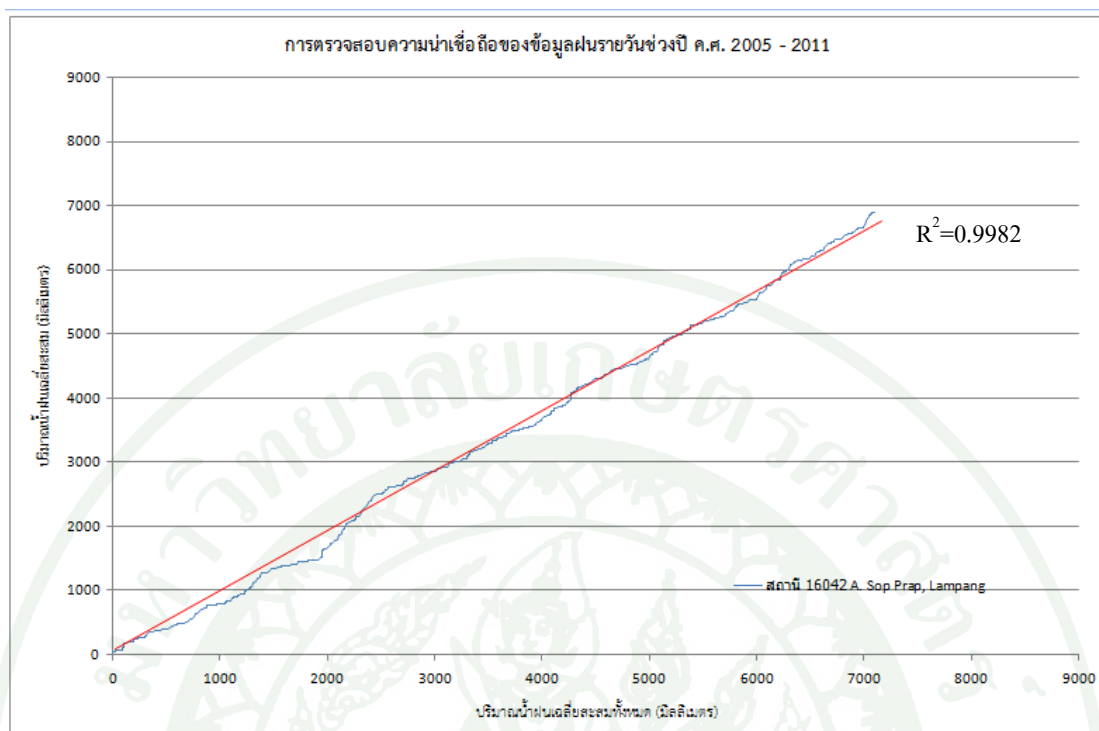
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



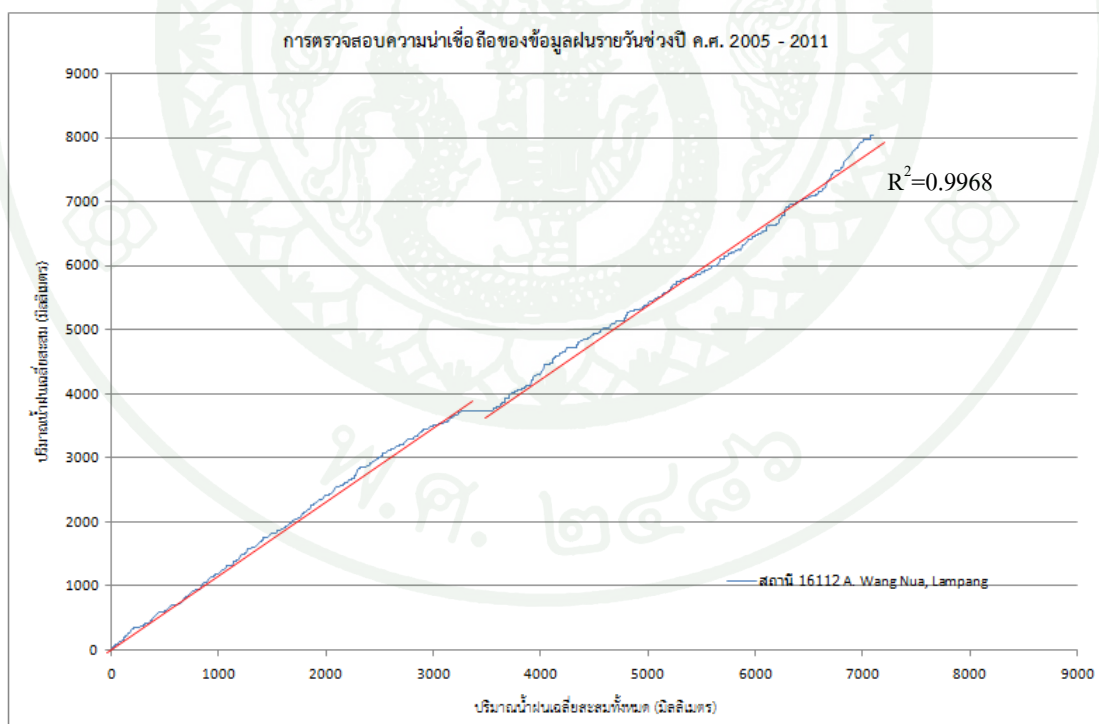
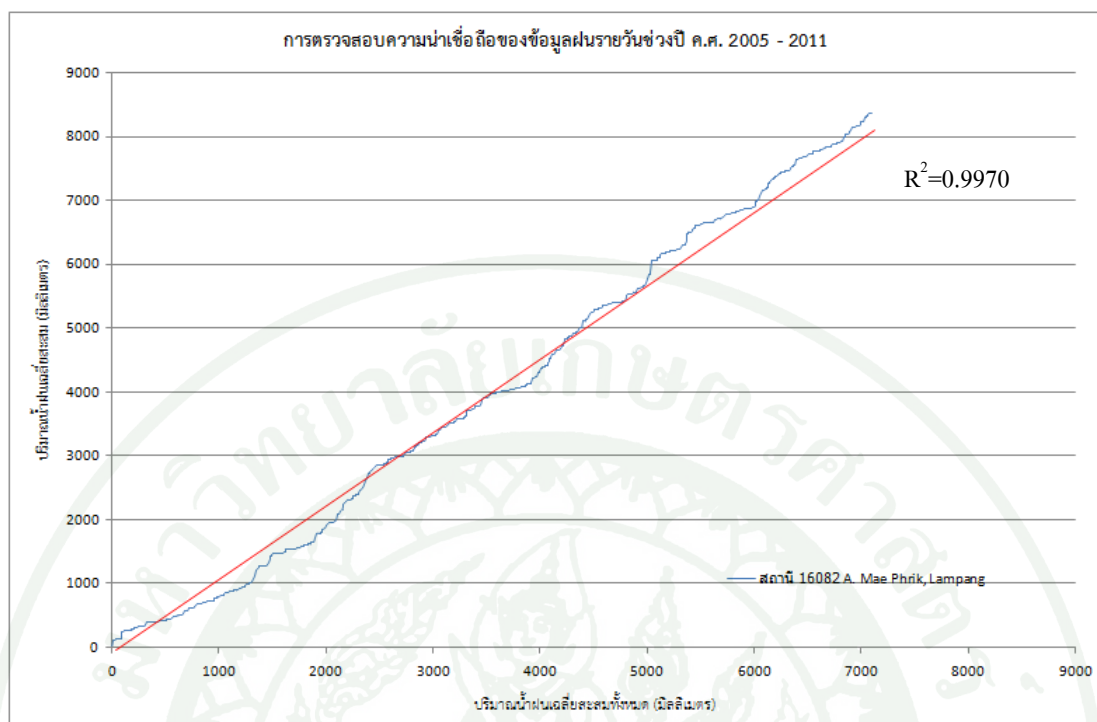
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



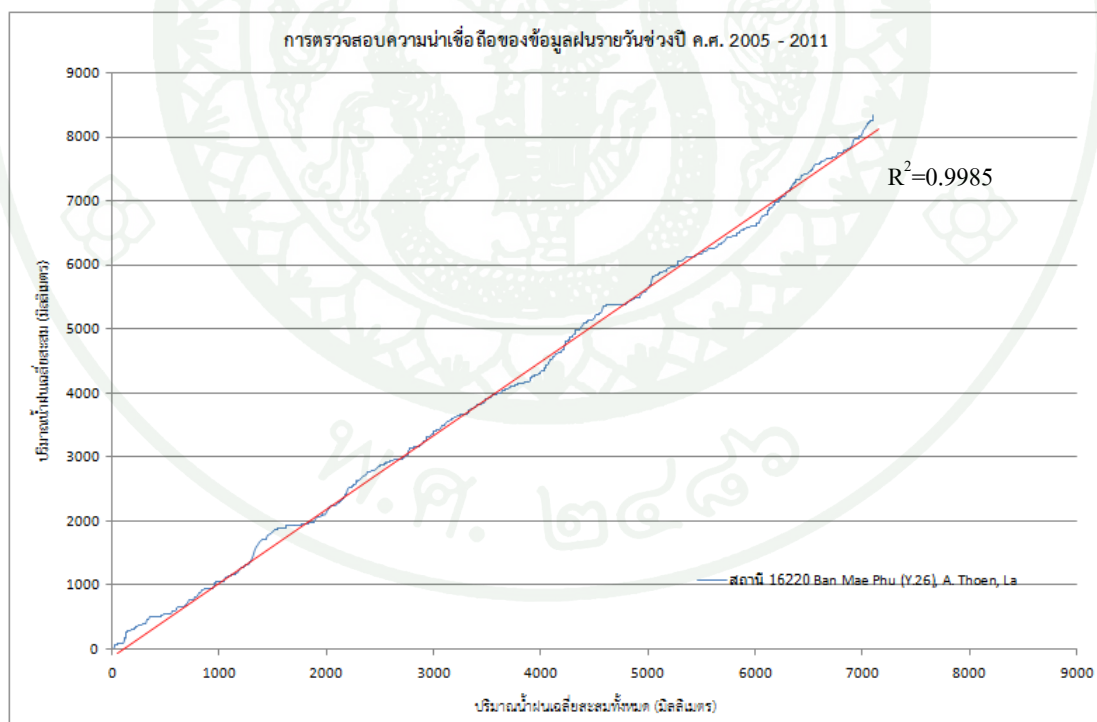
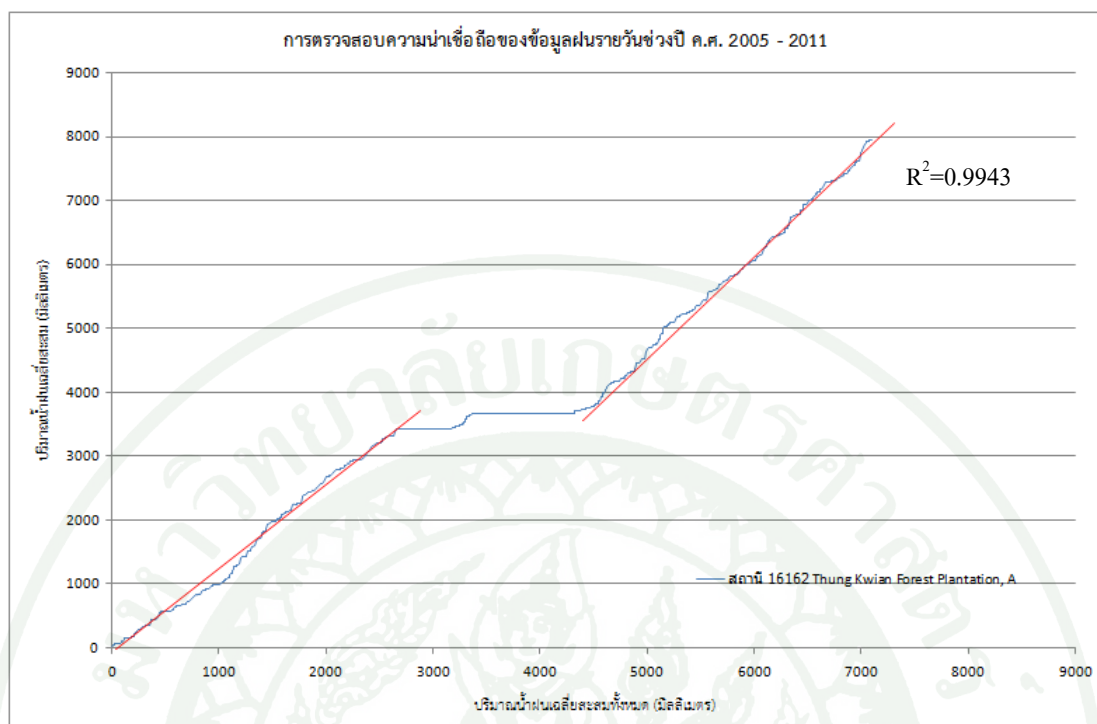
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



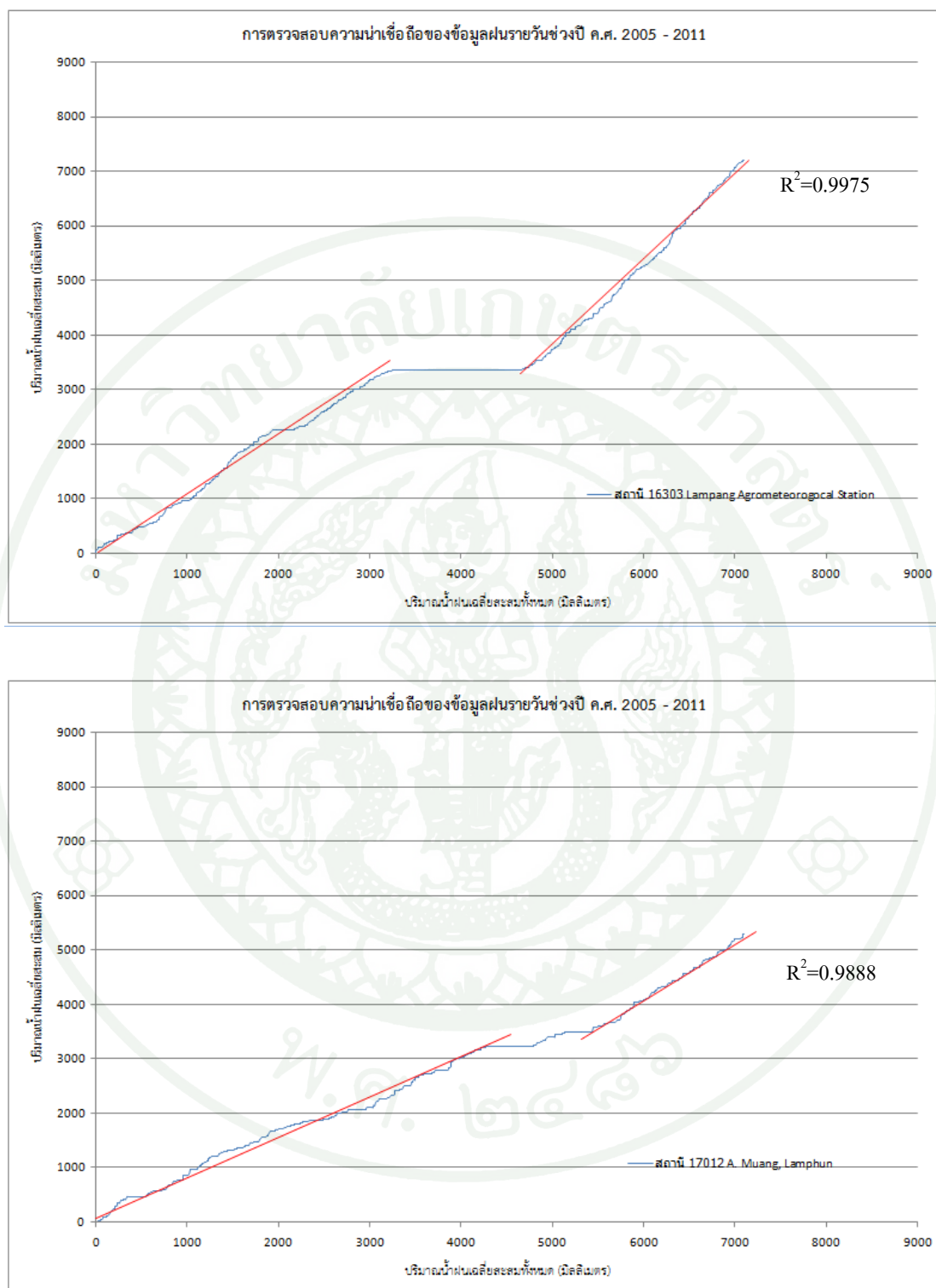
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



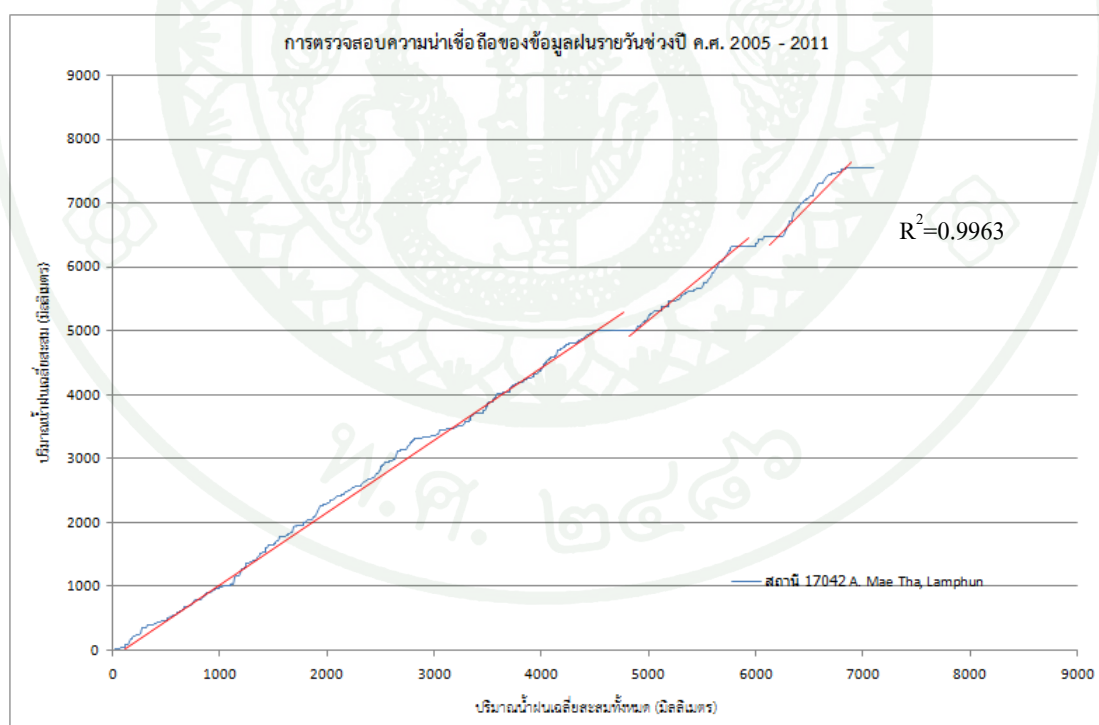
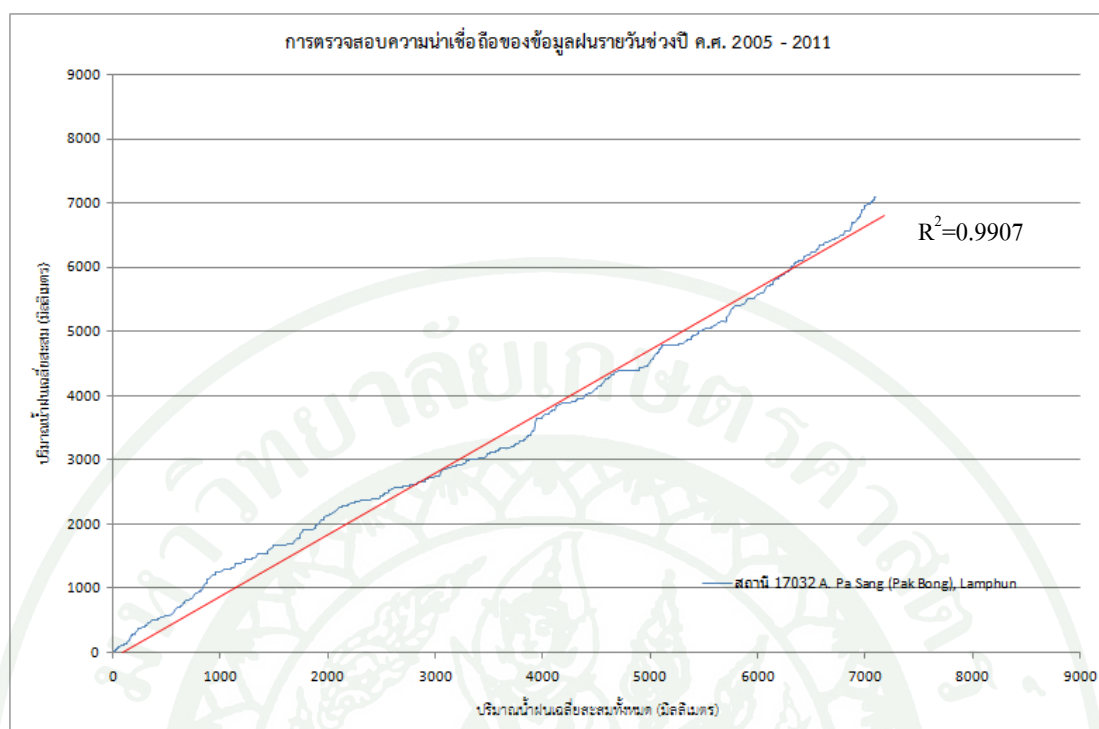
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



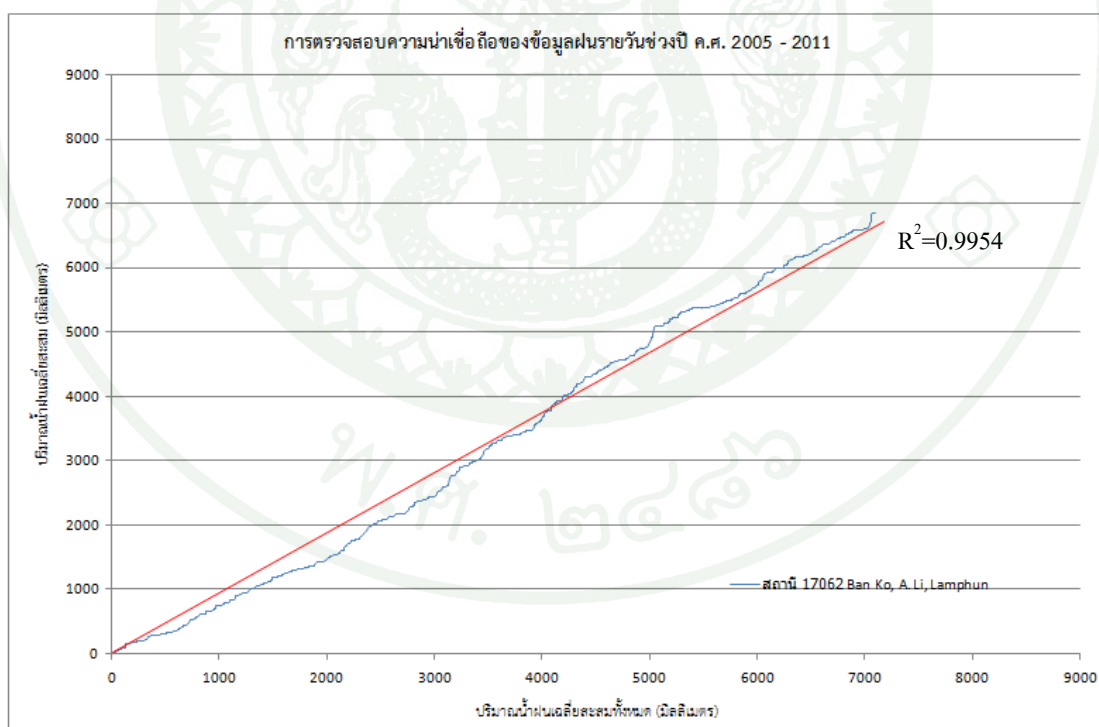
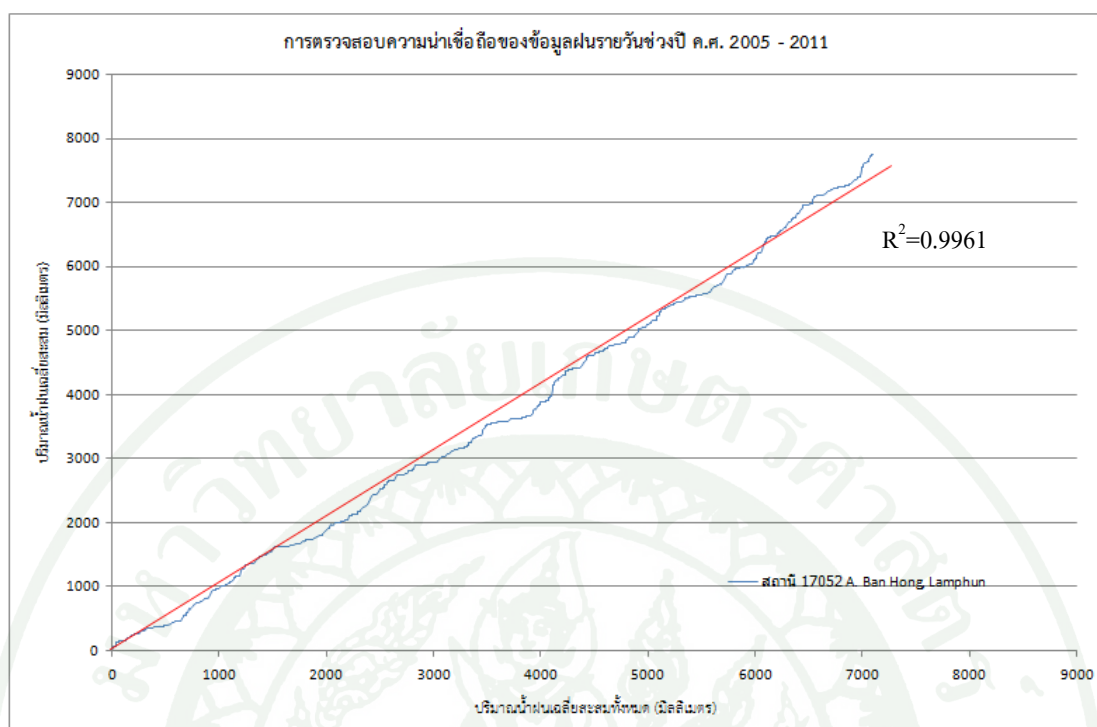
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



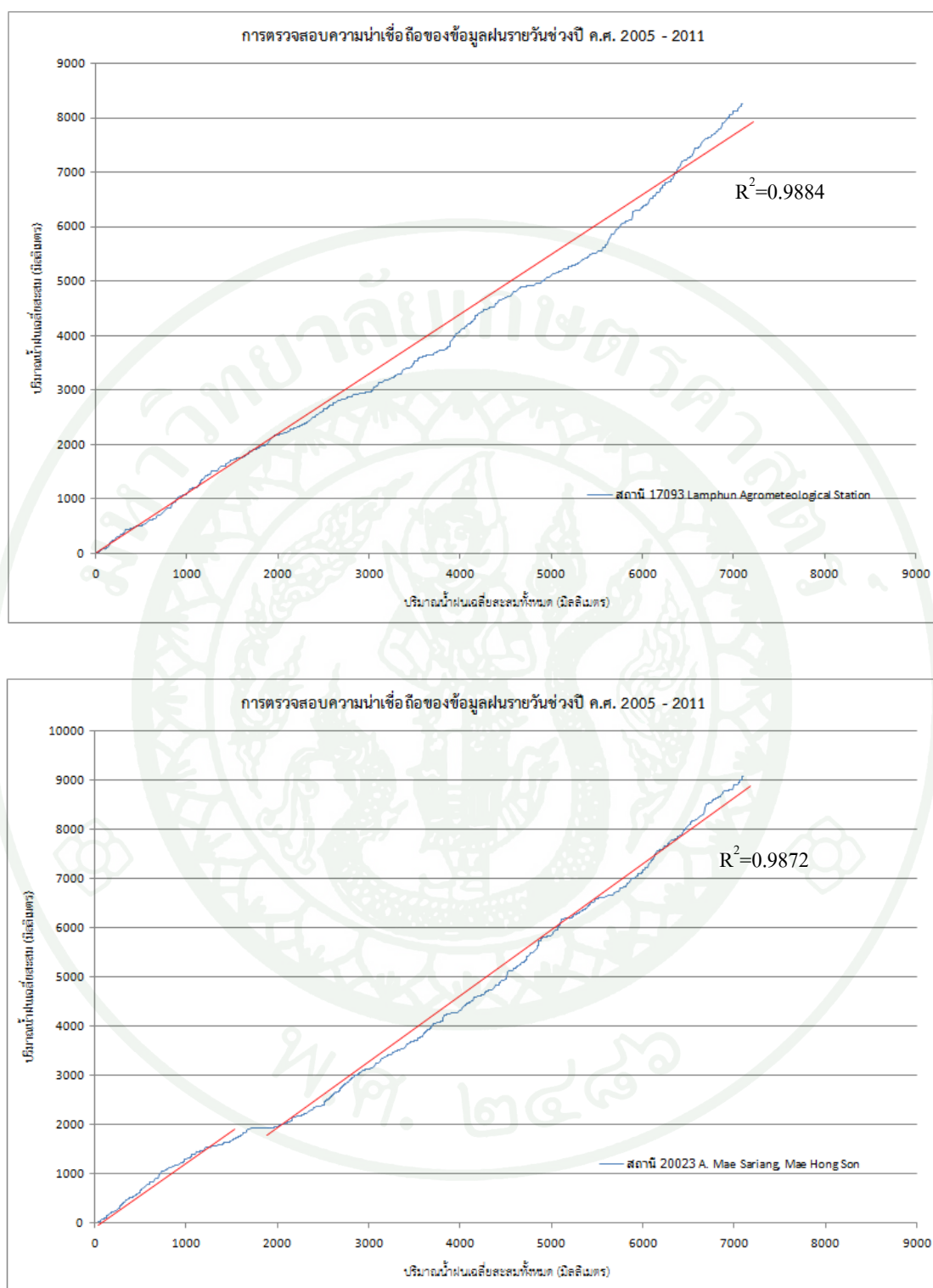
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



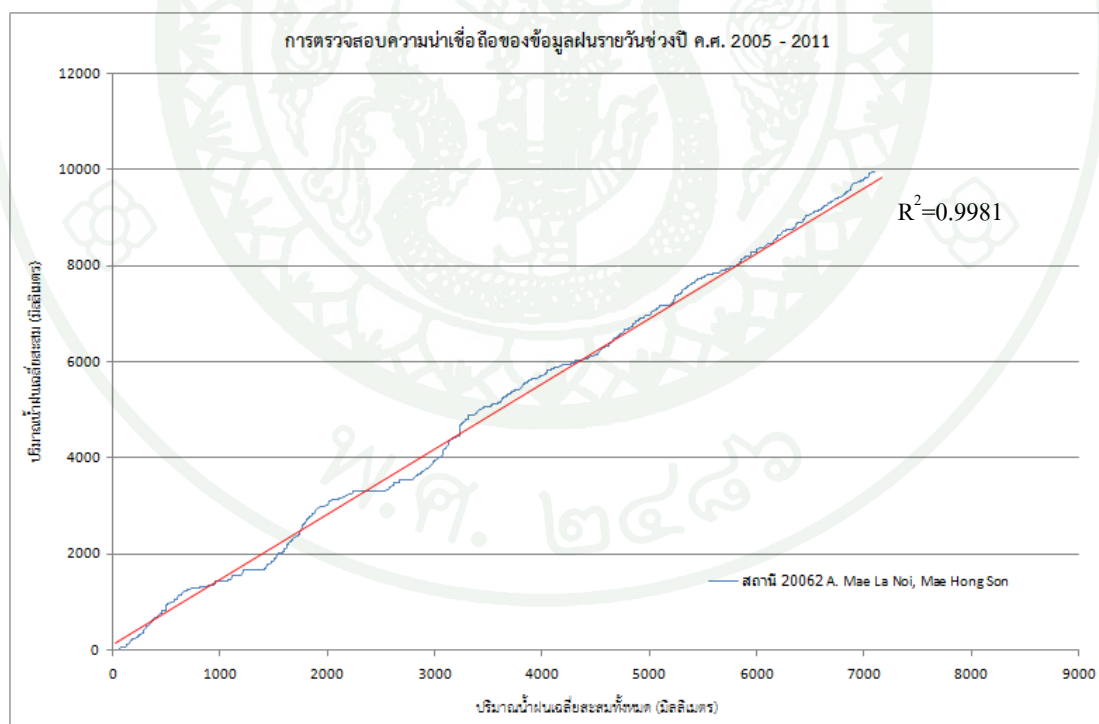
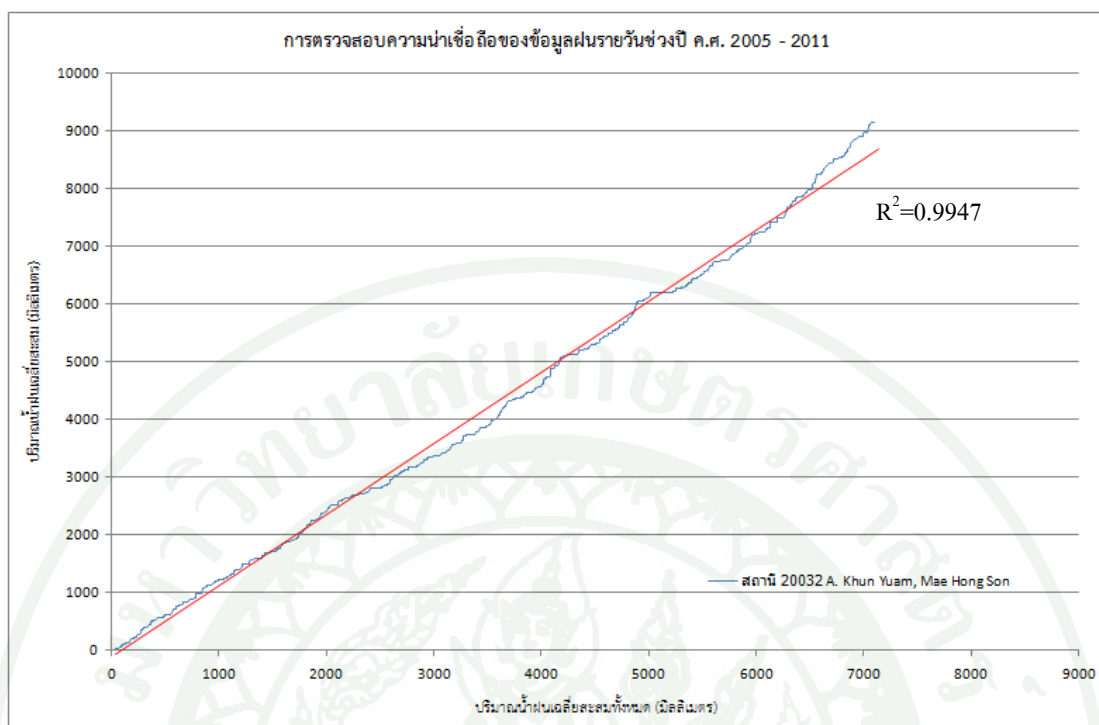
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



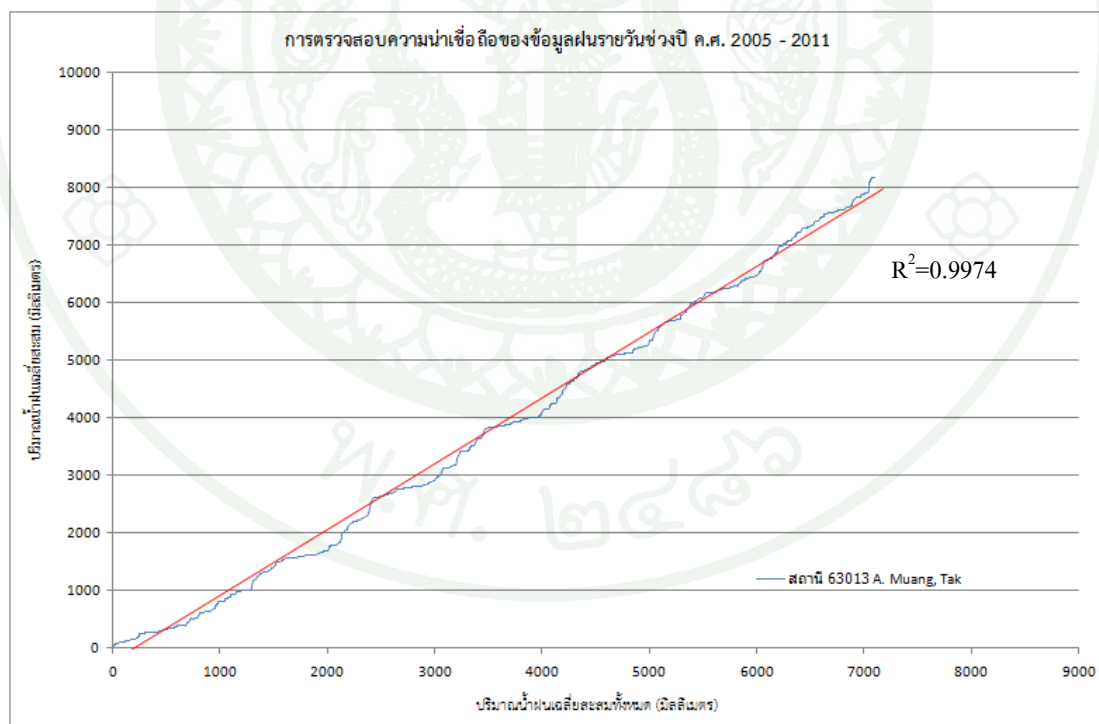
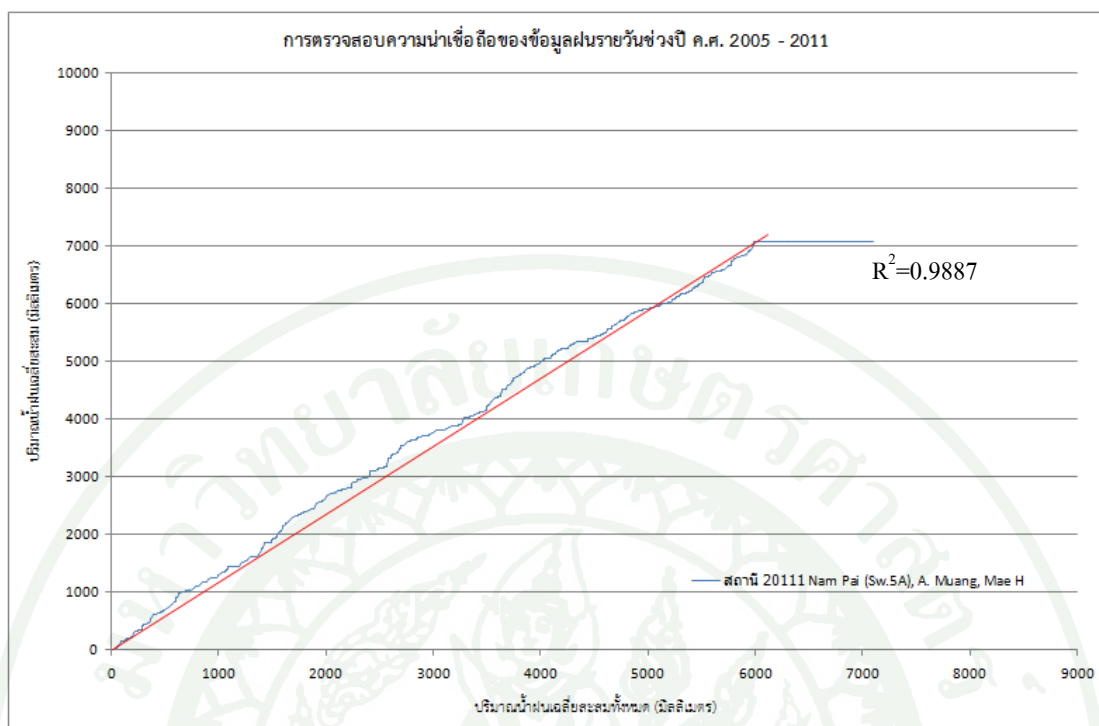
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



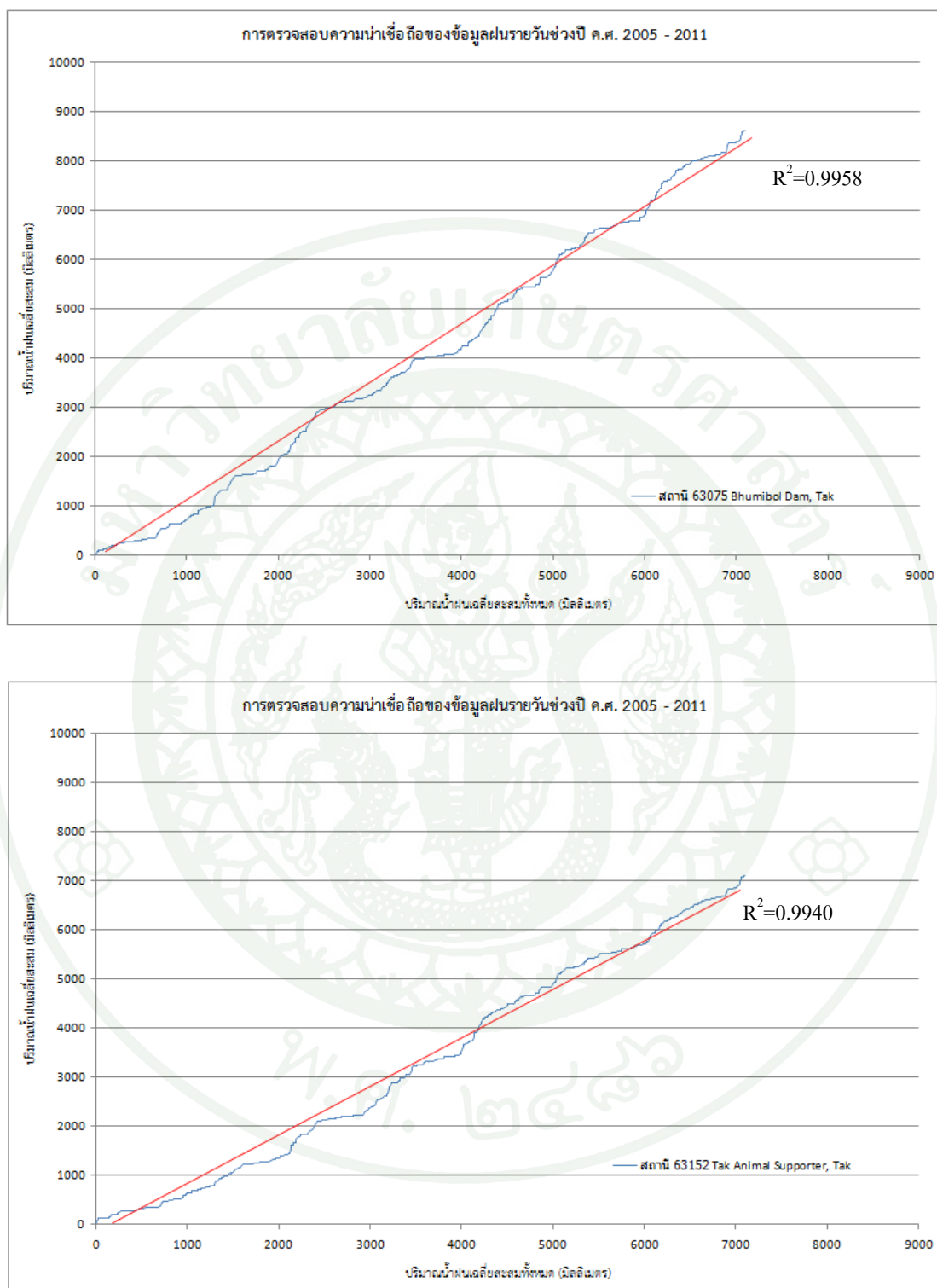
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



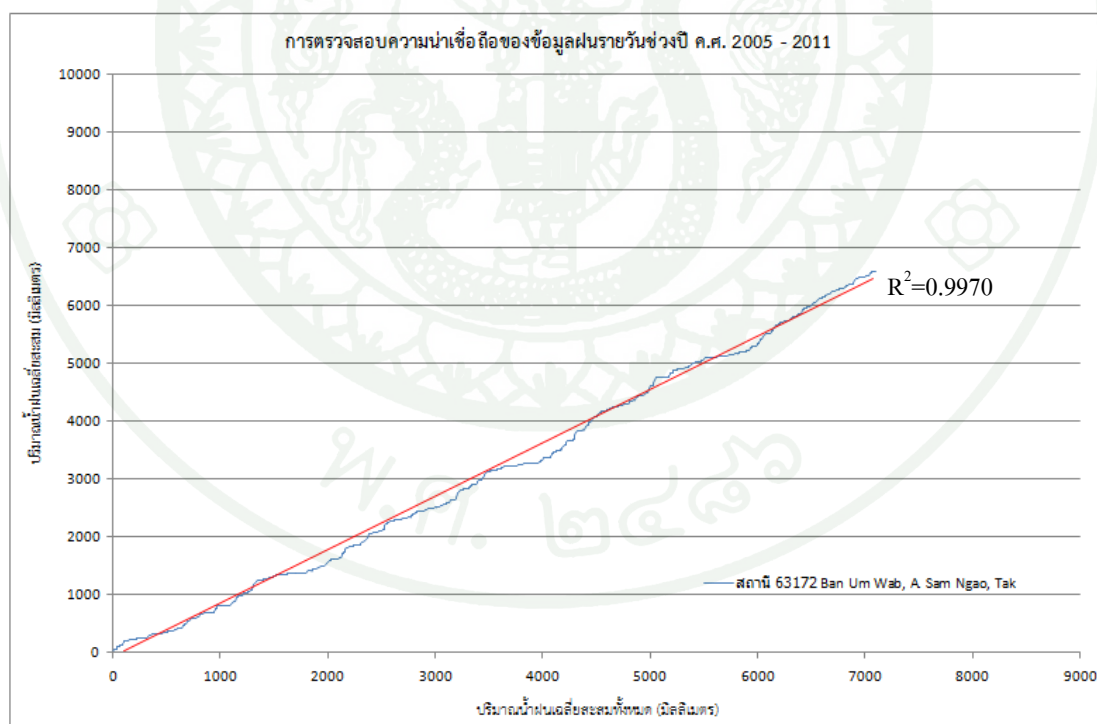
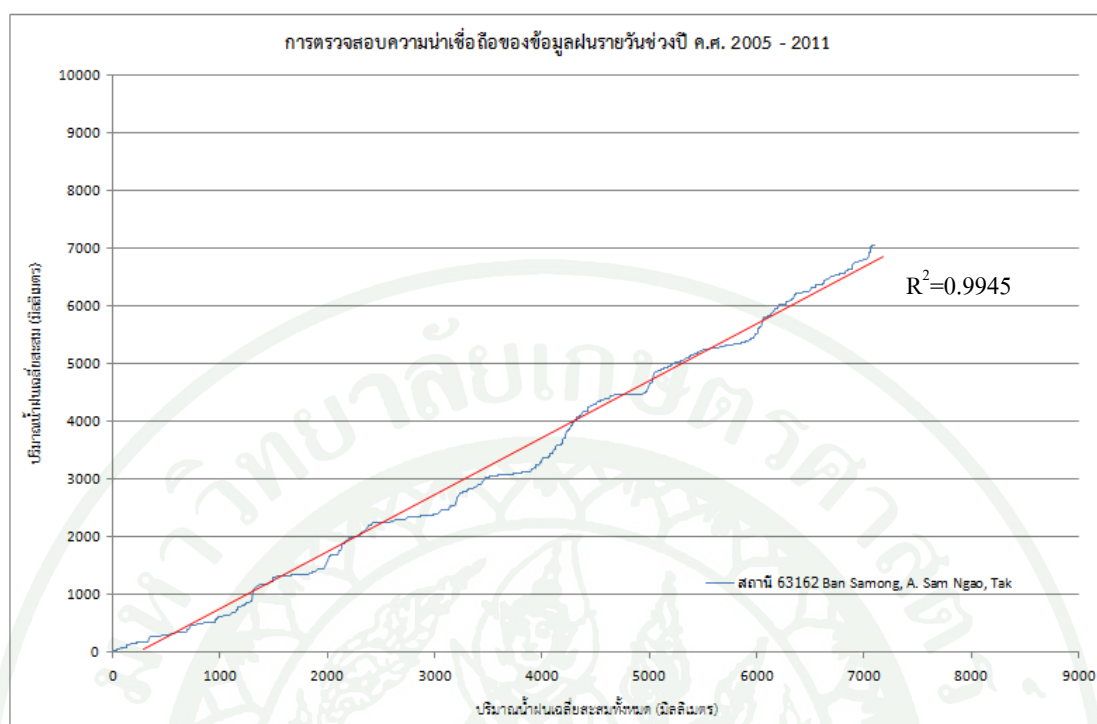
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



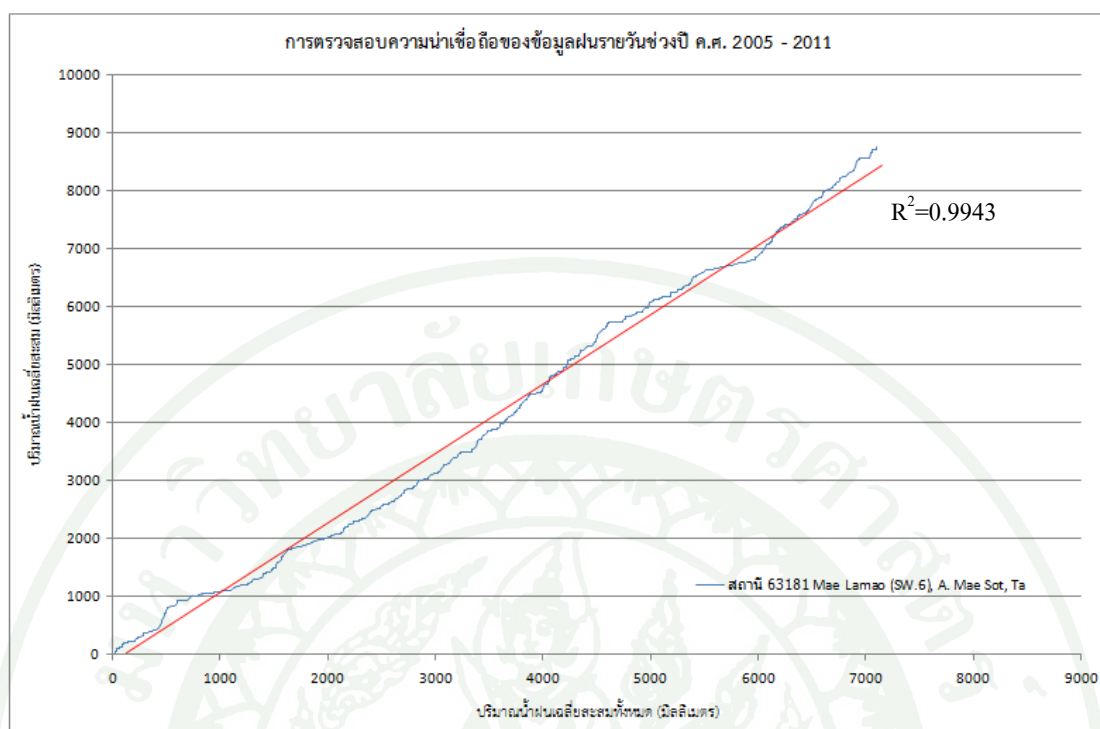
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



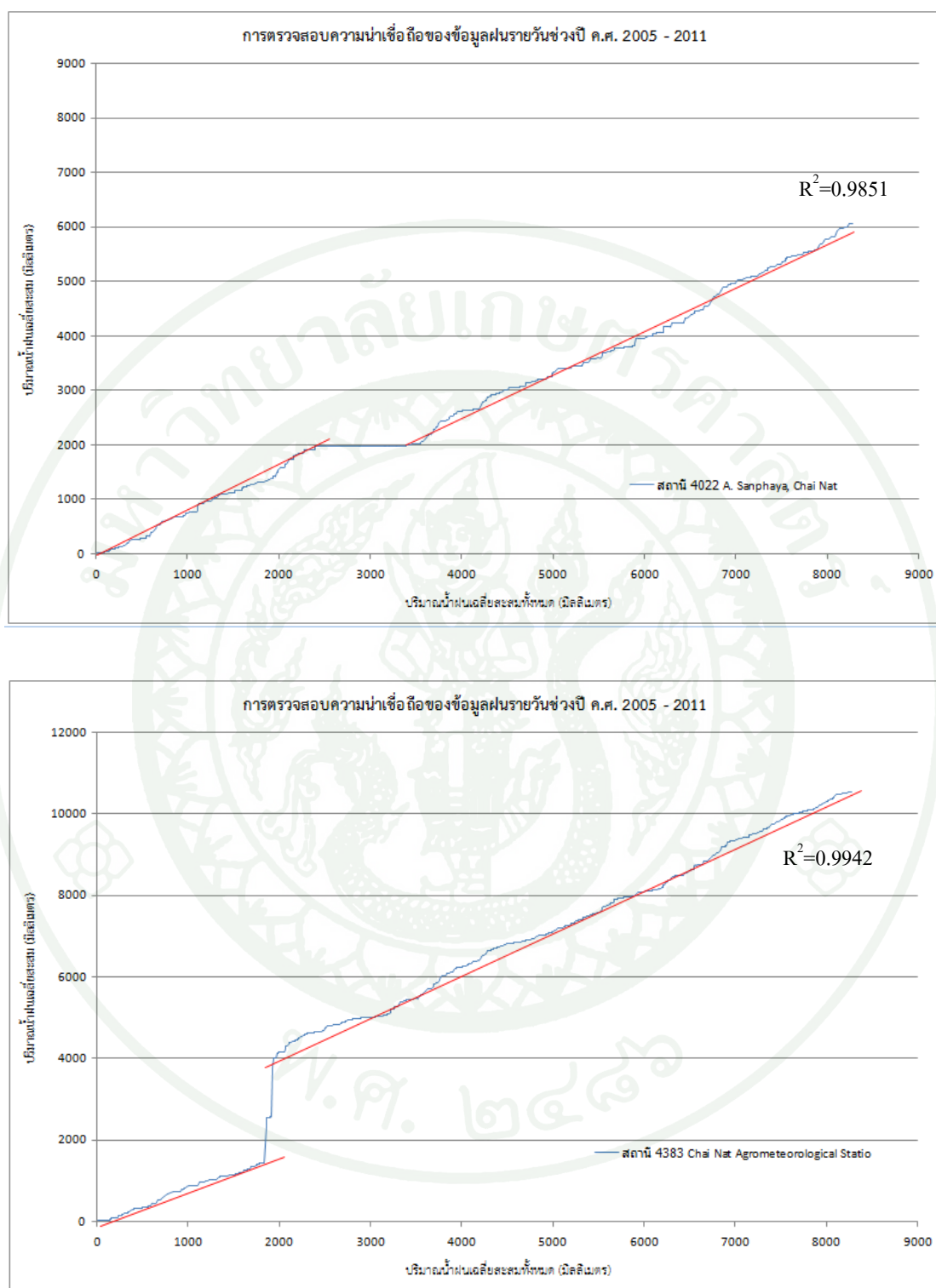
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



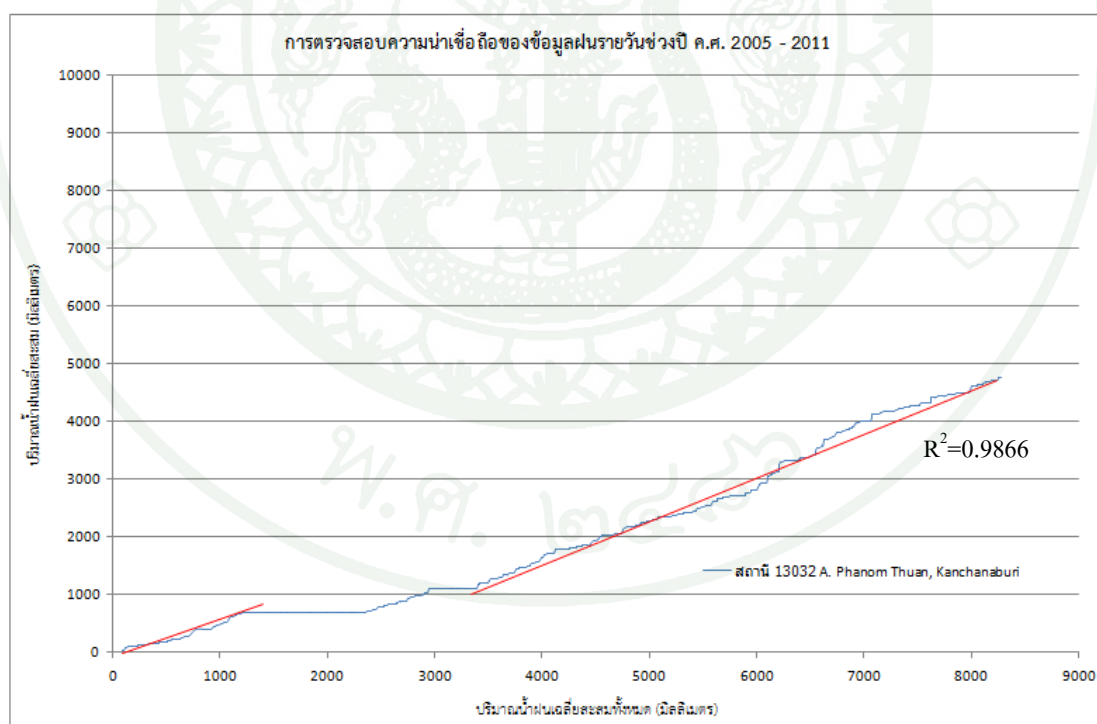
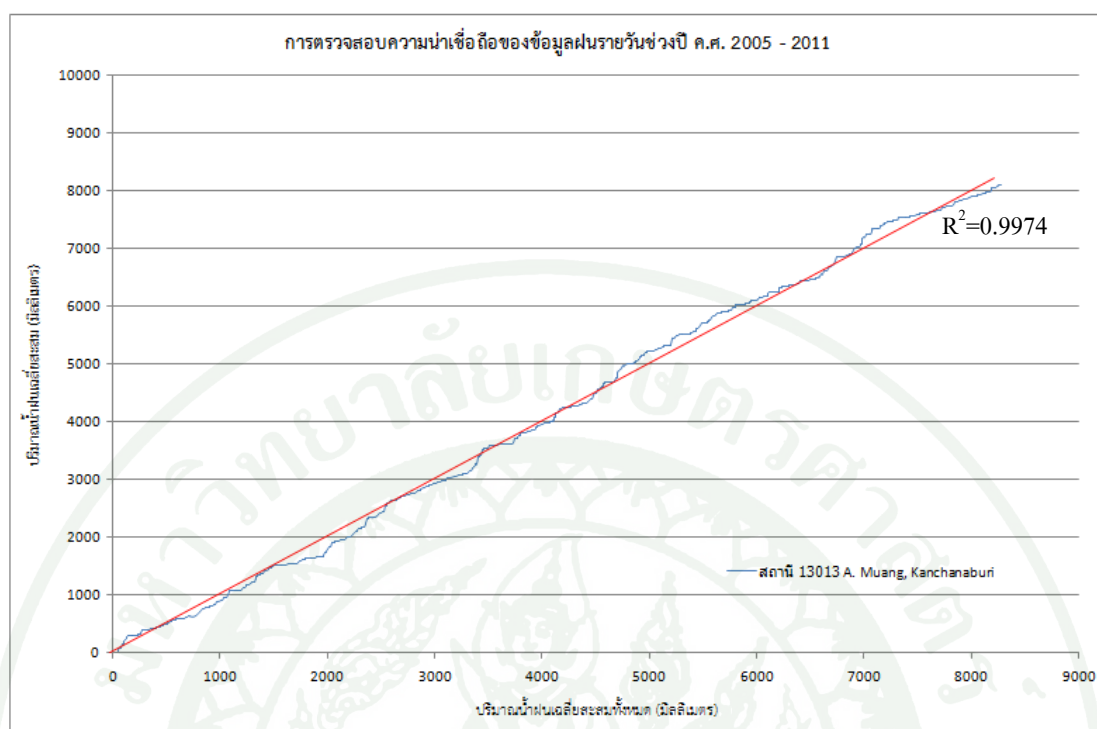
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



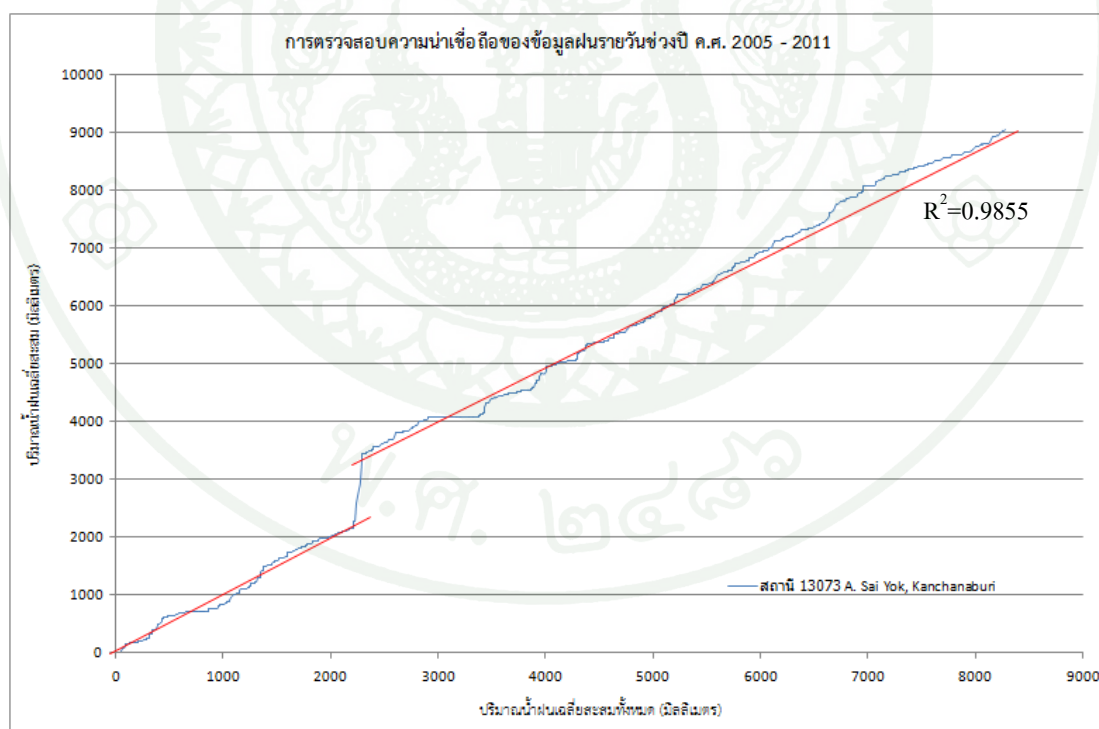
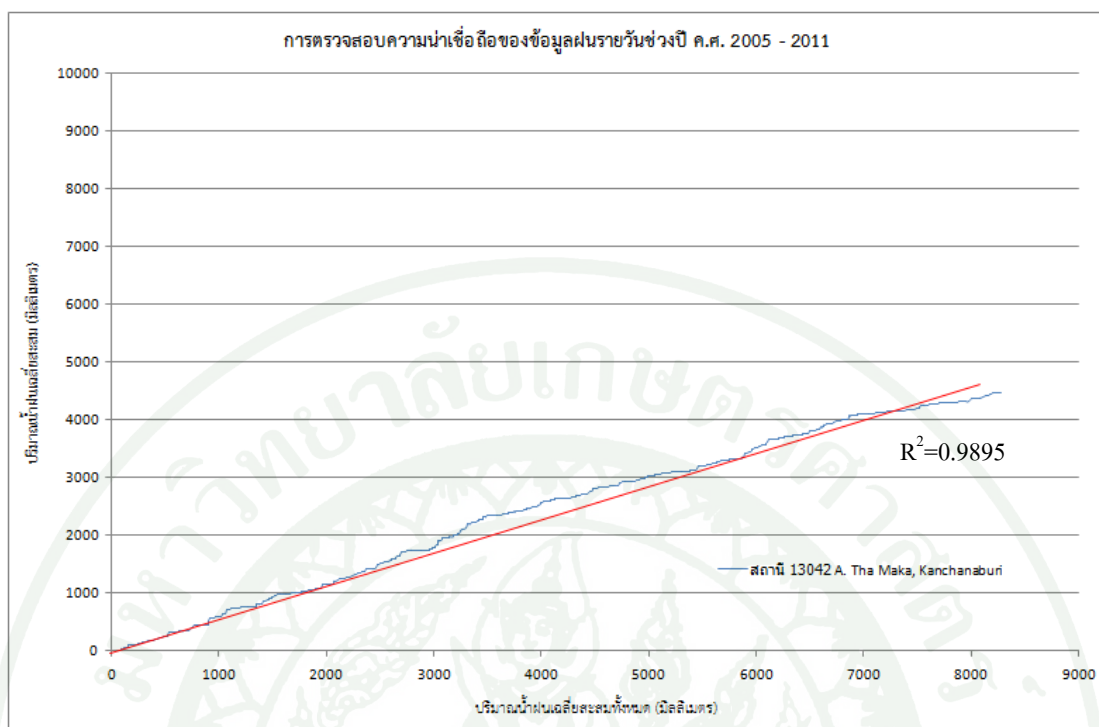
ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



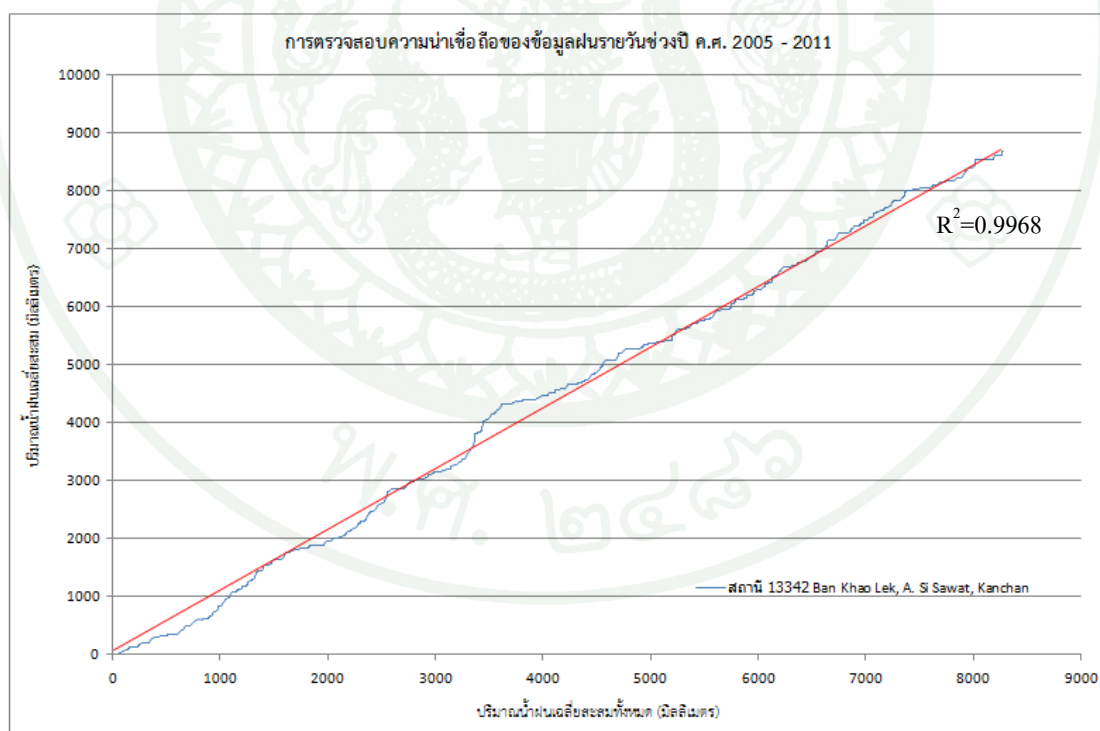
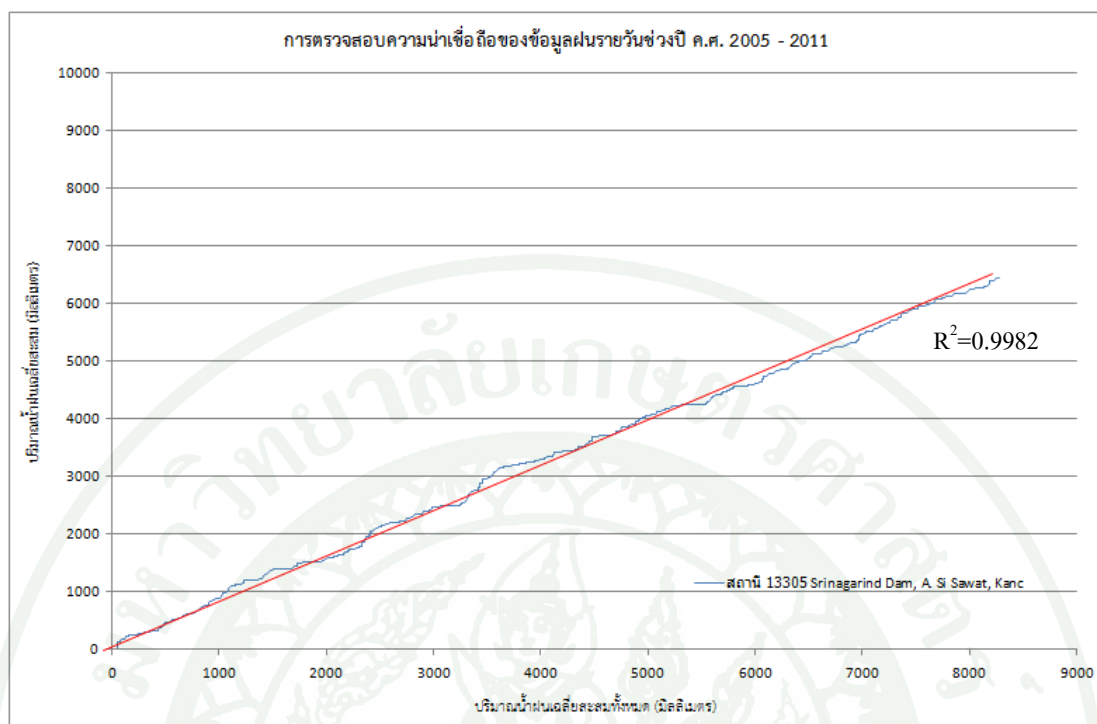
ภาพผนวกที่ ก2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนรายวันช่วงปี ค.ศ. 2005 – 2011
ลุ่มน้ำท่าจีน



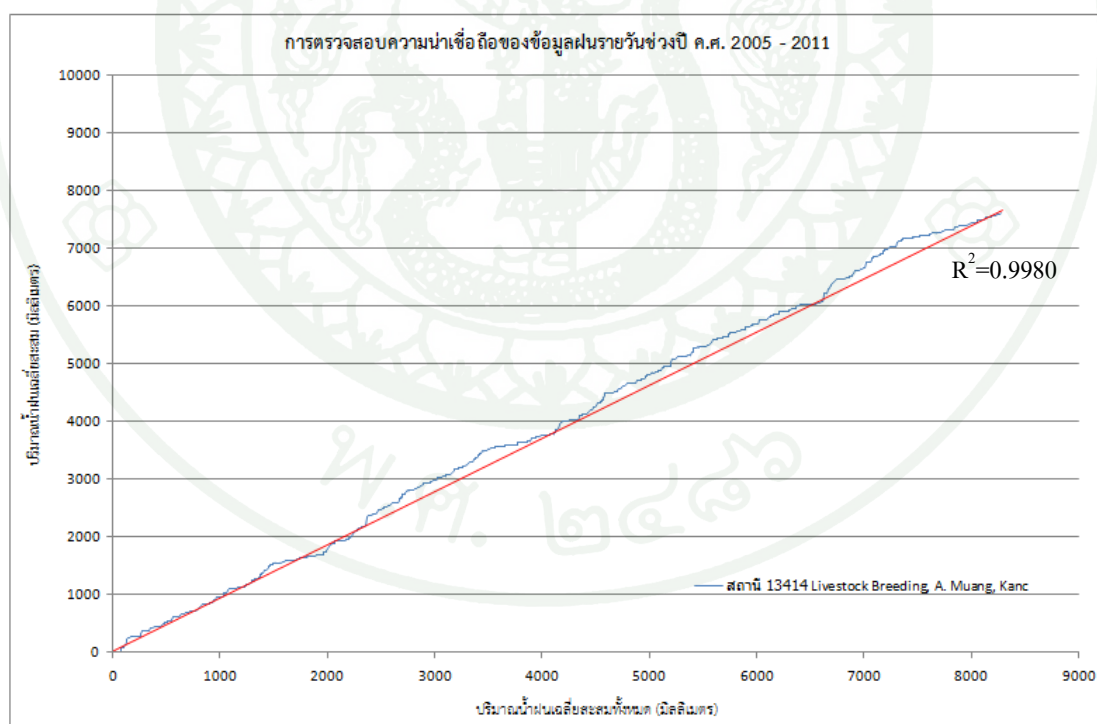
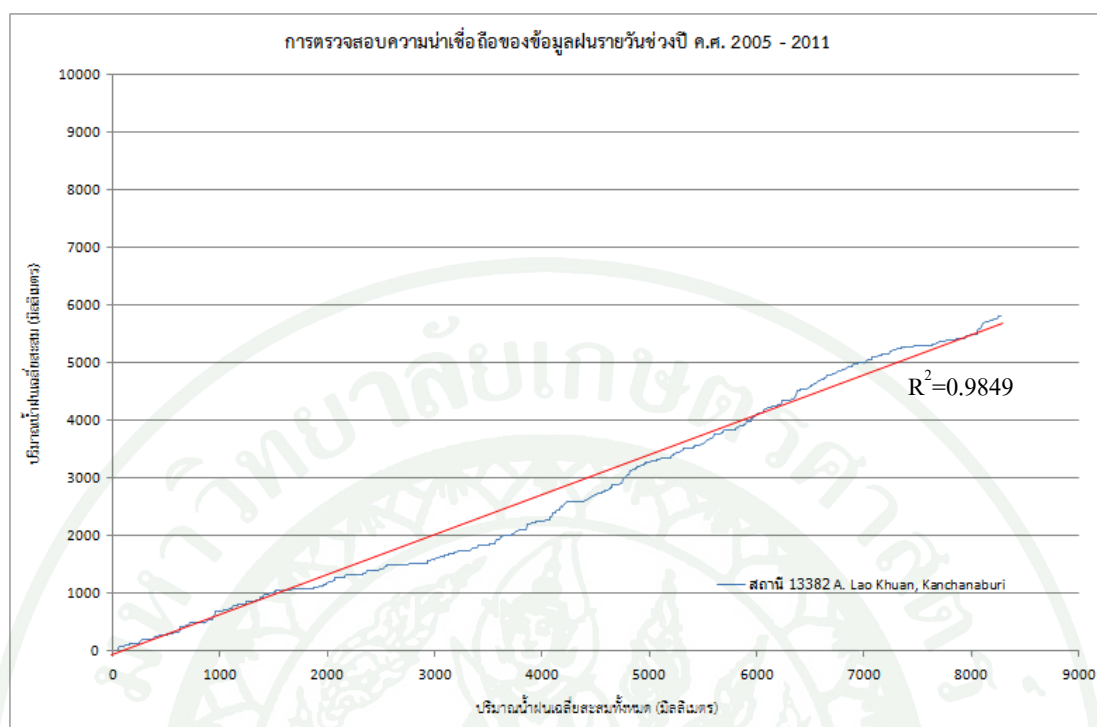
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



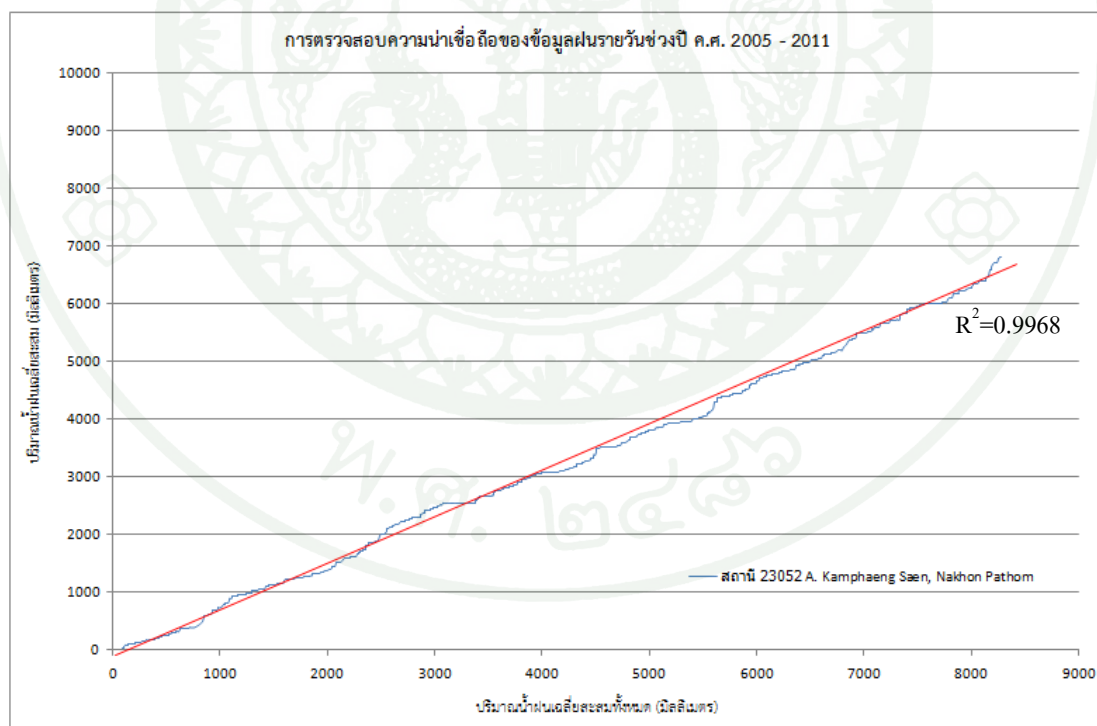
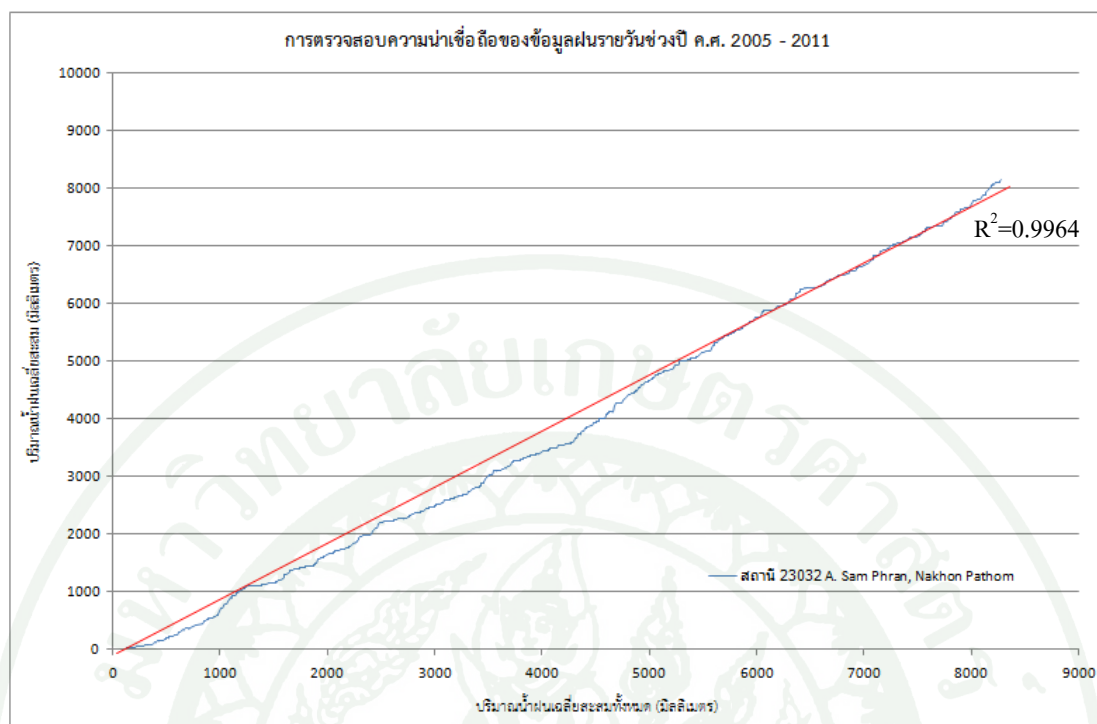
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



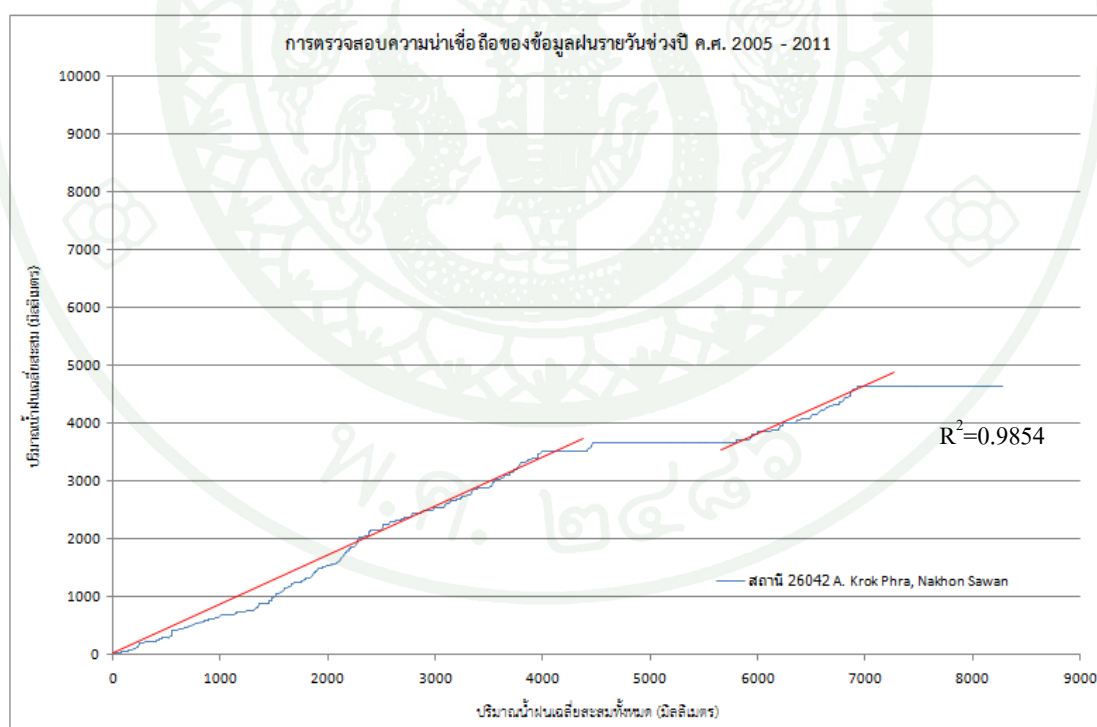
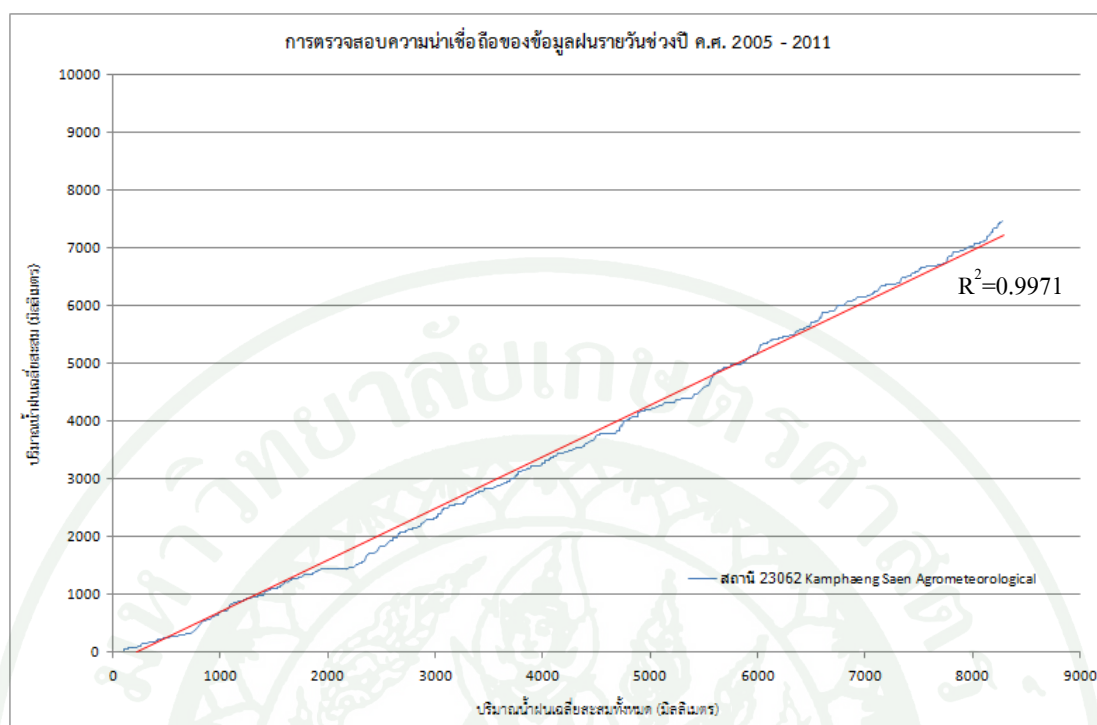
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



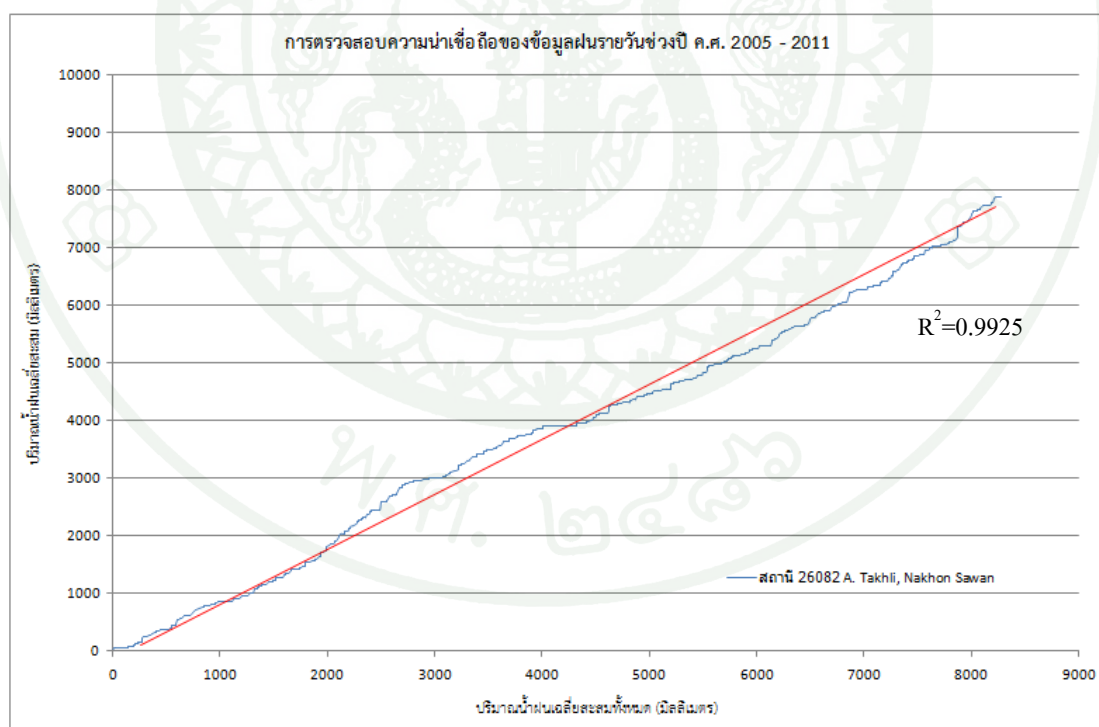
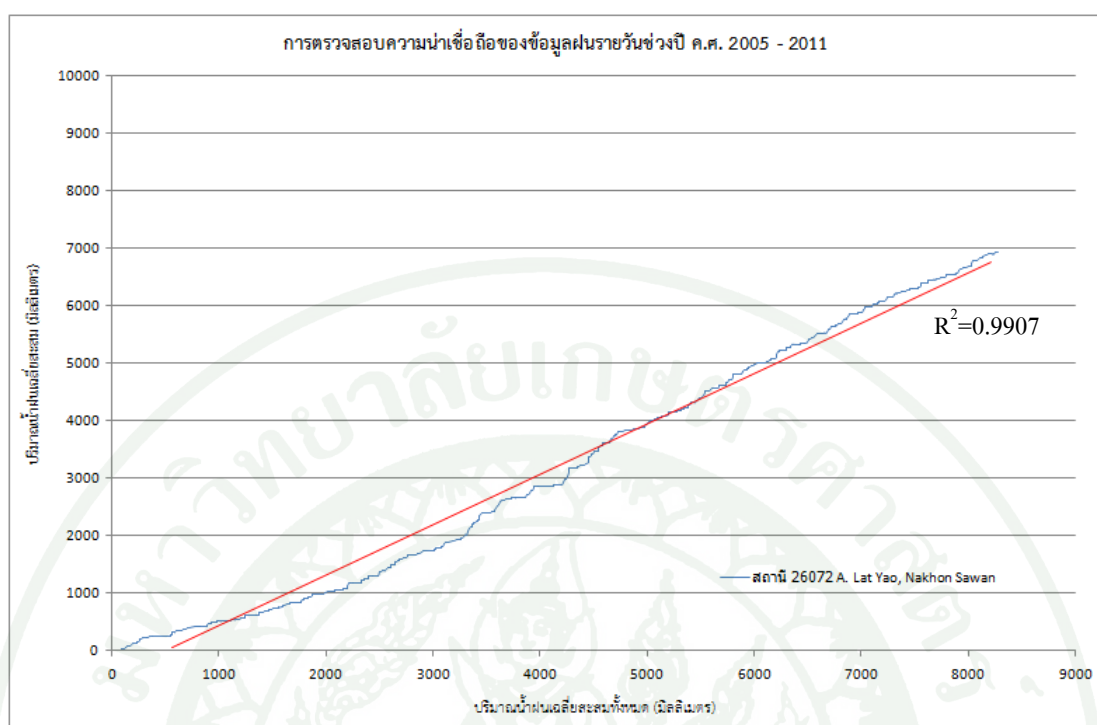
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



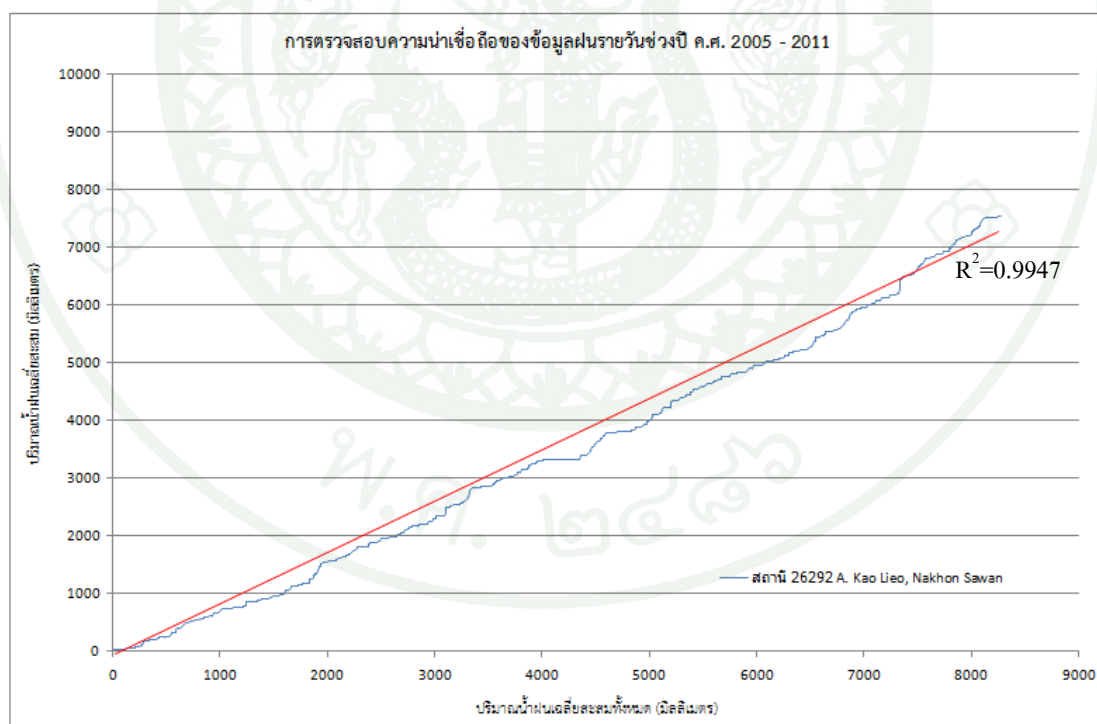
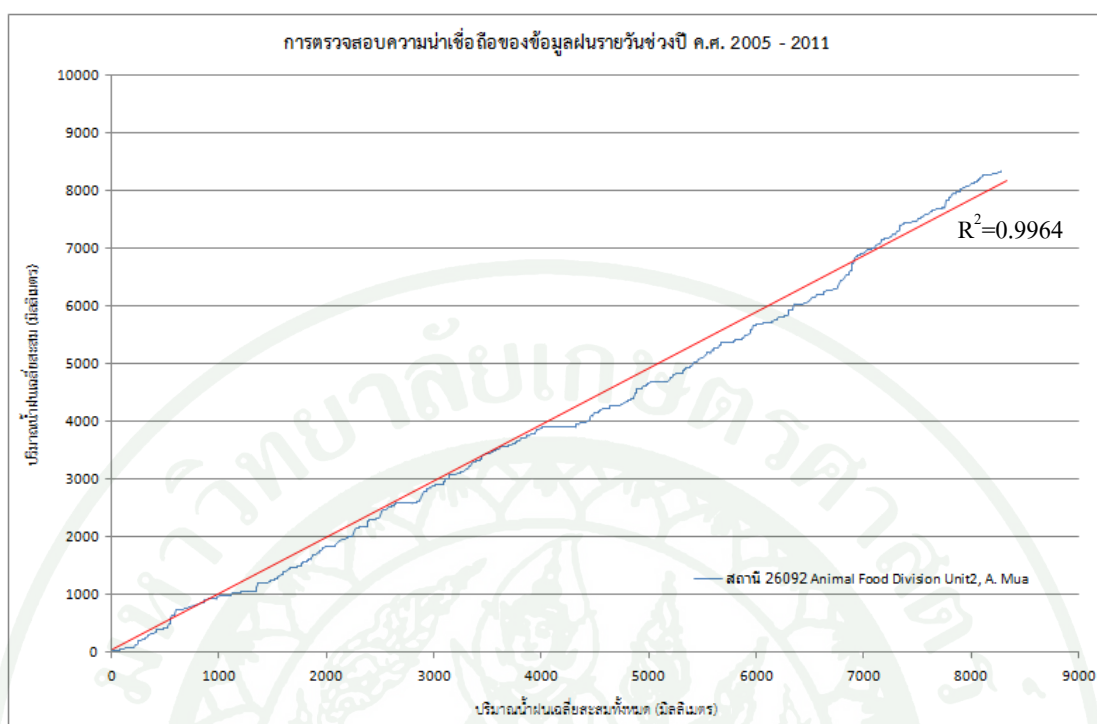
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



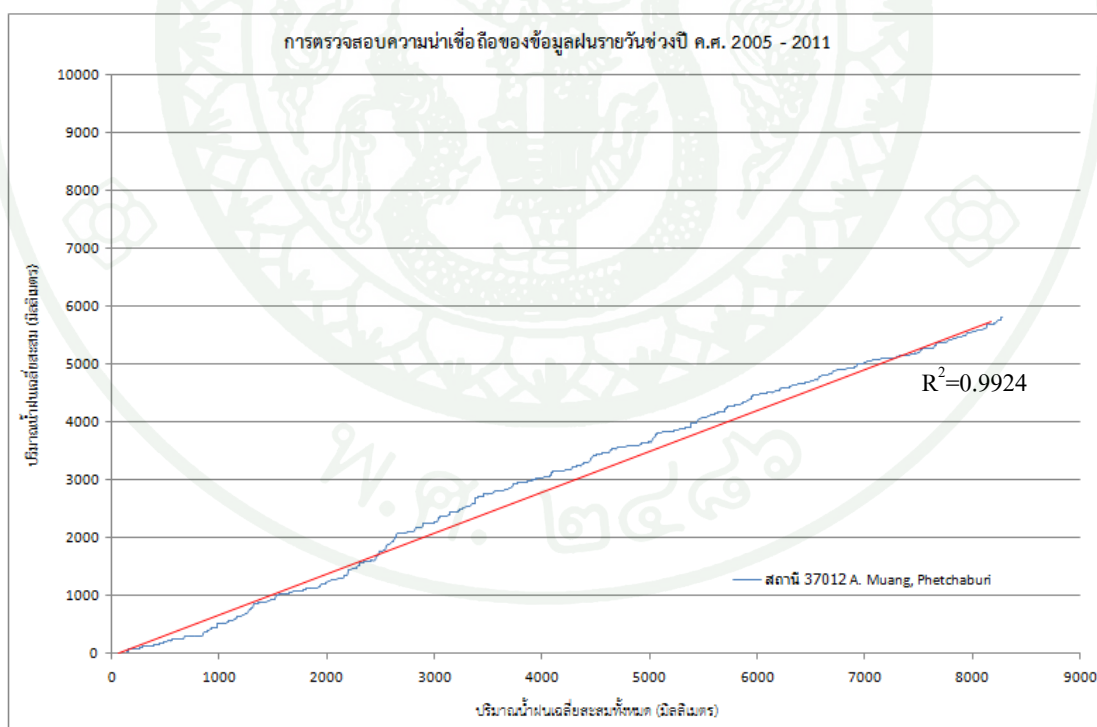
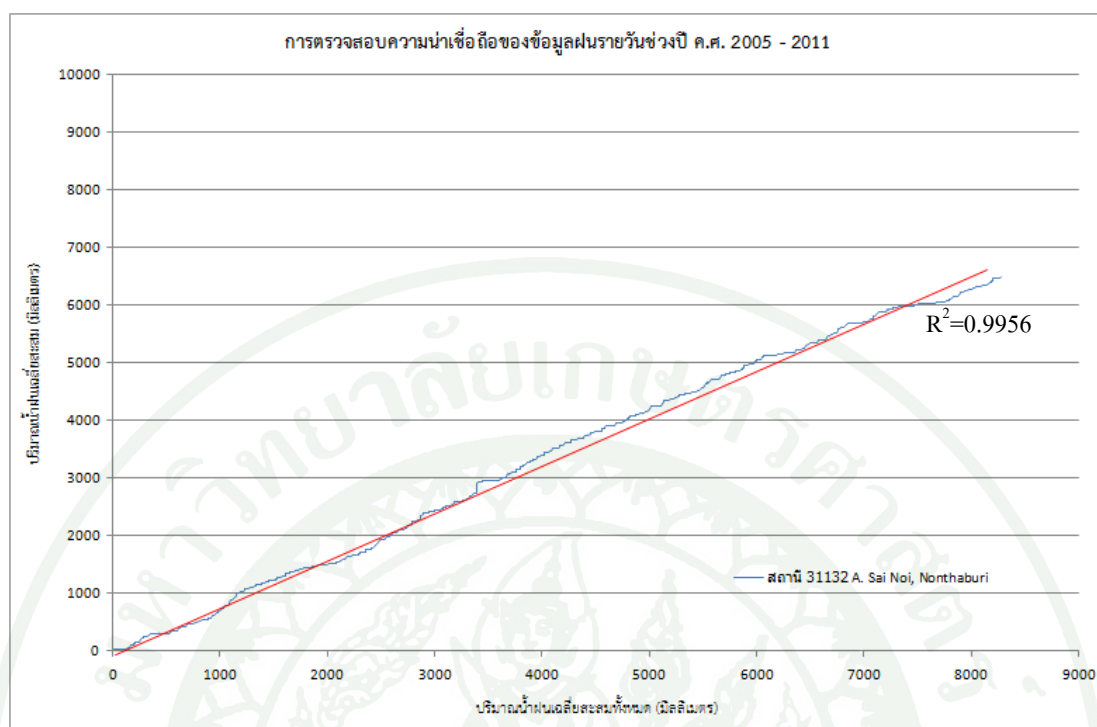
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



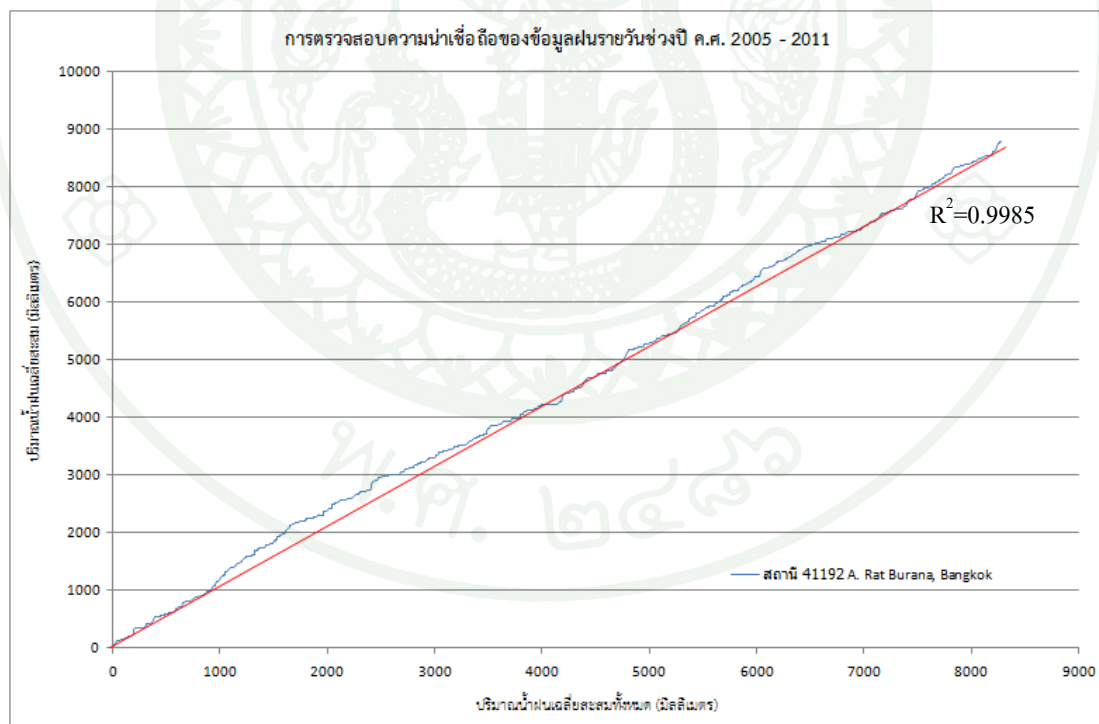
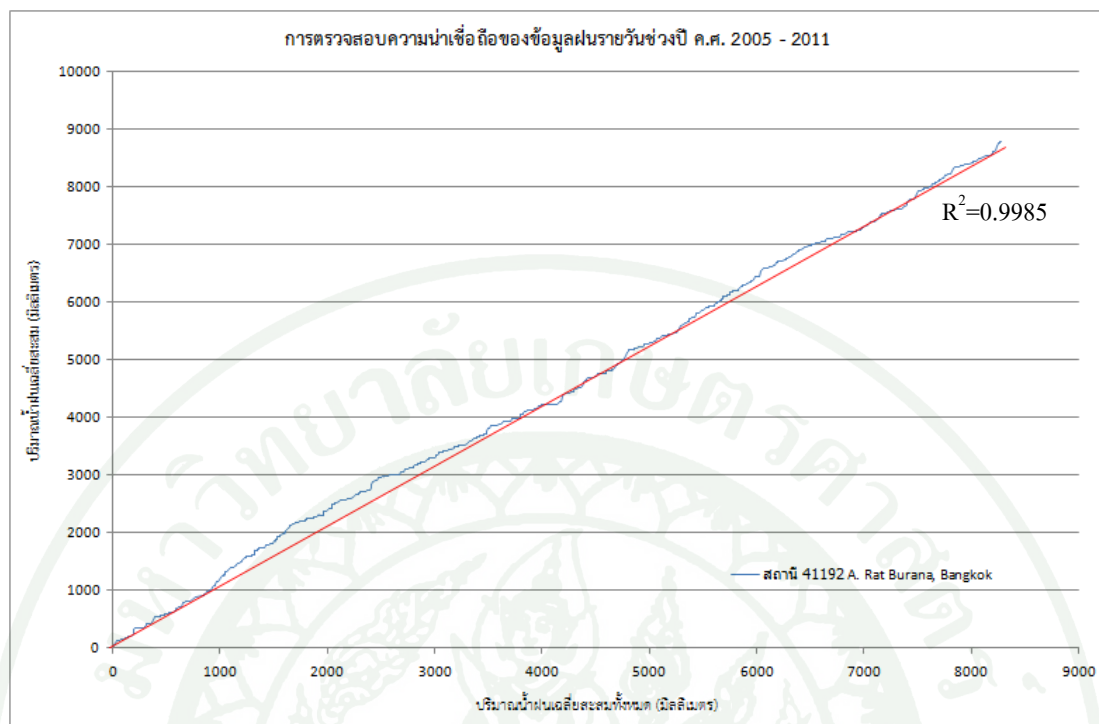
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



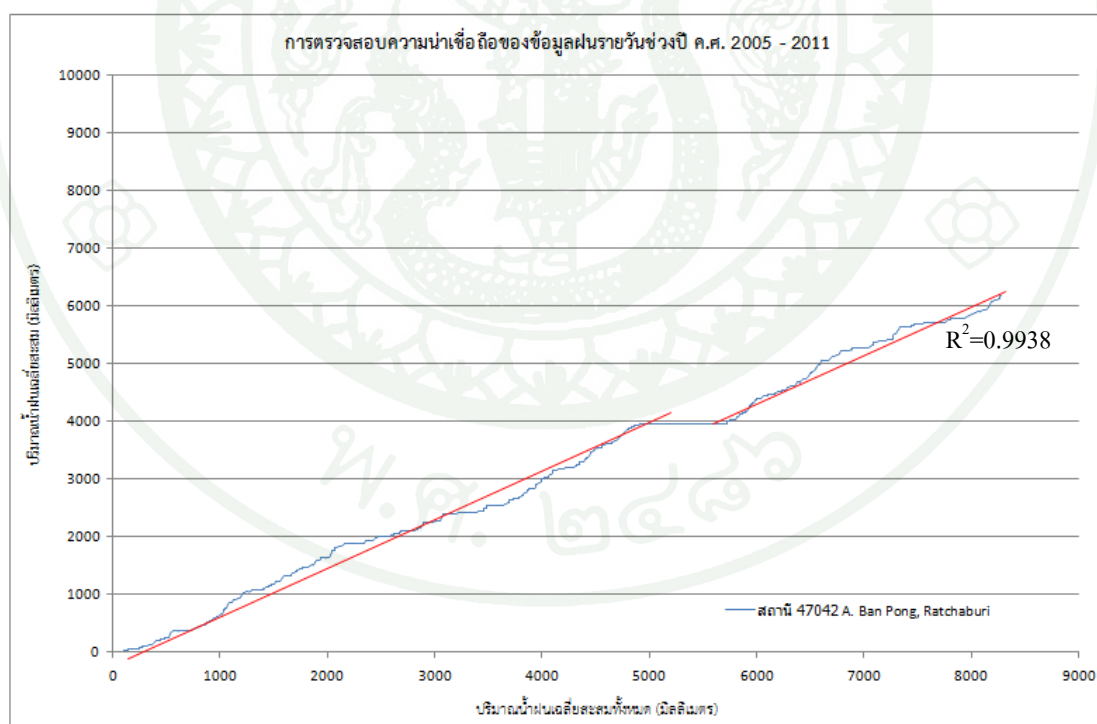
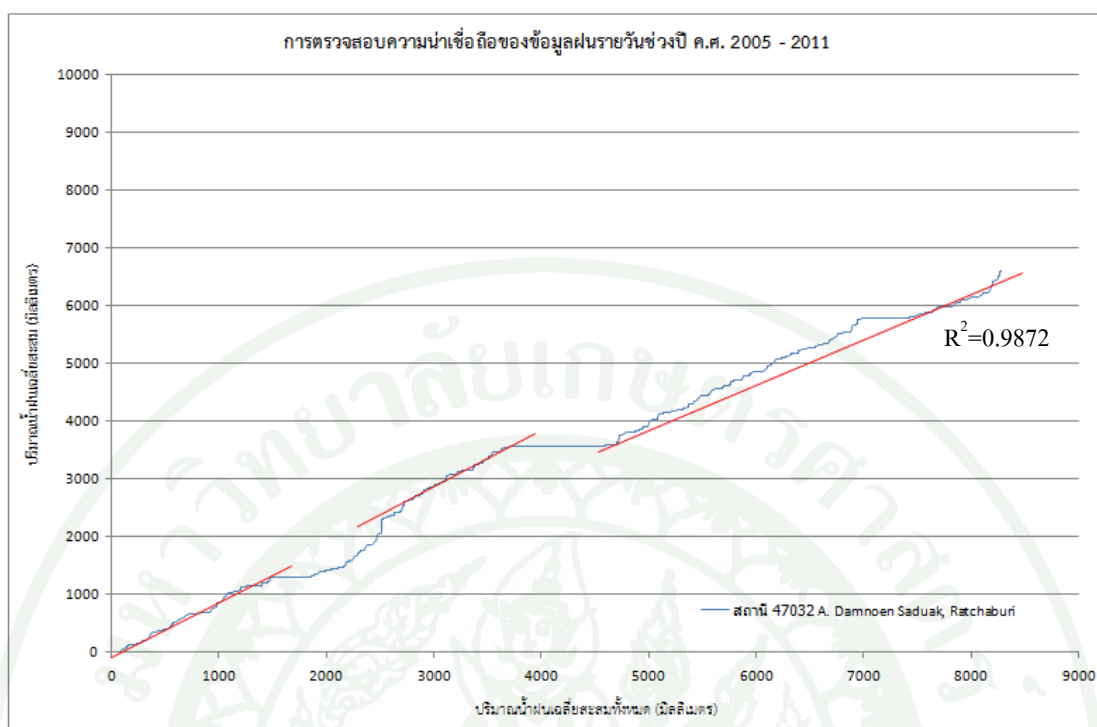
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



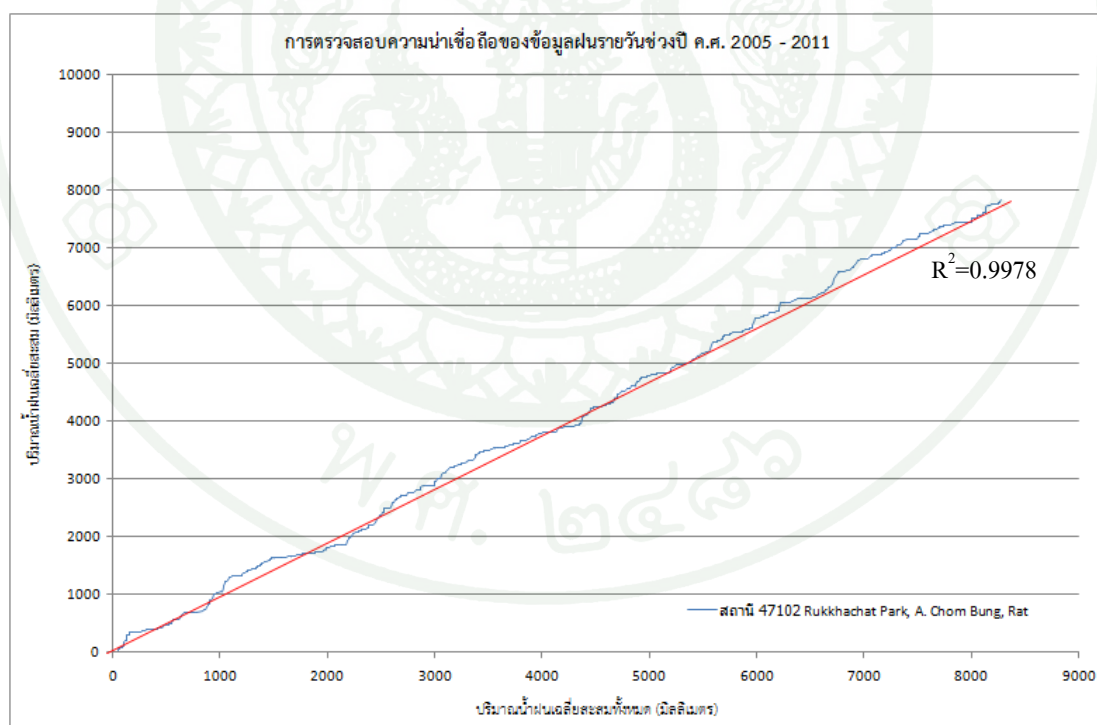
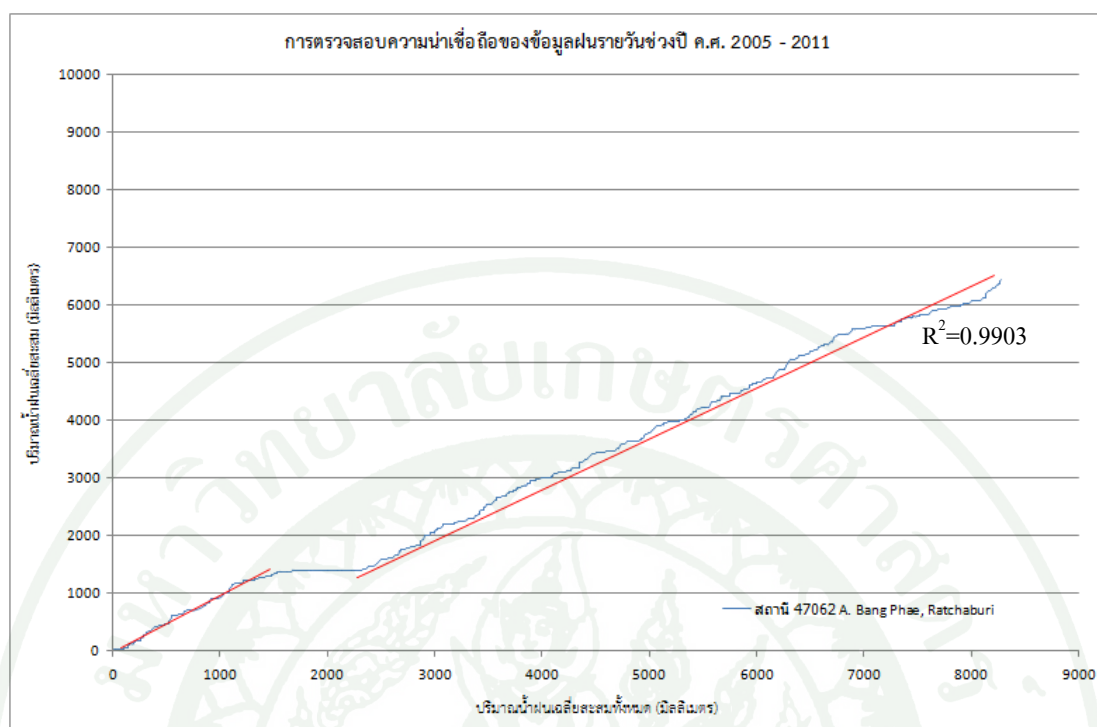
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



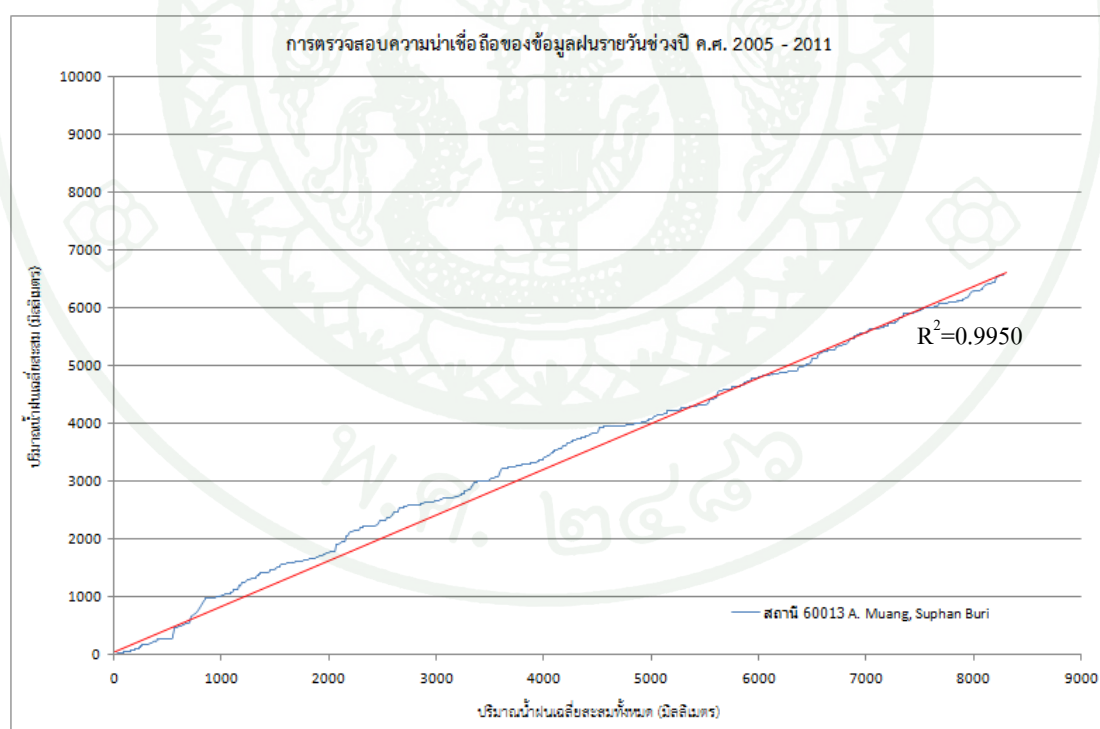
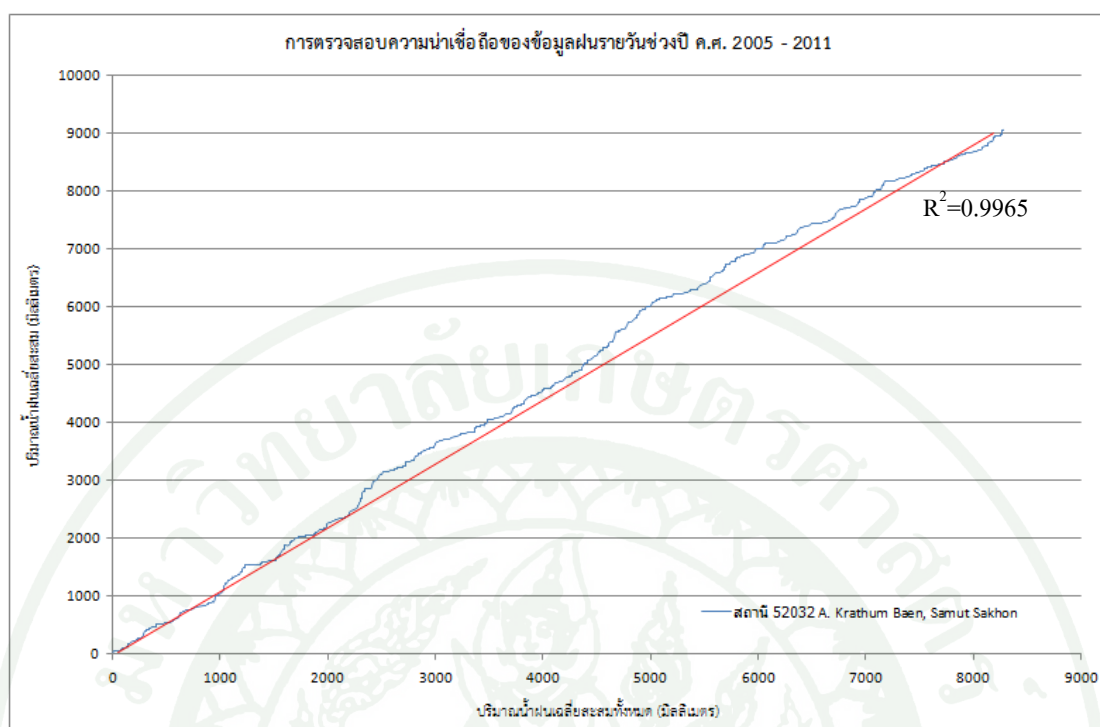
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



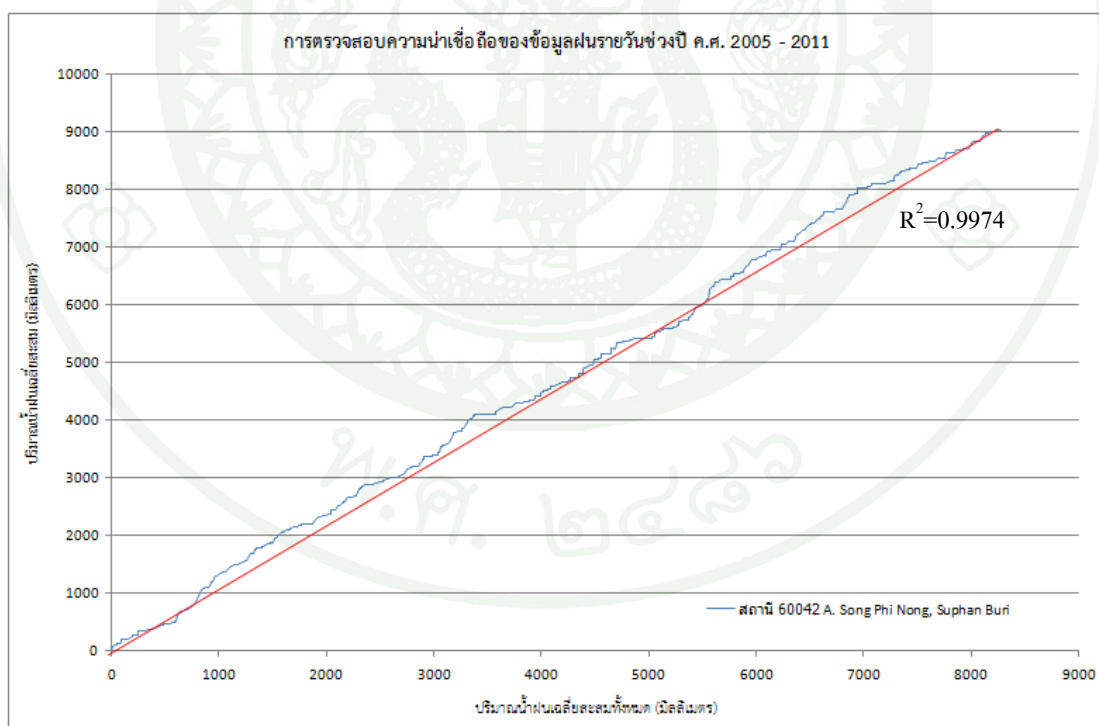
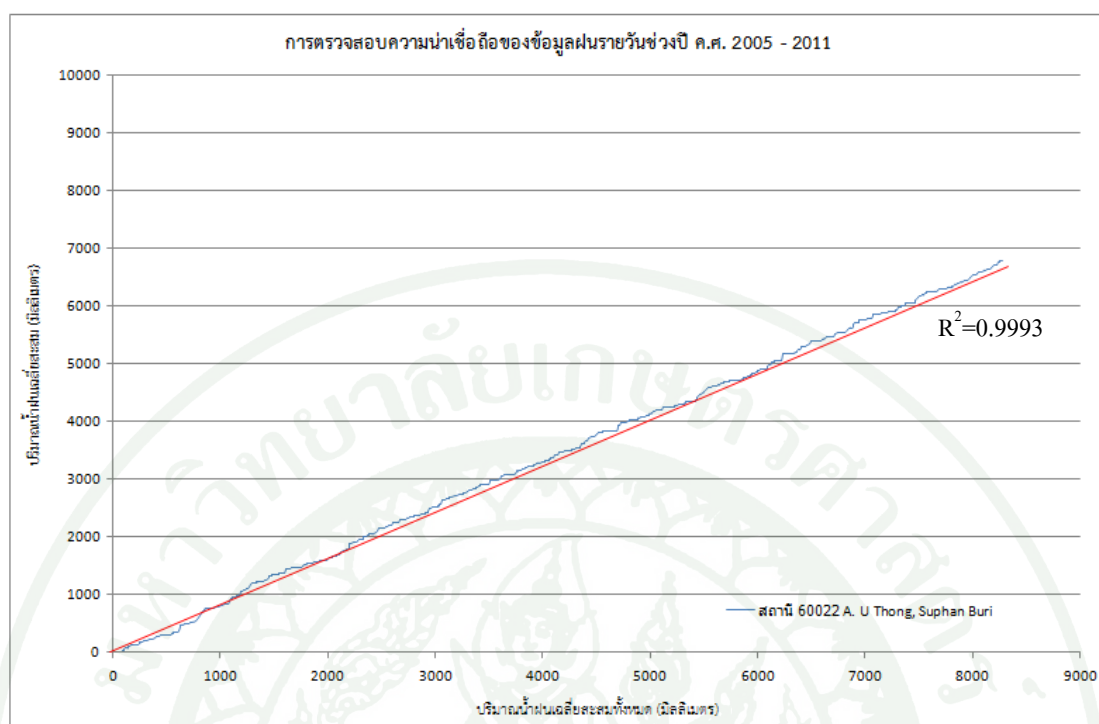
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



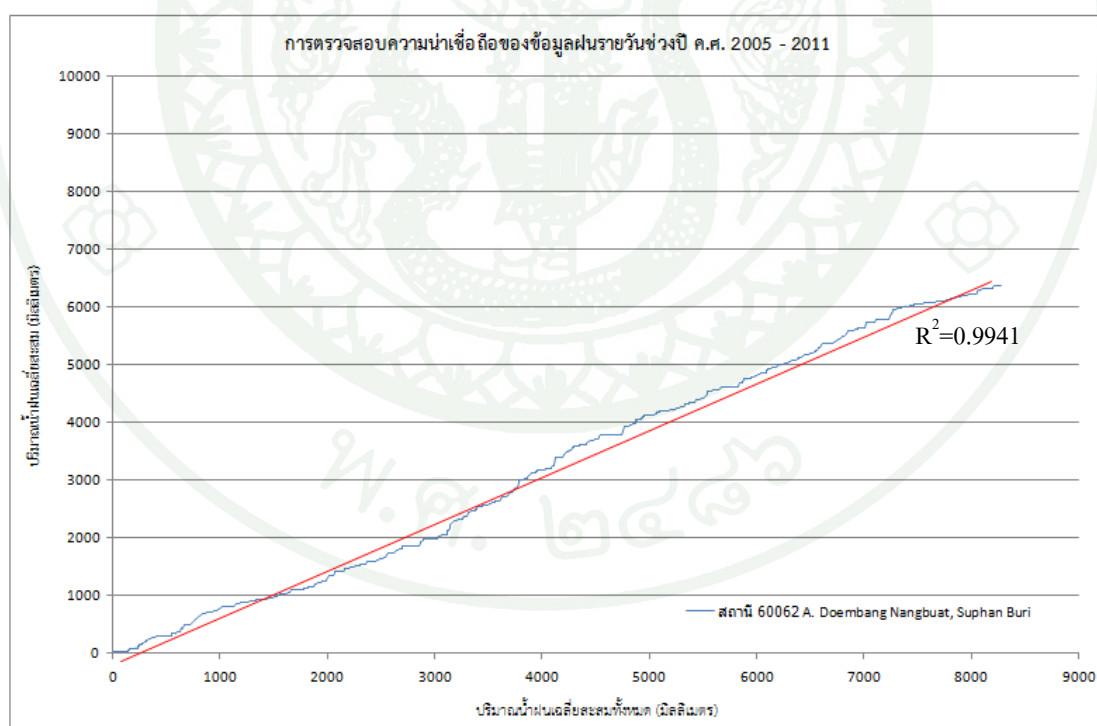
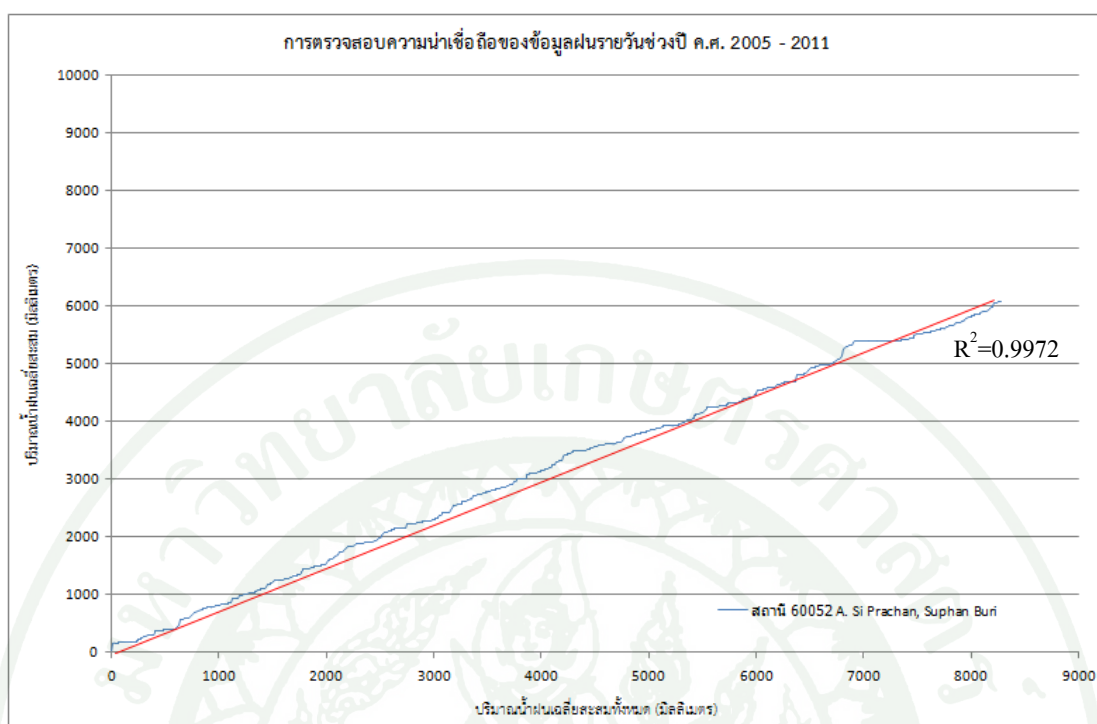
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



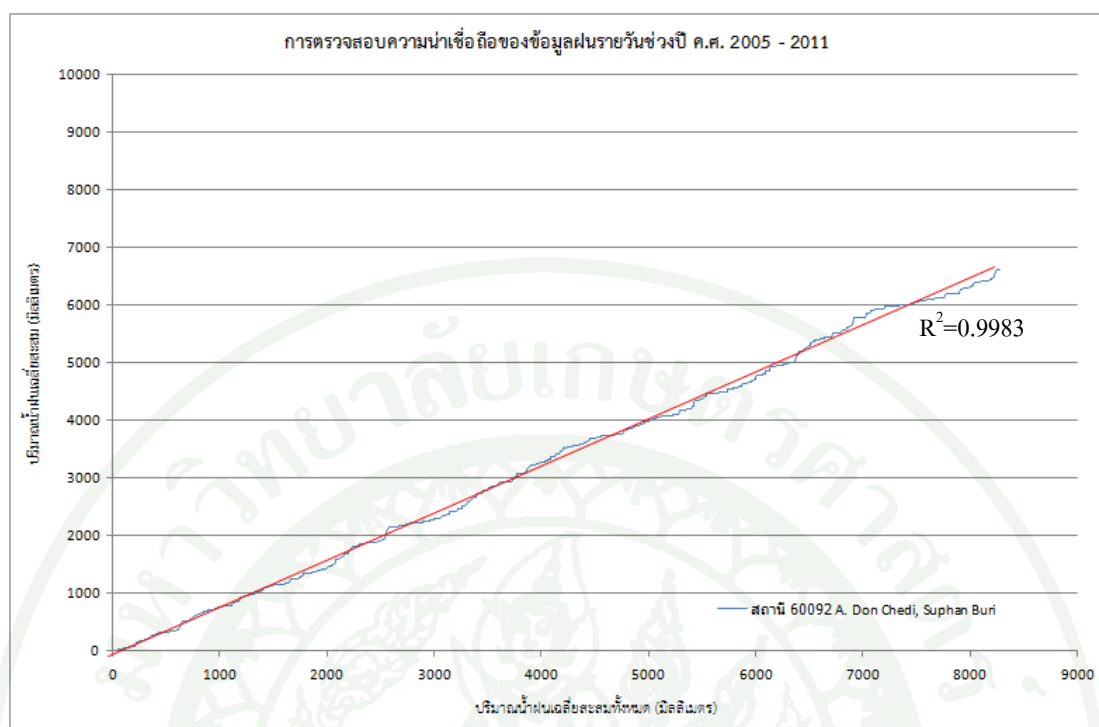
ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ตารางผนวกที่ ก3 ค่าระดับความสูงจาก DEM SRTM กับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำปิง
ตอนบน

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	R ²	DEM SRTM	ฝนเฉลี่ย รายปี
1	07013	A. Muang	0.9983	315	1,258.46
2	07022	A. Sarapi	0.9772	299	1,033.46
3	07042	A. San Sai	0.9893	315	903.89
4	07052	A. Doi Saket	0.9904	342	1,111.03
5	07082	A. San Pa Tong	0.9928	298	727.09
6	07122	A. Phrao	0.9977	441	1,106.46
7	07132	A. Chiang Dao	0.9987	389	1,296.94
8	07142	A. Samoeng	0.9994	539	1,203.07
9	07152	A. Mae Chaem	0.9966	478	1,043.69
10	07162	A. Omkoi	0.9968	803	1,162.63
11	07182	A. Chom Thong	0.9965	280	1,014.44
12	07242	Doi Suthep-Pui National Park	0.9947	901	1,645.53
13	07252	Doi Chiang Dao Watershed Research	0.9987	488	1,587.84
14	07262	Phuphing Ratchaniwet Palace	0.9985	1,286	1,806.43
15	07282	Doi Bo Kaeo Seed-Multiplication, A. Hot	0.9965	997	1,283.46
16	07292	San Pa Tong Rice Experimental Station	0.9955	296	1,070.71
17	07391	R.I.D. Office Unit 1, A. Muang	0.9831	307	888.70
18	07472	Bhumiphol Dam Develop Settlement	0.9904	275	1,004.77
19	07502	Mae Ho Phra Forest Plantation,	0.9968	564	1,342.17
20	08022	A. Phan	0.9910	414	1,161.30
21	08132	Phan Agriculture Experimental Station	0.9977	407	1,316.53
22	08252	A.Pa-Daet	0.9901	653	1,186.07
23	16042	A. Sop Prap	0.9982	201	986.60
24	16072	A. Thoen	0.9934	165	863.44
25	16082	A. Mae Phrik	0.9970	163	1,196.76
26	16112	A. Wang Nua	0.9968	413	1,147.64
27	16162	Thung Kwian Forest Plantation	0.9943	721	1,135.10
28	16220	Ban Mae Phu (Y.26), A. Thoen	0.9985	112	1,191.13

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	R ²	DEM SRTM	ฝนเฉลี่ย รายปี
29	16303	Lampang Agrometeorogocal Station	0.9975	301	1,030.04
30	17012	A. Muang	0.9888	297	755.74
31	17032	A. Pa Sang (Pak Bong)	0.9907	295	1,015.10
32	17042	A. Mae Tha	0.9963	394	1,081.23
33	17052	A. Ban Hong	0.9961	314	1,107.90
34	17062	Ban Ko, A. Li	0.9954	257	978.66
35	17093	Lamphun Agrometeorological Station	0.9884	296	1,181.46
36	20023	A. Mae Sariang	0.9872	208	1,296.63
37	20032	A. Khun Yuam	0.9947	599	1,307.64
38	20062	A. Mae La Noi	0.9981	299	1,423.46
39	20111	Nam Pai (Sw.5A), A. Muang	0.9887	198	1,010.06
40	63013	A. Muang	0.9974	115	1,168.40
41	63075	Bhumibol Dam	0.9958	160	1,231.11
42	63152	Tak Animal Supporter	0.9940	128	1,013.40
43	63162	Ban Samong, A. Sam Ngao	0.9945	240	1,007.61
44	63172	Ban Um Wab, A. Sam Ngao	0.9970	692	943.36
45	63181	Mae Lamao (SW.6), A. Mae Sot	0.9943	288	1,251.10

ตารางผนวกที่ ก4 ค่าระดับความสูงจาก DEM SRTM กับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำท่าจีน

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	R ²	DEM SRTM	ฝนเฉลี่ย รายปี
1	04022	A. Sanphaya	0.9851	18	865.61
2	04382	Chai Nat Agrometeorological Station	0.9942	17	1,506.51
3	13013	A. Muang	0.9974	34	1,157.10
4	13032	A. Phanom Thuan	0.9866	18	679.87
5	13042	A. Tha Maka	0.9895	17	640.40
6	13073	A. Sai Yok	0.9855	56	1,292.04
7	13305	Srinagarind Dam, A. Si Sawat	0.9982	120	920.19
8	13342	Ban Khao Lek, A. Si Sawat	0.9968	270	1,240.27
9	13382	A. Lao Khuan	0.9849	43	830.46
10	13414	Livestock Breeding, A. Muang	0.9980	28	1,086.74
11	23032	A. Sam Phran	0.9964	4	1,163.73
12	23052	A. Kamphaeng Saen	0.9968	11	973.96
13	23062	Kamphaeng Saen Agromet. Station	0.9971	16	1,065.69
14	26042	A. Krok Phra	0.9854	22	664.83
15	26072	A. Lat Yao	0.9907	62	991.43
16	26082	A. Takhli	0.9925	37	1,125.14
17	26292	A. Kao Liao	0.9947	13	1,193.10
18	31132	A. Sai Noi	0.9956	4	927.99
19	37012	A. Muang	0.9924	10	831.61
20	41192	A. Rat Burana	0.9985	6	1,254.29
21	42082	A. Phak Hai	0.9865	10	878.70
22	42102	A. Sena	0.9909	9	912.29
23	47032	A. Damnoen Saduak	0.9872	9	944.90
24	47042	A. Ban Pong	0.9938	16	882.73
25	47062	A. Bang Phae	0.9903	10	920.56
26	47102	Rukkhachat Park, A. Chom Bung	0.9978	117	1,118.29
27	52032	A. Krathum Baen	0.9965	7	1,295.43
28	60013	A. Muang	0.9950	12	937.23
29	60022	A. U Thong	0.9993	15	969.80
30	60042	A. Song Phi Nong	0.9974	5	1,291.71

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ชื่อสถานี	R^2	DEM SRTM	ฝนเฉลี่ย รายปี
31	60052	A. Si Prachan	0.9972	15	867.24
32	60062	A. Doembang Nangbuat	0.9941	16	912.06
33	60092	A. Don Chedi	0.9983	16	947.09

ตารางผนวกที่ ก5 ปริมาณฝนรายเดือนของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ปี พ.ศ. 2553

No.	รหัส สถานี	ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	07013	2553	2.60	0.80	60.40	3.90	46.40	122.70	114.50	470.60	196.20	169.60	0.00	6.10
2	07022	2553	0.00	0.00	73.30	17.00	10.00	132.50	146.00	344.70	274.00	128.00	0.00	10.00
3	07042	2553	0.00	0.00	45.20	18.30	9.70	50.70	226.90	494.70	209.60	54.80	0.00	0.00
4	07052	2553	0.00	0.00	57.00	0.00	0.00	104.10	218.00	370.60	0.00	0.00	0.00	0.00
5	07082	2553	0.00	0.00	46.80	0.00	0.00	38.10	100.20	269.20	113.70	123.80	0.00	0.00
6	07122	2553	0.00	0.00	44.00	0.00	77.00	121.30	195.00	396.50	0.00	0.00	0.00	0.00
7	07132	2553	9.50	0.00	71.20	0.00	64.20	88.70	247.40	348.10	273.30	129.10	0.00	0.00
8	07142	2553	2.20	7.20	72.70	46.70	91.40	162.20	106.50	322.90	214.50	173.00	0.00	6.60
9	07152	2553	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	164.10	157.90	305.50	357.80	0.00	0.00	0.00
10	07162	2553	3.70	0.00	182.00	9.50	93.00	81.60	135.60	134.20	241.50	258.90	0.00	13.40
11	07182	2553	16.40	0.70	94.80	11.20	29.70	92.40	68.80	362.20	154.20	188.50	0.00	0.00
12	07242	2553	8.50	0.00	0.00	24.50	138.20	127.90	365.40	470.90	337.90	185.30	0.00	0.00
13	07252	2553	16.00	0.00	69.80	0.00	62.70	117.30	227.80	359.90	334.80	216.30	3.50	7.80
14	07262	2553	5.00	0.00	87.90	23.90	123.10	152.70	379.60	478.20	310.30	225.00	0.00	15.50
15	07282	2553	9.70	0.00	110.50	0.00	150.40	150.60	143.30	235.20	193.80	236.50	0.00	6.40
16	07292	2553	4.90	0.00	70.00	10.80	8.90	79.20	183.00	407.10	172.50	188.20	0.00	19.90
17	07391	2553	0.00	0.00	0.00	5.10	36.20	50.80	168.00	388.30	265.70	0.00	0.00	0.00
18	07472	2553	7.00	9.50	99.60	14.40	40.40	178.20	89.80	304.50	100.70	303.60	0.00	37.50
19	07502	2553	4.70	0.00	58.70	0.00	63.90	189.40	155.20	492.00	279.50	152.20	1.40	14.40
20	08022	2553	16.70	0.50	62.40	72.30	90.90	141.00	168.20	464.30	223.90	211.70	0.00	3.70
21	08132	2553	14.70	0.00	61.60	51.50	103.80	190.90	131.80	353.60	185.00	198.30	0.00	10.50
22	08252	2553	0.00	0.00	72.50	27.50	113.70	210.50	111.60	312.50	354.60	82.50	0.00	0.00
23	16042	2553	0.00	1.80	90.50	16.50	28.00	108.50	132.30	242.50	98.40	202.40	0.00	0.00
24	16072	2553	0.00	0.00	123.20	7.50	94.20	132.90	175.80	325.30	204.70	254.00	0.00	0.00
25	16082	2553	2.20	0.00	156.00	21.70	15.60	163.00	282.30	153.60	83.10	280.10	0.00	36.60
26	16112	2553	6.20	0.00	14.30	15.00	115.10	101.10	125.70	314.70	204.60	168.90	0.00	0.00
27	16162	2553	29.30	1.10	76.60	10.50	55.80	147.40	206.90	394.00	225.80	223.00	0.00	38.70
28	16220	2553	1.40	0.00	121.50	53.70	22.70	152.90	98.90	230.40	146.40	193.10	0.00	61.20
29	16303	2553	5.60	1.70	70.40	4.30	67.20	164.30	221.80	511.40	243.00	153.40	0.00	28.70
30	17012	2553	4.80	3.50	61.60	8.90	4.90	0.00	113.80	276.80	185.10	152.00	0.00	16.10

ตารางผนวกที่ ก5 (ต่อ)

No.	รหัส สถานี	ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
31	17032	2553	7.50	0.00	75.60	0.00	0.00	93.50	166.00	364.50	144.00	158.50	0.00	14.00
32	17042	2553	0.00	0.00	0.00	0.00	81.00	143.00	147.10	563.10	0.00	162.30	0.00	0.00
33	17052	2553	6.50	2.40	22.60	28.00	44.70	85.40	81.60	378.80	132.40	332.90	0.00	18.20
34	17062	2553	0.00	0.00	70.40	17.70	79.10	108.80	45.60	151.20	157.80	233.60	0.00	0.00
35	17093	2553	7.60	0.60	73.50	12.80	51.40	135.40	127.30	547.10	243.90	188.60	20.00	12.20
36	20023	2553	13.40	0.00	156.60	0.00	73.20	113.90	236.10	235.30	284.30	268.30	0.00	26.70
37	20032	2553	0.00	0.00	98.30	0.00	28.90	125.60	207.80	353.80	294.60	110.70	0.00	0.00
38	20062	2553	2.00	0.00	133.50	0.00	186.00	204.90	217.30	215.00	288.00	155.50	0.00	2.00
39	20111	2553	0.00	0.00	0.00	8.30	79.00	103.60	262.50	332.00	272.70	0.00	0.00	0.00
40	63013	2553	2.00	0.00	124.10	21.90	31.40	208.10	258.00	111.10	179.40	285.60	3.00	14.40
41	63075	2553	3.10	0.00	242.80	7.90	42.40	230.70	166.60	117.60	127.10	329.90	0.00	73.80
42	63152	2553	1.50	0.00	144.00	12.70	13.30	116.90	154.70	93.40	100.20	224.90	0.00	37.40
43	63162	2553	8.00	0.00	123.90	42.50	59.50	83.10	150.60	87.80	163.80	317.80	0.00	7.80
44	63172	2553	3.20	0.00	136.50	35.10	92.30	57.40	141.60	68.60	145.50	205.80	0.00	11.10
45	63181	2553	8.70	2.80	186.80	0.00	100.60	114.10	234.10	117.50	116.40	237.80	0.00	10.70
ฝนสะสมรายเดือน			234.60	32.60	3743.10	661.60	2719.90	5641.40	7794.90	14271.20	8834.70	8064.40	27.90	561.40

ตารางผนวกที่ 6 ปริมาณฝนรายเดือนของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ปี พ.ศ. 2554

No.	รหัส สถานี	ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	07013	2554	0.00	0.00	0.00	92.60	292.70	216.80	191.20	260.50	254.90	69.70	6.70	0.60
2	07022	2554	0.00	0.00	0.00	99.20	349.20	178.90	93.00	364.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	07042	2554	0.00	0.00	0.00	70.70	185.70	177.60	185.40	335.70	176.80	0.00	0.00	0.00
4	07052	2554	0.00	0.00	0.00	134.90	242.00	153.80	243.70	376.80	336.80	136.90	0.00	0.00
5	07082	2554	0.00	0.00	0.00	81.60	169.10	88.50	61.90	195.30	118.00	28.80	0.00	0.00
6	07122	2554	0.00	0.00	0.00	184.80	163.00	143.50	112.00	195.50	164.00	104.00	0.00	0.00
7	07132	2554	0.00	0.00	0.00	257.80	216.40	124.30	99.80	370.40	271.70	81.20	5.00	0.00
8	07142	2554	0.00	0.00	0.00	66.20	180.90	0.00	163.60	270.30	257.40	85.70	11.60	0.00
9	07152	2554	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	110.70	274.10	401.60	93.80	0.00	0.00
10	07162	2554	0.00	0.00	0.00	168.60	217.30	0.00	131.10	227.80	149.40	103.00	6.50	0.00
11	07182	2554	0.00	0.00	0.00	85.00	192.30	99.40	85.80	313.10	209.90	197.20	19.20	0.00
12	07242	2554	0.00	0.00	0.00	38.70	348.20	310.00	309.70	447.90	319.70	157.60	0.10	0.40
13	07252	2554	0.00	0.00	0.00	239.90	247.00	156.10	153.10	446.70	450.80	83.90	11.50	0.00
14	07262	2554	0.00	0.00	0.00	133.60	395.80	249.90	178.10	519.90	421.50	184.50	5.40	4.30
15	07282	2554	0.00	0.00	0.00	168.20	221.30	179.30	108.70	186.70	204.40	235.60	11.50	0.00
16	07292	2554	0.00	0.00	0.00	87.60	355.50	0.00	172.40	241.30	242.80	72.00	41.70	0.70
17	07391	2554	0.00	0.00	0.00	87.60	355.50	0.00	172.40	241.30	242.80	72.00	41.70	0.70
18	07472	2554	0.00	0.00	0.00	47.80	300.20	77.10	90.20	233.80	205.90	215.70	8.30	0.00
19	07502	2554	0.00	0.00	0.00	140.90	178.40	148.60	261.40	252.20	455.90	109.00	6.60	0.00
20	08022	2554	0.00	0.00	0.00	123.70	194.00	250.40	187.90	290.40	131.30	157.80	2.30	0.00
21	08132	2554	0.00	0.00	0.00	133.00	223.90	229.10	225.60	321.50	148.70	172.60	3.40	0.70
22	08252	2554	0.00	0.00	0.00	112.90	228.10	162.70	219.80	261.50	0.00	122.90	18.50	0.00
23	16042	2554	0.00	0.00	0.00	124.00	183.60	75.00	168.50	160.70	150.60	203.30	0.00	0.00
24	16072	2554	0.00	0.00	0.00	120.10	0.00	108.30	46.10	166.90	0.00	0.00	0.00	0.00
25	16082	2554	0.00	0.00	0.00	75.20	201.90	89.70	95.60	157.70	252.20	135.40	0.00	0.00
26	16112	2554	0.00	0.00	0.00	135.10	227.60	80.40	150.10	409.10	323.10	62.30	0.00	0.00
27	16162	2554	0.00	0.00	0.00	36.50	322.40	219.10	229.60	175.40	384.60	142.10	0.00	0.00
28	16220	2554	8.20	10.30	53.70	88.40	261.80	152.80	167.40	141.70	303.20	158.40	8.70	0.00
29	16303	2554	0.00	0.00	0.00	108.70	335.00	250.90	248.50	308.90	314.80	127.20	0.00	0.00
30	17012	2554	0.00	0.00	0.00	17.90	144.70	134.30	193.30	175.00	225.90	32.70	49.90	0.00

ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

No.	รหัส สถานี	ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
31	17032	2554	0.00	0.00	0.00	95.00	197.00	140.00	148.30	177.50	392.00	81.00	60.00	1.00
32	17042	2554	0.00	0.00	0.00	0.00	442.80	194.00	274.10	165.80	0.00	0.00	0.00	0.00
33	17052	2554	0.00	0.00	0.00	88.80	255.20	160.60	154.70	123.10	328.40	159.20	2.50	0.00
34	17062	2554	0.00	0.00	0.00	0.00	170.00	77.70	115.10	157.50	96.20	226.50	0.00	0.00
35	17093	2554	0.00	0.00	0.00	156.70	296.70	201.80	253.40	249.30	318.40	104.10	44.60	0.00
36	20023	2554	0.00	0.00	0.00	68.00	187.00	290.50	151.20	371.00	233.80	142.10	32.80	0.90
37	20032	2554	0.00	0.00	0.00	64.50	379.90	207.60	313.20	260.50	320.00	182.00	0.00	0.00
38	20062	2554	0.00	0.00	0.00	146.00	153.00	221.00	142.50	278.00	292.50	129.00	4.00	0.00
39	20111	2554	0.00	0.00	0.00	117.00	187.70	170.90	167.00	278.00	292.50	129.00	4.00	0.00
40	63013	2554	0.00	0.00	0.00	122.40	199.00	136.30	199.70	104.90	238.40	280.70	0.00	0.00
41	63075	2554	0.00	0.00	0.00	71.70	231.00	159.30	74.90	92.70	227.20	221.10	0.30	1.80
42	63152	2554	0.00	0.00	0.00	70.80	145.00	127.50	132.70	79.30	193.00	224.10	0.00	0.00
43	63162	2554	0.00	0.00	0.00	65.00	188.10	96.80	142.10	157.20	191.50	240.80	1.50	0.00
44	63172	2554	0.00	0.00	0.00	60.30	136.50	179.80	145.50	161.20	158.20	92.70	0.00	0.00
45	63181	2554	0.70	29.50	8.70	96.30	167.20	257.20	193.90	264.20	273.50	149.20	0.00	0.00
ฝนสะสมรายเดือน			14.20	428.90	8.90	39.80	62.40	4483.70	10269.60	6677.50	7464.90	11242.30	10674.30	5706.80

ตารางผนวกที่ ก7 ปริมาณฝนรายเดือนของกลุ่มน้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2553

No.	รหัส สถานี	ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	04022	2553	0.00	0.00	80.90	1.80	39.00	168.20	177.10	155.50	231.20	389.30	0.00	18.60
2	04382	2553	0.20	0.60	77.00	2.60	59.50	120.60	128.50	309.30	296.60	461.30	1.00	16.40
3	13013	2553	0.00	38.10	240.60	6.60	104.70	124.20	162.10	126.20	234.20	332.70	0.00	11.80
4	13032	2553	0.00	6.10	100.10	3.60	13.60	194.20	318.70	126.10	356.50	251.10	0.00	18.00
5	13042	2553	0.00	0.00	8.70	16.70	36.10	181.80	143.20	80.00	173.90	146.30	0.00	19.80
6	13073	2553	0.20	107.50	42.80	43.10	42.50	180.20	226.20	156.70	382.70	237.10	0.00	9.90
7	13305	2553	3.70	102.90	63.10	25.60	56.80	47.60	227.70	173.40	181.40	122.50	0.60	30.30
8	13342	2553	0.00	18.20	146.10	66.80	108.00	135.00	345.50	157.00	356.30	235.30	0.00	38.80
9	13382	2553	0.00	4.00	95.90	4.50	76.90	209.10	150.60	274.60	248.20	195.00	0.00	1.20
10	13414	2553	0.00	36.30	183.60	14.90	56.70	155.10	154.40	119.40	334.10	254.90	0.00	0.00
11	23032	2553	0.00	0.00	116.90	33.20	116.10	163.90	188.70	301.40	151.00	178.30	25.00	28.50
12	23052	2553	0.00	0.00	67.00	8.50	79.20	216.30	93.50	171.60	164.50	340.00	0.00	1.50
13	23062	2553	0.00	0.10	53.80	19.60	64.20	289.60	113.40	185.80	287.50	239.80	0.00	11.10
14	26042	2553	0.00	0.00	0.00	0.00	58.50	140.80	92.40	119.70	234.80	336.90	0.00	5.30
15	26072	2553	0.00	17.60	104.70	45.60	110.60	190.70	157.50	182.10	237.90	286.90	0.00	0.00
16	26082	2553	0.00	0.00	52.40	37.50	50.30	132.80	203.10	173.00	296.10	318.10	0.00	0.00
17	26292	2553	0.00	35.70	95.80	3.40	62.20	244.10	121.80	240.80	229.10	584.20	0.00	13.30
18	31132	2553	0.00	0.00	64.00	22.00	77.90	153.00	88.90	110.40	223.60	209.30	0.00	0.00
19	37012	2553	0.00	0.00	73.30	4.50	60.10	142.90	89.50	115.90	148.90	164.10	0.50	3.00
20	41192	2553	0.00	23.60	108.80	35.80	115.90	160.30	255.90	243.70	163.30	114.90	16.20	13.10
21	42082	2553	0.00	0.00	79.30	3.40	63.50	93.20	114.20	247.70	487.70	236.60	0.00	65.80
22	42102	2553	0.00	0.00	24.70	0.00	0.00	0.00	254.20	0.00	275.60	219.00	0.00	0.00
23	47032	2553	5.70	16.40	0.00	73.20	81.10	83.70	227.40	151.60	171.50	258.40	23.90	61.20
24	47042	2553	0.00	0.00	49.80	28.30	129.40	235.10	121.50	227.30	364.20	175.00	0.00	0.00
25	47062	2553	0.00	0.00	48.60	38.30	65.30	132.90	221.30	241.70	235.30	236.10	0.00	0.00
26	47102	2553	1.50	17.50	63.50	5.90	47.50	229.80	171.30	177.30	210.70	393.00	0.00	50.00
27	52032	2553	2.90	0.00	116.00	8.60	100.30	104.90	158.00	245.30	130.40	257.50	14.00	55.50
28	60013	2553	0.00	2.80	83.90	36.50	72.30	112.90	62.20	144.30	256.70	255.50	0.00	18.30
29	60022	2553	0.00	1.50	88.70	1.60	47.00	152.20	150.10	236.80	172.10	252.80	0.00	39.70
30	60042	2553	0.00	0.00	63.60	42.20	93.60	249.20	131.00	350.80	301.80	325.20	0.00	100.20

ตารางผนวกที่ ก7 (ต่อ)

No.	รหัส สถานี	ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
31	60052	2553	0.00	0.00	0.00	0.00	62.40	150.20	106.20	194.40	162.50	394.50	0.00	8.80
32	60062	2553	0.00	0.00	104.90	6.40	107.80	103.90	160.00	181.50	204.40	237.50	0.00	22.10
33	60092	2553	0.00	0.00	101.80	0.00	93.00	144.70	173.10	280.70	211.50	341.70	0.00	0.00
ฝนสะสมรายเดือน			234.60	32.60	14.20	428.90	2600.30	640.70	2352.00	5143.10	5489.20	6202.00	8116.20	8980.80

ตารางผนวกที่ ก8 ปริมาณฝนรายเดือนของกลุ่มน้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2554

No.	รหัส สถานี	ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	04022	2554	0.00	0.00	0.00	43.90	170.30	67.90	158.50	95.60	253.60	225.70	0.00	0.00
2	04382	2554	0.00	0.00	0.00	70.10	178.60	171.30	190.20	109.60	264.80	143.80	0.00	0.00
3	13013	2554	0.00	0.00	0.00	94.50	137.10	42.90	81.20	145.00	131.80	154.10	1.70	0.00
4	13032	2554	0.00	0.00	0.00	66.70	61.70	62.00	136.00	71.70	140.60	122.60	0.00	0.00
5	13042	2554	0.00	0.00	0.00	23.50	14.20	39.50	92.50	24.70	76.80	97.40	0.00	0.00
6	13073	2554	0.00	0.00	0.00	122.10	93.50	84.90	123.60	79.70	176.30	241.40	0.00	0.00
7	13305	2554	0.00	0.00	0.00	83.30	165.00	135.70	157.20	104.50	100.60	172.50	0.00	0.00
8	13342	2554	0.00	0.00	0.00	68.60	243.00	134.00	89.10	105.10	302.80	141.80	0.00	0.00
9	13382	2554	0.00	0.00	0.00	38.40	129.40	29.10	59.10	59.60	188.60	212.80	0.00	0.00
10	13414	2554	0.00	0.00	0.00	70.80	241.30	45.30	72.00	108.60	112.90	117.90	1.50	0.00
11	23032	2554	0.00	0.00	0.00	153.00	144.20	98.90	190.50	233.50	235.00	327.10	0.00	0.00
12	23052	2554	0.00	0.00	0.00	110.00	153.50	133.50	52.00	181.00	210.50	419.30	0.00	0.00
13	23062	2554	0.00	0.00	0.00	140.50	125.90	115.00	107.90	233.50	168.20	350.60	0.00	0.00
14	26042	2554	0.00	0.00	0.00	140.50	125.90	115.00	107.90	233.50	168.20	350.60	0.00	0.00
15	26072	2554	0.00	0.00	0.00	84.70	151.20	68.40	160.90	94.60	244.00	143.60	0.00	0.00
16	26082	2554	0.00	0.00	0.00	80.60	300.10	143.10	161.90	346.80	310.00	198.60	0.00	0.00
17	26292	2554	0.00	0.00	0.00	131.60	267.00	73.90	198.70	302.30	212.60	126.80	20.30	8.40
18	31132	2554	0.00	0.00	0.00	138.30	75.40	34.50	41.10	115.30	168.00	163.60	0.00	0.00
19	37012	2554	0.00	0.00	0.00	10.10	56.00	42.30	171.20	107.30	126.00	216.00	6.50	1.00
20	41192	2554	0.00	0.00	0.00	141.20	84.40	264.00	195.60	283.70	137.90	281.60	0.00	0.00
21	42082	2554	0.00	0.00	0.00	51.60	84.00	108.40	100.20	146.10	244.10	157.20	0.00	0.00
22	42102	2554	0.00	0.00	0.00	100.10	232.50	107.20	192.20	213.10	276.70	214.50	9.00	0.00
23	47032	2554	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.00	130.00	92.00	114.00	446.00	0.00	0.00
24	47042	2554	0.00	0.00	0.00	58.80	241.10	53.80	31.90	68.50	113.70	279.50	0.00	0.00
25	47062	2554	0.00	0.00	0.00	0.00	110.00	41.10	112.50	78.40	96.00	355.90	0.00	0.00
26	47102	2554	0.00	0.00	0.00	17.80	202.00	61.50	176.60	124.10	123.30	250.40	0.00	0.00
27	52032	2554	0.00	0.00	0.00	135.50	106.50	104.30	137.00	159.50	129.20	313.00	0.00	0.00
28	60013	2554	0.00	0.00	0.00	33.00	228.50	50.40	110.80	66.20	189.70	234.60	0.00	0.00
29	60022	2554	0.00	0.00	0.00	33.00	127.00	131.40	138.20	119.50	186.90	199.40	0.00	0.00
30	60042	2554	0.00	0.00	0.00	0.00	219.80	59.00	144.50	170.40	147.00	200.60	0.00	0.00

ตารางผนวกที่ ก8 (ต่อ)

No.	รหัส สถานี	ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
31	60052	2554	0.00	0.00	0.00	4.00	12.50	97.90	74.60	123.60	157.40	198.00	0.00	0.00
32	60062	2554	0.00	0.00	0.00	50.70	213.90	41.80	51.00	83.20	100.20	95.60	0.00	0.00
33	60092	2554	0.00	0.00	0.00	51.80	63.50	51.50	69.40	89.90	187.80	228.10	0.00	0.00
ฝนสะสมรายเดือน			0.00	0.00	0.00	2348.70	4759.00	2864.50	4016.00	4570.10	5795.20	7380.60	39.00	9.40



ตารางผนวกที่ ข1 ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำปิงตอนบน (มิลลิเมตร) สิงหาคม พ.ศ. 2553

วัน/เดือน/ปี	ฝนเฉลี่ยจริง	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ส.ค. 53	1.31	4.17	4.44	4.63	13.16	3.17
2 ส.ค. 53	6.16	8.56	8.68	10.00	13.64	8.20
3 ส.ค. 53	17.89	18.68	19.90	22.77	75.55	17.09
4 ส.ค. 53	7.89	10.67	11.09	12.79	18.55	9.72
5 ส.ค. 53	4.19	6.12	6.42	6.87	14.44	5.81
6 ส.ค. 53	15.16	17.36	16.90	19.69	36.10	15.45
7 ส.ค. 53	11.46	14.01	13.87	15.28	42.06	11.60
8 ส.ค. 53	4.92	6.14	6.20	7.03	18.74	5.71
9 ส.ค. 53	2.91	5.26	5.68	5.60	7.98	4.41
10 ส.ค. 53	9.55	11.75	12.81	12.93	17.30	11.11
11 ส.ค. 53	22.06	23.04	26.40	23.70	52.19	23.99
12 ส.ค. 53	14.58	13.77	14.10	15.62	23.77	14.39
13 ส.ค. 53	21.51	22.78	21.53	28.79	27.29	22.00
14 ส.ค. 53	10.03	16.78	17.91	21.91	28.08	15.00
15 ส.ค. 53	1.61	5.39	5.70	5.99	12.19	4.03
16 ส.ค. 53	5.15	15.42	22.32	18.35	34.45	15.20
17 ส.ค. 53	5.34	10.43	11.60	13.10	19.68	9.69
18 ส.ค. 53	26.00	18.03	17.98	17.45	29.48	19.08
19 ส.ค. 53	7.74	17.54	17.49	20.07	22.65	16.87
20 ส.ค. 53	3.56	9.53	9.53	10.36	11.50	4.86
21 ส.ค. 53	20.18	24.26	24.23	24.53	61.12	23.23
22 ส.ค. 53	17.06	16.82	16.73	17.06	34.12	17.43
23 ส.ค. 53	8.56	11.97	11.94	11.97	19.67	10.98
24 ส.ค. 53	14.02	13.48	13.44	13.71	27.42	13.26
25 ส.ค. 53	5.62	8.70	8.69	8.73	20.78	8.19
26 ส.ค. 53	5.68	9.66	9.68	9.68	31.65	7.58
27 ส.ค. 53	4.19	11.94	11.94	11.88	66.98	10.87
28 ส.ค. 53	13.03	15.15	15.10	15.33	20.84	14.00
29 ส.ค. 53	14.78	14.81	14.71	14.78	32.69	10.19
30 ส.ค. 53	7.88	11.50	11.58	11.45	29.35	10.86
31 ส.ค. 53	7.13	8.20	8.15	8.23	16.19	6.73

ตารางผนวกที่ ข2 ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำปึงตอนบน (มิลลิเมตร) สิงหาคม พ.ศ. 2554

วัน/เดือน/ปี	ฝนเฉลี่ยจริง	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ส.ค. 54	3.06	4.42	5.54	5.24	0.90	0.45
2 ส.ค. 54	30.31	29.63	25.98	23.13	59.71	21.90
3 ส.ค. 54	19.76	22.89	21.88	22.48	73.90	17.30
4 ส.ค. 54	15.92	21.26	22.20	21.55	37.84	16.81
5 ส.ค. 54	2.02	4.12	4.08	4.17	13.18	3.64
6 ส.ค. 54	1.15	2.10	2.46	2.65	6.81	1.32
7 ส.ค. 54	5.07	8.58	9.02	9.09	14.92	8.13
8 ส.ค. 54	5.67	5.95	6.12	6.15	12.27	5.65
9 ส.ค. 54	6.16	5.65	6.84	7.53	21.33	6.56
10 ส.ค. 54	6.41	5.75	5.27	5.62	9.04	5.39
11 ส.ค. 54	8.38	8.42	8.89	10.50	36.18	7.95
12 ส.ค. 54	10.35	8.66	9.23	9.49	31.11	11.15
13 ส.ค. 54	8.76	11.62	10.94	10.98	17.00	10.20
14 ส.ค. 54	2.56	4.78	3.26	3.08	6.44	3.89
15 ส.ค. 54	1.44	3.75	3.97	4.00	4.24	3.45
16 ส.ค. 54	7.56	11.14	11.40	11.80	32.13	9.67
17 ส.ค. 54	5.33	11.06	11.48	11.32	25.52	10.69
18 ส.ค. 54	6.96	11.25	11.42	11.42	27.76	11.17
19 ส.ค. 54	7.65	10.40	10.25	10.91	14.35	9.69
20 ส.ค. 54	10.08	12.63	13.13	12.94	19.89	12.41
21 ส.ค. 54	10.64	14.17	16.41	16.55	33.81	14.92
22 ส.ค. 54	5.06	7.02	7.03	7.65	22.20	5.30
23 ส.ค. 54	4.47	8.22	8.73	8.71	9.08	8.18
24 ส.ค. 54	1.21	2.74	2.99	3.09	3.27	2.53
25 ส.ค. 54	1.44	3.90	4.17	4.74	7.23	3.53
26 ส.ค. 54	23.63	23.25	23.91	24.10	43.45	21.30
27 ส.ค. 54	13.12	17.59	18.80	18.60	32.01	16.72
28 ส.ค. 54	6.47	11.53	12.37	13.06	33.44	9.89
29 ส.ค. 54	4.84	9.97	8.61	8.74	36.18	8.48
30 ส.ค. 54	7.88	10.77	11.48	11.36	13.68	10.50
31 ส.ค. 54	7.13	10.31	10.45	10.00	15.77	9.07

ตารางผนวกที่ ข3 ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำท่าจีน (มิลลิเมตร) ตุลาคม พ.ศ. 2553

วัน/เดือน/ปี	ฝนเฉลี่ยจริง	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ต.ค. 53	25.12	22.96	22.67	27.26	55.37	21.04
2 ต.ค. 53	34.27	27.26	27.34	11.85	51.67	23.83
3 ต.ค. 53	12.98	15.14	15.77	8.22	19.84	15.50
4 ต.ค. 53	4.10	7.55	6.02	5.53	11.42	5.90
5 ต.ค. 53	0.95	2.40	2.60	2.36	2.16	2.15
6 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 ต.ค. 53	0.80	4.76	4.99	3.26	0.64	4.51
8 ต.ค. 53	3.19	15.38	18.02	6.71	9.10	12.71
9 ต.ค. 53	0.66	3.83	6.64	2.86	4.51	1.23
10 ต.ค. 53	1.12	2.86	2.67	3.40	0.92	2.45
11 ต.ค. 53	10.04	12.45	12.57	7.83	16.39	9.51
12 ต.ค. 53	11.54	13.64	13.13	7.81	29.33	11.71
13 ต.ค. 53	10.90	21.19	21.67	8.77	35.94	19.44
14 ต.ค. 53	26.11	19.00	18.83	9.00	58.68	17.09
15 ต.ค. 53	23.06	18.92	19.40	8.63	17.39	18.58
16 ต.ค. 53	11.54	15.73	16.27	7.75	11.80	14.30
17 ต.ค. 53	10.83	14.45	13.53	8.34	46.14	9.80
18 ต.ค. 53	6.84	11.59	11.43	7.05	20.45	10.67
19 ต.ค. 53	8.86	14.82	14.94	7.06	29.64	14.42
20 ต.ค. 53	13.43	24.98	27.41	10.36	32.93	21.16
21 ต.ค. 53	8.46	13.69	14.81	8.06	13.75	11.86
22 ต.ค. 53	1.53	4.95	5.60	3.63	1.50	4.61
23 ต.ค. 53	0.99	3.43	3.74	3.17	1.00	2.71
24 ต.ค. 53	22.57	32.43	31.57	12.11	50.29	30.02
25 ต.ค. 53	9.67	15.02	13.80	8.16	36.03	13.53
26 ต.ค. 53	2.58	8.62	8.84	5.36	2.08	7.98
27 ต.ค. 53	0.13	0.61	0.88	1.11	0.01	0.57
28 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 ต.ค. 53	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
31 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางผนวกที่ ข4 ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำท่าจีน (มิลลิเมตร) ตุลาคม พ.ศ. 2553

วัน/เดือน/ปี	ฝนเฉลี่ยจริง	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ต.ค. 54	0.81	3.22	3.07	3.59	4.80	2.70
2 ต.ค. 54	2.81	6.10	6.00	6.66	6.44	6.30
3 ต.ค. 54	30.94	26.99	26.85	30.77	47.70	25.35
4 ต.ค. 54	4.53	6.63	6.90	7.59	9.72	5.69
5 ต.ค. 54	12.80	14.35	15.27	17.23	35.48	13.49
6 ต.ค. 54	18.08	23.41	23.53	23.42	47.06	22.09
7 ต.ค. 54	14.31	16.09	16.17	16.07	34.94	16.13
8 ต.ค. 54	16.26	20.41	22.80	20.39	38.12	19.64
9 ต.ค. 54	14.64	12.24	11.49	12.26	28.44	10.04
10 ต.ค. 54	13.44	15.81	16.25	15.79	48.04	14.32
11 ต.ค. 54	7.76	11.83	12.58	11.78	17.85	10.10
12 ต.ค. 54	8.08	14.03	15.18	13.89	25.66	12.25
13 ต.ค. 54	12.10	20.85	21.73	20.83	22.79	15.58
14 ต.ค. 54	8.49	12.76	13.00	12.66	19.89	11.60
15 ต.ค. 54	21.27	26.50	26.96	26.50	53.67	21.27
16 ต.ค. 54	12.89	17.51	18.81	17.49	33.75	16.11
17 ต.ค. 54	5.09	9.67	9.78	9.73	20.08	8.89
18 ต.ค. 54	1.22	0.13	5.93	0.26	5.36	5.18
19 ต.ค. 54	0.16	5.62	1.19	5.53	1.91	0.83
20 ต.ค. 54	0.89	0.95	2.29	0.94	2.77	2.22
21 ต.ค. 54	2.43	1.66	7.02	1.66	7.63	6.29
22 ต.ค. 54	2.73	0.17	6.06	0.17	10.29	5.60
23 ต.ค. 54	0.98	0.03	4.74	0.03	4.20	4.20
24 ต.ค. 54	0.08	0.00	0.50	0.00	0.49	0.37
25 ต.ค. 54	3.49	0.19	8.86	0.19	9.11	9.54
26 ต.ค. 54	0.42	0.05	3.33	0.05	5.31	2.32
27 ต.ค. 54	2.15	0.00	7.42	0.00	15.04	8.45
28 ต.ค. 54	3.61	0.08	7.41	0.08	14.13	6.32
29 ต.ค. 54	0.37	0.01	1.81	0.01	2.50	1.37
30 ต.ค. 54	0.81	0.06	3.93	0.06	7.22	3.43
31 ต.ค. 54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางผนวกที่ ข5 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (ME) ในการประมาณค่าปริมาณฝนเดือนสิงหาคม
พ.ศ. 2553 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำปิงตอนบน

วัน/เดือน/ปี	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ส.ค. 53	0.36	0.11	-0.18	-1.70	0.31
2 ส.ค. 53	-0.71	-0.28	-0.35	0.90	0.56
3 ส.ค. 53	0.96	-0.40	-0.18	-9.72	0.53
4 ส.ค. 53	-0.65	-0.45	0.27	-0.56	0.97
5 ส.ค. 53	0.14	0.16	-0.05	-1.93	0.36
6 ส.ค. 53	-0.11	0.50	0.81	-0.36	0.27
7 ส.ค. 53	-0.48	-0.26	0.42	-1.55	0.25
8 ส.ค. 53	0.50	0.06	-0.01	-3.21	0.21
9 ส.ค. 53	-0.28	-0.27	0.00	0.71	0.42
10 ส.ค. 53	-0.46	0.02	0.97	3.36	1.03
11 ส.ค. 53	-4.04	0.50	-2.51	-3.29	0.38
12 ส.ค. 53	-0.68	-0.13	-0.60	3.14	0.28
13 ส.ค. 53	-2.08	0.25	-0.22	8.66	0.51
14 ส.ค. 53	1.58	-0.84	-2.18	-3.13	1.23
15 ส.ค. 53	0.43	-0.07	-0.70	-1.27	0.07
16 ส.ค. 53	0.59	-1.93	-0.48	-6.86	0.74
17 ส.ค. 53	0.56	-0.08	0.00	-2.12	0.14
18 ส.ค. 53	-1.95	-1.11	-0.17	2.77	0.09
19 ส.ค. 53	-0.43	-0.14	1.27	3.40	1.26
20 ส.ค. 53	0.58	0.68	0.30	1.72	0.83
21 ส.ค. 53	-0.34	0.02	-0.51	-4.99	0.75
22 ส.ค. 53	-1.18	-0.48	-1.16	2.77	0.11
23 ส.ค. 53	-0.75	-0.43	-0.81	-3.30	1.31
24 ส.ค. 53	-1.23	-0.77	-1.19	-1.05	0.58
25 ส.ค. 53	0.30	0.51	0.26	-2.38	0.32
26 ส.ค. 53	1.05	1.23	1.05	-2.59	0.70
27 ส.ค. 53	1.35	1.41	1.34	-7.80	1.11
28 ส.ค. 53	-0.95	-0.47	-1.08	1.33	0.28
29 ส.ค. 53	-1.43	-0.91	-1.44	-0.99	2.36
30 ส.ค. 53	0.46	0.63	0.38	-2.49	2.06
31 ส.ค. 53	-0.78	-0.51	-0.80	-0.71	0.38

ตารางผนวกที่ ข6 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (ME) ในการประมาณค่าปริมาณฝนเดือนสิงหาคม
พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำปิงตอนบน

วัน/เดือน/ปี	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ส.ค. 54	0.00	-0.15	-0.67	-0.37	-0.18
2 ส.ค. 54	-1.69	0.03	-0.91	-6.77	0.53
3 ส.ค. 54	-3.37	-0.95	-3.44	-9.69	0.79
4 ส.ค. 54	-1.01	-1.04	2.01	-2.69	1.29
5 ส.ค. 54	-0.05	-0.07	-0.51	-2.59	0.27
6 ส.ค. 54	-0.13	0.10	-0.13	-1.80	0.38
7 ส.ค. 54	0.27	0.48	0.20	-0.15	0.33
8 ส.ค. 54	-0.44	0.17	-0.05	-0.04	0.17
9 ส.ค. 54	-0.05	-0.24	-2.42	-4.75	0.18
10 ส.ค. 54	-1.33	-0.07	-1.62	1.31	0.80
11 ส.ค. 54	0.00	-0.35	-4.02	-3.97	0.17
12 ส.ค. 54	-1.09	-0.57	-1.66	-7.57	0.95
13 ส.ค. 54	-2.53	0.21	-0.14	2.40	1.17
14 ส.ค. 54	-2.12	-0.35	0.06	1.25	0.96
15 ส.ค. 54	-0.51	-0.04	-0.10	0.37	0.25
16 ส.ค. 54	-2.76	-0.23	-2.10	-0.65	1.25
17 ส.ค. 54	-1.59	0.39	1.33	-1.81	0.72
18 ส.ค. 54	0.28	-0.20	-0.20	-5.39	0.32
19 ส.ค. 54	-2.81	0.07	-2.35	1.71	1.02
20 ส.ค. 54	-1.58	-1.17	1.53	-0.91	0.18
21 ส.ค. 54	-2.07	-0.01	-1.39	-5.69	0.39
22 ส.ค. 54	-0.45	-0.29	-1.41	-6.49	1.14
23 ส.ค. 54	-0.34	-0.17	0.11	0.12	0.43
24 ส.ค. 54	-0.16	0.08	-0.09	0.59	0.25
25 ส.ค. 54	0.02	0.21	-0.53	-0.66	0.40
26 ส.ค. 54	-5.64	-1.24	-2.24	-0.96	1.29
27 ส.ค. 54	0.72	0.47	1.36	-3.61	0.22
28 ส.ค. 54	0.93	0.75	-0.56	-3.30	0.40
29 ส.ค. 54	-3.47	-0.76	-1.15	-3.75	1.83
30 ส.ค. 54	-1.47	-1.09	0.42	2.53	0.39
31 ส.ค. 54	-0.89	-0.59	0.56	-1.55	0.53

ตารางผนวกที่ ข7 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) ในการประมาณค่าปริมาณฝนเดือน
สิงหาคม พ.ศ. 2553 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำปึงตอนบน

วัน/เดือน/ปี	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ส.ค. 53	1.85	2.07	2.21	4.11	1.19
2 ส.ค. 53	5.56	5.78	6.59	8.84	5.63
3 ส.ค. 53	12.05	13.23	14.87	30.21	12.35
4 ส.ค. 53	7.74	7.96	8.51	11.76	6.29
5 ส.ค. 53	3.72	4.06	4.45	5.84	3.51
6 ส.ค. 53	12.75	12.82	14.02	20.27	11.22
7 ส.ค. 53	10.16	10.32	10.05	15.70	8.64
8 ส.ค. 53	4.31	4.24	4.69	8.71	4.13
9 ส.ค. 53	3.67	3.77	3.74	4.35	2.99
10 ส.ค. 53	9.05	9.86	8.98	11.62	8.04
11 ส.ค. 53	15.88	17.16	15.68	27.46	15.87
12 ส.ค. 53	11.32	11.46	12.03	16.98	11.71
13 ส.ค. 53	15.22	14.74	18.54	19.23	15.15
14 ส.ค. 53	10.80	12.27	14.20	16.29	9.76
15 ส.ค. 53	2.10	2.54	2.59	3.71	1.36
16 ส.ค. 53	6.24	11.87	8.35	14.09	6.99
17 ส.ค. 53	4.77	6.11	6.44	8.93	4.38
18 ส.ค. 53	13.94	14.01	11.75	23.04	15.25
19 ส.ค. 53	11.69	11.54	11.86	11.35	10.42
20 ส.ค. 53	4.71	4.66	4.97	5.02	2.19
21 ส.ค. 53	18.16	17.94	18.56	31.14	16.70
22 ส.ค. 53	12.38	12.24	12.43	18.12	12.80
23 ส.ค. 53	9.00	8.85	8.99	11.77	7.19
24 ส.ค. 53	10.08	9.94	10.28	19.05	9.89
25 ส.ค. 53	5.16	5.08	5.16	8.67	4.97
26 ส.ค. 53	5.57	5.54	5.57	9.60	4.68
27 ส.ค. 53	5.02	5.01	5.01	15.14	4.52
28 ส.ค. 53	10.89	10.78	11.06	14.34	9.95
29 ส.ค. 53	10.99	10.86	10.98	19.67	6.56
30 ส.ค. 53	7.29	7.26	7.29	12.94	5.62
31 ส.ค. 53	6.49	6.41	6.51	9.83	4.99

ตารางผนวกที่ ข8 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) ในการประมาณค่าปริมาณฝนเดือน
สิงหาคม พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร) ลุ่มน้ำปึงตอนบน

วัน/เดือน/ปี	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ส.ค. 54	2.89	3.29	3.14	0.37	0.18
2 ส.ค. 54	18.55	17.75	15.01	34.61	16.02
3 ส.ค. 54	13.73	13.17	14.14	32.13	9.18
4 ส.ค. 54	12.75	14.23	13.15	19.69	9.34
5 ส.ค. 54	2.64	2.79	3.06	5.12	2.26
6 ส.ค. 54	1.19	1.47	1.65	3.12	0.76
7 ส.ค. 54	5.24	5.85	6.00	7.49	5.07
8 ส.ค. 54	4.37	4.35	4.41	7.29	4.22
9 ส.ค. 54	4.48	5.33	5.85	10.83	5.03
10 ส.ค. 54	4.26	3.71	4.21	6.65	3.62
11 ส.ค. 54	5.84	6.06	8.12	13.38	5.62
12 ส.ค. 54	6.43	7.19	7.45	16.02	7.62
13 ส.ค. 54	7.62	7.12	7.22	10.71	6.76
14 ส.ค. 54	3.25	2.24	2.06	2.98	1.95
15 ส.ค. 54	2.54	2.39	2.44	2.23	2.02
16 ส.ค. 54	7.40	7.36	8.27	12.26	6.16
17 ส.ค. 54	7.27	6.88	6.45	10.16	6.49
18 ส.ค. 54	7.22	7.64	7.64	12.01	7.35
19 ส.ค. 54	7.39	7.09	8.34	9.51	6.10
20 ส.ค. 54	9.21	9.41	8.74	11.92	8.67
21 ส.ค. 54	9.87	11.14	11.86	16.44	9.90
22 ส.ค. 54	4.65	4.61	5.01	10.68	3.22
23 ส.ค. 54	4.24	4.60	4.53	4.35	4.58
24 ส.ค. 54	1.83	1.91	2.02	1.70	1.62
25 ส.ค. 54	2.19	2.46	3.15	3.12	1.87
26 ส.ค. 54	19.04	18.60	18.94	29.03	16.75
27 ส.ค. 54	11.37	12.28	11.97	18.95	11.58
28 ส.ค. 54	7.90	8.62	9.45	13.40	7.34
29 ส.ค. 54	6.43	5.11	5.31	12.42	4.24
30 ส.ค. 54	8.27	8.66	8.25	9.37	7.83
31 ส.ค. 54	6.29	6.61	5.79	8.14	5.12

ตารางผนวกที่ ข9 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ในการประมาณค่าปริมาณฝน
เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำปึงตอนบน

วัน/เดือน/ปี	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ส.ค. 53	4.17	4.44	4.63	13.16	3.17
2 ส.ค. 53	8.56	8.68	10.00	13.64	8.20
3 ส.ค. 53	18.68	19.90	22.77	75.55	17.09
4 ส.ค. 53	10.67	11.09	12.79	18.55	9.72
5 ส.ค. 53	6.12	6.42	6.87	14.44	5.81
6 ส.ค. 53	17.36	16.90	19.69	36.10	15.45
7 ส.ค. 53	14.01	13.87	15.28	42.06	11.60
8 ส.ค. 53	6.14	6.20	7.03	18.74	5.71
9 ส.ค. 53	5.26	5.68	5.60	7.98	4.41
10 ส.ค. 53	11.75	12.81	12.93	17.30	11.11
11 ส.ค. 53	23.04	26.40	23.70	52.19	23.99
12 ส.ค. 53	13.77	14.10	15.62	23.77	14.39
13 ส.ค. 53	22.78	21.53	28.79	27.29	22.00
14 ส.ค. 53	16.78	17.91	21.91	28.08	15.00
15 ส.ค. 53	5.39	5.70	5.99	12.19	4.03
16 ส.ค. 53	15.42	22.32	18.35	34.45	15.20
17 ส.ค. 53	10.43	11.60	13.10	19.68	9.69
18 ส.ค. 53	18.03	17.98	17.45	29.48	19.08
19 ส.ค. 53	17.54	17.49	20.07	22.65	16.87
20 ส.ค. 53	9.53	9.53	10.36	11.50	4.86
21 ส.ค. 53	24.26	24.23	24.53	61.12	23.23
22 ส.ค. 53	16.82	16.73	17.06	34.12	17.43
23 ส.ค. 53	11.97	11.94	11.97	19.67	10.98
24 ส.ค. 53	13.48	13.44	13.71	27.42	13.26
25 ส.ค. 53	8.70	8.69	8.73	20.78	8.19
26 ส.ค. 53	9.66	9.68	9.68	31.65	7.58
27 ส.ค. 53	11.94	11.94	11.88	66.98	10.87
28 ส.ค. 53	15.15	15.10	15.33	20.84	14.00
29 ส.ค. 53	14.81	14.71	14.78	32.69	10.19
30 ส.ค. 53	11.50	11.58	11.45	29.35	10.86
31 ส.ค. 53	8.20	8.15	8.23	16.19	6.73

ตารางผนวกที่ ข10 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ในการประมาณค่าปริมาณฝน
เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำปึงตอนบน

วัน/เดือน/ปี	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ส.ค. 54	4.42	5.54	5.24	0.90	0.45
2 ส.ค. 54	29.63	24.74	23.13	59.71	21.90
3 ส.ค. 54	22.89	21.88	22.48	73.90	17.30
4 ส.ค. 54	21.26	22.20	21.55	37.84	16.81
5 ส.ค. 54	4.12	4.08	4.17	13.18	3.64
6 ส.ค. 54	2.10	2.46	2.65	6.81	1.32
7 ส.ค. 54	8.58	9.02	9.09	14.92	8.13
8 ส.ค. 54	5.95	6.12	6.15	12.27	5.65
9 ส.ค. 54	5.65	6.84	7.53	21.33	6.56
10 ส.ค. 54	5.75	5.27	5.62	9.04	5.39
11 ส.ค. 54	8.42	8.89	10.50	36.18	7.95
12 ส.ค. 54	8.66	9.23	9.49	31.11	11.15
13 ส.ค. 54	11.62	10.94	10.98	17.00	10.20
14 ส.ค. 54	4.78	3.26	3.08	6.44	3.89
15 ส.ค. 54	3.75	3.97	4.00	4.24	3.45
16 ส.ค. 54	11.14	11.40	11.80	32.13	9.67
17 ส.ค. 54	11.06	11.48	11.32	25.52	10.69
18 ส.ค. 54	11.25	11.42	11.42	27.76	11.17
19 ส.ค. 54	10.40	10.25	10.91	14.35	9.69
20 ส.ค. 54	12.63	13.13	12.94	19.89	12.41
21 ส.ค. 54	14.17	16.41	16.55	33.81	14.92
22 ส.ค. 54	7.02	7.03	7.65	22.20	5.30
23 ส.ค. 54	8.22	8.73	8.71	9.08	8.18
24 ส.ค. 54	2.74	2.99	3.09	3.27	2.53
25 ส.ค. 54	3.90	4.17	4.74	7.23	3.53
26 ส.ค. 54	23.25	23.91	24.10	43.45	21.30
27 ส.ค. 54	17.59	18.80	18.60	32.01	16.72
28 ส.ค. 54	11.53	12.37	13.06	33.44	9.89
29 ส.ค. 54	9.97	8.61	8.74	36.18	8.48
30 ส.ค. 54	10.77	11.48	11.36	13.68	10.50
31 ส.ค. 54	10.31	10.45	10.00	15.77	9.07

ตารางผนวกที่ ข11 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (ME) ในการประมาณค่าปริมาณฝนเดือนตุลาคม
พ.ศ. 2553 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำทำนุ

วัน/เดือน/ปี	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ต.ค. 53	-0.54	0.12	-4.37	-3.79	-0.19
2 ต.ค. 53	-1.38	0.12	-0.41	-1.45	-0.52
3 ต.ค. 53	-0.20	-0.22	-1.37	-2.35	-0.35
4 ต.ค. 53	0.22	0.31	-0.20	-1.95	0.26
5 ต.ค. 53	0.13	0.16	0.00	-1.30	0.37
6 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 ต.ค. 53	0.19	0.42	-0.02	0.80	0.30
8 ต.ค. 53	-1.03	-2.26	-0.02	0.86	1.01
9 ต.ค. 53	0.07	-0.63	-0.14	-1.82	0.27
10 ต.ค. 53	-0.05	-0.01	-0.22	-0.85	0.15
11 ต.ค. 53	-0.07	0.26	0.38	-1.40	1.36
12 ต.ค. 53	0.14	0.00	0.86	-5.03	0.65
13 ต.ค. 53	-1.55	0.31	-0.58	-1.50	1.26
14 ต.ค. 53	-1.96	0.04	1.07	-4.33	-0.13
15 ต.ค. 53	-0.83	0.42	0.33	-0.24	-0.34
16 ต.ค. 53	-0.13	0.14	0.94	2.29	0.22
17 ต.ค. 53	0.02	0.25	-0.41	-8.56	0.76
18 ต.ค. 53	0.35	0.06	0.19	-4.31	0.61
19 ต.ค. 53	1.78	-0.11	0.03	-3.85	-0.52
20 ต.ค. 53	-1.93	-3.03	-0.88	1.45	0.65
21 ต.ค. 53	-0.28	-1.00	-0.82	-1.24	1.31
22 ต.ค. 53	0.84	0.25	0.60	-0.11	0.33
23 ต.ค. 53	0.26	0.34	0.25	-0.13	0.52
24 ต.ค. 53	-4.15	-1.88	-2.77	0.36	1.87
25 ต.ค. 53	-0.74	-0.28	0.19	-0.94	0.55
26 ต.ค. 53	0.06	0.23	0.40	1.82	0.63
27 ต.ค. 53	0.08	0.01	0.06	0.10	0.04
28 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 ต.ค. 53	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
31 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางผนวกที่ ข12 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (ME) ในการประมาณค่าปริมาณฝนเดือนตุลาคม
พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำท่าจีน

วัน/เดือน/ปี	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ต.ค. 54	-0.05	-0.06	-0.13	-0.28	0.22
2 ต.ค. 54	-0.69	-0.49	-0.21	1.05	0.65
3 ต.ค. 54	-1.05	-3.90	-0.58	0.90	0.34
4 ต.ค. 54	0.01	0.35	0.43	1.62	0.67
5 ต.ค. 54	0.69	0.96	0.20	-6.43	0.48
6 ต.ค. 54	0.43	-0.82	0.79	-6.66	1.79
7 ต.ค. 54	-1.11	-0.72	-0.96	-4.73	0.81
8 ต.ค. 54	-2.50	-0.68	-2.26	-1.43	0.69
9 ต.ค. 54	-0.85	-0.18	-1.15	-3.66	0.17
10 ต.ค. 54	-0.84	-0.51	-0.54	-9.86	-0.15
11 ต.ค. 54	-0.84	-0.44	-0.18	0.35	0.55
12 ต.ค. 54	1.53	0.98	0.15	1.14	0.22
13 ต.ค. 54	0.83	-0.27	0.05	4.94	2.39
14 ต.ค. 54	1.10	-0.49	0.09	-1.47	0.41
15 ต.ค. 54	-0.35	0.50	0.00	-6.06	0.71
16 ต.ค. 54	0.78	2.30	0.06	-4.63	1.12
17 ต.ค. 54	-0.41	0.25	-0.31	-2.23	0.52
18 ต.ค. 54	-0.01	-0.03	-0.09	1.10	0.35
19 ต.ค. 54	-0.98	-0.13	-0.13	-0.26	0.05
20 ต.ค. 54	-0.17	0.11	-0.06	0.04	0.19
21 ต.ค. 54	0.15	-0.10	-0.03	1.16	0.38
22 ต.ค. 54	0.01	-0.37	0.00	-0.77	0.39
23 ต.ค. 54	0.00	0.86	0.00	0.98	-0.80
24 ต.ค. 54	0.00	0.08	0.00	0.08	-0.08
25 ต.ค. 54	0.00	0.29	0.00	1.48	-1.05
26 ต.ค. 54	-0.01	-0.36	0.00	-0.67	0.15
27 ต.ค. 54	0.00	-0.10	0.00	-1.35	-0.28
28 ต.ค. 54	0.00	-0.25	0.00	-1.32	0.45
29 ต.ค. 54	0.00	-0.05	0.00	0.02	0.09
30 ต.ค. 54	0.00	0.07	0.00	-0.49	0.28
31 ต.ค. 54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางผนวกที่ ข13 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) ในการประมาณค่าปริมาณฝนเดือน
ตุลาคม พ.ศ. 2553 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำทำเงิน

วัน/เดือน/ปี	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ต.ค. 53	16.72	16.96	20.80	30.29	15.95
2 ต.ค. 53	22.12	21.42	24.45	29.94	18.76
3 ต.ค. 53	11.96	10.91	11.76	15.50	12.43
4 ต.ค. 53	4.92	3.84	5.32	7.41	3.71
5 ต.ค. 53	1.04	1.06	0.97	2.37	0.52
6 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 ต.ค. 53	1.41	1.59	1.85	0.80	1.26
8 ต.ค. 53	7.42	8.57	7.85	5.53	4.92
9 ต.ค. 53	1.20	1.92	1.43	2.95	0.34
10 ต.ค. 53	1.66	1.48	2.01	2.57	1.33
11 ต.ค. 53	9.49	9.98	10.67	11.96	7.13
12 ต.ค. 53	10.51	10.07	10.62	17.34	8.34
13 ต.ค. 53	14.25	13.42	13.39	17.99	12.07
14 ต.ค. 53	15.44	14.90	14.09	25.17	11.92
15 ต.ค. 53	13.98	13.98	12.97	18.62	13.54
16 ต.ค. 53	9.87	10.21	10.46	12.09	9.21
17 ต.ค. 53	11.22	10.76	12.11	18.27	7.43
18 ต.ค. 53	8.08	8.16	8.66	12.85	7.58
19 ต.ค. 53	9.46	9.91	8.67	15.13	9.47
20 ต.ค. 53	16.45	17.84	18.68	20.13	10.85
21 ต.ค. 53	9.82	11.04	11.32	13.70	6.74
22 ต.ค. 53	1.93	2.64	2.29	2.74	2.16
23 ต.ค. 53	1.60	1.76	1.75	2.12	0.83
24 ต.ค. 53	25.68	23.82	25.51	28.26	21.35
25 ต.ค. 53	11.41	10.85	11.59	16.90	10.99
26 ต.ค. 53	4.60	4.28	5.01	2.57	3.83
27 ต.ค. 53	0.18	0.37	0.22	0.15	0.20
28 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 ต.ค. 53	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
31 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางผนวกที่ ข14 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) ในการประมาณค่าปริมาณฝนเดือน
ตุลาคม พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำท่าเงิน

วัน/เดือน/ปี	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ต.ค. 54	1.64	1.63	1.94	1.90	1.21
2 ต.ค. 54	4.08	4.01	4.28	3.19	3.39
3 ต.ค. 54	20.10	19.59	23.05	30.51	18.20
4 ต.ค. 54	5.13	5.39	5.59	6.20	3.97
5 ต.ค. 54	11.42	12.01	13.21	20.38	10.54
6 ต.ค. 54	17.27	17.94	17.21	29.27	16.98
7 ต.ค. 54	12.78	13.23	12.75	21.51	13.60
8 ต.ค. 54	16.07	16.81	16.01	22.21	13.99
9 ต.ค. 54	9.73	9.22	9.78	21.11	7.69
10 ต.ค. 54	12.65	13.07	12.57	26.10	12.39
11 ต.ค. 54	9.01	9.28	8.82	9.90	6.96
12 ต.ค. 54	8.62	9.36	9.15	12.51	7.69
13 ต.ค. 54	12.22	13.19	12.46	11.99	9.09
14 ต.ค. 54	8.66	9.53	8.99	12.41	8.23
15 ต.ค. 54	22.24	22.37	22.14	34.55	18.14
16 ต.ค. 54	13.49	13.92	13.71	19.34	11.87
17 ต.ค. 54	5.47	5.77	5.56	9.94	5.49
18 ต.ค. 54	0.06	2.40	0.14	1.34	1.80
19 ต.ค. 54	0.99	0.44	1.85	0.58	0.25
20 ต.ค. 54	0.18	0.90	0.34	0.99	1.09
21 ต.ค. 54	0.48	3.78	0.63	3.06	3.19
22 ต.ค. 54	0.09	3.48	0.10	5.01	3.55
23 ต.ค. 54	0.01	1.69	0.01	0.98	1.22
24 ต.ค. 54	0.00	0.12	0.00	0.08	0.08
25 ต.ค. 54	0.10	4.94	0.10	4.03	4.54
26 ต.ค. 54	0.01	1.19	0.02	1.50	0.65
27 ต.ค. 54	0.00	2.95	0.00	4.81	3.28
28 ต.ค. 54	0.03	5.04	0.03	6.50	4.49
29 ต.ค. 54	0.00	0.75	0.00	0.73	0.56
30 ต.ค. 54	0.02	1.56	0.02	2.12	1.28
31 ต.ค. 54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางผนวกที่ ข15 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ในการประมาณค่าปริมาณฝน
เดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำท่าจีน

วัน/เดือน/ปี	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ต.ค. 53	22.96	22.67	27.26	55.37	21.04
2 ต.ค. 53	27.26	27.34	11.85	51.67	23.83
3 ต.ค. 53	15.14	15.77	8.22	19.84	15.50
4 ต.ค. 53	7.55	6.02	5.53	11.42	5.90
5 ต.ค. 53	2.40	2.60	2.36	2.16	2.15
6 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 ต.ค. 53	4.76	4.99	3.26	0.64	4.51
8 ต.ค. 53	15.38	18.02	6.71	9.10	12.71
9 ต.ค. 53	3.83	6.64	2.86	4.51	1.23
10 ต.ค. 53	2.86	2.67	3.40	0.92	2.45
11 ต.ค. 53	12.45	12.57	7.83	16.39	9.51
12 ต.ค. 53	13.64	13.13	7.81	29.33	11.71
13 ต.ค. 53	21.19	21.67	8.77	35.94	19.44
14 ต.ค. 53	19.00	18.83	9.00	58.68	17.09
15 ต.ค. 53	18.92	19.40	8.63	17.39	18.58
16 ต.ค. 53	15.73	16.27	7.75	11.80	14.30
17 ต.ค. 53	14.45	13.53	8.34	46.14	9.80
18 ต.ค. 53	11.59	11.43	7.05	20.45	10.67
19 ต.ค. 53	14.82	14.94	7.06	29.64	14.42
20 ต.ค. 53	24.98	27.41	10.36	32.93	21.16
21 ต.ค. 53	13.69	14.81	8.06	13.75	11.86
22 ต.ค. 53	4.95	5.60	3.63	1.50	4.61
23 ต.ค. 53	3.43	3.74	3.17	1.00	2.71
24 ต.ค. 53	32.43	31.57	12.11	50.29	30.02
25 ต.ค. 53	15.02	13.80	8.16	36.03	13.53
26 ต.ค. 53	8.62	8.84	5.36	2.08	7.98
27 ต.ค. 53	0.61	0.88	1.11	0.01	0.57
28 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 ต.ค. 53	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
31 ต.ค. 53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางผนวกที่ ข16 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ในการประมาณค่าปริมาณฝน
เดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร) กลุ่มน้ำท่าจีน

วัน/เดือน/ปี	IDW	Kriging	Isohyetal	Thiessen	TPS
1 ต.ค. 54	3.22	3.07	3.59	4.80	2.70
2 ต.ค. 54	6.10	6.00	6.66	6.44	6.30
3 ต.ค. 54	26.99	26.85	30.77	47.70	25.35
4 ต.ค. 54	6.63	6.90	7.59	9.72	5.69
5 ต.ค. 54	14.35	15.27	17.23	35.48	13.49
6 ต.ค. 54	23.41	23.53	23.42	47.06	22.09
7 ต.ค. 54	16.09	16.17	16.07	34.94	16.13
8 ต.ค. 54	20.41	22.80	20.39	38.12	19.64
9 ต.ค. 54	12.24	11.49	12.26	28.44	10.04
10 ต.ค. 54	15.81	16.25	15.79	48.04	14.32
11 ต.ค. 54	11.83	12.58	11.78	17.85	10.10
12 ต.ค. 54	14.03	15.18	13.89	25.66	12.25
13 ต.ค. 54	20.85	21.73	20.83	22.79	15.58
14 ต.ค. 54	12.76	13.00	12.66	19.89	11.60
15 ต.ค. 54	26.50	26.96	26.50	53.67	21.27
16 ต.ค. 54	17.51	18.81	17.49	33.75	16.11
17 ต.ค. 54	9.67	9.78	9.73	20.08	8.89
18 ต.ค. 54	0.13	5.93	0.26	5.36	5.18
19 ต.ค. 54	5.62	1.19	5.53	1.91	0.83
20 ต.ค. 54	0.95	2.29	0.94	2.77	2.22
21 ต.ค. 54	1.66	7.02	1.66	7.63	6.29
22 ต.ค. 54	0.17	6.06	0.17	10.29	5.60
23 ต.ค. 54	0.03	4.74	0.03	4.20	4.20
24 ต.ค. 54	0.00	0.50	0.00	0.49	0.37
25 ต.ค. 54	0.19	8.86	0.19	9.11	9.54
26 ต.ค. 54	0.05	3.33	0.05	5.31	2.32
27 ต.ค. 54	0.00	7.42	0.00	15.04	8.45
28 ต.ค. 54	0.08	7.41	0.08	14.13	6.32
29 ต.ค. 54	0.01	1.81	0.01	2.50	1.37
30 ต.ค. 54	0.06	3.93	0.06	7.22	3.43
31 ต.ค. 54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-สกุล	นายพีระพงศ์ รัตนบุรี
เกิดวันที่	14 พฤษภาคม 2528
สถานที่เกิด	อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา - ชลประทาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ.2550)
ตำแหน่งปัจจุบัน	วิศวกรชลประทานปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ส่วนบริหารจัดการน้ำ สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน (พ.ศ.2551)