

# การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์โดยใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลแบบอัตโนมัติ

The Automatic Assessment Weekly of Drought Risk Area with Remote Sensing Technique

ณภัทวิวัฒน์ ราชพิบูลย์<sup>1</sup>

Naphatsawat Rachpibool<sup>1</sup>

ศิริวรรณ วงศ์กุล<sup>1</sup>

Siriwan Wongkoon<sup>1</sup>

วรนุช จันทร์สุริย์<sup>2</sup>

Woranut Chansury<sup>2</sup>

<sup>1</sup>มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

<sup>1</sup>Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

<sup>2</sup>สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ

<sup>2</sup>Geo-Informatics and Space Technology Development

(องค์การมหาชน)

Agency (Public Organization)

## บทคัดย่อ

การติดตามสถานการณ์ความแห้งแล้ง มีความสำคัญยิ่งสำหรับประเทศไทย เนื่องจากสภาวะโลกร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ เกิดเป็นสภาวะแห้งแล้ง มีผลกระทบต่อเกษตรโดยเฉพาะในเรื่องของน้ำและการเพาะปลูกพืช ดังนั้นการคาดการณ์ที่ถูกต้องก่อนหน้าที่จะเกิดเหตุการณ์เพียงไม่กี่สัปดาห์ เป็นการเตรียมโอกาสที่มีคุณค่ายิ่งในการเฝ้าระวังสำหรับระบบการเตือนภัยและมีความจำเป็นในสถานการณ์ปัจจุบัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในประเทศไทย ซึ่งนำเสนอวิธีการในการสร้างแบบจำลอง (Model) ทางคณิตศาสตร์เพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์แบบอัตโนมัติ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลรายสัปดาห์ของดัชนีความแตกต่างความชื้น (NDWI) และดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) จากดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ MODIS ตั้งแต่ พ.ศ. 2556 – 2557 ในการสร้างแบบจำลอง และใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม – เมษายน พ.ศ. 2558 สำหรับทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยทำการแบ่งพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) และสุ่มจุด (Random Point) ด้วยโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศ คำนวณค่าสหสัมพันธ์แบบ Spearman และสร้างแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI และ NDWI ซึ่งใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบอนุกรมเวลา ผลการศึกษาพบว่า NDVI ของสัปดาห์ก่อนหน้า และสัปดาห์ปัจจุบัน เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดการณ์ NDWI ใช้แบบจำลองที่ได้เพื่อสร้างแผนที่แบบอัตโนมัติ โดยใช้ภาษา Python แบบจำลองที่ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาดการณ์และค่าจริง 48.37% แบบจำลองที่ได้จากการศึกษานี้สามารถคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในประเทศไทยได้ เป็นข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและชุมชนนำไปใช้ประโยชน์ในสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนป้องกันและลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ:** การคาดการณ์ ภัยแล้ง ดัชนีความแตกต่างความชื้น ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ การสำรวจข้อมูลระยะไกล

## ABSTRACT

Monitoring of drought situation in Thailand has very important because of the global warming in Thailand incurred to climate change and become to drought. The drought situation affecting agriculture, especially water and plants factors. Therefore, accurate predictions for even a few weeks, provide an invaluable opportunity to surveillance data for early warning system and has a necessary in the current situation. This research is to develop a model for assessment automatically drought risk area in Thailand. Data on weekly Normalized Difference Water Index (NDWI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from Terra/Aqua satellite MODIS system over the period of 2013-2014 were used for the training data set. The forecasting accuracy of the model was verified using the data between January – April 2015. The NDWI data were divided using land that used and random point with geo-informatics program. Spearman correlation analysis and time-series regression analysis were performed to quantify the relationship between NDVI and NDWI. The results showed that NDVI at a lag of zero and one months were significant predictors of NDWI. The predicted NDWI were used to create the automatic maps with Python programming. The model demonstrated goodness-of-fit with a correlation between observed and predicted NDWI of 48.37%. The model could be used to predict the drought risk area in Thailand. The information could be useful for the related organizations and communities

for planning and operational activities and better decision-making regarding drought risk area prevention and more efficiency for reducing the damage will be occurred in the area.

KEY WORDS: Assessment, Drought, NDWI, NDVI, Remote Sensing

## 1. บทนำ

นับตั้งแต่ปี พ.ศ.2544 เป็นต้นมาหลายองค์กรและหน่วยงานต่างๆ ทั่วโลกที่ศึกษาค้นคว้า เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมโลก เริ่มมีการนำเสนอผลการศึกษาให้ทั่วโลกได้รับรู้ถึงสภาพปัญหาของสิ่งแวดล้อมโลกรวมถึงผลกระทบ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันว่าภาวะโลกร้อนกำลังคุกคามสิ่งแวดล้อม และการดำรงชีวิตของมนุษย์ทั่วโลก (กอร์, 2549) โดยก่อให้เกิดภัยธรรมชาติ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์รุนแรงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีผลกระทบทำให้มนุษย์ไม่สามารถดำรงชีวิตได้ตามปกติสุข ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก ภัยที่มีความสำคัญไม่ยิ่งไปกว่าอุทกภัยน้ำท่วม คือ ภัยแล้ง เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ทำให้เกิดสภาวะขาดแคลนน้ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งทางและทางอ้อม โดยเฉพาะประเทศไทยที่ประชากรมีอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก และเกษตรกรรมนั้นยังต้องพึ่งพาอาศัยฝนจากธรรมชาติ ภัยแล้งมีผลกระทบโดยตรงต่อการลดลงของผลผลิตทางการเกษตร และยังมีผลต่อการสูญเสียงบประมาณของประเทศในการบรรเทาความเดือดร้อนในพื้นที่ที่ประสบภัยแล้ง (สุรพันธ์, 2548)

สำหรับประเทศไทยผู้ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งโดยตรง คือ ชาวนาและเกษตรกรที่เคยเพาะปลูกพืช ฤดูแล้ง จำนวน 398,347 ราย พื้นที่ 11.97 ล้านไร่ แบ่งเป็น ในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยา 345,161 ราย พื้นที่ 10.70 ล้านไร่ และในเขตลุ่มน้ำแม่กลอง 53,186 ราย พื้นที่ 1.27 ล้านไร่ ซึ่งจากการประเมินจนถึงขณะนี้คิดเป็นมูลค่าความเสียหายแล้วราว 5,600 ล้านบาท และชาวนาผู้ปลูกข้าวอาจสูญเสียรวมกว่า 14,000 ล้านบาท เมื่อสิ้นสุดฤดูร้อน นับเป็นมูลค่าความเสียหายมากที่สุดในค่าเฉลี่ยรอบ 5 ปีที่อยู่ราว 11,900 ล้านบาท โดยสถานการณ์นี้จะยังเป็นการคุกคามถึงชื่อภาคครัวเรือนในชนบท และส่งผลกระทบต่อเมืองไปยังธุรกิจเกี่ยวเนื่อง ข้ำเติมภาวะยากลำบากอยู่แล้วให้แย่ลงไปอีก โดยเฉพาะหากภัยแล้งกินเวลายาวนานกว่าที่คาดการณ์ไว้ (สิตาวีร์, 2558)

ปัจจุบันเป็นยุคข้อมูลข่าวสาร (Information Technology) ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีมีส่วนสำคัญต่อการจัดการภัยพิบัติทางธรรมชาติ ภูมิสารสนเทศ (Geo informatics) ซึ่งประกอบด้วย ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing: RS) และระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Navigation Satellite System: GNSS) หรือเรียกรวมกันว่า เทคโนโลยี 3S จัดเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยสามารถจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติรวมทั้งภัยพิบัติทางธรรมชาติ ซึ่งสามารถทำได้สะดวกรวดเร็ว ทันต่อสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม และภัยพิบัติที่เกิดขึ้น ทั้งยังสามารถใช้ในการวางแผนจัดการป้องกันผลเสียหายที่เกิดจากภัยพิบัติทางธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพและสิ้นเปลืองงบประมาณไม่มาก นอกจากนี้ GIS ยังมีความสามารถในการจัดเก็บ (Storage) จัดการ (Management) สอบถาม (Query) วิเคราะห์ (Analysis) และแสดงผล (Display) ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างดี ทั้งนี้มีการนำ GIS มาประยุกต์ใช้ในหลากหลายสาขา รวมถึงด้านภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ช่วยในการวางแผนป้องกัน แก้ไขได้ทันสถานการณ์ และยังสามารถใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีด้านการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing : RS) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่ง RS เป็นเทคนิคในการบันทึก (Recording) การสังเกต (Observing) และการรับรู้ (Sensing) เกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ที่ห่างไกล (Remote) โดยไม่ได้เข้าไปสัมผัสกับวัตถุเป้าหมาย เช่น ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น และองค์ประกอบสุดท้ายของเทคโนโลยี 3S ก็คือ GNSS (Global Navigation Satellite System) เป็นระบบที่ใช้บอกตำแหน่งบนพื้นโลก ในปัจจุบันมีหลายระบบให้เลือกใช้งาน เช่น GPS ชื่อเต็มคือ Global Positioning System เป็นของสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย ส่วนสำคัญหลายส่วน ได้แก่ดาวเทียม 32 ดวง สถานีควบคุม และผู้ใช้งานนอกนั้นยังมี GLONASS คือ Global Navigation Satellite System ซึ่งเป็นระบบของประเทศรัสเซีย ใช้ดาวเทียม 30 ดวง เพื่อระบุตำแหน่งบนพื้นโลก GNSS นี้มีความสำคัญในการเก็บข้อมูลภาคสนามทั้งยังเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ร่วมกับ GIS

เทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความต่อเนื่องทั้งเชิงเวลา และเชิงพื้นที่ เนื่องจากมีการบันทึกภาพซ้ำเป็นช่วงเวลาทำให้ได้ข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง มีการบันทึกภาพเป็นบริเวณกว้าง ข้อมูลจึงมีความครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมด (Gu, Brown, Verdin, & Wardlow, 2007) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลหลายช่วงคลื่น ซึ่งตอบสนองต่อสิ่งที่บ่งบอกถึงความแห้งแล้งได้ เช่น พืชพรรณ ค่าคลอโรฟิลล์ในพืชพรรณ ปริมาณน้ำในพืช และดิน ที่สามารถเลือกใช้ให้ตรงกับความต้องการเพื่อแก้ไขปัญหาข้อมูลที่ขัดข้องจากสถานีตรวจอากาศได้ คุณสมบัติของข้อมูลการสำรวจระยะไกลที่กล่าวมาล้วนมีความเหมาะสมสำหรับการติดตาม เตือนภัย และคาดการณ์ความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ได้อย่างชัดเจน ตลอดช่วงเวลาที่เกิดความแห้งแล้งปริมาณน้ำในดินจะลดต่ำลง และมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในพืชอย่างมีความหมาย (Shakya & Yamaguchi, 2007) รวมถึงความเปลี่ยนแปลงอื่นของสภาวะพืชพรรณซึ่งสามารถใช้เป็นหลักในการบ่งชี้ความแห้งแล้งได้ การตรวจวัดความแห้งแล้งมีการนำวิธีการที่แตกต่างกันหลายวิธีมาใช้ในวิเคราะห์ โดยเฉพาะการใช้ดัชนีที่แสดงถึงการปรากฏอยู่ของพืชพรรณ ดัชนีเหล่านี้มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป สามารถนำมาใช้อธิบายสภาพปัจจุบันของพื้นที่ ลักษณะการกระจายตัวและความเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณได้ดีกว่าตัวแปรด้านภูมิอากาศ (Kogan, 1995) ดัชนีที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อบ่งชี้

สภาวะความแห้งแล้งได้แก่ ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (The Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) และดัชนีความแตกต่างความชื้น (The Normalized Difference Water Index: NDWI) เป็นต้น

ดังนั้นจากปัญหาภัยแล้งที่ส่งผลกระทบต่อการเกษตรในปัจจุบันทั้งปัญหาการขาดแคลนน้ำและการเพาะปลูกพืช ประกอบด้วย ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และแสดงผล เพื่อการจัดการภัยพิบัติ จึงเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งทั้งการ ฝึกระวัง และเตือนภัยทางด้านภัยแล้ง โดยเฉพาะการรับรู้ข้อมูลล่วงหน้า ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่มีคุณค่าสำหรับเกษตรกร ผู้ที่สนใจ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี โดยการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในประเทศไทย โดยใช้ ข้อมูลดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ และดัชนีความแตกต่างความชื้น สะสมราย 7 วัน จากดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ MODIS ในปี 2556 - 2557 เป็นข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลอง และข้อมูลปี 2558 สำหรับทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยสร้าง สมการทางคณิตศาสตร์ในการคาดการณ์การเกิดภัยแล้ง และสร้างแผนที่แบบอัตโนมัติโดยใช้ภาษา Python ในการจัดการข้อมูล ซึ่งผลที่ได้ จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร อีกทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถดำเนินการวางแผน ฝึกระวัง และเตือนภัยการเกิดภัยแล้งได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งสูง

## 2. วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาข้อมูลดัชนีความแตกต่างความชื้นเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมในพัฒนาแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์แบบอัตโนมัติ
- 2) เพื่อพัฒนาแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์แบบอัตโนมัติโดยใช้ภาษา Python ในการจัดการข้อมูล

## 3. วิธีการวิจัย

### 3.1 พื้นที่ศึกษา

ประเทศไทยตั้งอยู่กลางคาบสมุทรอินโดจีนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และคาบสมุทรมลายู อยู่ระหว่างละติจูด  $5^{\circ}$  ถึง  $21^{\circ}$  เหนือ และลองจิจูด  $97^{\circ}$  ถึง  $106^{\circ}$  ตะวันออก มีพื้นที่ 513,115 ตารางกิโลเมตร เป็นอันดับที่ 51 ของโลก และอันดับที่ 3 ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รองจากประเทศอินโดนีเซียและพม่า ภูมิอากาศของไทยเป็นแบบเขตร้อน หรือแบบสะวันนา มีอุณหภูมิเฉลี่ย  $18-34^{\circ}\text{C}$  และมีปริมาณฝนตกเฉลี่ยตลอดปีกว่า 1,500 มิลลิเมตร สามารถแบ่งได้เป็น 3 ฤดูกาล คือ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายนเป็นฤดูร้อน ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมเป็นฤดูฝน ประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากทะเลจีนใต้และพายุหมุนเขตร้อน ส่วนในเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนมีนาคมเป็นฤดูหนาว ประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจากประเทศจีน ส่วนภาคใต้มีสภาพอากาศแบบป่าดงดิบ ซึ่งมีอากาศร้อนชื้นตลอดทั้งปี แบ่งได้เป็น 2 ฤดู คือ ฤดูฝนและฤดูร้อน โดยฝั่งทะเลตะวันออก ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน และฝั่งทะเลตะวันตก ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาประเทศไทย

## 3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ได้มีการเสนอดัชนีความแตกต่างความชื้น เพื่อตรวจวัดความชื้นในพืชพรรณด้วยข้อมูลการสำรวจระยะไกลโดยใช้สมการ (1) ซึ่งช่วงคลื่น 0.86 ถึง 1.24 ไมโครเมตร มีผลกระทบจากการกระจายเนื่องจากละอองลอยในชั้นบรรยากาศต่ำ ทำให้ NDWI ไวต่อละอองลอยในชั้นบรรยากาศน้อยกว่า NDVI ผลลัพธ์พบว่า NDWI ไวต่อการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในเรือนยอดพืช (Gao, 1996)

$$(p_{0.86} - p_{1.24}) / (p_{0.86} + p_{1.24}) \quad (1)$$

นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาคุณสมบัติทั้งด้านคลื่นและลักษณะทางกายภาพของพืชในดัชนีพืชพรรณ 2 ดัชนี คือ NDVI และ EVI ที่ได้จากดาวเทียม Terra ระบบ MODIS ที่ความแยกชัด 500 และ 1000 เมตร เปรียบเทียบกับดัชนีที่ได้จากดาวเทียม NOAA-AVHRR (The Advanced Very High Resolution Radiometer) ที่ความแยกชัด 1000 เมตร พบว่าดัชนีที่ได้จาก MODIS มีความแม่นยำสูงกว่า และพบว่า NDVI มีความอิ่มตัวที่ไม่สิ้นสุด (Asymptotically Saturate) ในพื้นที่ที่มีชีวมวลสูง ขณะที่ EVI ไวต่อความแตกต่างของชั้นเรือนยอด (Huete et al., 2002) และศึกษาการประเมินปริมาณน้ำในพืช (ข้าวโพดและถั่วเหลือง) โดยใช้ช่วงคลื่น NIR และ SWIR จากดาวเทียม Terra-MODIS โดยใช้ข้อมูลในช่วงคลื่นที่เป็นไปได้ 7 ช่วงคลื่นสำหรับการสร้างดัชนีพืชพรรณจาก MODIS Band 1-7 (ค่าการสะท้อนที่ 0.648, 0.858, 0.470, 0.555, 1.24, 1.64 และ 2.13 ไมโครเมตร ตามลำดับ) และประเมินแต่ละดัชนีโดยคำนวณความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในพืช (Vegetation Water Content: VWC) พบว่าดัชนี NDVI และดัชนี NDWI เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุด (Chen, Huang, and Jackson, 2005)

โดยการศึกษาวิจัยทางด้านความแห้งแล้งได้มีการศึกษาการประเมินความแห้งแล้งโดยการวิเคราะห์สถานะทางกายภาพของพืชที่มีผลมาจากสภาวะแห้งแล้งในพื้นที่ป่าสนชายขอบทะเลทรายในประเทศอิสราเอล โดยใช้ดัชนีพืชพรรณ NDVI ตรวจวัดสภาวะความเครียดของพืช และประยุกต์การตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูกาลและระหว่างปี ในพืชพรรณด้วยเทคนิคผลต่างภาพ (Image Differencing Technique) สำหรับดัชนี NDVI จากการศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการสังเคราะห์แสงกับพลวัตของค่า NDVI ตลอดฤดูกาลเจริญเติบโต (Volcani et al., 2005) ในปีต่อมา มีการทำการประเมินความแห้งแล้งของทุ่งหญ้าใน Central Great Plains ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูล 5 ปีของ NDVI และ NDWI ที่ได้จากข้อมูลจากดาวเทียมระบบ MODIS ได้ผลลัพธ์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI, NDWI และสภาวะความแห้งแล้ง และได้เสนอดัชนี NDDI (Normalized Different Drought Index) ที่พบว่ามี การตอบสนองต่อความแห้งแล้งในฤดูร้อนได้ดีกว่าค่าความแตกต่างทั่วไประหว่าง NDVI กับ NDWI และยังเป็นตัวชี้วัดความแห้งแล้งในทุ่งหญ้าได้ดีกว่าดัชนี NDVI เพียงอย่างเดียว (Gu et al., 2007)

จากการศึกษาข้อมูลสรุปได้ว่า ข้อมูลดัชนีความแตกต่างความชื้น คือข้อมูลเพื่อแสดงปริมาณน้ำในพืชและในดิน โดยสร้างจากสัดส่วนความต่างของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared: NIR) และอินฟราเรดกลาง (short wave infrared: SWIR) ที่ตอบสนองต่อปริมาณน้ำในพืชและความชื้นของดิน ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงความชุ่มชื้นหรือแห้งแล้งของพื้นที่ได้ และข้อมูลดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ แสดงถึงความสมบูรณ์และความเขียวของพืชพรรณ โดยการหาอัตราส่วนความต่างระหว่างช่วงคลื่นสีแดง (Red) และอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared: NIR)

ตารางที่ 1 สมการดัชนีความแตกต่างความชื้นและความแตกต่างของพืชพรรณ

ดัชนี	สมการ	แหล่งอ้างอิง
1. ดัชนีความแตกต่างความชื้น	$NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$	Chen et al., 2005 Gu et al., 2007 Volcani et al., 2005 Shakya&Yamaguchi, 2007
2. ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ	$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$	Chen et al., 2005 Gao, 1996 Gu et al., 2007

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงใช้ข้อมูลดัชนีความแตกต่างความชื้น และข้อมูลดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ จากดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ MODIS สะสมราย 7 วัน ที่ได้ทำการวิเคราะห์และประมวลผลจากข้อมูลรายวัน โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (สทอภ.) เนื่องจากข้อมูลรายวันในบางพื้นที่ถูกบดบังด้วยกลุ่มเมฆจึงทำให้ไม่สามารถวัดค่า NDWI และ NDVI ได้ ข้อมูลในบริเวณนั้นจึงเกิดการขาดหายไป สทอภ. จึงวิเคราะห์และประมวลทั้งข้อมูลรายวัน และสะสมราย 7 วัน เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ต่อยอดในภารกิจที่เกี่ยวข้อง เกิดประโยชน์ต่อสังคมโดยรวมของประเทศ ซึ่งประโยชน์ในการติดตามสถานการณ์ต่างๆ เนื่องจากภาพถ่ายจากดาวเทียมระบบ MODIS มีแถบการถ่ายภาพที่กว้างครอบคลุมทั่วประเทศได้ในกาถ่ายเพียงครั้งเดียว รวมทั้งมีจำนวนแบนด์ถ่ายภาพจำนวนมากทำให้สามารถวิเคราะห์ได้หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดข้อมูล 250 – 1,000 เมตร

### 3.3 คัดเลือกข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง

การศึกษานี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูล NDWI และ NDVI สะสมราย 7 วัน ระหว่างเดือนมกราคม – เดือนเมษายน พ.ศ. 2556 - 2558 ซึ่งเป็นข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ แบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด คือ ข้อมูลในปี 2556 – 2557 เป็นข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลอง และข้อมูลในปี 2558 เป็นข้อมูลสำหรับทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

### 3.4 แบ่งพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า NDWI ในแต่ละพื้นที่

หลังจากรวบรวมข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) เป็น 3 ลักษณะ คือ พื้นที่ป่า พื้นที่เมือง และพื้นที่ปลูกข้าว ในการแบ่งพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า NDWI ในแต่ละลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อคัดเลือกพื้นที่ที่มีค่า NDWI ที่เหมาะสม สำหรับสร้างแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ข้อมูล Shape File ที่จัดทำโดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

### 3.5 สุ่มจุดเพื่อเก็บค่า NDWI และ NDVI ในแต่ละสัปดาห์ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ก่อนนำเข้าข้อมูล NDWI เพื่อสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยทำการสุ่มจุด (Random Point) 100 จุด ด้วยโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศ เพื่อเก็บค่า NDWI และ NDVI ในแต่ละสัปดาห์ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจากข้อมูล NDWI และ NDVI เป็นข้อมูลราสเตอร์ (Raster Data) จัดเก็บข้อมูลเป็นลักษณะตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็กๆ (Grid or Pixel) เท่ากันและต่อเนื่องกัน มีค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์และข้อมูลในทุกๆ ตาราง ดังนั้นจึงต้องทำการสุ่มจุดเพื่อนำค่า NDWI และ NDVI มาใช้ในการวิเคราะห์ได้เร็วยิ่งขึ้น (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การสุ่มจุด 100 จุดตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (a) พื้นที่ป่า (b) พื้นที่ปลูกข้าว (c) พื้นที่เมือง

### 3.6 เก็บค่า NDWI และ NDVI เพื่อสร้างสมการและกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า NDWI

ทำการเก็บข้อมูล NDWI และ NDVI สะสมราย 7 วัน ระหว่างเดือนมกราคม – เดือนเมษายน ในปี 2556 – 2557 เพื่อสร้างแบบจำลองและปี 2558 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศโดยใช้เครื่องมือ (Tool) Sample และใช้ค่า NDWI สร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยค่า NDWI ที่ใช้สำหรับสร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละพื้นที่ ทำการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ ซึ่งจะทำได้ค่าเฉลี่ย NDWI ทั้งหมด 32 ค่า ในแต่ละพื้นที่ เพื่อใช้ในการสร้างกราฟ ส่วนการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์จะใช้ค่าข้อมูลจริงที่เก็บได้ทั้งหมดซึ่งคัดเลือกจากพื้นที่ที่มีความเหมาะสมจากผลของการสร้างกราฟ ซึ่งจะทำได้ค่า NDWI และ NDVI อย่างละ 2,600 ค่า สำหรับสร้างสมการ

### 3.7 สร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้สร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์

ข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อคาดการณ์การเกิดภัยแล้งด้วยค่า NDWI และ NDVI โดยเลือกพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมจากการสร้างกราฟ เพื่อใช้ค่าในพื้นที่ดังกล่าวสร้างสมการ โดยกำหนดให้ ค่า NDWI ที่ตัวแปรตาม และ ค่า NDVI เป็นตัวแปรอิสระ เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ใช้ค่า NDWI เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงระดับความแห้งแล้งในพื้นที่

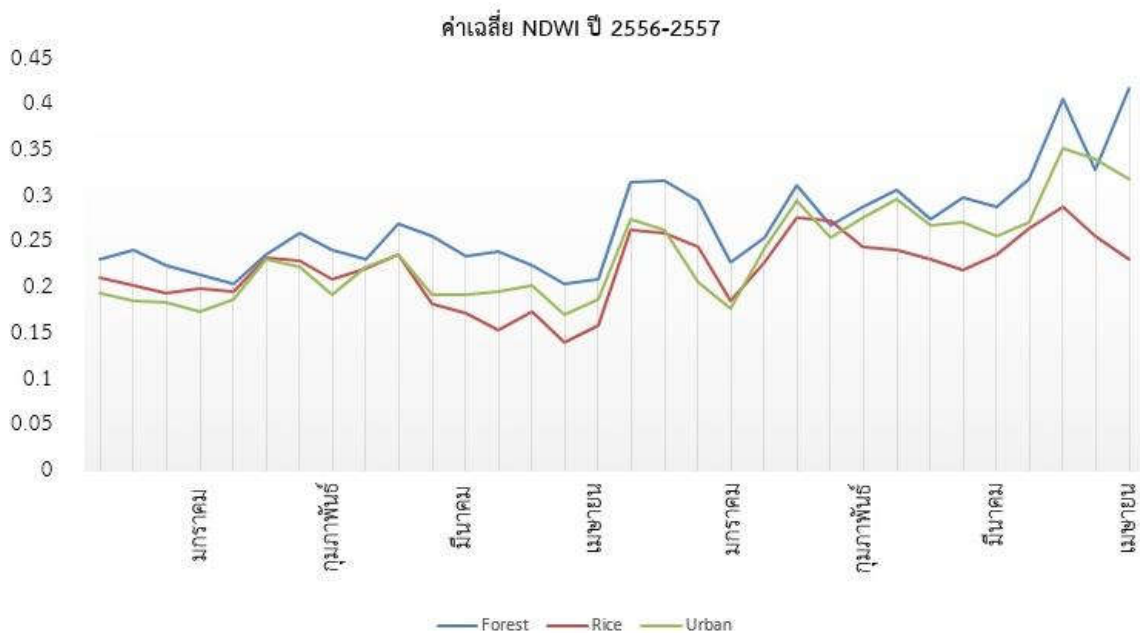
### 3.8 สร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์และใช้ภาษา Python ในการจัดการข้อมูลแบบอัตโนมัติ

เมื่อได้สมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์แล้ว นำสมการมาทำการสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ในประเทศไทยด้วยโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศ จากนั้นเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Python เพื่อใช้ในการจัดการข้อมูลในส่วนของการนำเข้าข้อมูล NDVI และ NDWI ตามสมการ เพื่อคำนวณผล และจัดเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ ส่งผลให้สามารถคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์แบบอัตโนมัติได้เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไปในทุกๆ 7 วัน

## 4. ผลการวิจัย

ในการศึกษานี้ได้ทำการสร้างกราฟเพื่อศึกษาแนวโน้มและเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูล NDWI ที่เก็บค่าได้จากการสุ่มจุด 100 จุด และหาค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ ตั้งแต่เดือนมกราคม – เดือนเมษายน ในปี 2556 – 2557 ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งแยกเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ป่า พื้นที่ปลูกข้าว และพื้นที่เมือง

จากผลการสร้างกราฟเพื่อศึกษาแนวโน้มและเปรียบเทียบข้อมูล NDWI ราย 7 วัน ทั้ง 3 พื้นที่ พบว่าในแต่ละพื้นที่ที่มีแนวโน้มของข้อมูลไปในทางเดียวกัน (รูปที่ 3) ผู้วิจัยจึงเลือกพื้นที่ป่า ใช้ในการสร้างสมการเพื่อสร้างเป็นแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ เนื่องจากพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุม จะทำให้ได้ค่า NDWI และ NDVI ที่แท้จริงซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการสร้างสมการ โดยใช้ค่า NDWI และ NDVI สร้างสมการ เพื่อหาค่า NDWI สำหรับใช้คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งเนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ใช้ค่า NDWI เป็นค่าบ่งชี้ถึงระดับความแห้งแล้งในพื้นที่ เนื่องจาก NDWI เป็นดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบระดับความชื้นในดินหรือพืชพรรณ หากมีค่าสูงคือมีความชื้นมาก และหากมีค่าต่ำ คือมีความชื้นน้อย



รูปที่ 3 ข้อมูลค่าเฉลี่ย NDWI ราย 7 วัน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในพื้นที่ปลูกข้าว พื้นที่ป่า และพื้นที่เมือง เดือนมกราคม – เดือนเมษายน ปี 2556-2557

สำหรับการสร้างสมการเพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ใช้สมการถดถอยแบบอนุกรมเวลา (Time series Regression model) เนื่องจากค่า NDWI และ NDVI ซึ่งเป็นตัวแปรที่นำมาใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีความสัมพันธ์และแปรผันตรงกัน โดยตัวแปรตามที่ใช้คาดการณ์คือ ค่า NDWI และตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลทำให้ตัวแปรตามเปลี่ยนค่าไป คือ ค่า NDVI และ NDVI ราย 7 วัน

ผลการสร้างสมการถดถอยแบบอนุกรมเวลา โดยใช้ค่า NDWI และ NDVI ราย 7 วัน ตั้งแต่เดือนมกราคม – เดือนเมษายน ในปี 2556 – 2557 เป็นข้อมูลสร้างสมการ (Training Data) และข้อมูลในปี 2558 เป็นข้อมูลทดสอบสมการ (Testing Data) ได้สมการ (2) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ระหว่างค่าคาดการณ์และค่าจริง เท่ากับ 0.4837

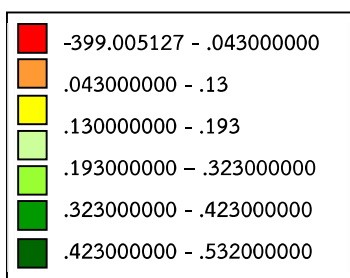
$$\text{Ln}(\text{NDWI}_t) = -1.88 + 2.06 \text{NDVI}_t - 0.64 \text{NDVI}_{t-1} + 0.36 \text{NDWI}_{t-1} \quad (2)$$

โดยที่

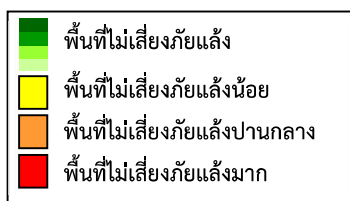
NDWI<sub>t</sub> : ค่า NDWI ณ เวลา t

NDVI<sub>t</sub> : ค่า NDVI ณ เวลา t

จากผลการสร้างสมการ เมื่อนำไปใช้ในการสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศ ทำให้ได้ค่า NDWI เพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ ผู้วิจัยได้ทำการจัดกลุ่ม (Classified) โดยอ้างอิงการแบ่งชั้น (Class) ของค่า NDWI ตามการจัดทำแผนที่ข้อมูลดัชนีความแตกต่างความชื้น จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (รูปที่ 4) และแบ่งระดับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งเป็น 4 ระดับได้แก่ พื้นที่ไม่เสี่ยงภัยแล้ง พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อย พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมาก (รูปที่ 5)



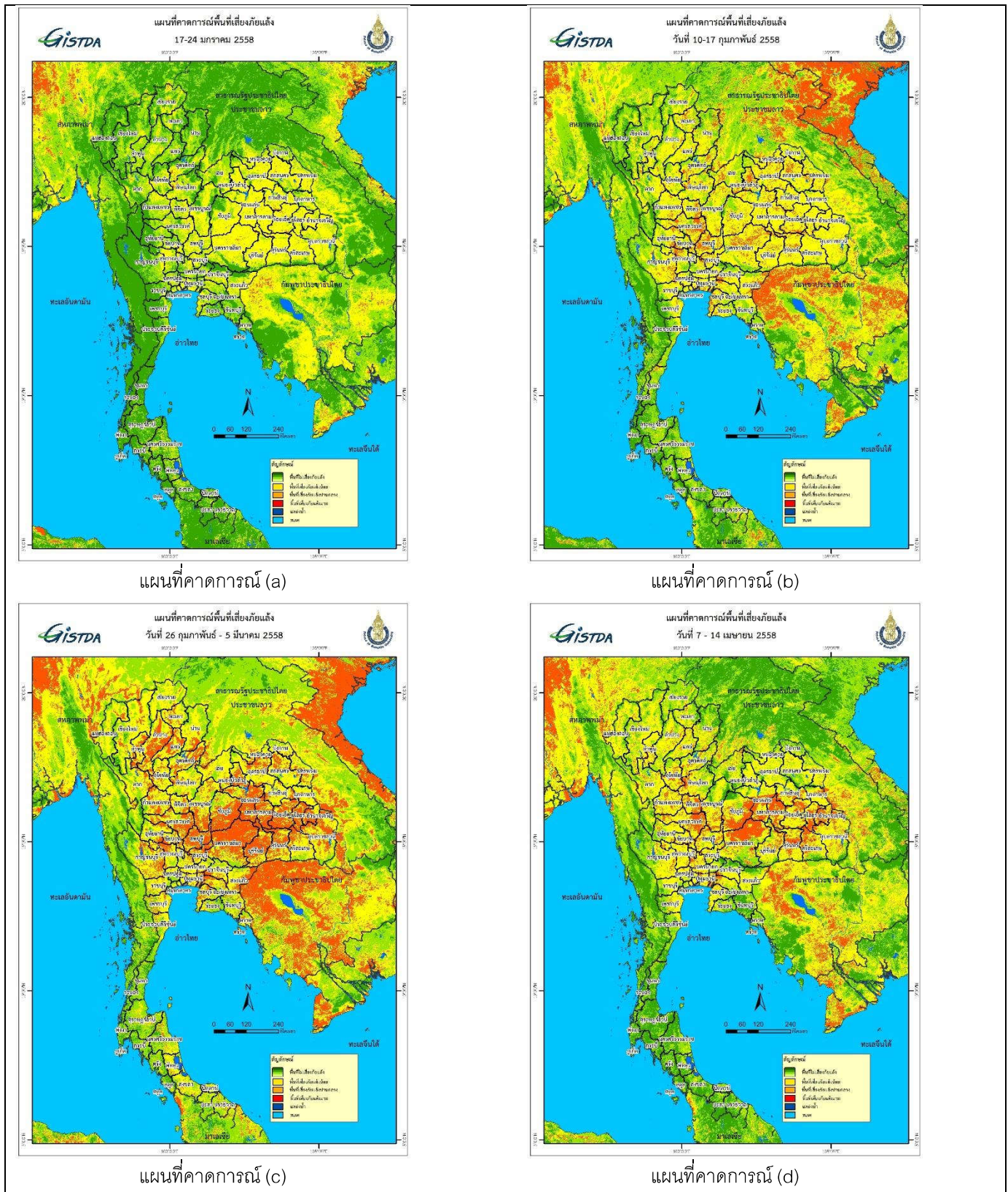
รูปที่ 4 การแบ่งชั้น (Class) ของค่า NDWI ที่คาดการณ์ได้



รูปที่ 5 การแบ่งระดับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

เมื่อทำการจัดกลุ่มและแบ่งชั้นของค่า NDWI ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์โดยสร้างแผนที่ในเดือนมกราคม – เดือนเมษายน 2558 เพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว (รูปที่ 6)

จากการสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ ผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมภาษา Python เพื่อใช้ในการจัดการข้อมูลและสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์แบบอัตโนมัติ โดยคำสั่งที่เขียนสามารถอ่านไฟล์ (File) ข้อมูล NDVI และ NDWI ราย 7 วัน ที่ผ่านประมวลผลและเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูล (Folder) สำหรับใช้เป็นตัวแปรในสมการ เข้าสู่กระบวนการคำนวณข้อมูลราสเตอร์ (Raster Calculate) ที่ได้สมการสำหรับสร้างแผนที่และบันทึกไฟล์ที่ได้เข้าสู่ไฟล์เดอร์ ได้อย่างอัตโนมัติ จากนั้นนำไฟล์ที่ได้มาทำการจัดกลุ่ม แบ่งชั้นตามค่าคะแนน แสดงระดับความเสี่ยงของภัยแล้งในแต่ละพื้นที่ และแสดงผลเป็นแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ล่วงหน้าสำหรับพื้นที่ในประเทศไทย



รูปที่ 6 แผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์  
 (a) เดือนมกราคม (b) เดือนกุมภาพันธ์ (c) เดือนมีนาคม และ (d) เดือนเมษายน



## 5. วิจัยผลลัพธ์และสรุปผล

ข้อมูล NDWI ที่ได้จากการเก็บค่าด้วยการสุ่มจุด ในเดือนมกราคม – เดือนเมษายน ปี 2556-2557 ทั้ง 3 พื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และหาค่าเฉลี่ยเพื่อสร้างกราฟศึกษาแนวโน้มและเปรียบเทียบความต่างต่างนั้น ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันและมีแนวโน้มทางเดียวกัน อาจมีบางช่วงเวลาที่คลาดเคลื่อนจากกันบ้าง ซึ่งเนื่องมาจากหลายสาเหตุ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนคือ พื้นที่ป่าซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมตลอดทั้งปีจะมีความชื้นสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ และพื้นที่ปลูกข้าว ในฤดูแล้งจะมีตอซังข้าวซึ่งส่งผลให้ค่า NDWI มีค่าที่ต่ำ เป็นต้น แต่มีลักษณะของกราฟ และแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลในพื้นที่ป่า ซึ่งทำให้ได้ค่าข้อมูลที่แท้จริงของ NDVI และ NDWI ในพื้นที่ ซึ่งข้อมูลทั้ง 2 มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gu et al. (2007) ที่ได้ผลลัพธ์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI, NDWI และสภาวะความแห้งแล้ง จึงใช้ข้อมูล NDVI และ NDWI ที่เก็บได้จากการสุ่มในพื้นที่ป่าเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งประเทศไทยในการนำค่ามาสร้างสมการถดถอยแบบอนุกรมเวลา เพื่อใช้ในการสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งล่วงหน้ารายสัปดาห์ในประเทศไทยระหว่างเดือนมกราคม – เดือนเมษายน ซึ่งผลการสร้างสมการมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ระหว่างค่าคาดการณ์และค่าจริง เท่ากับ 0.4837 แต่ไม่สามารถคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในเดือนพฤษภาคม – เดือนธันวาคม และในประเทศเพื่อนบ้านที่ปรากฏในแผนที่ได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไม่ได้มีการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนดังกล่าวและข้อมูลของประเทศเพื่อนบ้านเพื่อศึกษาแนวโน้มและสร้างสมการเพื่อใช้สร้างแผนที่คาดการณ์ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ทำให้เห็นถึงความสำคัญของการเก็บข้อมูลในระยะเวลายาวอย่างยิ่ง ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ในช่วงเดือนที่จะเกิดภัยแล้งของประเทศไทยได้ โดยสามารถคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ถัดไปได้จากข้อมูล NDVI สัปดาห์ปัจจุบัน และข้อมูล NDVI และ NDWI สัปดาห์ย้อนหลังได้อย่างอัตโนมัติโดยใช้ภาษา Python ในการจัดการและประมวลผลข้อมูล อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังไม่มีทดสอบความถูกต้องของการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งกับข้อมูลความแห้งแล้งโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน หรือข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในด้านอื่นๆ มีเพียงแต่การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์

## 6. ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาคั้งนี้ยังคงต้องการข้อมูลเพิ่มเติมอีกหลายตัวแปรที่ส่งผลต่อการเกิดภัยแล้ง และการทดสอบความถูกต้องของการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งกับข้อมูลความแห้งแล้งโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน หรือข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในด้านอื่นๆ สำหรับทดสอบความถูกต้อง เพื่อพัฒนาการวิเคราะห์ข้อมูล สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งที่มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือต่อไป อีกทั้งยังสามารถพัฒนาและเผยแพร่โดยใช้บริการ Web Map Service (WMS) ซึ่งจะส่งผลให้บุคคลที่สนใจ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงข้อมูลที่คาดการณ์ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่ให้ออกวิเคราะห์ในการให้ข้อมูล NDWI และ NDVI จากดาวเทียม Terra/Aqua ระบบ MODIS และข้อมูล Shape File การใช้ประโยชน์ที่ดิน อีกทั้งทรัพยากรต่างๆ ในการศึกษา ขอขอบคุณหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ที่เปิดหลักสูตรสหกิจศึกษาทำให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสในการสหกิจศึกษากับสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และใช้ความรู้พัฒนางานวิจัยในครั้งนี้ โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ปีงบประมาณ 2558

## เอกสารอ้างอิง

- กอร์. (2549). โลกไร้ความจริงที่ไม่มีใครอยากฟัง. แปลจาก AN INCONVENIENT TRUTH. โดย คุณากร วาณิชยวิรุฬห์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มติชน.
- สิตาวีร์ วิรุฬห์. (2558). การแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืน. *บทความวิชาการสำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร*, 2-3.
- สุรพันธ์ สันติยานนท์. (2548). การวิเคราะห์และเตือนภัยแล้งโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*. บัณฑิตวิทยาลัย.
- Chen, D., Huang, J. and Jackson, T.J. (2005). Vegetation water content estimation for corn and soybeans using spectral indices derived from MODIS near – and short wave infrared bands [Electronic version]. *Remote Sensing of Environment*, 98, 225-236.
- Gao, B-C. (1996). NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space [Electronic version]. *Remote Sensing of Environment*, 58, 257-266.

- Gu, Y., Brown, J.F., Verdin, J.P. and Wardlow, B. (2007). A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States [Electronic version]. Geophysical Research Letters, 34, L06407.
- Huete, A.R., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X. and Ferreira, L.G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices [Electronic version]. Remote Sensing of Environment, 83, 195-213.
- Kogan, F.N. (1995). Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polarorbiting satellite data [Electronic version]. Bulletin of the American Meteorological Society, 76(5), 655-668.
- Shakya N. and Yamaguchi Y. (2007). Drought monitoring using vegetation and LST indices in Nepal and Northeastern India. ACRS 2007 Proceedings, (Paper No.285) 12-16 November 2007 Kuala Lumpur, Malaysia.
- Volcani, A., Karnieli, A. and Svoray, T. (2005). The use of remote sensing and GIS for spatio-temporal analysis of the physiological state of a semiarid forest with respect to drought years [Electronic version]. Forest Ecology and Management, 215, 239-250.