

การคำนวณหาดัชนีความแห้งแล้งและพืชพรรณจากอุณหภูมิพื้นผิวของข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8
และเปรียบเทียบกับผลผลิตข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CALCULATION OF DROUGHT AND VEGETATION INDICES FROM LAND SURFACE
TEMPERATURE OF LANDSAT 8 DATA AND COMPARISON TO THE RICE PRODUCTION IN
UBON RATCHATHANI



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Survey Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคำนวณหาดัชนีความแห้งแล้งและพืชพรรณจาก อุณหภูมิพื้นผิวของข้อมูลดาวเทียมแลนดแซท 8 และ เปรียบเทียบกับผลผลิตข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี
โดย	นายธีรภัทร์ ธีระพล
สาขาวิชา	วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ธงทิศ ฉายากุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชัยโชค ไวกาษา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ธงทิศ ฉายากุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนก วีรวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.ณกร วัฒนกิจ)

ธีรภัทร์ ธีระพล : การคำนวณหาดัชนีความแห้งแล้งและพืชพรรณจากอุณหภูมิพื้นผิวของข้อมูลดาวเทียมแลนดแซท 8 และเปรียบเทียบกับผลผลิตข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี. (CALCULATION OF DROUGHT AND VEGETATION INDICES FROM LAND SURFACE TEMPERATURE OF LANDSAT 8 DATA AND COMPARISON TO THE RICE PRODUCTION IN UBON RATCHATHANI) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.จงทิศ ฉายา กุล

ความแห้งแล้งเป็นปัญหาที่สำคัญต่อเกษตรกรรมของประเทศไทย เมื่อความแห้งแล้งเกิดขึ้นรุนแรงทำให้ผลผลิตของพืชผลทางการเกษตรเสียหายมากขึ้นด้วย ดังนั้นปัญหานี้ควรได้รับการติดตาม วางแผน และแก้ไขอย่างใกล้ชิด งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อคำนวณหาดัชนีความแห้งแล้ง อุณหภูมิพื้นผิว และหาความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OLI และ TIRS ที่ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานีในปี พ.ศ. 2556 - 2561 นำมาคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) ด้วยวิธี Radiative Transfer Equation-Based Method (RTE) และคำนวณหาดัชนีที่เกี่ยวข้องกับความแห้งแล้งคือ ดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (NDDI) และดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI) จากนั้นนำมาหาความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว ซึ่งผลที่ได้พบว่า ดัชนีความแห้งแล้งและอุณหภูมิพื้นผิว ที่คำนวณได้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่และรายงานของหน่วยงานราชการ ผลการหาความสัมพันธ์พบว่าเมื่ออุณหภูมิพื้นผิวมีค่าสูงขึ้นทำให้ผลผลิตข้าวน้อยลง ในทางตรงกันข้าม เมื่ออุณหภูมิพื้นผิวมีค่าต่ำลงผลผลิตข้าวก็มากขึ้นเช่นกัน ส่วนดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณและดัชนีผลต่างความแห้งแล้งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับผลผลิตข้าวคือ เมื่อดัชนีทั้งสองมีค่าต่ำลงผลผลิตข้าวก็ต่ำลงและเมื่อดัชนีทั้งสองมีค่าสูงขึ้นผลผลิตข้าวมากขึ้น

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ
ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6070222121 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEYWORD: Drought Indices Land Surface Temperature Rice Production

Thiraphat Thiraphon : CALCULATION OF DROUGHT AND VEGETATION INDICES FROM LAND SURFACE TEMPERATURE OF LANDSAT 8 DATA AND COMPARISON TO THE RICE PRODUCTION IN UBON RATCHATHANI. Advisor: THONGTHIT CHAYAKULA, Ph.D.

Drought is an important problem for agriculture in Thailand. When the drought is increased, the product of agriculture will be decreased. Therefore, this problem should be closely monitored, planned and resolved. The aims of this research are to calculate drought indices, land surface temperature and find a relationship with rice production in Ubon Ratchathani between 2013 to 2018. The satellite image can estimate Land Surface Temperature (LST) by using Radiative Transfer Equation-Based Method (RTE). In addition, it can calculate the drought indices by using Normalized Different Drought Index (NDDI) and Vegetation Health Index (VHI). Moreover, all of these indices can be used to find relationships with rice production. The results showed that drought indices and land surface temperature are calculated in accordance with the climate of the area and government reports. Meanwhile, the results of the relationship show that when the land surface temperature is higher, the rice production will decrease. On the other hand, when the land surface temperature is lower, the rice production also increases. The drought indices tend to be in the same direction as the rice production. When the drought indices are lower, the rice production decreases. In the same way, the drought indices are higher, the rice production also increases.

Field of Study: Survey Engineering

Student's Signature

Academic Year: 2019

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากกำลังใจและความช่วยเหลือของบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณ อ.ดร.รังทิศ ฉายากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ช่วยตรวจสอบแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น รวมทั้งกำลังใจและแรงผลักดันให้ข้าพเจ้าสำเร็จดังประสงค์

ขอขอบพระคุณ อ.ดร.ชัยโชค ไวกาษา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.พ.อ.ดร.กนก วีรวงศ์ และ อ.ดร.ณกร วัฒนกิจ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขเพื่อความสมบูรณ์ และให้ความเมตตาแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ขอขอบพระคุณครอบครัว ญาติ และคนข้างๆ ที่ให้ที่พัก ทุนการศึกษา คอยให้กำลังใจ อยู่เคียงข้างและสนับสนุนข้าพเจ้าด้วยความรัก ความหวังดีตลอดเวลา

ขอขอบคุณ พี่ เพื่อน นิสิตบัณฑิตศึกษาภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ความเมตตา ความบันเทิง แก่ข้าพเจ้า

ธีรภัทร์ ธีระพล



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตการวิจัย	4
1.3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1.1 ระบบ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) ของดาวเทียม Landsat 8.....	7
2.1.2 การใช้ผลิตภัณฑ์ของ Landsat 8 Level-1.....	8
2.1.3 ดัชนีที่ใช้ตรวจสอบความแห้งแล้ง.....	9
2.1.4 วิธีการคำนวณ Radiative Transfer Equation-Based Method (RTE).....	13
2.1.5 ค่าแผ่รังสีพื้นผิว (Land Surface Emissivity: LSE).....	13
2.1.6 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอย (Correlation and Regression Analysis).....	15

2.1.7 ค่าผิดปกติ.....	16
2.1.8 ขั้ว.....	17
บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ดัชนีหาความแห้งแล้ง	19
3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้อุณหภูมิพื้นผิว	21
บทที่ 4 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	24
4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	24
4.1.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	24
4.1.2 ข้อมูลปริมาณผลผลิตข้าว	25
4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	26
4.2.1 ซอฟต์แวร์.....	26
4.2.2 ฮาร์ดแวร์	26
4.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	26
4.4 การหาความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว	34
บทที่ 5 ผลการศึกษา.....	36
5.1 ผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิว.....	36
5.2 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความแห้งแล้ง	43
5.2.1 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (NDDI).....	43
5.2.2 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI).....	50
5.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว.....	57
5.3.1 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์.....	62
5.3.2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression).....	65
บทที่ 6 อภิปราย สรุปผล และข้อเสนอแนะ	66
6.1 อภิปรายผลการศึกษา	66

6.1.1 อภิปรายผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิว.....	66
6.1.2 อภิปรายผลการคำนวณหาค่าดัชนีความแห้งแล้ง	67
6.1.3 อภิปรายผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว.....	68
6.2 สรุปผล.....	70
6.3 ข้อเสนอแนะ	71
บรรณานุกรม.....	72
ประวัติผู้เขียน.....	77



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ดัชนีความแห้งแล้งและพืชพรรณจำแนกเป็นกลุ่ม (ที่มา: Du et al., 2018)	2
ตารางที่ 2.1 อุปกรณ์บันทึกข้อมูลระบบ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) ของดาวเทียม Landsat 8	7
ตารางที่ 2.2 เกณฑ์แบ่งความแห้งแล้งโดยดัชนี VHI (ที่มา: Kogan, 2002).....	12
ตารางที่ 2.3 ค่าแผ่รังสีพืชพรรณและดินของดาวเทียม Landsat 8 แบนด์ 10 และ 11.....	14
ตารางที่ 4.1 ช่วงเวลาที่ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการศึกษา	25
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลผลผลิตข้าวจังหวัดอุบลราชธานี ปี พ.ศ. 2556 – 2561	25
ตารางที่ 5.1 ค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) รายเดือน.....	41
ตารางที่ 5.2 ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (NDDI) รายเดือน.....	48
ตารางที่ 5.3 ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI) รายเดือน	55
ตารางที่ 5.4 ผลรายปี.....	57
ตารางที่ 5.5 ผลค่าผิดปกติรายปี	57
ตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของค่าผิดปกติผลผลิตข้าว.....	65

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาจังหวัดอุบลราชธานี.....	4
ภาพที่ 2.1 ระบบเซนเซอร์ของกลุ่มดาวเทียม Landsat (ที่มา: L. Rocchio and J. Barsi, 2013)	8
ภาพที่ 2.2 วิธีการหาค่าผิดปกติ.....	16
ภาพที่ 4.1 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา	24
ภาพที่ 4.2 แผนผังวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	27
ภาพที่ 4.3 การดาวน์โหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8	28
ภาพที่ 4.4 ภาพดาวเทียม Landsat 8 แบนด์ 4 ,5 ,6 และ 10 ตามลำดับ ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา..	28
ภาพที่ 4.5 ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ที่ได้จากการคำนวณ.....	29
ภาพที่ 4.6 ค่าผลกระทบจากพื้นผิวขรุขระ ค่าเศษส่วนพืชพรรณ และค่าแผ่รังสีพื้นผิว ตามลำดับ ...	29
ภาพที่ 4.7 การคำนวณตัวแปรชั้นบรรยากาศออนไลน์.....	30
ภาพที่ 4.8 ค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) ที่คำนวณด้วยวิธี RTE.....	31
ภาพที่ 4.9 ค่าดัชนีผลต่างความชื้นแบบนอร์มัลไลซ์ (NDWI)	31
ภาพที่ 4.10 ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (NDDI) ตามเกณฑ์ของ Gu.....	32
ภาพที่ 4.11 ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI) ตามเกณฑ์ของ Kogan.....	32
ภาพที่ 4.12 การตรวจสอบค่ารายเดือนที่คำนวณได้	33
ภาพที่ 4.13 ชั้นข้อมูลที่มีค่าพิิกเซลจำนวนเดือน	33
ภาพที่ 4.14 การบันทึกค่าและแสดงผลในโปรแกรม Excel	34
ภาพที่ 4.15 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics Version 19.....	35
ภาพที่ 4.16 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics Version 19.....	35
ภาพที่ 5.1 ผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวเดือนสิงหาคม 2556 – เดือนกรกฎาคม 2557	36
ภาพที่ 5.2 ผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวเดือนสิงหาคม 2557 – เดือนกรกฎาคม 2558	37

ภาพที่ 5.3 ผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวเดือนสิงหาคม 2558 – เดือนกรกฎาคม 2559	38
ภาพที่ 5.4 ผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวเดือนสิงหาคม 2559 – เดือนกรกฎาคม 2560	39
ภาพที่ 5.5 ผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวเดือนสิงหาคม 2560 – เดือนกรกฎาคม 2561	40
ภาพที่ 5.6 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) รายเดือน	42
ภาพที่ 5.7 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งเดือนสิงหาคม 2556 – เดือนกรกฎาคม 2557	43
ภาพที่ 5.8 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งเดือนสิงหาคม 2557 – เดือนกรกฎาคม 2558	44
ภาพที่ 5.9 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งเดือนสิงหาคม 2558 – เดือนกรกฎาคม 2559	45
ภาพที่ 5.10 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งเดือนสิงหาคม 2559 – เดือนกรกฎาคม 2560	46
ภาพที่ 5.11 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งเดือนสิงหาคม 2560 – เดือนกรกฎาคม 2561	47
ภาพที่ 5.12 กราฟแสดงค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (NDDI) รายเดือน	49
ภาพที่ 5.13 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเดือนสิงหาคม 2556 – เดือนกรกฎาคม 2557	50
ภาพที่ 5.14 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเดือนสิงหาคม 2557 – เดือนกรกฎาคม 2558	51
ภาพที่ 5.15 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเดือนสิงหาคม 2558 – เดือนกรกฎาคม 2559	52
ภาพที่ 5.16 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเดือนสิงหาคม 2559 – เดือนกรกฎาคม 2560	53
ภาพที่ 5.17 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเดือนสิงหาคม 2560 – เดือนกรกฎาคม 2561	54
ภาพที่ 5.18 กราฟแสดงค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI) รายเดือน	56

ภาพที่ 5.19 กราฟแสดงค่าผิดปกติรายปีระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับผลผลิตข้าว..... 58

ภาพที่ 5.20 กราฟแสดงค่าผิดปกติรายปีระหว่างค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งกับผลผลิตข้าว..... 59

ภาพที่ 5.21 กราฟแสดงค่าผิดปกติรายปีระหว่างค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณกับผลผลิตข้าว..... 60

ภาพที่ 5.22 กราฟแสดงค่าผิดปกติรายปี..... 61

ภาพที่ 5.23 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว 62

ภาพที่ 5.24 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้งกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว..... 63

ภาพที่ 5.25 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว..... 64



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ภัยแล้ง หมายถึง ความแห้งแล้งของลมฟ้าอากาศ อันเกิดจากการที่มีฝนน้อยกว่าปกติ หรือ ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล เป็นระยะเวลาเวลานานกว่าปกติ และครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง ความหมายของความแห้งแล้งมีการให้คำนิยามที่ต่างกันไปในหลายด้าน (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2551) แต่ในงานวิจัยนี้ศึกษาความแห้งแล้งทางการเกษตรกรรม (Agricultural Drought) ซึ่งหมายถึงความแห้งแล้งที่เป็นผลกระทบต่อเนื่องมาจากความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา เป็นการพิจารณาการทิ้งช่วงของฝนที่ทำให้ดินขาดความชุ่มชื้นจนส่งผลกระทบต่อพืชทางการเกษตรบางชนิด ทั้งนี้เพราะพืชมีความทนทานต่อสภาพความแปรปรวนของภูมิอากาศได้ต่างกัน ความต้องการน้ำและช่วงอายุของพืชก็ตอบสนองต่อความแห้งแล้งแตกต่างกัน หากความแห้งแล้งมีมากจนส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรจนเกิดความเสียหายที่กว้างขวางก็ถือว่าเป็นภัยแล้งได้ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2560) ภัยแล้งเป็นหนึ่งในปัญหาที่สำคัญของประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สาเหตุที่ทำให้เกิดภัยแล้งคือ การขาดแคลนน้ำ ฝนไม่ตกในพื้นที่เป็นเวลานาน การใช้น้ำในการเกษตรที่ไม่มีการวางแผน เป็นต้น สาเหตุที่กล่าวมานั้นไม่ได้ก่อให้เกิดสภาวะภัยแล้งเพียงชั่วคราว แต่เกิดเป็นความแห้งแล้งที่ซ้ำซากเป็นประจำทุกปี แม้ในแต่ละปีจะมีหน่วยงานจากทางภาครัฐ ช่วยแนะนำแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น แต่ก็ไม่เพียงพอที่จะจัดการกับปัญหาสภาวะภัยแล้งได้อย่างทั่วถึง จากปัญหาที่เกิดขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อตรงทั้งด้านเกษตรกรรม พืชพรรณเสียหาย ผลผลิตที่ได้น้อยลง ทำให้เกิดความขาดแคลนสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์แปรรูปทั้งสำหรับการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจในระดับประเทศ และยังสามารถส่งผลกระทบต่อสังคมและวัฒนธรรม เนื่องจากทำให้เกิดการทิ้งร้างที่ทำกิน อพยพทิ้งถิ่นฐานไปทำงานในเมืองเมื่อไม่สามารถทำการเกษตรได้ตามปกติ นอกจากนี้สภาพอากาศที่แห้งแล้งมากยังอาจทำให้เกิดปัญหาไฟป่าตามมา เป็นที่มาของปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกประการหนึ่งด้วย (ชรัตัน มงคลสวัสดิ์ และคณะ, 2552)

อุณหภูมิพื้นผิว (Land surface temperature: LST) เป็นความร้อนจากพื้นผิวโลก ซึ่งรับรู้ได้จากการสัมผัส โดยเจาะจงกับพื้นผิวบริเวณนั้น ๆ จากมุมมองของดาวเทียมผ่านชั้นบรรยากาศลงไปยังพื้นผิวของโลกพื้นผิวอาจจะเป็น หิมะ น้ำแข็ง หญ้าในสนาม หลังคาบ้านเรือน หรือเรือนยอดของต้นไม้ ดังนั้นอุณหภูมิพื้นผิวจึงไม่เหมือนอุณหภูมิของอากาศที่อยู่ในรายงานสภาพอากาศประจำวัน (The Earth Observatory, 2018) อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม สามารถแสดงความต่างของอุณหภูมิพื้นผิวการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้อย่างชัดเจน โดยพื้นที่ที่อยู่อาศัย

แหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีพื้นผิวสิ่งปกคลุม เป็นคอนกรีต ไม้ สังกะสีและพื้นที่เปิดโล่ง รวมถึงพื้นที่เผาไหม้ในพื้นที่เกษตร จะมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวก่อนข้างสูง ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ และแหล่งน้ำ จะมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวก่อนข้างต่ำ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2558) อุณหภูมิพื้นผิวเป็นตัวแปรทางชีวกายภาพที่สำคัญซึ่งมีบทบาทสำคัญในการทำความเข้าใจกับปรากฏการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น สภาพความเปียกชื้นของพื้นผิว การคายระเหย เกาะความร้อนในเขตเมือง สุขภาพพืช ไฟป่า ความแห้งแล้งและผลผลิตเกษตรกรรม เป็นต้น (Hazaymeh and Hassan, 2015)

การประยุกต์การสำรวจระยะไกลเพื่อการประเมินความแห้งแล้งมักเป็นการวิเคราะห์หาข้อมูลอนุพันธ์จากภาพดาวเทียมที่สามารถสะท้อนสถานะความแห้งแล้งของพื้นที่ได้ โดยดัชนีความแห้งแล้งและพืชพรรณที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ดัชนีความแห้งแล้งและพืชพรรณจำแนกเป็นกลุ่ม (ที่มา: Du et al., 2018)

ชื่อย่อของดัชนี	ชื่อเต็มของดัชนี	กลุ่มของดัชนี
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	กลุ่มดัชนีอิงตามความเป็นพืชพรรณ
EVI	Enhanced Vegetation Index	
VCI	Vegetation Condition Index	
NDWI	Normalized Difference Water Index	กลุ่มดัชนีอิงตามความเป็นน้ำ
LSWI	Land Surface Water Index	
NMDI	Normalized Multiband Drought Index	
LST	Land Surface Temperature	กลุ่มดัชนีอิงตามอุณหภูมิ
TCI	Temperature Condition Index	
NDTI	Normalized Difference Temperature Index	
ESI	Evapotranspiration Stress Index	
VTCI	Vegetation Temperature Condition Index	กลุ่มดัชนีรวม
VHI	Vegetation Health Index	
TVDI	Temperature Vegetation Dryness Index	
NDDI	Normalized Difference Drought Index	

ทั้งนี้เพราะลักษณะทางซีฟลักซ์ที่แตกต่างกันของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์กับรูปแบบเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของความแห้งแล้ง เนื่องจากพืชจะตอบสนองต่อการขาดน้ำ เช่น เกิดการเหี่ยวเฉา หรือการทิ้งใบ ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคที่มีฤดูฝนและฤดูแล้งแยกกันชัดเจน การเกิดความแห้งแล้งในรอบปีหนึ่ง ๆ เป็นเรื่องปกติ สังเกตได้จากการที่พื้นที่เกือบทุกภูมิภาคของประเทศปกคลุมไปด้วยป่าผลัดใบ นอกจากนี้พืชเกษตรพื้นเมืองหลายชนิดที่เกษตรกรเลือกปลูกตามภูมิปัญญาที่สั่งสมมาก็สะท้อนเรื่องความสามารถของพืชที่ทนต่อการขาดน้ำได้แตกต่างกันอันเนื่องมาจากความแห้งแล้งในรอบปี ดังนั้นการประเมินความแห้งแล้งจึงสามารถใช้ลักษณะปรากฏของพืชพรรณที่ตรวจวัดได้จากการสำรวจด้วยดาวเทียมเป็นตัวบ่งชี้ได้ นอกจากนี้พบว่า ในหลายประเทศมีการใช้การสำรวจระยะไกลเป็นเครื่องมือประเมินความแห้งแล้ง สำหรับประเทศไทย มีการประยุกต์ใช้ข้อมูลอนุพันธ์ภาพจากดาวเทียมเพื่อการศึกษาเกี่ยวกับพืชพรรณ ความชื้น อุณหภูมิพื้นผิว ไฟป่า และความแห้งแล้ง ของหน่วยงานต่าง ๆ เช่น สำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอภ.) มีระบบจัดทำข้อมูล NDVI และ NDWI ที่หาจากข้อมูลจากดาวเทียมระบบ MODIS กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืชมีระบบติดตาม hotspot จากไฟป่า เป็นต้น (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2560)

ในปัจจุบันมีดาวเทียมมากมายหลายดวงที่มีระบบเซนเซอร์นำมาหาดัชนีความแห้งแล้งได้ เช่น Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) ของดาวเทียม Landsat 8 รายละเอียดภาพที่ 30 เมตร เป็นต้น จากข้อมูลที่ได้รับบริการนี้ทำให้มีการศึกษาและวิจัยที่เกี่ยวกับดัชนีความแห้งแล้ง งานวิจัยนี้จึงใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติของภาพดาวเทียม Landsat 8 หาความแห้งแล้งในกลุ่มดัชนีรวมโดยการใช้ดัชนี Vegetation Health Index (VHI) และ Normalized Difference Drought Index (NDDI) จากภาพดาวเทียม Landsat 8 แบนด์ 4, 5 และ 6 เนื่องจากดัชนีทั้ง 2 เป็นดัชนีรวมขั้นสุดท้ายที่ต้องเริ่มต้นหาจากกลุ่มดัชนีอิงตามความเป็นพืชพรรณคือ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) กลุ่มดัชนีอิงตามความเป็นน้ำคือ Normalized Difference Water Index (NDWI) และกลุ่มดัชนีอิงตามอุณหภูมิคือ Land Surface Temperature (LST) ซึ่งคำนวณด้วยวิธี Radiative Transfer Equation-Based Method (RTE) จากภาพดาวเทียม Landsat 8 แบนด์ 10 เพราะมีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด (Yu et al., 2014) พร้อมกับนำ ดัชนีความแห้งแล้ง อุณหภูมิพื้นผิว มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวด้วยการเปรียบเทียบค่าผิดปกติที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปี รวมทั้งวิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอย ช่วงเวลาตั้งแต่ ปี พ.ศ.2556–2561 ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี

1.2 วัตถุประสงค์

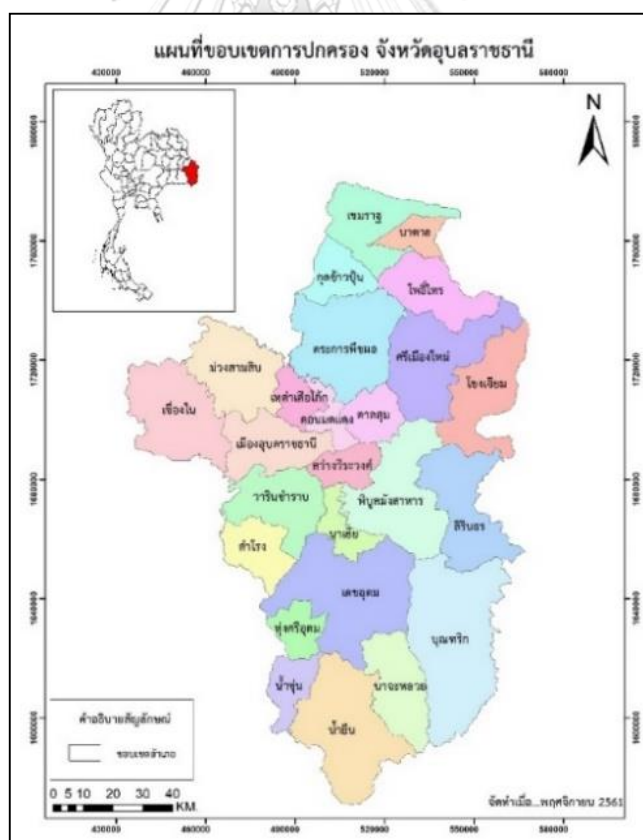
เพื่อหาดัชนีความแห้งแล้ง อุณหภูมิพื้นผิว และหาความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย

1.3.1.1 ข้อมูลทั่วไป

อุบลราชธานีเป็นจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างซึ่งตั้งอยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย ทิศเหนือ ติดต่อกับจังหวัดอำนาจเจริญและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทิศตะวันออก ติดต่อกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทิศใต้ ติดต่อกับราชอาณาจักรกัมพูชา ทิศตะวันตก ติดต่อกับจังหวัดศรีสะเกษและจังหวัดยโสธร มีเนื้อที่ทั้งหมด 15,774.00 ตร.กม. ใหญ่เป็นอันดับที่ 5 ของประเทศไทย แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 25 อำเภอ 219 ตำบล 2469 หมู่บ้าน มีประชากรประมาณ 1,869,633 คน



ภาพที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาจังหวัดอุบลราชธานี

1.3.1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

จังหวัดอุบลราชธานีตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ราบสูงของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เรียกว่า แอ่งโคราช โดยสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยประมาณ 120 เมตร ลักษณะโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ราบลุ่มน้ำ เนื่องจากเป็นที่บรรจบกันของแม่น้ำชีและแม่น้ำมูลซึ่งเป็นแม่น้ำสายสำคัญทั้ง 2 สายของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากนั้นแม่น้ำมูลไหลพาดผ่านช่วงกลางของจังหวัด ทั้งยังมีลำน้ำสาขาน้อยใหญ่ ในจังหวัดที่ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำมูลอีกที โดยลำน้ำที่สำคัญได้แก่ ลำเซบาย ลำเซบก ที่ไหลมาจากทางด้านเหนือของจังหวัด ลำโดมใหญ่ ที่ไหลมาจากทิวเขาพนมดงรักจากทางด้านใต้ ลำโดมน้อย ที่ไหลมาจากเขื่อนสิรินธร ก่อนที่แม่น้ำมูลจะไหลไปทางตะวันออกบรรจบกับแม่น้ำโขงที่อำเภอโขงเจียม ซึ่งเป็นแนวเขตกั้นกับประเทศลาว จากลักษณะภูมิประเทศดังกล่าวทำให้มีพื้นที่ในการทำการเกษตรกรรมได้เกือบทั่วทั้งจังหวัด โดยอย่างยิ่งการทำนาปลูกข้าวที่ต้องอาศัยน้ำ อีกทั้งจังหวัดอุบลราชธานีมีภูเขาน้อยใหญ่บริเวณทางทิศตะวันออกและทางทิศใต้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทิวเขาพนมดงรัก ที่เป็นปราการธรรมชาติกั้นแบ่งเขตกับประเทศกัมพูชาในทางใต้ และแบ่งกั้นเขตกับประเทศลาวในทางตะวันออกบางส่วน

1.3.1.3 ลักษณะภูมิอากาศและอุตุนิยมวิทยา

ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดอุบลราชธานีโดยจะแบ่งออกเป็น 3 ฤดู ฤดูร้อนจะเริ่มจากเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงประมาณเดือนพฤษภาคมซึ่งจะร้อนอบอ้าวและอุณหภูมิจะสูงมากที่สุดในเดือนเมษายน ฤดูฝนจะเริ่มตั้งแต่ปลายเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม เป็นหน้ามรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพาความชื้นมาจากทะเล ทำให้มีฝนตกชุกทั่วพื้นที่ อีกทั้งยังมีอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อนที่มีแหล่งกำเนิดจากทะเลจีนใต้และมหาสมุทรแปซิฟิก พัดผ่านประเทศไทยโดยเข้ามาทางจังหวัดอุบลราชธานี จากสถิติในคาบ 68 ปีตั้งแต่ พ.ศ. 2494 – 2561 พบว่า พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนตัวผ่านจังหวัดอุบลราชธานีมีทั้งหมด 28 ลูก สำหรับปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปีของจังหวัดอุบลราชธานี 1,581.7 มิลลิเมตร และมีจำนวนวันที่ฝนตก 120 วัน มักจะได้รับผลกระทบโดยอ้อมจากพายุทำให้เกิดฝนตกหนักและน้ำท่วมฉับพลันอยู่เสมอ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2562) ส่งผลต่อพืชผลทางการเกษตรเกิดความเสียหายโดยเฉพาะข้าว ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมและจะสิ้นสุดปลายเดือนมกราคม จะเป็นช่วงอิทธิพลมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดมาปกคลุมประเทศไทยโดยพัดพาความหนาวมาจากประเทศจีน อุณหภูมิจะเริ่มลดต่ำลง อากาศหนาวและแห้ง และจะหนาวมากที่สุดช่วงเดือนธันวาคมจนถึงช่วงขึ้นปีใหม่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ทราบค่าดัชนีความแห้งแล้ง ค่าอุณหภูมิพื้นผิว และความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

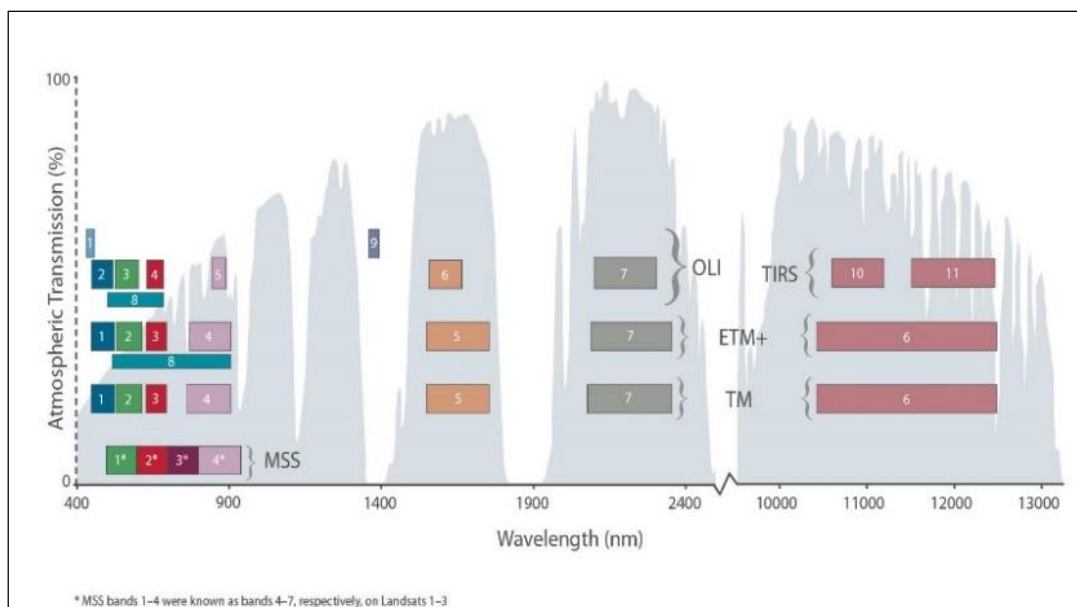
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระบบ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) ของดาวเทียม Landsat 8

ดาวเทียม Landsat 8 ถูกส่งสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2556 จากฐานทัพอากาศแวนเดนเบิร์ก รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา บนเครื่องบินจรวด Atlas-V 401 ดาวเทียม Landsat 8 โดยจะโคจรมาพื้นที่เดิมทุกๆ 16 วันและพาดผ่านพื้นที่ประเทศไทยและถ่ายภาพช่วงเวลาประมาณ 10.30 น. ซึ่งประกอบด้วยระบบเซนเซอร์ 2 ระบบ คือ Operational Land Imager และ Thermal Infrared Sensor มีความละเอียดภาพที่ 30 เมตร (ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ และช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น) ความละเอียดภาพที่ 100 เมตร (ช่วงคลื่นความร้อน) และความละเอียดภาพที่ 15 เมตร (ช่วงคลื่นแพนโครมาติก) โดยแสดงช่วงคลื่นในแต่ละแบนด์ดังตารางที่ 2.1 และภาพที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อุปกรณ์บันทึกข้อมูลระบบ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) ของดาวเทียม Landsat 8

แบนด์	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	รายละเอียดภาพ Resolution (เมตร)
1	0.43 - 0.45 (Coastal Aerosol)	30
2	0.45 - 0.51 (Blue)	30
3	0.53 - 0.59 (Green)	30
4	0.64 - 0.67 (Red)	30
5	0.85 - 0.88 (Near Infrared NIR)	30
6	1.57 - 1.65 (SWIR 1)	30
7	2.11 - 2.29 (SWIR 2)	30
8	0.50 - 0.68 (Panchromatic)	15
9	1.36 - 1.38 (Cirrus)	30
10	10.60 - 11.19 (Thermal Infrared - TIRS 1)	100
11	11.50 - 12.51 (Thermal Infrared - TIRS 2)	100



ภาพที่ 2.1 ระบบเซนเซอร์ของกลุ่มดาวเทียม Landsat (ที่มา: L. Rocchio and J. Barsi, 2013)

ระบบ Thermal Infrared Sensor วัดอุณหภูมิพื้นผิวใน 2 แบนด์ช่วงคลื่นความร้อน (แบนด์ 10 และ 11) ด้วยเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ฟิล์มสควอนตัมเพื่อตรวจจับความร้อน TIRS ใช้ Quantum Well Infrared Photo detectors (QWIPs) ในการตรวจจับความยาวคลื่นแสงที่ปล่อยออกมาจากโลกซึ่งความเข้มข้นอยู่กับอุณหภูมิพื้นผิว ความยาวคลื่นเหล่านี้เรียกว่าอินฟราเรดความร้อน สูงกว่าช่วงของการมองเห็นของมนุษย์ QWIPs เป็นทางเลือกใหม่ที่มีต้นทุนต่ำกว่าเทคโนโลยีอินฟราเรดทั่วไปและได้รับการพัฒนาขึ้นที่ Goddard Space Flight Center (Landsat Science, 2018)

2.1.2 การใช้ผลิตภัณฑ์ของ Landsat 8 Level-1

ผลิตภัณฑ์ Landsat 8 รวมข้อมูลที่ได้รับจาก ระบบ OLI และ ระบบ TIRS จัดส่งเป็นข้อมูลเชิงเลข (Digital Number) 16 บิต ข้อมูล Landsat Level-1 สามารถปรับเปลี่ยนเป็นค่าสะท้อนชั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศ (TOA reflectance) และค่าแผ่รังสีชั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศ (TOA radiance) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ในการปรับเปลี่ยนที่ให้ไว้ใน ไฟล์เมตาตาต้า (MTL.txt) ที่ส่งพร้อมกับผลิตภัณฑ์ Level-1 ไฟล์ MTL ยังมีค่าคงที่ความร้อนที่จำเป็นในการแปลงข้อมูลแถบความร้อนเป็นค่าอุณหภูมิความสว่าง (TOA brightness temperature) สูตรเหล่านี้มีให้ดังนี้

2.1.2.1 การแปลงเป็นค่าแผ่รังสีชั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศ

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

โดยที่

- L_λ ค่าแผ่รังสีขั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศ (TOA radiance)
($W/m^2 * srad * \mu m^4$)
- M_L ค่าตัวแปรสำหรับการคูณเฉพาะแบนด์จากไฟล์เมตาเดต้า
(RADIANCE_MULT_BAND_x เมื่อ x คือเลขแบนด์)
- A_L ค่าตัวแปรสำหรับการบวกเฉพาะแบนด์จากไฟล์เมตาเดต้า
(RADIANCE_ADD_BAND_x เมื่อ x คือเลขแบนด์)
- Q_{cal} ค่าพิกเซลมาตรฐานที่ปรับขนาดและปรับเทียบแล้ว (Digital Number)
- 2.1.2.2 การแปลงเป็นค่าสะท้อนขั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศ (TOA reflectance)

$$\rho'_\lambda = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \quad (2)$$

โดยที่

- ρ'_λ ค่าสะท้อนขั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศ (TOA reflectance) ไม่มีมุมของดวงอาทิตย์มาเกี่ยวข้อง
- M_ρ ค่าตัวแปรสำหรับการคูณเฉพาะแบนด์จากไฟล์เมตาเดต้า
(REFLECTANCE_MULT_BAND_x เมื่อ x คือเลขแบนด์)
- A_ρ ค่าตัวแปรสำหรับการบวกเฉพาะแบนด์จากไฟล์เมตาเดต้า
(REFLECTANCE_ADD_BAND_x เมื่อ x คือเลขแบนด์)
- Q_{cal} ค่าพิกเซลมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่ปรับขนาดและปรับเทียบแล้ว (Digital Number) (USGS, 2018)

2.1.3 ดัชนีที่ใช้ตรวจสอบความแห้งแล้ง

ดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบติดตามความแห้งแล้งมีหลายดัชนีด้วยกัน แต่ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีดังต่อไปนี้

2.1.3.1 ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)

ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์ คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$NDVI = \left[\frac{NIR - Red}{NIR + Red} \right] \quad (3)$$

โดยที่

NDVI	ค่าดัชนีผลต่างพีชพรรณแบบนอมัลไลซ์
NIR	ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้
Red	ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง

ค่าของ NDVI อยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1 บริเวณที่ค่า NDVI เป็นลบพื้นที่จะเป็นพื้นที่น้ำ ในขณะที่พื้นที่ที่ค่า NDVI เข้าใกล้ค่า 0 แสดงถึงพื้นที่ที่มีพีชพรรณสีเขียวน้อย และพื้นที่ที่มีพีชสีเขียวปกคลุมมากขึ้นจะยังมีค่าเข้าใกล้ +1 มากขึ้นตามลำดับ (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และคณะ, 2552)

2.1.3.2 ดัชนีผลต่างความชื้นแบบนอมัลไลซ์ (Normalized Difference Water Index: NDWI)

ดัชนีผลต่างความชื้นแบบนอมัลไลซ์ คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$NDWI = \left[\frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \right] \quad (4)$$

โดยที่

NDWI	ค่าดัชนีผลต่างความชื้นแบบนอมัลไลซ์
NIR	ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้
SWIR	ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น

การตรวจวัดความชื้นในพีชพรรณด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลโดยใช้ดัชนี NDWI มีที่มาจากการศึกษาคุณสมบัติการสะท้อนของพีชสีเขียว พีชที่แห้ง และดิน และคุณสมบัติการดูดซับและกระจัดกระจายคลื่นของก๊าซและละอองลอยในบรรยากาศ ช่วงคลื่นช่วง 0.86 ไมโครเมตร และ 1.24 ไมโครเมตรที่ใช้ในดัชนี NDWI อยู่ในช่วงของหน้าต่างบรรยากาศ (Atmospheric Windows) ซึ่งการดูดซับของไอน้ำในบรรยากาศมีน้อยมาก การศึกษาพบว่าค่าคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดที่ไอน้ำในบรรยากาศมีผลต่อค่า NDWI คือ 1.50% 0.74% 0.37% และ 0.22% สำหรับหยดน้ำขนาด 0.05 ซม. 0.1 ซม. 0.2 ซม. และ 0.4 ซม. ตามลำดับ ด้วยเหตุนี้ผลกระทบเนื่องจากละอองน้ำในชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Water Vapor) ที่มีต่อ NDWI จึงมีค่าน้อยมาก NDWI จึงไวต่อละอองลอยในชั้นบรรยากาศน้อยกว่า NDVI สรุปคือ NDWI ไวต่อการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในเรือนยอดพีช (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และคณะ, 2552)

2.1.3.3 ดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (Normalized Different Drought Index: NDDI)

ดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง สร้างจากดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) และดัชนีผลต่างความชื้นแบบนอร์มัลไลซ์ (NDWI) คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$NDDI = \left[\frac{NDVI - NDWI}{NDVI + NDWI} \right] \quad (5)$$

โดยที่

NDDI ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง

NDVI ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์

NDWI ค่าดัชนีผลต่างความชื้นแบบนอร์มัลไลซ์ (Gu et al., 2007)

2.1.3.4 ดัชนีสภาพพืชพรรณ (Vegetation Condition Index: VCI) หาได้จากค่า NDVI ดังสมการต่อไปนี้

$$VCI = \left[\frac{NDVI_a - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right] * 100 \quad (6)$$

โดยที่

NDVI_a ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์เฉพาะวันที่ได้รับข้อมูล

NDVI_{min} ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์น้อยสุดของช่วงเวลาที่ศึกษา พ.ศ.2556 - พ.ศ.2561

NDVI_{max} ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์มากที่สุดของช่วงเวลาที่ศึกษา พ.ศ.2556 - พ.ศ.2561 (Kogan, 2002)

2.1.3.5 ดัชนีสภาพอุณหภูมิ (Temperature Condition Index: TCI) หาได้จากค่า LST ดังสมการต่อไปนี้

$$TCI = \left[\frac{LST_{max} - LST_a}{LST_{max} + LST_{min}} \right] * 100 \quad (7)$$

โดยที่

- LST_a ค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉพาะวันที่ได้รับข้อมูล
- LST_{min} ค่าอุณหภูมิพื้นผิวน้อยสุดของช่วงเวลาที่ศึกษา พ.ศ.2556 – พ.ศ.2561
- LST_{max} ค่าอุณหภูมิพื้นผิวมากสุดของช่วงเวลาที่ศึกษา พ.ศ.2556 – พ.ศ.2561
(Sholihaha et al., 2016)

2.1.3.6 ดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (Vegetation Health Index: VHI)

ดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$VHI = aVCI + (1 - a)TCI \quad (8)$$

โดยที่

- VHI ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ
- VCI ค่าดัชนีสภาพพืชพรรณ
- TCI ค่าดัชนีสภาพอุณหภูมิ
- a ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยปกติจะให้ค่าเป็น 0.5 (Kogan, 2002)

สำหรับเกณฑ์ความแห้งแล้งค่าที่น้อยกว่า 10 หมายถึงมีความแห้งแล้งมากที่สุด ค่าที่มาก ยิ่งขึ้นความแห้งแล้งก็ลดลง ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์แบ่งความแห้งแล้งโดยดัชนี VHI (ที่มา: Kogan, 2002)

ระดับความแห้งแล้ง	VHI
แห้งแล้งมากที่สุด	<10
แห้งแล้งมาก	10-20
แห้งแล้งปานกลาง	20-30
แห้งแล้งน้อย	30-40
ไม่แห้งแล้ง	>40

2.1.4 วิธีการคำนวณ Radiative Transfer Equation-Based Method (RTE)

สมการหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวด้วยวิธี Radiative Transfer Equation-Based Method แสดงดังต่อไปนี้

$$LST_{RTE} = \frac{C_1}{\lambda_i \ln \left(\frac{C_2}{\lambda_i^5 (L_\lambda - I_i^\uparrow - \tau_i (1 - \varepsilon) I_i^\downarrow)} + 1 \right)} \quad (9)$$

โดยที่

LST_{RTE}	ค่าอุณหภูมิพื้นผิวคำนวณโดยวิธี RTE
C_1	14387.7 $\mu\text{m} \cdot \text{K}$
C_2	$1.19104 \times 10^8 \text{ W} \cdot \mu\text{m}^4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
λ_i	ความยาวคลื่นของแบนด์ i (สำหรับแบนด์ 10 มีความยาวคลื่นที่ 10.896 μm)
L_λ	ค่าแผ่รังสีชั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศ (TOA radiance)
τ_i	ค่าการส่งผ่านบรรยากาศ
ε	ค่าแผ่รังสีพื้นผิว (Land Surface Emissivity :LSE)
I_i^\downarrow	ความสว่างที่จมลง
I_i^\uparrow	ความสว่างที่ลอยขึ้น

สำหรับค่า $I_i^\downarrow, I_i^\uparrow$ และ τ_i หาได้จากเครื่องคำนวณตัวแปรชั้นบรรยากาศออนไลน์ได้ที่

<https://atmcorr.gsfc.nasa.gov/> (Barsi et al., 2003) (Yu et al., 2014)

2.1.5 ค่าแผ่รังสีพื้นผิว (Land Surface Emissivity: LSE)

ค่าแผ่รังสีพื้นผิว (Land Surface Emissivity : LSE) เป็นค่าที่จำเป็นสำหรับการหาค่า LST ค่า LSE อาจมีค่าที่แตกต่างกันได้อย่างมีนัยสำคัญจากพืชชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน พื้นผิวที่ชื้น พื้นผิวหยาบ และมุมกระทบ การหาประมาณค่า LSE ก่อนหาค่า LST มีอยู่ 3 วิธีหลักด้วยกันดังนี้คือ วิธี classification-based emissivity method (CBEM) เป็นวิธีที่ได้ค่า LSE จากภาพจำแนกซึ่งมีค่า LSE ในแต่ละประเภทข้อมูลอยู่แล้วล่วงหน้า วิธี Day/night temperature-independent spectral-indices (TISI) based method เป็นวิธีที่มีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น ต้องมีการแก้ไขในชั้นบรรยากาศก่อน พื้นผิวที่สังเกตจะต้องมีเงื่อนไขคล้ายกันทั้งกลางวันและกลางคืน นอกจากนั้นรอบการวนซ้ำ

และวงโคจรของดาวเทียม Landsat 8 ไม่สามารถทำวิธีนี้ได้ วิธี NDVI-based emissivity method (NBEM) เป็นวิธีที่ง่ายจึงสามารถนำไปใช้กับเซนเซอร์หลายๆอย่างที่ตรวจวัดคลื่นที่ตามองเห็นและคลื่นอินฟราเรดใกล้ได้ และในการศึกษานี้ได้ใช้วิธีนี้ในการหาค่า LSE ด้วยสมการดังนี้

$$\varepsilon = \begin{cases} a_i \rho_{red} + b_i & NDVI < 0.2 \\ \varepsilon_{v,i} P_v + \varepsilon_{s,i} (1 - P_v) + C_i & 0.2 \leq NDVI \leq 0.5 \\ \varepsilon_{v,i} + C_i & NDVI > 0.5 \end{cases} \quad (10)$$

ในสมการค่า LSE แทนด้วย ε ค่าแผ่รังสีของพืชพรรณ (ε_v) และดิน (ε_s) ได้จากการคำนวณของ MODIS UCSB (University of California, Santa Barbara) สำหรับค่าแผ่รังสีทั้ง 2 อย่างของระบบ TIRS มีค่าดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าแผ่รังสีพืชพรรณและดินของดาวเทียม Landsat 8 แบนด์ 10 และ 11

	พืชพรรณ	ดิน
แบนด์ 10	0.9863	0.9668
แบนด์ 11	0.9896	0.9747

ค่าเศษส่วนพืชพรรณ (P_v) ได้มาจากค่า NDVI มีสมการดังต่อไปนี้

$$P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad (11)$$

โดยที่ $NDVI_{min} = 0.2$, $NDVI_{max} = 0.5$

C_i คือค่าผลกระทบจากพื้นผิวขรุขระ ($C_i = 0$ คือพื้นผิวที่เรียบ) ซึ่งหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$C_i = (1 - \varepsilon_{s,i}) \varepsilon_{v,i} * F' * (1 - P_v) \quad (12)$$

F' คือค่าปัจจัยเชิงเรขาคณิตมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 โดยปกติจะมีค่าเป็น 0.55

ในกรณี $NDVI < 0.2$ ค่าแผ่รังสีจะประมาณค่าได้จากช่วงคลื่นสีแดง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแบนด์ 10 และ 11 ดังนี้ $\varepsilon_{10} = 0.973 - 0.047\rho_{red}$, $\varepsilon_{11} = 0.984 - 0.026\rho_{red}$ (Yu et al., 2014)

2.1.6 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอย (Correlation and Regression Analysis)

2.1.6.1 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เป็นการวัดขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสุ่ม 2 ตัวว่าจะมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด ด้วยข้อสมมติเบื้องต้นว่าความสัมพันธ์นี้จะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร ค่าแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นดัชนีชี้วัดว่าตัวแปรสุ่มสองตัว (หรือมากกว่า) จะเคลื่อนไหวไปในทิศทางใดและมีความสอดคล้องกันอย่างไร โดยความสอดคล้องในที่นี้มีความหมายว่า ถ้าตัวแปรตัวหนึ่งเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนไปในทิศทางหนึ่งที่แน่นอนแล้ว ตัวแปรตัวที่สองจะเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกันด้วยหรือไม่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) มีค่าระหว่าง 1 ถึง -1 ความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์วัดได้จาก เครื่องหมายและขนาด เครื่องหมายบวก (+) หมายถึงมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน เครื่องหมายลบ (-) หมายถึงมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้าม ขนาดถ้ามีค่ามาก หมายความว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมาก ในทางกลับกัน ขนาดถ้ามีค่าน้อย หมายความว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันน้อย

2.1.6.2 การวิเคราะห์การถดถอย เป็นวิธีหนึ่งที่ศึกษาความเป็นต้นเหตุซึ่งกันและกันระหว่างตัวแปรสุ่ม ที่มุ่งศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรสุ่มตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยมีลักษณะคล้ายกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แต่อธิบายความเป็นเหตุเป็นผลซึ่งกันและกันได้มากกว่า สิ่งที่ต่างไปจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างชัดเจนก็คือ การวิเคราะห์การถดถอยจะกำหนดตัวแปรตัวหนึ่งหรือหลายตัวให้เป็นตัวแปรอิสระ (independent variable) โดยตัวแปรอีกหนึ่งตัวเป็นตัวแปรตาม (dependent variable) โดยมีจุดประสงค์หลัก ดังนี้

1) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสุ่มตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยสามารถกำหนดตัวแบบ (model) และสมการถดถอย (regression equation) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม 1 ตัวกับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวได้

2) ทดสอบสมมติฐานและประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยได้

3) พยากรณ์ (predict) ตัวแปรตามจากตัวแปรอิสระตามสมการถดถอยได้

จุดประสงค์ข้อ 3) ของการวิเคราะห์การถดถอย เป็นประโยชน์อย่างมากต่อสถานการณ์รอบด้านเช่น ทางวิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ หรือปัญหาทางธุรกิจ เป็นต้น ตัวแบบสำหรับการวิเคราะห์การถดถอยมี 2 ชนิด ดังนี้

1) ตัวแบบถดถอยอย่างง่าย (simple regression) คือ การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระเพียง 1 ตัวที่มีต่อตัวแปรตาม 1 ตัว สามารถเขียนได้ด้วยสมการ ดังนี้

$$y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (13)$$

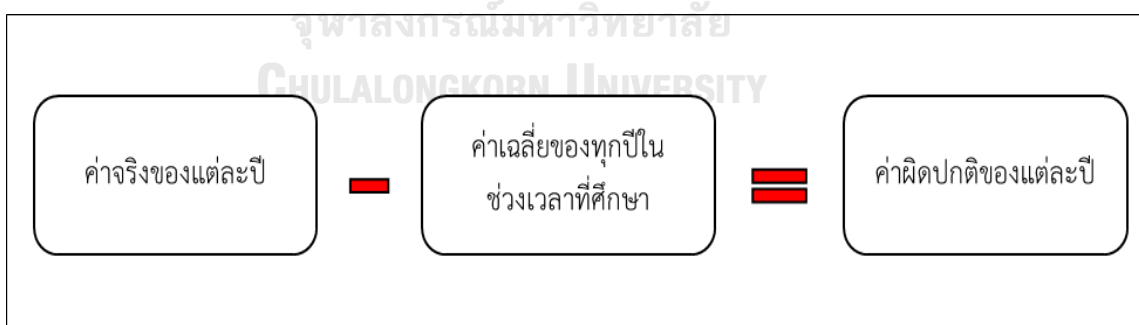
2) ตัวแบบถดถอยพหุคูณ (multiple regression) คือ การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระเพียงตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปที่มีต่อตัวแปรตาม 1 ตัว สามารถเขียนได้ด้วยสมการ ดังนี้

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_ix_i + \varepsilon \quad (14)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ดังนั้นนอกจากมีประโยชน์ต่อการวัดความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแล้ว R^2 คืออัตราส่วนระหว่างความผันแปรที่อธิบายได้จากสมการถดถอยกับความผันแปรที่เกิดขึ้น ความหมายทางสถิติก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเป็นตัวแทนของสัดส่วนความแปรปรวนทั้งหมดของตัวแปรตาม y ที่อธิบายได้จากสมการถดถอย กล่าวอีกนัยหนึ่งคือเป็นการบอกสัดส่วนของความผันแปรของตัวแปรตามที่พยากรณ์ได้จากตัวแปรอิสระ จึงสามารถใช้เป็นดัชนีที่ทำให้ตัดสินใจได้ว่าสมการถดถอยตัวอย่างมีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ยิ่งค่า R^2 มากขึ้นเท่าใดเราจะมีความมั่นใจในสมการได้มากขึ้นเป็นเงาตามตัว และคาดว่าจะได้ค่าพยากรณ์ที่ใกล้เคียงความจริงมากขึ้น (ณัทชัย ราตรี, 2556)

2.1.7 ค่าผิดปกติ

ค่าผิดปกติเป็นค่าที่ได้จากผลต่างของค่าจริงของแต่ละปี กับค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาที่ศึกษาทั้งหมด โดยเป็นได้ทั้งค่าลบและค่าบวก ถ้าเป็นค่าบวกหมายถึงค่าที่มากกว่าค่าเฉลี่ยหรือมากกว่าปกติ ถ้าเป็นค่าลบหมายถึงค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยหรือน้อยกว่าปกติ วิธีการหาค่าผิดปกติดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 วิธีการหาค่าผิดปกติ

2.1.8 ข้าว

ข้าว เป็นพืชที่พบมากในเอเชีย ชื่อวิทยาศาสตร์: *Oryza sativa* ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย ข้าวเป็นธัญพืชสำคัญที่สุดในด้านโภชนาการและการได้รับแคลอรีของมนุษย์ เพราะข้าวโพดส่วนใหญ่ปลูกเพื่อจุดประสงค์อื่น มิใช่ให้มนุษย์บริโภค ทั้งนี้ ข้าวคิดเป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าที่มนุษย์ทั่วโลกบริโภค (ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว, 2560)

2.1.8.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว

1) ปัจจัยด้านพันธุกรรม หรือพันธุ์ข้าวที่ปลูก

ปัจจัยทางด้านพันธุกรรม ควบคุมลักษณะของต้นพืช ควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการ โดยพันธุกรรมจะกำหนดให้พืชแต่ละพันธุ์ มีอัตราการเจริญเติบโตและพัฒนาการที่แตกต่างกัน โดยพืชแต่ละพันธุ์จะมีความสามารถในการดำเนินขบวนการทางสรีรวิทยาในอัตราที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสร้างสารที่ควบคุมการเจริญเติบโต (เช่นฮอร์โมนต่างๆ) ข้าวแต่ละพันธุ์มีลักษณะประจำพันธุ์แตกต่างกัน เช่น การตอบสนองต่อธาตุอาหารแต่ละพันธุ์ การแตกกอของพันธุ์ข้าวที่ได้ปรับปรุงพันธุ์ ส่วนใหญ่จะแตกกอได้ดีกว่าข้าวพันธุ์พื้นเมือง

2) ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม

2.1) แสงสว่าง พืชต้องการแสงสว่างเพื่อใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสงสร้างอาหาร เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและพัฒนาการ ช่วงเวลาที่ปลูกพืช หรือปลูกข้าวแต่ละฤดูกาล หรือช่วงแสง และสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจะเกี่ยวเนื่องไปกับปัจจัยด้านอากาศและอุณหภูมิ เหตุผลที่ข้าวฤดูแล้งได้ผลผลิตมาก คือ ฤดูแล้งของไทย มีปริมาณรังสีของแสงมากกว่าฤดูฝน โดยเฉพาะระยะตั้งท้อง และเป็นเหตุส่วนหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตข้าวในเขตอบอุ่นมีผลผลิตมากกว่าเขตร้อน เพราะในฤดูฝนมีรังสีของแสงน้อย ช่วงแสง (ระยะเวลากลางวันกับกลางคืน ตามฤดูกาล) ทำให้เราจำแนกข้าวได้เป็น ข้าวไวแสง (นาปี) และข้าวไม่ไวแสง (ปลูกได้ตลอดปี)

2.2) ที่ยึดเหนี่ยว (ดิน) พืชจะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดี ต้องมีที่ยึดเหนี่ยวที่แข็งแรง เพื่อให้ลำต้นทรงอยู่ได้ในลักษณะที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะทำให้ส่วนต่างๆ ทำหน้าที่ในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ pH หรือความเป็นกรด-ด่างในดิน เกี่ยวข้องกับปัจจัยเรื่องดินและน้ำเป็นหลัก ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.3) อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมจะส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการที่ดี อุณหภูมิ 25 - 33 °C เหมาะสำหรับข้าวแตกกอ หากอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป (ต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส สูงกว่า 35 องศาเซลเซียส) จะมีผลต่อการงอกของเมล็ด การยึดของใบ การแตกกอ การสร้างดอกอ่อน การผสมเกสร เป็นต้น เช่น พบว่าอุณหภูมิที่สูงเกินไปและต่ำเกินไปช่วงที่มีการออกดอกจะทำให้ดอกข้าวเป็นหมัน ซึ่งจะส่งผลทำให้ได้ผลผลิตต่ำกว่าปกติ เป็นต้น

2.4) อากาศ ในการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช ต้องการพลังงานที่ได้มาจากการหายใจ จึงต้องมีอากาศอย่างเพียงพอ เพื่อให้การหายใจเกิดขึ้นได้อย่างเต็มที่นอกจากนี้ พืชยังต้องการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงด้วย

2.5) น้ำ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต น้ำทำหน้าที่ในการช่วยดูดแร่ธาตุอาหาร (nutrients) ลำเลียงอาหารไปยังส่วนต่างๆ และช่วยในการลดอุณหภูมิภายในต้นพืช เกี่ยวข้องทั้งคุณภาพน้ำ ปริมาณน้ำ ระดับน้ำ ซึ่งจะเกี่ยวข้องต่อเนื่องกับ ดิน ธาตุอาหาร ความชื้นในดินหรือน้ำ

2.6) อื่นๆ จากปัจจัยทั้ง 5 ข้อ ก็จะมีผลต่อเนื่องมาในเรื่องการจัดการฟาร์ม หรือวิธีการ/ระบบการปลูกของเกษตรกร เช่น ระยะเวลาปลูก วิธีการปลูก จำนวนต้นที่ปักดำตามช่วงที่ปลูกข้าว ความลึกในการปักดำ ขั้นตอนในการปลูก การดูแลรักษาแต่ละระยะ เป็นต้น (ศุภนัยเมธิตพันธุ์ข้าว ขอนแก่น, 2562)



บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ดัชนีหาความแห้งแล้ง

ชรรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และคณะ (2552) ได้ใช้ดัชนีพืชพรรณที่เกี่ยวข้องกับความแห้งแล้ง ในพื้นที่ศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 170,000 ตารางกิโลเมตร และมีลักษณะภูมิประเทศแบบลอนลาด รวมทั้งมีพืชพรรณและป่าไม้หลากหลายประเภท NDVI, NDWI และ NDDI ของดาวเทียม Terra ระบบ MODIS ช่วงปีพ.ศ. 2544-2551 ถูกใช้เพื่อจำแนกความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณภาพถ่ายดาวเทียมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมที่ตรงกัน สร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมและดัชนีพืชพรรณได้ดำเนินการเพื่อจำแนกรูปแบบของความแห้งแล้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา โดยความสัมพันธ์ที่ปรากฏสามารถคาดการณ์ได้จากข้อมูลดาวเทียมหลายช่วงเวลา ซึ่งดัชนี NDVI NDWI และ NDDI สามารถให้ข้อมูลความแห้งแล้งและพบว่ามีประสิทธิภาพมากขึ้น

Burapapol and Nagasawa (2016) ได้ศึกษาหาค่าดัชนีความแห้งแล้งพืชและอุณหภูมิ (temperature vegetation dryness index: TVDI) และ NDDI ถูกนำมาใช้ในการประเมินความชื้นของดินในช่วงฤดูแล้งเพื่อสำรวจการใช้เพื่อประเมินความเสี่ยงไฟป่าในอุทยานศรีน่าน ประเทศไทย ผลการวิจัยพบว่าการคำนวณ TVDI สามารถใช้ NDWI และ LST พล็อตการกระจายตัวของทั้ง NDWI / LST และดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอนมัลไลซ์ NDVI / LST แสดงรูปทรงสามเหลี่ยมทั่วไปสำหรับ TVDI เชิงทฤษฎี อย่างไรก็ตาม NDWI มีความสัมพันธ์กับ LST มากกว่า NDVI อย่างมีนัยสำคัญ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นดำเนินการเพื่อหา LST สูงสุดและต่ำสุด (LSTmax, LSTmin) ระบุว่า LSTmax และ LSTmin วิเคราะห์โดย NDWI ตอบสนองความต้องการ collinearity ได้ดีกว่าที่กำหนดโดย NDVI ดังนั้นความสัมพันธ์ NDWI-LST จึงเหมาะสมกว่าในการคำนวณ TVDI ดัชนีปรับเปลี่ยนนี้เรียกว่า TVDINDWI-LST ถูกนำไปใช้ร่วมกับ NDDI เพื่อสร้างแบบจำลองการถดถอยสำหรับการประมาณความชื้นของดิน แบบจำลองความชื้นในดินตอบสนองความต้องการทางสถิติโดยบรรลุความสอดคล้อง 76.65% กับความชื้นในดิน จากความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินที่ประเมินจากแบบจำลองกับความชื้นเชิงสังเกตจากใบบ่งชี้ว่าความชื้นในดินสามารถใช้เป็นชุดข้อมูลเสริมเพื่อประเมินความเสี่ยงไฟป่าได้ เนื่องจากความชื้นของดินและความชื้นของเชื้อเพลิงแสดงพฤติกรรมเหมือนกันหรือคล้ายกันภายใต้สภาพแห้ง

Du et al. (2018) จำแนกลักษณะความแห้งแล้งโดยใช้ข้อมูลและดัชนีจากดาวเทียมในพื้นที่เขตร้อนชื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงคือ วูเกียทูปอน ซึ่งเป็นลุ่มน้ำที่สำคัญที่สุดในเวียดนามกลางยังคงเป็นความท้าทายมานานหลายปี การศึกษานี้ตรวจสอบดัชนีทั้ง 6 ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อตรวจสอบความแห้งแล้งอย่างมีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากความไวต่อการตกตะกอนความชื้นของดินและการเชื่อมโยงกับผลกระทบต่อการผลิตพืชผลทางการเกษตรและไฟป่า ดัชนีพืชพรรณทั้ง 6 เป็นตัวแทนของกลุ่มหลัก 4 กลุ่มรวมถึง กลุ่มดัชนีอิงตามความเป็นพืชพรรณ คือ Vegetation Condition Index, กลุ่มดัชนีอิงกับน้ำ คือ Normalized Difference Water Index และ Land Surface Water Index, กลุ่มดัชนีอิงตามอุณหภูมิ คือ Temperature Condition Index และ กลุ่มดัชนีรวม คือ Vegetation Health Index และ Normalized Difference Drought Index ถูกทดสอบโดยใช้ข้อมูล MODIS ตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 2001 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ. 2016 ด้วยการสนับสนุนของแพลตฟอร์มการคำนวณของ Google Earth Engine บนคลาวด์ ผลการวิจัยพบว่าภัยแล้งเกิดขึ้นเกือบทุกปี แต่มีความรุนแรงแตกต่างกัน ความเครียดจากพืชพบว่าส่วนใหญ่เกิดจากความชื้นในนาข้าวและอุณหภูมิในพื้นที่ป่า ผลการวิจัยพบว่าดัชนีพืชพรรณเป็นตัวชี้วัดความแห้งแล้งที่ละเอียดอ่อนมากขึ้นในลุ่มน้ำ สำหรับพื้นที่นาข้าว NDDI มีความไวต่อความชื้นมากกว่าดัชนีอื่น ๆ ซึ่งช่วยตรวจจับความแห้งแล้งและผลกระทบต่อผลผลิตของพืช สำหรับพื้นที่ป่า VHI มีความไวต่ออุณหภูมิมากกว่าและมีประสิทธิภาพดีกว่าดัชนีอื่น ๆ ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้ NDDI และ VHI สำหรับตรวจสอบความแห้งแล้งในพื้นที่เกษตรกรรมและป่าไม้ตามลำดับ ผลจากการศึกษานี้มีความสำคัญในการทำแผนที่ความเสี่ยงภัยแล้งและจัดทำแผนการบรรเทาผลกระทบที่มีประสิทธิภาพสำหรับลุ่มน้ำ

Sholihaha et al. (2016) ได้ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลทดสอบเพื่อตรวจสอบระดับความแห้งแล้งในช่วงประมาณ 184.486 เฮกแตร์ของในพื้นที่ซูบิงและการวาง ประเทศอินโดนีเซีย ดัชนี VHI เป็นดัชนีความแห้งแล้งทางพืชซึ่งอาศัยข้อมูลการสำรวจระยะไกลโดยใช้ข้อมูลระยะยาวของปี 2543, 2548, 2553 และ 2558 VHI ได้รวบรวมความสมบูรณ์พืชพรรณโดยรวมซึ่งเหมาะสมที่จะบ่งชี้ถึงภาวะภัยแล้งทางการเกษตร VCI และ TCI ดัชนีทั้งสองนั้นได้มาจาก NDVI และข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวดิน (LST) ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า VHI ลดลงมากกว่าร้อยละ 50 จาก 30.86 ในปี 2000 ในปี 2015 อยู่ในระดับ 14.66 แสดงให้เห็นว่าระดับความแห้งแล้งทวีความรุนแรงมากขึ้นในพื้นที่วิจัยจากภัยแล้งเล็กน้อยสู่ภัยแล้งที่รุนแรง ความรุนแรงส่วนใหญ่เกิดจาก LST ที่เพิ่มขึ้นจาก 27 ° C ในปี 2000 เป็น 40 ° C ในปี 2015 นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มลดลงของค่า NDVI ในปีที่ผ่านมาทำให้พื้นที่เกษตรกรรมอ่อนไหวต่อภัยแล้ง

Sruthi and Mohammed Aslam (2015) ได้วิเคราะห์ความเครียดพืชพรรณในเมืองไรชัวร์ รัฐกรณาฏกะ ประเทศอินเดีย พร้อมการคำนวณค่า NDVI และ LST จากข้อมูล MODIS การรวมกันของ NDVI และ LST ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากสำหรับการตรวจสอบภัยแล้งทางการเกษตรและระบบเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับเกษตรกร การคำนวณค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง LST และ NDVI นั้นสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบสูง ความสัมพันธ์ระหว่าง LST และ NDVI คือ -0.635 สำหรับปี 2002 และ -0.586 สำหรับปี 2012 LST เมื่อมีความสัมพันธ์กับ NDVI สามารถใช้เพื่อตรวจสอบความแห้งแล้งทางการเกษตรของภูมิภาคดังที่แสดงในงานวิจัยนี้

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้อุณหภูมิพื้นผิว

นราธิป เฟ่งพิศ และคณะ (2560) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ในพื้นที่อำเภอเมืองระยอง และเลือกวิธีการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ที่ประกอบด้วย 3 พารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ 1) อุณหภูมิพื้นผิว 2) ค่าแผ่รังสีพื้นผิว และ 3) ไอน้ำในชั้นบรรยากาศในการประมาณค่า ร่วมกับการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล ผลจากการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่เท่ากับ 290.86 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 56.46 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เท่ากับ 89.77 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 17.42 พื้นที่อื่น ๆ มีพื้นที่เท่ากับ 70.54 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 13.69 พื้นที่ป่าไม่มีพื้นที่เท่ากับ 60.15 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 11.67 และพื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่เท่ากับ 3.87 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 0.75 ผลจากการประเมินความถูกต้องของการจำแนกพบว่ามีค่าความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 78.80 เปอร์เซ็นต์ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยกับพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างนั้นมีความสัมพันธ์กันและมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9604 นอกเหนือจากนี้จากการทำนายอุณหภูมิจากสมการถดถอยเชิงเส้น พบว่าถ้าในอนาคตร้อยละของพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว อำเภอเมืองระยองจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 5.69 องศาเซลเซียส

Anandababu et al. (2018) ได้ทำการประมาณค่า LST โดยใช้ ArcGIS ในเมืองไฮเซอร์ รัฐทมิฬนาฑู ประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 ค่า LST ได้พิจารณาจากค่า NDVI ที่กำหนดจากช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ค่า LSE ใช้จากช่วงคลื่นความร้อน การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่ฟังก์ชัน Raster ใน ArcGIS และการคำนวณ Raster โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ช่วงเดือนเมษายนและเดือนพฤศจิกายน ช่วงคลื่นความร้อน (แบนด์ 10 และ 11) ผลลัพธ์ที่ได้ในการคำนวณ NDVI, LSE และ LST มีความถูกต้องเหมาะสม

Danodia et al. (2017) ได้คำนวณหาค่าข้อมูลการแผ่รังสีของผิวดินและอุณหภูมิพื้นผิวของพื้นที่อินเดียตอนเหนือโดยใช้วิธีการ RTE และวิธี Single Channel (SC) สำหรับฤดูหนาวโดยใช้ Landsat-8 ระบบ TIRS ภารกิจหลักในการคำนวณหาค่า LST คือการลบผลกระทบการลดทอนของชั้นบรรยากาศและการคำนวณค่าแผ่รังสีพื้นผิว (LSE) ด้วยความแปรปรวนของพืชซึ่งรวมอยู่ใน LSE ดังนั้น NDVI จึงถูกประเมินว่าเป็นดัชนีของพืชพรรณที่มีความหลากหลายครอบคลุม ความสว่างที่ลอยขึ้นและจมลงด้วยการส่งผ่านบรรยากาศนั้นประเมินจากแบบจำลอง MODTRAN สำหรับ TIRS ความกระจ่างเหล่านี้รวมอยู่ในการประมาณค่ากระบวนการที่ซับซ้อนของ LSE อัลกอริธึม RTE และ SC ช่วยลดความเสี่ยงที่วัดได้ที่ระดับเซ็นเซอร์พร้อมกับการแผ่รังสี ค่าเฉลี่ยของ LST อยู่ระหว่าง 302.3 เคลวิน ถึง 276.5 เคลวิน และ 307.7 เคลวิน ถึง 282.0 เคลวิน ซึ่งได้มาจากวิธี RTE และวิธี SC ตามลำดับ สำหรับพื้นที่ครอบคลุมทุกประเภทในพื้นที่ศึกษา เปรียบเทียบค่า NDVI กับค่า LST ที่เกี่ยวข้องเพื่อทำความเข้าใจการเชื่อมโยง LST กับ NDVI ความสัมพันธ์เชิงลบที่แข็งแกร่งถูกพบระหว่าง NDVI และ LST ($R^2 = 0.80$ สำหรับวิธี RTE และ $R^2 = 0.84$ สำหรับวิธี SC) โดยเฉพาะในพื้นที่เพาะปลูก

Sekertekin (2019) ศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธีการ RTE ในการคำนวณหา LST โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 และตรวจสอบกับข้อมูล LST ของแหล่งกำเนิด เพื่อตรวจสอบ LST จากดาวเทียม การตรวจวัด LST ของแหล่งกำเนิดได้จากสถานี Surface Radiation Budget Network (SURFRAD) 4 สถานี (BND, FPK, TBL และ GWN) และภาพสำหรับแต่ละสถานี SURFRAD ภาพที่ไม่มีเมฆจำนวน 20 ภาพใช้สำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง LST ด้วยวิธี RTE วิธีการ RTE ใช้พารามิเตอร์บรรยากาศได้มาจากข้อมูล radiosounding ผ่านดาวเทียม ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้ได้จากเครื่องแก้ไขพารามิเตอร์บรรยากาศของนาซ่า เนื่องจากไม่มีข้อมูล radiosounding ทุกครั้ง การศึกษานี้มีกระบวนการตรวจสอบข้อมูลทางสถิติ ได้แก่ coefficient of determination (R^2), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE) และ RMSE-observations standard deviation ratio (RSR) ถูกคำนวณเป็น 0.96, 3.12 เคลวิน, 2.30 เคลวิน และ 0.33 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความแม่นยำของวิธี RTE ในการหาค่า LST เพิ่มขึ้น ($R^2 = 0.97$, RMSE = 2.17 เคลวิน, MAE = 1.44 เคลวิน และ RSR = 0.25) หลังจากลบสถานี TBL ออกจากการวิเคราะห์เนื่องจากความแตกต่าง LST กับภาพถ่ายดาวเทียมของสถานีนี้สูงในทุกซึนภาพ ผลการวิจัยพบว่าวิธี RTE ที่ใช้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและการปฏิบัติสำหรับการหาค่า LST จากข้อมูล Landsat 8 แม้จะใช้พารามิเตอร์บรรยากาศที่ถูกแก้ไขแทนที่จะเป็นข้อมูลจาก radiosounding

Yu et al. (2014) ได้เปรียบเทียบวิธีที่ต่างกัันสามวิธีสำหรับค่าเปลี่ยนแปลง LST จาก TIRS ซึ่งมีวิธี Radiative Transfer Equation-Based Method, วิธี Split-Window Algorithm และวิธี Single Channel Method มีการใช้ไซต์ตรวจสอบสมดุพลังงานสี่แห่งจาก SURFRAD รวมกับผลิตภัณฑ์ MODIS 8 Day Emissivity สำหรับตรวจสอบความถูกต้อง สำหรับไซต์และซึนที่ถูกตรวจสอบผลลัพธ์แสดงให้เห็่นว่าค่าเปลี่ยนแปลง LST จากแบนด์ 10 ด้วยวิธี Radiative Transfer Equation-Based Method มีความแม่นยำสูงที่สุด โดยค่า RMSE ต่ำกว่า 1 เคลวิน ในขณะที่วิธี SW มีความแม่นยำปานกลาง และวิธี SC มีความแม่นยำต่ำที่สุด



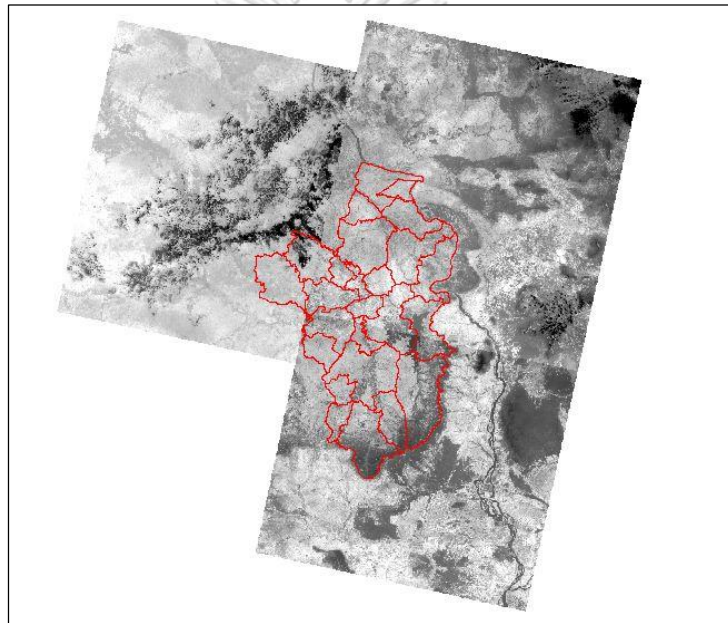
บทที่ 4

วิธีดำเนินงานวิจัย

4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

4.1.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ภาพถ่ายดาวเทียมระบบ OLI และ TIRS ของดาวเทียม Landsat 8 แบนด์ 4 (0.64 - 0.67 μm), แบนด์ 5 (0.85 - 0.88 μm) และแบนด์ 10 (10.60 - 11.19 μm) มีความละเอียดภาพที่ 30, 30 และ 100 เมตร ตามลำดับ แต่ข้อมูลแบนด์ 10 ที่ให้บริการปรับให้เหลือความละเอียดภาพที่ 30 เมตร ใช้ข้อมูลใน path/row ดังนี้ 126049, 126050 และ 127049 ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

ช่วงเวลาเดือนสิงหาคม – เดือนกรกฎาคม ในปี พ.ศ. 2556 – 2561 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายที่ดีที่สุดในเดือนนั้น ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่จะได้รับในทุกๆ 16 วัน และเวลาที่ผ่านประเทศไทย เวลาประมาณ 10.30 น. ดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <https://earthexplorer.usgs.gov/> ของ The United States Geological Survey (USGS)

ตารางที่ 4.1 ช่วงเวลาที่ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการศึกษา

path/row 126049	path/row 126050	path/row 127049
เดือนสิงหาคม 2556 – เดือนกรกฎาคม 2557		
เดือนสิงหาคม 2557 – เดือนกรกฎาคม 2558		
เดือนสิงหาคม 2558 – เดือนกรกฎาคม 2559		
เดือนสิงหาคม 2559 – เดือนกรกฎาคม 2560		
เดือนสิงหาคม 2560 – เดือนกรกฎาคม 2561		

4.1.2 ข้อมูลปริมาณผลผลิตข้าว

ข้อมูลปริมาณผลผลิตข้าว ช่วงเดือนสิงหาคม – เดือนกรกฎาคม ในปี พ.ศ. 2556 – 2561 ของจังหวัดอุบลราชธานี จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลผลผลิตข้าวจังหวัดอุบลราชธานี ปี พ.ศ. 2556 – 2561

ผลผลิตข้าว(ตัน)					
เดือน \ ปี พ.ศ.	2556-2557	2557-2558	2558-2559	2559-2560	2560-2561
สิงหาคม	-	-	-	-	-
กันยายน	-	-	-	-	-
ตุลาคม	24,307	38,218	15,489	84,819	145,811
พฤศจิกายน	1,231,681	1,089,328	1,207,760	1,143,094	1,123,734
ธันวาคม	10,001	74,272	15,861	36,152	43,319
มกราคม	-	-	-	-	-
กุมภาพันธ์	-	-	-	-	-
มีนาคม	1,106	2,131	2,687	2,870	2,641
เมษายน	48,339	51,824	28,884	47,375	56,485
พฤษภาคม	16,459	5,211	5,986	12,186	11,687
มิถุนายน	3,197	22	34	1,955	481
กรกฎาคม	-	-	-	-	-

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

4.2.1 ซอฟต์แวร์

4.2.1.1 โปรแกรม ArcMap Version 10.3.1

4.2.1.2 โปรแกรม IBM SPSS Statistics Version 19

4.2.1.3 โปรแกรม Microsoft Office

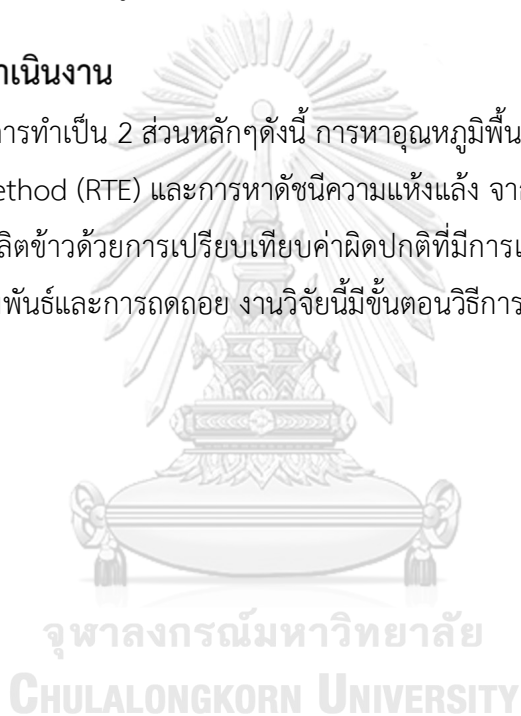
4.2.2 ฮาร์ดแวร์

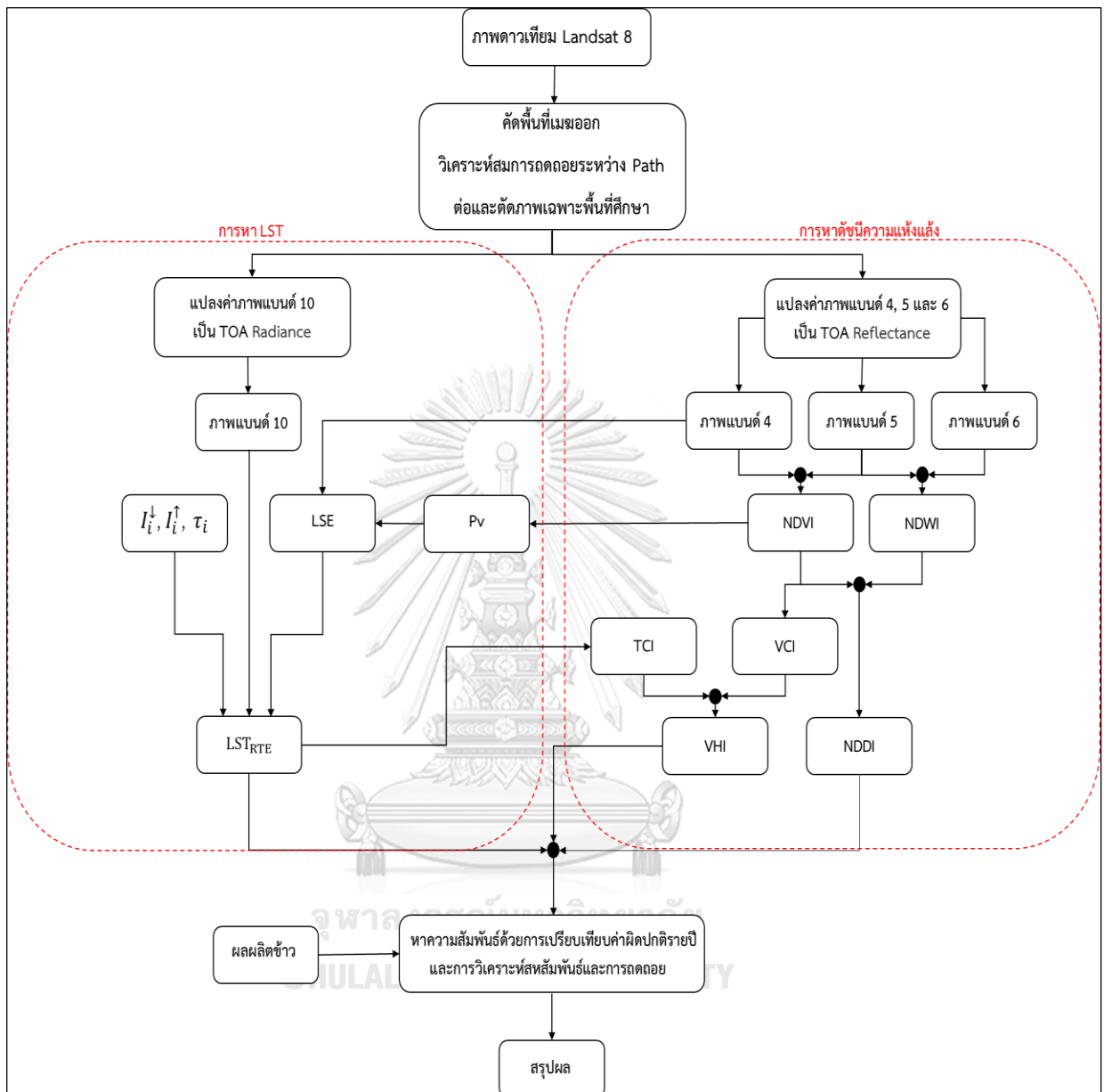
4.2.2.1 แล็ปท็อปคอมพิวเตอร์

4.2.2.2 อุปกรณ์เก็บข้อมูลภายนอก

4.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

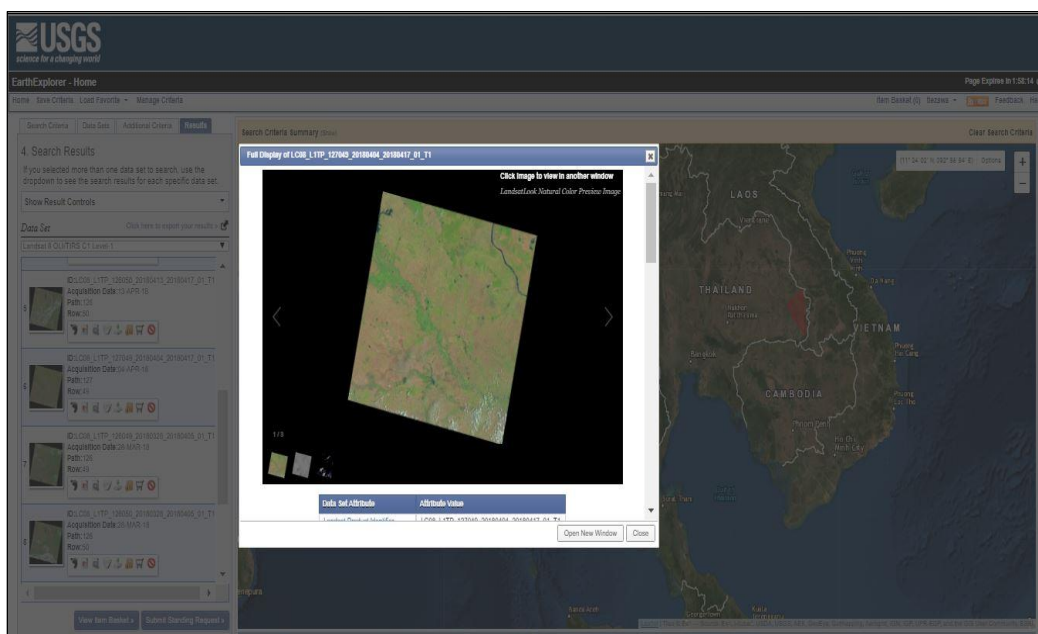
แบ่งขั้นตอนการทำงานเป็น 2 ส่วนหลักๆดังนี้ การหาอุณหภูมิพื้นผิวด้วยวิธี Radiative Transfer Equation-Based Method (RTE) และการหาค่าดัชนีความแห้งแล้ง จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวด้วยการเปรียบเทียบค่าผิดปกติที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปี รวมทั้งวิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอย งานวิจัยนี้มีขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัยโดยสรุปดังภาพที่ 4.2





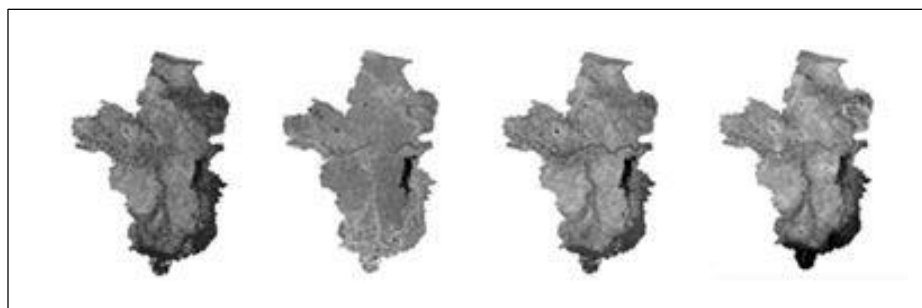
ภาพที่ 4.2 แผนผังวิธีการดำเนินงานวิจัย

4.3.1 ดาวน์โหลดของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 จากเว็บไซต์ <https://earthexplorer.usgs.gov/> โดยข้อมูลที่ได้รับในเวลาประมาณ 10.30 น. คัดเลือกภาพไม่มีเมฆบดบัง หรือภาพที่มีเมฆน้อยที่สุดของแต่ละเดือน



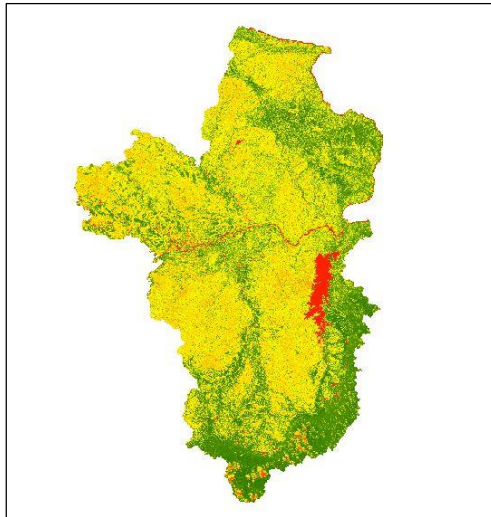
ภาพที่ 4.3 การดาวน์โหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8

4.3.2 นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบ OLI แบนด์ 4-6 และระบบ TIRS ของดาวเทียม Landsat 8 แบนด์ 10 ในแต่ละเดือนมาทำการกำหนดระบบพิกัดและคัดพื้นที่เมฆออก ในโปรแกรม ArcMap Version 10.3.1 โดยภาพระหว่าง path ที่ได้ข้อมูลต่างวันกันจะนำมาวิเคราะห์เพื่อหาสมการถดถอยก่อนใช้ Model Builder ช่วยในการต่อภาพ (Mosaic) และตัด (Clip) เฉพาะพื้นที่ศึกษาจังหวัดอุบลราชธานี



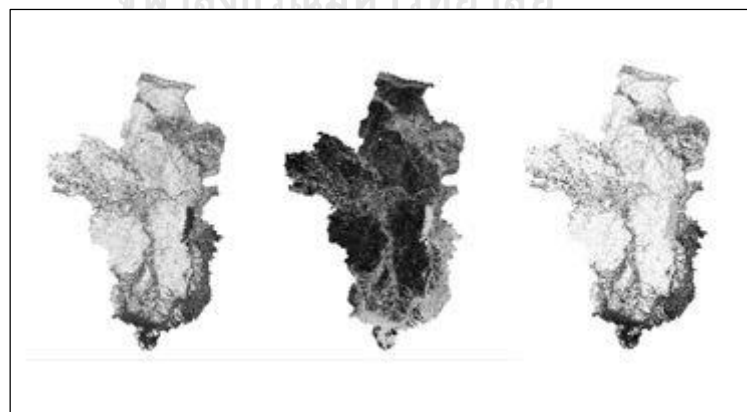
ภาพที่ 4.4 ภาพดาวเทียม Landsat 8 แบนด์ 4 ,5 ,6 และ 10 ตามลำดับ ครอบคลุมพื้นที่ที่ศึกษา

4.3.3 ส่วนที่ 1 การหา LST เริ่มจากหาค่าแผ่รังสีชั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศ (TOA radiance) จากภาพดาวเทียมแบนด์ 10 ตามสมการที่ (1) หาค่าสะท้อนชั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศ (TOA reflectance) จากภาพดาวเทียมแบนด์ 4 และแบนด์ 5 ตามสมการที่ (2) แล้วนำมาหาค่า NDVI ตามสมการที่ (3) โดยใช้เครื่องมือ Raster Calculator ตัวอย่างค่า NDVI ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.5 ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ที่ได้จากการคำนวณ

หาค่า LSE จากค่าเศษส่วนพืชพรรณ (P_v) และค่าผลกระทบจากพื้นผิวขรุขระ (C_i) ที่หาได้จากสมการที่ (11) และ (12) ตามลำดับ ซึ่งการคำนวณหาค่า LSE ต้องใช้สมการเงื่อนไขค่า NDVI ในสมการที่ (10)



ภาพที่ 4.6 ค่าผลกระทบจากพื้นผิวขรุขระ ค่าเศษส่วนพืชพรรณ และค่าแผ่รังสีพื้นผิว ตามลำดับ

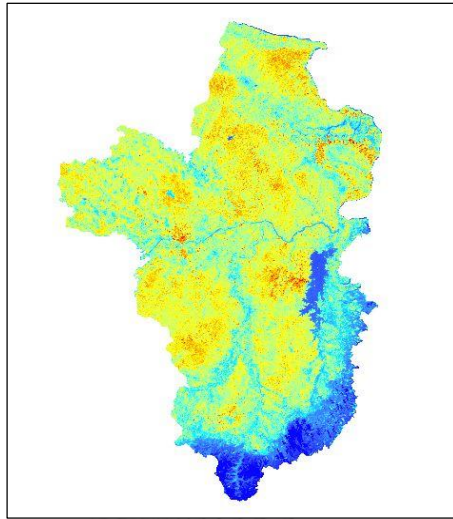
หาค่าการส่งผ่านบรรยากาศ (τ_i) ความสว่างที่จมลง (I_i^{\downarrow}) ความสว่างที่ลอยขึ้น (I_i^{\uparrow}) ได้จาก เครื่องคำนวณตัวแปรชั้นบรรยากาศออนไลน์จากเว็บไซต์ <https://atmcorr.gsfc.nasa.gov/> โดย จะต้องบันทึกข้อมูลวันเวลาและพิกัดให้ตรงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Barsi et al., 2003)

Year: 2018	Month: 5	Day: 14
GMT Hour: 3	Minute: 30	
Latitude: 14.78129 <small>+ is North, - is South</small>	Longitude: 105.1678 <small>+ is East, - is West</small>	
<input type="radio"/> Use atmospheric profile for closest integer lat/long help <input checked="" type="radio"/> Use interpolated atmospheric profile for given lat/long help		
<input type="radio"/> Use mid-latitude summer standard atmosphere for upper atmospheric profile help <input checked="" type="radio"/> Use mid-latitude winter standard atmosphere for upper atmospheric profile help		
<input checked="" type="radio"/> Use Landsat-8 TIRS Band 10 spectral response curve <input type="radio"/> Use Landsat-7 Band 6 spectral response curve <input type="radio"/> Use Landsat-5 Band 6 spectral response curve <input type="radio"/> Output only atmospheric profile, do not calculate effective radiances		
Optional: Surface Conditions <i>(If you do not enter surface conditions, model predicted surface conditions will be used. If you do enter surface conditions, all four conditions must be entered.)</i>		
Altitude (km): <input type="text"/>	Pressure (mb): <input type="text"/>	
Temperature (C): <input type="text"/>	Relative Humidity (%): <input type="text"/>	
Results will be sent to the following address:		
Email: <input type="text" value="t.thirapon@gmail.com"/>		
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Clear Fields"/>		

CHULALONGKORN UNIVERSITY

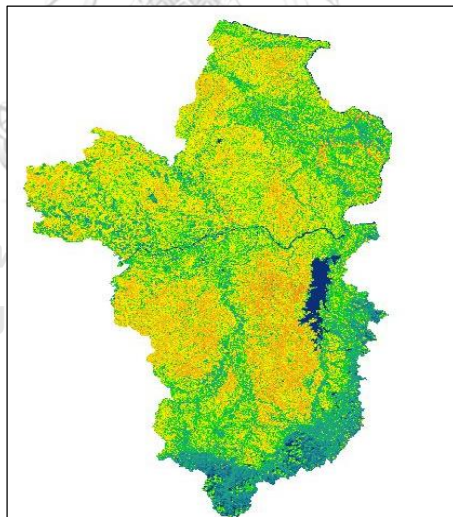
ภาพที่ 4.7 การคำนวณตัวแปรชั้นบรรยากาศออนไลน์

การหาค่า LST โดยวิธี RTE ดังสมการที่ (9) ได้จากค่า LSE และ TOA radiance ร่วมกับตัวแปรค่าการส่งผ่านบรรยากาศ (τ_i) ความสว่างที่จมลง (I_i^{\downarrow}) ความสว่างที่ลอยขึ้น (I_i^{\uparrow})



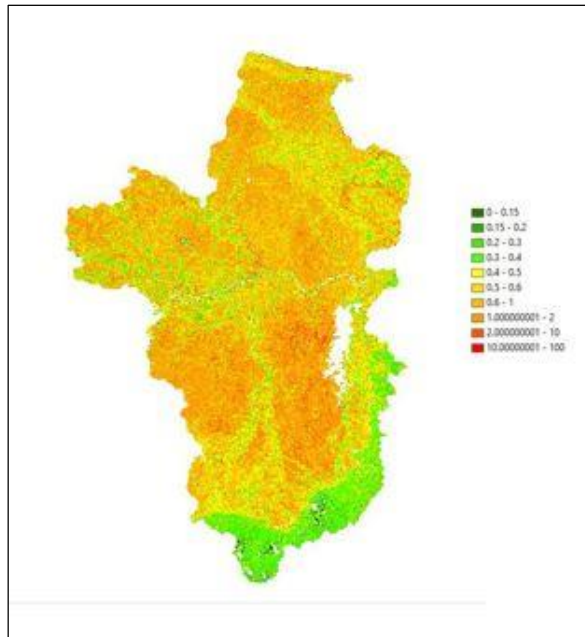
ภาพที่ 4.8 ค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) ที่คำนวณด้วยวิธี RTE

4.3.4 ส่วนที่ 2 นำภาพดาวเทียมแบนด์ 5 และแบนด์ 6 ที่หาค่าสะท้อนชั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศ (TOA reflectance) เรียบร้อยแล้ว มาหาค่า NDWI ตามสมการที่ (4) ตัวอย่างค่า NDWI ดังภาพที่ 4.7



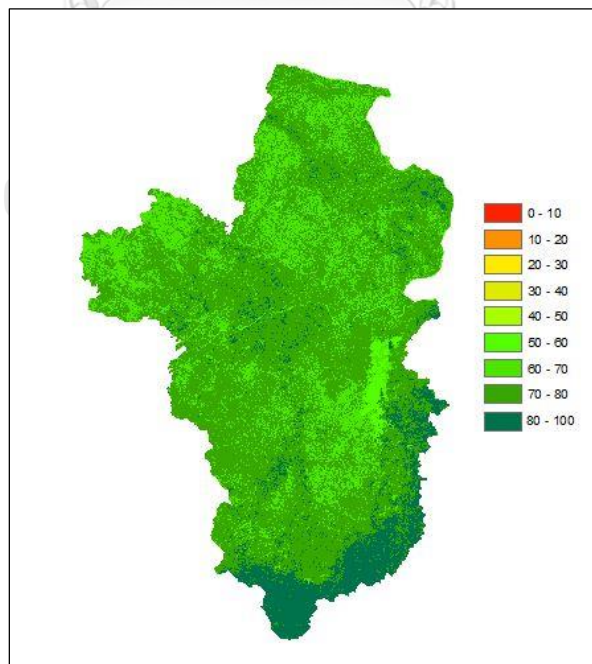
ภาพที่ 4.9 ค่าดัชนีผลต่างความชื้นแบบนอร์มัลไลซ์ (NDWI)

นำค่า NDWI มาคำนวณหาดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง NDDI ตามสมการที่ (5) ร่วมกับค่า NDVI ที่หาไว้แล้วในส่วนที่ 1



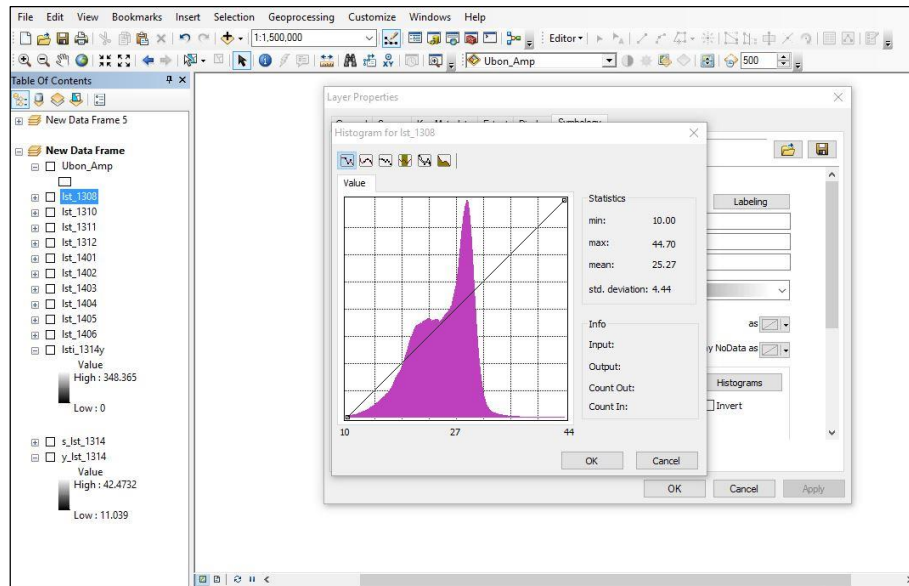
ภาพที่ 4.10 ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (NDDI) ตามเกณฑ์ของ Gu

ค่า NDVI ที่ได้นำมาหาค่า VCI ต่อตามสมการที่ (6) ส่วนค่า LST ที่ได้นำมาหาค่า TCI ต่อตามสมการที่ (7) เมื่อได้ค่า VCI และ TCI แล้วจึงนำมาคำนวณหาดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ VHI ตามสมการที่ (8)



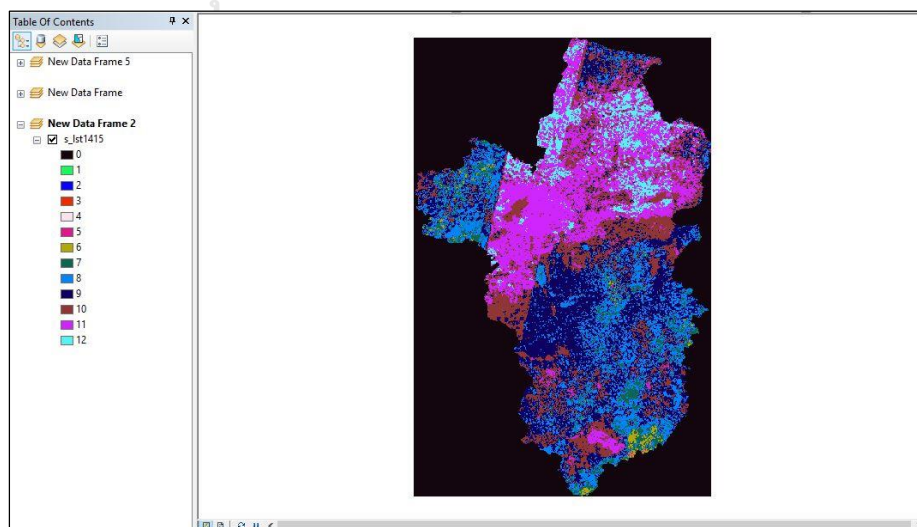
ภาพที่ 4.11 ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI) ตามเกณฑ์ของ Kogan

4.3.5 ตรวจสอบค่าอุณหภูมิพื้นผิว ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง และค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณรายเดือนที่คำนวณได้ ดังภาพที่ 4.12 จากนั้นบันทึกค่าที่ได้จากการคำนวณต่าง ๆ ลงในโปรแกรม Excel เพื่อจัดทำในรูปแบบตารางและกราฟ



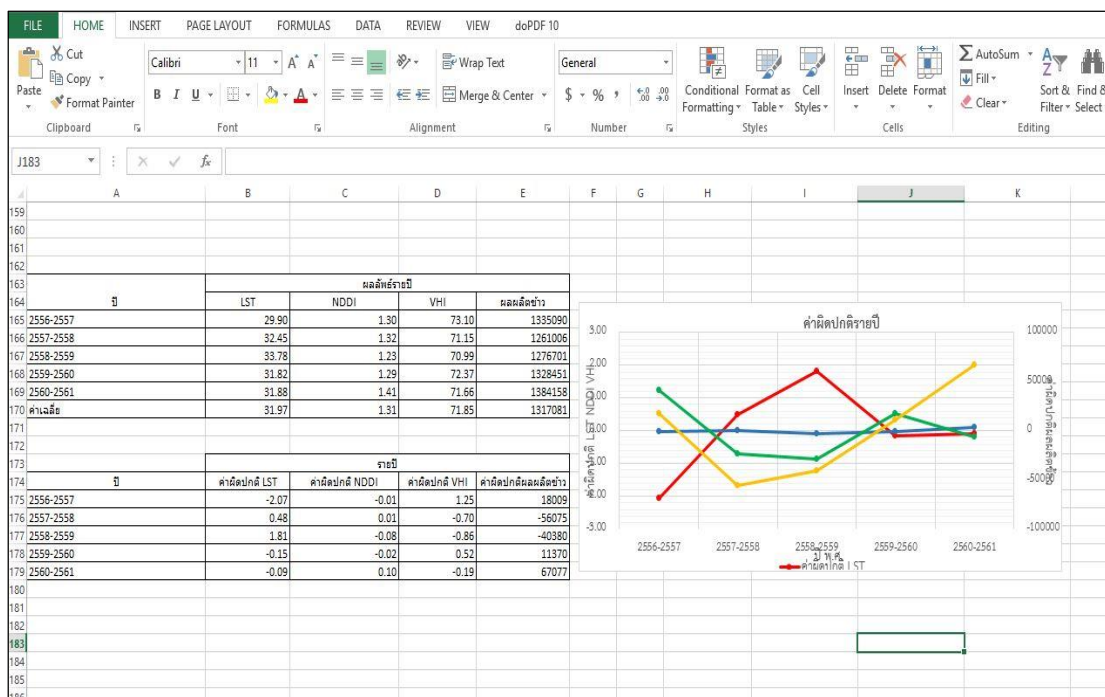
ภาพที่ 4.12 การตรวจสอบค่ารายเดือนที่คำนวณได้

งานนั้นนำข้อมูลรายเดือนทุกเดือนบวกค่ารวมกัน ก่อนจะหารด้วยชั้นข้อมูลที่มีค่าพิคเซลจำนวนเดือน ดังภาพที่ 4.13 ซึ่งในแต่ละพิคเซลจะมีค่าต่างกัน สูงสุดอยู่ที่ 12 ตามจำนวนเดือนในรอบ 1 ปี บางพิคเซลมีค่าน้อยกว่าซึ่งเกิดจากในบางเดือนพื้นที่นั้น ๆ มีเมฆบดบังจึงไม่มีข้อมูลในการคำนวณ



ภาพที่ 4.13 ชั้นข้อมูลที่มีค่าพิคเซลจำนวนเดือน

เมื่อได้ข้อมูลรายปีจึงแสดงผลในรูปแบบแผนภูมิ และบันทึกค่าที่ได้จากการคำนวณต่าง ๆ ลงในโปรแกรม Excel เพื่อจัดทำในรูปแบบตารางและกราฟ

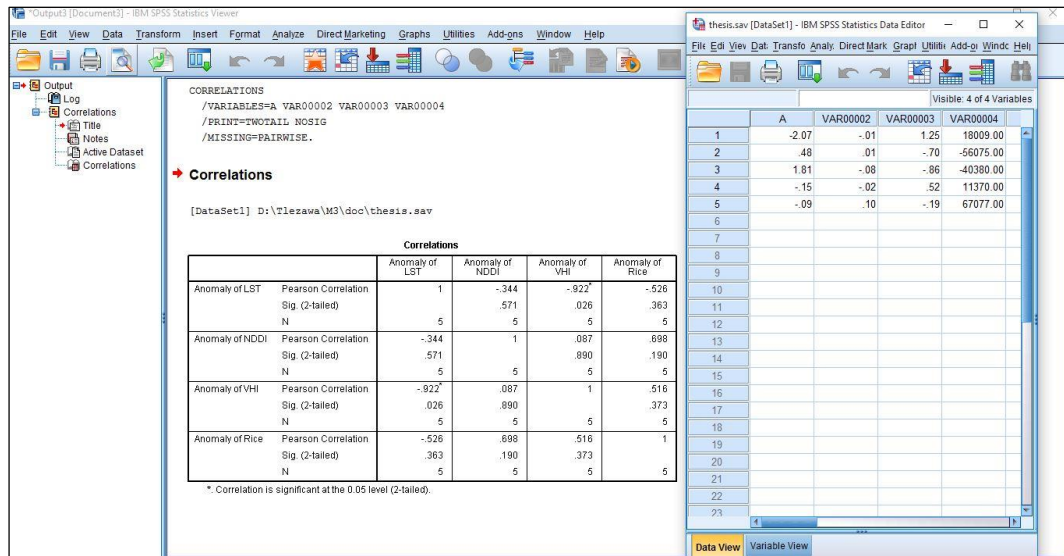


ภาพที่ 4.14 การบันทึกค่าและแสดงผลในโปรแกรม Excel

4.4 การหาความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว

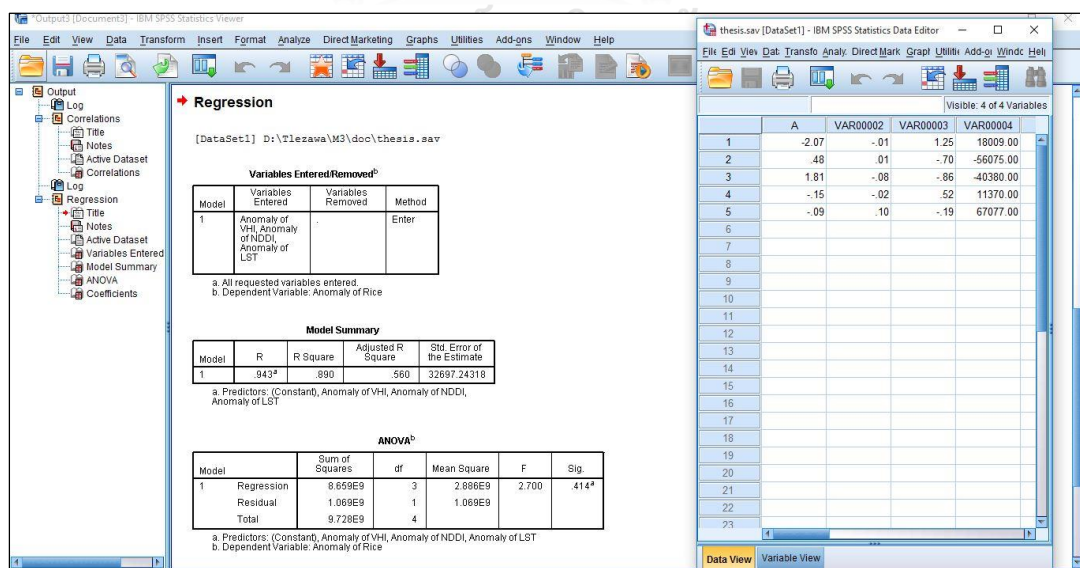
การหาความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวโดยใช้ค่าผิดปกติ (Anomaly) คือ ค่าที่ต่างจากค่าปกติหรือค่าเฉลี่ย ซึ่งค่าอุณหภูมิพื้นผิว ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ และผลผลิตข้าว มีช่วงค่าการเปลี่ยนแปลงจากค่าปกติที่ต่างกัน นำค่าผิดปกติของทั้ง 3 ค่าเปรียบเทียบกับค่าผิดปกติของผลผลิตข้าว โดยเปรียบเทียบเป็นคู่ และเปรียบเทียบทุกค่ารวมกัน แสดงผลในรูปกราฟ จากนั้นวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอยด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics Version 19

4.4.1 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้คือ นำค่าผิดปกติ อุณหภูมิพื้นผิวเปรียบเทียบกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าวของทุกปี และสังเกตค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เพื่อดูความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นว่ามากน้อยเพียงใดและไปในทิศทางใด รวมทั้งค่าผิดปกติดัชนีผลต่าง ความแห้งแล้ง ค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ ก็ใช้วิธีการที่กล่าวมาเช่นเดียวกัน การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics Version 19

4.4.2 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression) มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้คือนำค่าผิดปกติของหมู่มิพันธุ์ ค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง ค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบร่วมกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าวของทุกปีแล้วสังเกตค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เพื่อดูตัวแปรทั้งหมดว่ามีอิทธิพลหรือเป็นปัจจัยในการอธิบายความผันแปรของผลผลิตข้าวได้มากน้อยเพียงใด การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ดังภาพที่ 4.16



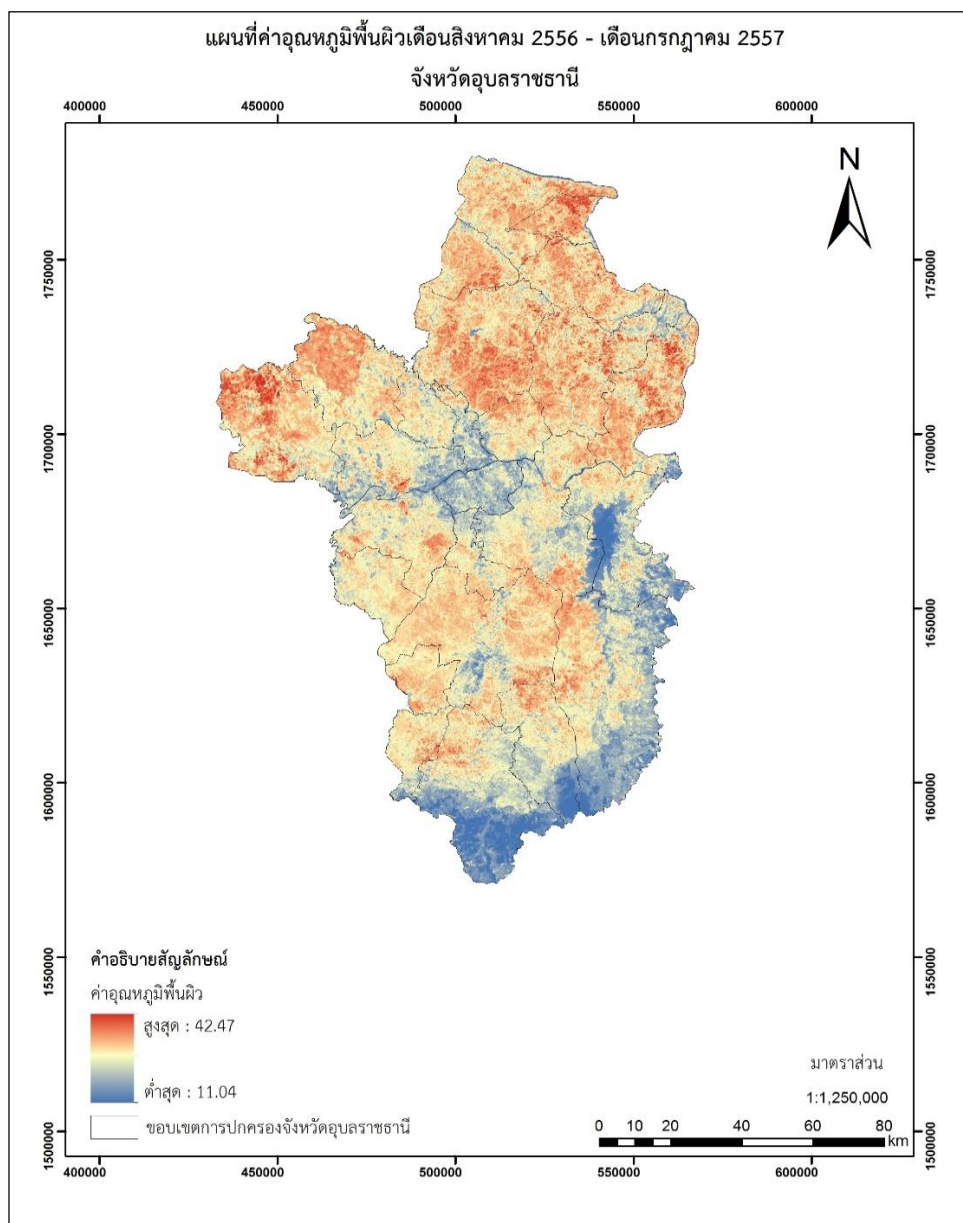
ภาพที่ 4.16 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics Version 19

บทที่ 5

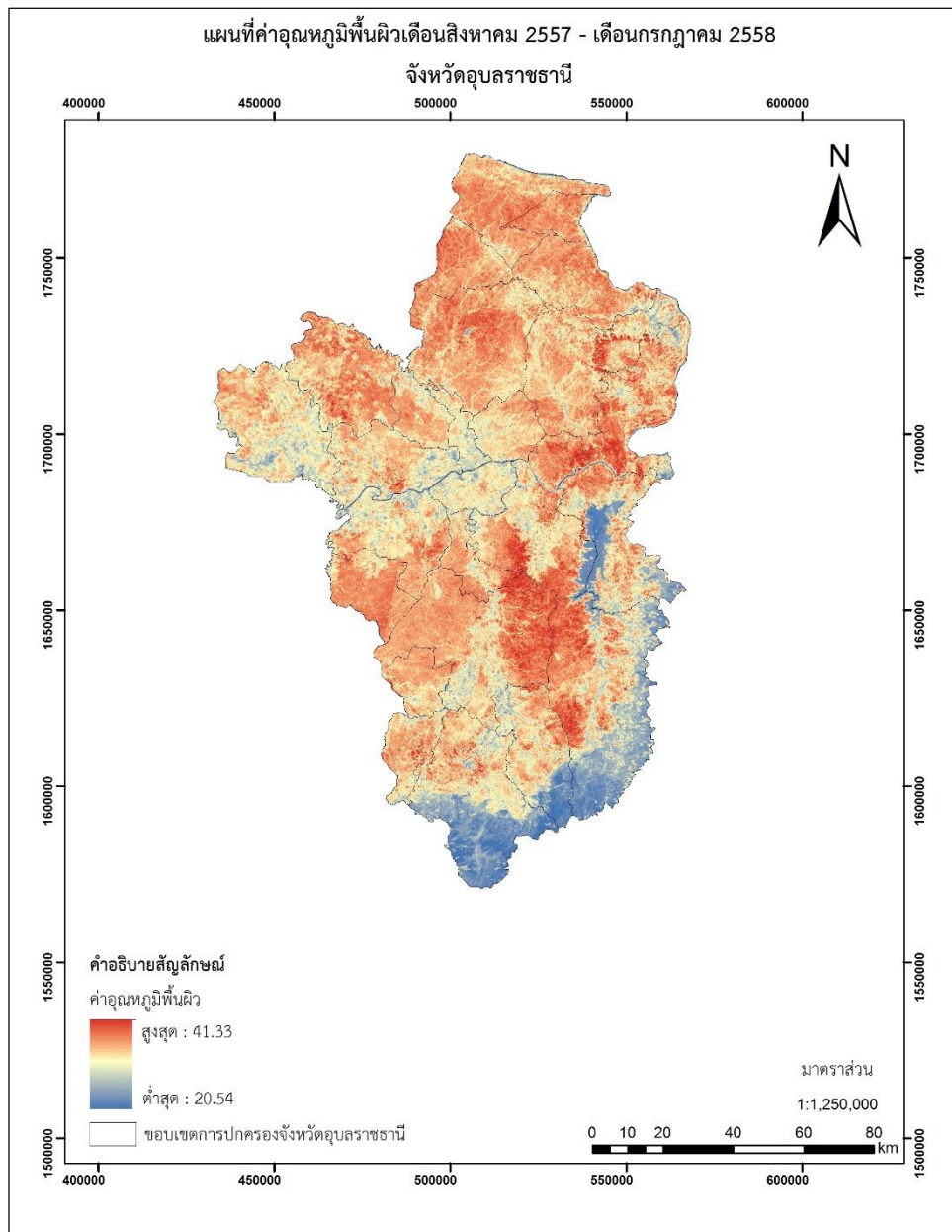
ผลการศึกษา

5.1 ผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิว

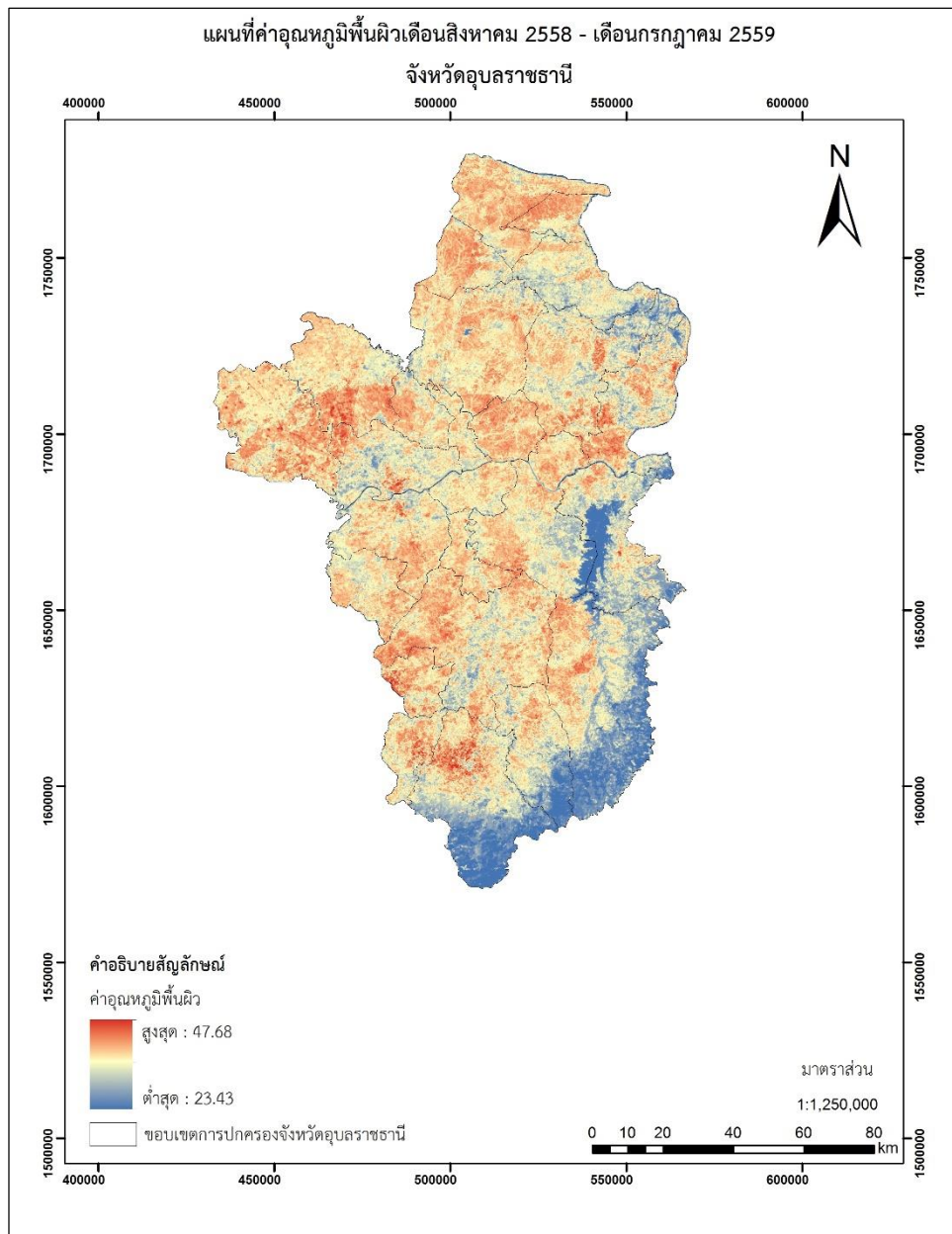
ผลการวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิพื้นผิว ซึ่งได้จากการประมวลผลของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 โดยใช้วิธี Radiative Transfer Equation-Based Method ในช่วงเวลาดังแต่เดือนสิงหาคม 2556 – เดือนกรกฎาคม 2561 โดยเฉลี่ยเป็นรายปีดังนี้



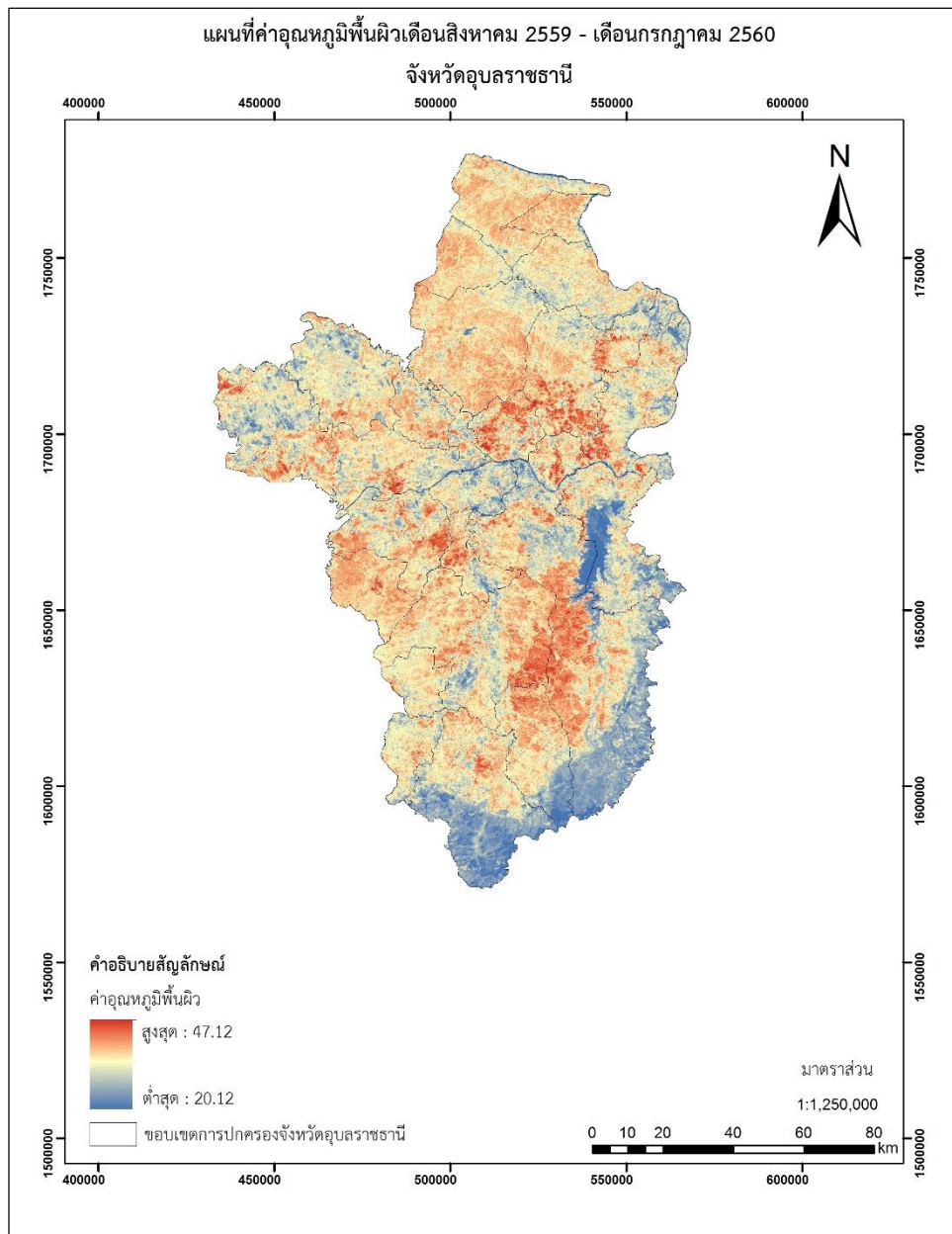
ภาพที่ 5.1 ผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวเดือนสิงหาคม 2556 – เดือนกรกฎาคม 2557



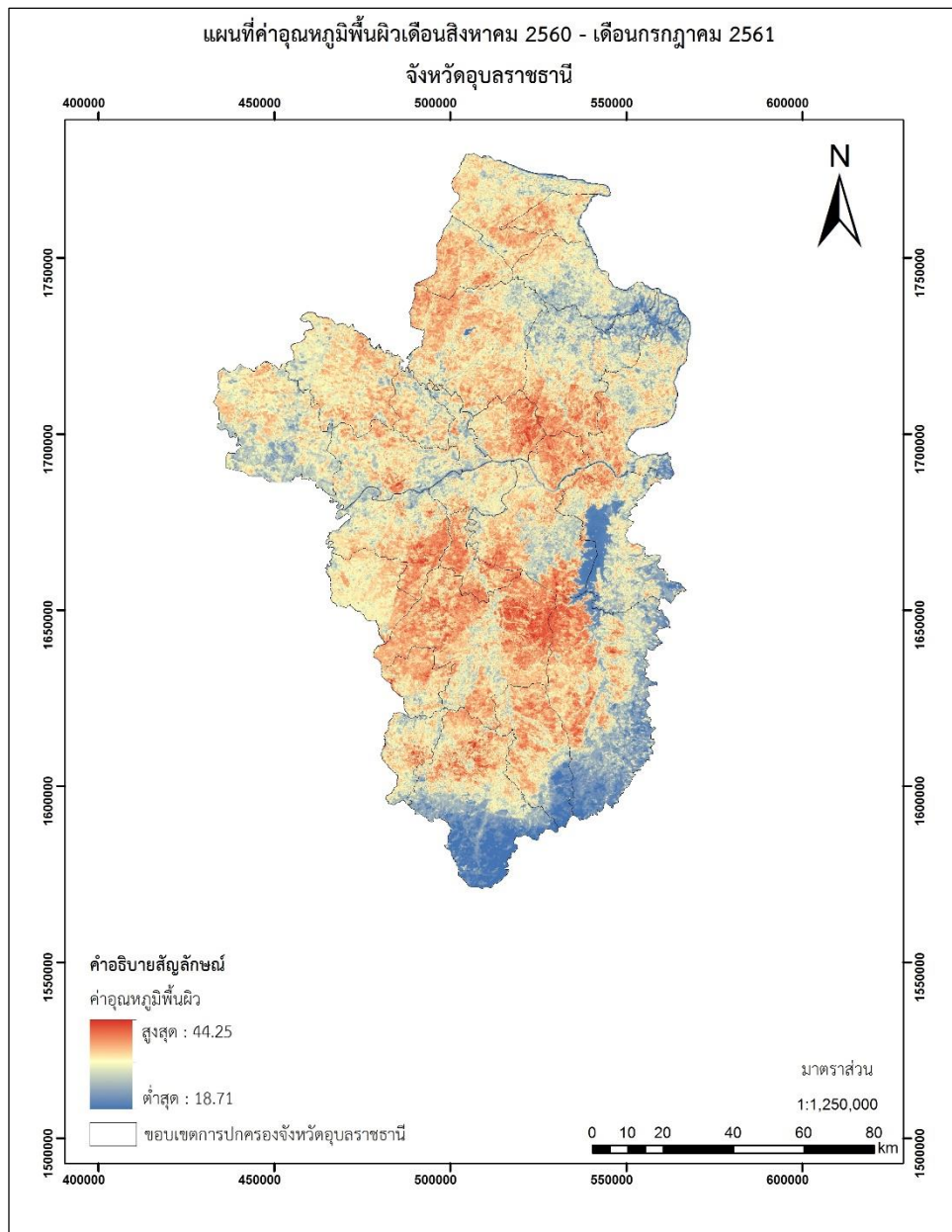
ภาพที่ 5.2 ผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวเดือนสิงหาคม 2557 - เดือนกรกฎาคม 2558



ภาพที่ 5.3 ผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวเดือนสิงหาคม 2558 – เดือนกรกฎาคม 2559



ภาพที่ 5.4 ผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวเดือนสิงหาคม 2559 – เดือนกรกฎาคม 2560



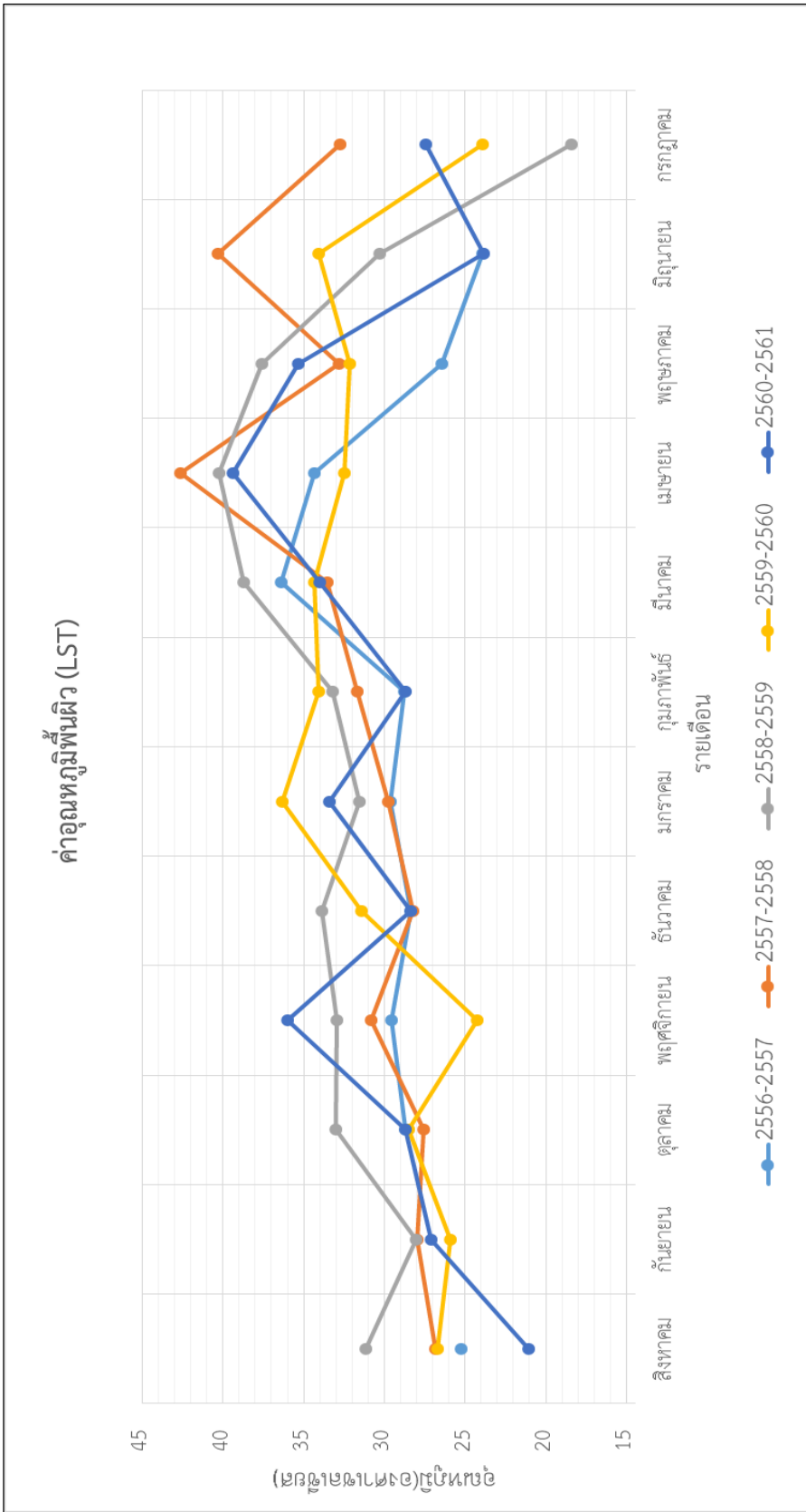
ภาพที่ 5.5 ผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวเดือนสิงหาคม 2560 – เดือนกรกฎาคม 2561

จากภาพที่ 5.1 – 5.5 เป็นการวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิพื้นผิวรายปีที่ได้จากการเฉลี่ยค่าอุณหภูมิพื้นผิวรายเดือน ค่าอุณหภูมิพื้นผิวรายเดือนสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) รายเดือน

ค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) (องศาเซลเซียส)					
เดือน \ ปี พ.ศ.	2556-2557	2557-2558	2558-2559	2559-2560	2560-2561
สิงหาคม	25.27	26.81	31.14	26.68	21.07
กันยายน	-	27.99	28.01	25.92	27.08
ตุลาคม	28.7	27.55	32.99	28.49	28.67
พฤศจิกายน	29.54	30.82	32.95	24.25	35.98
ธันวาคม	28.35	28.25	33.85	31.41	28.4
มกราคม	29.6	29.73	31.53	36.32	33.4
กุมภาพันธ์	28.78	31.69	33.2	34.1	28.68
มีนาคม	36.4	33.57	38.73	34.34	33.99
เมษายน	34.37	42.67	40.22	32.5	39.41
พฤษภาคม	26.43	32.84	37.61	32.13	35.37
มิถุนายน	23.93	40.31	30.3	34.08	23.87
กรกฎาคม	-	32.75	18.38	23.93	27.41

จากผลลัพธ์ในตารางค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) รายเดือน แสดงให้เห็นถึงค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือน ซึ่งค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงสามารถสังเกตได้จากกราฟในภาพที่ 5.6

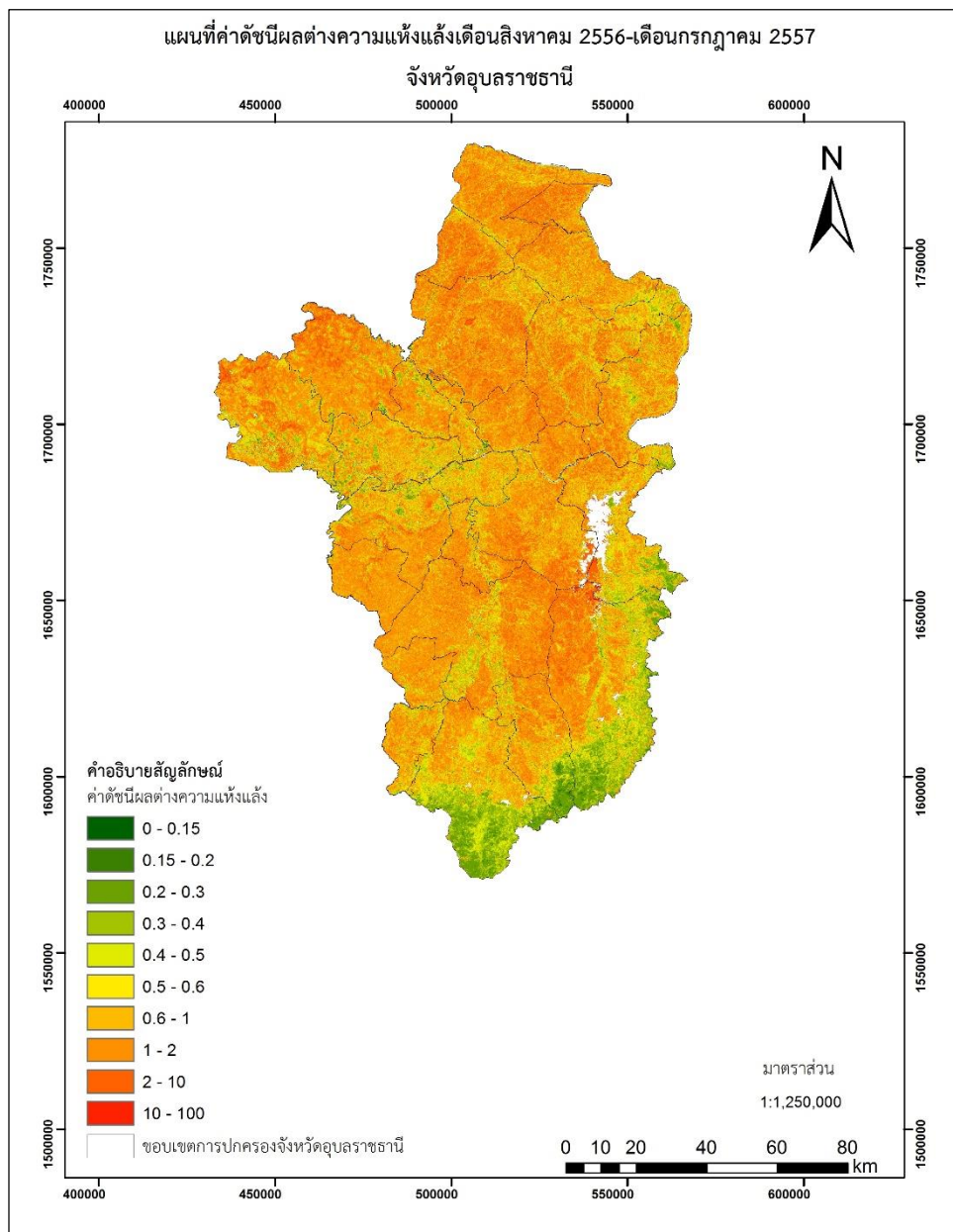


ภาพที่ 5.6 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) รายเดือน

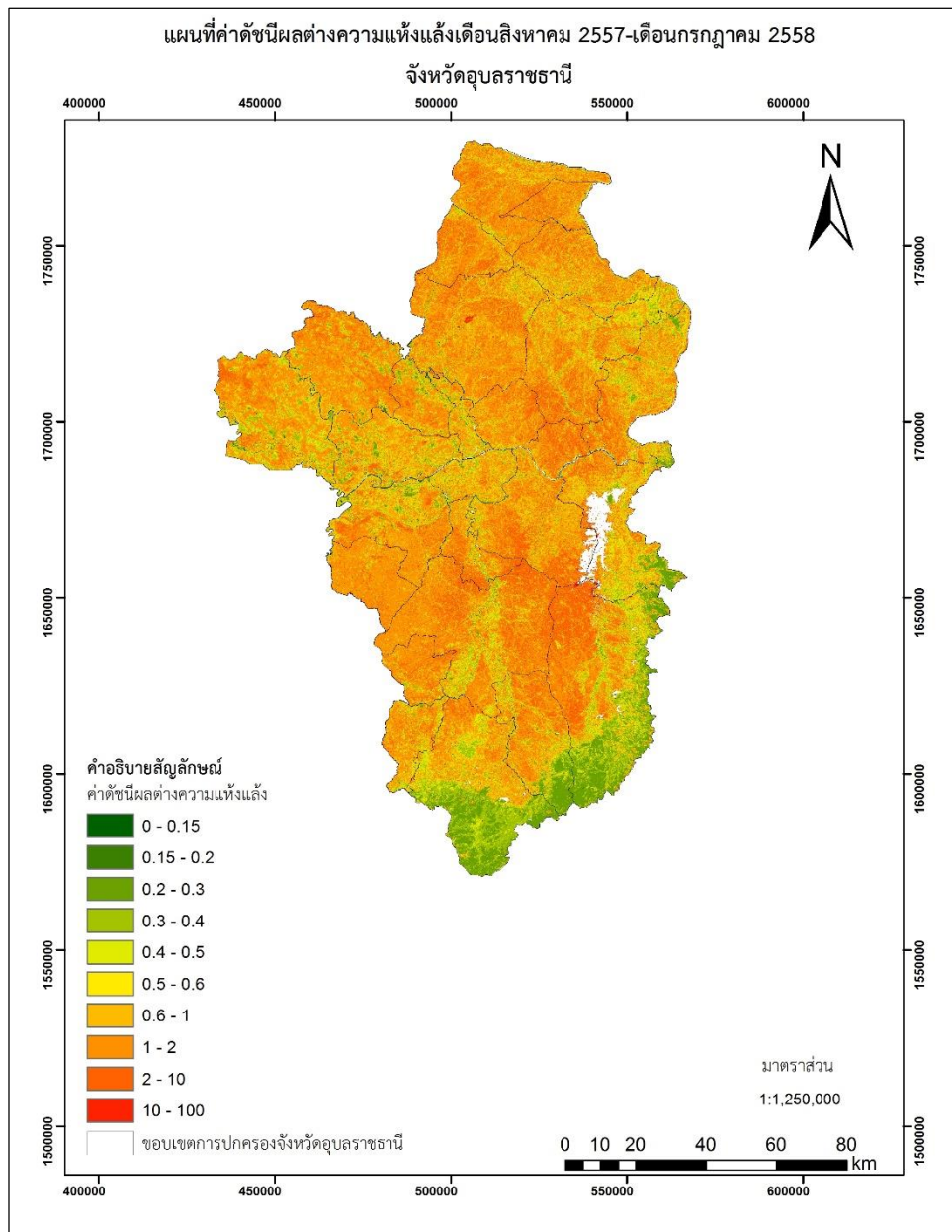
5.2 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความแห้งแล้ง

5.2.1 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (NDDI)

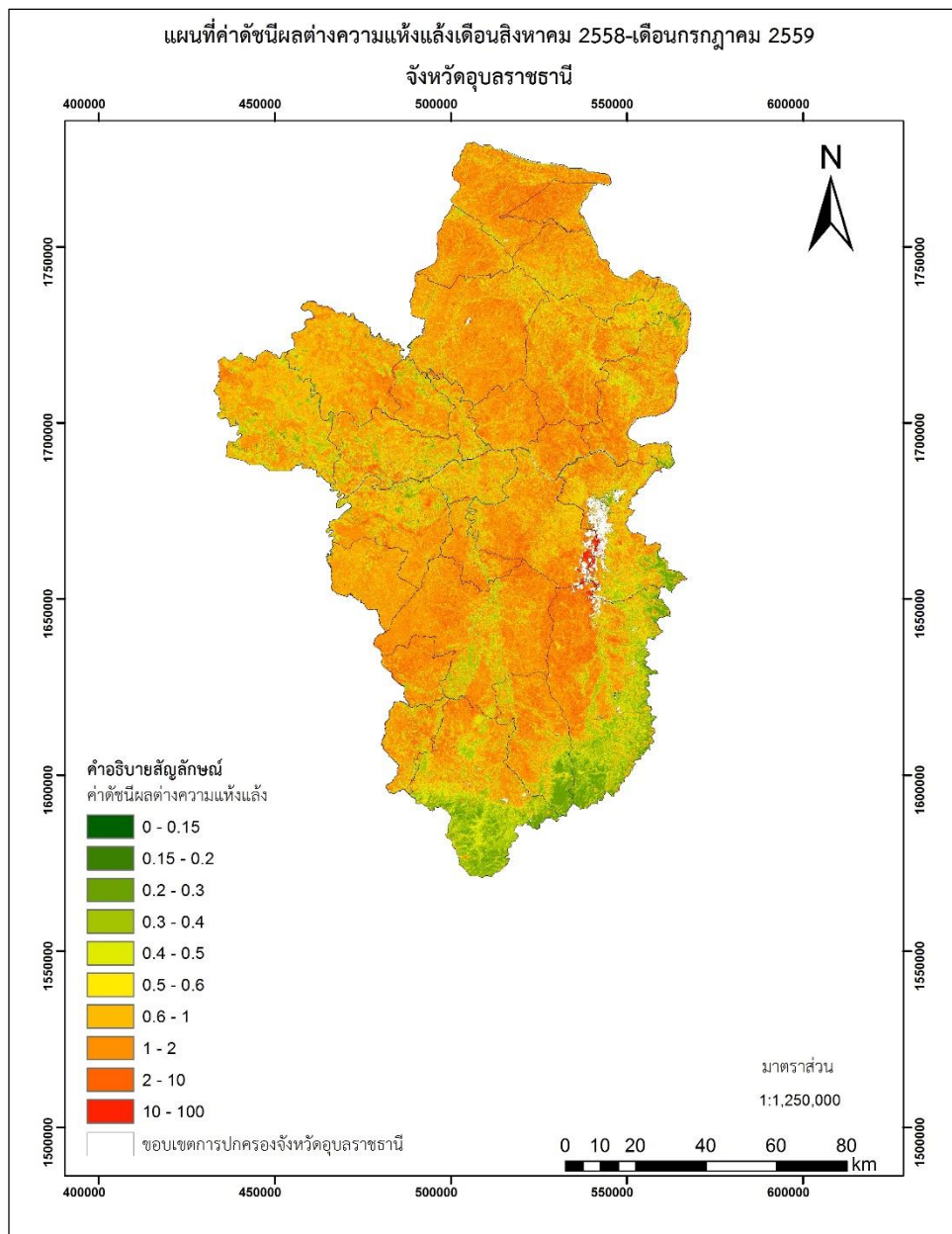
ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง ซึ่งได้จากการประมวลผลของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ในช่วงเวลาตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2556 – เดือนกรกฎาคม 2561 โดยเฉลี่ยเป็นรายปีดังนี้



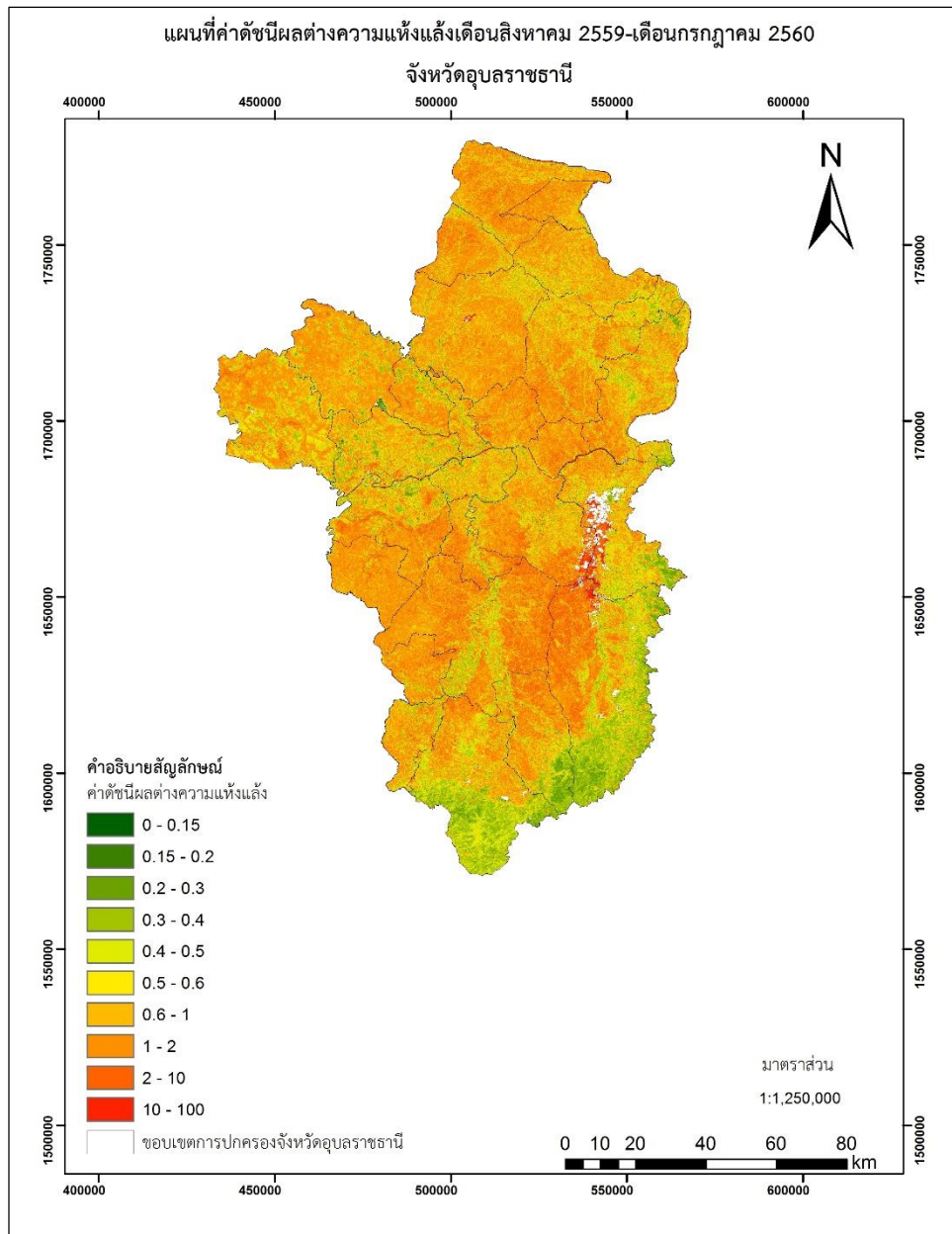
ภาพที่ 5.7 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งเดือนสิงหาคม 2556 – เดือนกรกฎาคม



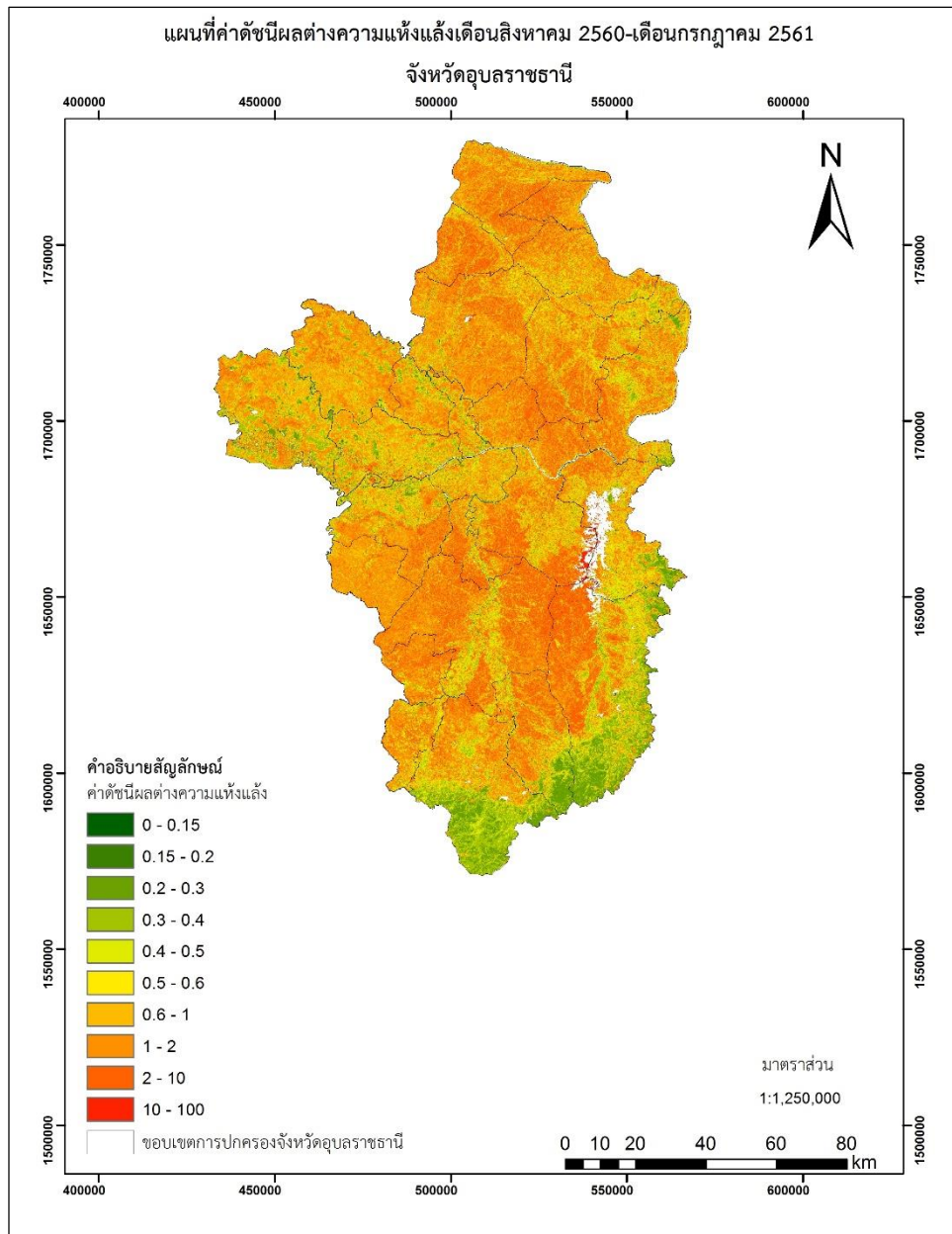
ภาพที่ 5.8 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งเดือนสิงหาคม 2557 - เดือนกรกฎาคม 2558



ภาพที่ 5.9 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งเดือนสิงหาคม 2558 – เดือนกรกฎาคม 2559



ภาพที่ 5.10 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งเดือนสิงหาคม 2559 – เดือนกรกฎาคม 2560



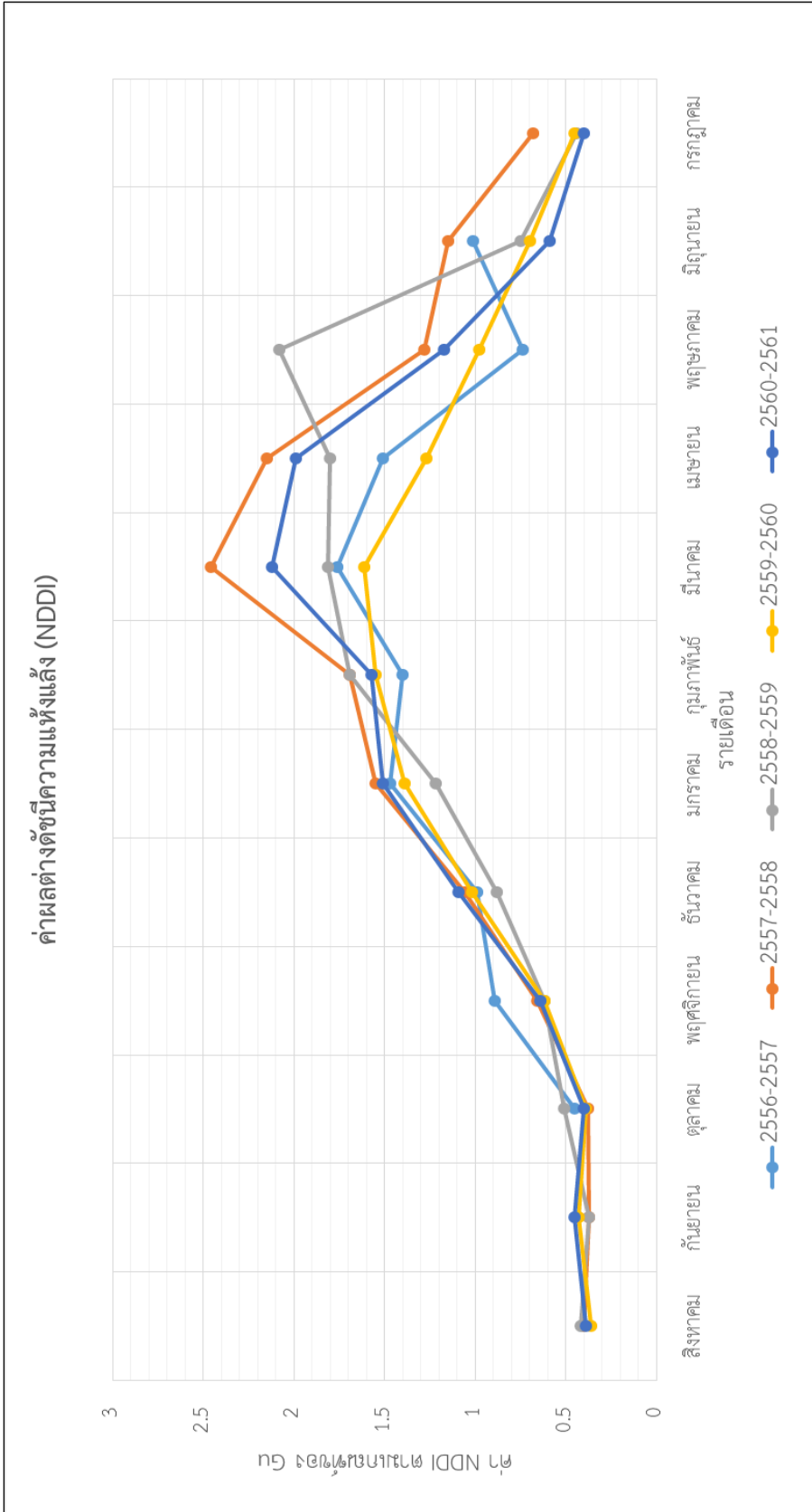
ภาพที่ 5.11 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งเดือนสิงหาคม 2560 – เดือนกรกฎาคม 2561

จากภาพที่ 5.7 – 5.11 เป็นการวิเคราะห์หาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งรายปีที่ได้จากการเฉลี่ยค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งรายเดือน ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งรายเดือนสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (NDDI) รายเดือน

ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (NDDI)					
เดือน \ ปี พ.ศ.	2556-2557	2557-2558	2558-2559	2559-2560	2560-2561
สิงหาคม	0.41	0.4	0.42	0.36	0.39
กันยายน	-	0.37	0.37	0.43	0.45
ตุลาคม	0.45	0.38	0.51	0.39	0.4
พฤศจิกายน	0.89	0.66	0.62	0.62	0.64
ธันวาคม	0.99	1.06	0.88	1.02	1.09
มกราคม	1.47	1.55	1.22	1.39	1.51
กุมภาพันธ์	1.4	1.69	1.69	1.55	1.57
มีนาคม	1.76	2.46	1.81	1.61	2.12
เมษายน	1.51	2.15	1.8	1.27	1.99
พฤษภาคม	0.74	1.28	2.08	0.98	1.17
มิถุนายน	1.01	1.15	0.75	0.7	0.59
กรกฎาคม	-	0.68	0.44	0.45	0.4

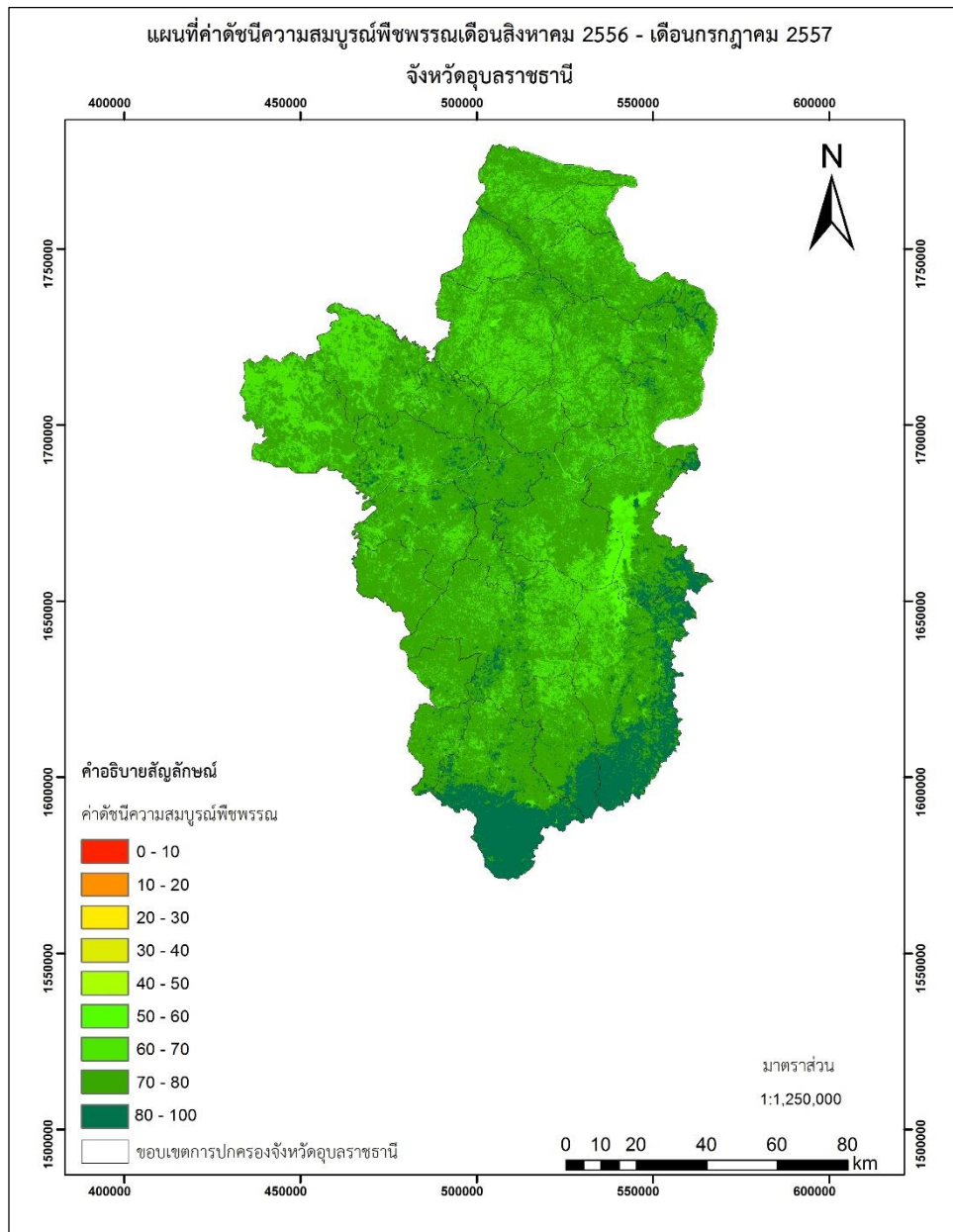
จากผลลัพธ์ในตารางค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (NDDI) รายเดือน แสดงให้เห็นถึงค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือน ซึ่งค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งที่เปลี่ยนแปลงสามารถสังเกตได้จากกราฟในภาพที่ 5.12



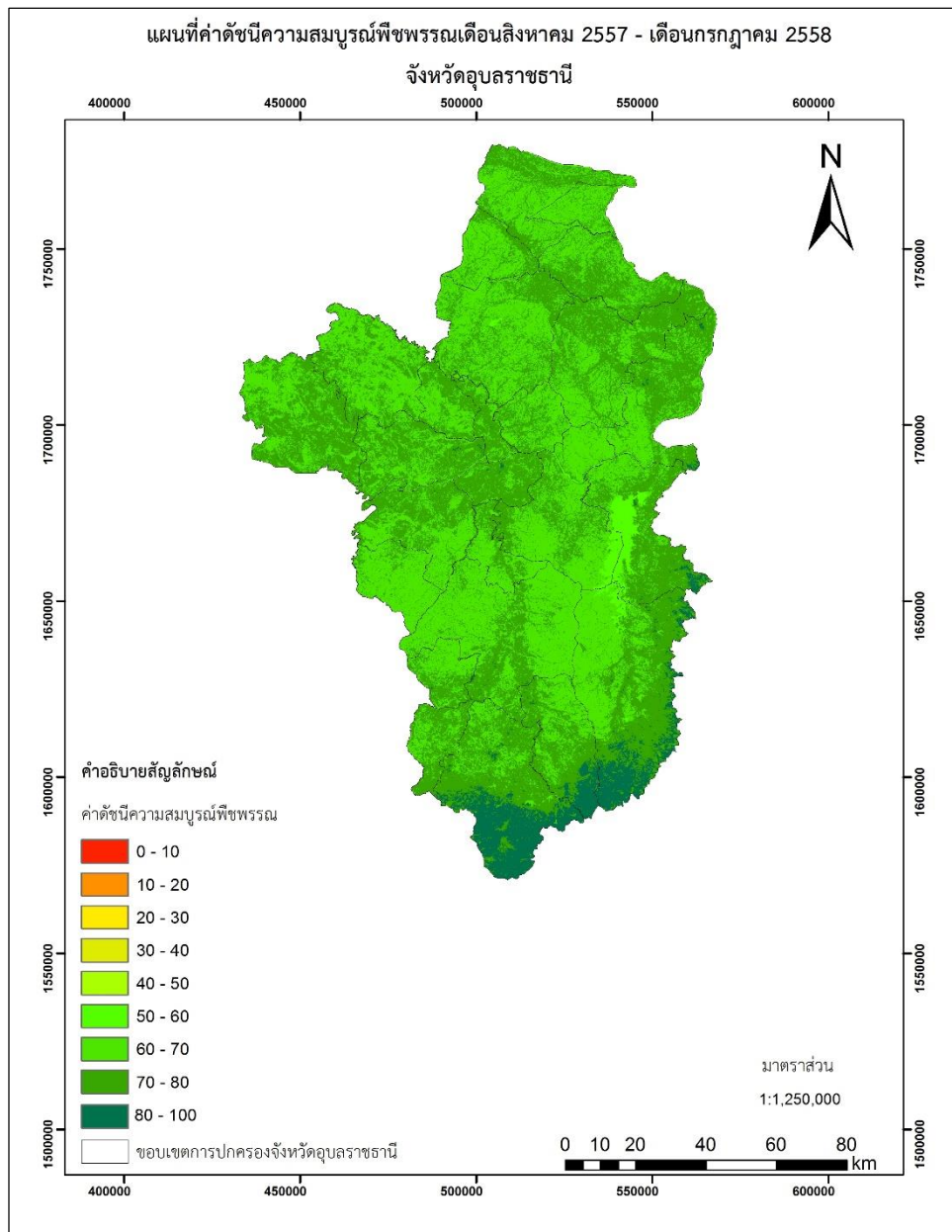
ภาพที่ 5.12 กราฟแสดงค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (NDDI) รายเดือน

5.2.2 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI)

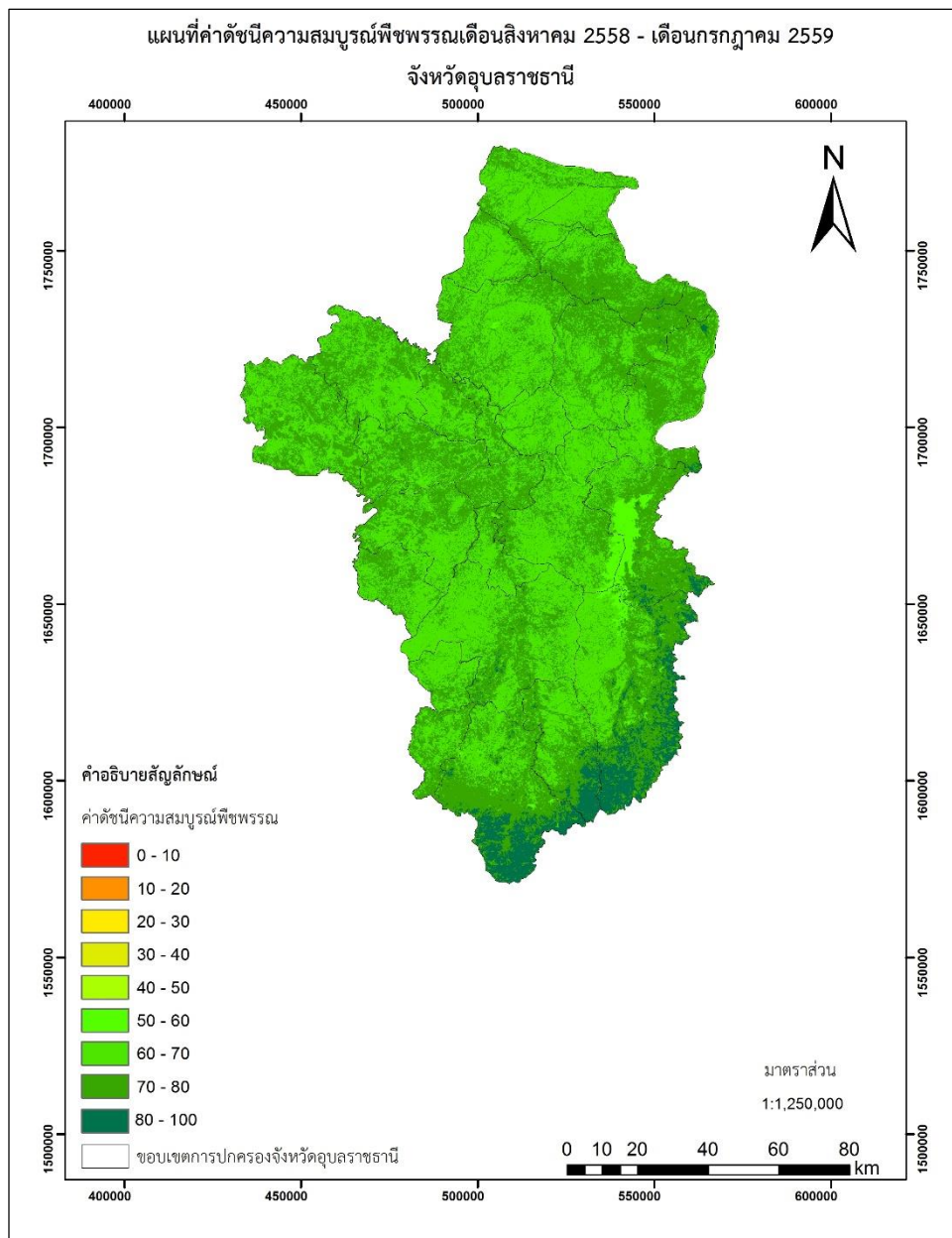
ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ ซึ่งได้จากการประมวลผลของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ในช่วงเวลาดังต่อไปนี้ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2556 – เดือนกรกฎาคม 2561 โดยเฉลี่ยเป็นรายปีดังนี้



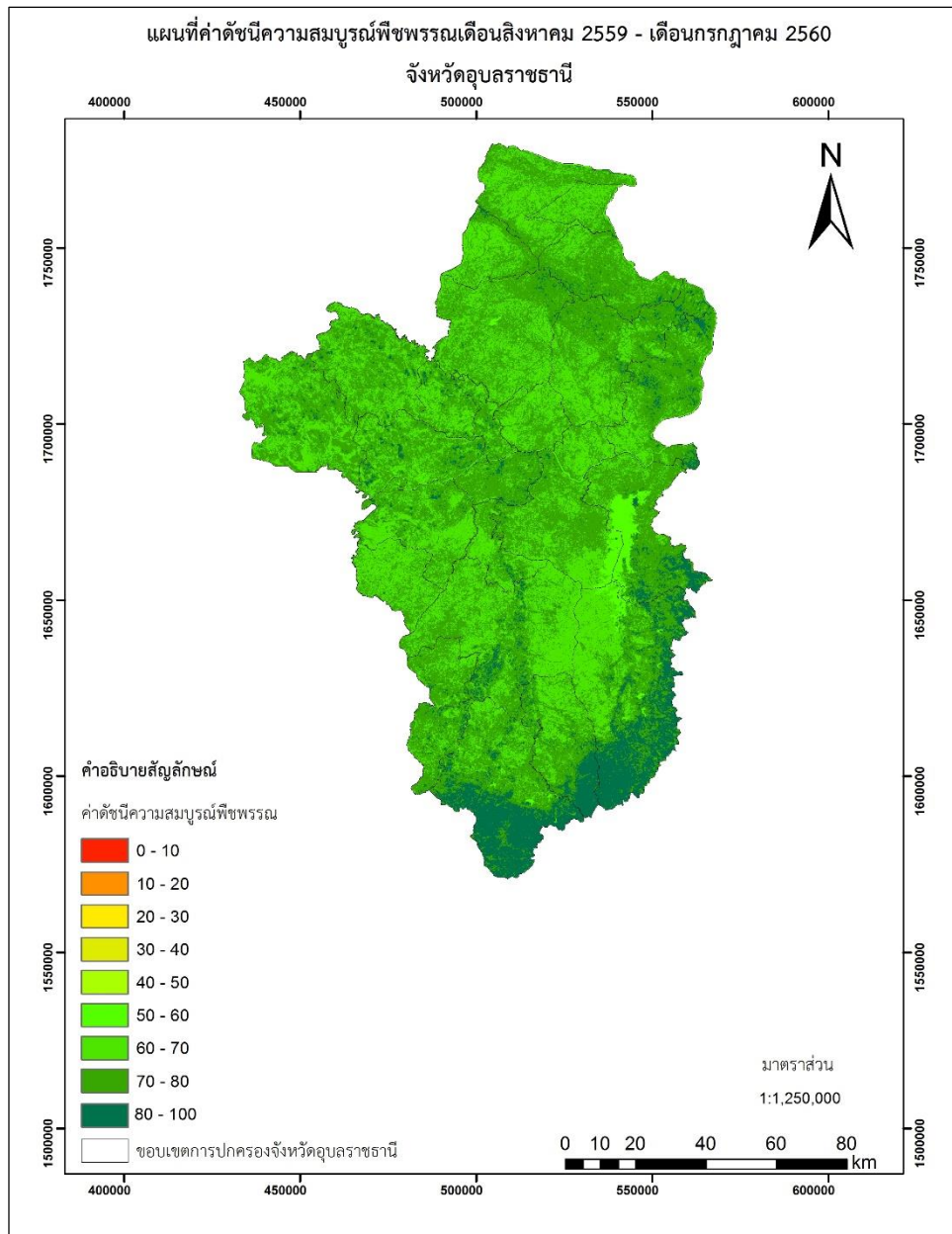
ภาพที่ 5.13 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเดือนสิงหาคม 2556 – เดือนกรกฎาคม



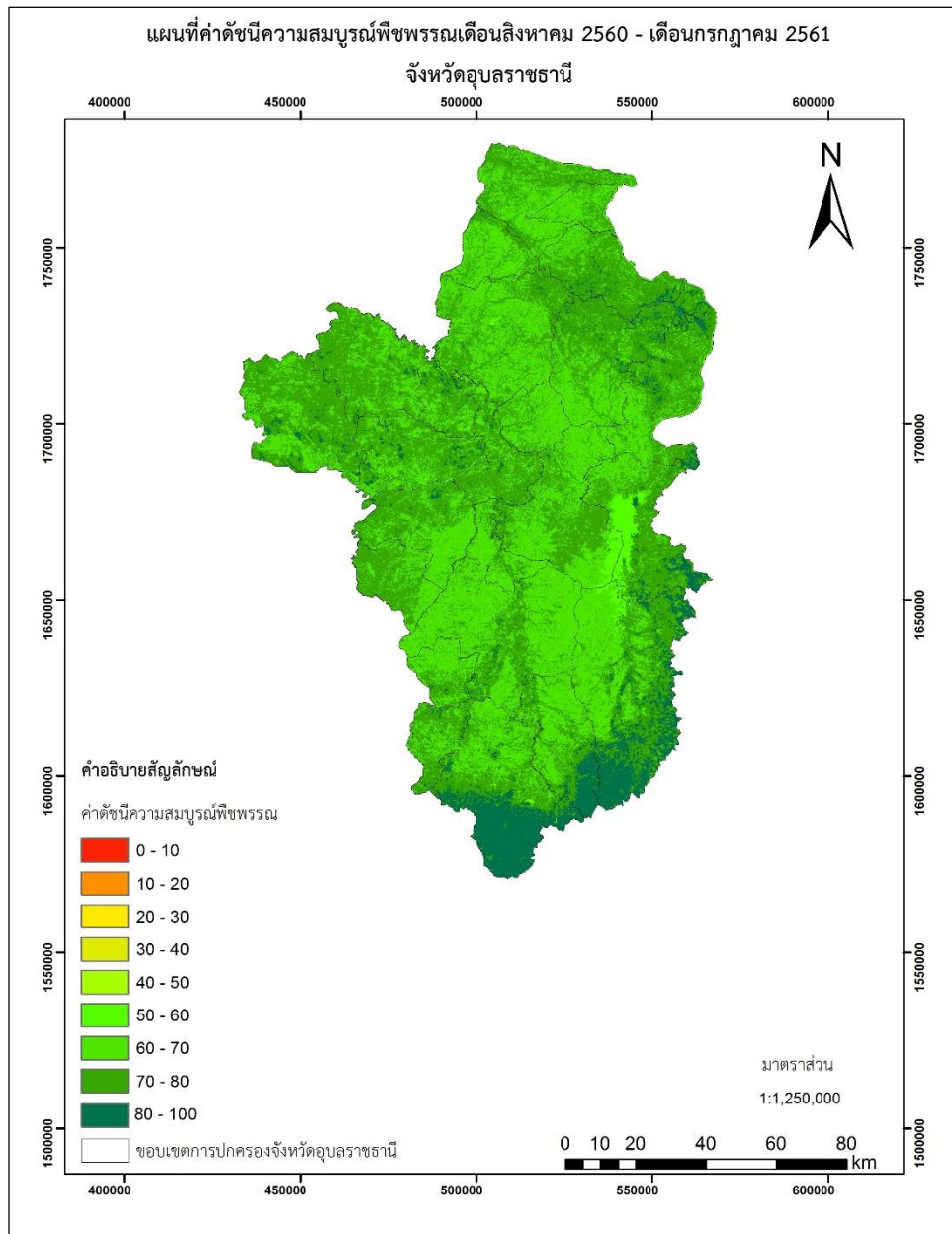
ภาพที่ 5.14 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเดือนสิงหาคม 2557 - เดือนกรกฎาคม 2558



ภาพที่ 5.15 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเดือนสิงหาคม 2558 – เดือนกรกฎาคม 2559



ภาพที่ 5.16 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเดือนสิงหาคม 2559 – เดือนกรกฎาคม 2560



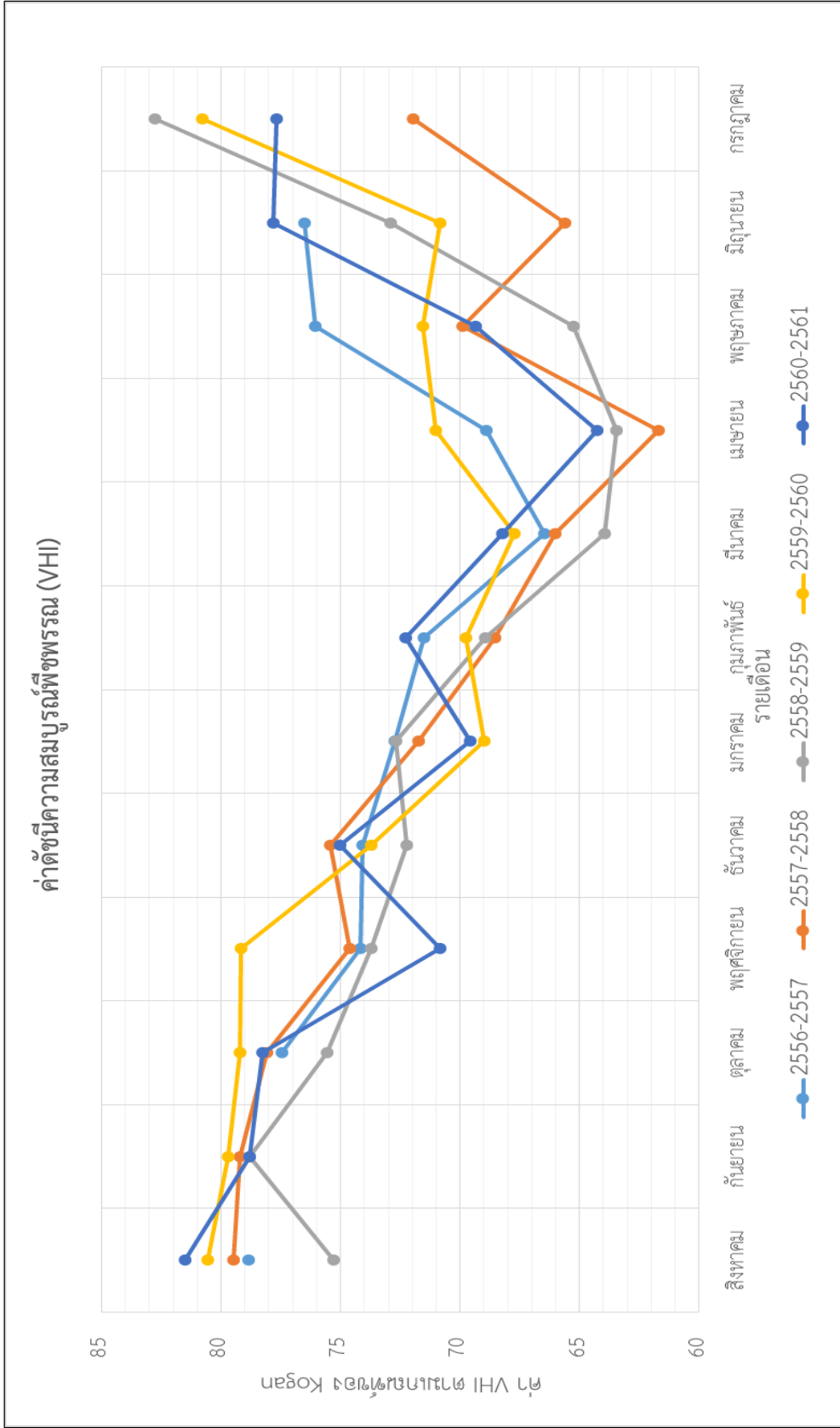
ภาพที่ 5.17 ผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเดือนสิงหาคม 2560 – เดือนกรกฎาคม 2561

จากภาพที่ 5.13 – 5.17 เป็นการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณรายปีที่ได้จากการเฉลี่ยค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณรายเดือน ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณรายเดือนสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI) รายเดือน

ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI)					
เดือน \ ปี พ.ศ.	2556-2557	2557-2558	2558-2559	2559-2560	2560-2561
สิงหาคม	78.85	79.49	75.29	80.58	81.52
กันยายน	-	79.21	78.8	79.72	78.83
ตุลาคม	77.45	78.07	75.57	79.23	78.27
พฤศจิกายน	74.19	74.64	73.74	79.15	70.83
ธันวาคม	74.08	75.42	72.22	73.73	75.03
มกราคม	72.71	71.72	72.68	69.01	69.6
กุมภาพันธ์	71.5	68.52	68.96	69.76	72.26
มีนาคม	66.45	66.01	63.97	67.72	68.21
เมษายน	68.9	61.71	63.46	71.03	64.25
พฤษภาคม	76.07	69.9	65.26	71.57	69.36
มิถุนายน	76.52	65.62	72.89	70.82	77.81
กรกฎาคม	-	71.98	82.79	80.8	77.67

จากผลลัพธ์ในตารางค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI) รายเดือน แสดงให้เห็นถึงค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือน ซึ่งค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณที่เปลี่ยนแปลงสามารถสังเกตได้จากกราฟในภาพที่ 5.18



ภาพที่ 5.18 กราฟแสดงค่าดัชนีความสมบูรณ์พีชพรรณ (VHI) รายเดือน

5.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว

ผลการหาความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิมิพื้นผิว (LST) ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง (NDDI) ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI) กับผลผลิตข้าวในจังหวัดอุบลราชธานีในปี พ.ศ.2556 – 2561 โดยใช้ค่าผิดปกติซึ่งได้จากค่าต่างของค่าจริงในแต่ละปีกับค่าเฉลี่ยสรุปได้ดังตารางที่ 5.4 และ 5.5

ตารางที่ 5.4 ผลรายปี

ปี พ.ศ.	ผลรายปี			
	ค่าอุณหภูมิมิพื้นผิว (LST) (องศาเซลเซียส)	ค่าดัชนีผลต่างความ แห้งแล้ง (NDDI)	ค่าดัชนีความสมบูรณ์ พืชพรรณ (VHI)	ผลผลิตข้าว (ตัน)
2556-2557	29.90	1.30	73.10	1,335,090
2557-2558	32.45	1.32	71.15	1,261,006
2558-2559	33.78	1.23	70.99	1,276,701
2559-2560	31.82	1.29	72.37	1,328,451
2560-2561	31.88	1.41	71.66	1,384,158
ค่าเฉลี่ย	31.97	1.31	71.85	1,317,081

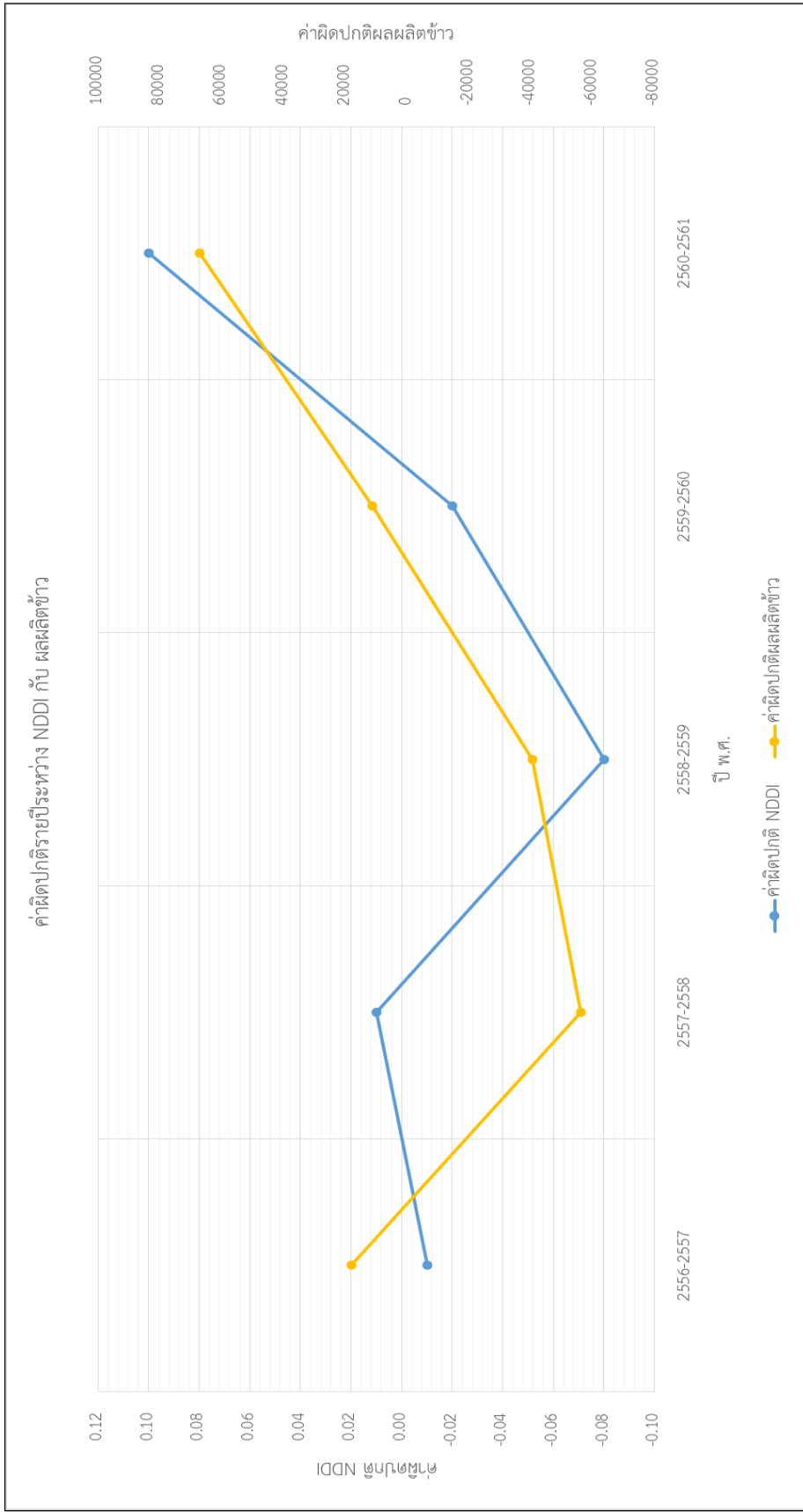
ตารางที่ 5.5 ผลค่าผิดปกติรายปี

ปี พ.ศ.	ผลค่าผิดปกติรายปี			
	ค่าผิดปกติ อุณหภูมิมิพื้นผิว (LST) (องศาเซลเซียส)	ค่าผิดปกติดัชนีผลต่าง ความแห้งแล้ง (NDDI)	ค่าผิดปกติดัชนีความ สมบูรณ์พืชพรรณ (VHI)	ค่าผิดปกติ ผลผลิตข้าว (ตัน)
2556-2557	-2.07	-0.01	1.25	18009
2557-2558	0.48	0.01	-0.70	-56075
2558-2559	1.81	-0.08	-0.86	-40380
2559-2560	-0.15	-0.02	0.52	11370
2560-2561	-0.09	0.10	-0.19	67077

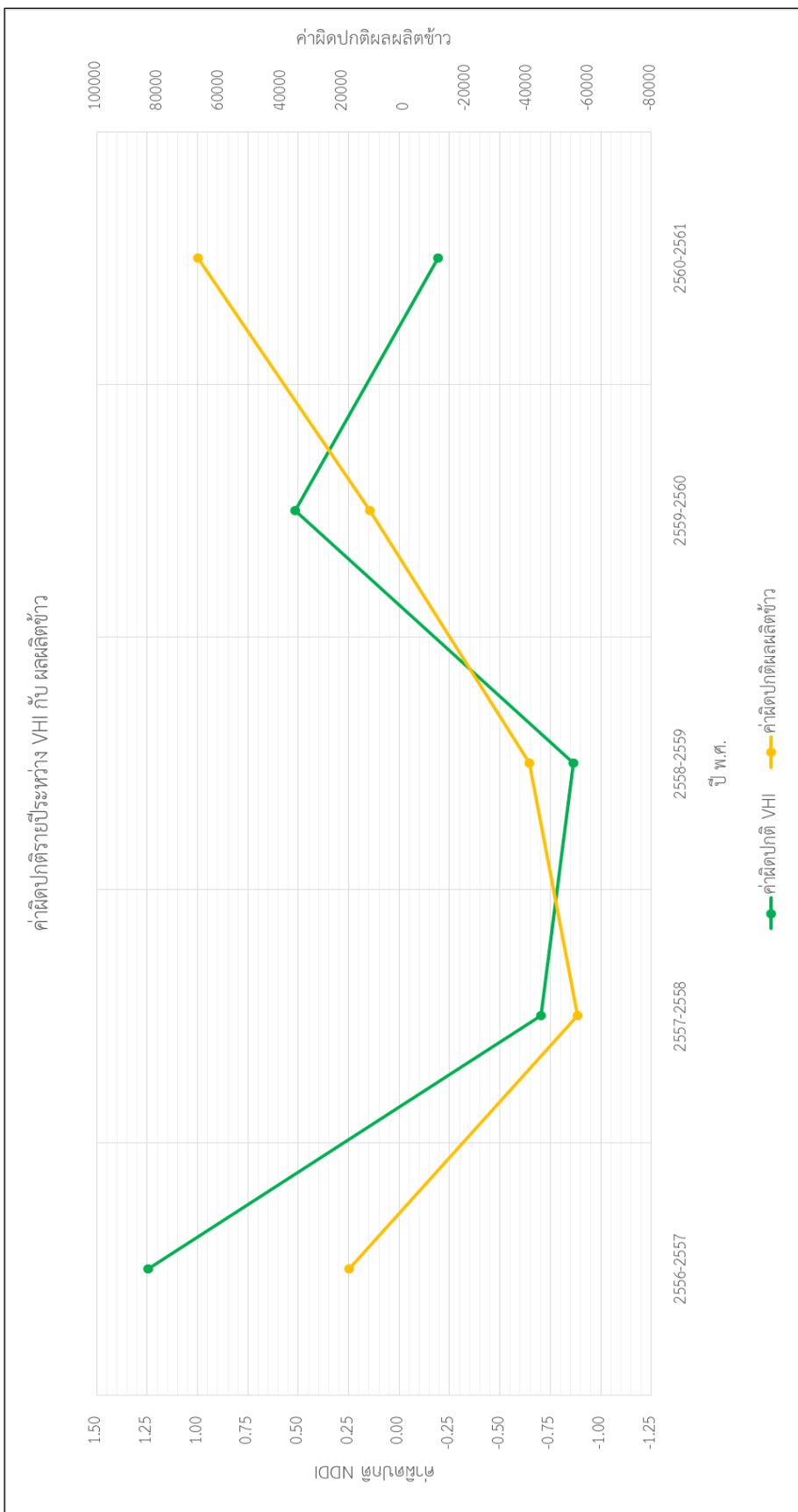
จากตารางผลค่าผิดปกติรายปีสามารถแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าผิดปกติของอุณหภูมิมิพื้นผิว ดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง ดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ และผลผลิตข้าว ในแต่ละปีดังภาพที่ 5.19 – 5.22



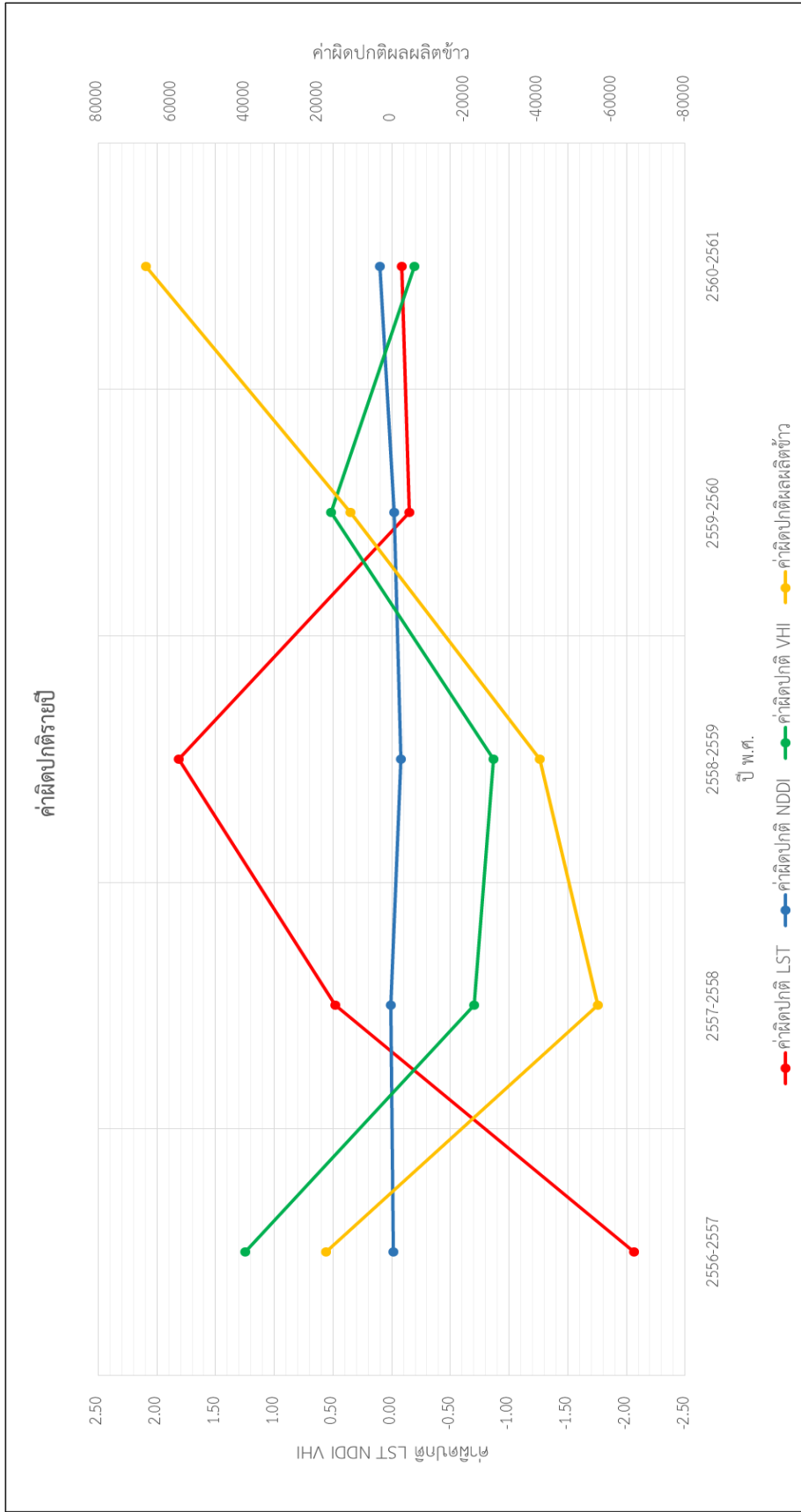
ภาพที่ 5.19 กราฟแสดงค่าผิดปกติรายปีระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับผลผลิตข้าว



ภาพที่ 5.20 กราฟแสดงค่าผิดปกติรายปีระหว่างค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งกับผลผลิตข้าว



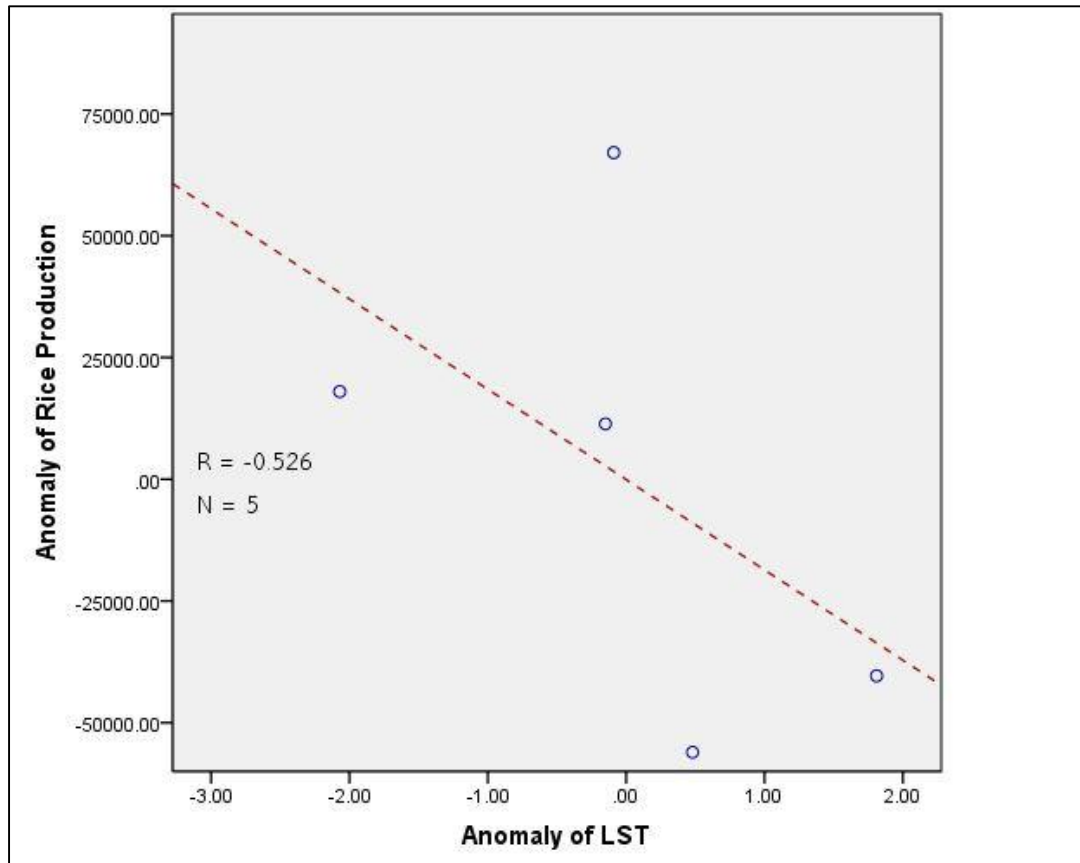
ภาพที่ 5.21 กราฟแสดงค่าผิดปกติรายปีระหว่างค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณกับผลผลิตข้าว



ภาพที่ 5.22 กราฟแสดงค่าผิดปกติรายปี

5.3.1 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์

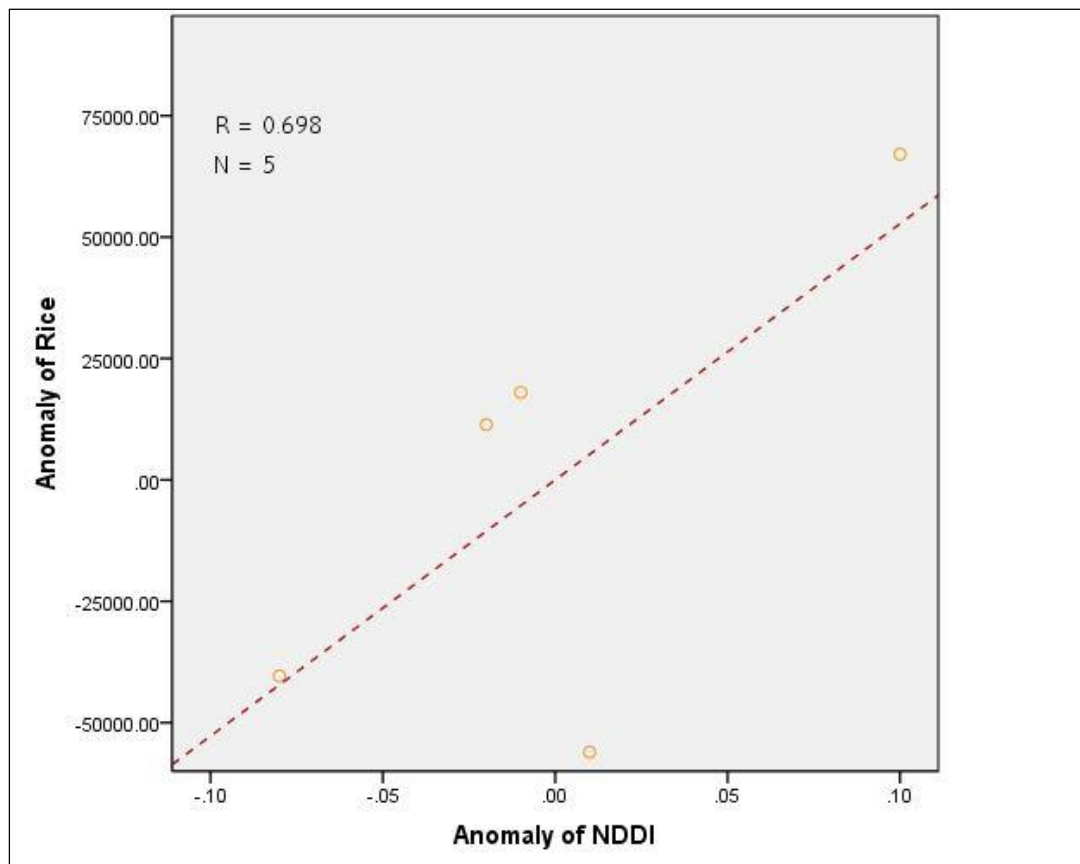
5.3.1.1 ผลการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว



ภาพที่ 5.23 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว

จากภาพที่ 5.23 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.53

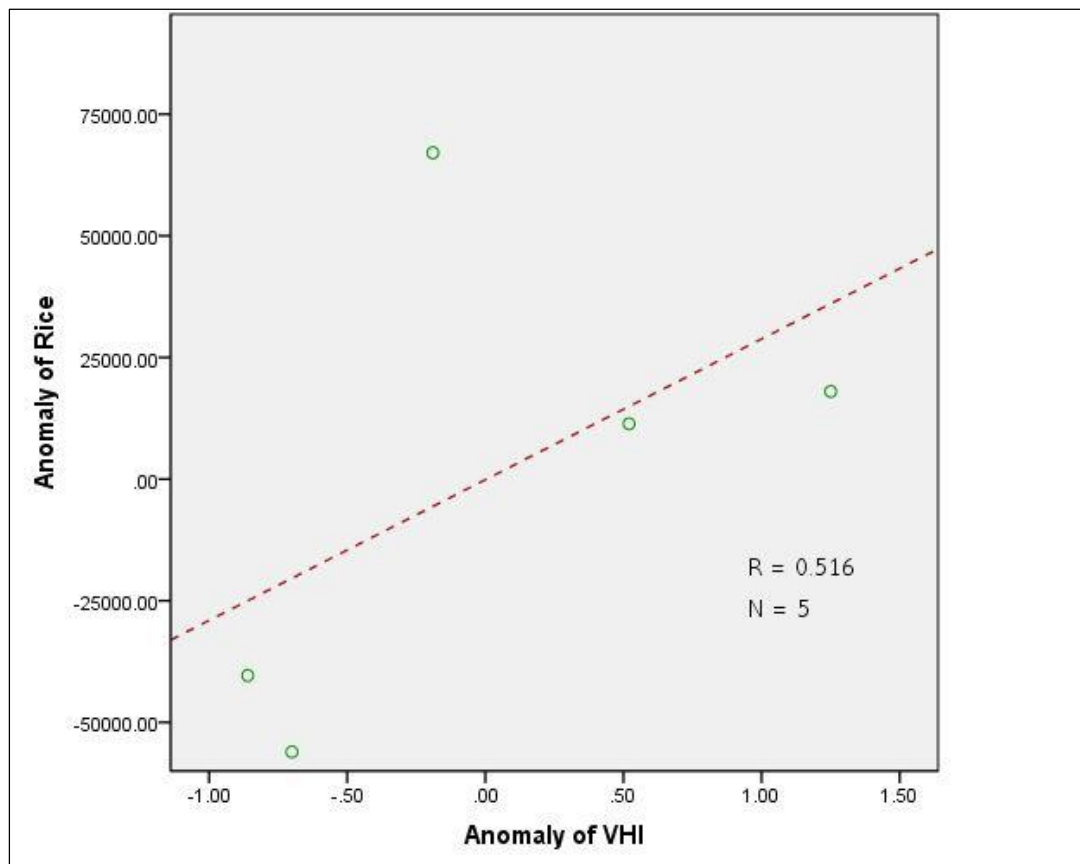
5.3.1.2 ผลการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้งกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว



ภาพที่ 5.24 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้งกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว

จากภาพที่ 5.24 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้งกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.7

5.3.1.2 ผลการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว



ภาพที่ 5.25 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว

จากภาพที่ 5.25 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.52

5.3.2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression)

ผลการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิว ค่าผิดปกติดัชนีผลต่าง
ความแห้งแล้ง และค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ กับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว

ตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของค่าผิดปกติผลผลิตข้าว

ตัวแปร	B	S.E.	Beta
ค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิว	55215.97	41546.71	1.57
ค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง	812122.95	345551.83	1.07
ค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ	104639.76	62226	1.87
R = 0.94 R ² = 0.56 SEE = 32697.24 F = 2.7 Sig. = 0.41			

จากตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของค่าผิดปกติผลผลิตข้าว
ที่ประกอบด้วยตัวแปรทั้ง 3 ตัว คือ ค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง และค่าผิดปกติดัชนี
ความสมบูรณ์พืชพรรณ มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าวที่ค่าสัมประสิทธิ์
สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.94 และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.56

บทที่ 6

อภิปราย สรุปผล และข้อเสนอแนะ

6.1 อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาที่ได้ สามารถอภิปรายผลการศึกษาดังนี้

6.1.1 อภิปรายผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิว

จากผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวโดยวิธี Radiative Transfer Equation-Based Method สรุปผลเป็นรายปีและแสดงผลในรูปแบบที่ในภาพที่ 5.1 - 5.5 เป็นการแสดงให้เห็นถึงรูปแบบที่เปลี่ยนแปลงไปของค่าอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละปี โดยเริ่มจากภาพที่ 5.1 ในปี พ.ศ. 2556 - 2557 ซึ่งช่วงค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดที่ 42.47 ต่ำสุด 11.04 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าบริเวณที่พื้นที่ตรงกลางของจังหวัดซึ่งเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำมีอุณหภูมิพื้นผิวที่ต่ำกว่าปีอื่น ๆ และดูภาพรวมทั้งจังหวัดจะเห็นได้ว่าส่วนมากอยู่ในช่วงสีตรงกลางทำให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวในปีนี้ต่ำที่สุดในช่วงปีที่ทำการศึกษาดังตารางที่ 5.4 ที่ 29.9 องศาเซลเซียส ในปี พ.ศ. 2557 - 2558 อุณหภูมิพื้นผิวสูงเพิ่มมากขึ้นดังจะเห็นสีที่เข้มขึ้นทั่วทั้งจังหวัด โดยเฉพาะพื้นที่นาข้าวเป็นบริเวณพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงชัดเจนกว่าปีก่อนหน้า อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นประมาณ 2.5 องศาเซลเซียสจากปีก่อน ยังเป็นการตั้งข้อสังเกตว่าความเปลี่ยนแปลงนี้ส่งผลต่อผลผลิตข้าวรายปีที่ลดลงอีกด้วย ในปี พ.ศ. 2558 - 2559 เป็นปีที่อุณหภูมิพื้นผิวรายปีสูงที่สุด ดังตารางที่ 5.4 ที่ 33.78 องศาเซลเซียส แม้ว่าสีของแผนที่ทั้งจังหวัดส่วนมากจะอยู่ช่วงสีตรงกลาง แต่สังเกตได้ว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวต่ำสุดเริ่มที่ 23.43 องศาเซลเซียส ซึ่งมากกว่าทุกปี ส่วนในปี พ.ศ. 2559 - 2560 และ ปี พ.ศ. 2560 - 2561 เป็น 2 ปีที่ค่าอุณหภูมิพื้นผิวใกล้เคียงกันมากที่สุดที่ 31.82 และ 31.88 องศาเซลเซียสตามลำดับ แม้จะมีบางบริเวณที่แตกต่างกันก็ตามซึ่งเป็นธรรมชาติของค่าอุณหภูมิพื้นผิว

จากผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวรายเดือน ในช่วงเวลาตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2556 - เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 พบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวอยู่ในช่วง 18 - 43 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละเดือนมีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาในแต่ละฤดูกาล หรือสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษา จากตารางที่ 5.1 และภาพที่ 5.6 พบว่าแนวโน้มเดือนที่มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงจะอยู่ในช่วงฤดูร้อน เดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม ของทุกปีในช่วงที่ศึกษา หลังจากช่วงเวลาดังกล่าวอุณหภูมิพื้นผิวลดลงเนื่องจากเปลี่ยนแปลงฤดูกาลจากฤดูร้อนเข้าสู่ฤดูฝน แม้ในบางเดือนพบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงผิดปกติซึ่งแตกต่างจากช่วงฤดูกาล สามารถอธิบายได้ว่าวันที่ได้รับข้อมูลในเดือนนั้นๆ เป็นช่วงที่ไม่มีเมฆมาบดบัง หรือกล่าวว่าเป็นวันที่ท้องฟ้าเปิด ทำให้พลังงานจากดวงอาทิตย์ส่งถึงพื้นผิวบริเวณพื้นที่ศึกษาอย่างเต็มที่ทำให้เกิดค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นได้ เช่น ในเดือนมกราคมและพฤศจิกายนบางปี เช่นเดียวกับค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ต่ำกว่าปกติเนื่องจากอาจจะไม่มีน้ำ เมฆหมอกบางๆ

มาดบังบริเวณพื้นที่ในเดือนนั้น ซึ่งทำให้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ต่ำลงได้ และพบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2558 – 2559 มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงกว่าทุกปี สอดคล้องกับรายงานสรุปลักษณะอากาศรายปีของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่รายงานว่าในปี พ.ศ. 2558 – 2559 อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงกว่าค่าปกติทุกเดือน และเป็นปีที่ประเทศไทยมีฝนน้อยและต่ำกว่าค่าปกติเกือบทุกเดือน รวมทั้งพบว่าเป็นปรากฏการณ์เอลนีโญกำลังปานกลางตั้งแต่กลางปี และมีกำลังแรงในช่วงปลายปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559) โดยเดือนที่ค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงที่สุดคือ เดือนเมษายน พ.ศ. 2558 ที่ 42.67 องศาเซลเซียส เดือนที่ค่าอุณหภูมิพื้นผิวต่ำที่สุดคือ เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 ที่ 18.38 องศาเซลเซียส

6.1.2 อภิปรายผลการคำนวณหาค่าดัชนีความแห้งแล้ง

จากผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งรายปี ดังภาพที่ 5.7 – 5.11 พบว่าในแต่ละปีมีความแตกต่างของสีและรูปแบบไม่มากนัก พื้นที่ที่ปกคลุมดินแต่ละชนิดก็มีสีและรูปแบบที่แตกต่างกันไป ซึ่งพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำสามารถสังเกตได้จากสีเหลืองและสีเขียวอ่อน มีรูปแบบเป็นพื้นที่แนวกันชนตามแนวลำน้ำ ส่วนบริเวณสีเขียวเข้มคือพื้นที่ที่เป็นป่าไม้และภูเขา ซึ่งบางบริเวณในพื้นที่ป่าไม้และภูเขามีกการเปลี่ยนแปลงสีไปในแต่ละปี ทำให้บ่งบอกได้ถึงระดับความแห้งแล้งที่เพิ่มขึ้นเมื่อสีเขียวบริเวณนั้นจางลง ส่วนบริเวณสีส้มเข้มคือพื้นที่ทางการเกษตรที่มีน้ำน้อยกว่าพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำซึ่งภาพรวมของทั้งจังหวัดเปลี่ยนแปลงไม่มากนักในแต่ละปี ส่วนบริเวณที่เห็นชัดเจนที่สุดคือ พื้นที่แหล่งน้ำจากแผนที่ตั้งเขตได้จากทางทิศตะวันออกของจังหวัด มีความเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปี ซึ่งปกติแล้วบริเวณน้ำจะเป็นพื้นที่สีขาว ในบางปีแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำแหล่งน้ำลดลงจนสามารถเห็นพื้นดิน ดังในภาพที่ 5.9 และ 5.10 จะพบว่าจากพื้นที่สีขาวกลายเป็นพื้นที่สีแดงเข้ามาแทนที่

จากผลการคำนวณหาค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งรายเดือน ในช่วงเวลาดังแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2556 – เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 พบว่าค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งอยู่ในช่วง 0.36 – 2.46 จากตารางที่ 5.2 และภาพที่ 5.12 พบว่าค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงคล้ายกับค่าอุณหภูมิพื้นผิว คือค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งจะสูงขึ้นในช่วงฤดูร้อน และจะลดลงเมื่อเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ฤดูฝน ซึ่งค่าที่สูง หรือ ยิ่งมากกว่า 0 หมายถึงยิ่งมีความแห้งแล้งมาก ค่าที่ต่ำ หรือ เข้าใกล้ 0 หมายถึงไม่มีความแห้งแล้ง และค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในเดือนเดียวกันของแต่ละปี ดังในช่วงเดือนสิงหาคม – เดือนมกราคมของทุกปีซึ่งมีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก และจะพบว่าในแต่ละปีจะมีจุดที่สูงที่สุดในเดือนมีนาคม ยกเว้นในปี พ.ศ. 2558 – 2559 มีจุดที่สูงที่สุดในเดือนพฤษภาคม โดยเดือนที่ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งสูงที่สุดคือ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 ที่ 2.46 เดือนที่ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งต่ำที่สุดคือ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 ที่ 0.36

จากผลการคำนวณหาค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณรายปี ดังภาพที่ 5.13 – 5.17 จะพบว่ารูปแบบและสีของแต่ละปีเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก เช่นเดียวกับค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งรายปี แต่ที่สามารถเห็นได้ชัดเจนที่สุดคือความสมบูรณ์ของพืชพรรณของพื้นที่ป่าไม้และภูเขาทางทิศใต้ของจังหวัด จะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2556 – 2557 พื้นที่ป่าไม้และภูเขามีความสมบูรณ์มากที่สุดเมื่อเทียบกับปีอื่น ในปี พ.ศ. 2558 – 2559 พื้นที่ป่าไม้และภูเขามีความสมบูรณ์ลดลง สืบเนื่องมาจากสีเขียวเข้มที่เป็นเป็นสีเขียวอ่อนในหลายพื้นที่ รวมทั้งในปีเดียวกันนั้นสังเกตได้ว่าสีเขียวจะมีความสว่างมากขึ้นนั้นแสดงให้เห็นถึงว่ามีความผิดปกติในปีนี้ชัดเจนที่สุด สอดคล้องกับตารางที่ 5.4 ที่ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณน้อยที่สุดที่ 70.99 กล่าวได้ว่ามีความแห้งแล้งเพิ่มมากขึ้นในปีนี้

ในส่วนของค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณรายเดือนอยู่ในช่วง 61.71 – 82.79 จากตารางที่ 5.3 และภาพที่ 5.18 พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าตรงกันข้ามกับค่าอุณหภูมิพื้นผิว และค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง คือค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณจะมีค่าต่ำลงในช่วงฤดูร้อนและจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ฤดูฝน ซึ่งค่าที่ต่ำหมายถึงมีความสมบูรณ์พืชพรรณต่ำลงตามไปด้วย กล่าวได้ว่ามีความแห้งแล้ง ส่วนค่าที่สูงหมายถึงมีความสมบูรณ์พืชพรรณมาก กล่าวได้ว่าไม่มีความแห้งแล้ง โดยเดือนที่ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ ต่ำที่สุดคือ เดือนเมษายน พ.ศ. 2558 ที่ 61.71 เดือนที่ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณสูงที่สุดคือ เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 ที่ 82.79

จากผลการคำนวณหาค่าดัชนีความแห้งแล้ง พบว่าทั้งค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง และค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณมีความแตกต่างกันจากเกณฑ์ของแต่ละดัชนี จะสังเกตได้ว่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งจะมีความไวต่อความแห้งในพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำ และพื้นที่นาข้าว ส่วนดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณจะมีความไวต่อความแห้งแล้งในพื้นที่ป่าไม้และภูเขา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Du et al. (2018) แม้ว่าค่าของดัชนีที่ได้ทั้งสองจะไม่มีมีความสอดคล้องกันในเชิงพื้นที่ จึงเป็นข้อสังเกตให้เห็นว่าปัญหาความแห้งแล้งมีความซับซ้อนมากเกินไปที่ดัชนีใดดัชนีหนึ่งจะตรวจพบได้ครอบคลุมในทุกด้าน (Heim, 2002)

6.1.3 อภิปรายผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวโดยการใช้ค่าผิดปกติ เนื่องจากขอบเขตของค่าอุณหภูมิพื้นผิว ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ และค่าผลผลิตข้าว มีความแตกต่างกันจึงต้องดูค่าที่ต่างจากค่าปกติของแต่ละตัวแปรเพื่อเปรียบเทียบความผิดปกติของแต่ละค่าว่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเพียงใดและส่งผลต่อกันในทางใด จากภาพที่ 5.19 จะเห็นได้ว่าค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิวที่มีความต่างจากปกติมาก ค่าผิดปกติข้าวมีค่ามากกว่าค่าปกติไปในทิศทางลบ แต่เมื่อค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิวมีค่าใกล้เคียงกับค่าปกติจะพบว่าค่าผิดปกติผลผลิตข้าวมีค่ามากขึ้นไปในทิศทางบวก กล่าวได้ว่าเมื่อเกิดความเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละปีน้อยจะทำให้ค่า

ผลผลิตข้าวมีผลผลิตที่สูงขึ้นจากปกติ จากภาพที่ 5.20 จะเห็นได้ว่าค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้งมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าคล้ายเคียงกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว ยกเว้นในปี พ.ศ. 2557 - พ.ศ. 2558 ที่แตกต่างจากปีอื่นๆ กล่าวได้ว่าเมื่อผลผลิตข้าวต่ำลง ค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งมีค่าต่ำลงไปด้วย จากภาพที่ 5.21 จะเห็นได้ว่าค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณที่เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางลบมาก ค่าผิดปกติผลผลิตข้าวก็มีค่ามากไปในทิศทางลบ และเมื่อดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางบวกจากปกติหรือเข้าใกล้ปกติ ค่าผิดปกติผลผลิตข้าวก็มีค่ามากขึ้นจากปกติ และเมื่อนำค่าผิดปกติของทั้งหมดมาเปรียบเทียบในกราฟเดียวกันจากภาพที่ 5.22 จะพบว่าค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิวและค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเปลี่ยนแปลงจากปกติมากไม่ว่าจะทิศทางใด ส่งผลให้ผลผลิตข้าวในแต่ละปีน้อยกว่าปกติ แต่เมื่อค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิวและค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณเปลี่ยนแปลงจากปกติหรือใกล้ค่าปกติ จะส่งผลให้ผลผลิตข้าวในแต่ละปีมากกว่าปกติตามไปด้วย และจะเห็นได้ว่าค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้งในแต่ละปีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากจากปกติเมื่อเทียบกับค่าผิดปกติอื่น และเนื่องจากดัชนีผลต่างความแห้งแล้งมีดัชนีที่เกี่ยวข้องกับน้ำเป็นส่วนประกอบ ซึ่งพื้นที่ในจังหวัดเป็นพื้นที่ที่แม่น้ำสำคัญ 3 สายไหลผ่าน มีพื้นที่แหล่งน้ำมากและการจัดการระบบชลประทานที่ดี ที่ประกอบไปด้วยโครงการชลประทานน้อยใหญ่ 438 แห่งทั่วจังหวัด รวมทั้งเป็นพื้นที่ที่ไม่ประสบปัญหาภัยแล้งในระดับรุนแรงหรือจัดอยู่ในพื้นที่ประสบปัญหาภัยแล้งในระดับต่ำเท่านั้น (กรมชลประทาน, 2561)

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่าค่าที่มีความสัมพันธ์กับค่าผิดปกติผลผลิตข้าวมากที่สุดคือค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง ที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.7 ในทิศทางบวก รองลงมาคือ ค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิว ที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.53 ในทิศทางลบหรือตรงกันข้าม และค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ มีความสัมพันธ์น้อยที่สุด ที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.52 ในผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณซึ่งสังเกตได้จากตารางที่ 5.6 พบว่าตัวแปรทั้งหมดคือค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิว ค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง และค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าวที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.94 และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.56 สำหรับตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าวสามารถสังเกตได้จากค่า beta ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในแบบคะแนนมาตรฐาน สำหรับสร้างสมการพยากรณ์ในรูปของคะแนนมาตรฐาน จากค่า Beta สามารถบอกได้ว่าตัวแปรอิสระได้มีผลหรืออิทธิพลต่อตัวแปรตามมากหรือน้อยกว่ากัน ดังนั้นค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณมีอิทธิพลมากที่สุดที่ 1.87 ตามมาด้วยค่าผิดปกติอุณหภูมิพื้นผิว และค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง ที่ 1.57 และ 1.07 ตามลำดับ

จากค่าตัวแทนที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณมีจำนวนน้อยมากซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้มามีข้อจำกัดในระยะเวลา ทำให้ความน่าเชื่อถือของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรลดลงไปด้วยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยจำนวนไม่น้อยที่เจอปัญหาเรื่องจำนวนค่าตัวแทนที่นำมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์และวิเคราะห์การถดถอย พบว่าในงานวิจัยของ Holzmana et al. (2014) ได้ใช้ค่า TVDI ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ LST ในการคำนวณ เปรียบเทียบกับผลผลิตถั่วเหลืองและข้าวสาลีเพื่อหาสมการตัวแทนในการทำนายผลผลิต พบว่าสำหรับถั่วเหลืองให้ค่า R^2 ตั้งแต่ 0.68 ถึง 0.79 สำหรับข้าวสาลีให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.76 ถึง 0.81 และเมื่อตรวจสอบผลจากการทำนายกับผลผลิตจริงให้ค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 12 ถึง 13 สำหรับถั่วเหลือง และร้อยละ 14 ถึง 22 สำหรับข้าวสาลี และพบว่าค่าตัวแทนที่นำมาวิเคราะห์มีจำนวนเพียง 8 ค่าเท่านั้น งานวิจัยของ Unganai and Kogan (1998) ได้หาความสัมพันธ์ของ VCI และ TCI กับผลผลิตข้าวโพดในประเทศแอฟริกาใต้ ด้วยการนำค่าเฉลี่ยรายปี 9 ปีในการหาความสัมพันธ์ ซึ่งหมายถึงค่าตัวแทนในการวิเคราะห์เพียง 9 ค่า พบว่าให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูง 0.7 – 0.95 ในหลายพื้นที่ และในงานวิจัยของ González-Betancourt and Mayorga-Ruiz (2018) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของ NDVI กับผลผลิตข้าวโดยใช้โดรนในการเก็บค่า NDVI ในแปลงทดลองที่ควบคุม 5 แปลงเทียบกับผลผลิตข้าว พบว่าให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.79 สำหรับค่าตัวแทนในการวิเคราะห์มี 5 ค่า แม้พบว่าค่าตัวแทนในหลายงานวิจัยมีจำนวนน้อย แต่ในแต่ละงานวิจัยก็มีความเชื่อมั่นในผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ที่เชื่อมั่นว่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะสามารถสะท้อนให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันของตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์

6.2 สรุปผล

การคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวด้วยข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 โดยวิธี Radiative Transfer Equation-Based Method พบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้ในแต่ละปี มีความสอดคล้องกับลักษณะภูมิอากาศและอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ศึกษา ค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนและลดลงเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน รวมทั้งค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับรายงานสรุปลักษณะอากาศรายปีของกรมอุตุนิยมวิทยา

การคำนวณหาค่าดัชนีความแห้งแล้ง พบว่าทั้งค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง และค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ บ่งบอกถึงความแห้งแล้งได้ดีในระดับหนึ่งซึ่งมีความสอดคล้องกับลักษณะภูมิอากาศ เช่น ในฤดูร้อนค่าดัชนีผลต่างความแห้งแล้งมีค่าสูงขึ้น ตรงกันข้ามกับค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณมีค่าต่ำลง แสดงให้เห็นว่ามีความแห้งแล้งมากขึ้น แม้ตามเกณฑ์ของดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ จะอยู่ในเกณฑ์ไม่มีความแห้งแล้ง

ความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว พบว่าค่าผิดปกติอุณหภูมิต่ำเกินไป ค่าผิดปกติดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณที่มีความเปลี่ยนแปลงน้อยหรือมีความใกล้เคียงค่าปกติจะมีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวที่สูงขึ้น จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ค่าที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกมากที่สุดกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าวคือ ค่าผิดปกติดัชนีผลต่างความแห้งแล้ง สำหรับการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณซึ่งเปรียบเทียบตัวแปรทุกตัวกับค่าผิดปกติผลผลิตข้าว พบว่าตัวแปรทุกตัวมีความสัมพันธ์ร่วมกันในทิศทางบวกที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.94 และตัวแปรทุกตัวสามารถเป็นปัจจัยร่วมอธิบายความผันแปรได้ร้อยละ 56 หรือค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.56 แม้ผลที่ได้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในทางสถิติมีจำนวนค่าตัวแปรน้อย แต่ก็สามารถเชื่อได้ว่าตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

6.3 ข้อเสนอแนะ

6.3.1 การคำนวณหาความแห้งแล้งในงานวิจัยนี้ใช้ดัชนีเพียงบางส่วนเท่านั้น ยังสามารถเพิ่มเติมดัชนีอื่นที่ตรวจสอบหาความแห้งแล้งได้ เช่น ดัชนีทางอุตุนิยมวิทยา ดัชนีทางอุทกวิทยา เป็นต้น

6.3.2 มีอีกหลากหลายปัจจัยที่สำคัญ เช่น ดิน ปริมาณน้ำ และพันธุ์ข้าว ที่สามารถนำมาหาความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว และสามารถทำนายผลผลิตข้าวต่อไปในอนาคตได้

6.3.3 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้มีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลา ดังนั้นสามารถใช้ดาวเทียมดวงอื่น ๆ ที่มีระบบคล้ายกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากยิ่งขึ้นในการหาความสัมพันธ์ต่อไป

บรรณานุกรม

- Anandababu, D., Purushothaman, B. M., and S. Suresh, B. (2018). Estimation of Land Surface Temperature using LANDSAT 8 Data. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 4(2), 177-186.
- Barsi, J. A., Barker, J. L., and Schott, J. R. (2003). An Atmospheric Correction Parameter Calculator for a Single Thermal Band Earth-Sensing Instrument. *IGARSS03, 21-25 July 2003, Centre de Congres Pierre Baudis, Toulouse, France*.
- Burapapol, K., and Nagasawa, R. (2016). Mapping Soil Moisture as an Indicator of Wildfire Risk Using Landsat 8 Images in Sri Lanna National Park, Northern Thailand. *Journal of Agricultural Science*, 8(10). doi:10.5539/jas.v8n10p107
- Danodia, A., Nikam, B., Kumar, S., and R, P. (2017). *LAND SURFACE TEMPERATURE RETRIEVAL BY RADIATIVE TRANSFER EQUATION AND SINGLE CHANNEL ALGORITHMS USING LANDSAT-8 SATELLITE DATA*.
- Du, T. L. T., Bui, D. D., Nguyen, M. D., and Lee, H. (2018). Satellite-Based, Multi-Indices for Evaluation of Agricultural Droughts in a Highly Dynamic Tropical Catchment, Central Vietnam. *Water*, 10(5). doi:10.3390/w10050659
- González-Betancourt, M., and Mayorga-Ruiz, Z. L. (2018). Normalized difference vegetation index for rice management in El Espinal, Colombia. *DYNA*, 85, 47-56.
- 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. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, 34, L06407. doi:10.1029/2006GL029127
- Hazaymeh, K., and Hassan, Q. (2015). Fusion of MODIS and Landsat-8 Surface Temperature Images: A New Approach. *PLoS ONE*, 10(3). doi:10.1371/journal.pone.0117755
- Heim, R. R. J. (2002). A review of 20th century drought indices used in the United States. *American Meteorological Society Journals Online*, 83(8), 1149-1165.

- Holzmana, M. E., Rivasa, R., and Piccoloc, M. C. (2014). Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 28, 181-192.
- Kogan, F. (2002). World Droughts in the New Millennium from AVHRR-based Vegetation Health Indices. *Eos Transactions American Geophysical Union*, 83, 557–563.
- Landsat Science. (2018). Thermal Infrared Sensor (TIRS). Retrieved from <https://landsat.gsfc.nasa.gov/thermal-infrared-sensor-tirs/>
- Sekertekin, A. (2019). Validation of Physical Radiative Transfer Equation-Based Land Surface Temperature Using Landsat 8 Satellite Imagery and SURFRAD in-situ Measurements. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 196, 105161. doi:10.1016/j.jastp.2019.105161
- Sholihaha, R. I., Trisasongko, B. H., Shiddiq, D., Iman, L. O. S., Kusdaryanto, S., Manijo, and Panuju, D. R. (2016). Identification of agricultural drought extent based on vegetation health indices of Landsat data: case of Subang and Karawang, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 14-20. doi:10.1016/j.proenv.2016.03.051
- Sruthi, S., and Mohammed Aslam, M. A. (2015). Agricultural Drought Analysis Using the NDVI and Land Surface Temperature Data; a Case Study of Raichur District. *Aquatic Procedia*, 4, 1258-1264. doi:10.1016/j.aqpro.2015.02.164
- The Earth Observatory. (2018). Land Surface Temperature. Retrieved from https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD_LSTD_M
- Uganai, L. S., and Kogan, F. (1998). Drought Monitoring and Corn Yield Estimation in Southern Africa from AVHRR Data. *Remote Sensing of Environment*, 63, 219-232.
- USGS. (2018). Using the USGS Landsat Level-1 Data Product. Retrieved from <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product>
- Yu, X., Guo, X., and Wu, Z. (2014). Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 TIRS - Comparison between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method. *Remote Sensing*, 6(October), 9829-9852. doi:10.3390/rs6109829

- กรมชลประทาน. (2561). รายงานแผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำจังหวัดอุบลราชธานี. Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/1SKYebh9vLSLdMJ51vz9Kzidip2U48Ubw/view>
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2551). ภัยแล้ง. Retrieved from http://local.environnet.in.th/formal_data2.php?id=72
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2559). สรุปสภาวะอากาศของประเทศไทย พ.ศ.2558. Retrieved from https://www.tmd.go.th/programs/uploads/yearlySummary/annual2558_new2.pdf
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2562). ภูมิอากาศจังหวัดอุบลราชธานี. Retrieved from <http://climate.tmd.go.th/data/province/%E0%B8%95%E0%B8%B0%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B9%80%E0%B8%89%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B7%E0%B8%AD/%E0%B8%A0%E0%B8%B9%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A8%E0%B8%AD%E0%B8%B8%E0%B8%9A%E0%B8%A5%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%8A%E0%B8%98%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%B5.pdf>
- ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, ณกร วัฒนกิจ, ธัญปณี คาชัย, แคสเสต มงคลสวัสดิ์ และ ดวงใจ ชูยะไข. (2552). แนวทางการวิเคราะห์ความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยดัชนีข้อมูลดาวเทียม. การประชุมวิชาการดาวเทียมออสเทคโนโลยีอวกาศของไทยเพื่อการพัฒนาภูมิสารสนเทศ ระหว่างวันที่ 8-9 กันยายน 2552 ณ โรงแรมณศา พลาญาไฮเต็ล แอนด์ สปา อาเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี, 131-150.
- ณททัย ราตรี. (2556). สถิติเบื้องต้น:แนวคิดและทฤษฎี (พิมพ์ครั้งที่ 2 ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นราธิป เฟ่งพิศ, สุพรรณ กาญจนสุธรรม, แก้ว นวลฉวี และ ภัทรพร สร้อยทอง. (2560). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับพื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง. วารสารเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2(3), 27 - 40.
- ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น. (2562). ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว. Retrieved from <http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/index.php/e-library/field/565-rice-growth-factor>

ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว. (2560). ข้าวคือชีวิต.

Retrieved from <http://dna.kps.ku.ac.th/index.php/rsc-news/new-rsc-rgd/news/205-rice-for-life>

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2558). การประยุกต์ใช้ LANDSAT เพื่อตรวจสอบอุณหภูมipื้นผิว. Retrieved from

<https://www.gistda.or.th/main/th/node/806>

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2560). ดัชนีความแห้งแล้งจากข้อมูลอนุพันธ์ภาพจากดาวเทียม. Retrieved from <http://droughtv2.gistda.or.th/>





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ธีรภัทร์ ธีระพล
วัน เดือน ปี เกิด	17 สิงหาคม 2536
สถานที่เกิด	อุบลราชธานี
วุฒิการศึกษา	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(เกียรตินิยมอันดับ 1) สาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ที่อยู่ปัจจุบัน	36 ซ.สรรพลสิทธิ์ 10 ถ.สรรพลสิทธิ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.อุบลราชธานี
ผลงานตีพิมพ์	ธีรภัทร์ ธีระพล และชงทิศ ฉายากุล (2562) "การคำนวณหาดัชนีความแห้งแล้งและพืชพรรณจากอุณหภูมิพื้นผิวของข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 และเปรียบเทียบกับผลผลิตข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี" การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2562