



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ทุนวิจัยหมวดเงินอุดหนุน (ว.1)

ประจำปีงบประมาณ 2561

การจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งทางการเกษตรโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ: กรณีศึกษา จังหวัดราชบุรี

Agricultural Drought Monitoring with NDVI-base: a Case Study of

Ratchaburi Province, Thailand

คณะผู้วิจัย

รศ.ดร. นิติมา อัจฉริยะโพธา

หัวหน้าโครงการ

ศูนย์บริการทางการศึกษาราชบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ดร. วรากร รัตนอารีกุล

ผู้ร่วมโครงการ

ศูนย์บริการทางการศึกษาราชบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุนของจังหวัดราชบุรีและจำแนกระดับความรุนแรงของพื้นที่ภัยแล้งด้วยสมการดัชนีพรรณพืช โดยวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในระบบสืบค้นข้อมูลระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ งานวิจัยนำเสนอผลของปี พ.ศ. 2558 ซึ่งเป็นปีที่ประเทศไทยประสบสภาวะการณ์ภัยแล้งเป็นกรณีศึกษา ผลที่ได้พบว่าน้ำต้นทุนของจังหวัดราชบุรีมีปัจจัยหลักคือปริมาณฝน เมื่อจำแนกระดับความรุนแรงของพื้นที่ภัยแล้งเชิงพื้นที่พบว่าพื้นที่จังหวัดราชบุรีส่วนใหญ่ยังอุดมสมบูรณ์ แต่พื้นที่แห้งแล้งรุนแรงน้อยมีจำนวนพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และสามารถนำดัชนีพรรณพืชจำแนกระดับความรุนแรงของพื้นที่ภัยแล้งเชิงพื้นที่มาใช้ในการวางแผนบริหารจัดการน้ำของจังหวัดราชบุรีต่อไป

คำสำคัญ: น้ำต้นทุน ดัชนีพรรณพืช ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จังหวัดราชบุรี

Abstract

The purposes of this research were to calculate the water budget in Ratchaburi Province and to classify the severity of drought areas by the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) using remote sensing and geographic information systems. The results in 2015, a drought year of Thailand, were presented as a case study. The results showed that the main factor of water budget in Ratchaburi Province were the rainfall. When classifying the severity of drought areas, it was found that most of Ratchaburi Province were still fertile. However, the severely dry areas had continued to increase. The NDVI can be used to classify the severity of drought areas for water management planning in Ratchaburi Province.

Keywords: Water budget, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Geographic information systems, Ratchaburi Province

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ได้สนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินงานวิจัย ซึ่งเป็นทุนวิจัยหมวดเงินอุดหนุนที่ได้รับการจัดสรรจากรัฐ ขอขอบคุณศูนย์บริการทางการศึกษाराชบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่และเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับการศึกษาวิจัย และขอขอบคุณกรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับการอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการทำวิจัยนี้ ทำให้การทำวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย
พฤษภาคม 2566

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ | 1 |
| Abstract | 1 |
| กิตติกรรมประกาศ | 2 |
| สารบัญ | 3 |
| สารบัญตาราง | 4 |
| สารบัญภาพ | 5 |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย | 6 |
| 1. บทนำ | 7 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา | 7 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 9 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 9 |
| 1.4 วิธีการดำเนินการวิจัยโดยสรุป | 9 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 10 |
| 2. ทฤษฎีและ/หรือแนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย | 10 |
| 2.1 ทฤษฎีและ/หรือแนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย | 10 |
| 2.2 ทบทวนวรรณกรรม | 12 |
| 3. วิธีดำเนินการวิจัย | 15 |
| 3.1 การศึกษาและคำนวณน้ำต้นทุนของจังหวัดราชบุรีโดยเก็บรวบรวมข้อมูลหตุยภูมิและตติยภูมิที่เกี่ยวข้อง | 15 |
| 3.2 ข้อมูลดิน และทรัพยากรน้ำ จังหวัดราชบุรี | 16 |
| 3.3 การจำแนกระดับพื้นที่ความแห้งแล้งจังหวัดราชบุรีโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ | 16 |
| 3.4 สถานการณ์ภัยแล้ง ปี 2558/2559 | 17 |
| 4. ผลการวิจัย และการอภิปรายผล | 19 |
| 4.1 น้ำต้นทุนของจังหวัดราชบุรี | 19 |
| 4.2 ผลการวิเคราะห์ดัชนี NDVI ของช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2559 | 22 |
| 5. สรุปและข้อเสนอแนะ | 27 |
| เอกสารอ้างอิง | 28 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 1 สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนของจังหวัดราชบุรี โดยกรมชลประทาน | 19 |
| 2 การแบ่งช่วงดัชนี NDVI เพื่อจำแนกระดับความรุนแรงของความแห้งแล้ง | 22 |
| 3 พื้นที่ความแห้งแล้ง จังหวัดราชบุรี เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2559 | 27 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 1 แผนที่จังหวัดราชบุรีที่แสดงให้เห็นพื้นที่ของแต่ละอำเภอ | 8 |
| 2 วงจรอุทกวิทยา | 10 |
| 3 เปอร์เซ็นต์ปริมาณฝนที่ต่างไปจากค่าเฉลี่ยบริเวณประเทศไทย | 19 |
| 4 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มม.) ที่สถานีตรวจวัด โดยกรมชลประทาน จำนวน 5 สถานี (a) เฉลี่ย ระหว่างปี 2006 – 2015 (พ.ศ. 2549 – 2558) และ (b) ปี 2015 (พ.ศ. 2558) | 20 |
| 5 ปริมาณน้ำต้นทุน (มม.) ของจังหวัดราชบุรีที่ได้จากการคำนวณ เดือนกุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน สิงหาคม ตุลาคม และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 | 21 |
| 6 ดัชนี NDVI เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2558 | 23 |
| 7 ดัชนี NDVI เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2558 | 24 |
| 8 ดัชนี NDVI เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2559 | 25 |
| 9 ดัชนี NDVI เดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2559 | 25 |
| 10 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน (Landuse) ปี พ.ศ. 2558 | 26 |

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

| | |
|-----------------|--|
| NDVI | Normalized Difference Vegetation Index (ค่าดัชนีพืชพรรณ) |
| GIS | Geographic Information System |
| AVHRR | Advanced Very High-Resolution Radiometer |
| SVI | Standardized Vegetation Index |
| SPI | Standardized Precipitation Index |
| FWI | Fractional Water Index |
| TVDI | Temperature Vegetation Dryness Index |
| CWSI | Crop Water Stress Index |
| VCI | Vegetation Condition Index |
| DVI | Difference Vegetation Index |
| NDWI | Normalized Difference Water Index |
| SM | ความชื้นในดิน หน่วยร้อยละโดยปริมาตร |
| I | อัตราการไหลเข้า |
| Q | อัตราการไหลออก |
| $\frac{dS}{dt}$ | การเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำ dS ในช่วงเวลา dt |
| R | ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม.) |
| SW | ปริมาณน้ำในดิน (ลบ.ม.) |
| P | ปริมาณน้ำฝน (ลบ.ม.) |
| D | อัตราการซึมน้ำของดิน (ลบ.ม.) |
| E | ปริมาณการระเหย (ลบ.ม.) |
| NIR | ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ของวัตถุ |
| RED | ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดงของวัตถุ |
| Actual NDVI | ค่าดัชนีพืชพรรณที่แท้จริง |

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ภัยแล้งเป็นภัยพิบัติเกิดขึ้นทุกปีและต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน ความรุนแรงของภัยแล้งและความเสียหายที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา นำมาซึ่งกลายเป็นปัญหาที่สำคัญของแต่ละประเทศทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้ว ประเทศกำลังพัฒนา และประเทศด้อยพัฒนา ผลกระทบของภัยแล้งส่งผลกระทบต่ออย่างเห็นได้ชัดกับประเทศที่กำลังพัฒนาและประเทศด้อยพัฒนา โดยเฉพาะประเทศในเขตกึ่งแห้งแล้งและในฝั่งทะเลทราย ผลกระทบที่เกิดจากความอดอยากส่งผลให้ประชากรขาดสารอาหาร เกิดโรคภัย ป่วยไข้และเสียชีวิตในที่สุด เหตุที่ผลกระทบเห็นได้ชัดเจนเนื่องจากการขาดการวางแผนจัดการ การขาดแคลนอาหารและการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ในขณะที่พื้นที่ทำการเกษตร (ผลิตอาหาร) มีจำนวนเท่าเดิม ปริมาณฝนตกน้อย (ฝนแล้ง) และฝนไม่ตกตามฤดูกาล (ฝนทิ้งช่วง) เป็นสาเหตุหลักสำหรับการเกิดภัยแล้งประเทศไทย ทำให้ขาดแคลนน้ำ เกิดความแห้งแล้งจนส่งผลกระทบต่อชุมชนและการเกษตร ทั้งหมดเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในภาพรวม สภาวะฝนแล้งของประเทศไทยจะเกิดในช่วงเดือนตุลาคมถึงถึงเดือนพฤษภาคมของปีถัดไป ซึ่งเป็นภัยแล้งที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีทั่วประเทศ (ฤดูหนาวถึงต้นฤดูฝน) ส่วนสภาวะฝนทิ้งช่วงจะเกิดในช่วงมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม สถานการณ์นี้เกิดขึ้นเฉพาะถิ่น แต่บางปีอาจทวีความรุนแรงจนเกิดขึ้นครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศ

จังหวัดราชบุรี ตั้งอยู่ในภาคกลางทางทิศตะวันตกของประเทศไทย ตามการแบ่งเขตทางภูมิศาสตร์ และอยู่ในพื้นที่ภาคกลางด้านตะวันตกตามการแบ่งเขตการปกครองของกระทรวงมหาดไทย ระหว่าง ละติจูด $13^{\circ}10'N$ ถึง $13^{\circ}45'N$ และลองจิจูด $99^{\circ}10'E$ ถึง $100^{\circ}5'E$ มีพื้นที่ทั้งหมด 5196.426 ตารางกิโลเมตร โดยแบ่งออกเป็น 10 อำเภอ (สำนักงานจังหวัดราชบุรี, 2562) ดังนี้

| | |
|---------------------|----------------------------------|
| 1) อำเภอเมือง | มีพื้นที่ 430.298 ตารางกิโลเมตร |
| 2) อำเภอวัดเพลง | มีพื้นที่ 37.892 ตารางกิโลเมตร |
| 3) อำเภอปากท่อ | มีพื้นที่ 757.835 ตารางกิโลเมตร |
| 4) อำเภอบางแพะ | มีพื้นที่ 172.597 ตารางกิโลเมตร |
| 5) อำเภอโพธาราม | มีพื้นที่ 417.009 ตารางกิโลเมตร |
| 6) อำเภอจอมบึง | มีพื้นที่ 772.054 ตารางกิโลเมตร |
| 7) อำเภอบ้านโป่ง | มีพื้นที่ 366.559 ตารางกิโลเมตร |
| 8) อำเภอดำเนินสะดวก | มีพื้นที่ 210.271 ตารางกิโลเมตร |
| 9) อำเภอบ้านคา | มีพื้นที่ 1026.867 ตารางกิโลเมตร |
| 10) อำเภอสวนผึ้ง | มีพื้นที่ 1005.08 ตารางกิโลเมตร |



ภาพที่ 1 แผนที่จังหวัดราชบุรีที่แสดงให้เห็นพื้นที่ของแต่ละอำเภอ (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน, 2566)

จังหวัดราชบุรีเป็นจังหวัดหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งอย่างรุนแรง หลายอำเภอในจังหวัดราชบุรีต้องเผชิญวิกฤตภัยแล้งหนักสุดในรอบ 15 ปี ในปี 2558 ปริมาณฝนไม่มากพอที่จะเติมแหล่งน้ำ พบว่าปริมาณน้ำน้อยกว่าปี 2557 ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เช่น อ่างเก็บน้ำห้วยท่าเคย แหล่งเก็บน้ำใหญ่ที่สุดในพื้นที่อำเภอสวนผึ้ง เหลือน้ำอยู่ 67 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับปีที่ 2557 ในช่วงเดียวกันปริมาณน้ำมีอยู่กว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ไร่ ทำให้พื้นที่รวม 7 อำเภอ คือ อ.เมือง สวนผึ้ง จอมบึง บ้านโป่ง บ้านคา โพธาราม และปากท่อ ของจังหวัดราชบุรีประสบภัยแล้ง (สำนักข่าวไทย, 2558) ผลต่อเนื่องจากปริมาณน้ำฝนลดลงและปริมาณน้ำที่สามารถกักเก็บได้ลดลง ในปี 2558 อ่างเก็บน้ำขนาดกลางที่มีอยู่ทั้งจังหวัด มีปริมาณน้ำเหลือไม่ถึงร้อยละ 10 ส่งผลต่อน้ำสำหรับอุปโภคบริโภค รวมทั้งพื้นที่ทำการเกษตรบางรายต้องปล่อยให้พืชยืนต้นตายเพราะขาดน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งเป็นอ่างเก็บน้ำที่ใหญ่ที่สุดใน จ.ราชบุรี มีความจุ 36 ล้าน ลบ.ม. ขณะนี้เหลือน้ำเพียง 3.27 ล้าน ลบ.ม.หรือ 9.08เปอร์เซ็นต์ สถานการณ์วิกฤตที่สุดในรอบ 15 ปี สามารถใช้อุปโภคได้เพียงอย่างเดียว คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อพื้นที่นา 4,500 ไร่ และพื้นที่เกษตรกรรมอื่นมากกว่า 10,000 (ไทยรัฐฉบับพิมพ์, 2558) และข้อมูลจากป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดราชบุรี (13 กุมภาพันธ์ 2558) สำรวจพื้นที่การเกษตรที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง 10 อำเภอ 66 ตำบล 486 หมู่บ้าน พื้นที่การเกษตร 260,439 ไร่ ส่วนเขตประกาศภัยแล้งมี 2 อำเภอ คือ อำเภอโพธาราม และอำเภอปากท่อ พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่นอกเขตชลประทาน อ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่สุดของจังหวัดราชบุรี มีปริมาณลดลงเหลือต่ำกว่าครึ่งแล้ว เช่นเดียวกับสภาพอ่างเก็บน้ำขนาดกลางอีก 4 แห่ง มีสภาพไม่ต่างกันนัก กระทบพี่น้องประชาชนหลายอำเภอ (สำนักงานประชาสัมพันธ์ จังหวัดราชบุรี, 2558) สถานการณ์ภัยแล้งดังกล่าวทำให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อจำนวนน้ำอุปโภคและบริโภค โดยเฉพาะน้ำเพื่อการเกษตร พืชผลการเกษตรขาดแคลนน้ำ จำนวนและคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำ หน่วยงานภาครัฐพยายามแสวงหา

แนวทางที่จะป้องกันและบรรเทาแต่ยังขาดความชัดเจนและแม่นยำของการทำนายปรากฏการณ์ภัยแล้ว การหาวิเคราะห์หาพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งและปริมาณน้ำคงเหลือที่สามารถนำไปใช้อุปโภคบริโภคและใช้ในการเกษตร (น้ำต้นทุน) จึงมีความสำคัญต่อการวางแผนจัดการและรองรับ บรรเทาภัยพิบัติในระยะสั้นและการวางแผนบริหารจัดการน้ำในระยะยาว

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของน้ำต้นทุนและคำนวณหาน้ำต้นทุนของวงจรถูกทกวิทยาของจังหวัดราชบุรี
- 2) เพื่อจำแนกระดับความรุนแรงของพื้นที่ภัยแล้งเชิงพื้นที่สำหรับใช้วางแผนบริหารจัดการน้ำของจังหวัดราชบุรี โดยใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) และการสืบค้นข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เน้นศึกษาหาน้ำต้นทุนในวงจรถูกทกวิทยาและหาแนวทางการจำแนกความแห้งแล้งที่เหมาะสมกับพื้นที่จังหวัดราชบุรี โดยวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในระบบสืบค้นข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) ใช้สมการ Normalized Difference Vegetation Index: NDVI (ดัชนีพรรณพืช) จำแนกความหนาแน่นของพืชพรรณที่มีความสัมพันธ์กับสถานะแห้งแล้งของพื้นที่ คณะวิจัยเน้นศึกษาเพื่อให้ได้ผลที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนจัดการน้ำจริงต่อไป

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัยโดยสรุป

- 1) ทบทวนวรรณกรรม และศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 2) เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้คำนวณน้ำต้นทุน
- 3) คัดเลือกข้อมูลและปรับแก้
- 4) คำนวณน้ำต้นทุนของจังหวัดราชบุรี
- 5) จัดซื้อภาพข้อมูลดาวเทียม 2 ช่วงฤดูกาล
- 6) จัดเตรียมทำการกำหนด Coordinate ภาพข้อมูลดาวเทียม ปรับแก้ความบิดเบี้ยวและตัดภาพข้อมูลดาวเทียม
- 7) วิเคราะห์ NDVI เพื่อจำแนกความรุนแรงของความแห้งแล้งในแต่ละพื้นที่ของจังหวัดราชบุรี
- 8) จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

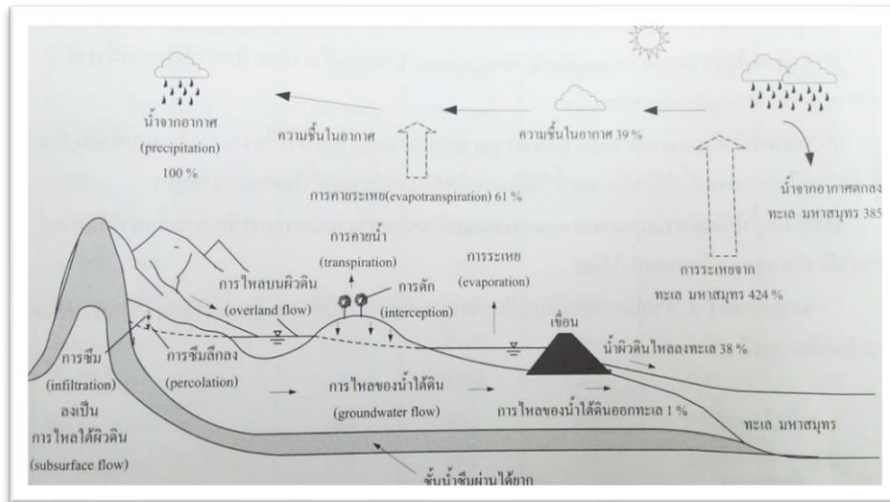
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทราบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของน้ำต้นทุนและคำนวณหาน้ำต้นทุนของวงจรรูทวิทยาของจังหวัดราชบุรี
- 2) ได้แผนที่และข้อมูลเชิงพื้นที่ที่จำแนกความรุนแรงของภัยแล้งที่มีความถูกต้องแม่นยำ
- 3) ได้ข้อมูลที่สามารถใช้วางแผนบริหารจัดการน้ำของจังหวัดราชบุรี ในด้านการบรรเทาภัยแล้งที่จะเกิดขึ้นในระยะสั้น และวางแผนการสร้างแหล่งกักเก็บน้ำและระบบจ่ายน้ำให้พอเพียงต่อไปในระยะยาว

2. ทฤษฎีและ/หรือแนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

2.1 ทฤษฎีและ/หรือแนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

น้ำในส่วนต่าง ๆ ของโลกแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ น้ำในบรรยากาศ น้ำผิวดิน และน้ำใต้ผิวดิน โดยวงจรรูทวิทยาแสดงดังรูป 1



ภาพที่ 2 วงจรรูทวิทยา (กิริติ, 2551)

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าน้ำมีการระเหย (evaporation) จากทะเลมหาสมุทรและที่สะสมอยู่บนแผ่นดิน เช่น อ่างเก็บน้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง หรือจากน้ำใต้ผิวดินบางส่วนขึ้นสู่บรรยากาศเป็นไอน้ำ (water vapor) ซึ่งจะมีการลอยตัวขึ้นไปสะสมจนกระทั่งเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวกลายเป็นน้ำจากอากาศ (precipitation) ตกลงมาสู่ทะเลมหาสมุทรหรือบนแผ่นดินอีก โดยจะมีน้ำบางส่วนถูกดัก (interception) จากพืช และมีน้ำบางส่วนตกลงบนผิวดินแล้วเกิดการสะสมจนเกิดการไหลบนผิวดิน (overland flow) แต่ก็มีบางส่วนระเหย และบางส่วนเกิดการคายน้ำจากพืช (transpiration) กลับสู่บรรยากาศ ขณะเดียวกันจะมีน้ำบางส่วนเกิดการซึม (infiltration) ลงเป็นการไหลใต้ผิวดิน (subsurface flow) ซึ่งจะมีแนวทางไหลซึมสู่แม่น้ำลำคลอง เช่นเดียวกับน้ำท่าผิวดิน (surface runoff) และมีน้ำบางส่วนซึมลึกลงไปเป็นน้ำใต้ดิน (groundwater) ซึ่งมักจะมี

แนวการไหลซึมออกสู่แหล่งน้ำหรือทะเลมหาสมุทร แล้วเกิดการระเหยกลับสู่บรรยากาศหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง เป็นวงจรอุทกวิทยา (กิริติ, 2551)

ระบบอุทกวิทยา สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระบบย่อย คือ

- 1) ระบบน้ำในบรรยากาศ (atmospheric water system) ประกอบด้วย กระบวนการที่เกิดจากน้ำจากอากาศ การระเหย การดัก และการคายน้ำ
- 2) ระบบน้ำผิวดิน (surface water system) ประกอบด้วย กระบวนการที่เกิดจากการไหลบนผิวดิน น้ำท่าผิวดิน การไหลออกของน้ำใต้ผิวดิน และน้ำใต้ดิน การไหลในแม่น้ำ และน้ำในทะเลมหาสมุทร
- 3) ระบบน้ำใต้ผิวดิน (subsurface water system) ประกอบด้วยกระบวนการซึม การเพิ่มน้ำใต้ดิน การไหลใต้ผิวดิน และการไหลของน้ำใต้ดิน

แหล่งน้ำจืดในโลกมีอยู่น้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำเค็มในทะเล มหาสมุทรต่าง ๆ ดังนั้น มนุษย์จึงต้องหาแนวทางต่าง ๆ ที่จะสงวนทรัพยากรแหล่งน้ำไว้ใช้ เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างฝาย และการขุดสระน้ำต่าง ๆ เพื่อกักเก็บน้ำในฤดูฝนไว้ใช้ในช่วงหน้าแล้ง และการปลูกป่าเพื่อให้ดินดูดซับน้ำ และพืชมีการคายน้ำที่ช่วยเพิ่มความชื้นในบรรยากาศ ทำให้มีฝนตก และพืชยังช่วยยึดหน้าดินที่ช่วยชะลอการเคลื่อนที่ของตะกอนไปลงแหล่งน้ำต่าง ๆ เป็นต้น

ความสมดุลของน้ำสามารถประมาณการปริมาณน้ำในส่วนต่าง ๆ ของวงจรอุทกวิทยาซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะสภาพอากาศและสภาพทางกายภาพ ซึ่งแยกเป็นสภาพทางธรรมชาติและสภาพที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

ในการศึกษาเรื่องความแห้งแล้งจะต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสภาวะแห้งแล้ง สามารถแบ่งชนิดของความแห้งแล้ง ได้แก่ ความแห้งแล้งทางด้านการเกษตรจะเห็นได้ชัดในการเกษตรที่พึ่งพาน้ำฝน ความแห้งแล้งทางด้านอุทกวิทยาพิจารณาได้จากปริมาณน้ำกักเก็บ ระดับน้ำในแหล่งกักเก็บที่ลดลง ความแห้งแล้งทางด้านภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝนที่ลดลง ความเร็วลม อุณหภูมิและอัตราการคายระเหยที่เพิ่มขึ้น และความแห้งแล้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมซึ่งเกี่ยวข้องกับอุปสงค์และอุปทานของการใช้น้ำที่ไม่สมดุล (Nagarajan, 2003) โดยปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความแห้งแล้งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยทางด้านกายภาพของพื้นที่ สิ่งแวดล้อมและปัจจัยทางด้านมนุษย์ การเพิ่มของประชากร ความต้องการอาหาร การตัดไม้ทำลายป่า การทำการเกษตร เป็นต้น (Smith, 2001) ซึ่งสามารถนำปัจจัยเหล่านี้มาใช้ในการทำนายความแห้งแล้ง การแจ้งเตือนความแห้งแล้งล่วงหน้าจึงมีความต้องการต่อการนำไปใช้ในการตัดสินใจทางการเกษตร การวางแผนการปลูกและการจัดการน้ำ (Smith and David, 2009) และการวางแผนการใช้ที่ดินให้เหมาะสม การวางแผนแปลงปลูกที่ถูกต้องตามหลักวิธีการอนุรักษ์ดินเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ รวมทั้งการหาแหล่งกักเก็บน้ำที่เหมาะสม กักเก็บน้ำในปริมาณที่เพียงพอ และขยายพื้นที่ชลประทาน (Smith, 2001)

2.2 ทบทวนวรรณกรรม

สภาวะแห้งแล้งคือช่วงเวลาที่มีความแห้งแล้งมากกว่าช่วงเวลาปกติซึ่งสัมพันธ์กับปัญหาเกี่ยวกับน้ำ เมื่อมีปริมาณน้ำฝนรายสัปดาห์ รายเดือนหรือรายปีน้อยกว่า ทำให้ระดับน้ำในแม่น้ำ ลำธาร ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำลดต่ำ และระดับน้ำใต้ดินลึกกว่าปกติ ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ (Nagarajan R., 2003) ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ ทั้งทางตรงและทางอ้อมในด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม นักวิชาการพยายามหาช่องทางแก้ไขปัญหายับยั้งโดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ วิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดสภาวะแห้งแล้งและหาวิธีการทำนายสภาวะแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตให้ถูกต้องและแม่นยำ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยใช้สมการ Normalized Difference Vegetation Index: NDVI (ดัชนีพรรณพืช) เป็นวิธีหนึ่งที่มีความสนใจและใช้อย่างแพร่หลายในการตรวจวัดและจำแนกความรุนแรงของสภาวะแห้งแล้งอ้างอิงความหนาแน่นของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นดิน ซึ่งให้สามารถจำแนกค่าการสะท้อนของพืชพรรณที่ถูกต้องกว่าสมการอื่น ๆ (ตวงรัตน์, 2556)

เนื่องจากภัยแล้งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา โดยเฉพาะในประเทศเขตกึ่งแห้งแล้ง และแห้งแล้ง นักวิชาการพยายามประยุกต์ใช้สมการ NDVI เพื่อศึกษาความแห้งแล้ง เช่น ในปี 2002 Peters และคณะใช้ภาพถ่ายดาวเทียมประเภท Advanced Very High-Resolution Radiometer : AVHRR จำนวน 12 ปี (1989-2000) คำนวณค่า Normalized Difference Vegetation Index : NDVI และ Standardized Vegetation Index: SVI ผลการศึกษาพบว่า ค่า SVI สามารถนำมาใช้ในการประเมินภัยแล้งที่เกิดขึ้นและยังสามารถประเมินรุนแรงของภัยแล้งได้

ภายหลังจากนั้นในปี 2006 Chopra ประเมินภัยแล้งโดยใช้การสืบค้นระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของพื้นที่ Gujarat ประเทศอินเดียโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม NOAA Advance Very High Resolution Radiometer ใช้เทคนิควิเคราะห์แบบ Normalized Difference Vegetation Index: NDVI (ดัชนีพรรณพืช) และ Standardized Precipitation Index: SPI ผลการศึกษาพบว่าการใช้ SPI สามารถใช้ชี้วัดผลผลิตทางการเกษตรได้ และการวิเคราะห์ NDVI และ SPI มีประสิทธิภาพในการประเมินและตรวจสอบและติดตามผลผลิตทางการเกษตรได้และสามารถนำไปสู่การศึกษาผลกระทบของภัยแล้งได้ จากการทำแผนที่ที่ภัยแล้งพบว่าแผนที่ที่ได้มีความถูกต้องและตรงกับความเป็นจริง วิธีการดังกล่าวสามารถแยกแยะความรุนแรงของความแห้งแล้งได้ (Chopra, 2006)

และปี 2008 Yingxin Gu และคณะ ได้ศึกษาความแห้งแล้งของพืชโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม MODIS ช่วงปี 2002-2006 วิเคราะห์ค่า Normalized Difference Vegetation Index ค่า Normalized Difference Water Index และ ความชื้นดินที่มีผลต่อความเครียดของพืช พบว่าค่าดัชนีทั้ง 3 มีความสัมพันธ์กันและ ค่า Fractional Water Index (FWI) จะสูงขึ้นเมื่อพื้นดินถูกปกคลุมด้วยพืชเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งและปกคลุมดินเพียงชนิดเดียว โดยเฉพาะพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชเพียงชนิดเดียวบนดินร่วน (Gu et al., 2008)

ในปี 2012 Son และคณะ ใช้ Normalized Difference Vegetation Index: NDVI (ดัชนีพรรณพืช) ของภาพถ่ายดาวเทียม MODIS ร่วมกับข้อมูลอุณหภูมิผิวดินในการตรวจวัดความแห้งแล้งในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่างในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2001 ถึง เมษายน 2010 ทั้งสองถูกนำมาคำนวณหาค่า Temperature Vegetation Dryness Index: TVDI ค่าความชื้นดินรายวัน และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนถูกนำมาใช้ตรวจสอบความถูกต้องของผลการศึกษา โดยผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าทั้งหมดมีความสัมพันธ์กัน และยังเปรียบเทียบผลการศึกษากับ Drought Index และ Crop Water Stress Index: CWSI ที่ได้มาจากดาวเทียม MODIS พบว่ามีความสัมพันธ์กับดัชนีชี้วัดทั้งสอง ผลจากการตรวจสอบพื้นที่แห้งแล้งเปรียบเทียบกับข้อมูลช่วงฤดูแล้งปี 2003–2006 ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้เตือนภัยแล้งและจัดการการชลประทานได้ (Son et al, 2012)

ในปี 2014 Gedif และคณะ ใช้การสืบค้นระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ศึกษาและประเมินภัยแล้งของพื้นที่ด้านใต้ของภูมิภาค Tigray ในเอธิโอเปีย ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT ความละเอียด 1 ตารางกิโลเมตร และข้อมูลปริมาณน้ำฝนจำนวน 8 ปี (1998-2005) ผ่านกระบวนการ Normalized Difference Vegetation Index: NDVI (ดัชนีพรรณพืช) และ Vegetation Condition Index: VCI กำหนดและแบ่งแยกความรุนแรงของภัยแล้งเชิงพื้นที่ ผลการศึกษาพบว่าการใช้ DEV_{NDVI} และ VCI สามารถแยกแยะพื้นที่ที่ตอบสนองกับการเกิดภัยแล้งได้อย่างดี โดยที่ค่า NDVI มีสัมพันธ์อย่างมากกับ จำนวนผลผลิตทางการเกษตร และค่า VCI มีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณน้ำฟ้า ซึ่งการวิเคราะห์นี้สามารถนำมาประเมินภัยแล้งได้ (Gedif et al., 2014)

และในปี 2015 Sruthi และ Mohammed Aslam ตรวจวัด ประเมินและจัดการความแห้งแล้งทางด้านการเกษตรจากความเครียดของพืชโดยใช้ Remote Sensing และ Geospatial Techniques วิเคราะห์พื้นที่ตำบล Raichur, จังหวัด Karnataka ประเทศอินเดีย วิเคราะห์ค่า NDVI และอุณหภูมิผิวดินจากภาพถ่ายดาวเทียม MODIS ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ได้จริงสำหรับการคาดการณ์ความแห้งแล้งและการทำระบบเตือนภัยแล้งให้กับเกษตรกร โดยค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง NDVI และอุณหภูมิผิวดินมีค่าความสัมพันธ์สูงเชิงลบ (Sruthi and Mohammed Aslam, 2015)

สำหรับประเทศไทยเริ่มมีวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวตั้งแต่ในอดีตเพื่อศึกษาด้านต่าง ๆ เช่น ในปี 2011 ขนิษฐาและคณะ ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM วิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณที่มีความเกี่ยวข้องกับ ความชื้นในดิน โดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ 8 ดัชนี คือ RVI, NDVI, TNDVI, IPVI, GNDVI, DVI, VI และ NDWI ผลศึกษาพบว่าสามารถใช้วิเคราะห์ค่าความชื้นในดินเฉลี่ยตลอดปี และข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล มีความสัมพันธ์เชิงเส้นเชิงพหุระหว่างค่าความชื้นในดินที่วัดได้ในแต่ละระยะการเติบโตของพืชกับค่าดัชนีพืชพรรณ 8 ดัชนี โดยมีรูปแบบความสัมพันธ์ตามฤดูกาล คือ

$$\text{ตลอดช่วงการเติบโตของพืช} \quad \text{SMAll} = 6.301 + 13.93 \text{ NDVI} - 10.62 \text{ VI} + 0.06 \text{ DVI} \quad (R2 = 0.97)$$

$$\text{ช่วงน้ำหลาก} \quad \text{SMWet} = 8.402 - 14.84 \text{ VI} + 13.9 \text{ NDVI} \quad (R2 = 0.91)$$

$$\text{ช่วงแล้งฝน} \quad \text{SM Dry} = 6.084 + 17.46 \text{ NDVI} + 0.08 \text{ DVI} - 10.66 \text{ NDWI} \quad (R2 = 0.98)$$

เมื่อ SM คือ ความชื้นในดิน หน่วยร้อยละโดยปริมาตร
NDVI คือ normalized difference vegetation index
VI คือ vegetation index
DVI คือ difference vegetation index
NDWI คือ normalized difference water index (ขนิษฐาและคณะ, 2554)

ต่อมาในปี 2016 ภราดรและคณะ ใช้ภาพข้อมูลดาวเทียม SMMS และคำนวณค่า NDVI นำผลลัพธ์เปรียบเทียบกับข้อมูลสำรวจภาคพื้นดินติดตามการเจริญเติบโตของพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังและคำนวณผลผลิตต่อไร่ 4 ระยะ (30, 60, 90 และ 120 วัน) พบว่าค่า NDVI เฉลี่ย เท่ากับ 0.3286, 0.4041, 0.4734 และ 0.4565 ตามลำดับ ใช้การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์อย่างง่าย ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,229 กก./ไร่ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ได้เท่ากับ 4.87 (ภราดรและคณะ, 2016)

ในส่วนของการศึกษาเกี่ยวกับน้ำต้นทุนในทางอุทกวิทยา ในช่วงเวลาผ่านมา ในปี 2002 Mariotti และ Struglia ได้วิเคราะห์วงจรอุทกวิทยาในบริเวณเมดิเตอร์เรเนียน ข้อมูลจากการสำรวจที่ใช้ ประกอบด้วยน้ำจากฟ้า (precipitation) จาก Climate Prediction Center Merged Analysis of Precipitation (CMAP) และ East Anglia University Climate Research Unit (CRU) การระเหย (evaporation) จาก University of Wisconsin และฟลักซ์ความชื้น (moisture flux) จาก NCEP และ ECMWF งานวิจัยนี้ยังวิเคราะห์น้ำต้นทุนเพื่อศึกษาบทบาทของฟลักซ์น้ำจืดในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนรวมถึงน้ำในบรรยากาศ และน้ำที่ปล่อยจากแม่น้ำ (river discharge inputs) ด้วย โดยน้ำที่ปล่อยจากแม่น้ำนั้นคำนวณโดยการใช้อุณหภูมิในอดีตจาก Mediterranean Hydrological Cycle Observing System (MED-HYCOS) และ Global Runoff Data Center (GRDC) ค่าเฉลี่ยของน้ำจากฟ้าบริเวณเมดิเตอร์เรเนียนระหว่างปี 1979-1993 มีค่าเฉลี่ยรายปีอยู่ในช่วง 331 ถึง 477 มม./ปี ด้วยคลื่นวงจรตามฤดูกาลประมาณ 700 มม./ปี ส่วนค่าเฉลี่ยการระเหยอยู่ในช่วง 934 ถึง 1176 มม./ปี ด้วยคลื่นวงจรตามฤดูกาลประมาณ 1000 มม./ปี ค่าเฉลี่ยรายปีของน้ำที่ปล่อยจากแม่น้ำคือ 100 มม./ปี การสูญเสียน้ำไปในบรรยากาศและแม่น้ำทำให้เกิดการขาดดุลน้ำจืดของเมดิเตอร์เรเนียนประมาณ 500 มม./ปี ซึ่งสอดคล้องกับการประมาณของฟลักซ์น้ำในมหาสมุทรแอตแลนติกที่ช่องแคบยิบรอลตา ระหว่างปี 1948-1998 การขาดดุลน้ำบรรยากาศในฤดูหนาวของเมดิเตอร์เรเนียนเป็นบวกสัมพันธ์กับ NAO และเพิ่มขึ้นเนื่องจากความผิดปกติเชิงบวกของ NAO ตั้งแต่ต้นปี 1970 ค่าน้ำจากฟ้าก็สัมพันธ์กับ NAO แต่การระเหยไม่สัมพันธ์ ในช่วงระยะเวลา 50 ปี การขาดดุลน้ำบรรยากาศของเมดิเตอร์เรเนียนเพิ่มขึ้นประมาณ 24% ในฤดูหนาว และเฉลี่ยต่อปี 9% ผลงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์น้ำจืดเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในคุณลักษณะของน้ำเมดิเตอร์เรเนียน และฟลักซ์ยิบรอลตาอาจจะเกิดขึ้นในช่วงเวลานี้ซึ่งได้รับแรงหนุนส่วนใหญ่จากอิทธิพลของ NAO

และในปี 2006 Trenberth และคณะได้ประมาณวงจรรูทกวิทยารายปีโดยเฉลี่ยขึ้น ซึ่งรวมถึงการคำนวณปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำหลักและการไหลของน้ำด้วย สำหรับน้ำจากฟ้า (precipitation) นั้นจะทำการเปรียบเทียบข้อมูลจาก 3 ชุดข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือพอ ผลการวิจัยนั้นใช้ข้อมูลระหว่างปี 1979-2000 ซึ่งข้อมูลประกอบไปด้วยค่าประมาณรายเดือนของน้ำจากฟ้า (precipitation) การคายระเหย (evapotranspiration) การรวมกันของความชื้นอากาศเหนือผิวดิน (atmospheric moisture convergence over land) และการเปลี่ยนแปลงการกักอากาศ (atmospheric storage) ผลการวิจัยพบว่าค่า $E - P$ (evaporation minus precipitation) ที่ได้นั้นตรงกันข้ามกับค่าจากงบความชื้นอากาศ (atmospheric moisture budgets) ที่อ้างอิงจากฐานข้อมูล ERA-40 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความไม่แน่นอนของผลลัพธ์ เนื่องจากเหนือผิวดินนั้นค่า evaporation จะสูงกว่า precipitation มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาและคำนวณน้ำต้นทุนของจังหวัดราชบุรี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลหตุภูมิและอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลปริมาณน้ำ ได้แก่ ปริมาณน้ำเติมซึ่งมาจากปริมาณน้ำฝนเป็นหลัก ปริมาณน้ำผิวดินและปริมาตรความจุของแหล่งน้ำนั้น ๆ ซึ่งมาจากแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น แม่น้ำ ลำธาร ระบบชลประทาน อ่างเก็บน้ำ บึง คลอง ฯลฯ และปริมาณน้ำคงเหลือของแหล่งน้ำผิวดิน ได้จากการเก็บรวบรวมอัตราการจ่ายน้ำและปริมาณการระเหย

ในการวิเคราะห์อัตราการไหล และปริมาตรน้ำนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะสภาพอากาศและสภาพทางกายภาพ เช่น สภาพภูมิประเทศ สภาพทางธรณีวิทยา สภาพทั่วไปของพื้นที่ ซึ่งยังแยกเป็นสภาพทางธรรมชาติและสภาพที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

งานวิจัยนี้จะทำการคำนวณปริมาณน้ำที่เรียกว่าน้ำต้นทุน (water budget) ในจังหวัดราชบุรีโดยใช้แบบจำลองระบบอุทกวิทยาอย่างง่าย (simple hydrologic system model)

$$I - Q = \frac{dS}{dt}$$

เมื่อ I คืออัตราการไหลเข้า, Q คืออัตราการไหลออก และ $\frac{dS}{dt}$ คือการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำ dS ในช่วงเวลา dt

ปริมาณน้ำต้นทุน (ลบ.ม.) คำนวณจาก

$$\text{water budget} = R + SW$$

เมื่อ R คือ ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม.)

SW คือ ปริมาณน้ำในดิน (ลบ.ม.)

$$SW = P - (R + D + E)$$

เมื่อ P คือ ปริมาณน้ำฝน (ลบ.ม.)

D คือ อัตราการซึมน้ำของดิน (ลบ.ม.) โดยคิดเป็นร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำฝน (ลบ.ม.)

E คือ ปริมาณการระเหย (ลบ.ม.)

ข้อมูลที่ใช้ (data use) ได้แก่ ปริมาณฝน และการระเหย ได้มาจากข้อมูลในอดีต (historic data) เก็บรวบรวมโดย กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน และกรมอุทกศาสตร์ นำข้อมูลทำการประมาณค่าลงบนกริด (interpolation) แล้วคำนวณปริมาณน้ำต้นทุนรายเดือน

3.2 ข้อมูลดิน และทรัพยากรน้ำ จังหวัดราชบุรี

จากการสำรวจพบว่าในจังหวัดราชบุรีสามารถจำแนกดินออกเป็น 26 กลุ่มชุดดิน มีเนื้อที่ประมาณ 2,986,123.09 ไร่หรือร้อยละ 91.94 ของเนื้อที่ทั้งหมด และเป็นหน่วยพื้นที่เบ็ดเตล็ด 10 หน่วย ได้แก่ โรงเรือนเพาะเลี้ยงสัตว์สนามบิน พื้นที่เลี้ยงสัตว์น้ำ สุสาน สนามกอล์ฟ เขตทหาร พื้นที่ดินตัดแปลง บ่อ ขุด พื้นที่ชุมชนหมู่บ้าน และพื้นที่น้ำ มีเนื้อที่ประมาณ 261,665.91 ไร่ หรือร้อยละ 8.06 ของเนื้อที่ทั้งหมด (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน, 2553)

ปริมาณน้ำผิวดินตามธรรมชาติ ประมาณ 1,039.92 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำไหลเข้าสู่พื้นที่จังหวัดราชบุรีปีละ 9,302.39 ล้านลูกบาศก์เมตร (การระบายน้ำจากเขื่อนแม่กลองปีละ 6,449 ล้านลูกบาศก์เมตร และเขื่อนแม่กลองส่งน้ำเข้าสู่ระบบชลประทานโครงการแม่กลองใหญ่ผ่านจังหวัดราชบุรีปีละ 2,853.39 ล้านลูกบาศก์เมตร) รวมเป็นปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ 10,342.30 ล้านลูกบาศก์เมตร แต่เป็นปริมาณน้ำท่าที่สามารถใช้ได้สำหรับจังหวัดราชบุรีเพียง 7,672.88 ล้านลูกบาศก์เมตร เนื่องจากต้องระบายออกนอกพื้นที่สำหรับการป้องกันการรุกของน้ำเค็มอย่างน้อยปีละ 1,788 ล้านลูกบาศก์เมตร และระบายออกทางระบบชลประทานโครงการแม่กลองใหญ่ช่วยเหลือพื้นที่จังหวัดนครปฐม สมุทรสงคราม สมุทรสาคร และจังหวัดเพชรบุรี ปีละ 881.42 ล้านลูกบาศก์เมตร (สำนักงานจังหวัดราชบุรี, 2562)

3.3 การจำแนกระดับพื้นที่ความแห้งแล้งจังหวัดราชบุรีโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ

- 1) เก็บรวบรวมข้อมูลและจัดเตรียมภาพข้อมูลดาวเทียมของพื้นที่จังหวัดราชบุรี 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาแห้งแล้งรุนแรงของปีในอดีต และช่วงเวลาน้ำอุทกสมบูรณ์ (ปกติ) ในปีเดียวกัน
- 2) นำภาพข้อมูลดาวเทียมทั้งสองช่วงเวลาเข้าโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล Raster (โปรแกรม ERDAS และ ENVI) เพื่อใช้กำหนดพื้นที่แห้งแล้งในระดับต่าง ๆ

การวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) วิธีการดังกล่าวใช้ประมวลผลภาพข้อมูลดาวเทียมเชิงตัวเลข เพื่อศึกษาความหนาแน่นของการกระจายตัวของพืชและการปกคลุมพื้นดิน โดยใช้สมการ

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

เมื่อ *NIR* คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (*NIR*) ของวัตถุ

RED คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง (*Red*) ของวัตถุ

ผลการคำนวณจะได้ค่าดัชนีพืชพรรณซึ่งสามารถนำมากำหนดค่าการปกคลุมของพืชพรรณและบ่งบอกถึงการเจริญเติบโตและความอุดมสมบูรณ์ของพืชพรรณในช่วงฤดูแล้ง ค่าที่ได้จะอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 เมื่อค่าที่คำนวณได้เข้าใกล้ 1 จะแสดงถึงความหนาแน่นและความอุดมสมบูรณ์ของพืชพรรณในพื้นที่นั้น

ค่าดัชนีพืชพรรณที่คำนวณได้จะนำมาคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณที่แท้จริง (*Actual NDVI*) อีกครั้ง ตามสมการ

$$Actual\ NDVI = (Coefficient\ a \times Digital\ Number) + Coefficient\ b$$

เมื่อ *Coefficient a* เท่ากับ 0.004 และ *Coefficient b* เท่ากับ -0.1

นำค่าดัชนีพรรณพืชที่แท้จริงมากำหนดความหนาแน่นของพืชพรรณและความอุดมสมบูรณ์เพื่อกำหนดความรุนแรงของความแห้งแล้งดังกล่าว

- 3) เปรียบเทียบความถูกต้องแม่นยำของผลการจำแนกกับค่าความชื้นดินและสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลาเดียวกัน

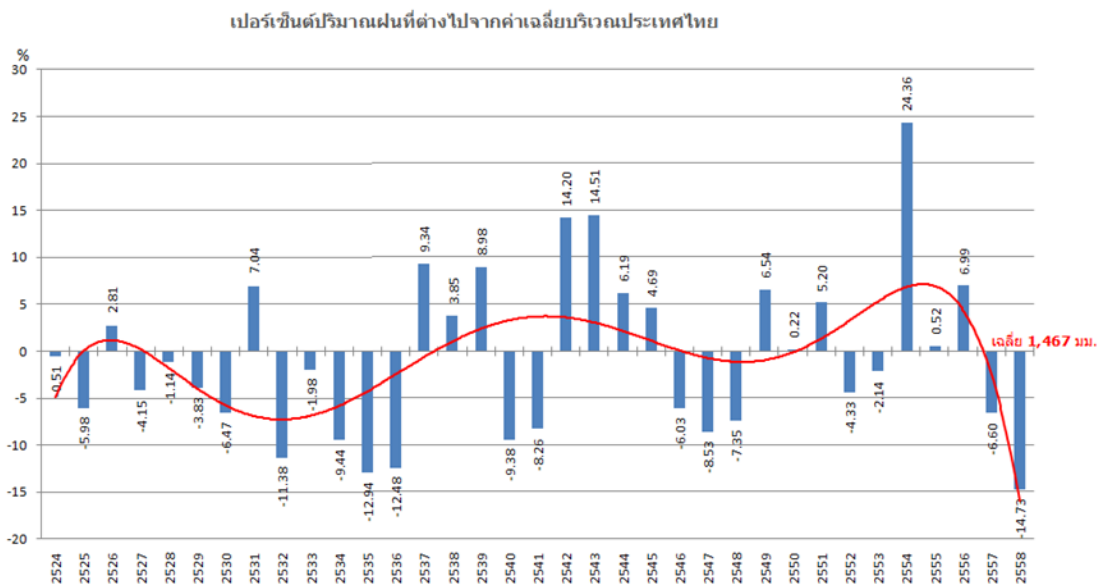
3.4 สถานการณ์ภัยแล้ง ปี 2558/2559

จากบันทึกเหตุการณ์ภัยแล้ง 2558/2559 ของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) รายงานว่า ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดภาวะภัยแล้ง คือ ปริมาณฝน ซึ่งในปี 2558 มีปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยทั้งประเทศเพียง 1,251 มิลลิเมตร น้อยกว่าปกติอยู่ประมาณ 14.73% หรือน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี 2524-2557 ซึ่งหมายรวมถึงการมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปีที่ประเทศไทยประสบภัยแล้งรุนแรง เช่น ปี 2537 ปี 2542 ปี 2548 ปี 2553 และเมื่อพิจารณาถึงการกระจายตัวของฝนปี 2558 พบว่าบริเวณตอนกลางของประเทศมีฝนตกน้อยมากเป็นบริเวณกว้าง ครอบคลุมทั้งพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง ด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ตอนบน ทั้งนี้ พื้นที่ดังกล่าวมีฝนตกน้อยต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี 2557 และถึงแม้ว่าบริเวณชายขอบประเทศจะมีฝนตกอยู่บ้างแต่เป็นปริมาณฝนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นและอยู่นอกพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ส่งผลให้มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ของประเทศทั้ง 33 อ่าง มีค่อนข้างน้อย เมื่อถึงสิ้นสุดฤดูฝนของปี 2558 (31 ตุลาคม 2558) อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ทั่วประเทศจึงมีปริมาณน้ำคงเหลือเพื่อเป็นต้นทุนสำหรับฤดูแล้ง ปี 2558/2559 อยู่เพียง 41,105 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์น้อยวิกฤต โดยน้อยที่สุดในรอบหลายปีที่ผ่านมา รวมทั้งน้อยกว่าปี 2553 ซึ่งประเทศไทยประสบภัยแล้งรุนแรง และเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งปี 2558/2559 (พฤศจิกายนถึงเมษายน) ฝนยังคงตกน้อยต่อเนื่อง ซึ่งถือเป็นสภาวะปกติของช่วงฤดูแล้ง ถึงแม้ว่าในเดือนมกราคม จะมีฝนตกมากกว่าปกติค่อนข้างมาก แต่ก็ไม่มีนัยสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำไหล

เข้าอ่างเก็บน้ำ อีกทั้งเมื่อเข้าสู่เดือนมีนาคมและเมษายน ฝนกลับตกน้อยกว่าปกติค่อนข้างมาก ส่งผลทำให้มีน้ำมาเติมในเขื่อนน้อยมาก สถานการณ์น้ำจึงอยู่ในภาวะวิกฤตตลอดฤดูกาล โดยมีน้ำคงเหลือรวมทั้งประเทศเมื่อสิ้นฤดูแล้งเพื่อเป็นน้ำต้นทุนในช่วงฤดูฝนปี 2559 เพียง 32,476 ล้านลูกบาศก์เมตร เท่านั้น และหากพิจารณาข้อมูลเป็นรายภาคพบว่า ปี 2558 ปริมาณน้ำกักเก็บคงเหลือในแต่ละภาคมีอยู่ค่อนข้างน้อย มีเพียงภาคใต้ที่สถานการณ์น้ำอยู่ในภาวะปกติ นอกจากนี้สถานการณ์น้ำในภาคเหนือและภาคตะวันตกยังคงอยู่ในภาวะน้อยวิกฤตพร้อมกันต่อเนื่องจากปีที่แล้ว ทำให้ยังคงส่งผลกระทบต่อภาคกลางที่ใช้น้ำต้นทุนจากทั้งสองภาค สำหรับ 4 เขื่อนหลักในกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ได้แก่ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ มีปริมาณน้ำกักเก็บ ณ วันเริ่มต้นเข้าสู่ฤดูแล้งเพียง 10,943 ล้านลูกบาศก์เมตร เท่านั้น ซึ่งเป็นปริมาณน้ำกักเก็บคงเหลือน้อยที่สุดในรอบหลายปี

สำหรับการเพาะปลูกพืชช่วงฤดูแล้งปี 2558/2559 กรมชลประทานได้วางแผนการเพาะปลูกพืชช่วงฤดูแล้งทั้งประเทศ ทั้งสิ้น 1.59 ล้านไร่ แต่มีการเพาะปลูกจริง 4.013 ล้านไร่ คิดเป็น 253% ซึ่งเกินจากแผนไปถึง 2.423 ล้านไร่ ทั้งนี้มีการปลูกข้าวนาปรังเกินแผนไป 2.375 ล้านไร่ หากพิจารณาเป็นรายภาค พบว่า ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก มีการเพาะปลูกพืชเกินแผนที่วางไว้ ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ มีการเพาะปลูกอยู่ในแผน แต่ทั้งนี้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการเพาะปลูกข้าวนาปรังเกินแผนที่วางไว้ สำหรับในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยา กรมชลประทานได้ประกาศขอความร่วมมืองดทำนาปรัง แต่ยังคงมีเกษตรกรปลูกข้าวนาปรังจำนวนรวมทั้งสิ้น 1.987 ล้านไร่ แต่หากเปรียบเทียบช่วงฤดูแล้ง ปี 2556/2557 ปี 2557/2558 และปี 2558/2559 จะเห็นได้ว่าปี 2558/2559 เกษตรกรทำนาปรังน้อยกว่าปีอื่น ๆ ค่อนข้างมาก

ปี 2558 มีปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยทั่วประเทศประมาณ 1,251 มิลลิเมตร ฝนตกน้อยกว่าปกติถึง 14.73% (ภาพที่ 3) ซึ่งเป็นปริมาณฝนที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับปริมาณฝนตั้งแต่ปี 2524-2557 โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศมีฝนตกน้อยกว่าปกติ มีเพียงบางพื้นที่เท่านั้นที่มีฝนตกมากกว่าปกติกระจุกตัวเป็นพื้นที่เล็ก ๆ เช่น บริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จังหวัดนครราชสีมา ลพบุรี สระบุรี ชุมพร ระนอง เป็นต้น (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), 2563)



ภาพที่ 3 เปอร์เซ็นต์ปริมาณฝนที่ต่างไปจากค่าเฉลี่ยบริเวณประเทศไทย
(สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), 2563)

งานวิจัยจึงศึกษาปริมาณน้ำต้นทุนและวิเคราะห์ดัชนี NDVI ของจังหวัดราชบุรี ช่วงปี 2558/2559 เนื่องจากเป็นปีแล้ง

4. ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

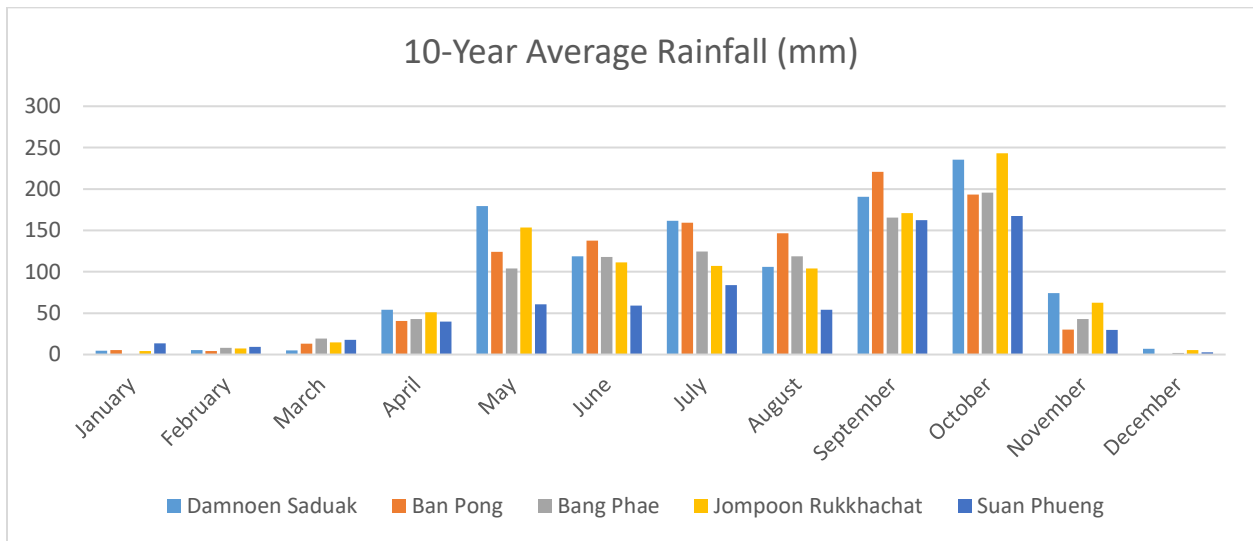
4.1 น้ำต้นทุนของจังหวัดราชบุรี

งานวิจัยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของจังหวัดราชบุรีที่สถานีตรวจวัด โดยกรมชลประทาน จำนวน 5 สถานี แสดงดังตาราง 1

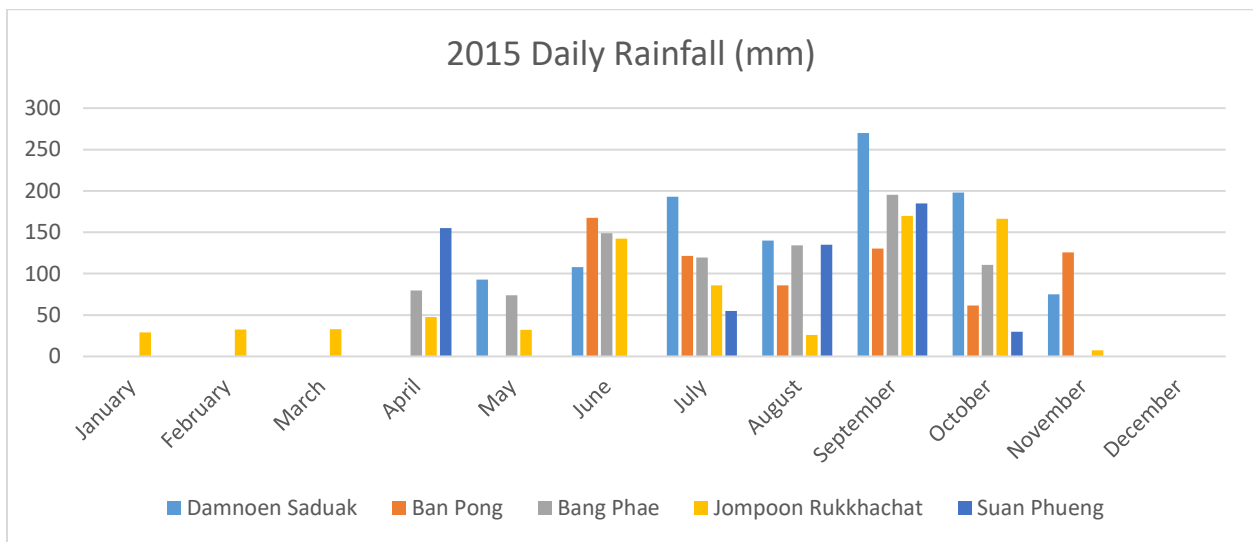
ตาราง 1 สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนของจังหวัดราชบุรี โดยกรมชลประทาน

| สถานีตรวจวัด | Latitude | | | Longitude | | | อำเภอ |
|--------------------|----------|--------|--------|-----------|--------|--------|-------------|
| | Degree | Minute | Second | Degree | Minute | Second | |
| Damnoen Saduak | 13 | 30 | 56 | 99 | 57 | 25 | ดำเนินสะดวก |
| Ban Phong | 13 | 48 | 45 | 99 | 52 | 26 | บ้านโป่ง |
| Bang Phae | 13 | 41 | 22 | 99 | 55 | 57 | บางแพ |
| Jompoon Rukkhachat | 13 | 37 | 32 | 99 | 35 | 18 | จอมบึง |
| Suan Phueng | 13 | 32 | 41 | 99 | 21 | 22 | สวนผึ้ง |

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มม.) ที่สถานีตรวจวัด โดยกรมชลประทาน จำนวน 5 สถานี เฉลี่ยจากข้อมูลระหว่างปี 2006 – 2015 (พ.ศ. 2549 – 2558) และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนที่สถานีตรวจวัด ปี 2015 (พ.ศ. 2558) แสดงดังภาพที่ 4(a) และ 4(b) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่เดือนตุลาคม จนถึง ธันวาคม พ.ศ. 2558 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนน้อยกว่าปริมาณฝนเฉลี่ย ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานสภาวะการณภัยแล้ง ของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) งานวิจัยจึงศึกษาต้นทุนของจังหวัดราชบุรีในช่วงเดือนดังกล่าว



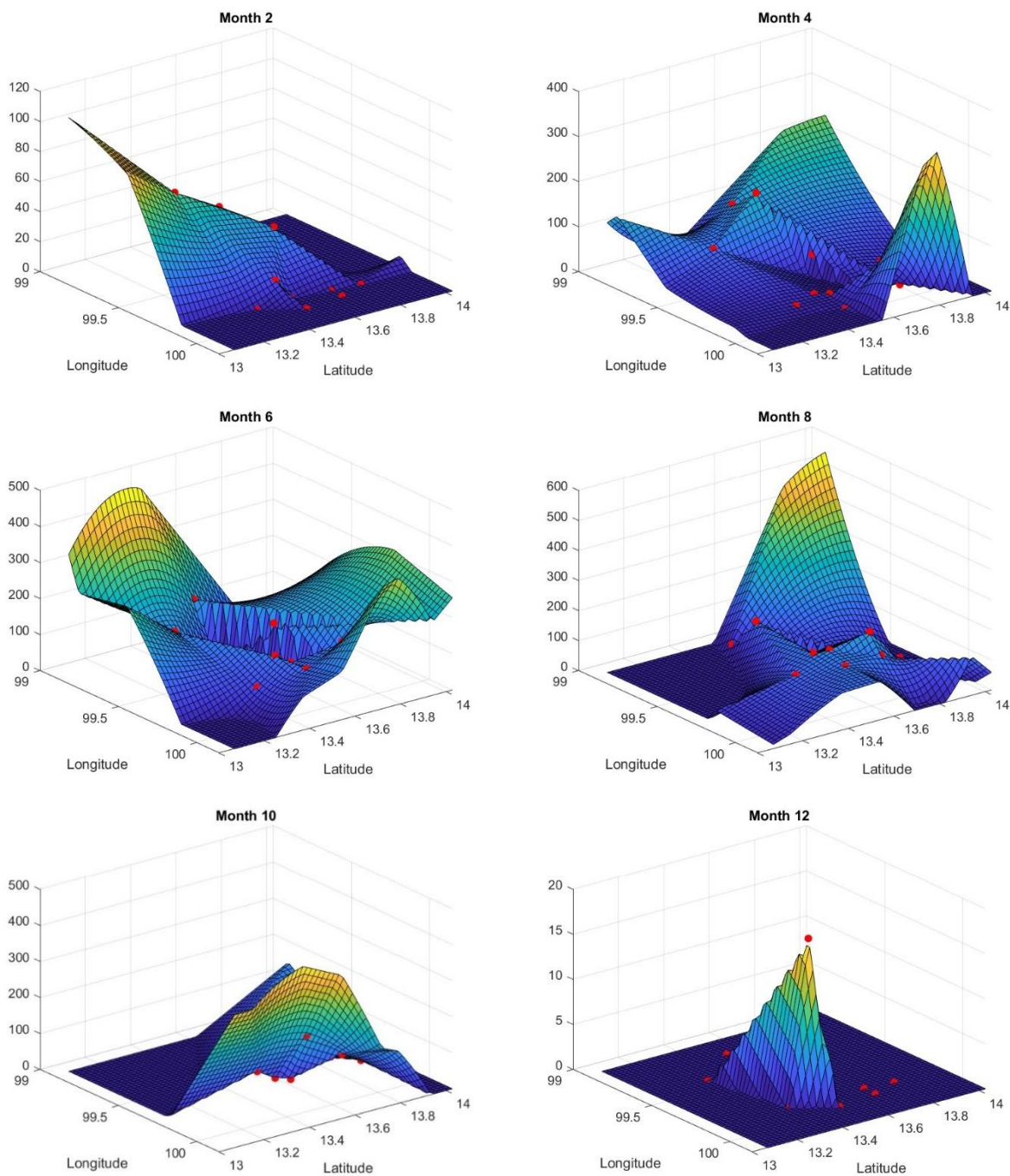
(a)



(b)

ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มม.) ที่สถานีตรวจวัด โดยกรมชลประทาน จำนวน 5 สถานี (a) เฉลี่ยระหว่างปี 2006 – 2015 (พ.ศ. 2549 – 2558) และ (b) ปี 2015 (พ.ศ. 2558)

ภาพที่ 5 แสดงปริมาณน้ำต้นทุน (มม.) ของจังหวัดราชบุรีที่ได้จากการคำนวณ เดือนกุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน สิงหาคม ตุลาคม และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำต้นทุน (มม.) ของจังหวัดราชบุรีที่ได้จากการคำนวณ เดือนกุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน สิงหาคม ตุลาคม และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558

ปริมาณน้ำต้นทุนเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณน้อยเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของใหญ่ของจังหวัด ปริมาณมากจะอยู่ฝั่งตะวันตกบริเวณอำเภอจอมบึงและสวนผึ้ง ปริมาณน้ำต้นทุนมากทางฝั่งตะวันตกของจังหวัดในเดือนมิถุนายนและสิงหาคม ส่วนเดือนธันวาคมปริมาณน้ำต้นทุนน้อยเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัด บริเวณตอนกลางจะมีปริมาณน้ำต้นทุนมากกว่าบริเวณอื่น

4.2 ผลการวิเคราะห์ดัชนี NDVI ของช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2559

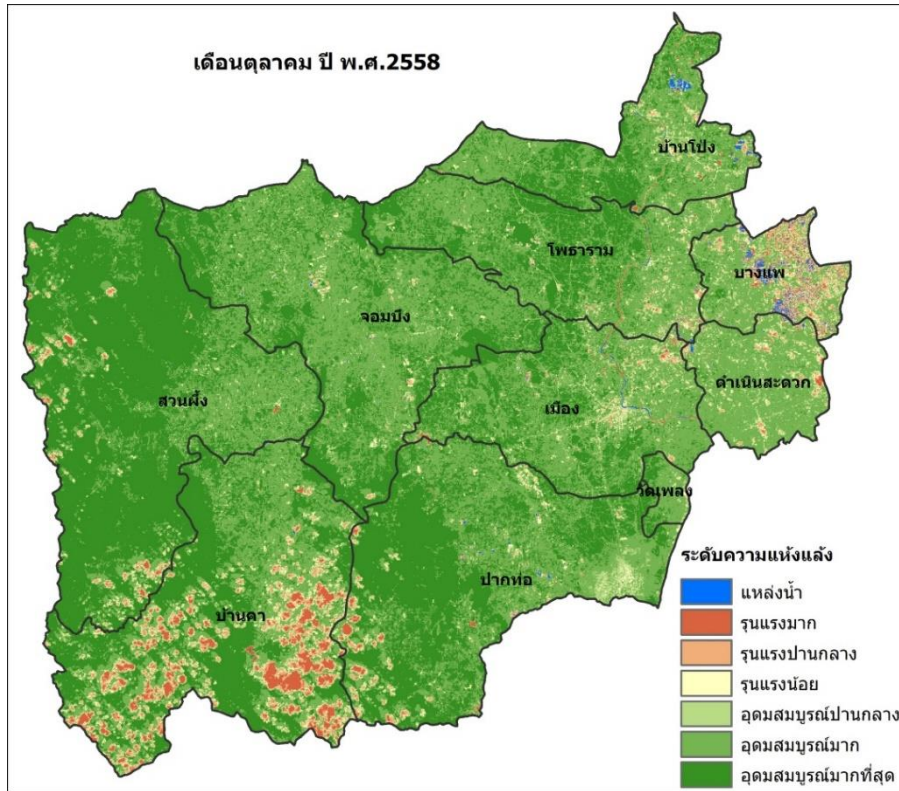
จากเปรียบเทียบค่า NDVI ของช่วงเวลาแห่งแล้งที่สุดในปีที่ผ่านมา ซึ่งเป็นเวลาคาบเกี่ยวช่วงปลายปี พ.ศ. 2558 และช่วงต้นปี พ.ศ. 2559 (ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559) งานวิจัยได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียม Landsat 8 เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา ภายใต้การบริหารจัดการของ USGS ใช้รายละเอียดจุดภาพ (Resolution) 30 เมตร (ความยาวช่วงคลื่น visible, Near Infrared NIR และ SWIR) สามารถกำหนดการแบ่งช่วงชั้นเพื่อจำแนกความแห้งแล้งในพื้นที่จังหวัดราชบุรี เป็น 5 ช่วงชั้น เพื่อจำแนกระดับความแห้งแล้งของพื้นที่ แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 การแบ่งช่วงดัชนี NDVI เพื่อจำแนกระดับความรุนแรงของความแห้งแล้ง

| (NDVI ranges) | ระดับความแห้งแล้ง |
|---------------|---------------------------|
| < 0 | แหล่งน้ำ |
| 0 to < 0.1 | ความแห้งแล้งรุนแรงมาก |
| 0.1 to < 0.2 | ความแห้งแล้งรุนแรงปานกลาง |
| 0.2 to < 0.3 | ความแห้งแล้งรุนแรงน้อย |
| 0.3 to < 0.4 | อุดมสมบูรณ์ปานกลาง |
| 0.4 to < 0.68 | อุดมสมบูรณ์มาก |
| 0.68 to 1 | อุดมสมบูรณ์มากที่สุด |

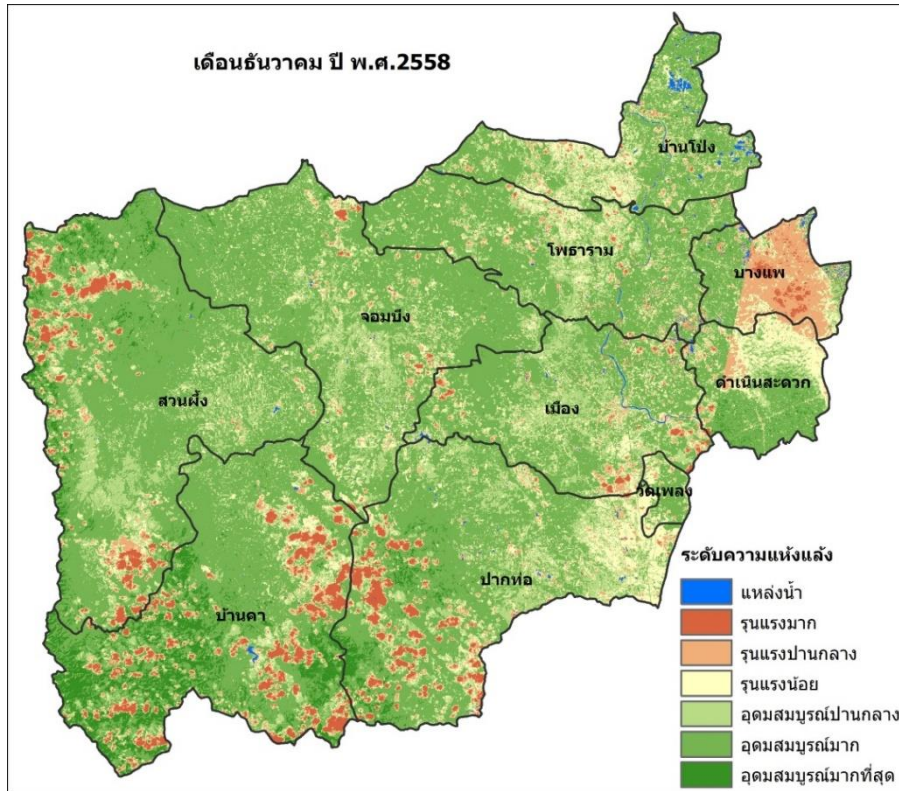
ภาพที่ 6 แสดงผลการจำแนกช่วงค่าดัชนี NDVI ของเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2558 ซึ่งให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดราชบุรี ในช่วงเดือนตุลาคมมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางและอุดมสมบูรณ์มาก พื้นที่อุดมสมบูรณ์ปานกลางคือพื้นที่เกษตรกรรม (นาข้าวและพืชไร่) พื้นที่ป่ามีความอุดมสมบูรณ์มาก ส่วนหนึ่งพอดัชนี NDVI แสดงความแห้งแล้งรุนแรงมากในอำเภอบางแพ เนื่องจากเกษตรกรรมอำเภอบางแพประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยปกติพื้นที่ขอบบ่อจะเป็นพื้นที่เปิดไม่มีพืชปกคลุม จึงทำให้ดัชนี NDVI มีค่าต่ำกว่า 0.2

สำหรับดัชนี NDVI แสดงความแห้งแล้งรุนแรงมากในพื้นที่ตะวันตกเฉียงใต้ของราชบุรี (อำเภอบ้านคา) เป็นผลจากการปกคลุมของเมฆในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม



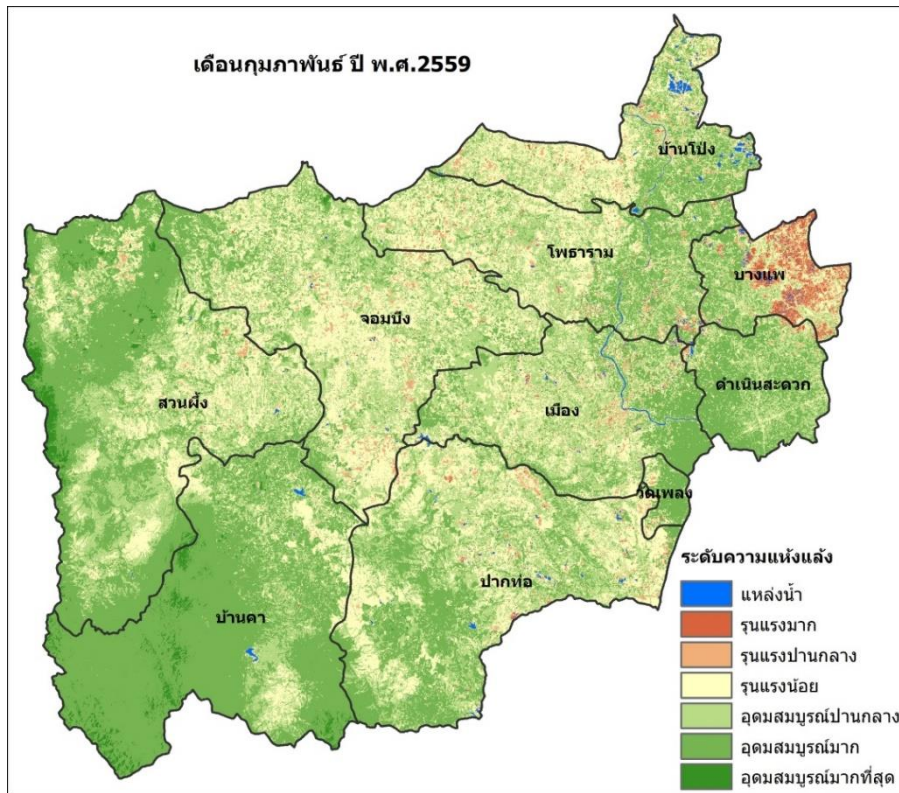
ภาพที่ 6 ดัชนี NDVI เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2558

ภาพที่ 7 แสดงผลภาพการจำแนกช่วงค่าดัชนี NDVI ของเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2558 เนื่องจากน้ำต้นทุนของวงจรอุทกวิทยาทั้งหมดมีค่าเป็นลบทุกวันของเดือนธันวาคม ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของพืชพรรณลดลงอย่างต่อเนื่อง กับส่งผลโดยตรงกับการลดลงดัชนี NDVI ในทุกจุดภาพ จำนวนพื้นที่ที่อุดมสมบูรณ์มากที่สุด มาก และปานกลางลดลง และพบการเพิ่มขึ้นของพื้นที่รุนแรงน้อย ผลจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว เกิดพื้นที่ที่เปิด ไม่มีพืชพรรณในที่นา ดัชนี NDVI มีค่าลดลง เกิดการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ความแห้งแล้งปานกลางและยังพบดัชนี NDVI ในพื้นที่ป่า ซึ่งเป็นผลจากการสะท้อนเมฆในช่วงเวลาถ่ายภาพเก็บข้อมูลของดาวเทียม

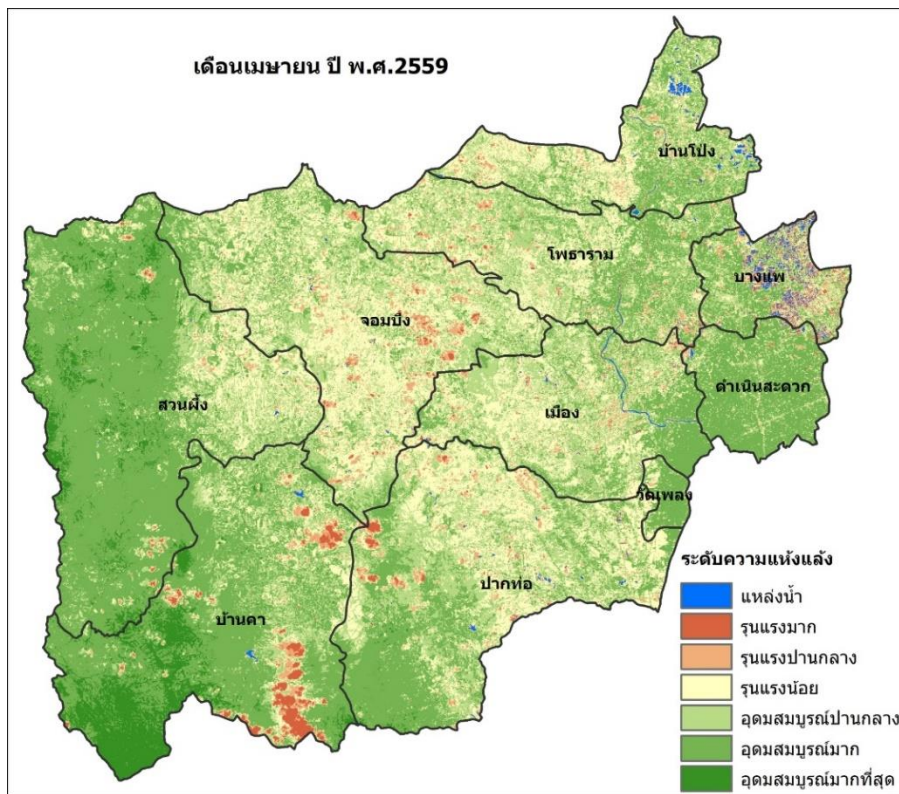


ภาพที่ 7 ดัชนี NDVI เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2558

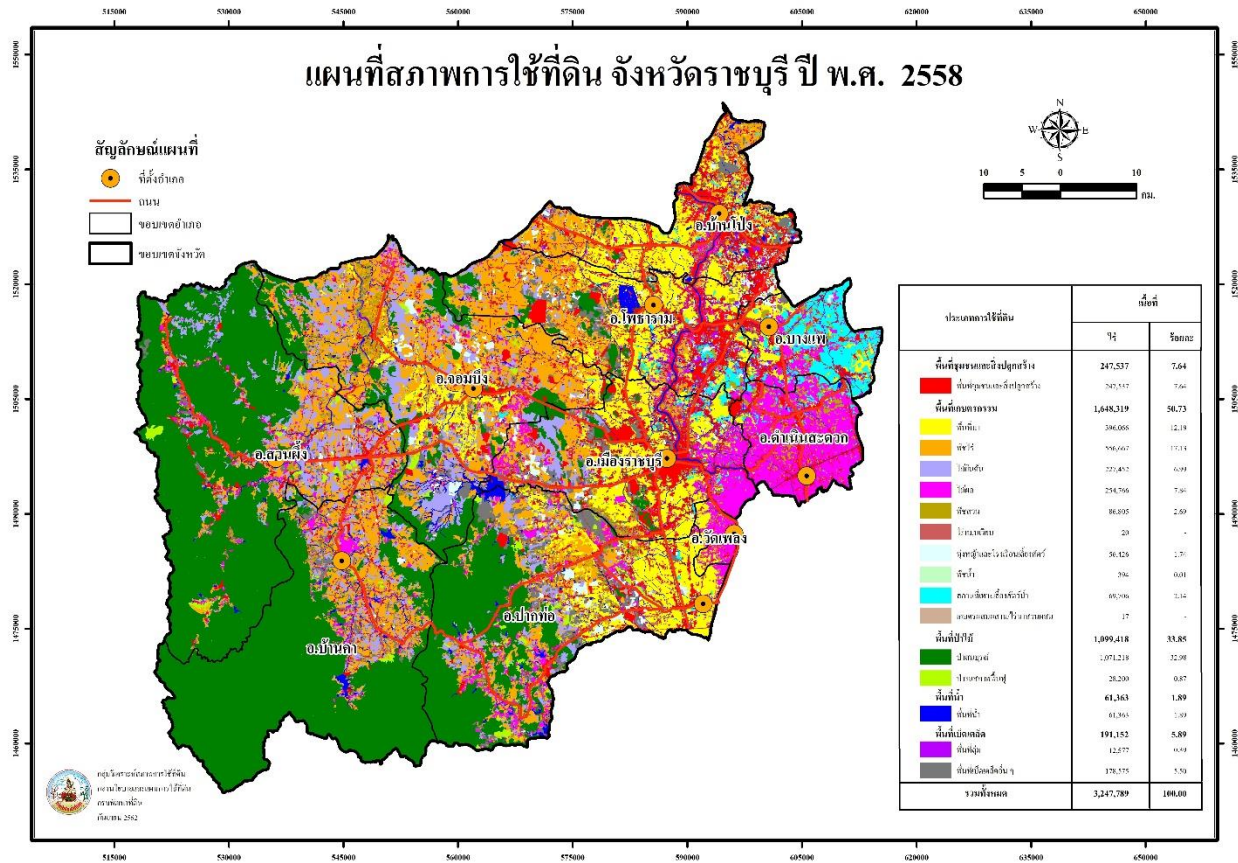
ภาพที่ 8 และ ภาพที่ 9 แสดงผลภาพการจำแนกช่วงค่าดัชนี NDVI ของเดือนกุมภาพันธ์ และ เมษายน ปี พ.ศ. 2559 ตามลำดับ จากภาพ 3 ผลจากน้ำต้นทุนของวงจรกิจุทวิทยาทั้งหมดมีค่าลบตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ค่าดัชนี NDVI ในพื้นที่เกษตรกรรมบ่งชี้ความแห้งแล้งที่รุนแรงมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบภาพดัชนี NDVI กับแผนที่การใช้ที่ดิน จังหวัดราชบุรี ปี พ.ศ. 2558 ของกรมพัฒนาที่ดิน (ภาพที่ 10) พบว่าระดับความอุดมสมบูรณ์มากที่สุดลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในการใช้ที่ดินเพื่อทำการเกษตร (พื้นที่เกษตรกรรม) จำนวน 1,648,319 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 50.73 ของพื้นที่จังหวัดราชบุรี โดยมีพื้นที่เกษตรกรรมเป็นนาข้าว (396,066 ไร่) และพืชไร่ (556,667 ไร่) คิดเป็นร้อยละ 57.80 ของพื้นที่ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งจังหวัด เนื่องด้วยพื้นที่นาข้าวและพื้นที่พืชไร่ (อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดและสับปะรด) เป็นพืชที่มีรูปแบบปลูก การจัดการ อ่างอิงสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศ โดยเฉพาะฤดูกาล (ปริมาณและการตกของฝน) ต้นฤดูฝนจะเริ่มปลูกและต้นฤดูแล้งจะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิต ส่งผลให้ในช่วงฤดูแล้งพื้นที่นาข้าวและปลูกพืชไร่จึงเป็นพื้นที่เปิดโล่ง ซึ่งสนับสนุนการเพิ่มระดับความแห้งแล้งของพื้นที่ จากข้อมูลดังกล่าวสนับสนุนว่า ทำให้พื้นที่นาข้าวและพืชไร่อ่อนไหวต่อการทวีความรุนแรงของความแห้งแล้งเมื่อน้ำต้นทุนของวงจรกิจุทวิทยาทั้งหมดมีค่าลดลง



ภาพที่ 8 ดัชนี NDVI เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2559



ภาพที่ 9 ดัชนี NDVI เดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2559



ภาพที่ 10 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน (Landuse) ปี พ.ศ. 2558 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนพื้นที่ที่ความรุนแรงของภัยแล้ง แสดงดังตาราง 3 พบว่า พื้นที่ความแห้งแล้งรุนแรงปานกลางมีขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้นจากเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2558 จาก 145.68 ตร.กม. เป็น 324.22 ตร.กม.ในเดือนธันวาคมปีเดียวกัน และลดลงเหลือ 181.65 ตร.กม.ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2558 และเดือนเมษายนปีเดียวกัน (222.94 ตร.กม.) จำนวนพื้นที่เพิ่มขึ้นอีกครั้ง สำหรับพื้นที่ความแห้งแล้งรุนแรงน้อย จากช่วงเวลาดังกล่าว แม้ว่าพื้นที่บางส่วนจะทวีความรุนแรงมากขึ้นปรับเปลี่ยนเป็นพื้นที่ความรุนแรงปานกลาง แต่ยังมีพื้นที่จำนวนมากที่ความรุนแรงของภาวะแห้งแล้งจากพื้นที่อุดมสมบูรณ์มาเป็นพื้นที่ที่เริ่มมีภาวะแห้งแล้ง จากการทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ดังกล่าว ส่งผลให้พื้นที่แห้งแล้งรุนแรงน้อยมีจำนวนพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ตาราง 3 พื้นที่ความแห้งแล้ง จังหวัดราชบุรี เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2559

| NDVI ranges | ระดับความแห้งแล้ง | ตุลาคม 2558 | ธันวาคม 2558 | กุมภาพันธ์ 2559 | เมษายน 2559 |
|----------------------------|---------------------------|----------------|-----------------|--------------------|----------------|
| NDVI < 0 | แหล่งน้ำ | 15.79 | 22.33 | 28.17 | 30.85 |
| 0 ≤ NDVI < 0.1 | ความแห้งแล้งรุนแรงมาก | 84.67 | 178.30 | 47.95 | 67.01 |
| 0.1 ≤ NDVI < 0.2 | ความแห้งแล้งรุนแรงปานกลาง | 145.68 | 324.22 | 181.65 | 222.94 |
| 0.2 ≤ NDVI < 0.3 | ความแห้งแล้งรุนแรงน้อย | 159.38 | 539.22 | 1,325.93 | 1,216.41 |
| 0.3 ≤ NDVI < 0.4 | อุดมสมบูรณ์ปานกลาง | 237.63 | 1,029.57 | 1,664.01 | 1,458.71 |
| 0.4 ≤ NDVI < 0.68 | อุดมสมบูรณ์มาก | 2,352.09 | 2,896.61 | 1,887.19 | 1,992.63 |
| 0.68 ≤ NDVI | อุดมสมบูรณ์มากที่สุด | 2,201.67 | 206.67 | 62.02 | 208.36 |
| พื้นที่รวม (ตารางกิโลเมตร) | | 5,196.92 | 5,196.92 | 5,196.92 | 5,196.92 |

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยได้คำนวณน้ำต้นทุนเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดราชบุรี โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทาน และการระเหยของน้ำจากกรมอุตุนิยมวิทยา แต่เนื่องจากบริเวณที่ศึกษาเป็นบริเวณแคบ ข้อมูลจริงจึงมีน้อย ทำให้การคำนวณทำได้ยากจึงต้องนำวิธีการปรับแก้ข้อมูล (interpolation) มาใช้ด้วย ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำต้นทุนคือปริมาณน้ำฝน

พื้นที่จังหวัดราชบุรีส่วนใหญ่ยังอุดมสมบูรณ์ แต่พื้นที่แห้งแล้งรุนแรงน้อยมีจำนวนพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การจำแนกระดับความรุนแรงของพื้นที่ภัยแล้งเชิงพื้นที่ โดยใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) และการสืบค้นข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) สามารถนำมาใช้สำหรับการวางแผนบริหารจัดการน้ำของจังหวัดราชบุรีต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน, 2558., *การใช้ที่ดิน (Landuse) ปี พ.ศ. 2558*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กীরติ ลีวัจนกุล, 2551. *อุทกวิทยา*. พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์ SPEC อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี : หน้า 7-15
- ชนิษฐา สุทธิบริบาลม, สมณมิตร พุกงาม และปิยพงษ์ ทองดินนอก, 2554. *การประเมินค่าความชื้นในดินโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ บริเวณไร่มันสำปะหลัง อำเภอครบุรี. จังหวัดนครราชสีมา. วารสารวนศาสตร์ 30 (3) : หน้า 24-32*
- ตวงรัตน์ คล้ายเดช, 2556. *การใช้ดัชนีพืชพรรณจากดาวเทียมไทยโชต สำหรับการจำแนกชนิดป่าในอุทยานแห่งชาติดอยหลวง จังหวัดเชียงราย. วิทยานิพนธ์, วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาการจัดการทรัพยากรป่าไม้ ภาควิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

- ไทยรัฐฉบับพิมพ์ 2 ก.ค. 2558. *ราชบุรีแล้งเข้าสู่วิกฤติ อ่างเก็บน้ำแห้งขอด เจ้าพระยาลดฮวบกว่า 3 ม. ค้นเมื่อ 13 กันยายน 2559* <http://www.thairath.co.th/content/508865>
- ภราดร กาญจนสุธรรม, นิพนธ์ ตั้งธรรม และเรื่องไร โตกฤษณะ, 2557. *การประมาณผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรัง ด้วยข้อมูลดาวเทียม SMMS โดยใช้ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI): กรณีศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี*. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2557, หน้า 55-66
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). *บันทึกเหตุการณ์ภัยแล้ง 2559/2559* ค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2563 <https://tiwrm.hii.or.th/current/2016/drought59/drought59.html>
- สำนักข่าวไทย กอง บก.ข่าวภูมิภาค. *ห้วง มี.ค.แล้งทวีรุนแรง ราชบุรีประสบภัยแล้ว 7 อำเภอ ค้นเมื่อ 13 กันยายน 2559* <http://www.tnamcot.com/content/122966>
- สำนักงานจังหวัดราชบุรี. *ข้อมูลทั่วไปจังหวัดราชบุรี*. ค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2562 <http://www.ratchaburi.go.th>
- สำนักงานประชาสัมพันธ์ จังหวัดราชบุรี จัดทำข้อมูลโดย : นิชานันท์ มากทอง ส่วนข่าวและรายการภูมิภาค สำนักประชาสัมพันธ์เขต 8 กาญจนบุรี / 24 ก.พ. 2558 สำนักงานประชาสัมพันธ์เขต 8 กาญจนบุรี. *ข่าวเด่นรอบรั้ว สปช.8 จังหวัดราชบุรี วางแผนแก้ไขปัญหาภัยแล้ง โดยเฉพาะภาคการเกษตร* ค้นเมื่อ 13 กันยายน 2559 http://region8.prd.go.th/ewt_news.php?nid=10654&filename=index2_59
- สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน. *แผนที่จังหวัดราชบุรี* ค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2566 http://oss101.ddd.go.th/web_th_soilseries/01_central/70_Ratchaburi/70_prov.htm
- สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน. 2553. *รายงานสำรวจดินเพื่อการเกษตร จังหวัดราชบุรี* ค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2563 http://oss101.ddd.go.th/soilr/SoilGrp25k48_53
- Chopra, P. 2006. *Drought Risk Assessment using Remote Sensing and GIS: A case study of Gujarat*. Thesis of Master of Science Degree in Geo-information Science and Earth Observation in Hazard & Risk Analysis, Indian Institute of Remote Sensing, National Remote Sensing Agency, Department of Space, Dehradun, India.
- Gedif, B., L. Hadish, S. Addisu and K. V. Surybhagavan. 2014. *Drought Risk Assessment using Remote Sensing and GIS: The Case of Southern Zone, Tigray Region, Ethiopia*. Journal of Natural Sciences Research, Vol.4, No.23. p.87-94.
- Gu, Yingxin, Eric Hunt, Brian Wardlow, Jeffrey B. Basara, Jesslyn F. Brown, and James P. Verdin, 2008. *Evaluation of MODIS NDVI and NDWI for vegetation drought monitoring using Oklahoma Mesonet soil moisture data*. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, Vol. 35, L22401, doi:10.1029/2008GL035772, 2008.

- Mariotti, A. and Struglia, M.V., 2002. *The Hydrological Cycle in the Mediterranean Region and Implications for the Water Budget of the Mediterranean Sea*. *Journal of Climate*, 15: 1674-1690.
- Nagarajan, R. 2003. *Drought Assessment, Monitoring, Management and Resource Conservation*. Capital Publishing Company, New Delhi, Kolkata, Bangalore, INDIA.
- Peters, A.J., Elizabeth Walter-Shea, Lei Ji and Mark Svoboda, 2002. *Drought monitoring with NDVI-based Standardized Vegetation Index*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 68(1): January 2002, p. 71-75.
- Smith, K. 2001. *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. Third Edition, Taylor&Francis Group. London and New York.
- Smith, K. and N. P. David, 2009. *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. Fifth Edition, Taylor&Francis Group. London and New York.
- Son, N.T., C.F. Chen, C.R. Chen, L.Y. Chang and V.Q. Minh, 2012. *Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data*. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* Volume 18, August 2012, p.417-427.
- Sruthi, S., M.A. Mohammed Aslam, 2015. *Agricultural Drought Analysis Using the NDVI and Land Surface Temperature Data; a Case Study of Raichur District*. *Aquatic Procedia*, Volume 4, 2015, p.1258-1264.
- Trenberth, K.E., Smith, L., Qian, T., Dai, Aiguo and Fasullo, J., 2006. *Estimates of the Global Water Budget and Its Annual Cycle Using Observation and Model Data*. *Journal of Hydrometeorology*, 8: 758-769.