



การพัฒนาระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ จังหวัดนครสวรรค์ The Development of a Drought Warning System using Geo-information Technology, Nakhon Sawan Province

นราธิป เฟงพิศ

Narathip Phengphit

สาขาวิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ประเทศไทย

Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences,

Nakhon Sawan Rajabhat University, Thailand

Received : 20 September 2024, Received in revised form : 6 November 2024, Accepted : 11 November 2024

Available online : 18 November 2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งแบบอัตโนมัติ โดยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ บนฐานการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมจากหลายแหล่ง

วิธีดำเนินการวิจัย: การศึกษาครั้งนี้แบ่งปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์หรือออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วยกลุ่มแรก คือ ปัจจัยด้านอุตุนิยมวิทยา ประกอบไปด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจากดาวเทียม Himawari-9 ข้อมูลอุณหภูมิอากาศและข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ จากข้อมูลดาวเทียม Aqua ระบบ MODIS ปัจจัยกลุ่มที่สอง คือ ปัจจัยด้านชีวภาค ประกอบไปด้วย ข้อมูลดัชนีพืชพรรณ NDVI และข้อมูลดัชนีผลต่างความชื้น NDWI จากข้อมูลจากดาวเทียม Terra ระบบ MODIS ซึ่งปัจจัยด้านอุตุนิยมวิทยาและชีวภาค นั้นได้รับการประมวลผลแบบเรียลไทม์ในระดับรายวัน ด้วยภาษาไพทอน (Python) และปัจจัยกลุ่มที่สาม คือ ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ประกอบไปด้วย ระยะห่างจากเส้นทางน้ำ การระบายน้ำของดิน ความลาดชัน ความสูงของภูมิประเทศ ความหนาแน่นของเส้นทางน้ำ และขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จากนั้นนำทุกปัจจัยมาวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง รวมถึง พัฒนาระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งอัตโนมัติที่ให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเว็บไซต์โดยใช้ Geo-server เป็นเครื่องบริการข้อมูล และแสดงผลข้อมูล แผนที่ด้วย OpenLayers ซึ่งเป็นไลบรารีของภาษา JavaScript

ผลการวิจัย: จังหวัดนครสวรรค์มีพื้นที่ส่วนใหญ่เสี่ยงภัยแล้งในระดับปานกลาง จำนวน 2,114,591 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 35.05 และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับปานกลาง จำนวน 1,810,103 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29.87 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากอำเภอตากฟ้า อำเภอตาคลี อำเภอท่าตะโก อำเภอชุมตาบง อำเภอลาดยาว และอำเภอไพศาลี ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่นอกเขตชลประทาน ส่วนพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งต่ำ มีจำนวนพื้นที่ 918,031 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 16.12 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากในอำเภอแม่วงก์ อำเภอชุมแสง และอำเภอแม่เปิน

สรุปผลการวิจัย: ระบบเตือนภัยที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ดัชนีพืชพรรณ NDVI และดัชนีผลต่างความชื้น NDWI ในระดับรายวัน ผ่านเว็บไซต์ <https://hss.nsrui.ac.th/droughtNS/> โดยผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลไปสนับสนุนการตัดสินใจและวางแผนการบริหารจัดการน้ำได้อย่างทันท่วงที

คำสำคัญ : ระบบเตือนภัย ; ภัยแล้ง ; เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ



Abstract

Background and Objectives : The research objective was to develop a warning system for monitoring drought using Geo-Information technology in Nakhon Sawan province based on multi-source satellite data

Methodology : The study divides the factors used for analysis into three main groups. The first group consists of meteorological factors, including daily rainfall data from the Himawari-9 satellite, as well as air temperature and relative humidity data from the Aqua MODIS satellite. The second group includes biospheric factors, such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Difference Water Index (NDWI) obtained from the Terra MODIS satellite. Both meteorological and biospheric factors are processed in real-time daily using Python script. The third group comprises physical factors of the area, including proximity to watercourses, soil drainage, slope, elevation, stream density, and sub-watershed size. All these factors are then used to analyze drought-prone areas. Furthermore, an automated drought risk area warning system was developed to provide geospatial information services through a website. The data is served by a Geo-server, and maps are displayed using OpenLayers, a JavaScript library.

Main Results : The study found that Nakhon Sawan province has a moderate drought risk area covering 2,114,591 rai, or 35.05% of the total area, with the high drought risk area covering 1,810,103 rai, or 29.87%. Most of these areas are outside the irrigation zone, including Tak Fa District, Takhli District, Tha Tako District, Chum Tabong District, Lat Yao District, and Phaisali District. On the other hand, the low drought risk area, covering 918,031 rai, or 16.12% of the total area, is primarily found in Mae Wong, Chum Saeng, and Mae Poen districts.

Conclusions : The warning system can display daily drought risk areas, rainfall, air temperature, relative humidity, NDVI, and NDWI via <https://hss.nsr.u.ac.th/droughtNS/>, providing essential information for decision-making and water management authorities.

Keyword : warning system ; drought ; geo-information technology

*Corresponding author. E-mail : narathip.ph@nsru.ac.th

บทนำ

ภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาที่นานาประเทศทั่วโลกตระหนักถึงความสำคัญ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศส่งผลให้ภัยพิบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำมีระดับความรุนแรงและส่งผลกระทบต่อชีวิตมนุษย์มากขึ้น โดยองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) เปิดเผยว่าในปี พ.ศ. 2570 อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะสูงขึ้นเกินกว่า 1.5 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับยุคก่อนอุตสาหกรรม และทั่วโลกจะต้องพบเจอกับสภาพอากาศแบบสุดขั้ว (World Meteorological Organization (WMO), 2024) ซึ่งน้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ และได้รับผลกระทบโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น การระเหยของน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำผิวดินและระดับน้ำใต้ดินในฤดูแล้งลดลง พืชมีความต้องการใช้น้ำมากขึ้น มนุษย์มีความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้น ทั้งด้านการอุปโภคบริโภค การผลิตพลังงานไฟฟ้า อุตสาหกรรม และการเกษตรกรรม ซึ่งสถานการณ์ขาดแคลนน้ำในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากมีฝนตกน้อยผิดปกติหรือฝนตกไม่เพียงพอต่อความต้องการส่งผลให้เกิดปัญหาภัยแล้งในวงกว้าง โดยเฉพาะภาคการเกษตรกรรมของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด 149.74 ล้านไร่ (Office Agricultural Economics, 2023) คิดเป็นร้อยละ 46.69 ของประเทศ แต่มีพื้นที่เกษตรกรรมเพียง 34.88 ล้านไร่ หรือร้อยละ 23.29 ของพื้นที่เกษตรกรรม อยู่ในพื้นที่ชลประทาน (Royal Irrigation Department, 2021) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าพื้นที่เกษตรกรรมประมาณร้อยละ 77.71 เป็นการเกษตรแบบพึ่งพาน้ำฝน และในปี พ.ศ. 2566 มีการรายงานผลกระทบในขั้นแรกของสถานการณ์ภัยแล้ง คาดว่าจะกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรอาจคิดเป็นมูลค่าราว 4.8 หมื่นล้านบาท รวมถึงส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมอโลหะ อุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรหรืออาหาร และอุตสาหกรรมสิ่งทอ (Kasikorn Research Center, 2023) และคาดการณ์ว่าพืชเศรษฐกิจที่อ่อนไหวต่อภัยแล้งและปริมาณน้ำที่ลดลง ได้แก่ ข้าวนาปรัง อ้อยและมันสำปะหลัง รวมถึงพืชสำคัญอื่น ๆ ทั้งข้าวโพด ไม้ผล ไม้ยืนต้น อาจได้รับผลกระทบจากภัยแล้งและสร้างความเสียหายต่อระบบเศรษฐกิจได้ราว 5.1 หมื่นล้านบาทในปี พ.ศ. 2567 (Sowcharoensuk, 2024) จากที่กล่าวมาข้างต้นปัญหาภัยแล้ง จึงมีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อชีวิตมนุษย์ พืชผลทางการเกษตรตลอดจนความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก

จังหวัดนครสวรรค์ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งเป็นประจำทุกปี เนื่องจากภูมิประเทศด้านตะวันตกเป็นภูเขาสูงและเนินตะกอนรูปพัด ด้านตะวันออกเป็นเนินตะกอนรูปพัด ไม่เหมาะสมกับการเก็บกักน้ำ ส่วนตอนกลางเป็นที่ราบลุ่มเหมาะแก่การเกษตรกรรม (Piyapanee, 2023) ในปี พ.ศ. 2564 จังหวัดนครสวรรค์มีพื้นที่เกษตรกรรม ประมาณ 4,361,135 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 72.70 ของพื้นที่จังหวัด แบ่งเป็นนาข้าว 2,375,581 ไร่ พืชไร่ 1,545,546 ไร่ ส่วนที่เหลือประมาณ 440,008 ไร่ คือ ไม้ผล ไม้ยืนต้น สวนผัก ไม้ดอก ไม้ประดับ และเนื้อที่การเกษตรอื่น ๆ (Nakhonsawan Province Statistical Office, 2023) โดยมีพื้นที่ชลประทานทั้งสิ้น 605,672 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 13.88 ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด หรือร้อยละ 25.49 ของพื้นที่นาข้าว สามารถอนุมาณได้ว่าพื้นที่เกษตรกรรม ประเภทนาข้าว กว่าร้อยละ 70 ต้องพึ่งพาน้ำฝน หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่ามีพื้นที่เกษตรกรรมมากกว่าร้อยละ 86 ของพื้นที่จังหวัดเป็นเกษตรกรรมพึ่งพาน้ำฝนในอีกทางหนึ่งจังหวัดนครสวรรค์มีสภาพภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสะวันนา (AW) มีลักษณะร้อนชื้นสลับกับแห้งแล้ง มีปริมาณน้ำฝนรวม เฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,149.7 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งน้อยกว่าปริมาณน้ำฝนรวมของประเทศที่มีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,500-1,600 มิลลิเมตรต่อปี (Center Climatological, 2013) ส่งผลให้พื้นที่เกษตรกรรมที่เพาะปลูกทั้งในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทานอาจเกิดความเสียหายเมื่อเกิดปัญหาภัยแล้ง จากรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2021) พบว่าอำเภอในจังหวัดนครสวรรค์ประสบปัญหาภัยแล้งซ้ำซากอย่างน้อย 6 ครั้งในรอบ 10 ปี ใน 15 อำเภอ จำนวน 458,699 ไร่ โดยส่วนใหญ่พบในอำเภอไพศาลี อำเภอตาคลี อำเภอบรรพตพิสัยและอำเภอหนองบัว เป็นต้น การขาดน้ำเพื่อการเกษตรส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง ส่งผลกระทบต่อรายได้และคุณภาพชีวิตของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์เป็นอย่างมาก

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงเลือกพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ในการศึกษาและพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยอัตโนมัติสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจังหวัดนครสวรรค์ โดยประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ได้แก่ ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing: RS) และระบบนำทางด้วยดาวเทียม (Global Navigation Satellite System: GNSS) มาวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อติดตาม ประเมิน และส่งมอบข้อมูลเกี่ยวกับสถานะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรให้กับเกษตรกร หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการวางแผนจัดการบริหารพื้นที่เกี่ยวกับภัยแล้ง สนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารอย่างมีระบบและมีความแม่นยำ ตามคำแนะนำขององค์กรอุทกนิยมนานาชาติ คือ การพัฒนาระบบจะต้องพิจารณาคัดเลือกปัจจัย ดัชนีหรือตัวชี้วัดที่สามารถตรวจจับภัยแล้งได้อย่างทันท่วงที มีความไวต่อสภาพภูมิอากาศ สถานที่และเวลา มีการใช้งานง่ายและมีประวัติข้อมูลในระยะยาว (World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). 2016)

วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการได้มาซึ่งข้อมูลด้านอุทกนิยมนานาชาติ จากข้อมูลจากดาวเทียม

1. การได้มาซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน จากข้อมูลจากดาวเทียม Himawari-9 โดยใช้คุณสมบัติความสว่างของยอดเมฆ (Cloud top brightness temperature) ช่วงคลื่นที่ 13 มาเข้าสู่สมการประมาณค่าแบบไม่เป็นเชิงเส้น Non-Linear Relation ที่พัฒนาโดย (Suwarsono, 2009) ดังสมการ (Equation1) และสอบเทียบกับปริมาณน้ำฝนจากสถานีอุทกนิยมนานาชาติ บริเวณ จังหวัดนครสวรรค์ (Rain Gauges) ดังสมการ (Equation2) รายละเอียดดังตาราง (Table1)

$$R_{NLR} = 2 * 12^{25} * T^{-10.256} \quad (1)$$

$$R = -4.068 + 4.324(R_{NLR}) \quad (2)$$

เมื่อ	R_{NLR}	คือ ปริมาณน้ำฝนจากการประมาณค่าแบบ NLR หน่วย มิลลิเมตร/ชั่วโมง
	T	คือ อุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆ หน่วย เคลวิน
	R	คือ ปริมาณน้ำฝนรายวัน หน่วย มิลลิเมตร/วัน

2. การได้มาซึ่งข้อมูลอุณหภูมิอากาศรายวัน จากข้อมูลจากดาวเทียม Aqua ระบบ MODIS ชุดผลิตภัณฑ์ MYD07_L2 ชุดข้อมูล (Data set) Retrieved temperature profile มาแปลงเป็นอุณหภูมิอากาศ ดังสมการ (Equation 3) (Borbis *et al.*, 2011) และสอบเทียบกับอุณหภูมิอากาศจากสถานีอุทกนิยมนานาชาติดังสมการ (Equation 4)

$$T_a = (Scale\ factor * (DN - Offset)) - 273.15 \quad (3)$$

$$AirTem = 11.975 + 0.573(T_a) \quad (4)$$



เมื่อ T_a คือ อุณหภูมิอากาศจากข้อมูลดาวเทียม Aqua MODIS หน่วย องศาเซลเซียส
 DN คือ ค่าเชิงเลข (Digital number) ของชุดข้อมูล Retrieved temperature profile
 AirTem คือ อุณหภูมิอากาศ หน่วย องศาเซลเซียส

3. การได้มาซึ่งข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์รายวัน จากข้อมูลจากดาวเทียม Aqua ระบบ MODIS ชุดผลิตภัณฑ์ MYD07_L2 โดยใช้อัตราส่วนระหว่างไอน้ำในอากาศที่มีอยู่ ณ อุณหภูมิและความกดอากาศหนึ่ง ๆ ต่อจำนวนไอน้ำที่อาจมีได้ จนอิ่มตัว ณ อุณหภูมิและความกดอากาศเท่าๆ กัน ดังสมการ (Equation 5) และสอบเทียบกับความชื้นสัมพัทธ์จากสถานีอุตุนิยมวิทยา ดังสมการ (Equation 6)

$$RH_{sat} = 100\% \frac{e_s(T_d)}{e_s(T_a)} \tag{5}$$

$$RH = 37.927 + 0.4886(RH_{sat}) \tag{6}$$

เมื่อ RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์ หน่วย: เปอร์เซ็นต์
 RH_{sat} คือ ความชื้นสัมพัทธ์จากข้อมูลจากดาวเทียม Aqua ระบบ MODIS หน่วย: เปอร์เซ็นต์
 T_a คือ อุณหภูมิอากาศ หน่วยองศาเซลเซียส คำนวณดังสมการ (Equation3)
 T_d คือ อุณหภูมิจุดน้ำค้างแข็ง หน่วยองศาเซลเซียส (Dew point temperature) จากข้อมูลจากดาวเทียม Aqua ระบบ MODIS ชุดผลิตภัณฑ์ MYD07_L2 ชุดข้อมูล Retrieved moisture profile มาแปลงเป็นอุณหภูมิจุดน้ำค้างแข็ง ดังสมการ (Equation 7)

$$T_d = (Scale\ factor * (DN - Offset)) - 273.15 \tag{7}$$

e_s คือ ความดันไออิ่มตัว (Saturation vapor pressure) หน่วย hPa สามารถคำนวณได้จากอุณหภูมิอากาศ ดังสมการ (Equation 8)

$$e_s = A * 10^{\left(\frac{m+T_a}{T_a-T_n}\right)} \tag{8}$$

เมื่อ A, m และ T_n คือ ค่าคงที่แสดงดังตาราง (Table2)

Table 1 Statistics for adjusted meteorological factors from satellite in Nakhon Sawan (Phengphit, 2024)

Factor	R2	RMSE	Equation for calibrated
Rainfall	0.510	+7.55 mm/day	$R = -4.068 + 4.324(R_{NRL})$
Air Temperature	0.7227	+ 1 C°	$AirTem = 11.975 + 0.573(T_a)$
Relative Humidity	0.7283	+ 1.08 %	$RH = 37.927 + 0.4886(RH_{sat})$

Table 2 Constants value for e_s equation (Valsala, 2013)

A	m	Tn	Max error	Temperature range
6.116441	7.591386	240.7263	0.083%	-20...+50°C
6.004918	7.337936	229.3975	0.017%	+50...+100°C
5.856548	7.277310	225.1033	0.003%	+100...+150°C
6.002859	7.290361	227.1704	0.007%	+150...+200°C
9.980622	7.388931	263.1239	0.395%	+200...+350°C
6.089613	7.33502	230.3921	0.368%	0...+200°C

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมให้อยู่ในรูปของปริมาณน้ำฝนสะสมย้อนหลัง 7 วัน อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยย้อนหลัง 7 วัน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยย้อนหลัง 7 วัน มาลดขนาดของจุดภาพ (Downscaling) ให้มีขนาด 250 เมตร และเติมข้อมูลที่ขาดหายไป (Missing value) โดยวิธีการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) แบบ Kriging จากนั้นจัดกลุ่มข้อมูลใหม่ (Reclassify) แบ่งออกเป็น 4 ระดับ หมายเลข 4 คือ เสี่ยงภัยแล้งสูงสุด หมายเลข 3 คือ เสี่ยงภัยแล้งสูง หมายเลข 2 หมายถึง เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง และหมายเลข 1 หมายถึง เสี่ยงภัยแล้งต่ำ

การได้มาซึ่งข้อมูลด้านชีวภาค จากข้อมูลจากดาวเทียม

1. การได้มาซึ่งข้อมูลดัชนีพืชพรรณ NDVI (Normalized difference vegetation index) จากข้อมูลจากดาวเทียม Terra ระบบ MODIS ชุดผลิตภัณฑ์ MOD13Q4N ซึ่งเป็นข้อมูลดัชนีพืชพรรณแบบรายวัน ในช่วงระยะเวลา 8 วัน มาวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างการสะท้อนแสง (Reflectance) ของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near infrared band: ρ_{NIR}) และช่วงคลื่นสีแดง (ρ_{Red}) มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 คำนวณได้ดังสมการ (Equation 9) (Tucker, 1979)

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \quad (9)$$

2. การศึกษาดัชนีผลต่างความชื้น NDWI (Normalized difference water index) จากข้อมูลจากดาวเทียม Terra ระบบ MODIS ชุดผลิตภัณฑ์ MOD13Q4N ซึ่งเป็นข้อมูลดัชนีพืชพรรณแบบรายวัน ในช่วงระยะเวลา 8 วัน มาวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างการสะท้อนแสงระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near infrared band: ρ_{NIR}) และช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง (Mid-infrared: ρ_{MIR}) คำนวณได้ดังสมการ (Equation 10) (Gao, 1996)



$$NDWI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{MIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{MIR}} \quad (10)$$

เมื่อ ρ_{λ} คือ ค่าการสะท้อนแสงเชิงสเปกตรัมของช่วงคลื่น คำนวณได้ดังสมการ (Equation 11) รายละเอียดดังตาราง (Table 3)

$$\rho_{\lambda} = DN * Scale Factor \quad (11)$$

Table 3 Layers / Variables for MODIS Hierarchical Data Format (Didan & Munoz, 2019)

Satellite	Product name	Name of dataset (DN)	Spatial Resolution	Scale factor	Offset
Aqua MODIS	MYD_07L2	Retrieved Temperature Profile	5x5 km	0.009999999776482582	-15000
Aqua MODIS	MYD_07L2	Retrieved Moisture Profile	5x5 km	0.009999999776482582	-15000
Terra MODIS	MOD13Q4N	250m 8days NIR reflectance	250x250 m	10000	0
Terra MODIS	MOD13Q4N	250m 8days red reflectance	250x250 m	10000	0
Terra MODIS	MOD13Q4N	250m 8days MIR reflectance	250x250 m	10000	0

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่

1. การระบายน้ำของดิน (Soil drainage) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ซึ่งดินระบายน้ำดี ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินน้อย เนื่องจากน้ำสามารถซึม/ไหลผ่านอย่างรวดเร็วส่งผลให้ดินแห้งเร็วกว่าปกติ ความชื้นของดินต่ำ โดยนำข้อมูลการระบายน้ำของดินที่อยู่ในรูปของข้อมูลเวกเตอร์ (Vector) มากำหนดค่าคะแนนความเสี่ยง ภายในตารางคุณลักษณะ จากนั้นแปลงข้อมูลค่าคะแนนความเสี่ยงการระบายน้ำของดินเป็นข้อมูลแรสเตอร์ (Raster)

2. ระยะห่างจากเส้นทางน้ำ (Proximity to watercourses) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ซึ่งพื้นที่ที่อยู่ใกล้เส้นทางน้ำมีโอกาสเข้าถึงแหล่งน้ำที่เพียงพอมากกว่าพื้นที่ที่อยู่ไกลออกไป โดยนำข้อมูลเส้นทางน้ำที่อยู่ในรูปของข้อมูลเวกเตอร์มาวัดระยะห่างแบบ Euclidean Distance หลังจากนั้นจัดกลุ่มข้อมูลแรสเตอร์ใหม่เพื่อกำหนดค่าคะแนนความเสี่ยง

3. ความสูงของภูมิประเทศ (Elevation) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ซึ่งปกติน้ำไหลจากพื้นที่สูงลงสู่พื้นที่ต่ำกว่า พื้นที่สูงกว่าจึงมีความสามารถในการเก็บกักน้ำได้น้อย ในอีกทางหนึ่งพื้นที่สูงยังเป็นอุปสรรคต่อการสร้างระบบชลประทานเพื่อแก้ไขปัญหาภัยแล้ง โดยนำข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model) ที่อยู่ในรูปของข้อมูลแรสเตอร์มาจัดกลุ่มข้อมูลใหม่และกำหนดค่าคะแนนความเสี่ยง

4. ความลาดชันของภูมิประเทศ (Slope) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ซึ่งความลาดชันของพื้นที่มีผลต่อการไหลของน้ำ พื้นที่ที่มีความลาดชันมากส่งผลให้น้ำไหลลงสู่พื้นที่ลาดชันต่ำอย่างรวดเร็ว อัตราการน้ำซึมลงได้ดินต่ำ โดยนำข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่อยู่ในรูปของข้อมูลแรสเตอร์มาวิเคราะห์หาความลาดชัน มีหน่วยเป็น % หลังจากนั้นจัดกลุ่มข้อมูลใหม่เพื่อกำหนดค่าคะแนนความเสี่ยง

5. ความหนาแน่นของเส้นทางน้ำ (Stream density) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ซึ่งความหนาแน่นของเส้นทางน้ำน้อยแสดงถึงความยากในเข้าถึงแหล่งน้ำหรือการให้น้ำเข้าพื้นที่ มากกว่าพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของเส้นทางน้ำมาก โดยนำข้อมูลเส้นทางน้ำที่อยู่ในรูปของข้อมูลเวกเตอร์มาวิเคราะห์ความหนาแน่นของเส้น (Line Density) หลังจากนั้นจัดกลุ่มข้อมูลใหม่เพื่อกำหนดค่าคะแนนความเสี่ยง

6. ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (Sub-watershed size) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่มีขนาดเล็ก ความสามารถในการกักเก็บน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำจะน้อยกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่มีขนาดใหญ่กว่า โดยนำข้อมูลขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่อยู่ในรูปของข้อมูลเวกเตอร์มากำหนดค่าคะแนนในตารางคุณลักษณะ หลังจากนั้นแปลงค่าคะแนนความเสี่ยงให้อยู่ในรูปของข้อมูลแรสเตอร์

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

การวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยนำปัจจัยทั้งหมดมากำหนดค่าคะแนนและค่าถ่วงน้ำหนักตามลำดับความสำคัญ ดัดแปลงจาก (AghaKouchak *et.al.*, 2015)(SA-NGUANSILP *et al.*, 2017) (Wijitkosum, 2021) ดังตาราง (Table 4) มาวิเคราะห์ซ้อนทับด้วยวิธี Weighted sum จากนั้นจัดกลุ่มพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S. D.$) ดังต่อไปนี้

พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งต่ำ	เท่ากับ $X < \bar{X} - S. D.$
พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง	เท่ากับ $\bar{X} + S. D. > X < \bar{X}$
พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูง	เท่ากับ $\bar{X} > X < \bar{X} + S. D.$
พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงสุด	เท่ากับ $X > \bar{X} + S. D.$

Table 4 Scores and weight values of factors for drought risk assessment

Factor	Weight	Score Value
Accumulate Rainfall in 7 Days	11	< 5 mm = 4; 5-10 mm = 3; 10-35 mm = 2; > 35 mm = 1
Soil Drainage	10	Excellent = 4; Good = 3; Moderate = 2; Poor = 1
Average Relative Humidity in 7 Days	9	< 58% = 4; 58%-65% = 3; 65.1%-72% = 2; > 72% = 1
NDVI	8	0 - 0.470 = 4; 0.471-0.547 = 3; 0.548-0.624 = 2; > 0.624 and < 0 = 1
NDWI	7	< 0.224 = 4; 0.224-0.350 = 3; 0.351-0.456 = 2; > 0.456 = 1
Proximity to Watercourses	6	> 2000 m = 4; 1001-2000 m = 3; 500-1000 m = 2; < 500 m = 1
Slope	5	> 15% = 4; 10.1%-15% = 3; 5%-10% = 2; < 5% = 1
Elevation	4	> 500 m = 4; 301-500 m = 3; 100-300 m = 2; < 100 m = 1
Stream Density	3	<0.35 km/km ² =4; 0.35-0.70km/km ² = 3; 0.70-1km/km ² = 2; >1 km/km ² =1
Sub-watershed size	2	<1000 km ² = 4; 1001-2000 km ² = 3; 2001-3000 km ² = 2; > 3000 km ² = 1
Average Air Temperature in 7 Days	1	< 26°C = 4; 26°C-28°C = 3; 28.1°C-30°C = 2; > 30°C = 1

การพัฒนากระบวนการเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ด้วยการใช้ภาษาไพทอน (Python) เวอร์ชัน 3 โดยใช้ไลบรารีมาตรฐานในการจัดการข้อมูลทั่วไปร่วมกับไลบรารี arcpy ในการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลแรสเตอร์ โดยออกแบบโปรแกรมดังนี้

1. โปรแกรมประมวลผลปริมาณน้ำฝนรายวัน จากข้อมูลดาวเทียม Himawari-9 โดยใช้ไลบรารี ftplib และ datetime ในการโอนย้ายข้อมูลที่อยู่ในรูปของไฟล์ netCDF จาก ftp.ptree.jaxa.jp สู่อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล จากนั้นใช้ไลบรารี arcpy และ math สกัดชั้นข้อมูลอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆช่วงคลื่นที่ 13 มาเข้าสู่สมการ NRL และสอบเทียบด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น ก่อนหาค่าสถิติของจุดภาพ และจัดกลุ่มชั้นข้อมูลใหม่

2. โปรแกรมประมวลผลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์รายวัน จากข้อมูลดาวเทียม Aqua ระบบ MODIS ชุดผลิตภัณฑ์ MYD07_L2 จากเว็บไซต์ <https://nrt3.modaps.eosdis.nasa.gov/> โดยใช้ไลบรารี requests, bs4 และ datetime โอนย้ายข้อมูลที่อยู่ในรูปของไฟล์ HDF สู่อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล จากนั้นใช้ไลบรารี arcpy และ math ในการสกัดชั้นข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (Air temperature) และอุณหภูมิจุดน้ำค้างแข็ง (Dew point temperature) เข้าสู่สมการในการสอบเทียบอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ จากนั้นต่อภาพและจัดกลุ่มชั้นข้อมูลใหม่

3. โปรแกรมประมวลผลดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI และดัชนีผลต่างความชื้น NDWI จากข้อมูลดาวเทียม Aqua ระบบ MODIS ชุดผลิตภัณฑ์ MYD07_L2 จากเว็บไซต์ <https://nrt3.modaps.eosdis.nasa.gov/> โดยใช้ไลบรารี requests, bs4 และ datetime โอนย้ายข้อมูลที่อยู่ในรูปของไฟล์ HDF สู่อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล จากนั้นใช้ไลบรารี arcpy และ math ในการสกัดชั้นข้อมูลการสะท้อนแสงของช่วงคลื่นสีแดง ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง เข้าสู่สมการในการคำนวณ NDVI และ NDWI ตามลำดับ หลังจากนั้นจัดกลุ่มข้อมูลใหม่

4. โปรแกรมประมวลผลพื้นที่เสี่ยงภัย โดยใช้ไลบรารี arcpy ในการวิเคราะห์ชั้นทับข้อมูลจากโปรแกรมลำดับที่ 1 ถึง 3 ร่วมกับข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ที่ประมวลผลไว้ในวิเคราะห์ก่อนหน้านี้ จากนั้นจัดกลุ่มข้อมูลใหม่ ก่อนใช้ไลบรารี ftplib โอนย้ายไฟล์จากเครื่องประมวลผลสู่ GeoServer ที่เป็นเครื่องบริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านการเรียกใช้งานด้วยภาษา JavaScript ผ่านไลบรารี OpenLayers สามารถแสดงแผนผังการทำงานของระบบได้ดังภาพ (figure 1)

ทั้งนี้การประมวลผลโปรแกรมแบบอัตโนมัติ ผู้วิจัยเลือกใช้ Task scheduler ที่ติดตั้งอยู่ในระบบปฏิบัติการ Windows ในการกำหนดเวลาให้โปรแกรมหรือสคริปต์ทำงานในทุก ๆ วัน มีรายละเอียดดังนี้

โปรแกรมประมวลผลปริมาณน้ำฝนรายวัน ในเวลา 8.00 น. ของทุกวัน

โปรแกรมประมวลผล NDVI และ NDWI ในเวลา 12.00 น. ของทุกวัน

โปรแกรมประมวลผลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ในเวลา 18.00 น. ของทุกวัน

โปรแกรมประมวลผลพื้นที่เสี่ยงภัย ในเวลา 20.00 น. ของทุกวัน

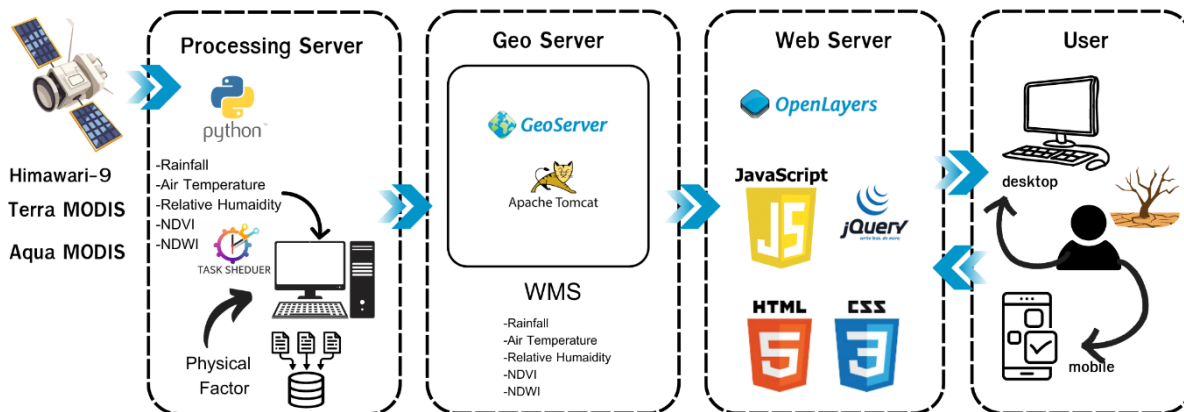


Figure1 Steps for developing a drought risk warning system

ผลการวิจัย

การศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจังหวัดนครสวรรค์ พบว่า มีพื้นที่ส่วนใหญ่เสี่ยงภัยแล้งในระดับปานกลาง จำนวน 2,114,591 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 35.05 รองลงมาคือพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงจำนวน 1,810,103 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29.87 เมื่อพิจารณาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงและสูงสุด พบว่า มีพื้นที่ทั้งสองรวมกันมากกว่าร้อยละ 48.83 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยหลักในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง เมื่อฝนตกน้อยหรือฝนไม่ตก ส่งผลกระทบทางตรงต่อการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ ประกอบกับลักษณะภูมิประเทศบริเวณที่ราบลูกฟูกทางตะวันออกและตะวันตกของจังหวัด มีความลาดชันสูง มีการระบายน้ำของดินในระดับดี เมื่อฝนตก ทำให้น้ำซึมลงดินและระบายออกไปอย่างรวดเร็ว ดินไม่สามารถเก็บความชื้นได้เพียงพอ เป็นไปในทิศทางเดียวกับดัชนีผลต่างความชื้น NDWI ที่บริเวณดังกล่าวมีค่าต่ำ เช่น อำเภอตากฟ้า อำเภอตากสิน อำเภอไพศาลี อำเภอหนองบัว และอำเภอชุมตาบง ในส่วนของพื้นที่ตอนกลางของจังหวัด เป็นพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำ มีแม่น้ำปิงไหลผ่านอำเภอ

บรรพตพิสัย อำเภอกำแพงแก้วและอำเภอเมืองนครสวรรค์ และแม่น้ำยมและน่าน ไหลผ่านอำเภอชุมแสงเป็นแม่น้ำน่าน ก่อนบรรจบที่อำเภอเมืองเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา ไหลผ่านอำเภอโกรกพระ อำเภอพยุหะคีรีไปทางจังหวัดชัยนาท ส่งผลให้บริเวณตอนกลางที่มีแม่น้ำไหลผ่านมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งลดลง มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งต่ำ จำนวน 918,031 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 16.12 พบมากในอำเภอชุมแสง อำเภอแม่เป็น อำเภอแม่วงก์ อำเภอกำแพงแก้ว และอำเภอโกรกพระ

อำเภอที่มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับสูงสุด คือ อำเภอตากฟ้า มีพื้นที่เสี่ยงสูงสุด ร้อยละ 73.54 ของพื้นที่อำเภอ หรือจำนวน 262,228 ไร่ ซึ่งแสดงถึงสถานการณ์ที่รุนแรงในการจัดการน้ำ รองลงมาคือ อำเภอตากถ้ำ และอำเภอไพศาลี มีพื้นที่เสี่ยงสูงสุด จำนวน 201,003 และ 190,279 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 37.66 และ 31.08 ของพื้นที่ทั้งหมดของอำเภอ ตามลำดับ

อำเภอที่มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับสูง คือ อำเภอชุมตาบง มีพื้นที่เสี่ยงสูง ร้อยละ 58.83 ของพื้นที่ทั้งหมดของอำเภอ หรือจำนวน 139,378 ไร่ รองลงมาคือ อำเภอหนองบัวและอำเภอไพศาลี มีพื้นที่เสี่ยงสูงเท่ากับ 230,244 และ 268,437 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 44.95 และ 43.85 ของพื้นที่ทั้งหมดของอำเภอ

อำเภอที่มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับปานกลาง คือ อำเภอชุมแสง มีพื้นที่เสี่ยงปานกลาง ร้อยละ 62.16 ของพื้นที่ทั้งหมดของอำเภอ มีพื้นที่เท่ากับ 278,426 ไร่ รองลงมาคืออำเภอกำแพงแก้วและอำเภอโกรกพระ มีพื้นที่เสี่ยงปานกลางเท่ากับ 99,609 และ 105,640 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 62.08 และ 57.03 ของพื้นที่ทั้งหมด

อำเภอที่มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับต่ำ คือ อำเภอแม่วงก์ มีพื้นที่เสี่ยงต่ำ ร้อยละ 45.98 ของพื้นที่ทั้งหมดของอำเภอ หรือจำนวน 220,379 ไร่ รองลงมาคืออำเภอแม่เป็นและอำเภอชุมแสง มีพื้นที่เสี่ยงต่ำ เท่ากับ 56,139 และ 145,223 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 34.52 และ 32.42 ของพื้นที่อำเภอ ตามลำดับ ดังตาราง (Table 6)

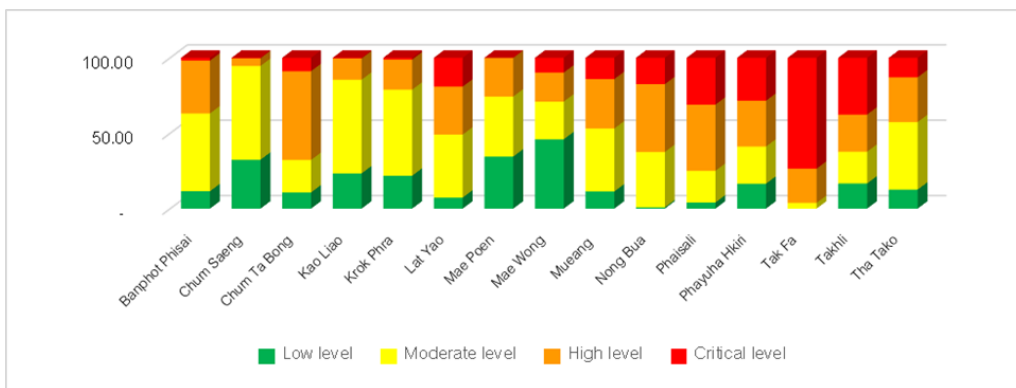


Figure 2 A bar graph showed drought risk areas for each district in Nakhon Sawan province



Table 6 Drought risk levels for each district in Nakhon Sawan province

Amphoe	The drought risk levels (Unit: Rai)								Total
	Low	(%)	Moderate	(%)	High	(%)	Critical	(%)	
Banphot Phisai	65,538	11.52	293,309	51.58	199,119	35.01	10,719	1.88	568,784
Chum Saeng	145,223	32.42	278,426	62.16	22,973	5.13	1,333	0.30	448,053
Chum Ta Bong	25,436	10.74	51,000	21.53	139,378	58.83	21,086	8.90	236,991
Kao Liao	37,507	23.38	99,609	62.08	22,642	14.11	687	0.43	160,545
Krok Phra	40,487	21.80	105,940	57.03	37,124	19.99	2,195	1.18	185,845
Lat Yao	31,653	7.33	180,341	41.75	137,376	31.80	82,565	19.12	432,016
Mae Poen	56,139	34.52	64,668	39.77	41,737	25.66	81	0.05	162,725
Mae Wong	220,379	45.98	119,716	24.98	92,094	19.22	47,066	9.82	479,345
Mueang	53,213	11.38	95,155	41.73	153,358	32.79	65,941	14.10	467,753
Nong Bua	4,200	0.82	188,268	36.76	230,244	44.95	89,479	17.47	512,273
Phaisali	25,037	4.09	128,407	20.98	268,437	43.85	190,279	31.08	612,230
Phayuha Hkiri	76,485	16.52	113,957	24.61	140,666	30.38	131,888	28.49	463,068
Tak Fa	-	-	13,438	3.77	80,956	22.70	262,288	73.54	356,709
Takhli	88,850	16.65	112,457	21.07	131,479	24.63	201,003	37.66	533,851
Tha Tako	47,884	12.62	169,899	44.77	112,520	29.65	49,213	12.97	379,603
Total	918,031	16.12	2,114,591	35.05	1,810,103	29.87	1,155,822	18.96	5,998,629

Table 7 The comparison between drought risk areas identified in the research and recurrent droughts reported by the Land Development Department

Drought	Recurrent drought in 10 years (number of point)				Total
	No phenomenon	Under 3 events	4-5 events	6+ events	
Low	22 (88%)	2(8%)	0(0%)	1 (4%)	25
Moderate	8(32%)	12(48%)	3 (12%)	2 (8%)	25
high	2(8%)	1(4%)	9 (36%)	13 (52%)	25
Critical	0(0%)	1(4%)	2 (8%)	22(88)	25

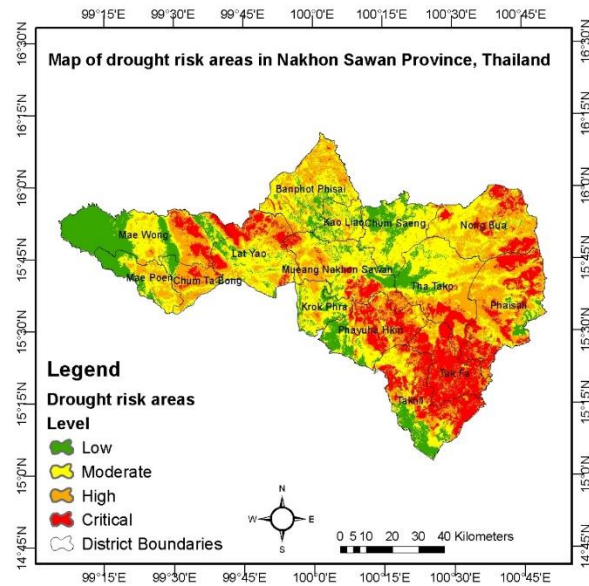


Figure 3 Map of drought risk areas in Nakhon Sawan province, Thailand

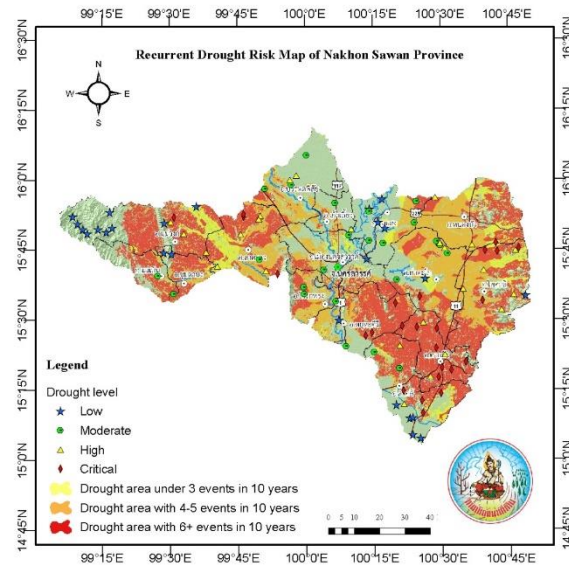


Figure 4 Recurrent drought risk map of Nakhon Sawan province (Land Development Department, 2021)

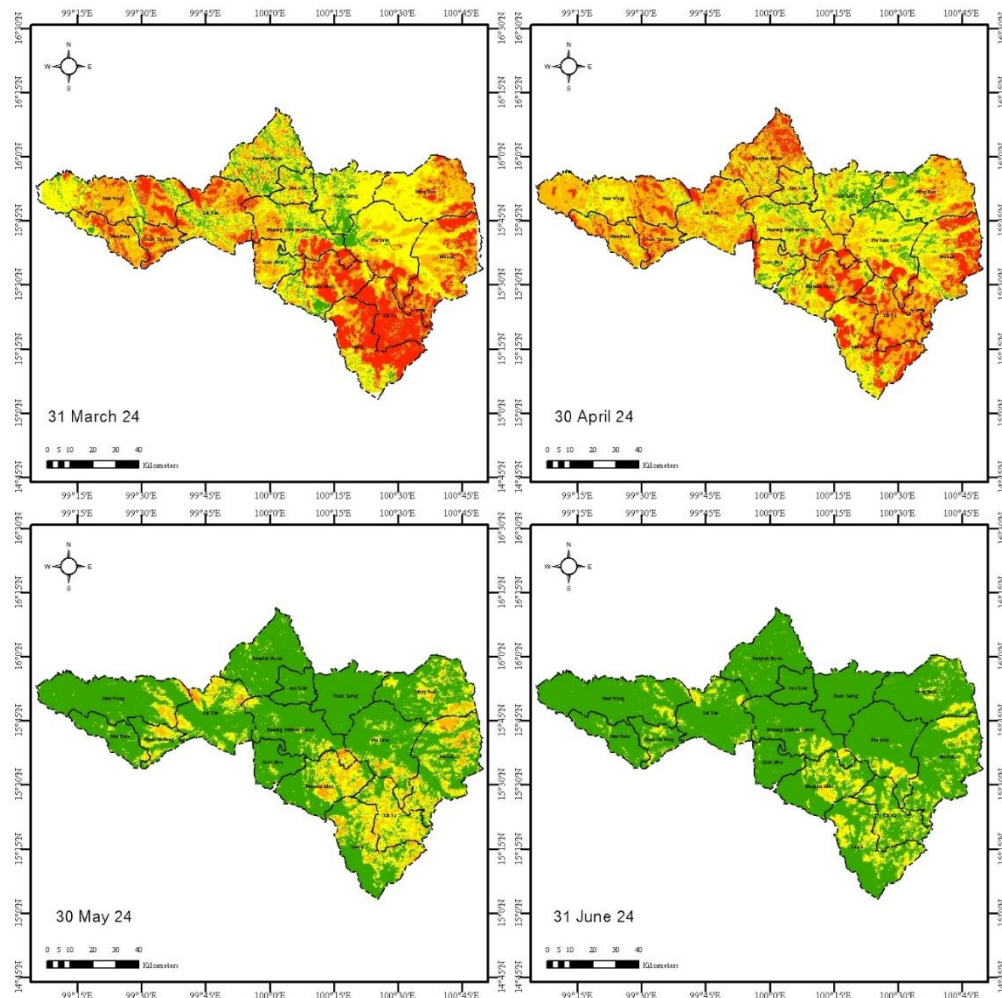
จากตาราง (Table 7) และภาพ (Figure 4) แสดงผลการเปรียบเทียบ ระหว่างพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งกับพื้นที่ภัยแล้งซ้ำซากของกรมพัฒนาที่ดิน บริเวณจังหวัดนครสวรรค์ โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย พบว่าข้อมูลทั้งสองชุด มีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน โดยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงสุด ร้อยละ 88 ปรากฏในพื้นที่เกิดภัยแล้งมากกว่า 6 ครั้งภายในรอบ 10 ปี พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งต่ำร้อยละ 88 ปรากฏในพื้นที่ไม่เกิดภัยแล้งภายในรอบ 10 ปี ส่วนพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง ร้อยละ 32 ปรากฏ

ในพื้นที่ไม่เกิดภัยแล้ง และร้อยละ 48 ปรากฏในพื้นที่เกิดภัยแล้งน้อยกว่า 3 ครั้งในรอบ 10 ปี และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูง ร้อยละ 36 ปรากฏในพื้นที่เกิดภัยแล้ง 4 ถึง 5 ครั้งในรอบ 10 ปี

การพัฒนาระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยเขียนโปรแกรมสำหรับดาวน์โหลดข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมรายวัน ความชื้นสัมพัทธ์รายวัน อุณหภูมิอากาศรายวัน ดัชนีพืชพรรณ NDVI และดัชนีผลต่างความชื้น NDWI จากเครื่องแม่ข่าย ต้นทางมาประมวลผลภาพ และวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับรายวันด้วยภาษาไพทอน โดยใช้ GeoServer เป็นเครื่อง บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Web Map Service: WMS) และแสดงผลข้อมูล แผนที่ด้วย OpenLayers ซึ่งเป็นไลบรารีของภาษา JavaScript ผลการศึกษาพบว่า ระบบสามารถวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งได้ ในระดับรายวัน ข้อมูลบนเว็บไซต์จะถูกอัปเดตแบบเรียลไทม์ จากข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลชีวภาค และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในทุกวัน แสดงตัวอย่างดังภาพ (Figure 5)

จากภาพ (figure 5) แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลในระดับรายวัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลง พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนสะสมย้อนหลัง 7 วัน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ อากาศ ดัชนีพืชพรรณ NDVI และดัชนีผลต่างความชื้น NDWI

ซึ่งระบบเตือนภัยจะแสดงแผนที่แบบอินเทอร์แอคทีฟ (Interactive map) ผู้ใช้งานสามารถเลือกข้อมูลชั้นต่าง ๆ (Layers) ผ่านหน้าเว็บไซต์ ประกอบด้วยหน้าเว็บเพจดังนี้ เพจแรก คือ ระวังแล้งคอนทวน แสดงข้อมูลแผนที่เสี่ยงภัยแล้ง จังหวัดนครสวรรค์ในภาพรวม แผนที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับรายวัน และขอบเขตอำเภอ หน้าเพจที่สอง คือ สภาพภูมิอากาศ แสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสม 7 วัน ความชื้นสัมพัทธ์รายวัน และอุณหภูมิอากาศรายวัน และหน้าเพจที่สาม คือ ดัชนี พืชพรรณ แสดงข้อมูลแผนที่ดัชนีพืชพรรณ NDVI และ NDWI ซึ่งทั้งสามเว็บเพจออกแบบให้สามารถเลือกดูชั้นข้อมูล เพิ่มลด ความโปร่งแสงของชั้นข้อมูล การย่อหรือขยายชั้นข้อมูล การเปิด ปิดคำอธิบายสัญลักษณ์ และการขยายแผนที่ไปยังตำแหน่ง ที่ตั้งของสมาร์ทโฟน ซึ่งผู้ที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยสามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ในระบบได้ตลอดเวลา สามารถตรวจสอบสถานการณ์ ภัยแล้งและวางแผนบริหารจัดการน้ำได้ทันที ดังภาพ (Figure 6) และ (Figure 7)



Legend



Figure 5 Example of drought areas from a drought warning system

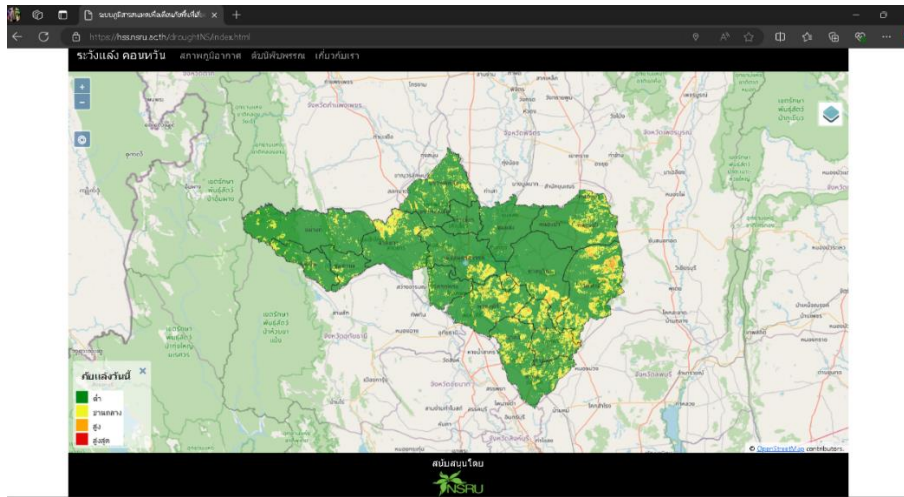


Figure 6 Example of a drought warning system on website

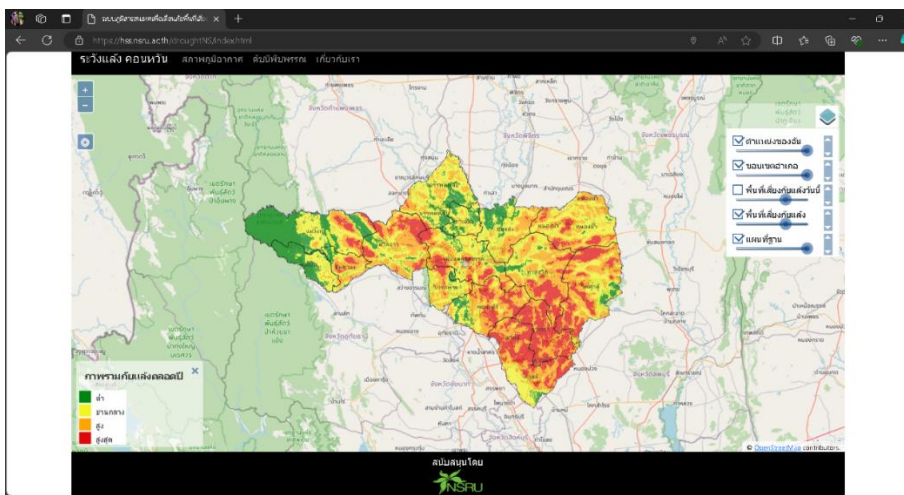


Figure 7 Example of a drought warning system with Interactive features on a Website

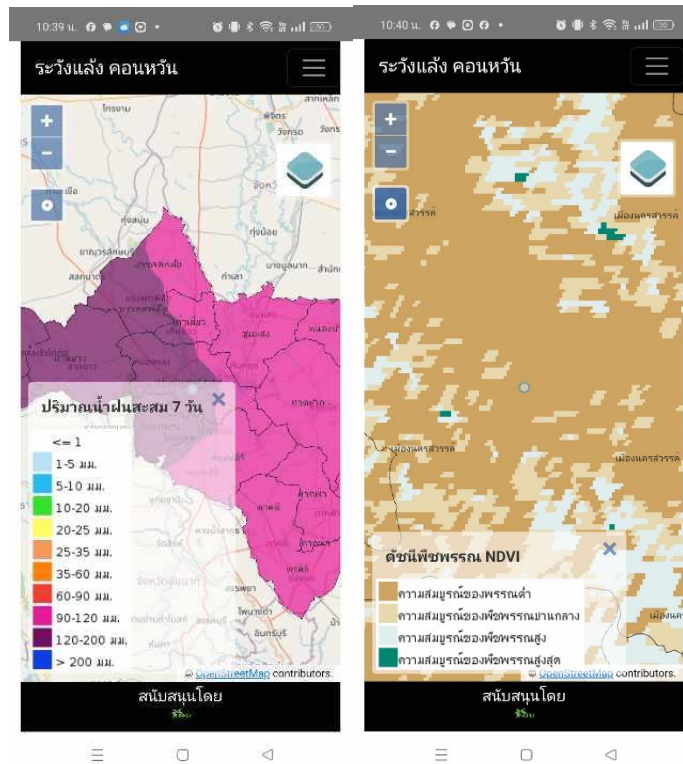


Figure 8 Example of a drought warning system on mobile application

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจังหวัดนครสวรรค์ เกิดขึ้นในสองช่วงเวลา คือ 1) ช่วงรอยต่อระหว่างฤดูหนาวถึงช่วงฤดูร้อน ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว ความแห้งแล้งจะรุนแรงเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค โดยเฉพาะพื้นที่นอกเขตชลประทาน เนื่องจากฝนไม่ตก เช่น พื้นที่อำเภอตากฟ้า อำเภอท่าตะโก อำเภอไพศาลี และอำเภอลาดยาว และ 2) ช่วงระยะเวลาที่สอง คือ ฝนทิ้งช่วงในฤดูฝน กล่าวคือ จังหวัดนครสวรรค์มีพื้นที่ชลประทานประมาณ 605,672 ไร่ หรือเพียงร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งหมด (Piyapanee, 2023) เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนเกษตรกรจะทำการเพาะปลูกพืช ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมอาศัยน้ำฝน ส่งผลให้มีความต้องการใช้น้ำมาก เมื่อฝนไม่ตก ประกอบกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการกักเก็บน้ำ เช่น การระบายน้ำของดินดี ไม่มีแหล่งน้ำผิวดินในบริเวณใกล้เคียง น้ำต้นทุนมีน้อย เกิดการขาดดุลการใช้น้ำ สอดคล้องกับ (Land Development Department, 2023) ที่ได้คาดการณ์พื้นที่เกษตรกรรมที่มีโอกาสเกิดความแห้งแล้ง จากฝนทิ้งช่วง ปี พ.ศ. 2566 โดยจังหวัดนครสวรรค์มีพื้นที่เสี่ยงจำนวน 15 อำเภอ 60 ตำบล และแนะนำแนวทางการป้องกันและบรรเทาผลกระทบจากภัยแล้ง ด้วยวิธีการสร้างแหล่งกักเก็บน้ำผิวดิน เพื่อให้เกษตรกรกักเก็บน้ำในช่วงฤดูแล้งและเป็นแหล่งน้ำสำรองในระยะฝนทิ้งช่วง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไ้ใช้ที่ดินมากขึ้น

2. ระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง งานวิจัยบางส่วนจะใช้ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจากปริมาณน้ำฝน หรือความสมบูรณ์ของพืชพรรณเพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือมิติใดมิติหนึ่ง (Rachpilboo et al., 2017) (Pholgerddee, 2020)

ซึ่งระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงแล้งจังหวัดนครสวรรค์ มีการพัฒนาระบบโดยนำมิติทางด้านอุตุนิยมวิทยา ทางด้านชีวภาค และด้านลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ มาเพิ่มประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ ตามคู่มือตัวชี้วัดและดัชนีความแห้งแล้งของ (World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). 2016) ที่ได้แนะนำแนวทางหลักในการพัฒนาระบบติดตามภัยแล้งล่วงหน้า ว่าสามารถใช้ตัวบ่งชี้หรือดัชนีหลายตัวร่วมกันได้ โดยแบ่งดัชนีออกเป็นด้านอุตุนิยมวิทยา ด้านอุทกวิทยา และด้านการรับรู้จากระยะไกล และระบบที่พัฒนายังสอดคล้องกับ (Vasileios *et.al*, 2024) ได้พัฒนาระบบติดตามภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้าเพื่อความมั่นคงทางอาหารในแอฟริกาใต้ โดยตัวชี้วัดที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกคำเตือนภัยมาจากดัชนีทางอุตุนิยมวิทยา ทางด้านชีวภาค และอุทกวิทยาจากข้อมูลดาวเทียม เพื่อให้ครอบคลุมในทุกด้านของภัยแล้ง ซึ่งระบบนี้มีการปรับปรุงข้อมูลทุก 10 วัน และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 กิโลเมตร แต่ระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจังหวัดนครสวรรค์มีการปรับปรุงข้อมูลทุกวัน และมีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 250 เมตร นอกจากนี้การพัฒนาระบบยังสอดคล้องกับมาตรการแก้ไขปัญหาภัยแล้ง ก่อนเกิดสภาวะการที่ไม่ใช้สิ่งปลูกสร้างของกรมชลประทาน (Cross-functional Team, 2007) กล่าวคือ เป็นการเพิ่มระบบโครงข่ายการติดตามข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลอุทกวิทยา เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์พยากรณ์ เตือนภัย และเฝ้าระวัง โดยแจ้งข่าวสารให้ผู้อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย รวมถึงการเตรียมการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยอย่างทันต่อเหตุการณ์ โดยวางระบบการเตือนการเคลื่อนน้ำตามช่วงเวลาปกติ (Time Warning) และการวางระบบเตือนการขาดแคลนน้ำในช่วงเหตุการณ์ผิดปกติ (Event Warning) ซึ่งเกษตรกรและชุมชนในจังหวัดนครสวรรค์ สามารถเข้าถึงข้อมูลจากระบบเตือนภัยและนำไปวางแผนการเพาะปลูกพืชให้เหมาะสมกับการใช้น้ำ เพื่อลดความเสียหายของพืชผลทางการเกษตรจากภัยแล้ง

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ จังหวัดนครสวรรค์ โดยระบบมีความสามารถในการดาวน์โหลดข้อมูลดาวเทียมจากเครื่องบริการแม่ข่ายจากหลายแหล่ง มาวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับรายวันด้วยภาษาไพทอน และระบบสามารถแสดงข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ปริมาณน้ำฝนสะสมย้อนหลัง 7 วัน อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยย้อนหลัง 7 วัน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยย้อนหลัง 7 วัน ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI และดัชนีผลต่างความชื้น NDWI ในระดับรายวัน โดยเรียกบริการ WMS ผ่าน GeoServer และแสดงผลแผนที่ด้วยไลบรารี OpenLayers ซึ่งระบบมีข้อจำกัดการใช้งาน คือ ผู้ใช้ต้องเข้ามาติดตามตรวจสอบในเว็บไซต์ด้วยตนเองผ่าน <https://hss.nsr.u.ac.th/droughtNS/> ระบบไม่สามารถแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานได้โดยตรง ทั้งนี้ในการวิจัยครั้งต่อไปควรพัฒนาระบบให้สามารถแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันของผู้ใช้งานได้โดยตรง และบูรณาการข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลการใช้น้ำของพืช หรือพื้นที่ชลประทาน เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจวัดภัยแล้งร่วมกับข้อมูลดาวเทียม และทดสอบระบบเตือนภัยกับพื้นที่จริงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลการวิเคราะห์



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ววน.) ที่สนับสนุนทุนงบประมาณด้าน ววน. ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2566

เอกสารอ้างอิง

- AghaKouchak, A., A. Farahmand, F. S. Melton, J. Teixeira, M. C. Anderson, B. D. Wardlow, & C. R. Hain (2015), Remote sensing of drought: Progress, challenges and opportunities, *Rev. Geophys.*, 53, 452–480, doi:10.1002/2014RG000456.
- Borbás, E., Seemann, W., Kern, A., Moy, L., Jun, L., Gumley, L. and Menzel, W. (2011). *Modis Atmospheric Profile Retrieval Algorithm Theoretical Basis Document Collection 6*. Madison: University of Wisconsin-Madison.
- Center Climatological. (2013). *Climatological data of Thailand for 30-year period (1981-2010)*. Bangkok: Meteorological Development Bureau. (in Thai)
- Cross-functional Team. (2007). *Guidelines for runoff management for knowledge management in runoff management*. Bangkok: Royal Irrigation Department. (in Thai)
- Didan, K. & Munoz, A. B. (2019). *MODIS Vegetation Index User's Guide (MOD13 Series)*. Tucson: The University of Arizona.
- ESRI. (2024). ArcGIS for Personal use Term License Subscription. USA. 614616822885
- Gao, B.-C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 57(3), 257–266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Kasikorn Research Center. (2023). *Thailand's Economy in the Second Half of 2023*. Bangkok: KResearch. (in Thai)
- Land Development Department. (2023). *Forecast of drought in agricultural areas due to dry spells in 2023*. Bangkok: Land Use Policy and Planning Division. (in Thai)



Land Development Department. (2021). *Recurrent Drought-Prone Areas in Northern Thailand*. Bangkok: Division of Land Use Policy and Planning. (in Thai)

Nakhonsawan Province Statistical Office. (2023). *Nakhonsawan Province statistical report*. Bangkok: Statistical Forecasting Division, National Statistical Office. (in Thai)

Office Agricultural Economics. (2023). *AGRICULTURAL STATISTICS OF THAILAND 2022*. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

Phengphit, N. (2024). *The developed of a warning drought system using geo-information technology, Nakhon Sawan province (Research reports)*. Nakhon Sawan: Nakhon Sawan Rajabhat University. (in Thai)

Pholgerddee, P. (2020). Application of geo-informatics technology to study vegetation index and humidity: A case study of drought in the special economic Eastern region of Thailand. *International Journal of Agricultural Technology*, 16(4), 917-936.

Piyapanee, W. (2023). *Nakhonsawan Province Statistical Report*. Nakhon Sawan: Nakhon Sawan Provincial Statistical Office. (in Thai)

Rachpilboo, N., Wongkoon, S, & Chansury, W. (2017). The automatic assessment weekly of drought risk area with remote sensing technique. *Journal of Remote Sensing and GIS Association of Thailand (RESGAT Journal)*, 17(Special), 334-344. (in Thai)

Royal Irrigation Department. (2021). *Information of irrigation 2021*. Bangkok: Royal Irrigation Department. (in Thai)

SA-NGUANSILP, C., Wijitkosum, S. & Sriprachote, A. (2017). Agricultural Drought Risk Assessment in Lam Ta Kong Watershed, *International Journal of Geoinformatics*, 13(4).

Sowcharoensuk, C. (2024). *Drought and flood risk 2024: Impacts on agriculture and related industries*. Bangkok: Krungsri Research Intelligence. (in Thai)



- Suwarsono, P. K. (2009). Penentuan hubungan antara suhu kecerahan data MTSAT dengan curah hujan data QMORPH. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 39(6), 32-42.
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0).
- Vasileios, P., Mahlatse, K., Mxolisi, M., Thomas, A., Cherif, I., Giovanni, L., Riccardo, O., Stergios, K., Maria, C., Ioannis, S., & Eleni, K. (2024). A drought monitoring and early warning service for food security in South Africa. *Climate Services*, 34 (2024), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2024.100463>
- Visara. (2013). *Humidity conversion formulas calculation formulas for humidity*. Helsinki: Vaisala Oyj.
- Wijitkosum, S. (2021). Factor influencing land degradation sensitivity and desertification in a drought prone watershed in Thailand. *International Soil and Water Conservation Research*, 9 (2021), 217-228. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.10.005>.
- World Meteorological Organization (WMO). (2024). *State of the Global Climate 2023*. Geneva: WMO.
- World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). (2016). *Handbook of Drought Indicators and Indices*. Geneva, WMO