



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์  
เรื่อง

การคาดการณ์ฝนโดยใช้ค่าไอน้ำฝนที่บันทึกด้วยจีพีเอส

**Rainfall Forecasting Using Precipitable Water Vapor Observed by  
GPS**

โดย

รศ.ดร.สุนันทา	กิ่งไพบูลย์	หัวหน้าโครงการ
Prof.Dr. Mikio	Satomura	ผู้ร่วมวิจัย
นางสาววันเพ็ญ	สุนประ โคน	ผู้ช่วยวิจัย

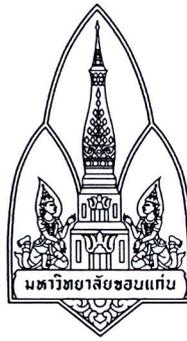
โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย ประเภทอุดหนุนทั่วไป

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2553

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

๖๐๐๕๕๕๙๔

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การคาดการณ์ฝนโดยใช้ค่าไอน้ำฝนที่บันทึกด้วยจีพีเอส

Rainfall Forecasting Using Precipitable Water Vapor Observed by

GPS



โดย

รศ.ดร.สุนันทา

กิ่งไพบูลย์

หัวหน้าโครงการ

Prof.Dr. Mikio

Satomura

ผู้ร่วมวิจัย

นางสาววันเพ็ญ

สุนประ โคน

ผู้ช่วยวิจัย

โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย ประเภทอุดหนุนทั่วไป

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2553

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## คำนำ

ปริมาณไอน้ำฝนเป็นตัวแปรที่สำคัญในการเกิดฝน การก่อตัวของเมฆ การหมุนเวียน อุทกวิทยา และการหมุนเวียนของบรรยากาศ ซึ่งปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการบินที่กด้วยจีพีเอส เพื่อคำนวณและประมาณค่าไอน้ำฝนหากสามารถนำข้อมูลไอน้ำฝนมาพยากรณ์ฝนทั้งที่เป็นปัจจุบันและล่วงหน้าได้ จะก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งด้านการเกษตรและการเตือนภัย ซึ่งฝนเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการจัดการด้านทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ฝนโดยใช้ค่าไอน้ำฝนที่ได้จากการคำนวณด้วยข้อมูลจากจีพีเอส

คณะวิจัยใคร่ขอขอบคุณ อาจารย์สุรัตน์ ประมวลศักดิ์กุล ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์รวมทั้งให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการดำเนินงาน ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จบรรลุเป้าหมายตามที่กำหนด และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการศึกษาของโครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานและท่านที่สนใจ หากพบสิ่งใดที่ไม่สมบูรณ์โปรดเสนอแนะ และขอ น้อมรับคำชี้แนะเหล่านั้น เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องอันจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป

รศ.ดร.สุนันทา กิ่งไพบูลย์  
หัวหน้าโครงการ

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อกรมอุตุนิยมวิทยาที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เพื่อใช้ในการคำนวณและประมาณค่าปริมาณไอน้ำฝน ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้อนุญาตให้ติดตั้งงานรับสัญญาณจีพีเอสและอุปกรณ์บันทึกข้อมูลของระบบจีพีเอสเพื่อทำการศึกษาทดลองขอขอบคุณ Institute of Geosciences, Faculty of Science, University of Shizuoka ประเทศญี่ปุ่น ที่ได้อนุเคราะห์ชุดเครื่องมือจีพีเอสในการบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย ประเภททุนอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2553

รศ.ดร.สุนันทา กิ่งไพบูลย์  
หัวหน้าโครงการ

ปริมาณไอน้ำฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดฝน การก่อตัวของเมฆ ผลกระทบด้านอุตุนิยมวิทยา และการหมุนเวียนอุทกวิทยา ปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการบันทึกด้วยจีพีเอสเพื่อคำนวณและประมาณค่าไอน้ำฝน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ฝนโดยใช้ค่าไอน้ำฝนที่ได้จากการคำนวณข้อมูลจากจีพีเอส ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไอน้ำฝนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเริ่มจาก 15 ชั่วโมง ก่อนฝนตก จนกระทั่งมีปริมาณสูงสุดที่ 3 ชั่วโมงก่อนฝนตก และเมื่อฝนตกแล้วปริมาณไอน้ำฝนจะลดลง ฝนจะตกเมื่อมีปริมาณไอน้ำฝนอยู่ในช่วง 50 – 70 มิลลิเมตร ปริมาณฝนกับปริมาณไอน้ำฝนมีความสัมพันธ์เป็นบวก และช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ฝนระยะสั้นไม่เกิน 6 ชั่วโมง สมการพยากรณ์ฝน 3 ชั่วโมง คือ  $Y = 0.021PWV - 0.088$  และสมการพยากรณ์ฝนล่วงหน้า 6 ชั่วโมง คือ  $Y = 0.011PWV + 0.565$  สมการพยากรณ์ฝนที่ได้มีความน่าเชื่อถือน้อย สามารถทำนายปริมาณฝนได้ 1.9% และ 0.5% ตามลำดับ

การพยากรณ์ปริมาณฝนรายเดือนและปริมาณฝนในเดือนถัดไปจากปริมาณไอน้ำฝนรายเดือน พบว่า สามารถทำนายปริมาณฝนได้ถูกต้องประมาณ 60.6% และ 42.5% ตามลำดับ สมการเชิงเส้นระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าไอน้ำฝน (X) กับปริมาณฝน (Y) ในเดือนเดียวกัน คือ  $Y = 6.118X - 175.133$  และสมการพยากรณ์ฝนในเดือนถัดไป คือ  $Y = 5.079X - 127.863$  การพยากรณ์ปริมาณฝนในฤดูฝนที่กำลังจะมาถึงย่อมมีความสำคัญมากต่อการวางแผนเพาะปลูก เช่น การกำหนดเนื้อที่การทำน่าน้ำฝน เป็นต้น จากความสัมพันธ์ของค่าไอน้ำฝนต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนกับปริมาณฝนในฤดูฝนถัดไป พบว่า มีความสัมพันธ์กันดีมาก ได้แก่ สมการพยากรณ์ฝนที่ใช้ข้อมูลปริมาณไอน้ำฝนต่ำสุด 1 เดือน คือ  $Y = 38.802X + 104.469$  ทำนายฝนได้ถูกต้อง 47.2%, ปริมาณไอน้ำฝนต่ำสุด 2 เดือน คือ  $Y = 30.571X + 214.594$  ทำนายฝนได้ 64.8% และปริมาณไอน้ำฝนต่ำสุด 3 เดือน คือ  $Y = 30.223X + 158.669$  ทำนายฝนได้ 62.9%

## ABSTRACT

248983

Precipitable water vapor is the major factor for rain, cloud forming, meteorological effect and hydrological cycle. Presently, GPS observations are used to calculate and approximate the amount of precipitable water vapor. This study is aimed at predicting rainfall based on the precipitable water vapor obtained from computing GPS data. The findings indicated that changes of precipitable water vapor gradually increased starting from 15 hours before raining to reach its peak 3 hours before it rained. When it was raining, the amount of precipitable water vapor decreased. It rained when the precipitable water vapor was in the range of 50 – 70 mm. The relationships between the rain and precipitable water vapor were positive, and a suitable time interval for short-term prediction should not exceed 6 hours. The 3-hour rain predict on equation was  $Y=0.021PWV-0.088$ , while the 6-hour rain predict on equation was  $Y=0.011PWV+0.565$ . The equations for rain prediction had rather low reliability and with the prediction outcomes of 1.9% and 0.5%.

Monthly rain prediction and amount of rainfall in the following month from monthly precipitable water vapor were found to be 60.6% and 42.5%, respectively. Linear equation between the average precipitable water vapor (X) and rainfall (Y) in the same month was  $Y=6.118X-175.133$ . Rain prediction for the following month was  $Y=5.079X-127.863$ . Rainfall prediction for the coming rainy season is very important for crop planning such as determining rain-fed paddy land. The relationship between monthly average lowest precipitable water vapor and rainfall in the next rainy season was found to be very good. This included rain-predicting equation based on one-month lowest precipitable water vapor, i.e.,  $Y=38.802X+104.469$ , with the prediction accuracy of 47.2%. The 2-month lowest precipitable water vapor equation was  $Y=30.571X+214.594$  with the accuracy of 64.8% and the 3-month lowest precipitable water vapor equation was  $Y=30.223X+158.669$  with the accuracy of 62.9%.

## สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
ABSTRACT	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 วัฏจักรของน้ำ	3
2.2 การเกิดฝน	5
2.3 การพยากรณ์อากาศ	20
2.4 ระบบการหาดำแหน่งบนโลก	24
2.5 ปริมาณไอน้ำฝน	30
2.6 การคำนวณปริมาณไอน้ำฝนจากข้อมูลจีพีเอส	30
2.7 การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์พหุคูณ	32
2.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำฝน	44
2.9 การประยุกต์ใช้ปริมาณไอน้ำฝนจากข้อมูลจีพีเอส	45
2.10 การพัฒนาการพยากรณ์ฝนในประเทศไทย	47

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3	53
3.1	53
3.2	53
3.3	56
3.4	57
บทที่ 4	63
4.1	63
4.2	65
4.3	69
4.4	70
4.5	73
4.6	76
4.7	81
บทที่ 5	83
5.1	83
5.2	84
เอกสารอ้างอิง	85
ภาคผนวก	91

## สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 2.1	ความถี่ที่ส่งโดยดาวเทียมจีพีเอส	27
ตารางที่ 2.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ	36
ตารางที่ 2.3	สมการการพยากรณ์ปริมาณฝนกับปัจจัยอุณหภูมิตามวิทยา	52
ตารางที่ 4.1	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณไอน้ำฝนและปริมาณฝน	67
ตารางที่ 4.2	ค่าเฉลี่ยของปริมาณไอน้ำฝนก่อนฝนตก	71
ตารางที่ 4.3	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างฝนกับไอน้ำฝน	73
ตารางที่ 4.4	สมการพยากรณ์ฝนด้วยไอน้ำฝน	73
ตารางที่ 4.5	ปริมาณฝนรายเดือน ปริมาณฝนสะสม และปริมาณไอน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน	78

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 การหมุนเวียนวัฏจักรน้ำ	4
ภาพที่ 2.2 แผนภูมิวัฏจักรน้ำ	5
ภาพที่ 2.3 ช่วงเวลาของแนวร่องมรสุม แนวพายุหมุนเขตร้อน และแนวมรสุม ที่มีผลต่อประเทศไทย	11
ภาพที่ 2.4 การเกิดการพาอิสระ เมื่อก่อนอากาศร้อนกว่าบรรยากาศโดยรอบ	14
ภาพที่ 2.5 การเคลื่อนที่สูงขึ้นของก้อนอากาศ	15
ภาพที่ 2.6 กลไกการลอยตัวของอากาศที่ทำให้เกิดฝน	15
ภาพที่ 2.7 การกระจายฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยและบริเวณ โดยรอบ	17
ภาพที่ 2.8 กระบวนการแบร์เจอร์อน (Bergeron process)	19
ภาพที่ 2.9 กระบวนการชนและรวม	20
ภาพที่ 2.10 คลื่นความถี่ของสัญญาณ L1 และ L2 จากดาวเทียมจีพีเอส	28
ภาพที่ 3.1 งานรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส	54
ภาพที่ 3.2 งานรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสบนสามขา	54
ภาพที่ 3.3 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสรุ่น Trimble 4000SSi	54
ภาพที่ 3.4 คอมพิวเตอร์ที่เก็บข้อมูลและอุปกรณ์ต่อพ่วง	55
ภาพที่ 3.5 ปุ่มกดหน้าจอของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสรุ่น Trimble 4000SSi	55
ภาพที่ 3.6 ช่องเสียบต่อสายไฟด้านหลังของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส รุ่น Trimble 4000SSi	56
ภาพที่ 4.1 ปริมาณฝนรายปี	63
ภาพที่ 4.2 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน	64
ภาพที่ 4.3 ปริมาณฝนสะสม ของสถานีตรวจวัดจังหวัดขอนแก่น	65
ภาพที่ 4.4 ปริมาณฝนและปริมาณไอน้ำฝนราย 3 ชั่วโมง	68
ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงไอน้ำฝนตามฤดูกาล	68
ภาพที่ 4.6 ปริมาณไอน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน	69
ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำฝนกับปริมาณฝน	70
ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำฝนก่อนฝนตกตลอดทั้งปี	72

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำฝนก่อนฝนตก ช่วงฤดูฝน	72
ภาพที่ 4.10 ปริมาณฝนที่ตกจริงเทียบกับปริมาณฝนที่ได้จากการทำนาย ล่วงหน้า 0 ชั่วโมง	74
ภาพที่ 4.11 ปริมาณฝนที่ตกจริงเทียบกับปริมาณฝนที่ได้จากการทำนาย ล่วงหน้า 3 ชั่วโมง	75
ภาพที่ 4.12 ปริมาณฝนที่ตกจริงเทียบกับปริมาณฝนที่ได้จากการทำนาย ล่วงหน้า 6 ชั่วโมง	75
ภาพที่ 4.13 ปริมาณฝนรายเดือนกับไอน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน	77
ภาพที่ 4.14 ความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างปริมาณไอน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนกับปริมาณฝน รายเดือน	79
ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์เส้นโค้งระหว่างปริมาณไอน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนกับปริมาณฝน รายเดือน	79
ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างปริมาณไอน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนกับปริมาณฝน เดือนถัดไป	80
ภาพที่ 4.17 ความสัมพันธ์เส้นโค้งระหว่างปริมาณไอน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนกับปริมาณฝน เดือนถัดไป	80
ภาพที่ 4.18 ความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างปริมาณไอน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนน้อยที่สุด 1 เดือน กับปริมาณฝนที่ตกในช่วงฤดูฝน	81
ภาพที่ 4.19 ความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างปริมาณไอน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนน้อยที่สุด 1 เดือน กับปริมาณฝนที่ตกในช่วงฤดูฝน	82
ภาพที่ 4.20 ความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างปริมาณไอน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนน้อยที่สุด 1 เดือน กับปริมาณฝนที่ตกในช่วงฤดูฝน	82

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

### คำย่อ

GPS ย่อมาจาก Global Position System หมายถึง ระบบเครื่องวัดตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์โลก  
ด้วยดาวเทียม

PWV ย่อมาจาก Precipitable Water Vapor หมายถึง ไอน้ำฝน

ZHD ย่อมาจาก Zenith Hydrostatic Delay หมายถึง ความล่าช้าของการเดินทางของสัญญาณ  
ไมโครเวฟที่เกิดจากบรรยากาศส่วนแห้งในแนวตั้งในชั้นโทรโปสเฟียร์

ZWD ย่อมาจาก Zenith Wet Delay หมายถึง ความล่าช้าที่เกิดจากบรรยากาศส่วนเปียกใน  
แนวตั้ง

ZTD ย่อมาจาก Zenith Tropospheric Delay หมายถึง ความล่าช้าที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ  
โทรโปสเฟียร์ในแนวตั้ง

### สัญลักษณ์

$P_{GPS}$  คือ ความกดอากาศ ณ จุดติดตั้งงานรับสัญญาณจีพีเอส (hPa)

$\phi$  คือ ละติจูดของจุดติดตั้งงานรับสัญญาณจีพีเอส

$H$  คือ ความสูงทรงรีของจุดติดตั้งงานรับสัญญาณจีพีเอส (km)

$II$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ II

$R_v$  คือ ค่าคงที่จำเพาะของก๊าซของไอน้ำ (461.518 J/kg.K)

$M_v$  คือ น้ำหนักโมเลกุลของไอน้ำ (18.0152 kg/kmol)

$M_d$  คือ น้ำหนักโมเลกุลของก๊าซแห้ง (28.9644 kg/kmol)

$T_m$  คือ อุณหภูมิเฉลี่ย (Kelvin)

$T_s$  คือ อุณหภูมิพื้นผิว (Kelvin)

$$k_1 = 77.60 \pm 0.08 \text{ K/hPa}$$

$$k_2 = 71.98 \pm 10.82 \text{ K/hPa}$$

$$k_3 = 3.754 \pm 0.036 \times 10^5 \text{ K}^2/\text{hPa}$$