ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2562 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

# การประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ โดยใช้ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ และค่าอุณหภูมิพื้นผิวของแผ่นดินจากข้อมูลโมดิส พื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร

# Spatial drought evaluation using MODIS Normalized Difference Vegetation Index and Land Surface Temperature data in the east side of Ping river Kamphaeng Phet province

**สุภาสพงษ์ รู้ทำนอง***
Suphatphong Ruthamnong

**Received** : February 1, 2017
**Revised** : October 16, 2017
**Accepted** : March 14, 2018

**บทคัดย่อ**

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ โดยใช้ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) และค่าอุณหภูมิพื้นผิวของแผ่นดิน (Land Surface Temperature: LST) จากข้อมูลโมดิส (MODIS) บริเวณพื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร มีขั้นตอนวิธีการโดยนำข้อมูลผสม 16 วัน NDVI และข้อมูลผสม 8 วัน LST จากผลิตภัณฑ์ MOD13A1 และ MOD11A2 ช่วงฤดูแล้ง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 มาวิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำอุปทานพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Vegetation Supply Water Index: NVSWI) เพื่อประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ 5 ระดับ ได้แก่ แล้งมาก แล้งปานกลาง แล้งน้อย ปรกติ และชุ่มชื้น พร้อมทั้งวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งกับคุณลักษณะทางด้านสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษา พบว่า เมื่อพิจารณาค่ากราฟของ NDVI ในช่วงเวลาดังกล่าว ค่า NDVI มีแนวโน้มลดต่ำลงอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน ในขณะที่ค่ากราฟของ LST สูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยของ NDVI และ LST เท่ากับ 0.481 และ 34.22 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยเดือนพฤศจิกายนเป็นเดือนที่มีค่าเฉลี่ย NDVI สูงสุด และเดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีค่าเฉลี่ย LST สูงสุด การวิเคราะห์ดัชนีความแห้งแล้ง (Drought Index) พบว่า มีพื้นที่แล้งมาก ร้อยละ 0.86 แล้งปานกลางร้อยละ 47.19 แล้งเล็กน้อยร้อยละ 48.59 ปรกติหรือไม่แล้งร้อยละ 3.37 และไม่พบพื้นที่ชุ่มชื้น การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งกับคุณลักษณะทางด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า พื้นที่แล้งปานกลาง ถึงมาก ส่วนใหญ่มีรูปแบบการใช้ที่ดินแบบพื้นที่เกษตรกรรม ปลูกข้าว (ร้อยละ 57.14) และอ้อย (ร้อยละ 19.27) เป็นดินร่วนปนทราย (ร้อยละ 45.19) โดยมีหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่แล้งระดับดังกล่าว 308 หมู่บ้าน (ร้อยละ 54.23) ซึ่งสอดคล้องกับสภาวะความแห้งแล้งในพื้นที่จริง ดังนั้นดัชนีพืชพรรณและค่าอุณหภูมิพื้นผิวสามารถนำมาใช้แสดงภาพรวมความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ได้ โดยเฉพาะความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรมหรือสภาวะความแห้งแล้งทางการเกษตร

**คำสำคัญ : ภัยแล้ง / ดัชนีความแห้งแล้ง / ดัชนีน้ำอุปทานพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ / ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ / อุณหภูมิพื้นผิวของแผ่นดิน / โมดิส**

*อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
Lecturer in Geo-informatics Program Faculty of Humanities and Social Sciences Kamphaeng Phet Rajabhat University

Vol.25 No.1 January - April 2019 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

**ABSTRACT**

This study aims to evaluate spatial drought using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Land Surface Temperature (LST) based on MODIS data, in the east side of Ping River, Kamphaeng Phet province. The process that include, collected 16-day composite of NDVI and 8-day composite of LST data from MOD13A1 and MOD11A2 product during dry season in November 2015 to April 2016. Then calculated the Normalized Vegetation Supply Water Index (NVSWI) to assess five levels of drought class, include severe drought, moderate drought, slight drought, normal drought, and wet area. Moreover, the study also analyzes level of drought classes with environmental properties. The results show that, when considered the NDVI graphs at that time, the NDVI values tend to decrease continuously from November to April, while the graph of LST is higher. The average of NDVI and LST values equal 0.481 and 34.2 °C, respectively. November was the month with the highest average of NDVI and April provide the highest average of LST. For drought Index analysis found that the severe drought area cover 0.86%, moderate drought 47.19%, slight drought 48.59%, normal or no drought 3.37%, and not appear the wet area class. Analysis of drought levels and environmental properties found that mostly of moderate to severe drought classes area that appear in rice field (57.14%) and sugarcane (19.27%), and the soil type is sandy loam (45.19%). There are 308 villages in these drought classes (54.23%). This result that corresponds to drought conditions in the actual area. Therefore, it can be concluded that vegetation index and surface temperature can be used to visualize spatial droughts, especially agricultural drought.

**Keywords : Drought / Drought Index / Normalized Vegetation Supply Water Index (NVSWI) / Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) / Land Surface Temperature (LST) / MODIS**

**ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

ถึงแม้ว่าภัยแล้งหรือความแห้งแล้งจะเป็นปรากฏการณ์เชิงพื้นที่ที่มีความซับซ้อน แต่ก็สามารถที่จะระบุพื้นที่แห้งแล้งดังกล่าวได้จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลหรือรีโมทเซนซิง (Remote Sensing) โดยสังเกตหรือประมาณการณ์จากสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมต่างๆ ดังเช่นความแห้งแล้งอย่างผิดปรกติติดต่อกันเป็นช่วงเวลานาน หรือผลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับพืชพรรณหรือพืชปกคลุมดิน (Heim, 2002; Tucker & Choudhury, 1987) การใช้ดัชนีเชิงคลื่น (spectral indices) จากข้อมูลภาพจากดาวเทียม (satellite image) ในการตรวจจับและประเมินพื้นที่แห้งแล้งหรือเสี่ยงภัยแล้ง เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้ดัชนีดังกล่าวยกตัวอย่างได้เช่น ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) (Tucker, 1979; Tucker & Choudhury, 1987) ดัชนีความแตกต่างน้ำแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Water Index : NDWI) (Gao, 1996) ดัชนีความแตกต่างแล้งแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Drought Index : NDDI) (Yingxin Gu, et al., 2007) ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ผิดปรกติ (Anomaly of Normalized Difference Vegetation Index : NDVIA) (Anyamba, et al., 2001) ดัชนีพืชพรรณมาตรฐาน (Standardized Vegetation Index: SVI)

ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2562 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

(Liu & Negron-Juarez, 2001) ดัชนีเงื่อนไขพืชพรรณ (Vegetation Condition Index: VCI) (Kogan, 1990) ดัชนีเงื่อนไขอุณหภูมิ (Temperature Condition Index : TCI) (Kogan, 1995) ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (Vegetation Health Index : VHI) (Kogan, 1997) อัตราส่วนระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวของแผ่นดินและดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (Ratio between LST and NDVI : LST/NDVI) (Lambin & Ehrlich, 1996) ดัชนีความรุนแรงความแห้งแล้ง (Drought Severity Index : DSI) (Bayarjargal, et al., 2000) และดัชนีน้ำอุปทานพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Vegetation Supply Water Index : NVSWI) (Carlson, et al., 1990; Sawaid Abbas, et al., 2014) ซึ่งดัชนีทั้งหมดล้วนมาจากพื้นฐานของการใช้ค่าการตรวจจับได้จากข้อมูลดาวเทียมในหลายช่วงคลื่น และค่าที่ได้จากอัลกอริทึมเฉพาะด้าน มาสร้างเป็นดัชนีในการวิเคราะห์ เช่น ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near-infrared หรือ NIR reflectance values: NIR) ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง (red reflectance values : red) ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (short wave infrared reflectance values : SWIR) ค่าความส่องสว่างของอุณหภูมิ (brightness temperature : BT) ค่าอุณหภูมิพื้นผิวของแผ่นดิน (Land Surface Temperature : LST) ค่าการคายระเหย (evapotranspiration : ET) และค่าศักยภาพการคายระเหย (potential evapotranspiration : PET) เป็นต้น (Bayarjargal, et al., 2006; Jie Zhang, et al., 2016)

โมดิส (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer : MODIS) เป็นตัวบันทึกที่ติดตั้งบนดาวเทียม TERRA และ AQUA ตัวอุปกรณ์แบ่งการตรวจจับข้อมูลช่วงคลื่นออกเป็น 36 แบนด์ (spectral range หรือ band) ครอบคลุมช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.4 μm ถึง 14.4 μm และมีหลายความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) โดยมี 2 แบนด์ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 250 เมตร 5 แบนด์ มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 500 เมตร และที่เหลืออีก 29 แบนด์ มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 1 กิโลเมตร มีความละเอียดของการบันทึกซ้ำ (revisiting time) เท่ากับ 1-2 วัน (NASA, 2017) ถึงแม้ MODIS จะมีรายละเอียดเชิงพื้นที่หยาบ (coarse spatial resolution) แต่ก็มีความสามารถในการให้ข้อมูลแบบใกล้เวลาจริง (near real time) และมีประสิทธิภาพของการใช้งานที่หลากหลาย ทั้งการศึกษาปรากฏการณ์ภาคพื้นดิน การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิว และอุณหภูมิเมฆ การศึกษาบรรยากาศ และการศึกษาด้านอุทกศาสตร์ เหมาะสำหรับการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และภัยพิบัติทางธรรมชาติต่างๆ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ทั้งเพื่อการบริหารจัดการ และการเฝ้าระวังและเตือนภัย เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Land use and Land cove change) การศึกษาด้านอุณหภูมิ การศึกษาด้านไฟป่า การศึกษาด้านภัยแล้งและความแห้งแล้ง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีอัลกอริทึมต่างๆ ที่ให้บริการข้อมูลพร้อมใช้ในการจัดการเชิงพื้นที่ที่หลากหลาย เช่น อัลกอริทึม MOD11 Land-Surface Temperature อัลกอริทึม MOD12 Land cover product/LULC อัลกอริทึม MOD13 Vegetation Index อัลกอริทึม MOD14 MODIS fire product หรือ MODIS Hotspot / MODIS burned area product อัลกอริทึม MOD16 evapotranspiration data set และอัลกอริทึม MOD20 Land-Surface Temperature and emissivity เป็นต้น (สุภาสพงษ์ รู้ทำนอง, 2558; NASA, 2017)

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีงานวิจัยหลายชิ้น ที่ได้ประยุกต์ใช้ดัชนีเชิงคลื่นจาก MODIS มาวิเคราะห์และประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ ดังเช่น การศึกษาของ Yingxin Gu, et al. (2007) ที่ได้ทำการประเมินความแห้งแล้งในสหรัฐอเมริกา โดยใช้ค่าดัชนี NDVI และ NDWI ในการสร้างค่าดัชนี NDDI (โดยที่ NDDI = (NDVI-NDWI) / (NDVI + NDWI)) พบว่าในช่วงแล้งค่า NDVI และ NDWI จะมีค่าลดต่ำลงมากกว่าช่วงปรกติ และการใช้ค่าดัชนี NDDI ในการตรวจสอบความแห้งแล้งให้ผลดีกว่าการใช้ NDVI หรือ NDWI เพียงค่าใดค่าหนึ่ง การศึกษาของ Jie Zhang, et al. (2016) ที่ใช้ค่า ET แล PET จากอัลกอริทึม

Vol.25 No.1 January - April 2019 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

MOD16 ET/PET และค่า NDVI จากอัลกอริทึม MOD13 มาสร้างเป็นดัชนีความรุนแรงของความแห้งแล้ง (Drought Severity Index) และพบว่าวิธีการดังกล่าวสามารถให้ข้อมูลที่เหมาะสมในการแสดงความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ระดับภูมิภาคได้เป็นอย่างดี การศึกษาของ Sawaid Abbas, et al. (2014) ที่ได้ใช้ค่า NDVI และ LST ในการประเมินความแห้งแล้งในยูนนาน (Yunnan) ประเทศจีน โดยใช้ค่าดังกล่าวสร้างเป็นค่าดัชนี NVSWI แล้วพบว่า การประเมินความแห้งแล้งที่ใช้ข้อมูลพืชพรรณและอุณหภูมิดังกล่าวให้ผลสอดคล้องกับสถานการณ์การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM (TRMM Rainfall Data) ซึ่งดัชนีนี้สามารถใช้ในการประเมินความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรมหรือสภาวะความแห้งแล้งทางการเกษตรได้ดี

จึงเป็นที่มาและความสำคัญของการศึกษานี้ ที่ใช้ NDVI และ LST จากข้อมูล MODIS มาประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ของบริเวณฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งของจังหวัด และยังขาดข้อมูลสนับสนุนเชิงพื้นที่ที่มีความจำเป็นต่อการบริหารจัดการและแก้ปัญหาภัยแล้ง พร้อมทั้งวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งกับคุณลักษณะทางด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เห็นภาพรวมของปัญหา อันจะนำไปสู่แนวทางการจัดการน้ำและแก้ปัญหาความแห้งแล้งในพื้นที่ต่อไป

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. ประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่โดยใช้ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์และค่าอุณหภูมิพื้นผิวของแผ่นดิน จากข้อมูลโมดิส บริเวณพื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร
2. วิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งกับคุณลักษณะทางด้านสิ่งแวดล้อม

**วิธีดำเนินการวิจัย**

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดคอมพิวเตอร์
2. โปรแกรม ArcGIS 10.2 (ลิขสิทธิ์) ติดตั้งที่ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1. ข้อมูลผลิตภัณฑ์ MODIS NDVI จากอัลกอริทึม MOD13A1 เป็นข้อมูลราสเตอร์ (raster) ผสม 16 วัน มีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 500 เมตร จาก NASA, USGS. มีค่าสเกลปัจจัย (scale factor) เท่ากับ 0.0001 จัดเก็บข้อมูลในช่วง 16 บิท และมีค่าประจำพิกเซลอยู่ในช่วง -2,000 ถึง 10,000
2. ข้อมูลผลิตภัณฑ์ MODIS LST จากอัลกอริทึม MOD11A2 เป็นข้อมูลราสเตอร์ ผสม 8 วัน มีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 1 กิโลเมตร จาก NASA, USGS. ค่าสเกลปัจจัยเท่ากับ 0.02 จัดเก็บข้อมูลในช่วง 16 บิท มีค่าประจำพิกเซลอยู่ในช่วง 7,500 ถึง 65,535 และมีหน่วยเป็นเคลวิน
3. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2556 เป็นชั้นข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS layer) แบบ Shape file ประเภทรูปร่าง (feature type) แบบขอบเขต (polygon) มาตราส่วน 1:50,000
4. ข้อมูลเนื้อดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน เป็นชั้นข้อมูลแบบขอบเขต มาตราส่วน 1:100,000
5. ข้อมูลขอบเขตการปกครอง เป็นชั้นข้อมูลแบบขอบเขต และตำแหน่งหมู่บ้าน เป็นชั้นข้อมูลแบบจุด (point) จากกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000

ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2562 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ดาวน์โหลดข้อมูล NDVI และ LST จากฐานข้อมูลของ NASA เว็บไซต์ https://earthexplorer. usgs.gov/ เป็นข้อมูล NDVI ผสม 16 วัน และ LST ผสม 8 วัน ช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเมษายน พ.ศ. 2559 ทั้งนี้มีข้อมูล NDVI และ LST ในการศึกษาจำนวน 12 ภาพ และ 24 ภาพ ตามลำดับ

2. แปลงค่าพิกัดของข้อมูล NDVI และ LST ให้อยู่ในระบบ WGS84 UTM 47 North

3. ทำการรวม (merge) ข้อมูลผสม LST 8 วัน เป็นข้อมูล 16 วัน พร้อมทั้งทำการปรับสเกลข้อมูลใหม่ (rescale) ให้มีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 500 เมตร

4. แปลงค่า NDVI ให้เป็นค่าจริง โดยใช้ค่าประจำพิกเซล (pixel) คูณด้วยค่าสเกลปัจจัย คือ 0.0001

5. แปลงค่า LST ให้เป็นค่าจริง โดยใช้ค่าประจำพิกเซลคูณด้วยค่าสเกลปัจจัย คือ 0.02 จากนั้นลบด้วยค่าคงที่ 273.15 เพื่อแปลงค่าหน่วยจากเคลวินเป็นองศาเซลเซียส

6. คำนวณค่า VSWI พร้อมทั้งหาค่า NVSWI โดยใช้สูตรคำนวณ (Sawaid Abbas, et al., 2014)

$$VSWI = \frac{NDVI}{LST}, \quad (1)$$

เมื่อ $VSWI$ คือ Vegetation Supply Water Index, $NDVI$ คือ Normalized Difference Vegetation Index และ $LST$ คือ Land Surface Temperature ตามลำดับ ทั้งนี้ NDVI สามารถหาได้จากสูตร $NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+red)}$ เมื่อ $NIR$ และ $Red$ คือ ค่าประจำพิกเซลช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง ตามลำดับ (Rouse, et al., 1978; Tucker, 1979)

$$NVSWI = \frac{(VSWI - VSWImin)}{(VSWImax - VSWImin)} X\ 100, \quad (2)$$

เมื่อ $NVSWI$ คือ Normalized Vegetation Supply Water Index, $VSWImin$ และ $VSWImax$ คือ ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่า VSWI ของพิกเซลในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา

7. จำแนกระดับความแห้งแล้งจากค่า NVSWI ออกเป็น 5 ระดับ พร้อมจัดทำเป็นแผนที่แสดงความแห้งแล้งของพื้นที่ (Carlson, et al., 1990; Sawaid Abbas, et al., 2014)

โดยมีเกณฑ์การจำแนก ดังนี้

| | |
|---|---|
| ค่า NVSWI < 20 | หมายถึง แล้งมาก (Severe Dry) |
| ค่า NVSWI 20-40 | หมายถึง แล้งปานกลาง (Moderate drought) |
| ค่า NVSWI 40-60 | หมายถึง แล้งเล็กน้อย (Slight drought) |
| ค่า NVSWI 60-80 | หมายถึง ปรกติหรือไม่แล้ง (Normal) |
| ค่า NVSWI 80-100 | หมายถึง ชุ่มชื้น (Wet) |

8. นำข้อมูลระดับความแห้งแล้งมาวิเคราะห์ร่วมกับคุณลักษณะทางด้านสิ่งแวดล้อมหรือลักษณะเชิงพื้นที่ ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เนื้อดิน ขอบเขตการปกครอง และตำแหน่งหมู่บ้าน

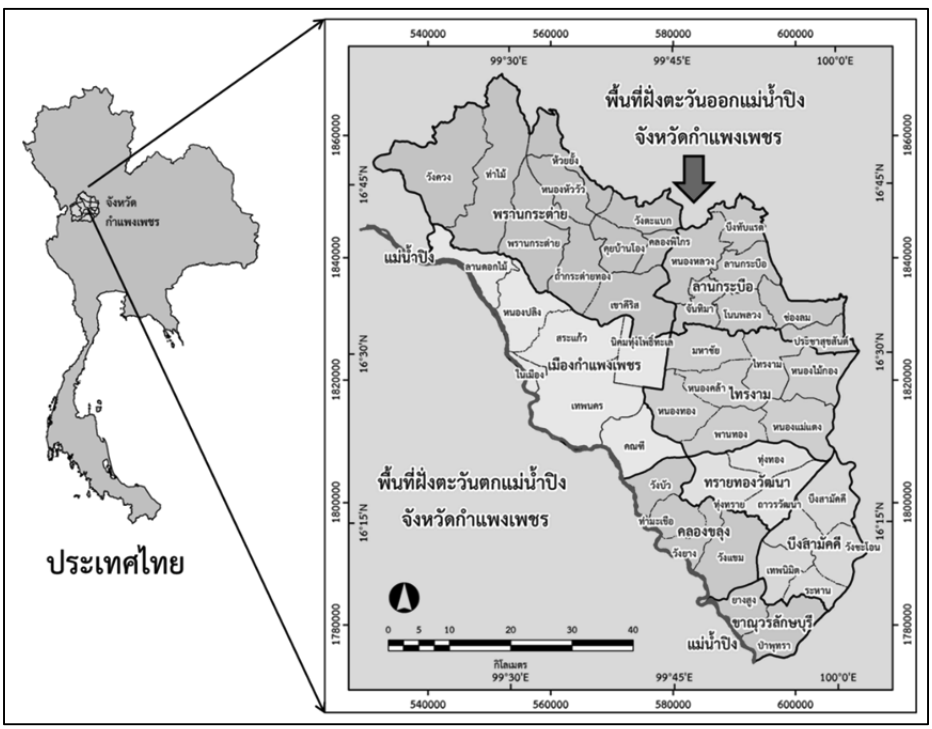
9. วิเคราะห์และสรุปผลข้อมูลที่ได้รับ

Vol.25 No.1 January - April 2019 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

**สรุปผลการวิจัย**

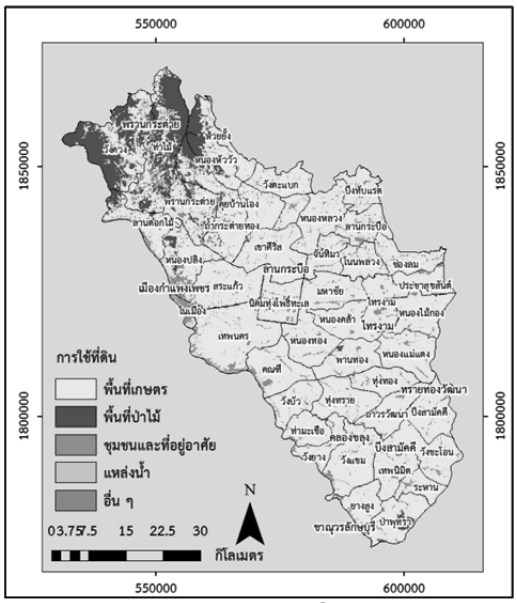
คุณลักษณะเชิงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร ครอบคลุมพื้นที่ 3,459.00 ตารางกิโลเมตร หรือ 2,161,875 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40.65 ของทั้งจังหวัด สภาพพื้นที่โดยส่วนใหญ่เป็นที่ราบ อยู่ในช่วงระดับความสูงตั้งแต่ 32 ถึง 573 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) และมีพื้นที่ภูเขาเพียงเล็กน้อยทางตอนบนของพื้นที่ศึกษาในเขตตำบลพรานกระต่าย ตำบลท่าไม้ และตำบลวังควง มีจำนวนหมู่บ้านทั้งหมด 568 หมู่บ้าน 44 ตำบล ใน 8 อำเภอ ประกอบด้วย อำเภอพรานกระต่าย อำเภอลานกระบือ อำเภอเมืองกำแพงเพชร อำเภอไทรงาม อำเภอทรายทองวัฒนา อำเภอบึงสามัคคี อำเภอคลองขลุง และอำเภอขาณุวรลักษบุรี การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 81.68) โดยมีพืชเศรษฐกิจหลัก คือ ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง มีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 9.37 พื้นที่ชุมชนและที่อยู่อาศัยร้อยละ 5.48 พื้นที่แหล่งน้ำร้อยละ 1.98 และพื้นที่อื่นๆ ร้อยละ 1.49 เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย (ร้อยละ 49.07) กระจายอยู่โดยทั่วไปของพื้นที่ เหมาะสำหรับการปลูกพืชไร่ รองลงมาคือดินเหนียวร้อยละ 26.15 กระจายตัวอยู่บริเวณทางตอนกลางของพื้นที่ ดินร่วนเหนียวร้อยละ 11.75 ดินทรายร้อยละ 5.33 ดินตะกอนลำน้ำร้อยละ 5.01 ดินที่ลาดชันเชิงซ้อนหรือดินภูเขาร้อยละ 2.00 และดินร่วนร้อยละ 0.69 แสดงภาพพื้นที่ศึกษาดังภาพที่ 1 และคุณลักษณะเชิงพื้นที่ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พื้นที่เกษตรกรรมหลัก เนื้อดิน และความสูงของพื้นที่จากระดับทะเลปานกลาง ดังภาพที่ 2

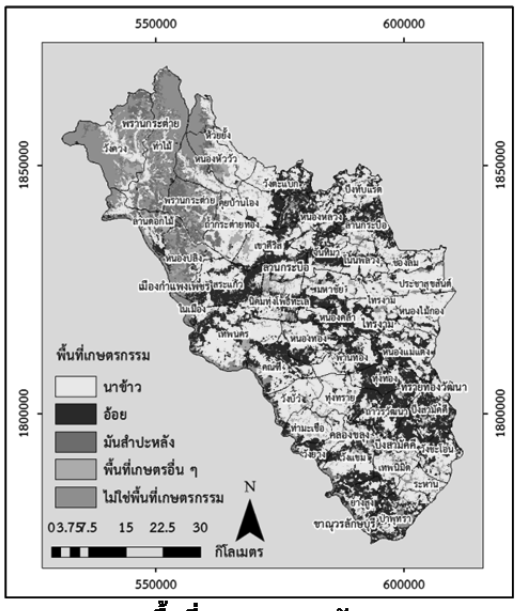



**ภาพที่ 1** พื้นที่ศึกษา ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร

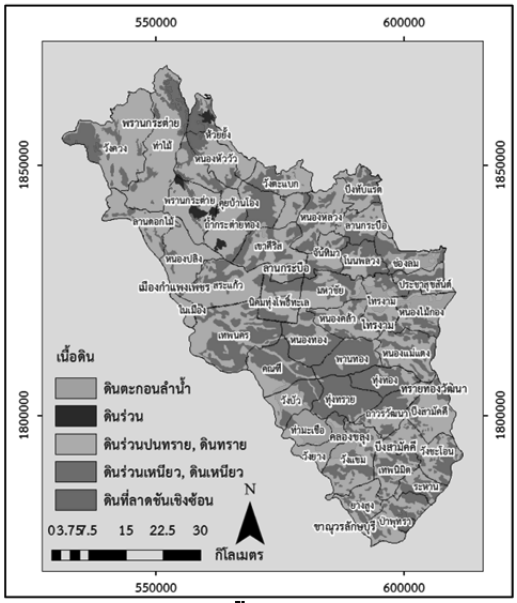
ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2562 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)



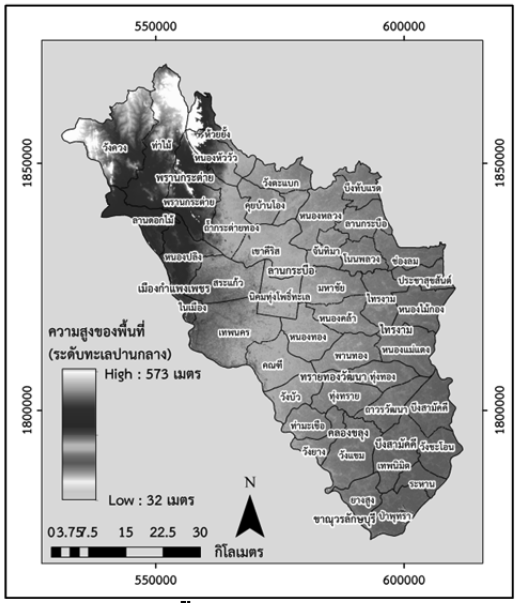

**การใช้ประโยชน์ที่ดิน**




**พื้นที่เกษตรกรรมหลัก**




**เนื้อดิน**



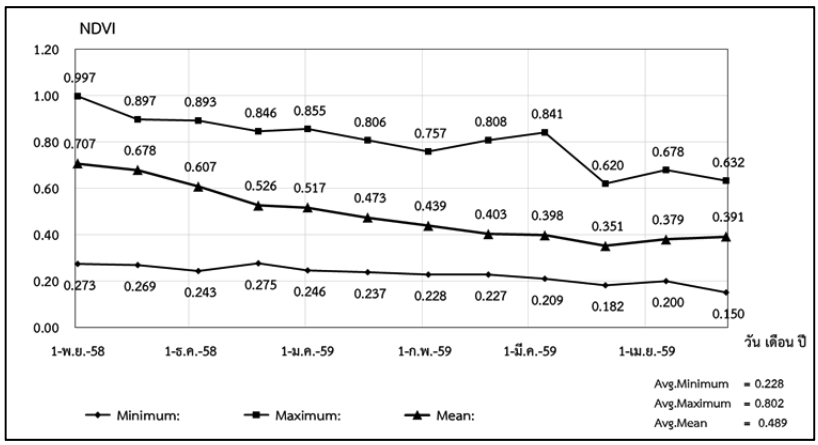

**ความสูงของพื้นที่จากระดับทะเลปานกลาง**

**ภาพที่ 2** คุณลักษณะเชิงพื้นที่ ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร

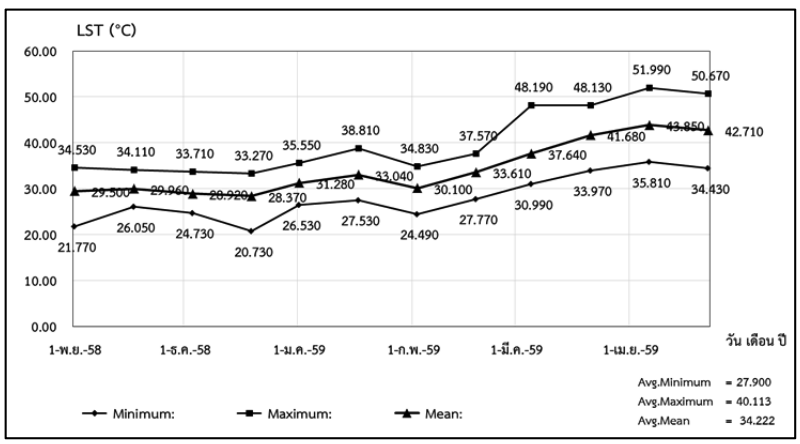
Vol.25 No.1 January - April 2019 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

การวิเคราะห์ค่า NDVI และ LST

การวิเคราะห์ค่า NDVI และ LST ผสม 16 วัน ตั้งแต่ช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2559 พื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร พบว่า มีค่า NDVI เฉลี่ยทั้งฤดูกาลเท่ากับ 0.489 ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.802 และค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.228 โดยกราฟ NDVI มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนเมษายน ในช่วงเดือนเมษายน จะมีค่าเฉลี่ยของ NDVI เท่ากับ 0.379 ถึง 0.391 ในขณะที่ช่วงเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยในพื้นที่ดังกล่าวจะมีค่าระหว่าง 0.678 ถึง 0.707 ดังภาพที่ 3 ในขณะเดียวกัน เมื่อพิจารณาค่า LST พบว่า มีค่าเฉลี่ยทั้งฤดูกาลเท่ากับ 34.22 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 40.11 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 27.90 องศาเซลเซียส โดยกราฟ LST มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนเมษายน โดยในช่วงเดือนพฤศจิกายน จะมีค่าเฉลี่ยของ LST เท่ากับและ 29.50 และ 29.96 องศาเซลเซียส ในขณะที่ช่วงเดือนเมษายน ค่าเฉลี่ยในพื้นที่ดังกล่าวจะมีค่าระหว่าง 42.71 และ 43.85 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 4 ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ตามช่วงเวลา NDVI และ LST แสดงได้ดังภาพที่ 5 และภาพที่ 6

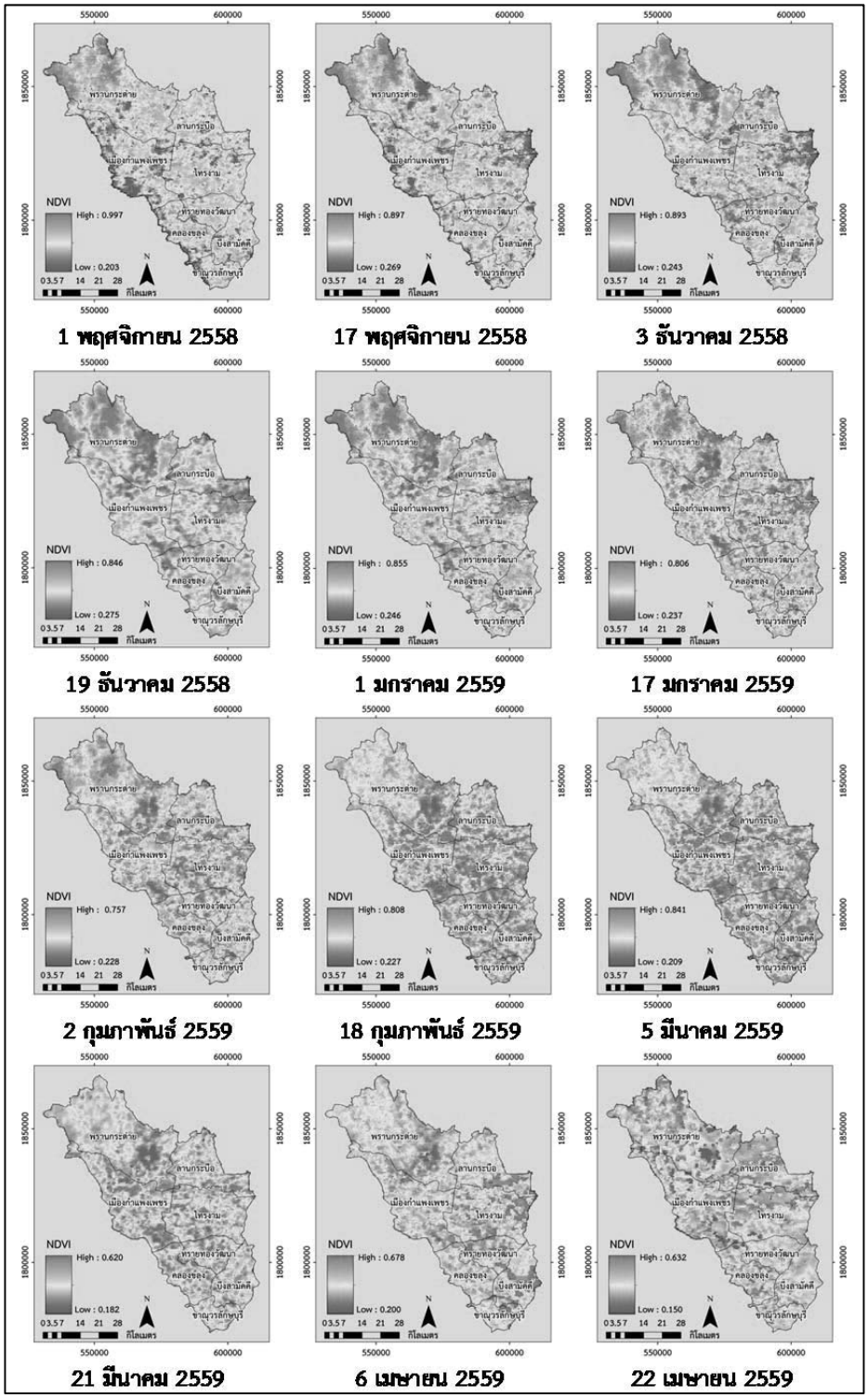



**ภาพที่ 3** ค่าสถิติต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของ NDVI ฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2558-2559



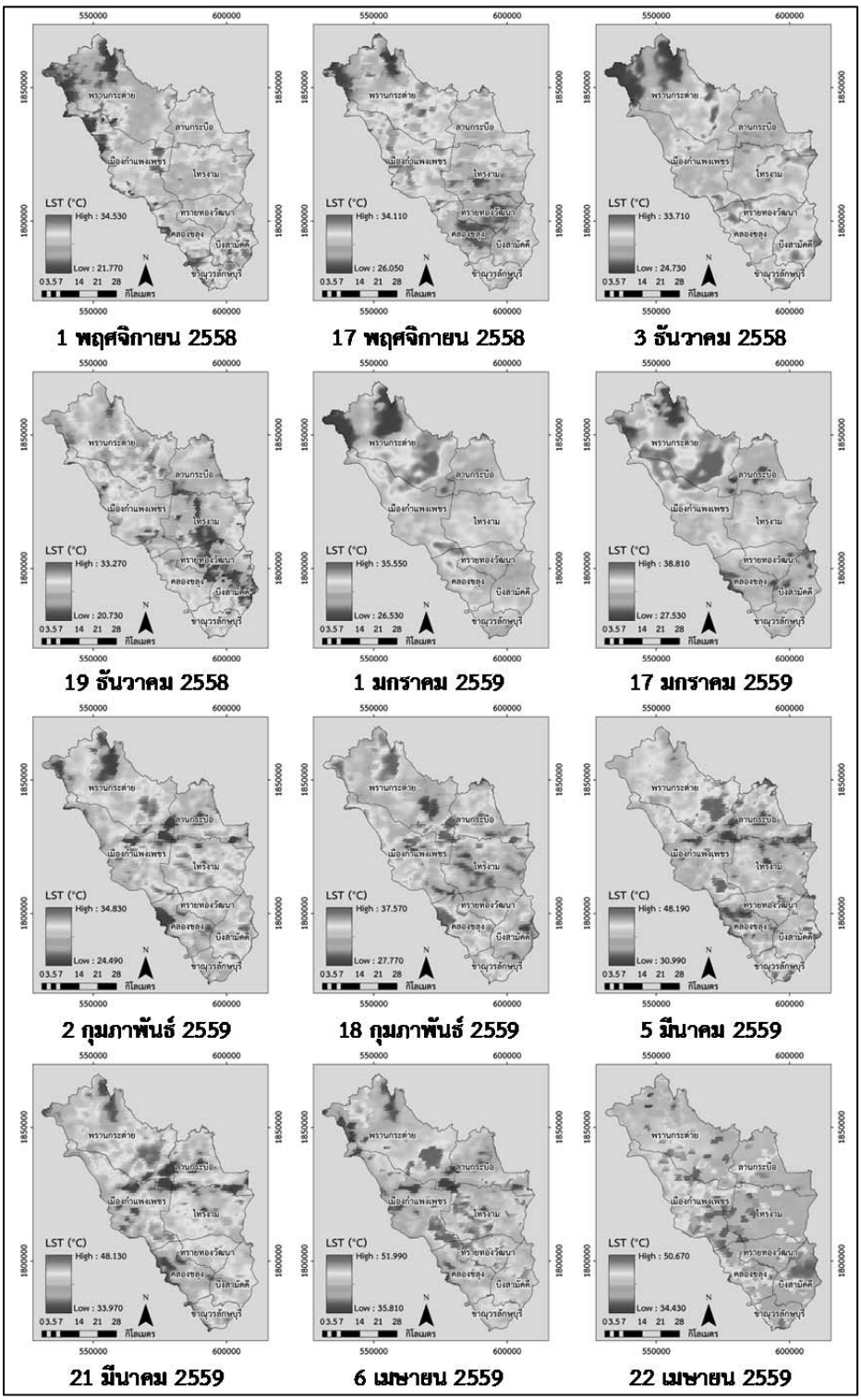

**ภาพที่ 4** ค่าสถิติต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของ LST ฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2558-2559

ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2562 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)




**ภาพที่ 5** ค่า NDVI ข้อมูลผสม 16 วัน ช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559

Vol.25 No.1 January - April 2019 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

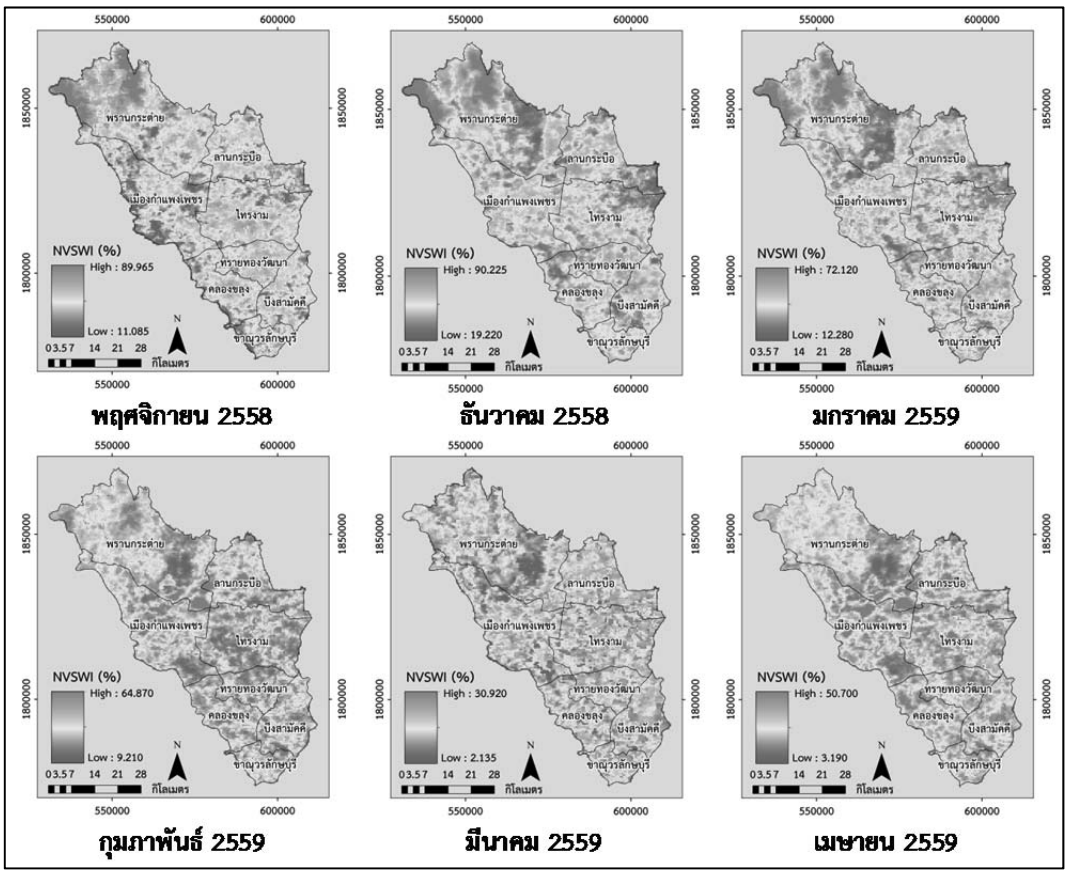



**ภาพที่ 6** ค่า LST ข้อมูลผสม 16 วัน ช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559

ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2562 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

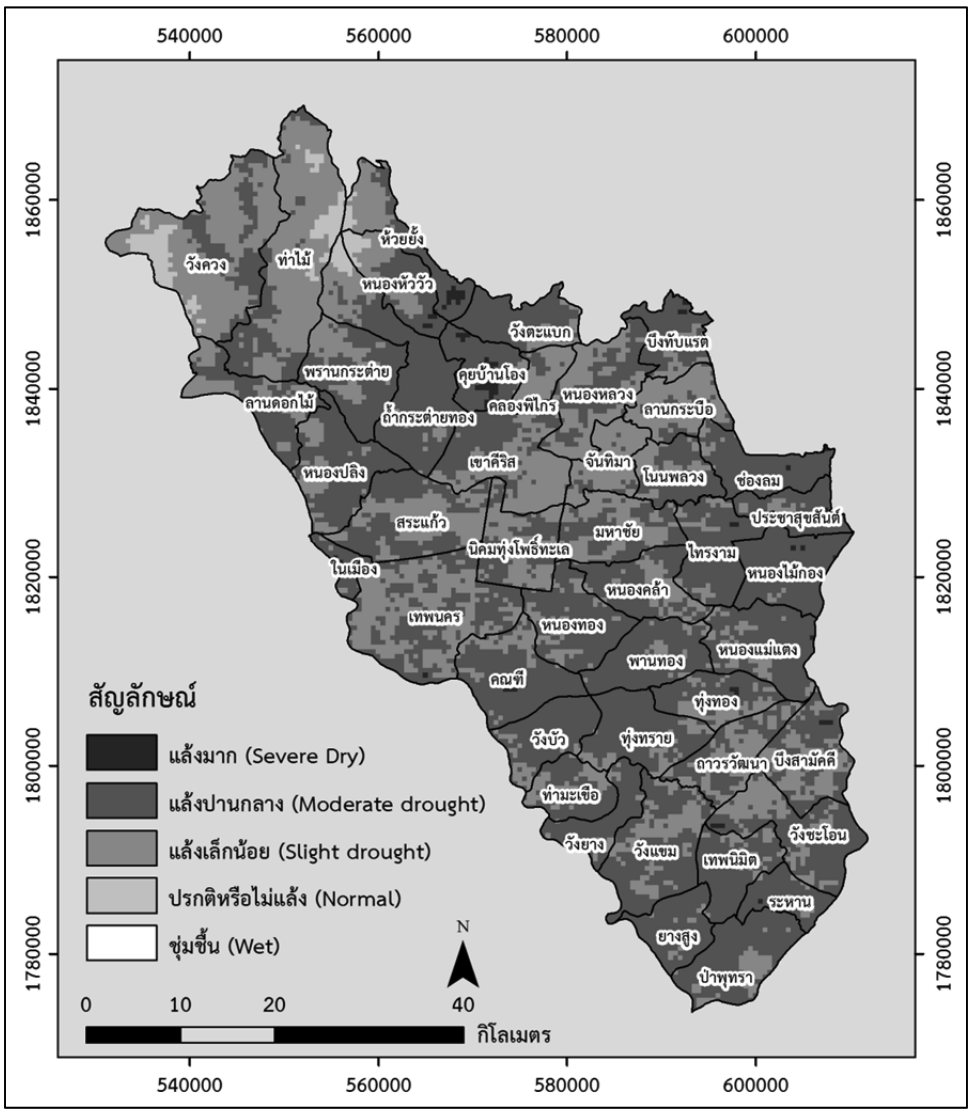
ระดับความแห้งแล้งเชิงพื้นที่

การวิเคราะห์ค่า NVSWI รายเดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 ให้ผลลัพธ์ได้ดังภาพที่ 7 ทั้งนี้ เมื่อทำการรวมแผนที่ แล้วจำแนกช่วงชั้นของค่า NVSWI ตามเกณฑ์การประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ พบว่า มีความแห้งแล้ง 4 ระดับ โดยในพื้นที่ศึกษาไม่ปรากฏพื้นที่ชุ่มชื้น พื้นที่ส่วนใหญ่มีความแห้งแล้งระดับเล็กน้อย ครอบคลุมพื้นที่ 1,680.63 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 48.59 รองลงมาคือมีความแห้งแล้งปานกลาง (1,632.20 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 47.19) ไม่แล้ง (116.41 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 3.37) และมีความแห้งแล้งมาก (29.74 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 0.86) ตามลำดับ โดยพื้นที่แห้งแล้งจะกระจายตัวครอบคลุมทั้งพื้นที่ พื้นที่มีความแห้งแล้งมากจะพบในพื้นที่บางส่วนของตำบลคุยบ้านโอง ตำบลห้วยยั้ง และตำบลหนองวัว ส่วนพื้นที่มีความแห้งแล้งปานกลางจะพบมากในตำบลคณฑี ตำบลหนองไม้กอง ตำบลพานทอง ตำบลหนองแม่แตง ตำบลยางสูง ตำบลป่าพุทรา ตำบลวังบัว ตำบลพรานกระต่าย ตำบลวังตะแบก ตำบลเขาคีริส ตำบลคุยบ้านโอง ตำบลถ้ำกระต่ายทอง ตำบลช่องลม ตำบลโนนพลวง ตำบลประชาสุขสันต์ ตำบลบึงทับแรต ตำบลทุ่งทอง ตำบลวังชะโอน และตำบลระหาน ดังภาพที่ 8




**ภาพที่ 7** ค่า NVSWI รายเดือน ช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559

Vol.25 No.1 January - April 2019 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

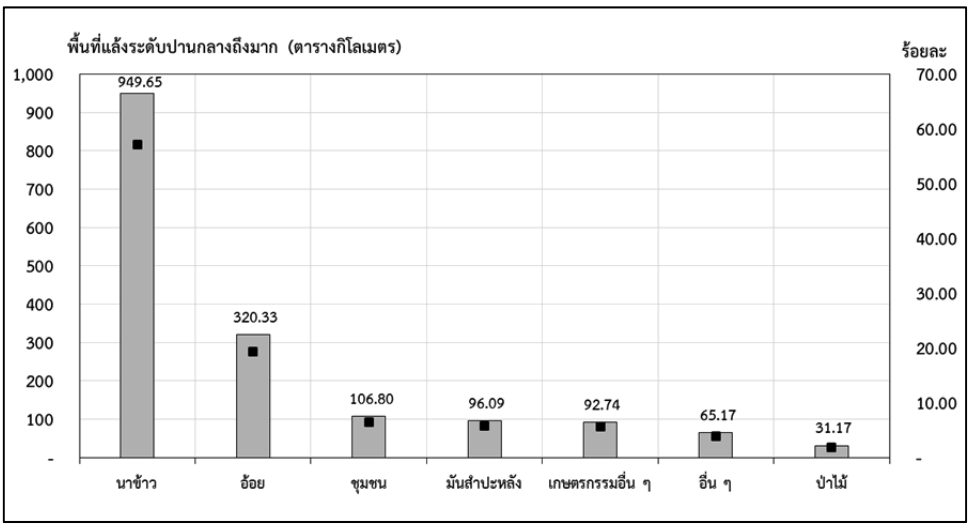



**ภาพที่ 8** ระดับความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร

คุณลักษณะทางด้านสิ่งแวดล้อมในพื้นที่แล้ง

การวิเคราะห์พื้นที่แล้งระดับปานกลางถึงมาก ร่วมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พบว่า พื้นที่เกิดความแห้งแล้งระดับดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าว ครอบคลุมพื้นที่ 949.65 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 57.14) รองลงมาคือไร่อ้อย (320.33 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 19.27) พื้นที่ชุมชน (106.80 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 6.43) พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง (96.09 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 5.78) พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ (92.74 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 5.58) และพื้นที่อื่นๆ (65.17 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 3.92) ตามลำดับ ทั้งนี้ พื้นที่ป่าไม้เป็นรูปแบบการใช้ที่ดินที่พบน้อยที่สุด ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 31.17 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 1.88 (ภาพที่ 9)

ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2562 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

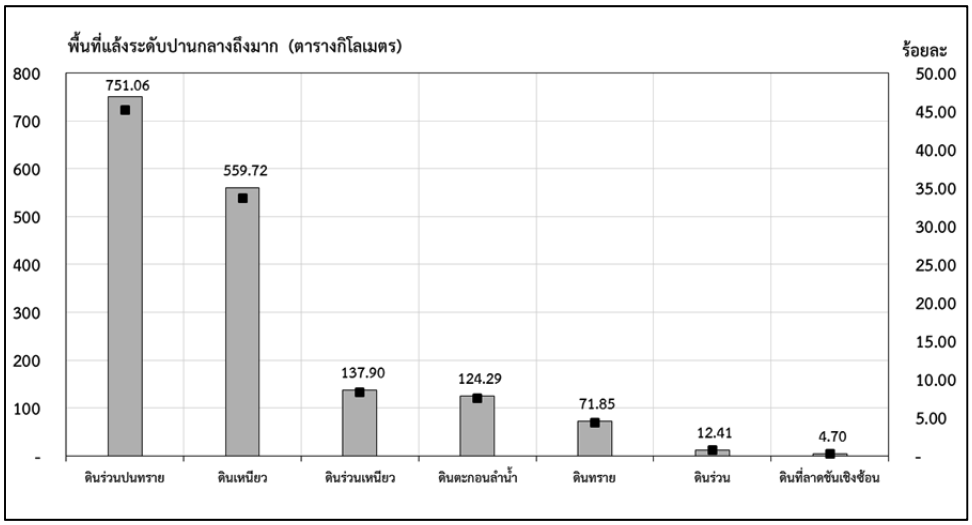



**ภาพที่ 9** การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่แห้งแล้งปานกลางถึงมาก ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร

การวิเคราะห์พื้นที่แล้งระดับปานกลางถึงมากร่วมกับเนื้อดิน พบว่า พื้นที่เกิดความแห้งแล้งระดับดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ครอบคลุมพื้นที่ 751.06 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 45.19) รองลงมาคือดินเหนียว (559.72 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 33.68) ดินร่วนเหนียว (137.90 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 33.68) ดินตะกอนลำน้ำ (124.29 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 7.48) ดินทราย (71.85 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 4.32) ดินร่วน (12.41 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 0.75) และดินที่ลาดชันเชิงซ้อน (4.70 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 0.28) (ภาพที่ 10)

เมื่อซ้อนทับตำแหน่งหมู่บ้านลงบนพื้นที่แห้งแล้งระดับปานกลางถึงมาก พบว่า มีจำนวน 308 หมู่บ้าน จาก 568 หมู่บ้าน (ร้อยละ 54.23) โดยหมู่บ้านดังกล่าว อยู่ในอำเภอพรานกระต่าย 90 หมู่บ้าน อำเภอเมืองกำแพงเพชร 58 หมู่บ้าน อำเภอไทรงาม 42 หมู่บ้าน อำเภอคลองขลุง 30 หมู่บ้าน อำเภอลานกระบือ 24 หมู่บ้าน อำเภอบึงสามัคคี 22 หมู่บ้าน อำเภอขาณุวรลักษบุรี 21 หมู่บ้าน อำเภอทุ่งทราย 20 หมู่บ้าน และอำเภอโกสัมพีนคร 1 หมู่บ้าน ทั้งนี้ 10 ตำบลแรก ที่มีหมู่บ้านในเขตความแห้งแล้งระดับดังกล่าว ประกอบด้วย ตำบลสระแก้ว (19 หมู่บ้าน) ตำบลถ้ำกระต่ายทอง (14 หมู่บ้าน) ตำบลป่าพุทรา (13 หมู่บ้าน) ตำบลหนองหัววัว (13 หมู่บ้าน) ตำบลวังตะแบก (12 หมู่บ้าน) ตำบลคณฑี (11 หมู่บ้าน) ตำบลวังแขม (11 หมู่บ้าน) ตำบลทุ่งทอง (10 หมู่บ้าน) ตำบลนิคมทุ่งโพธิ์ทะเล (10 หมู่บ้าน) และตำบลพรานกระต่าย (10 หมู่บ้าน) ตามลำดับ

Vol.25 No.1 January - April 2019 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)




**ภาพที่ 10** เนื้อดินของพื้นที่แห้งแล้งปานกลางถึงมาก ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร

**อภิปรายผลการวิจัย**

การศึกษานี้พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร มีความแห้งแล้งระดับน้อยถึงปานกลาง โดยพื้นที่แห้งแล้งระดับปานกลางถึงมาก ส่วนใหญ่มีการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรแบบปลูกข้าวและอ้อยซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักในพื้นที่ และมีเนื้อดินแบบร่วนปนทราย การประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ โดยใช้ NDVI และ LST จากข้อมูล MODIS สามารถให้ข้อมูลสนับสนุนเพื่อการจัดการความแห้งแล้ง การจัดการน้ำ และการจัดการทางด้านการเกษตรได้ ซึ่งเหมาะสำหรับการประเมินความแห้งแล้งในพื้นที่ที่ขาดแคลนข้อมูลด้านปริมาณน้ำฝนและน้ำใต้ดิน อีกทั้งยังแสดงความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรมหรือสภาวะความแห้งแล้งทางการเกษตรได้ดี

การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความแห้งแล้งโดยใช้รีโมทเซนซิง พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ใช้ NDVI เข้ามาเป็นพารามิเตอร์ของการตรวจวัด (Ruthamnong, S., 2560; Amal Yahya Alishaikh, 2015; Bayarjargal, et al., 2000; Bayarjargal, et al., 2006; Jie Zhang, et al., 2016; Sawaid Abbas, et al.,2014; Son, et al., 2010; WU Men-xin & LU Hou-quan, 2016; Yingxin Gu, et al., 2007) ทั้งนี้ถึงแม้ว่าการใช้ NDVI และค่า LST จะสามารถให้ข้อมูลความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ได้ดี แต่ข้อสังเกตของจากการศึกษานี้ พบว่า พื้นที่แล้งที่ถูกประเมิน มีความสัมพันธ์สูงกับการปรากฏของพืชหรือพื้นที่เกษตรในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้น พื้นที่เปิดโล่งหรือไร้พืชพรรณถูกปกคลุมตลอด จึงมีแนวโน้มที่จะถูกประเมินว่าเป็นพื้นที่แล้งกว่าพื้นที่อื่นๆ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อจำกัดดังกล่าว การประเมินความแห้งแล้งอาจจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอื่นๆ มาเป็นพารามิเตอร์ร่วมด้วย ยกตัวอย่างได้เช่น ปริมาณน้ำฝน (rain fall) ความชุ่มชื้นของดิน (soil moisture) ศักยภาพการคายระเหย (evapotranspiration) หรือระดับน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน (ground water and surface water) เป็นต้น (Bhuiyan, 2004)

ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2562 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

**ข้อเสนอแนะ**

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลการประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสนับสนุนการตัดสินใจแก้ไขปัญหาความแห้งแล้งหรือการจัดการน้ำในช่วงวิกฤตขาดแคลนน้ำของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือชุมชนได้

2. แผนที่ความแห้งแล้งสามารถแสดงระดับความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ได้ ซึ่งเหมาะสำหรับการนำข้อมูลดังกล่าว ไปใช้เป็นปัจจัยร่วมในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยง (risk) หรืออ่อนไหว (vulnerable) ต่อการเกิดภัยแล้ง โดยใช้รีโมทเซนซิงและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยกระบวนการต่างๆ เช่น การวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ (frequency ratio) หรือแบบจำลองดัชนี (index model) เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษานี้ใช้ข้อมูลเพียงปีเดียว คือ ช่วงแล้งปี พ.ศ. 2559 เพื่อประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ในช่วงเวลาปัจจุบัน ทั้งนี้ในการประเมินความแห้งแล้งต่อไป ควรใช้ข้อมูลหลายปีมาทำการวิเคราะห์เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของความแห้งแล้ง โดยจากการศึกษาปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิในช่วงปี พ.ศ. 2548-2559 พบว่าปีแล้งในพื้นที่ศึกษา มีทั้งหมด 4 ปี ได้แก่ พ.ศ. 2548 พ.ศ. 2552 พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2557

2. การศึกษานี้เป็นการประเมินความแห้งแล้งเพื่อนำไปสู่การจัดการเชิงพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลโมดิส ซึ่งเป็นดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่หยาบ ทั้งนี้หากต้องการข้อมูลที่มีความละเอียดสูงกว่า ในการประเมินอาจใช้ข้อมูลดาวเทียมหรือตัวบันทึกอื่นๆ ที่มีให้บริการฟรีได้ ดังเช่น Landsat TM, Landsat ETM+, Landsat OLI/TIRS, THEOS, SPOT หรือ Sentinel-2 อย่างไรก็ตามสิ่งที่ทำให้ข้อมูลโมดิสมีประโยชน์อย่างมากต่อการนำมาประยุกต์ใช้ด้านการศึกษาความแห้งแล้ง คือ (1) ข้อมูลสามารถดาวน์โหลดได้ฟรี (2) มีข้อมูลให้เลือกหลากหลาย ทั้งข้อมูลแบบใกล้เวลาจริง (near real time) และข้อมูลภาพผสมหลายช่วงเวลา เช่น 8 วัน 16 วัน หรือ 1 เดือน และ (3) มีอัลกอริทึมหรือผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาด้านความแห้งแล้ง ดังเช่น NDVI, EVI จาก MOD13 หรือ LST จาก MOD11 ที่ใช้ในการศึกษานี้ และยังมีอัลกอริทึมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอีก ดังเช่น LULC จาก MOD12 หรือ ET และ PET จาก MOD16 เป็นต้น ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวมีให้บริการผ่านระบบ LPDAAC เว็บไซต์ https://lpdaac.usgs.gov/ และ https://earthexplorer.usgs.gov/

3. ควรมีการประเมินความถูกต้องของข้อมูลความแห้งแล้งจากรีโมทเซนซิง ด้วยข้อมูลอื่นๆ เช่น ข้อมูลภาคสนาม ข้อมูลรายงานภัยแล้งหรือการขาดแคลนน้ำระดับชุมชน หรือ ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจสังคมของชุมชนในประเด็นที่เกี่ยวข้องจากฐานข้อมูลจปฐ. และ กชช. 2 ค. เป็นต้น

4. ควรมีการประเมินเปรียบเทียบวิธีการนี้กับการตรวจวัดความแห้งแล้งโดยใช้ดัชนีเชิงคลื่นจากข้อมูลภาพจากดาวเทียมด้วยวิธีการอื่นๆ ดังเช่น NDWI, NDDI, NDVIA, SVI, VCI, TCI, VHI, LST/NDVI, และ DSI เป็นต้น

5. ควรมีการประเมินเปรียบเทียบวิธีการนี้กับการตรวจวัดความแห้งแล้งโดยวิธีการอื่นๆ ดังเช่น ดัชนีปริมาณฝน (precipitation index) ดัชนีความแห้งแล้งแสดงผลกระทบเนื่องจากฝน (Effective Drought Index: EDI) ดัชนีความแห้งแล้งทางด้านเกษตรกรรมตามฤดูกาลมรสุม (Generalized Monsoon Index: GMI) ดัชนีความแห้งแล้งของฝนที่ต่างจากค่าปกติ (Standardized Precipitation Index: SPI) ดัชนีความชื้นที่เป็นประโยชน์สำหรับพืช (Moisture Available Index: MAI) ดัชนีความแห้งแล้งที่ผิดปกติทางด้านเกษตรกรรม (Aridity Anomaly Index: AI) ดัชนีความแห้งแล้งของเพด (Ped's Drought index: PDI) หรือดัชนีความรุนแรงความแห้งแล้งของปาล์มเมอร์ (Palmer drought severity index: PDSI) เป็นต้น

Vol.25 No.1 January - April 2019 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

**References**

Amal, Y. A. (2015). Space applications for drought assessment in Wadi-Dama (West Tabouk), KSA. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. 18,** S43-S53.

Anyamba, A., Tucker, C. J., & Eastman, J. R. (2001). NDVI anomaly patterns over Africa during the 1997/98 ENSO warm event. **International Journal of Remote Sensing, 22,** 1847-1859.

Bayarjargal, Y., Adyasuren, T., & Munkhtuya, S. (2000). Drought and vegetation monitoring in the arid and semi-arid regions of the Mongolia using remote sensing and ground data. **Proceedings of 21st Asian Conference on Remote Sensing, Taipei.** Taiwan, 1, 372-377.

Bayarjargal, Y., et al. (2006). A comparative study of NOAA–AVHRR derived drought indices using change vector analysis. **Remote Sensing of Environment, 105,** 9-22.

Bhuiyan, C. (2004). Various drought indices for monitoring drought condition in Aravalli terrain of India. **Proceedings of the XXth ISPRS Conference.** Int. Soc. Photogramm. Remote Sens., Istanbul. Working Group, VII/5, 1-6.

Bhuiyan, C., Singh, R. P., & Kogan, F. N. (2006). Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 8,** 289-302.

Carlson, T. N., Perry, E. M., & Schmugge, T. J. (1990). Remote sensing estimation of soil moisture availability and fractional vegetation cover for agricultural fields. **Agricultural and Forest Meteorology, 52,** 45-69.

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.

Heim, R. R. (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States. **Bulletin of the American Meteorological Society, 84,** 1149-1165.

Jie Zhang, Qiaozhen Mu, & Jianxi Huang. (2016). Assessing the remotely sensed Drought Severity Index for agriculturaldrought monitoring and impact analysis in North China. **Ecological Indicators, 63,** 296-309.

Kogan, F. N. (1990). Remote sensing of weather impacts on vegetation in nonhomogeneous areas. **International Journal of Remote Sensing, 11,** 1405-1419.

_____. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. **Advances in Space Research, 11,** 91-100.

_____. (1997). Global drought watch from space. **Bulletin of the American Meteorological Society, 78,** 621-636.

ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2562 ISSN 2408 - 0845 (Print) ISSN 2651 - 1487 (Online)

Lambin, E. F., & Ehrlich, D. (1996). The surface temperature–vegetation index space for land cover and land-cover change analysis. **International Journal of Remote Sensing, 17,** 463-478.

Liu, W. T., & Negron-Juarez, R. I. (2001). ENSO drought onset prediction in northeast Brazil using NDVI. **International Journal of Remote Sensing, 22,** 3483-3501.

NASA. (2017). **MODIS.** [Online]. Available : https://modis.gsfc.nasa.gov/. [2017, January 6].

Rouse, J. W., et al. (1974). **Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Greenwave Effect) of Natural Vegetation.** NASA/GSFC : Greenbelt, MD, USA.

Ruthamnong, S. (2015). **Remote Sensing.** Kamphaeng Phet : Kamphaeng Phet Rajabhat University.

_____. (2017). Geomatics for Analysis of Flood and Drought Risk Areas in Khlong Suan Mak Basin, Kamphaeng Phet Province. **The Golden Teak : Humanity and Social Science, 23**(2), 86-103.

Sawaid A., et al. (2014). Characterization of Drought Development through Remote Sensing : A Case Study in Central Yunnan, China. **Remote Sensing of Environment, 6,** 4998-5018.

Son, N. T., et al. (2012). Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geo-information, 18,** 417-427.

Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment, 8,** 127-150.

Tucker, C. J., & Choudhury, B. J. (1987). Satellite remote sensing of drought conditions. **Remote Sensing of Environment, 23,** 243-251.

WU Men-xin, & LU Hou-quan. (2016). A modified vegetation water supply index (MVWSI) and its application in drought monitoring over Sichuan and Chongqing, China. **Journal of Integrative Agriculture, 15**(9), 2132-2141.

Yingxin Gu, et al. (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,** 1-6.