



การประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ โดยใช้ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์  
และค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลโมดิส ในเขตอำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร  
Spatial drought evaluation using Normalized Difference Vegetation Index and Land  
Surface Temperature data from MODIS data in Parnkratai district,  
Kamphaeng Phet province

รัฐวุฒิ คุณุ, รฐนนท์ จันทร์อินทร์ม สุชาวดี ป้อมแก้ว และ สุภาสพงษ์ รุ้ทำนอง\*  
Rattawut Kunu, Rathanon Chan-in, Suchavadee Pomkaew, and  
Suphatphong Ruthamnong<sup>1\*</sup>

**บทคัดย่อ**

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ โดยใช้ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) และค่าอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature: LST) จากข้อมูลโมดิส (MODIS) อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร มีขั้นตอนวิธีการโดยนำข้อมูลผสม 16 วัน NDVI และข้อมูลผสม 8 วัน LST จากผลิตภัณฑ์ MOD13A1 และ MOD11A2 ช่วงฤดูแล้ง พ.ศ. 2559 (พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเมษายน พ.ศ. 2559) มาวิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำอุปทานพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Vegetation Supply Water Index: NVSWI) เพื่อประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ 5 ระดับ การวิเคราะห์ดัชนีความแห้งแล้ง (drought index) พบว่า มีพื้นที่แล้งมากร้อยละ 0.53 แล้งปานกลางร้อยละ 75.66 แล้งเล็กน้อยร้อยละ 23.81 และไม่พบพื้นที่ไม่แล้งหรือพื้นที่ชุ่มชื้น ทั้งนี้ ค่าดัชนีพืชพรรณและค่าอุณหภูมิพื้นผิวสามารถนำมาใช้แสดงภาพรวมความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ได้ โดยเฉพาะความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรมหรือสภาวะความแห้งแล้งทางการเกษตร

**คำสำคัญ :** ดัชนีความแห้งแล้ง, ดัชนีพืชพรรณ, โมดิส

**Abstract**

This study aims to evaluate spatial drought using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Land Surface Temperature (LST) based on MODIS data, Parnkratai district, 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, 2016 (November 2015 to April 2016). Then, calculate the Normalized Vegetation Supply Water Index (NVSWI) to assess five levels of drought classes. The study of drought index analysis found that the severe drought area cover 0.53%, moderate drought 75.66%, slight drought 23.81%, and disappear the normal or no drought and wet area classes. Therefore, the vegetation index and surface temperature can be used to visualize spatial droughts, especially agricultural drought.

**Keywords:** Drought Index, NDVI, MODIS



## บทนำ

ภัยแล้ง คือ ภัยที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นเวลานาน จนก่อให้เกิดความแห้งแล้ง และส่งผลกระทบต่อชุมชน (กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2556) ทั้งนี้ความรุนแรงของภัยแล้งขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศ ความชื้นในดิน ระยะเวลาที่เกิดความแห้งแล้ง และขนาดของพื้นที่ที่เกิดความแห้งแล้ง (ปราณี, 2532) ภัยแล้งนอกจากจะก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ทำให้แหล่งน้ำตามธรรมชาติตื้นเขิน ระดับน้ำใต้ดินเปลี่ยนแปลง เกิดการกัดเซาะของหน้าดิน และการทิ้งร้างที่ดินแล้ว ยังก่อให้เกิดปัญหาในด้านอื่นอีกด้วย โดยมีประเด็นที่จะต้องระวังคือปัญหาด้านสังคม อาทิเช่น ปัญหาการพิพาทกันในเรื่องแย่งน้ำ ปัญหาการขาดแคลนน้ำในการอุปโภคบริโภค และปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น เป็นต้น ส่วนด้านผลกระทบทางเศรษฐกิจภัยแล้งอาจทำให้จำนวนและคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำ จนทำให้ราคาผลผลิตลดลง (ทิวดา, 2554) ภาวะความแห้งแล้งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ (1) Meteorological drought (ความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยาหรือสภาวะอากาศแห้งแล้ง) (2) Hydrological drought (ความแห้งแล้งเชิงอุทกวิทยาหรือสภาวะการขาดน้ำ) และ (3) Agricultural drought (ความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรมหรือสภาวะความแห้งแล้งทางการเกษตร) (ปราณี, 2532; ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคเหนือตอนล่างมหาวิทยาลัยนครสวรรค์, 2547)

ในปัจจุบันมีการนำข้อมูลการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เข้ามาใช้ในการติดตามและเฝ้าระวังด้านภัยแล้งมากขึ้น โดยกลุ่มดัชนีด้านความแห้งแล้ง โดยใช้ข้อมูลจากสถิติหรือข้อมูลภาพถ่ายเทียม ยกตัวอย่างได้เช่น กลุ่มที่ใช้ตรวจวัดความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยาหรือสภาวะอากาศแห้งแล้ง ได้แก่ ดัชนีหยาดน้ำฟ้ามาตรฐาน (Standardised Precipitation Index: SPI) ดัชนีความแห้งแล้งของปาล์มเมอร์ (Palmer Drought Severity Index: PDSI) ดัชนีชี้วัดของอุณหภูมิ (Temperature Condition Index: TCI) และค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (Aridity Index: AI) กลุ่มที่ใช้ตรวจวัดความแห้งแล้งเชิงอุทกวิทยาหรือสภาวะการขาดน้ำ ได้แก่ ดัชนีระดับน้ำมาตรฐาน (Standardised Water-Level Index: SWI) และดัชนีอุปทานน้ำผิวดิน (Surface Water Supply Index: SWSI) และกลุ่มที่ใช้ตรวจวัดความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรมหรือสภาวะความแห้งแล้งทางการเกษตร ได้แก่ ดัชนีความชื้นพืชผล (Crop Moisture Index: CMI) ดัชนีพืชพรรณแตกต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ผลต่างสองช่วงเวลาของดัชนีพืชพรรณแตกต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Difference between the Normalized Difference Vegetation Index:  $\Delta$ NDVI) ดัชนีความชื้นแตกต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Water Index: NDWI) ดัชนีความแห้งแล้งแตกต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Different Drought Index: NDDI) ดัชนีชี้วัดของพืชพรรณ (Vegetation Condition Index: VCI) ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (Vegetation Health Index: VHI) และดัชนีพืชพรรณแบบเน้นภาพ (Enhanced Vegetation Index: EVI) (Ashok & Vijay, 2010; Bhuiyan et al., 2006)

โมดิส (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer: MODIS) เป็นตัวบันทึกที่ติดตั้งบนดาวเทียม TERRA และ AQUA ตัวอุปกรณ์แบ่งการตรวจจับข้อมูลช่วงคลื่นออกเป็น 36 แบนด์ (spectral range หรือ band) ครอบคลุมช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.4  $\mu$ m ถึง 14.4  $\mu$ m 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) แต่ก็มีความสามารถในการให้ข้อมูลแบบใกล้เคียงเวลาจริง (near real time) และมีประสิทธิภาพของการใช้งานที่หลากหลาย ทั้งการศึกษาปรากฏการณ์ภาคพื้นดิน การศึกษาอุณหภูมิกภาคพื้นผิว



และอุณหภูมิเมฆ การศึกษาบรรยากาศ และการศึกษาด้านอุทกศาสตร์ เหมาะสำหรับการตรวจจัดการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และภัยพิบัติทางธรรมชาติต่าง ๆ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ทั้งเพื่อการบริหารจัดการและการเฝ้าระวังและเตือนภัย เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Land use and Land cover change) การศึกษาด้านอุณหภูมิ การศึกษาด้านไฟป่า การศึกษาด้านภัยแล้งและความแห้งแล้ง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีอัลกอริทึมต่าง ๆ ที่ให้บริการข้อมูลพร้อมใช้ เพื่อประยุกต์ใช้ในการจัดการเชิงพื้นที่ที่หลากหลาย เช่น อัลกอริทึม MOD11 Land-Surface Temperature อัลกอริทึม MOD12 Land cover product อัลกอริทึม MOD13 Vegetation Index อัลกอริทึม MOD14 MODIS fire product หรือ MODIS Hotspot / MODIS burned area product และอัลกอริทึม MOD16 evapotranspiration data set เป็นต้น (สุภาสพงษ์, 2558; NASA, 2017)

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีงานวิจัยหลายชิ้น ที่ได้ประยุกต์ใช้ดัชนีเชิงคลื่นจาก MODIS มาวิเคราะห์และประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ ดังเช่น การศึกษาของ Yingxin et al. (2007) ที่ได้ทำการประเมินความแห้งแล้งในสหรัฐอเมริกา โดยใช้ค่าดัชนี NDVI และ NDWI ในการสร้างค่าดัชนี NDDI (โดยที่  $NDDI = (NDVI - NDWI) / (NDVI + NDWI)$ ) พบว่าในช่วงแล้งค่า NDVI และ NDWI จะมีค่าลดต่ำลงมากกว่าช่วงปกติ และการใช้ค่าดัชนี NDDI ในการตรวจสอบความแห้งแล้งให้ผลดีกว่าการใช้ NDVI หรือ NDWI เพียงค่าใดค่าหนึ่ง การศึกษาของ Jie Zhang et al. (2016) ที่ใช้ค่า ET และ PET จากอัลกอริทึม MOD16 ET/PET และค่า NDVI จากอัลกอริทึม MOD13 มาสร้างเป็นดัชนีความรุนแรงของความแห้งแล้ง (Drought Severity Index) และพบว่าวิธีการดังกล่าวสามารถให้ข้อมูลที่เหมาะสมในการแสดงความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ระดับภูมิภาคได้เป็นอย่างดี การศึกษาของ Sawaid et al. (2014) ที่ได้ใช้ค่า NDVI และ LST ในการประเมินความแห้งแล้งในยูนนาน (Yunnan) ประเทศจีน โดยใช้ค่าดังกล่าวสร้างเป็นค่าดัชนี NVSWI แล้วพบว่า การประเมินความแห้งแล้งที่ใช้ข้อมูลพืชพรรณและอุณหภูมิดังกล่าวให้ผลสอดคล้องกับสถานการณ์การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM (TRMM Rainfall Data) ซึ่งดัชนีนี้สามารถใช้ในการประเมินความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรมหรือสภาวะความแห้งแล้งทางการเกษตรได้ดี

จึงเป็นที่มาและความสำคัญของการศึกษานี้ที่ใช้ NDVI และ LST จากข้อมูล MODIS มาประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ของบริเวณพื้นที่อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งและมีการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักเป็นพื้นที่เกษตรกรรม อีกทั้งยังขาดข้อมูลสนับสนุนเชิงพื้นที่ที่มีความจำเป็นต่อการบริหารจัดการและแก้ปัญหาภัยแล้ง การศึกษานี้จะทำให้เห็นภาพรวมของปัญหา อันจะนำไปสู่แนวทางการจัดการน้ำ และแก้ปัญหาความแห้งแล้งในพื้นที่ต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้มีอุปกรณ์หลัก คือ โปรแกรม QGIS (freeware)

ข้อมูลหลักที่ใช้ ประกอบด้วย

(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 บิต 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 บิต มีค่าประจำพิกเซลอยู่ในช่วง 7,500 ถึง 65,535 และมีหน่วยเป็นเคลวิน

มีขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย



(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 16 ภาพ และ 32 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  $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + red)$  เมื่อ NIR และ Red คือ ค่าประจำพิกเซลช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดงตามลำดับ

$$NVSWI = \frac{(VSWI - VSWI_{min})}{(VSWI_{max} - VSWI_{min})} \times 100, \quad (2)$$

เมื่อ NVSWI คือ Normalized Vegetation Supply Water Index, VSWI<sub>min</sub> และ VSWI<sub>max</sub> คือค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่า VSWI ของพิกเซลในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา

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

โดยมีเกณฑ์การจำแนก ดังนี้

ค่า NVSWI < 20	หมายถึง แห้งมาก (Severe Dry)
ค่า NVSWI 20-40	หมายถึง แห้งปานกลาง (Moderate drought)
ค่า NVSWI 40-60	หมายถึง แห้งเล็กน้อย (Slight drought)
ค่า NVSWI 60-80	หมายถึง ปกติหรือไม่แห้ง (Normal)
ค่า NVSWI 80-100	หมายถึง ชุ่มชื้น (Wet)

(8) วิเคราะห์และสรุปผลข้อมูลที่ได้รับ

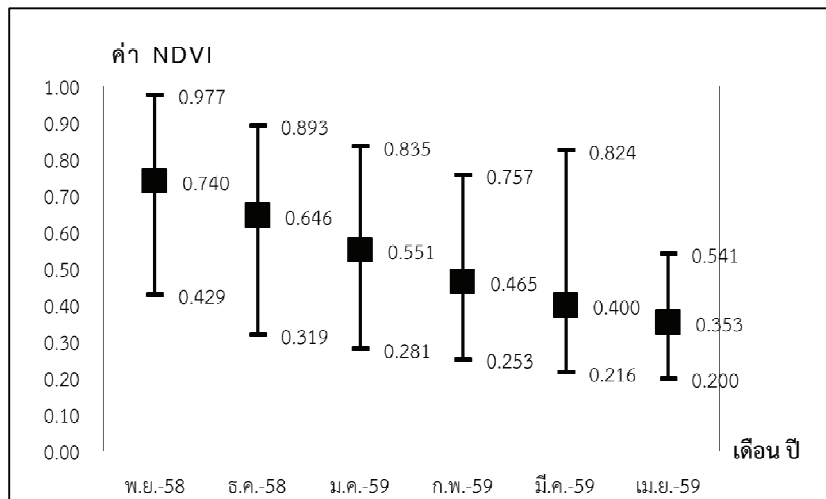
### ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

อำเภอพรานกระต่ายตั้งอยู่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง จังหวัดกำแพงเพชร มีพื้นที่ 991.10 ตารางกิโลเมตร หรือ 619,437.50 ไร่ ประกอบด้วย 10 ตำบล ได้แก่ พรานกระต่าย หนองหัววัว ท่าไม้ วังควง วังตะแบก เขาคีรีส คุ้ยบ้านโอง คลองพิไกร ถ้ำกระต่ายทอง และห้วยยั้ง ตอนบนของพื้นที่มีในเขตตำบลวังควง ท่าไม้ และห้วยยั้ง มีพื้นที่ป่าผลัดใบสมบูรณ์ร้อยละ 32.99 พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ร้อยละ 60.98 พื้นที่เมืองและที่อยู่อาศัยร้อยละ 3.22 พื้นที่แหล่งน้ำร้อยละ 1.21 และพื้นที่อื่น ๆ ร้อยละ 1.60

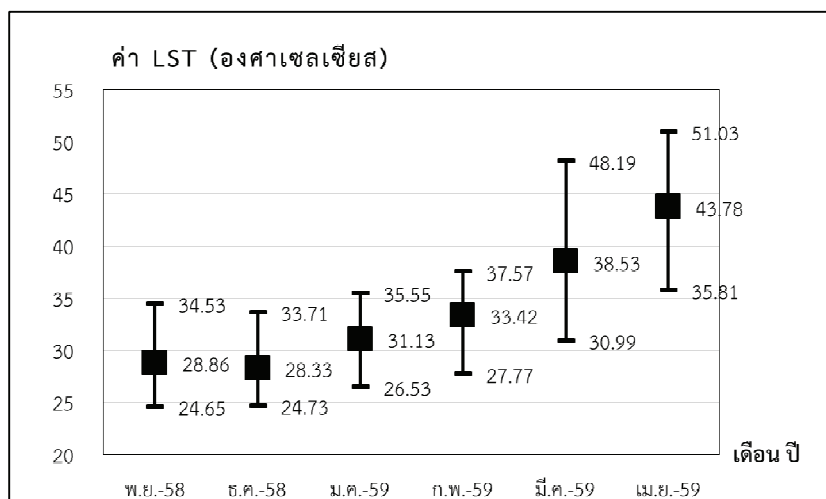


เมื่อพิจารณาค่า NDVI รายเดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 พบว่า มีค่าเฉลี่ยรวมช่วงฤดูกาลที่ศึกษา เท่ากับ 0.53 แนวโน้มของค่า NDVI มีทิศทางลดลงจากเดือนพฤศจิกายนที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.740 ไปจนถึงเดือนเมษายน ที่มีค่าเฉลี่ยน้อยสุดเท่ากับ 0.353 ตรงกันข้ามกับค่า LST ที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม มีค่าเฉลี่ยน้อยสุดเท่ากับ 28.86 และ 28.33 องศาเซลเซียส และเดือนเมษายน เป็นเดือนที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 43.48 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยรวมทั้งฤดูกาลเท่ากับ 34.01 องศาเซลเซียส แสดงข้อมูลได้ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2

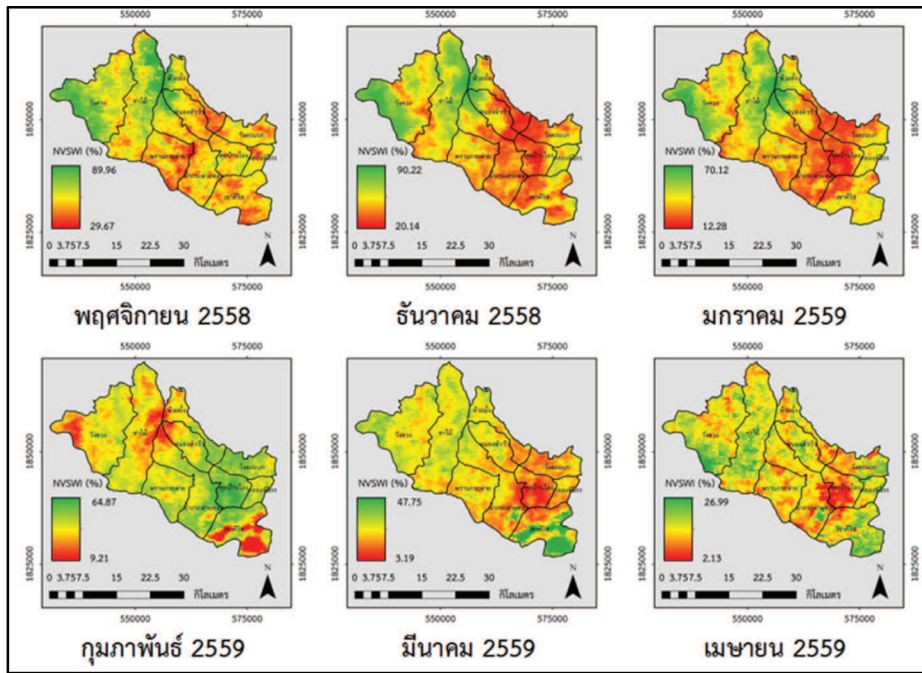
การวิเคราะห์ค่า NVSWI รายเดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 ให้ผลลัพธ์ได้ดังภาพที่ 3 ทั้งนี้ เมื่อทำการรวมแผนที่ แล้วจำแนกช่วงชั้นของค่า NVSWI ตามเกณฑ์การประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ พบว่า มีความแห้งแล้ง 3 ระดับ ได้แก่ พื้นที่แล้งมาร้อยละ 0.53 แล้งปานกลางร้อยละ 75.66 แล้งเล็กน้อยร้อยละ 23.81 และไม่พบพื้นที่ไม่แล้งหรือพื้นที่ชุ่มชื้น ทั้งนี้ พื้นที่แล้งมากตรวจพบในพื้นที่ตำบลคุยบ้านโอง แสดงแผนที่ได้ดังภาพที่ 4



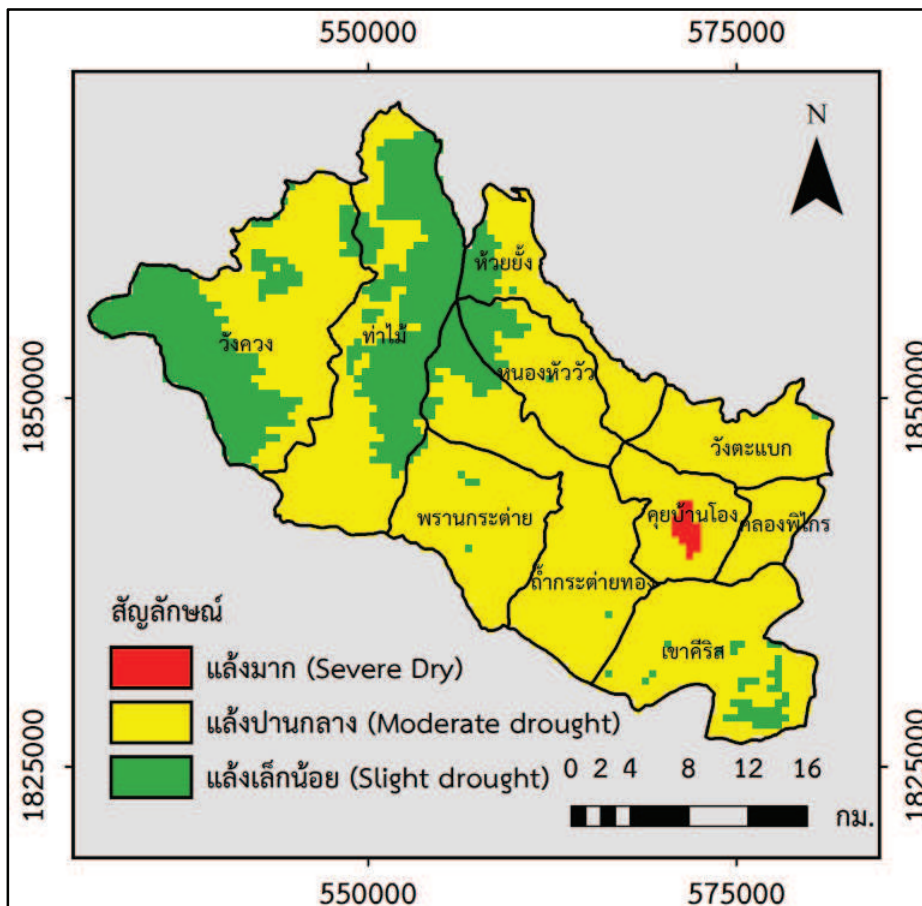
ภาพที่ 1 ค่า NDVI รายเดือน



ภาพที่ 2 ค่า LST รายเดือน



ภาพที่ 3 ค่า NVSWI รายเดือน



ภาพที่ 4 ระดับความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร



### สรุปผลการศึกษา

อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร มีพื้นที่ส่วนใหญ่แห้งแล้งระดับปานกลาง พื้นที่แล้งมากตรวจพบในพื้นที่ตำบลคุดบัวแดง ส่วนพื้นที่แล้งเล็กน้อยจะอยู่ทางบริเวณตอนบนและทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ การจำแนกช่วงชั้นของค่า NVSWI ตามเกณฑ์การประเมินความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ พบว่า มีความแห้งแล้ง 3 ระดับ ได้แก่ พื้นที่แล้งมากร้อยละ 0.53 แล้งปานกลางร้อยละ 75.66 แล้งเล็กน้อยร้อยละ 23.81 และไม่พบพื้นที่ไม่แล้งหรือพื้นที่ชุ่มชื้น ทั้งนี้ค่า NDVI และ LST สามารถนำมาใช้แสดงภาพรวมความแห้งแล้งเชิงพื้นที่ได้ โดยเฉพาะความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรมหรือสภาวะความแห้งแล้งทางการเกษตร

### เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (2556). ภัยแล้ง, สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2556, จาก <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=71>.
- ทวิตา กมลเวช. (2554). คู่มือการจัดการภัยพิบัติท้องถิ่น, กรุงเทพฯ: สถาบันพระปกเกล้า.
- ปราณี ว่องจิตวิธ. (2532). ฝนแล้งในประเทศไทย, เอกสารวิชาการ, กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา.
- ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร และสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอภ.). (2547). การศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำยม: กรณีศึกษาพื้นที่อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย, พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สุภาสพงษ์ ฐิ์ทำนอง. (2558). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการรีโมทเซนซิง (Remote Sensing), มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- Ashok, K., & Vijay, P. (2010). Review paper: A review of drought concepts, *Journal of Hydrology*, 391, 202-216.
- 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*, 4, 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.
- Jie Zhanga, Qiaozhen Mub, & Jianxi Huang. (2016). Assessing the remotely sensed Drought Severity Index for agricultural drought monitoring and impact analysis in North China, *Ecological Indicators*, 63, 296-309.
- NASA. (2017). MODIS, [Online]. Retrived January 6, 2017 from : <https://modis.gsfc.nasa.gov>.
- Sawaid A., Janet E. N., Faisal M. Q. & Jianchu Xu. (2014). Characterization of Drought Development through Remote Sensing: A Case Study in Central Yunnan, China, *Remote Sensing of Environment*, 6, 4,998-5,018.
- Yingxin Gu, Jesslyn F. B., James P. V., & Brian W. (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*, VOL. 34, L06407, 1-6.