



## ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NMDI และความลึกฝนสะสม ในลุ่มน้ำปิงตอนบน

### Relationships between NMDI and Accumulated Rainfall Depth in the Upper Ping River Basin

เอกรินทร์ แมะกัน<sup>1</sup> นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (son\_petroleum@hotmail.com)

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (fengnns@ku.ac.th)

#### บทคัดย่อ

ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายเพื่อใช้ประเมินดัชนีภัยแล้งอันเนื่องมาจากความสามารถในการแสดงค่าของดัชนีที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ที่ศึกษา ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงนำข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลราย 8 วัน ที่ตรวจวัดได้จากดาวรับรู้ MODIS ที่ติดตั้งบนดาวเทียม Terra ที่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน ในช่วงปี พ.ศ. 2547 ถึงปี พ.ศ. 2548 มาใช้เพื่อประเมินค่าดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของแบนด์ผสมของภัยแล้ง (NMDI) เนื่องจาก NMDI มีลักษณะเฉพาะคือจะไม่ได้รับผลกระทบจากเมฆ และมีความสามารถในการประเมินความแห้งแล้งของดินแยกจากความแห้งแล้งของพืชพรรณได้ นอกจากนี้แล้ว การศึกษานี้ยังได้นำค่าของดัชนี NMDI มาหาความสัมพันธ์กับความลึกฝนสะสมราย 8 วัน (กรณีที่ 1) และกับความลึกฝนสะสมในแต่ละปี (กรณีที่ 2) สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำย่อย ในลุ่มน้ำปิงตอนบน จากผลการศึกษาพบว่าดัชนี NMDI เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบนมีค่าระหว่าง 0.37-0.56 โดยมีค่าเฉลี่ยในฤดูฝนและฤดูแล้งประมาณ 0.51 และ 0.43 ตามลำดับ นอกจากนี้แล้ว ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ค่าของดัชนี NMDI มีความสัมพันธ์กับความลึกฝนสะสมในช่วงฤดูฝนในแต่ละลุ่มน้ำย่อย (กรณีที่ 2) มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในกรณีที่ 1 และ 2 ของทุกลุ่มน้ำย่อยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.33 และ 0.70 ตามลำดับ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า NMDI เป็นดัชนีภัยแล้งที่มีความน่าเชื่อถือที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการติดตามสภาพภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล, ดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของแบนด์ผสมของภัยแล้ง, การประเมินค่าส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง,

นายเอกรินทร์ แมะกัน (Ekkarin Maekan)

E-mail address: son\_petroleum@hotmail.com

#### ลุ่มน้ำปิงตอนบน

#### Abstract

Remotely sensed data have been widely accepted to evaluate drought indices according to their ability to present different values over the area of interest. Therefore, the 8 day-period satellite data sensed by the Terra's Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer covering the Upper Ping River Basin (UPRB) between 2004 and 2005 were used to evaluate the NMDI in this study. This is according to the characteristics of NMDI which is not affected by cloud cover and can be used to differentiate between drought within the soil and vegetation. Moreover, NMDI values were also related to the accumulated 8 day-rainfall depth (case I) as well as to the accumulated daily rainfall depth within each year (case II) at 14 sub-catchments in the UPRB. The results showed that the averaged NMDI for each sub-catchment vary between 0.37 and 0.56, with the averaged values in the wet and dry seasons of around 0.51 and 0.43, respectively. The results also showed that NMDI values show significantly higher relationships to the accumulated daily rainfall depth during the wet season at each sub-catchment (case II) than the relationships to the accumulated 8 day-rainfall depth (case I). The averaged correlation coefficient value for case I and case II of all sub-catchments are approximately 0.33 and 0.70. The results indicated that NMDI is a promising drought index that can be effectively used for drought monitoring.

Keywords: Remote Sensing, Normalized Multiband Drought Index (NMDI), Inverse Distance Square (IDS), The Upper Ping River Basin.

## 1. คำนำ

ภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่เกิดจากความแปรปรวนของฝนทั้งในด้านปริมาณฝนที่ลดลงกว่าค่าปกติ เวลาของการเกิดฝนที่เปลี่ยนไปจากที่เคยเกิด ตลอดจนการกระจายตัวของปริมาณฝนตามพื้นที่ที่ไม่ปกติ [1-2] ภัยแล้งสามารถแบ่งออกตามผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ 4 ด้าน คือ (1) ด้านอุทกนิยมนวิทยา ซึ่งเกี่ยวข้องกับสัมพันธ์กับปริมาณฝน (2) ด้านการเกษตร ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ในรากพืชและผลผลิตทางการเกษตร (3) ด้านอุทกวิทยา ซึ่งเกี่ยวข้องกับการลดลงของปริมาณน้ำท่า น้ำใต้ดิน และระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ (4) ด้านเศรษฐกิจสังคม ซึ่งเกี่ยวข้องกับความไม่สามารถส่งน้ำได้ตามความต้องการน้ำที่เกี่ยวข้องกับด้านสังคม [3]

ภัยแล้งสามารถประเมินได้โดยใช้ดัชนีที่คำนวณจากตัวแปรด้านอุทกนิยมนวิทยา เช่น ดัชนี SPI [4-5] ดัชนี PDSI [6] เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ดัชนีเหล่านี้เป็นการประเมินแบบจุด ณ สถานที่ตรวจวัด ดังนั้น ในกรณีที่ต้องการประเมินด้านอุทกนิยมนวิทยามีน้อยจะส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของผลการประเมินดัชนีเหล่านั้น ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงได้มีการนำเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลมาใช้ในการประเมินดัชนีภัยแล้ง เนื่องจากเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลนั้น ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความต่อเนื่องในเชิงพื้นที่และเวลา สำหรับดัชนีภัยแล้งที่ประเมินจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลที่เป็นที่ยอมรับทั่วไปมีหลายดัชนี อาทิเช่น ดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) [7] ดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของน้ำ (Normalized Difference Water Index, NDWI) [8] และ ดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของรังสีอินฟราเรด (Normalized Difference Infrared Index, NDII) [9] เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ดัชนีเหล่านี้ยังคงมีปัญหาในบางประการ ตัวอย่างเช่น NDVI เป็นดัชนีที่ได้รับผลกระทบจากเมฆปกคลุม เนื่องจากค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นที่นำมาสร้างดัชนีคือช่วงคลื่นสีแดง (คลื่นที่สายตามองเห็น) นั้นจะถูกดูดกลืนค่าจากเมฆ เป็นผลให้ได้ค่าการสะท้อนกลับน้อยกว่าความเป็นจริง [10] สำหรับในส่วนของ ดัชนี NDWI และ NDII นั้น Wang and Qu [11] ได้กล่าวไว้ว่า ดัชนีทั้งสองนี้ มีข้อจำกัดในด้านความไม่แน่นอนของผลที่ได้จากค่าดัชนี เนื่องจากช่วงคลื่นที่นำมาใช้ยังไม่สามารถขจัดอิทธิพลของการสะท้อนจากพื้นดินออกไปได้ โดยการสะท้อนจากเรือนยอดพืชจะได้รับผลกระทบจากคุณสมบัติของพื้นดินด้านล่างเรือนยอด โดยเฉพาะจากดินที่มีความชื้นบริเวณผิวดินมาก เป็นผลให้ความชื้นของดินถูกนำไปรวมในการประเมินสภาพภัยแล้งที่เกิดกับพืชพรรณด้วย

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของแบนด์ผสมของภัยแล้ง (Normalized Multi-Band Drought Index, NMDI) มาใช้เพื่อตรวจสอบสภาพภัยแล้งสำหรับพื้นที่ศึกษา (ลุ่มน้ำปิงตอนบน) เนื่องจากเหตุผลที่สำคัญ 2 ประการ คือ (1) ดัชนี NMDI เป็นการนำค่าการสะท้อนจากช่วงอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR) 2 ช่วงคลื่น ซึ่งสามารถทะลุผ่านเมฆหรือหมอกที่หนาเกินกว่าแสงธรรมดามองผ่านไปได้ ทำให้ผลกระทบที่เกิดจากเมฆปกคลุมที่มีต่อดัชนี NMDI มีน้อยมาก ซึ่งจัดว่าเป็นข้อได้เปรียบเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีอื่น ๆ อาทิเช่น ดัชนี NDVI และ NDWI และ (2) ดัชนี NMDI มีคุณสมบัติพิเศษ

ในการติดตามตรวจสอบความชื้นของดินแยกออกจากความชื้นในพืชได้ ซึ่งรายละเอียดแสดงไว้ในหัวข้อ 2.2 ในเรื่องทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง [11-12]

ในการศึกษานี้ นอกจากจะเป็นการนำดัชนี NMDI มาใช้ตรวจสอบสภาพภัยแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนแล้ว ยังได้ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NMDI กับความลึกฝน ทั้งนี้ เนื่องจากฝนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อการเกิดภัยแล้ง ดังนั้น ในกรณีที่พบว่าดัชนี NMDI มีความสัมพันธ์ที่ดีกับความลึกฝนก็สามารถสร้างความเชื่อถือได้ว่า ดัชนี NMDI เป็นดัชนีที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการประเมินสภาพความแห้งแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

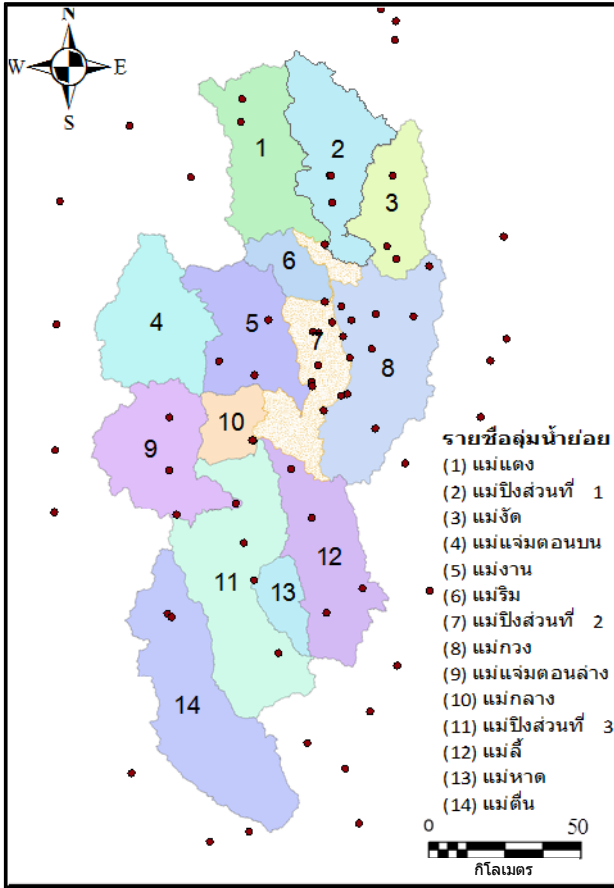
## 2. พื้นที่ศึกษาและขั้นตอนการดำเนินงาน

### 2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูด  $17^{\circ} 14' 30''$  ถึง  $19^{\circ} 47' 52''$  เหนือ และระหว่างเส้นลองจิจูด  $98^{\circ} 4' 30''$  ถึง  $99^{\circ} 22' 30''$  ตะวันออก และมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 25,370 ตารางกิโลเมตร ลุ่มน้ำปิงตอนบนแยกออกจากลุ่มน้ำปิงตอนล่างโดยเขื่อนภูมิพล ซึ่งมีความจุใช้งานประมาณ 9,700 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ลุ่มน้ำปิงตอนบนครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน โดยลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อนปกคลุมด้วยป่าไม้วางตัวตามแนวเหนือ-ใต้ ลุ่มน้ำปิงตอนบนประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อยจำนวน 14 ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งประกอบด้วย (1) แม่แตง (2) แม่ปิงส่วนที่ 1 (3) แม่จืด (4) แม่แจ่มตอนบน (5) แม่จาง (6) แม่ริม (7) แม่ปิงส่วนที่ 2 (8) แม่กว้ง (9) แม่แจ่มตอนล่าง (10) แม่กลาง (11) แม่ปิงส่วนที่ 3 (12) แม่ลี้ (13) แม่หาด (14) แม่ตื้น ดังแสดงในรูปที่ 1 สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของลุ่มน้ำอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และอิทธิพลจากพายุดีเปรสชัน ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีฝนตกชุกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,100 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีประมาณ 270 มิลลิเมตร และมีอุณหภูมิเฉลี่ย (วัดได้ที่สถานีอุทกนิยมนวิทยาจังหวัดเชียงใหม่) ระหว่าง  $14^{\circ}\text{C}$  ในเดือนมกราคม ถึง  $36^{\circ}\text{C}$  ในเดือนเมษายน [13]

### 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Sir William Herchel [14] ได้ค้นพบอินฟราเรดสเปกตรัมตั้งแต่ในปี ค.ศ. 1800 และได้ศึกษาจนพบว่า รังสีอินฟราเรดมีความสามารถทะลุผ่านเมฆและหมอกที่หนาเกินกว่าแสงธรรมดามองผ่านได้ นอกจากนี้ คลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) ซึ่งมีความยาวคลื่นในช่วง 0.75 ถึง 1.40 ไมโครเมตรสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี โดยเฉพาะด้านการสื่อสารเนื่องจากการสูญเสียของสัญญาณน้อยมาก แต่สามารถถูกดูดกลืนด้วยน้ำ และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR) ถูกดูดกลืนด้วยน้ำง่ายเช่นเดียวกัน ด้วยคุณสมบัติของช่วงคลื่นดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาดัชนีค่าปกติของแบนด์ผสมของภัยแล้ง (NMDI) ขึ้น โดยคำนวณได้จากสมการที่ (1) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของ 3 ช่วงคลื่น คือ คลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) ซึ่งมีศูนย์กลาง



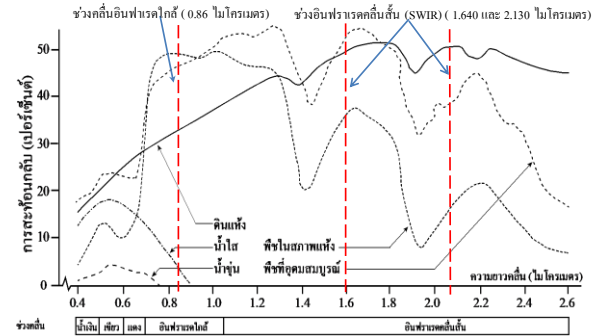
รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำปึงดอนบนและบริเวณโดยรอบ จำนวน 71 สถานี ที่ใช้ในการศึกษา

ความยาวช่วงคลื่นอยู่ประมาณ 0.860 ไมโครเมตร (แบนด์ที่ 2) และความยาวคลื่นในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR) ซึ่งมีศูนย์กลางความยาวช่วงคลื่นประมาณ 1.640 และ 2.130 ไมโครเมตร (แบนด์ที่ 6 และ 7 ตามลำดับ)

$$NMDI = \frac{(R_{0.860 \mu m}) - ((R_{1.640 \mu m}) - (R_{2.130 \mu m}))}{(R_{0.860 \mu m}) + ((R_{1.640 \mu m}) - (R_{2.130 \mu m}))} \quad (1)$$

เพื่อสร้างความเข้าใจในการประเมินค่าดัชนี NMDI จึงได้แสดงการสะท้อนกลับเชิงสเปกตรัมสำหรับพืช และดิน ดังในรูปที่ 2 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่เป็นการสะท้อนกลับของพืชที่อุดมสมบูรณ์ จะได้การสะท้อนกลับของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ความยาวช่วงคลื่น 0.860 ไมโครเมตร (แบนด์ที่ 2) ประมาณ 48% การสะท้อนกลับของช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นความยาวช่วงคลื่น 1.640 ไมโครเมตร (แบนด์ที่ 6) ประมาณ 53% และการสะท้อนกลับของช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นความยาวช่วงคลื่น 2.340 ไมโครเมตร (แบนด์ที่ 7) ประมาณ 42% ดังนั้น ค่าดัชนี NMDI ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (1) จะมีค่าเท่ากับ 0.63 ส่วนการสะท้อนกลับของพืชในสภาพแห้งนั้น จะได้จากการสะท้อนกลับของแบนด์ที่ 2, 6 และ 7 เท่ากับ 48%, 38% และ 18% ตามลำดับ ดังนั้น ค่าดัชนี NMDI จะมีค่าเท่ากับ 0.41 จึงแสดงให้เห็นว่า ดัชนี NMDI จะมีค่าสูงในกรณีที่พืชมีความอุดมสมบูรณ์และมีค่าต่ำเมื่อพืชมีสภาพแห้งแล้ง แต่ในกรณีที่พื้นดินแห้งนั้น การสะท้อนกลับของแบนด์ที่ 2, 6 และ 7 เท่ากับ 33%, 51% และ 50%

ตามลำดับ ดังนั้น ค่าดัชนี NMDI จะมีค่าเท่ากับ 0.94 จึงแสดงให้เห็นว่า ดัชนี NMDI จะมีค่าสูงในกรณีที่พื้นดินแห้ง ซึ่งนับได้ว่าตรงกันข้ามกับการตอบสนองของพืช ดังนั้น ดัชนี NMDI จึงมีความสามารถในการแยกแยะการตรวจสอบภัยแล้งที่เกิดกับดินและพืชพรรณได้



รูปที่ 2 การสะท้อนกลับเชิงสเปกตรัมสำหรับพืช ดิน และน้ำ ที่มา: ปรับปรุงจาก [12]

### 2.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ดัชนี NMDI

#### 2.3.1 การรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ดำเนินการดาวน์โหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra ระบบ MODIS ชุดผลิตภัณฑ์ MOD09A1 จากเว็บไซต์ <ftp://e4ftl01.cr.usgs.gov/MOLT> ในช่วงปี พ.ศ. 2547 ถึงปี พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นข้อมูลราย 8 วัน และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 500 เมตร โดยเลือกเฉพาะไฟล์ข้อมูลที่ครอบคลุมกลุ่มน้ำปึงดอนบน ทั้งนี้ ในช่วงเวลาดังกล่าวมีจำนวนภาพทั้งสิ้น 92 ภาพ

#### 2.3.2 การแปลงไฟล์ข้อมูล HDF-EOS ให้เป็นไฟล์ข้อมูล GeoTIFF

ดำเนินการประยุกต์ใช้โปรแกรม HEG (The HDF-EOS To GeoTIFF Conversion Tool) เพื่อแยกแบนด์ 1-7 ออกจาก HDF-EOS และแปลงเป็นไฟล์ประเภท GeoTIFF พร้อมทั้งแก้ไขความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) โดยการแปลงพิกัดให้อยู่ในระบบ UTM WGS84 Zone 47N รวมทั้งการเฉลี่ยข้อมูลของจุดภาพ (pixels) โดยใช้วิธี Nearest Neighbor

#### 2.3.3 การกำจัดข้อมูลที่เกิดจากการเติมค่าในแต่ละแบนด์

เนื่องจากในแต่ละแบนด์ของข้อมูลการสะท้อนกลับอาจมีการขาดหายของข้อมูล ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ข้อมูลการสะท้อนกลับจึงมีการเติมค่าที่ไม่จริง ณ จุดภาพที่ไม่มีข้อมูลเพื่อให้เกิดความครบถ้วนของทุกจุดภาพ อย่างไรก็ตาม ค่าที่เติมนั้นเป็นค่าที่ไม่จริงจึงจำเป็นต้องกำจัดออกก่อนการนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างดัชนี NMDI

#### 2.3.4 การวิเคราะห์ค่าของดัชนี NMDI

ดำเนินการประยุกต์ใช้โปรแกรม ERDAS IMAGINE 9.1 เพื่อการนำเข้าข้อมูล GeoTIFF และแปลงให้เป็นไฟล์ข้อมูลประเภท IMG จากนั้นทำการคำนวณดัชนี NMDI โดยใช้สมการที่ (1)

## 2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความลึกฝนรายวันเฉลี่ยสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อย

### 2.4.1 การรวบรวมข้อมูลความลึกฝน

ข้อมูลความลึกฝนที่ใช้ในการศึกษานี้คือข้อมูลความลึกฝนแบบรายวันที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงคอนบนและบริเวณโดยรอบในระหว่างปี พ.ศ. 2547-2548 โดยสถานีวัดน้ำฝนเหล่านี้ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ตาก ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน จากการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนที่มีความเหมาะสมในการประเมินความลึกฝนสำหรับลุ่มน้ำปึงคอนบน พบว่ามีจำนวนทั้งสิ้น 71 สถานี โดยเป็นสถานีในลุ่มน้ำจำนวน 46 สถานี และรอบลุ่มน้ำ 25 สถานี สำหรับตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนเหล่านี้แสดงดังในรูปที่ 1

### 2.4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลความลึกฝนรายวัน

ก่อนการนำข้อมูลความลึกฝนรายวันทั้ง 71 สถานี ไปใช้งานนั้น จำเป็นต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทั้งในส่วนของพิกัดสถานี และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความถูกต้องของข้อมูลฝนรายวัน โดยการตรวจสอบนั้น ได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลความลึกฝนแบบรายเดือนเป็นลำดับแรกว่ามีความผิดปกติหรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยในเดือนเดียวกันของสถานีที่พิจารณา รวมทั้งเปรียบเทียบกับสถานีที่อยู่ใกล้เคียงในเดือนเดียวกันและปีเดียวกัน ในกรณีที่พบความผิดปกติจึงพิจารณารายละเอียดของข้อมูลความลึกฝนรายวันต่อไป และเมื่อทราบว่าเกิดความผิดพลาดแน่นอนแล้ว ก็จะไม่นำข้อมูลความลึกฝนที่ผิดปกติมาใช้งาน เพื่อให้ผลการศึกษามีความถูกต้องแม่นยำ

### 2.4.3 การคัดเลือกสถานีเพื่อคำนวณหาปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน

การคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยนั้น พิจารณาจากสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำย่อย สำหรับสถานีที่อยู่โดยรอบนั้น จะพิจารณาเลือกสถานีโดยรอบในทุกทิศทาง ทั้งนี้จะพิจารณาความลึกฝนเฉลี่ยรายปีด้วยว่ามีความแตกต่างจากความลึกฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีในลุ่มน้ำมากน้อยเพียงใด ถ้าพบว่ามีความแตกต่างกันมากจะไม่นำสถานีออกกลุ่มน้ำมาใช้ร่วมในการวิเคราะห์ความลึกฝนเฉลี่ยของลุ่มน้ำย่อย

### 2.4.4 การคำนวณความลึกฝนเฉลี่ยรายวันสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อย

การคำนวณหาความลึกฝนเฉลี่ยรายวันของแต่ละลุ่มน้ำย่อยนั้น ใช้วิธีการประเมินค่าส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง (Inverse Distance Square, IDS) ซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน [15] โดยเป็นวิธีการในการประมาณค่าความลึกฝนเฉลี่ยทั่วพื้นที่ที่พิจารณาจากระยะทางระหว่างตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนที่พิจารณา กับตำแหน่งที่ต้องการคำนวณความลึกฝนเฉลี่ย ซึ่งในการศึกษานี้คือจุดศูนย์กลางของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โดยสูตรที่ใช้ในการคำนวณแสดงดังในสมการที่ (2) และ (3) จากสมการดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสถานีที่อยู่ใกล้กับจุดพิจารณาจะมีค่าน้ำหนักมากกว่าสถานีที่อยู่ไกลออกไป

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

$$P = \sum_{i=1}^n p_i W_i \quad (3)$$

เมื่อ  $W_i$  = ค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับสถานีวัดน้ำฝนที่ตำแหน่ง  $i$   
 $d_i$  = ระยะทางระหว่างสถานีวัดน้ำฝนที่พิจารณาถึงจุดศูนย์กลางของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย  
 $p_i$  = ความลึกฝนที่สถานีวัดน้ำฝนที่ตำแหน่ง  $i$   
 $P$  = ความลึกฝนเฉลี่ยที่จุดศูนย์กลางของพื้นที่ลุ่มน้ำที่พิจารณา  
 $n$  = จำนวนสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดที่พิจารณา

### 2.4.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NMDI กับความลึกฝน

เมื่อดำเนินการวิเคราะห์ค่าของดัชนี NMDI ราย 8 วัน สำหรับทุกจุดภาพ และประเมินค่าความลึกฝนเฉลี่ยรายวันสำหรับ 14 ลุ่มน้ำย่อยระหว่างปี พ.ศ. 2547 ถึง 2548 แล้วเสร็จ จากนั้น จึงนำข้อมูลทั้งสองส่วนมาหาความสัมพันธ์กัน โดยเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี NMDI ราย 8 วัน เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยกับความลึกฝนสะสมราย 8 วัน สำหรับลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน จากนั้น ทำการตรวจสอบความเข้ากันได้ระหว่างตัวแปรทั้งสองตัวแปร โดยการใส่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r) นอกจากนั้นแล้วยังได้ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี NMDI ราย 8 วัน เฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อย กับค่าฝนสะสมต่อเนื่องตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม ในแต่ละปี จากนั้นจึงหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เช่นเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบว่าความสัมพันธ์ในกรณีที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างกันอย่างไร

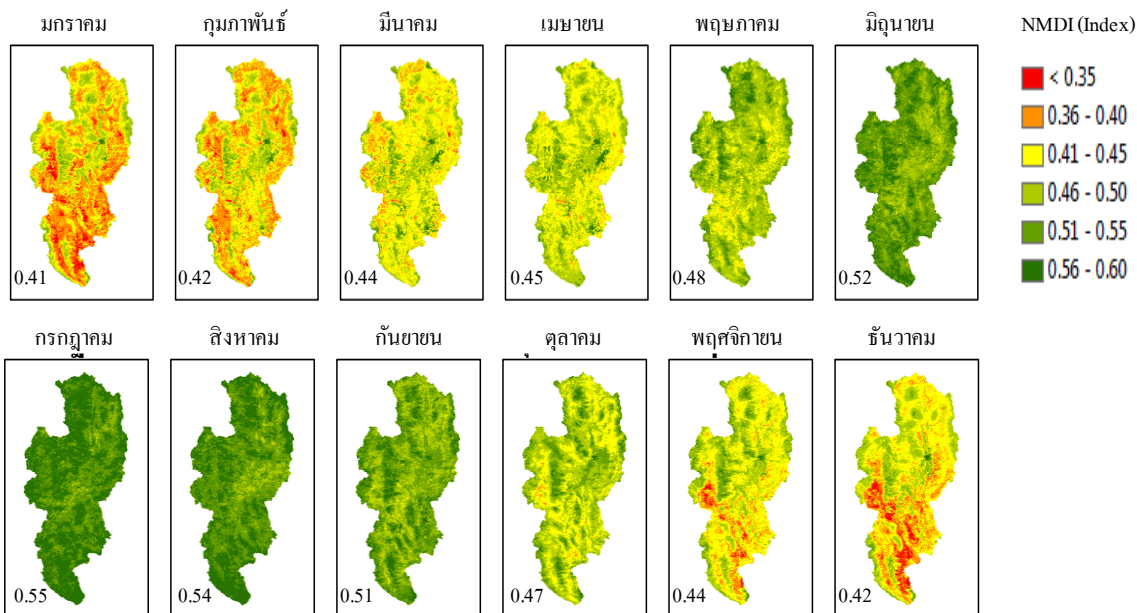
## 3. ผลการศึกษาและอภิปราย

### 3.1 ผลการประเมินดัชนี NMDI

เมื่อทำการประเมินค่าดัชนี NMDI ราย 8 วัน สำหรับทุกจุดภาพในลุ่มน้ำปึงคอนบนในปี พ.ศ. 2547 และ 2548 เรียบร้อยแล้ว จากนั้นจึงทำการหาค่าเฉลี่ยของดัชนี NMDI ราย 8 วัน สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปึงคอนบนและเพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาผลการวิเคราะห์ จึงได้แสดงผลการประเมินค่าดัชนี NMDI เฉลี่ยรายเดือนซึ่งหมายถึงการเฉลี่ยค่าของดัชนี NMDI จากภาพ 4 ภาพ โดยประมาณในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NMDI ในปี พ.ศ. 2547 และ 2548 ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย แสดงดังในตารางที่ 1 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ค่าดัชนี NMDI ในปี พ.ศ. 2547 และ 2548 มีค่าเฉลี่ยที่ลุ่มน้ำปึงคอนบนเท่ากับ 0.47 และ 0.44 ตามลำดับ โดยในปี พ.ศ. 2547 มีค่าระหว่าง 0.49 ถึง 0.45 และสำหรับในปี พ.ศ. 2548 มีค่าระหว่าง 0.46 ถึง 0.42 โดยจะเห็นได้ว่าค่าดัชนี NMDI มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกรกฎาคมสำหรับปี พ.ศ. 2547 และในเดือนกันยายนสำหรับปี พ.ศ. 2548 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมกราคมสำหรับปี พ.ศ. 2547 และในเดือนกุมภาพันธ์สำหรับปี พ.ศ. 2548 นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้เห็นสภาพการเกิดภัยแล้งที่ประเมินได้ สำหรับแต่ละจุดภาพของลุ่มน้ำปึงคอนบน

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NMDI ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2547 และ 2548

ลุ่มน้ำย่อย	ดัชนี NMDI ปี พ.ศ. 2547 (2548)												
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	ค่าเฉลี่ย
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.41 (0.47)	0.40 (0.39)	0.43 (0.40)	0.45 (0.43)	0.49 (0.46)	0.52 (0.49)	0.55 (0.52)	0.54 (0.53)	0.50 (0.53)	0.46 (0.49)	0.44 (0.48)	0.42 (0.45)	0.47 (0.43)
แม่จิด	0.42 (0.47)	0.41 (0.41)	0.43 (0.40)	0.44 (0.42)	0.48 (0.46)	0.51 (0.49)	0.54 (0.51)	0.54 (0.53)	0.51 (0.54)	0.47 (0.51)	0.44 (0.50)	0.43 (0.46)	0.47 (0.44)
แม่เตง	0.43 (0.48)	0.42 (0.42)	0.43 (0.41)	0.45 (0.43)	0.51 (0.45)	0.53 (0.50)	0.56 (0.52)	0.55 (0.54)	0.52 (0.54)	0.48 (0.52)	0.46 (0.51)	0.44 (0.47)	0.48 (0.45)
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.43 (0.48)	0.44 (0.42)	0.45 (0.44)	0.47 (0.44)	0.48 (0.47)	0.50 (0.48)	0.53 (0.51)	0.52 (0.51)	0.50 (0.53)	0.48 (0.50)	0.46 (0.49)	0.45 (0.47)	0.48 (0.45)
แม่ริม	0.43 (0.48)	0.42 (0.42)	0.43 (0.42)	0.45 (0.43)	0.48 (0.46)	0.52 (0.50)	0.55 (0.51)	0.54 (0.54)	0.51 (0.54)	0.48 (0.50)	0.46 (0.50)	0.44 (0.47)	0.48 (0.44)
แม่กวาง	0.40 (0.47)	0.42 (0.39)	0.44 (0.41)	0.45 (0.43)	0.47 (0.46)	0.51 (0.47)	0.55 (0.50)	0.52 (0.52)	0.51 (0.54)	0.47 (0.52)	0.44 (0.50)	0.42 (0.46)	0.47 (0.43)
แม่ฆาน	0.42 (0.47)	0.41 (0.42)	0.43 (0.41)	0.45 (0.43)	0.48 (0.45)	0.52 (0.49)	0.55 (0.52)	0.54 (0.54)	0.51 (0.53)	0.47 (0.52)	0.46 (0.51)	0.44 (0.47)	0.47 (0.44)
แม่ลี	0.39 (0.46)	0.42 (0.38)	0.45 (0.42)	0.45 (0.43)	0.47 (0.46)	0.52 (0.47)	0.55 (0.50)	0.54 (0.51)	0.52 (0.55)	0.46 (0.51)	0.42 (0.50)	0.40 (0.47)	0.46 (0.43)
แม่กลาง	0.43 (0.48)	0.44 (0.43)	0.45 (0.44)	0.47 (0.45)	0.49 (0.46)	0.53 (0.51)	0.55 (0.52)	0.54 (0.53)	0.52 (0.53)	0.49 (0.51)	0.47 (0.52)	0.45 (0.49)	0.48 (0.46)
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.38 (0.46)	0.41 (0.38)	0.44 (0.43)	0.45 (0.44)	0.46 (0.45)	0.52 (0.48)	0.55 (0.50)	0.54 (0.51)	0.51 (0.54)	0.46 (0.49)	0.42 (0.49)	0.39 (0.46)	0.46 (0.43)
แม่แจ่มตอนบน	0.42 (0.48)	0.41 (0.42)	0.42 (0.41)	0.45 (0.43)	0.49 (0.44)	0.53 (0.49)	0.55 (0.52)	0.55 (0.55)	0.52 (0.53)	0.48 (0.53)	0.46 (0.52)	0.44 (0.47)	0.48 (0.44)
แม่แจ่มตอนล่าง	0.40 (0.47)	0.42 (0.40)	0.44 (0.43)	0.46 (0.45)	0.48 (0.46)	0.53 (0.49)	0.55 (0.51)	0.54 (0.53)	0.51 (0.54)	0.46 (0.50)	0.42 (0.50)	0.40 (0.46)	0.47 (0.43)
แม่หาด	0.37 (0.46)	0.40 (0.37)	0.43 (0.43)	0.44 (0.43)	0.47 (0.45)	0.52 (0.47)	0.55 (0.49)	0.54 (0.51)	0.51 (0.55)	0.46 (0.49)	0.40 (0.49)	0.37 (0.48)	0.46 (0.42)
แม่ตื่น	0.39 (0.47)	0.41 (0.39)	0.44 (0.41)	0.46 (0.44)	0.47 (0.45)	0.53 (0.50)	0.56 (0.52)	0.56 (0.53)	0.52 (0.55)	0.48 (0.51)	0.43 (0.51)	0.42 (0.48)	0.47 (0.44)
ค่าเฉลี่ย	0.41 (0.47)	0.42 (0.40)	0.44 (0.42)	0.45 (0.44)	0.48 (0.46)	0.52 (0.49)	0.55 (0.51)	0.54 (0.53)	0.51 (0.54)	0.47 (0.51)	0.44 (0.50)	0.42 (0.47)	0.47 (0.44)
ค่าสูงสุด	0.43 (0.49)	0.44 (0.43)	0.45 (0.44)	0.47 (0.45)	0.51 (0.47)	0.53 (0.51)	0.56 (0.52)	0.56 (0.55)	0.52 (0.55)	0.49 (0.53)	0.47 (0.52)	0.45 (0.49)	0.49 (0.46)
ค่าต่ำสุด	0.37 (0.45)	0.40 (0.37)	0.42 (0.40)	0.44 (0.42)	0.46 (0.44)	0.50 (0.47)	0.53 (0.49)	0.52 (0.51)	0.50 (0.53)	0.46 (0.49)	0.40 (0.48)	0.37 (0.45)	0.45 (0.42)



รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NMDI ในแต่ละจุดภาพของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ในปี พ.ศ. 2547

หมายเหตุ : 0.41 หมายถึงค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี NMDI

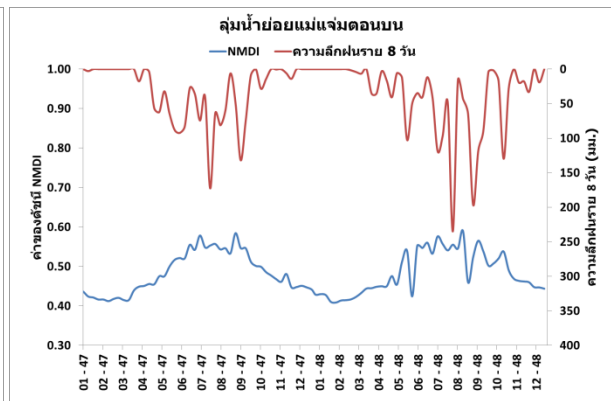
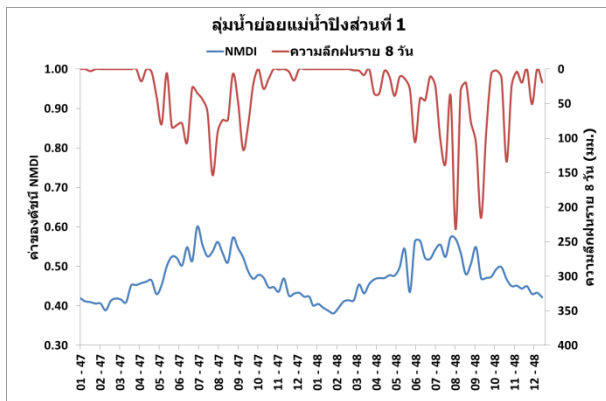
จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ค่าของดัชนี NMDI มีค่าต่ำในช่วงฤดูแล้งและมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน ซึ่งมีความสอดคล้องกับความจริงทางทฤษฎี ทั้งนี้ ค่าของดัชนี NMDI ในช่วงฤดูฝนไม่เกิดความผิดปกติของค่าที่วิเคราะห์ได้ ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า แบนด์ที่ใช้คำนวณค่าดัชนี NMDI เป็นช่วงแบนด์ที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการปกคลุมของเมฆ ซึ่งนับว่าเป็นจุดเด่นของดัชนี NMDI ในการใช้ประเมินภัยแล้งหรือตรวจสอบสภาพความชุ่มชื้นของพืชพรรณได้ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง

### 3.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดัชนี NMDI กับความลึกฝนสะสม

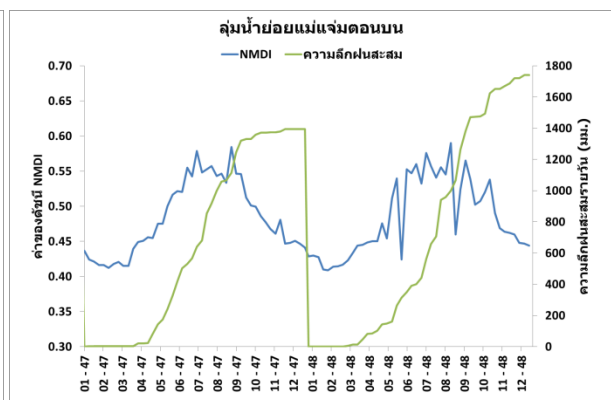
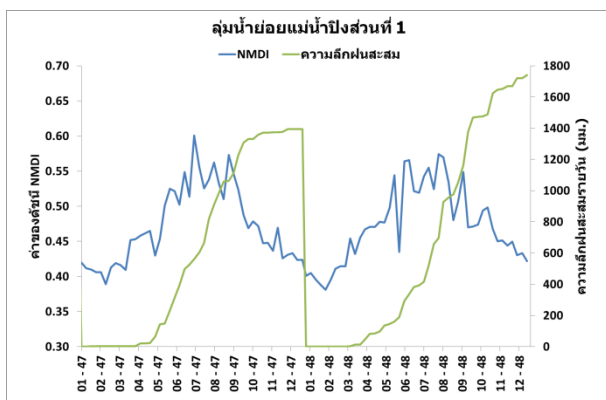
ตัวอย่างการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดัชนี NMDI ราย 8 วันและความลึกฝนราย 8 วัน สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำปิงส่วนที่ 1 และลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบนในระหว่างปี พ.ศ. 2547 – 2548 (กรณีที่ 1) แสดงดังในรูปที่ 4 สำหรับความสัมพันธ์ดังกล่าว สำหรับลุ่มน้ำย่อยอื่น ๆ อีก 12 ลุ่มน้ำย่อย ก็มีลักษณะความสัมพันธ์ในทำนองเดียวกัน จากความสัมพันธ์ในรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าดัชนี NMDI จะมีความสัมพันธ์กับความลึก

ฝนสะสมอย่างชัดเจน กล่าวคือ ในช่วงฤดูแล้งดัชนี NMDI จะมีค่าต่ำและจะมีค่าสูงขึ้นในฤดูฝนและจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อฤดูฝนผ่านไป และสำหรับตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดัชนี NMDI ราย 8 วัน กับความลึกฝนสะสมตั้งแต่วันที่ 1 มกราคมถึง 31 ธันวาคมของปี พ.ศ. 2547 และ 2548 สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำปิงส่วนที่ 1 และลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน (กรณีที่ 2) แสดงดังในรูปที่ 5 โดยรูปดังกล่าวจะเป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำย่อยอื่น ๆ อีก 12 กลุ่มน้ำย่อย ซึ่งมีลักษณะในการทำงานองค์เดียวกัน จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ความลึกฝนสะสมจะเริ่มเพิ่มขึ้นเด่นชัดในช่วงเดือนเมษายนของแต่ละปี และมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วงเดือนกันยายนและเดือนตุลาคม ด้วยเหตุผลดังกล่าวในการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าของดัชนี NMDI กับความลึกฝนราย 8 วัน (กรณีที่ 1) และความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดัชนี NMDI กับความลึกฝนสะสม (กรณีที่ 2) จึงพิจารณาหาค่าดังกล่าว ในระหว่างประมาณเดือนเมษายนถึงประมาณเดือนสิงหาคม ผลการวิเคราะห์แสดงค่าในตารางที่ 2 โดยในตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่ 1 นั้น

ค่า  $r$  เฉลี่ย สำหรับปี พ.ศ. 2547 และ 2548 มีค่าเท่ากับ 0.35 และ 0.31 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ และสำหรับในกรณีที่ 2 มีค่า  $r$  เพิ่มขึ้นเป็น 0.79 และ 0.61 ตามลำดับ ซึ่งนับว่าเพิ่มขึ้นมากจนถือว่าเป็นค่าทางสถิติที่แสดงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลทั้งสองที่เป็นที่ยอมรับได้ โดยค่า  $r$  ที่คำนวณได้จากกรณีที่ 2 มีค่าเพิ่มมากขึ้นจากกรณีที่ 1 โดยเฉลี่ยทุกกลุ่มน้ำย่อยประมาณ 133 และ 112% ตามลำดับ ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า ดัชนี NMDI ราย 8 วัน มีความสัมพันธ์กับความลึกฝนสะสมในช่วงฤดูฝนในแต่ละปีอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ค่า  $r$  ที่ได้จากความสัมพันธ์กรณีที่ 1 นี้ ไม่ดีเท่าที่ควรตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ทั้งนี้เนื่องจากธรรมชาติของการตกของฝนจะไม่ต่อเนื่อง ในขณะที่ค่าของดัชนี NMDI เป็นค่าที่ต่อเนื่องสัมพันธ์กันและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างฉับพลันเหมือนกับข้อมูลฝน ดังนั้น เมื่อนำข้อมูลฝนมาบวกสะสมกันแล้วจึงนำไปหาความสัมพันธ์กับดัชนี NMDI ราย 8 วัน ดังในกรณีที่ 2 จึงได้ความสัมพันธ์ที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NMDI ราย 8 วันและความลึกฝนสะสมราย 8 วัน สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำปิงส่วนที่ 1 และลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน ระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2548



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NMDI ราย 8 วันและความลึกฝนสะสม สำหรับลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำปิงส่วนที่ 1 และลุ่มน้ำย่อยแม่แจ่มตอนบน ระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2548

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NMDI กับความลึกฝนในปี พ.ศ. 2547 – 2548

ลุ่มน้ำย่อย	ค่า r ของดัชนี NMDI กับความลึกฝนราย 8 วัน สำหรับปี พ.ศ. 2547 (2548)	ค่า r ของดัชนี NMDI กับความลึกฝนสะสม สำหรับปี พ.ศ. 2547 (2548)	% ความแตกต่างของค่า r สำหรับปี พ.ศ. 2547 (2548)
แม่ปิงส่วนที่ 1	0.28 (0.48)	0.72 (0.49)	157 (2)
แม่จัด	0.34 (0.33)	0.83 (0.55)	144 (67)
แม่แดง	0.34 (0.18)	0.73 (0.51)	114 (183)
แม่ปิงส่วนที่ 2	0.36 (0.39)	0.75 (0.69)	108 (77)
แม่ริม	0.41 (0.19)	0.77 (0.51)	88 (168)
แม่กวัง	0.45 (0.30)	0.77 (0.75)	71 (150)
แม่งาน	0.36 (0.16)	0.77 (0.50)	113 (212)
แม่ลี	0.30 (0.31)	0.82 (0.78)	173 (151)
แม่กลาง	0.36 (0.27)	0.81 (0.49)	125 (81)
แม่ปิงส่วนที่ 3	0.24 (0.32)	0.80 (0.70)	233 (118)
แม่แจ่มตอนบน	0.35 (0.37)	0.85 (0.52)	142 (41)
แม่แจ่มตอนล่าง	0.30 (0.42)	0.80 (0.58)	166 (38)
แม่หาด	0.38 (0.24)	0.81 (0.78)	113 (225)
แม่ตื่น	0.38 (0.37)	0.85 (0.61)	123 (65)
ค่าเฉลี่ย	0.35 (0.31)	0.79 (0.61)	133 (112)
ค่าสูงสุด	0.45 (0.48)	0.85 (0.78)	233 (225)
ค่าต่ำสุด	0.24 (0.16)	0.72 (0.49)	71 (2)

#### 4. สรุปผล

การศึกษานี้เป็นการประเมินค่าดัชนี NMDI ซึ่งเป็นดัชนีภัยแล้งที่คำนวณจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลที่ตรวจจับโดยความยาวช่วงคลื่นจำนวน 3 ช่วงคลื่น คือ คลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) จำนวน 1 แบนด์ และคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR) จำนวน 2 แบนด์ โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลราย 8 วัน ในช่วงปี พ.ศ. 2547 ถึง พ.ศ. 2548 ทั้งนี้ ได้เลือกใช้ลุ่มน้ำปิงตอนบนเป็นพื้นที่ศึกษา จากผลการศึกษาพบว่า ดัชนี NMDI ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้ง 14 ลุ่มน้ำ มีค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนสำหรับข้อมูลทั้งสองปีอยู่ในช่วงระหว่าง 0.40 ถึง 0.55 โดยมีค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม – ตุลาคม) และฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – เมษายน) ของทั้งสองปีเท่ากับ 0.51 และ 0.44 ตามลำดับ จากผลการศึกษาดังกล่าว ดัชนี NMDI จะมีค่าสูงในช่วงฤดูฝนและมีค่าต่ำในช่วงฤดูแล้ง หรืออีกนัยหนึ่งคือ ดัชนี NMDI จะมีค่าสูงสำหรับพืชพรรณที่มีความชุ่มชื้นหรืออุดมสมบูรณ์ และจะมีค่าต่ำสำหรับพืชพรรณที่อยู่ในสภาพแห้ง อย่างไรก็ตาม ในด้านการตอบสนองของดินนั้น ดัชนี NMDI จะมีค่าในทางตรงกันข้ามกับในกรณีของพืชพรรณ แต่เนื่องจากพื้นที่ของลุ่มน้ำปิงตอนบนส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยป่าไม้มากกว่า 70% [13] ดังนั้น การตอบสนองส่วนใหญ่จึงเกิดจากพืชพรรณ อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ต้องการศึกษาการตอบสนองต่อดินโดย

ใช้ดัชนี NMDI นั้น จำเป็นต้องพิจารณาการใช้ที่ดินเพื่อเป็นตัวแปรที่ใช้แยกความแตกต่างซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตของการศึกษานี้ นอกจากนั้นแล้ว ในการศึกษาครั้งนี้ยังได้หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี NMDI ราย 8 วัน กับข้อมูลฝนราย 8 วัน ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันแต่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้ค่อนข้างต่ำโดยเฉลี่ยประมาณ 0.33 ดังนั้น จึงทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี NMDI ราย 8 วัน กับข้อมูลฝนรายวันสะสมในช่วงฤดูฝนในแต่ละลุ่มน้ำย่อย จากผลการศึกษา พบว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันดีและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงพอสมควร คือมีค่าเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2547 และ 2548 เท่ากับ 0.79 และ 0.61 ตามลำดับ ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าค่าของดัชนี NMDI มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับความลึกฝนสะสมในช่วงฤดูฝนของแต่ละปี ทำให้สามารถสรุปได้ว่า NMDI เป็นดัชนีภัยแล้งที่มีความน่าเชื่อถือที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการติดตามสภาพภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการการตรวจสอบภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับประเทศไทย ขอขอบคุณคุณสรยุทธชัย เที่ยงโพธิ์กริชย์ นิสิตปริญญาเอกของภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยให้คำแนะนำการใช้โปรแกรมประกอบการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน ที่ได้สนับสนุนข้อมูลน้ำฝนรายวัน และ เว็บไซต์ <http://modis.gsfc.nasa.gov/> ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ หรือ องค์การนาซา ที่เผยแพร่ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra ระบบ MODIS มาใช้เพื่อประกอบการศึกษาวิจัยนี้

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] G.Kallis, "Droughts", Environment and Resources, 33, pp.85-118, November, 2008.
- [2] D.A.Wilhite, "Drought as a natural hazard: concepts and definitions", Drought, 1, pp.3-18, 2000.
- [3] M.choi, J.M. Jacobs, M.C. Anderson, D.D. Bosch, "Evaluation of drought indices via remotely sensed data with hydrological variables", Journal of Hydrology, 476, pp.265-273, 2013.
- [4] T.B. McKee, N.J. Doesken, J. Kleist, "The relationship of drought frequency and duration to time scales", the 8th conference of applied climatology, Anaheim, CA: American Meteorological Society, 1993, pp.179-184.
- [5] T.B. McKee, N.J. Doesken, J. Kleist, "Drought monitoring with multiple time scales", the 9th conference of applied climatology, 1995, pp.233-236.

- [6] W.C. Palmer, "Meteorological drought", U.S. Weather Bureau Research, Office of Climatology, U. S. Department of Commerce, Washington D.C, pp.45, 1965.
- [7] J. Rhee, I. Jungho, J.C. Gregory, "Monitoring agricultural drought for arid and humid regions using multi-sensor remote sensing data", *Remote Sensing of Environment*, 114, pp.2875-2887, 2010.
- [8] Y. Gu, J.F. Brown, J.P. Verdin, and B. Wardlow, "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, 2007.
- [9] Y-B. Cheng, S.L. Ustin, D. Riaño and V.C. Vanderbilt, "Water content estimation from hyperspectral images and MODIS indexes in Southeastern Arizona", *Remote Sensing of Environment*, 112, pp.363-374, 2008.
- [10] J.W. Jr. Rouse, R. H. Haas, J. A. Schell, D. W. Deering, *Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium- Volume I: Technical Presentations. NASA SP-351, 1974, pp.309.*
- [11] L. Wang, J.J. Qu, "NMDI: A normalized multi-band drought index for monitoring soil and vegetation moisture with satellite remote sensing". *Geophysical Research Letters*, 34, 2007.
- [12] นุชนารถ และคณะ, "โครงการการตรวจสอบภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับประเทศไทย", รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กทม., พ.ศ. 2555, 191 หน้า.
- [13] N.Sriwongsitanon, W. Taesombat, "Effects of land cover on runoff coefficient", *Journal of Hydrology*, 410, pp.226-238, 2011.
- [14] W. Herschel, "Experiments on the Refrangibility of the Invisible Rays of the Sun". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, pp. 284-292, 1800.
- [15] นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, อุทกวิทยาขั้นสูง, วีรวรรณ พรินท์ติ้ง แอนด์ แพ็คเก็จจิ้ง, พ.ศ.2555, 651 หน้า.