



## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

### ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินค่า *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* เพื่อการติดตามภัยแล้ง

Evaluation of *NDVI*, *NDWI* and *NDDI* for Drought Monitoring

นามผู้วิจัย นายทงศักดิ์ สุขศิริ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( รองศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เปี่ยมสง่า, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสวัฒน์กณะสุด, D.Eng. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินค่า *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* เพื่อการติดตามภัยแล้ง

Evaluation of *NDVI*, *NDWI* and *NDDI* for Drought Monitoring

โดย

นายทงศักดิ์ สุขศิริ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทงศักดิ์ สุขศิริ 2558: การประเมินค่า *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* เพื่อการติดตามภัยแล้ง ปริญญาวิศวกรรม  
ศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D. 206 หน้า

ดัชนีภัยแล้งที่วิเคราะห์ได้จากเทคนิคการรับรู้จากระยะไกลสามารถแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และ  
เวลาของสภาพความแห้งแล้งสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้นำข้อมูลผลิตภัณฑ์ MOD09A1-  
V005 ซึ่งเป็นข้อมูลราย 8 วัน ที่ตรวจวัดโดยดาวเทียม MODIS ซึ่งติดตั้งบนดาวเทียม Terra ที่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำปิง  
ตอนบน ในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2553 มาใช้ประเมินค่าของดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* จากนั้นทำการ  
ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งกับความลึกฝน เพื่อใช้คัดเลือกดัชนีที่มีความน่าเชื่อถือมากที่สุดในการ  
ประเมินภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำอื่น ๆ ในประเทศไทยต่อไป ผลการศึกษาพบว่าในลุ่มน้ำปิงตอนบนนั้น ดัชนี *NDWI* มี  
ค่าเฉลี่ยสูงสุดรายเดือนในช่วงกลางฤดูฝนประมาณเดือนกรกฎาคมเท่ากับ 0.012 จากนั้นจะมีแนวโน้มลดลงอย่าง  
ต่อเนื่องจนมีค่าต่ำสุดประมาณ -0.094 ในช่วงปลายฤดูแล้งในเดือนมีนาคม จากนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมีค่าสูงสุดใน  
ช่วงกลางฤดูฝนดังกล่าว สำหรับดัชนี *NDVI* นั้น มีการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกันกับดัชนี *NDWI* เฉพาะในช่วง  
ฤดูแล้ง โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤศจิกายนเท่ากับ 0.768 และต่ำสุดในเดือนมีนาคมเท่ากับ 0.573 แต่ในช่วงฤดูฝน  
ดัชนี *NDVI* ได้รับผลกระทบจากเมฆ จึงทำให้ค่าที่ได้มีแนวโน้มที่ไม่มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเหมือนกับดัชนี *NDWI*  
และไม่สอดคล้องกับความลึกฝนที่เพิ่มขึ้น และสำหรับดัชนี *NDDI* นั้น พบว่า มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคมเท่ากับ  
1.392 และต่ำสุดในเดือนกรกฎาคมเท่ากับ 0.963 โดยมีค่าในทางตรงกันข้ามกับค่าของดัชนี *NDWI* ทั้งในช่วงฤดูฝน  
และฤดูแล้ง ซึ่งถึงแม้ว่าดัชนี *NDDI* จะได้รับผลกระทบจากเมฆเช่นเดียวกันกับดัชนี *NDVI* ในช่วงฤดูฝนก็ตาม แต่จาก  
การคำนวณ พบว่า ค่าของดัชนี *NDWI* มีค่าสูงซึ่งใกล้เคียง 0 ในช่วงฤดูฝนทำให้ไม่มีผลต่อการคำนวณและทำให้ดัชนี  
*NDDI* มีค่าใกล้เคียง 1 จึงสอดคล้องในทางกลับกันกับความลึกฝน จากข้อเท็จจริงดังกล่าว ดังนั้น เมื่อนำค่าของดัชนีภัย  
แล้งเฉลี่ยราย 8 วัน กับความลึกฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี ในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในแต่ละปี ไปหา  
ความสัมพันธ์ของทั้งลุ่มน้ำปิงตอนบน จึงพบว่า ดัชนี *NDWI* มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) สูงสุดคือ 0.75 รองลงมา  
คือดัชนี *NDDI* โดยได้ค่า  $r$  เท่ากับ -0.73 และค่า  $r$  ที่ต่ำสุดประมาณ 0.23 สำหรับดัชนี *NDVI* ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้  
ว่า ดัชนี *NDWI* มีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำมาใช้เพื่อประเมินสภาวะภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำ  
อื่น ๆ ของประเทศไทย ผลการประเมินดัชนี *NDWI* สำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย โดยเลือกใช้ข้อมูลเฉพาะในช่วงปี  
พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553 นั้น พบว่า ลุ่มน้ำที่มีสภาพความชุ่มชื้นสูงสุด 3 ลำดับแรกคือ ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก  
ทะเลสาบสงขลา และชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ สำหรับลุ่มน้ำที่มีสภาพความแห้งแล้งสูงสุด 3 ลำดับแรกคือ ลุ่มน้ำ  
โขง (ภาคอีสาน) ชี และมูล ผลการประเมินค่าของดัชนี *NDWI* มีความสอดคล้องกับสภาพความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นจริง  
ในแต่ละลุ่มน้ำของประเทศ ทำให้สรุปได้ว่าดัชนี *NDWI* เป็นดัชนีภัยแล้งที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เพื่อการ  
ตรวจสอบสภาวะความแห้งแล้งสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Thanongsak Suksiri 2015: Evaluation of *NDVI*, *NDWI* and *NDDI* for Drought Monitoring.

Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering,

Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor

Nutchanart Sriwongsitanon, Ph.D. 206 pages.

Drought index calculated using remote sensing technique can be used to indicate spatial and temporal variation of drought situations within the basin of interest. The 8- day MOD09A1-V005 products sensed by MODIS installed on the Terra satellite covering the Upper Ping River Basin (UPRB) were therefore used to calculate *NDVI*, *NDWI* and *NDDI* in this study. The relationships between these drought indices were later investigated to select the most reliable index for drought monitoring of other river basins in Thailand. The results show that the maximum monthly average *NDWI* within the rainy season of the UPRB is about 0.012 occurring in July and tends to continuously reduce to reach its minimum value around -0.094 at nearly the end of dry season in March, and increases once again to reach its maximum value around the middle of rainy season. The *NDVI* varies in a similar manner as the *NDWI* only within the dry season with the maximum monthly average value in November of around 0.768 and the minimum value in March of approximately 0.572. The *NDVI* value within the wet season was affected by cloud cover and brought about different increasing trend as the *NDWI* value and also uncorrelated to an increasing rainfall depth. The *NDDI* was shown to reach its maximum value in March of about 1.392 and its minimum in July of approximately 0.963, which are opposite to the trend of *NDWI* in both the rainy season and the dry season. Even though the *NDDI* was also affected by cloud cover the same as *NDVI* during the wet season, the calculation results show that *NDWI* has a higher value which is close to zero in the rainy season and causes *NDDI* to be close to one which reversing correlates to the rainfall depth. According to this fact, the correlation between the 8-day average drought indices and the accumulated rainfall depth between April and August was shown to be highest for *NDWI* providing the correlation coefficient ( $r$ ) of around 0.75, follow by the lower  $r$  value of about -0.73 for *NDDI* and the lowest  $r$  value of approximately 0.23 for *NDVI*. Therefore, it can be concluded that *NDWI* is the most reliable drought index among these 3 indices to be used for evaluating drought for other basins in Thailand. The results of *NDWI* for all river basins in Thailand calculated using only the data between 2006 and 2010 have shown to be the highest value at Western South Coast Basin following by Songkla Lake Basin, and Pracheub Kirikhan Basin, respectively. The lowest *NDWI* value found at Eastern Part of Khong Basin following by Chi Basin, and Mun Basin, respectively. The *NDWI* value seems to be corresponded to drought situations really occurring in each basin. It can be concluded that *NDWI* is an appropriate drought index to be effectively used for drought monitoring for Thailand River Basins.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.นภาพร เปี่ยมสง่า กรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาท วิชาความรู้ ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ทุนสนับสนุน งานวิจัยนี้ (โครงการวิจัยรหัส พ-ท(ค)43.56) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการการตรวจสอบภัยแล้ง และการเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับประเทศไทย และขอขอบคุณ คุณสรยุทธภู์ เขียวโพธิ์ภักดิ์ นิสิตปริญญาเอกของภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยให้คำแนะนำและการใช้โปรแกรมประกอบการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณเว็บไซต์ <http://modis.gsfc.nasa.gov/> ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ หรือ นาซา ซึ่งเป็นแหล่งสนับสนุนข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลที่ใช้ประกอบการศึกษาวิจัยนี้

ความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้ ข้าพเจ้าต้องกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้

ทนงศักดิ์ สุขศิริ

กรกฎาคม 2558

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	32
อุปกรณ์	32
วิธีการ	32
ผลและวิจารณ์	44
สรุปและข้อเสนอแนะ	117
สรุป	117
ข้อเสนอแนะ	123
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	124
ภาคผนวก	127
ภาคผนวก ก สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำ ปึงตอนบน	128
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ดัชนี <i>NDVI</i> ในลุ่มน้ำปึงตอนบน ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2552	136
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ดัชนี <i>NDWI</i> ในลุ่มน้ำปึงตอนบน ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2552	153
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ดัชนี <i>NDDI</i> ในลุ่มน้ำปึงตอนบน ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2552	170
ภาคผนวก จ ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้ง ราย 8 วัน กับความลึกฝนสะสม ราย 8 วันและความลึกฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี ระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553	187
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	206

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การแบ่งลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน	6
2 ตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญที่สถานีตรวจอากาศ จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน ระหว่างปี พ.ศ. 2524 ถึง 2553	7
3 ปริมาณฝนรายเดือนและรายปีที่สถานีตรวจอากาศจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำพูน	7
4 รหัสลุ่มน้ำและขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำในแต่ละลุ่มน้ำหลักทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย	12
5 สรุปความลึกฝนเฉลี่ย ความลึกฝนเฉลี่ยสูงสุดและความลึกฝนเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือนและ รายปีของสถานีวัดน้ำฝน โดยจำแนกเป็นรายภาค	17
6 รายละเอียดข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลจากดาวเทียม MODIS ที่ผ่านการประมวลผล เป็นข้อมูลระดับ 2 โดยแสดงเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าการสะท้อนของพื้นผิว อุณหภูมิพื้นผิว และดัชนี <i>NDVI</i>	25
7 ชุดของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (Science Data Sets) สำหรับผลิตภัณฑ์ MOD09A1	26
8 รายละเอียดของสถานะการประกันคุณภาพของข้อมูล (State QA description) (16-bit) โดยบิตที่ 0 หมายถึง บิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB)	28
9 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน	38
10 เปร็อร์เซ็นต์จุดภาพที่มีเมฆปกคลุมเฉลี่ยรายเดือนเปรียบเทียบกับจำนวนจุดภาพทั้งหมด ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน ในช่วง พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553	46
11 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพของลุ่มน้ำปิงตอนบนในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553	52
12 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2544	53
13 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2553	54
14 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยโดยเฉลี่ย (ลำดับเฉลี่ย) ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553	55
15 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพของลุ่มน้ำปิงตอนบนในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553	62

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2544	63
17	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2553	64
18	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยโดยเฉลี่ย (ลำดับเฉลี่ย) ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553	65
19	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับทุกจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553	72
20	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2544	73
21	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2553	74
22	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยโดยเฉลี่ย (ลำดับเฉลี่ย) ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553	75
23	ผลการวิเคราะห์ค่าของดัชนี <i>NDDI</i> จากค่าของดัชนี <i>NDVI</i> และ <i>NDWI</i> สำหรับลุ่มน้ำปึงตอนบน (ค่าเฉลี่ยรายเดือนในช่วง พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553)	79
24	ลำดับสภาพความชุ่มชื้นหรือสภาพความแห้งแล้งของดัชนี <i>NDVI</i> , <i>NDWI</i> และ <i>NDDI</i> ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปึงตอนบน โดยการจัดลำดับจากค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553	80
25	ความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปี พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปึงตอนบนระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553	82
26	ความลึกฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปึงตอนบนแบบรายปีในช่วง พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553	83
27	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ระหว่างดัชนี <i>NDVI</i> กับความลึกฝนสะสมราย 8 วัน ช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2553	87



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
28	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี <i>NDVI</i> กับความถี่ฝนสะสมต่อเนื่องรายปี ช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2553	88
29	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี <i>NDWI</i> และความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน ช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2553	90
30	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี <i>NDWI</i> กับความถี่ฝนสะสมต่อเนื่องรายปี ช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2553	91
31	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี <i>NDDI</i> และความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน ช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2553	94
32	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี <i>NDDI</i> กับความถี่ฝนสะสมต่อเนื่องรายปี ช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2553	95
33	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549	104
34	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2550	106
35	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2551	108
36	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552	110
37	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553	112
38	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำลุ่มน้ำ ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553	114
39	ลำดับสภาพความชุ่มชื้นของดัชนี <i>NDWI</i> ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทย โดยการจัดลำดับจากค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553	116

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
40	สภาพความชุ่มชื้นหรือความแห้งแล้งของดัชนี <i>NDVI</i> , <i>NDWI</i> และ <i>NDDI</i> ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน 3 ลำดับแรก โดยใช้ค่าเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553	119
41	สภาพความชุ่มชื้นหรือความแห้งแล้งของดัชนี <i>NDWI</i> ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 26 ลุ่มน้ำของประเทศไทย 3 ลำดับแรก โดยแยกฤดูแล้ง ฤดูฝน และเฉลี่ยรายปีจากค่าเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553	122
<b>ตารางผนวกที่</b>		
ข1	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2545	145
ข2	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2546	146
ข3	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2547	147
ข4	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2548	148
ข5	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2549	149
ข6	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2550	150
ข7	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2551	151
ข8	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2552	152

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ค1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2545	162
ค2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2546	163
ค3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2547	164
ค4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2548	164
ค5 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2549	166
ค6 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2550	167
ค7 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2551	168
ค8 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2552	169
ง1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2545	179
ง2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2546	180
ง3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2547	181
ง4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2548	182
ง5 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2549	183

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง6 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2550	184
ง7 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2551	185
ง8 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในปี พ.ศ. 2552	186

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1	8
2	11
3	14
4	16
5	20
6	22
7	31
8.	34
9	36
10	37
11	50
12	51
13	56
14	60
15	61
16	66

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2544	70
18	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2553	71
19	ค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด ของดัชนี <i>NDDI</i> ของกลุ่มน้ำปิงตอนบนในระหว่าง พ.ศ. 2544 ถึงพ.ศ. 2553	76
20	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> , <i>NDWI</i> และ <i>NDDI</i> ของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ในระหว่าง พ.ศ. 2544 ถึงพ.ศ. 2553	78
21	ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี <i>NDVI</i> ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2553	86
22	ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี <i>NDVI</i> ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2553	86
23	ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี <i>NDWI</i> ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2553	89
24	ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี <i>NDWI</i> ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2553	89
25	ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี <i>NDDI</i> ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2553	93
26	ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี <i>NDDI</i> ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2553	93
27	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549	99
28	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2550	100
29	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2550	101

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
30	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552	102
31	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553	103
<b>ภาพผนวกที่</b>		
ก1	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่แตง	129
ก2	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยปึงส่วนที่ 1	129
ก3	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่จัด	130
ก4	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน	130
ก5	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปาน	131
ก6	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ริม	131
ก7	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปึงส่วนที่ 2	132
ก8	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่กวง	132
ก9	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนล่าง	133
ก10	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ต๋น	133
ก11	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่กลาง	134
ก12	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปึงส่วนที่ 3	134
ก13	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่หาด	135
ก14	สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ลี่	135
ข1	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2545	137
ข2	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2546	138

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2547	139
ข4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2548	140
ข5 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2549	141
ข6 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2550	142
ข7 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2551	143
ข8 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDVI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2552	144
ค1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2545	154
ค2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2546	155
ค3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2547	156
ค4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2548	157
ค5 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2549	158
ค6 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2550	159
ค7 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2551	160



## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ค8 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDWI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2552	161
ง1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2545	171
ง2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2546	172
ง3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2547	173
ง4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2548	174
ง5 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2549	175
ง6 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2550	176
ง7 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2551	177
ง8 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี <i>NDDI</i> สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2552	178
จ1 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี <i>NDVI</i> ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน	188
จ2 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี <i>NDVI</i> ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี	191
จ3 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี <i>NDWI</i> ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน	194
จ4 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี <i>NDWI</i> ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี	197
จ5 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี <i>NDDI</i> ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน	200

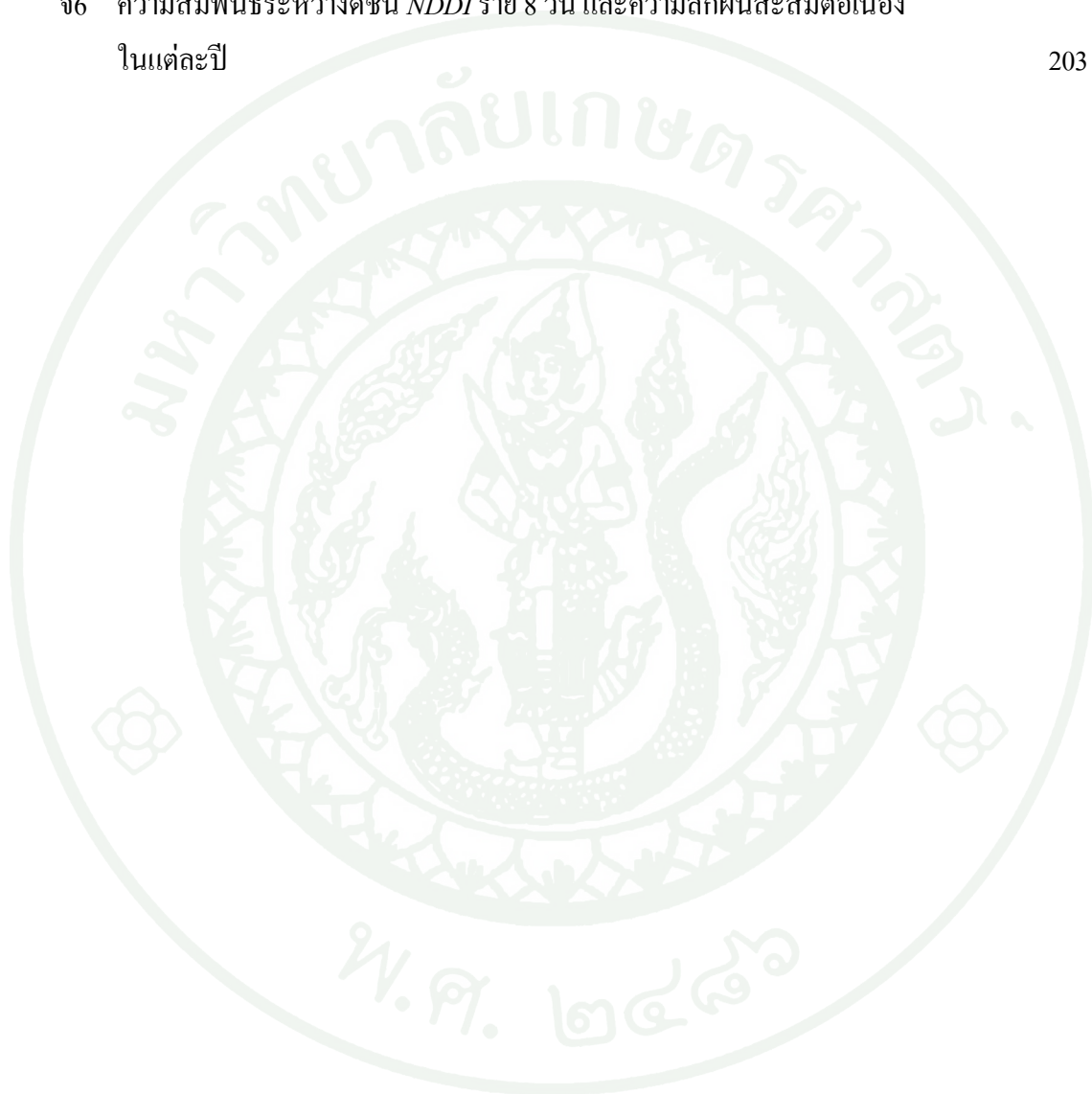
## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

หน้า

- จ6 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDDI* ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมต่อเนื่อง  
ในแต่ละปี

203



## การประเมินค่า *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* เพื่อการติดตามภัยแล้ง

### Evaluation of *NDVI*, *NDWI* and *NDDI* for Drought Monitoring

#### คำนำ

ภัยแล้ง (drought) เป็นภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากสภาพของฝนมีปริมาณต่ำกว่าค่าปกติที่เคยเกิดขึ้น และเมื่อภาวะดังกล่าวเกิดต่อเนื่องเป็นระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงของฤดูกาล อาจเป็นผลให้เกิดภาวะการขาดแคลนน้ำที่จะสามารถตอบสนองความต้องการน้ำสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ รวมทั้งความต้องการน้ำเพื่อรักษาสภาพสิ่งแวดล้อม Mishra et al. (2010) ได้กล่าวสรุปว่า ภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่ได้รับความสนใจของนักสิ่งแวดล้อม นักนิเวศวิทยา นักอุทกวิทยา นักธรณีวิทยา และนักวิทยาศาสตร์ด้านการเกษตร ภัยแล้งเกิดขึ้นในเกือบทุกสภาพภูมิอากาศทั้งในภูมิภาคที่มีปริมาณฝนน้อยไปจนถึงฝนมาก และโดยส่วนใหญ่แล้วเกิดขึ้นเมื่อเกิดการลดลงของปริมาณน้ำจากฟ้าในช่วงเวลานานเป็นปีหรือเป็นฤดูกาล โดยภัยแล้งมีส่วนเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ สภาพลมแรง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เวลาและลักษณะเฉพาะของฝน รวมทั้งการกระจายตัวของวันที่ฝนตกในระหว่างฤดูการเพาะปลูก ความชื้นและช่วงเวลาฝนตก

ภัยแล้งสามารถตรวจสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ดัชนีต่าง ๆ อาทิเช่น ดัชนีความรุนแรงของภัยแล้งของพาลเมอร์ (Palmer Drought Severity Index, PDSI) (Palmer, 1965) หรือดัชนีฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index, SPI) (Makee et al, 1993, 1995) ซึ่งเป็นดัชนีที่คำนวณจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่สถานีตรวจอากาศภาคพื้นดิน แต่เนื่องจากในบางพื้นที่มีข้อมูลตรวจวัดอยู่อย่างจำกัด ย่อมส่งผลให้การประเมินค่าดัชนีภัยแล้งเพื่อใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษาเกิดความผิดพลาด และสร้างความไม่แน่นอนให้กับผลการประเมินค่า ด้วยเหตุนี้การประยุกต์ใช้การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) ซึ่งมีความสามารถที่จะนำมาใช้เพื่อหาลักษณะเฉพาะทางอุตุนิยมวิทยาหรือลักษณะเฉพาะทางชีวกายภาพของพื้นผิวโลกได้ จึงได้รับความสนใจอย่างมากในการตรวจสอบภัยแล้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในพื้นที่ที่ข้อมูลจากการตรวจวัดมีอยู่อย่างจำกัดย่อมทำให้วิธีการรับรู้จากระยะไกลเป็นเพียงวิธีการเดียวที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ สำหรับในพื้นที่ที่มีการเก็บข้อมูลภูมิอากาศภาคสนาม ก็สามารถนำข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลมาใช้ประกอบการประเมินดัชนีภัยแล้งได้ (นุชนารถ, 2556)

ในจำนวนดัชนีภัยแล้งที่คำนวณได้จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลนั้น ดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) เป็นดัชนีที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดในการตรวจสอบภัยแล้ง (Gao and B.-C., 1995) ดัชนี NDVI มีประสิทธิภาพสูงในการติดตามความแห้งแล้งทั้งในช่วงเวลาที่เกิดความรุนแรง ตลอดจนผลกระทบต่อพืชพรรณ (Kogan, 1995) ดัชนี NDVI ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการตรวจสอบและการประเมินภัยแล้ง ในหลายประเทศทั่วโลกในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา (Yang et al., 1998; McVicar and Bierwirth, 2001; Ji and Peters, 2003; Wan et al., 2004)

นอกจากดัชนี NDVI แล้ว ดัชนี NDWI ซึ่งเสนอโดย Bo-Cai Gao (1996) เป็นดัชนีที่ใช้เพื่อติดตามตรวจสอบสภาพความชื้นในพืชพรรณ ซึ่งคำนวณได้โดยใช้ข้อมูลคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) และข้อมูลคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR) สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินสภาพภัยแล้งได้เช่นกัน โดยดัชนีนี้มีรูปแบบของความสัมพันธ์คือ  $(\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}) / (\rho_{NIR} + \rho_{SWIR})$  โดยที่  $\rho$  คือ ค่าการสะท้อนกลับเชิงสเปกตรัม ทั้งนี้ดัชนี NDWI มีจุดเด่นคือ สามารถใช้ในการประเมินความชุ่มชื้นที่อยู่ในใบของพืชพรรณ ทั้งนี้การศึกษาของ Gu et al. (2007) พบว่า ดัชนี NDWI มีความสามารถในการตอบสนองต่อภัยแล้งได้ดีกว่าดัชนี NDVI และนอกจากดัชนี NDVI และ NDWI ดังกล่าวข้างต้น Gu et al. (2007) ได้เสนอดัชนี NDDI ซึ่งเป็นดัชนีที่ได้มาจากความสัมพันธ์ดังนี้คือ  $(NDVI - NDWI) / (NDVI + NDWI)$  ซึ่งเป็นดัชนีที่สามารถตอบสนองต่อความรุนแรงของภัยแล้งได้ดีกว่าดัชนี NDWI และดัชนี NDVI

ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมินค่าดัชนี NDVI, NDWI และ NDDI เพื่อการตรวจสอบสภาพภัยแล้ง โดยทำการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลที่มีอยู่ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 จากนั้นจึงนำผลการประเมินสภาพภัยแล้งที่คำนวณได้โดยดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี มาเปรียบเทียบกันรวมทั้งนำมาเปรียบเทียบกับความลึกฝนสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยมีสมมุติฐานว่า ดัชนีใดมีความสัมพันธ์ที่ดีกับความลึกฝนมากกว่าดัชนีอื่น ก็มีแนวโน้มว่าดัชนีนั้นน่าจะมีความน่าเชื่อถือในการนำมาใช้เพื่อติดตามภัยแล้งได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากกว่าดัชนีอื่น ต่อจากนั้นจะนำดัชนีนั้นมาใช้ในการประเมินสภาพภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทยต่อไป ทั้งนี้จะมีการสรุปสภาพภัยแล้งสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ในลักษณะภาพรวมเท่านั้น

## วัตถุประสงค์

การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* เพื่อการตรวจสอบภัยแล้ง มีวัตถุประสงค์ในการศึกษา ดังนี้

1. เพื่อประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* เพื่อการตรวจสอบสภาพภัยแล้งสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน
2. เพื่อการเปรียบเทียบผลการประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI*
3. เพื่อการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* กับความลึกฝนสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน เพื่อคัดเลือกค่าดัชนีใดมีความเหมาะสมในการใช้ติดตามสภาพภัยแล้งสำหรับการประเมินภัยแล้งสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทยต่อไป
4. เพื่อนำดัชนีภัยแล้งที่ได้รับการคัดเลือกในข้อ 3 มาใช้เพื่อการประเมินสภาพภัยแล้งสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทย

## ขอบเขตการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษาเพื่อการศึกษาในรายละเอียดคือ พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยจะประเมินดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลจากดาวเทียม Terra MODIS โดยเลือกใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ MOD09A1-V005 ซึ่งเป็นข้อมูลราย 8 วัน ที่มีความละเอียดจุดภาพ 500 เมตร ในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 จากนั้นจะสรุปผลการประเมินดัชนีเหล่านี้ โดยการเฉลี่ยแบบรายเดือนสำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน ต่อจากนั้นจึงนำผลการประเมินดัชนีภัยแล้งดังกล่าวมาเปรียบเทียบผลในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน

2. การวิเคราะห์ดัชนีภัยแล้งเปรียบเทียบกับความลึกฝนเฉลี่ยสะสม 8 วันที่ตรงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยจะวิเคราะห์เฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนซึ่งเป็นพื้นที่ตัวอย่างที่เลือกมาศึกษาในรายละเอียด โดยข้อมูลฝนที่ใช้จะเลือกข้อมูลจากสถานีน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนและพื้นที่ข้างเคียงของลุ่มน้ำ และพิจารณาเลือกใช้ข้อมูลน้ำฝนรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 จากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพของแต่ละดัชนี ว่าดัชนีใดมีความสัมพันธ์กับความลึกฝนมากที่สุด เพื่อนำดัชนีดังกล่าวไปใช้เพื่อการประเมินสภาพภัยแล้งของลุ่มน้ำอื่น ๆ ในประเทศไทย

3. การนำดัชนีภัยแล้งที่ได้รับการคัดเลือกว่ามีความสัมพันธ์กับความลึกฝนสะสมมากที่สุดมาใช้ประเมินสภาพภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำอื่น ๆ ในประเทศไทยนั้น จะทำการวิเคราะห์ลักษณะโดยรวมของแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ทั้งนี้จะไม่มีการวิเคราะห์ลงลึกในรายละเอียดของผลลัพธ์ที่ได้ในลักษณะของลุ่มน้ำย่อย

## การตรวจเอกสาร

### 1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาของงานวิจัยคือ พื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทย โดยการประเมินประสิทธิภาพของดัชนีนั้นได้เลือกพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนมาใช้ในการศึกษา โดยรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพทั่วไปและสภาพทางอุทกนิยมนิเวศวิทยาและอุทกวิทยาที่สำคัญของกลุ่มน้ำปิงตอนบนและของประเทศไทย สรุปได้ดังนี้

#### 1.1 พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

##### 1.1.1 สภาพทั่วไป

ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีพื้นที่รับน้ำเหนือเขื่อนภูมิพลประมาณ 25,370 ตารางกิโลเมตร ในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูด 17 องศา 14 ลิปดา 30 ฟลิปดา ถึง 19 องศา 47 ลิปดา 52 ฟลิปดา เหนือ และระหว่างเส้นลองจิจูด 98 องศา 4 ลิปดา 30 ฟลิปดา ถึง 99 องศา 22 ลิปดา 30 ฟลิปดา ตะวันออก ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีสภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อนปกคลุมด้วยป่าไม้ ลำน้ำในช่วงที่ไหลผ่านอำเภอเชียงดาวอยู่ที่ระดับความสูงประมาณ 500 ถึง 1,300 ม. รทก. ความลาดชันท้องน้ำประมาณ 1:40 ลำน้ำช่วงที่ผ่านหุบเขาตอนบนในเขตอำเภอแม่แตง มีระดับความสูงประมาณ 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 ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีลุ่มน้ำย่อยจำนวน 14 ลุ่มน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำปิงส่วนที่ 1 แม่จัด แม่แตง แม่น้ำปิงส่วนที่ 2 แมริม แม่กวง แม่งาน แม่ลี แม่กลาง แม่น้ำปิงส่วนที่ 3 แม่แจ่มตอนบน แม่แจ่มตอนล่าง แม่หาด และแม่ตื่น โดยพื้นที่ลุ่มน้ำและการแบ่งลุ่มน้ำย่อยแสดงดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปึงตอนบน

ลำดับที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)
1	แม่น้ำปึงส่วนที่ 1	1,972.33
2	น้ำแม่จัด	1,282.39
3	น้ำแม่แดง	1,955.63
4	แม่น้ำปึงส่วนที่ 2	1,723.15
5	น้ำแม่ริม	565.45
6	น้ำแม่กวง	2,680.05
7	น้ำแม่งาน	1,731.68
8	น้ำแม่ลี	2,079.86
9	น้ำแม่กลาง	615.84
10	แม่น้ำปึงส่วนที่ 3	3,179.72
11	น้ำแม่แจ่มตอนบน	1,965.24
12	น้ำแม่แจ่มตอนล่าง	1,930.26
13	น้ำแม่หาด	520.76
14	น้ำแม่ตื่น	3,167.27
	ลุ่มน้ำปึงตอนบน	25,369.63

ที่มา: นุชนารอด และคณะ (2555)

### 1.1.2 สภาพอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

#### ก. สภาพภูมิอากาศ

ลุ่มน้ำปึงตอนบน มีสภาพภูมิอากาศทั่วไปอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชันจากทะเลจีนใต้ ซึ่งเป็นเหตุให้ฝนตกชุกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม (ดูภาพที่ 3) ลุ่มน้ำปึงตอนบนมีพื้นที่ครอบคลุม 2 จังหวัด คือ จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน ดังนั้น จึงได้สรุปตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญที่สถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน ดังในตารางที่ 2 โดยมีช่วงเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2524 ถึง 2553



**ตารางที่ 2** ตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญที่สถานีตรวจอากาศ จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน ระหว่างปี พ.ศ. 2524 ถึง 2553

ตัวแปรด้านภูมิอากาศ	สถานีเชียงใหม่		สถานีลำพูน	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วงพิสัยค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ช่วงพิสัยค่าเฉลี่ยราย
	รายปี	รายเดือน	รายปี	เดือน
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	25.8	21.4-29.3	26.2	21.3-30.1
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	70.9	52.0-81.0	72.2	54.0-83.0
ความชื้นของเมฆ (0-10)	4.8	2.0-8.0	4.8	1.0-8.0
ความเร็วลม (น็อต)	2.5	1.5-3.5	1.0	0.4-1.7
ปริมาณการระเหยจากภาค (มม.)	1,608.0	96.0-185.0	1,694.0	95.0-213.0

**ที่มา:** นุชนารถ และคณะ (2555)

#### ข. ปริมาณฝน

นุชนารถ และคณะ (2555) ได้ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนซึ่งตั้งอยู่ในลุ่มน้ำปิงตอนบน ตั้งแต่ปีที่มีการตรวจวัดจนถึงปี พ.ศ. 2552 จำนวน 68 สถานี โดยเป็นสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน 22 สถานี กรมอุตุนิยมวิทยา 38 สถานี และหน่วยงานอื่น 8 สถานี โดยปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำพูน สามารถสรุปได้ดังในตารางที่ 3 โดยพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,100 มิลลิเมตร โดยปริมาณฝนส่วนใหญ่ประมาณ 88% เกิดขึ้นในฤดูฝนในระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และมีเพียง 12% เกิดขึ้นในฤดูแล้ง เป็นผลให้เกิดสภาพความแห้งแล้งในบางช่วงเวลาโดยเฉพาะช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน

**ตารางที่ 3** ปริมาณฝนรายเดือนและรายปีที่สถานีตรวจอากาศจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำพูน

หน่วย : มิลลิเมตร

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	44.1	161.2	142.4	164.8	219.8	211.2	120.0	41.8	13.5	9.1	4.5	12.1	1,144
ลำพูน	48.2	158.7	113.5	116.0	166.9	191.7	121.5	44.2	8.0	4.6	4.8	15.2	993

**ที่มา:** นุชนารถ และคณะ (2555)



## 1.2 พื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทย

### 1.2.1 สภาพทั่วไป

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างละติจูด 6 องศา ถึง 19 องศา 30 ลิปดา เหนือ และระหว่างลองจิจูด 97 องศา 30 ลิปดาถึง 105 องศา ตะวันออก ประเทศไทยมีพื้นที่โดยประมาณ 513,000 ตารางกิโลเมตร และปกคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ทางด้านตะวันตกของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศไทยประกอบด้วยกลุ่มเทือกเขาในบริเวณภาคตะวันตกและภาคเหนือ และมีที่ราบสูงโคราชอยู่ทางด้านทิศตะวันออกและแอ่งที่ราบเจ้าพระยาในบริเวณภาคกลางซึ่งอยู่เหนืออ่าวไทยกับแหลมทางภาคใต้

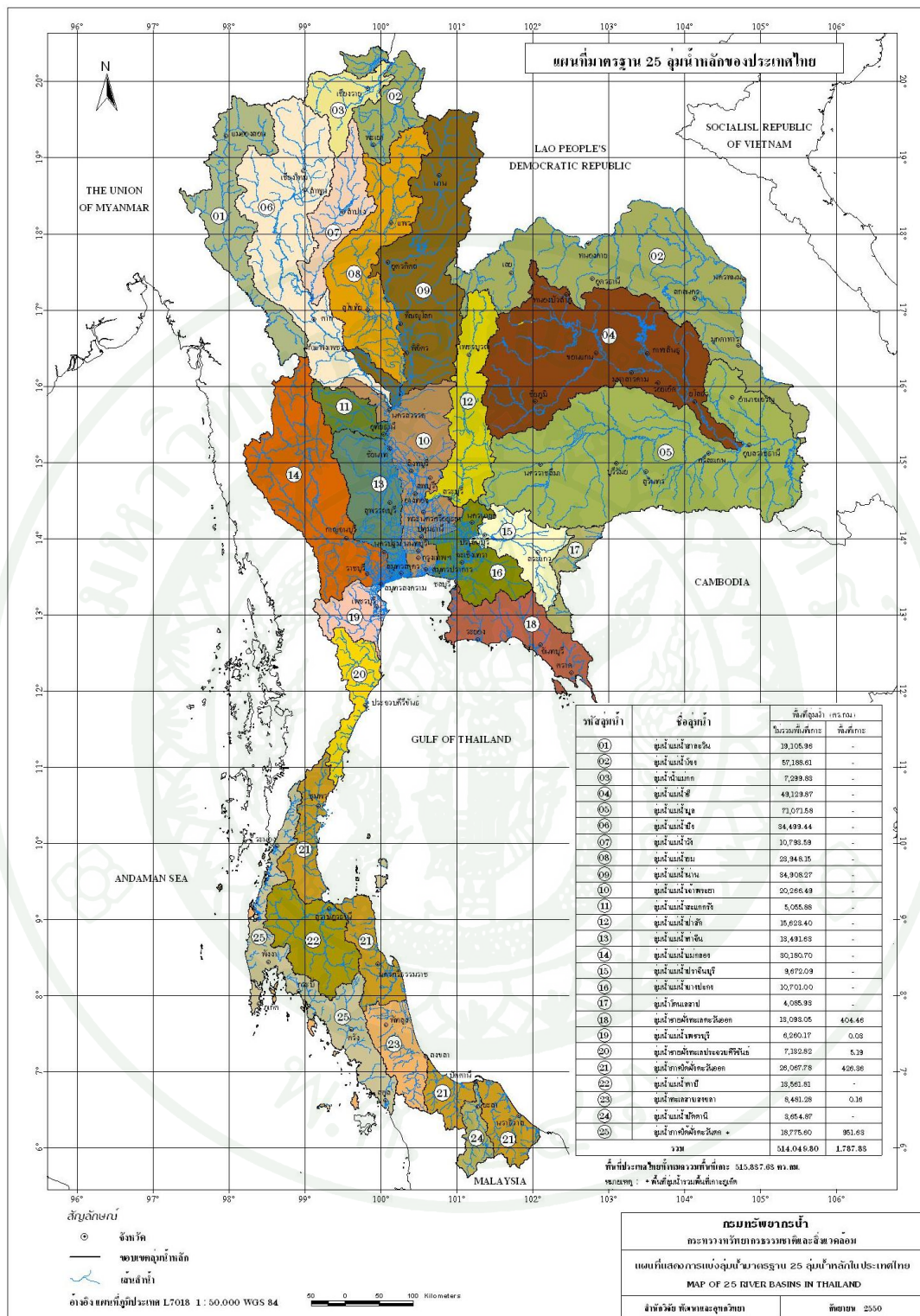
ส่วนที่เป็นทิวเขาในประเทศไทยนั้น เป็นส่วนที่ต่อเนื่องมาจากทางตอนใต้ของเทือกเขาที่วางตัวในแนวเหนือใต้คลุมพื้นที่ประเทศพม่า ด้านตะวันตกของประเทศไทยและประเทศมาเลเซีย ส่วนที่เบี่ยงเบนไปทางตะวันออกของที่ราบภาคกลางประเทศไทยนั้น ความสูงของทิวเขาดังกล่าวลดระดับไปทางใต้ เปลี่ยนเป็นที่ราบที่มีระดับใกล้เคียงกับระดับน้ำทะเลในบริเวณกรุงเทพมหานคร และมีการยกตัวสูงขึ้นเป็นทิวเขาไม่สูงมากบริเวณชายแดนตะวันออกระหว่างประเทศไทยกับตอนใต้ของกัมพูชา ส่วนที่เป็นที่ราบสูงโคราชนั้นมีลักษณะเป็นแอ่งที่ราบสูงที่กว้างใหญ่อยู่ทางด้านตะวันออกของทิวเขา ความสูงและการวางตัวของทิวเขาเกิดจากอิทธิพลการแทรกดันตัวของหินอัคนี

ภูมิประเทศของไทยแบ่งออกได้เป็น 6 เขตใหญ่ ๆ คือ (1) เขตภูเขาและหุบเขาภาคเหนือ (2) เขตที่ราบลุ่มภาคกลาง (3) เขตที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (4) เขตชายฝั่งตะวันออก (5) เขตเทือกเขาและหุบเขาภาคตะวันตก และ (6) เขตคาบสมุทรภาคใต้

### 1.2.2 การแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำ

ประเทศไทยมีการแบ่งลุ่มน้ำออกเป็น 25 ลุ่มน้ำหลัก และ 254 ลุ่มน้ำสาขา โดยคณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติตั้งแต่ปี พ.ศ.2506 จนครั้งล่าสุดเมื่อ พ.ศ.2536 ขนาดมาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7017 อ้างอิงหมุดหลักฐาน Indian1975 ต่อมาในปี พ.ศ. 2550 สำนักวิจัยพัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ ได้ดำเนินการทบทวนขอบเขตลุ่มน้ำใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำ

มาตรฐานการแบ่งลุ่มน้ำหลักและลุ่มน้ำสาขาของประเทศไทยให้มีมาตรฐานสากลและเป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศ สำหรับมาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 อ้างอิงหมุดหลักฐาน WGS84 UTM Zone47N โดยยึดถือหลักเกณฑ์การแบ่งและจำนวนลุ่มน้ำเดิมตามมาตรฐาน 25 ลุ่มน้ำหลัก และ 254 ลุ่มน้ำสาขา ของคณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ โดยได้ทำการตรวจวัดพื้นที่ในระบบ GIS ทำให้ได้พื้นที่รวมทั้งประเทศเท่ากับ 514,050 ตารางกิโลเมตร (เมื่อรวมพื้นที่เกาะคิดเป็นพื้นที่ทั้งสิ้น 515,837 ตารางกิโลเมตร) โดยผลการศึกษาดังกล่าวได้ผ่านกระบวนการการมีส่วนร่วมในการตรวจสอบพิจารณา เสนอแนะและยอมรับทางวิชาการจากนักวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ตลอดจนผ่านการประชุมพิจารณาของคณะอนุกรรมด้านอุทกวิทยา ซึ่งลงความเห็นให้เป็นมาตรฐานการแบ่งลุ่มน้ำหลักและลุ่มน้ำสาขาของประเทศไทยใหม่ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จะยึดขอบเขตและรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ได้รับการยอมรับครั้งล่าสุดนี้เป็นข้อมูลอ้างอิงโดยการแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำหลักทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย แสดงดังในภาพที่ 2 และได้สรุปพื้นที่ในแต่ละลุ่มน้ำดังในตารางที่ 4



ภาพที่ 2 การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำหลักตามแผนที่มาตรฐาน 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย

ที่มา: สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ (2550)

ตารางที่ 4 รหัสลุ่มน้ำและขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำในแต่ละลุ่มน้ำหลักทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย

รหัสลุ่มน้ำหลัก	ชื่อลุ่มน้ำหลัก	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)
01	แม่น้ำสาละวิน	19,105.94
02	แม่น้ำโขง	57,188.60
03	แม่น้ำกก	7,299.83
04	แม่น้ำชี	49,129.87
05	แม่น้ำมูล	71,071.57
06	แม่น้ำปิง	34,499.39
07	แม่น้ำวัง	10,793.57
08	แม่น้ำยม	23,948.15
09	แม่น้ำน่าน	34,908.11
10	แม่น้ำเจ้าพระยา	20,266.49
11	แม่น้ำสะแกกรัง	5,055.88
12	แม่น้ำป่าสัก	15,623.36
13	แม่น้ำท่าจีน	13,491.63
14	แม่น้ำแม่กลอง	30,180.71
15	แม่น้ำปราจีนบุรี	9,672.10
16	แม่น้ำบางปะกง	10,700.71
17	โตนเลสาป	4,085.93
18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	13,093.05
19	แม่น้ำเพชรบุรี	6,260.17
20	ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	7,132.81
21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	26,067.89
22	แม่น้ำตาปี	13,561.81
23	ทะเลสาบสงขลา	8,481.28
24	แม่น้ำปัตตานี	3,654.87
25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	18,775.60
	รวม	514,049.33

หมายเหตุ: สรุปข้อมูลดิจิทัลในรูปแบบ shapefile จากสำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ (2550)

### 1.2.3 สภาพอุณหภูมิมหาสมุทรและอุตุนิยมวิทยา

#### ก. สภาพภูมิอากาศ

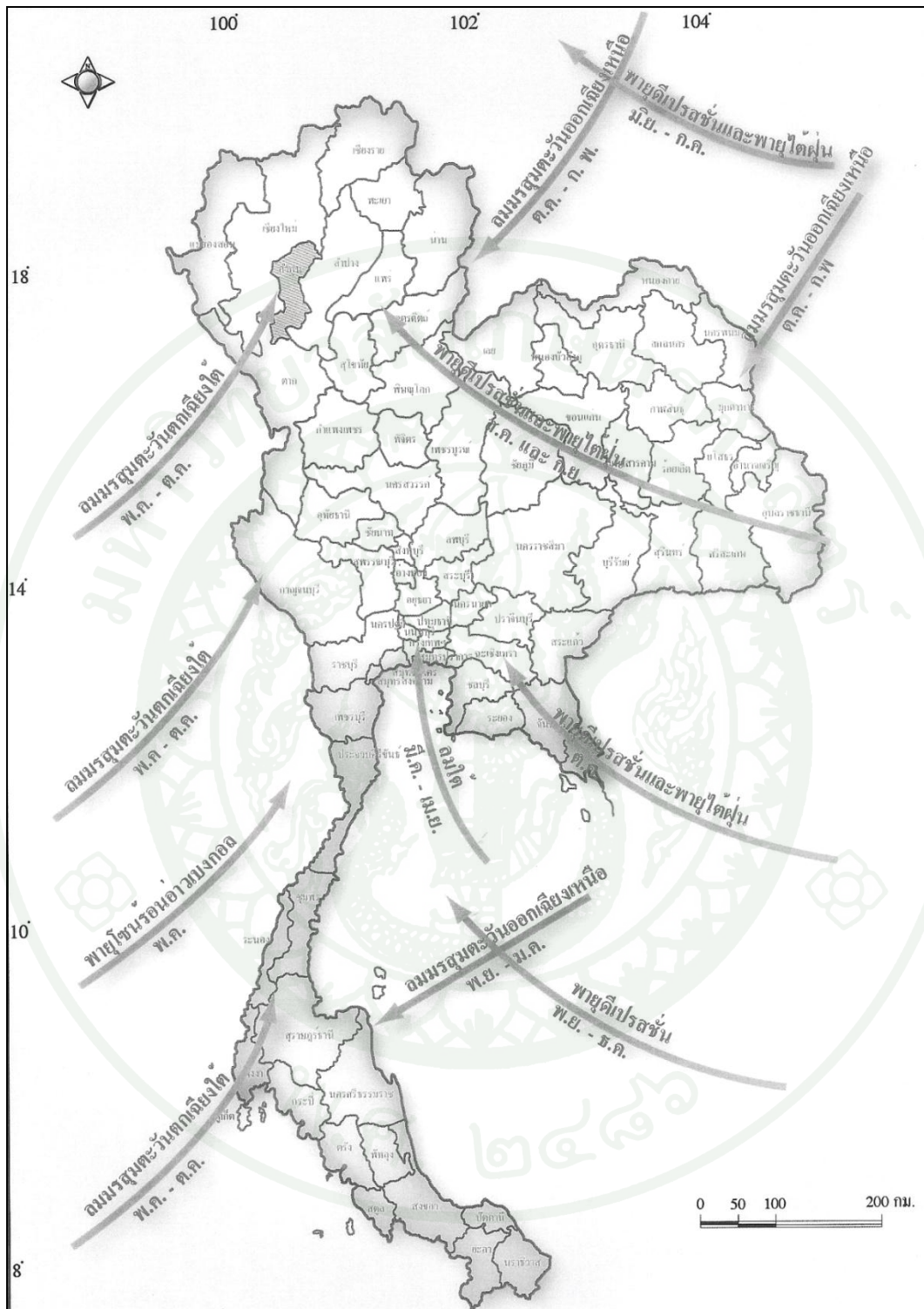
จากการแบ่งเขตภูมิอากาศของโลกแบบ Koeppeen สำหรับประเทศไทย พบว่าเดือนที่หนาวที่สุดของประเทศไทยนั้น ไม่มีเดือนไหนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส และเนื่องจากมีการกระจายของความลึกฝนที่แตกต่างกันไป จึงสามารถแบ่งเขตภูมิอากาศของประเทศไทยตามแบบ Koeppeen ออกได้ 3 เขต คือ

1) เขตภูมิอากาศแบบป่าร้อนชื้น (Tropical Rain Forest Climate: Af) โดยภูมิอากาศแบบนี้ไม่มีเดือนใดเลยที่ความลึกฝนต่ำกว่า 62 มิลลิเมตร จึงมีความชุ่มชื้นและฝนตกตลอดปี โดยภูมิอากาศดังกล่าวพบใน 4 จังหวัด คือ นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส

2) เขตภูมิอากาศแบบมรสุมร้อน (Tropical Monsoon Climate: Am) ซึ่งเป็นภูมิอากาศที่มีฤดูแล้งสั้น ๆ แทรกอยู่อย่างน้อย 1 เดือน ที่มีความลึกฝนต่ำกว่า 62 มิลลิเมตร โดยภูมิอากาศดังกล่าวพบมากในบริเวณภาคใต้ และเขตภูเขาที่รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดมาปะทะภูเขา

3) เขตภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (Tropical Savanna Climate: Aw) ซึ่งเริ่มจากบริเวณหัวหินขึ้นมาจนถึงภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางส่วนของภาคตะวันออก โดยบริเวณดังกล่าวจะมีฤดูฝนสลับกับฤดูแล้งอย่างละ 6 เดือน

สภาพอากาศของประเทศไทยทั่วไปอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชันซึ่งมาจากทะเลจีนใต้ ทำให้มีฝนตกชุกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยทิศทางของลมมรสุม พายุไต้ฝุ่น และตำแหน่งของร่องความกดอากาศในประเทศไทย แสดงดังในภาพที่ 3



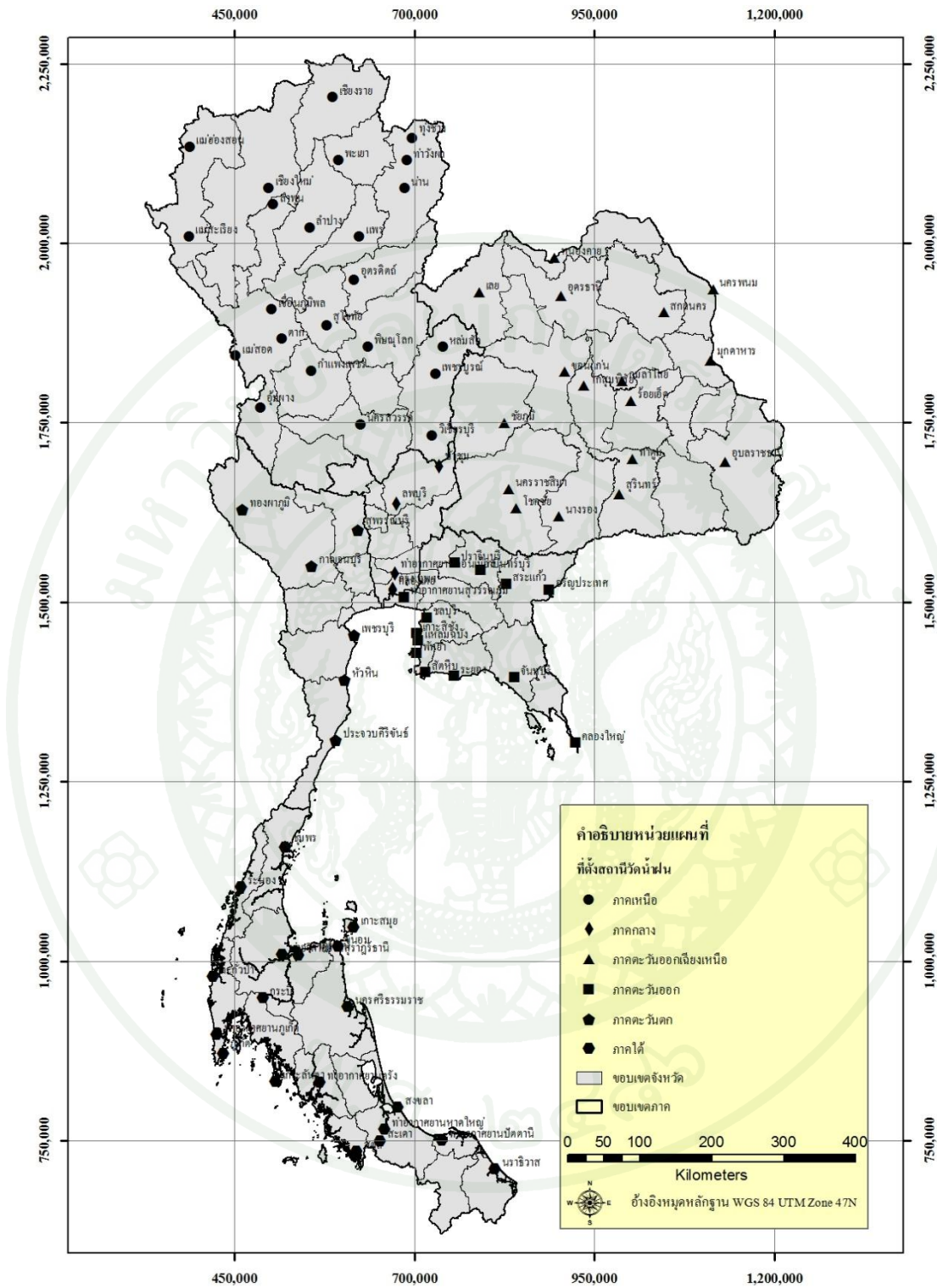
ภาพที่ 3 ทิศทางของลมมรสุม พายุไต้ฝุ่น และตำแหน่งของร่องความกดอากาศ

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2546)



## ข. ปริมาณฝน

ข้อมูลความลึกฝนจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาประจำจังหวัด และสถานีตรวจอากาศที่สำคัญบางสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นข้อมูลในระหว่างปี พ.ศ. 2529 จนถึงปี พ.ศ. 2548 ซึ่งมีสถานีตรวจอากาศจำนวน 85 สถานี ทั่วประเทศ โดยแบ่งออกเป็น 6 ภูมิภาค คือ ภาคเหนือจำนวน 17 จังหวัด ซึ่งมีจำนวนสถานี 23 สถานี ภาคกลางจำนวน 9 จังหวัด ซึ่งมีจำนวนสถานี 5 สถานี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 20 จังหวัด ซึ่งมีจำนวนสถานี 17 สถานี ภาคตะวันออกจำนวน 9 จังหวัด ซึ่งมีจำนวนสถานี 13 สถานี ภาคตะวันตกจำนวน 8 จังหวัด ซึ่งมีจำนวนสถานี 6 สถานี และภาคใต้จำนวน 14 จังหวัด ซึ่งมีจำนวนสถานี 21 สถานี นอกจากนั้นแล้ว ยังได้แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศเหล่านี้ลงในแผนที่ประเทศไทยที่แสดงการแบ่งภูมิภาคตามเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น เพื่อแสดงการกระจายของที่ตั้งของสถานีทุกสถานี ดังแสดงในภาพที่ 4 สำหรับข้อมูลโดยสรุปนั้น ได้ทำการสรุปเป็นความลึกฝนเฉลี่ย ความลึกฝนเฉลี่ยสูงสุด และความลึกฝนเฉลี่ยต่ำสุด แบบรายเดือนและรายปี ของสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละภาค ดังในตารางที่ 5 จากตารางดังกล่าวสรุปได้ว่า ในภาพรวมของประเทศไทยนั้น มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 1,586 มิลลิเมตร โดยเดือนที่มีปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกันยายนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 250 มิลลิเมตร รองลงมาคือในเดือนสิงหาคมมีค่าเฉลี่ยประมาณ 235 มิลลิเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยในเดือนกันยายน นอกจากนั้นแล้ว เมื่อพิจารณาสถานีที่มีความลึกฝนรายปีเฉลี่ยสูงสุด พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 4,780 มิลลิเมตร ซึ่งตรวจวัดได้ที่อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด ส่วนสถานีที่มีความลึกฝนรายปีเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ ที่สถานีลำพูน โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 984 มิลลิเมตร รองลงมาคือที่สถานีเพชรบุรี โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 990 มิลลิเมตร (นุชนารถ, 2556)



ภาพที่ 4 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาประจำจังหวัด

ที่มา: นุชนารอด (2556)

ตารางที่ 5 สรุปความลึกฝนเฉลี่ย ความลึกฝนเฉลี่ยสูงสุดและความลึกฝนเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำฝนโดยจำแนกเป็นรายภาค

(หน่วย: มิลลิเมตร)

ภูมิภาค	ค่า	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
ภาคเหนือ	ค่าเฉลี่ย	69.0	175.3	157.1	171.8	221.0	221.3	112.0	31.6	9.7	4.9	12.9	34.5	1,223.0
	ค่าสูงสุด	107.6	223.0	254.8	334.2	342.5	277.7	228.9	54.1	21.5	11.9	29.3	63.5	1,649.0
	ค่าต่ำสุด	35.6	143.2	93.6	69.2	113.2	164.8	43.5	14.6	4.4	0.9	6.1	17.7	983.5
ภาคกลาง	ค่าเฉลี่ย	81.4	191.4	138.4	144.1	181.0	292.8	197.6	42.9	7.3	10.8	17.6	45.4	1,356.7
	ค่าสูงสุด	95.1	240.6	162.3	168.9	216.2	339.8	280.9	55.3	13.4	18.1	35.9	58.7	1,647.9
	ค่าต่ำสุด	75.5	142.3	107.8	115.4	155.0	242.6	99.9	29.7	3.1	6.5	5.6	36.6	1,073.4
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ค่าเฉลี่ย	80.6	193.9	213.6	212.8	263.1	241.5	100.0	20.9	4.6	3.6	20.7	45.6	1,405.0
	ค่าสูงสุด	99.3	268.3	416.5	506.0	562.5	330.0	137.7	41.8	8.6	6.9	36.9	62.3	2,375.4
	ค่าต่ำสุด	64.8	151.0	112.2	109.3	159.3	197.6	49.9	9.5	0.7	0.9	7.8	24.7	1,037.9
ภาคตะวันออก	ค่าเฉลี่ย	85.4	199.9	234.2	231.1	269.5	308.3	212.6	45.9	9.2	18.1	25.5	58.0	1,710.6
	ค่าสูงสุด	167.5	440.3	835.3	933.6	1,117.0	610.3	315.9	67.8	23.7	44.5	83.2	122.7	4,780.1
	ค่าต่ำสุด	43.2	128.0	98.4	77.5	90.1	206.2	150.9	30.6	3.9	4.1	10.0	20.2	1,024.4
ภาคตะวันตก	ค่าเฉลี่ย	58.2	130.9	110.8	130.6	130.7	176.3	236.6	77.3	9.5	13.1	12.8	45.9	1,141.0
	ค่าสูงสุด	88.3	220.1	239.2	325.6	313.5	226.4	286.2	169.2	17.7	31.7	17.8	82.1	1,669.0
	ค่าต่ำสุด	31.6	94.1	71.0	79.8	64.3	88.6	155.4	23.9	4.3	4.1	3.8	26.2	989.4

ตารางที่ 5 (ต่อ)

(หน่วย: มิลลิเมตร)

ภูมิภาค	ค่า	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
ภาคใต้	ค่าเฉลี่ย	113.6	205.0	192.7	199.1	249.7	261.9	304.6	317.1	197.8	54.3	40.3	91.9	2,235.0
	ค่าสูงสุด	205.1	497.4	655.0	642.1	808.7	671.2	516.4	626.7	559.9	132.9	105.7	160.1	4,145.8
	ค่าต่ำสุด	60.3	118.9	87.0	87.5	118.7	124.2	227.4	155.4	48.6	10.0	8.7	33.7	1,567.9
รวมทั้งประเทศ	ค่าเฉลี่ย	84.8	187.9	184.6	191.3	235.2	249.7	186.4	106.1	54.9	19.8	23.4	56.0	1,586.1
	ค่าสูงสุด	205.1	497.4	835.3	933.6	1,117.0	671.2	516.4	626.7	559.9	132.9	105.7	160.1	4,780.1
	ค่าต่ำสุด	31.6	94.1	71.0	69.2	64.3	88.6	43.5	9.5	0.7	0.9	3.8	17.7	983.5

ที่มา: นุชนารถ (2556)

## 2. ดัชนีภัยแล้งที่ประเมินจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล

ดัชนีภัยแล้งที่ประเมินได้จากการรับรู้จากระยะไกลเริ่มจากการประยุกต์ใช้ดัชนี *NDVI* จากนั้นได้มีการพัฒนาดัชนีอื่น ๆ มาใช้ประเมินภาวะภัยแล้ง อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้ได้เลือกศึกษาดัชนีที่ประเมินได้จากการรับรู้จากระยะไกลเพื่อตรวจสอบสภาพภัยแล้ง โดยเลือกใช้ 3 ดัชนี คือดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* รายละเอียดการประเมินดัชนีแต่ละตัวดังกล่าวสรุปได้ดังนี้

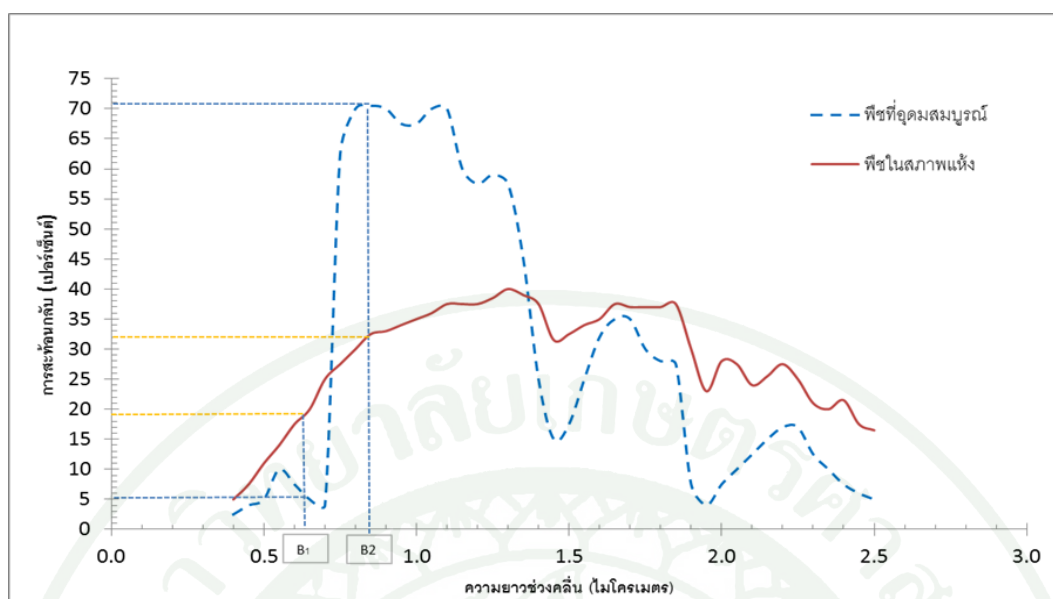
### 2.1 ดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index, *NDVI*)

ดัชนี *NDVI* เป็นดัชนีที่ใช้แสดงลักษณะของพืชพรรณ โดยดัชนี *NDVI* ถูกนำเสนอโดย Rouse et al. (1974) ดัชนี *NDVI* อาศัยคุณสมบัติการตอบสนองต่อช่วงคลื่นที่ตามองเห็นกับการตอบสนองต่อช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ที่แตกต่างกัน เนื่องจากคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของพืชคือ พืชสีเขียวที่อุดมสมบูรณ์จะตอบสนองต่อช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ต่ำกว่าการตอบสนองต่อช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มาก แต่เมื่อพืชอยู่ในภาวะที่ถูกผลกระทบจากสภาพแวดล้อมจนความอุดมสมบูรณ์ลดลง การตอบสนองต่อช่วงคลื่นที่ตามองเห็นจะมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่การตอบสนองต่อช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะมีการตอบสนองลดลง จากคุณสมบัติข้อนี้ เมื่อนำข้อมูลการสะท้อนของช่วงคลื่นที่ตามองเห็นโดยเฉพาะในช่วงคลื่นสีเขียว และข้อมูลการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ มาสร้างเป็นอัตราส่วนซึ่งกันและกันแล้ว จะช่วยให้ประสิทธิภาพในการจำแนกพืชเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งวิธีการในการคำนวณค่าดัชนี *NDVI* แสดงในสมการที่ (1)

$$NDVI = \frac{(\rho_{0.86} - \rho_{0.64})}{(\rho_{0.86} + \rho_{0.64})} \quad (1)$$

โดยที่  $\rho_{0.86}$  = ค่าการสะท้อนกลับจากพื้นผิวในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ที่มีศูนย์กลาง 0.86 ไมโครเมตร

$\rho_{0.64}$  = ค่าการสะท้อนกลับจากพื้นผิวในช่วงคลื่นสีเขียว ที่มีศูนย์กลาง 0.64 ไมโครเมตร



ภาพที่ 5 โคง้ทั่วไปของการสะท้อนกลับเชิงสเปกตรัมสำหรับพืชที่อุดมสมบูรณ์และพืชที่อยู่ในสภาพแห้งของดัชนี *NDVI*

ตัวอย่างของภาพการสะท้อนกลับเชิงสเปกตรัมจากพืชในสภาพแห้งและพืชที่อุดมสมบูรณ์แสดงดังในภาพที่ 5 จากในรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่เป็นการสะท้อนกลับจากพืชที่อุดมสมบูรณ์จะได้รับการสะท้อนกลับของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ความยาวช่วงคลื่น 0.860 ไมโครเมตร (แบนด์ที่ 2) ประมาณ 0.71 และการสะท้อนกลับของช่วงคลื่นสีแดงความยาวช่วงคลื่น 0.640 ไมโครเมตร (แบนด์ที่ 1) ประมาณ 0.05 ดังนั้น ดัชนี *NDVI* ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (1) จะมีค่าเท่ากับ 0.87 ส่วนการสะท้อนกลับจากพืชในสภาพแห้งนั้น จะได้จากการสะท้อนกลับของแบนด์ที่ 2 และ 1 เท่ากับ 0.32 และ 0.19 ตามลำดับดังนั้น ดัชนี *NDVI* จะมีค่าเท่ากับ 0.25 จึงแสดงให้เห็นว่า ดัชนี *NDVI* จะมีค่าสูงในกรณีพืชที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีค่าต่ำเมื่อพืชมีสภาพแห้งแล้ง ดังนั้น ดัชนี *NDVI* จึงมีความสามารถในการแยกแยะการตรวจสอบภัยแล้งที่เกิดกับพืชพรรณได้

ผลการศึกษาของ Bo-Cai Gao (1996) ยังพบว่าช่วงคลื่นสีแดงจะเป็นช่วงคลื่นที่คลอโรฟิลล์สามารถดูดกลืนพลังงานในช่วงคลื่นนี้ได้ดี ในขณะที่ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะเป็นช่วงคลื่นที่มีค่าการสะท้อนที่สูงในบริเวณพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม ทำให้ทั้งสองช่วงคลื่นจะมีการตอบสนองแตกต่างกันอย่างมากเมื่อพิจารณาผ่านชั้นพืชพรรณที่ปกคลุมในระดับความลึกต่าง ๆ

ค่าของดัชนี *NDVI* สำหรับพืชจะมีค่าสูงกว่าพื้นผิวดินที่ว่างเปล่า เมฆ รวมไปถึงแหล่งน้ำ นอกจากนั้นแล้ว ในกลุ่มของพืชพรรณนานาชนิดนั้น พบว่าพืชที่อุดมสมบูรณ์และขึ้นอย่างหนาแน่นจะมีค่า *NDVI* ที่สูงกว่าพืชที่ไม่อุดมสมบูรณ์และขึ้นอยู่อย่างเบาบาง ดังนั้น ค่าดัชนี *NDVI* จึงเป็นดัชนีหลักที่ใช้ในการจำแนกลักษณะของพืชพรรณ ลักษณะการปกคลุมของพืช ชนิดของพืช การเปลี่ยนแปลง ตลอดจนรูปแบบในการทำเกษตรกรรม

Kogan (1995) ได้ศึกษาถึงผลกระทบจากสภาพอากาศเมื่อนำมาประกอบการประเมินดัชนี *NDVI* โดยสัญญาณรบกวน นับว่าเป็นตัวจำกัดในการใช้ประโยชน์ของข้อมูลในการศึกษาสภาพของพืชพรรณ สาเหตุของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นมากที่สุดเป็นผลมาจากเมฆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อค่าดัชนี *NDVI* ในขณะที่องค์ประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ในบรรยากาศก็เป็นตัวลดทอนประสิทธิภาพของดัชนี *NDVI* ได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นในการศึกษานี้จะพิจารณากำจัดจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมออกเพื่อเพิ่มความถูกต้องของดัชนี *NDVI*

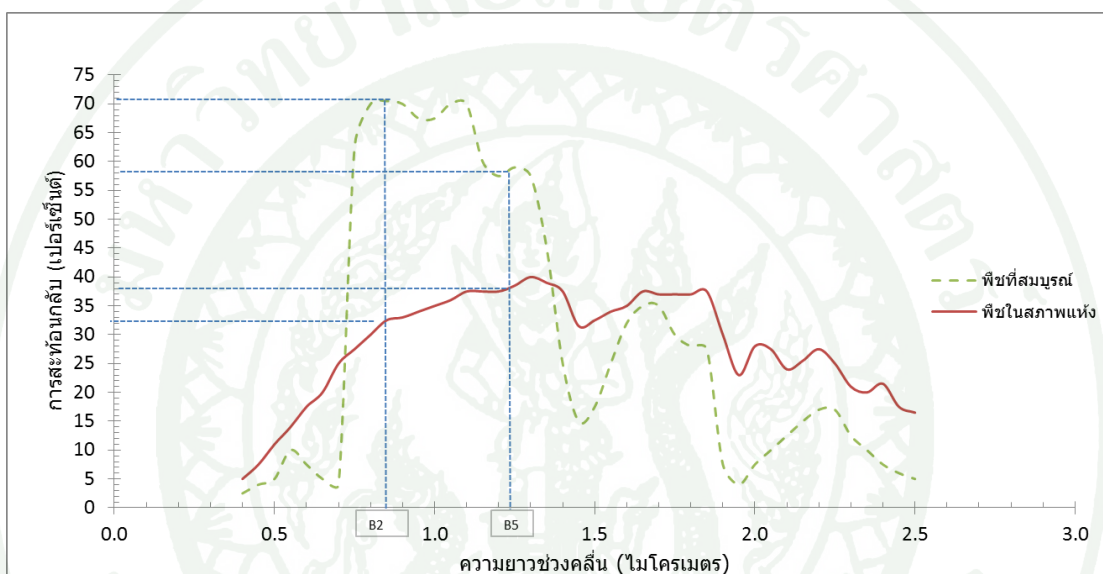
## 2.2 ดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของน้ำ (Normalized Difference Water Index, *NDWI*)

ค่าดัชนี *NDWI* (Gao, 1996) เป็นดัชนีที่ใช้เพื่อติดตามตรวจสอบสภาพความชื้นในพืชพรรณ โดยใช้คุณสมบัติของช่วงคลื่นที่ตอบสนองต่อพืชสีเขียว พืชที่แห้ง และดิน รวมทั้งคุณสมบัติการดูดซับและการกระเจิงของก๊าซและอนุภาคในบรรยากาศ โดยช่วงคลื่นที่ใช้ประกอบด้วย 2 ช่วงคลื่น คือ ช่วงคลื่นที่มีศูนย์กลางอยู่ที่ 0.86 ไมโครเมตร และ 1.24 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นทั้งสองช่วงคลื่นมีความสามารถที่เหนือกว่าช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการประเมินดัชนี *NDVI* ตรงที่สามารถทะลุทะลวงผ่านชั้นบรรยากาศและเรือนยอดพืชได้ในระดับเดียวกัน ช่วงคลื่น 1.24 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นอินฟราเรดคลื่นสั้นใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณน้ำในพืช ส่วนช่วงคลื่น 0.86 ไมโครเมตร เป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ซึ่งมีคุณสมบัติในการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอินทรีย์แห้งและโครงสร้างภายในของใบพืช ดังนั้น ดัชนี *NDWI* จึงมีความสมบูรณ์สำหรับใช้ในการตรวจวัดโมเลกุลของน้ำในเรือนยอดพืชซึ่งมีปฏิกริยากับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาในบรรยากาศโลก และมีความไวต่อชั้นบรรยากาศน้อยกว่าดัชนี *NDVI* เนื่องจากช่วงคลื่น 0.86 ไมโครเมตร และ 1.24 ไมโครเมตร ที่ใช้ในการคำนวณดัชนี *NDWI* นั้น มีการดูดซับของไอน้ำในบรรยากาศน้อยมาก ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศที่มีผลมากที่สุดต่อค่า *NDWI* คือ 1.50, 0.74, 0.37 และ 0.22 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอนุภาคน้ำขนาด 0.05, 0.1, 0.2 และ 0.4 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับค่าดัชนี *NDWI* สามารถประเมินได้โดยใช้สมการที่ (2)

$$NDWI = \frac{(\rho_{0.86\mu m} - \rho_{1.24\mu m})}{(\rho_{0.86\mu m} + \rho_{1.24\mu m})} \quad (2)$$

โดยที่  $\rho_{0.86}$  = ค่าการสะท้อนกลับจากพื้นผิวในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ที่มีศูนย์กลาง 0.86 ไมโครเมตร

$\rho_{1.24}$  = ค่าการสะท้อนกลับจากพื้นผิวในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นที่มีศูนย์กลาง 1.24 ไมโครเมตร



ภาพที่ 6 โคง้ทั่วไปของการสะท้อนกลับเชิงสเปกตรัมสำหรับพืชที่อุดมสมบูรณ์และพืชที่อยู่ในสภาพแห้งของดัชนี  $NDWI$

ตัวอย่างของภาพการสะท้อนกลับเชิงสเปกตรัมจากพืชในสภาพแห้งและพืชที่อุดมสมบูรณ์แสดงดังในภาพที่ 6 จากในรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่เป็นการสะท้อนกลับจากพืชที่อุดมสมบูรณ์จะได้รับการสะท้อนกลับของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ความยาวช่วงคลื่น 0.860 ไมโครเมตร (แบนด์ที่ 2) ประมาณ 0.71 และช่วงคลื่น 1.240 ไมโครเมตร (แบนด์ที่ 5) ประมาณ 0.58 ดังนั้น ดัชนี  $NDWI$  ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (2) จะมีค่าเท่ากับ 0.10 ส่วนการสะท้อนกลับจากพืชในสภาพแห้งนั้น จะได้จากการสะท้อนกลับของแบนด์ที่ 2 และ 1 เท่ากับ 0.32 และ 0.38 ตามลำดับดังนั้น ดัชนี  $NDWI$  จะมีค่าเท่ากับ -0.09 จึงแสดงให้เห็นว่า ดัชนี  $NDWI$  จะมีค่าสูงในกรณีพืชที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีค่าต่ำเมื่อพืชมีสภาพแห้งแล้ง ดังนั้น ดัชนี  $NDWI$  จึงมีความสามารถในการแยกแยะการตรวจสอบภัยแล้งที่เกิดกับพืชพรรณได้



2.3 ดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของภัยแล้ง (Normalized Difference Drought Index, *NDDI*)

การศึกษาของ Gu (2007) ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลจากดาวเทียม MODIS ในช่วงเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2548 โดยการใช้ทั้งค่าดัชนี *NDVI* และ *NDWI* กับพื้นที่ที่เป็นทุ่งหญ้าบริเวณตอนกลางของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเฉพาะในรัฐแคนซัส แลโอกลาโฮมา พบว่าดัชนีทั้งสองมีความสอดคล้องกันทั้งในช่วงแล้งและช่วงชุ่มชื้น โดยดัชนี *NDWI* มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความแห้งแล้ง หรือความชื้นมากกว่า และเมื่อนำดัชนีทั้งสองมาหาอัตราส่วนระหว่างกัน สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในด้านความไวต่อสภาพความแห้งแล้งดีกว่าใช้ดัชนีเพียงตัวใดตัวหนึ่ง จึงได้เสนอแนะให้ใช้วิธีดังกล่าวเป็นดัชนี *NDDI* ดังแสดงในสมการที่ (3)

$$NDDI = \frac{(NDVI - NDWI)}{(NDVI + NDWI)} \quad (3)$$

### 3. ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล

#### 3.1 รายละเอียดของข้อมูล MODIS

MODIS เป็นตัวรับรู้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลซึ่งติดตั้งไว้บนดาวเทียม 2 ดวง คือ Terra และ Aqua โดยสามารถถ่ายภาพได้ทั่วทุกพื้นที่ของโลกในระยะเวลา 1 วัน โดยข้อมูลที่ได้จากตัวรับรู้ MODIS มีความละเอียดเชิงพื้นที่ ความละเอียดเชิงรังสี และความละเอียดเชิงเวลาที่ต่างกันไป สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลจากตัวรับรู้ MODIS สามารถหาได้จากเว็บไซต์ <http://modis.gsfc.nasa.gov/> การบันทึกข้อมูลจากตัวรับรู้ MODIS ประกอบไปด้วย 36 ช่วงคลื่น โดยในแต่ละช่วงคลื่นมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ข้อมูลที่ได้รับโดยตรงจากตัวรับรู้ MODIS ทั้ง 36 ช่วงคลื่น นั้น เป็นข้อมูลในระดับที่ 1 ซึ่งเป็นข้อมูลต้นฉบับที่มีการปรับแก้ น้อยมาก ในการนำข้อมูลระดับที่ 1 มาใช้งาน จึงเป็นเรื่องที่ต้องใช้ความรู้ในทางเทคนิคที่มากและยากที่จะทำความเข้าใจในการประยุกต์ใช้งานได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น จึงได้มีการพัฒนาการบริการข้อมูล โดยการนำข้อมูลจากต้นฉบับที่มี 36 ช่วงคลื่น มาทำการจัดเตรียมข้อมูลออกเป็นข้อมูลประเภทต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ได้สะดวกขึ้นซึ่งเป็นข้อมูลในระดับที่ 2 โดยให้ข้อมูลเฉพาะด้านที่ต้องการศึกษา รวมทั้งยังมีความละเอียดของจุดภาพให้เลือกใช้ทั้ง 250, 500, 1000, 5600 และ 6000

เมตร ตามความเหมาะสมกับขนาดพื้นที่ นอกจากนั้นแล้ว ยังมีช่วงเวลาของข้อมูลให้เลือก ทั้งช่วงเวลา 1, 8, 16 วัน รายเดือน และรายปี ให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมของช่วงเวลาที่ต้องการของผู้ใช้งาน

จากการศึกษาข้อมูลจากตัวรับรู้ MODIS ในระดับที่ 2 นั้นยังพบว่าข้อมูลจากตัวรับรู้ MODIS นั้นยังประกอบด้วยหลายเวอร์ชัน ซึ่งแต่ละเวอร์ชันมีความแตกต่างกันไปในการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลตั้งแต่เวอร์ชันที่ 4 (V004) ขึ้นมา ถือได้ว่าเป็นเวอร์ชันที่ผ่านการตรวจพิสูจน์ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จนมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างดี ซึ่งในปี พ.ศ. 2554 นี้ ข้อมูลจากตัวรับรู้ MODIS เวอร์ชันที่ 5 (V005) นั้น จัดว่าเป็นข้อมูลในเวอร์ชันที่ใหม่ที่สุด และมีการประมวลผลข้อมูลในระดับสูงที่สุด โดยมีข้อมูลให้บริการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ขึ้นมา

สำหรับรายละเอียดของข้อมูลจากตัวรับรู้ MODIS ที่สรุปในตารางที่ 6 นั้น เป็นรายละเอียดเฉพาะที่สำคัญที่ใช้เป็นแนวทางในการเลือกข้อมูลให้เหมาะสมสอดคล้องกันได้ ใน การศึกษานี้เป็นการใช้ค่าการสะท้อนจากพื้นผิว และเมื่อพิจารณาแบนด์ที่นำมาประยุกต์สร้างดัชนี ทั้ง 3 ดัชนีแล้วนั้นใช้ค่าการสะท้อนจากพื้นผิวแบนด์ที่ 1, 2 และ 5 โดยเลือกข้อมูลที่มีอักษรนำหน้า ด้วย MOD ซึ่งให้ข้อมูลในช่วงกลางวัน ดังนั้นจะมีข้อมูลให้เลือก 3 ประเภทข้อมูลคือ MOD09GA, MOD09CMG และ MOD09A1 ซึ่งให้ความละเอียดของจุดภาพ และช่วงเวลาของข้อมูลที่ต่างกัน ใน การศึกษานี้พิจารณาเลือก ข้อมูล MOD09A1 ซึ่งเป็นข้อมูลราย 8 วัน มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 500 เมตร

### 3.2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ MOD09A1

MOD09A1 เป็นผลิตภัณฑ์ที่แสดงค่าการสะท้อนกลับจากตัวรับรู้ MODIS สำหรับแบนด์ที่ 1 ถึง 7 ที่มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 500 เมตร ทั้งนี้ ในการสร้างผลิตภัณฑ์ MOD09A1 นั้น ได้มาจากการนำข้อมูลการสะท้อนกลับของแต่ละแบนด์ที่มีการเก็บข้อมูลแบบรายวันในระดับ 2G มาคัดเลือกข้อมูลในรอบ 8 วัน โดยข้อมูลที่ดีที่สุดจะถูกคัดเลือกมาใช้เป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ MOD09A1 ในรอบ 8 วัน และในกรณีที่ข้อมูลดีในระดับเดียวกันจะทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ข้อมูลที่อยู่ในขอบข่ายว่าเป็นข้อมูลที่ดีประกอบด้วย ข้อมูลที่มีมุมตกกระทบน้อย ไม่มีเมฆหรือเงาของเมฆปกคลุม และไม่มีผลกระทบจากบรรยากาศที่เกิดจากไอน้ำ ก๊าซ และอนุภาคต่าง ๆ เป็นต้น

ตารางที่ 6 รายละเอียดข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลจากตัวรับรู้ MODIS ที่ผ่านการประมวลผลเป็นข้อมูลระดับ 2 โดยแสดงเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าการสะท้อนของพื้นผิว อุณหภูมิพื้นผิว และดัชนี *NDVI*

กลุ่มข้อมูล	ชื่อรหัส	ชื่อข้อมูล	ความละเอียด (เมตร)	ช่วงเวลา
ค่าการสะท้อน	MOD09GA, MYD09GA	ค่าการสะท้อนจากพื้นผิว แบนด์ 1-7	500/1,000	รายวัน
	MOD09GQ, MYD09GQ	ค่าการสะท้อนจากพื้นผิว แบนด์ 1-2	250	รายวัน
	MOD09CMG, MYD09CMG	ค่าการสะท้อนจากพื้นผิว แบนด์ 1-7	5,600	รายวัน
	MOD09A1, MYD09A1	ค่าการสะท้อนจากพื้นผิว แบนด์ 1-7	500	ราย 8 วัน
	MOD09Q1, MYD09Q1	ค่าการสะท้อนจากพื้นผิว แบนด์ 1-2	250	ราย 8 วัน
อุณหภูมิพื้นผิว	MOD11A1, MYD11A1	อุณหภูมิพื้นผิว และการแผ่รังสี	1,000	รายวัน
	MOD11A2, MYD11A2	อุณหภูมิพื้นผิว และการแผ่รังสี	1,000	ราย 8 วัน
	MOD11B1, MYD11B1	อุณหภูมิพื้นผิว และการแผ่รังสี	6,000	รายวัน
	MOD11C1, MYD11C1	อุณหภูมิพื้นผิว และการแผ่รังสี	5,600	รายวัน
	MOD11C2, MYD11C2	อุณหภูมิพื้นผิว และการแผ่รังสี	5,600	ราย 8 วัน
	MOD11C3, MYD11C3	อุณหภูมิพื้นผิว และการแผ่รังสี	5,600	รายเดือน
ดัชนี <i>NDVI</i>	MOD13A1, MYD13A1	ค่าดัชนี <i>NDVI</i>	500	ราย 16 วัน
	MOD13A2, MYD13A2	ค่าดัชนี <i>NDVI</i>	1,000	ราย 16 วัน
	MOD13A3, MYD13A3	ค่าดัชนี <i>NDVI</i>	1,000	รายเดือน
	MOD13C1, MYD13C1	ค่าดัชนี <i>NDVI</i>	5,600	ราย 16 วัน
	MOD13C2, MYD13C2	ค่าดัชนี <i>NDVI</i>	5,600	รายเดือน
	MOD13Q1, MYD13Q1	ค่าดัชนี <i>NDVI</i>	250	ราย 16 วัน

หมายเหตุ: ข้อมูลที่นำหน้าด้วย MOD หมายถึงข้อมูลจากดาวเทียม Terra MODIS  
ข้อมูลที่นำหน้าด้วย MYD หมายถึงข้อมูลจากดาวเทียม Aqua MODIS

ที่มา: นุชนารถ (2556)

ตารางที่ 7 ชุดของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (Science Data Sets) สำหรับผลิตภัณฑ์ MOD09A1

ชุดของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (Science Data Set) (HDF Layers (13))	หน่วย (Units)	ประเภทข้อมูล (Data Type)	ค่าที่เติม (Fill Value)	พิสัยของค่าจริง (Valid Range)	แฟกเตอร์ในการปรับ สเกล (Scale Factor)
ค่าการสะท้อนกลับที่มีความละเอียดจุดภาพ 500 เมตร สำหรับแบนด์ที่ 1 (620-670 นาโนเมตร)	ค่าการสะท้อนกลับ (Reflectance)	16-bit signed integer	-28672	-100 - 16000	0.0001
ค่าการสะท้อนกลับที่มีความละเอียดจุดภาพ 500 เมตร สำหรับแบนด์ที่ 2 (841-876 นาโนเมตร)	ค่าการสะท้อนกลับ (Reflectance)	16-bit signed integer	-28672	-100 - 16000	0.0001
ค่าการสะท้อนกลับที่มีความละเอียดจุดภาพ 500 เมตร สำหรับแบนด์ที่ 3 (459-479 นาโนเมตร)	ค่าการสะท้อนกลับ (Reflectance)	16-bit signed integer	-28672	-100 - 16000	0.0001
ค่าการสะท้อนกลับที่มีความละเอียดจุดภาพ 500 เมตร สำหรับแบนด์ที่ 4 (545-565 นาโนเมตร)	ค่าการสะท้อนกลับ (Reflectance)	16-bit signed integer	-28672	-100 - 16000	0.0001
ค่าการสะท้อนกลับที่มีความละเอียดจุดภาพ 500 เมตร สำหรับแบนด์ที่ 5 (1230-1250 นาโนเมตร)	ค่าการสะท้อนกลับ (Reflectance)	16-bit signed integer	-28672	-100 - 16000	0.0001
ค่าการสะท้อนกลับที่มีความละเอียดจุดภาพ 500 เมตร สำหรับแบนด์ที่ 6 (1628-1652 นาโนเมตร)	ค่าการสะท้อนกลับ (Reflectance)	16-bit signed integer	-28672	-100 - 16000	0.0001
ค่าการสะท้อนกลับที่มีความละเอียดจุดภาพ 500 เมตร สำหรับแบนด์ที่ 7 (2105-2155 นาโนเมตร)	ค่าการสะท้อนกลับ (Reflectance)	16-bit signed integer	-28672	-100 - 16000	0.0001

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ชุดของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (Science Data Set ) (HDF Layers (13))	หน่วย (Units)	ประเภทข้อมูล (Data Type)	ค่าที่เติม (Fill Value)	พิสัยของค่าจริง (Valid Range)	แฟกเตอร์ในการปรับ สเกล (Scale Factor)
คุณภาพของการสะท้อนกลับที่มีความละเอียดจุดภาพ 500 เมตร (500 m Reflectance Band Quality )	Bit field	32-bit unsigned integer	4294967295	NA	NA
Solar zenith	Degree	16-bit signed integer	0	0 – 18000	0.01
View zenith	Degree	16-bit signed integer	0	0 – 18000	0.01
Relative azimuth	Degree	16-bit signed integer	0	-18000 – 18000	0.01
แสดงสถานภาพของค่าการสะท้อนกลับจากพื้นผิวที่มี ความละเอียดจุดภาพ 500 เมตร (Surface reflectance 500 m state flags (ดูตารางที่ 8 ประกอบ)	Bit field	16-bit signed integer	65535	NA	NA
วันของปี (Day of Year)	Julian Day	16-bit signed integer	65535	1 – 366	NA

ที่มา: นุชนารถ (2556)

**ตารางที่ 8** รายละเอียดของสถานะการประกันคุณภาพของข้อมูล (State QA description) (16-bit) โดยบิตที่ 0 หมายถึง บิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB)

ลำดับ ของบิต (Bit No.)	ชื่อพารามิเตอร์ (Parameter Name)	องค์ประกอบ ของบิต (Bit Comb.)	state_1km / Coarse Resolution State QA / surf_refl_state_500m / 1km Reflectance Data State QA
0-1	สถานภาพของเมฆ (cloud state)	00	แจ่มใส (clear)
		01	มีเมฆปกคลุม (cloudy)
		10	ผสม (mixed)
		11	ไม่กำหนด สมมุติว่าแจ่มใส (not set, assumed clear)
2	เงาเมฆ (cloud shadow)	1	มี (Yes)
		0	ไม่มี (No)
3-5	ธงแสดงแผ่นดินและ น้ำ (land/water flag)	000	ทะเลตื้น (shallow ocean)
		001	แผ่นดิน (land)
		010	ชายฝั่งทะเลและทะเลสาบ (ocean coastlines and lake) แนวฝั่ง (shorelines)
		011	น้ำตื้นในแผ่นดิน (shallow inland water)
		100	น้ำลึกปานกลาง (ephemeral water)
		101	น้ำลึกในแผ่นดิน (deep inland water)
		110	ทะเลบริเวณทวีปหรือลึกปานกลาง (continental/moderate ocean)
6-7	ปริมาณละอองลอย (aerosol quantity)	00	Climatology
		01	น้อย (low)
		10	ปานกลาง (average)
		11	มาก (high)

## ตารางที่ 8 (ต่อ)

ลำดับ ของบิต (Bit No.)	ชื่อพารามิเตอร์ (Parameter Name)	องค์ประกอบ ของบิต (Bit Comb.)	state_1km / Coarse Resolution State QA / surf_refl_state_500m / 1km Reflectance Data State QA
8-9	ชั้นเมฆ (cirrus detected)	00	ไม่มี (none)
		01	เล็กน้อย (small)
		10	ปานกลาง (average)
		11	มาก (high)
10	ธงแสดงอัลกอริทึม ภายในของเมฆ (internal cloud algorithm flag)	1	มีเมฆ (cloud)
		0	ไม่มีเมฆ (no cloud)
11	ธงแสดงอัลกอริทึม ภายในของไฟ (internal fire algorithm flag)	1	มีไฟ (fire)
		0	ไม่มีไฟ (no fire)
12	ธงแสดงเมฆหรือ น้ำแข็งของ MOD35 (MOD35 snow/ice flag)	1	มี (yes)
		0	ไม่มี (no)
13	จุดภาพอยู่ใกล้เมฆ (Pixel is adjacent to cloud)	1	จุดภาพอยู่ใกล้เมฆ (Pixel is adjacent to cloud)

ที่มา: นุชนารถ (2556)

#### 4. การวิเคราะห์ความลึกฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่

ในการศึกษานี้ได้นำวิธีการ Inverse Distance Square (IDS) มาใช้ ทั้งนี้ วิธี IDS เป็นการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับข้อมูลความลึกฝนของสถานีที่ตั้งอยู่ในและโดยรอบลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษา โดยค่าถ่วงน้ำหนักคำนวณจากค่าส่วนกลับของระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางถ่วงของลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณากับตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนที่พิจารณา จากนั้นหารด้วยค่าผลรวมของค่าส่วนกลับของระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางถ่วงของลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณากับตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนที่พิจารณาของทุกสถานี ดังแสดงแนวทางการคำนวณในสมการที่ (4) และเมื่อได้ค่าถ่วงน้ำหนักของทุกสถานีวัดน้ำฝนที่พิจารณาแล้วจึงนำไปคูณกับความลึกฝนของสถานีนั้น ๆ ณ วันที่พิจารณาก็จะได้ความลึกฝนที่ได้จากสถานีที่พิจารณา และเมื่อนำค่าความลึกฝนที่คำนวณได้ในทำนองเดียวกันสำหรับทุกสถานีที่ได้รับการคัดเลือกมารวมกันก็จะให้ความลึกฝน ณ จุดที่พิจารณาและ ณ เวลาที่ต้องการ ดังแสดงแนวทางการคำนวณในสมการที่ (5) ทั้งนี้ให้ดูภาพที่ 7 ประกอบ โดยรูปดังกล่าวแสดงสถานีวัดน้ำฝนและระยะทางระหว่างสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานีกับจุดศูนย์กลางถ่วงของลุ่มน้ำที่พิจารณา (เอกรินทร์และนุชนารถ, 2557)

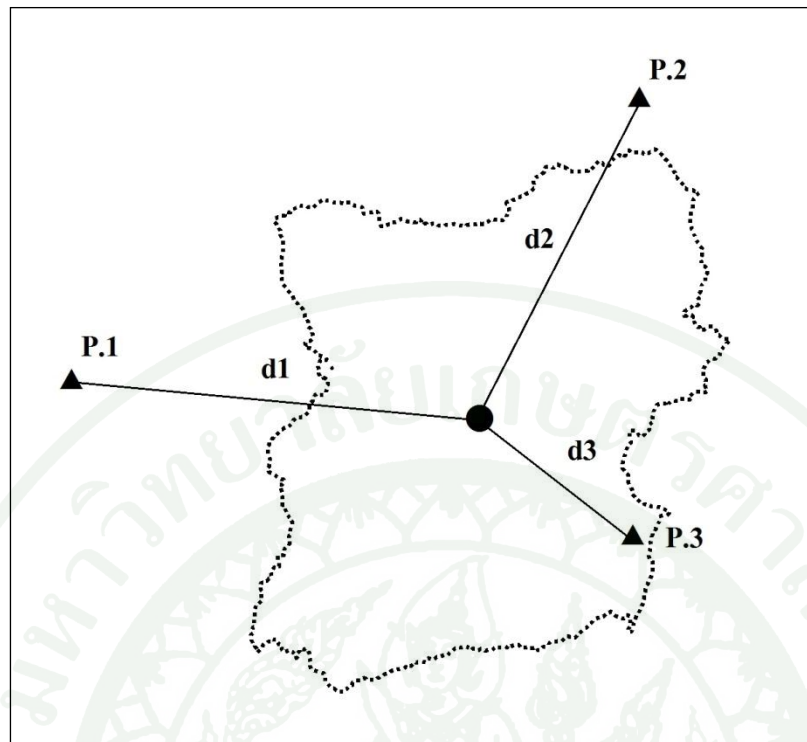
$$W_i = \frac{\frac{1}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}} \quad (4)$$

เมื่อ  $W_i$  = ค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับสถานีวัดน้ำฝนที่  $i$   
 $d_i$  = ระยะทางระหว่างสถานีวัดน้ำฝนที่  $i$  ถึงจุดศูนย์กลางถ่วงของลุ่มน้ำที่พิจารณา

$$P = \sum_{i=1}^n p_i W_i \quad (5)$$

เมื่อ  $P$  = ความลึกฝนเชิงพื้นที่สำหรับลุ่มน้ำที่พิจารณา  
 $P_i$  = ความลึกฝนที่สถานีวัดน้ำฝนที่  $i$   
 $W_i$  = ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนที่  $i$





ภาพที่ 7 สถานีวัดน้ำฝนและระยะทางระหว่างสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานีกับจุดศูนย์กลางของกลุ่มน้ำที่พิจารณา

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและเครื่องพิมพ์ 1 ชุด
2. ข้อมูลด้านอุตุนิมวิทยา และอุทกวิทยาในบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยเลือกใช้ข้อมูลความลึกฝนรายวัน
3. ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลจากดาวเทียม Terra MODIS โดยเลือกใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ MOD09A1-V005
4. ห้องดำเนินงานวิจัยและสาธารณูปโภคพื้นฐาน

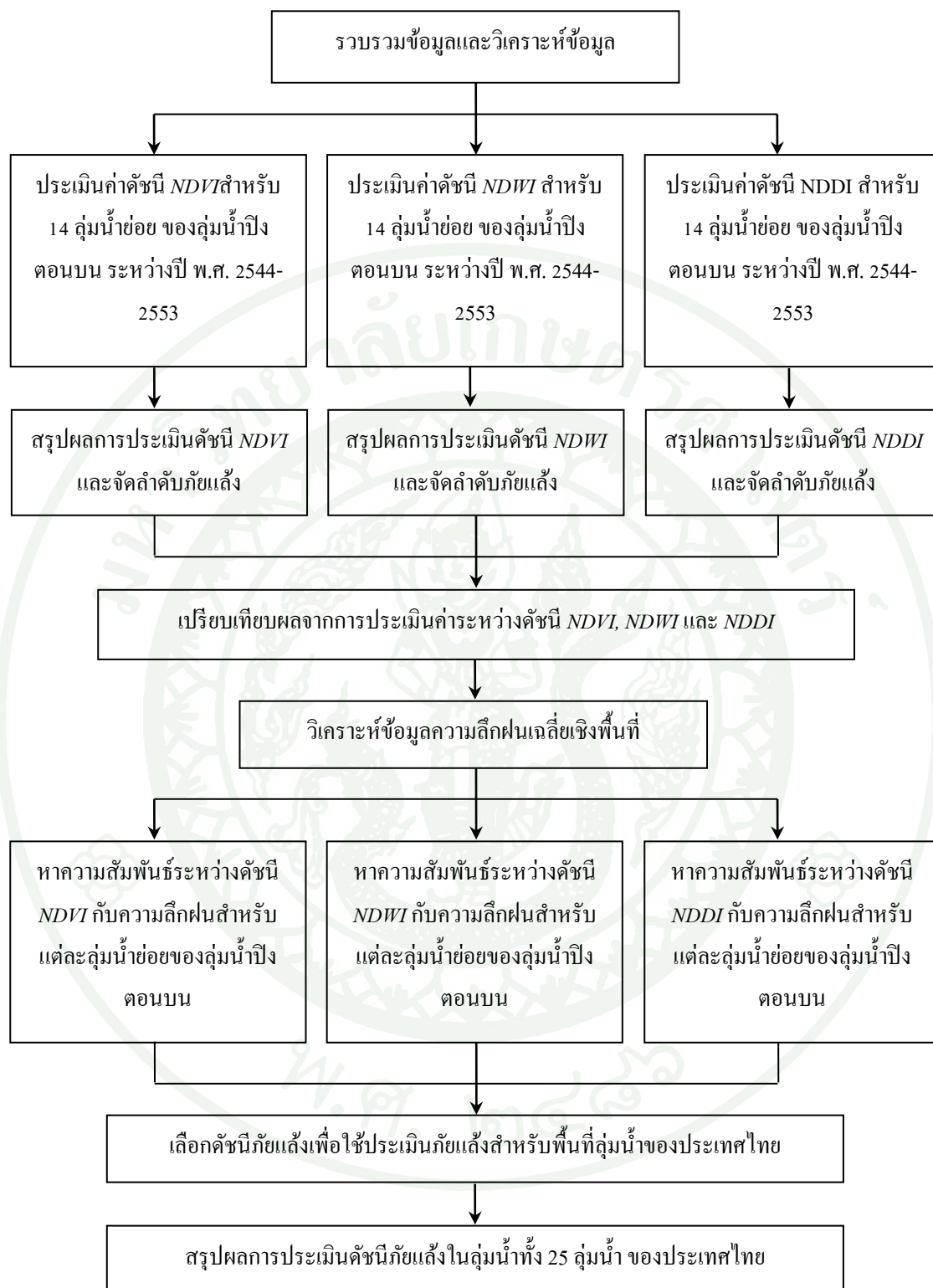
### วิธีการ

วิธีการในการดำเนินงานวิจัยเรื่อง “การประเมินค่า  $NDVI$ ,  $NDWI$  และ  $NDDI$  เพื่อการติดตามภัยแล้ง” มีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้คือ

1. รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
2. ประเมินค่าดัชนี  $NDVI$ ,  $NDWI$  และ  $NDDI$  จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลที่ได้จากดาวเทียม Terra MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)
3. สรุปผลการประเมินดัชนี  $NDVI$ ,  $NDWI$  และ  $NDDI$  แบบรายเดือน ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน
4. จัดลำดับภัยแล้งแต่ละปี และลำดับสภาพความชุ่มชื้นของลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน

5. เปรียบเทียบผลจากการประเมินค่าระหว่างดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI*
6. วิเคราะห์ข้อมูลความลึกฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่
7. หาคความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* กับความลึกฝนสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน
8. เลือกดัชนีภัยแล้งเพื่อใช้ประเมินภัยแล้งสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำของประเทศไทย
9. สรุปผลการประเมินดัชนีภัยแล้งในลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย

โดยภาพรวมของวิธีการดำเนินงานวิจัย ได้แสดงในลักษณะของแผนภูมิเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจดังในภาพที่ 8 สำหรับรายละเอียดของการดำเนินงานศึกษาในแต่ละขั้นตอนแสดงดังในหัวข้อต่อไป



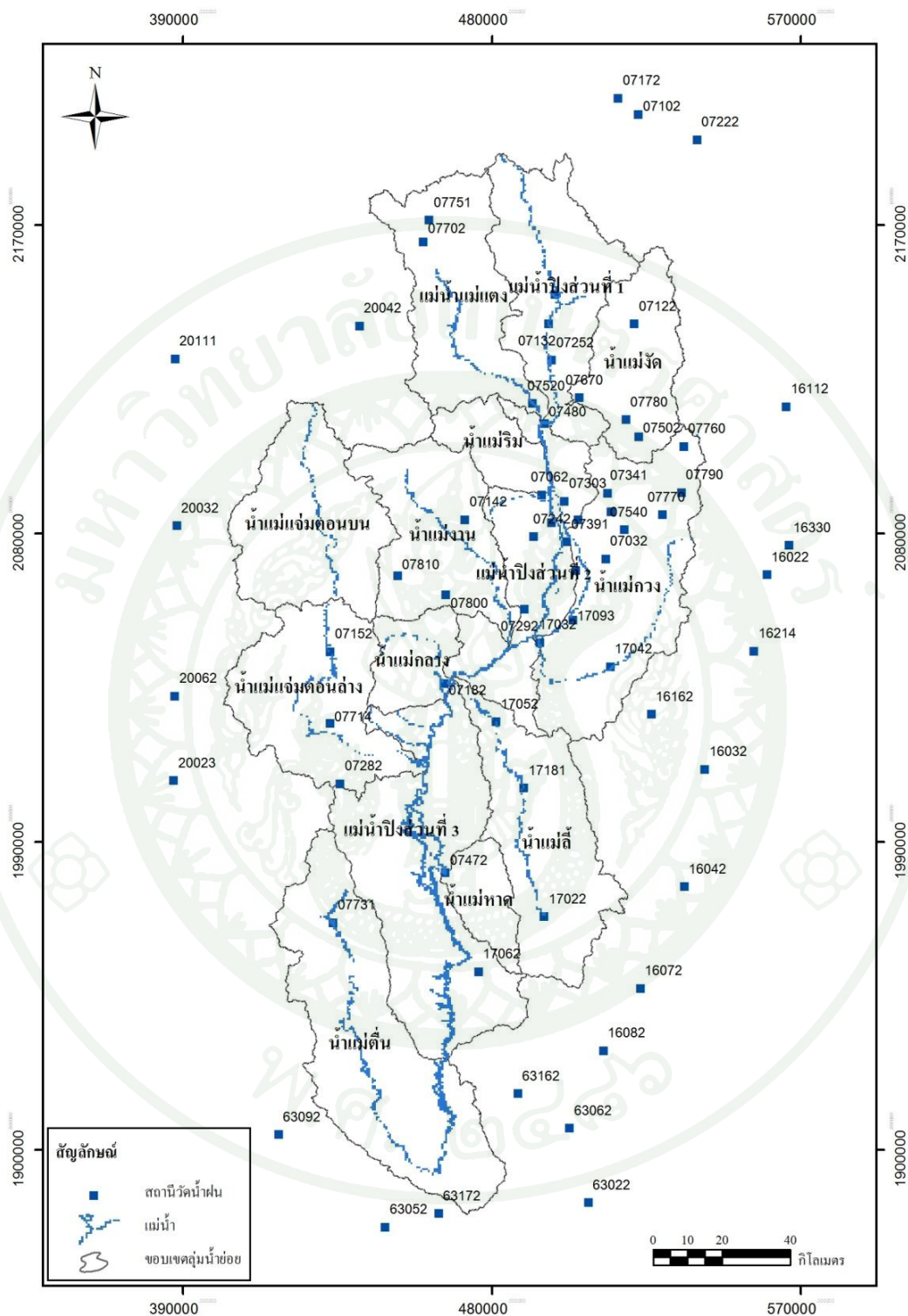
ภาพที่ 8 แผนภูมิภาพรวมแสดงวิธีการดำเนินงานวิจัย

## 1. การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

### 1.1 รวบรวมข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล

ข้อมูลจากตัวรับรู้ MODIS จะถูกบันทึกไว้ในคลังข้อมูลเพื่อให้บริการซึ่งสามารถดาวน์โหลดภาพได้เร็วที่สุดประมาณ 7 วัน หลังการถ่ายภาพ โดยผ่านทางโปรโตคอลแบบ ftp (file transfer protocol) ซึ่งเปิดให้บริการดาวน์โหลดได้โดยตรงโดยไม่จำเป็นต้องลงทะเบียนแต่อย่างใด ที่หน้า <ftp://e4ftl01.cr.usgs.gov/> โดยมีลักษณะของหน้าแรกแสดงดังในภาพที่ 8 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ (1) เข้าสู่หน้า <ftp://e4ftl01.cr.usgs.gov/> โดยผ่าน web browser หรือผ่านทาง windows explorer จะปรากฏหน้าแรกซึ่งจะมีการแยกโฟลเดอร์เป็นหมวดหมู่ ในที่นี้จะใช้ข้อมูลจากใน 2 โฟลเดอร์ คือ MOLA และ MOLT โดยที่ MOLA เป็นโฟลเดอร์ที่เก็บข้อมูล MODIS ที่ติดบนดาวเทียม Aqua ส่วน MOLT จะเก็บข้อมูล MODIS ที่ติดตั้งบนดาวเทียม Terra (2) เลือกชนิดของข้อมูลที่ต้องการ โดยในที่นี้ยกตัวอย่างการดาวน์โหลด MOD09A1.005 โดยรายละเอียดของข้อมูล แสดงไว้แล้วในตารางที่ 6 (3) เลือกวันที่ที่ต้องการ โดยข้อมูลดังกล่าวจะมีระยะเวลาทุก 8 วัน (4) เลือกข้อมูลภาพที่ครอบคลุมประเทศไทย โดยสำหรับข้อมูลที่ครอบคลุมประเทศไทยจะประกอบไปด้วย 5 ภาพ (การบอกตำแหน่งของภาพจะใช้เป็น h กับ v หมายถึงแนว horizontal และ vertical ตามลำดับ) ซึ่งประกอบด้วย h27v06, h27v07, h27v08, h28v07 และ h28v08 แล้วทำการดาวน์โหลดข้อมูลตามปกติ





ภาพที่ 10 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำปิงตอนบนและบริเวณโดยรอบจำนวน 65 สถานี ที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 9 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับแต่ละกลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน

กลุ่มน้ำย่อย	จำนวนสถานี	
	วัดน้ำฝน ที่คัดเลือก	รหัสสถานีวัดน้ำฝนที่คัดเลือก
แม่แตง	11	07751, 07702, 07132, 07722, 07252, 07222, 20042, 07172, 20111, 07520, 07142
ปิงส่วนที่ 1	11	07132, 07722, 07252, 07702, 07751, 07122, 07780, 07222, 07520, 07670, 07172
แม่จืด	10	07122, 07780, 07502, 07670, 07760, 07252, 07722, 07132, 07222, 16112
แม่แจ่มตอนบน	8	20111, 20042, 07142, 07810, 07152, 20062, 20032, 07800
แม่غان	9	07142, 07810, 07800, 07152, 07292, 07242, 07062, 20042, 07520
แม่ริม	6	20042, 07252, 07142, 07303, 07062, 07520
ปิงส่วนที่ 2	15	07242, 07303, 07391, 07062, 07292, 07022, 17032, 07182, 17052, 07042, 07052, 17093, 07520, 07800, 07142
แม่กวง	15	07760, 07052, 07770, 07303, 07391, 07022, 17093, 17032, 17042, 16162, 16330, 07502, 07042, 17052, 16022
แม่แจ่มตอนล่าง	8	20032, 07810, 07152, 07714, 20062, 20023, 07282, 07182
แม่กลาง	7	07182, 07714, 07152, 07810, 17052, 07800, 07292
แม่ตื่น	9	20023, 07282, 07472, 17062, 63162, 63052, 63092, 07731, 63022
ปิงส่วนที่ 3	10	07472, 17062, 07182, 07731, 63162, 17022, 07282, 07714, 17052, 17181
แม่หาด	6	07472, 17062, 17022, 17181, 07731, 16072
แม่ลี	9	07182, 17052, 17181, 17022, 07472, 17062, 16162, 16042, 16072



1.2.2 คัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนเพื่อนำมาคำนวณหาความลึกฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่แบบรายวันสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน

พิจารณาเลือกสถานีโดยรอบลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณา ทั้งนี้ ในการเลือกสถานีวัดน้ำฝน โดยรอบจะเลือกสถานีที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงกับลุ่มน้ำที่พิจารณามากที่สุด โดยรอบในทุกทิศทาง รวมทั้งจะต้องพิจารณาความลึกฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีเหล่านั้นด้วยว่าไม่ควรมีความแตกต่างมากจากความลึกฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำที่พิจารณา นอกจากนั้นแล้ว สถานีวัดน้ำฝนโดยรอบที่พิจารณานั้นไม่ควรมีแนวเขาที่เด่นชัดขวางกั้นระหว่างสถานีวัดน้ำฝนนั้น ๆ กับลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณา ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อมีแนวเขามาขวางกั้นจะส่งผลกระทบต่อความลึกฝนมีความแตกต่างกันมากอย่างมีนัยสำคัญจึงไม่เป็นตัวแทนของความลึกฝนที่ดี จากสถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกจะถูกนำมาใช้เพื่อการหาค่าความลึกฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ที่คำนวณโดยวิธี Inverse Distance Square (IDS) จากการใช้แนวทางการคัดเลือกดังกล่าวได้คัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำของกลุ่มน้ำปิงตอนบนแสดงดังในตารางที่ 9 โดยตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกในแต่ละลุ่มน้ำย่อยแสดงดังในภาคผนวก ก (ภาพผนวกที่ ก.1 ถึง ก.14)

## 2. ประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลที่ได้จากดาวเทียม Terra MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)

ข้อมูลผลิตภัณฑ์ MOD09A1-005 ที่ใช้ในการศึกษานั้น ได้ถูกจัดเก็บอยู่ในรูปแบบของ Hierarchical Data Format-Earth Observing System (HDF-EOS) โดยในแต่ละชุดข้อมูลนั้นมีระยะเวลาการสะท้อนพื้นผิวประมาณ  $10^{\circ}$  ละติจูด  $\times 10^{\circ}$  ลองจิจูด ต่อเนื่องกันไป ไม่สามารถนำมาใช้งานได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องทำการแปลงไฟล์ข้อมูลดังกล่าวให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ข้อมูลประเภท GeoTIFF รวมทั้งการแปลงระบบพิกัดภูมิศาสตร์จากระบบ Sinusoidal ให้เป็นระบบ UTM WGS84 ซึ่งเป็นระบบพิกัดที่ใช้ในประเทศไทย และทำการรวมไฟล์ข้อมูลประเภท GeoTIFF เข้าด้วยกันพร้อมแปลงข้อมูลให้เป็นไฟล์ประเภท IMG จากนั้นจึงทำการคำนวณค่าดัชนีภัยแล้งตามสมการของแต่ละดัชนี โดยการประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนนั้นใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาในรายละเอียด ส่วนพื้นที่ประเทศไทยนั้นใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553 เท่านั้นเนื่องจากศึกษาในภาพรวม โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังต่อไปนี้

2.1 แปลงรูปแบบไฟล์ข้อมูล HDF-EOS ตั้งแต่ข้อมูลแบนด์ที่ 1 ถึงแบนด์ที่ 7 (SDS 1 จนถึง SDS 7 ตามลำดับ) ให้เป็นไฟล์ข้อมูลประเภท GeoTIFF โดยไฟล์ผลลัพธ์จะมีชั้นข้อมูล 1 แบนด์ต่อ 1 ไฟล์ โดยการใช้โปรแกรม MRT (MODIS Reprojection Tool) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการกระบวนการตั้งแต่การต่อภาพ การแปลงระบบพิกัดภูมิศาสตร์จากระบบ Sinusoidal ให้เป็นระบบ UTM WGS84 Zone 47 รวมถึงการแปลงไฟล์เป็น GeoTIFF เสร็จในโปรแกรมเดียว ซึ่งสามารถดาวน์โหลดโปรแกรม MRT ได้จากเว็บไซต์ของผู้ให้บริการข้อมูล MODIS

2.2 ดึงข้อมูลสถานภาพของข้อมูลการสะท้อนกลับทั้งหมด (Surface reflectance 500m state flags) จาก SDS ที่ 12 ด้วยวิธีการแยกบิต เพื่อตรวจสอบแผนที่ปกคลุมแบนด์ข้อมูลการสะท้อนกลับของผลิตภัณฑ์ MOD09A1 โดยกระบวนการในการแยกบิตใช้เครื่องมือ LDOPE (Land Data Operational Product Evaluation) หลังจากนั้นจึงทำการแปลงพิกัด ตัดขอบเขต และแปลงไฟล์เป็น GeoTIFF เช่นเดียวกับข้อมูลแบนด์ที่ 1 ถึง 7

2.3 กำจัดจุดภาพที่มีการเติมค่าที่ไม่เป็นจริงออกจากข้อมูลแบนด์ที่ 1 ถึงแบนด์ที่ 7 หลังจากแปลงเป็นไฟล์ข้อมูลประเภท GeoTIFF แล้ว โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม ArcGIS Version 9.3 กำจัดจุดภาพที่แสดงการเติมค่าที่ไม่เป็นจริงออกจากข้อมูลในแต่ละแบนด์

2.4 แปลงข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลประเภทที่เป็น GeoTIFF ทั้ง 7 แบนด์ ให้เป็นไฟล์ข้อมูลประเภท IMG โดยใช้โปรแกรม ERDAS IMAGINE 9.1

2.5 คำนวณค่าของดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี ที่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้โปรแกรม ERDAS IMAGINE 9.1 สร้างสมการในการคำนวณตามสมการของแต่ละดัชนี

2.6 กำจัดจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมออกจากดัชนี *NDVI* และ *NDDI* เนื่องจากดัชนีทั้ง 2 ดัชนีได้รับผลกระทบจากเมฆ โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม ArcGIS Version 9.3 กำจัดจุดภาพที่มีเมฆบดบังออก

2.7 การประเมินดัชนีสำหรับพื้นที่ประเทศไทยนั้น มีขั้นตอนเหมือนกับการประเมินพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน เพียงแต่ต้องดำเนินการตัดต่อภาพให้ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยก่อนที่จะทำการประเมินค่าดัชนี เนื่องจากข้อมูลผลิตภัณฑ์ MOD09A1-005 ที่ครอบคลุมประเทศไทยประกอบไปด้วย 5 ภาพ (h27v06, h27v07, h27v08, h28v07 และ h28v08) ตามการบอกตำแหน่งภาพของ

ผู้ให้บริการข้อมูล) โดยในขั้นตอนการตัดต่อภาพให้ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยนั้น ดำเนินการโดยการใช้โปรแกรม MRT (MODIS Reprojection Tool)

### 3. สรุปผลการประเมินดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* แบบรายเดือน ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

สำหรับการศึกษานี้ได้ทำการประเมินค่าของดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* สำหรับทุกจุดภาพในลุ่มน้ำปิงตอนบน ระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 จากข้อมูลดังกล่าวได้นำค่าดัชนีราย 8 วัน มาหาค่าเฉลี่ยแบบรายเดือนสำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน เพื่อแสดงภาพรวมของแต่ละปีที่ศึกษา ตลอดจนเพื่อให้ง่ายในการพิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละลุ่มน้ำย่อย

### 4. จัดลำดับภัยแล้งแต่ละปี และลำดับสภาพความชุ่มชื้นของลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน

จากค่าของดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* เฉลี่ยรายเดือนสำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบนระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ได้นำค่าของแต่ละดัชนีในแต่ละเดือนของแต่ละปีมาจัดลำดับภัยแล้งที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำย่อย โดยกำหนดให้ลุ่มน้ำย่อยที่มีสภาพชุ่มชื้นมากที่สุดได้ลำดับเท่ากับ 1 และลุ่มน้ำย่อยที่มีสภาพชุ่มชื้นน้อยที่สุดหรือมีความแห้งแล้งมากที่สุดได้ลำดับเท่ากับ 14 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของลำดับที่ได้ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของแต่ละเดือนสำหรับทุกปี เพื่อแสดงให้เห็นถึงลุ่มน้ำย่อยที่มีสภาพชุ่มชื้นมากจนถึงน้อยที่สุดในแต่ละเดือนของแต่ละปีและแสดงค่าลำดับเฉลี่ยสำหรับทุกปี

### 5. เปรียบเทียบผลจากการประเมินค่าระหว่างดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI*

หลังจากได้ผลการประเมินค่าของทั้ง 3 ดัชนี โดยเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนสำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนและจัดลำดับสภาพความชุ่มชื้นในแต่ละลุ่มน้ำย่อยแต่ละดัชนี จากนั้นทำการเปรียบเทียบระหว่างดัชนี โดยพิจารณาถึงช่วงเดือนและปีที่เกิดสภาพความชุ่มชื้นและแห้งแล้ง ตลอดจนลุ่มน้ำย่อยที่มีสภาพความชุ่มชื้นและแห้งแล้งมากที่สุดมาพิจารณาถึงความแตกต่าง และความสอดคล้องที่บ่งบอกถึงลักษณะภัยแล้งของแต่ละดัชนี

## 6. วิเคราะห์ข้อมูลความลึกฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่

ในการคำนวณความลึกฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบนนั้น ดำเนินการโดยใช้วิธี Inverse Distance Square (IDS) โดยการใช้โปรแกรมประยุกต์ที่เขียนด้วยโปรแกรม MATLAB ที่พัฒนาขึ้นภายใต้โครงการ “การตรวจสอบภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้า สำหรับประเทศไทย” (นุชนารถ, 2556) โดยในการวิเคราะห์ความลึกฝนเฉลี่ยรายวันนั้น ในกรณีที่ทุกสถานีที่ได้รับการคัดเลือกมีข้อมูลความลึกฝนก็จะถูกนำมาหาค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อใช้ประกอบการประเมินความลึกฝนเฉลี่ยสำหรับลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณา แต่ในกรณีที่ในวันใดที่สถานีใดไม่มีข้อมูลความลึกฝนรายวันก็จะไม่มีการคิดค่าถ่วงน้ำหนักของสถานีนั้น และไม่นำมาคำนวณหาค่าความลึกฝนเฉลี่ย ทำให้สถานีวัดน้ำฝนที่มีข้อมูลไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการประเมินความลึกฝนเฉลี่ยสำหรับลุ่มน้ำที่พิจารณาได้ จากนั้นเมื่อได้ข้อมูลความลึกฝนรายวันแล้วจะทำการสะสมฝนเป็นราย 8 วันเพื่อใช้เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กับดัชนีภัยแล้งได้ในเวลาเดียวกันต่อไป

## 7. หาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี $NDVI$ , $NDWI$ และ $NDDI$ กับความลึกฝนสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดัชนี  $NDVI$ ,  $NDWI$  และ  $NDDI$  กับความลึกฝนสะสมสำหรับลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบนนั้น ได้แยกการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ออกเป็น 2 กรณี คือ (1) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดัชนีภัยแล้งราย 8 วัน กับความลึกฝนสะสมราย 8 วัน และ (2) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดัชนีภัยแล้งราย 8 วัน กับความลึกฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี โดยพิจารณาความลึกฝนในช่วงเวลาระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคมของแต่ละปีเท่านั้น เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณฝนชัดเจนและมีความสัมพันธ์ที่ดีกับค่าของดัชนีภัยแล้ง

## 8. เลือกดัชนีภัยแล้งเพื่อใช้ประเมินภัยแล้งสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำของประเทศไทย

ในการคัดเลือกดัชนีจากทั้ง 3 ดัชนีนั้น ใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกโดยการใช้ความสัมพันธ์กับความลึกฝนมาพิจารณาโดยมีสมมุติฐานว่า ดัชนีใดมีความสัมพันธ์ที่ดีกับความลึกฝนมากกว่าดัชนีอื่น ก็มีแนวโน้มว่าดัชนีนั้นน่าจะมีผลต่อการติดตามภัยแล้งได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากกว่าดัชนีอื่น ต่อจากนั้นจะนำดัชนีนั้นมาใช้ในการประเมินสภาพภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำ

ในประเทศไทยต่อไป โดยการประเมินดัชนีภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทยนั้น ได้เลือกวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะในช่วงปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553 แสดงในภาพรวมเท่านั้น

#### 9. สรุปผลการประเมินดัชนีภัยแล้งในลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย

การประเมินดัชนีภัยแล้ง สำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทยนั้น ได้เลือกวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะในช่วงปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553 โดยผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนสำหรับทุกจุดภาพของดัชนีที่ได้รับการคัดเลือกจะแสดงค่าดัชนีในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่ทำการศึกษาและจัดลำดับภัยแล้งที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ โดยกำหนดให้ลุ่มน้ำที่มีสภาพชุ่มชื้นมากที่สุดได้ลำดับเท่ากับ 1 และลุ่มน้ำที่มีสภาพชุ่มชื้นน้อยที่สุดหรือมีความแห้งแล้งมากที่สุดได้ลำดับเท่ากับ 25 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของลำดับที่ได้ในแต่ละลุ่มน้ำของแต่ละเดือนสำหรับทุกปี เพื่อแสดงให้เห็นถึงลุ่มน้ำที่มีสภาพชุ่มชื้นมากจนถึงน้อยที่สุดในแต่ละเดือนของแต่ละปีและแสดงค่าลำดับเฉลี่ยสำหรับทุกปี

## ผลและวิจารณ์

ผลการดำเนินงานวิจัยเรื่อง “การประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* เพื่อการตรวจสอบภัยแล้ง” สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้โดยสรุปดังนี้

1. ผลการประเมินคุณภาพที่มีเมฆปกคลุมในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยคำนวณจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล
  2. ผลการประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน
  3. การเปรียบเทียบผลการประเมินดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี
  4. ความลึกฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน
  5. ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี กับความลึกฝนสะสมสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน
  6. ผลการคัดเลือกดัชนีที่มีความเหมาะสมในการใช้ติดตามสภาพภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย
  7. ผลการประเมินสภาพความแห้งแล้งโดยใช้ดัชนี *NDWI* สำหรับ 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย
- สำหรับรายละเอียดของผลการศึกษาในแต่ละส่วนแสดงได้ดังต่อไปนี้

1. ผลการประเมินคุณภาพที่มีเมฆปกคลุมในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยคำนวณจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล

เนื่องจากในแต่ละแบนด์ของข้อมูลการสะท้อนกลับที่ถูกนำมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ MOD09A1 นั้น บางช่วงคลื่นมีผลกระทบจากเมฆอันเนื่องจากการดูดกลืนค่าการสะท้อนกลับของ

เมฆ โดยเฉพาะช่วงคลื่นที่สายตามองเห็นได้ (ความยาวคลื่นระหว่าง 0.4 ถึง 0.7 ไมโครเมตร) ดังนั้น เพื่อให้การประเมินค่าดัชนีภัยแล้งมีความถูกต้องมากขึ้น จึงต้องพิจารณากำจัดจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมออกจากจุดภาพทั้งหมดที่พิจารณา สำหรับแนวทางในการนำจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมออกนั้น ดำเนินการด้วยการใช้ข้อมูลรายละเอียดของเมฆที่ปกคลุมที่แสดงไว้ใน Science Data Sets (SDS) ในส่วนที่เรียกว่า Surface reflectance 500m state flags ซึ่งข้อมูลที่แสดงไว้ในส่วนนี้คือรายละเอียดของสถานะการประกันคุณภาพของข้อมูล (State Quality Assurance Description) โดยเลือกรายละเอียดที่ใช้ชื่อเฉพาะว่า “ธงที่แสดงอัลกอริทึมของเมฆภายในภาพการสะท้อนกลับ” (Internal Cloud Algorithm Flag) ซึ่งมีการแสดงข้อมูลสถานะภาพของจุดภาพว่ามีเมฆปกคลุมหรือไม่ โดยจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมจะมีค่าของจุดภาพเท่ากับ 1 และในกรณีที่ไม่มีเมฆปกคลุมจะมีค่าเท่ากับ 0 ทั้งนี้ ในการสร้างไฟล์ข้อมูลเมฆดังกล่าวดำเนินการโดยโปรแกรม LDOPE (MODIS Land Data Operational Product Evaluation) เพื่อการดึงค่าข้อมูลดังกล่าวออกมาสร้างเป็นไฟล์ข้อมูลเมฆปกคลุมในแต่ละจุดภาพ

ผลการตรวจสอบจำนวนจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมสำหรับภาพถ่ายราย 8 วัน ที่ครอบคลุมในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบนแสดงดังในตารางที่ 10 โดยในตารางดังกล่าวเป็นการแสดงเปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมเฉลี่ยรายเดือนเปรียบเทียบกับจำนวนจุดภาพทั้งหมดในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบนในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 โดยในตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ภาพการสะท้อนกลับที่มีเมฆปกคลุมเฉลี่ยมากที่สุดเกิดขึ้นในช่วงเดือน มิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมเปรียบเทียบกับจำนวนจุดภาพทั้งหมดเฉลี่ยในช่วงเดือนดังกล่าวเท่ากับ 71% , 77% และ 66% ตามลำดับ จากผลการตรวจสอบจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมดังกล่าวได้ถูกนำไปใช้เพื่อการกำจัดจุดภาพสำหรับดัชนีภัยแล้งที่มีผลกระทบจากเมฆต่อไป

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์จุดภาพที่มีเมฆปกคลุมเฉลี่ยรายเดือน เปรียบเทียบกับจำนวนจุดภาพทั้งหมดในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปึงตอนบน ในช่วง พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

หน่วย : เปอร์เซ็นต์

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปึงส่วนที่ 1	1	0	0	3	30	66	76	59	39	23	4	3	25
แม่้งัด	2	0	1	3	25	66	76	63	45	27	7	5	26
แม่แตง	2	0	0	5	38	74	83	68	48	31	6	5	30
แม่ปึงส่วนที่ 2	1	0	0	3	20	67	71	54	33	17	4	2	23
แม่ริม	2	0	0	4	26	67	73	60	36	23	6	4	25
แม่กวง	2	0	0	4	23	65	70	58	44	27	8	3	25
แม่งาน	2	0	1	6	34	74	80	68	47	30	8	5	30
แม่ลี	2	0	2	5	27	69	74	66	51	39	14	6	30
แม่กลาง	4	0	1	6	36	73	79	69	56	40	12	7	32
แม่ปึงส่วนที่ 3	2	0	1	5	27	69	75	65	47	33	11	5	28
แม่แจ่มตอนบน	2	0	1	8	45	80	85	76	56	35	6	3	33
แม่แจ่มตอนล่าง	2	0	1	8	40	77	82	74	52	27	6	2	31
แม่หาด	2	0	2	4	20	64	71	63	43	37	13	5	27
แม่ต๋น	2	0	2	10	42	79	84	77	60	42	14	4	35
เฉลี่ยทุกลุ่มน้ำย่อย	2	0	1	5	31	71	77	66	47	31	8	4	29



## 2. ผลการประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

ในการศึกษานี้ได้ทำการประเมินค่าของดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* ราย 8 วัน สำหรับทุกจุดภาพในลุ่มน้ำปิงตอนบน ระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 จากข้อมูลดังกล่าวได้นำค่าของดัชนีราย 8 วัน ของแต่ละดัชนีมาสรุปผลดังในหัวข้อต่อไปนี้ (1) การกำหนดเกณฑ์ของดัชนีภัยแล้ง (2) ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนีภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน (3) ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนีภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน (4) การสรุปผลการประเมินดัชนีภัยแล้งสำหรับแต่ละเดือนและแต่ละปีในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน (5) การแสดงภาพการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุดรายเดือน ของดัชนีภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน (6) การจัดลำดับสภาพความแห้งแล้ง โดยดัชนีภัยแล้งสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน สำหรับรายละเอียดของผลการประเมินในแต่ละดัชนีแสดงได้ดังนี้

### 2.1 ผลการวิเคราะห์ดัชนี *NDVI* ในลุ่มน้ำปิงตอนบน

#### 2.1.1 การกำหนดเกณฑ์ของดัชนี *NDVI*

ผลการเฉลี่ยแบบรายเดือนในแต่ละจุดภาพสำหรับปี พ.ศ. 2544 และ พ.ศ. 2553 แสดงดังในภาพที่ 10 และภาพที่ 11 โดยผลการเฉลี่ยรายเดือนของช่วงปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2552 แสดงดังในภาคผนวก ข (ภาพผนวกที่ ข1 ถึง ข8) ตามลำดับ โดยในภาพดังกล่าวได้มีการแบ่งช่วงของค่าดัชนี *NDVI* ออกเป็น 10 ช่วง โดยมีความแตกต่างระหว่างช่วงเท่ากับ 0.075 ทั้งนี้ ได้กำหนดการใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละช่วงโดยกำหนดให้มีเกณฑ์ที่สำคัญ 4 เกณฑ์ คือ สีเขียว เหลือง แดง และ น้ำเงิน เพื่อใช้เป็นตัวแทนของ *NDVI* ที่มีค่ามาก ( $>0.700$ ) ค่าปานกลาง (0.475 ถึง 0.700) ค่าน้อย (0.250 ถึง 0.475) และน้อยที่สุด ( $< 0.250$ ) ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงสภาพความชุ่มชื้น สภาพปานกลาง สภาพแห้งแล้ง และน้ำรวมถึงพื้นดินว่างเปล่า ตามลำดับ ทั้งนี้ในแต่ละเกณฑ์ได้กำหนดให้มีโทนที่เข้มและอ่อนตามสภาพความแห้งแล้งหรือชุ่มชื้นที่มากน้อยต่างกันไป จากผลการจัดลำดับเกณฑ์ดังกล่าวทำให้สามารถทำความเข้าใจผลการประเมินค่าดัชนี *NDVI* ในแต่ละจุดภาพของแต่ละเดือนของทุกปีได้ จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ดัชนี *NDVI* สามารถสร้างความเข้าใจต่อสภาพความชุ่มชื้นและความแห้งแล้งได้อย่างชัดเจน โดยสภาพความชุ่มชื้นจะเกิดขึ้นชัดเจนในช่วงฤดูฝนและสภาพความแห้งแล้งจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง และเนื่องจากการแสดงผลของดัชนี *NDVI* เป็นภาพการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ในแต่ละจุดภาพทำให้สามารถเห็นภาพความแตกต่างที่ชัดเจนในรายละเอียด

### 2.1.2 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับลุ่มน้ำปึงตอนบน

ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบน ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ดังแสดงในตารางที่ 11 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ค่าของดัชนี *NDVI* มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 0.792 และ 0.520 ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2550 และเดือนเมษายน พ.ศ. 2547 ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* นั้น พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดรายเดือน 3 ลำดับแรก มีค่าเท่ากับ 0.768, 0.730 และ 0.730 ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม และตุลาคม ตามลำดับ และสำหรับค่าเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือน 3 ลำดับแรก มีค่าเท่ากับ 0.578, 0.601 และ 0.610 ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนมีนาคม เมษายน และ กุมภาพันธ์ ตามลำดับ และสำหรับปีที่มีค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.696 ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2546 และสำหรับปีที่มีค่าเฉลี่ยรายปีต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 0.643 ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553

### 2.1.3 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปึงตอนบน

สำหรับผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำของกลุ่มน้ำปึงตอนบน สำหรับปี พ.ศ. 2544 และ พ.ศ. 2553 แสดงดังในตารางที่ 12 และ ตารางที่ 13 โดยผลประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2552 แสดงในภาคผนวก ข (ตารางผนวกที่ ข1 ถึง ข8) ตามลำดับ จากตารางดังกล่าว พบว่า ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* ทั้ง 14 ลุ่มน้ำย่อย มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.841 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำแม่แดง ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.384 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำแม่หาด ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548

### 2.1.4 การสรุปผลการประเมินดัชนี *NDVI* สำหรับแต่ละเดือนและแต่ละปีในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปึงตอนบน

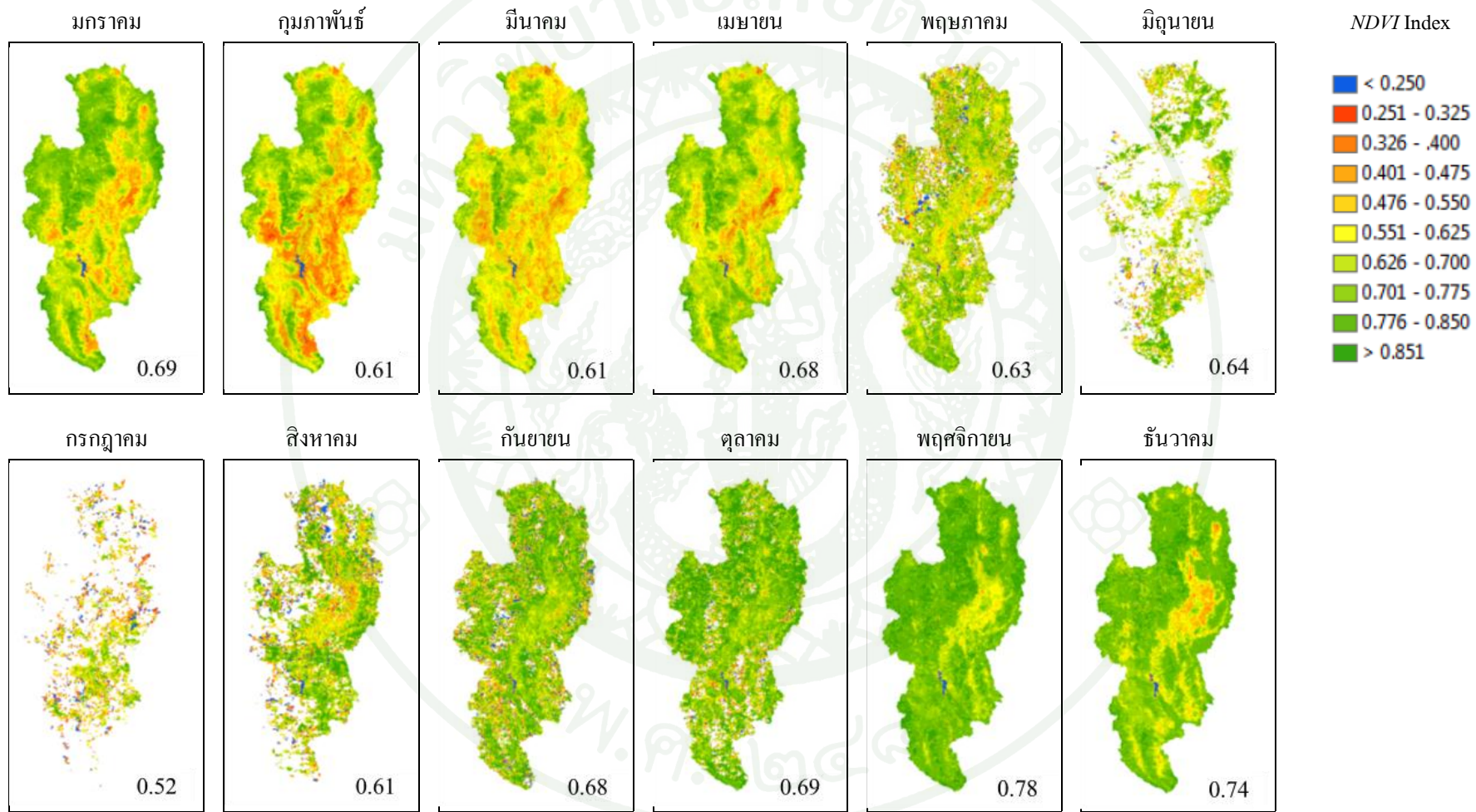
เพื่อให้เห็นภาพการเปรียบเทียบค่าของดัชนี *NDVI* สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในทุกปีได้ชัดเจนขึ้น จึงได้สรุปค่าของดัชนี *NDVI* ในแต่ละเดือนและแต่ละลุ่มน้ำย่อยของทุกปีดังแสดงในตารางที่ 14 โดยในตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าค่าของดัชนี *NDVI* เฉลี่ยทั่วลุ่มน้ำเท่ากับ 0.663 สำหรับในส่วนของค่าเฉลี่ยรายปีของแต่ละลุ่มน้ำย่อยนั้น พบว่า ค่าของดัชนี *NDVI* มีค่าสูงสุด 3 ลำดับแรก เท่ากับ 0.702, 0.702 และ 0.692 ซึ่งเกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่แดง แม่ริม และแม่งาน ตามลำดับ และมีค่าต่ำสุด 3 ลำดับแรก เท่ากับ 0.612, 0.624 และ 0.627 ซึ่งเกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำปึงส่วนที่ 2 แม่ลี และลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำปึงส่วนที่ 3 ตามลำดับ

### 2.1.5 การแสดงภาพการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุดรายเดือน ของดัชนี *NDVI* สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน

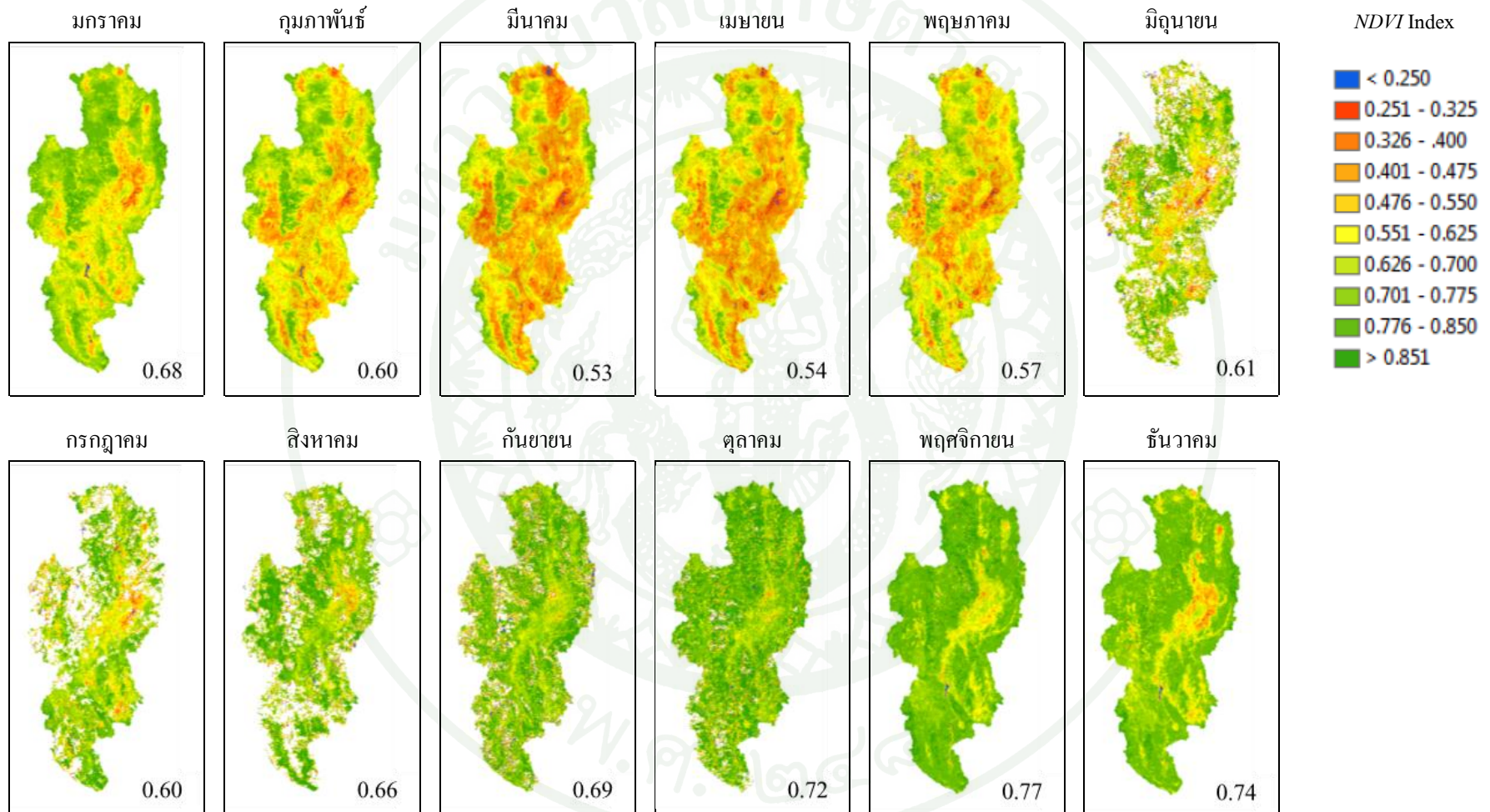
นอกจากนั้นแล้ว ได้นำค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด ในแต่ละเดือนของทั้งลุ่มน้ำปิงตอนบนมาแสดงภาพการเปลี่ยนแปลงดังในภาพที่ 12 โดยในภาพดังกล่าวได้แสดงค่าของดัชนี *NDVI* ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์เพื่อให้เห็นภาพในลักษณะของกราฟที่มีความต่อเนื่อง จากรูปดังกล่าวแสดงค่าต่ำสุดของค่าดัชนี *NDVI* อยู่ในช่วงเดือนมีนาคมและจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงเดือนพฤษภาคมและจะมีค่าลดลงในช่วงเดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคมก่อนจะมีค่าเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนสูงสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายนและค่อย ๆ ลดลงจนถึงเดือนกุมภาพันธ์

### 2.1.6 การจัดลำดับสภาพความแห้งแล้งโดยดัชนี *NDVI* สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน

จากตารางที่ 12 และตารางที่ 13 และตารางผนวกที่ ข1 ถึง ตารางที่ ข8 ซึ่งแสดงค่าของดัชนี *NDVI* เฉลี่ยรายเดือนสำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำของลุ่มน้ำปิงตอนบนระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ตามที่กล่าวแล้วข้างต้น จากค่าของดัชนี *NDVI* ดังกล่าวได้นำค่าของดัชนี *NDVI* ในแต่ละเดือนของแต่ละปีมาจัดลำดับภัยแล้งที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำย่อย โดยกำหนดให้ลุ่มน้ำย่อยที่มีค่าของดัชนี *NDVI* สูงสุด ซึ่งหมายถึงมีสภาพชุ่มชื้นมากที่สุดได้ลำดับเท่ากับ 1 และลุ่มน้ำย่อยที่มีค่าของดัชนี *NDVI* ต่ำสุด ซึ่งหมายถึงมีสภาพชุ่มชื้นน้อยที่สุดหรือมีความแห้งแล้งมากที่สุดได้ลำดับเท่ากับ 14 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของลำดับที่ได้ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของแต่ละเดือนสำหรับทุกปีดังแสดงลำดับดังกล่าวในตารางที่ 14 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าลุ่มน้ำย่อยที่มีลำดับความชุ่มชื้นเฉลี่ยรายปีสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำย่อยแม่แดง แม่ริม และแม่งาน โดยมีค่าเฉลี่ยของลำดับความชุ่มชื้นสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.33, 3.60 และ 4.27 ตามลำดับ และลุ่มน้ำย่อยที่มีลำดับความแห้งแล้งสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 2 แม่ลี และแม่น้ำปิงส่วนที่ 3 โดยมีค่าเฉลี่ยของลำดับความแห้งแล้ง เท่ากับ 9.24, 8.41 และ 8.05 ตามลำดับ



ภาพที่ 11 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDVI สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบน ในปี พ.ศ. 2544



ภาพที่ 12 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ในปี พ.ศ. 2553

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

ปี พ.ศ.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
2544	0.688	0.608	0.610	0.675	0.633	0.635	0.521	0.615	0.682	0.686	0.780	0.744	0.656
2545	0.700	0.624	0.578	0.596	0.630	0.625	0.606	0.669	0.698	0.771	0.767	0.760	0.669
2546	0.739	0.690	0.624	0.640	0.683	0.646	0.702	0.674	0.720	0.754	0.780	0.696	0.696
2547	0.637	0.574	0.540	0.520	0.669	0.681	0.640	0.655	0.708	0.759	0.743	0.712	0.653
2548	0.629	0.550	0.562	0.611	0.641	0.568	0.629	0.675	0.693	0.721	0.744	0.742	0.647
2549	0.712	0.639	0.584	0.604	0.670	0.627	0.662	0.654	0.673	0.742	0.775	0.716	0.672
2550	0.653	0.586	0.542	0.580	0.639	0.674	0.692	0.671	0.697	0.704	0.792	0.738	0.664
2551	0.662	0.634	0.582	0.604	0.658	0.638	0.584	0.663	0.677	0.713	0.776	0.737	0.661
2552	0.692	0.597	0.577	0.612	0.641	0.640	0.625	0.722	0.726	0.728	0.758	0.717	0.670
2553	0.676	0.601	0.533	0.544	0.568	0.611	0.602	0.657	0.695	0.721	0.768	0.739	0.643
ค่าเฉลี่ย	0.679	0.610	0.573	0.599	0.643	0.635	0.627	0.665	0.697	0.730	0.768	0.730	0.663
ค่าสูงสุด	0.739	0.690	0.624	0.675	0.683	0.681	0.702	0.722	0.726	0.771	0.792	0.760	0.696
ค่าต่ำสุด	0.629	0.550	0.533	0.520	0.568	0.568	0.521	0.615	0.673	0.686	0.743	0.696	0.643

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2544

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.706 (8)	0.623 (7)	0.588 (8)	0.659 (9)	0.633 (8)	0.637 (5)	0.436 (13)	0.642 (3)	0.720 (3)	0.695 (6)	0.791 (7)	0.770 (4)	0.658
แม่จืด	0.713 (6)	0.642 (6)	0.628 (6)	0.693 (7)	0.650 (4)	0.706 (3)	0.476 (12)	0.593 (12)	0.683 (7)	0.704 (4)	0.789 (8)	0.755 (7)	0.669
แม่แตง	0.767 (1)	0.723 (1)	0.678 (1)	0.723 (2)	0.600 (11)	0.629 (7)	0.481 (11)	0.628 (4)	0.666 (9)	0.712 (2)	0.812 (1)	0.798 (1)	0.685
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.589 (14)	0.528 (11)	0.570 (11)	0.590 (14)	0.625 (9)	0.560 (14)	0.511 (8)	0.594 (10)	0.711 (4)	0.695 (7)	0.706 (14)	0.649 (14)	0.611
แม่ริม	0.739 (5)	0.690 (3)	0.665 (3)	0.710 (6)	0.645 (5)	0.736 (1)	0.644 (1)	0.593 (11)	0.722 (2)	0.728 (1)	0.802 (4)	0.758 (6)	0.703
แม่กวง	0.631 (10)	0.552 (10)	0.573 (10)	0.604 (13)	0.596 (13)	0.609 (10)	0.517 (7)	0.620 (7)	0.652 (12)	0.683 (10)	0.744 (13)	0.702 (13)	0.624
แม่งาน	0.753 (3)	0.689 (4)	0.658 (4)	0.713 (4)	0.597 (12)	0.694 (4)	0.544 (5)	0.600 (9)	0.698 (5)	0.694 (8)	0.797 (5)	0.766 (5)	0.684
แม่ลี	0.623 (12)	0.507 (13)	0.543 (13)	0.627 (12)	0.644 (6)	0.564 (13)	0.601 (2)	0.655 (2)	0.638 (14)	0.62 (14)	0.748 (11)	0.719 (11)	0.624
แม่กลาง	0.745 (4)	0.679 (5)	0.675 (2)	0.742 (1)	0.644 (7)	0.712 (2)	0.537 (6)	0.610 (8)	0.671 (8)	0.684 (9)	0.787 (9)	0.775 (3)	0.688
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.624 (11)	0.511 (12)	0.558 (12)	0.649 (11)	0.658 (3)	0.581 (12)	0.564 (3)	0.622 (6)	0.648 (13)	0.645 (13)	0.745 (12)	0.714 (12)	0.626
แม่แจ่มตอนบน	0.761 (2)	0.709 (2)	0.650 (5)	0.720 (3)	0.601 (10)	0.616 (9)	0.423 (14)	0.540 (14)	0.666 (10)	0.682 (11)	0.811 (2)	0.790 (2)	0.664
แม่แจ่มตอนล่าง	0.672 (9)	0.571 (9)	0.585 (9)	0.654 (10)	0.592 (14)	0.598 (11)	0.487 (10)	0.624 (5)	0.696 (6)	0.705 (3)	0.805 (3)	0.749 (9)	0.645
แม่หาด	0.595 (13)	0.465 (14)	0.535 (14)	0.659 (8)	0.703 (1)	0.637 (6)	0.556 (4)	0.713 (1)	0.727 (1)	0.703 (5)	0.783 (10)	0.724 (10)	0.650
แม่ต้น	0.708 (7)	0.622 (8)	0.628 (7)	0.710 (5)	0.673 (2)	0.616 (8)	0.503 (9)	0.578 (13)	0.653 (11)	0.646 (12)	0.794 (6)	0.752 (8)	0.657
ค่าเฉลี่ย	0.688	0.608	0.610	0.675	0.633	0.635	0.520	0.615	0.682	0.686	0.780	0.744	0.656
ค่าสูงสุด	0.767	0.723	0.678	0.742	0.703	0.736	0.644	0.713	0.727	0.728	0.812	0.798	0.703
ค่าต่ำสุด	0.589	0.465	0.535	0.590	0.592	0.560	0.423	0.540	0.638	0.620	0.706	0.649	0.611

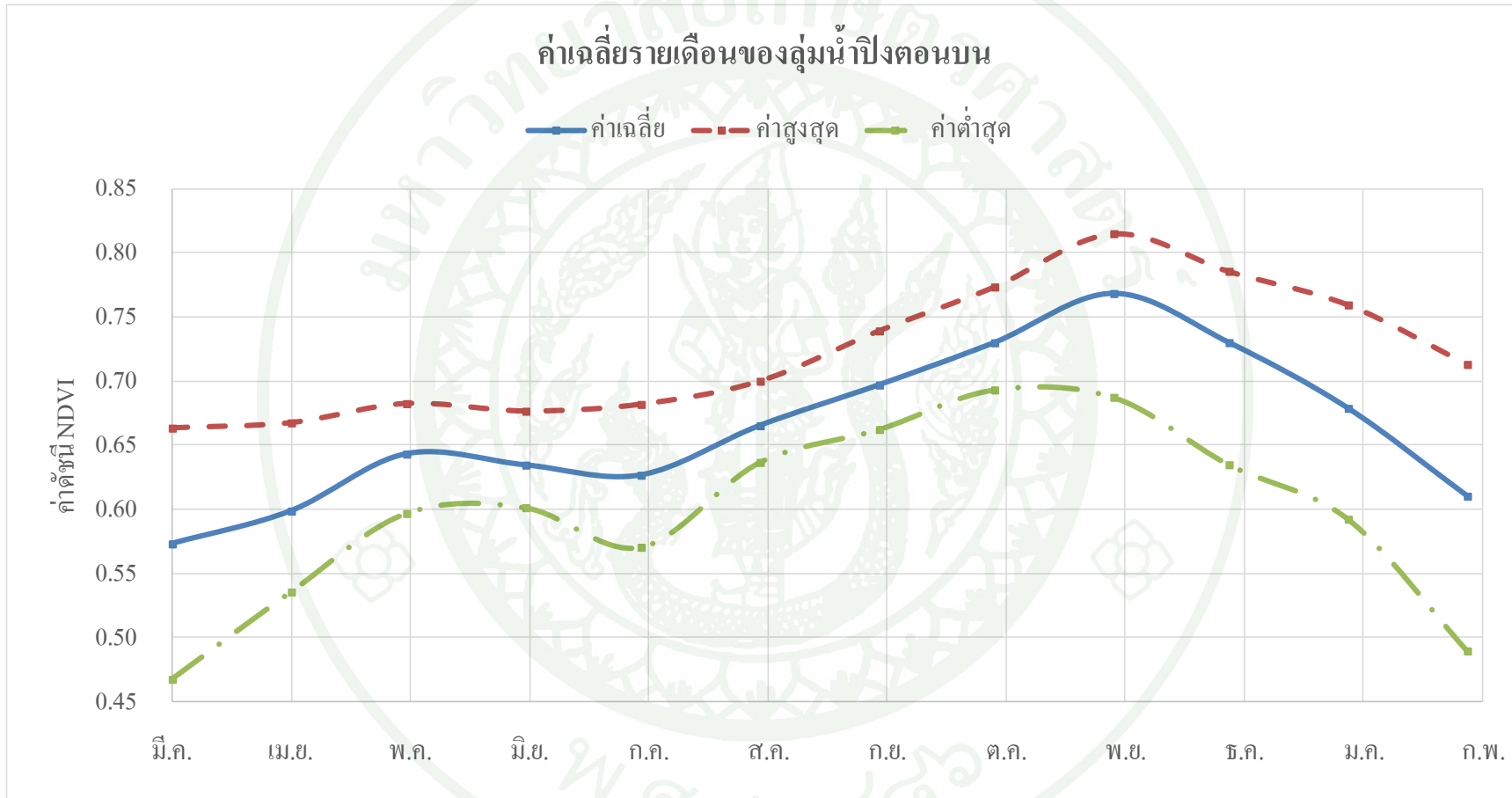
ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.687 (8)	0.580 (8)	0.462 (14)	0.530 (8)	0.553 (9)	0.619 (7)	0.635 (3)	0.701 (1)	0.725 (2)	0.733 (7)	0.780 (7)	0.740 (8)	0.645
แม่จืด	0.712 (5)	0.634 (6)	0.548 (7)	0.566 (7)	0.601 (3)	0.671 (1)	0.636 (2)	0.678 (4)	0.698 (6)	0.693 (13)	0.767 (9)	0.747 (6)	0.663
แม่แตง	0.752 (1)	0.688 (1)	0.588 (3)	0.616 (1)	0.599 (5)	0.599 (9)	0.629 (4)	0.646 (10)	0.699 (5)	0.737 (5)	0.802 (1)	0.777 (1)	0.678
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.583 (14)	0.524 (14)	0.478 (12)	0.473 (13)	0.498 (14)	0.515 (14)	0.596 (8)	0.626 (12)	0.690 (11)	0.701 (11)	0.684 (14)	0.647 (14)	0.584
แม่ริม	0.705 (6)	0.648 (5)	0.561 (6)	0.588 (4)	0.619 (1)	0.656 (4)	0.645 (1)	0.670 (6)	0.682 (12)	0.765 (1)	0.784 (5)	0.745 (7)	0.672
แม่กวง	0.619 (12)	0.546 (10)	0.496 (9)	0.496 (11)	0.527 (13)	0.539 (13)	0.568 (12)	0.600 (14)	0.690 (10)	0.734 (6)	0.743 (12)	0.705 (13)	0.605
แม่งาน	0.729 (3)	0.656 (3)	0.584 (4)	0.583 (5)	0.599 (6)	0.670 (2)	0.591 (10)	0.659 (9)	0.692 (9)	0.743 (3)	0.782 (6)	0.765 (5)	0.671
แม่ลี	0.619 (13)	0.545 (11)	0.476 (13)	0.465 (14)	0.529 (12)	0.581 (10)	0.595 (9)	0.684 (3)	0.701 (4)	0.706 (9)	0.730 (13)	0.707 (12)	0.612
แม่กลาง	0.719 (4)	0.651 (4)	0.599 (2)	0.601 (3)	0.600 (4)	0.633 (6)	0.556 (13)	0.677 (5)	0.698 (7)	0.705 (10)	0.790 (4)	0.768 (4)	0.666
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.635 (10)	0.539 (12)	0.489 (10)	0.496 (10)	0.548 (10)	0.610 (8)	0.625 (5)	0.616 (13)	0.711 (3)	0.714 (8)	0.754 (11)	0.732 (11)	0.622
แม่แจ่มตอนบน	0.737 (2)	0.681 (2)	0.616 (1)	0.605 (2)	0.572 (7)	0.577 (11)	0.568 (11)	0.663 (7)	0.625 (14)	0.738 (4)	0.796 (2)	0.774 (2)	0.663
แม่แจ่มตอนล่าง	0.649 (9)	0.557 (9)	0.507 (8)	0.523 (9)	0.534 (11)	0.570 (12)	0.541 (14)	0.637 (11)	0.695 (8)	0.746 (2)	0.777 (8)	0.733 (10)	0.622
แม่หาด	0.622 (11)	0.536 (13)	0.481 (11)	0.491 (12)	0.558 (8)	0.661 (3)	0.624 (6)	0.687 (2)	0.763 (1)	0.694 (12)	0.762 (10)	0.739 (9)	0.635
แม่ต้น	0.698 (7)	0.625 (7)	0.579 (5)	0.577 (6)	0.615 (2)	0.655 (5)	0.617 (7)	0.660 (8)	0.658 (13)	0.679 (14)	0.796 (3)	0.771 (3)	0.661
ค่าเฉลี่ย	0.676	0.601	0.533	0.544	0.568	0.611	0.602	0.657	0.695	0.721	0.768	0.739	0.643
ค่าสูงสุด	0.752	0.688	0.616	0.616	0.619	0.671	0.645	0.701	0.763	0.765	0.802	0.777	0.678
ค่าต่ำสุด	0.583	0.524	0.462	0.465	0.498	0.515	0.541	0.600	0.625	0.679	0.684	0.647	0.584



ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยโดยเฉลี่ย (ลำดับเฉลี่ย) ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.709 (5.5)	0.627 (5.8)	0.559 (6.8)	0.596 (6.5)	0.652 (5.1)	0.656 (3.9)	0.63 (5.2)	0.7 (2.5)	0.728 (2.9)	0.754 (3.4)	0.792 (4.2)	0.751 (5.2)	0.679 (4.8)
แม่จืด	0.718 (4.5)	0.665 (4.4)	0.613 (4.9)	0.628 (4.9)	0.658 (4.5)	0.652 (4.3)	0.622 (6.2)	0.653 (7.1)	0.703 (5.5)	0.739 (5.2)	0.78 (5.7)	0.747 (5.5)	0.681 (5.2)
แม่แตง	0.759 (1.2)	0.713 (1)	0.663 (1.3)	0.667 (1.5)	0.661 (4.1)	0.614 (7.4)	0.607 (8)	0.678 (5.1)	0.708 (4.7)	0.751 (3.4)	0.815 (1.1)	0.786 (1.3)	0.702 (3.3)
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.592 (10.5)	0.538 (9)	0.526 (8.2)	0.54 (9.5)	0.597 (10)	0.601 (8.6)	0.601 (8.3)	0.637 (8.7)	0.685 (7.5)	0.709 (8.7)	0.687 (10.9)	0.635 (10.9)	0.612 (9.2)
แม่ริม	0.722 (4.5)	0.683 (3.1)	0.644 (2.9)	0.658 (2.5)	0.682 (2)	0.658 (4.1)	0.641 (5.2)	0.68 (5.6)	0.739 (2.4)	0.773 (1.4)	0.791 (4.2)	0.748 (5.4)	0.702 (3.6)
แม่กวง	0.634 (8.1)	0.567 (7.5)	0.54 (7.3)	0.565 (8.2)	0.627 (8)	0.618 (7.8)	0.627 (6.2)	0.637 (8.3)	0.681 (7.9)	0.722 (7.5)	0.731 (9.2)	0.685 (9.5)	0.636 (7.9)
แม่จาง	0.738 (2.6)	0.682 (3.2)	0.638 (3.5)	0.646 (3.2)	0.66 (4.5)	0.638 (6.2)	0.639 (5.1)	0.676 (4.8)	0.695 (5.8)	0.736 (5)	0.792 (4.1)	0.767 (3.2)	0.692 (4.3)
แม่ลี	0.611 (9.4)	0.518 (9.5)	0.482 (9.8)	0.536 (9.2)	0.626 (7.8)	0.621 (7.3)	0.646 (4.9)	0.666 (5.7)	0.674 (8.5)	0.693 (10)	0.728 (9.4)	0.686 (9.4)	0.624 (8.4)
แม่กลาง	0.725 (3.9)	0.671 (4.2)	0.641 (3)	0.652 (2.9)	0.667 (3.8)	0.639 (5.8)	0.636 (5)	0.683 (4.7)	0.696 (6.2)	0.715 (7.8)	0.784 (5.3)	0.758 (4)	0.689 (4.7)
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.607 (9.1)	0.509 (9.8)	0.484 (9.8)	0.537 (9.6)	0.625 (8)	0.65 (3.8)	0.639 (5)	0.66 (6.7)	0.68 (7.4)	0.697 (9.5)	0.736 (9.2)	0.697 (8.8)	0.627 (8.1)
แม่แจ่มตอนบน	0.751 (1.6)	0.701 (1.8)	0.655 (2.1)	0.649 (2.9)	0.63 (6.7)	0.604 (8.2)	0.57 (8.3)	0.641 (8)	0.67 (8.3)	0.735 (5.4)	0.809 (1.7)	0.784 (1.5)	0.683 (4.7)
แม่แจ่มตอนล่าง	0.651 (7.2)	0.565 (7.6)	0.53 (7.8)	0.558 (8.4)	0.612 (9.4)	0.635 (6.6)	0.617 (7)	0.665 (5.8)	0.704 (5)	0.749 (3.3)	0.775 (6.2)	0.725 (6.8)	0.649 (6.8)
แม่หาด	0.593 (10.1)	0.49 (10.9)	0.468 (10.6)	0.537 (9)	0.655 (5.1)	0.677 (3.4)	0.682 (2.3)	0.698 (3)	0.732 (2.5)	0.729 (6.4)	0.747 (8.2)	0.694 (8.5)	0.642 (6.7)
แม่ตื่น	0.693 (5.8)	0.616 (6.2)	0.582 (5.7)	0.61 (5.6)	0.652 (5.1)	0.621 (6.5)	0.616 (7.4)	0.642 (8.1)	0.662 (9.4)	0.718 (7.2)	0.787 (4.6)	0.759 (4.2)	0.663 (6.3)
ค่าเฉลี่ย	0.679	0.610	0.573	0.599	0.643	0.635	0.627	0.665	0.697	0.730	0.768	0.730	0.663
ค่าสูงสุด	0.759	0.713	0.663	0.667	0.682	0.677	0.682	0.700	0.739	0.773	0.815	0.786	0.702
ค่าต่ำสุด	0.592	0.490	0.468	0.536	0.597	0.601	0.570	0.637	0.662	0.693	0.687	0.635	0.612



ภาพที่ 13 ค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด ของดัชนี NDVI ของกลุ่มน้ำปึงตอนบน ในระหว่าง พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

## 2.2 ผลการวิเคราะห์ดัชนี *NDWI* ในลุ่มน้ำปึงตอนบน

### 2.2.1 การกำหนดเกณฑ์ของดัชนี *NDWI*

ผลการเฉลี่ยแบบรายเดือนในแต่ละจุดภาพสำหรับปี พ.ศ. 2544 และ พ.ศ. 2553 แสดงดังในภาพที่ 13 และ ภาพที่ 14 โดยผลการเฉลี่ยรายเดือนของช่วงปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2552 แสดงดังในภาคผนวก ค (ภาพผนวกที่ ค1 ถึง ค8) ตามลำดับ โดยในภาพดังกล่าวได้มีการแบ่งช่วงของค่าดัชนี *NDWI* ออกเป็น 9 ช่วง โดยมีความแตกต่างระหว่างช่วงเท่ากับ 0.03 ทั้งนี้ ได้กำหนดการใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละช่วงโดยกำหนดให้มีเกณฑ์ที่สำคัญ 3 เกณฑ์ คือ สีเขียว เหลือง และ แดง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของ *NDWI* ที่มีค่ามาก ( $> 0.001$ ) ค่าปานกลาง ( $-0.089$  ถึง  $0.000$ ) ค่าน้อย ( $-0.149$  ถึง  $-0.090$ ) และน้อยที่สุด ( $< -0.150$ ) ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงสภาพความชุ่มชื้น สภาพปานกลาง สภาพแห้งแล้ง และสภาพแห้งแล้งมาก ตามลำดับ ทั้งนี้ในแต่ละเกณฑ์ได้กำหนดให้มีโทนที่เข้มและอ่อนตามสภาพความแห้งแล้งหรือชุ่มชื้นที่มากน้อยต่างกันไป จากผลการจัดลำดับเกณฑ์ดังกล่าวทำให้สามารถทำความเข้าใจผลการประเมินค่า ดัชนี *NDWI* ในแต่ละจุดภาพของแต่ละเดือนของทุกปีได้ จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ดัชนี *NDWI* สามารถสร้างความเข้าใจต่อสภาพความชุ่มชื้นและความแห้งแล้งได้อย่างชัดเจน โดยสภาพความชุ่มชื้นจะเกิดขึ้นชัดเจนในช่วงฤดูฝนและสภาพความแห้งแล้งจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง และเนื่องจากการแสดงผลของดัชนี *NDWI* เป็นภาพการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ในแต่ละจุดภาพทำให้สามารถเห็นภาพความแตกต่างที่ชัดเจนในรายละเอียด

### 2.2.2 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับลุ่มน้ำปึงตอนบน

ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบน ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ดังแสดงในตารางที่ 15 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ค่าของดัชนี *NDWI* มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 0.029 และ -0.107 ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2544 และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* นั้น พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดรายเดือน 3 ลำดับแรก มีค่าเท่ากับ 0.012, 0.010 และ 0.008 ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และ มิถุนายน ตามลำดับ และสำหรับค่าเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือน 3 ลำดับแรก มีค่าเท่ากับ -0.094, -0.094 และ -0.078 ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม และ มกราคม ตามลำดับ และสำหรับปีที่มีค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดมีค่าเท่ากับ -0.021 ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2544 และสำหรับปีที่มีค่าเฉลี่ยรายปีต่ำสุดมีค่าเท่ากับ -0.047 ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553

### 2.2.3 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน

สำหรับผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำของกลุ่มน้ำปิงตอนบน สำหรับปี พ.ศ. 2544 และ พ.ศ. 2553 แสดงดังในตารางที่ 16 และ ตารางที่ 17 โดยผลประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2552 แสดงในภาคผนวก ค. (ตารางผนวกที่ ค1 ถึง ค8) ตามลำดับ จากตารางดังกล่าว พบว่า ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* ทั้ง 14 ลุ่มน้ำย่อย มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.041 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำแม่ตั้น ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2544 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.158 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำแม่หาด ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548

### 2.2.4 การสรุปผลการประเมินดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละเดือนและแต่ละปีในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน

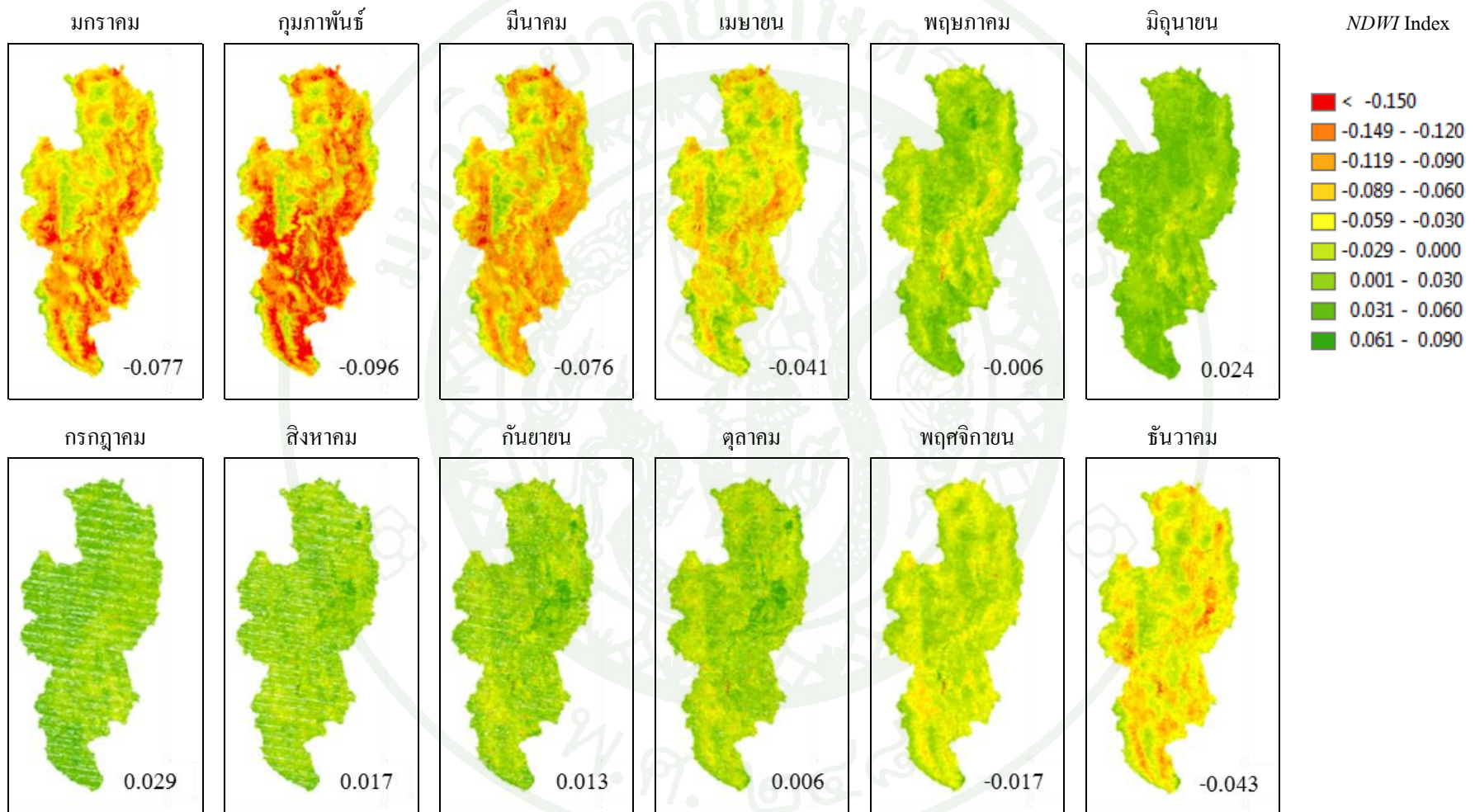
เพื่อให้เห็นภาพการเปรียบเทียบค่าของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำของกลุ่มน้ำปิงตอนบนในทุกปีได้ชัดเจนขึ้น ได้สรุปค่าของดัชนี *NDWI* ในแต่ละเดือนและแต่ละลุ่มน้ำย่อยของทุกปีดังแสดงในตารางที่ 18 โดยในตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าค่าของดัชนี *NDWI* เฉลี่ยทุกลุ่มน้ำเท่ากับ -0.035 สำหรับในส่วน of ค่าเฉลี่ยรายปีของแต่ละลุ่มน้ำย่อยนั้นพบว่าค่าของดัชนี *NDWI* มีค่าสูงสุด 3 ลำดับแรก เท่ากับ -0.0203, -0.0206 และ -0.0254 ซึ่งเกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่ริม แม่กลาง และแม่แดง ตามลำดับ และมีค่าต่ำสุด 3 ลำดับแรก เท่ากับ -0.0494, -0.0487 และ -0.0486 ซึ่งเกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่หาด แม่น้ำปิงส่วนที่ 3 และแม่ลี ตามลำดับ

### 2.2.5 การแสดงภาพการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุดรายเดือน ของดัชนี *NDWI* สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน

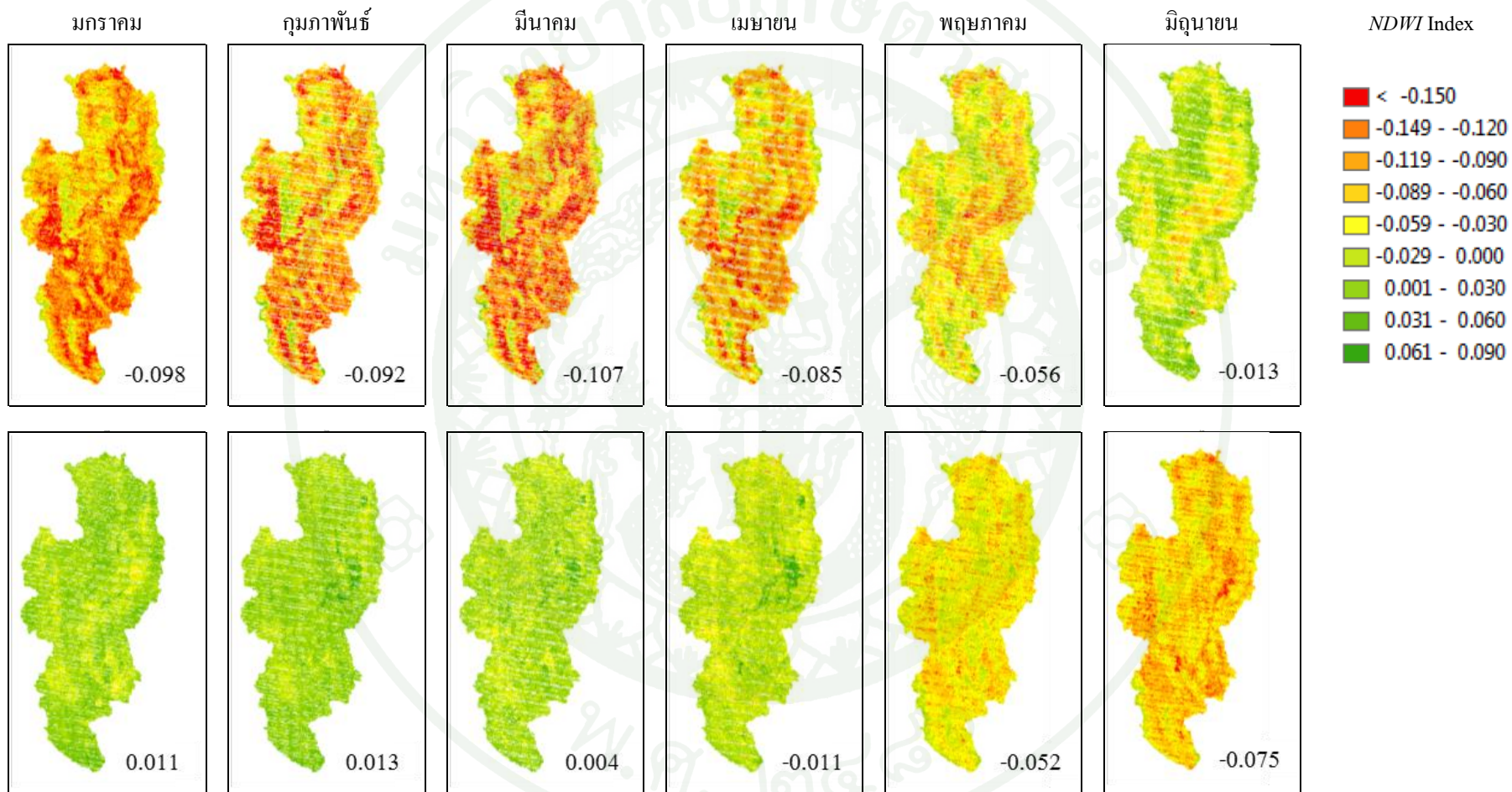
นอกจากนั้นแล้ว ได้นำค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด ในแต่ละเดือนของทั้งลุ่มน้ำปิงตอนบนมาแสดงภาพการเปลี่ยนแปลงดังในภาพที่ 15 โดยในรูปดังกล่าวได้แสดงค่าของดัชนี *NDWI* ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์เพื่อให้เห็นภาพในลักษณะของกราฟแบบรูปไซน์ (Sine Curve) ที่มีความต่อเนื่องในทำนองเดียวกันในแต่ละปี จากรูปดังกล่าวแสดงค่าต่ำสุดของค่าดัชนี *NDWI* อยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดประมาณเดือนกรกฎาคม จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงจนมีค่าต่ำสุดอีกครั้งหนึ่งประมาณเดือนกุมภาพันธ์

## 2.2.6 การจัดลำดับสภาพความแห้งแล้งโดยดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน

จากตารางที่ 16 และตารางที่ 17 รวมถึงตารางผนวกที่ ค1 ถึง ตารางที่ ค8 ซึ่งแสดงค่าของดัชนี *NDWI* เฉลี่ยรายเดือนสำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำของกลุ่มน้ำปิงตอนบนระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ตามที่กล่าวแล้วข้างต้น จากค่าของดัชนี *NDWI* ดังกล่าว ได้นำค่าของดัชนี *NDWI* ในแต่ละเดือนของแต่ละปีมาจัดลำดับภัยแล้งที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำย่อย โดยกำหนดให้ลุ่มน้ำย่อยที่มีค่าของดัชนี *NDWI* สูงสุด ซึ่งหมายถึงมีสภาพชุ่มชื้นมากที่สุด ได้ลำดับเท่ากับ 1 และลุ่มน้ำย่อยที่มีค่าของดัชนี *NDWI* ต่ำสุด ซึ่งหมายถึงมีสภาพชุ่มชื้นน้อยที่สุดหรือมีความแห้งแล้งมากที่สุด ได้ลำดับเท่ากับ 14 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของลำดับที่ได้ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของแต่ละเดือนสำหรับทุกปีดังแสดงลำดับดังกล่าวในตารางที่ 18 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าลุ่มน้ำย่อยที่มีลำดับความชุ่มชื้นเฉลี่ยรายปีสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำย่อยแม่ริม แม่กลาง และแม่แตง โดยมีค่าเฉลี่ยของลำดับความชุ่มชื้นสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.96, 2.33 และ 3.80 ตามลำดับ และลุ่มน้ำย่อยที่มีลำดับความแห้งแล้งสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 3 แม่ลี และแม่หาด โดยมีค่าเฉลี่ยของลำดับความแห้งแล้ง เท่ากับ 9.19, 8.97 และ 7.84 ตามลำดับ



ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2544



ภาพที่ 15 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2553

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

ปี พ.ศ.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
2544	-0.077	-0.096	-0.076	-0.041	0.006	0.024	0.029	0.017	0.013	0.006	-0.017	-0.043	-0.021
2545	-0.063	-0.089	-0.087	-0.068	-0.025	0.019	0.023	0.019	0.009	0.001	-0.015	-0.031	-0.026
2546	-0.045	-0.065	-0.070	-0.053	-0.007	0.022	0.011	0.016	0.007	-0.011	-0.032	-0.063	-0.024
2547	-0.085	-0.098	-0.100	-0.086	-0.016	0.016	0.022	0.020	0.011	-0.020	-0.042	-0.062	-0.037
2548	-0.090	-0.104	-0.103	-0.071	-0.039	-0.002	-0.001	0.011	-0.003	-0.017	-0.032	-0.050	-0.042
2549	-0.070	-0.086	-0.098	-0.064	-0.008	0.008	0.004	0.002	-0.011	-0.012	-0.039	-0.067	-0.037
2550	-0.089	-0.103	-0.102	-0.081	-0.014	0.006	0.008	0.002	-0.020	-0.009	-0.033	-0.057	-0.041
2551	-0.090	-0.103	-0.104	-0.062	-0.019	-0.007	0.002	-0.001	-0.010	-0.015	-0.039	-0.061	-0.042
2552	-0.070	-0.101	-0.091	-0.052	-0.015	0.002	0.008	0.006	-0.005	-0.004	-0.039	-0.079	-0.037
2553	-0.098	-0.092	-0.107	-0.085	-0.056	-0.013	0.011	0.013	0.004	-0.011	-0.052	-0.075	-0.047
ค่าเฉลี่ย	-0.078	-0.094	-0.094	-0.066	-0.019	0.008	0.012	0.010	-0.001	-0.009	-0.034	-0.059	-0.035
ค่าสูงสุด	-0.045	-0.065	-0.070	-0.041	0.006	0.024	0.029	0.020	0.013	0.006	-0.015	-0.031	-0.021
ค่าต่ำสุด	-0.098	-0.104	-0.107	-0.086	-0.056	-0.013	0.000	-0.001	-0.020	-0.020	-0.052	-0.079	-0.047



ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2544

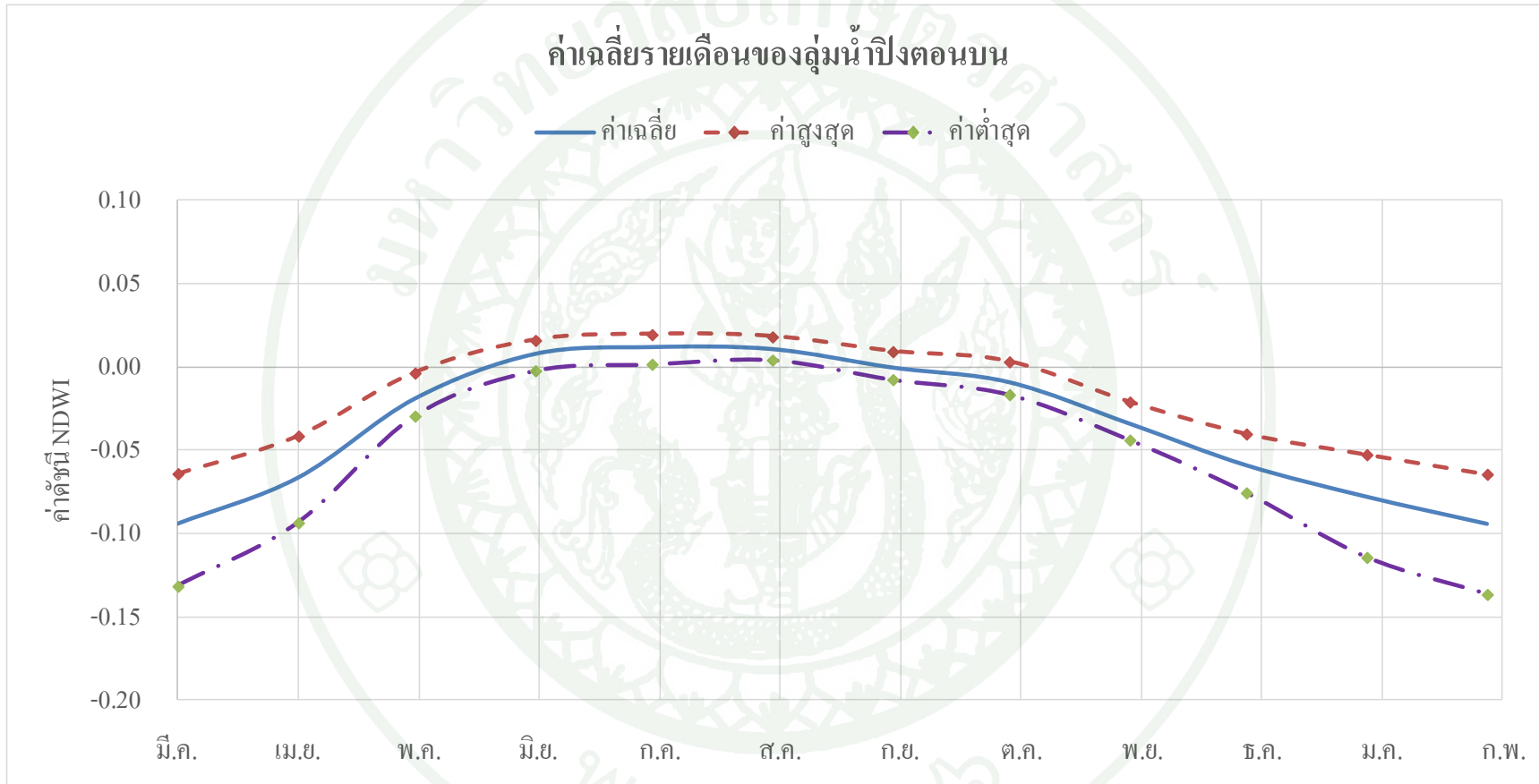
ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.074 (7)	-0.098 (8)	-0.089(10)	-0.052(12)	0.014 (4)	0.028 (4)	0.033 (8)	0.018 (7)	0.004(14)	0.001(10)	-0.021(11)	-0.047 (7)	-0.024
แม่จัน	-0.067 (6)	-0.086 (6)	-0.078 (8)	-0.040 (7)	0.005 (8)	0.021 (9)	0.025 (9)	0.012(11)	0.007(11)	0.003 (9)	-0.019(10)	-0.044 (6)	-0.022
แม่แตง	-0.050 (2)	-0.065 (2)	-0.059 (4)	-0.033 (5)	0.010 (7)	0.022 (8)	0.034 (6)	0.021 (3)	0.011 (8)	0.004 (7)	-0.015 (4)	-0.032 (2)	-0.013
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.081 (9)	-0.095 (7)	-0.072 (7)	-0.052(11)	-0.002(10)	0.018(12)	0.018(11)	0.016(10)	0.019 (4)	0.016 (2)	-0.012 (3)	-0.051 (9)	-0.023
แม่ริม	-0.054 (3)	-0.067 (3)	-0.057 (2)	-0.032 (4)	0.020 (2)	0.037 (1)	0.033 (7)	0.030 (1)	0.028 (1)	0.021 (1)	-0.004 (1)	-0.032 (3)	-0.006
แม่กวัง	-0.088(10)	-0.109(10)	-0.090(11)	-0.059(14)	-0.008(14)	0.016(13)	0.018(12)	0.017 (9)	0.019 (3)	0.012 (3)	-0.018 (8)	-0.055(14)	-0.029
แม่غان	-0.054 (4)	-0.073 (4)	-0.059 (3)	-0.032 (3)	0.011 (5)	0.028 (5)	0.034 (5)	0.019 (6)	0.012 (7)	0.003 (8)	-0.015 (5)	-0.033 (5)	-0.013
แม่สี	-0.105(13)	-0.132(13)	-0.099(13)	-0.053(13)	-0.004(12)	0.013(14)	0.013(14)	0.010(13)	0.015 (6)	0.004 (6)	-0.023(13)	-0.053(11)	-0.034
แม่กลาง	-0.048 (1)	-0.064 (1)	-0.047 (1)	-0.012 (1)	0.024 (1)	0.030 (3)	0.040 (2)	0.022 (2)	0.020 (2)	0.010 (4)	-0.005 (2)	-0.020 (1)	-0.004
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.101(12)	-0.125(12)	-0.093(12)	-0.046 (8)	-0.001 (9)	0.020(11)	0.022(10)	0.009(14)	0.007(12)	-0.003(14)	-0.025(14)	-0.053(12)	-0.033
แม่แจ่มตอนบน	-0.056 (5)	-0.074 (5)	-0.061 (5)	-0.039 (6)	-0.003(11)	0.027 (6)	0.038 (3)	0.020 (5)	0.006(13)	-0.001(12)	-0.016 (6)	-0.033 (4)	-0.016
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.090(11)	-0.116(11)	-0.089 (9)	-0.051(10)	-0.006(13)	0.026 (7)	0.036 (4)	0.021 (4)	0.010 (9)	0.001(11)	-0.019 (9)	-0.052(10)	-0.028
แม่หาด	-0.124(14)	-0.145(14)	-0.106(14)	-0.048 (9)	0.010 (6)	0.021(10)	0.014(13)	0.011(12)	0.016 (5)	0.010 (5)	-0.016 (7)	-0.054(13)	-0.034
แม่ตื่น	-0.080 (8)	-0.101 (9)	-0.070 (6)	-0.031 (2)	0.015 (3)	0.033 (2)	0.041 (1)	0.017 (8)	0.008(10)	-0.002(13)	-0.023(12)	-0.048 (8)	-0.020
ค่าเฉลี่ย	-0.077	-0.096	-0.076	-0.041	0.006	0.024	0.029	0.017	0.013	0.006	-0.017	-0.043	-0.021
ค่าสูงสุด	-0.048	-0.064	-0.047	-0.012	0.024	0.037	0.041	0.030	0.028	0.021	-0.004	-0.020	-0.004
ค่าต่ำสุด	-0.124	-0.145	-0.106	-0.059	-0.008	0.013	0.013	0.009	0.004	-0.003	-0.025	-0.055	-0.034

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.102 (8)	-0.103(10)	-0.116(10)	-0.086 (8)	-0.062 (8)	-0.012 (8)	0.014 (4)	0.008(11)	-0.004(13)	-0.020(14)	-0.056(11)	-0.081(10)	-0.052
แม่จืด	-0.085 (6)	-0.081 (6)	-0.102 (7)	-0.077 (7)	-0.055 (7)	-0.007 (5)	0.010 (8)	0.005(14)	-0.005(14)	-0.019(13)	-0.056(10)	-0.076 (7)	-0.046
แม่แตง	-0.078 (2)	-0.073 (3)	-0.088 (3)	-0.065 (2)	-0.044 (4)	-0.001 (3)	0.013 (6)	0.008(12)	0.001(12)	-0.018(11)	-0.049 (4)	-0.070 (4)	-0.039
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.098 (7)	-0.089 (7)	-0.108 (8)	-0.095 (9)	-0.075(14)	-0.039(14)	0.004(12)	0.017 (4)	0.006 (7)	-0.002 (3)	-0.056 (9)	-0.080 (9)	-0.051
แม่ริม	-0.084 (5)	-0.072 (2)	-0.087 (2)	-0.069 (3)	-0.034 (1)	0.006 (1)	0.021 (1)	0.017 (5)	0.011 (3)	-0.001 (2)	-0.045 (2)	-0.069 (2)	-0.034
แม่กวง	-0.111(10)	-0.101 (9)	-0.115 (9)	-0.097(11)	-0.073(13)	-0.027(13)	0.006(11)	0.019 (2)	0.011 (1)	-0.002 (4)	-0.054 (7)	-0.082(12)	-0.052
แม่งาน	-0.079 (3)	-0.076 (4)	-0.093 (4)	-0.073 (4)	-0.046 (5)	-0.008 (6)	0.013 (5)	0.013 (7)	0.002(10)	-0.017(10)	-0.055 (8)	-0.070 (5)	-0.041
แม่สี	-0.118(11)	-0.110(11)	-0.125(11)	-0.109(14)	-0.072(12)	-0.024(12)	0.003(14)	0.016 (6)	0.007 (6)	-0.009 (6)	-0.059(14)	-0.084(13)	-0.057
แม่กลาง	-0.074 (1)	-0.063 (1)	-0.081 (1)	-0.064 (1)	-0.037 (2)	-0.004 (4)	0.015 (3)	0.018 (3)	0.007 (4)	-0.010 (7)	-0.040 (1)	-0.058 (1)	-0.033
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.119(13)	-0.116(14)	-0.127(14)	-0.105(12)	-0.064 (9)	-0.022(11)	0.007 (9)	0.010(10)	0.001(11)	-0.013 (8)	-0.057(12)	-0.081(11)	-0.057
แม่แจ่มตอนบน	-0.083 (4)	-0.079 (5)	-0.095 (5)	-0.077 (5)	-0.048 (6)	-0.013 (9)	0.004(13)	0.007(13)	0.003 (8)	-0.018(12)	-0.053 (6)	-0.069 (3)	-0.043
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.119(12)	-0.114(13)	-0.126(12)	-0.097(10)	-0.066(10)	-0.021(10)	0.007(10)	0.011 (9)	0.003 (9)	-0.015 (9)	-0.058(13)	-0.084(14)	-0.056
แม่หาด	-0.127(14)	-0.113(12)	-0.126(13)	-0.105(13)	-0.067(11)	-0.009 (7)	0.011 (7)	0.012 (8)	0.011 (2)	-0.001 (1)	-0.049 (5)	-0.080 (8)	-0.054
แม่ตื่น	-0.102 (9)	-0.096 (8)	-0.102 (6)	-0.077 (6)	-0.040 (3)	0.003 (2)	0.017 (2)	0.019 (1)	0.007 (5)	-0.005 (5)	-0.048 (3)	-0.071 (6)	-0.041
ค่าเฉลี่ย	-0.098	-0.092	-0.107	-0.085	-0.056	-0.013	0.011	0.013	0.004	-0.011	-0.052	-0.075	-0.047
ค่าสูงสุด	-0.074	-0.063	-0.081	-0.064	-0.034	0.006	0.021	0.019	0.011	-0.001	-0.040	-0.058	-0.033
ค่าต่ำสุด	-0.127	-0.116	-0.127	-0.109	-0.075	-0.039	0.003	0.005	-0.005	-0.020	-0.059	-0.084	-0.057

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยโดยเฉลี่ย (ลำดับเฉลี่ย) ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.076(6.2)	-0.096(6.6)	-0.101(7.2)	-0.069(7.1)	-0.017(4.8)	0.009(5.2)	0.015(4.5)	0.008(7.6)	-0.007(10.2)	-0.015(9.3)	-0.036(7.5)	-0.059(6.4)	-0.037(6.9)
แม่จัด	-0.064(4.3)	-0.079(4.6)	-0.083(5.0)	-0.059(5.0)	-0.019(6.0)	0.004(8.6)	0.008(8.5)	0.005(9.3)	-0.006(9.9)	-0.013(7.7)	-0.034(6.6)	-0.054(5.0)	-0.033(6.7)
แม่แดง	-0.055(1.5)	-0.066(1.7)	-0.070(2.2)	-0.049(2.5)	-0.013(4.5)	0.009(5.7)	0.014(4.8)	0.011(5.5)	-0.001(6.3)	-0.010(5.5)	-0.029(3.3)	-0.045(1.9)	-0.025(3.8)
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.081(6.7)	-0.092(5.8)	-0.092(6.0)	-0.073(7.7)	-0.029(9.5)	-0.002(10.2)	0.002(10.2)	0.005(9.0)	0.001(5.3)	-0.003(3.2)	-0.034(5.4)	-0.066(7.7)	-0.039(7.2)
แม่ริม	-0.059(3.1)	-0.067(2.2)	-0.068(1.8)	-0.044(2.0)	-0.003(1.8)	0.016(1.8)	0.019(2.4)	0.018(2.2)	0.009(1.2)	0.003(1.3)	-0.021(1.2)	-0.048(2.5)	-0.020(2.0)
แม่กวาง	-0.086(7.5)	-0.102(7.2)	-0.101(7.5)	-0.074(8.0)	-0.026(8.3)	0.003(7.8)	0.008(7.6)	0.011(5.8)	0.003(3.2)	-0.002(2.5)	-0.036(6.3)	-0.069(9.2)	-0.039(6.7)
แม่งาน	-0.060(3.2)	-0.074(3.8)	-0.075(3.4)	-0.052(3.3)	-0.013(4.1)	0.010(4.8)	0.012(6.1)	0.010(6)	-0.001(6.0)	-0.011(6.3)	-0.031(4.5)	-0.049(3.4)	-0.028(4.6)
แม่สี่	-0.103(9.7)	-0.125(9.7)	-0.122(9.8)	-0.087(9.5)	-0.028(8.8)	-0.001(9.8)	0.004(9.1)	0.008(7.3)	0.001(6.1)	-0.013(7.6)	-0.044(10.2)	-0.074(10.2)	-0.049(9.0)
แม่กลาง	-0.052(1.5)	-0.064(1.5)	-0.064(1.4)	-0.041(1.5)	-0.005(1.8)	0.013(3.0)	0.014(4.7)	0.015(3.5)	0.004(2.7)	-0.004(3.2)	-0.023(1.8)	-0.040(1.4)	-0.021(2.3)
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.100(9.8)	-0.125(10.0)	-0.122(9.9)	-0.088(9.4)	-0.029(8.3)	0.004(8.0)	0.007(8.2)	0.004(8.8)	-0.006(9.6)	-0.016(9.5)	-0.043(10.2)	-0.070(8.6)	-0.049(9.2)
แม่แจ่มตอนบน	-0.062(4)	-0.073(3.7)	-0.077(3.9)	-0.058(4.8)	-0.021(6.4)	0.007(6.9)	0.014(5.5)	0.012(5.5)	-0.002(7.2)	-0.014(8.3)	-0.032(5.2)	-0.049(3.8)	-0.030(5.4)
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.095(8.8)	-0.115(8.8)	-0.112(8.5)	-0.082(8.7)	-0.028(8.7)	0.009(5.2)	0.016(4.5)	0.015(3.3)	-0.001(6.2)	-0.014(8.3)	-0.041(9.0)	-0.069(8.2)	-0.043(7.4)
แม่หาด	-0.114(11)	-0.136(10.8)	-0.131(10.8)	-0.093(9.7)	-0.026(7.5)	0.009(5.0)	0.010(5.7)	0.009(6.6)	0.001(5.1)	-0.008(5.0)	-0.038(6.8)	-0.075(10.0)	-0.049(7.8)
แม่ตื่น	-0.082(6.8)	-0.101(7.5)	-0.094(6.4)	-0.060(4.8)	-0.012(3.6)	0.015(1.9)	0.020(2.3)	0.015(3.5)	0.001(5.0)	-0.011(6.3)	-0.035(6.2)	-0.058(5.8)	-0.033(5.0)
ค่าเฉลี่ย	-0.078	-0.094	-0.094	-0.066	-0.019	0.008	0.012	0.010	-0.001	-0.009	-0.034	-0.059	-0.035
ค่าสูงสุด	-0.052	-0.064	-0.064	-0.041	-0.003	0.016	0.020	0.018	0.009	0.003	-0.021	-0.040	-0.020
ค่าต่ำสุด	-0.114	-0.136	-0.131	-0.093	-0.029	-0.002	0.002	0.004	-0.007	-0.016	-0.044	-0.075	-0.049



ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด ของดัชนี *NDWI* ของกลุ่มน้ำปึงตอนบน ในระหว่าง พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

## 2.3 ผลการวิเคราะห์ดัชนี *NDDI* ในลุ่มน้ำปึงตอนบน

### 2.3.1 การกำหนดเกณฑ์ของดัชนี *NDDI*

ผลการเฉลี่ยแบบรายเดือนในแต่ละจุดภาพสำหรับปี พ.ศ. 2544 และ พ.ศ. 2553 แสดงดังในภาพที่ 16 และภาพที่ 17 โดยผลการเฉลี่ยรายเดือนของช่วงปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2552 แสดงดังในภาคผนวก ง (ภาพผนวกที่ ง1 ถึง ง8) ตามลำดับ โดยในภาพดังกล่าวได้มีการแบ่งช่วงของค่าดัชนี *NDDI* โดยพิจารณาแบ่งช่วงค่าของดัชนี *NDDI* ออกเป็น 9 ช่วง โดยมีความแตกต่างระหว่างช่วงเท่ากับ 0.50 ทั้งนี้ ได้กำหนดการใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละช่วงโดยกำหนดให้มีเกณฑ์ที่สำคัญ 3 เกณฑ์ คือ สีเขียว เหลือง และ แดง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของ *NDDI* ที่มีค่ามาก (< 1.00) ค่าปานกลาง (1.00 ถึง 2.50) ค่าน้อย (2.50 ถึง 3.50) และน้อยที่สุด (> 3.50) ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงสภาพความชุ่มชื้น สภาพปานกลาง สภาพแห้งแล้ง และสภาพแห้งแล้งมาก ตามลำดับ ทั้งนี้ในแต่ละเกณฑ์ได้กำหนดให้มีโทนที่เข้มและอ่อนตามสภาพความแห้งแล้งหรือชุ่มชื้นที่มากขึ้นน้อยต่างกันไป จากผลการจัดลำดับเกณฑ์ดังกล่าวทำให้สามารถทำความเข้าใจผลการประเมินค่า ดัชนี *NDDI* ในแต่ละจุดภาพของแต่ละเดือนของทุกปีได้ จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ดัชนี *NDDI* มีสภาพความชุ่มชื้นจะเกิดขึ้นชัดเจนในช่วงฤดูฝน (ดัชนี *NDDI* มีค่าต่ำสัมพัทธ์) และสภาพความแห้งแล้งจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง (ดัชนี *NDDI* มีค่าสูงสัมพัทธ์)

### 2.3.2 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* สำหรับลุ่มน้ำปึงตอนบน

ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* สำหรับทุกจุดภาพของลุ่มน้ำปึงตอนบน ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ดังแสดงในตารางที่ 19 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ค่าของดัชนี *NDDI* มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 1.859 และ 0.887 ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 และเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* นั้น พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดรายเดือน 3 ลำดับแรก มีค่าเท่ากับ 1.580, 1.567 และ 1.376 ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนมีนาคม กุมภาพันธ์ และ เมษายน ตามลำดับ และสำหรับค่าเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือน 3 ลำดับแรก มีค่าเท่ากับ 0.976, 0.983 และ 0.993 ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และ มิถุนายน ตามลำดับ และสำหรับปีที่มีค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.269 ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2548 และสำหรับปีที่มีค่าเฉลี่ยรายปีต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 1.124 ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2544

### 2.3.3 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* สำหรับลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปึงตอนบน

สำหรับผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำของกลุ่มน้ำปึงตอนบน สำหรับปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 แสดงดังในตารางที่ 20 และ ตารางที่ 21 โดยผลประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2552 แสดงในภาคผนวก (ตารางผนวกที่ 1 ถึง 8) ตามลำดับ จากตารางดังกล่าว พบว่า ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* ทั้ง 14 ลุ่มน้ำย่อย มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.985 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำแม่หาด ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.760 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำแม่กลาง ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553

### 2.3.4 การสรุปผลการประเมินดัชนี *NDDI* สำหรับแต่ละเดือนและแต่ละปีในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปึงตอนบน

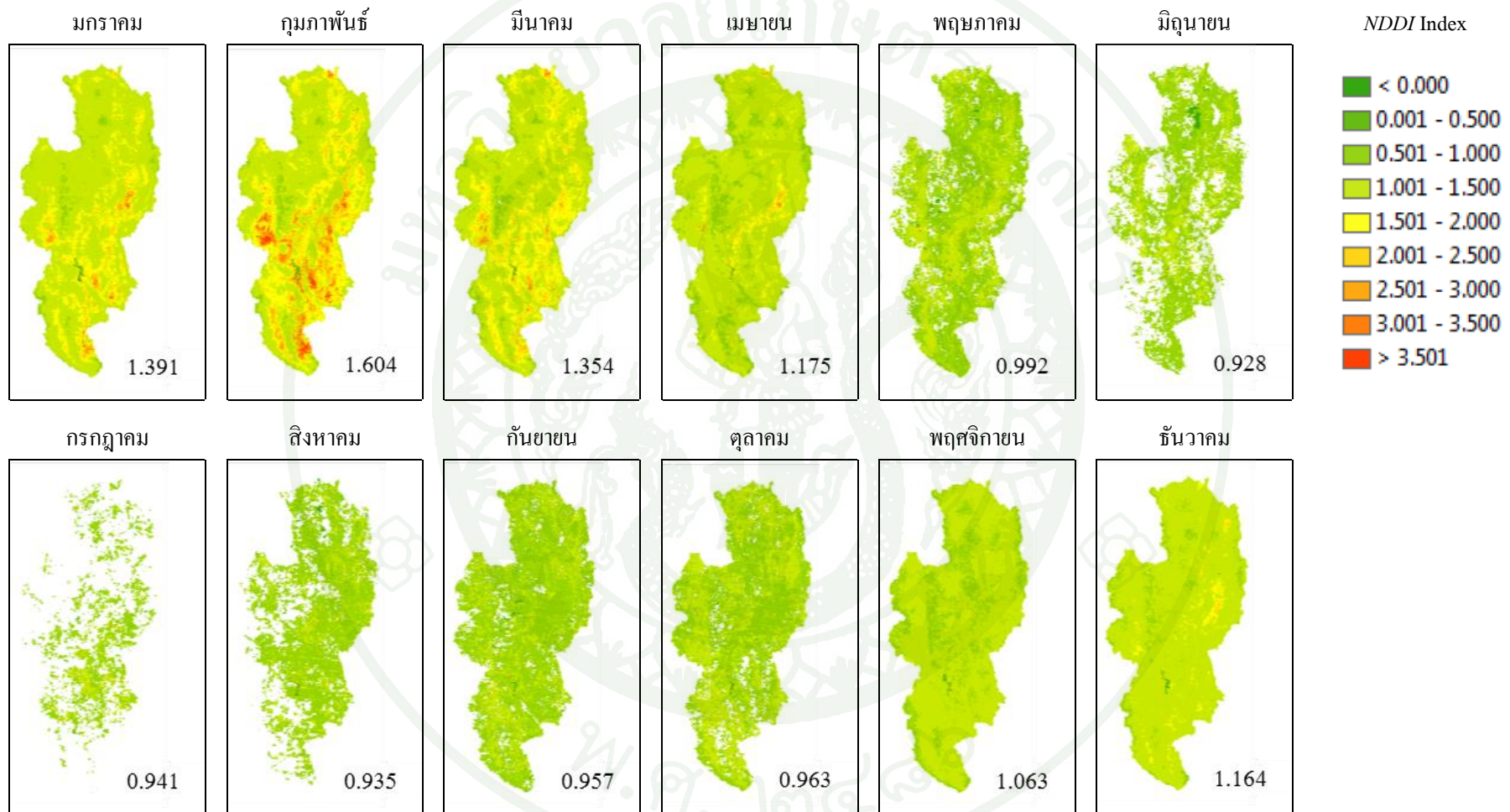
เพื่อให้เห็นภาพการเปรียบเทียบค่าของดัชนี *NDDI* สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในทุกปีได้ชัดเจนขึ้น ได้สรุปค่าของดัชนี *NDDI* ในแต่ละเดือนและแต่ละลุ่มน้ำย่อยของทุกปีดังแสดงในตารางที่ 22 โดยในตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าค่าของดัชนี *NDDI* มีค่าเฉลี่ยหัวลุ่มน้ำเท่ากับ 1.197 สำหรับในส่วนของค่าเฉลี่ยรายปีของแต่ละลุ่มน้ำย่อยนั้น พบว่า ค่าของดัชนี *NDDI* มีค่าสูงสุด 3 ลำดับแรก เท่ากับ 1.331, 1.293 และ 1.293 ซึ่งเกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่หาด แม่แจ่มตอนล่าง และแม่ปึงส่วนที่ 3 ตามลำดับ และมีค่าต่ำสุด 3 ลำดับแรก เท่ากับ 1.105, 1.108 และ 1.117 ซึ่งเกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแมริม แม่แดง และแม่งาน ตามลำดับ

### 2.3.5 การแสดงภาพการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุดรายเดือน ของดัชนี *NDDI* สำหรับลุ่มน้ำปึงตอนบน

นอกจากนั้นแล้ว ได้นำค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด ในแต่ละเดือนของทั้งลุ่มน้ำปึงตอนบนมาแสดงภาพการเปลี่ยนแปลงดังในภาพที่ 18 โดยในรูปดังกล่าวได้แสดงค่าของดัชนี *NDDI* ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์เพื่อให้เห็นภาพในลักษณะของกราฟแบบรูปไซน์ (Sine Curve) ที่มีความต่อเนื่อง โดยจากรูปดังกล่าว พบว่า ดัชนี *NDDI* ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคมมีลักษณะของกราฟแบบระฆังหงาย โดยมีค่าต่ำสุดประมาณเดือนกรกฎาคมและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดประมาณเดือนกุมภาพันธ์หรือมีนาคมจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงจนมีค่าต่ำสุดอีกครั้งหนึ่งประมาณเดือนมิถุนายนหรือกรกฎาคม

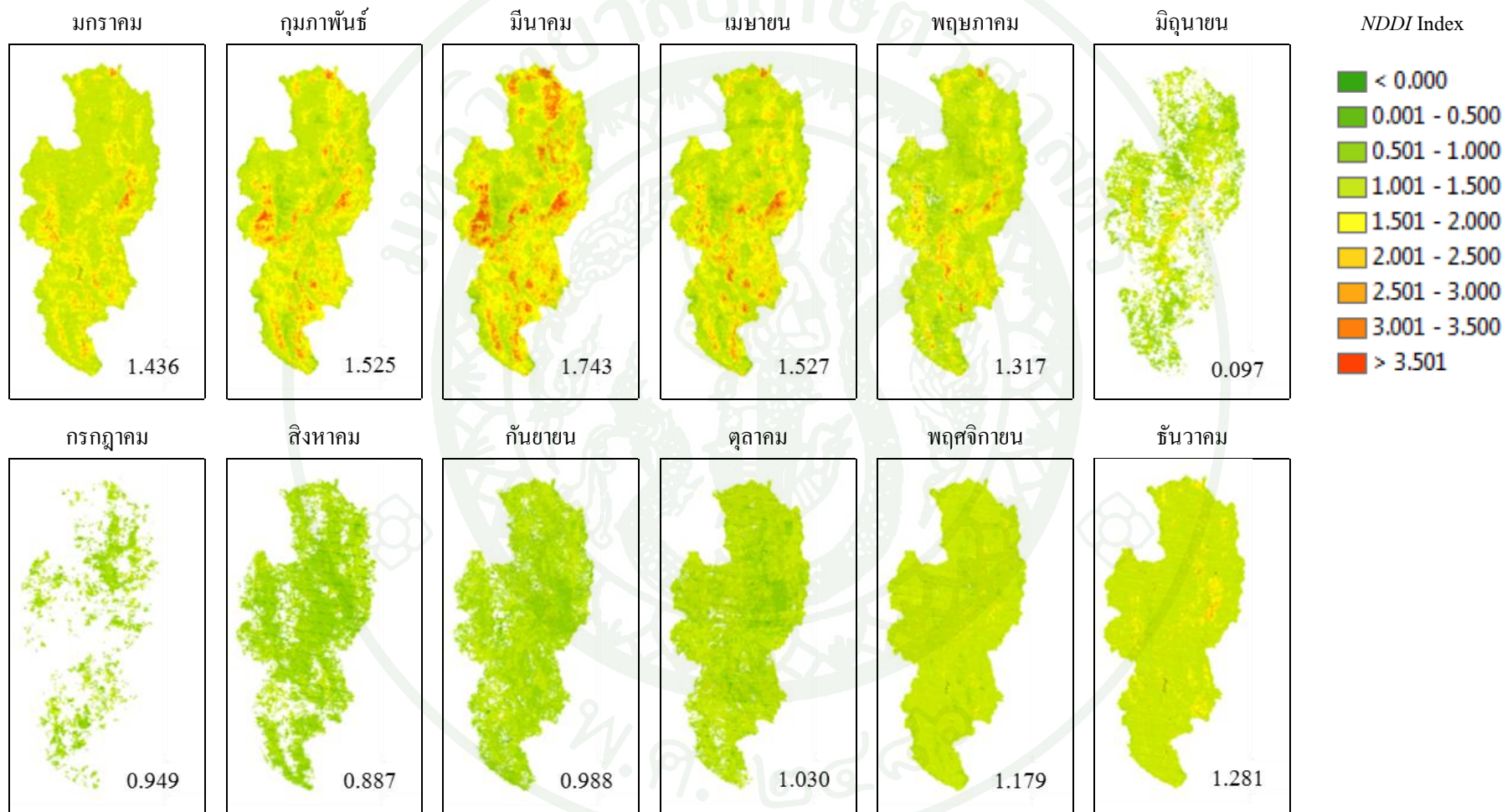
### 2.3.6 การจัดลำดับสภาพความแห้งแล้งโดยดัชนี *NDDI* สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน

จากตารางที่ 20 และตารางที่ 21 รวมถึงตารางผนวกที่ 1 ถึง ตารางที่ 8 ซึ่งแสดงค่าของดัชนี *NDDI* เฉลี่ยรายเดือนสำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ตามที่กล่าวแล้วข้างต้น จากค่าของดัชนี *NDDI* ดังกล่าว ได้นำค่าของดัชนี *NDDI* ในแต่ละเดือนของแต่ละปีมาจัดลำดับภัยแล้งที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำย่อย โดยกำหนดให้ลุ่มน้ำย่อยที่มีค่าของดัชนี *NDDI* ต่ำสุด ซึ่งหมายถึงมีสภาพความชุ่มชื้นมากที่สุดได้ลำดับเท่ากับ 1 และลุ่มน้ำย่อยที่มีค่าของดัชนี *NDDI* สูงสุด ซึ่งหมายถึงมีความแห้งแล้งมากที่สุดได้ลำดับเท่ากับ 14 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของลำดับที่ได้ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของแต่ละเดือนสำหรับทุกปีดังแสดงลำดับดังกล่าวในตารางที่ 22 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าลุ่มน้ำย่อยที่มีลำดับความชุ่มชื้นสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำย่อยแม่วิม แม่แดง และแม่กลาง โดยมีค่าเฉลี่ยของลำดับความชุ่มชื้นสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 2.51, 3.25 และ 3.59 ตามลำดับ และลุ่มน้ำย่อยที่มีลำดับความแห้งแล้งสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 3 แม่ลี และแม่แจ่มตอนล่าง โดยมีค่าเฉลี่ยของลำดับความแห้งแล้งเฉลี่ยเท่ากับ 8.62, 8.49 และ 8.15 ตามลำดับ



ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2544





ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2553

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* สำหรับทุกจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

ปี พ.ศ.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
2544	1.391	1.604	1.354	1.175	0.992	0.928	0.941	0.935	0.957	0.983	1.063	1.164	1.124
2545	1.272	1.499	1.521	1.383	1.141	0.952	0.943	0.966	0.989	1.011	1.043	1.125	1.154
2546	1.183	1.289	1.383	1.248	1.059	0.976	0.984	0.972	0.993	1.042	1.109	1.282	1.127
2547	1.454	1.666	1.706	1.619	1.100	0.955	0.910	0.940	0.991	1.076	1.152	1.261	1.236
2548	1.530	1.859	1.695	1.387	1.193	1.057	1.024	1.064	1.046	1.078	1.123	1.177	1.269
2549	1.276	1.501	1.580	1.367	1.084	1.006	1.016	1.013	1.047	1.047	1.135	1.274	1.195
2550	1.430	1.614	1.648	1.480	1.087	1.006	1.015	1.020	1.037	1.068	1.121	1.243	1.231
2551	1.427	1.539	1.615	1.321	1.097	1.052	1.015	1.044	1.050	1.066	1.134	1.230	1.216
2552	1.278	1.578	1.559	1.256	1.070	0.997	0.967	0.989	1.013	1.020	1.135	1.314	1.181
2553	1.436	1.525	1.743	1.527	1.317	0.997	0.949	0.887	0.988	1.030	1.179	1.281	1.238
ค่าเฉลี่ย	1.368	1.567	1.580	1.376	1.114	0.993	0.976	0.983	1.011	1.042	1.119	1.235	1.197
ค่าสูงสุด	1.530	1.859	1.743	1.619	1.317	1.057	1.024	1.064	1.050	1.078	1.179	1.314	1.269
ค่าต่ำสุด	1.183	1.289	1.354	1.175	0.992	0.928	0.910	0.887	0.957	0.983	1.043	1.125	1.124

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2544

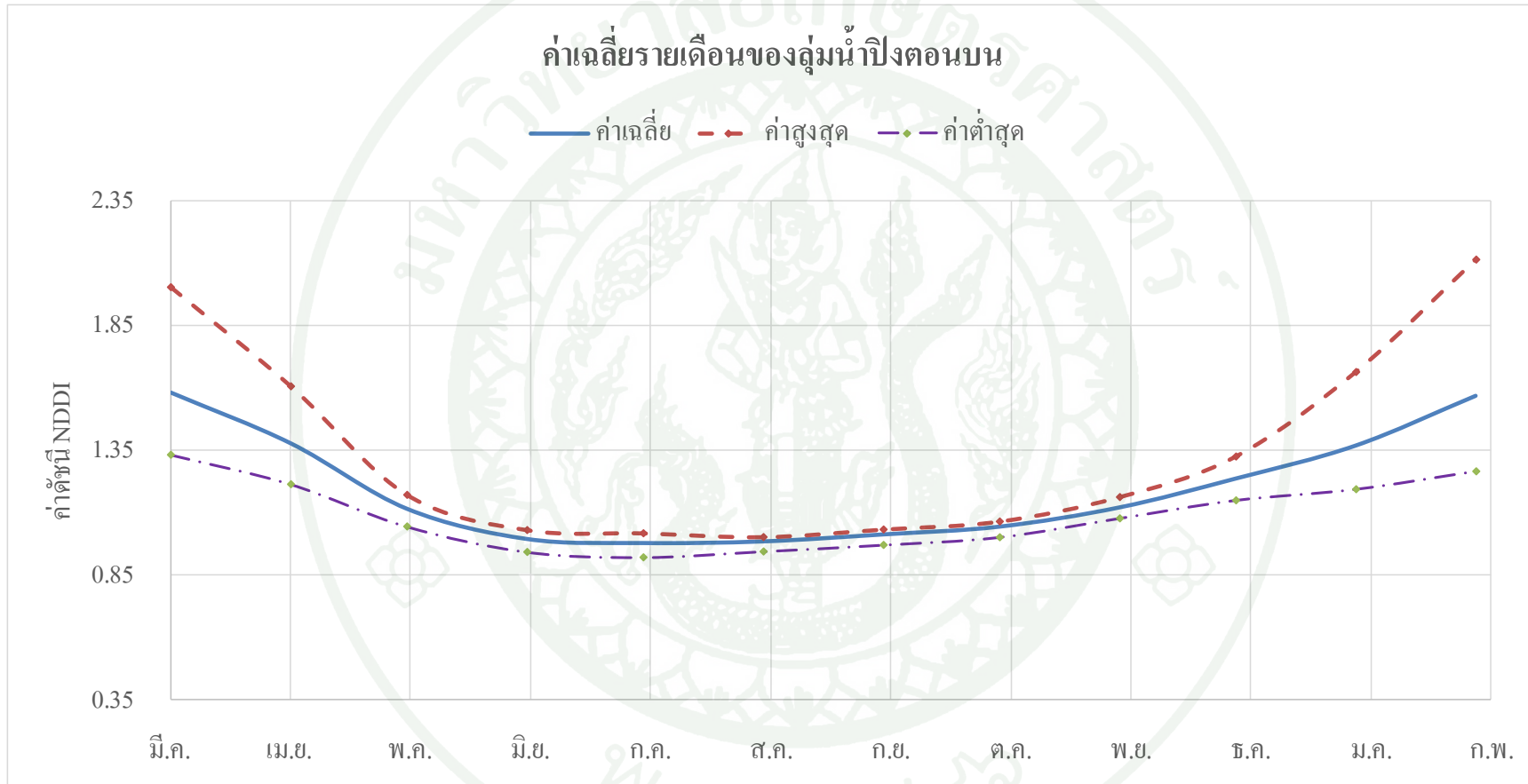
ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	1.314 (7)	1.518 (7)	1.428 (9)	1.217 (10)	0.928 (2)	0.890 (2)	0.857 (2)	0.934 (5)	0.984 (14)	0.989 (7)	1.074 (10)	1.158 (6)	1.108
แม่จัด	1.294 (6)	1.424 (6)	1.332 (8)	1.152 (7)	0.998 (8)	0.967 (13)	1.283 (14)	0.921 (4)	0.973 (10)	0.990 (8)	1.072 (9)	1.166 (7)	1.131
แม่แดง	1.179 (1)	1.262 (1)	1.226 (2)	1.127 (4)	0.959 (5)	0.931 (8)	0.873 (5)	0.898 (2)	0.953 (5)	0.997 (9)	1.047 (3)	1.103 (2)	1.046
แม่ปิงส่วนที่ 2	1.439 (9)	1.584 (8)	1.318 (7)	1.245 (13)	1.024 (9)	0.964 (12)	0.940 (9)	0.934 (6)	0.961 (6)	0.948 (1)	1.070 (8)	1.227 (13)	1.138
แม่ริม	1.230 (5)	1.311 (4)	1.235 (4)	1.130 (5)	0.955 (4)	0.908 (3)	0.859 (3)	0.886 (1)	0.912 (1)	0.951 (2)	1.031 (2)	1.152 (5)	1.047
แม่กวาง	1.508 (11)	1.707 (10)	1.430 (10)	1.311 (14)	1.071 (14)	0.948 (10)	0.896 (6)	0.943 (9)	0.919 (2)	0.967 (3)	1.088 (13)	1.249 (14)	1.170
แม่งาน	1.202 (2)	1.300 (2)	1.218 (1)	1.112 (2)	0.942 (3)	0.968 (14)	0.908 (7)	0.934 (7)	0.964 (8)	0.997 (10)	1.050 (5)	1.112 (4)	1.059
แม่ลี	1.585 (13)	1.966 (13)	1.498 (13)	1.232 (12)	1.026 (10)	0.931 (9)	1.004 (13)	0.983 (14)	0.947 (4)	0.973 (5)	1.088 (14)	1.202 (11)	1.203
แม่กลาง	1.227 (4)	1.381 (5)	1.228 (3)	1.047 (1)	0.912 (1)	0.952 (11)	0.854 (1)	0.918 (3)	0.926 (3)	0.970 (4)	1.020 (1)	1.062 (1)	1.041
แม่ปิงส่วนที่ 3	1.508 (10)	1.845 (11)	1.432 (11)	1.194 (8)	1.033 (12)	0.909 (4)	0.985 (12)	0.960 (13)	0.975 (11)	0.998 (11)	1.081 (12)	1.170 (8)	1.174
แม่แจ่มตอนบน	1.205 (3)	1.309 (3)	1.243 (5)	1.141 (6)	1.031 (11)	0.927 (7)	0.928 (8)	0.949 (12)	0.964 (9)	1.009 (14)	1.050 (4)	1.106 (3)	1.072
แม่แจ่มตอนล่าง	1.529 (12)	1.899 (12)	1.477 (12)	1.223 (11)	1.054 (13)	0.912 (5)	0.863 (4)	0.943 (10)	0.963 (7)	1.000 (12)	1.062 (6)	1.199 (10)	1.177
แม่หาด	1.838 (14)	2.312 (14)	1.577 (14)	1.197 (9)	0.991 (7)	0.92 (6)	0.977 (11)	0.946 (11)	0.977 (13)	0.975 (6)	1.067 (7)	1.212 (12)	1.249
แม่ต้น	1.410 (8)	1.636 (9)	1.315 (6)	1.117 (3)	0.960 (6)	0.862 (1)	0.953 (10)	0.943 (8)	0.975 (12)	1.003 (13)	1.079 (11)	1.181 (9)	1.120
ค่าเฉลี่ย	1.391	1.604	1.354	1.175	0.992	0.928	0.941	0.935	0.957	0.983	1.063	1.164	1.124
ค่าสูงสุด	1.838	2.312	1.577	1.311	1.071	0.968	1.283	0.983	0.984	1.009	1.088	1.249	1.249
ค่าต่ำสุด	1.179	1.262	1.218	1.047	0.912	0.862	0.854	0.886	0.912	0.948	1.020	1.062	1.041

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	1.437 (8)	1.587 (9)	2.045 (13)	1.520 (8)	1.360 (8)	1.054 (10)	0.952 (7)	0.914 (10)	1.014 (13)	1.062 (14)	1.183 (8)	1.301 (10)	1.286
แม่จัด	1.331 (5)	1.377 (4)	1.607 (6)	1.407 (5)	1.253 (7)	0.922 (2)	0.965 (10)	0.942 (13)	1.020 (14)	1.048 (10)	1.190 (10)	1.268 (7)	1.194
แม่แดง	1.296 (1)	1.314 (1)	1.556 (3)	1.320 (1)	1.234 (5)	0.931 (3)	0.930 (5)	0.922 (11)	1.002 (12)	1.047 (9)	1.152 (3)	1.242 (4)	1.162
แม่ปิงส่วนที่ 2	1.472 (9)	1.533 (8)	1.783 (8)	1.657 (10)	1.471 (13)	1.052 (9)	0.968 (11)	0.879 (6)	0.986 (8)	1.000 (4)	1.230 (14)	1.35 (13)	1.282
แม่ริม	1.363 (6)	1.384 (5)	1.605 (5)	1.376 (3)	1.173 (1)	0.981 (6)	0.920 (3)	0.861 (5)	0.958 (2)	0.993 (2)	1.156 (4)	1.266 (6)	1.170
แม่กวง	1.591 (13)	1.653 (11)	1.877 (10)	1.704 (12)	1.493 (14)	1.073 (13)	0.993 (13)	0.852 (2)	0.957 (1)	0.998 (3)	1.200 (12)	1.358 (14)	1.312
แม่งาน	1.298 (2)	1.331 (2)	1.485 (1)	1.362 (2)	1.215 (4)	0.970 (5)	0.927 (4)	0.904 (8)	0.992 (9)	1.051 (12)	1.179 (7)	1.238 (2)	1.163
แม่ลี	1.548 (11)	1.618 (10)	1.851 (9)	1.734 (14)	1.410 (11)	1.072 (12)	1.005 (14)	0.852 (3)	0.983 (5)	1.028 (6)	1.223 (13)	1.339 (12)	1.305
แม่กลาง	1.303 (3)	1.412 (6)	1.580 (4)	1.409 (6)	1.210 (3)	0.760 (1)	0.874 (1)	0.928 (12)	0.974 (3)	1.037 (7)	1.129 (1)	1.198 (1)	1.151
แม่ปิงส่วนที่ 3	1.520 (10)	1.689 (12)	1.887 (12)	1.705 (13)	1.397 (10)	1.085 (14)	0.953 (8)	0.859 (4)	0.998 (10)	1.044 (8)	1.186 (9)	1.282 (8)	1.300
แม่แจ่มตอนบน	1.321 (4)	1.366 (3)	1.531 (2)	1.392 (4)	1.249 (6)	0.997 (7)	0.955 (9)	0.944 (14)	0.985 (7)	1.055 (13)	1.163 (5)	1.243 (5)	1.183
แม่แจ่มตอนล่าง	1.584 (12)	1.861 (14)	2.089 (14)	1.656 (9)	1.411 (12)	1.068 (11)	0.951 (6)	0.880 (7)	0.999 (11)	1.049 (11)	1.195 (11)	1.322 (11)	1.339
แม่หาด	1.612 (14)	1.696 (13)	1.882 (11)	1.694 (11)	1.364 (9)	1.027 (8)	0.992 (12)	0.767 (1)	0.974 (4)	0.981 (1)	1.171 (6)	1.290 (9)	1.287
แม่ต้น	1.423 (7)	1.525 (7)	1.623 (7)	1.438 (7)	1.194 (2)	0.962 (4)	0.899 (2)	0.907 (9)	0.985 (6)	1.022 (5)	1.151 (2)	1.239 (3)	1.197
ค่าเฉลี่ย	1.436	1.525	1.743	1.527	1.317	0.997	0.949	0.887	0.988	1.030	1.179	1.281	1.238
ค่าสูงสุด	1.612	1.861	2.089	1.734	1.493	1.085	1.005	0.944	1.020	1.062	1.230	1.358	1.339
ค่าต่ำสุด	1.296	1.314	1.485	1.320	1.173	0.760	0.874	0.767	0.957	0.981	1.129	1.198	1.151

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับทุกจุดภาพในแต่ละลุ่มน้ำย่อยโดยเฉลี่ย (ลำดับเฉลี่ย) ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	1.301	1.486	1.601	1.356	1.098	0.991	0.944	0.982	1.028	1.055	1.114	1.214	1.181
แม่จัด	1.252	1.353	1.414	1.280	1.099	1.003	1.018	0.993	1.030	1.052	1.117	1.207	1.151
แม่แตง	1.194	1.266	1.332	1.222	1.068	0.974	0.953	0.979	1.013	1.044	1.092	1.152	1.108
แม่ปิงส่วนที่ 2	1.399	1.537	1.544	1.424	1.169	1.031	1.005	0.991	1.005	1.028	1.144	1.308	1.215
แม่ริม	1.246	1.313	1.348	1.214	1.045	0.962	0.921	0.945	0.971	1.002	1.078	1.210	1.105
แม่กวาง	1.454	1.627	1.626	1.450	1.170	1.008	0.987	0.960	0.990	1.018	1.142	1.326(10.1)	1.230
แม่غان	1.215	1.307	1.340	1.235	1.064	0.974	0.964	0.980	1.009	1.046	1.102	1.165	1.117
แม่ลี	1.533	1.846	1.828	1.520	1.157	1.030	1.013	0.981	1.010	1.052	1.163(10.4)	1.309	1.287
แม่กลาง	1.230	1.379	1.392	1.244	1.049	0.943	0.955	1.000	1.003	1.029	1.079	1.150	1.121
แม่ปิงส่วนที่ 3	1.520	1.887	1.861	1.556	1.161	1.010	1.011	0.999	1.033	1.065	1.143	1.269	1.293
แม่แจ่ม	1.224	1.314	1.374	1.276	1.112	1.009	0.979	1.003	1.022	1.059	1.101	1.164	1.136
แม่แจ่ม	1.538	1.901	1.884	1.547	1.172	1.005	0.965	0.989	1.022	1.059	1.145	1.290	1.293
แม่หาด	1.664(11.0)	2.115(10.9)	2.004(10.6)	1.607	1.148	0.985	0.983	0.973	1.006	1.034	1.132	1.316	1.331
แม่ตื่น	1.377	1.611	1.577	1.338	1.080	0.972	0.970	0.987	1.012	1.049	1.120	1.211	1.192
ค่าเฉลี่ย	1.368	1.567	1.580	1.376	1.114	0.993	0.976	0.983	1.011	1.042	1.119	1.235	1.197
ค่าสูงสุด	1.664	2.115	2.004	1.607	1.172	1.031	1.018	1.003	1.033	1.065	1.163	1.326	1.331
ค่าต่ำสุด	1.194	1.266	1.332	1.214	1.045	0.943	0.921	0.945	0.971	1.002	1.078	1.150	1.105



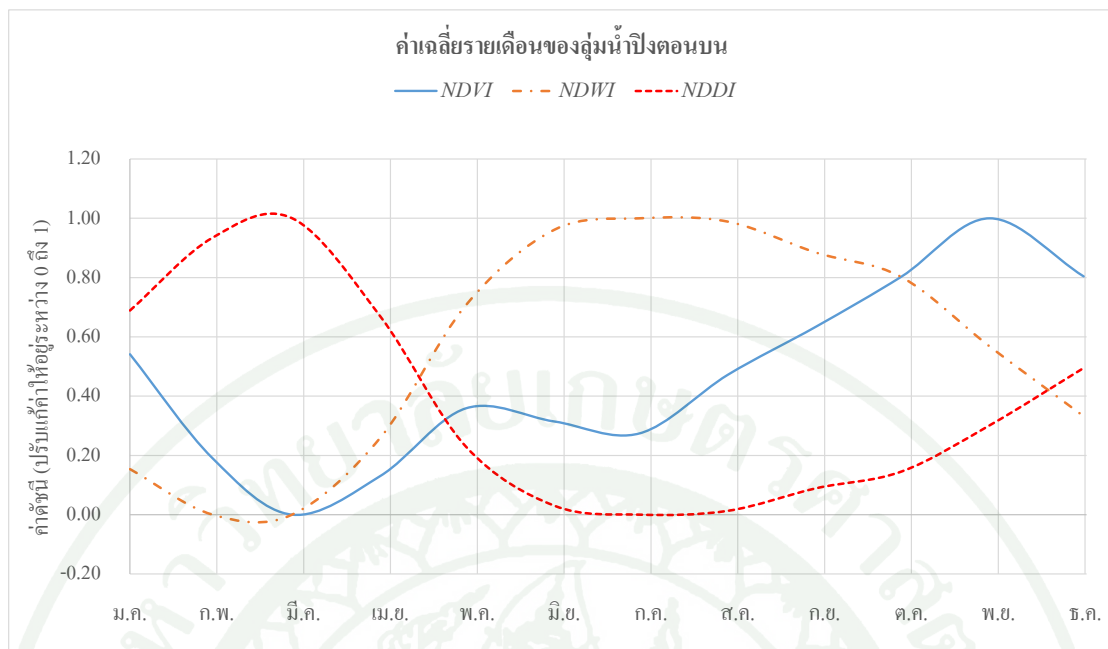
ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด ของดัชนี NDDI ของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในระหว่าง พ.ศ. 2544 ถึงพ.ศ. 2553

### 3. การเปรียบเทียบผลการประเมินดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี

จากผลการประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* ในหัวข้อที่ผ่านมา ในที่นี้ได้นำผลการประเมินดังกล่าวมาสรุปค่าของดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี มาเปรียบเทียบกันโดยดำเนินการดังนี้ คือ (1) การปรับค่าดัชนีภัยแล้งแต่ละดัชนีให้เป็นค่าปกติ (normalized) โดยมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งดำเนินการได้โดยการนำค่าดัชนีภัยแล้งที่คำนวณได้ลบด้วยค่าต่ำสุดของแต่ละดัชนี จากนั้นหารด้วยผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละดัชนี  $((\text{Index} - \text{Index}_{\min}) / (\text{Index}_{\max} - \text{Index}_{\min}))$  (2) การเปรียบเทียบลำดับสภาพความชุ่มชื้นและสภาพความแห้งแล้งที่ได้จากการจัดลำดับในแต่ละดัชนีในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน สำหรับผลการดำเนินการดังกล่าวแสดงได้ดังนี้

#### 3.1 การเปรียบเทียบค่าของดัชนีภัยแล้งโดยการทำให้เป็นค่าปกติ

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* โดยการปรับค่าดัชนีภัยแล้งให้เป็นค่าปกติ (normalized) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 แสดงดังภาพที่ 19 จากภาพดังกล่าวสรุปผลได้ดังนี้ (1) ดัชนี *NDVI* มีค่าลดลงต่อเนื่องในช่วงปลายฤดูฝนประมาณเดือนพฤศจิกายนจนมีค่าต่ำสุดประมาณเดือนมีนาคม จากนั้นเมื่อมีฝนตกลงมาในช่วงเดือนเมษายนเป็นผลให้ค่าของดัชนี *NDVI* เพิ่มสูงขึ้นจนถึงเดือนพฤษภาคมก่อนจะมีค่าลดลงเล็กน้อยในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนมีค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน ทั้งนี้จะเห็นว่าค่าของดัชนี *NDVI* ในช่วงฤดูฝนในเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม มีค่าค่อนข้างต่ำซึ่งน่าจะได้รับผลกระทบจากเมฆปกคลุมซึ่งไม่สามารถนำผลกระทบทั้งหมดออกไปได้ (2) ดัชนี *NDWI* มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจากช่วงกลางฤดูฝนประมาณปลายเดือนสิงหาคมจนมีค่าต่ำสุดประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม จากนั้นเมื่อมีฝนตกลงมาในช่วงเดือนเมษายนเป็นผลให้ค่าดัชนี *NDWI* เพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่องจนมีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม ทั้งนี้จะเห็นว่าค่าของดัชนี *NDWI* มีค่าสูงสุดในช่วงกลางฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกอย่างต่อเนื่องแสดงว่าดัชนีดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับความลึกฝน (3) ดัชนี *NDDI* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากช่วงกลางฤดูฝนในเดือนกรกฎาคมจนมีค่าสูงสุดประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม จากนั้นเมื่อมีฝนตกลงมาในช่วงเดือนเมษายนเป็นผลให้ค่าดัชนี *NDDI* ลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีค่าต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม ทั้งนี้จะเห็นว่าค่าของดัชนี *NDDI* มีค่าสอดคล้องแบบตรงกันข้างกับดัชนี *NDWI* ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง



ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี  $NDVI$ ,  $NDWI$  และ  $NDDI$  ของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ในระหว่าง พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

สำหรับผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนีภัยแล้งทั้ง 12 เดือน พบว่า ดัชนี  $NDVI$  ในช่วงฤดูฝนนั้นแสดงค่าไม่สัมพันธ์กับดัชนี  $NDWI$  และ  $NDDI$  แสดงให้เห็นชัดเจนว่า ดัชนี  $NDVI$  ยังคงได้รับผลกระทบจากเมฆอยู่ถึงแม้ว่าได้ทำการกำจัดจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมออกแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับภาพที่แสดงเงตสีของแต่ละจุดภาพซึ่งแสดงค่าต่างกันมากในบางจุดภาพระหว่างภาพของแต่ละเดือนในช่วงดังกล่าว สำหรับในช่วงฤดูแล้งทั้ง 3 ดัชนี มีความสัมพันธ์กันโดย  $NDVI$  และ  $NDWI$  มีค่าลดลงและเพิ่มขึ้นสอดคล้องกันในขณะที่ดัชนี  $NDDI$  มีค่าสัมพันธ์แบบผกผันกับทั้ง 2 ดัชนี อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี  $NDWI$  และ  $NDDI$  พบว่ามีความสัมพันธ์แบบตรงกันข้ามที่สอดคล้องกันทุกเดือน กล่าวคือดัชนี  $NDWI$  มีค่าสูงสุดในขณะที่ดัชนี  $NDDI$  มีค่าต่ำสุดและดัชนี  $NDWI$  มีค่าต่ำสุดในขณะที่ดัชนี  $NDDI$  มีค่าสูงสุด จากความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าดัชนี  $NDWI$  มีอิทธิพลต่อดัชนี  $NDDI$  มากกว่าดัชนี  $NDVI$  โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้ดัชนี  $NDDI$  เป็นดัชนีที่ได้มาจากความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี  $NDVI$  และ  $NDWI$  ดังสมการที่ (3) คือ  $(NDVI - NDWI) / (NDVI + NDWI)$  ดังนั้นเพื่อเป็นการแปลความหมายของดัชนี  $NDDI$  จึงได้แสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี  $NDVI$ ,  $NDWI$  และ  $NDDI$  ของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ดังในตารางที่ 23 จากตารางดังกล่าว พบว่า ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคมนั้นเป็นช่วงที่ดัชนี  $NDWI$  มีค่าสูงสุดแต่เป็นค่าเชิงตัวเลขที่น้อยมากโดยมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ -0.009



ถึง 0.012 ในขณะที่ดัชนี *NDVI* มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.627 ถึง 0.730 ดังนั้น เมื่อคำนวณค่าดัชนี *NDDI* จากสมการที่ (3) เป็นผลให้เมื่อแทนค่าลงในสมการดังกล่าวนี้ทั้งเศษและส่วนของสมการมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมากทำให้ค่าของดัชนี *NDDI* ใกล้เคียง 1 โดยมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.963 ถึง 1.026 จึงเป็นผลให้ค่าของดัชนี *NDDI* ยังคงมีความสัมพันธ์แบบผกผันที่สอดคล้องกับดัชนี *NDWI* ในช่วงดังกล่าว สำหรับเดือนอื่น ๆ นั้น ดัชนี *NDWI* มีค่าเป็นลบเป็นผลให้เมื่อคำนวณค่าดัชนี *NDDI* จึงมีค่ามากกว่า 1 และยังพบว่าเมื่อดัชนี *NDWI* มีค่าน้อยที่สุดซึ่งมีค่าเป็นลบเป็นผลให้เมื่อคำนวณค่าของดัชนี *NDDI* แล้วมีค่ามากที่สุดด้วยเช่นกัน ดังนั้น จากการแปลความหมายดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าดัชนี *NDDI* มีความสัมพันธ์กับดัชนี *NDWI* แบบผกผันทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน ซึ่งเป็นผลที่ได้โดยบังเอิญทำให้ความถูกต้องของดัชนี *NDDI* ไม่น่าเชื่อถือเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนี *NDWI*

**ตารางที่ 23** ผลการวิเคราะห์ค่าของดัชนี *NDDI* จากค่าของดัชนี *NDVI* และ *NDWI* สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน (ค่าเฉลี่ยรายเดือนในช่วง พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553)

ดัชนี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
<i>NDVI</i>	0.679	0.610	0.573	0.599	0.643	0.635	0.627	0.665	0.697	0.730	0.768	0.730	0.663
<i>NDWI</i>	-0.078	-0.094	-0.094	-0.066	-0.019	0.008	0.012	0.010	-0.001	-0.009	-0.034	-0.059	-0.035
<i>NDDI</i>	1.258	1.364	1.392	1.250	1.062	0.976	0.963	0.969	1.002	1.026	1.093	1.175	1.113

3.2 การเปรียบเทียบลำดับสภาพความชุ่มชื้นและสภาพความแห้งแล้งที่ได้จากการจัดลำดับในแต่ละดัชนีในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน

จากผลการจัดลำดับสภาพความชุ่มชื้นและสภาพความแห้งแล้งของดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ดังแสดงในหัวข้อที่ 2 ได้นำผลดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับลำดับสภาพความชุ่มชื้นหรือสภาพความแห้งแล้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งดังแสดงในตารางที่ 24 จากตารางดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าในช่วงฤดูแล้งดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี แสดงลำดับสภาพความชุ่มชื้นหรือสภาพความแห้งแล้งที่ค่อนข้างสอดคล้องกันทุกลุ่มน้ำย่อย มีเพียงดัชนี *NDVI* ในลุ่มน้ำแม่ปิงส่วนที่ 2 ที่มีลำดับต่างจากดัชนี *NDWI* และ *NDDI* ก่อนข้างมาก สำหรับในช่วงฤดูฝน พบว่าดัชนี *NDVI* แสดงค่าลำดับต่างจากดัชนีอื่นชัดเจนหลายลุ่มน้ำย่อย ขณะที่ดัชนี *NDWI* และ *NDDI* มีความสอดคล้องกันในทุกลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน จากผลการจัดลำดับ แสดงให้เห็นว่าในช่วงฤดูแล้ง ดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี

สามารถบ่งบอกถึงสภาพความชุ่มชื้นหรือสภาพความแห้งแล้งได้สอดคล้องกันทั้ง 3 ดัชนี ขณะที่ในช่วงฤดูฝนนั้น มีเฉพาะดัชนี *NDWI* และ *NDDI* ที่แสดงลำดับสภาพความชุ่มชื้นหรือสภาพความแห้งแล้งได้สอดคล้องกัน อย่างไรก็ตาม จากผลการแปลความหมายของดัชนี *NDDI* นั้น พบว่าค่าของดัชนี *NDDI* ในช่วงฤดูฝนนั้นมีความสอดคล้องกับช่วงฤดูฝนโดยบังเอิญเท่านั้น ทำให้ความถูกต้องของดัชนี *NDDI* ในช่วงดังกล่าวไม่น่าเชื่อถือเมื่อเทียบกับดัชนี *NDWI* ดังนั้นจึงนับได้ว่าดัชนี *NDWI* เหมาะสมที่สุดในการประเมินสภาพความชุ่มชื้นและสภาพความแห้งแล้งสำหรับลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน

**ตารางที่ 24** ลำดับสภาพความชุ่มชื้นหรือสภาพความแห้งแล้งของดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยการจัดลำดับจากค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำย่อย	ลำดับสภาพความชุ่มชื้นหรือแห้งแล้ง (ฤดูแล้ง)			ลำดับสภาพความชุ่มชื้นหรือแห้งแล้ง (ฤดูฝน)		
	<i>NDVI</i>	<i>NDWI</i>	<i>NDDI</i>	<i>NDVI</i>	<i>NDWI</i>	<i>NDDI</i>
แม่ปิงส่วนที่ 1	8	9	7	3	10	8
แม่จัด	6	6	6	6	13	12
แม่แตง	1	3	1	5	4	3
แม่ปิงส่วนที่ 2	14	8	9	14	11	9
แม่ริม	4	2	4	1	1	1
แม่กวง	10	10	10	13	7	5
แม่งาน	3	4	2	4	5	4
แม่ลี่	12	13	13	11	12	13
แม่กลาง	5	1	3	7	2	2
แม่ปิงส่วนที่ 3	11	12	11	9	14	14
แม่แจ่มตอนบน	2	5	5	12	9	11
แม่แจ่มตอนล่าง	9	11	12	8	8	10
แม่หาด	13	14	14	2	6	7
แม่ตื่น	7	7	8	10	3	6

#### 4. ความลึกฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน

ผลการคำนวณความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปี ระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบนแสดงดังในตารางที่ 25 และผลการคำนวณความลึกฝนสะสมรายปีในช่วงเวลาเดียวกัน แสดงดังในตารางที่ 26 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ลุ่มน้ำปิงมีปริมาณความลึกฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,155.8 มิลลิเมตร มีปริมาณความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนมากที่สุดเท่ากับ 257.2 มิลลิเมตรในเดือนกันยายน โดยปริมาณฝนส่วนใหญ่ประมาณ 89% เกิดขึ้นในฤดูฝนในระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และมีเพียง 11% เกิดขึ้นในฤดูแล้ง เมื่อพิจารณาปริมาณความลึกฝนรายลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำ ของลุ่มน้ำปิงตอนบน พบว่าลุ่มน้ำที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีมากที่สุดคือลุ่มน้ำปิงส่วนที่ 1 โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยประมาณ 1,281 มิลลิเมตร และลุ่มน้ำที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีน้อยที่สุดคือลุ่มน้ำปิงส่วนที่ 3 ซึ่งมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยประมาณ 983 มิลลิเมตร

ตารางที่ 25 ความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปี พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบนระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

(หน่วย: มิลลิเมตร)

ลุ่มน้ำย่อย	ความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือน												ความลึกฝน เฉลี่ยรายปี
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ปิงส่วนที่ 1	8.1	2.5	22.0	70.4	195.9	153.1	200.5	220.7	257.2	103.6	32.8	14.7	1,281.4
แม่จืด	8.2	3.4	16.2	54.7	189.4	147.4	187.7	245.0	235.0	107.5	42.3	14.6	1,251.6
แม่แตง	9.8	3.9	16.5	54.8	183.3	141.6	172.4	228.8	229.4	101.9	38.2	13.7	1,194.3
ปิงส่วนที่ 2	6.8	3.5	16.9	46.7	183.2	136.3	151.2	224.8	251.8	113.9	48.6	13.3	1,197.1
แม่ริม	8.5	3.1	16.7	47.3	182.8	147.3	183.0	233.1	229.4	105.6	41.1	12.3	1,210.3
แม่กวาง	5.2	2.4	17.9	39.4	177.0	129.2	148.2	231.2	229.8	99.6	42.7	10.4	1,133.1
แม่غان	7.4	3.5	17.2	52.6	198.4	145.8	154.2	209.2	250.5	125.2	35.1	9.3	1,208.5
แม่ดี	6.7	4.1	20.7	55.0	186.9	124.1	121.3	183.9	227.1	127.3	26.5	8.3	1,091.8
แม่กลาง	6.4	4.3	17.7	46.9	180.6	117.1	116.2	184.5	240.0	131.2	36.0	12.0	1,092.9
ปิงส่วนที่ 3	6.3	4.4	23.2	45.3	161.9	91.6	102.7	150.4	231.6	136.5	22.2	6.7	982.9
แม่แจ่มตอนบน	7.2	3.7	16.9	51.1	187.6	142.9	157.0	213.8	245.3	124.7	36.0	10.3	1,196.5
แม่แจ่มตอนล่าง	6.2	3.4	17.1	51.7	182.5	115.6	133.2	179.5	237.0	118.1	25.6	10.5	1,080.5
แม่หาด	6.0	3.3	22.9	52.3	179.7	116.2	113.5	172.0	227.8	136.9	24.5	6.9	1,062.0
แม่ตื่น	5.4	2.3	20.9	55.6	201.5	156.2	164.6	194.7	225.4	136.0	26.8	8.1	1,197.7
เฉลี่ย	7.0	3.4	18.8	51.7	185.0	133.2	150.4	205.1	236.9	119.1	34.2	10.8	1,155.8
สูงสุด	9.8	4.4	23.2	70.4	201.5	156.2	200.5	245.0	257.2	136.9	48.6	14.7	1,281.4
ต่ำสุด	5.2	2.3	16.2	39.4	161.9	91.6	102.7	150.4	225.4	99.6	22.2	6.7	982.9

ตารางที่ 26 ความลึกฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบนแบบรายปีในช่วง พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

(หน่วย: มิลลิเมตร)

ลุ่มน้ำย่อย	ความลึกฝนสะสมรายปี										ความลึกฝนเฉลี่ยรายปี
	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	
ปิงส่วนที่ 1	1130.52	1199.12	1067.29	1365.94	1906.99	1342.67	1228.91	1265.70	1027.18	1280.16	1,281.4
แม่จัน	1311.07	1484.88	1068.08	1082.73	1562.69	1285.58	1173.03	1213.78	1025.01	1308.92	1,251.6
แม่แตง	1231.22	1346.35	955.07	1189.31	1458.91	1304.67	1066.44	1147.65	987.94	1255.71	1,194.3
ปิงส่วนที่ 2	1216.44	1534.54	856.19	1196.96	1413.45	1380.80	1139.59	1056.65	911.32	1264.65	1,197.1
แม่ริม	1251.34	1434.75	848.59	1176.89	1479.14	1372.13	1152.21	1153.75	999.21	1234.51	1,210.3
แม่กวง	1241.26	1393.01	826.40	1101.46	1336.49	1212.55	1053.63	961.13	929.54	1275.39	1,133.1
แม่ปาน	1253.71	1344.22	861.61	1119.74	1352.18	1444.23	1263.37	1141.96	1073.02	1231.00	1,208.5
แม่ลี่	1056.96	1316.65	751.78	849.13	1055.54	1246.84	1085.05	1238.18	1073.94	1244.26	1,091.8
แม่กลาง	1019.84	1336.83	761.54	977.80	1176.29	1269.83	1162.62	1045.12	1037.93	1141.51	1,092.9
ปิงส่วนที่ 3	857.00	1319.43	616.15	737.48	1068.46	1114.89	1202.83	828.65	915.65	1168.52	982.9
แม่แจ่มตอนบน	1189.94	1348.24	897.74	1101.33	1332.64	1368.05	1200.60	1178.46	1091.39	1256.90	1,196.5
แม่แจ่มตอนล่าง	929.59	1223.43	855.32	859.84	1171.58	1254.35	1070.11	1072.85	1114.03	1253.64	1,080.5
แม่หาด	966.55	1298.43	744.73	847.75	1042.77	1176.06	1150.50	1188.02	1082.72	1122.57	1,062.0
แม่ตื่น	1089.53	1430.07	903.76	1012.07	1157.86	1399.88	1370.05	1248.47	1262.65	1102.81	1,197.7
เฉลี่ย	1,124.6	1,357.9	858.2	1,044.2	1,322.5	1,298.0	1,165.6	1,124.3	1,038.0	1,224.3	1,155.8
สูงสุด	1,311.1	1,534.5	1,068.1	1,365.9	1,907.0	1,444.2	1,370.1	1,265.7	1,262.7	1,308.9	1,281.4
ต่ำสุด	857.0	1,199.1	616.2	737.5	1,042.8	1,114.9	1,053.6	828.7	911.3	1,102.8	982.9

## 5. ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี กับความลึกฝนสะสมสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี กับความลึกฝนสะสมสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำ ของลุ่มน้ำปิงตอนบน ได้แยกการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ออกเป็น 2 กรณี คือ (1) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดัชนีภัยแล้งราย 8 วัน กับความลึกฝนสะสมราย 8 วัน และ (2) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดัชนีภัยแล้งราย 8 วัน กับความลึกฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี สำหรับการประเมินความสัมพันธ์นั้นพิจารณาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ระหว่างค่าดัชนีภัยแล้งราย 8 วัน และความลึกฝนทั้ง 2 กรณี ทั้งนี้ ค่าสหสัมพันธ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากความสัมพันธ์ทั้ง 2 กรณี นั้น ได้มาจากความสัมพันธ์ในช่วงเวลาระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคมของแต่ละปีเท่านั้น เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ทำให้ความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดระหว่างข้อมูลฝนและดัชนีภัยแล้งในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน

### 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDVI* กับความลึกฝนสะสมสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของดัชนี *NDVI* ราย 8 วัน และความลึกฝนสำหรับกรณีที่ 1 และ 2 ในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ของลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 แสดงดังในภาพที่ 20 และภาพที่ 21 ตามลำดับ สำหรับลุ่มน้ำย่อยอื่น ๆ อีก 13 ลุ่มน้ำย่อย แสดงดังในภาคผนวก จ (ภาพผนวกที่ จ1 และ จ2) จากความสัมพันธ์ในภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าดัชนี *NDVI* มีความสัมพันธ์กับความลึกฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปีมากกว่าฝนสะสมราย 8 วัน อย่างชัดเจน โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

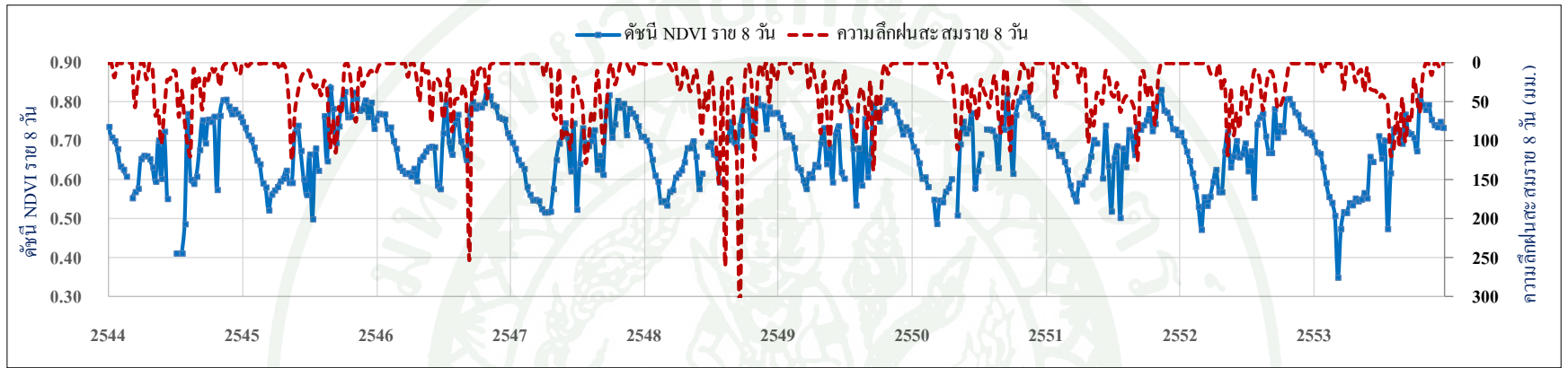
ผลการประเมินความสัมพันธ์ทั้ง 2 กรณี โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เป็นค่าทางสถิติที่ใช้ประเมินผลสำหรับกรณีที่ 1 และ 2 ในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน แสดงดังในตารางที่ 27 และตารางที่ 28 ตามลำดับ จากตารางดังกล่าวพบว่า (1) กรณีที่ 1 มีค่า  $r$  อยู่ในช่วงระหว่าง -0.70 ถึง 0.72 โดยมีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 0.28 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 2 และต่ำสุดเท่ากับ -0.12 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน โดยมีค่า  $r$  เฉลี่ยทุกลุ่มน้ำย่อยเท่ากับ 0.08 (2) กรณีที่ 2 มีค่า  $r$  อยู่ในช่วงระหว่าง -0.65 ถึง 0.87 โดยมีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 0.53 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่หาด และต่ำสุดเท่ากับ -0.14 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน โดยมีค่า  $r$  เฉลี่ยทุกลุ่มน้ำย่อยเท่ากับ 0.23 จากความสัมพันธ์ดังกล่าวเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกันทั้ง 2 กรณี พบว่า ค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีสำหรับกรณีที่ 2 มีความสัมพันธ์ดีกว่ากรณีที่ 1 แสดงว่าดัชนี *NDVI* มีความสัมพันธ์กับความลึกฝนสะสมรายปีมากกว่าฝนสะสมราย 8 วัน อย่างไรก็ตาม

ความสัมพันธ์ทั้ง 2 กรณี อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ซึ่งเกิดจากผลการกำจัดเมฆเพื่อใช้ในการประเมินค่าดัชนี *NDVI* นั้นไม่สามารถกำจัดเมฆได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นเหตุผลให้ค่าของดัชนี *NDVI* ในช่วงฤดูฝนมีค่าไม่ถูกต้องเท่าที่ควรและส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์ดังกล่าว

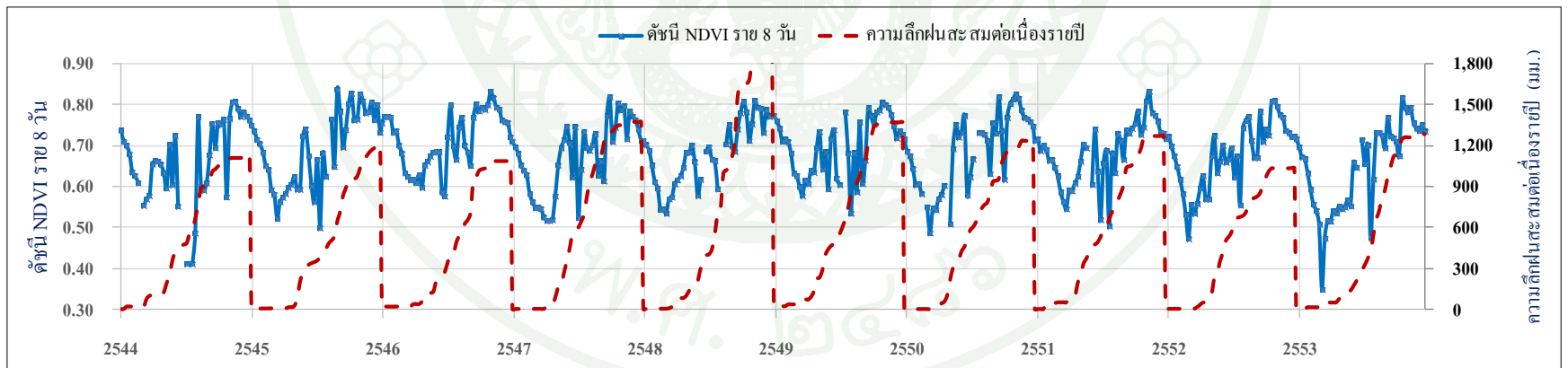
## 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDVI* กับความลึกฝนสะสมสำหรับลุ่มน้ำปึงตอนบน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของดัชนี *NDVI* ราย 8 วัน และความลึกฝนสำหรับกรณี ที่ 1 และ 2 ในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ของลุ่มน้ำย่อยแม่ปึงส่วนที่ 1 แสดงดังในภาพที่ 22 และภาพที่ 23 ตามลำดับ สำหรับลุ่มน้ำย่อยอื่น ๆ อีก 13 ลุ่มน้ำย่อย แสดงดังในภาคผนวก จ (ภาพผนวกที่ จ3 และ จ4) จากความสัมพันธ์ในภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าดัชนี *NDVI* มีความสัมพันธ์กับความลึกฝนสะสมอย่างชัดเจน โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

ผลการประเมินความสัมพันธ์ทั้ง 2 กรณี โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เป็นค่าทางสถิติที่ใช้ประเมินผลสำหรับกรณีที่ 1 และ 2 ในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปึงตอนบน แสดงดังในตารางที่ 29 และตารางที่ 30 ตามลำดับ จากตารางดังกล่าวพบว่า (1) กรณีที่ 1 มีค่า  $r$  อยู่ในช่วงระหว่าง 0.03 ถึง 0.83 โดยมีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 0.51 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแมริมและต่ำสุดเท่ากับ 0.31 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่ปึงส่วนที่ 3 โดยมีค่า  $r$  เฉลี่ยทุกลุ่มน้ำย่อยเท่ากับ 0.42 (2) กรณีที่ 2 มีค่า  $r$  อยู่ในช่วงระหว่าง 0.44 ถึง 0.90 โดยมีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 0.81 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่ลี และต่ำสุดเท่ากับ 0.69 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่กลาง โดยมีค่า  $r$  เฉลี่ยทุกลุ่มน้ำย่อยเท่ากับ 0.75 จากความสัมพันธ์ดังกล่าวเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกันทั้ง 2 กรณี พบว่า ค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีสำหรับกรณีที่ 2 มีความสัมพันธ์ที่ดีกว่ากรณีที่ 1 ทุกลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปึงตอนบน แสดงว่าดัชนี *NDVI* มีความสัมพันธ์กับความลึกฝนสะสมรายปีมากกว่าฝนสะสมราย 8 วัน อย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาถึงค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีสำหรับกรณีที่ 2 ยังพบว่า ลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำมีค่ามากกว่า 0.60 ซึ่งจัดว่าเป็นค่าทางสถิติที่แสดงความสัมพันธ์เป็นที่ยอมรับได้



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDVI* ราย 8 วัน และความลึกฝนสะสมราย 8 วัน สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2553



ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDVI* ราย 8 วัน และความลึกฝนสะสมต่อปีในแต่ละปี สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2544 - 2553

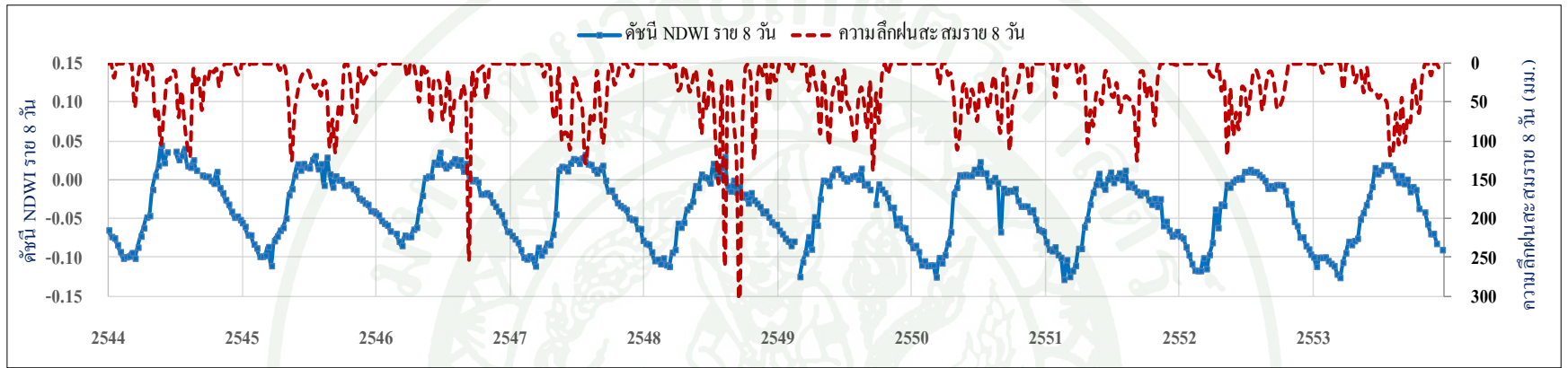


ตารางที่ 27 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี *NDVI* กับความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน ช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2553

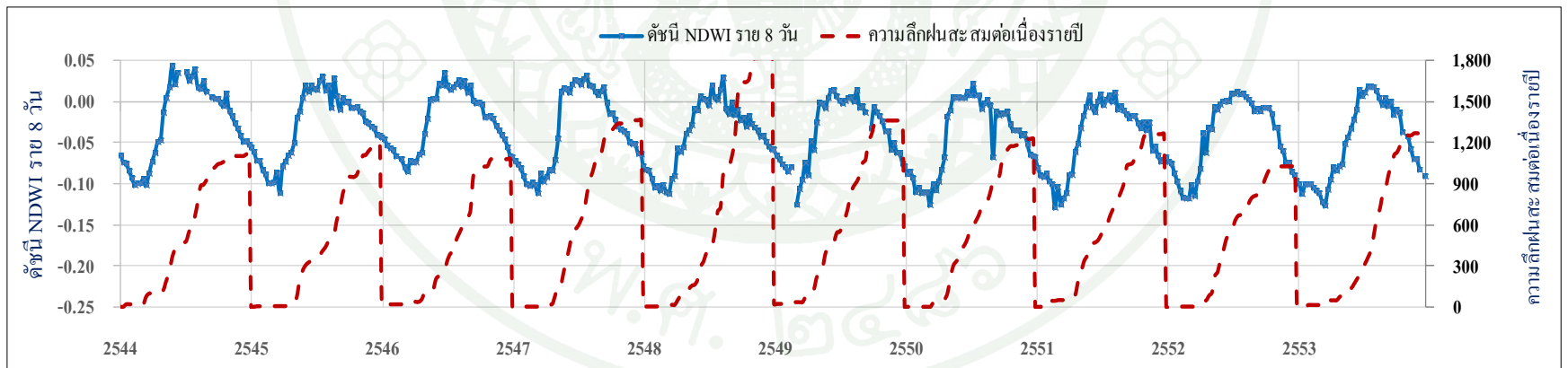
ลุ่มน้ำย่อย	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี <i>NDVI</i> กับความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน										
	พ.ศ. 2544	พ.ศ. 2545	พ.ศ. 2546	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2553	เฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.21	0.39	0.42	0.52	-0.45	-0.04	-0.16	0.00	0.33	0.63	0.18
แม่จืด	-0.70	0.35	0.35	0.35	-0.70	-0.17	-0.48	0.01	0.14	0.65	-0.02
แม่แตง	-0.15	0.30	-0.17	0.07	-0.60	-0.04	-0.28	0.03	-0.09	0.16	-0.08
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.11	0.40	0.17	0.35	0.22	0.06	0.09	0.52	0.40	0.72	0.28
แม่ริม	-0.57	0.22	-0.34	0.15	-0.68	-0.03	-0.22	-0.13	0.18	0.31	-0.11
แม่กวาง	-0.06	0.20	-0.01	0.17	-0.27	-0.05	0.25	0.60	0.34	0.56	0.17
แม่งาน	-0.51	0.12	-0.13	0.12	-0.22	0.10	-0.15	0.33	0.21	0.34	0.02
แม่สี่	-0.21	0.33	0.20	0.33	-0.23	0.34	-0.11	0.41	0.33	0.56	0.20
แม่กลาง	-0.43	0.32	0.14	0.16	-0.61	0.22	-0.09	0.39	0.19	0.34	0.06
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.23	0.13	0.24	0.39	0.08	0.18	-0.14	0.28	0.16	0.43	0.15
แม่แจ่มตอนบน	-0.67	0.34	0.05	-0.02	-0.70	-0.02	-0.44	-0.01	0.04	0.24	-0.12
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.19	0.36	0.68	0.24	-0.36	0.10	-0.01	0.05	-0.04	0.45	0.13
แม่หาด	0.31	0.16	0.08	0.39	0.05	0.33	0.06	0.49	0.23	0.63	0.27
แม่ตื่น	-0.41	0.15	0.16	0.35	-0.47	0.07	-0.28	0.20	0.07	0.27	0.01
ค่าเฉลี่ย	-0.27	0.27	0.13	0.26	-0.35	0.08	-0.14	0.23	0.18	0.45	0.08
ค่าสูงสุด	0.31	0.40	0.68	0.52	0.22	0.34	0.25	0.60	0.40	0.72	0.28
ค่าต่ำสุด	-0.70	0.12	-0.34	-0.02	-0.70	-0.17	-0.48	-0.13	-0.09	0.16	-0.12

ตารางที่ 28 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี *NDVI* กับความลึกฝนสะสมต่อเนื่องรายปีช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำย่อย	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี <i>NDVI</i> กับความลึกฝนสะสมต่อเนื่องรายปี										
	พ.ศ. 2544	พ.ศ. 2545	พ.ศ. 2546	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2553	เฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.21	0.52	0.58	0.49	0.43	0.04	0.49	0.27	0.55	0.70	0.39
แม่จืด	-0.49	-0.03	0.29	0.33	-0.24	-0.25	0.27	-0.16	0.38	0.61	0.07
แม่แตง	-0.33	-0.07	-0.26	0.29	-0.25	-0.04	0.02	-0.10	0.06	0.24	-0.05
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.15	0.64	0.13	0.67	0.64	0.26	0.57	0.37	0.67	0.77	0.46
แม่ริม	-0.53	0.45	-0.36	0.02	-0.24	0.05	0.21	-0.13	0.17	0.33	0.00
แม่กวาง	0.08	0.39	0.19	0.67	0.06	-0.04	0.45	0.36	0.67	0.56	0.34
แม่งาน	-0.38	0.02	0.21	0.35	0.12	0.22	0.03	0.09	0.12	0.27	0.10
แม่ลี่	0.05	0.47	0.41	0.70	0.22	0.60	0.74	0.47	0.68	0.74	0.51
แม่กลาง	-0.53	0.14	0.23	0.36	-0.11	0.10	0.24	0.08	0.21	0.30	0.10
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.30	0.69	0.54	0.67	0.54	0.26	0.87	0.54	0.46	0.43	0.47
แม่แจ่มตอนบน	-0.60	0.06	0.05	-0.13	-0.19	-0.19	0.06	-0.53	-0.14	0.24	-0.14
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.19	0.26	0.53	0.56	0.43	0.58	0.66	0.67	0.29	0.33	0.41
แม่หาด	0.03	0.49	0.21	0.66	0.61	0.71	0.78	0.38	0.75	0.64	0.53
แม่ตื่น	-0.65	-0.45	-0.08	0.20	0.25	-0.01	0.41	0.29	0.06	0.18	0.02
ค่าเฉลี่ย	-0.30	0.26	0.19	0.42	0.16	0.17	0.41	0.19	0.35	0.45	0.23
ค่าสูงสุด	0.08	0.69	0.58	0.70	0.64	0.71	0.87	0.67	0.75	0.77	0.53
ค่าต่ำสุด	-0.65	-0.45	-0.36	-0.13	-0.25	-0.25	0.02	-0.53	-0.14	0.18	-0.14



ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDWI* ราย 8 วัน และความลึกฝนสะสมราย 8 วัน สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2553



ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDWI* ราย 8 วัน และความลึกฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2544 - 2553

ตารางที่ 29 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี *NDWI* และความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน ช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำย่อย	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี <i>NDWI</i> กับความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน										
	พ.ศ. 2544	พ.ศ. 2545	พ.ศ. 2546	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2553	เฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.51	0.25	0.45	0.46	0.53	0.26	0.44	0.21	0.35	0.72	0.42
แม่จืด	0.64	0.32	0.57	0.55	0.69	0.30	0.35	0.46	0.40	0.62	0.49
แม่แตง	0.53	0.23	0.52	0.53	0.59	0.37	0.43	0.31	0.40	0.70	0.46
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.58	0.36	0.53	0.39	0.66	0.31	0.40	0.40	0.48	0.83	0.49
แม่ริม	0.61	0.33	0.54	0.56	0.60	0.32	0.47	0.46	0.51	0.66	0.51
แม่กวาง	0.50	0.31	0.61	0.34	0.63	0.39	0.33	0.51	0.27	0.77	0.47
แม่งาน	0.57	0.32	0.51	0.44	0.62	0.27	0.21	0.25	0.31	0.72	0.42
แม่ลี	0.49	0.32	0.56	0.32	0.47	0.17	0.24	0.34	0.34	0.76	0.40
แม่กลาง	0.47	0.28	0.47	0.31	0.54	0.07	0.18	0.06	0.43	0.67	0.35
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.36	0.16	0.33	0.49	0.40	0.10	0.11	0.18	0.17	0.74	0.31
แม่แจ่มตอนบน	0.54	0.32	0.59	0.45	0.65	0.31	0.22	0.27	0.27	0.79	0.44
แม่แจ่มตอนล่าง	0.55	0.37	0.50	0.23	0.53	0.27	0.14	0.03	0.16	0.77	0.35
แม่หาด	0.43	0.28	0.52	0.43	0.45	0.18	0.16	0.35	0.33	0.69	0.38
แม่ตื่น	0.50	0.35	0.66	0.50	0.77	0.23	0.31	0.18	0.43	0.69	0.46
ค่าเฉลี่ย	0.52	0.30	0.52	0.43	0.58	0.25	0.28	0.29	0.35	0.72	0.42
ค่าสูงสุด	0.64	0.37	0.66	0.56	0.77	0.39	0.47	0.51	0.51	0.83	0.51
ค่าต่ำสุด	0.36	0.16	0.33	0.23	0.40	0.07	0.11	0.03	0.16	0.62	0.31

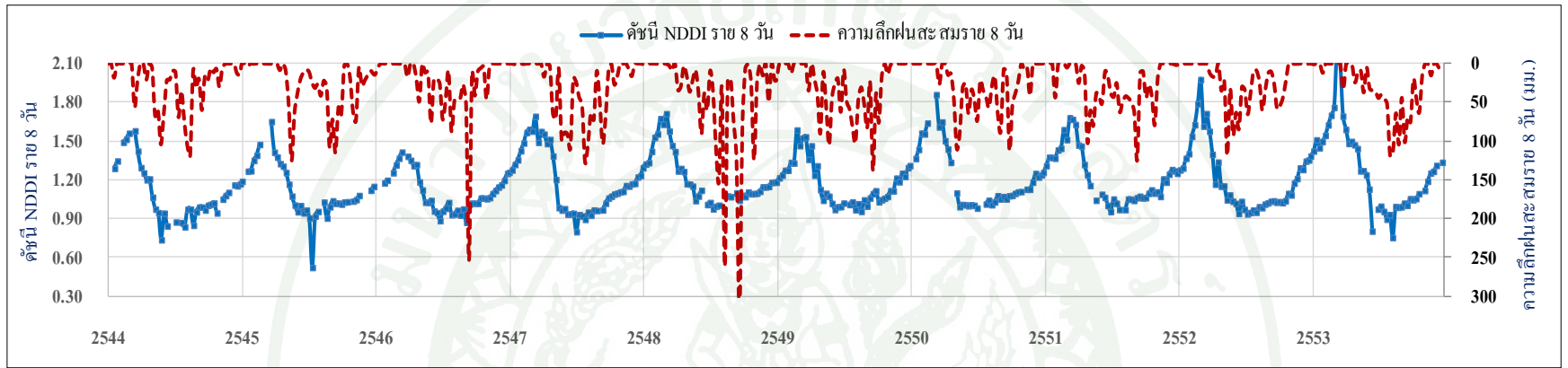
ตารางที่ 30 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี *NDWI* และความถี่ฝนสะสมต่อเนื่องรายปี ช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำย่อย	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี <i>NDWI</i> กับความถี่ฝนสะสมต่อเนื่องรายปี										
	พ.ศ. 2544	พ.ศ. 2545	พ.ศ. 2546	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2553	เฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.60	0.83	0.71	0.73	0.63	0.66	0.69	0.82	0.84	0.73	0.72
แม่จืด	0.59	0.85	0.71	0.72	0.72	0.64	0.67	0.73	0.86	0.68	0.72
แม่แตง	0.68	0.81	0.63	0.81	0.67	0.71	0.73	0.84	0.83	0.71	0.74
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.64	0.89	0.74	0.80	0.81	0.70	0.74	0.78	0.83	0.83	0.78
แม่ริม	0.61	0.88	0.62	0.77	0.64	0.63	0.70	0.75	0.75	0.68	0.70
แม่กวาง	0.66	0.90	0.77	0.81	0.86	0.58	0.78	0.81	0.88	0.79	0.78
แม่งาน	0.57	0.83	0.60	0.82	0.72	0.52	0.77	0.81	0.81	0.77	0.72
แม่ลี	0.68	0.86	0.76	0.86	0.89	0.70	0.86	0.82	0.85	0.81	0.81
แม่กลาง	0.44	0.84	0.62	0.84	0.64	0.48	0.79	0.80	0.74	0.71	0.69
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.56	0.89	0.65	0.86	0.83	0.56	0.88	0.79	0.77	0.80	0.76
แม่แจ่มตอนบน	0.63	0.80	0.68	0.86	0.76	0.67	0.79	0.84	0.82	0.77	0.76
แม่แจ่มตอนล่าง	0.70	0.84	0.68	0.90	0.83	0.66	0.83	0.86	0.82	0.83	0.79
แม่หาด	0.57	0.84	0.67	0.82	0.89	0.69	0.85	0.77	0.80	0.78	0.77
แม่ตื่น	0.52	0.85	0.66	0.85	0.73	0.49	0.76	0.76	0.64	0.74	0.70
ค่าเฉลี่ย	0.60	0.85	0.68	0.82	0.76	0.62	0.77	0.80	0.80	0.76	0.75
ค่าสูงสุด	0.70	0.90	0.77	0.90	0.89	0.71	0.88	0.86	0.88	0.83	0.81
ค่าต่ำสุด	0.44	0.80	0.60	0.72	0.63	0.48	0.67	0.73	0.64	0.68	0.69

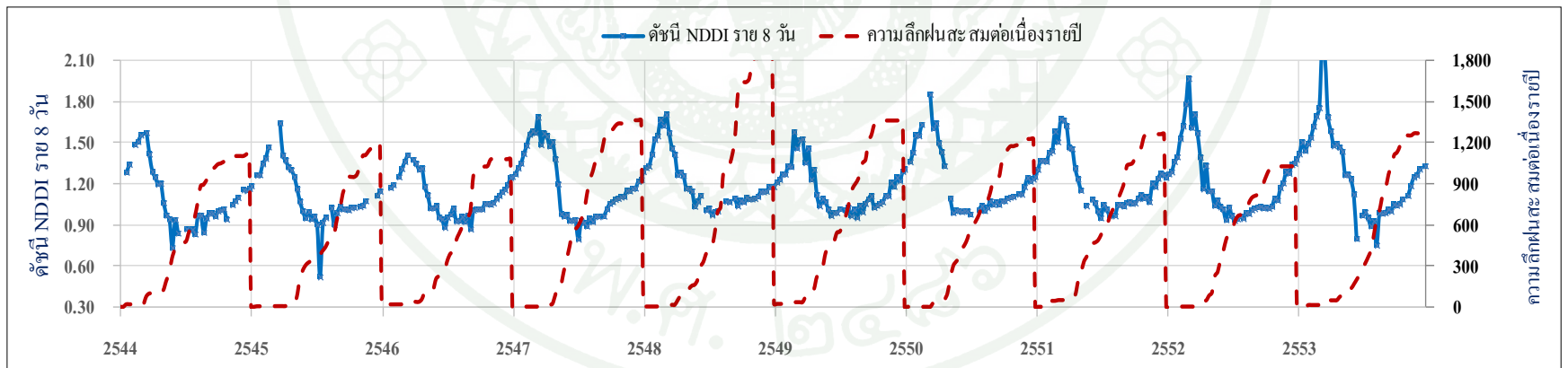
### 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDDI* กับความลึกฝนสะสมสำหรับลุ่มน้ำปึงตอนบน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของดัชนี *NDDI* ราย 8 วัน และความลึกฝนสำหรับกรณี ที่ 1 และ 2 ในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ของลุ่มน้ำย่อยแม่ปึงส่วนที่ 1 แสดงดังในภาพที่ 24 และภาพที่ 25 ตามลำดับ สำหรับลุ่มน้ำย่อยอื่น ๆ อีก 13 ลุ่มน้ำย่อย แสดงดังในภาคผนวก จ (ภาพ ผนวกที่ จ5 และ จ6) จากความสัมพันธ์ในภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าดัชนี *NDDI* มีความสัมพันธ์ กับความลึกฝนสะสมแบบตรงกันข้ามอย่างชัดเจน โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

ผลการประเมินความสัมพันธ์ทั้ง 2 กรณี โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เป็นค่า ทางสถิติที่ใช้ประเมินผลสำหรับกรณีที่ 1 และ 2 ในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ของแต่ละ ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปึงตอนบน แสดงดังในตารางที่ 31 และตารางที่ 32 ตามลำดับ จากตาราง ดังกล่าว พบว่า (1) กรณีที่ 1 มีค่า  $r$  อยู่ในช่วงระหว่าง -0.78 ถึง -0.01 โดยมีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ -0.34 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่กลางและต่ำสุดเท่ากับ -0.55 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแมริม โดยมีค่า  $r$  เฉลี่ย ทุกลุ่มน้ำย่อยเท่ากับ -0.45 (2) กรณีที่ 2 มีค่า  $r$  อยู่ในช่วงระหว่าง -0.89 ถึง -0.26 โดยมีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปี สูงสุดเท่ากับ -0.58 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่กลาง และต่ำสุดเท่ากับ -0.79 เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยแม่กวง แม่ลี และแม่แจ่มตอนบน โดยมีค่า  $r$  เฉลี่ยทุกลุ่มน้ำย่อยเท่ากับ -0.73 จากความสัมพันธ์ดังกล่าวเมื่อ พิจารณาเปรียบเทียบกันทั้ง 2 กรณี พบว่า ค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีสำหรับกรณีที่ 2 มีความสัมพันธ์แบบผกผัน ที่ดีกว่ากรณีที่ 1 ทุกลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปึงตอนบน แสดงว่าดัชนี *NDDI* มีความสัมพันธ์แบบผกผัน กับความลึกฝนสะสมรายปีมากกว่าฝนสะสมราย 8 วัน อย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาถึงค่า  $r$  เฉลี่ยรายปี สำหรับกรณีที่ 2 ยังพบว่า ลุ่มน้ำย่อยจำนวน 13 ลุ่มน้ำ มีค่า  $r$  แบบผกผัน (มีค่าลบ) มากกว่า 0.60 ซึ่งจัด ว่าเป็นค่าทางสถิติที่แสดงความสัมพันธ์เป็นที่ยอมรับได้ โดยมีเพียงลุ่มน้ำย่อยแม่กลางเท่านั้นมีค่า  $r$  เท่ากับ -0.58



ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDDI* ราย 8 วัน และความลึกฝนสะสมราย 8 วัน สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2553



ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDDI* ราย 8 วัน และความลึกฝนสะสมต่อปี สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2544 - 2553

ตารางที่ 31 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี *NDDI* และความลึกฝนสะสมราย 8 วัน ช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำย่อย	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี <i>NDDI</i> กับความลึกฝนสะสมราย 8 วัน										
	พ.ศ. 2544	พ.ศ. 2545	พ.ศ. 2546	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2553	เฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.45	-0.16	-0.47	-0.44	-0.40	-0.30	-0.52	-0.24	-0.38	-0.75	-0.41
แม่จืด	-0.32	-0.28	-0.59	-0.56	-0.65	-0.31	-0.44	-0.45	-0.38	-0.59	-0.46
แม่แตง	-0.54	-0.22	-0.59	-0.51	-0.44	-0.27	-0.62	-0.28	-0.42	-0.68	-0.46
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.55	-0.40	-0.57	-0.42	-0.66	-0.37	-0.39	-0.51	-0.49	-0.72	-0.51
แม่ริม	-0.78	-0.41	-0.64	-0.49	-0.60	-0.26	-0.69	-0.47	-0.44	-0.76	-0.55
แม่กวาง	-0.50	-0.32	-0.63	-0.38	-0.64	-0.43	-0.57	-0.48	-0.33	-0.74	-0.50
แม่งาน	-0.64	-0.30	-0.48	-0.44	-0.51	-0.19	-0.44	-0.24	-0.33	-0.65	-0.42
แม่ลี	-0.49	-0.38	-0.48	-0.43	-0.41	-0.26	-0.25	-0.53	-0.47	-0.71	-0.44
แม่กลาง	-0.57	-0.23	-0.47	-0.36	-0.40	-0.01	-0.51	-0.09	-0.49	-0.31	-0.34
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.46	-0.34	-0.35	-0.54	-0.45	-0.21	-0.19	-0.42	-0.24	-0.76	-0.39
แม่แจ่มตอนบน	-0.76	-0.57	-0.67	-0.46	-0.65	-0.20	-0.09	-0.45	-0.45	-0.74	-0.51
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.56	-0.44	-0.49	-0.34	-0.51	-0.30	-0.21	-0.13	-0.36	-0.78	-0.41
แม่หาด	-0.42	-0.39	-0.59	-0.57	-0.45	-0.31	-0.35	-0.38	-0.47	-0.72	-0.47
แม่ตื่น	-0.53	-0.48	-0.62	-0.60	-0.46	-0.20	-0.28	-0.29	-0.51	-0.70	-0.47
ค่าเฉลี่ย	-0.54	-0.35	-0.55	-0.47	-0.51	-0.26	-0.40	-0.36	-0.41	-0.69	-0.45
ค่าสูงสุด	-0.32	-0.16	-0.35	-0.34	-0.40	-0.01	-0.09	-0.09	-0.24	-0.31	-0.34
ค่าต่ำสุด	-0.78	-0.57	-0.67	-0.60	-0.66	-0.43	-0.69	-0.53	-0.51	-0.78	-0.55



ตารางที่ 32 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี *NDDI* และความลึกฝนสะสมต่อเนื่องรายปี ช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำย่อย	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างดัชนี <i>NDDI</i> กับความลึกฝนสะสมต่อเนื่องรายปี										
	พ.ศ. 2544	พ.ศ. 2545	พ.ศ. 2546	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2553	เฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.55	-0.73	-0.71	-0.73	-0.58	-0.71	-0.70	-0.84	-0.82	-0.74	-0.71
แม่จืด	-0.26	-0.84	-0.83	-0.71	-0.62	-0.63	-0.70	-0.79	-0.84	-0.61	-0.68
แม่แตง	-0.75	-0.76	-0.78	-0.78	-0.46	-0.60	-0.74	-0.82	-0.80	-0.65	-0.72
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.64	-0.87	-0.78	-0.80	-0.74	-0.76	-0.79	-0.64	-0.82	-0.71	-0.76
แม่ริม	-0.70	-0.86	-0.80	-0.76	-0.44	-0.68	-0.81	-0.59	-0.74	-0.72	-0.71
แม่กวาง	-0.65	-0.89	-0.83	-0.80	-0.86	-0.71	-0.76	-0.77	-0.87	-0.74	-0.79
แม่งาน	-0.58	-0.80	-0.65	-0.80	-0.59	-0.64	-0.83	-0.58	-0.73	-0.71	-0.69
แม่ลี	-0.65	-0.86	-0.80	-0.82	-0.81	-0.77	-0.88	-0.76	-0.83	-0.77	-0.79
แม่กลาง	-0.47	-0.68	-0.60	-0.80	-0.36	-0.48	-0.83	-0.62	-0.60	-0.36	-0.58
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.67	-0.87	-0.67	-0.81	-0.75	-0.71	-0.89	-0.77	-0.76	-0.81	-0.77
แม่แจ่มตอนบน	-0.71	-0.68	-0.74	-0.85	-0.71	-0.68	-0.82	-0.78	-0.85	-0.70	-0.75
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.70	-0.79	-0.73	-0.87	-0.76	-0.71	-0.86	-0.87	-0.77	-0.80	-0.79
แม่หาด	-0.67	-0.82	-0.67	-0.80	-0.84	-0.72	-0.84	-0.71	-0.76	-0.78	-0.76
แม่ตื่น	-0.54	-0.75	-0.70	-0.81	-0.56	-0.67	-0.77	-0.74	-0.53	-0.72	-0.68
ค่าเฉลี่ย	-0.61	-0.80	-0.74	-0.79	-0.65	-0.68	-0.80	-0.73	-0.77	-0.70	-0.73
ค่าสูงสุด	-0.26	-0.68	-0.60	-0.71	-0.36	-0.48	-0.70	-0.58	-0.53	-0.36	-0.58
ค่าต่ำสุด	-0.75	-0.89	-0.83	-0.87	-0.86	-0.77	-0.89	-0.87	-0.87	-0.81	-0.79

## 6. ผลการคัดเลือกดัชนีภัยแล้งที่มีความเหมาะสมในการใช้ติดตามสภาพภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย

สำหรับการคัดเลือกดัชนีภัยแล้งจากทั้ง 3 ดัชนี นั้น ใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกโดยการใช้ความสัมพันธ์กับความลึกฝนมาพิจารณาโดยมีสมมติฐานว่า ดัชนีใดมีความสัมพันธ์ที่ดีกับความลึกฝนมากกว่าดัชนีอื่น ก็มีแนวโน้มว่าดัชนีนั้นน่าจะมีความเชื่อถือในการนำมาใช้เพื่อการติดตามภัยแล้งได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากกว่าดัชนีอื่น จากนั้นจะนำดัชนีนั้นมาใช้ในการประเมินสภาพภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทยต่อไป

ผลการประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ระหว่างดัชนี  $NDVI$ ,  $NDWI$  และ  $NDDI$  กับความลึกฝนระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ดังแสดงในหัวข้อที่ 5 พบว่า ดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี มีความสัมพันธ์กับความลึกฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี (กรณีที่ 2) มากกว่าความลึกฝนสะสมราย 8 วัน (กรณีที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากธรรมชาติของการตกของฝนจะไม่ต่อเนื่อง ในขณะที่ค่าของดัชนีภัยแล้งเป็นค่าที่ต่อเนื่องสัมพันธ์กันและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างฉับพลันเหมือนกับข้อมูลฝน เป็นผลให้ความสัมพันธ์สำหรับกรณีที่ 2 ดีกว่าสำหรับกรณีที่ 1 ดังนั้นจึงเลือกพิจารณาเฉพาะความสัมพันธ์ในกรณีที่ 2 โดยผลการประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) สำหรับกรณีที่ 2 พบว่า (1) ดัชนี  $NDVI$  มีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีในแต่ละลุ่มน้ำย่อยอยู่ระหว่าง -0.14 ถึง 0.53 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.23 ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ (2) ดัชนี  $NDWI$  มีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีในแต่ละลุ่มน้ำย่อยอยู่ระหว่าง 0.69 ถึง 0.81 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 ซึ่งจัดว่าเป็นค่าทางสถิติที่แสดงความสัมพันธ์ที่ยอมรับได้ (3) ดัชนี  $NDDI$  มีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีในแต่ละลุ่มน้ำย่อย อยู่ระหว่าง -0.58 ถึง -0.79 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.73 จัดว่าเป็นค่าทางสถิติที่แสดงความสัมพันธ์แบบผกผันที่ยอมรับได้

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างฝนสะสมกับดัชนี  $NDVI$ ,  $NDWI$  และ  $NDDI$  ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบนพบว่า ดัชนี  $NDWI$  มีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีสำหรับทุกลุ่มน้ำย่อยสูงกว่าดัชนีอื่น โดยมีค่า  $r$  เท่ากับ 0.75 รองลงมาคือดัชนี  $NDDI$  มีค่า  $r$  แบบผกผันเท่ากับ -0.73 และดัชนี  $NDVI$  ซึ่งมีค่า  $r$  น้อยที่สุดเท่ากับ 0.23 อย่างไรก็ตาม สำหรับดัชนี  $NDWI$  และ  $NDDI$  นั้น จัดว่ามีความสัมพันธ์ที่ดีทั้งคู่และมีค่าแสดงความสัมพันธ์ไม่ต่างกันมากนัก ดังนั้นจึงพิจารณาถึงผลการประเมินค่าดัชนีทั้ง 2 ในหัวข้อที่ 3 (เรื่อง การเปรียบเทียบผลการประเมินดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี) มาเปรียบเทียบประกอบการคัดเลือก ซึ่งพบว่า ดัชนี  $NDWI$  เหมาะสมที่สุดในการประเมินสภาพความชุ่มชื้นหรือความแห้งแล้ง นอกจากนั้นแล้ว จากผลการประเมินในหัวข้อที่ 3 นั้น ยังแสดงให้เห็นว่า ดัชนี  $NDDI$  มีความสัมพันธ์ที่ดีในช่วงฤดูฝนโดยบังเอิญเท่านั้น ทำให้ความถูกต้องของดัชนี  $NDDI$

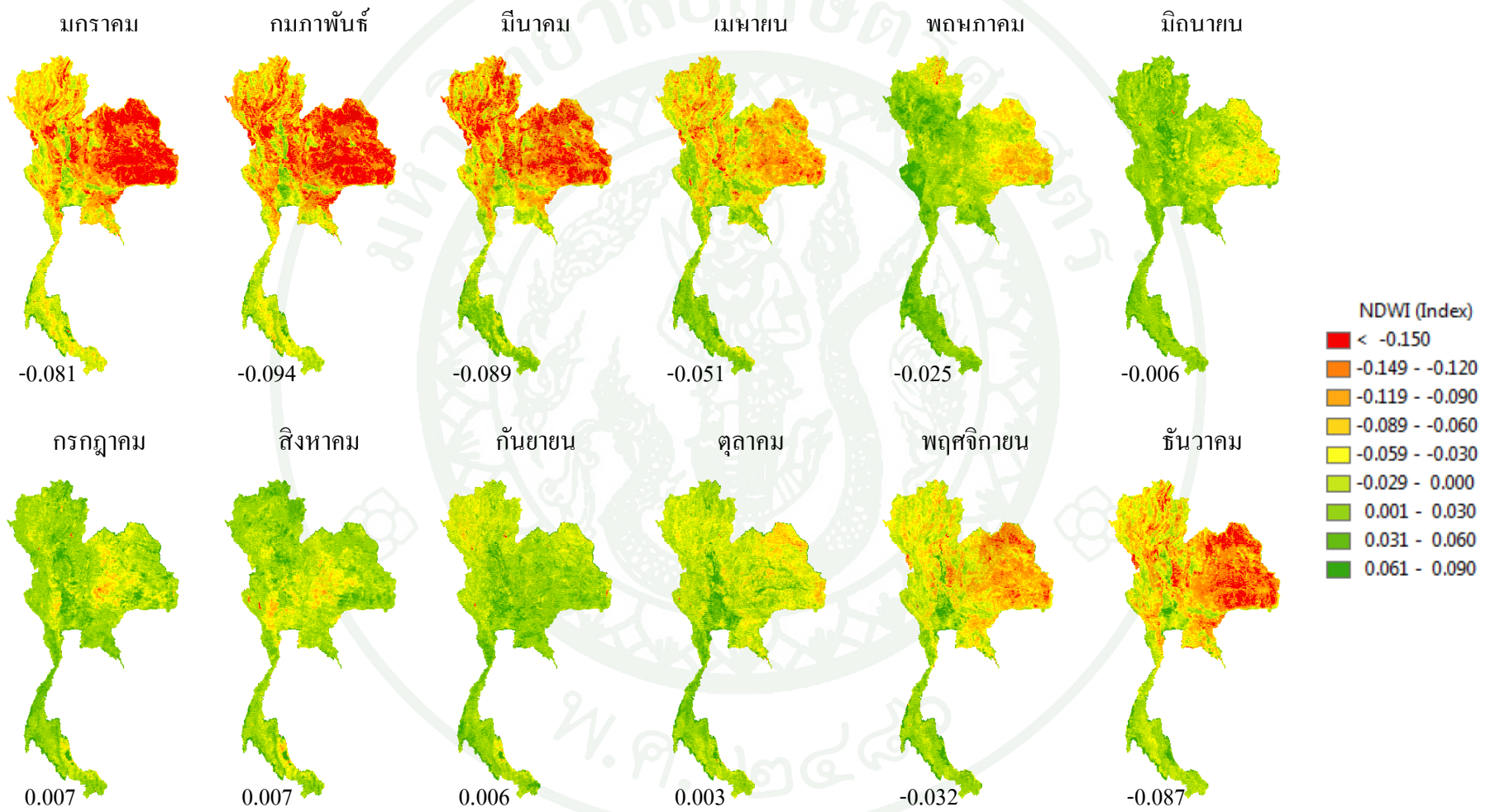
ในช่วงดังกล่าวไม่น่าเชื่อถือ ดังนั้นในการศึกษานี้ได้คัดเลือกดัชนี *NDWI* มาใช้เพื่อประเมินสภาพภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทยต่อไป

## 7. ผลการประเมินสภาพความแห้งแล้งโดยใช้ดัชนี *NDWI* สำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย

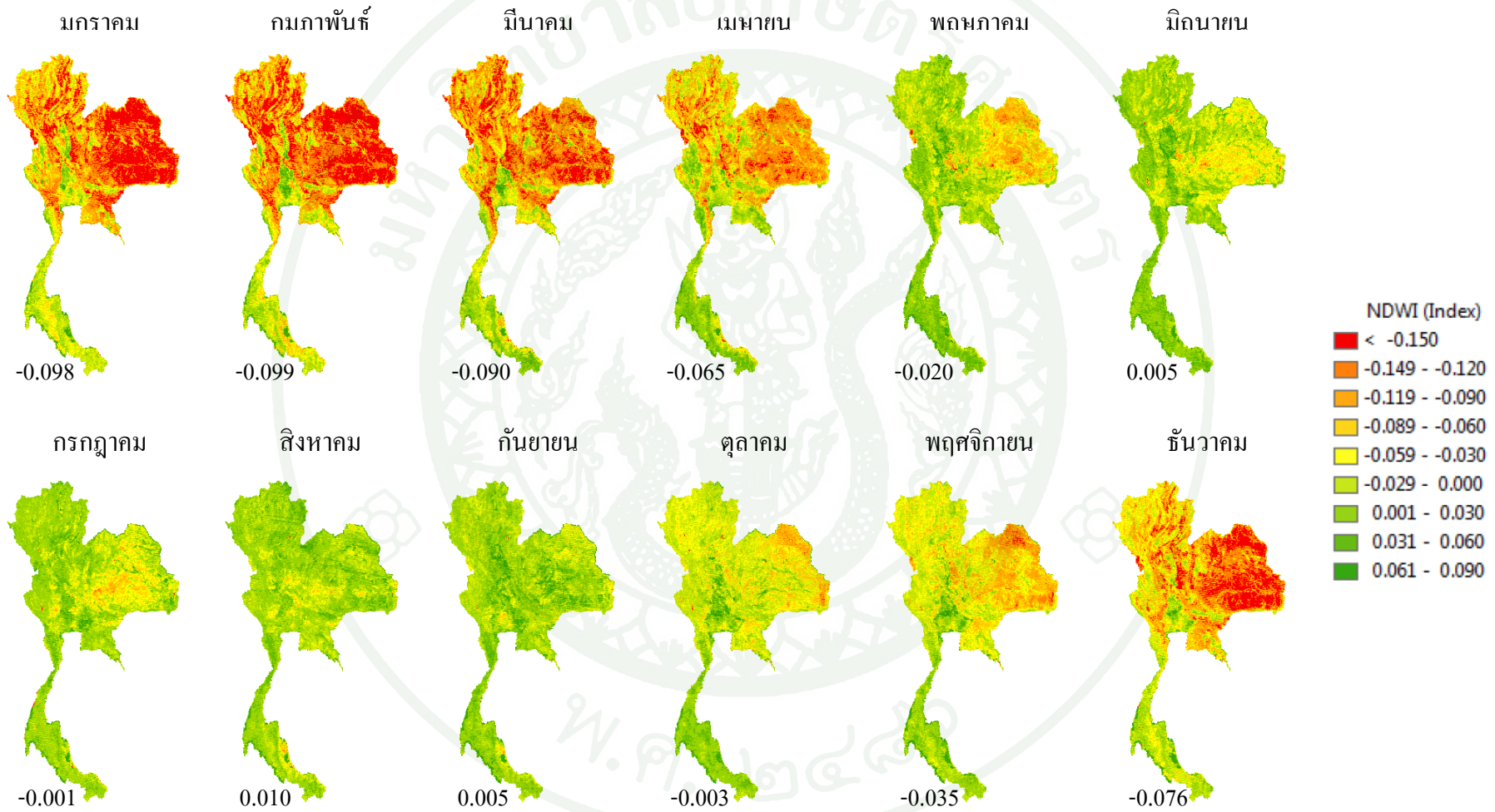
สำหรับการประเมินสภาพความแห้งแล้งสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทยนั้น ได้เลือกดัชนี *NDWI* เนื่องจากพบว่าเป็นดัชนีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการประเมินสภาพภัยแล้ง โดยเลือกวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับประเทศไทยเฉพาะในระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553 โดยผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนสำหรับทุกจุดภาพของดัชนี *NDWI* แสดงดังในภาพที่ 26 ถึงภาพที่ 30 ตามลำดับ โดยในรูปดังกล่าวได้กำหนดการใช้เฉดสีเช่นเดียวกันกับเฉดสีที่ได้แสดงสำหรับผลการวิเคราะห์ในลุ่มน้ำปิงตอนบนดังอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2.2.1 (เรื่อง การกำหนดเฉดสีของดัชนี *NDWI*) นอกจากนั้นแล้ว ได้สรุปค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553 ดังแสดงในตารางที่ 33 ถึงตารางที่ 37 ตามลำดับ รวมทั้งการจัดลำดับสภาพภัยแล้งที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำตามเกณฑ์เดียวกันกับที่ใช้ในการจัดลำดับสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน ทั้งนี้ พื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทยนั้น ได้วิเคราะห์ข้อมูลเป็น 26 ลำดับลุ่มน้ำในประเทศไทย (เนื่องจากทำการแยกลุ่มน้ำโขงออกเป็น ลุ่มน้ำโขงภาคเหนือ และลุ่มน้ำโขงภาคอีสาน เนื่องจากมีสภาพความแห้งแล้งและความชุ่มชื้นที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน) ดังนั้นจะได้ลำดับทั้งหมดเป็น 26 ลำดับ โดยลุ่มน้ำที่มีความชุ่มชื้นมากที่สุดจะได้ลำดับเท่ากับ 1 และลุ่มน้ำที่มีความชุ่มชื้นน้อยที่สุดหรือมีความแห้งแล้งมากที่สุดจะได้ลำดับเท่ากับ 26 โดยได้แสดงผลการจัดลำดับไว้ด้วยตัวเลขในวงเล็บในตารางดังกล่าว เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553 ดังแสดงในตารางที่ 38 แสดงให้เห็นว่าลุ่มน้ำที่มีความชุ่มชื้นเฉลี่ยสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และลุ่มน้ำปัตตานี ตามลำดับ สำหรับลุ่มน้ำที่มีความแห้งแล้งเฉลี่ยสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำโขง (ภาคอีสาน) และลุ่มน้ำชี ตามลำดับ จากผลการจัดลำดับสามารถสรุปได้ว่า ลำดับความแห้งแล้งที่ประเมินได้มีความสอดคล้องอย่างเห็นได้ชัดจากสภาพความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละลุ่มน้ำของประเทศ

จากผลการจัดลำดับสภาพความชุ่มชื้นและสภาพความแห้งแล้งของดัชนี *NDWI* ได้นำผลดังกล่าวมาเปรียบเทียบลำดับสภาพความชุ่มชื้นหรือสภาพความแห้งแล้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ดังแสดงในตารางที่ 39 จากตารางดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าดัชนี *NDWI* แสดงลำดับสภาพความชุ่มชื้นหรือสภาพความแห้งแล้งระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งที่ค่อนข้างสอดคล้องกันในหลาย

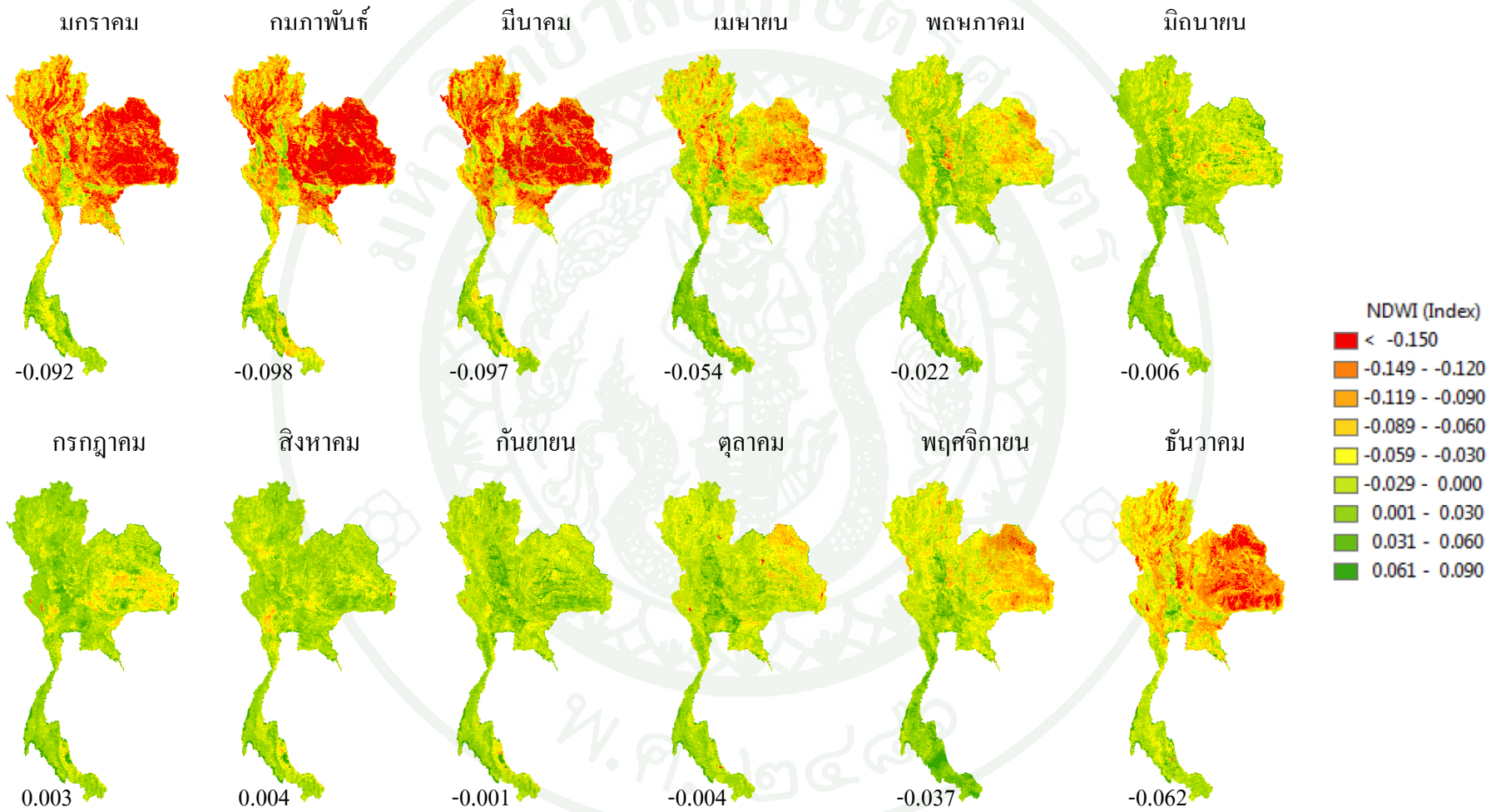
ลุ่มน้ำมีเพียง 4 ลุ่มน้ำ ที่มีความต่างลำดับเกิน 4 ลำดับ คือลุ่มน้ำโขง (ภาคเหนือ) ลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำน่าน และลุ่มน้ำสะแกกรัง โดยจากผลการจัดลำดับสภาพความชุ่มชื้นและสภาพความแห้งแล้งในช่วงฤดูฝนพบว่า ลุ่มน้ำที่มีความชุ่มชื้นสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล ประจวบคีรีขันธ์ และลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ตามลำดับ และลุ่มน้ำที่มีความแห้งแล้งสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำโขง (ภาคอีสาน) และลุ่มน้ำชี ตามลำดับ สำหรับในช่วงฤดูแล้งพบว่า ลุ่มน้ำที่มีความชุ่มชื้นสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก และลุ่มน้ำปัตตานี ตามลำดับ และลุ่มน้ำที่มีความแห้งแล้งสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำชี และลุ่มน้ำโขง (ภาคอีสาน) ตามลำดับ จากผลการจัดลำดับ โดยแยกฤดูฝนและฤดูแล้งนั้นสามารถบ่งบอกสภาพความชุ่มชื้นหรือสภาพความแห้งแล้งของทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทยได้ชัดเจนขึ้น



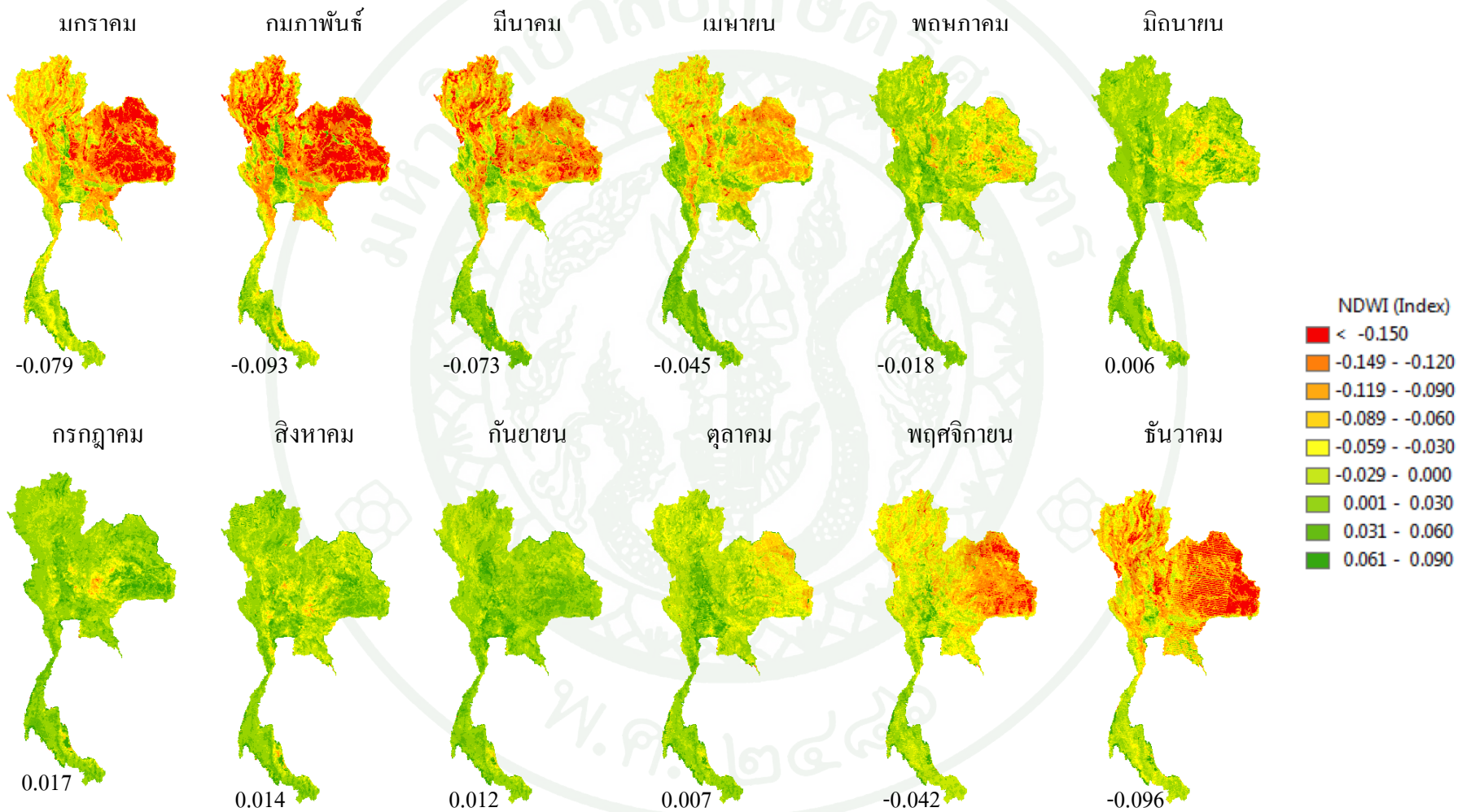
ภาพที่ 27 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549



ภาพที่ 28 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2550

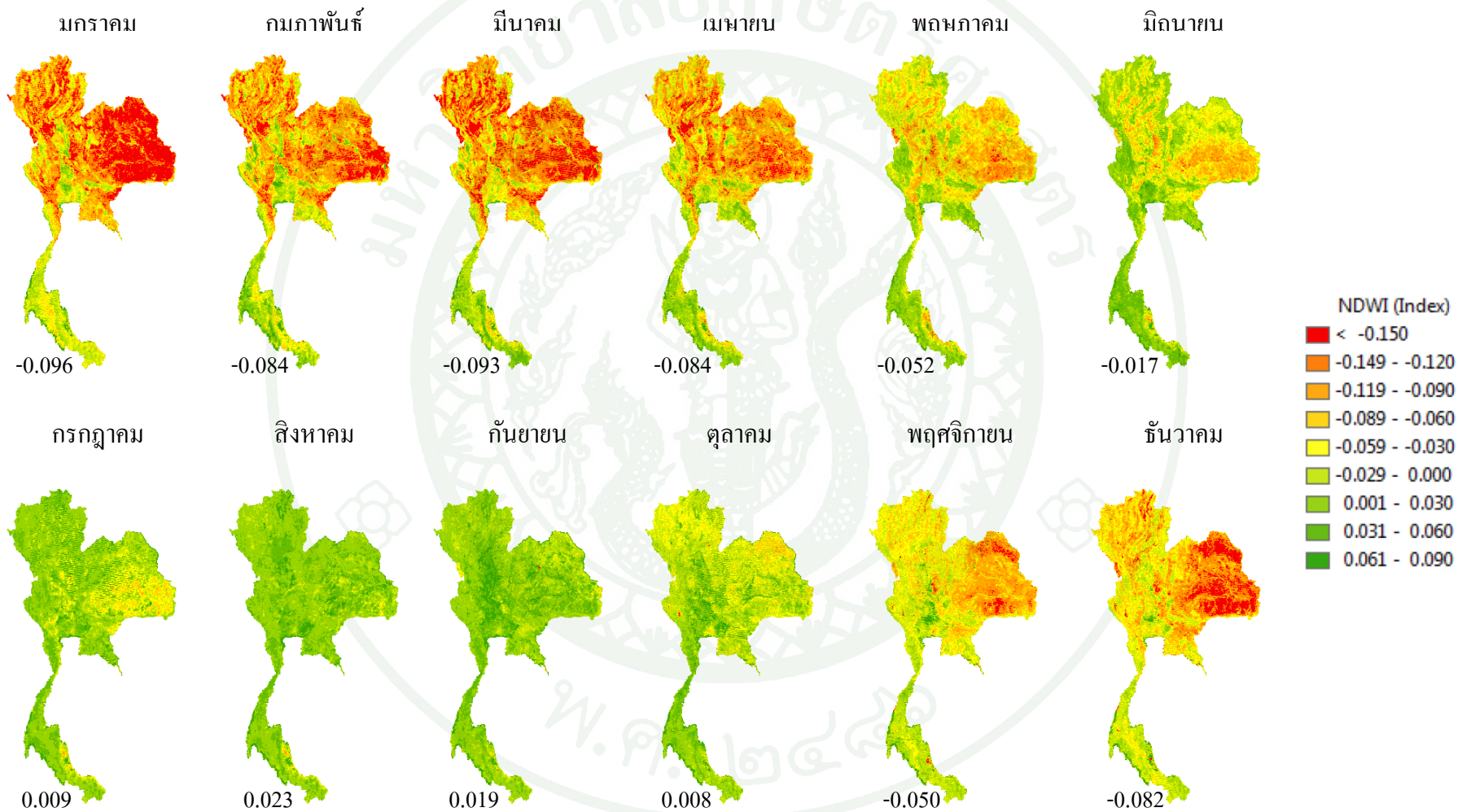


ภาพที่ 29 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2551



ภาพที่ 30 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552





ภาพที่ 31 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553

ตารางที่ 33 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549

ลุ่มน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่น้ำสาละวิน	-0.065 (14)	-0.084 (14)	-0.100 (17)	-0.047 (12)	-0.004 (10)	0.019 (10)	0.022 (4)	0.012 (12)	-0.007 (23)	-0.004 (22)	-0.028 (15)	-0.074 (15)	-0.030 (14)
แม่น้ำโขง (ภาคเหนือ)	-0.085 (20)	-0.102 (19)	-0.121 (22)	-0.065 (21)	-0.040 (23)	-0.001 (19)	0.019 (7)	0.027 (3)	0.008 (16)	0.018 (11)	-0.028 (16)	-0.100 (22)	-0.039 (20)
แม่น้ำโขง (ภาคอีสาน)	-0.139 (25)	-0.149 (26)	-0.129 (26)	-0.081 (23)	-0.053 (25)	-0.027 (24)	-0.001 (24)	0.006 (18)	-0.009 (25)	-0.031 (26)	-0.081 (26)	-0.135 (25)	-0.069 (25)
แม่น้ำกก	-0.063 (12)	-0.073 (12)	-0.090 (14)	-0.052 (15)	-0.028 (19)	0.006 (15)	0.009 (19)	0.021 (5)	-0.001 (22)	0.005 (17)	-0.030 (17)	-0.077 (16)	-0.031 (16)
แม่น้ำชี	-0.130 (24)	-0.137 (24)	-0.122 (23)	-0.084 (25)	-0.052 (24)	-0.036 (25)	-0.014 (25)	-0.009 (26)	0.004 (20)	-0.013 (25)	-0.064 (24)	-0.132 (24)	-0.066 (24)
แม่น้ำมูล	-0.139 (26)	-0.145 (25)	-0.128 (25)	-0.092 (26)	-0.074 (26)	-0.055 (26)	-0.018 (26)	-0.005 (24)	0.011 (14)	-0.001 (19)	-0.070 (25)	-0.144 (26)	-0.072 (26)
แม่น้ำปิง	-0.072 (17)	-0.095 (17)	-0.105 (19)	-0.056 (17)	-0.013 (13)	0.005 (16)	0.006 (23)	0.001 (22)	-0.009 (26)	-0.009 (23)	-0.034 (19)	-0.086 (17)	-0.039 (19)
แม่น้ำวัง	-0.087 (22)	-0.113 (21)	-0.127 (24)	-0.081 (24)	-0.010 (11)	0.008 (13)	0.006 (22)	0.007 (16)	-0.007 (24)	-0.010 (24)	-0.039 (22)	-0.097 (21)	-0.046 (23)
แม่น้ำยม	-0.065 (15)	-0.086 (15)	-0.107 (20)	-0.070 (22)	-0.014 (14)	0.021 (6)	0.022 (5)	0.023 (4)	0.015 (6)	0.016 (12)	-0.021 (12)	-0.073 (14)	-0.028 (13)
แม่น้ำน่าน	-0.068 (16)	-0.086 (16)	-0.098 (16)	-0.051 (14)	-0.019 (16)	0.006 (14)	0.017 (12)	0.016 (8)	0.005 (18)	0.005 (18)	-0.025 (14)	-0.070 (13)	-0.031 (15)
แม่น้ำเจ้าพระยา	-0.063 (13)	-0.075 (13)	-0.073 (12)	-0.053 (16)	-0.033 (21)	-0.003 (20)	0.012 (16)	-0.001 (23)	0.017 (5)	0.038 (1)	0.004 (9)	-0.069 (12)	-0.025 (12)
แม่น้ำสะแกกรัง	-0.082 (18)	-0.106 (20)	-0.104 (18)	-0.064 (20)	-0.027 (18)	0.004 (17)	0.008 (20)	0.006 (17)	0.013 (11)	0.014 (13)	-0.035 (20)	-0.092 (18)	-0.039 (18)
แม่น้ำป่าสัก	-0.095 (23)	-0.114 (22)	-0.108 (21)	-0.059 (19)	-0.031 (20)	-0.006 (22)	0.011 (17)	0.004 (21)	0.014 (7)	0.007 (15)	-0.036 (21)	-0.095 (20)	-0.042 (22)
แม่น้ำท่าจีน	-0.034 (7)	-0.053 (8)	-0.059 (10)	-0.037 (11)	-0.019 (15)	0.001 (18)	0.007 (21)	-0.008 (25)	0.010 (15)	0.034 (3)	0.011 (7)	-0.052 (7)	-0.017 (9)
แม่น้ำแม่กลอง	-0.050 (11)	-0.065 (10)	-0.061 (11)	-0.021 (9)	0.012 (7)	0.015 (11)	0.017 (10)	0.008 (15)	-0.001 (21)	0.006 (16)	-0.013 (11)	-0.066 (11)	-0.018 (11)

ตารางที่ 33 (ต่อ)

ลุ่มน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่น้ำปราจีนบุรี	-0.083 (19)	-0.099 (18)	-0.077 (13)	-0.047 (13)	-0.024 (17)	-0.005 (21)	0.012 (15)	0.006 (20)	0.005 (19)	-0.004 (21)	-0.041 (23)	-0.094 (19)	-0.038 (17)
แม่น้ำบางปะกง	-0.047 (10)	-0.072 (11)	-0.055 (9)	-0.031 (10)	-0.012 (12)	0.012 (12)	0.020 (6)	0.008 (14)	0.013 (10)	0.028 (5)	-0.012 (10)	-0.062 (9)	-0.017 (10)
โตนเลสาป	-0.087 (21)	-0.115 (23)	-0.091 (15)	-0.056 (18)	-0.036 (22)	-0.016 (23)	0.009 (18)	0.006 (19)	0.014 (8)	0.008 (14)	-0.032 (18)	-0.100 (23)	-0.041 (21)
ชายฝั่งทะเลตะวันออก	-0.041 (8)	-0.050 (7)	-0.022 (6)	0.004 (8)	0.007 (9)	0.028 (5)	0.019 (8)	0.009 (13)	0.011 (13)	-0.002 (20)	-0.025 (13)	-0.063 (10)	-0.010 (8)
แม่น้ำเพชรบุรี	-0.042 (9)	-0.062 (9)	-0.048 (8)	0.013 (6)	0.010 (8)	0.033 (3)	0.018 (9)	0.015 (9)	0.017 (4)	0.030 (4)	0.005 (8)	-0.058 (8)	-0.006 (7)
ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	-0.007 (3)	-0.035 (6)	-0.025 (7)	0.009 (7)	0.013 (6)	0.036 (2)	0.028 (3)	0.033 (1)	0.028 (1)	0.035 (2)	0.017 (5)	-0.022 (6)	0.009 (5)
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	-0.010 (5)	-0.011 (4)	-0.006 (5)	0.013 (5)	0.018 (5)	0.019 (8)	0.013 (14)	0.013 (11)	0.007 (17)	0.021 (8)	0.029 (2)	-0.004 (3)	0.008 (6)
แม่น้ำตาปี	-0.009 (4)	-0.019 (5)	0.001 (4)	0.023 (4)	0.026 (3)	0.019 (9)	0.017 (11)	0.014 (10)	0.013 (9)	0.019 (10)	0.025 (4)	-0.008 (4)	0.010 (4)
ทะเลสาบสงขลา	0.004 (2)	-0.007 (2)	0.002 (3)	0.024 (2)	0.047 (1)	0.039 (1)	0.038 (1)	0.020 (7)	0.024 (3)	0.027 (7)	0.037 (1)	0.007 (2)	0.022 (2)
แม่น้ำปัตตานี	-0.018 (6)	-0.011 (3)	0.012 (2)	0.023 (3)	0.025 (4)	0.020 (7)	0.014 (13)	0.021 (6)	0.012 (12)	0.019 (9)	0.015 (6)	-0.010 (5)	0.010 (3)
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	0.008 (1)	-0.002 (1)	0.014 (1)	0.027 (1)	0.034 (2)	0.032 (4)	0.031 (2)	0.028 (2)	0.027 (2)	0.027 (6)	0.028 (3)	0.008 (1)	0.023 (1)
ค่าเฉลี่ยทั้งประเทศไทย	-0.081	-0.094	-0.089	-0.051	-0.025	-0.006	0.007	0.007	0.006	0.003	-0.032	-0.087	-0.037
ค่าสูงสุด	0.008	-0.002	0.014	0.027	0.047	0.039	0.038	0.033	0.027	0.038	0.037	0.007	0.022
ค่าต่ำสุด	-0.139	-0.144	-0.128	-0.092	-0.059	-0.039	-0.017	-0.027	-0.027	-0.037	-0.072	-0.144	-0.077

ตารางที่ 34 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2550

ลุ่มน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่น้ำสาละวิน	-0.084 (14)	-0.110 (18)	-0.107 (19)	-0.077 (19)	-0.019 (23)	0.027 (5)	0.009 (14)	0.011 (13)	0.001 (21)	-0.015 (24)	-0.031 (17)	-0.058 (13)	-0.038 (16)
แม่น้ำโขง (ภาคเหนือ)	-0.111 (21)	-0.118 (21)	-0.122 (24)	-0.078 (20)	-0.005 (16)	0.022 (7)	0.027 (3)	0.019 (5)	0.012 (9)	0.004 (12)	-0.027 (13)	-0.086 (23)	-0.039 (18)
แม่น้ำโขง (ภาคอีสาน)	-0.150 (25)	-0.148 (26)	-0.120 (23)	-0.103 (25)	-0.070 (26)	0.001 (23)	-0.017 (24)	0.013 (9)	-0.011 (26)	-0.031 (26)	-0.079 (26)	-0.126 (25)	-0.070 (26)
แม่น้ำกก	-0.079 (13)	-0.094 (13)	-0.097 (14)	-0.062 (14)	-0.004 (15)	0.014 (15)	0.017 (7)	0.012 (12)	0.002 (20)	-0.008 (19)	-0.030 (16)	-0.065 (14)	-0.033 (13)
แม่น้ำชี	-0.140 (24)	-0.134 (23)	-0.115 (21)	-0.098 (23)	-0.058 (24)	-0.024 (25)	-0.031 (26)	0.006 (20)	-0.002 (22)	-0.009 (22)	-0.058 (24)	-0.117 (24)	-0.065 (24)
แม่น้ำมูล	-0.151 (26)	-0.134 (24)	-0.128 (26)	-0.109 (26)	-0.058 (25)	-0.031 (26)	-0.025 (25)	0.006 (21)	0.008 (12)	-0.003 (16)	-0.064 (25)	-0.127 (26)	-0.068 (25)
แม่น้ำปิง	-0.097 (18)	-0.111 (19)	-0.101 (17)	-0.082 (21)	-0.014 (21)	0.015 (13)	0.005 (18)	0.003 (24)	-0.002 (24)	-0.015 (23)	-0.036 (19)	-0.069 (15)	-0.042 (21)
แม่น้ำวัง	-0.113 (22)	-0.135 (25)	-0.127 (25)	-0.098 (24)	-0.012 (19)	0.015 (11)	0.013 (11)	0.005 (22)	-0.002 (23)	-0.016 (25)	-0.040 (23)	-0.086 (22)	-0.050 (23)
แม่น้ำยม	-0.090 (15)	-0.106 (17)	-0.113 (20)	-0.082 (22)	0.004 (11)	0.021 (8)	0.016 (9)	0.014 (7)	0.013 (7)	-0.001 (15)	-0.029 (15)	-0.074 (17)	-0.036 (14)
แม่น้ำน่าน	-0.093 (16)	-0.106 (16)	-0.098 (15)	-0.060 (13)	-0.003 (14)	0.015 (12)	0.008 (15)	0.012 (10)	0.006 (15)	-0.009 (20)	-0.034 (18)	-0.074 (16)	-0.036 (15)
แม่น้ำเจ้าพระยา	-0.072 (10)	-0.065 (9)	-0.073 (11)	-0.064 (15)	-0.010 (18)	0.008 (19)	0.001 (21)	-0.006 (26)	0.003 (18)	0.018 (6)	-0.008 (9)	-0.053 (11)	-0.027 (12)
แม่น้ำสะแกกรัง	-0.095 (17)	-0.116 (20)	-0.115 (22)	-0.072 (17)	0.007 (9)	0.011 (17)	0.012 (12)	0.007 (18)	0.013 (8)	0.001 (13)	-0.037 (21)	-0.076 (19)	-0.038 (17)
แม่น้ำป่าสัก	-0.107 (19)	-0.122 (22)	-0.107 (18)	-0.073 (18)	-0.016 (22)	0.002 (21)	-0.004 (23)	0.003 (25)	0.009 (11)	0.001 (14)	-0.036 (20)	-0.084 (21)	-0.045 (22)
แม่น้ำท่าจีน	-0.052 (7)	-0.055 (7)	-0.059 (8)	-0.040 (10)	-0.002 (12)	0.013 (16)	0.007 (16)	0.009 (16)	0.007 (14)	0.021 (4)	-0.001 (7)	-0.041 (8)	-0.016 (9)
แม่น้ำแม่กลอง	-0.070 (9)	-0.078 (11)	-0.070 (10)	-0.021 (9)	0.010 (7)	0.024 (6)	0.004 (19)	0.014 (8)	0.004 (17)	-0.004 (17)	-0.026 (11)	-0.052 (10)	-0.022 (11)

ตารางที่ 34 (ต่อ)

ลุ่มน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่น้ำปราจีนบุรี	-0.109(20)	-0.096(14)	-0.095(13)	-0.057(12)	-0.014(20)	0.001(22)	0.001(20)	0.007(19)	-0.003(25)	-0.006(18)	-0.040(22)	-0.075(18)	-0.041(19)
แม่น้ำบางปะกง	-0.073(11)	-0.067(10)	-0.074(12)	-0.041(11)	-0.002(13)	0.010(18)	0.014(10)	0.009(15)	0.014 (5)	0.008(11)	-0.017(10)	-0.046 (9)	-0.022(10)
โตนเลสาป	-0.122(23)	-0.101(15)	-0.099(16)	-0.070(16)	-0.009(17)	-0.002(24)	-0.003(22)	0.003(23)	0.003(19)	0.009(10)	-0.026(12)	-0.077(20)	-0.041(20)
ชายฝั่งทะเลตะวันออก	-0.077(12)	-0.032 (5)	-0.036 (6)	-0.003 (6)	0.009 (8)	0.015(10)	0.017 (8)	0.014 (6)	0.011(10)	-0.009(21)	-0.029(14)	-0.056(12)	-0.015 (8)
แม่น้ำเพชรบุรี	-0.062 (8)	-0.082(12)	-0.063 (9)	-0.020 (8)	0.007(10)	0.029 (3)	0.028 (2)	0.026 (2)	0.022 (3)	0.018 (8)	-0.003 (8)	-0.037 (7)	-0.011 (7)
ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	-0.036 (6)	-0.058 (8)	-0.049 (7)	-0.018 (7)	0.013 (6)	0.044 (1)	0.032 (1)	0.032 (1)	0.030 (1)	0.023 (3)	0.015 (4)	-0.008 (5)	0.002 (6)
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	-0.013 (3)	-0.036 (6)	-0.005 (5)	0.003 (5)	0.018 (5)	0.020 (9)	0.012(13)	0.009(17)	0.008(13)	0.018 (7)	0.016 (3)	0.001 (3)	0.004 (5)
แม่น้ำตาปี	-0.026 (5)	0.002 (2)	-0.002 (4)	0.018 (3)	0.021 (4)	0.008(20)	0.006(17)	0.011(14)	0.013 (6)	0.021 (5)	0.012 (5)	-0.013 (6)	0.006 (4)
ทะเลสาบสงขลา	0.020 (1)	-0.022 (4)	0.013 (2)	0.009 (4)	0.032 (1)	0.038 (2)	0.019 (5)	0.021 (4)	0.016 (4)	0.027 (1)	0.036 (1)	0.038 (1)	0.021 (1)
แม่น้ำปัตตานี	-0.017 (4)	-0.013 (3)	0.019 (1)	0.024 (2)	0.024 (3)	0.014(14)	0.017 (6)	0.012(10)	0.006(16)	0.010 (9)	0.007 (6)	-0.001 (4)	0.009 (3)
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	-0.008 (2)	0.008 (1)	0.004 (3)	0.025 (1)	0.028 (2)	0.028 (4)	0.022 (4)	0.025 (3)	0.026 (2)	0.025 (2)	0.019 (2)	0.006 (2)	0.017 (2)
ค่าเฉลี่ยทั่วประเทศไทย	-0.098	-0.099	-0.090	-0.065	-0.020	0.005	-0.001	0.010	0.005	-0.003	-0.035	-0.076	-0.039
ค่าสูงสุด	0.020	0.008	0.019	0.025	0.032	0.044	0.032	0.032	0.030	0.027	0.036	0.038	0.021
ค่าต่ำสุด	-0.151	-0.148	-0.128	-0.109	-0.070	-0.031	-0.031	-0.006	-0.011	-0.031	-0.079	-0.127	-0.070

ตารางที่ 35 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2551

ลุ่มน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่น้ำสาละวิน	-0.105 (19)	-0.096 (16)	-0.107 (18)	-0.065 (18)	-0.008 (10)	0.010 (8)	0.020 (4)	0.012 (7)	-0.004 (20)	-0.012 (22)	-0.032 (17)	-0.051 (13)	-0.037 (15)
แม่น้ำโขง (ภาคเหนือ)	-0.122 (23)	-0.110 (19)	-0.113 (21)	-0.066 (19)	-0.034 (23)	-0.001 (16)	0.021 (3)	0.024 (1)	0.006 (6)	0.005 (9)	-0.048 (23)	-0.084 (23)	-0.044 (19)
แม่น้ำโขง (ภาคอีสาน)	-0.105 (20)	-0.147 (25)	-0.137 (25)	-0.073 (24)	-0.042 (25)	-0.009 (20)	0.002 (21)	0.001 (20)	-0.012 (25)	-0.032 (26)	-0.087 (26)	-0.109 (26)	-0.063 (25)
แม่น้ำกก	-0.085 (14)	-0.092 (14)	-0.098 (14)	-0.061 (15)	-0.024 (18)	0.002 (14)	0.013 (7)	0.015 (6)	-0.001 (19)	-0.006 (18)	-0.039 (20)	-0.063 (19)	-0.037 (16)
แม่น้ำชี	-0.115 (22)	-0.145 (24)	-0.135 (24)	-0.071 (23)	-0.041 (24)	-0.025 (25)	-0.010 (24)	-0.004 (24)	-0.005 (23)	-0.012 (23)	-0.069 (25)	-0.105 (24)	-0.062 (24)
แม่น้ำมูล	-0.152 (26)	-0.154 (26)	-0.142 (26)	-0.098 (26)	-0.055 (26)	-0.032 (26)	-0.023 (26)	-0.003 (23)	0.003 (12)	-0.005 (17)	-0.068 (24)	-0.106 (25)	-0.070 (26)
แม่น้ำป่าสัก	-0.108 (21)	-0.110 (20)	-0.111 (20)	-0.066 (20)	-0.022 (15)	-0.007 (18)	0.003 (20)	-0.002 (22)	-0.011 (24)	-0.011 (21)	-0.040 (21)	-0.061 (17)	-0.046 (20)
แม่น้ำวัง	-0.134 (25)	-0.135 (23)	-0.131 (23)	-0.073 (25)	-0.023 (17)	-0.012 (22)	-0.007 (23)	-0.006 (25)	-0.012 (26)	-0.014 (25)	-0.048 (22)	-0.071 (21)	-0.055 (23)
แม่น้ำยม	-0.098 (15)	-0.094 (15)	-0.106 (16)	-0.067 (21)	-0.018 (14)	-0.001 (15)	0.011 (10)	0.010 (10)	0.005 (7)	0.008 (8)	-0.031 (15)	-0.055 (14)	-0.036 (14)
แม่น้ำน่าน	-0.075 (12)	-0.089 (13)	-0.099 (15)	-0.061 (14)	-0.026 (19)	-0.013 (23)	0.010 (16)	0.010 (9)	0.001 (14)	-0.002 (16)	-0.038 (19)	-0.065 (20)	-0.037 (17)
แม่น้ำเจ้าพระยา	-0.071 (10)	-0.074 (11)	-0.088 (12)	-0.061 (16)	-0.030 (21)	-0.005 (17)	0.011 (11)	0.007 (12)	0.005 (9)	0.022 (1)	-0.009 (10)	-0.048 (12)	-0.028 (12)
แม่น้ำสะแกกรัง	-0.100 (16)	-0.108 (18)	-0.106 (17)	-0.057 (12)	-0.015 (12)	0.008 (10)	0.016 (5)	0.019 (4)	0.002 (13)	0.011 (6)	-0.031 (16)	-0.058 (15)	-0.035 (13)
แม่น้ำป่าสัก	-0.101 (17)	-0.121 (22)	-0.126 (22)	-0.070 (22)	-0.031 (22)	-0.010 (21)	0.003 (19)	0.005 (13)	0.004 (11)	0.002 (14)	-0.030 (14)	-0.076 (22)	-0.046 (21)
แม่น้ำท่าจีน	-0.062 (8)	-0.054 (8)	-0.074 (10)	-0.040 (10)	-0.017 (13)	0.007 (12)	0.012 (8)	0.004 (18)	0.005 (8)	0.018 (3)	-0.007 (8)	-0.028 (7)	-0.020 (9)
แม่น้ำปราจีนบุรี	-0.103 (18)	-0.105 (17)	-0.109 (15)	-0.055 (18)	-0.011 (14)	-0.001 (16)	-0.003 (21)	-0.001 (18)	-0.012 (23)	-0.024 (23)	-0.020 (14)	-0.067 (20)	-0.043 (18)

ตารางที่ 35 (ต่อ)

ลุ่มน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่น้ำปราจีนบุรี	-0.103(18)	-0.097(17)	-0.096(13)	-0.062(17)	-0.023(16)	-0.009(19)	0.002(22)	0.004(16)	-0.005(22)	-0.013(24)	-0.033(18)	-0.059(16)	-0.041(18)
แม่น้ำบางปะกง	-0.078(13)	-0.076(12)	-0.081(11)	-0.049(11)	-0.012(11)	0.007(11)	0.015 (6)	0.019 (5)	0.011 (3)	0.013 (4)	-0.008 (9)	-0.040(10)	-0.023(10)
โตนเลสาป	-0.122(24)	-0.119(21)	-0.110(19)	-0.061(13)	-0.026(20)	-0.017(24)	-0.018(25)	-0.007(26)	-0.001(17)	0.001(15)	-0.025(12)	-0.062(18)	-0.047(22)
ชายฝั่งทะเลตะวันออก	-0.053 (7)	-0.047 (7)	-0.037 (7)	-0.006 (7)	0.004 (8)	0.009 (9)	0.008(17)	0.011 (8)	-0.001(18)	-0.007(19)	-0.019(11)	-0.042(11)	-0.015 (8)
แม่น้ำเพชรบุรี	-0.064 (9)	-0.059 (9)	-0.059 (8)	-0.018 (8)	0.007 (7)	0.015 (4)	0.007(18)	0.004(15)	0.010 (4)	0.012 (5)	0.001 (7)	-0.028 (8)	-0.014 (7)
ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	-0.039 (6)	-0.026 (6)	-0.024 (6)	0.001 (6)	0.019 (5)	0.020 (3)	0.012 (9)	0.008(11)	0.012 (2)	0.011 (7)	0.021 (4)	-0.004 (6)	0.001 (6)
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	-0.011 (4)	-0.012 (5)	-0.009 (5)	0.003 (5)	0.016 (6)	0.013 (6)	0.010(12)	0.004(17)	-0.001(16)	0.003(12)	0.028 (2)	0.028 (2)	0.007 (4)
แม่น้ำตาปี	-0.023 (5)	-0.007 (4)	-0.003 (4)	0.014 (4)	0.023 (4)	0.011 (7)	0.011(14)	0.005(14)	0.001(15)	0.004(11)	0.018 (6)	0.017 (5)	0.006 (5)
ทะเลสาบสงขลา	0.016 (1)	0.005 (2)	0.012 (2)	0.035 (1)	0.041 (1)	0.033 (1)	0.026 (2)	0.020 (3)	0.008 (5)	0.005(10)	0.048 (1)	0.066 (1)	0.026 (1)
แม่น้ำปัตตานี	-0.007 (2)	-0.002 (3)	0.004 (3)	0.018 (3)	0.024 (3)	0.014 (5)	0.010(15)	0.002(19)	0.004(10)	0.002(13)	0.019 (5)	0.025 (3)	0.009 (3)
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	-0.008 (3)	0.013 (1)	0.013 (1)	0.025 (2)	0.034 (2)	0.024 (2)	0.027 (1)	0.022 (2)	0.016 (1)	0.019 (2)	0.023 (3)	0.023 (4)	0.019 (2)
ค่าเฉลี่ยทั้งประเทศไทย	-0.092	-0.098	-0.097	-0.054	-0.022	-0.006	0.003	0.004	-0.001	-0.004	-0.037	-0.062	-0.039
ค่าสูงสุด	0.016	0.013	0.013	0.035	0.041	0.033	0.026	0.024	0.016	0.022	0.048	0.066	0.026
ค่าต่ำสุด	-0.152	-0.154	-0.142	-0.098	-0.055	-0.032	-0.023	-0.007	-0.012	-0.032	-0.087	-0.109	-0.070

ตารางที่ 36 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552

ลุ่มน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่น้ำสาละวิน	-0.063 (14)	-0.098 (18)	-0.094 (20)	-0.055 (19)	-0.012 (12)	0.014 (14)	0.020 (13)	0.013 (17)	0.001 (23)	0.001 (23)	-0.035 (15)	-0.083 (13)	-0.033 (16)
แม่น้ำโขง (ภาคเหนือ)	-0.091 (22)	-0.117 (22)	-0.106 (23)	-0.063 (23)	-0.037 (23)	0.004 (21)	0.029 (4)	0.031 (2)	0.018 (12)	0.016 (12)	-0.042 (21)	-0.113 (22)	-0.039 (22)
แม่น้ำโขง (ภาคอีสาน)	-0.134 (25)	-0.140 (25)	-0.111 (25)	-0.085 (26)	-0.052 (26)	-0.003 (24)	0.016 (17)	0.006 (22)	-0.005 (26)	-0.03 (26)	-0.096 (26)	-0.147 (25)	-0.065 (26)
แม่น้ำกก	-0.070 (16)	-0.097 (17)	-0.098 (21)	-0.060 (21)	-0.031 (22)	0.002 (22)	0.020 (14)	0.021 (6)	0.008 (20)	0.008 (19)	-0.040 (20)	-0.090 (17)	-0.036 (19)
แม่น้ำชี	-0.123 (24)	-0.129 (24)	-0.100 (22)	-0.076 (24)	-0.043 (24)	-0.017 (26)	0.006 (25)	0.010 (20)	0.006 (22)	-0.01 (25)	-0.080 (24)	-0.140 (24)	-0.058 (24)
แม่น้ำมูล	-0.135 (26)	-0.140 (26)	-0.110 (24)	-0.083 (25)	-0.048 (25)	-0.015 (25)	0.010 (23)	0.015 (15)	0.019 (9)	0.002 (21)	-0.087 (25)	-0.155 (26)	-0.060 (25)
แม่น้ำปิง	-0.072 (17)	-0.105 (19)	-0.093 (19)	-0.052 (17)	-0.017 (16)	0.006 (18)	0.011 (22)	0.005 (24)	-0.003 (24)	-0.002 (24)	-0.039 (18)	-0.092 (18)	-0.038 (20)
แม่น้ำวัง	-0.086 (20)	-0.127 (23)	-0.117 (26)	-0.061 (22)	-0.014 (14)	0.006 (17)	0.007 (24)	0.006 (23)	-0.004 (25)	0.001 (22)	-0.044 (23)	-0.112 (21)	-0.045 (23)
แม่น้ำยม	-0.063 (13)	-0.090 (14)	-0.087 (18)	-0.060 (20)	-0.019 (18)	0.017 (12)	0.024 (10)	0.020 (7)	0.019 (8)	0.021 (8)	-0.030 (14)	-0.090 (15)	-0.028 (14)
แม่น้ำน่าน	-0.068 (15)	-0.088 (13)	-0.083 (16)	-0.053 (18)	-0.018 (17)	0.011 (15)	0.015 (18)	0.016 (11)	0.011 (16)	0.007 (20)	-0.039 (19)	-0.087 (14)	-0.031 (15)
แม่น้ำเจ้าพระยา	-0.052 (10)	-0.055 (9)	-0.050 (10)	-0.044 (15)	-0.021 (20)	0.008 (16)	0.018 (15)	0.011 (18)	0.020 (7)	0.043 (2)	-0.006 (9)	-0.066 (10)	-0.016 (12)
แม่น้ำสะแกกรัง	-0.076 (18)	-0.096 (16)	-0.077 (14)	-0.044 (13)	-0.014 (13)	0.022 (8)	0.026 (7)	0.015 (14)	0.014 (13)	0.027 (7)	-0.021 (12)	-0.090 (16)	-0.026 (13)
แม่น้ำป่าสัก	-0.088 (21)	-0.105 (20)	-0.086 (17)	-0.044 (12)	-0.02 (19)	0.004 (20)	0.011 (21)	0.008 (21)	0.014 (14)	0.015 (13)	-0.035 (16)	-0.099 (20)	-0.035 (18)
แม่น้ำท่าจีน	-0.040 (7)	-0.050 (7)	-0.045 (8)	-0.032 (11)	-0.007 (11)	0.021 (9)	0.021 (12)	0.015 (13)	0.025 (4)	0.045 (1)	0.003 (8)	-0.059 (8)	-0.009 (8)
แม่น้ำแม่กลอง	-0.056 (11)	-0.074 (12)	-0.050 (11)	-0.004 (8)	0.006 (9)	0.026 (5)	0.027 (6)	0.013 (16)	0.009 (18)	0.008 (18)	-0.019 (11)	-0.070 (12)	-0.015 (11)



ตารางที่ 36 (ต่อ)

ลุ่มน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่น้ำปราจีนบุรี	-0.079(19)	-0.091(15)	-0.066(13)	-0.044(14)	-0.022(21)	0.006(19)	0.012(20)	0.004(25)	0.007(21)	0.009(17)	-0.044(22)	-0.095(19)	-0.034(17)
แม่น้ำบางปะกง	-0.051 (9)	-0.064(10)	-0.046 (9)	-0.027(10)	-0.004(10)	0.017(11)	0.025 (8)	0.015(12)	0.026 (3)	0.035 (4)	-0.012(10)	-0.059(7)	-0.012(10)
โตนเลสาป	-0.092(23)	-0.108(21)	-0.077(15)	-0.049(16)	-0.016(15)	0.001(23)	-0.001(26)	0.001(26)	0.013(15)	0.017(11)	-0.036(17)	-0.118(23)	-0.039(21)
ชายฝั่งทะเลตะวันออก	-0.058(12)	-0.047 (6)	-0.020 (6)	0.001 (6)	0.014 (7)	0.016(13)	0.018(16)	0.010(19)	0.010(17)	0.012(16)	-0.025(13)	-0.067(11)	-0.011 (9)
แม่น้ำเพชรบุรี	-0.049 (8)	-0.070(11)	-0.052(12)	-0.013 (9)	0.012 (8)	0.031 (4)	0.031 (3)	0.018(10)	0.023 (5)	0.034 (5)	0.004 (7)	-0.065 (9)	-0.008 (7)
ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	-0.027 (6)	-0.052 (8)	-0.041 (7)	-0.001 (7)	0.020 (6)	0.035 (2)	0.038 (1)	0.029 (3)	0.029 (2)	0.039 (3)	0.008 (4)	-0.044 (6)	0.003 (6)
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	-0.001 (4)	-0.016 (5)	0.014 (5)	0.027 (5)	0.030 (5)	0.019(10)	0.021(11)	0.020 (8)	0.019(10)	0.018 (9)	0.013 (3)	-0.009 (4)	0.013 (5)
แม่น้ำตาปี	-0.008 (5)	-0.007 (4)	0.025 (3)	0.030 (4)	0.032 (4)	0.025 (6)	0.028 (5)	0.022 (5)	0.020 (6)	0.015(14)	0.008 (5)	-0.013 (5)	0.015 (4)
ทะเลสาบสงขลา	0.024 (1)	0.001 (3)	0.023 (4)	0.051 (1)	0.048 (1)	0.038 (1)	0.014(19)	0.018 (9)	0.008(19)	0.012(15)	0.023 (1)	-0.008 (3)	0.021 (2)
แม่น้ำปัตตานี	0.003 (3)	0.008 (1)	0.034 (1)	0.034 (3)	0.033 (3)	0.022 (7)	0.024 (9)	0.024 (4)	0.018(11)	0.017(10)	0.008 (6)	-0.007 (2)	0.018 (3)
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	0.004 (2)	0.005 (2)	0.027 (2)	0.036 (2)	0.038 (2)	0.032 (3)	0.036 (2)	0.033 (1)	0.034 (1)	0.029 (6)	0.018 (2)	-0.003 (1)	0.024 (1)
ค่าเฉลี่ยทั้งประเทศไทย	-0.079	-0.093	-0.073	-0.045	-0.018	0.006	0.017	0.014	0.012	0.007	-0.042	-0.096	-0.033
ค่าสูงสุด	0.024	0.008	0.034	0.051	0.048	0.038	0.038	0.033	0.034	0.045	0.023	-0.003	0.024
ค่าต่ำสุด	-0.135	-0.140	-0.117	-0.085	-0.052	-0.017	-0.001	0.000	-0.005	-0.030	-0.096	-0.155	-0.065

ตารางที่ 37 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่น้ำสาละวิน	-0.095 (16)	-0.097 (19)	-0.114 (22)	-0.083 (14)	-0.054 (15)	-0.004 (11)	0.020 (12)	0.020 (19)	0.011 (24)	-0.005 (23)	-0.043 (16)	-0.066 (13)	-0.043 (17)
แม่น้ำโขง (ภาคเหนือ)	-0.110 (21)	-0.108 (21)	-0.111 (21)	-0.093 (18)	-0.052 (14)	-0.010 (15)	0.024 (9)	0.036 (1)	0.022 (10)	0.005 (19)	-0.058 (23)	-0.098 (23)	-0.046 (20)
แม่น้ำโขง (ภาคอีสาน)	-0.145 (26)	-0.120 (25)	-0.128 (25)	-0.117 (24)	-0.073 (23)	-0.021 (20)	0.006 (23)	0.022 (13)	0.008 (26)	-0.018 (26)	-0.097 (26)	-0.128 (25)	-0.068 (25)
แม่น้ำกก	-0.093 (15)	-0.095 (18)	-0.105 (16)	-0.081 (13)	-0.046 (13)	-0.004 (12)	0.025 (7)	0.024 (12)	0.012 (22)	-0.005 (22)	-0.052 (21)	-0.082 (19)	-0.042 (16)
แม่น้ำชี	-0.136 (24)	-0.110 (22)	-0.118 (23)	-0.119 (25)	-0.079 (25)	-0.037 (25)	-0.008 (25)	0.022 (14)	0.015 (18)	0.004 (20)	-0.081 (24)	-0.120 (24)	-0.064 (24)
แม่น้ำมูล	-0.144 (25)	-0.128 (26)	-0.132 (26)	-0.125 (26)	-0.093 (26)	-0.064 (26)	-0.022 (26)	0.019 (21)	0.019 (15)	0.012 (14)	-0.088 (25)	-0.134 (26)	-0.073 (26)
แม่น้ำปิง	-0.102 (19)	-0.097 (20)	-0.110 (20)	-0.092 (17)	-0.062 (20)	-0.018 (18)	0.011 (21)	0.016 (24)	0.010 (25)	-0.006 (25)	-0.052 (20)	-0.076 (17)	-0.048 (21)
แม่น้ำวัง	-0.120 (22)	-0.115 (24)	-0.125 (24)	-0.108 (23)	-0.074 (24)	-0.026 (22)	0.013 (17)	0.019 (20)	0.012 (23)	-0.005 (24)	-0.056 (22)	-0.084 (20)	-0.056 (23)
แม่น้ำยม	-0.088 (13)	-0.086 (14)	-0.106 (17)	-0.100 (21)	-0.063 (21)	-0.017 (16)	0.013 (18)	0.030 (7)	0.030 (4)	0.011 (15)	-0.04 (14)	-0.070 (14)	-0.040 (14)
แม่น้ำน่าน	-0.095 (17)	-0.090 (16)	-0.104 (15)	-0.093 (19)	-0.057 (17)	-0.017 (17)	0.014 (16)	0.024 (11)	0.021 (11)	0.005 (17)	-0.049 (18)	-0.072 (15)	-0.043 (18)
แม่น้ำเจ้าพระยา	-0.062 (10)	-0.059 (10)	-0.081 (12)	-0.085 (15)	-0.066 (22)	-0.031 (24)	0.009 (22)	0.026 (10)	0.038 (3)	0.030 (3)	-0.021 (9)	-0.062 (12)	-0.030 (12)
แม่น้ำสะแกกรัง	-0.090 (14)	-0.081 (13)	-0.102 (14)	-0.100 (20)	-0.060 (18)	-0.020 (19)	0.012 (20)	0.027 (8)	0.041 (2)	0.021 (10)	-0.049 (19)	-0.074 (16)	-0.040 (13)
แม่น้ำป่าสัก	-0.103 (20)	-0.091 (17)	-0.108 (18)	-0.104 (22)	-0.061 (19)	-0.024 (21)	0.012 (19)	0.026 (9)	0.022 (9)	0.016 (11)	-0.043 (15)	-0.081 (18)	-0.045 (19)
แม่น้ำท่าจีน	-0.057 (9)	-0.054 (9)	-0.076 (11)	-0.071 (11)	-0.046 (12)	-0.008 (13)	0.019 (13)	0.030 (5)	0.042 (1)	0.032 (2)	-0.011 (8)	-0.050 (7)	-0.021 (10)
แม่น้ำแม่กลอง	-0.083 (12)	-0.068 (11)	-0.073 (9)	-0.053 (10)	-0.016 (9)	0.009 (7)	0.021 (10)	0.021 (16)	0.020 (12)	0.005 (18)	-0.032 (12)	-0.058 (11)	-0.025 (11)

ตารางที่ 37 (ต่อ)

ลุ่มน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่น้ำปราจีนบุรี	-0.096(18)	-0.087(15)	-0.098(13)	-0.074(12)	-0.042(11)	-0.009(14)	0.017(14)	0.015(25)	0.012(21)	0.007(16)	-0.048(17)	-0.084(21)	-0.041(15)
แม่น้ำบางปะกง	-0.051 (8)	-0.045 (8)	-0.072 (8)	-0.049 (9)	-0.024(10)	0.006 (9)	0.033 (2)	0.033 (2)	0.028 (7)	0.024 (7)	-0.027(10)	-0.058(10)	-0.017 (9)
โตนเลสาป	-0.124(23)	-0.112(23)	-0.109(19)	-0.088(16)	-0.056(16)	-0.027(23)	-0.001(24)	0.017(23)	0.019(14)	0.015(13)	-0.039(13)	-0.087(22)	-0.049(22)
ชายฝั่งทะเลตะวันออก	-0.049 (7)	-0.027 (6)	-0.042 (6)	-0.018 (6)	0.007 (4)	0.023 (4)	0.028 (4)	0.022(15)	0.013(20)	0.004(21)	-0.029(11)	-0.056 (9)	-0.011 (7)
แม่น้ำเพชรบุรี	-0.075(11)	-0.070(12)	-0.075(10)	-0.049 (8)	-0.010 (7)	0.022 (5)	0.027 (5)	0.031 (6)	0.029 (6)	0.026 (5)	-0.006 (6)	-0.050 (8)	-0.017 (8)
ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	-0.044 (6)	-0.042 (7)	-0.053 (7)	-0.034 (7)	-0.011 (8)	0.006(10)	0.025 (6)	0.030 (4)	0.030 (5)	0.034 (1)	0.001 (3)	-0.029 (6)	-0.007 (6)
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	-0.009 (3)	-0.014 (5)	-0.007 (4)	-0.015 (5)	-0.001 (5)	0.016 (6)	0.020(11)	0.018(22)	0.020(13)	0.025 (6)	0.003 (2)	-0.009 (3)	0.004 (4)
แม่น้ำตาปี	-0.033 (5)	-0.008 (3)	0.006 (3)	-0.003 (3)	0.018 (2)	0.028 (3)	0.029 (3)	0.021(18)	0.017(16)	0.023 (9)	-0.010 (7)	-0.028 (5)	0.005 (3)
ทะเลสาบสงขลา	0.006 (1)	-0.009 (4)	-0.009 (5)	-0.004 (4)	-0.007 (6)	0.008 (8)	0.016(15)	0.011(26)	0.016(17)	0.024 (8)	-0.001 (4)	-0.007 (2)	0.003 (5)
แม่น้ำปัตตานี	-0.003 (2)	0.005 (2)	0.014 (1)	0.007 (2)	0.017 (3)	0.030 (2)	0.025 (8)	0.021(17)	0.014(19)	0.016(12)	-0.005 (5)	-0.016 (4)	0.010 (2)
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	-0.011 (4)	0.012 (1)	0.012 (2)	0.009 (1)	0.029 (1)	0.037 (1)	0.042 (1)	0.032 (3)	0.027 (8)	0.029 (4)	0.008 (1)	-0.004 (1)	0.019 (1)
ค่าเฉลี่ยทั้งประเทศไทย	-0.096	-0.084	-0.093	-0.084	-0.052	-0.017	0.009	0.023	0.019	0.008	-0.050	-0.082	-0.042
ค่าสูงสุด	0.006	0.012	0.014	0.009	0.029	0.037	0.042	0.036	0.042	0.034	0.008	-0.004	0.019
ค่าต่ำสุด	-0.145	-0.128	-0.132	-0.125	-0.093	-0.064	-0.022	0.011	0.008	-0.018	-0.097	-0.134	-0.073

ตารางที่ 38 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553

ลุ่มน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่น้ำสาละวิน	-0.082 (16)	-0.097 (17)	-0.104 (20)	-0.066 (17)	-0.020 (12)	0.013 (10)	0.018 (8)	0.013 (13)	0.001 (23)	-0.007 (22)	-0.034 (15)	-0.067 (13)	-0.036 (17)
แม่น้ำโขง (ภาคเหนือ)	-0.104 (21)	-0.111 (21)	-0.115 (22)	-0.073 (21)	-0.034 (23)	0.003 (16)	0.024 (3)	0.028 (2)	0.013 (11)	0.010 (14)	-0.041 (21)	-0.096 (23)	-0.041 (19)
แม่น้ำโขง (ภาคอีสาน)	-0.135 (25)	-0.141 (26)	-0.125 (24)	-0.092 (25)	-0.058 (25)	-0.012 (23)	0.001 (23)	0.009 (18)	-0.006 (26)	-0.029 (26)	-0.088 (26)	-0.129 (25)	-0.067 (25)
แม่น้ำกก	-0.078 (13)	-0.090 (13)	-0.098 (16)	-0.063 (14)	-0.026 (18)	0.004 (15)	0.017 (12)	0.018 (6)	0.004 (20)	-0.001 (21)	-0.038 (19)	-0.075 (16)	-0.036 (15)
แม่น้ำชี	-0.129 (24)	-0.131 (24)	-0.118 (23)	-0.089 (24)	-0.055 (24)	-0.028 (25)	-0.011 (25)	0.005 (24)	0.003 (21)	-0.008 (23)	-0.071 (24)	-0.123 (24)	-0.063 (24)
แม่น้ำมูล	-0.144 (26)	-0.140 (25)	-0.128 (26)	-0.101 (26)	-0.066 (26)	-0.039 (26)	-0.016 (26)	0.006 (22)	0.012 (13)	0.001 (17)	-0.075 (25)	-0.133 (26)	-0.069 (26)
แม่น้ำปิง	-0.090 (18)	-0.104 (19)	-0.104 (19)	-0.070 (19)	-0.026 (17)	0.001 (18)	0.007 (20)	0.005 (25)	-0.003 (25)	-0.009 (24)	-0.040 (20)	-0.077 (17)	-0.042 (20)
แม่น้ำวัง	-0.108 (22)	-0.125 (23)	-0.125 (25)	-0.084 (23)	-0.027 (19)	-0.002 (19)	0.007 (22)	0.006 (23)	-0.003 (24)	-0.009 (25)	-0.045 (23)	-0.090 (22)	-0.050 (23)
แม่น้ำยม	-0.081 (15)	-0.092 (15)	-0.104 (18)	-0.076 (22)	-0.022 (14)	0.008 (12)	0.017 (11)	0.019 (4)	0.016 (8)	0.011 (12)	-0.030 (13)	-0.072 (14)	-0.034 (13)
แม่น้ำน่าน	-0.080 (14)	-0.092 (14)	-0.097 (14)	-0.064 (15)	-0.025 (15)	0.001 (17)	0.013 (17)	0.016 (10)	0.009 (18)	0.001 (18)	-0.037 (18)	-0.073 (15)	-0.036 (16)
แม่น้ำเจ้าพระยา	-0.064 (11)	-0.065 (10)	-0.073 (12)	-0.062 (13)	-0.032 (22)	-0.005 (21)	0.010 (18)	0.007 (20)	0.017 (7)	0.030 (2)	-0.008 (9)	-0.060 (12)	-0.025 (12)
แม่น้ำสะแกกรัง	-0.089 (17)	-0.101 (18)	-0.101 (17)	-0.068 (18)	-0.022 (13)	0.005 (14)	0.015 (15)	0.015 (11)	0.017 (6)	0.015 (10)	-0.035 (16)	-0.078 (18)	-0.036 (14)
แม่น้ำป่าสัก	-0.099 (20)	-0.111 (20)	-0.107 (21)	-0.070 (20)	-0.032 (21)	-0.007 (22)	0.007 (21)	0.009 (19)	0.013 (12)	0.008 (15)	-0.036 (17)	-0.087 (20)	-0.043 (21)
แม่น้ำท่าจีน	-0.049 (7)	-0.053 (8)	-0.063 (9)	-0.044 (11)	-0.018 (11)	0.006 (13)	0.013 (16)	0.010 (17)	0.018 (5)	0.030 (1)	-0.001 (8)	-0.046 (7)	-0.016 (9)
แม่น้ำแม่กลอง	-0.066 (12)	-0.071 (12)	-0.065 (10)	-0.024 (9)	0.002 (9)	0.016 (9)	0.016 (13)	0.011 (16)	0.005 (19)	0.001 (16)	-0.023 (11)	-0.057 (11)	-0.021 (11)

ตารางที่ 38 (ต่อ)

ลุ่มน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่น้ำปราจีนบุรี	-0.094(19)	-0.094(16)	-0.087(13)	-0.057(12)	-0.025(16)	-0.004(20)	0.009(19)	0.007(21)	0.003(22)	-0.001(20)	-0.041(22)	-0.081(19)	-0.039(18)
แม่น้ำบางปะกง	-0.060(10)	-0.065 (9)	-0.066(11)	-0.040(10)	-0.011(10)	0.010(11)	0.021(6)	0.017 (8)	0.019 (4)	0.022 (6)	-0.015(10)	-0.053 (9)	-0.018(10)
โตนเลสาป	-0.109(23)	-0.111(22)	-0.097(15)	-0.065(16)	-0.029(20)	-0.012(24)	-0.003(24)	0.004(26)	0.010(16)	0.010(13)	-0.031(14)	-0.089(21)	-0.044(22)
ชายฝั่งทะเลตะวันออก	-0.056 (8)	-0.041 (6)	-0.032 (6)	-0.005 (6)	0.008 (7)	0.018 (7)	0.018 (9)	0.013(14)	0.009(17)	0.001(19)	-0.025(12)	-0.057(10)	-0.012 (8)
แม่น้ำเพชรบุรี	-0.059 (9)	-0.068(11)	-0.059 (8)	-0.017 (8)	0.005 (8)	0.026 (4)	0.023 (5)	0.019 (5)	0.020 (3)	0.024 (5)	0.001 (7)	-0.047 (8)	-0.011 (7)
ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	-0.031 (6)	-0.043 (7)	-0.038 (7)	-0.009 (7)	0.011 (6)	0.028 (3)	0.027 (2)	0.026 (3)	0.025 (2)	0.028 (3)	0.012 (4)	-0.021 (6)	0.001 (6)
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	-0.009 (3)	-0.018 (5)	-0.003 (5)	0.006 (5)	0.016 (5)	0.017 (8)	0.015 (14)	0.013(15)	0.010(15)	0.017 (8)	0.018 (3)	0.002 (3)	0.007 (5)
แม่น้ำตาปี	-0.020 (5)	-0.008 (4)	0.005 (4)	0.016 (4)	0.024 (4)	0.018 (6)	0.018(10)	0.014(12)	0.013(10)	0.016 (9)	0.011 (5)	-0.009 (5)	0.008 (4)
ทะเลสาบสงขลา	0.014 (1)	-0.006 (3)	0.008 (3)	0.023 (2)	0.032 (2)	0.031 (1)	0.023 (4)	0.018 (7)	0.014 (9)	0.019 (7)	0.029 (1)	0.019 (1)	0.019 (2)
แม่น้ำปัตตานี	-0.009 (4)	-0.002 (2)	0.016 (1)	0.021 (3)	0.024 (3)	0.020 (5)	0.018 (7)	0.016 (9)	0.011(14)	0.013(11)	0.009 (6)	-0.002 (4)	0.011 (3)
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	-0.003 (2)	0.007 (1)	0.014 (2)	0.025 (1)	0.032 (1)	0.031 (2)	0.031 (1)	0.028 (1)	0.026 (1)	0.026 (4)	0.019 (2)	0.006 (2)	0.020 (1)
ค่าเฉลี่ยทั้งประเทศไทย	-0.089	-0.094	-0.089	-0.060	-0.027	-0.004	0.007	0.011	0.008	0.002	-0.039	-0.080	-0.038
ค่าสูงสุด	0.013	0.006	0.021	0.028	0.033	0.033	0.030	0.026	0.029	0.025	0.028	0.011	0.020
ค่าต่ำสุด	-0.144	-0.145	-0.129	-0.099	-0.058	-0.040	-0.017	0.000	-0.008	-0.037	-0.082	-0.135	-0.070

ตารางที่ 39 ลำดับสภาพความชุ่มชื้นของดัชนี *NDWI* ในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย โดยการจัดลำดับจากค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553

รหัส ลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำ	ลำดับสภาพความชุ่มชื้น หรือแห้งแล้ง		รหัส ลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำ	ลำดับสภาพความชุ่มชื้น หรือแห้งแล้ง	
		(ฤดูแล้ง)	(ฤดูฝน)			(ฤดูแล้ง)	(ฤดูฝน)
01	แม่น้ำสาละวิน	16	15	13	แม่น้ำท่าจีน	10	9
02.ก	แม่น้ำโขง (ภาคเหนือ)	14	22	14	แม่น้ำแม่กลอง	11	11
02.ข	แม่น้ำโขง (ภาคอีสาน)	24	25	15	แม่น้ำปราจีนบุรี	20	16
03	แม่น้ำกก	17	14	16	แม่น้ำบางปะกง	8	10
04	แม่น้ำชี	25	24	17	โตนเลสาป	21	20
05	แม่น้ำมูล	26	26	18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	9	7
06	แม่น้ำปิง	22	19	19	แม่น้ำเพชรบุรี	4	8
07	แม่น้ำวัง	23	23	20	ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	2	6
08	แม่น้ำยม	12	17	21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	7	4
09	แม่น้ำน่าน	18	13	22	แม่น้ำตาปี	5	5
10	แม่น้ำเจ้าพระยา	15	12	23	ทะเลสาบสงขลา	3	1
11	แม่น้ำสะแกกรัง	13	18	24	แม่น้ำปัตตานี	6	3
12	แม่น้ำป่าสัก	19	21	25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	1	2

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การศึกษานี้เป็นการประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* เพื่อการตรวจสอบสภาพภัยแล้งสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ MOD09A1-V005 จากดาวเทียม Terra MODIS ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 สำหรับผลการดำเนินงานในแต่ละส่วนประกอบด้วย (1) ผลการประเมินคุณภาพที่มีเมฆปกคลุมในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยคำนวณจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล (2) ผลการประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน (3) การเปรียบเทียบผลการประเมินดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี (4) ความลึกฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน (5) ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี กับความลึกฝนสะสมสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน (6) ผลการคัดเลือกดัชนีที่มีความเหมาะสมในการใช้ติดตามสภาพภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย (7) ผลการประเมินสภาพความแห้งแล้งโดยใช้ดัชนี *NDWI* สำหรับ 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย ซึ่งสามารถสรุปผลในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

1) ผลการตรวจสอบจำนวนจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมสำหรับภาพถ่ายราย 8 วัน ที่ครอบคลุมในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 พบว่า เดือนที่มีเมฆปกคลุมเฉลี่ยมากที่สุดเกิดขึ้นในช่วงเดือนมิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมเปรียบเทียบกับจำนวนจุดภาพทั้งหมดเฉลี่ยในช่วงเดือนดังกล่าวเท่ากับ 71% , 77% และ 66% ตามลำดับ จากผลการตรวจสอบจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมดังกล่าวได้ถูกนำไปใช้เพื่อการกำจัดจุดภาพสำหรับดัชนี *NDVI* และ *NDDI* ต่อไป

2) ผลการประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* เพื่อตรวจสอบสภาพภัยแล้งสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน สามารถสรุปผลการประเมินค่าดัชนีภัยแล้งได้ดังนี้

(1) ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 พบว่า ค่าเฉลี่ยรายเดือนของทุกปี มีค่าลดลงต่อเนื่องในเดือนพฤศจิกายนจนมีค่าต่ำสุดประมาณเดือนมีนาคม จากนั้นเมื่อมีฝนตกลงมาในช่วงเดือนเมษายนเป็นผลให้ค่าของดัชนี *NDVI* เพิ่มสูงขึ้นจนถึงเดือนพฤษภาคมก่อนจะมีค่าลดลงเล็กน้อยในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนมีค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน อย่างไรก็ตาม

ค่าของดัชนี *NDVI* ในช่วงฤดูฝนในเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมมีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งเกิดจากผลกระทบจากเมฆปกคลุมที่ไม่สามารถนำผลกระทบทั้งหมดออกไปได้ สำหรับค่าของดัชนี *NDVI* เฉลี่ยรายเดือนทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน พบว่า มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.792 เกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2550 และต่ำสุดเท่ากับ 0.520 ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนเมษายน พ.ศ. 2547 สำหรับปีที่มีค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 0.696 ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2546 และค่าเฉลี่ยรายปีต่ำสุดเท่ากับ 0.643 ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553

(2) ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 พบว่า ค่าเฉลี่ยรายเดือนของทุกปี มีค่าสูงสุดในช่วงกลางฤดูฝนในเดือนกรกฎาคม จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีค่าต่ำสุดประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม จากนั้นเมื่อมีฝนตกลงมาในช่วงเดือนเมษายนเป็นผลให้ค่าของดัชนี *NDWI* เพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่องจนมีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม ทั้งนี้จะเห็นว่า ค่าของดัชนี *NDWI* มีค่าสูงสุดในช่วงกลางฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกอย่างต่อเนื่องแสดงว่าดัชนีดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับความลึกฝน สำหรับค่าของดัชนี *NDWI* เฉลี่ยรายเดือนทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน พบว่า มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.029 เกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2544 และต่ำสุดเท่ากับ -0.107 ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 สำหรับปีที่มีค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ -0.021 ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2544 และค่าเฉลี่ยรายปีต่ำสุดเท่ากับ -0.047 ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553

(3) ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 พบว่า ค่าเฉลี่ยรายเดือนของทุกปี มีค่าต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม จากนั้นมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงปลายฤดูฝนในเดือนตุลาคม ก่อนจะมีค่าเพิ่มสูงมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนมีนาคม จากนั้นเมื่อมีฝนตกลงมาในช่วงเดือนเมษายนเป็นผลให้ค่าดัชนี *NDDI* ลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีค่าต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า ดัชนี *NDDI* มีค่าผกผันกับสภาพความชุ่มชื้นและความแห้งแล้ง กล่าวคือ มีค่าต่ำสุดในช่วงกลางฤดูฝนและมีค่าสูงสุดในช่วงปลายฤดูแล้ง โดยมีความต่อเนื่องที่สอดคล้องกันตลอดช่วงฤดูกาล อย่างไรก็ตาม เนื่องจากดัชนี *NDVI* ซึ่งนำมาใช้ประเมินดัชนี *NDDI* นั้น ได้ถูกตัดจุดภาพที่มีเมฆออก ดังนั้น การประเมินดัชนี *NDDI* จึงได้รับผลกระทบด้วยเช่นกัน สำหรับค่าของดัชนี *NDDI* เฉลี่ยรายเดือนทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน พบว่า มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.859 เกิดขึ้นในเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2548 และต่ำสุดเท่ากับ 0.887 ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 สำหรับปีที่มีค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 1.269 ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2548 และค่าเฉลี่ยรายปีต่ำสุดเท่ากับ 1.124 ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2544



สำหรับผลการประเมินสภาพความชุ่มชื้นหรือความแห้งแล้งของดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยการจัดลำดับสภาพความชุ่มชื้นและสภาพความแห้งแล้ง 3 ลำดับแรก จากค่าเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 แสดงดังในตารางที่ 40 ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้ (1) ดัชนี *NDVI* แสดงลุ่มน้ำที่มีสภาพความชุ่มชื้นสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำแมริม แม่แดง และแม่งาน ส่วนลุ่มน้ำที่มีสภาพความแห้งแล้งสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำแม่ปิง ส่วนที่ 2 แม่ลี และแม่ปิงส่วนที่ 3 (2) ดัชนี *NDWI* แสดงลุ่มน้ำที่มีสภาพความชุ่มชื้นสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำแมริม แม่กลาง และแม่แดง ส่วนลุ่มน้ำที่มีสภาพความแห้งแล้งสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำแม่ปิงส่วนที่ 3 แม่ลี และแม่หาด และ (3) ดัชนี *NDDI* แสดงลุ่มน้ำที่มีสภาพความชุ่มชื้นสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำแมริม แม่แดง และแม่กลาง ตามลำดับ ส่วนลุ่มน้ำที่มีสภาพความแห้งแล้งสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ลุ่มน้ำแม่ปิงส่วนที่ 3 แม่ลี และแม่แจ่มตอนล่าง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าผลการประเมินสภาพความแห้งแล้งและความชุ่มชื้นมีแนวโน้มไปในทำนองเดียวกันในบางลุ่มน้ำ อย่างไรก็ตาม การแปลความหมายหรือการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของแต่ละดัชนีสรุปไว้ในข้อต่อ ๆ ไป

ตารางที่ 40 สภาพความชุ่มชื้นหรือความแห้งแล้งของดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน 3 ลำดับแรก โดยใช้ค่าเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553

ดัชนี	ลุ่มน้ำย่อยที่มีสภาพความแห้งแล้งสูงสุด (ลำดับ)			ลุ่มน้ำย่อยที่มีสภาพความชุ่มชื้นสูงสุด (ลำดับ)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
<i>NDVI</i>	แม่ปิงส่วนที่ 2	แม่ลี	แม่ปิงส่วนที่ 3	แมริม	แม่แดง	แม่งาน
<i>NDWI</i>	แม่ปิงส่วนที่ 3	แม่ลี	แม่หาด	แมริม	แม่กลาง	แม่แดง
<i>NDDI</i>	แม่ปิงส่วนที่ 3	แม่ลี	แม่แจ่มตอนล่าง	แมริม	แม่แดง	แม่กลาง

3) ผลการเปรียบเทียบผลการประเมินค่าดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน พบว่า ในช่วงฤดูแล้งทั้ง 3 ดัชนี มีความสัมพันธ์สอดคล้องกันดี สำหรับในช่วงฤดูฝนนั้น พบว่า ดัชนี *NDVI* ไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีใดเลย ขณะที่ดัชนี *NDWI* และ *NDDI* ยังคงมีความสัมพันธ์แบบผกผันสอดคล้องต่อเนื่องกันดี ทั้งนี้จากการศึกษาในรายละเอียดของดัชนี *NDDI* ซึ่งได้มาจากความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDVI* และ *NDWI* พบว่า ในช่วงฤดูฝนนั้นค่าของดัชนี *NDWI* ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคมมีค่าตัวเลขที่น้อยมาก (อยู่ในช่วงประมาณ -0.009 ถึง 0.012) เมื่อเทียบกับดัชนี *NDVI* (อยู่ในช่วงประมาณ 0.627 ถึง 0.730) เป็นผลให้ค่าของดัชนี *NDDI* ในช่วงดังกล่าวมีค่าใกล้เคียง 1 และมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อย ดังนั้นจึงทำ

ให้ดัชนี *NDDI* ยังคงมีความสัมพันธ์ที่ดีกับดัชนี *NDWI* ซึ่งนับว่าเป็นผลที่ได้โดยบังเอิญเท่านั้น ดังนั้น จึงนับได้ว่าดัชนี *NDWI* มีความเหมาะสมที่สุดในการประเมินสภาพความชุ่มชื้นหรือสภาพความแห้งแล้งสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

4) การประเมินความลึกฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ดำเนินการโดยคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนและพื้นที่ลุ่มน้ำข้างเคียงจำนวน 65 สถานี จากนั้นนำมาหาฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยวิธี Inverse Distance Square (IDS) โดยการใช้โปรแกรมประยุกต์ที่เขียนด้วยโปรแกรม MATLAB ที่พัฒนาขึ้นภายใต้โครงการ “การตรวจสอบภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับประเทศไทย” ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีความลึกฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,156 มิลลิเมตร มีปริมาณความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนมากที่สุดประมาณ 257 มิลลิเมตรในเดือนกันยายน โดยปริมาณฝนส่วนใหญ่ประมาณ 89% เกิดขึ้นในฤดูฝนในระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และมีเพียง 11% เกิดขึ้นในฤดูแล้ง เมื่อพิจารณาปริมาณความลึกฝนรายลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำ ของลุ่มน้ำปิงตอนบน พบว่า ลุ่มน้ำที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีมากที่สุดคือ ลุ่มน้ำปิงส่วนที่ 1 โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยประมาณ 1,281 มิลลิเมตร และลุ่มน้ำที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีน้อยที่สุดคือลุ่มน้ำปิงส่วนที่ 3 ซึ่งมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยประมาณ 983 มิลลิเมตร

5) การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDVI*, *NDWI* และ *NDDI* ราย 8 วันกับความลึกฝนระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคมในปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 แสดงโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ของทั้ง 3 ดัชนี ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนีมีความสัมพันธ์กับความลึกฝนสะสมต่อเนื่องรายปีมากกว่าความลึกฝนสะสมราย 8 วัน ทั้งนี้เนื่องจากธรรมชาติของการตกของฝนจะไม่ต่อเนื่อง ในขณะที่ค่าของดัชนีภัยแล้งเป็นค่าที่ต่อเนื่องสัมพันธ์กันและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างฉับพลันเหมือนกับข้อมูลฝน โดยผลการประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ระหว่างดัชนีภัยแล้งกับความลึกฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี พบว่า (1) ดัชนี *NDVI* มีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีในแต่ละลุ่มน้ำย่อยอยู่ระหว่าง -0.14 ถึง 0.53 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.23 ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ (2) ดัชนี *NDWI* มีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีในแต่ละลุ่มน้ำย่อยอยู่ระหว่าง 0.69 ถึง 0.81 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 ซึ่งจัดว่าเป็นค่าทางสถิติที่แสดงความสัมพันธ์ที่ยอมรับได้ (3) ดัชนี *NDDI* มีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีในแต่ละลุ่มน้ำย่อย อยู่ระหว่าง -0.58 ถึง -0.79 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.73 จัดว่าเป็นค่าทางสถิติที่แสดงความสัมพันธ์แบบผกผันที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ดัชนีที่มีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีสำหรับทุกลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน สูงสุดคือดัชนี *NDWI* รองลงมาคือดัชนี *NDDI* ซึ่งทั้งดัชนี *NDWI* และ *NDDI* นับว่ามีค่าทางสถิติที่ดีอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทั้งสองดัชนี ทั้งนี้แนวทางการ

เลือกใช้ดัชนีระหว่าง 2 ดัชนี สรุปดังในข้อต่อไป ขณะที่ดัชนี *NDVI* มีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีน้อยที่สุด นับว่ามีความสัมพันธ์กับความลึกฝนในเกณฑ์ที่ต่ำ จึงไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ติดตามสภาพภัยแล้ง

6) การคัดเลือกดัชนีที่มีความเหมาะสมในการใช้ติดตามสภาพภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย โดยมีสมมุติฐานว่า ดัชนีใดมีความสัมพันธ์ที่ดีกับความลึกฝนมากกว่าดัชนีอื่นก็มีแนวโน้มว่าดัชนีนั้นน่าจะมีความน่าเชื่อถือในการนำมาใช้เพื่อติดตามภัยแล้งได้ถูกต้องแม่นยำมากกว่าดัชนีอื่นนั้น ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีที่มีค่า  $r$  เฉลี่ยรายปีสำหรับทุกลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบนสูงสุดคือดัชนี *NDWI* รองลงมาคือดัชนี *NDDI* และดัชนี *NDVI* ตามลำดับ โดยมีค่า  $r$  เท่ากับ 0.75, -0.73 และ 0.23 ตามลำดับ สำหรับดัชนี *NDWI* และ *NDDI* จัดว่ามีความสัมพันธ์ที่ดีทั้งสองดัชนี และมีค่าไม่ต่างกันมาก ดังนั้นจึงพิจารณาเปรียบเทียบผลการประเมินดัชนีภัยแล้งที่ผ่านมา ซึ่งพบว่าดัชนี *NDDI* นั้น ได้รับผลกระทบจากการกำจัดจุดภาพที่มีเมฆปกคลุมของดัชนี *NDVI* อยู่ เนื่องจากไม่สามารถคำนวณค่าจุดภาพที่ถูกกำจัดออกเนื่องจากเมฆปกคลุมของดัชนี *NDVI* ได้ และถึงแม้ว่าค่าของดัชนี *NDDI* ยังคงมีความสัมพันธ์กับฝนที่ดีในช่วงฤดูฝนก็ตาม แต่ก็ยังเป็นผลที่ได้โดยบังเอิญเท่านั้น เนื่องจากค่าของดัชนี *NDWI* ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม มีค่าเชิงตัวเลขที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับค่าของดัชนี *NDVI* เป็นผลให้ผลการประเมินค่าดัชนี *NDDI* จากสมการที่ 3 ( $(NDVI - NDWI) / (NDVI + NDWI)$ ) ได้ค่าของดัชนีใกล้เคียง 1 และมีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่างเดือนน้อยมาก อีกทั้งค่าที่น้อยที่สุดของดัชนี *NDDI* เกิดขึ้นในช่วงกลางฤดูฝน จึงเป็นผลให้ค่าของดัชนี *NDDI* มีความสัมพันธ์ที่ดีกับความลึกฝน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ดัชนี *NDWI* มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าดัชนี *NDDI* ทั้งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) และการแสดงผลภาพรวมทั้งความถูกต้องตามแนวทฤษฎี ดังนั้นในการศึกษานี้ได้คัดเลือกดัชนี *NDWI* มาใช้เพื่อการประเมินสภาพภัยแล้งสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทยต่อไป

7) ผลการประเมินสภาพภัยแล้งโดยใช้ดัชนี *NDWI* สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทยนั้น ได้วิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 26 ลุ่มน้ำในประเทศไทย (เนื่องจากทำการแยกลุ่มน้ำโขงออกเป็น ลุ่มน้ำโขงภาคเหนือ และลุ่มน้ำโขงภาคอีสาน เนื่องจากมีสภาพความแห้งแล้งและความชุ่มชื้นที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน) ระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553 โดยผลการประเมินค่าเฉลี่ยรายเดือนสำหรับทุกจุดภาพของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 26 ลุ่มน้ำ โดยการจัดลำดับสภาพภัยแล้งที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำ ตามเกณฑ์เดียวกันกับที่ใช้ในการจัดลำดับสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยสรุปลำดับของลุ่มน้ำที่มีสภาพความชุ่มชื้นสูงสุดและต่ำสุด 3 ลำดับแรก โดยทำการพิจารณาลำดับเฉลี่ยรายปีตลอดจนการแยกพิจารณาลำดับในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน ดังแสดงในตารางที่ 41 จากตารางดังกล่าว

พบว่า ค่าเฉลี่ยรายปีสำหรับกลุ่มน้ำที่มีสภาพความแห้งแล้งสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ กลุ่มน้ำโขง (ภาคอีสาน) กลุ่มน้ำชี และกลุ่มน้ำมูล และกลุ่มน้ำที่มีสภาพความชุ่มชื้นสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ กลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ ในช่วงฤดูฝน พบว่ากลุ่มน้ำที่มีสภาพความแห้งแล้งสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ กลุ่มน้ำมูล กลุ่มน้ำโขง (ภาคอีสาน) และกลุ่มน้ำชี และกลุ่มน้ำที่มีสภาพความชุ่มชื้นสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา กลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก กลุ่มน้ำปัตตานี สำหรับในช่วงฤดูแล้ง กลุ่มน้ำที่มีสภาพความแห้งแล้งสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ กลุ่มน้ำมูล กลุ่มน้ำชี และกลุ่มน้ำโขง (ภาคอีสาน) และกลุ่มน้ำที่มีสภาพความชุ่มชื้นสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ กลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก กลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ และกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อตรวจสอบสภาพภัยแล้ง เพราะฉะนั้นสภาพความแห้งแล้งในฤดูแล้งจึงสำคัญที่สุด

**ตารางที่ 41** สภาพความชุ่มชื้นหรือความแห้งแล้งของดัชนี *NDWI* ในแต่ละกลุ่มน้ำทั้ง 26 กลุ่มน้ำของประเทศไทย 3 ลำดับแรก โดยแยกฤดูแล้ง ฤดูฝน และเฉลี่ยรายปีจากค่าเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2553

ดัชนี <i>NDWI</i>	กลุ่มน้ำที่มีสภาพความแห้งแล้งสูงสุด (ลำดับ)			กลุ่มน้ำที่มีสภาพความชุ่มชื้นสูงสุด (ลำดับ)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
ฤดูแล้ง	กลุ่มน้ำมูล	กลุ่มน้ำชี	กลุ่มน้ำโขง (ภาคอีสาน)	ภาคใต้ฝั่ง ตะวันตก	ชายฝั่งทะเล ประจวบคีรีขันธ์	ทะเลสาบ สงขลา
ฤดูฝน	กลุ่มน้ำมูล	กลุ่มน้ำโขง (ภาคอีสาน)	กลุ่มน้ำชี	ทะเลสาบ สงขลา	ภาคใต้ฝั่ง ตะวันตก	กลุ่มน้ำปัตตานี
เฉลี่ย รายปี	กลุ่มน้ำโขง (ภาคอีสาน)	กลุ่มน้ำชี	กลุ่มน้ำมูล	ภาคใต้ฝั่ง ตะวันตก	ทะเลสาบสงขลา	ชายฝั่งทะเล ประจวบคีรีขันธ์

### ข้อเสนอแนะ

1) ในการศึกษาพบว่า ดัชนี *NDWI* มีประสิทธิภาพดีกว่าดัชนี *NDVI* และ *NDDI* ทั้งนี้ เนื่องจากดัชนี *NDVI* และ *NDDI* มีปัญหาเรื่องผลกระทบจากเมฆ ในขณะที่ ดัชนี *NDWI* ไม่ได้รับผลกระทบจากเมฆ ดังนั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี ย่อมส่งผลให้ดัชนี *NDWI* มีประสิทธิภาพดีกว่าอย่างชัดเจน ดังนั้น ควรทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ ดัชนี *NDWI* กับดัชนีภัยแล้งอื่น ๆ ที่ไม่ได้รับผลกระทบจากเมฆ เพื่อให้ได้ดัชนีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่แท้จริง

2) จากการนำค่าเฉลี่ยของดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ดัชนี ราย 8 วัน ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิง ตอนบน มาพล็อตกราฟแบบต่อเนื่อง ระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 พบว่า ในช่วงฤดูแล้ง ประมาณช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์นั้น ค่าของดัชนีภัยแล้งในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิง ตอนบนของแต่ละปี มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องและมีความลาดชันที่ค่อนข้างคงที่ ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาใช้เพื่อการคาดการณ์ภัยแล้งในช่วงฤดูแล้งต่อไป

3) เนื่องจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดัชนีภัยแล้งที่พิจารณากับความลึกฝนสะสมนั้น เป็นการหาความสัมพันธ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยรายลุ่มน้ำ ซึ่งถึงแม้ว่าจะได้ความสัมพันธ์ออกมาดีอย่างไรก็ตาม ถ้าทำการหาความสัมพันธ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละจุดภาพ ตามขนาดของค่าของดัชนี คือ 500 x 500 ตารางเมตร แล้ว น่าจะมีผลให้ความสัมพันธ์ที่ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, กฤษณ์ศ สุรภิตย์, สรรสฤษฏ์ เขียวโพธิ์ภักษ์, เทวิน พริกมาก, บัณฑิต เจนคุณาวัฒน์ และ อาชีส ชาร์มา. 2555. การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบนเพื่อการบริหารจัดการน้ำของเขื่อนภูมิพล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ.
- นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2556. โครงการการตรวจสอบภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับประเทศไทย รายงานฉบับที่ 2. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ.
- เอกรินทร์ แมะกัน และ นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2557. ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDWI* และความถี่ฝนสะสมในลุ่มน้ำปิงตอนบน, น. 2837-2844. ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19. 14-16 พฤษภาคม 2557, ขอนแก่น.
- Gao, B.-C. 1995. A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. in **SPIE's 1995 Symposium on OE / Aerospace Sensing and Dual Use Photonics**. Vol. 2480. Orlando, FL.
- Gao, B. 1996. *NDWI* - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment** 58: 257-266.
- Gu, Y., J.F. Brown., J.P.Verdin and B.Wardlow. 2007. A five-year analysis of *MODIS NDVI* and *NDWI* for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. **Geophysical Research Letters** 34. doi:10.1029/2006GL029127.
- Ji, L. and A.J. Peters. 2003. Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices. **Remote Sensing of Environment** 87: 85-98.

Kogan, F.N. 1995. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. **Advanced Space Research** 15: 91-100.

Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC). 2011. **MODIS Products Table**. Available Source: [https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis\\_products\\_table](https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_products_table), October 10, 2013.

McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, pp 179-184. *In Proceedings of the 8th conference of applied climatology*. Anaheim, CA: American Meteorological Society.

McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist. 1995. Drought monitoring with multiple time scales, pp 233-236. *In Proceedings of the 9th conference of applied climatology*.

McVicar, T. R., and P. N. Bierwirth. 2001. Rapidly assessing the 1997 drought in Papua New Guinea using composite AVHRR imagery. **Int. J. Remote Sens** 22: 2109– 2128.

Mishra, A.K. and V.P. Singh. 2010. A review of drought concepts. **Journal of Hydrology** 391: 202-216.

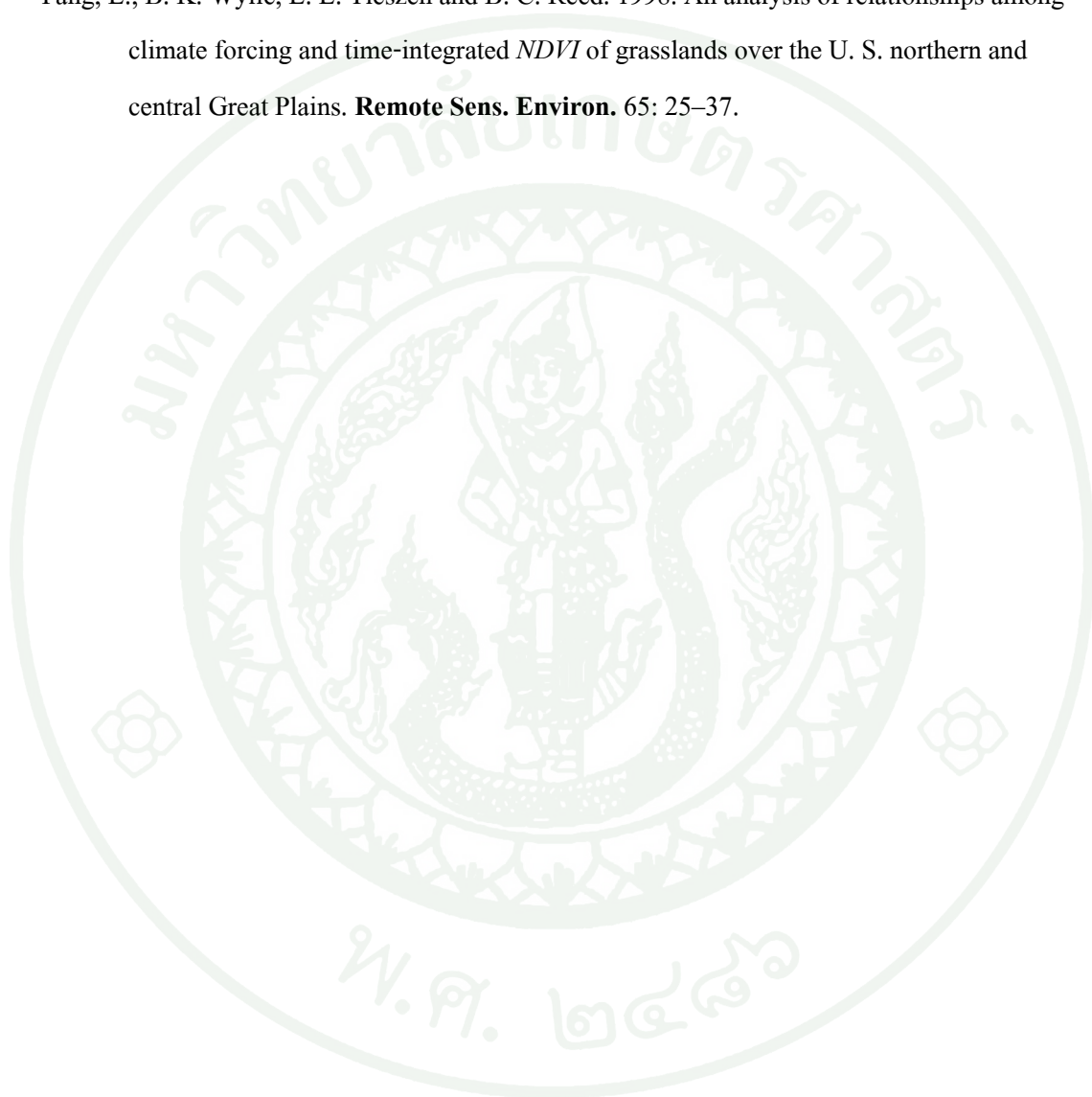
NASA's Earth Observing System. 2011. **The MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer)**. Available Source: [http://modis.gsfc.nasa.gov/about/media/modis\\_brochure.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/about/media/modis_brochure.pdf) , October 10, 2013.

Palmer, W.C. 1965. Meteorological drought. **U.S. Weather Bureau Research Paper 45**. Office of Climatology, U. S. Department of Commerce, Washington D.C. 58 pp.

Rouse, J.W., R.H. Hass, J.A. Schell and D.W. Deering. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, pp. 309-317. *In Proceedings of the 3rd Earth Resources Technology Satellite-1 symposium*. Greenbelt, MD: NASA SP-351.

Wan, Z., P. Wang and X. Li. 2004. Using MODIS Land Surface Temperature and Normalized Difference Vegetation Index products for monitoring drought in the southern Great Plains, USA. **International Journal of Remote Sensing** 25: 61-72.

Yang, L., B. K. Wylie, L. L. Tieszen and B. C. Reed. 1998. An analysis of relationships among climate forcing and time-integrated *NDVI* of grasslands over the U. S. northern and central Great Plains. **Remote Sens. Environ.** 65: 25–37.



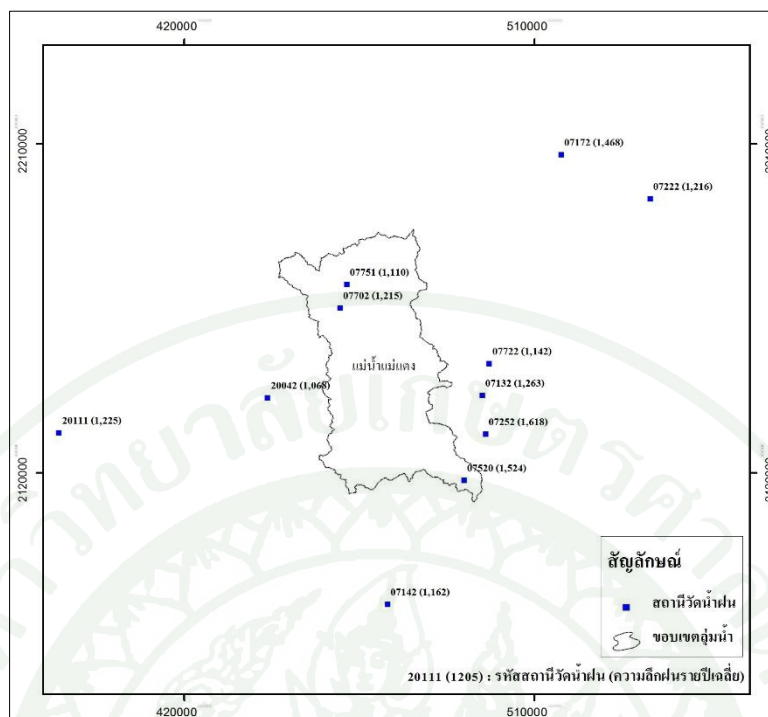




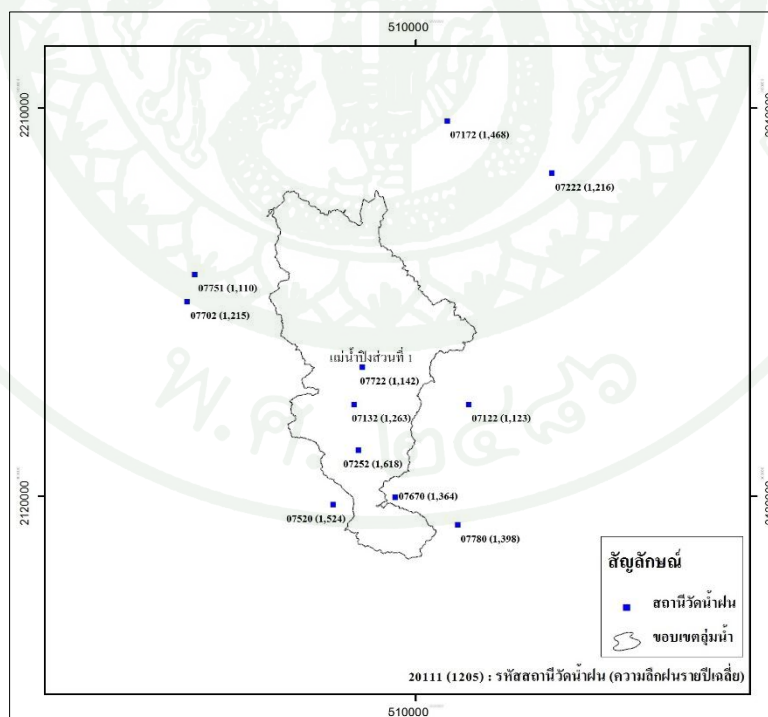


ภาคผนวก ก

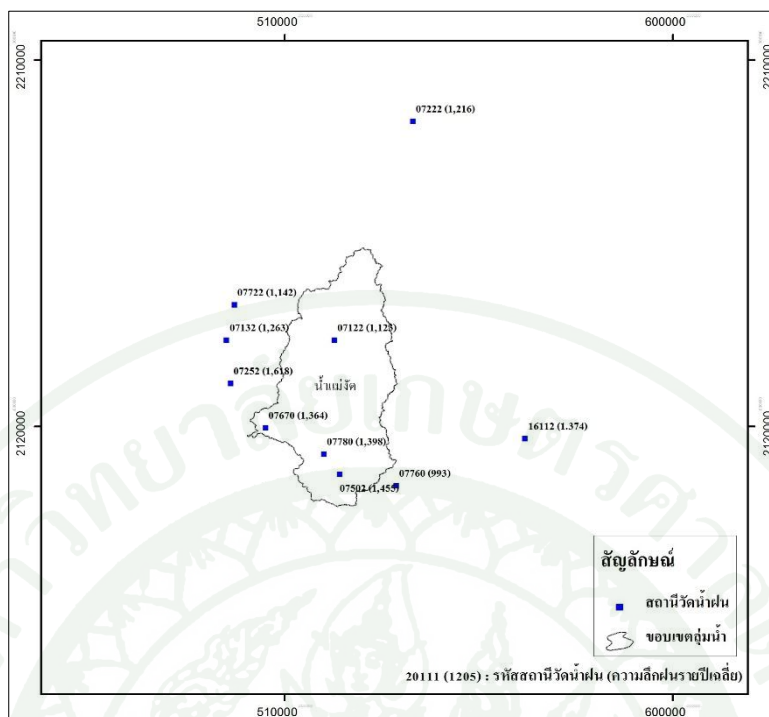
สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน



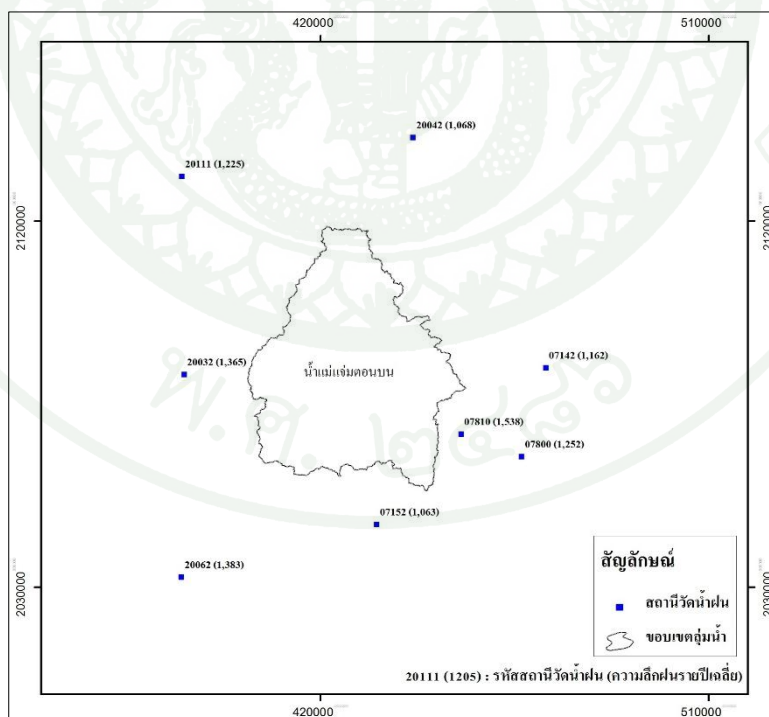
ภาพผนวกที่ ก1 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่แตง



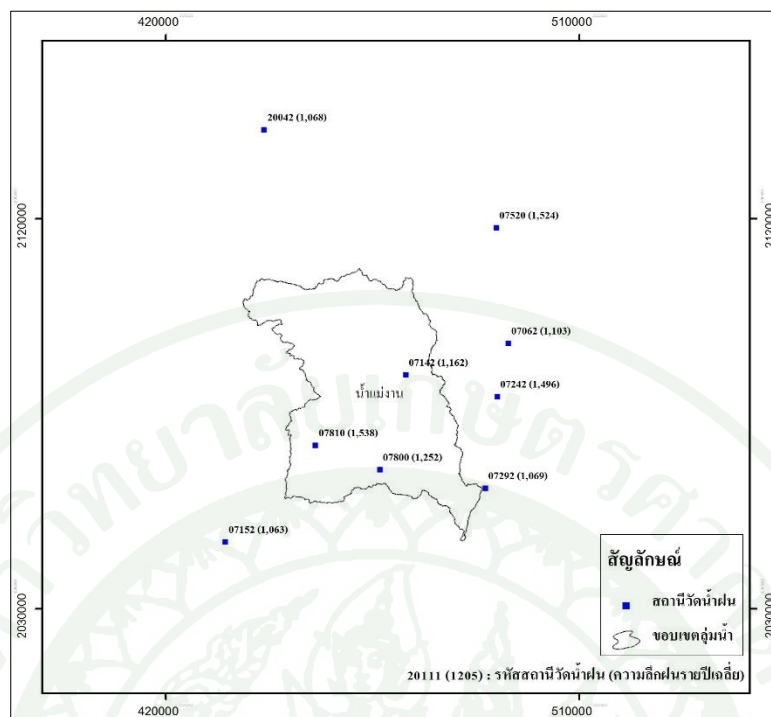
ภาพผนวกที่ ก2 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยปิงส่วนที่ 1



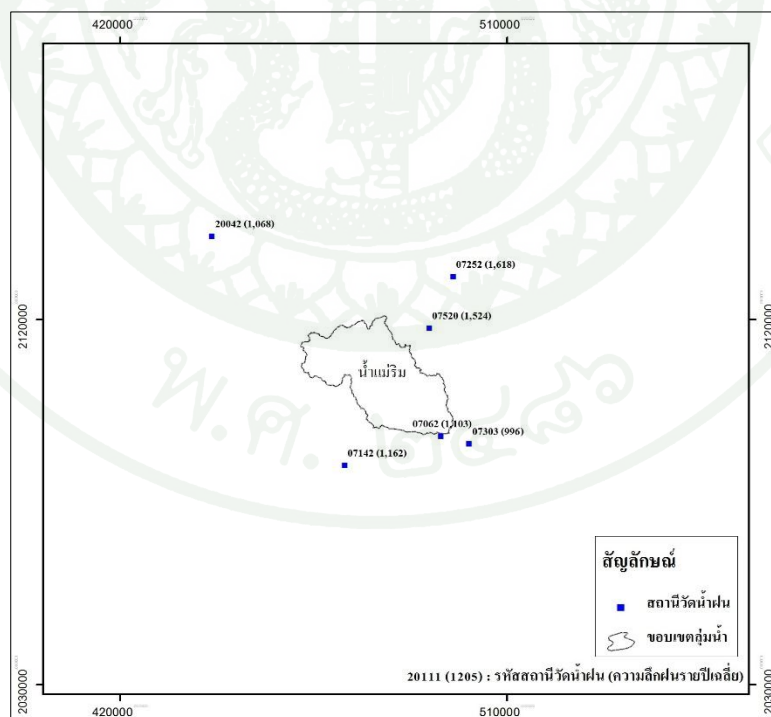
ภาพผนวกที่ ก3 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่จืด



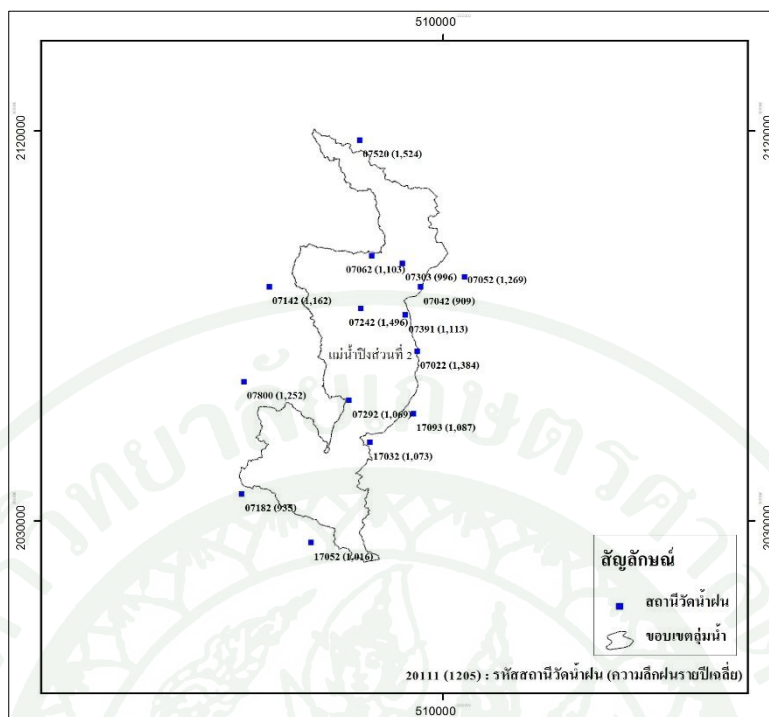
ภาพผนวกที่ ก4 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน



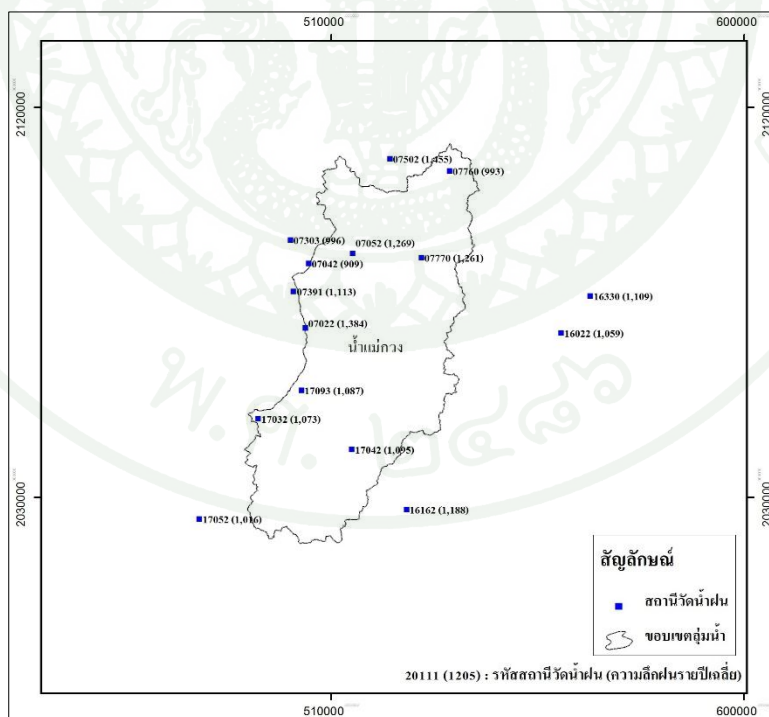
ภาพผนวกที่ ก5 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับกลุ่มน้ำย่อยแม่ม่วง



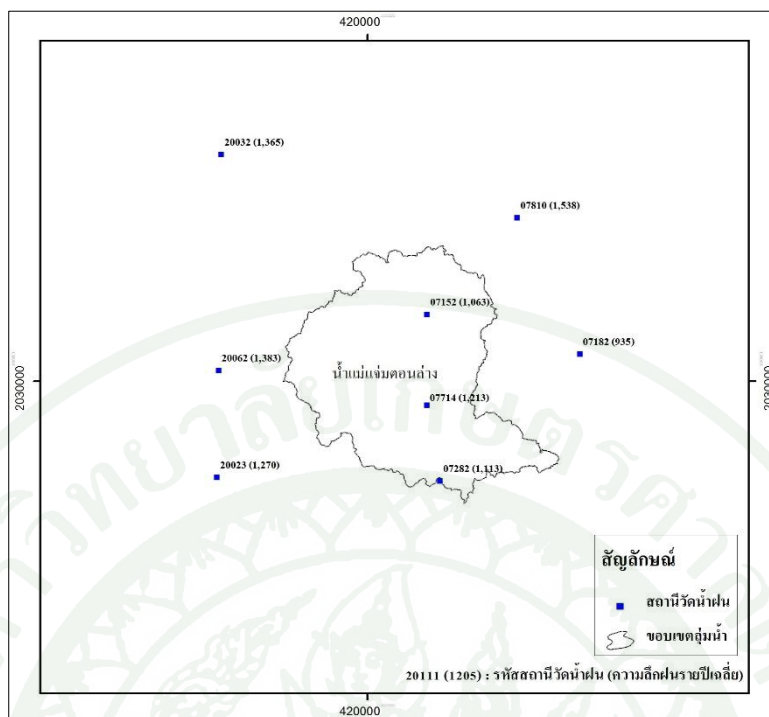
ภาพผนวกที่ ก6 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับกลุ่มน้ำย่อยแม่มะริม



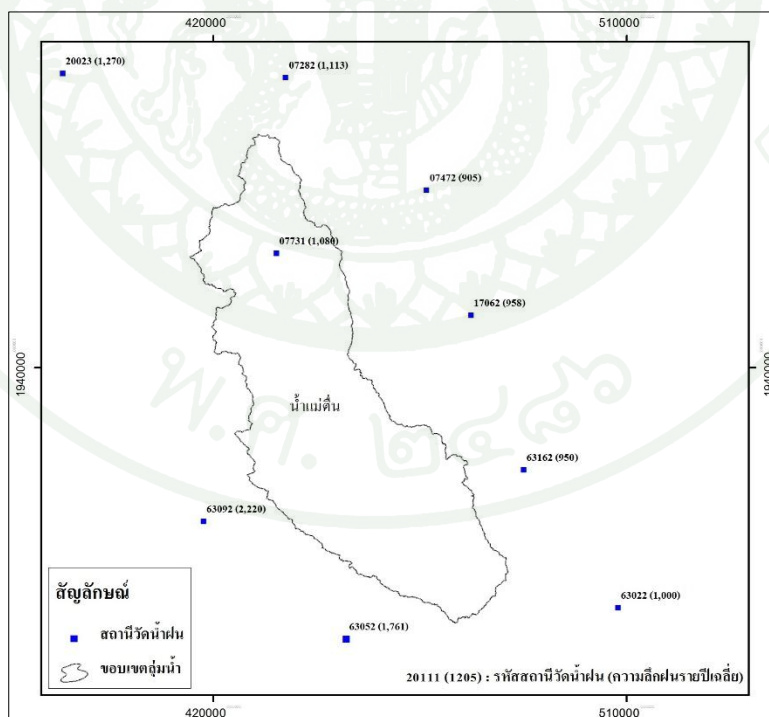
ภาพผนวกที่ ก7 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 2



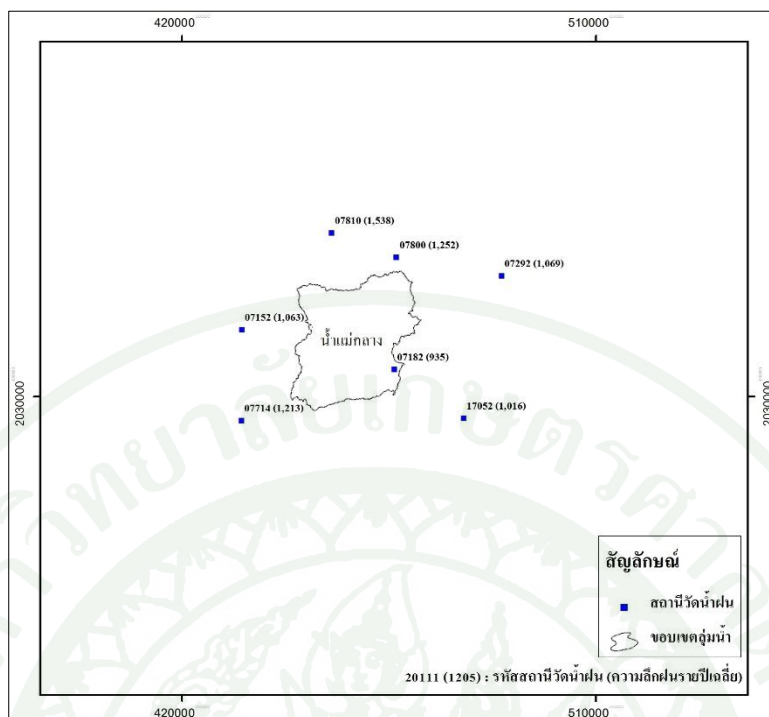
ภาพผนวกที่ ก8 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่กวัง



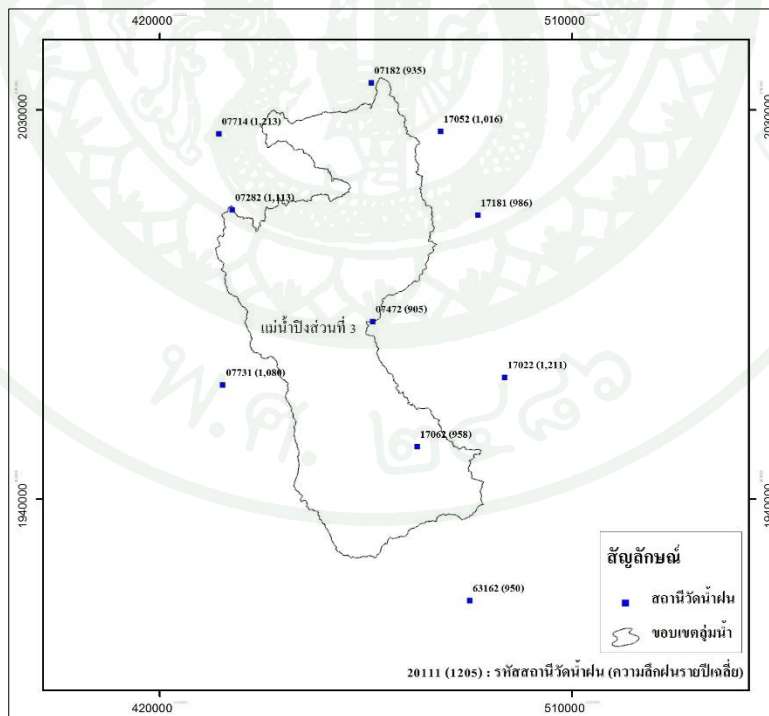
ภาพผนวกที่ 9 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนล่าง



ภาพผนวกที่ 10 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ดิน

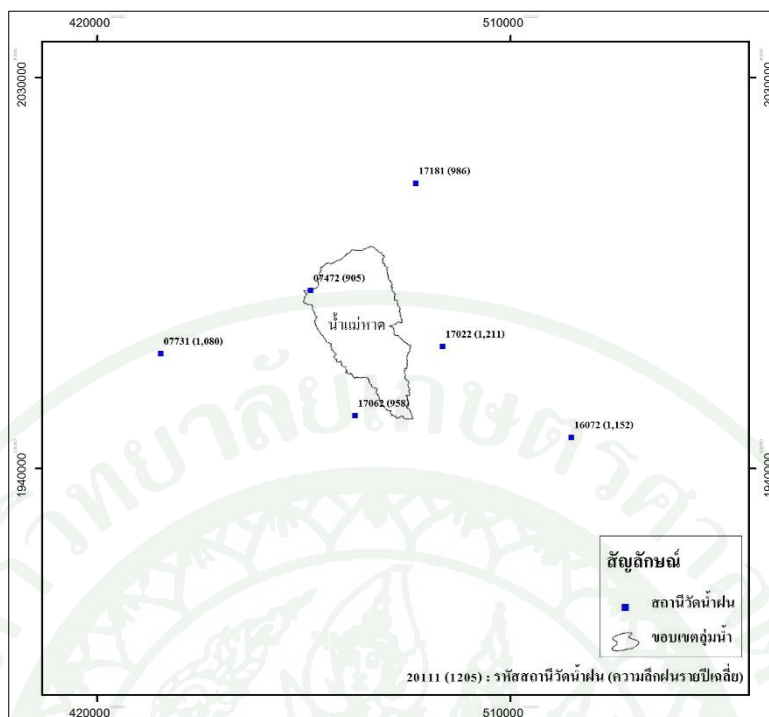


ภาพผนวกที่ ก11 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่กลาง

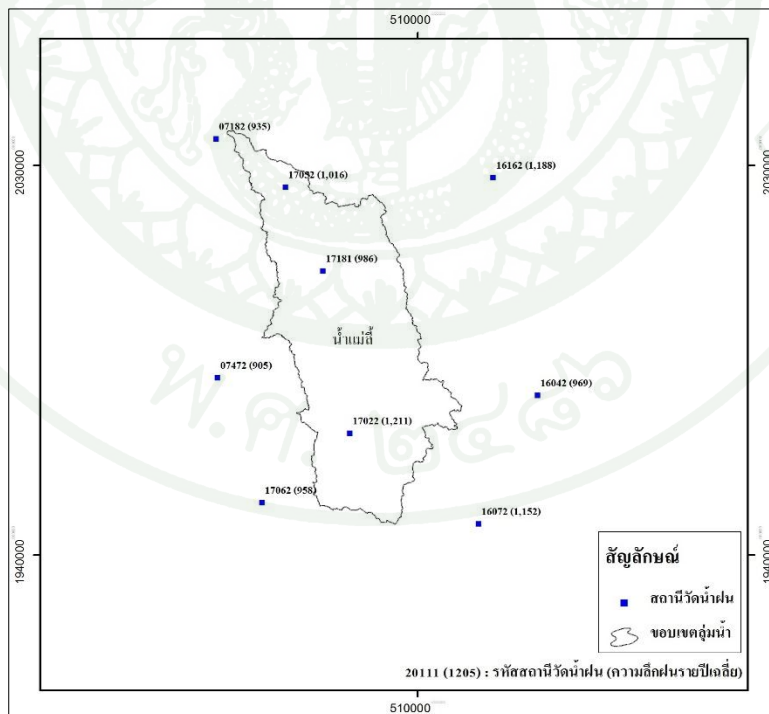


ภาพผนวกที่ ก12 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 3





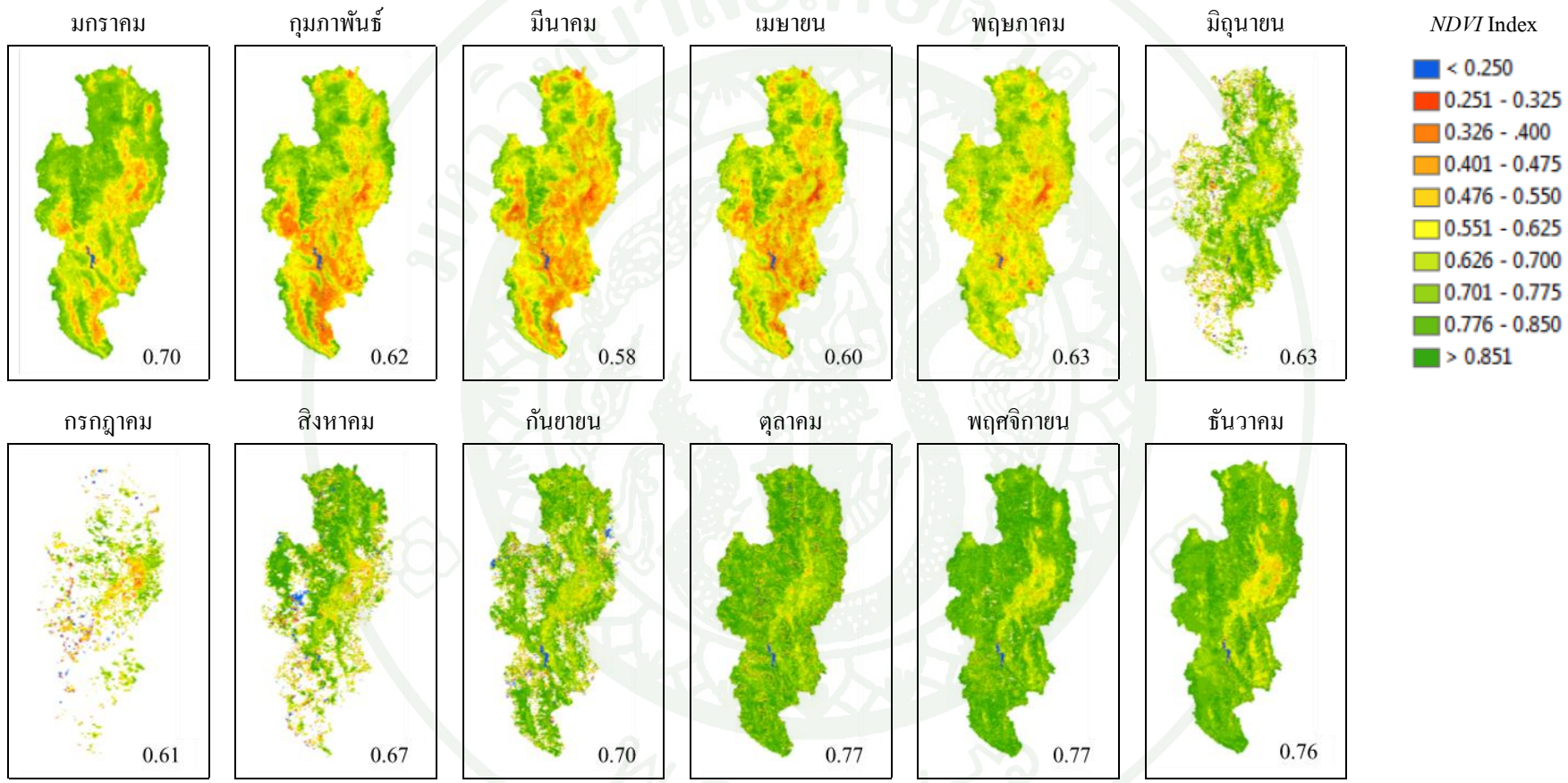
ภาพผนวกที่ ก13 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่หาด



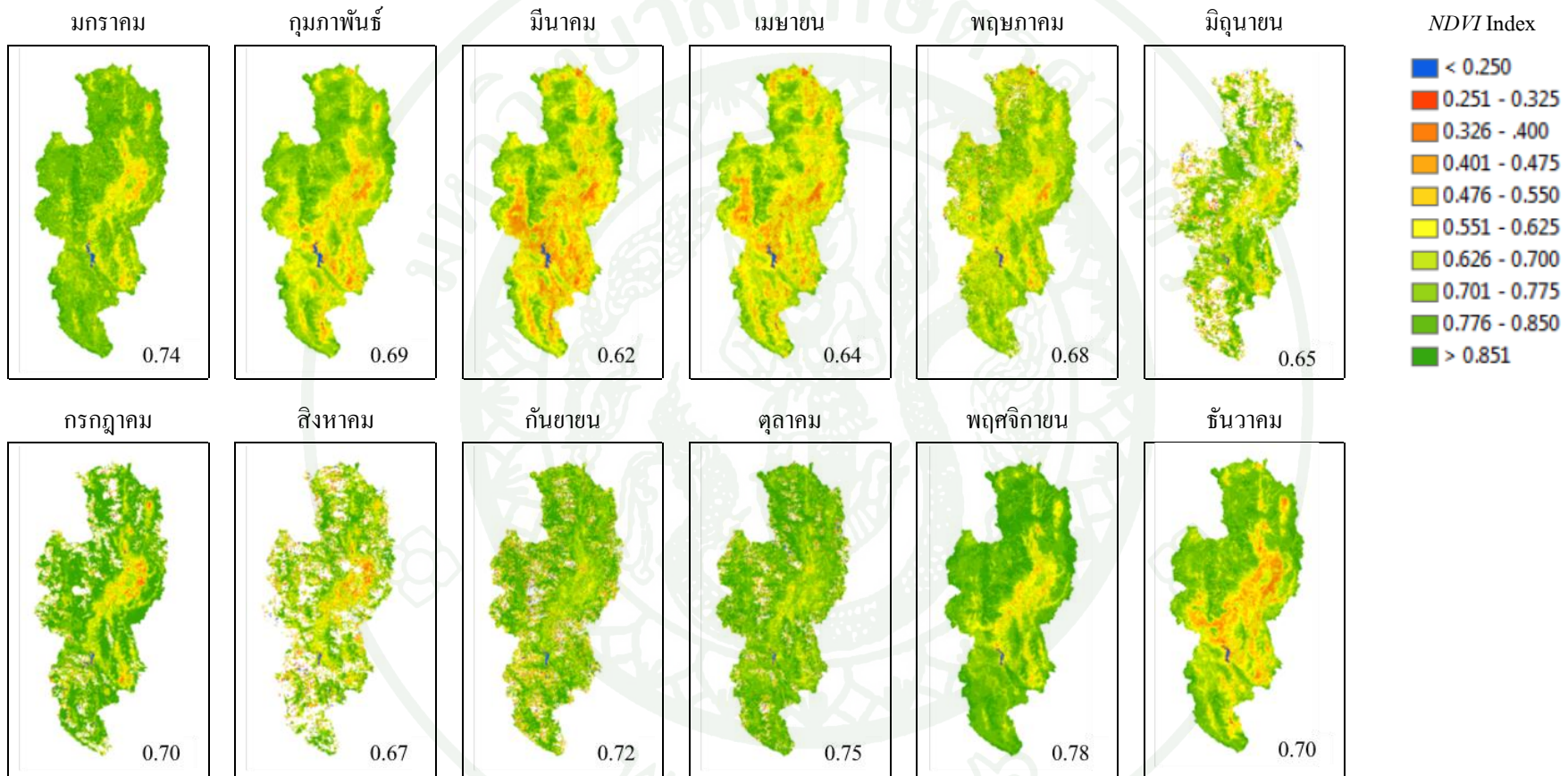
ภาพผนวกที่ ก14 สถานีวัดน้ำฝนที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่ถ้ำ



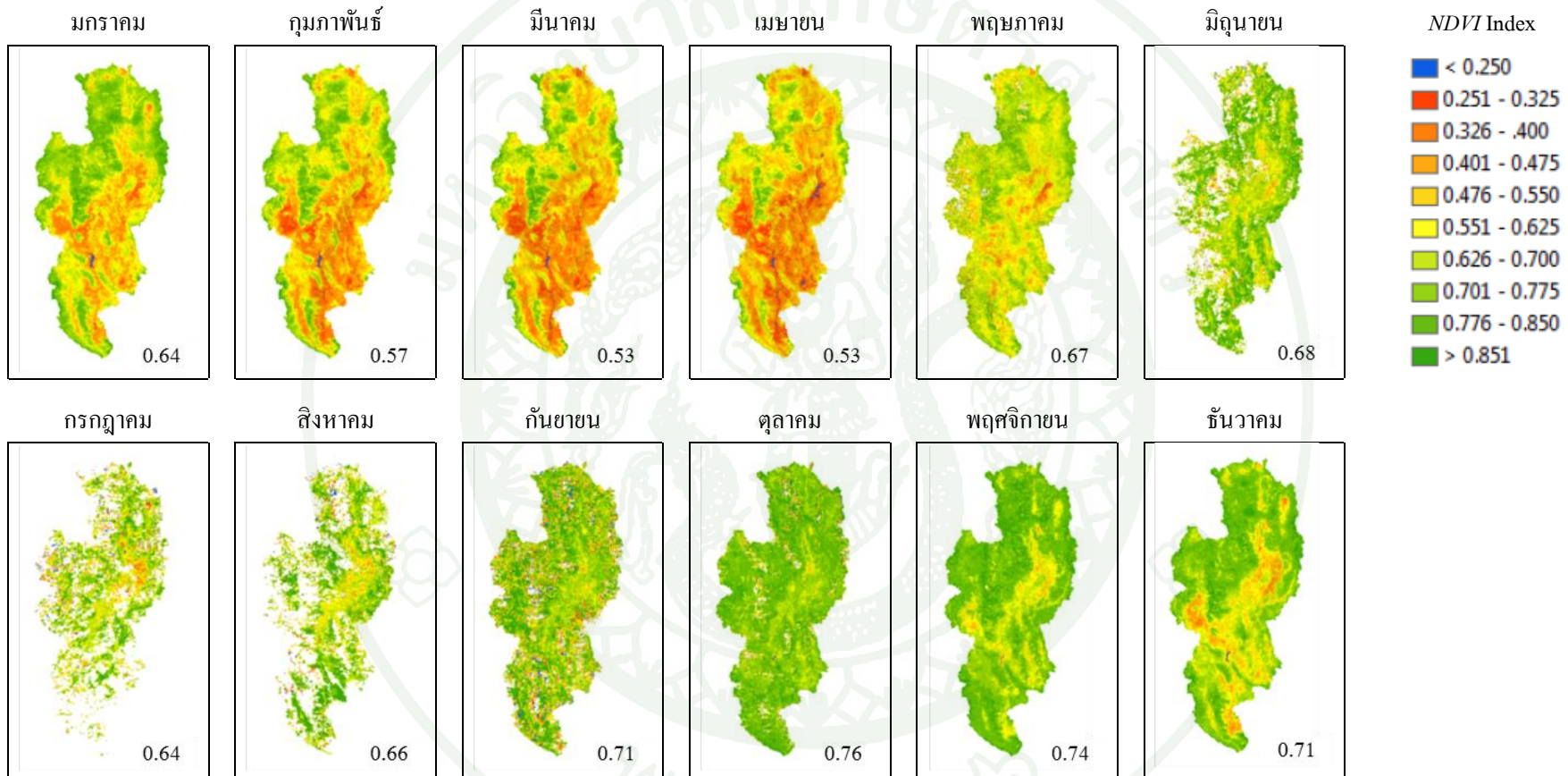
ภาคผนวก ข  
ผลการวิเคราะห์ดัชนี *NDVI* ในลุ่มน้ำปึงตอนบน ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2552



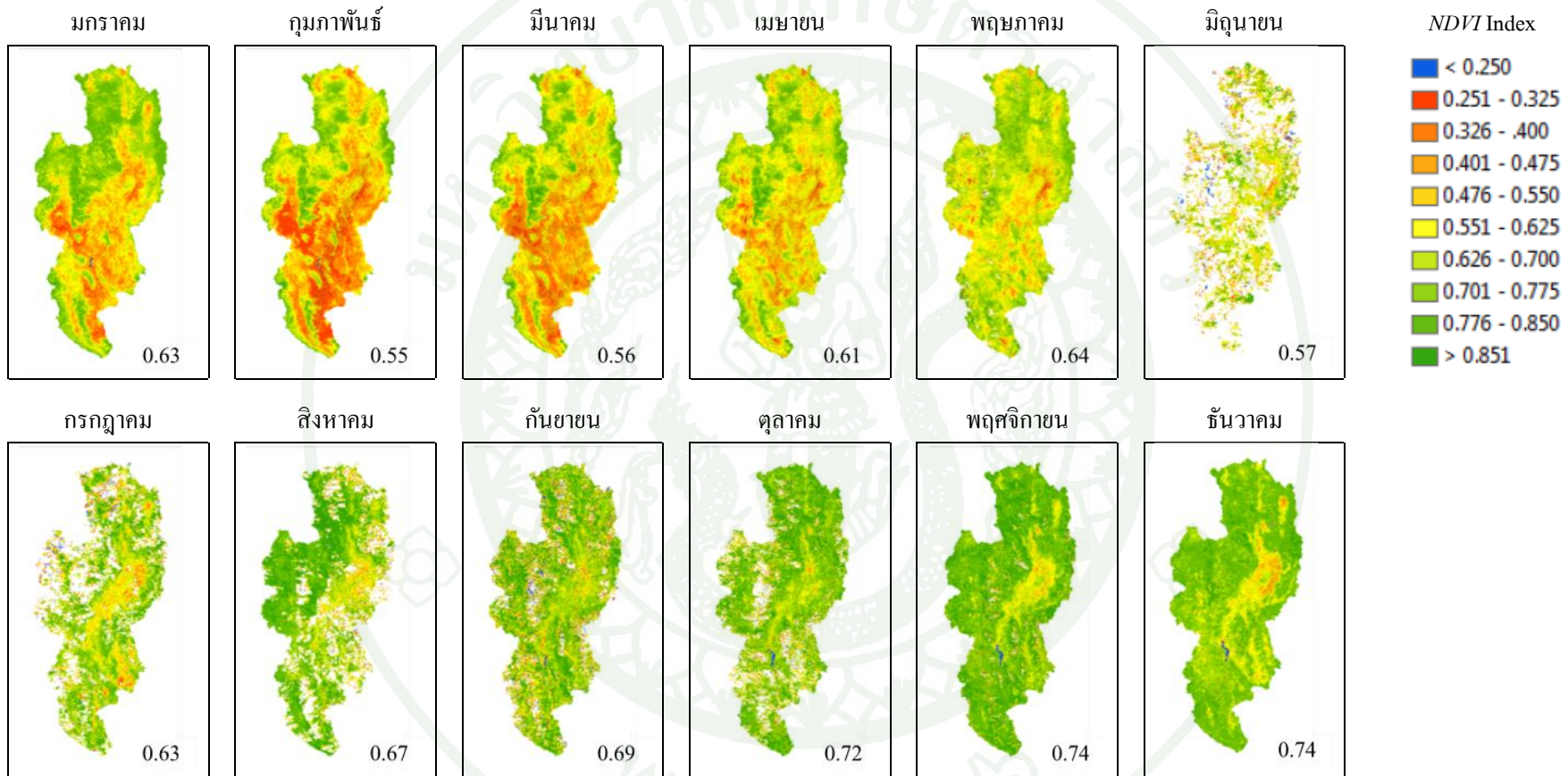
ภาพผนวกที่ ข1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDVI สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2545



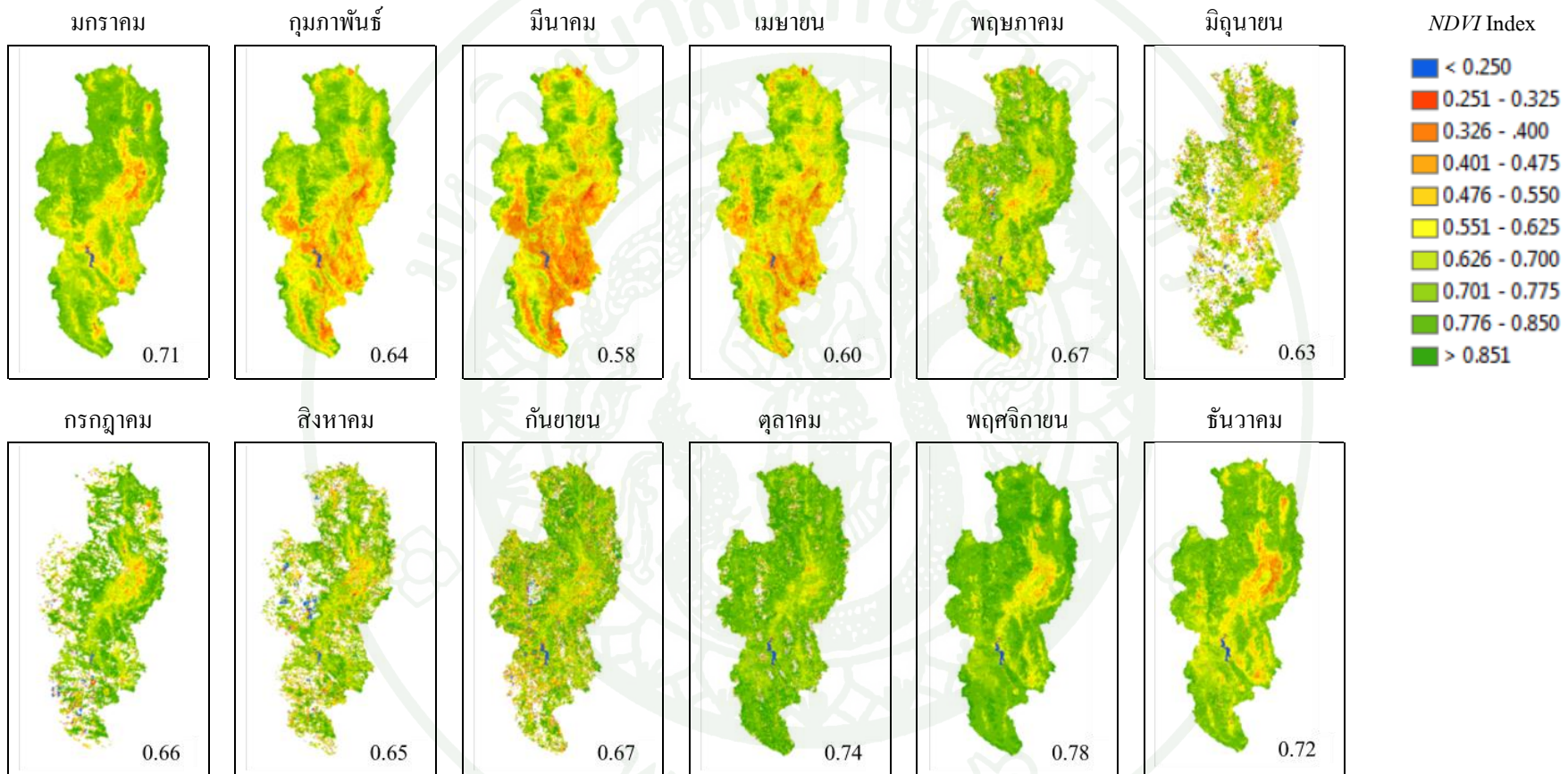
ภาพผนวกที่ ข2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2546



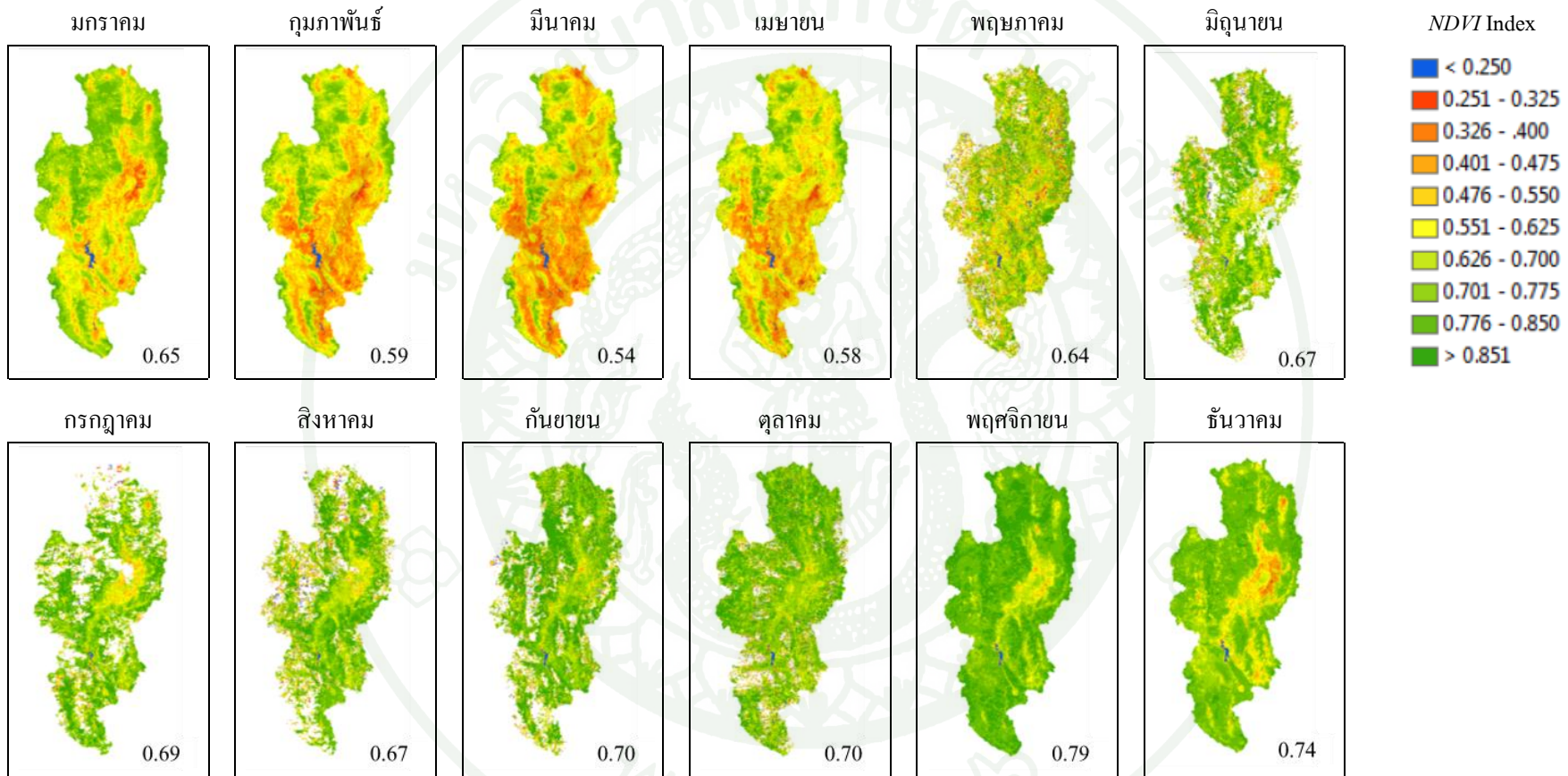
ภาพผนวกที่ ข3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2547



ภาพผนวกที่ ข4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2548

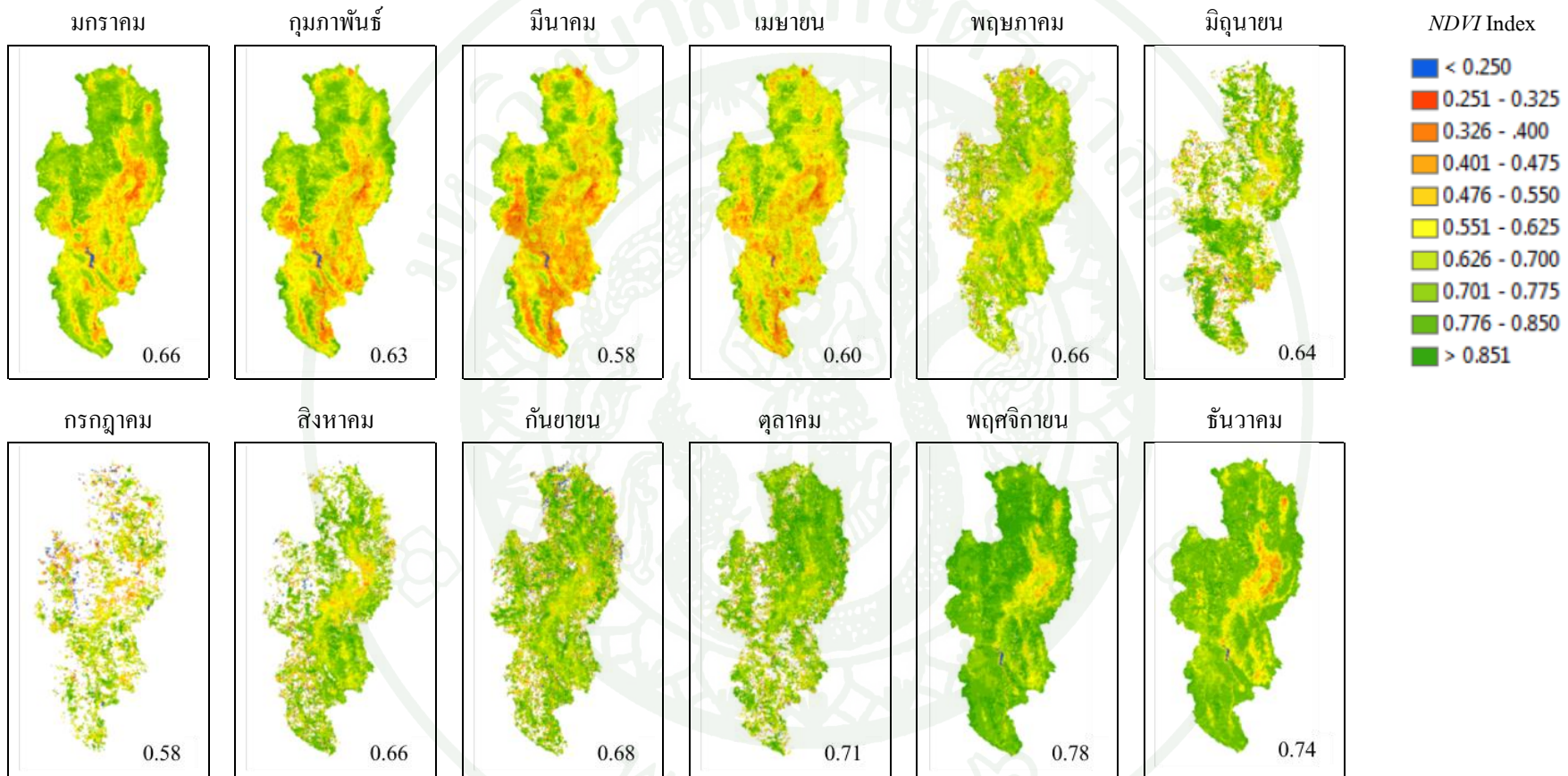


ภาพผนวกที่ ข5 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2549

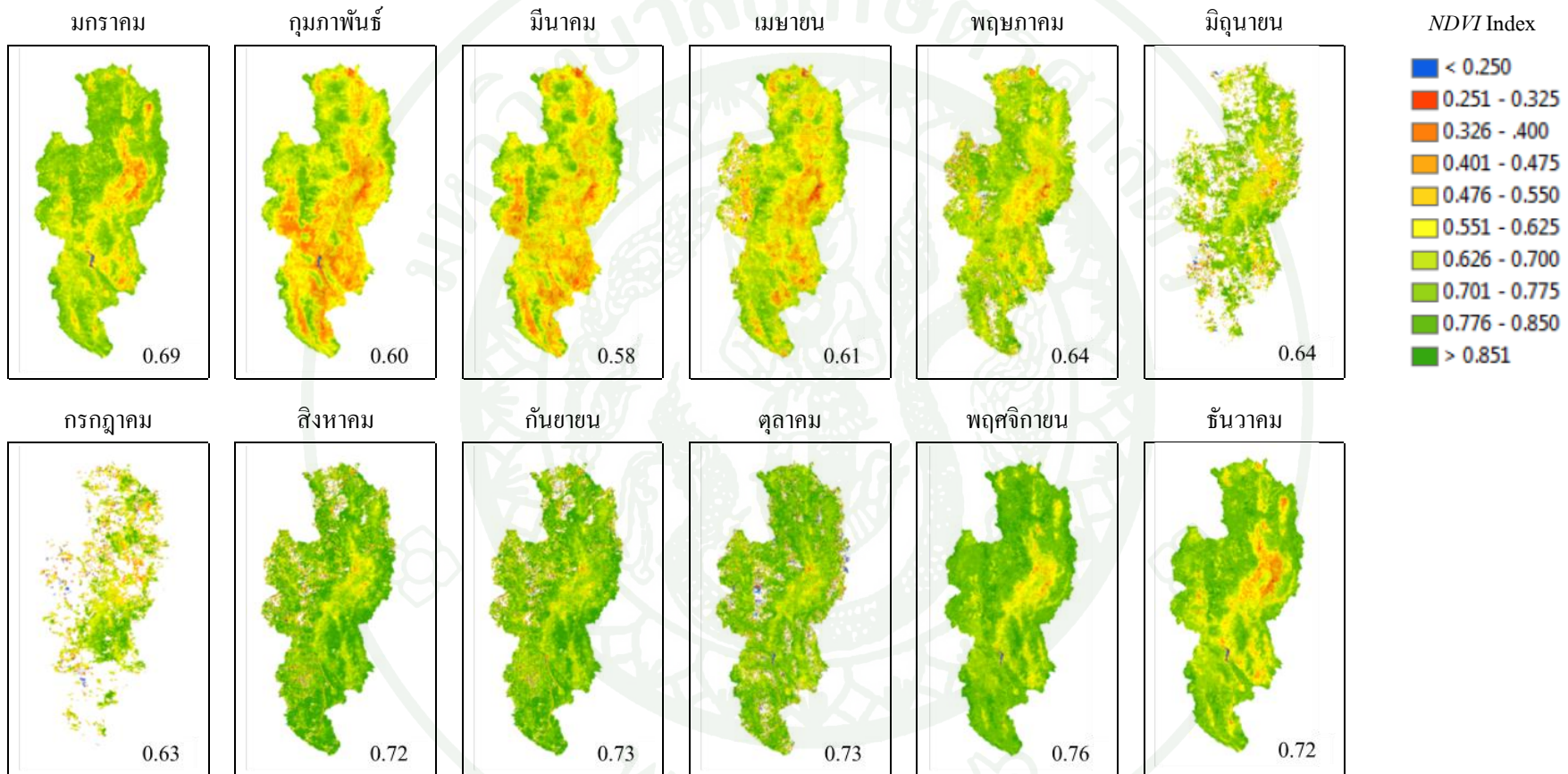


ภาพผนวกที่ ข6 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2550





ภาพผนวกที่ ข7 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2551



ภาพผนวกที่ ๗8 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDVI สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2552

ตารางผนวกที่ ข1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2545

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.725 (7)	0.641 (7)	0.559 (9)	0.594 (8)	0.633 (8)	0.644 (7)	0.617 (5)	0.749 (3)	0.754 (1)	0.783 (7)	0.798 (3)	0.774 (7)	0.689
แม่จืด	0.731 (6)	0.679 (6)	0.602 (6)	0.633 (6)	0.647 (7)	0.618 (8)	0.611 (6)	0.634 (11)	0.734 (4)	0.770 (9)	0.794 (4)	0.749 (9)	0.684
แม่แตง	0.775 (1)	0.732 (1)	0.676 (1)	0.677 (1)	0.665 (3)	0.531 (13)	0.589 (10)	0.697 (5)	0.733 (5)	0.800 (4)	0.811 (1)	0.814 (2)	0.708
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.62 (14)	0.564 (11)	0.516 (11)	0.535 (11)	0.555 (14)	0.600 (11)	0.603 (7)	0.653 (7)	0.671 (10)	0.714 (14)	0.695 (14)	0.674 (14)	0.617
แม่ริม	0.746 (5)	0.707 (4)	0.631 (5)	0.645 (5)	0.647 (6)	0.657 (4)	0.631 (4)	0.783 (1)	0.736 (3)	0.808 (1)	0.788 (7)	0.758 (8)	0.711
แม่กวง	0.658 (10)	0.586 (9)	0.522 (10)	0.559 (10)	0.575 (13)	0.649 (6)	0.633 (3)	0.592 (13)	0.674 (9)	0.746 (11)	0.727 (11)	0.698 (12)	0.635
แม่จาง	0.760 (4)	0.710 (3)	0.641 (4)	0.661 (4)	0.656 (5)	0.610 (9)	0.646 (2)	0.658 (6)	0.685 (8)	0.787 (6)	0.781 (8)	0.786 (6)	0.698
แม่ลี	0.657 (11)	0.539 (12)	0.508 (12)	0.527 (12)	0.605 (11)	0.649 (5)	0.596 (9)	0.642 (10)	0.669 (11)	0.732 (13)	0.722 (12)	0.692 (13)	0.628
แม่กลาง	0.764 (3)	0.698 (5)	0.658 (3)	0.676 (2)	0.682 (1)	0.607 (10)	0.584 (11)	0.780 (2)	0.664 (12)	0.754 (10)	0.759 (9)	0.798 (5)	0.702
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.621 (13)	0.497 (13)	0.496 (13)	0.516 (13)	0.600 (12)	0.662 (3)	0.580 (12)	0.652 (8)	0.629 (14)	0.736 (12)	0.722 (13)	0.737 (10)	0.621
แม่แจ่มตอนบน	0.772 (2)	0.721 (2)	0.669 (2)	0.673 (3)	0.665 (2)	0.583 (12)	0.602 (8)	0.717 (4)	0.699 (7)	0.801 (3)	0.803 (2)	0.823 (1)	0.711
แม่แจ่มตอนล่าง	0.664 (9)	0.568 (10)	0.560 (8)	0.566 (9)	0.618 (9)	0.714 (2)	0.529 (14)	0.646 (9)	0.742 (2)	0.806 (2)	0.793 (5)	0.802 (4)	0.667
แม่หาด	0.634 (12)	0.484 (14)	0.459 (14)	0.472 (14)	0.607 (10)	0.718 (1)	0.691 (1)	0.593 (12)	0.724 (6)	0.771 (8)	0.755 (10)	0.724 (11)	0.636
แม่ตื่น	0.680 (8)	0.604 (8)	0.591 (7)	0.617 (7)	0.662 (4)	0.510 (14)	0.577 (13)	0.567 (14)	0.662 (13)	0.790 (5)	0.789 (6)	0.810 (3)	0.655
ค่าเฉลี่ย	0.700	0.624	0.578	0.596	0.630	0.625	0.606	0.669	0.698	0.771	0.767	0.760	0.669
ค่าสูงสุด	0.775	0.732	0.676	0.677	0.682	0.718	0.691	0.783	0.754	0.808	0.811	0.823	0.711
ค่าต่ำสุด	0.620	0.484	0.459	0.472	0.555	0.510	0.529	0.567	0.629	0.714	0.695	0.674	0.617

ตารางผนวกที่ ข2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2546

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.765 (6)	0.711 (7)	0.622 (8)	0.611 (10)	0.666 (10)	0.633 (11)	0.720 (4)	0.723 (1)	0.751 (4)	0.792 (2)	0.807 (5)	0.748 (4)	0.713
แม่จืด	0.756 (8)	0.728 (6)	0.663 (6)	0.645 (7)	0.686 (6)	0.663 (4)	0.726 (3)	0.674 (6)	0.736 (6)	0.754 (7)	0.804 (8)	0.741 (5)	0.715
แม่แตง	0.794 (2)	0.766 (1)	0.716 (1)	0.697 (2)	0.685 (7)	0.669 (2)	0.692 (11)	0.661 (12)	0.772 (1)	0.794 (1)	0.831 (1)	0.779 (1)	0.738
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.670 (14)	0.606 (13)	0.573 (10)	0.592 (12)	0.635 (14)	0.633 (10)	0.632 (14)	0.621 (14)	0.682 (13)	0.714 (14)	0.677 (14)	0.590 (14)	0.635
แม่ริม	0.754 (9)	0.742 (5)	0.715 (2)	0.716 (1)	0.723 (1)	0.673 (1)	0.673 (13)	0.668 (9)	0.759 (2)	0.789 (3)	0.805 (6)	0.737 (7)	0.729
แม่กวาง	0.690 (11)	0.655 (10)	0.594 (9)	0.608 (11)	0.666 (11)	0.609 (14)	0.700 (9)	0.638 (13)	0.725 (8)	0.741 (10)	0.748 (11)	0.650 (10)	0.669
แม่จาง	0.770 (3)	0.746 (4)	0.685 (4)	0.683 (4)	0.707 (4)	0.641 (9)	0.715 (5)	0.710 (2)	0.689 (10)	0.741 (9)	0.811 (4)	0.754 (3)	0.721
แม่ลี	0.677 (12)	0.616 (11)	0.546 (12)	0.613 (9)	0.668 (9)	0.62 (12)	0.701 (8)	0.683 (4)	0.682 (12)	0.729 (13)	0.725 (13)	0.618 (13)	0.657
แม่กลาง	0.768 (5)	0.749 (3)	0.676 (5)	0.681 (5)	0.722 (2)	0.661 (5)	0.745 (1)	0.704 (3)	0.699 (9)	0.732 (11)	0.804 (7)	0.702 (8)	0.720
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.700 (10)	0.612 (12)	0.520 (14)	0.574 (14)	0.664 (12)	0.669 (3)	0.703 (7)	0.662 (11)	0.687 (11)	0.732 (12)	0.741 (12)	0.620 (12)	0.657
แม่แจ่มตอนบน	0.799 (1)	0.760 (2)	0.700 (3)	0.684 (3)	0.689 (5)	0.655 (7)	0.729 (2)	0.668 (8)	0.730 (7)	0.745 (8)	0.825 (2)	0.777 (2)	0.730
แม่แจ่มตอนล่าง	0.764 (7)	0.673 (9)	0.570 (11)	0.582 (13)	0.657 (13)	0.656 (6)	0.688 (12)	0.680 (5)	0.752 (3)	0.773 (4)	0.765 (10)	0.660 (9)	0.685
แม่หาด	0.675 (13)	0.598 (14)	0.529 (13)	0.617 (8)	0.680 (8)	0.645 (8)	0.711 (6)	0.671 (7)	0.747 (5)	0.771 (5)	0.766 (9)	0.632 (11)	0.670
แม่ตื่น	0.769 (4)	0.701 (8)	0.632 (7)	0.660 (6)	0.709 (3)	0.614 (13)	0.699 (10)	0.667 (10)	0.670 (14)	0.756 (6)	0.813 (3)	0.740 (6)	0.702
ค่าเฉลี่ย	0.739	0.690	0.624	0.640	0.683	0.646	0.702	0.674	0.720	0.754	0.780	0.696	0.696
ค่าสูงสุด	0.799	0.766	0.716	0.716	0.723	0.673	0.745	0.723	0.772	0.794	0.831	0.779	0.738
ค่าต่ำสุด	0.670	0.598	0.520	0.574	0.635	0.609	0.632	0.621	0.670	0.714	0.677	0.590	0.635

ตารางผนวกที่ ข3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2547

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.684 (6)	0.603 (7)	0.541 (7)	0.532 (7)	0.686 (5)	0.704 (4)	0.648 (5)	0.685 (3)	0.716 (6)	0.760 (7)	0.764 (4)	0.746 (7)	0.672
แม่จืด	0.705 (4)	0.650 (4)	0.598 (6)	0.565 (6)	0.692 (4)	0.695 (5)	0.640 (9)	0.655 (9)	0.692 (10)	0.758 (9)	0.761 (6)	0.748 (6)	0.680
แม่แตง	0.739 (1)	0.689 (1)	0.652 (1)	0.613 (1)	0.675 (7)	0.660 (11)	0.624 (12)	0.696 (1)	0.727 (3)	0.759 (8)	0.791 (2)	0.787 (1)	0.701
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.552 (11)	0.510 (11)	0.495 (9)	0.469 (10)	0.615 (14)	0.665 (9)	0.628 (11)	0.639 (10)	0.706 (7)	0.723 (14)	0.672 (14)	0.633 (13)	0.609
แม่ริม	0.699 (5)	0.660 (3)	0.617 (4)	0.599 (2)	0.723 (1)	0.718 (2)	0.642 (8)	0.638 (11)	0.770 (1)	0.776 (4)	0.764 (5)	0.754 (5)	0.697
แม่กวาง	0.589 (9)	0.522 (9)	0.494 (10)	0.483 (9)	0.648 (11)	0.678 (6)	0.645 (7)	0.690 (2)	0.691 (11)	0.752 (11)	0.720 (9)	0.684 (9)	0.633
แม่จาง	0.707 (3)	0.647 (5)	0.614 (5)	0.573 (5)	0.701 (2)	0.661 (10)	0.661 (4)	0.666 (5)	0.717 (5)	0.778 (2)	0.761 (7)	0.771 (3)	0.688
แม่ลี	0.534 (12)	0.452 (13)	0.413 (13)	0.436 (12)	0.652 (10)	0.666 (8)	0.667 (2)	0.662 (6)	0.674 (14)	0.728 (13)	0.715 (11)	0.664 (10)	0.605
แม่กลาง	0.681 (7)	0.631 (6)	0.619 (3)	0.577 (4)	0.698 (3)	0.653 (13)	0.667 (3)	0.659 (7)	0.676 (13)	0.777 (3)	0.755 (8)	0.771 (4)	0.680
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.530 (13)	0.454 (12)	0.425 (12)	0.425 (14)	0.630 (13)	0.673 (7)	0.646 (6)	0.659 (8)	0.702 (8)	0.745 (12)	0.718 (10)	0.641 (12)	0.604
แม่แจ่มตอนบน	0.732 (2)	0.679 (2)	0.651 (2)	0.597 (3)	0.666 (9)	0.648 (14)	0.579 (13)	0.614 (13)	0.687 (12)	0.782 (1)	0.794 (1)	0.775 (2)	0.684
แม่แจ่มตอนล่าง	0.580 (10)	0.514 (10)	0.486 (11)	0.462 (11)	0.630 (12)	0.657 (12)	0.634 (10)	0.609 (14)	0.721 (4)	0.774 (5)	0.706 (13)	0.641 (11)	0.618
แม่หาด	0.530 (14)	0.447 (14)	0.412 (14)	0.431 (13)	0.669 (8)	0.740 (1)	0.708 (1)	0.673 (4)	0.735 (2)	0.753 (10)	0.708 (12)	0.628 (14)	0.620
แม่ตื่น	0.658 (8)	0.583 (8)	0.541 (8)	0.521 (8)	0.677 (6)	0.716 (3)	0.570 (14)	0.631 (12)	0.699 (9)	0.768 (6)	0.779 (3)	0.721 (8)	0.655
ค่าเฉลี่ย	0.637	0.574	0.540	0.520	0.669	0.681	0.640	0.655	0.708	0.759	0.743	0.712	0.653
ค่าสูงสุด	0.739	0.689	0.652	0.613	0.723	0.740	0.708	0.696	0.770	0.782	0.794	0.787	0.701
ค่าต่ำสุด	0.530	0.447	0.412	0.425	0.615	0.648	0.570	0.609	0.674	0.723	0.672	0.628	0.604

ตารางผนวกที่ ข4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2548

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.688 (6)	0.574 (7)	0.571 (7)	0.628 (8)	0.681 (4)	0.626 (2)	0.654 (3)	0.726 (2)	0.725 (3)	0.766 (2)	0.786 (3)	0.765 (6)	0.682
แม่จืด	0.703 (5)	0.628 (5)	0.615 (6)	0.649 (6)	0.682 (3)	0.580 (6)	0.615 (11)	0.653 (12)	0.670 (12)	0.755 (3)	0.761 (7)	0.758 (7)	0.672
แม่แตง	0.747 (1)	0.679 (1)	0.669 (1)	0.690 (1)	0.682 (2)	0.545 (10)	0.594 (12)	0.665 (10)	0.703 (4)	0.739 (5)	0.800 (1)	0.791 (1)	0.692
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.565 (10)	0.496 (10)	0.521 (10)	0.547 (12)	0.586 (14)	0.566 (7)	0.618 (10)	0.654 (11)	0.692 (7)	0.703 (11)	0.679 (14)	0.660 (14)	0.607
แม่ริม	0.707 (4)	0.651 (3)	0.649 (3)	0.664 (3)	0.711 (1)	0.542 (12)	0.581 (13)	0.673 (8)	0.765 (1)	0.785 (1)	0.774 (4)	0.767 (4)	0.689
แม่กวง	0.602 (9)	0.512 (9)	0.531 (9)	0.590 (9)	0.617 (9)	0.585 (5)	0.633 (8)	0.615 (13)	0.674 (10)	0.730 (6)	0.709 (10)	0.704 (13)	0.625
แม่غان	0.723 (3)	0.643 (4)	0.643 (4)	0.661 (4)	0.653 (6)	0.587 (4)	0.644 (6)	0.730 (1)	0.696 (6)	0.709 (8)	0.770 (5)	0.772 (3)	0.686
แม่ลี	0.536 (12)	0.429 (12)	0.454 (12)	0.550 (10)	0.606 (12)	0.544 (11)	0.625 (9)	0.613 (14)	0.661 (13)	0.677 (13)	0.696 (12)	0.705 (12)	0.591
แม่กลาง	0.676 (7)	0.620 (6)	0.631 (5)	0.676 (2)	0.660 (5)	0.526 (13)	0.649 (5)	0.679 (6)	0.681 (9)	0.689 (12)	0.753 (8)	0.738 (9)	0.665
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.494 (13)	0.410 (13)	0.442 (13)	0.524 (14)	0.616 (10)	0.596 (3)	0.654 (4)	0.677 (7)	0.672 (11)	0.657 (14)	0.690 (13)	0.706 (11)	0.595
แม่แจ่มตอนบน	0.724 (2)	0.653 (2)	0.649 (2)	0.65 (5)	0.627 (8)	0.473 (14)	0.513 (14)	0.670 (9)	0.689 (8)	0.708 (9)	0.796 (2)	0.790 (2)	0.662
แม่แจ่มตอนล่าง	0.542 (11)	0.477 (11)	0.496 (11)	0.55 (11)	0.595 (13)	0.554 (9)	0.641 (7)	0.704 (3)	0.700 (5)	0.743 (4)	0.765 (6)	0.746 (8)	0.626
แม่หาด	0.466 (14)	0.384 (14)	0.441 (14)	0.535 (13)	0.607 (11)	0.662 (1)	0.669 (2)	0.683 (5)	0.749 (2)	0.727 (7)	0.696 (11)	0.711 (10)	0.611
แม่ต้น	0.628 (8)	0.547 (8)	0.554 (8)	0.637 (7)	0.646 (7)	0.559 (8)	0.716 (1)	0.700 (4)	0.632 (14)	0.703 (10)	0.734 (9)	0.767 (5)	0.652
ค่าเฉลี่ย	0.629	0.550	0.562	0.611	0.641	0.568	0.629	0.675	0.693	0.721	0.744	0.742	0.647
ค่าสูงสุด	0.747	0.679	0.669	0.690	0.711	0.662	0.716	0.730	0.765	0.785	0.800	0.791	0.692
ค่าต่ำสุด	0.466	0.384	0.441	0.524	0.586	0.473	0.513	0.613	0.632	0.657	0.679	0.660	0.591

ตารางผนวกที่ ข5 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2549

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.746 (6)	0.684 (7)	0.604 (7)	0.626 (7)	0.688 (5)	0.667 (1)	0.688 (5)	0.639 (8)	0.708 (3)	0.772 (2)	0.792 (8)	0.731 (8)	0.695
แม่จืด	0.741 (7)	0.705 (5)	0.659 (5)	0.643 (6)	0.692 (4)	0.635 (5)	0.647 (9)	0.612 (12)	0.670 (8)	0.765 (4)	0.796 (6)	0.734 (6)	0.692
แม่แตง	0.780 (1)	0.740 (1)	0.690 (1)	0.684 (1)	0.706 (2)	0.614 (10)	0.689 (4)	0.683 (5)	0.698 (4)	0.768 (3)	0.820 (1)	0.782 (2)	0.721
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.618 (14)	0.558 (11)	0.532 (11)	0.559 (11)	0.617 (14)	0.617 (9)	0.591 (14)	0.624 (10)	0.663 (9)	0.713 (12)	0.678 (14)	0.611 (14)	0.615
แม่ริม	0.750 (5)	0.714 (3)	0.676 (3)	0.663 (4)	0.699 (3)	0.628 (6)	0.651 (7)	0.685 (3)	0.734 (1)	0.791 (1)	0.794 (7)	0.732 (7)	0.710
แม่กวาง	0.669 (10)	0.601 (9)	0.556 (9)	0.594 (8)	0.680 (7)	0.613 (12)	0.641 (10)	0.609 (13)	0.653 (10)	0.740 (8)	0.741 (12)	0.67 (11)	0.647
แม่จ่าน	0.764 (3)	0.710 (4)	0.661 (4)	0.663 (3)	0.713 (1)	0.614 (11)	0.721 (2)	0.699 (2)	0.684 (5)	0.751 (7)	0.800 (5)	0.763 (3)	0.712
แม่ลี	0.644 (12)	0.533 (13)	0.450 (13)	0.51 (13)	0.653 (10)	0.602 (14)	0.650 (8)	0.679 (6)	0.636 (13)	0.698 (13)	0.744 (11)	0.669 (12)	0.622
แม่กลาง	0.762 (4)	0.692 (6)	0.645 (6)	0.662 (5)	0.684 (6)	0.628 (7)	0.654 (6)	0.684 (4)	0.718 (2)	0.726 (10)	0.801 (4)	0.744 (4)	0.700
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.661 (11)	0.539 (12)	0.475 (12)	0.552 (12)	0.635 (13)	0.645 (2)	0.624 (12)	0.620 (11)	0.642 (12)	0.681 (14)	0.735 (13)	0.667 (13)	0.623
แม่แจ่มตอนบน	0.774 (2)	0.725 (2)	0.682 (2)	0.664 (2)	0.657 (9)	0.642 (3)	0.612 (13)	0.635 (9)	0.647 (11)	0.760 (6)	0.810 (2)	0.782 (1)	0.699
แม่แจ่มตอนล่าง	0.700 (9)	0.597 (10)	0.543 (10)	0.563 (10)	0.646 (12)	0.623 (8)	0.705 (3)	0.675 (7)	0.67 (7)	0.763 (5)	0.776 (9)	0.720 (9)	0.665
แม่หาด	0.632 (13)	0.500 (14)	0.414 (14)	0.486 (14)	0.669 (8)	0.606 (13)	0.776 (1)	0.714 (1)	0.675 (6)	0.722 (11)	0.763 (10)	0.671 (10)	0.636
แม่ต้น	0.733 (8)	0.641 (8)	0.585 (8)	0.592 (9)	0.646 (11)	0.642 (4)	0.625 (11)	0.598 (14)	0.622 (14)	0.736 (9)	0.805 (3)	0.744 (5)	0.664
ค่าเฉลี่ย	0.712	0.639	0.584	0.604	0.670	0.627	0.662	0.654	0.673	0.742	0.775	0.716	0.672
ค่าสูงสุด	0.780	0.740	0.690	0.684	0.713	0.667	0.776	0.714	0.734	0.791	0.820	0.782	0.721
ค่าต่ำสุด	0.618	0.500	0.414	0.486	0.617	0.602	0.591	0.598	0.622	0.681	0.678	0.611	0.615

ตารางผนวกที่ ข6 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2550

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.679 (7)	0.597 (7)	0.531 (8)	0.583 (7)	0.650 (7)	0.700 (4)	0.673 (11)	0.699 (3)	0.759 (1)	0.728 (2)	0.809 (5)	0.758 (6)	0.681
แม่จืด	0.696 (5)	0.637 (6)	0.587 (6)	0.630 (5)	0.599 (12)	0.654 (11)	0.642 (14)	0.678 (6)	0.719 (5)	0.716 (6)	0.804 (7)	0.752 (8)	0.676
แม่แตง	0.743 (1)	0.695 (1)	0.641 (1)	0.663 (2)	0.683 (3)	0.659 (9)	0.651 (12)	0.677 (8)	0.733 (3)	0.710 (7)	0.832 (1)	0.785 (2)	0.706
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.557 (14)	0.509 (11)	0.500 (10)	0.535 (10)	0.618 (8)	0.632 (12)	0.644 (13)	0.641 (12)	0.673 (11)	0.704 (8)	0.718 (14)	0.633 (14)	0.614
แม่ริม	0.696 (6)	0.662 (3)	0.622 (3)	0.675 (1)	0.701 (1)	0.720 (1)	0.724 (3)	0.694 (4)	0.723 (4)	0.755 (1)	0.813 (4)	0.754 (7)	0.712
แม่กวง	0.611 (10)	0.548 (10)	0.525 (9)	0.572 (9)	0.700 (2)	0.624 (13)	0.695 (8)	0.660 (9)	0.679 (10)	0.686 (11)	0.767 (11)	0.680 (13)	0.646
แม่จาง	0.714 (3)	0.661 (4)	0.609 (5)	0.640 (3)	0.682 (4)	0.669 (8)	0.690 (9)	0.632 (13)	0.695 (8)	0.720 (5)	0.814 (3)	0.775 (3)	0.692
แม่ลี	0.586 (11)	0.494 (12)	0.445 (12)	0.502 (12)	0.616 (9)	0.693 (7)	0.704 (6)	0.678 (7)	0.703 (7)	0.663 (14)	0.764 (13)	0.697 (12)	0.629
แม่กลาง	0.699 (4)	0.644 (5)	0.610 (4)	0.627 (6)	0.674 (5)	0.713 (2)	0.719 (4)	0.653 (10)	0.717 (6)	0.696 (9)	0.806 (6)	0.769 (4)	0.694
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.562 (13)	0.468 (13)	0.432 (13)	0.476 (14)	0.593 (13)	0.705 (3)	0.702 (7)	0.714 (2)	0.693 (9)	0.669 (13)	0.766 (12)	0.718 (10)	0.625
แม่แจ่มตอนบน	0.730 (2)	0.680 (2)	0.626 (2)	0.634 (4)	0.56 (14)	0.612 (14)	0.727 (1)	0.577 (14)	0.619 (14)	0.723 (4)	0.828 (2)	0.785 (1)	0.675
แม่แจ่มตอนล่าง	0.630 (9)	0.552 (9)	0.498 (11)	0.525 (11)	0.604 (10)	0.658 (10)	0.710 (5)	0.679 (5)	0.668 (12)	0.723 (3)	0.800 (8)	0.744 (9)	0.649
แม่หาด	0.562 (12)	0.464 (14)	0.426 (14)	0.479 (13)	0.665 (6)	0.697 (6)	0.726 (2)	0.768 (1)	0.734 (2)	0.693 (10)	0.784 (10)	0.714 (11)	0.643
แม่ตื่น	0.673 (8)	0.595 (8)	0.541 (7)	0.574 (8)	0.602 (11)	0.698 (5)	0.688 (10)	0.645 (11)	0.640 (13)	0.671 (12)	0.788 (9)	0.769 (5)	0.657
ค่าเฉลี่ย	0.653	0.586	0.542	0.580	0.639	0.674	0.692	0.671	0.697	0.704	0.792	0.738	0.664
ค่าสูงสุด	0.743	0.695	0.641	0.675	0.701	0.720	0.727	0.768	0.759	0.755	0.832	0.785	0.712
ค่าต่ำสุด	0.557	0.464	0.426	0.476	0.560	0.612	0.642	0.577	0.619	0.663	0.718	0.633	0.614



ตารางผนวกที่ ข7 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2551

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.703 (7)	0.666 (7)	0.580 (7)	0.603 (8)	0.686 (2)	0.660 (4)	0.591 (8)	0.688 (3)	0.718 (2)	0.751 (3)	0.805 (7)	0.748 (6)	0.683
แม่จืด	0.708 (5)	0.701 (4)	0.634 (6)	0.626 (5)	0.679 (4)	0.654 (5)	0.628 (1)	0.610 (14)	0.691 (4)	0.756 (2)	0.751 (10)	0.745 (8)	0.682
แม่แตง	0.752 (1)	0.731 (1)	0.677 (1)	0.664 (2)	0.649 (7)	0.621 (9)	0.531 (13)	0.698 (2)	0.648 (12)	0.732 (4)	0.841 (1)	0.778 (1)	0.693
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.567 (14)	0.557 (11)	0.537 (10)	0.559 (13)	0.631 (12)	0.593 (13)	0.560 (12)	0.642 (10)	0.669 (10)	0.720 (6)	0.696 (13)	0.640 (14)	0.614
แม่ริม	0.713 (4)	0.694 (5)	0.664 (2)	0.671 (1)	0.682 (3)	0.610 (10)	0.568 (9)	0.672 (8)	0.726 (1)	0.766 (1)	0.809 (5)	0.742 (9)	0.693
แม่กวง	0.608 (10)	0.586 (10)	0.552 (9)	0.551 (14)	0.638 (11)	0.643 (7)	0.597 (7)	0.623 (13)	0.642 (13)	0.715 (7)	0.693 (14)	0.697 (13)	0.629
แม่จาง	0.728 (3)	0.702 (3)	0.645 (4)	0.634 (4)	0.648 (9)	0.592 (14)	0.562 (10)	0.682 (5)	0.690 (5)	0.699 (9)	0.824 (3)	0.761 (4)	0.681
แม่ลี	0.582 (12)	0.548 (12)	0.490 (12)	0.573 (10)	0.669 (6)	0.643 (6)	0.612 (6)	0.675 (7)	0.659 (11)	0.664 (14)	0.720 (11)	0.709 (12)	0.629
แม่กลาง	0.703 (6)	0.688 (6)	0.641 (5)	0.612 (6)	0.646 (10)	0.609 (11)	0.561 (11)	0.644 (9)	0.670 (9)	0.683 (12)	0.818 (4)	0.756 (5)	0.669
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.583 (11)	0.538 (13)	0.486 (14)	0.560 (12)	0.678 (5)	0.681 (3)	0.623 (3)	0.679 (6)	0.677 (7)	0.675 (13)	0.763 (9)	0.732 (10)	0.640
แม่แจ่มตอนบน	0.735 (2)	0.717 (2)	0.662 (3)	0.653 (3)	0.610 (14)	0.596 (12)	0.48 (14)	0.624 (12)	0.672 (8)	0.696 (11)	0.831 (2)	0.773 (2)	0.671
แม่แจ่มตอนล่าง	0.629 (9)	0.587 (9)	0.517 (11)	0.564 (11)	0.621 (13)	0.689 (2)	0.623 (4)	0.686 (4)	0.688 (6)	0.730 (5)	0.800 (8)	0.746 (7)	0.657
แม่หาด	0.577 (13)	0.530 (14)	0.487 (13)	0.609 (7)	0.729 (1)	0.711 (1)	0.626 (2)	0.718 (1)	0.694 (3)	0.699 (8)	0.705 (12)	0.716 (11)	0.650
แม่ตื่น	0.675 (8)	0.631 (8)	0.574 (8)	0.580 (9)	0.648 (8)	0.630 (8)	0.613 (5)	0.641 (11)	0.638 (14)	0.697 (10)	0.807 (6)	0.770 (3)	0.659
ค่าเฉลี่ย	0.662	0.634	0.582	0.604	0.658	0.638	0.584	0.663	0.677	0.713	0.776	0.737	0.661
ค่าสูงสุด	0.752	0.731	0.677	0.671	0.729	0.711	0.628	0.718	0.726	0.766	0.841	0.778	0.693
ค่าต่ำสุด	0.567	0.530	0.486	0.551	0.610	0.592	0.480	0.610	0.638	0.664	0.693	0.640	0.614

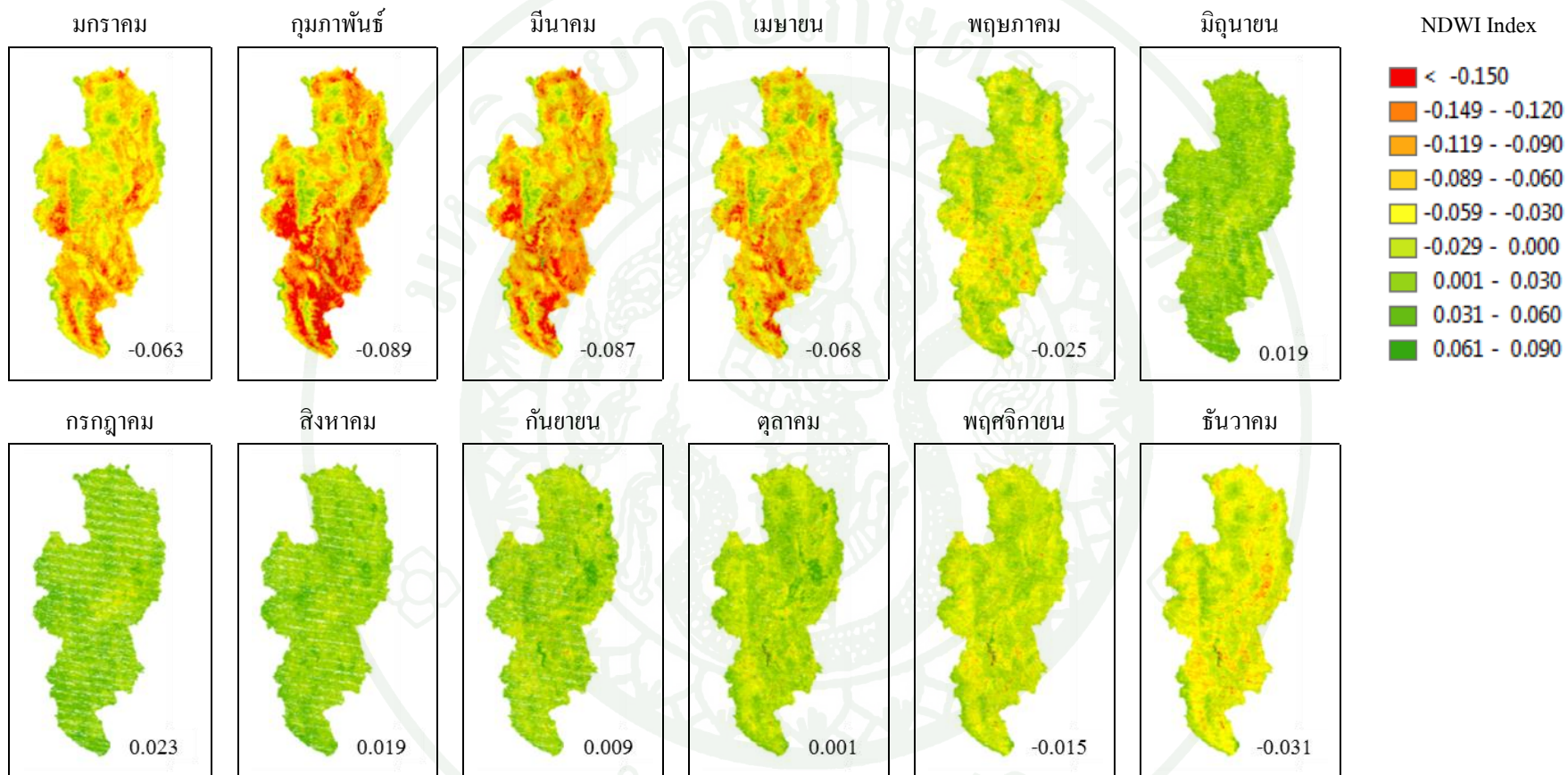
ตารางผนวกที่ ข8 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2552

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.702 (8)	0.595 (8)	0.529 (11)	0.596 (9)	0.649 (5)	0.671 (3)	0.636 (7)	0.746 (3)	0.707 (10)	0.756 (3)	0.786 (3)	0.727 (8)	0.675
แม่จืด	0.718 (5)	0.640 (6)	0.592 (7)	0.633 (6)	0.648 (8)	0.648 (5)	0.603 (11)	0.744 (4)	0.735 (6)	0.721 (8)	0.777 (6)	0.736 (6)	0.683
แม่แตง	0.745 (2)	0.689 (1)	0.648 (3)	0.648 (4)	0.660 (3)	0.618 (13)	0.59 (12)	0.723 (6)	0.704 (12)	0.759 (2)	0.810 (1)	0.766 (2)	0.697
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.604 (14)	0.531 (11)	0.538 (10)	0.538 (14)	0.588 (14)	0.631 (10)	0.626 (8)	0.671 (14)	0.697 (13)	0.698 (13)	0.671 (14)	0.609 (14)	0.617
แม่ริม	0.707 (7)	0.660 (3)	0.637 (4)	0.654 (2)	0.674 (1)	0.635 (9)	0.650 (4)	0.721 (9)	0.775 (1)	0.769 (1)	0.779 (5)	0.728 (7)	0.699
แม่กวง	0.658 (11)	0.560 (9)	0.554 (8)	0.596 (10)	0.627 (11)	0.626 (12)	0.645 (6)	0.721 (8)	0.733 (7)	0.691 (14)	0.717 (13)	0.661 (13)	0.649
แม่งาน	0.732 (3)	0.659 (4)	0.636 (5)	0.651 (3)	0.649 (7)	0.641 (7)	0.611 (10)	0.722 (7)	0.706 (11)	0.734 (5)	0.781 (4)	0.759 (4)	0.690
แม่ลี	0.650 (12)	0.521 (12)	0.500 (13)	0.552 (13)	0.621 (13)	0.645 (6)	0.710 (2)	0.691 (13)	0.719 (8)	0.715 (11)	0.720 (12)	0.676 (12)	0.643
แม่กลาง	0.729 (4)	0.656 (5)	0.656 (1)	0.664 (1)	0.657 (4)	0.649 (4)	0.648 (5)	0.766 (1)	0.763 (3)	0.700 (12)	0.770 (7)	0.759 (3)	0.701
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.663 (10)	0.518 (13)	0.517 (12)	0.601 (8)	0.630 (10)	0.676 (2)	0.672 (3)	0.698 (12)	0.736 (5)	0.720 (9)	0.732 (11)	0.702 (10)	0.655
แม่แจ่มตอนบน	0.749 (1)	0.681 (2)	0.648 (2)	0.612 (7)	0.649 (6)	0.636 (8)	0.471 (14)	0.699 (11)	0.662 (14)	0.717 (10)	0.801 (2)	0.766 (1)	0.674
แม่แจ่มตอนล่าง	0.683 (9)	0.555 (10)	0.541 (9)	0.596 (11)	0.623 (12)	0.627 (11)	0.613 (9)	0.709 (10)	0.713 (9)	0.727 (7)	0.766 (8)	0.713 (9)	0.655
แม่หาด	0.636 (13)	0.490 (14)	0.490 (14)	0.591 (12)	0.664 (2)	0.689 (1)	0.730 (1)	0.761 (2)	0.767 (2)	0.756 (4)	0.744 (10)	0.685 (11)	0.667
แม่ตื่น	0.711 (6)	0.606 (7)	0.592 (6)	0.636 (5)	0.637 (9)	0.571 (14)	0.547 (13)	0.732 (5)	0.750 (4)	0.730 (6)	0.763 (9)	0.748 (5)	0.669
ค่าเฉลี่ย	0.692	0.597	0.577	0.612	0.641	0.640	0.625	0.722	0.726	0.728	0.758	0.717	0.670
ค่าสูงสุด	0.749	0.689	0.656	0.664	0.674	0.689	0.730	0.766	0.775	0.769	0.810	0.766	0.701
ค่าต่ำสุด	0.604	0.490	0.490	0.538	0.588	0.571	0.471	0.671	0.662	0.691	0.671	0.609	0.617

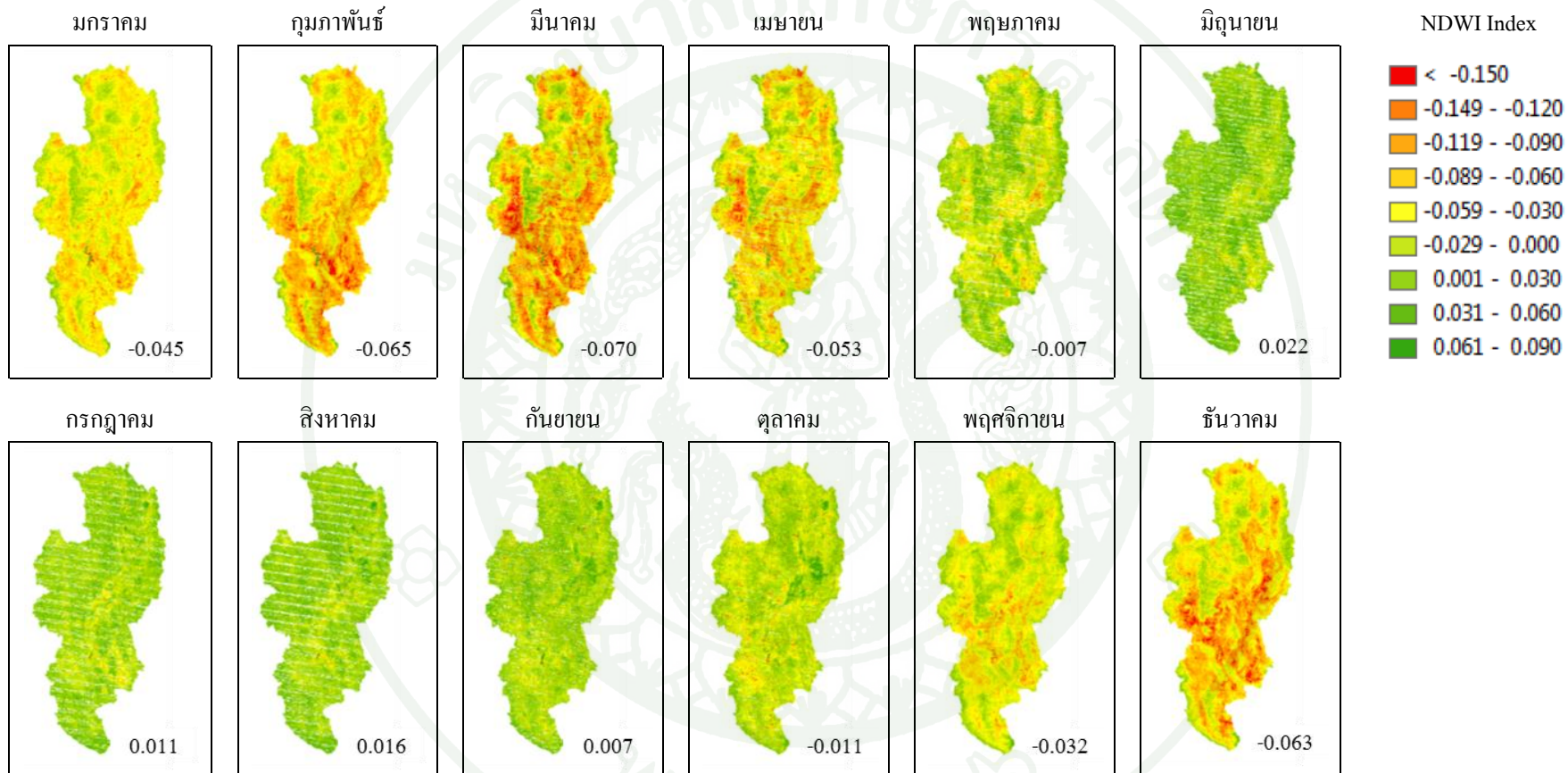


ภาคผนวก ค

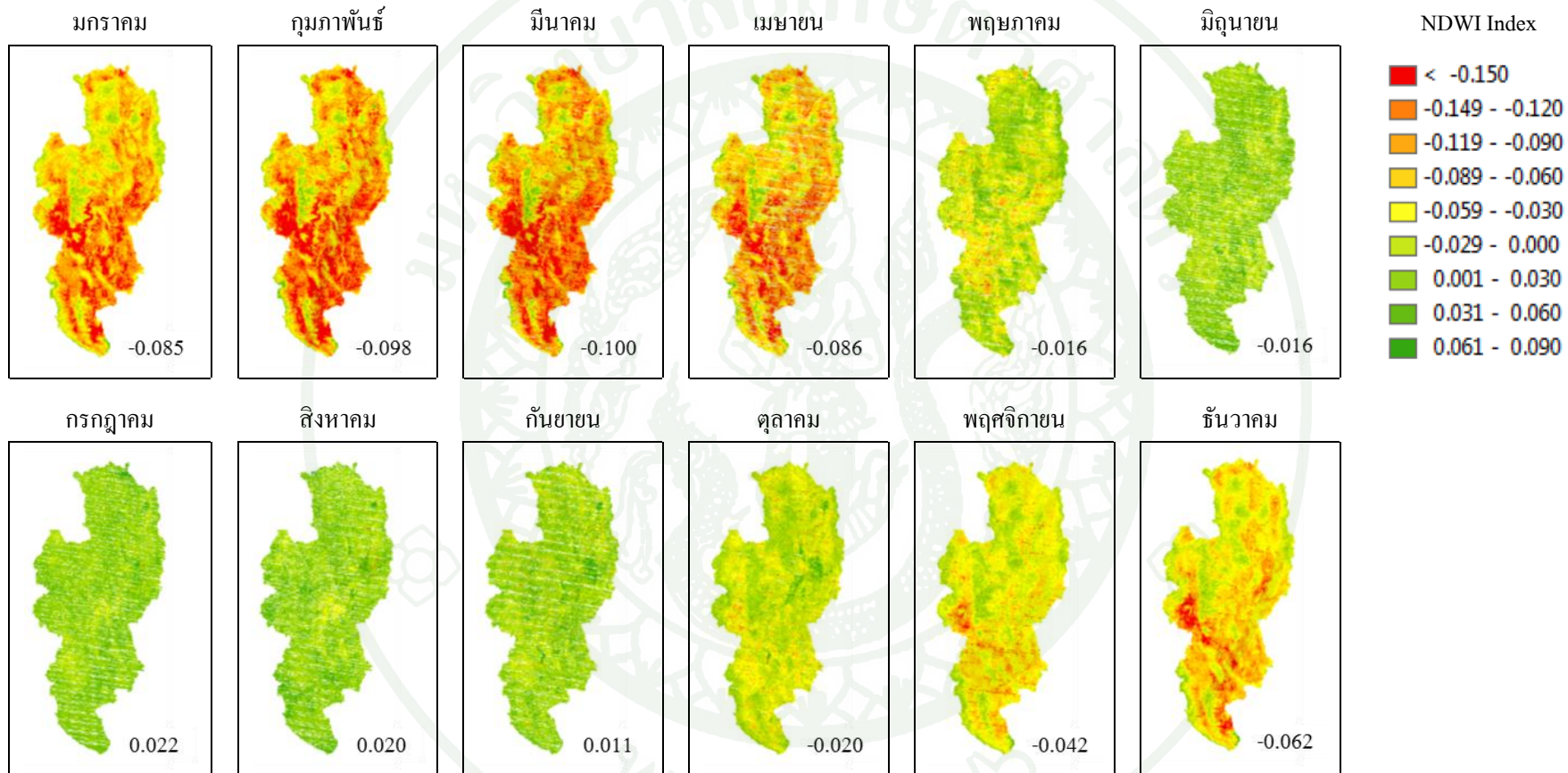
ผลการวิเคราะห์ดัชนี *NDWI* ในลุ่มน้ำปึงตอนบน ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2552



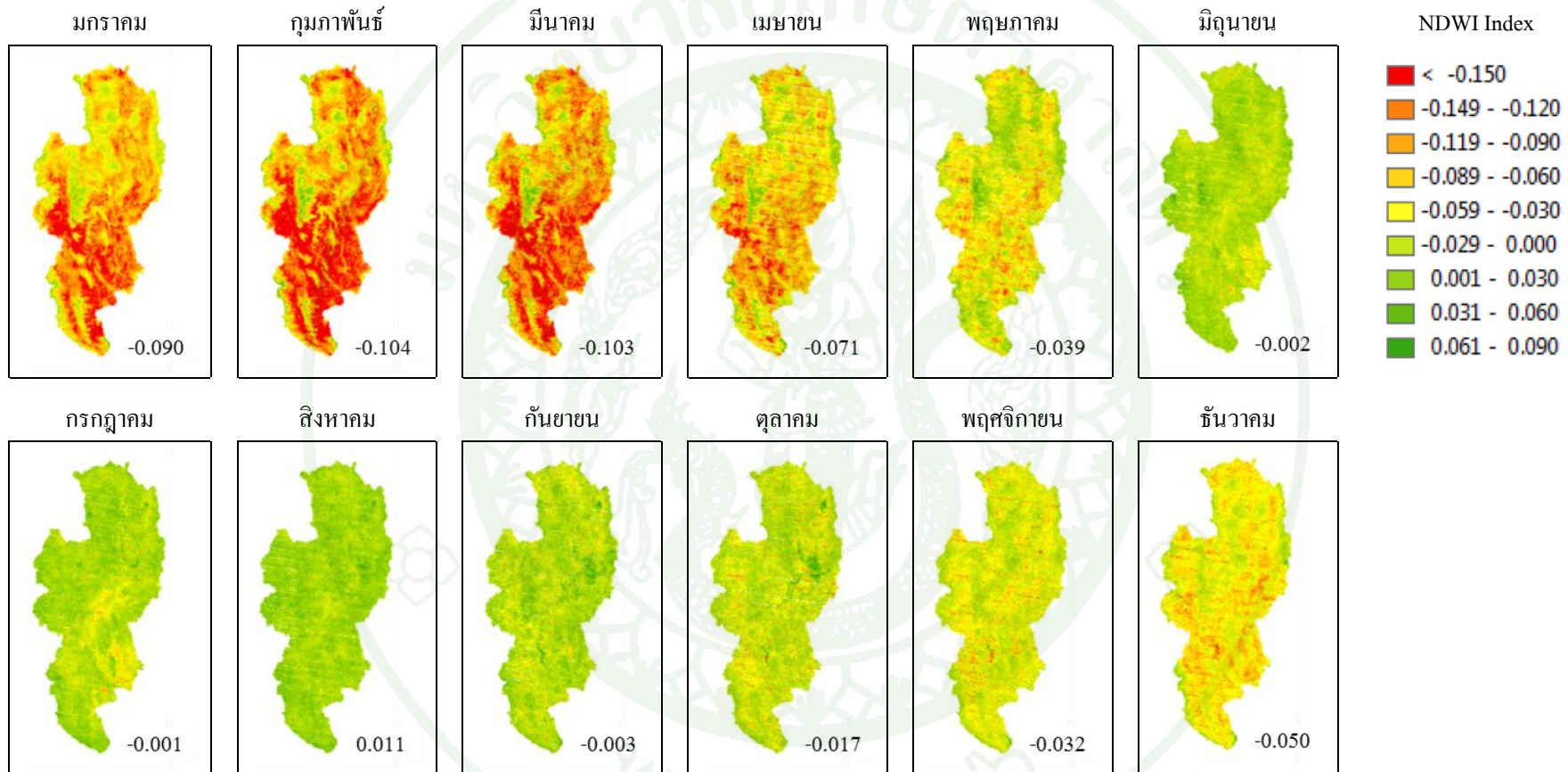
ภาพผนวกที่ ๑1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2545



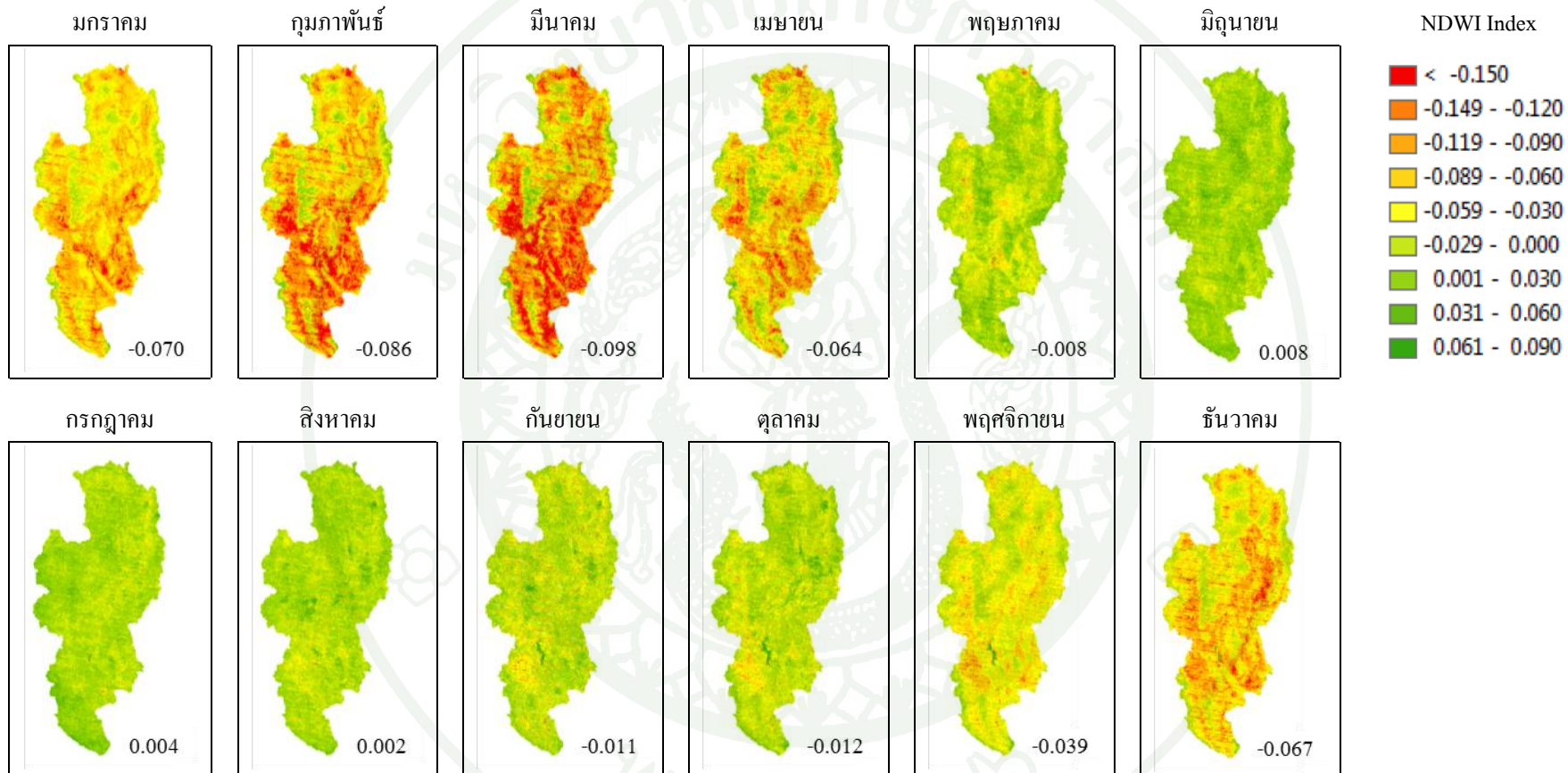
ภาพผนวกที่ ค2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2546



ภาพผนวกที่ ค3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2547

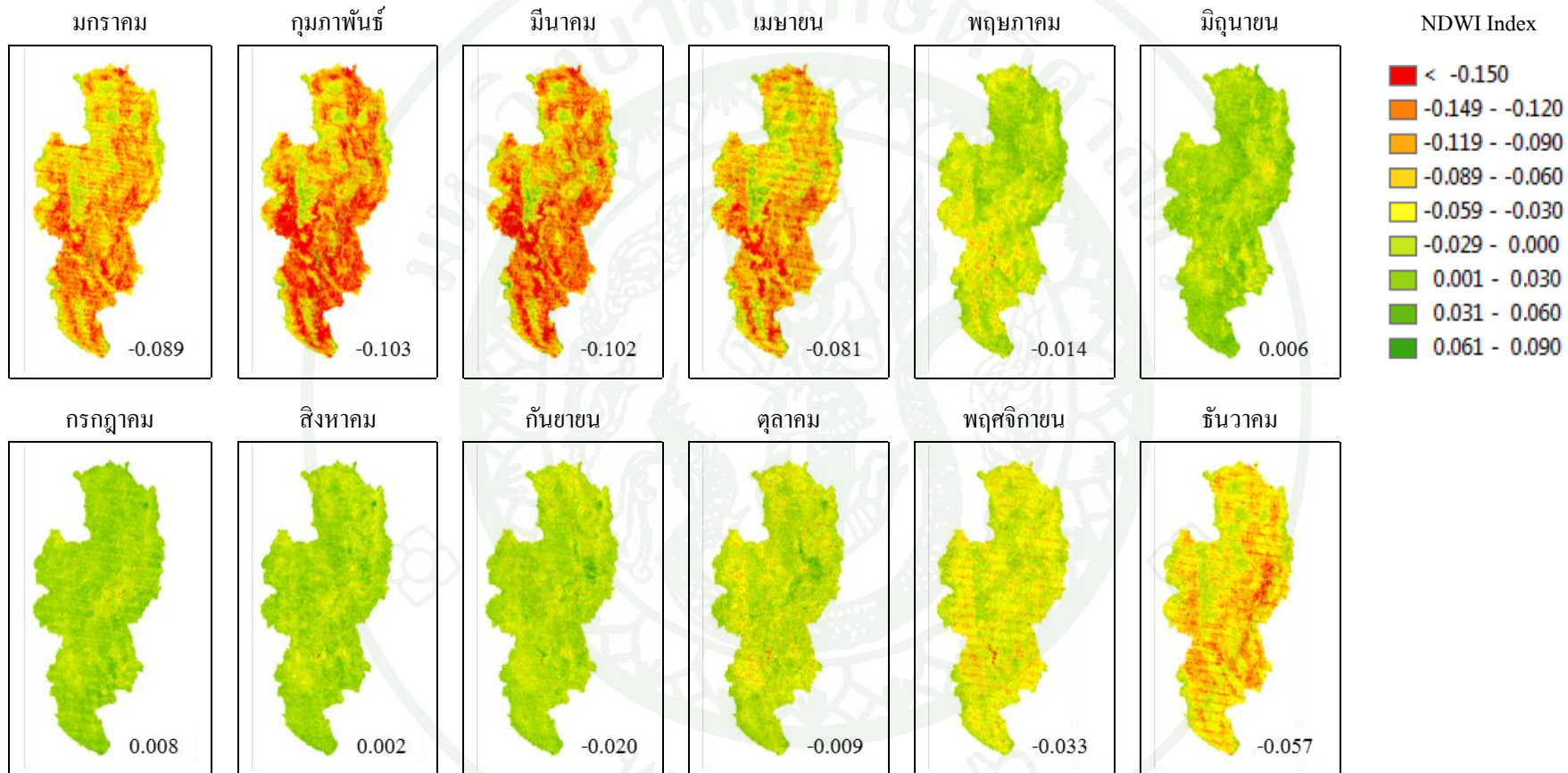


ภาพผนวกที่ ๓4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2548

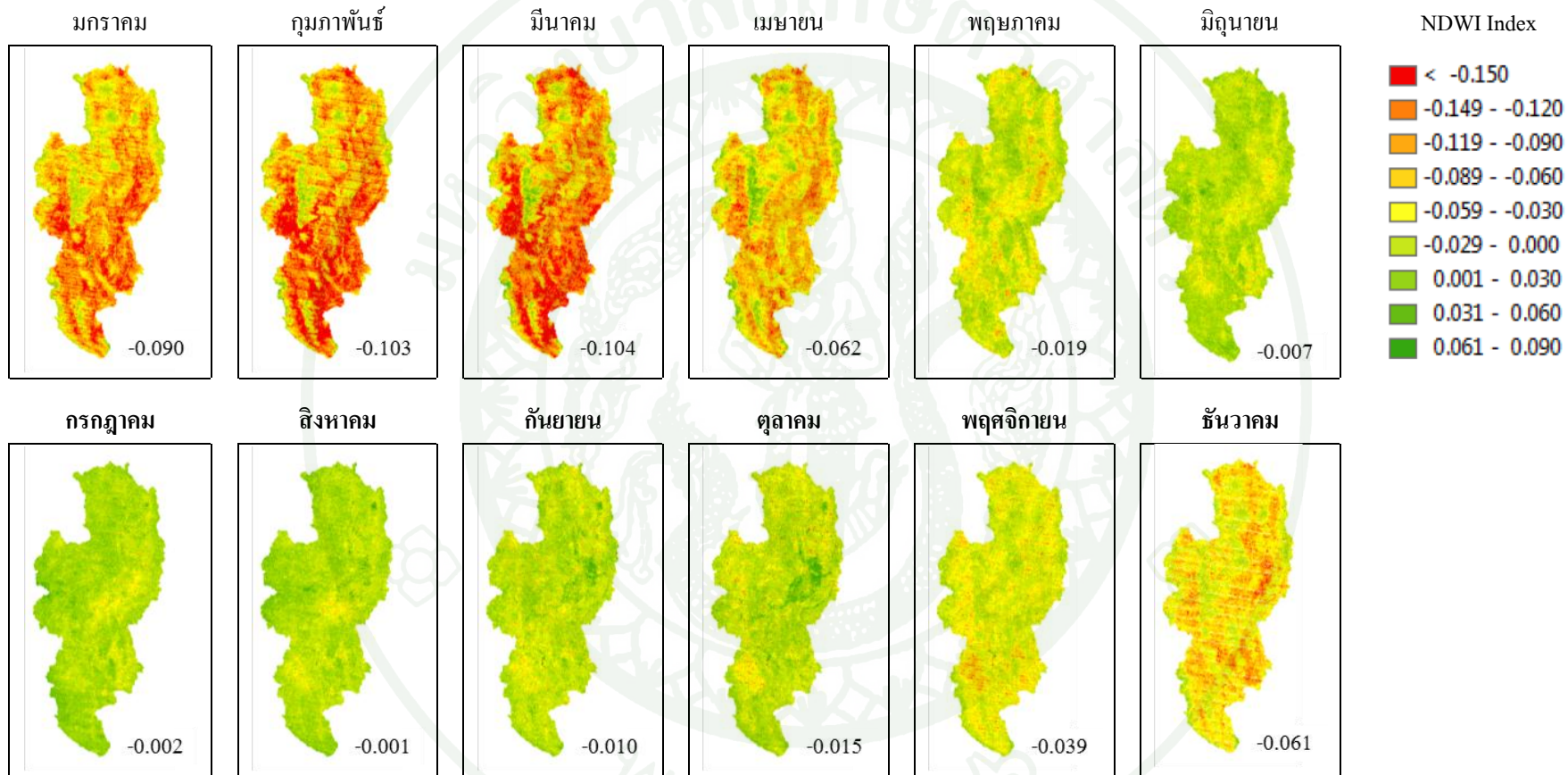


ภาพผนวกที่ ค5 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2549

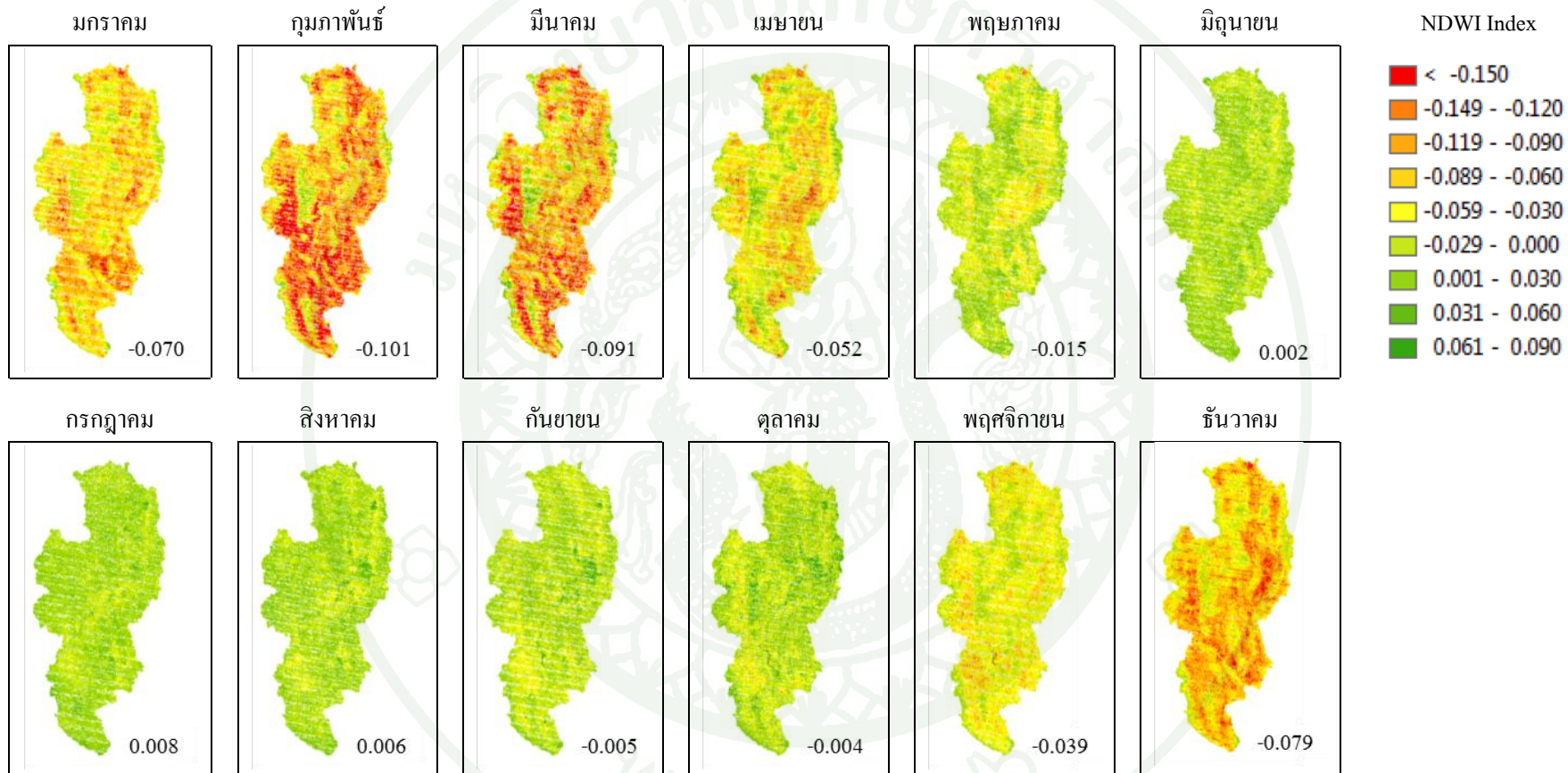




ภาพผนวกที่ ๑๖ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2550



ภาพผนวกที่ ค7 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2551



ภาพผนวกที่ ๘ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2552

ตารางผนวกที่ ค1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2545

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.065 (8)	-0.092 (8)	-0.093 (9)	-0.067 (7)	-0.019 (6)	0.017 (9)	0.021 (10)	0.012 (13)	-0.002 (14)	-0.007 (14)	-0.019 (12)	-0.036 (11)	-0.029
แม่จัด	-0.056 (6)	-0.075 (6)	-0.077 (6)	-0.053 (6)	-0.022 (7)	0.009 (14)	0.015 (13)	0.011 (14)	0.003 (13)	-0.006 (12)	-0.017 (9)	-0.034 (9)	-0.025
แม่แดง	-0.043 (2)	-0.058 (2)	-0.066 (2)	-0.046 (2)	-0.011 (2)	0.019 (8)	0.024 (8)	0.014 (10)	0.004 (12)	0.001 (5)	-0.014 (4)	-0.023 (2)	-0.017
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.063 (7)	-0.083 (7)	-0.085 (7)	-0.072 (9)	-0.040 (14)	0.010 (13)	0.009 (14)	0.013 (12)	0.010 (7)	0.002 (4)	-0.009 (2)	-0.033 (8)	-0.028
แม่ริม	-0.045 (4)	-0.059 (3)	-0.066 (3)	-0.050 (3)	-0.023 (8)	0.024 (3)	0.025 (6)	0.029 (2)	0.019 (1)	0.016 (1)	-0.002 (1)	-0.024 (3)	-0.013
แม่กวง	-0.072 (9)	-0.098 (9)	-0.095 (10)	-0.073 (10)	-0.035 (12)	0.015 (11)	0.016 (12)	0.019 (5)	0.012 (3)	0.004 (2)	-0.016 (5)	-0.043 (14)	-0.030
แม่งาน	-0.044 (3)	-0.063 (4)	-0.068 (5)	-0.052 (4)	-0.018 (4)	0.020 (6)	0.019 (11)	0.018 (7)	0.010 (6)	-0.002 (8)	-0.016 (6)	-0.025 (5)	-0.018
แม่สี่	-0.082 (11)	-0.121 (12)	-0.112 (13)	-0.090 (12)	-0.033 (10)	0.014 (12)	0.021 (9)	0.014 (11)	0.007 (10)	-0.006 (13)	-0.023 (14)	-0.040 (13)	-0.038
แม่กลาง	-0.033 (1)	-0.054 (1)	-0.056 (1)	-0.038 (1)	-0.009 (1)	0.021 (5)	0.027 (4)	0.025 (4)	0.014 (2)	0.004 (3)	-0.010 (3)	-0.017 (1)	-0.010
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.085 (13)	-0.127 (13)	-0.111 (12)	-0.095 (13)	-0.035 (13)	0.016 (10)	0.025 (5)	0.018 (8)	0.009 (8)	-0.005 (11)	-0.020 (13)	-0.035 (10)	-0.037
แม่แจ่มตอนบน	-0.047 (5)	-0.064 (5)	-0.068 (4)	-0.052 (5)	-0.018 (5)	0.019 (7)	0.024 (7)	0.017 (9)	0.008 (9)	-0.003 (10)	-0.017 (8)	-0.025 (4)	-0.019
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.083 (12)	-0.113 (11)	-0.099 (11)	-0.081 (11)	-0.031 (9)	0.025 (2)	0.032 (2)	0.027 (3)	0.011 (4)	-0.002 (7)	-0.019 (11)	-0.032 (7)	-0.030
แม่หาด	-0.095 (14)	-0.140 (14)	-0.133 (14)	-0.120 (14)	-0.034 (11)	0.024 (4)	0.029 (3)	0.018 (6)	0.007 (11)	-0.002 (9)	-0.019 (10)	-0.040 (12)	-0.042
แม่ต้น	-0.075 (10)	-0.104 (10)	-0.089 (8)	-0.070 (8)	-0.016 (3)	0.026 (1)	0.035 (1)	0.029 (1)	0.010 (5)	-0.001 (6)	-0.017 (7)	-0.031 (6)	-0.025
ค่าเฉลี่ย	-0.063	-0.089	-0.087	-0.068	-0.025	0.019	0.023	0.019	0.009	0.001	-0.015	-0.031	-0.026
ค่าสูงสุด	-0.033	-0.054	-0.056	-0.038	-0.009	0.026	0.035	0.029	0.019	0.016	-0.002	-0.017	-0.010
ค่าต่ำสุด	-0.095	-0.140	-0.133	-0.120	-0.040	0.009	0.009	0.011	-0.002	-0.007	-0.023	-0.043	-0.042

ตารางผนวกที่ ค2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2546

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.050 (9)	-0.065 (7)	-0.077 (9)	-0.066 (12)	-0.013 (10)	0.020 (8)	0.019 (2)	0.020 (5)	0.005 (10)	-0.013 (10)	-0.025 (6)	-0.052 (7)	-0.025
แม่จืด	-0.043 (6)	-0.054 (6)	-0.061 (6)	-0.051 (7)	-0.011 (7)	0.014 (11)	0.010 (10)	0.013 (11)	0.003 (12)	-0.012 (7)	-0.024 (4)	-0.047 (5)	-0.022
แม่แตง	-0.032 (2)	-0.041 (2)	-0.045 (3)	-0.040 (3)	-0.001 (5)	0.026 (6)	0.016 (4)	0.020 (6)	0.006 (7)	-0.009 (6)	-0.020 (2)	-0.041 (1)	-0.013
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.045 (7)	-0.066 (8)	-0.070 (8)	-0.055 (8)	-0.017 (14)	0.010 (13)	0.001 (12)	0.006 (13)	0.008 (5)	-0.006 (4)	-0.039 (10)	-0.076 (10)	-0.029
แม่ริม	-0.035 (5)	-0.044 (4)	-0.040 (1)	-0.029 (1)	0.012 (1)	0.034 (1)	0.021 (1)	0.029 (1)	0.019 (1)	0.004 (1)	-0.013 (1)	-0.046 (2)	-0.007
แม่กวัง	-0.052 (11)	-0.071 (9)	-0.079 (10)	-0.059 (10)	-0.016 (12)	0.017 (10)	0.013 (6)	0.014 (9)	0.008 (4)	-0.003 (2)	-0.032 (9)	-0.072 (9)	-0.028
แม่غان	-0.035 (4)	-0.047 (5)	-0.053 (5)	-0.042 (4)	0.004 (3)	0.030 (3)	0.013 (8)	0.018 (7)	0.009 (3)	-0.012 (8)	-0.025 (5)	-0.046 (3)	-0.016
แม่สี	-0.065 (13)	-0.098 (13)	-0.097 (13)	-0.058 (9)	-0.015 (11)	0.007 (14)	0.001 (13)	0.013 (10)	0.004 (11)	-0.016 (11)	-0.053 (14)	-0.091 (14)	-0.039
แม่กลาง	-0.026 (1)	-0.039 (1)	-0.044 (2)	-0.037 (2)	0.008 (2)	0.032 (2)	0.015 (5)	0.024 (2)	0.012 (2)	-0.006 (3)	-0.022 (3)	-0.048 (6)	-0.011
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.054 (12)	-0.085 (12)	-0.095 (12)	-0.068 (13)	-0.011 (8)	0.019 (9)	0.004 (11)	0.006 (12)	-0.003 (14)	-0.023 (14)	-0.049 (13)	-0.086 (12)	-0.037
แม่แจ่มตอนบน	-0.034 (3)	-0.044 (3)	-0.053 (4)	-0.048 (6)	-0.008 (6)	0.024 (7)	0.011 (9)	0.016 (8)	0.006 (9)	-0.016 (12)	-0.027 (7)	-0.046 (4)	-0.018
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.050 (10)	-0.075 (11)	-0.093 (11)	-0.077 (14)	-0.012 (9)	0.028 (5)	0.013 (7)	0.022 (4)	0.008 (6)	-0.017 (13)	-0.045 (12)	-0.080 (11)	-0.031
แม่หาด	-0.068 (14)	-0.109 (14)	-0.107 (14)	-0.063 (11)	-0.016 (13)	0.012 (12)	-0.001 (14)	0.003 (14)	-0.001 (13)	-0.009 (5)	-0.040 (11)	-0.090 (13)	-0.041
แม่ต้น	-0.047 (8)	-0.073 (10)	-0.068 (7)	-0.045 (5)	0.001 (4)	0.029 (4)	0.017 (3)	0.022 (3)	0.006 (8)	-0.013 (9)	-0.032 (8)	-0.060 (8)	-0.022
ค่าเฉลี่ย	-0.045	-0.065	-0.070	-0.053	-0.007	0.022	0.011	0.016	0.007	-0.011	-0.032	-0.063	-0.024
ค่าสูงสุด	-0.026	-0.039	-0.040	-0.029	0.012	0.034	0.021	0.029	0.019	0.004	-0.013	-0.041	-0.007
ค่าต่ำสุด	-0.068	-0.109	-0.107	-0.077	-0.017	0.007	-0.001	0.003	-0.003	-0.023	-0.053	-0.091	-0.041

ตารางผนวกที่ ๓ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2547

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.074 (7)	-0.098 (8)	-0.099 (7)	-0.082 (7)	-0.005 (2)	0.019 (4)	0.027 (2)	0.015 (12)	0.004 (14)	-0.025 (10)	-0.041 (8)	-0.057 (7)	-0.035
แม่จืด	-0.061 (3)	-0.080 (5)	-0.082 (6)	-0.075 (6)	-0.007 (4)	0.012 (12)	0.018 (12)	0.010 (13)	0.004 (13)	-0.021 (8)	-0.039 (7)	-0.051 (6)	-0.031
แม่แตง	-0.057 (1)	-0.071 (2)	-0.070 (1)	-0.055 (1)	-0.011 (6)	0.017 (7)	0.021 (9)	0.022 (6)	0.009 (10)	-0.018 (5)	-0.033 (4)	-0.042 (3)	-0.024
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.088 (9)	-0.096 (7)	-0.099 (8)	-0.090 (9)	-0.024 (12)	0.011 (13)	0.016 (14)	0.009 (14)	0.014 (5)	-0.011 (3)	-0.039 (6)	-0.062 (8)	-0.038
แม่ริม	-0.060 (2)	-0.069 (1)	-0.072 (2)	-0.057 (2)	-0.002 (1)	0.023 (2)	0.026 (3)	0.025 (4)	0.018 (1)	-0.003 (1)	-0.026 (2)	-0.042 (2)	-0.020
แม่กวาง	-0.095 (10)	-0.107 (10)	-0.111 (10)	-0.096 (10)	-0.022 (10)	0.016 (8)	0.023 (6)	0.017 (11)	0.015 (4)	-0.014 (4)	-0.044 (9)	-0.067 (10)	-0.040
แม่غان	-0.064 (4)	-0.081 (6)	-0.079 (4)	-0.069 (5)	-0.014 (8)	0.017 (6)	0.018 (13)	0.018 (8)	0.009 (9)	-0.018 (6)	-0.031 (3)	-0.045 (4)	-0.028
แม่สี่	-0.119 (12)	-0.132 (13)	-0.135 (13)	-0.118 (12)	-0.021 (9)	0.009 (14)	0.024 (5)	0.017 (10)	0.014 (6)	-0.031 (14)	-0.059 (11)	-0.079 (11)	-0.053
แม่กลาง	-0.066 (5)	-0.075 (3)	-0.074 (3)	-0.061 (3)	-0.006 (3)	0.018 (5)	0.022 (8)	0.023 (5)	0.015 (3)	-0.008 (2)	-0.018 (1)	-0.035 (1)	-0.022
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.119 (13)	-0.131 (12)	-0.134 (12)	-0.122 (13)	-0.036 (14)	0.012 (11)	0.019 (11)	0.019 (7)	0.009 (11)	-0.030 (13)	-0.060 (12)	-0.087 (12)	-0.055
แม่แจ่มตอนบน	-0.066 (6)	-0.078 (4)	-0.080 (5)	-0.065 (4)	-0.023 (11)	0.013 (10)	0.020 (10)	0.017 (9)	0.007 (12)	-0.019 (7)	-0.034 (5)	-0.046 (5)	-0.029
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.109 (11)	-0.120 (11)	-0.122 (11)	-0.108 (11)	-0.027 (13)	0.015 (9)	0.023 (7)	0.026 (3)	0.010 (8)	-0.027 (11)	-0.061 (13)	-0.089 (13)	-0.049
แม่หาด	-0.125 (14)	-0.138 (14)	-0.142 (14)	-0.124 (14)	-0.012 (7)	0.021 (3)	0.029 (1)	0.027 (2)	0.011 (7)	-0.027 (12)	-0.065 (14)	-0.099 (14)	-0.054
แม่ต้น	-0.087 (8)	-0.102 (9)	-0.103 (9)	-0.085 (8)	-0.011 (5)	0.023 (1)	0.024 (4)	0.030 (1)	0.016 (2)	-0.022 (9)	-0.044 (10)	-0.064 (9)	-0.035
ค่าเฉลี่ย	-0.085	-0.098	-0.100	-0.086	-0.016	0.016	0.022	0.020	0.011	-0.020	-0.042	-0.062	-0.037
ค่าสูงสุด	-0.057	-0.069	-0.070	-0.055	-0.002	0.023	0.029	0.030	0.018	-0.003	-0.018	-0.035	-0.020
ค่าต่ำสุด	-0.125	-0.138	-0.142	-0.124	-0.036	0.009	0.016	0.009	0.004	-0.031	-0.065	-0.099	-0.055

ตารางผนวกที่ ๓4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2548

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.084 (7)	-0.104 (8)	-0.101 (7)	-0.058 (5)	-0.027 (4)	0.001 (6)	0.006 (6)	0.005 (13)	-0.012 (14)	-0.022 (12)	-0.034 (8)	-0.050 (7)	-0.040
แม่จืด	-0.071 (6)	-0.085 (6)	-0.087 (6)	-0.055 (4)	-0.034 (7)	-0.002 (9)	-0.002 (10)	0.012 (7)	-0.008 (12)	-0.022 (11)	-0.035 (12)	-0.045 (5)	-0.036
แม่แตง	-0.059 (1)	-0.070 (2)	-0.071 (1)	-0.046 (1)	-0.025 (3)	0.001 (7)	0.009 (2)	0.009 (9)	-0.005 (9)	-0.014 (4)	-0.029 (4)	-0.040 (2)	-0.028
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.088 (8)	-0.099 (7)	-0.102 (8)	-0.077 (10)	-0.049 (10)	-0.009 (12)	-0.012 (12)	0.006 (12)	-0.003 (7)	-0.017 (7)	-0.036 (13)	-0.054 (9)	-0.045
แม่ริม	-0.065 (4)	-0.070 (1)	-0.072 (2)	-0.047 (3)	-0.014 (1)	0.005 (4)	0.016 (1)	0.013 (6)	0.005 (1)	-0.002 (1)	-0.023 (1)	-0.041 (3)	-0.024
แม่กวาง	-0.094 (9)	-0.112 (9)	-0.110 (10)	-0.070 (9)	-0.047 (9)	-0.007 (10)	0.001 (9)	0.016 (4)	0.005 (2)	-0.013 (3)	-0.034 (10)	-0.056 (10)	-0.044
แม่งาน	-0.064 (3)	-0.08 (4)	-0.078 (4)	-0.059 (6)	-0.028 (5)	-0.001 (8)	0.004 (7)	0.010 (8)	-0.005 (8)	-0.016 (6)	-0.032 (6)	-0.044 (4)	-0.033
แม่สี	-0.121 (12)	-0.141 (12)	-0.134 (12)	-0.090 (11)	-0.056 (12)	-0.018 (14)	-0.022 (14)	0.008 (10)	-0.001 (4)	-0.021 (10)	-0.034 (9)	-0.062 (14)	-0.058
แม่กลาง	-0.061 (2)	-0.071 (3)	-0.073 (3)	-0.047 (2)	-0.016 (2)	0.010 (1)	0.002 (8)	0.014 (5)	-0.002 (6)	-0.008 (2)	-0.025 (3)	-0.038 (1)	-0.026
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.129 (13)	-0.145 (13)	-0.146 (14)	-0.106 (13)	-0.054 (11)	-0.008 (11)	-0.011 (11)	0.006 (11)	-0.009 (13)	-0.023 (14)	-0.038 (14)	-0.059 (12)	-0.060
แม่แจ่มตอนบน	-0.067 (5)	-0.082 (5)	-0.082 (5)	-0.069 (8)	-0.043 (8)	0.004 (5)	0.008 (4)	0.017 (3)	-0.006 (11)	-0.019 (8)	-0.032 (7)	-0.045 (6)	-0.035
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.116 (11)	-0.129 (11)	-0.126 (11)	-0.097 (12)	-0.056 (13)	0.006 (3)	0.008 (3)	0.017 (2)	-0.006 (10)	-0.022 (13)	-0.035 (11)	-0.058 (11)	-0.051
แม่หาด	-0.145 (14)	-0.158 (14)	-0.144 (13)	-0.106 (14)	-0.066 (14)	-0.013 (13)	-0.017 (13)	0.005 (14)	-0.001 (5)	-0.015 (5)	-0.025 (2)	-0.060 (13)	-0.062
แม่ต้น	-0.096 (10)	-0.113 (10)	-0.107 (9)	-0.068 (7)	-0.028 (6)	0.008 (2)	0.007 (5)	0.018 (1)	0.001 (3)	-0.021 (9)	-0.030 (5)	-0.050 (8)	-0.040
ค่าเฉลี่ย	-0.090	-0.104	-0.103	-0.071	-0.039	-0.002	0.001	0.011	-0.003	-0.017	-0.032	-0.050	-0.042
ค่าสูงสุด	-0.059	-0.070	-0.071	-0.046	-0.014	0.010	0.016	0.018	0.005	-0.002	-0.023	-0.038	-0.024
ค่าต่ำสุด	-0.145	-0.158	-0.146	-0.106	-0.066	-0.018	-0.022	0.005	-0.012	-0.023	-0.038	-0.062	-0.062

ตารางผนวกที่ ๕ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2549

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.067 (7)	-0.081 (7)	-0.100 (8)	-0.066 (9)	-0.009 (7)	0.010 (5)	0.002 (9)	0.003 (6)	-0.017 (12)	-0.012 (8)	-0.038 (8)	-0.062 (7)	-0.036
แม่จืด	-0.056 (4)	-0.063 (4)	-0.079 (5)	-0.051 (5)	-0.012 (8)	0.005 (12)	-0.005 (14)	0.001 (9)	-0.017 (13)	-0.009 (4)	-0.033 (4)	-0.058 (6)	-0.032
แม่แตง	-0.052 (2)	-0.056 (1)	-0.071 (3)	-0.048 (4)	-0.007 (6)	0.007 (9)	0.002 (8)	0.007 (3)	-0.009 (5)	-0.008 (2)	-0.030 (3)	-0.047 (2)	-0.026
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.073 (9)	-0.089 (8)	-0.098 (7)	-0.068 (10)	-0.015 (11)	0.002 (13)	-0.003 (13)	0.001 (8)	-0.015 (11)	-0.011 (7)	-0.046 (11)	-0.083 (12)	-0.041
แม่ริม	-0.053 (3)	-0.059 (3)	-0.068 (2)	-0.041 (2)	0.001 (3)	0.016 (1)	0.013 (3)	0.011 (2)	-0.001 (1)	0.003 (1)	-0.026 (1)	-0.057 (4)	-0.022
แม่กวาง	-0.074 (10)	-0.089 (9)	-0.101 (9)	-0.064 (8)	-0.001 (5)	0.009 (6)	0.000 (10)	0.004 (4)	-0.011 (7)	-0.008 (3)	-0.045 (9)	-0.078 (11)	-0.038
แม่غان	-0.057 (5)	-0.069 (6)	-0.077 (4)	-0.048 (3)	-0.001 (4)	0.008 (7)	0.004 (5)	-0.003 (13)	-0.013 (9)	-0.014 (10)	-0.036 (6)	-0.057 (5)	-0.030
แม่สี	-0.096 (13)	-0.119 (13)	-0.133 (13)	-0.097 (13)	-0.016 (12)	0.005 (11)	-0.002 (12)	-0.001 (11)	-0.006 (3)	-0.016 (12)	-0.050 (14)	-0.083 (13)	-0.051
แม่กลาง	-0.046 (1)	-0.058 (2)	-0.068 (1)	-0.035 (1)	0.004 (1)	0.014 (2)	0.003 (6)	0.015 (1)	-0.007 (4)	-0.010 (5)	-0.027 (2)	-0.045 (1)	-0.022
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.085 (12)	-0.118 (12)	-0.133 (12)	-0.080 (11)	-0.013 (9)	0.002 (14)	-0.001 (11)	-0.011 (14)	-0.018 (14)	-0.021 (14)	-0.047 (12)	-0.078 (9)	-0.050
แม่แจ่มตอนบน	-0.058 (6)	-0.069 (5)	-0.079 (6)	-0.055 (7)	-0.014 (10)	0.006 (10)	0.014 (2)	0.003 (7)	-0.011 (6)	-0.013 (9)	-0.034 (5)	-0.056 (3)	-0.031
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.082 (11)	-0.108 (11)	-0.116 (11)	-0.081 (12)	-0.016 (13)	0.008 (8)	0.010 (4)	0.004 (5)	-0.014 (10)	-0.020 (13)	-0.048 (13)	-0.078 (10)	-0.045
แม่หาด	-0.104 (14)	-0.134 (14)	-0.146 (14)	-0.110 (14)	-0.017 (14)	0.012 (3)	0.002 (7)	-0.002 (12)	-0.002 (2)	-0.010 (6)	-0.045 (10)	-0.086 (14)	-0.054
แม่ต้น	-0.072 (8)	-0.097 (10)	-0.102 (10)	-0.051 (6)	0.001 (2)	0.011 (4)	0.019 (1)	-0.001 (10)	-0.012 (8)	-0.016 (11)	-0.038 (7)	-0.065 (8)	-0.035
ค่าเฉลี่ย	-0.070	-0.086	-0.098	-0.064	-0.008	0.008	0.004	0.002	-0.011	-0.012	-0.039	-0.067	-0.037
ค่าสูงสุด	-0.046	-0.056	-0.068	-0.035	0.004	0.016	0.019	0.015	-0.001	0.003	-0.026	-0.045	-0.022
ค่าต่ำสุด	-0.104	-0.134	-0.146	-0.110	-0.017	0.002	-0.005	-0.011	-0.018	-0.021	-0.050	-0.086	-0.054



ตารางผนวกที่ ๑๖ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2550

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.086 (7)	-0.109 (9)	-0.111 (10)	-0.082 (8)	-0.005 (2)	0.007 (6)	0.012 (2)	-0.003 (12)	-0.027 (14)	-0.018 (14)	-0.036 (11)	-0.055 (7)	-0.043
แม่จืด	-0.071 (4)	-0.087 (6)	-0.091 (6)	-0.068 (5)	-0.008 (6)	0.001 (13)	0.006 (10)	-0.007 (14)	-0.027 (13)	-0.016 (13)	-0.034 (9)	-0.053 (6)	-0.038
แม่แตง	-0.063 (1)	-0.075 (2)	-0.078 (2)	-0.058 (3)	-0.007 (5)	0.004 (10)	0.009 (6)	-0.002 (11)	-0.019 (7)	-0.015 (11)	-0.033 (7)	-0.043 (2)	-0.032
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.098 (10)	-0.107 (7)	-0.103 (8)	-0.083 (9)	-0.013 (8)	-0.002 (14)	-0.004 (14)	-0.005 (13)	-0.027 (12)	-0.003 (3)	-0.027 (3)	-0.067 (11)	-0.045
แม่ริม	-0.070 (3)	-0.077 (3)	-0.078 (3)	-0.044 (1)	0.010 (1)	0.013 (2)	0.015 (1)	0.012 (1)	-0.012 (1)	-0.002 (1)	-0.019 (1)	-0.043 (3)	-0.025
แม่กวัง	-0.092 (8)	-0.107 (8)	-0.101 (7)	-0.081 (7)	-0.005 (3)	0.006 (8)	0.007 (8)	0.003 (7)	-0.024 (10)	-0.004 (5)	-0.031 (4)	-0.074 (13)	-0.042
แม่งาน	-0.075 (5)	-0.085 (5)	-0.085 (4)	-0.058 (4)	-0.010 (7)	0.008 (5)	0.007 (7)	0.003 (8)	-0.019 (8)	-0.013 (10)	-0.034 (8)	-0.046 (4)	-0.034
แม่สี	-0.111 (12)	-0.134 (12)	-0.129 (12)	-0.107 (12)	-0.023 (11)	0.001 (12)	0.006 (11)	0.006 (4)	-0.023 (9)	-0.011 (8)	-0.042 (13)	-0.075 (14)	-0.053
แม่กลาง	-0.066 (2)	-0.074 (1)	-0.071 (1)	-0.056 (2)	-0.006 (4)	0.014 (1)	0.011 (4)	0.006 (5)	-0.014 (2)	-0.004 (4)	-0.024 (2)	-0.038 (1)	-0.027
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.113 (13)	-0.135 (13)	-0.132 (13)	-0.119 (13)	-0.037 (14)	0.004 (9)	0.005 (12)	-0.002 (10)	-0.025 (11)	-0.012 (9)	-0.043 (14)	-0.067 (10)	-0.056
แม่แจ่มตอนบน	-0.075 (6)	-0.081 (4)	-0.086 (5)	-0.073 (6)	-0.019 (10)	0.002 (11)	0.004 (13)	0.001 (9)	-0.014 (3)	-0.016 (12)	-0.034 (10)	-0.047 (5)	-0.037
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.107 (11)	-0.124 (11)	-0.126 (11)	-0.102 (11)	-0.032 (13)	0.007 (7)	0.006 (9)	0.004 (6)	-0.019 (6)	-0.009 (7)	-0.040 (12)	-0.066 (9)	-0.051
แม่หาด	-0.121 (14)	-0.141 (14)	-0.140 (14)	-0.125 (14)	-0.026 (12)	0.012 (3)	0.011 (3)	0.007 (3)	-0.017 (5)	-0.006 (6)	-0.033 (5)	-0.069 (12)	-0.054
แม่ต้น	-0.094 (9)	-0.110 (10)	-0.103 (9)	-0.085 (10)	-0.018 (9)	0.011 (4)	0.010 (5)	0.008 (2)	-0.014 (4)	-0.003 (2)	-0.033 (6)	-0.056 (8)	-0.041
ค่าเฉลี่ย	-0.089	-0.103	-0.102	-0.081	-0.014	0.006	0.008	0.002	-0.020	-0.009	-0.033	-0.057	-0.041
ค่าสูงสุด	-0.063	-0.074	-0.071	-0.044	0.010	0.014	0.015	0.012	-0.012	-0.002	-0.019	-0.038	-0.025
ค่าต่ำสุด	-0.121	-0.141	-0.140	-0.125	-0.037	-0.002	-0.004	-0.007	-0.027	-0.018	-0.043	-0.075	-0.056

ตารางผนวกที่ ๗ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDWI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2551

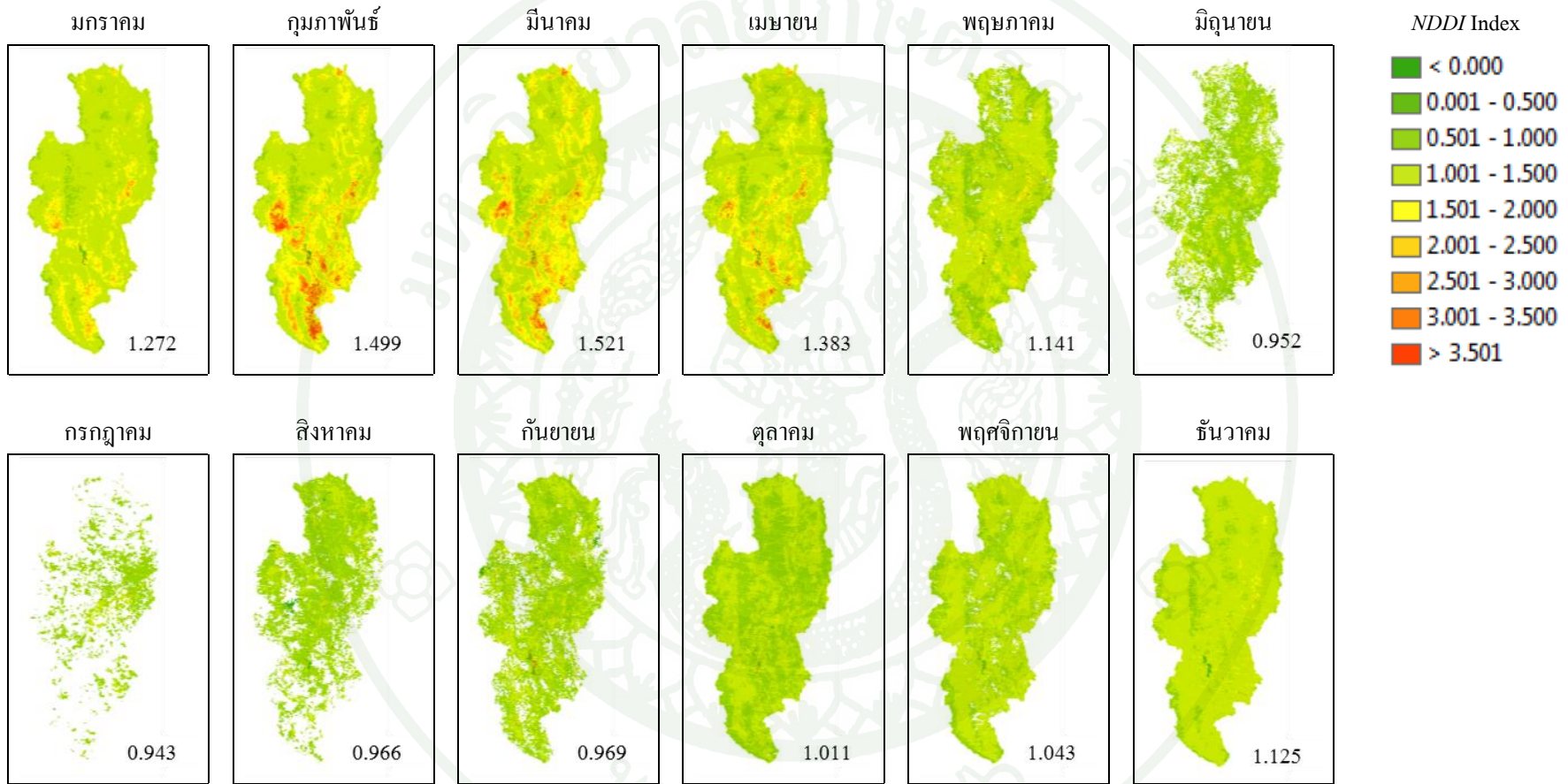
ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.082 (7)	-0.103 (8)	-0.114 (10)	-0.072 (10)	-0.018 (6)	-0.003 (4)	0.004 (7)	-0.001 (7)	-0.016 (12)	-0.025 (13)	-0.040 (7)	-0.066 (9)	-0.045
แม่จัด	-0.072 (6)	-0.085 (6)	-0.092 (6)	-0.064 (7)	-0.021 (9)	-0.008 (10)	-0.003 (11)	-0.007 (12)	-0.016 (13)	-0.025 (14)	-0.043 (11)	-0.059 (7)	-0.041
แม่แตง	-0.061 (2)	-0.072 (1)	-0.079 (3)	-0.049 (4)	-0.019 (8)	-0.006 (8)	0.006 (5)	0.004 (4)	-0.007 (4)	-0.022 (11)	-0.033 (3)	-0.049 (2)	-0.032
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.097 (9)	-0.102 (7)	-0.100 (7)	-0.069 (9)	-0.026 (13)	-0.019 (14)	-0.012 (14)	-0.012 (14)	-0.008 (5)	-0.004 (1)	-0.037 (6)	-0.070 (12)	-0.046
แม่ริม	-0.067 (3)	-0.074 (3)	-0.075 (2)	-0.037 (1)	-0.003 (1)	-0.002 (3)	0.011 (3)	0.005 (3)	0.002 (1)	-0.008 (3)	-0.027 (1)	-0.053 (4)	-0.027
แม่กวาง	-0.107 (10)	-0.117 (10)	-0.112 (9)	-0.077 (12)	-0.029 (14)	-0.016 (13)	-0.010 (13)	-0.006 (11)	-0.004 (2)	-0.004 (2)	-0.042 (8)	-0.069 (11)	-0.049
แม่غان	-0.070 (4)	-0.081 (5)	-0.084 (5)	-0.048 (3)	-0.017 (4)	-0.005 (6)	0.004 (8)	0.001 (5)	-0.011 (9)	-0.018 (8)	-0.036 (5)	-0.053 (3)	-0.035
แม่ดี	-0.120 (13)	-0.134 (12)	-0.137 (12)	-0.073 (11)	-0.023 (11)	-0.015 (12)	-0.009 (12)	-0.005 (10)	-0.013 (10)	-0.014 (6)	-0.049 (14)	-0.074 (13)	-0.055
แม่กลาง	-0.060 (1)	-0.074 (2)	-0.069 (1)	-0.041 (2)	-0.012 (2)	-0.005 (7)	0.004 (6)	-0.001 (8)	-0.006 (3)	-0.009 (5)	-0.029 (2)	-0.041 (1)	-0.029
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.117 (12)	-0.139 (13)	-0.139 (13)	-0.080 (14)	-0.025 (12)	-0.008 (11)	-0.002 (10)	-0.011 (13)	-0.020 (14)	-0.019 (10)	-0.047 (12)	-0.066 (10)	-0.056
แม่แจ่มตอนบน	-0.071 (5)	-0.080 (4)	-0.083 (4)	-0.053 (5)	-0.018 (5)	-0.007 (9)	0.011 (4)	0.009 (1)	-0.014 (11)	-0.024 (12)	-0.036 (4)	-0.054 (6)	-0.035
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.111 (11)	-0.127 (11)	-0.121 (11)	-0.078 (13)	-0.023 (10)	-0.001 (2)	0.011 (2)	0.009 (2)	-0.010 (8)	-0.019 (9)	-0.042 (9)	-0.064 (8)	-0.048
แม่หาด	-0.122 (14)	-0.144 (14)	-0.144 (14)	-0.067 (8)	-0.016 (3)	-0.005 (5)	0.002 (9)	-0.003 (9)	-0.009 (6)	-0.009 (4)	-0.047 (13)	-0.079 (14)	-0.054
แม่ค้ำ	-0.095 (8)	-0.111 (9)	-0.109 (8)	-0.061 (6)	-0.019 (7)	-0.001 (1)	0.014 (1)	0.001 (6)	-0.009 (7)	-0.016 (7)	-0.042 (10)	-0.053 (5)	-0.042
ค่าเฉลี่ย	-0.090	-0.103	-0.104	-0.062	-0.019	-0.007	0.002	-0.001	-0.010	-0.015	-0.039	-0.061	-0.042
ค่าสูงสุด	-0.060	-0.072	-0.069	-0.037	-0.003	-0.001	0.014	0.009	0.002	-0.004	-0.027	-0.041	-0.027
ค่าต่ำสุด	-0.122	-0.144	-0.144	-0.080	-0.029	-0.019	-0.012	-0.012	-0.020	-0.025	-0.049	-0.079	-0.056

ตารางผนวกที่ ๘ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDVI* สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2552

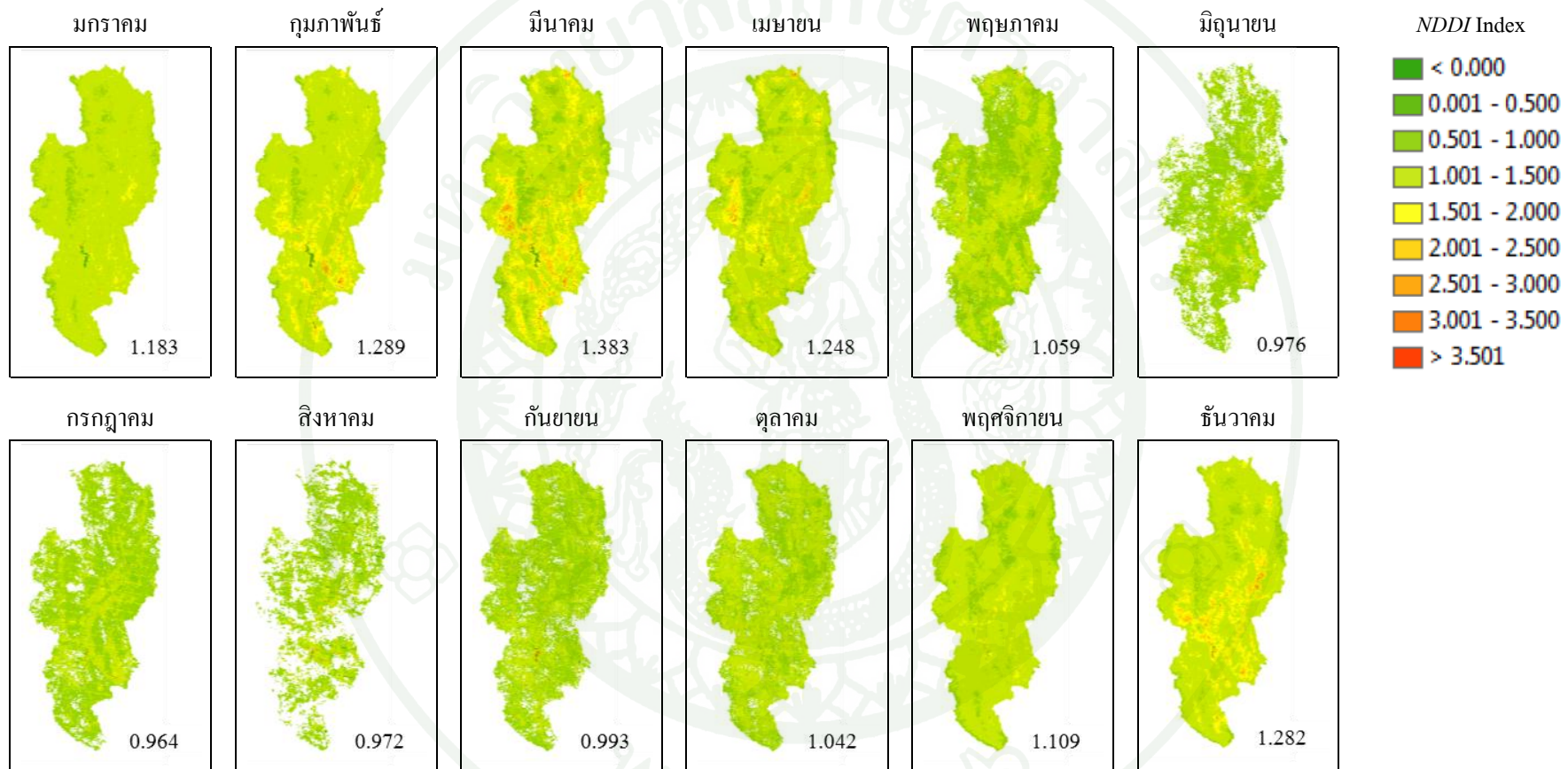
ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	-0.076 (10)	-0.110 (10)	-0.107 (11)	-0.061 (11)	-0.020 (10)	0.001 (10)	0.011 (5)	0.004 (10)	-0.009 (13)	-0.009 (13)	-0.044 (12)	-0.081 (8)	-0.042
แม่จัด	-0.061 (6)	-0.091 (6)	-0.085 (6)	-0.053 (8)	-0.023 (12)	-0.006 (14)	0.005 (10)	-0.001 (13)	-0.009 (12)	-0.002 (6)	-0.041 (7)	-0.070 (5)	-0.037
แม่แดง	-0.055 (2)	-0.075 (2)	-0.077 (4)	-0.047 (5)	-0.017 (9)	0.004 (5)	0.010 (6)	0.009 (5)	-0.003 (5)	-0.006 (7)	-0.038 (5)	-0.062 (2)	-0.030
แม่ปิงส่วนที่ 2	-0.072 (9)	-0.098 (7)	-0.088 (7)	-0.071 (13)	-0.032 (14)	-0.002 (11)	0.002 (14)	-0.003 (14)	-0.001 (3)	0.003 (4)	-0.037 (4)	-0.088 (9)	-0.041
แม่ริม	-0.060 (5)	-0.079 (3)	-0.069 (2)	-0.038 (3)	-0.001 (1)	0.005 (3)	0.014 (2)	0.013 (1)	0.007 (1)	0.006 (2)	-0.023 (1)	-0.069 (4)	-0.025
แม่กวง	-0.072 (8)	-0.105 (8)	-0.093 (9)	-0.060 (10)	-0.026 (13)	0.003 (7)	0.006 (9)	0.004 (11)	0.001 (2)	0.008 (1)	-0.042 (10)	-0.092 (12)	-0.039
แม่งาน	-0.056 (3)	-0.082 (4)	-0.072 (3)	-0.042 (4)	-0.011 (5)	0.002 (8)	0.008 (7)	0.007 (6)	-0.004 (6)	-0.001 (5)	-0.033 (3)	-0.067 (3)	-0.029
แม่ลี	-0.090 (13)	-0.128 (12)	-0.117 (13)	-0.071 (14)	-0.022 (11)	0.001 (9)	0.004 (11)	0.007 (7)	-0.008 (11)	-0.008 (10)	-0.045 (13)	-0.094 (13)	-0.048
แม่กลาง	-0.044 (1)	-0.069 (1)	-0.055 (1)	-0.024 (1)	-0.004 (3)	0.004 (6)	0.004 (12)	0.006 (8)	-0.003 (4)	0.005 (3)	-0.026 (2)	-0.059 (1)	-0.022
แม่ปิงส่วนที่ 3	-0.081 (11)	-0.130 (13)	-0.113 (12)	-0.056 (9)	-0.014 (6)	0.005 (4)	0.003 (13)	0.001 (12)	-0.013 (14)	-0.014 (14)	-0.045 (14)	-0.091 (11)	-0.046
แม่แจ่มตอนบน	-0.059 (4)	-0.083 (5)	-0.081 (5)	-0.051 (7)	-0.016 (8)	-0.005 (13)	0.013 (3)	0.009 (4)	-0.006 (9)	-0.008 (11)	-0.041 (6)	-0.071 (6)	-0.033
แม่แจ่มตอนล่าง	-0.082 (12)	-0.123 (11)	-0.107 (10)	-0.051 (6)	-0.015 (7)	-0.004 (12)	0.008 (8)	0.011 (2)	-0.006 (8)	-0.009 (12)	-0.043 (11)	-0.090 (10)	-0.043
แม่หาด	-0.111 (14)	-0.141 (14)	-0.126 (14)	-0.065 (12)	-0.010 (4)	0.012 (2)	0.015 (1)	0.010 (3)	-0.004 (7)	-0.008 (9)	-0.041 (8)	-0.098 (14)	-0.047
แม่ต้น	-0.068 (7)	-0.105 (9)	-0.089 (8)	-0.033 (2)	-0.002 (2)	0.012 (1)	0.012 (4)	0.006 (9)	-0.007 (10)	-0.006 (8)	-0.041 (9)	-0.078 (7)	-0.033
ค่าเฉลี่ย	-0.070	-0.101	-0.091	-0.052	-0.015	0.002	0.008	0.006	-0.005	-0.004	-0.039	-0.079	-0.037
ค่าสูงสุด	-0.044	-0.069	-0.055	-0.024	-0.001	0.012	0.015	0.013	0.007	0.008	-0.023	-0.059	-0.022
ค่าต่ำสุด	-0.111	-0.141	-0.126	-0.071	-0.032	-0.006	0.002	-0.003	-0.013	-0.014	-0.045	-0.098	-0.048



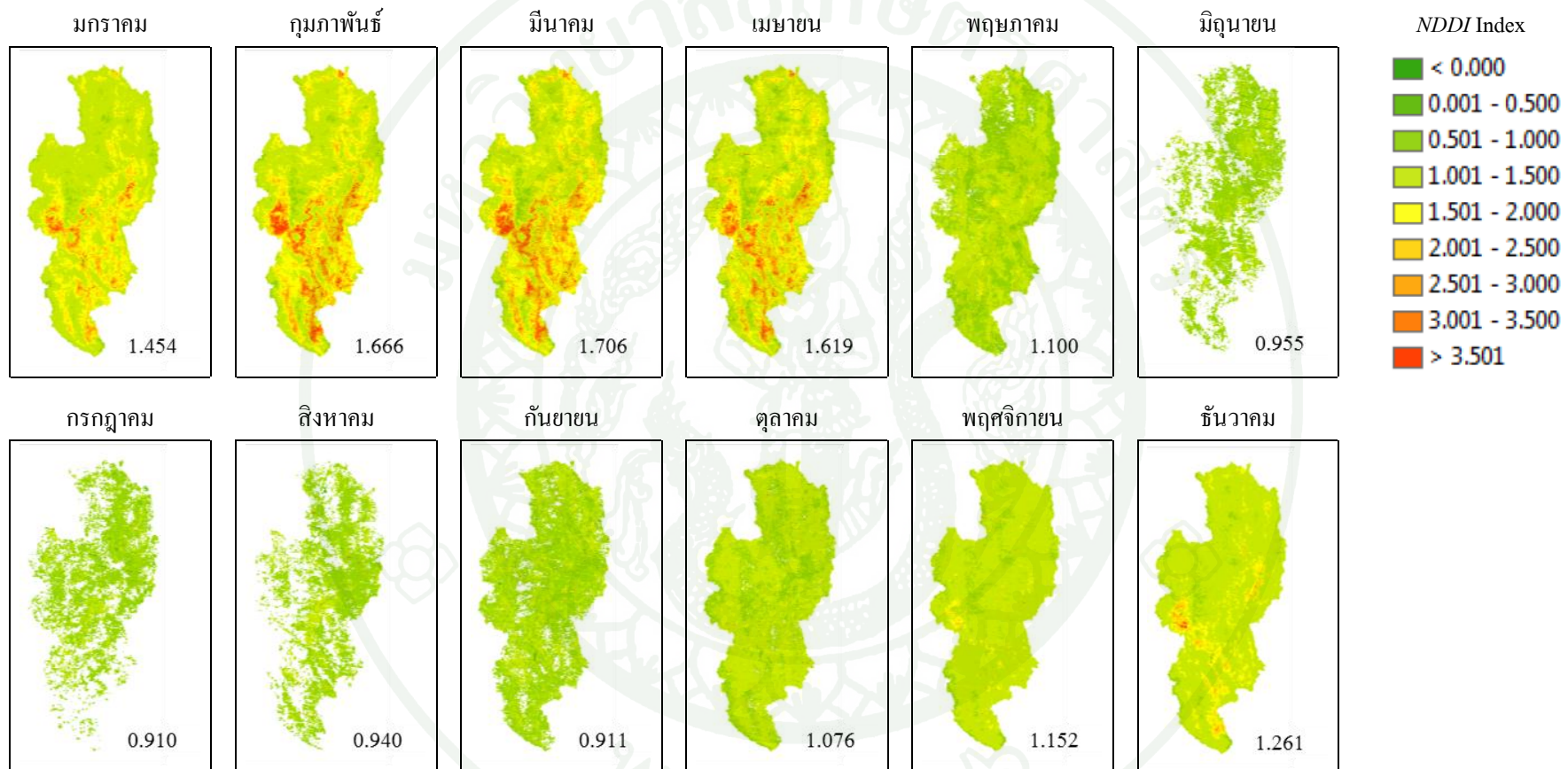
ภาคผนวก ง  
ผลการวิเคราะห์ดัชนี *NDDI* ในลุ่มน้ำปึงตอนบน ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2552



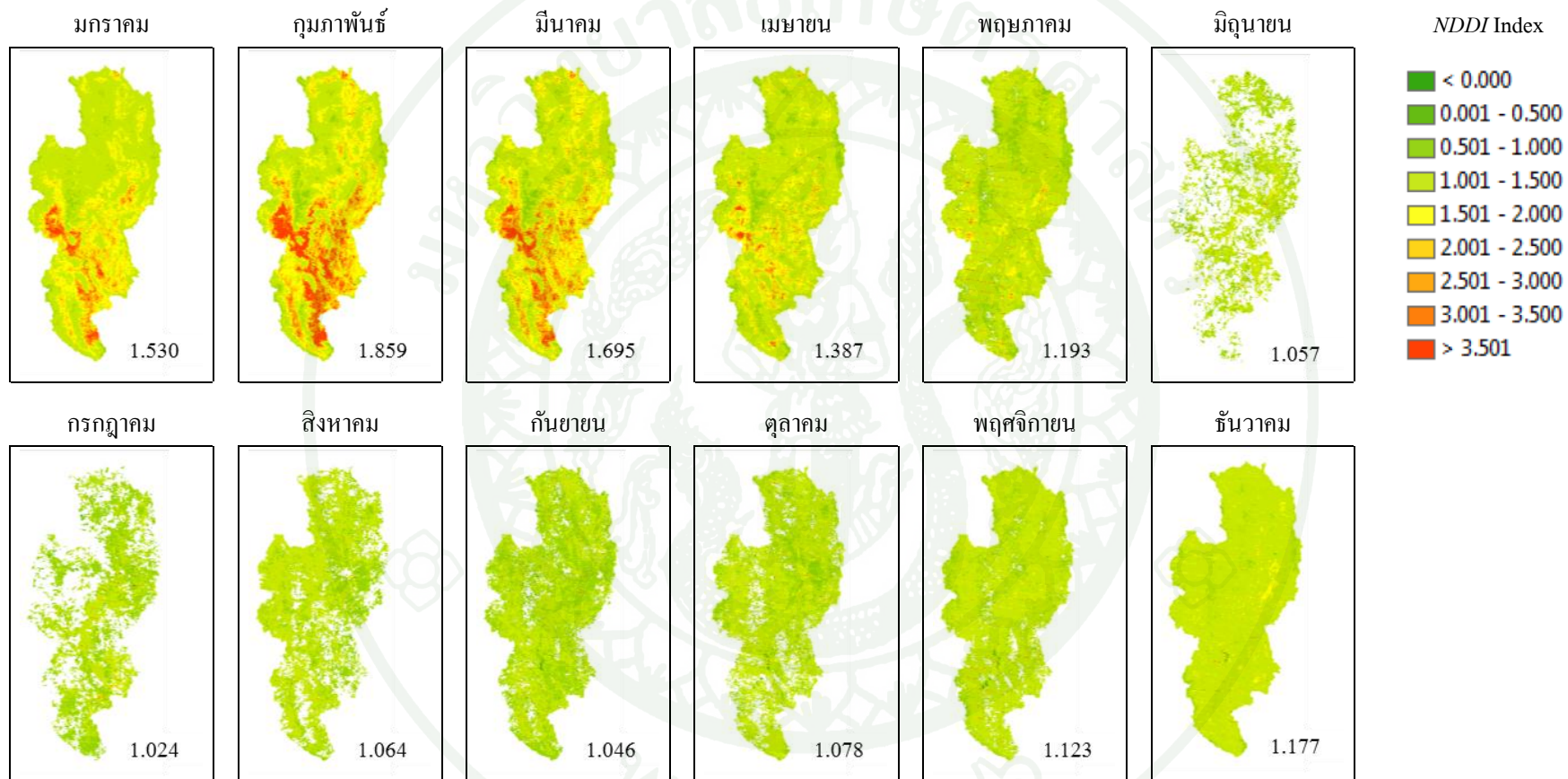
ภาพผนวกที่ ๑1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2545



ภาพผนวกที่ ๖2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2546

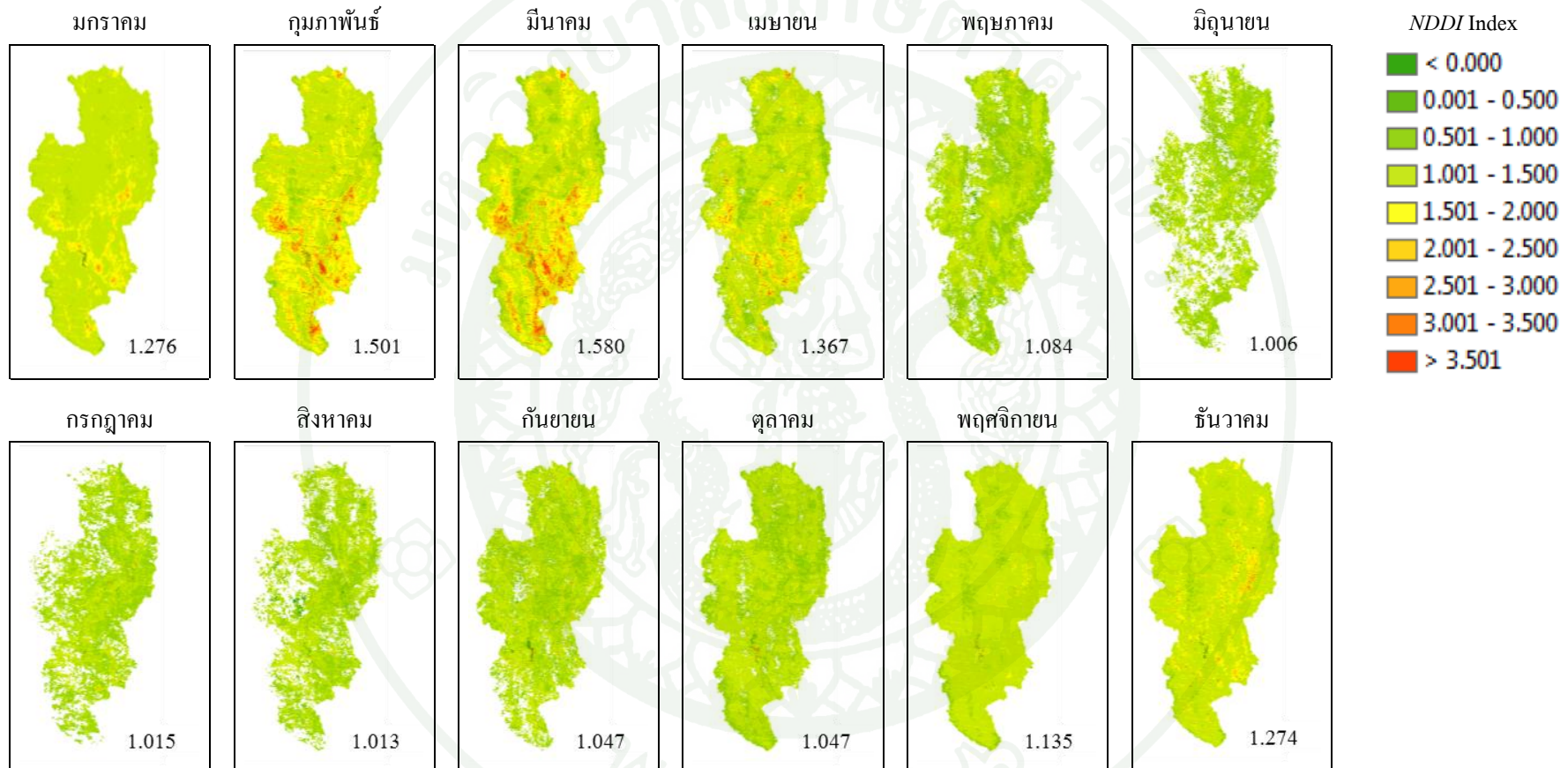


ภาพผนวกที่ 33 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2547

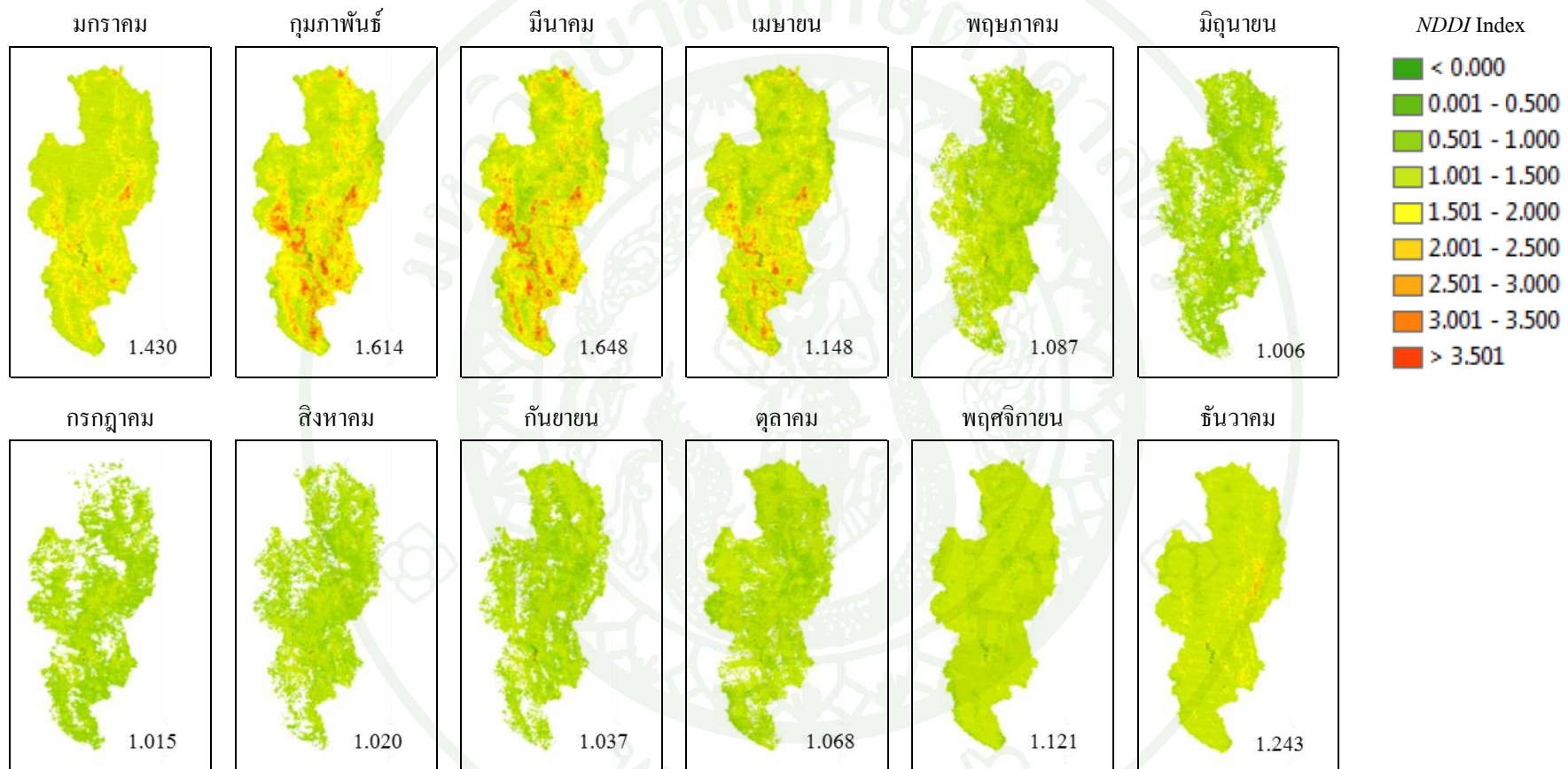


ภาพผนวกที่ ๓4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2548

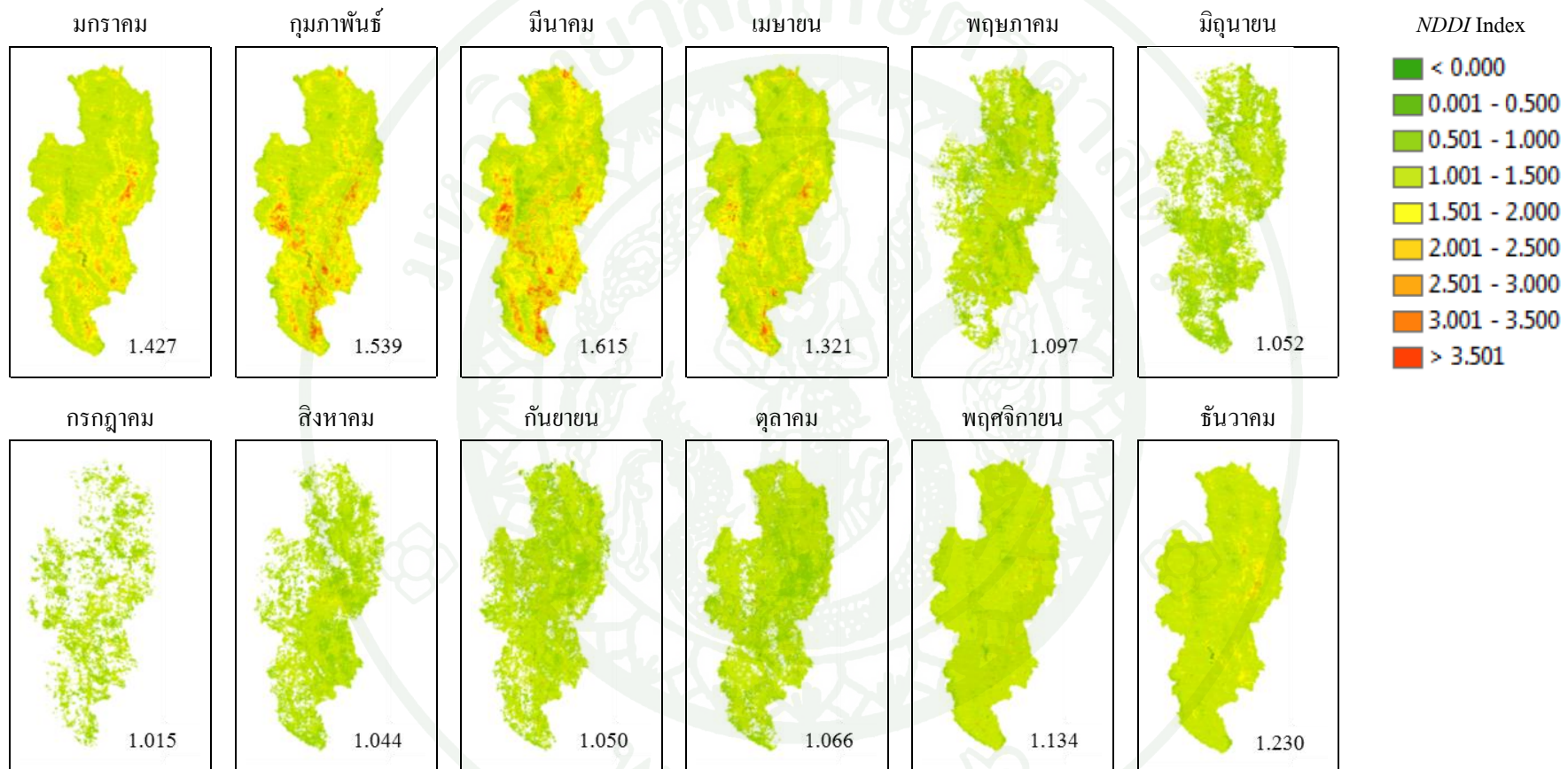




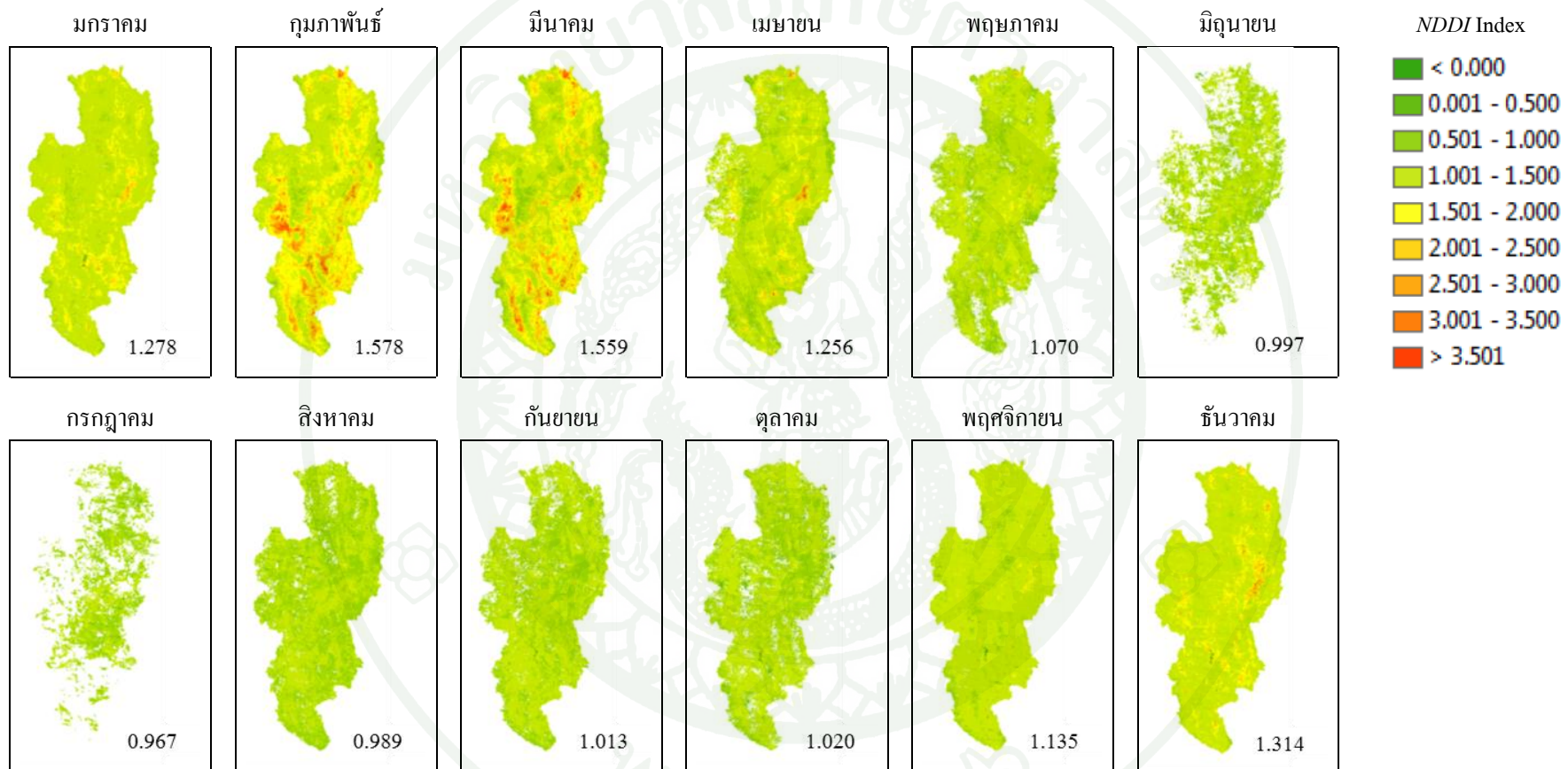
ภาพผนวกที่ ๓5 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2549



ภาพผนวกที่ ๖ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปึงตอนบนในปี พ.ศ. 2550



ภาพผนวกที่ ๗ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี *NDDI* สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2551



ภาพผนวกที่ ๘ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2552

ตารางผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2545

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	1.239 (7)	1.401 (7)	1.528 (9)	1.332 (7)	1.122 (7)	0.963 (9)	0.823 (1)	0.972 (9)	1.019 (13)	1.027 (12)	1.051 (10)	1.131 (8)	1.134
แม่จัด	1.217 (6)	1.305 (6)	1.403 (6)	1.266 (6)	1.121 (6)	0.994 (11)	0.926 (5)	0.976 (11)	1.000 (10)	1.030 (13)	1.041 (6)	1.143 (10)	1.119
แม่แดง	1.142 (3)	1.210 (1)	1.323 (1)	1.197 (2)	1.053 (1)	0.937 (6)	0.934 (6)	0.969 (8)	1.001 (11)	1.003 (5)	1.043 (7)	1.082 (3)	1.074
แม่ปิงส่วนที่ 2	1.279 (8)	1.419 (8)	1.513 (7)	1.411 (9)	1.238 (14)	1.036 (14)	0.958 (12)	0.964 (7)	0.985 (6)	1.025 (11)	1.022 (2)	1.151 (11)	1.167
แม่ริม	1.169 (5)	1.238 (3)	1.348 (4)	1.247 (5)	1.147 (8)	0.905 (3)	0.896 (2)	0.948 (5)	0.952 (2)	0.972 (1)	1.004 (1)	1.132 (9)	1.080
แม่กวาง	1.348 (9)	1.531 (9)	1.577 (10)	1.436 (10)	1.227 (13)	0.944 (7)	0.947 (9)	0.922 (1)	0.950 (1)	0.993 (2)	1.041 (5)	1.190 (14)	1.175
แม่งาน	1.139 (2)	1.219 (2)	1.324 (2)	1.216 (3)	1.094 (5)	0.930 (5)	0.940 (8)	0.948 (4)	0.968 (3)	1.011 (8)	1.049 (9)	1.086 (4)	1.077
แม่ลี	1.362 (10)	1.696 (11)	1.661 (11)	1.525 (12)	1.183 (11)	0.999 (12)	0.955 (11)	0.972 (10)	0.989 (8)	1.025 (10)	1.074 (14)	1.172 (12)	1.218
แม่กลาง	1.112 (1)	1.252 (5)	1.349 (5)	1.195 (1)	1.068 (2)	0.870 (1)	0.948 (10)	0.979 (12)	0.982 (4)	0.999 (3)	1.032 (3)	1.073 (1)	1.071
แม่ปิงส่วนที่ 3	1.401 (12)	1.897 (13)	1.748 (13)	1.584 (13)	1.179 (10)	0.972 (10)	1.057 (14)	0.955 (6)	1.024 (14)	1.032 (14)	1.036 (4)	1.115 (7)	1.250
แม่แจ่มตอนบน	1.153 (4)	1.239 (4)	1.328 (3)	1.223 (4)	1.082 (4)	1.026 (13)	1.050 (13)	1.014 (13)	0.984 (5)	1.011 (7)	1.053 (11)	1.078 (2)	1.103
แม่แจ่มตอนล่าง	1.429 (13)	1.856 (12)	1.686 (12)	1.486 (11)	1.165 (9)	0.960 (8)	0.936 (7)	1.023 (14)	1.007 (12)	1.011 (6)	1.054 (13)	1.108 (6)	1.227
แม่หาด	1.447 (14)	2.054 (14)	1.985 (14)	1.876 (14)	1.215 (12)	0.916 (4)	0.918 (4)	0.941 (2)	0.995 (9)	1.012 (9)	1.043 (8)	1.187 (13)	1.299
แม่ต้น	1.372 (11)	1.671 (10)	1.519 (8)	1.374 (8)	1.078 (3)	0.877 (2)	0.916 (3)	0.943 (3)	0.987 (7)	1.003 (4)	1.053 (12)	1.106 (5)	1.158
ค่าเฉลี่ย	1.272	1.499	1.521	1.383	1.141	0.952	0.943	0.966	0.989	1.011	1.043	1.125	1.154
ค่าสูงสุด	1.447	2.054	1.985	1.876	1.238	1.036	1.057	1.023	1.024	1.032	1.074	1.190	1.299
ค่าต่ำสุด	1.112	1.210	1.323	1.195	1.053	0.870	0.823	0.922	0.950	0.972	1.004	1.073	1.071

ตารางผนวกที่ 2 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2546

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	1.173 (7)	1.252 (7)	1.384 (9)	1.323 (12)	1.086 (10)	0.955 (4)	0.970 (5)	0.947 (3)	0.977 (5)	1.043 (7)	1.079 (6)	1.184 (4)	1.114
แม่จัด	1.150 (6)	1.205 (6)	1.281 (6)	1.237 (7)	1.077 (8)	1.013 (12)	0.987 (10)	0.948 (4)	0.993 (8)	1.043 (8)	1.080 (7)	1.195 (5)	1.101
แม่แดง	1.108 (2)	1.138 (1)	1.186 (2)	1.170 (3)	1.035 (5)	0.981 (8)	0.966 (3)	0.939 (2)	1.016 (11)	1.036 (5)	1.059 (2)	1.135 (1)	1.064
แม่ปิงส่วนที่ 2	1.210 (10)	1.301 (8)	1.380 (8)	1.265 (8)	1.099 (12)	1.036 (14)	1.030 (14)	0.993 (12)	0.959 (2)	1.035 (4)	1.166 (12)	1.389 (10)	1.155
แม่ริม	1.137 (5)	1.163 (5)	1.174 (1)	1.108 (1)	0.989 (1)	0.952 (3)	0.964 (2)	0.891 (1)	0.939 (1)	0.995 (1)	1.054 (1)	1.219 (6)	1.049
แม่กวาง	1.234 (12)	1.333 (10)	1.436 (10)	1.299 (11)	1.108 (14)	1.000 (11)	0.985 (9)	0.951 (5)	0.994 (9)	1.014 (2)	1.124 (9)	1.381 (9)	1.155
แม่งาน	1.118 (4)	1.160 (4)	1.226 (3)	1.163 (2)	1.005 (3)	0.956 (6)	0.972 (7)	0.960 (6)	0.971 (3)	1.043 (9)	1.076 (4)	1.154 (3)	1.067
แม่ลี	1.315 (13)	1.501 (13)	1.583 (12)	1.273 (9)	1.089 (11)	1.023 (13)	1.017 (13)	0.986 (9)	0.981 (6)	1.055 (11)	1.193 (14)	1.446 (14)	1.205
แม่กลาง	1.098 (1)	1.150 (2)	1.260 (5)	1.170 (4)	0.999 (2)	0.914 (1)	0.967 (4)	0.986 (10)	0.982 (7)	1.032 (3)	1.073 (3)	1.235 (8)	1.072
แม่ปิงส่วนที่ 3	1.212 (11)	1.393 (12)	1.553 (11)	1.337 (13)	1.068 (7)	0.983 (9)	1.001 (11)	1.038 (13)	1.057 (14)	1.078 (14)	1.170 (13)	1.413 (12)	1.192
แม่แจ่มตอนบน	1.116 (3)	1.154 (3)	1.227 (4)	1.216 (6)	1.057 (6)	0.956 (5)	0.971 (6)	0.989 (11)	1.035 (13)	1.064 (12)	1.076 (5)	1.143 (2)	1.084
แม่แจ่มตอนล่าง	1.193 (9)	1.370 (11)	1.606 (13)	1.431 (14)	1.084 (9)	0.959 (7)	0.981 (8)	0.975 (8)	1.020 (12)	1.064 (13)	1.155 (11)	1.408 (11)	1.187
แม่หาด	1.323 (14)	1.619 (14)	1.712 (14)	1.284 (10)	1.104 (13)	0.997 (10)	1.004 (12)	1.042 (14)	1.008 (10)	1.036 (6)	1.131 (10)	1.425 (13)	1.224
แม่ต้น	1.173 (8)	1.308 (9)	1.355 (7)	1.198 (5)	1.018 (4)	0.944 (2)	0.957 (1)	0.969 (7)	0.971 (4)	1.051 (10)	1.096 (8)	1.225 (7)	1.105
ค่าเฉลี่ย	1.183	1.289	1.383	1.248	1.059	0.976	0.984	0.972	0.993	1.042	1.109	1.282	1.127
ค่าสูงสุด	1.323	1.619	1.712	1.431	1.108	1.036	1.030	1.042	1.057	1.078	1.193	1.446	1.224
ค่าต่ำสุด	1.098	1.138	1.174	1.108	0.989	0.914	0.957	0.891	0.939	0.995	1.054	1.135	1.049

ตารางผนวกที่ 3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2547

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	1.298 (6)	1.513 (6)	1.579 (7)	1.479 (7)	1.048 (3)	0.944 (4)	0.883 (2)	0.949 (10)	1.012 (13)	1.089 (10)	1.136 (7)	1.196 (7)	1.177
แม่จัด	1.246 (4)	1.368 (4)	1.419 (5)	1.408 (5)	1.046 (2)	0.964 (11)	0.922 (11)	0.973 (14)	1.020 (14)	1.083 (8)	1.125 (6)	1.188 (6)	1.147
แม่แดง	1.201 (1)	1.297 (1)	1.327 (1)	1.284 (1)	1.056 (4)	0.924 (1)	0.894 (3)	0.931 (4)	0.996 (10)	1.073 (7)	1.108 (5)	1.134 (2)	1.102
แม่ปิงส่วนที่ 2	1.491 (9)	1.628 (8)	1.650 (8)	1.639 (9)	1.149 (12)	0.980 (13)	0.979 (14)	0.958 (12)	0.983 (5)	1.056 (4)	1.153 (9)	1.272 (8)	1.245
แม่ริม	1.270 (5)	1.353 (3)	1.382 (2)	1.327 (2)	1.035 (1)	0.957 (8)	0.799 (1)	0.901 (1)	0.970 (2)	1.027 (1)	1.098 (2)	1.176 (5)	1.108
แม่กวาง	1.569 (10)	1.748 (10)	1.798 (10)	1.717 (10)	1.139 (11)	0.961 (9)	0.895 (4)	0.944 (9)	0.986 (6)	1.052 (3)	1.159 (10)	1.296 (10)	1.272
แม่งาน	1.232 (2)	1.369 (5)	1.390 (4)	1.373 (4)	1.068 (5)	0.926 (2)	0.912 (8)	0.933 (5)	0.996 (9)	1.068 (6)	1.103 (3)	1.139 (3)	1.126
แม่ลี	1.727 (11)	2.079 (11)	2.130 (11)	1.901 (11)	1.112 (10)	0.993 (14)	0.933 (12)	0.940 (8)	0.982 (4)	1.124 (14)	1.215 (11)	1.323 (11)	1.372
แม่กลาง	1.363 (7)	1.523 (7)	1.525 (6)	1.470 (6)	1.071 (6)	0.930 (3)	0.912 (7)	0.956 (11)	0.966 (1)	1.035 (2)	1.067 (1)	1.118 (1)	1.161
แม่ปิงส่วนที่ 3	1.756 (12)	2.108 (12)	2.180 (13)	2.055 (14)	1.201 (14)	0.975 (12)	0.976 (13)	0.961 (13)	1.005 (11)	1.110 (13)	1.218 (12)	1.408 (12)	1.413
แม่แจ่มตอนบน	1.234 (3)	1.336 (2)	1.387 (3)	1.350 (3)	1.111 (9)	0.963 (10)	0.904 (5)	0.939 (7)	1.007 (12)	1.065 (5)	1.105 (4)	1.145 (4)	1.129
แม่แจ่มตอนล่าง	1.762 (13)	2.141 (13)	2.172 (12)	2.009 (12)	1.186 (13)	0.953 (7)	0.912 (9)	0.918 (3)	0.986 (8)	1.100 (11)	1.263 (14)	1.516 (14)	1.410
แม่หาด	1.787 (14)	2.170 (14)	2.211 (14)	2.053 (13)	1.099 (8)	0.953 (6)	0.913 (10)	0.918 (2)	0.986 (7)	1.104 (12)	1.235 (13)	1.466 (13)	1.408
แม่ต้น	1.424 (8)	1.691 (9)	1.735 (9)	1.607 (8)	1.073 (7)	0.953 (5)	0.909 (6)	0.938 (6)	0.978 (3)	1.084 (9)	1.149 (8)	1.273 (9)	1.234
ค่าเฉลี่ย	1.454	1.666	1.706	1.619	1.100	0.955	0.910	0.940	0.991	1.076	1.152	1.261	1.236
ค่าสูงสุด	1.787	2.170	2.211	2.055	1.201	0.993	0.979	0.973	1.020	1.124	1.263	1.516	1.413
ค่าต่ำสุด	1.201	1.297	1.327	1.284	1.035	0.924	0.799	0.901	0.966	1.027	1.067	1.118	1.102

ตารางผนวกที่ 4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2548

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	1.339 (7)	1.593 (6)	1.539 (7)	1.270 (6)	1.129 (5)	1.064 (9)	0.997 (4)	1.069 (8)	1.071 (14)	1.086 (9)	1.108 (4)	1.161 (7)	1.202
แม่จัด	1.272 (4)	1.402 (4)	1.417 (5)	1.247 (4)	1.152 (7)	1.034 (3)	1.003 (6)	1.069 (7)	1.063 (13)	1.084 (8)	1.134 (10)	1.154 (5)	1.169
แม่แดง	1.206 (1)	1.303 (1)	1.320 (1)	1.199 (1)	1.121 (4)	1.046 (5)	0.964 (3)	1.090 (13)	1.051 (7)	1.061 (2)	1.094 (2)	1.120 (1)	1.131
แม่ปิงส่วนที่ 2	1.460 (8)	1.687 (8)	1.607 (8)	1.422 (10)	1.240 (9)	1.050 (7)	1.069 (13)	1.057 (5)	1.049 (5)	1.081 (7)	1.162 (14)	1.221 (12)	1.259
แม่ริม	1.277 (5)	1.375 (3)	1.361 (3)	1.214 (2)	1.072 (2)	0.992 (2)	0.950 (2)	1.068 (6)	1.009 (1)	1.021 (1)	1.087 (1)	1.157 (6)	1.132
แม่กวาง	1.507 (9)	1.827 (9)	1.687 (9)	1.382 (9)	1.260 (10)	1.084 (12)	0.999 (5)	0.979 (1)	1.018 (2)	1.067 (5)	1.148 (12)	1.228 (13)	1.266
แม่งาน	1.224 (2)	1.359 (2)	1.345 (2)	1.255 (5)	1.114 (3)	1.056 (8)	1.020 (7)	1.075 (10)	1.052 (9)	1.067 (4)	1.112 (5)	1.141 (3)	1.152
แม่ลี	1.740 (11)	2.325 (11)	2.022 (11)	1.494 (11)	1.277 (11)	1.145 (14)	1.126 (14)	1.053 (3)	1.051 (8)	1.095 (12)	1.153 (13)	1.237 (14)	1.393
แม่กลาง	1.310 (6)	1.595 (7)	1.492 (6)	1.239 (3)	1.054 (1)	0.987 (1)	1.060 (10)	1.080 (11)	1.029 (3)	1.066 (3)	1.097 (3)	1.132 (2)	1.179
แม่ปิงส่วนที่ 3	1.994 (12)	2.651 (13)	2.294 (14)	1.691 (13)	1.277 (12)	1.098 (13)	1.063 (11)	1.097 (14)	1.051 (6)	1.100 (13)	1.143 (11)	1.199 (9)	1.472
แม่แจ่มตอนบน	1.251 (3)	1.409 (5)	1.405 (4)	1.334 (7)	1.202 (8)	1.076 (11)	0.936 (1)	1.048 (2)	1.055 (11)	1.093 (10)	1.115 (7)	1.145 (4)	1.172
แม่แจ่มตอนล่าง	2.051 (13)	2.602 (12)	2.276 (13)	1.706 (14)	1.313 (13)	1.048 (6)	1.038 (8)	1.074 (9)	1.053 (10)	1.094 (11)	1.121 (8)	1.205 (10)	1.465
แม่หาด	2.208 (14)	2.985 (14)	2.235 (12)	1.627 (12)	1.349 (14)	1.075 (10)	1.066 (12)	1.054 (4)	1.032 (4)	1.072 (6)	1.114 (6)	1.217 (11)	1.503
แม่ต้น	1.579 (10)	1.915 (10)	1.724 (10)	1.338 (8)	1.135 (6)	1.045 (4)	1.041 (9)	1.083 (12)	1.057 (12)	1.108 (14)	1.131 (9)	1.166 (8)	1.277
ค่าเฉลี่ย	1.530	1.859	1.695	1.387	1.193	1.057	1.024	1.064	1.046	1.078	1.123	1.177	1.269
ค่าสูงสุด	2.208	2.985	2.294	1.706	1.349	1.145	1.126	1.097	1.071	1.108	1.162	1.237	1.503
ค่าต่ำสุด	1.206	1.303	1.320	1.199	1.054	0.987	0.936	0.979	1.009	1.021	1.087	1.120	1.131



ตารางผนวกที่ 5 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2549

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	1.224 (7)	1.378 (7)	1.466 (7)	1.332 (8)	1.081 (8)	0.990 (5)	1.017 (7)	0.993 (4)	1.063 (12)	1.042 (5)	1.125 (8)	1.236 (5)	1.162
แม่จัด	1.189 (5)	1.295 (3)	1.311 (4)	1.246 (5)	1.077 (6)	1.006 (8)	1.042 (12)	1.015 (8)	1.070 (13)	1.033 (3)	1.107 (4)	1.237 (6)	1.136
แม่แดง	1.159 (2)	1.249 (1)	1.273 (1)	1.230 (4)	1.052 (2)	0.978 (3)	1.038 (11)	1.026 (10)	1.040 (6)	1.028 (2)	1.098 (3)	1.156 (1)	1.111
แม่ปิงส่วนที่ 2	1.326 (9)	1.500 (8)	1.521 (8)	1.401 (10)	1.114 (12)	1.016 (9)	1.046 (14)	0.997 (6)	1.052 (9)	1.050 (9)	1.190 (14)	1.393 (14)	1.217
แม่ริม	1.200 (6)	1.270 (2)	1.284 (2)	1.202 (1)	1.063 (4)	0.958 (1)	0.974 (1)	0.985 (2)	1.003 (1)	1.000 (1)	1.095 (2)	1.260 (8)	1.108
แม่กวาง	1.334 (11)	1.530 (10)	1.583 (9)	1.365 (9)	1.079 (7)	0.987 (4)	1.015 (6)	0.979 (1)	1.053 (10)	1.033 (4)	1.180 (13)	1.393 (13)	1.211
แม่งาน	1.178 (3)	1.316 (5)	1.295 (3)	1.222 (3)	1.054 (3)	0.997 (7)	0.996 (3)	1.034 (11)	1.040 (5)	1.052 (10)	1.115 (6)	1.206 (4)	1.125
แม่ลี	1.438 (13)	1.794 (13)	2.005 (13)	1.622 (13)	1.117 (13)	1.026 (10)	1.026 (10)	1.002 (7)	1.036 (4)	1.062 (11)	1.179 (12)	1.361 (11)	1.306
แม่กลาง	1.150 (1)	1.330 (6)	1.349 (6)	1.215 (2)	1.038 (1)	0.971 (2)	0.991 (2)	1.045 (13)	1.076 (14)	1.043 (6)	1.089 (1)	1.169 (2)	1.122
แม่ปิงส่วนที่ 3	1.333 (10)	1.704 (11)	1.876 (12)	1.469 (11)	1.097 (10)	1.028 (11)	1.045 (13)	1.018 (9)	1.062 (11)	1.089 (14)	1.165 (11)	1.303 (9)	1.266
แม่แจ่มตอนบน	1.188 (4)	1.306 (4)	1.326 (5)	1.264 (6)	1.097 (9)	1.029 (12)	1.022 (9)	1.063 (14)	1.034 (2)	1.050 (8)	1.107 (5)	1.192 (3)	1.140
แม่แจ่มตอนล่าง	1.335 (12)	1.706 (12)	1.787 (11)	1.516 (12)	1.131 (14)	1.055 (14)	0.997 (4)	1.042 (12)	1.051 (8)	1.072 (13)	1.161 (10)	1.313 (10)	1.264
แม่หาด	1.527 (14)	2.107 (14)	2.444 (14)	1.768 (14)	1.105 (11)	0.995 (6)	1.002 (5)	0.994 (5)	1.035 (3)	1.044 (7)	1.151 (9)	1.371 (12)	1.378
แม่ต้น	1.279 (8)	1.527 (9)	1.598 (10)	1.287 (7)	1.069 (5)	1.044 (13)	1.019 (8)	0.991 (3)	1.043 (7)	1.062 (12)	1.123 (7)	1.249 (7)	1.191
ค่าเฉลี่ย	1.276	1.501	1.580	1.367	1.084	1.006	1.016	1.013	1.047	1.047	1.135	1.274	1.195
ค่าสูงสุด	1.527	2.107	2.444	1.768	1.131	1.055	1.046	1.063	1.076	1.089	1.190	1.393	1.378
ค่าต่ำสุด	1.150	1.249	1.273	1.202	1.038	0.958	0.974	0.979	1.003	1.000	1.089	1.156	1.108

ตารางผนวกที่ ๖ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2550

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	1.367 (7)	1.581 (7)	1.701 (10)	1.422 (7)	1.031 (4)	1.001 (7)	0.994 (5)	1.036 (11)	1.060 (12)	1.091 (12)	1.118 (6)	1.219 (7)	1.218
แม่จัด	1.301 (4)	1.405 (5)	1.486 (6)	1.316 (4)	1.065 (7)	1.008 (8)	1.043 (12)	1.044 (12)	1.068 (14)	1.093 (13)	1.120 (8)	1.222 (8)	1.181
แม่แดง	1.238 (1)	1.306 (1)	1.391 (1)	1.266 (2)	1.027 (3)	1.001 (6)	0.992 (3)	1.034 (10)	1.051 (10)	1.090 (11)	1.110 (4)	1.160 (2)	1.139
แม่ปิงส่วนที่ 2	1.492 (9)	1.645 (9)	1.614 (7)	1.471 (8)	1.076 (8)	1.010 (9)	1.001 (7)	1.044 (13)	1.034 (6)	1.052 (5)	1.134 (11)	1.351 (13)	1.244
แม่ริม	1.292 (2)	1.361 (4)	1.395 (2)	1.211 (1)	0.989 (1)	0.972 (1)	0.965 (1)	0.972 (1)	0.989 (1)	1.033 (1)	1.073 (1)	1.205 (5)	1.121
แม่กวาง	1.505 (10)	1.683 (10)	1.633 (8)	1.495 (9)	1.006 (2)	1.031 (12)	1.121 (14)	1.009 (5)	1.019 (3)	1.058 (7)	1.128 (9)	1.395 (14)	1.257
แม่งาน	1.304 (5)	1.351 (3)	1.403 (3)	1.275 (3)	1.061 (6)	0.986 (2)	1.002 (9)	1.011 (6)	1.047 (9)	1.081 (9)	1.120 (7)	1.171 (4)	1.151
แม่ลี	1.589 (13)	1.905 (12)	1.874 (11)	1.665 (11)	1.142 (11)	1.041 (14)	1.007 (10)	1.000 (3)	1.044 (8)	1.048 (3)	1.153 (14)	1.333 (12)	1.317
แม่กลาง	1.314 (6)	1.416 (6)	1.436 (4)	1.351 (5)	1.038 (5)	0.991 (4)	0.986 (2)	1.029 (9)	1.026 (5)	1.052 (6)	1.105 (3)	1.160 (1)	1.159
แม่ปิงส่วนที่ 3	1.588 (12)	1.929 (13)	1.963 (12)	1.789 (13)	1.179 (13)	1.013 (10)	1.001 (6)	1.023 (7)	1.040 (7)	1.070 (8)	1.136 (12)	1.248 (9)	1.332
แม่แจ่มตอนบน	1.300 (3)	1.346 (2)	1.459 (5)	1.353 (6)	1.155 (12)	1.037 (13)	1.062 (13)	1.048 (14)	1.061 (13)	1.110 (14)	1.115 (5)	1.167 (3)	1.184
แม่แจ่มตอนล่าง	1.570 (11)	1.876 (11)	2.000 (13)	1.689 (12)	1.209 (14)	1.020 (11)	0.994 (4)	1.004 (4)	1.054 (11)	1.084 (10)	1.148 (13)	1.255 (10)	1.325
แม่หาด	1.722 (14)	2.151 (14)	2.076 (14)	1.910 (14)	1.096 (9)	0.992 (5)	1.002 (8)	0.993 (2)	1.008 (2)	1.036 (2)	1.103 (2)	1.294 (11)	1.365
แม่ต้น	1.433 (8)	1.638 (8)	1.645 (9)	1.505 (10)	1.140 (10)	0.987 (3)	1.036 (11)	1.027 (8)	1.021 (4)	1.049 (4)	1.131 (10)	1.218 (6)	1.236
ค่าเฉลี่ย	1.430	1.614	1.648	1.480	1.087	1.006	1.015	1.020	1.037	1.068	1.121	1.243	1.231
ค่าสูงสุด	1.722	2.151	2.076	1.910	1.209	1.041	1.121	1.048	1.068	1.110	1.153	1.395	1.365
ค่าต่ำสุด	1.238	1.306	1.391	1.211	0.989	0.972	0.965	0.972	0.989	1.033	1.073	1.160	1.121

ตารางผนวกที่ 7 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2551

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	1.367 (7)	1.581 (7)	1.701 (10)	1.422 (7)	1.031 (4)	1.001 (7)	0.994 (5)	1.036 (11)	1.060 (12)	1.091 (12)	1.118 (6)	1.219 (7)	1.218
แม่จัด	1.301 (4)	1.405 (5)	1.486 (6)	1.316 (4)	1.065 (7)	1.008 (8)	1.043 (12)	1.044 (12)	1.068 (14)	1.093 (13)	1.120 (8)	1.222 (8)	1.181
แม่แดง	1.238 (1)	1.306 (1)	1.391 (1)	1.266 (2)	1.027 (3)	1.001 (6)	0.992 (3)	1.034 (10)	1.051 (10)	1.090 (11)	1.110 (4)	1.160 (2)	1.139
แม่ปิงส่วนที่ 2	1.492 (9)	1.645 (9)	1.614 (7)	1.471 (8)	1.076 (8)	1.010 (9)	1.001 (7)	1.044 (13)	1.034 (6)	1.052 (5)	1.134 (11)	1.351 (13)	1.244
แม่ริม	1.292 (2)	1.361 (4)	1.395 (2)	1.211 (1)	0.989 (1)	0.972 (1)	0.965 (1)	0.972 (1)	0.989 (1)	1.033 (1)	1.073 (1)	1.205 (5)	1.121
แม่กวาง	1.505 (10)	1.683 (10)	1.633 (8)	1.495 (9)	1.006 (2)	1.031 (12)	1.121 (14)	1.009 (5)	1.019 (3)	1.058 (7)	1.128 (9)	1.395 (14)	1.257
แม่งาน	1.304 (5)	1.351 (3)	1.403 (3)	1.275 (3)	1.061 (6)	0.986 (2)	1.002 (9)	1.011 (6)	1.047 (9)	1.081 (9)	1.120 (7)	1.171 (4)	1.151
แม่ลี	1.589 (13)	1.905 (12)	1.874 (11)	1.665 (11)	1.142 (11)	1.041 (14)	1.007 (10)	1.000 (3)	1.044 (8)	1.048 (3)	1.153 (14)	1.333 (12)	1.317
แม่กลาง	1.314 (6)	1.416 (6)	1.436 (4)	1.351 (5)	1.038 (5)	0.991 (4)	0.986 (2)	1.029 (9)	1.026 (5)	1.052 (6)	1.105 (3)	1.160 (1)	1.159
แม่ปิงส่วนที่ 3	1.588 (12)	1.929 (13)	1.963 (12)	1.789 (13)	1.179 (13)	1.013 (10)	1.001 (6)	1.023 (7)	1.040 (7)	1.070 (8)	1.136 (12)	1.248 (9)	1.332
แม่แจ่มตอนบน	1.300 (3)	1.346 (2)	1.459 (5)	1.353 (6)	1.155 (12)	1.037 (13)	1.062 (13)	1.048 (14)	1.061 (13)	1.110 (14)	1.115 (5)	1.167 (3)	1.184
แม่แจ่มตอนล่าง	1.570 (11)	1.876 (11)	2.000 (13)	1.689 (12)	1.209 (14)	1.020 (11)	0.994 (4)	1.004 (4)	1.054 (11)	1.084 (10)	1.148 (13)	1.255 (10)	1.325
แม่หาด	1.722 (14)	2.151 (14)	2.076 (14)	1.910 (14)	1.096 (9)	0.992 (5)	1.002 (8)	0.993 (2)	1.008 (2)	1.036 (2)	1.103 (2)	1.294 (11)	1.365
แม่ต้น	1.433 (8)	1.638 (8)	1.645 (9)	1.505 (10)	1.140 (10)	0.987 (3)	1.036 (11)	1.027 (8)	1.021 (4)	1.049 (4)	1.131 (10)	1.218 (6)	1.236
ค่าเฉลี่ย	1.430	1.614	1.648	1.480	1.087	1.006	1.015	1.020	1.037	1.068	1.121	1.243	1.231
ค่าสูงสุด	1.722	2.151	2.076	1.910	1.209	1.041	1.121	1.048	1.068	1.110	1.153	1.395	1.365
ค่าต่ำสุด	1.238	1.306	1.391	1.211	0.989	0.972	0.965	0.972	0.989	1.033	1.073	1.160	1.121

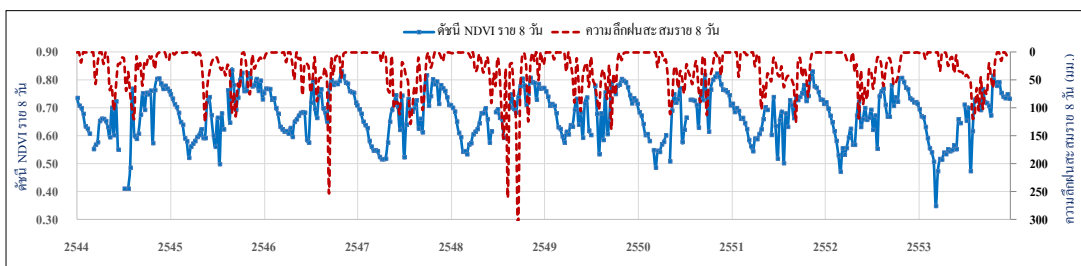
ตารางผนวกที่ ๘ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NDDI สำหรับทุกจุดภาพ (ลำดับ) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2552

ลุ่มน้ำย่อย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	1.293 (8)	1.584 (8)	1.716 (10)	1.297 (10)	1.105 (11)	1.004 (9)	0.952 (2)	0.982 (4)	1.027 (12)	1.028 (8)	1.137 (7)	1.314 (8)	1.203
แม่จัด	1.227 (5)	1.402 (6)	1.447 (6)	1.213 (6)	1.093 (10)	1.038 (14)	0.968 (8)	0.997 (9)	1.027 (11)	1.019 (6)	1.134 (6)	1.270 (5)	1.153
แม่แดง	1.191 (3)	1.299 (1)	1.365 (4)	1.203 (5)	1.062 (7)	0.991 (7)	0.956 (4)	0.968 (2)	1.007 (4)	1.021 (7)	1.116 (4)	1.218 (2)	1.116
แม่ปิงส่วนที่ 2	1.319 (10)	1.540 (7)	1.497 (7)	1.374 (13)	1.139 (13)	1.011 (10)	0.981 (12)	1.009 (13)	0.998 (3)	1.009 (4)	1.154 (10)	1.414 (13)	1.204
แม่ริม	1.241 (6)	1.350 (4)	1.349 (3)	1.171 (2)	1.014 (2)	1.037 (13)	0.940 (1)	0.949 (1)	0.976 (1)	0.988 (3)	1.079 (1)	1.301 (7)	1.116
แม่กวาง	1.337 (11)	1.609 (10)	1.584 (9)	1.342 (12)	1.145 (14)	0.981 (4)	0.963 (6)	0.987 (7)	0.987 (2)	0.973 (1)	1.176 (14)	1.455 (14)	1.212
แม่งาน	1.182 (2)	1.330 (2)	1.323 (2)	1.177 (3)	1.025 (4)	0.976 (2)	0.966 (7)	0.984 (6)	1.008 (5)	1.016 (5)	1.105 (3)	1.227 (3)	1.110
แม่ลี	1.386 (13)	1.802 (11)	1.777 (12)	1.380 (14)	1.108 (12)	1.003 (8)	0.980 (11)	0.983 (5)	1.026 (10)	1.044 (12)	1.163 (13)	1.385 (11)	1.253
แม่กลาง	1.150 (1)	1.378 (5)	1.303 (1)	1.119 (1)	0.993 (1)	0.979 (3)	0.976 (10)	0.997 (10)	1.010 (7)	0.984 (2)	1.087 (2)	1.204 (1)	1.098
แม่ปิงส่วนที่ 3	1.298 (9)	1.856 (12)	1.746 (11)	1.288 (9)	1.058 (5)	0.986 (6)	0.991 (14)	1.005 (12)	1.030 (14)	1.050 (14)	1.151 (9)	1.330 (9)	1.232
แม่แจ่มตอนบน	1.196 (4)	1.342 (3)	1.411 (5)	1.237 (7)	1.081 (9)	1.012 (11)	0.953 (3)	0.975 (3)	1.029 (13)	1.035 (10)	1.125 (5)	1.243 (4)	1.137
แม่แจ่มตอนล่าง	1.341 (12)	1.898 (13)	1.836 (13)	1.280 (8)	1.061 (6)	1.023 (12)	0.968 (9)	0.995 (8)	1.024 (9)	1.045 (13)	1.156 (12)	1.353 (10)	1.248
แม่หาด	1.493 (14)	2.102 (14)	1.920 (14)	1.323 (11)	1.073 (8)	0.938 (1)	0.960 (5)	1.001 (11)	1.009 (6)	1.036 (11)	1.155 (11)	1.401 (12)	1.284
แม่ต้น	1.242 (7)	1.595 (9)	1.554 (8)	1.178 (4)	1.021 (3)	0.985 (5)	0.981 (13)	1.016 (14)	1.022 (8)	1.034 (9)	1.149 (8)	1.274 (6)	1.171
ค่าเฉลี่ย	1.278	1.578	1.559	1.256	1.070	0.997	0.967	0.989	1.013	1.020	1.135	1.314	1.181
ค่าสูงสุด	1.493	2.102	1.920	1.380	1.145	1.038	0.991	1.016	1.030	1.050	1.176	1.455	1.284
ค่าต่ำสุด	1.150	1.299	1.303	1.119	0.993	0.938	0.940	0.949	0.976	0.973	1.079	1.204	1.098

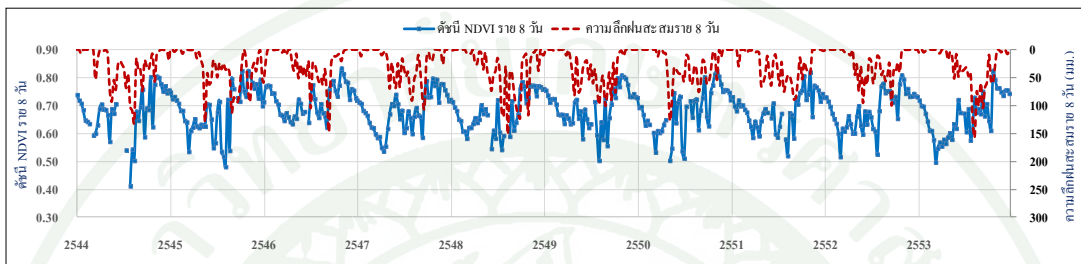


ภาคผนวก จ

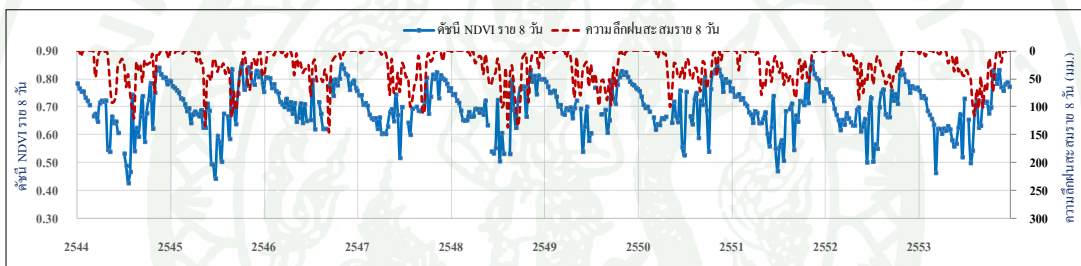
ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งกับความถี่ฝนสะสมราย 8 วันและความถี่ฝนสะสม  
ต่อเนื่องในแต่ละปี ระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553



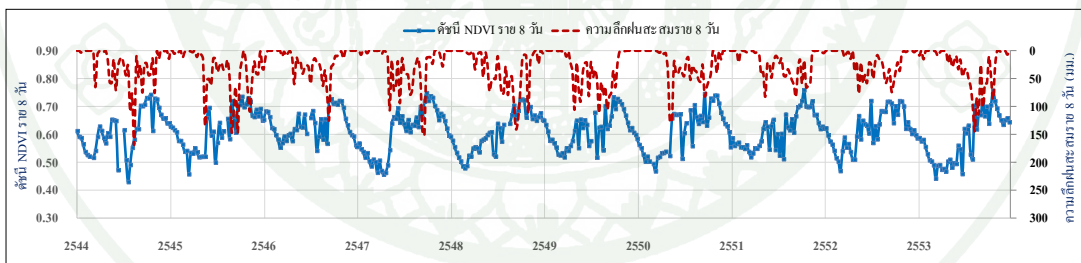
1) กลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1



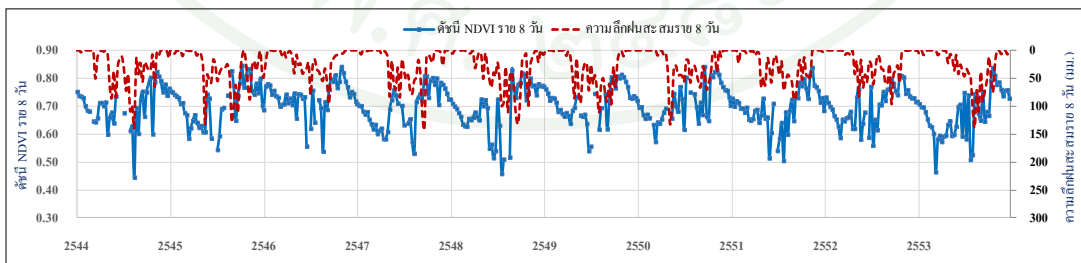
2) กลุ่มน้ำย่อยแม่จืด



3) กลุ่มน้ำย่อยแม่แตง

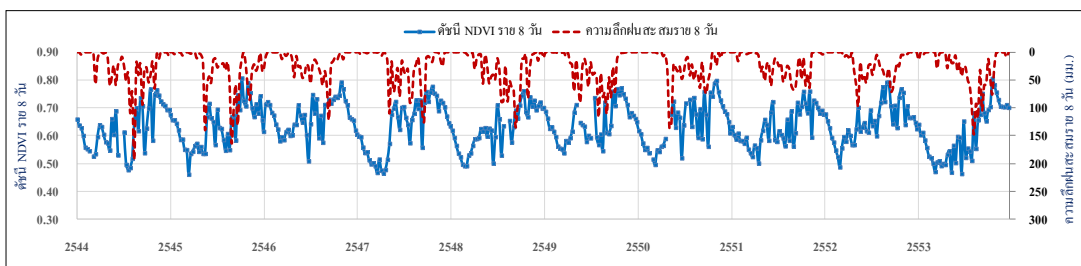


4) กลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 2

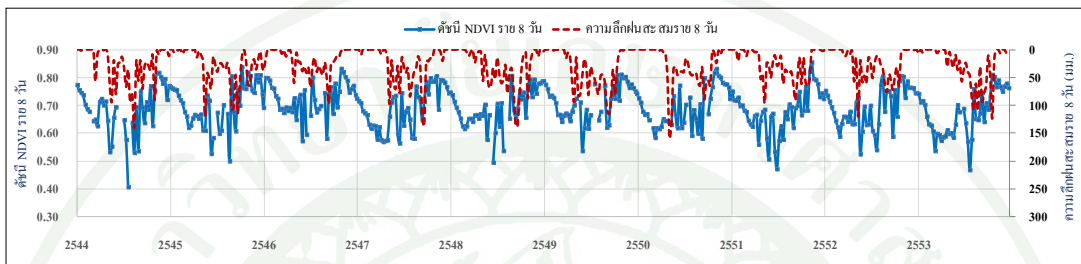


5) กลุ่มน้ำย่อยแม่ริม

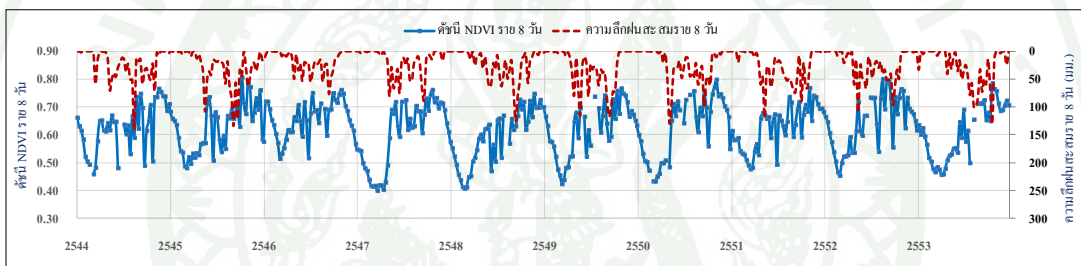
ภาพผนวกที่ จ1 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NDVI ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน



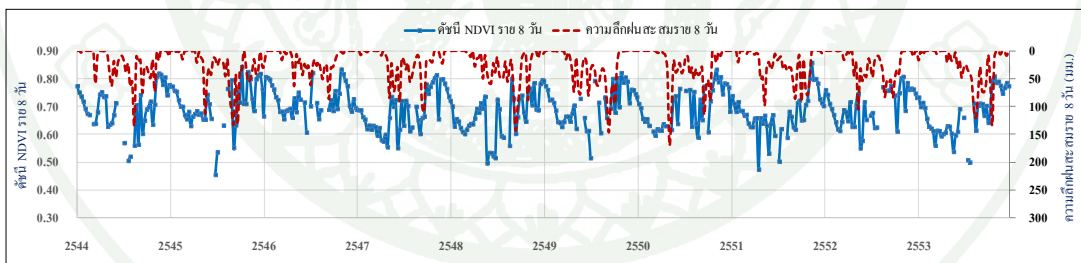
6) กลุ่มน้ำย่อยแม่กวาง



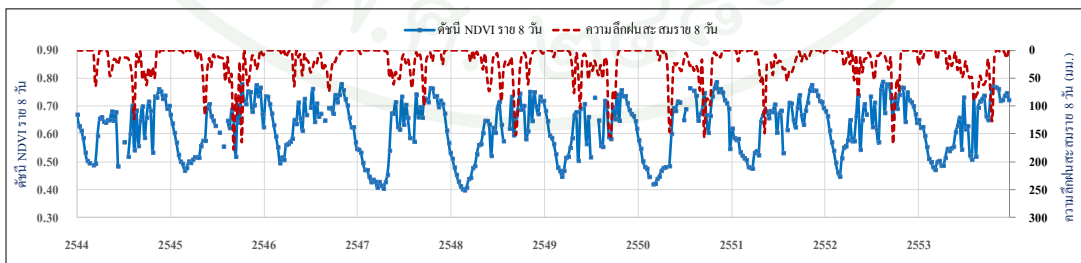
7) กลุ่มน้ำย่อยแม่งาน



8) กลุ่มน้ำย่อยแม่ลี่

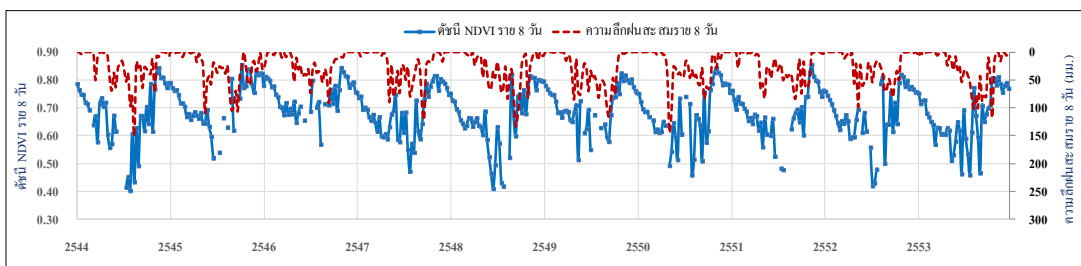


9) กลุ่มน้ำย่อยแม่กลาง

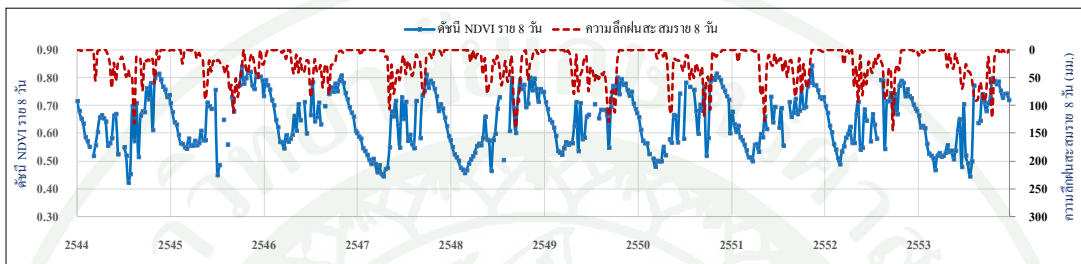


10) กลุ่มน้ำย่อยแม่ปึงส่วนที่ 3

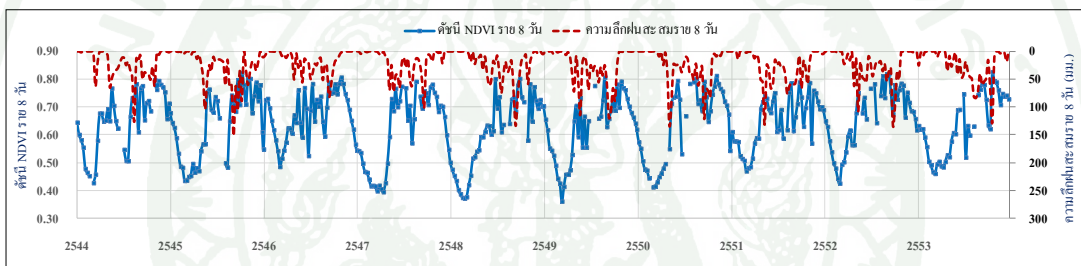
ภาพผนวกที่ จ1 (ต่อ)



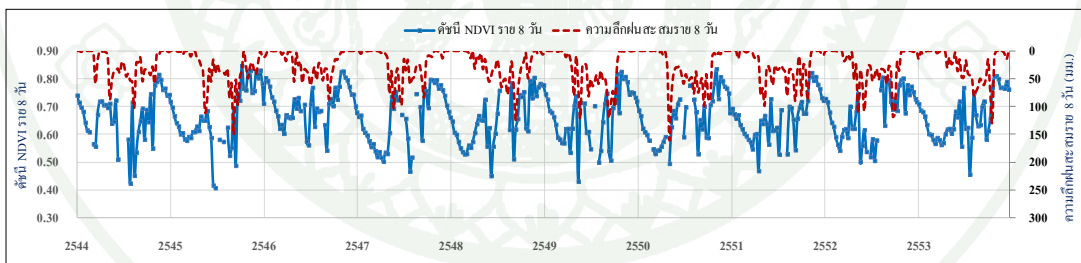
11) กลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน



12) กลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนล่าง



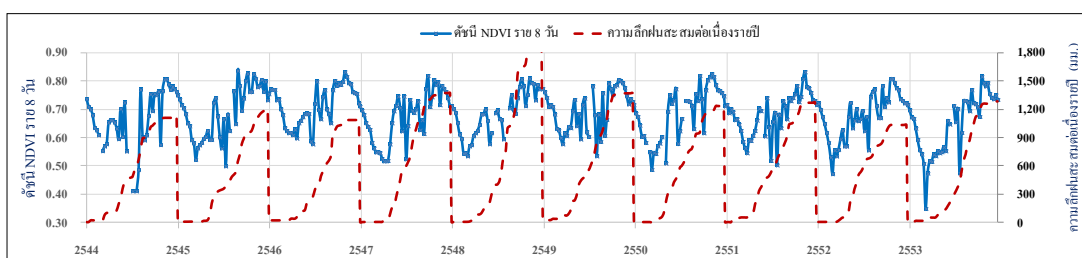
13) กลุ่มน้ำย่อยแม่หาด



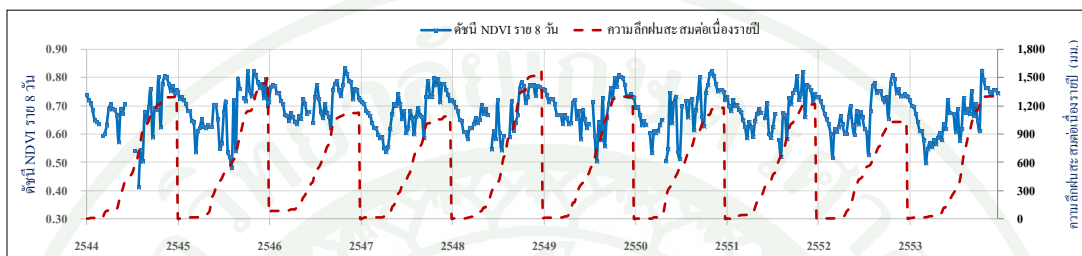
14) กลุ่มน้ำย่อยแม่ต๋น

ภาพผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

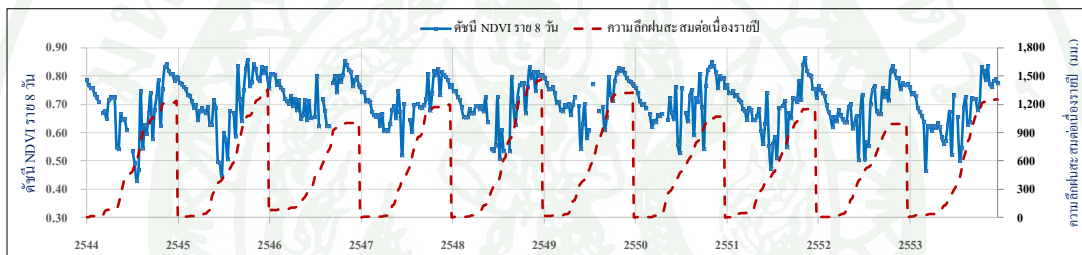




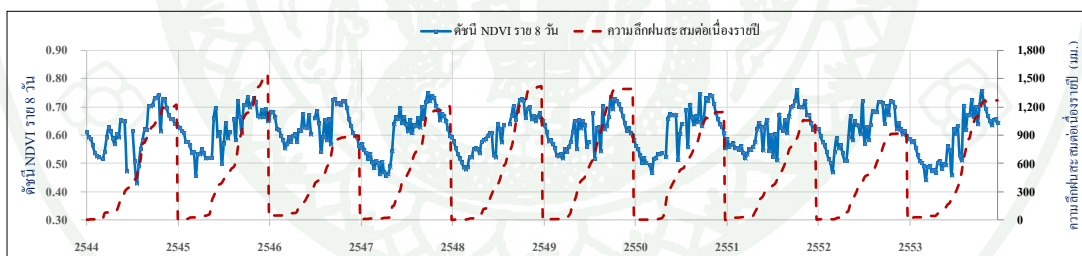
1) กลุ่มน้ำย่อยแมปิงส่วนที่ 1



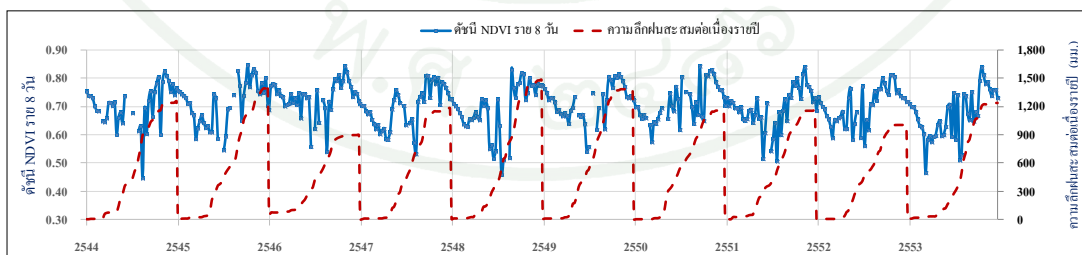
2) กลุ่มน้ำย่อยแม้งัด



3) กลุ่มน้ำย่อยแม้แดง

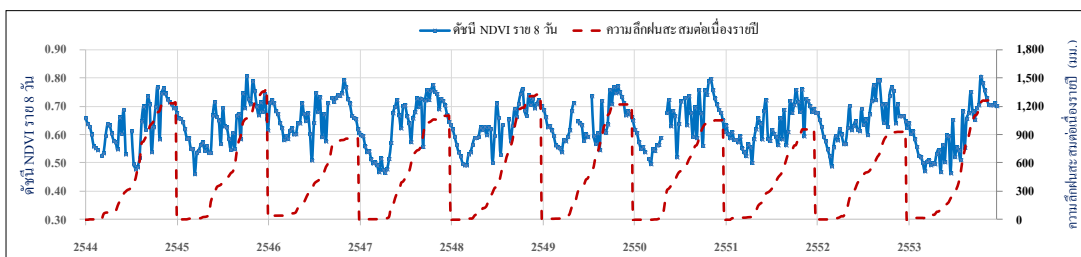


4) กลุ่มน้ำย่อยแมปิงส่วนที่ 2

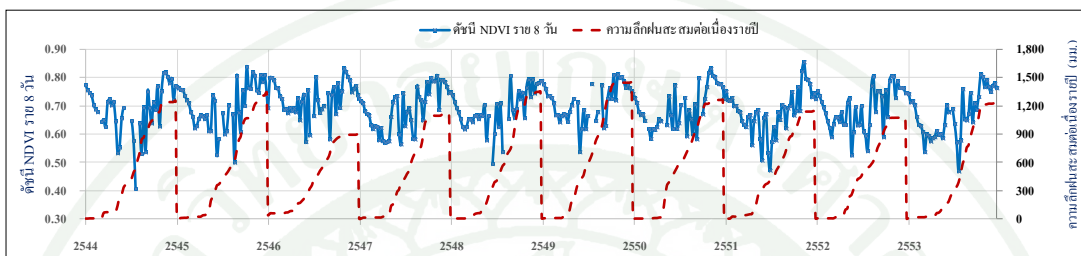


5) กลุ่มน้ำย่อยแม้ริม

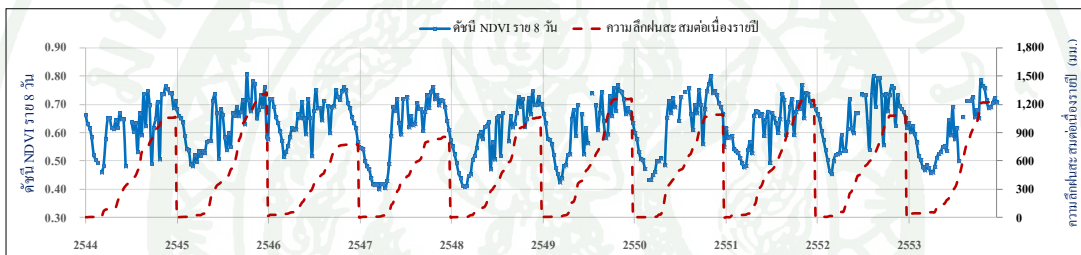
ภาพผนวกที่ จ2 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NDVI ราช 8 วัน และความถี่ฝนสะสมต่อเดือนในแต่ละปี



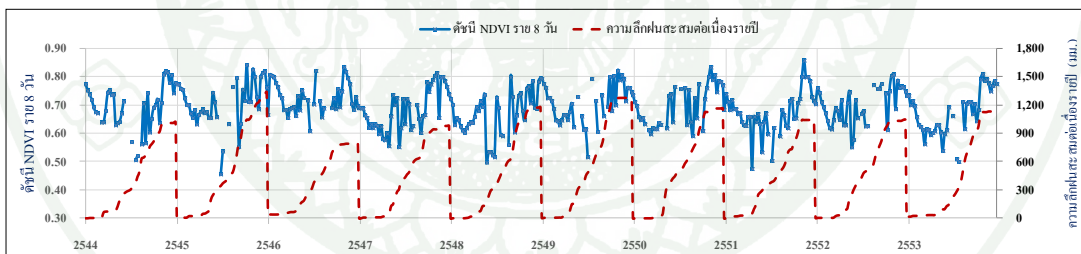
6) กลุ่มน้ำย่อยแม่กวาง



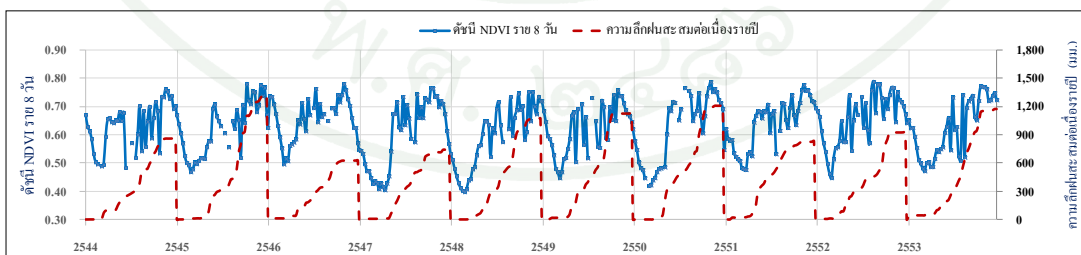
7) กลุ่มน้ำย่อยแม่งาน



8) กลุ่มน้ำย่อยแม่ลี

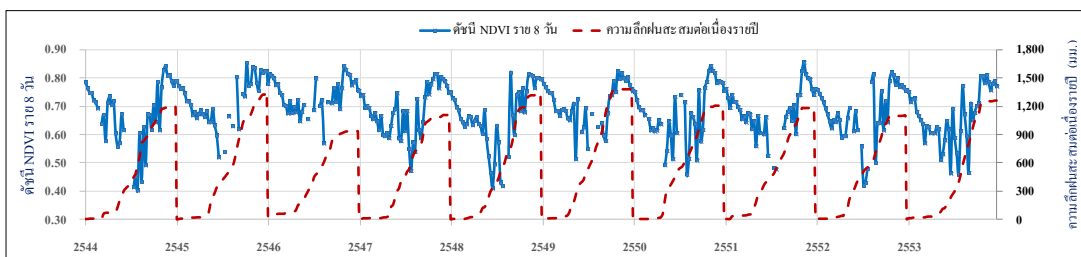


9) กลุ่มน้ำย่อยแม่กลาง

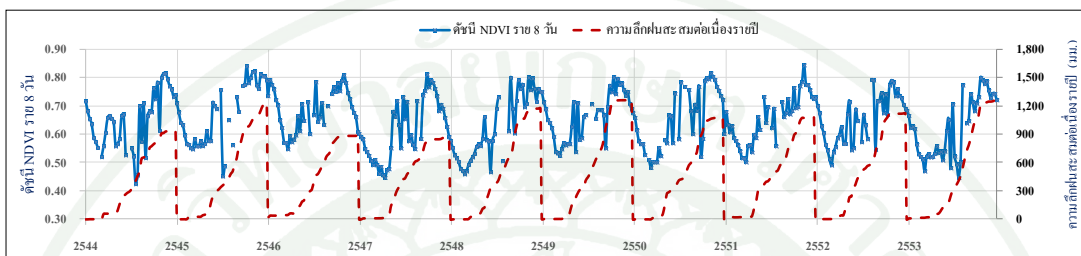


10) กลุ่มน้ำย่อยแม่ปึงส่วนที่ 3

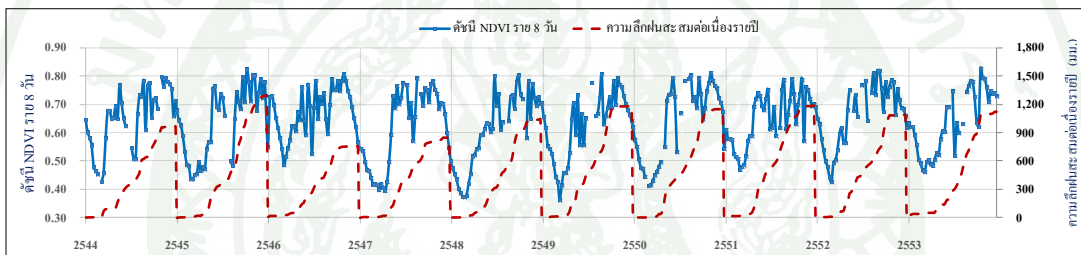
ภาพผนวกที่ จ2 (ต่อ)



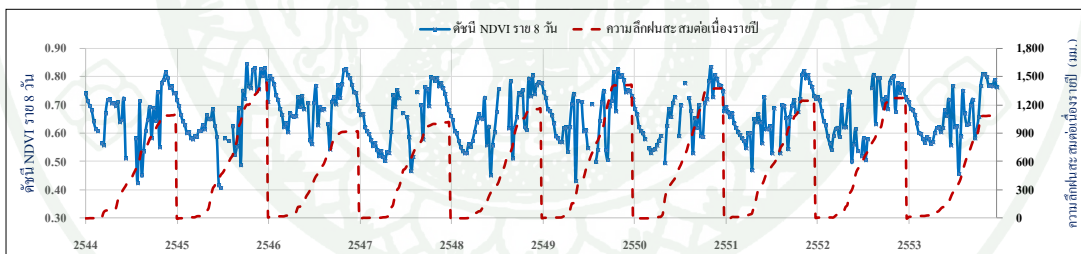
11) กลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน



12) กลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนล่าง

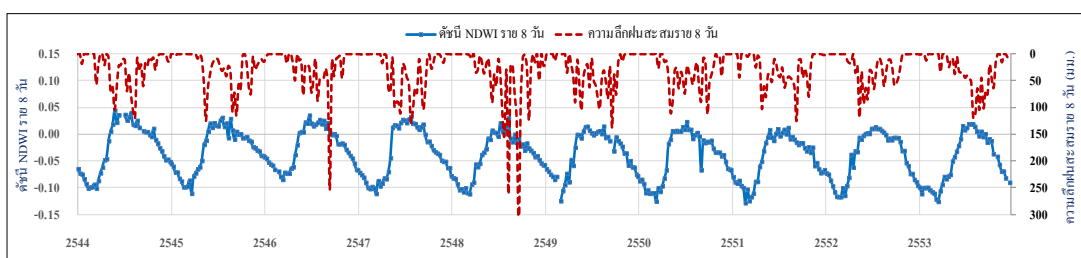


13) กลุ่มน้ำย่อยแม่หาด

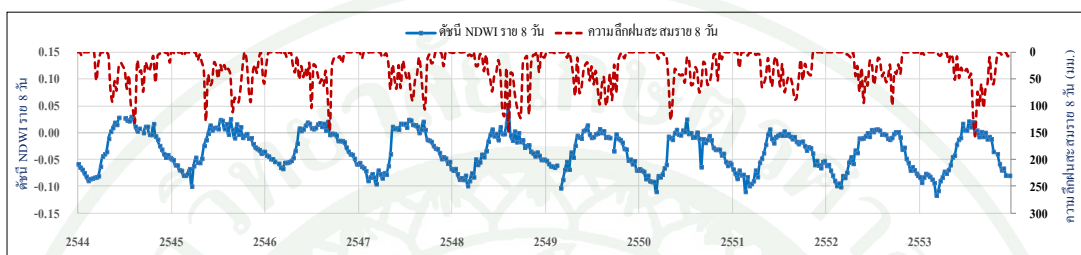


14) กลุ่มน้ำย่อยแม่ต้น

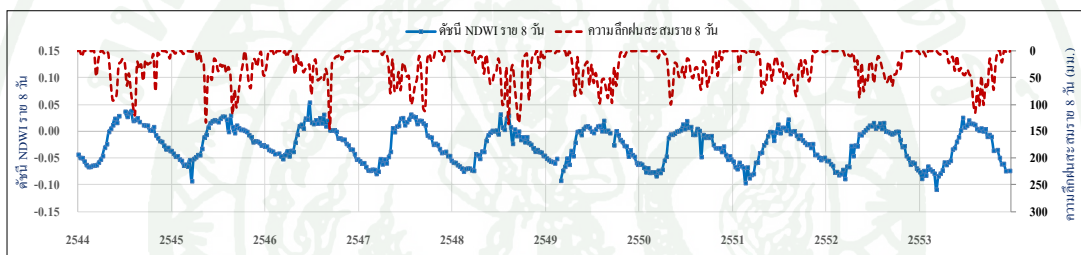
ภาพผนวกที่ ๑2 (ต่อ)



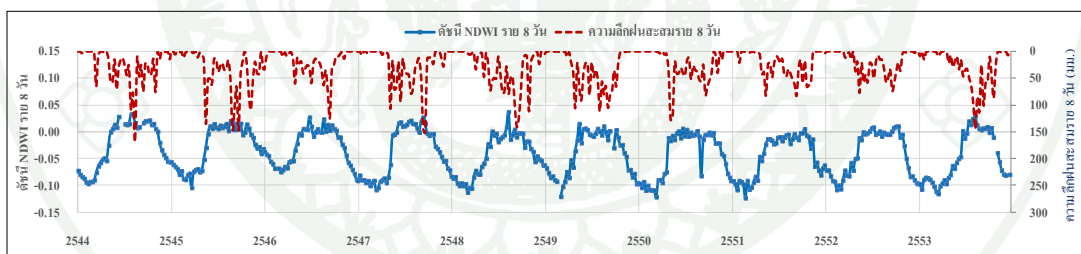
1) กลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1



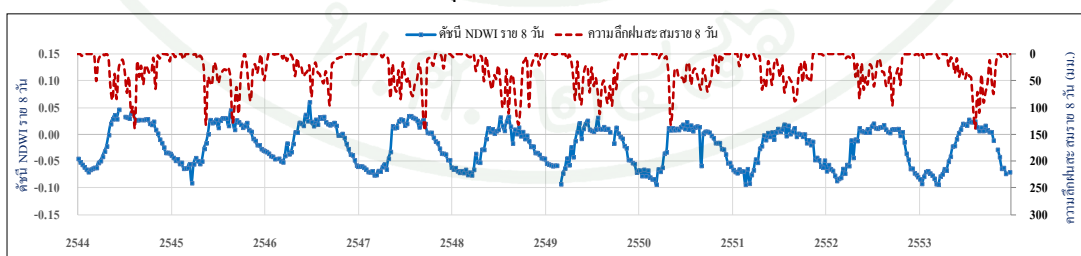
2) กลุ่มน้ำย่อยแม่จืด



3) กลุ่มน้ำย่อยแม่แตง

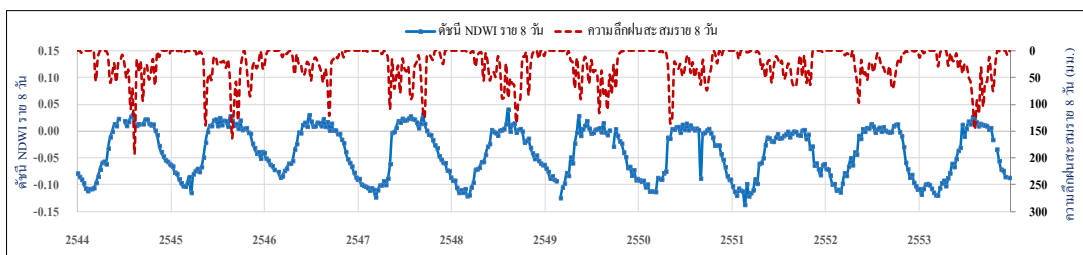


4) กลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 2

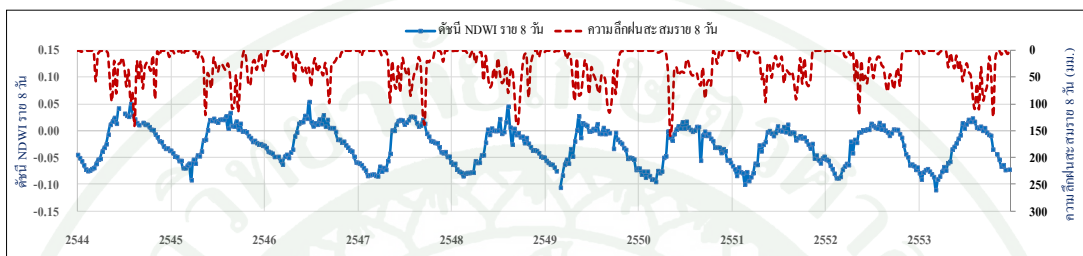


5) กลุ่มน้ำย่อยแม่ริม

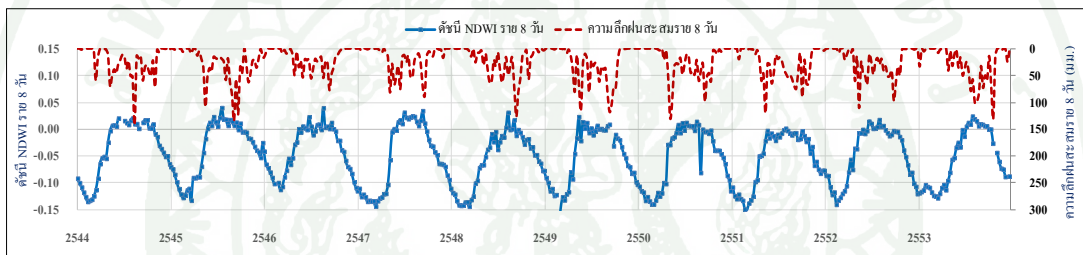
ภาพผนวกที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NDWI ราย 8 วัน และความถี่ฝนสะสมราย 8 วัน



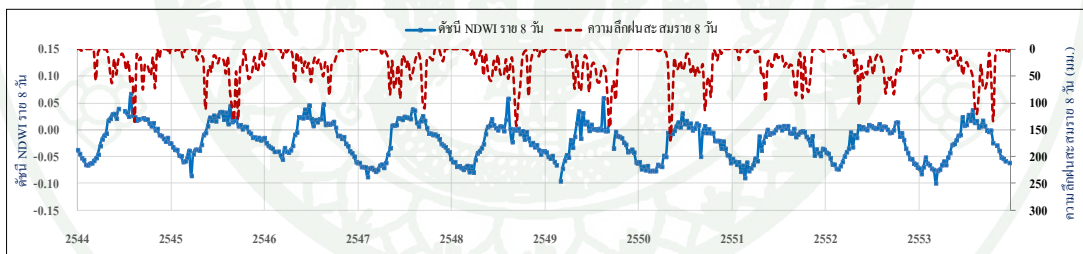
6) กลุ่มน้ำย่อยแม่กวัง



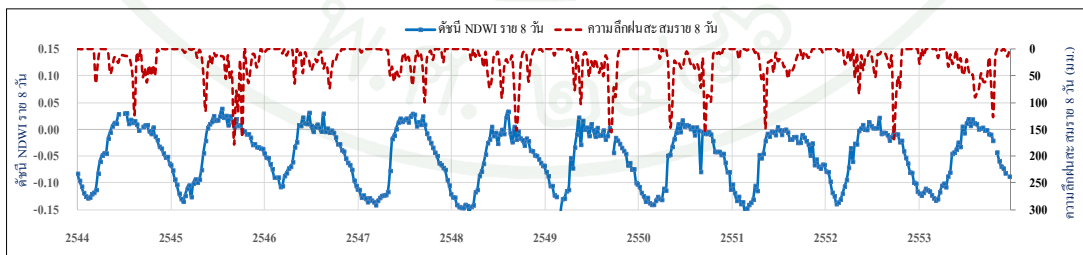
7) กลุ่มน้ำย่อยแม่งาน



8) กลุ่มน้ำย่อยแม่ลี

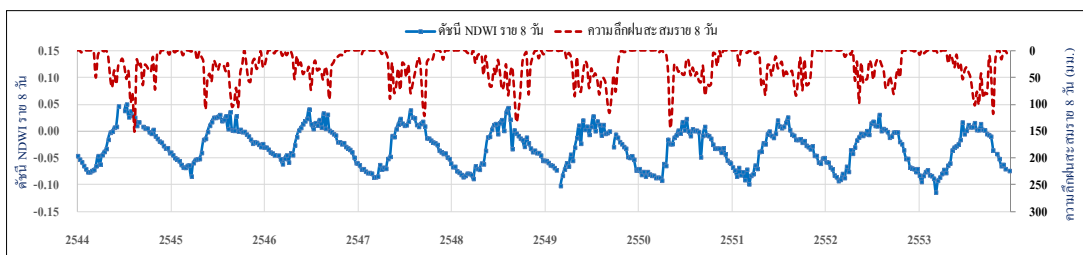


9) กลุ่มน้ำย่อยแม่กลาง

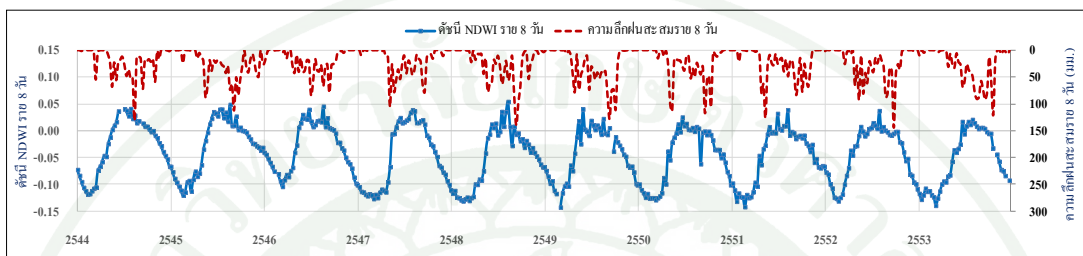


10) กลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 3

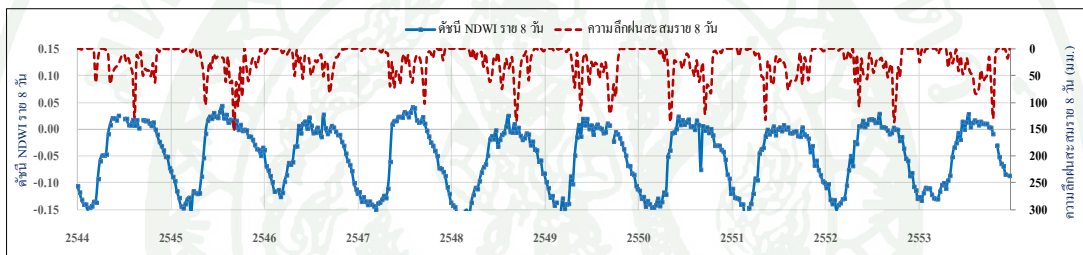
ภาพผนวกที่ จ3 (ต่อ)



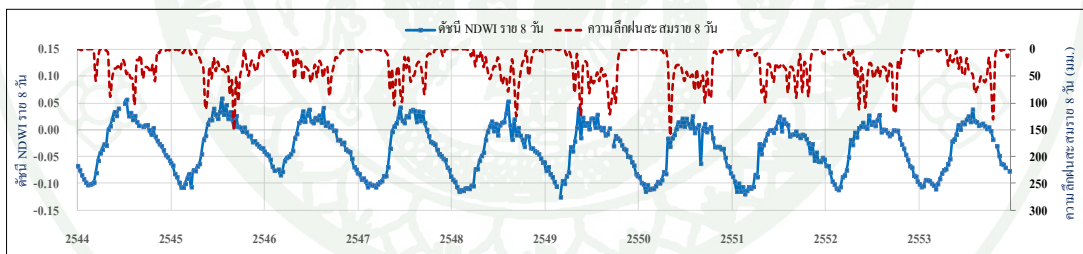
11) กลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน



12) กลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนล่าง

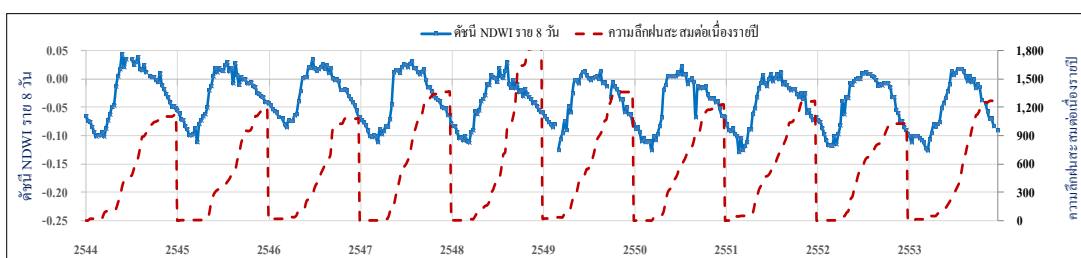


13) กลุ่มน้ำย่อยแม่หาด

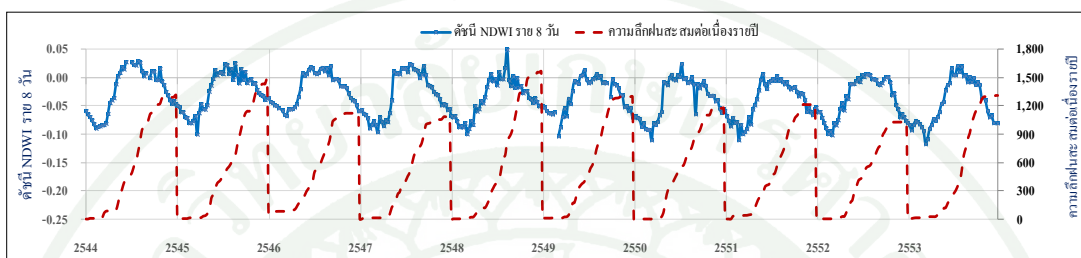


14) กลุ่มน้ำย่อยแม่ต๋น

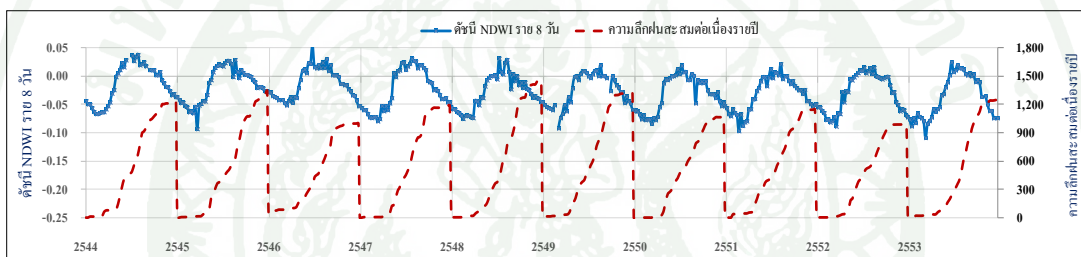
ภาพผนวกที่ ๑3 (ต่อ)



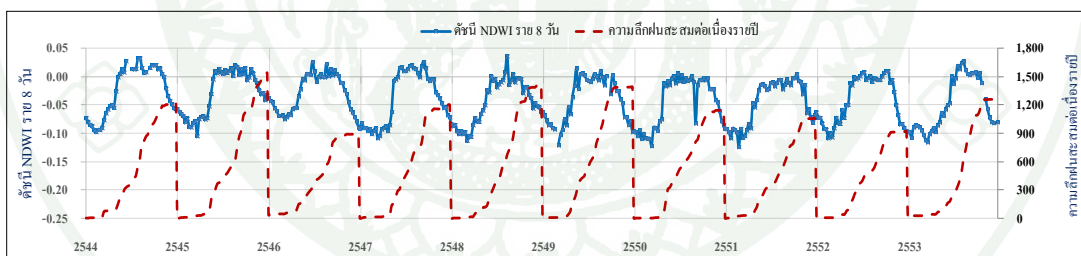
1) กลุ่มน้ำย่อยแมปิงส่วนที่ 1



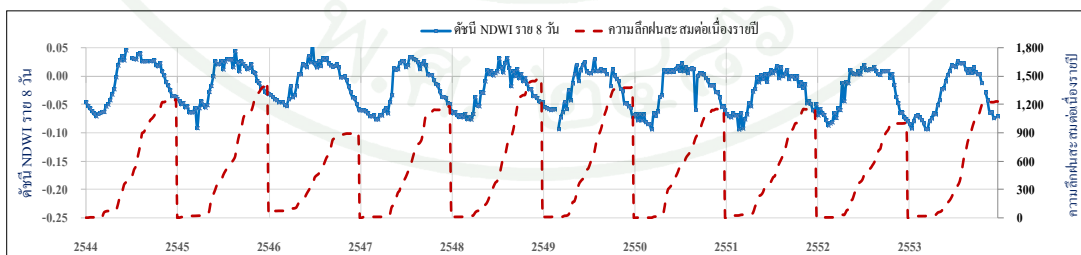
2) กลุ่มน้ำย่อยแม้งัด



3) กลุ่มน้ำย่อยแม้แดง

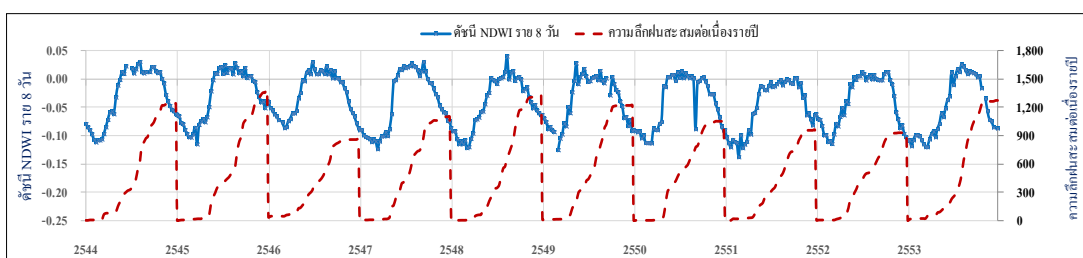


4) กลุ่มน้ำย่อยแมปิงส่วนที่ 2

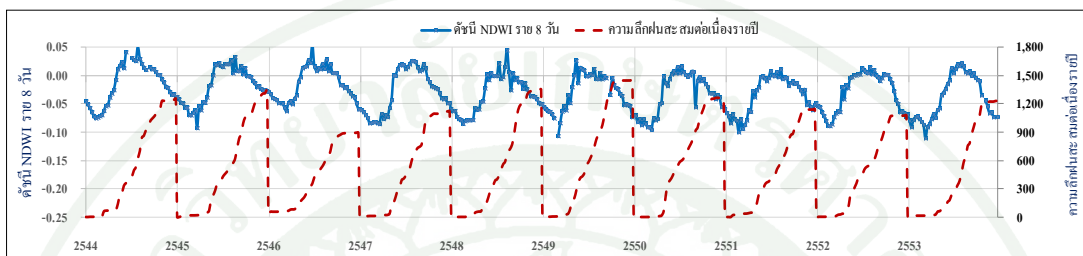


5) กลุ่มน้ำย่อยแม้ริม

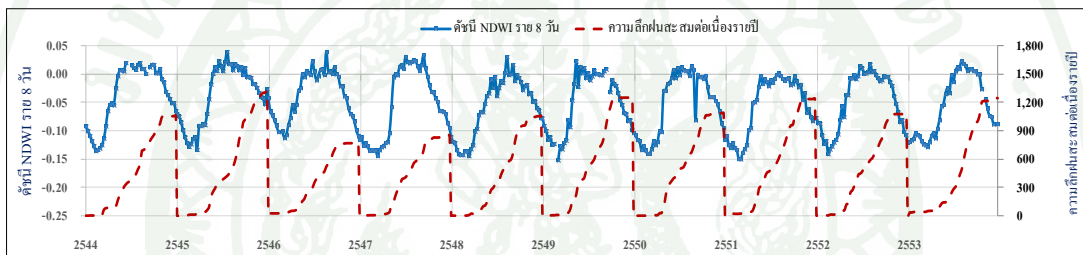
ภาพผนวกที่ จ4 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NDWI ราย 8 วัน และความลึกฝนสะสมต่อเนื่องในแต่ละปี



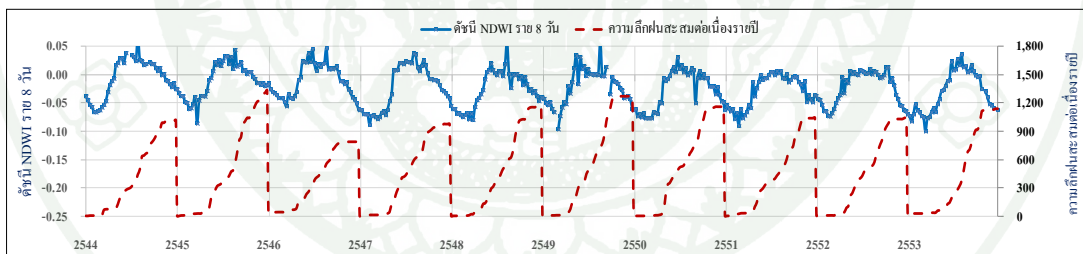
6) ลุ่มน้ำย่อยแม่กวาง



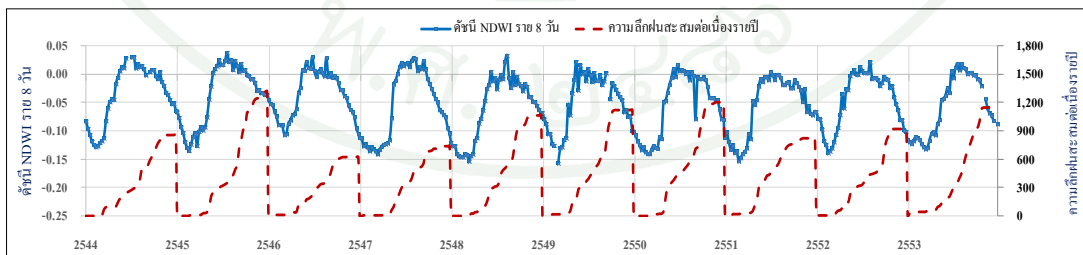
7) ลุ่มน้ำย่อยแม้งาน



8) ลุ่มน้ำย่อยแม่ลี



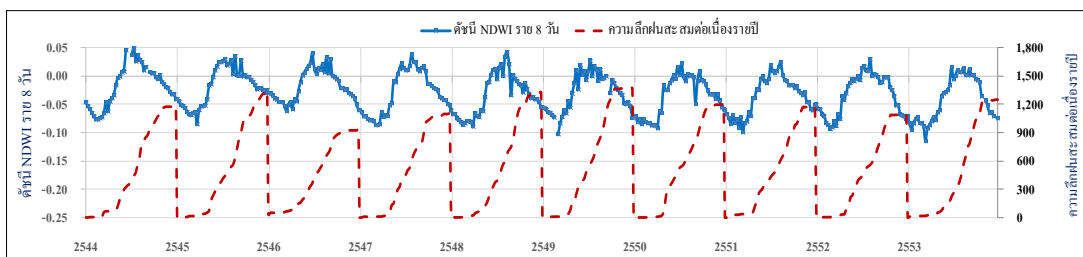
9) ลุ่มน้ำย่อยแม่กลาง



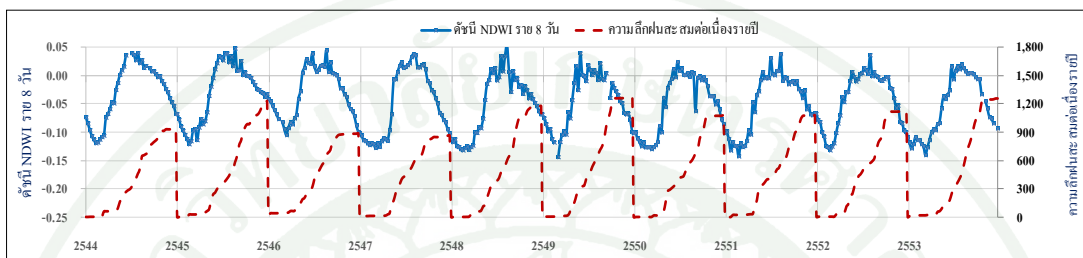
10) ลุ่มน้ำย่อยแม่บึงส่วนที่ 3

ภาพผนวกที่ ๑4 (ต่อ)

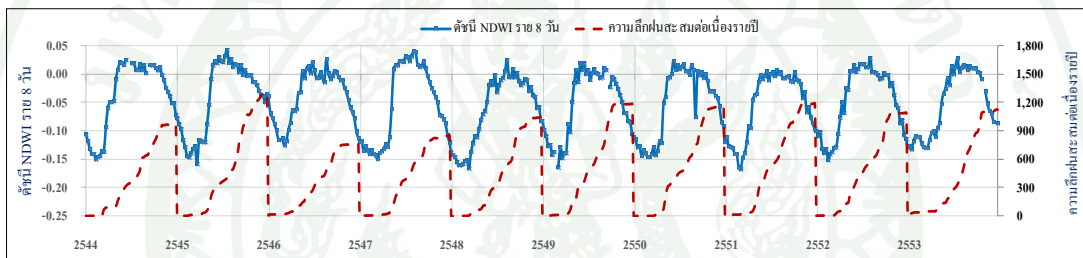




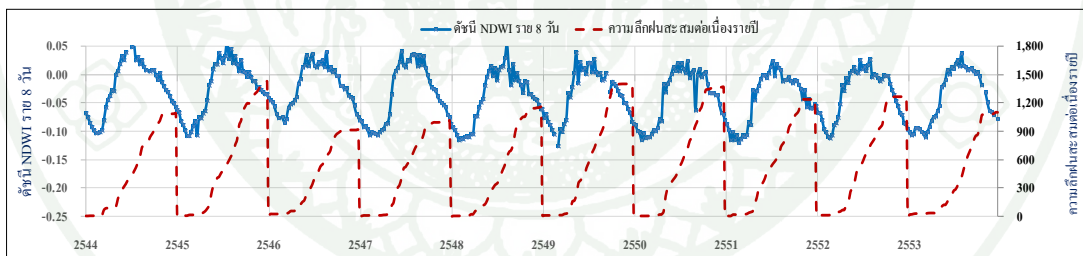
11) กลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน



12) กลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนล่าง

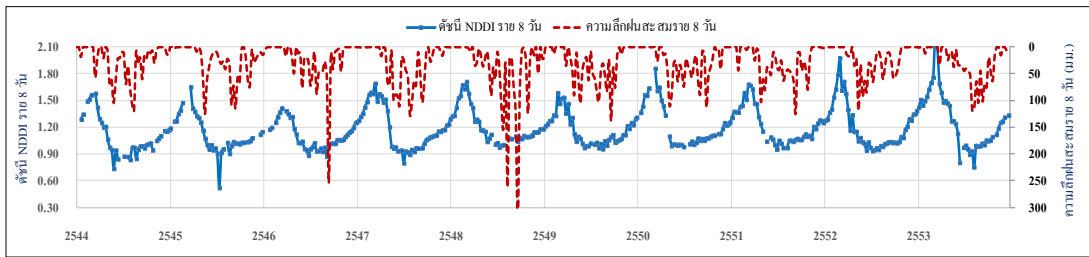


13) กลุ่มน้ำย่อยแม่หาด

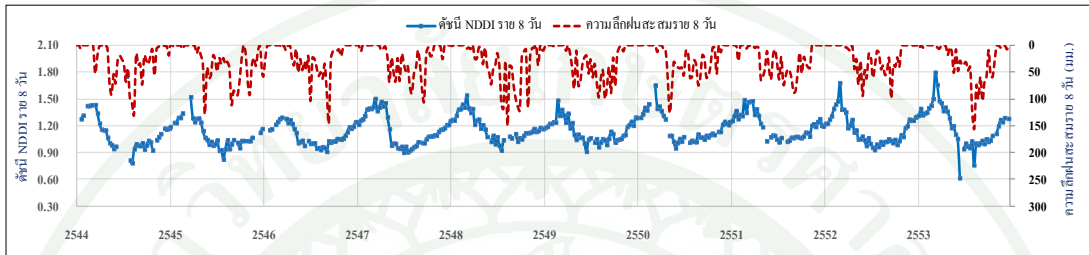


14) กลุ่มน้ำย่อยแม่ต๋น

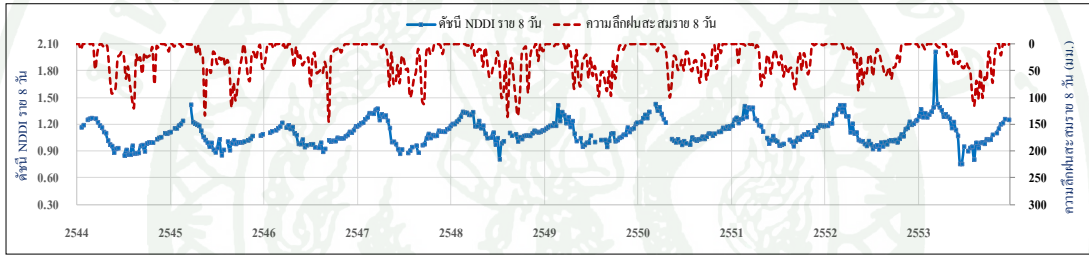
ภาพผนวกที่ ๑4 (ต่อ)



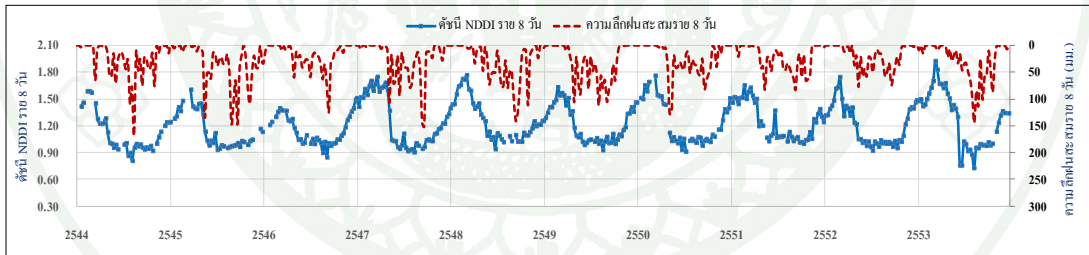
1) กลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1



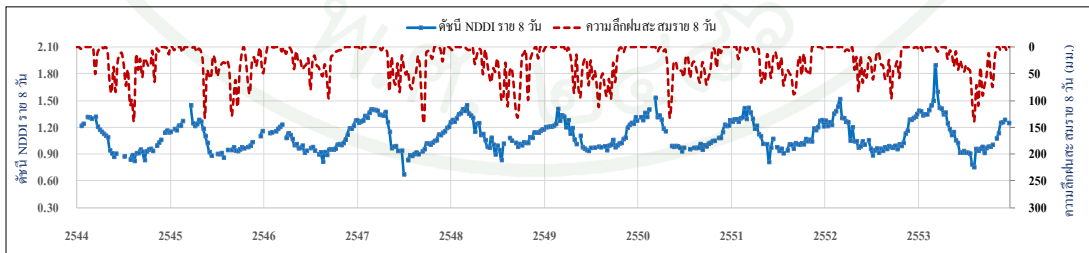
2) กลุ่มน้ำย่อยแม่จืด



3) กลุ่มน้ำย่อยแม่แตง

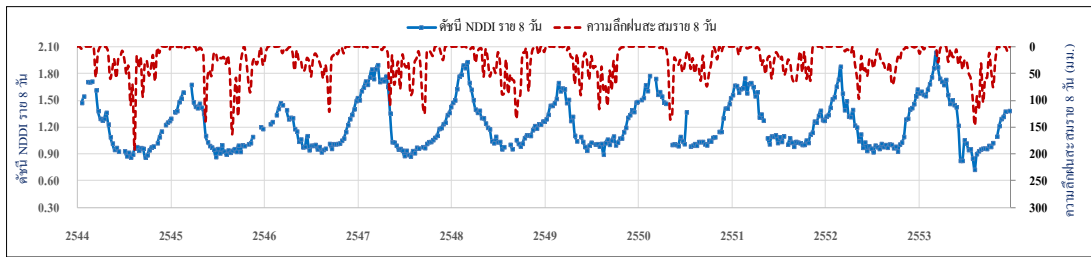


4) กลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 2

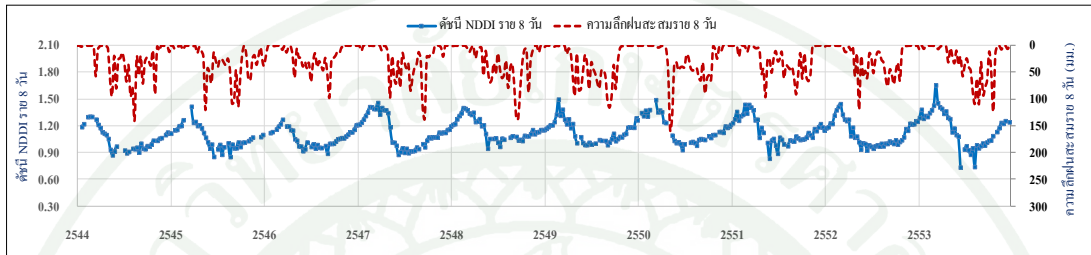


5) กลุ่มน้ำย่อยแม่ริม

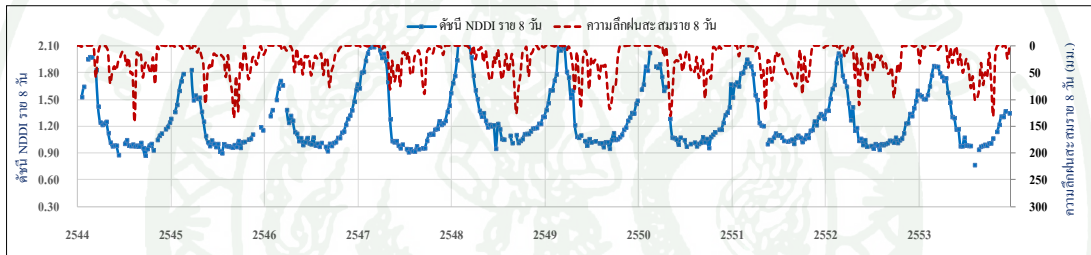
ภาพผนวกที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NDDI ราย 8 วัน และความลึกฝนสะสมราย 8 วัน



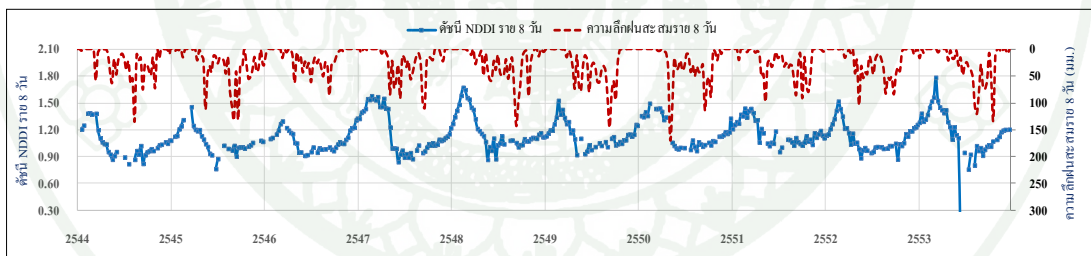
6) กลุ่มน้ำย่อยแม่กวาง



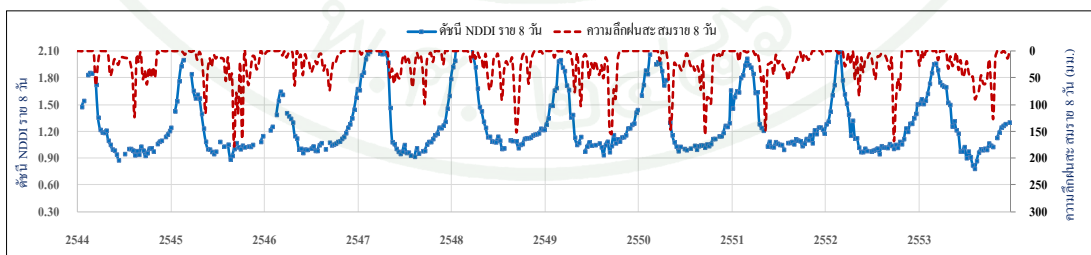
7) กลุ่มน้ำย่อยแม่งาน



8) กลุ่มน้ำย่อยแม่ลี

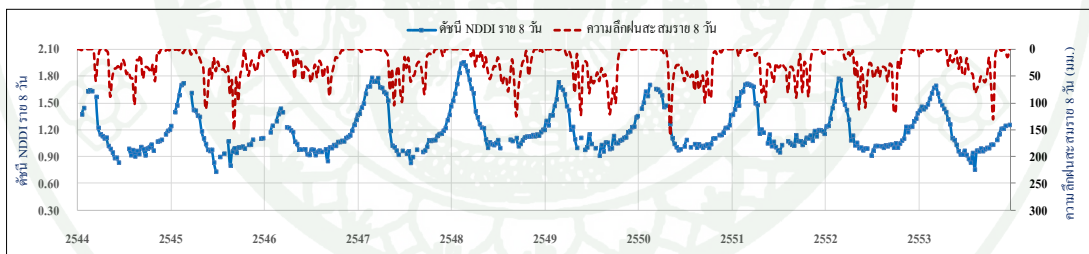
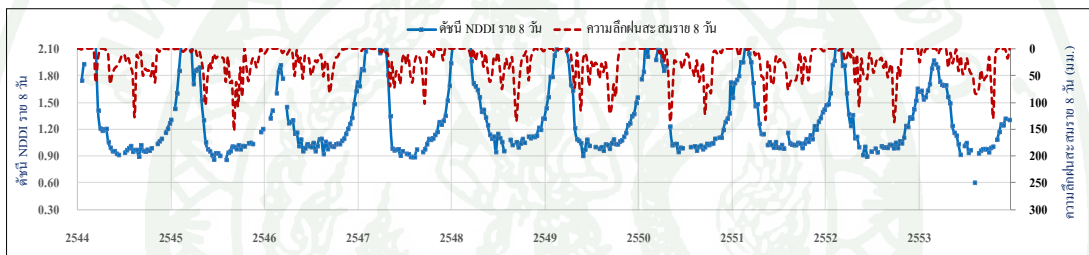
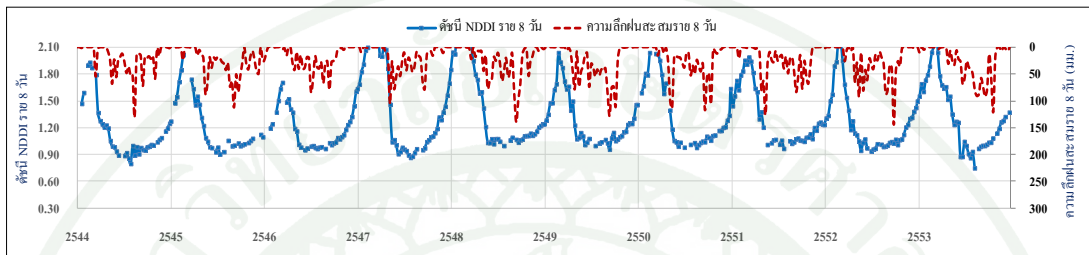
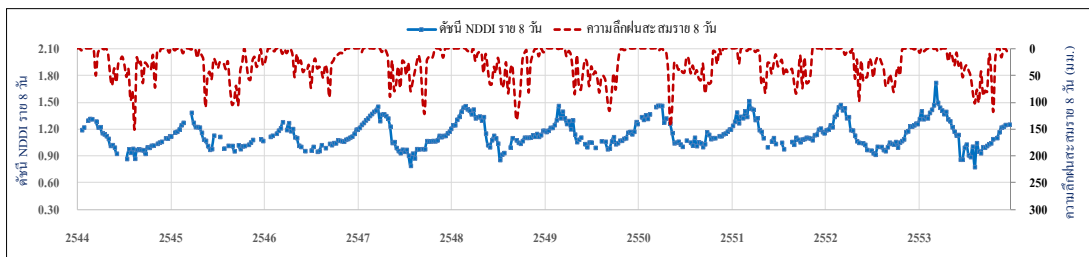


9) กลุ่มน้ำย่อยแม่กลาง

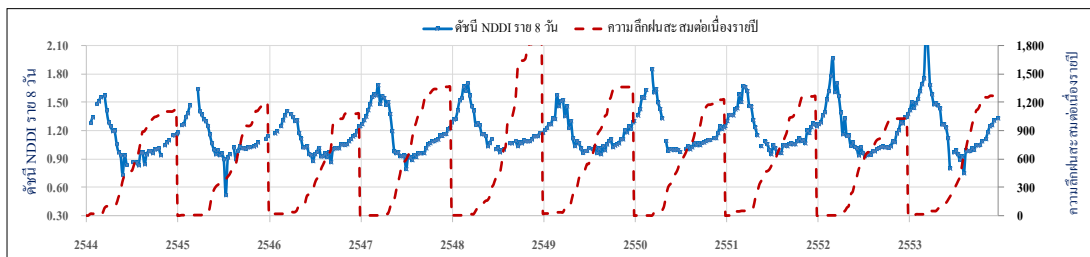


10) กลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 3

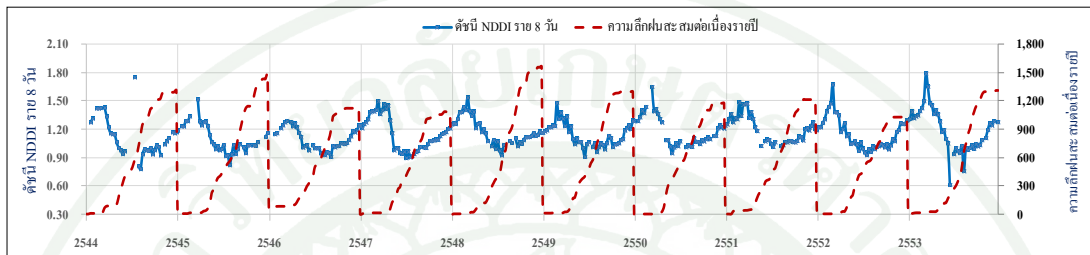
ภาพผนวกที่ จ5 (ต่อ)



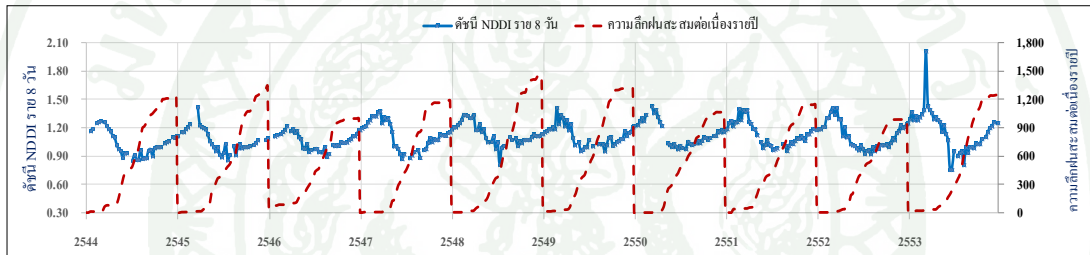
ภาพผนวกที่ ๑5 (ต่อ)



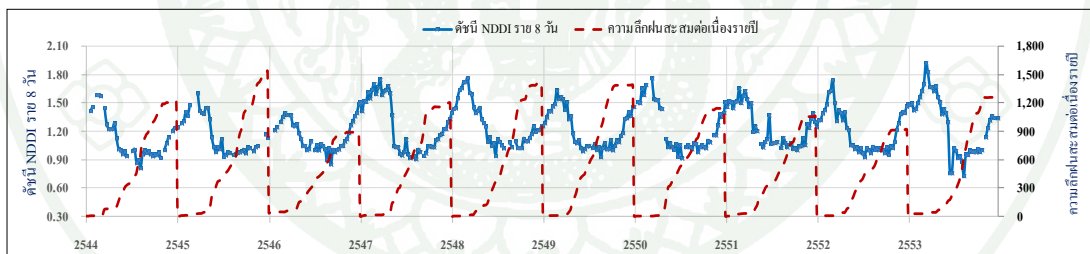
1) กลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 1



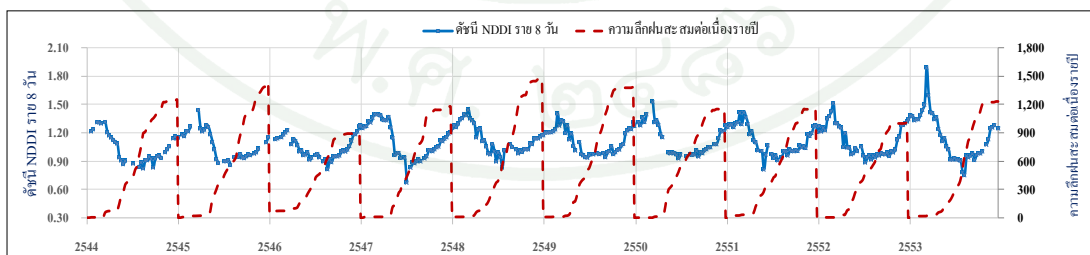
2) กลุ่มน้ำย่อยแม่จัด



3) กลุ่มน้ำย่อยแม่แตง

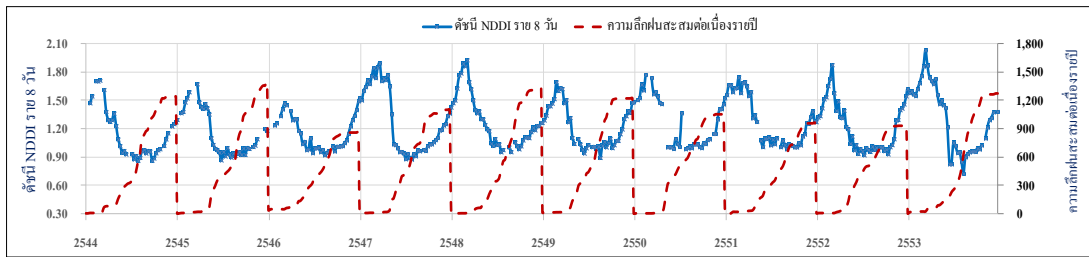


4) กลุ่มน้ำย่อยแม่ปิงส่วนที่ 2

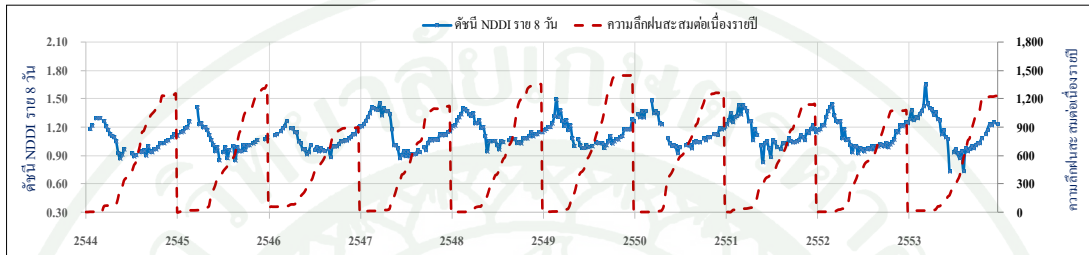


5) กลุ่มน้ำย่อยแม่ริม

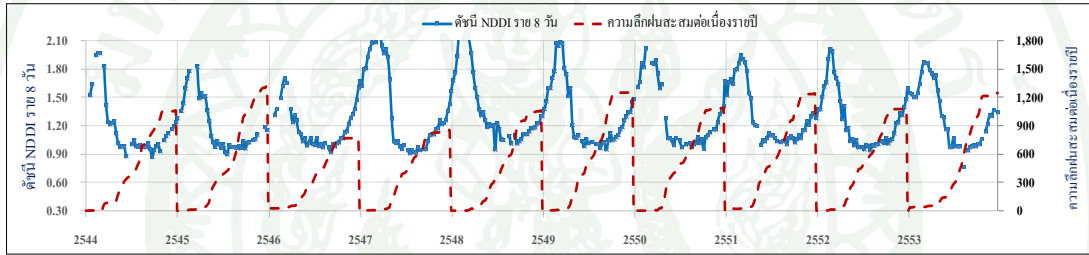
ภาพผนวกที่ ๖ ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี *NDDI* ราย 8 วัน และความลึกฝนสะสมต่อปีในแต่ละปี



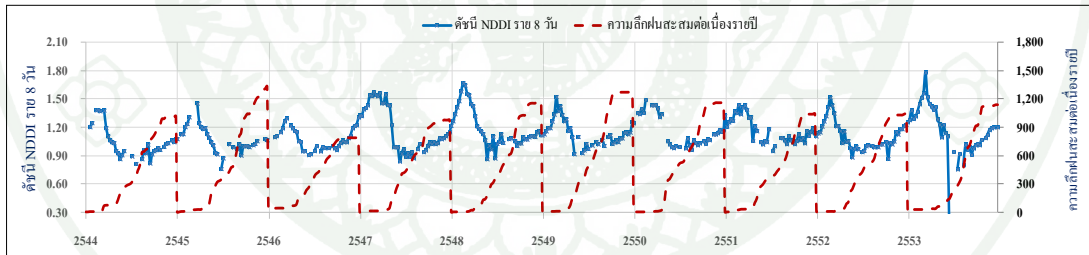
6) กลุ่มน้ำย่อยแม่กวาง



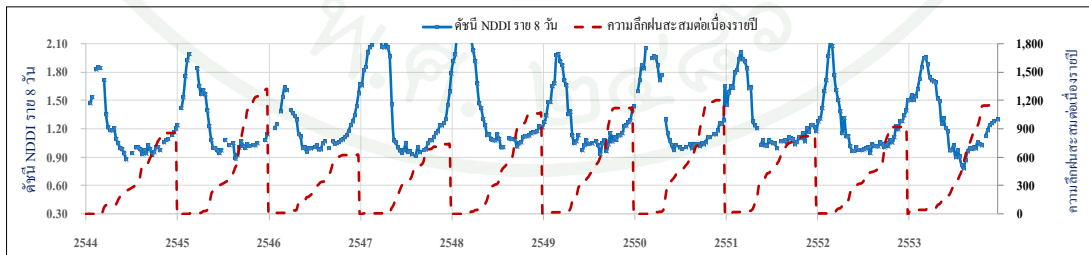
7) กลุ่มน้ำย่อยแม่จาง



8) กลุ่มน้ำย่อยแม่ลี

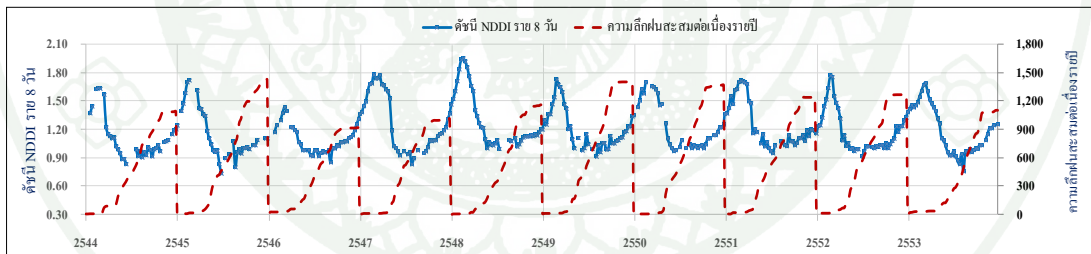
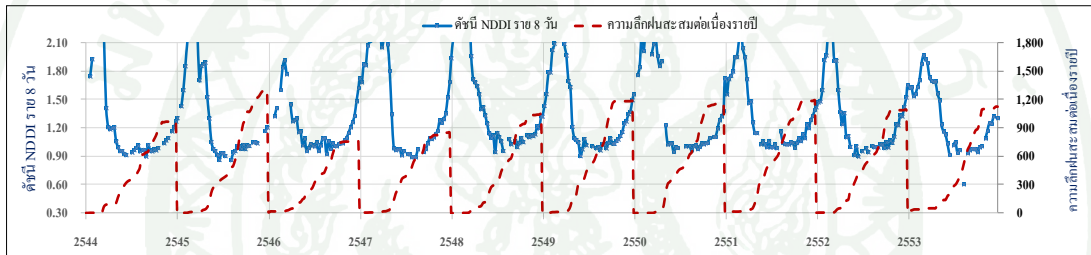
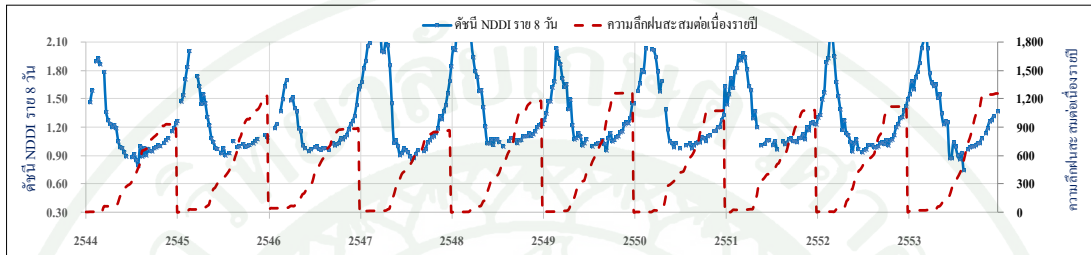
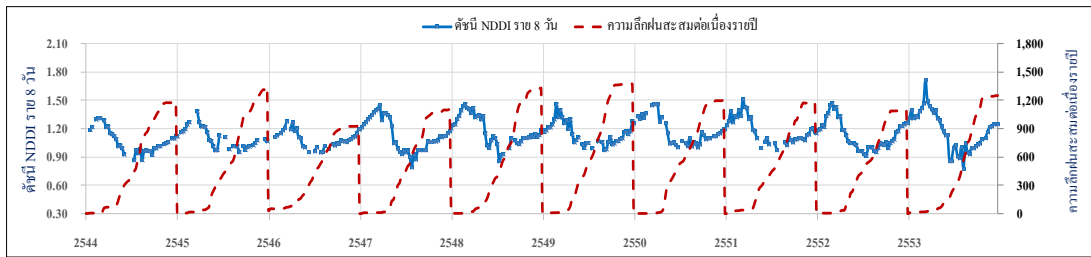


9) กลุ่มน้ำย่อยแม่กลาง



10) กลุ่มน้ำย่อยแม่บึงส่วนที่ 3

ภาพผนวกที่ จ6 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ ๖ (ต่อ)

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นายทองศักดิ์ สุขศิริ  
 เกิดวันที่ 21 มีนาคม 2525  
 สถานที่เกิด อำเภอตะพานหิน จังหวัดพิจิตร  
 ประวัติการศึกษา คอ.บ. (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
 ตำแหน่งปัจจุบัน วิศวกรชลประทานปฏิบัติการ  
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน สำนักงานชลประทานที่ 4 กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์  
 ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -  
 ทุนการศึกษาที่ได้รับ -