

การหาความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 ระบบ TIRS กับ ค่าดัชนีพืชพรรณ ค่าเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เขตกรุงเทพและปริมณฑล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A RELATIONSHIP BETWEEN LAND SURFACE TEMPERATURE FROM LANDSAT 8 TIRS
IMAGERY AND NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX, ENHANCED VEGETATION
INDEX AND NORMALIZED DIFFERENCE BUILT INDEX IN BANGKOK AND METROPOLIAN
REGION



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

ปริยานุช โสภากา : การหาความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 ระบบ TIRS กับ ค่าดัชนีพืชพรรณ ค่าเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เขตกรุงเทพและปริมณฑล. (A RELATIONSHIP BETWEEN LAND SURAFACE TEMPERATURE FROM LANDSAT 8 TIRS IMAGERY AND NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX, ENHANCED VEGETATION INDEX AND NORMALIZED DIFFERENCE BUILT INDEX IN BANGKOK AND METROPOLIAN REGION) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.ธงทิศ ฉายากุล

อุณหภูมิพื้นผิว (Land surface temperature : LST) มีความสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว เมื่อเทียบกับดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI), ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation Index : EVI) และ ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built Index : NDBI) วิเคราะห์จากข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OLI และ TIRS ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 30 และ 100 เมตร ของพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในปี พ.ศ. 2557 - 2561 ซึ่งทำการคำนวณหาอุณหภูมิพื้นผิวด้วยวิธี Split-Window algorithm มาทำการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กันในเชิงสถิติของอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณ ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ผลจากการศึกษาพบว่า มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าดัชนีพืชพรรณและค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ จากลักษณะดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่าเมื่ออุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้น ค่าดัชนีพืชพรรณและค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณจะลดลง และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง กล่าวได้ว่าเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้างจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับอุณหภูมิพื้นผิว เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้างในแต่ละฤดูกาลจึงพบว่า ในฤดูฝนดัชนีพืชพรรณสามารถบอกความถูกต้องของความสัมพันธ์ที่ดีกว่าดัชนีอื่นอยู่ที่ $RMSE = 0.08$ ในฤดูหนาวดัชนีเน้นภาพพืชพรรณสามารถบอกความถูกต้องของความสัมพันธ์ได้ดีกว่าดัชนีอื่นอยู่ที่ $RMSE = 0.04$ และพบว่าในฤดูร้อนดัชนีสิ่งปลูกสร้างสามารถบอกความถูกต้องของความสัมพันธ์ได้ดีกว่าดัชนีอื่นอยู่ที่ $RMSE = 0.08$ ดังนั้นจากการศึกษาทั้งหมดพบว่าพื้นที่ที่มีความเป็นพืชพรรณสูงจะสามารถช่วยลดอุณหภูมิพื้นผิวลงได้ และดัชนีสิ่งปลูกสร้างทำให้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นการการสร้างแบบจำลองปรากฏการณ์ Urban Heat Island จากตัวแปรเหล่านี้อาจต้องการการวิเคราะห์และทดสอบเพิ่มเติมเพื่อให้แน่ใจได้ว่า ตัวแปรเหล่านี้สามารถให้ความถูกต้องที่เพียงพอต่อการสร้างแบบจำลองปรากฏการณ์ Urban Heat Island ได้จริง

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ
ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อ นิสิต
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

5970479721 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEYWORD: Land surface temperature, Normalized Difference Vegetation Index, Enhanced Vegetation Index, Normalized Difference Built Index

Priyanuch Sopha : A RELATIONSHIP BETWEEN LAND SURFACE TEMPERATURE FROM LANDSAT 8 TIRS IMAGERY AND NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX, ENHANCED VEGETATION INDEX AND NORMALIZED DIFFERENCE BUILT INDEX IN BANGKOK AND METROPOLIAN REGION. Advisor: THONGTHIT CHAYAKULA, Ph.D.

Land surface temperature (LST) plays a crucial role on climate change investigation. This study aims to identify relations of change of land surface temperature as compared with Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI), and Normalized Difference Built Index (NDBI). The analysis was carried out using data obtained from OLI and TIRS Landsat 8 satellite with spatial resolution of 30 m and 100 m of the studied Bangkok Metropolitan Region between 2014 - 2018. The land surface temperature was calculated using Split-Window algorithm for comparison to identify statistical relations of LST with NDVI, EVI, and NDBI. According to the findings, negative relations were found with NDVI and EVI. This could be explained that: as the land surface temperature increased, NDVI and EVI decreased. Positive relation was found with NDBI. It could be said that: the change of NDBI was in the same direction as that of LST when the temperature changed. Considering relations between LST with NDVI, EVI, and NDBI, in each season, it was found that: in rainy season NDVI demonstrated accuracy of the relation better than other indexes at RMSE = 0.08; in winter, EVI demonstrated accuracy of the relation better than other indexes at RMSE = 0.04; and in summer NDBI demonstrated accuracy of the relation better than other indexes at RMSE = 0.08. Taking into consideration these findings it could be concluded that highly vegetation area could help reduce land surface temperature and that NDBI contributed to the change of LST value. Therefore, modeling Urban Heat Island phenomena from these variables may require further analysis and testing to ensure that these variables can provide adequate accuracy to the actual modeling of Urban Heat Island phenomena.

Field of Study: Survey Engineering

Student's Signature

Academic Year: 2019

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากกำลังใจและความช่วยเหลือของบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณ อ.ดร.รงทิส ฉายากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ช่วยตรวจสอบแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น อดทนต่อความสละสล้อของข้าพเจ้า รวมทั้งกำลังใจและแรงผลักดันให้ข้าพเจ้าสำเร็จดังประสงค์ขอขอบพระคุณ อ.ดร.ชัยโชค ไวภาษา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อ.ดร.ธีทัต เจริญกาลัญญาตาและดร. อนิศรา เพ็ญสุข ตี๋บแก้ว กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขเพื่อความสมบูรณ์ และให้ความเมตตากับข้าพเจ้าเสมอมา

ขอขอบพระคุณครอบครัว ญาติ และคนข้างๆ ที่ให้ที่พัก ทุนการศึกษา คอยให้กำลังใจ อยู่เคียงข้างและสนับสนุนข้าพเจ้าด้วยความรัก ความหวังดีตลอดเวลาขอขอบคุณ พี่ เพื่อน นิสิตบัณฑิตศึกษาภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ความเมตตา ความบันเทิง แก่ข้าพเจ้าขอบคุณพี่แพทยอน Girls' Generation ที่มอบเสียงเพลงให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจในการใช้ชีวิต



ปริยานุช โสภา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	13
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	13
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	16
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	17
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	18
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	19
2.1 อุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature : LST).....	19
2.2 ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)	22
2.3 วิธีการคำนวณค่าเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation Index: EVI).....	23
2.4 ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built Index: NDBI).....	23
2.5 ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8	24
2.6 การวิเคราะห์การถดถอยพหุนาม (Polynomial Regression Analysis).....	25
2.7 การวัดค่าความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์.....	26
บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
3.1 งานวิจัยด้านการหาค่าอุณหภูมิพื้นผิว ด้วยวิธี Split-Window Algorithm	13

3.2 งานวิจัยด้านการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง.....	14
บทที่ 4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	18
4.1 โปรแกรมที่ใช้ในการศึกษา.....	18
4.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	18
4.3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	19
บทที่ 5 ผลการศึกษา.....	26
5.1 อุณหภูมิพื้นผิว.....	27
5.2 ดัชนีพืชพรรณ.....	30
5.3 ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ.....	33
5.4 ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง.....	36
5.5 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ.....	39
5.6 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ.....	45
5.7 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง.....	51
5.8 ผลการหาความถูกต้องของความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง วิธีทางสถิติ RMSE.....	57
บทที่ 6 อภิปรายผล สรุปผล และข้อเสนอแนะ.....	59
6.1 อภิปรายผลการศึกษา.....	59
6.1.1 อภิปรายผลอุณหภูมิพื้นผิว.....	59
6.1.2 อภิปรายผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ.....	60
6.1.3 อภิปรายผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ.....	61
6.1.4 อภิปรายผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง.....	62
6.1.5 อภิปรายผลความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง.....	62
6.2 สรุปผล.....	62

6.3 ข้อเสนอแนะ.....	63
ภาคผนวก.....	64
ภาคผนวก ก.....	65
บรรณานุกรม.....	71
ประวัติผู้เขียน.....	76



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1 ค่าคงที่ Metadata File สำหรับช่วงคลื่นรังสีอินฟราเรดความร้อน	20
ตารางที่ 2-2 ค่าคงที่สำหรับหลักการ Slit-Window Algorithm	22
ตารางที่ 2-3 อุปกรณ์บันทึกข้อมูล LANDSAT 8.....	24
ตารางที่ 5-1 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิว (LST) รายเดือน.....	28
ตารางที่ 5-2 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิว (LST) ตามฤดูกาล	28
ตารางที่ 5-3 ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) เฉลี่ยรายเดือน	31
ตารางที่ 5-4 ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) เฉลี่ยตามฤดูกาล	31
ตารางที่ 5-5 ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) เฉลี่ยรายเดือน.....	34
ตารางที่ 5-6 ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) เฉลี่ยตามฤดูกาล	34
ตารางที่ 5-7 ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) เฉลี่ยรายเดือน.....	37
ตารางที่ 5-8 ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) เฉลี่ยตามฤดูกาล.....	37
ตารางที่ 5-9 การทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิว กับดัชนีพืชพรรณ ด้วยวิธีทางสถิติ RMSE.....	44
ตารางที่ 5-10 การทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิว กับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ ด้วยวิธีทางสถิติ RMSE	50
ตารางที่ 5-11 การทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ด้วยวิธีทางสถิติ RMSE	56
ตารางที่ 5-12 การหาความถูกต้องของสมการอุณหภูมิพื้นผิว กับดัชนีพืชพรรณดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ด้วยวิธีทางสถิติ RMSE.....	57

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1-1 พื้นที่ที่ศึกษากรุงเทพมหานครและเขตจังหวัดปริมณฑล.....	17
รูปที่ 4-1 แผนผังวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	19
รูปที่ 4-2 อุณหภูมิพื้นผิว (LST) ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Split-Window algorithm	20
รูปที่ 4-3 ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ที่ได้จากการคำนวณ	21
รูปที่ 4-4 ค่าเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) ที่ได้จากการคำนวณ.....	22
รูปที่ 4-5 ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) ที่ได้จากการคำนวณ.....	23
รูปที่ 4-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณ โดยใช้ค่า Pixel values ของทุกจุดภาพจากข้อมูล	24
รูปที่ 4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณ โดยใช้ค่า Pixel values ของทุกจุดภาพจากข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเพื่อเป็นตัวแทนของค่าในช่วงนั้น โดยในแต่ละช่วงนั้นจะแบ่งเป็นช่วงละ 0.01.....	25
รูปที่ 4-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณจากการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเพื่อเป็นตัวแทนของค่าในช่วงนั้น	25
รูปที่ 5-1 ผลการคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิวปี ค.ศ. 2014 – 2018.....	27
รูปที่ 5-2 กราฟแสดงผลการคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) ตามฤดูกาล ปี 2014 ค.ศ. – 2018 ...	29
รูปที่ 5-3 ผลการคำนวณดัชนีพืชพรรณปี ค.ศ. 2014 – 2018.....	30
รูปที่ 5-4 กราฟแสดงผลการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ตามฤดูกาล ปี ค.ศ. 2014 – 2018 ..	32
รูปที่ 5-5 ผลการคำนวณดัชนีเน้นภาพพืชพรรณปี ค.ศ. 2014 - 2018.....	33
รูปที่ 5-6 กราฟแสดงผลการคำนวณค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) ตามฤดูกาล ปี ค.ศ. 2014 – 2018.....	35
รูปที่ 5-7 ผลการคำนวณดัชนีสิ่งปลูกสร้างปี ค.ศ. 2014 – 2018	36
รูปที่ 5-8 กราฟแสดงผลการคำนวณค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) ตามฤดูกาล ปี ค.ศ. 2014 – 2018	38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กรุงเทพมหานครเป็นศูนย์กลางในการพัฒนาที่สำคัญของประเทศ ทำให้เมืองได้รับการพัฒนาและมีความเจริญ ซึ่งนำไปสู่การขยายตัวอย่างรวดเร็วทั้งด้านพื้นที่เมืองและประชากร จากการเพิ่มมากขึ้นทั้งพื้นที่เมืองและประชากรส่งผลให้มีการขยายตัวของเมืองในแนวตั้งแสดงสภาพทางกายภาพของเมืองเป็นอาคารสูงหรือตึกระฟ้า จากพื้นที่เดิมที่เป็นพื้นที่ที่น้ำสามารถแทรกซึมได้ดีเปลี่ยนเป็นพื้นที่ที่มีส่วนประกอบของคอนกรีต ยางมะตอย ทำให้พื้นที่บริเวณตัวเมืองจากลักษณะดังกล่าวดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้มากขึ้นและดูดซับในช่วงเวลากลางวันได้มากกว่าพื้นผิวธรรมชาติที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม โดยในเวลากลางคืนพื้นผิวในบริเวณตัวเมืองจะปลดปล่อยพลังงานความร้อนที่ถูกสะสมในเวลากลางวันออกสู่ชั้นบรรยากาศได้มากกว่าพื้นผิวธรรมชาติ ลักษณะพื้นผิวเมืองดังกล่าวเร่งการระเหยความชื้นได้มากกว่าพื้นผิวธรรมชาติซึ่งมีคุณสมบัติดูดซับความชื้นไว้ได้ดีกว่า จึงส่งผลให้อุณหภูมิบริเวณพื้นที่เมืองมีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อเทียบกับพื้นที่ชนบทโดยรอบ อุณหภูมิที่แตกต่างกันทำให้เกิดการกักตัวของในเขตเมือง (Urban Heat Island : UHI) คือ ปรากฏการณ์ที่พื้นที่ในเขตเมืองมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณโดยรอบนอก ความแตกต่างของอุณหภูมิที่สูงกว่าดังกล่าวจะเห็นได้ชัดเจนในตอนกลางคืนมากกว่าตอนกลางวัน ในฤดูหนาวมากกว่าฤดูร้อนและไม่มีลมหรือมีลมพัดอ่อน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556)

อุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature: LST) มีความสำคัญในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ (Aneesh Mathew et al., 2018) เนื่องจากอุณหภูมิพื้นผิว (LST) มีความไวต่อพืชและความชื้นในดิน ดังนั้นจึงสามารถใช้เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและประเภทของสิ่งปกคลุมดิน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและการเปลี่ยนไปเชิงพื้นที่ของโลกส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิว (LST) มีการเปลี่ยนแปลงต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินและประเภทของสิ่งปกคลุมดิน ทำให้มีสภาพอากาศในท้องถิ่นมีการแปรปรวน การขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็วนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิว การกลายเป็นเมืองส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกในรูปแบบต่าง ๆ

การใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลแบบหลายช่วงเวลาและหลายความละเอียด สามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับเมืองและผลกระทบของความร้อนต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาก่อนหน้านี้ชี้ให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างดัชนีพืชพรรณและดัชนีเน้นภาพพืชพรรณกับอุณหภูมิพื้นผิว ในขณะที่ดัชนีพืชพรรณและดัชนีเน้น

ภาพพืชพรรณมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ดัชนีพืชพรรณและดัชนีเน้นภาพพืชพรรณถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้สำหรับพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (Malik et al., 2019) เนื่องจากดัชนีพืชพรรณจะมีความไวต่อคลอโรฟิลล์และความหนาแน่นของพืชมากที่สุด (Hussein et al., 2017) ส่วนดัชนีเน้นภาพพืชพรรณจะมีความอ่อนไหวและตอบสนองต่อตัวแปรโครงสร้างของพืช เช่น อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูก (Leaf Area Index: LAI) ชนิดของพืช และรูปร่างของชั้นเรือนยอด (He et al., 2018; Huete et al., 2002; Li et al., 2010; Phompila et al., 2015; Wang et al., 2003; Zougrana et al., 2015) จากการศึกษาวิจัยด้านความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณและดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ พบว่าค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณและดัชนีเน้นภาพพืชพรรณมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิว (Bao et al., 2014; Ding et al., 2007; Guo et al., 2014; Hussein et al., 2017; Li et al., 2010; Aneesh Mathew et al., 2018; Zougrana et al., 2015) นักวิจัยได้นำข้อมูลดัชนีพืชพรรณและดัชนีเน้นภาพพืชพรรณไปใช้อย่างกว้างขวาง สำหรับการติดตามภัยแล้ง การประเมินผลผลิตทางการเกษตร และการเกิดปรากฏการณ์ Urban Heat Island เป็นต้น (Aneesh Mathew et al., 2018) ได้ทำการศึกษาการเกิด Surface Urban Heat Island (SUHI) ในประเทศอินเดีย จากความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ดัชนี Road Density (RD) และ ดัชนี Percent Impervious surface area (%ISA) พบว่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณและดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกัน และดัชนีเน้นภาพพืชพรรณให้ความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิว ได้ดีกว่าดัชนีพืชพรรณความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับ ดัชนี %ISA พบความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกันและมีความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกันทุกฤดูกาล ในความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างเป็นเส้นตรงและขึ้นอยู่กับฤดูกาล มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกัน แต่ดัชนีสิ่งปลูกสร้างไม่สามารถแยกพื้นที่โล่งออกจากสิ่งปลูกสร้างได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ดัชนีสิ่งปลูกสร้างเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีได้สำหรับการศึกษา และพบว่า ดัชนี % ISA เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีกว่าดัชนีสิ่งปลูกสร้างสำหรับความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับ ดัชนี RD พบว่าเป็นความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงและไม่ขึ้นอยู่กับฤดูกาล การใช้ดัชนี RD สามารถพิจารณาถึงผลกระทบของความร้อนที่เกิดจากฝีมือของมนุษย์ได้ ดังนั้นดัชนี RD จึงเป็นบ่งชี้ที่ดีสำหรับการศึกษา Surface Urban Heat Island (Ferreira & Duarte, 2019) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณและดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ โดยกำหนดเขตภูมิอากาศท้องถิ่น (local climate zones: LCZ) ตามวิธี World Urban Database and Access Portal Tool (WUDAPT) ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Aqua/MODIS LST พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบที่แข็งแกร่งของอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณและดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ โดยทั่วไปบริเวณที่มีพืชพรรณจะมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวในเวลากลางวันและกลางคืนที่สูง การสร้างเศษส่วนของพื้นผิวและพื้นผิวที่ไม่ซึมผ่านน้ำเสนอความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิพื้นผิวในเวลากลางวัน บริเวณที่เป็นพื้นที่ปลูกสร้างได้แสดง

ความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิพื้นผิวในเวลากลางคืน ดัชนีสิ่งปลูกสร้างใช้สำหรับการบอกระดับของการขยายตัวของเมือง (L. Liu & Zhang, 2011; Malik et al., 2019; Aneesh Mathew et al., 2018) ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง คือ การกำหนดผลรวมเชิงเส้นของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (0.76 ~ 0.90 ไมโครเมตร) และอินฟราเรดคลื่นสั้น (1.55 ~ 1.75 ไมโครเมตร) ซึ่งใช้สำหรับการสะท้อนพลังงานต่อสิ่งปลูกสร้าง (Zha et al., 2003) ดัชนีสิ่งปลูกสร้างแสดงถึงการกระจายตัวของดินในเขตพื้นที่เมือง และแสดงความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิพื้นผิว (Chen et al., 2006) จากการศึกษาทางงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง เมื่อบริเวณที่มีสิ่งปลูกสร้างหนาแน่นจะทำให้อุณหภูมิพื้นผิวมีค่าที่สูงขึ้น (Chen et al., 2006; Deng & Wu, 2013; Gao, 1996; A Mathew et al., 2015; Pal & Ziaul, 2017; Y. Zhang et al., 2009) ดัชนีสิ่งปลูกสร้างเป็นที่นิยมอย่างมากในการศึกษาหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิวและการเกิดปรากฏการณ์ Urban Heat Island เช่น (Guha et al., 2020) ได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat ในประเทศอินเดีย พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกและไม่ขึ้นกับฤดูกาลใด ๆ ยิ่งไปกว่านั้นการศึกษายังได้เห็นถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากการเพิ่มขึ้นของสิ่งปลูกสร้างอาจทำให้เกิดเป็นภัยคุกคามร้ายแรงต่อพืช สัตว์ และสุขภาพของมนุษย์ (Bala et al., 2019) ได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ดัชนีเนินภาพพืชพรรณ ดัชนีพืชพรรณ ดัชนี Urban Index (UI) ดัชนี NDWI และ ดัชนี Normalized Difference Soil Index (NDSI) ในพื้นที่ศึกษาประเทศอินเดีย 4 เมือง ได้แก่ Bikaner, Hyderabad, Vadodara และ Varanasi พบว่าดัชนีสิ่งปลูกสร้างสามารถให้ค่าความถูกต้องของความสัมพันธ์ (RMSE) กับอุณหภูมิพื้นผิวได้น้อยที่สุดและยังสามารถช่วย Downscaled ให้กับข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวอีกด้วย ดังนั้นดัชนีสิ่งปลูกสร้างจึงเหมาะสมที่สุดสำหรับการหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิว (Kumar & Shekhar, 2015) ได้กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัยออกเป็น 2 ประการ คือ (1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณและดัชนีสิ่งปลูกสร้างกับอุณหภูมิพื้นผิว (2) วิเคราะห์เชิงปริมาณของปรากฏการณ์ Urban Heat Island ในเมือง Kalaburagi จาก (1) ผลลัพธ์พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ บ่งบอกถึงความสัมพันธ์เชิงลบ ดัชนีพืชพรรณชี้ให้เห็นว่าพื้นที่สีเขียวสามารถทำให้ผลกระทบต่อปรากฏการณ์ Urban Heat Island ลดลง ในขณะที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งอนุมานได้ว่าพื้นที่ที่สร้างขึ้นสามารถส่งผลกระทบต่อปรากฏการณ์ Urban Heat Island ได้จากเอกสารอ้างอิง (Bala et al., 2019; Ferreira & Duarte, 2019; Guha et al., 2020; Kumar & Shekhar, 2015; Aneesh Mathew et al., 2018) ในการอธิบายการใช้ดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเนินภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง มีความเหมาะสมและใช้งานเป็นตัวแทนเพื่อวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิพื้นผิวและให้ค่าความถูกต้องในเกณฑ์ที่ดีเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปในหลายงานวิจัย ดัชนีทั้งสามจึงถูกนำไปในงานวิจัยฉบับนี้ เพื่อ

ทดสอบกับพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานครและปริมณฑลเพื่อพิจารณาว่าผลลัพธ์จะสอดคล้องกันหรือไม่
อนึ่งการทดสอบดัชนีอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากสามอันนี้เป็นหัวข้อวิจัยที่จะต้องศึกษาต่อไปในอนาคต
เพื่อให้ผลสรุปนั้นสมบูรณ์

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลยังมีผลกระทบสำคัญต่อความชื้นในดิน การ
เจริญเติบโตของพืชพรรณ การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (LULC) และอุณหภูมิพื้นผิว ดังนั้น
จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องวิเคราะห์ผลกระทบจากฤดูกาลต่อความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์
ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน กับอุณหภูมิพื้นผิว เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน กับ
อุณหภูมิพื้นผิว จะมีความแตกต่างกันไปตามฤดูกาล นำมาซึ่งการส่งผลกระทบต่อสมดุลพลังงานของ
พื้นผิวโลก (H. Liu & Weng, 2008)

การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวมีหลายวิธีการในการหาค่าอุณหภูมิพื้นผิว (Md Shahid Latif,
2014) เช่น วิธี Split-Window Algorithm (SWA) วิธี Dual Angle algorithm (DA) วิธี Single-
Channel algorithm (SC) และวิธี mono-window algorithm (MWA) เป็นต้น (L. Wang et al.,
2019; วลดา เดชะ และคณะ, 2560) โดยวิธีที่เป็นที่นิยมและให้ค่าคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิพื้นผิวต่ำ
คือ วิธี Split-Window Algorithm (L. Wang et al., 2019) ที่มีการใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน
2 แบนด์ (McMillin, 1975) ซึ่งดาวเทียม Landsat 8 เป็นดาวเทียมที่มีระบบ TIRS ช่วงคลื่นอิน
ฟราเรดความร้อน จำนวน 2 แบนด์ ได้แก่ แบนด์ 10 (10.60 – 11.19 ไมโครเมตร) และแบนด์ 11
(11.50 – 12.51 ไมโครเมตร) ซึ่งทำให้ดาวเทียม Landsat 8 เหมาะสำหรับการหาอุณหภูมิพื้นผิวด้วยวิธี
Split-Window Algorithm

ในการวิจัยในครั้งนี้มีการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิว จากข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม Landsat 8
ระบบ OLI/TIRS โดยทำการคำนวณอุณหภูมิพื้นผิว ด้วยวิธี Split-Window algorithm เพื่อนำข้อมูล
ที่ได้จากการประมวลผลอุณหภูมิพื้นผิว มาทำการเปรียบเทียบกันในเชิงสถิติ โดยการใช้แต่ละจุดภาพ
เพื่อนำมาเปรียบเทียบการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีอื่น ๆ ได้แก่ ดัชนี
พืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ดัชนีเน้น ภาพ พืชพรรณ
(Enhanced Vegetation Index: EVI) และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built
Index: NDBI) ตามฤดูกาล

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature:
LST) เมื่อเทียบกับดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ดัชนีเน้น
ภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation Index: EVI) และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized
Difference Built Index: NDBI) ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล

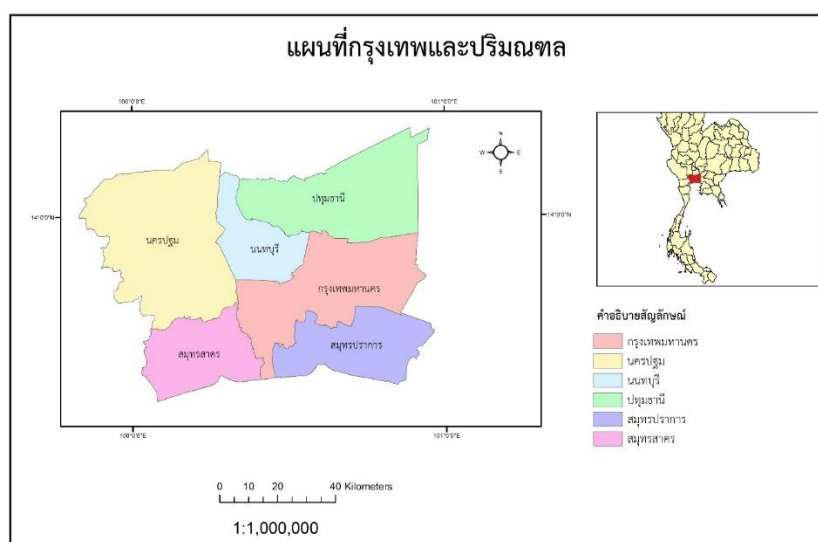
1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา

ในการศึกษาวิจัยนี้เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากการประมวลผลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 โดยแบ่งตาม 3 ฤดู คือ (1) ฤดูหนาวกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ (2) ฤดูร้อนกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม และ (3) ฤดูฝนกลางเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกลางเดือนตุลาคม (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563b) ในช่วงปี ค.ศ. 2014 – 2018 เพื่อให้ผลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น จึงได้มีการกำหนดขอบเขตการศึกษาวิจัยไว้ดังนี้

1.3.2 ขอบเขตพื้นที่ที่ศึกษา

กรุงเทพมหานครและเขตจังหวัดปริมณฑลใกล้เคียง 5 จังหวัด คือ นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร และนครปฐม พิกัดขอบเขตพื้นที่ N: 14.293° N, S: 13.423° N, W: 99.826° E, E: 100.967° E มีครอบคลุมพื้นที่กว่า 7,000 ตารางกิโลเมตร แบ่งออกเป็น 50 เขต และมีประชากรอาศัยอยู่ประมาณ 10,593,724 ล้านคน



รูปที่ 1-1 พื้นที่ที่ศึกษากรุงเทพมหานครและเขตจังหวัดปริมณฑล

(ที่มา : Thai GIS NET, 2019)

1.3.1 ลักษณะภูมิอากาศ

กรุงเทพมหานครมีทั้งหมด 3 ฤดูกาล คือ ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 28-30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32-34 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24-26 องศาเซลเซียส โดยมีอากาศร้อนจัดอยู่ในเดือนเมษายนและพฤษภาคม วัดอุณหภูมิสูงสุดได้ 40.8

องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2526 ที่ สถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพฯ (ดอนเมือง) และมี
อากาศหนาวอยู่ในเดือนธันวาคมและมกราคม เคยตรวจอุณหภูมิต่ำที่สุดได้ 9.9 องศาเซลเซียส เมื่อ
วันที่ 12 มกราคม 2498 ที่สถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพฯ (เฉลิมพระเกียรติ)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI) และ Normalized Difference Built Index (NDBI)

1.4.2 ทราบดัชนีที่เหมาะสมในการทำการเกิดปรากฏการณ์ Urban Heat Island จาก
ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี Normalized Difference Vegetation Index (NDVI),
Enhanced Vegetation Index (EVI) และ Normalized Difference Built Index (NDBI)



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature : LST)

ในการคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวมีการคำนวณหลายวิธีด้วยกัน โดยหน่วยงาน USGS ได้แนะนำ สูตรการคำนวณที่ใช้สำหรับข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 ใช้ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (Top of Atmos]here : TOA) ค่าการแผ่รังสีและได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าไว้ในข้อมูล (Metadata File : MTL file) ซึ่ง MTL file ที่ให้มานั้นมีค่าคงที่ความร้อนที่ใช้ในการแปลงค่าข้อมูล ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน เพื่อดูค่าความสว่างของอุณหภูมิจากภาพถ่ายจากดาวเทียมได้ (Unites Status Geological Survey, 2013) และเนื่องจากมีหลักการคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวอุณหภูมิพื้นผิว หลายสูตรด้วยกัน (Md Shahid Latif,2004) เช่น Split-Window algorithm (SW) Dual Angle algorithm (DA) Single-Channel algorithm (SC) (วลดา เดชะ และคณะ, 2560) เนื่องด้วย งานวิจัยนี้ใช้ดาวเทียม LANDSAT 8 ที่มีช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน จำนวน 2 แบนด์ ได้แก่ แบนด์ 10 (10.60 – 11.19 ไมโครเมตร) และแบนด์ 11 (11.50 – 12.51 ไมโครเมตร) จึงเลือกใช้หลักการ Split-Window algorithm ที่มีกรนำ 2 แบนด์ มาคำนวณร่วมกันในสมการคำนวณหาอุณหภูมิ พื้นผิวซึ่งเป็นหลักการที่เป็นที่นิยมมากที่สุดเพื่อนำมาคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิว โดยมีขั้นตอนในการ คำนวณ ดังนี้

2.1.1 การคำนวณค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (TOA Spectral Radiance)

ข้อมูลแบนด์ TIRS สามารถนำมาคำนวณค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นโดยใช้ค่าปัจจัย ในการแผ่รังสี จากข้อมูลที่ได้ให้มา (Metadata File) ตัวอย่าง สมการที่ 2-1 ดังนี้ (Md Shahid Latif, 2014)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2-1)$$

โดยที่ L_{λ} = ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (TOA Spectral Radiance) มีหน่วยเป็น (Watts / (m² * srad * μ m))

M_L = ค่าการคูณสำหรับการแปลงค่าเฉพาะ แบนด์นั้น โดยดูจากค่า Rdiance_Mult_Band_X ซึ่ง X คือจำนวนแบนด์

A_L = ค่าการคูณสำหรับการแปลงค่าเฉพาะ แบนด์นั้น โดยดูจากค่า Rdiance_Add_Band_X ซึ่ง X คือจำนวนแบนด์

Q_{cal} = ค่าการวัดและการนับจำนวนขนาดภาพ (DN)

2.1.2 การคำนวณอุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสีเชิงคลื่น (Brightness Temperature: TB)

ข้อมูลจากแบนด์ TIRS สามารถแปลงจากค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นเป็นอุณหภูมิสัมบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลความร้อนจากข้อมูล Metadata และค่าคงที่ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ในตารางซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ดังตัวอย่างสมการที่ 2-2 ดังนี้ (Md Shahid Latif, 2014)

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda}\right) + 1} - 273.15 \quad (2-2)$$

โดยที่ TB = ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสีเชิงคลื่น โดยปกติแล้วจะมีหน่วยเป็นเคลวิน แต่เนื่องจากในสมการมีการแปลงหน่วยแล้วจึงทำให้มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

L_λ = ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (TOA Spectral Radiance) มีหน่วยเป็น (Watts / m² * srad * μ m)

K_1 = ค่าคงในการแปลงของแบนด์ความร้อน โดยดูจากค่า $K_1_Constant_Band_X$ ซึ่ง X คือแบนด์ 10 หรือ 11

K_2 = ค่าคงในการแปลงของแบนด์ความร้อน โดยดูจากค่า $K_2_Constant_Band_X$ ซึ่ง X คือแบนด์ 10 หรือ 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2-1 ค่าคงที่ Metadata File สำหรับช่วงคลื่นรังสีอินฟราเรดความร้อน

Band	Radiance		K_1	K_2
	Mult_Band	Add_Band		
10	0.0003342	0.1	774.89	1321.08
11	0.0003342	0.1	480.89	1201.14

2.1.3 การประมาณค่า fractional vegetation cover (FVC) จากค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ด้วยสูตรการคำนวณสมการที่ 2-3 ดังนี้ (Ding Yanling et al., 2016; Md Shahid Latif, 2014)

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI(SOIL)}{NDVI(VEGETATION) - NDVI(SOIL)} \quad (2-3)$$

2.1.4 การประมาณค่า land surface emissivity (LSE) จากค่า FVC ด้วยสูตรการคำนวณที่ และค่าคงที่ของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณในสมการที่ 2-4 (Md Shahid Latif, 2014)

$$LSE = \epsilon_s * (1 - FVC) + \epsilon_v * FVC \quad (2-4)$$

โดยที่ ϵ_s คือ emissivity for soil LANDSAT 8 แบนด์ 10 (0.971) แบนด์ 11 (0.977)
 ϵ_v คือ emissivity for vegetation LANDSAT 8 แบนด์ 10 (0.987) แบนด์ 11 (0.989)

2.1.5 การประมาณค่าเฉลี่ยและค่าผลต่างของ LSE ด้วยสูตรการคำนวณที่ 2-5 และ 2-6 ดังนี้ (Md Shahid Latif, 2014)

$$m = \frac{LSE_{10} + LSE_{11}}{2} \quad (2-5)$$

$$\Delta m = LSE_{10} - LSE_{11} \quad (2-6)$$

โดยที่ m คือ ค่าเฉลี่ยของ LSE
 Δm คือ ผลต่างของค่า LSE

2.1.6 การคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิว

เนื่องจากข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 8 มีช่วงคลื่นความร้อน 2 ช่วงคลื่น คือ ช่วงคลื่นความร้อนแบนด์ 10 และช่วงคลื่นความร้อนแบนด์ 11 ดังนั้นในสมการของ Split-Window Algorithm จึงนำช่วงคลื่นความร้อนนี้มาคำนวณร่วมกันและมีการกำหนดค่าคงที่สำหรับหลักการคำนวณในตารางที่ 1 ดังตัวอย่างสมการที่ 2-7 (Md Shahid Latif, 2014)

$$LST = TB_{10} + C_1(TB_{10} - TB_{11}) + C_2(TB_{10} - TB_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4W)(1-m) + (C_5 + C_6W) \Delta m \quad (2-7)$$

โดยที่ TB_{10}, TB_{11} คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (Brightness Temperature) ของแบนด์ 10 และ 11
 C_0 ถึง C_6 คือ ค่าคงที่สำหรับ Split-Window algorithm
 W คือ ค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศ
 m คือ ค่าเฉลี่ยของ LSE

- Δm คือ ผลต่างของค่า LSE
 LSE คือ ค่าการแผ่รังสีพื้นผิว (Land Surface Emissivity)

ตารางที่ 2-2 ค่าคงที่สำหรับหลักการ Slit-Window Algorithm

ค่าคงที่	ค่าของค่าคงที่
C_0	-0.268
C_1	1.378
C_2	0.183
C_3	54.300
C_4	-2.238
C_5	-129.200
C_6	16.400

2.2 ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)

ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างผลต่างและผลรวมค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง (RED) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) ของวัตถุบนพื้นโลก ผลจากการคำนวณจะได้ค่าของดัชนีอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) มีประสิทธิภาพในการประเมินลักษณะเฉพาะและการติดตามสถานะการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของพืชพรรณมานานแล้ว (Volcani et al., 2005) บริเวณที่มีพืชพรรณปกคลุมจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) สูงกว่าช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง (RED) ทำให้ค่าของดัชนีพืชพรรณ (NDVI) มีค่าเป็นบวก ในขณะที่พื้นผิวที่เป็นดิน พื้นที่เปิดโล่ง/สิ่งก่อสร้างพื้นที่ที่มีหิน จะมีค่าการสะท้อนระหว่างสองช่วงคลื่นใกล้เคียงกันทำให้ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ส่วนกรณีพื้นที่เป็นน้ำจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) ต่ำกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (RED) ทำให้ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) มีค่าติดลบ ส่วนบริเวณที่ปกคลุมด้วยเมฆมีค่าการสะท้อนช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (RED) มากกว่าช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) ทำให้มีค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) เป็นค่าติดลบในพื้นที่ที่มีพืชพรรณสีเขียวปกคลุมหนาแน่นมาก อาทิเช่น พื้นที่ป่าดิบชื้น ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ก็จะมีค่าเข้าใกล้ +1 มากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากคุณสมบัตินี้ ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จึงเป็นเครื่องมือวิเคราะห์และทำนายการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณที่มีผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ได้เป็นอย่างดี โดยมีกรคำนวณดังสมการที่ 8 (Voogt & Oke, 2003)

โดยที่ NIR = ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (%)
 RED = ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (%)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (2-8)$$

2.3 วิธีการคำนวณค่าเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation Index: EVI)

ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation Index :EVI) ได้พัฒนาค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาการตอบสนองของการสะท้อนพลังงานจากดินและบรรยากาศ (Matsushita et al., 2007) เหมาะสมกับพื้นที่ส่วนใหญ่ที่รังสีของสิ่งปกคลุมพื้นที่ประเภทพืชพรรณได้รับอิทธิพลของพื้นดินภายใต้เรือนยอด เช่น พื้นที่ป่าที่พบในเขตอบอุ่นของโลก เป็นต้น สำหรับประเทศไทยแล้วแม้ว่าจะมีพื้นที่ป่าที่มีลักษณะเปิดโล่งให้เห็นพื้นดินได้ เช่น ป่าเต็งรัง (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2563) โดยมีรูปแบบสมการที่ 2-9 ดังนี้

$$EVI = G \times \frac{NIR - R}{NIR + (C_1 \times R - C_2 \times B) + L} \quad (2-9)$$

โดยที่ EVI คือ ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ
 G คือ ค่าระดับของพลังงาน
 NIR คือ ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้
 R คือ ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง
 B คือ ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นตามองเห็นสีน้ำเงิน
 C₁, C₂ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับค่าฝุ่นละอองในอากาศ
 L คือ ค่าปรับแก้สำหรับดิน

การกำหนดค่าสำหรับพื้นที่ทั่วไป มีค่า L = 1, C₁ = 6, C₂ = 7.5 และ G = 2.5 ค่า EVI จะอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยทั่วไปพืชสีเขียวจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8

2.4 ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built Index: NDBI)

ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวเมืองและประเภทการใช้ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดิน วิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมโดยดูค่าการสะท้อนของความ

หนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างในตอนกลางวันและกลางคืนกับอุณหภูมิของแต่ละช่วงเวลา โดยมีรูปแบบสมการที่ 2-10 ดังนี้ (Voogt & Oke, 2003)

โดยที่ SWIR คือ ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น (%)
NIR คือ ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (%)

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (2-10)$$

2.5 ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8

ดาวเทียม Landsat 8 เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้รับการพัฒนา โดยความร่วมมือระหว่างองค์กร NASA และ USGS (U.S. Geological Survey) ถูกส่งขึ้นสู่อวกาศเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2556 ดาวเทียม Landsat 8 มีวงโคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ ที่ความสูงประมาณ 438 ไมล์ หรือ 705 กิโลเมตร โดยจะโคจรซ้ำตำแหน่งเดิมทุก ๆ 16 วัน ความกว้างของแนวถ่ายภาพ 185 กิโลเมตร ประกอบด้วยระบบบันทึกภาพ 2 ชนิด คือ the Operation land Image (OLI) and the Thermal Infrared Sensor (TIRS) มีทั้งหมด 11 ช่วงคลื่น ซึ่งให้รายละเอียดจุดภาพ 30 เมตร (visible, NIR, SWIR) 100 เมตร (thermal) และ 15 เมตร (panchromatic) (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2561a, 2561b)

ในงานวิจัยนี้จะใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน จำนวน 2 แบนด์ ได้แก่ แบนด์ 10 (10.60 – 11.19 ไมโครเมตร) และแบนด์ 11 (11.50 – 12.51 ไมโครเมตร)

ตารางที่ 2-3 อุปกรณ์บันทึกข้อมูล LANDSAT 8

อุปกรณ์บันทึกข้อมูล			
LANDSAT - 8 Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS)			
แบนด์	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ประเภทช่วงคลื่น	รายละเอียดภาพ Resolution (เมตร)
1	0.43 - 0.45	Coastal Aerosol	30
2	0.45 - 0.51	ช่วงสายตามองเห็นสีน้ำเงิน (Blue)	30

3	0.53 - 0.59	ช่วงสายตามองเห็นสีเขียว (Green)	30
4	0.64 - 0.67	ช่วงสายตามองเห็นสีแดง (Red)	30
5	0.85 - 0.88	อินฟราเรดใกล้ (Near Infrared NIR)	30
6	1.57 - 1.65	อินฟราเรดคลื่นสั้น 1 (SWIR 1)	30
7	2.11 - 2.29	อินฟราเรดคลื่นสั้น 2 (SWIR 2)	30
8	0.50 - 0.68	ระบบขาว - ดำ (Panchromatic)	15
9	1.36 - 1.38	เมฆชั้นสูง (Cirrus)	30
10	10.60 - 11.19	อินฟราเรดความร้อน 1 (Thermal Infrared - TIRS 1)	100
11	11.50 - 12.51	อินฟราเรดความร้อน 2 (Thermal Infrared - TIRS 2)	100

2.6 การวิเคราะห์การถดถอยพหุนาม (Polynomial Regression Analysis)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง รวมถึงกรณีที่มีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว โดยสมการมีหลายรูปแบบดังนี้

- (1) รูปแบบสมการถดถอยพหุนาม 1 ตัวแปร ยกกำลังอันดับที่ n (n^{th} Order Polynomial Regression Model in One Variable) หากสมการมีการยกกำลังสองมีเพียง 1 ค่า จะเรียกว่า สมการกำลังสอง (Quadratic model) ดังสมการที่ 2-11

$$y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2 + \dots + \beta_nx^n \quad (2-11)$$

รูปแบบสมการถดถอยพหุนาม 2 ตัวแปร หรือมากกว่า (Polynomial Regression Models in Two or More Variable) โดยตัวอย่างรูปแบบสมการพหุนาม 2 ตัวแปร แสดงดังสมการที่ 2-12

$$y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x_2 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + \beta_{12}x_1x_2 \dots \quad (2-12)$$

โดยที่ y คือ ตัวแปรตอบสนอง (response variable) หรือตัวแปรตาม
 x_1, x_2, \dots คือ ตัวแปรทำนาย (predictor) หรือตัวแปรอิสระ

β_1, \dots, β_n คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยอันดับที่ 1 ถึงอันดับที่ n
 β_{12}, \dots คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์
 β_0 คือ ค่าคงที่

สำหรับการประมาณค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ในสมการถดถอยโพลีโนเมียล (Polynomial Regression) จะใช้วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ที่เรียกว่า วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square) โดยรูปแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรงนี้สามารถแปลงตัวแปรอิสระให้อยู่ในรูปแบบสมการเส้นตรง ตัวอย่างเช่นสมการที่ 2-12 ในส่วนรูปแบบกำลังสอง หากให้ $\beta_{11}x_1^2 = \beta_{11}z_{11}, \beta_{22}x_2^2 = \beta_{22}z_{22}$ และในส่วนรูปสมการที่มีปฏิสัมพันธ์ หากให้ $\beta_{12}x_1x_2 = \beta_{12}z_{12}$ โดย z เป็นตัวแปรพิเศษที่ใช้แทนค่าเพื่อให้รูปแบบสมการง่ายต่อการเข้าใจ จะสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{11}z_{11} + \beta_{22}z_{22} + \beta_{12}z_{12} \quad (2-13)$$

จะเห็นว่าสมการ 2-13 เป็นสมการถดถอยพหุคูณนั่นเอง ดังนั้นสมการกำลังสองและสมการที่มีปฏิสัมพันธ์คือรูปแบบหนึ่งของสมการถดถอยพหุคูณ จากแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยโพลีโนเมียล สามารถใช้หารตัวแปรตามจากตัวแปรอิสระหลายตัวแปรได้ อย่างเช่น การหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับตัวแปรอิสระดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเนินภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง

จากการหาค่าความสัมพันธ์ จะมีค่า r^2 เป็นตัวที่ใช้ตรวจสอบว่าแบบจำลอง กับข้อมูลที่ใช้สร้างความสัมพันธ์มีความสอดคล้องกันหรือไม่

2.7 การวัดค่าความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์

ค่าคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์สามารถทำได้ด้วยการเปรียบเทียบค่าค่าประมวลผลอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากสมการ Split-Window Algorithm กับค่าประมวลผลอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากดัชนีต่าง ๆ ด้วยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย หรือ Root mean Square error: RMSE ดังสมการที่ 2-14

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (LST - LST_{index})^2}{n}} \quad (2-14)$$

โดยที่ LST คือ ค่าประมวลผลอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากสมการ Split-Window Algorithm

LST_{index} คือ ค่าประมวลผลอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากดัชนีต่าง ๆ

บทที่ 3

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยด้านการหาค่าอุณหภูมิพื้นผิว ด้วยวิธี Split-Window Algorithm

Rajeshwari and Mani (2014) ได้ศึกษาการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของ Din Digul District โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 หาค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากวิธี Split-Window Algorithm นั้นต้องใช้ข้อมูล OLI เพื่อหาค่า Emissivity และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ส่วนข้อมูล TIR แบนด์ 10 และแบนด์ 11 ใช้ในการประมาณค่า Spectral Radiance พื้นที่ศึกษาพื้นที่ (Dindigul) รัฐทมิฬนาฑู ประเทศอินเดีย ผลการศึกษาพบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้นในพื้นที่ที่มีความแห้งแล้ง และค่าอุณหภูมิพื้นผิวต่ำในพื้นที่เนินเขาเนื่องจากมีพืชปกคลุม และพบว่าหลักการ Split-Window Algorithm ที่ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน แบนด์ 10 และ แบนด์ 11 พร้อมกับข้อมูล OLI แบนด์ ที่ 2-5 เพื่อทำการหาอุณหภูมิพื้นผิวมีความน่าเชื่อถือและถูกต้อง

Md Shahid Latif (2014) ได้ศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวของข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 โดยใช้หลักการ Split-Window Algorithm กรณีศึกษา Ranchi District ในงานวิจัยนี้ได้ กล่าวถึงว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวเป็นปัจจัยสำคัญในติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก การเจริญเติบโตของพืช รวมถึงน้ำแข็งบริเวณขั้วโลก ซึ่งผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ร้อยละ 51.596 ของพื้นที่ทั้งหมดมีอุณหภูมิระหว่าง 35-40 องศาเซลเซียส และอีกร้อยละ 41.048 มีอุณหภูมิระหว่าง 40-45 องศาเซลเซียส ดังนั้นร้อยละ 92.644 ของพื้นที่ทั้งหมดมีอุณหภูมิพื้นผิวอยู่ที่ประมาณ 40 องศาเซลเซียส

Kamran et al. (2015) ได้ศึกษาอุณหภูมิพื้นผิว โดยทำการเปรียบเทียบ 2 วิธีที่แตกต่างกัน คือ วิธี Split Window และวิธี Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) จากดาวเทียม Landsat 8 Thermal Infrared Sensor (TIRS) พื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานคร ประเทศอิหร่าน ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิพื้นผิว จากวิธี Split Window Algorithm มีความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิต่ำกว่า 1.17 องศาเซลเซียส ในขณะที่วิธี SEBAL มีความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิอยู่ที่ 3.27 องศาเซลเซียส

L. Wang et al. (2019) ศึกษาหาอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพ Landsat 8 และเปรียบเทียบวิธีการหาอุณหภูมิพื้นผิว 3 วิธีที่แตกต่างกัน คือ วิธี mono-window algorithm (MWA) วิธี the split window algorithm (SWA) และ วิธี the single-channel (SC) ผลการวิจัยพบว่าวิธีการทั้ง 3 วิธี สามารถบรรลุผลลัพธ์ที่ดีในการหาอุณหภูมิพื้นผิวได้ โดยวิธีของ SWA นั้นมีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด วิธี MWA และ วิธี SC มีข้อผิดพลาดถูกต้องน้อยลงมาตามลำดับ และเปรียบเทียบกับข้อผิดพลาดของ

การคำนวณค่าแผ่รังสีพื้นผิว (LSE) วิธีทั้งสองนี้มีข้อผิดพลาดในหาไอน้ำในบรรยากาศมากกว่า นอกจากนี้ วิธี MWA ยังมีข้อผิดพลาดของอุณหภูมิเฉลี่ยในบรรยากาศ

3.2 งานวิจัยด้านการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง

Aneesh Mathew et al. (2018) ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม MODIS ผลิตภัณฑ์ MOD11A2 เพื่อใช้ค่าอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature) ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 1 กิโลเมตร ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Cover Type) จากดาวเทียมระบบ MODIS ผลิตภัณฑ์ MCD12Q1 มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 500 เมตร ค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) จากดาวเทียมระบบ MODIS ผลิตภัณฑ์ MYD13Q1 รายละเอียดเชิงพื้นที่ 231.7 เมตร และภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 รายละเอียด 30 เมตร ในพื้นที่ศึกษาเมือง Ahmedabad ประเทศอินเดียมาทำการประมวลผลด้วยการหาค่าดัชนี Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI), Road Density (RD), Normalized Difference Built Index (NDBI) และ Percent Impervious surface area (%ISA) โดยนำมาทำการเปรียบเทียบค่าในพื้นที่ศึกษาเพื่อหาค่าความแตกต่างเชิงพื้นที่และความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละดัชนี โดยวิธีการทำ Scatterplots เพื่อเปรียบเทียบค่าในแต่ละดัชนี ผลวิจัยพบว่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับ NDVI และ EVI มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกัน และ EVI ให้ความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิว ได้ดีกว่า NDVI ความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิพื้นผิว กับ % ISA พบความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกันและมีความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ฤดู ในความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับ NDBI เป็นเส้นตรงและขึ้นอยู่กับฤดูกาล มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกัน แต่ NDBI ไม่สามารถแยกพื้นที่โล่งออกจากสิ่งปลูกสร้างได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ NDBI เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีได้สำหรับการศึกษานี้ และพบว่า % ISA เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีกว่า NDBI สำหรับความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิพื้นผิว กับ RD พบว่าเป็นความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงและไม่ขึ้นอยู่กับฤดูกาล การใช้ RD สามารถพิจารณาถึงผลกระทบของความร้อนที่เกิดจากฝีมือของมนุษย์ได้ ดังนั้น RD จึงเป็นบ่งชี้ที่ดีสำหรับการศึกษา

วอลตา เดเซพงส์ และคณะ (2560) ได้ศึกษาการตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิวของนาข้าวตามระยะการเจริญเติบโต โดยใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI & TIRS ดำเนินการปรับแก้เชิงเรขาคณิต การทำภาพสีผสม และการเน้นข้อมูลภาพ แล้วทำการจำแนกข้อมูลด้วยการกำกับดูแล พร้อมกับวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับการเก็บข้อมูลตัวอย่างจากภาคสนาม เพื่อนำมาจำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 4 ประเภท และพื้นที่นาข้าวในแต่ละระยะการเจริญเติบโต แล้วนำมาตรวจสอบความถูกต้องจากการจำแนก จากนั้นนำช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน แบนด์ที่ 10 และ 11 เข้าสู่หลักการคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิว แบบ Split-Window Algorithm ผลการศึกษา

พบว่า มีจำนวนพื้นที่เพาะปลูกข้าวจำนวน 198,229.10 ไร่ 196,068.54 ไร่ 169,076.96 ไร่ และ 129,365.36 ไร่ ตามลำดับ และมีผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกได้ร้อยละ 85.5 83.5 82.5 และ 85 ตามลำดับ โดยมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยของนาข้าวเท่ากับ 28.49 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาถึงระยะการเจริญเติบโตของนาข้าวร่วมกับอุณหภูมิพื้นผิว พบว่า ระยะที่ 3 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 28.03 องศาเซลเซียส ถัดมาเป็นระยะที่ 4 ระยะที่ 2 และระยะที่ 1 โดยมีค่า อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยเท่ากับ 28.92 องศาเซลเซียส 29.49 องศาเซลเซียส และ 30.20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งแปรผกผันกับค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตด้วย

L. Liu and Zhang (2011) ได้ศึกษาผลกระทบของ (Urban Heat Island : UHI) โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat TM และข้อมูลดาวเทียม ASTER ในปี 2005 พื้นที่คือประเทศฮ่องกง โดยใช้ 2 วิธี คือ Mono-Window Algorithm และ Split- Window Algorithm ในการหาข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว (LST) จากข้อมูลดาวเทียม Landsat TM และข้อมูลดาวเทียม ASTER รูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิพื้นผิว ในพื้นที่ศึกษาจะถูกนำมาหาผลกระทบของในท้องถิ่น นอกจากนี้ยังหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิว และดัชนีพืชพรรณ (NDVI) และ ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) เพื่อวิเคราะห์หาผลกระทบต่อพื้นที่สีเขียวและพื้นที่ที่ถูกปลูกสร้างขึ้นเกิด โดยการคำนวณการ ดัชนีการประเมินระบบนิเวศของพื้นที่เขตชานเมือง ผลลัพธ์บ่งชี้ว่า ผลกระทบของในฮ่องกงส่วนใหญ่อยู่ใน 3 พื้นที่เขตชานเมือง ได้แก่ เกาะเกาลูน เกาะฮ่องกงทางตอนเหนือ และสนามบินนานาชาติฮ่องกง ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง บ่งชี้ว่า มีความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างอุณหภูมิพื้นผิว กับดัชนีพืชพรรณ แสดงให้เห็นว่า พื้นที่สีเขียวสามารถลดผลกระทบต่อ ในขณะที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างอุณหภูมิพื้นผิว กับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง หมายความว่า ที่ดินพื้นที่ใช้สอยสามารถเสริมสร้างผลกระทบของได้

นราธิป เฟ่งพิศ และคณะ (2560) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ในพื้นที่อำเภอเมืองระยอง และเลือกวิธีการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินแบบ Split-Window ผลจากการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่เท่ากับ 290.86 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 56.46 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เท่ากับ 89.77 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 17.42 พื้นที่อื่น ๆ มีพื้นที่เท่ากับ 70.54 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 13.69 พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่เท่ากับ 60.15 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 11.67 และพื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่เท่ากับ 3.87 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 0.75 ผลจากการประเมินความถูกต้องของการจำแนกพบว่ามีความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 78.80 เปอร์เซนต์ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยกับพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างนั้นมีความสัมพันธ์กันและมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9604 นอกเหนือจากนี้จากการทำนายอุณหภูมิจากสมการถดถอยเชิงเส้น

พบว่าถ้าในอนาคตร้อยละของพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวอำเภอเมืองระยองจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 5.69 องศาเซลเซียส

F. ZHANG et al. (2014) ได้ศึกษาความชื้นในดินได้รับการพิจารณาเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดหลักที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านของอุทกวิทยา ภูมิอากาศ ระบบนิเวศและอื่น ๆ อุณหภูมิพื้นผิวดิน (LST-VI) มีข้อมูลที่ครอบคลุมของเซ็นเซอร์จากวงโคจรที่ตามองเห็นถึงช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน และสามารถสะท้อนสภาพความชื้นดิน ในการศึกษาได้ทำการเลือกข้อมูลมาทั้งหมด 9 คู่ จากเครื่องวัดคลื่นเชิงสเปกตรัม (Moderate Resolution imaging spectroradiometer :MODIS) ผลิตภัณฑ์ (MOD09A1 และ MOD11A2) ครอบคลุม 5 จังหวัดในจีนตะวันตกเฉียงใต้ สร้างพื้นที่ LST-VI จากนั้นการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของความชื้นในดินจะถูกตรวจสอบโดยอุณหภูมิดัชนีความแห้งแล้งของพืช (TVDI) 3 ส่วน LST-VI ถูกสร้างขึ้น โดยดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI), และปรับเปลี่ยนดัชนีพืชปรับปรุงดิน (MSAVI) ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลความชื้นของดินจาก 98 ไชต์ และ 3 TVDIs คำนวณโดย LST-NDVI LST-EVI และ LST-MSAVI ถูกวิเคราะห์ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า TVDI เป็นพารามิเตอร์ที่มีประโยชน์สำหรับเงื่อนไขความชุ่มชื้นผิวดิน TVDI คำนวณจากพื้นที่ LST-EVI (TVDIE) มีความสัมพันธ์ที่ดีกับความชื้นในดิน จากคำนวณ LST-NDVI และ LST-MSAVI พื้นที่ที่แตกต่างกันของ TVDIE ก็จะได้ข้อสรุปว่า TVDIE มีประสิทธิภาพในการสามารถของการแสดงเวลาและพื้นที่ที่แตกต่างกันของความชุ่มชื้นในดิน และเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบสภาพความชุ่มชื้นในดิน

Malik et al. (2019) ได้ทำการศึกษาการคำนวณและตรวจสอบความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวดิน (LST) กับ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) และ Normalized Difference Built-up Index (NDBI) ในแต่ละฤดูกาล โดย LST ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงความร้อนแสดงถึงการกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวเชิงพื้นที่และเชิงพื้นที่ NDBI บอกลึ่งสร้างและ NDVI บอกลึ่งสัดส่วนของพืชพรรณในลุ่มน้ำ ความสัมพันธ์ของ LST กับ NDBI และ NDVI จะวิเคราะห์ในแต่ละฤดูกาล พบว่าผลสหสัมพันธ์ของ LST กับ NDBI แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่แข็งแกร่ง $R^2 = 0.991$ ในเดือนมกราคม 2559 $R^2 = 0.981$ ในเดือนพฤษภาคม 2559 และ $R^2 = 0.965$ ในเดือนตุลาคม 2559 โดยพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบที่แข็งแกร่งระหว่าง LST และ NDVI เช่น $R^2 = 0.993$ $R^2 = 0.992$ และ $R^2 = 0.911$ ในแต่ละฤดูกาล ความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI และ NDBI ได้รับการพัฒนาเช่นกันและแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงลบที่แข็งแกร่งเช่น $R^2 = 0.979$ $R^2 = 0.988$ และ $R^2 = 0.913$

Karnieli et al. (2010) ได้ทำการศึกษาการตรวจสอบลักษณะทั่วไปของความสัมพันธ์ระหว่าง LST กับ NDVI เกี่ยวกับความชื้นและสภาพภูมิอากาศ / รังสีที่พบในทวีปอเมริกาเหนือ

ในช่วงฤดูร้อน (เมษายน - กันยายน) ข้อมูลเกี่ยวกับ LST กับ NDVI ได้มาจากชุดข้อมูลระยะยาว (21 ปี) ที่ได้มาพร้อมกับเครื่องวัดรังสีความละเอียดสูง (Advanced Very High Resolution Radiometer: AVHRR) พบว่าเมื่อน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญของการเจริญเติบโตของพืช ความสัมพันธ์ LST กับ NDVI จะเป็นลบ อย่างไรก็ตามเมื่อพลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญของการเจริญเติบโตของพืช มีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่าง LST กับ NDVI อยู่เล็กน้อย การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่า ในช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุดฤดูเพาะปลูก รังสีจากดวงอาทิตย์เป็นปัจจัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่าง LST กับ NDVI ในขณะที่ตัวแปรทางชีวฟิสิกส์อื่น ๆ มีอิทธิพลน้อยกว่า อุณหภูมิของอากาศเป็นปัจจัยหลักในฤดูร้อน สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ LST กับ NDVI มีความสำคัญในการประยุกต์ใช้ในการเฝ้าระวังภัยแล้งในพื้นที่ และความสัมพันธ์เชิงลบที่พบสามารถกล่าวได้ว่าน้ำไม่ใช่พลังงานที่เป็นปัจจัยหลักในการกำหนดการเจริญเติบโตของพืช



บทที่ 4

วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 โปรแกรมที่ใช้ในการศึกษา

4.1.1 ซอฟต์แวร์สำหรับจัดการข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS เวอร์ชัน 10.4.1 ของบริษัท Environmental Systems Research Institute (ESRI)

4.1.1 ซอฟต์แวร์สำหรับจัดการข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ENVI เวอร์ชัน 5.3 ของบริษัท Harris Geospatial Solutions, Inc.

4.1.1 ซอฟต์แวร์สำหรับการนำเสนอ Microsoft Office 356 ของบริษัท Microsoft, Inc.

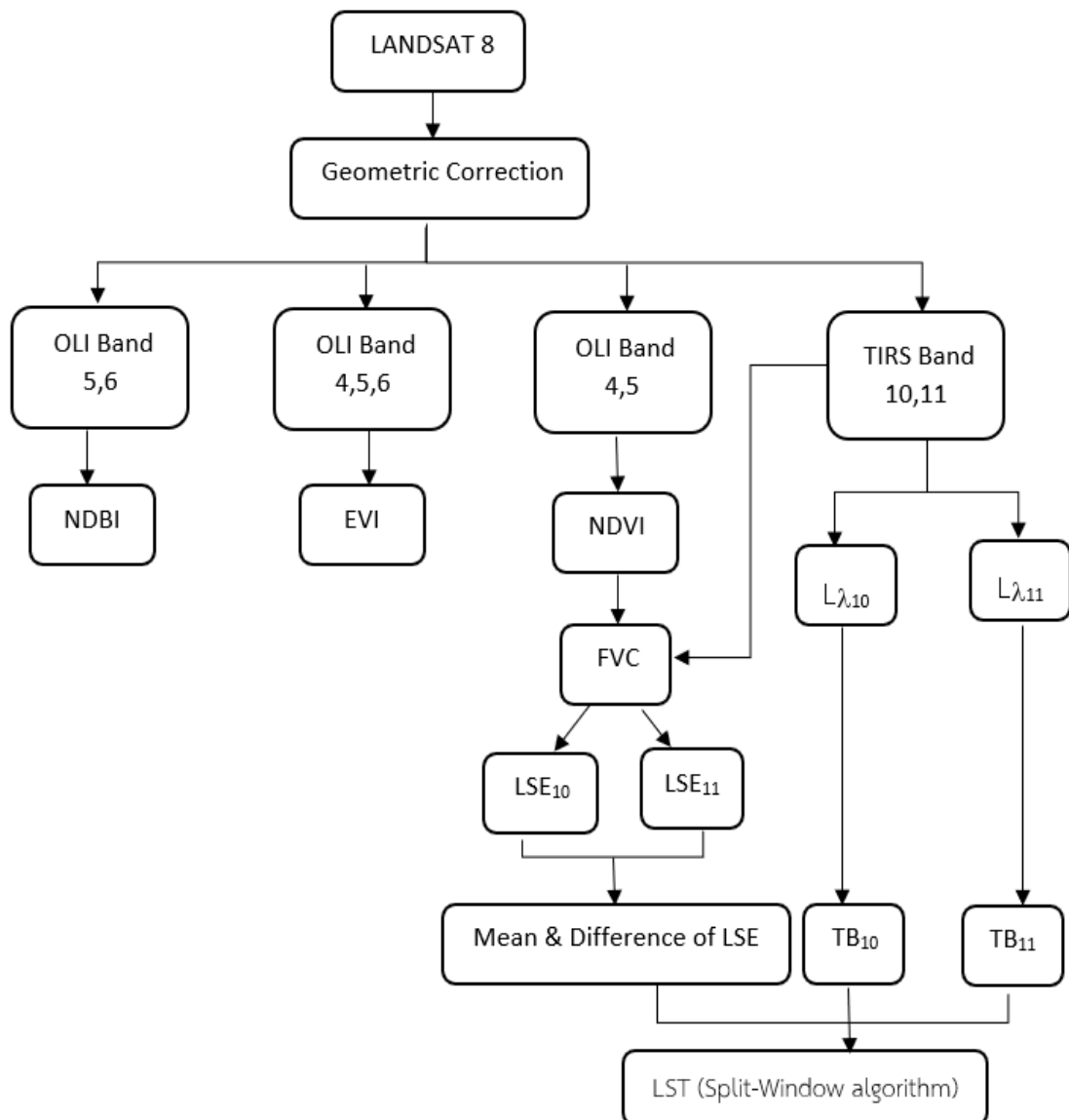
4.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

4.2.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OLI (Operational Land Imager) และ TIRS (Thermal Infrared Sensor) แบนด์ 2 (0.45 - 0.51 μm), แบนด์ 4 (0.64 - 0.67 μm), แบนด์ 5 (0.85 - 0.88 μm), แบนด์ 6 (1.57 - 1.65 μm), แบนด์ 10 (10.60 - 11.19 μm) และ แบนด์ 11 (11.50 - 12.51 μm) มีความละเอียดภาพที่ 30, 30, 30, 30 และ 100 เมตร ตามลำดับในปี ค.ศ. 2014 - 2018 ใช้ข้อมูลใน path/row ดังนี้ path 129 row 050 และ path 129 row 051 จากเว็บไซต์ <https://earthexplorer.usgs.gov/>

4.2.2 ขอบเขตการปกครองกรุงเทพมหานครและจังหวัดปริมณฑล จากเว็บไซต์ <http://thaigis.net/>

4.3 วิธีดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก คือ การประมวลผลข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง และดัชนีเน้นค่าพืชพรรณ โดยมีสรุปภาพรวมขั้นตอนการศึกษาดังรูปที่ 4-1



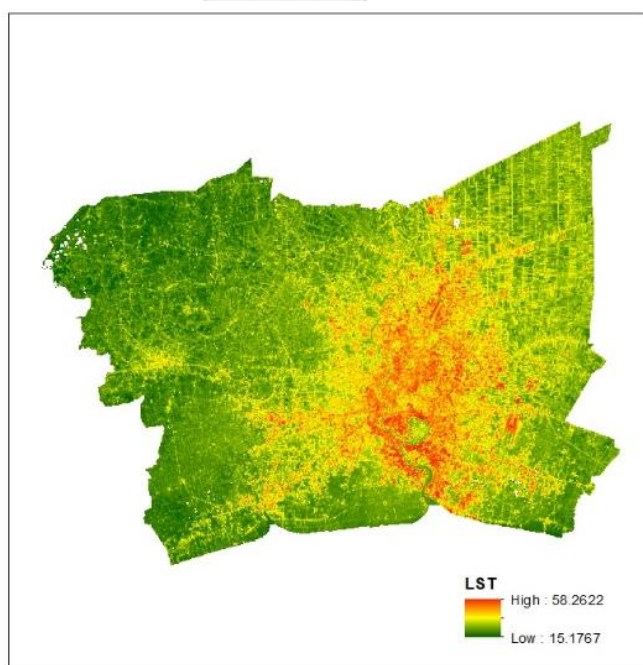
รูปที่ 4-1 แผนผังวิธีการดำเนินงานวิจัย

4.3.1 การเตรียมข้อมูลภาพ

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OLI (Operational Land Imager) และ TIRS (Thermal Infrared Sensor) สามารถดาวน์โหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมได้จากเว็บไซต์ <https://earthexplorer.usgs.gov/> เป็นข้อมูล Level 1 มีวงโคจร 16 วัน รูปแบบ GeoTIF ในช่วงเวลาเดือนมกราคมปี ค.ศ. 2014 ถึงเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2018 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OLI (Operational Land Imager) แบนด์ 2 แบนด์ 4 แบนด์ 5 และแบนด์ 6 ระบบ TIRS (Thermal Infrared Sensor) แบนด์ 10 และแบนด์ 11 มาคำนวณใน Software ArcMap 10.4.1 หาค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (TOA Spectral Radiance) ตามสมการที่ 2-1 แล้วนำภาพ row 129 path 50,51 มาต่อกันโดยใช้เครื่องมือ Mosaic และตัดภาพด้วยเครื่องมือ Clip เฉพาะพื้นที่ศึกษา เมื่อได้ภาพพื้นที่ศึกษาแล้วนำภาพมาตัดพื้นที่ที่เป็นเมฆออกด้วยเครื่องมือ Raster Calculator

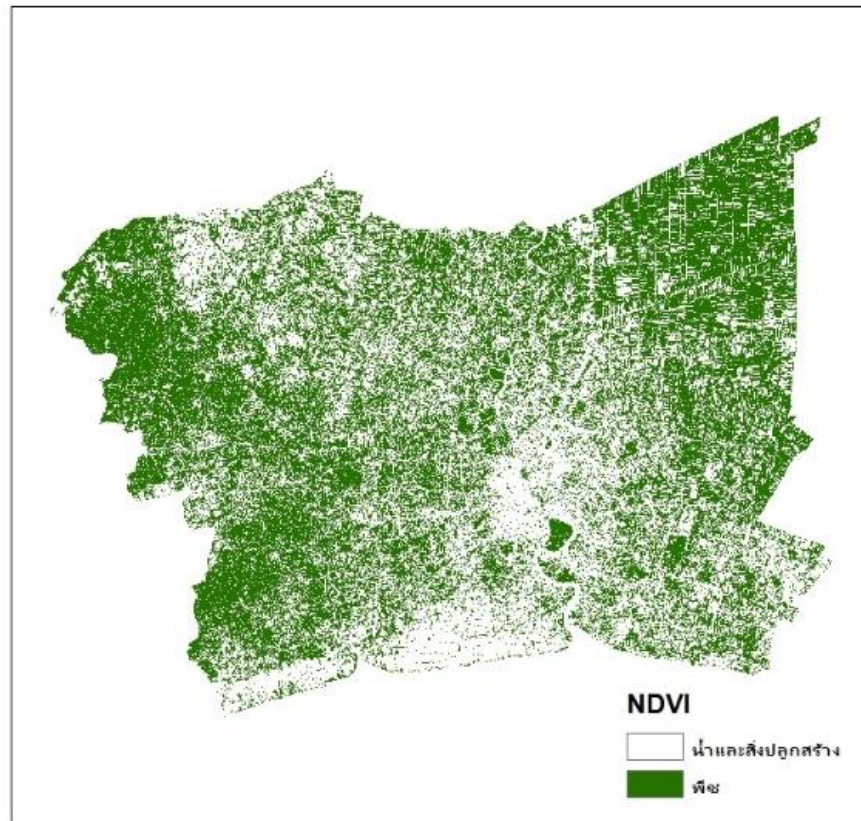
4.3.2 การประมวลข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว

นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบ TIRS แบนด์ 10 และแบนด์ 11 หาค่าอุณหภูมิพื้นผิว ด้วยวิธี Split-Window algorithm จากสมการที่ 2-2 ถึงสมการที่ 2-7



รูปที่ 4-2 อุณหภูมิพื้นผิว (LST) ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Split-Window algorithm

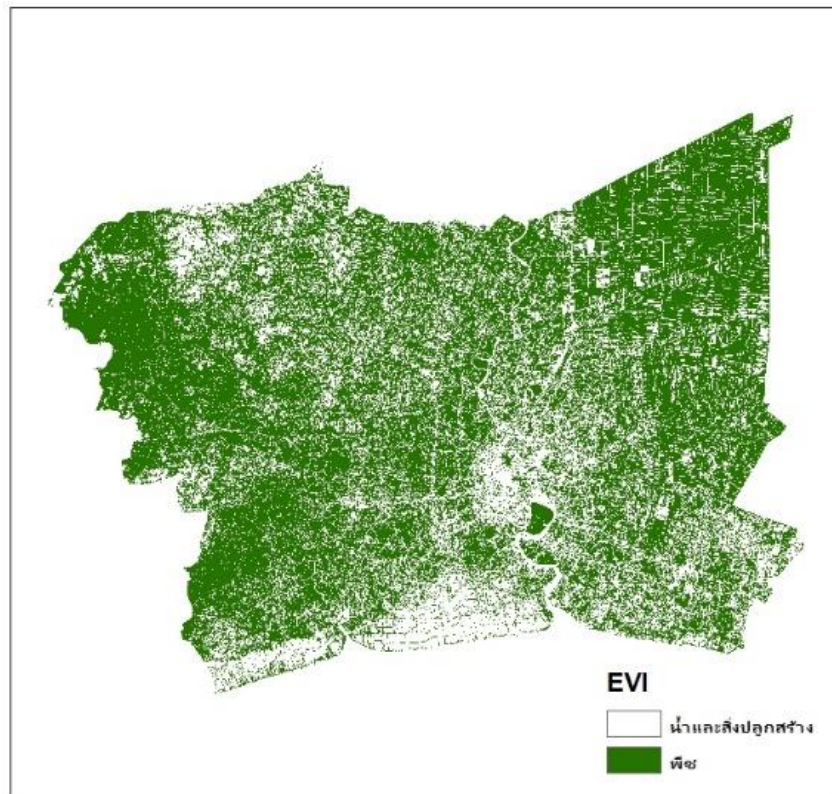
4.3.3 การประมวลผลข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)
นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OLI แบนด์ 4 และแบนด์ 5 มาคำนวณตามสมการที่ 2-8 โดยได้ทำการ classified แบ่งพื้นที่ให้เป็น 2 ชั้นข้อมูล คือ พืชกับน้ำและสิ่งปลูกสร้าง



รูปที่ 4-3 ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ที่ได้จากการคำนวณ

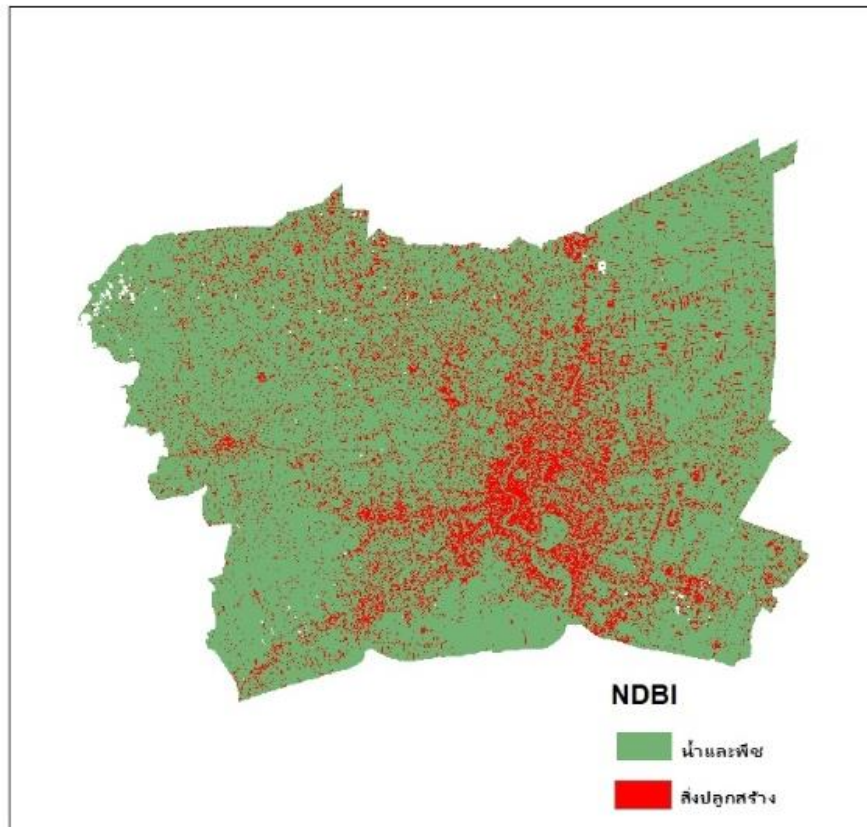
4.3.4 การประมวลผลข้อมูลค่าเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation Index: EVI)

นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OLI แบนด์ 2 แบนด์ 4 และแบนด์ 5 มาคำนวณตามสมการที่ 2-9 โดย classified แบ่งพื้นที่ให้เป็น 2 ชั้นข้อมูล คือ พืชกับน้ำและสิ่งปลูกสร้าง



รูปที่ 4-4 ค่าเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) ที่ได้จากการคำนวณ

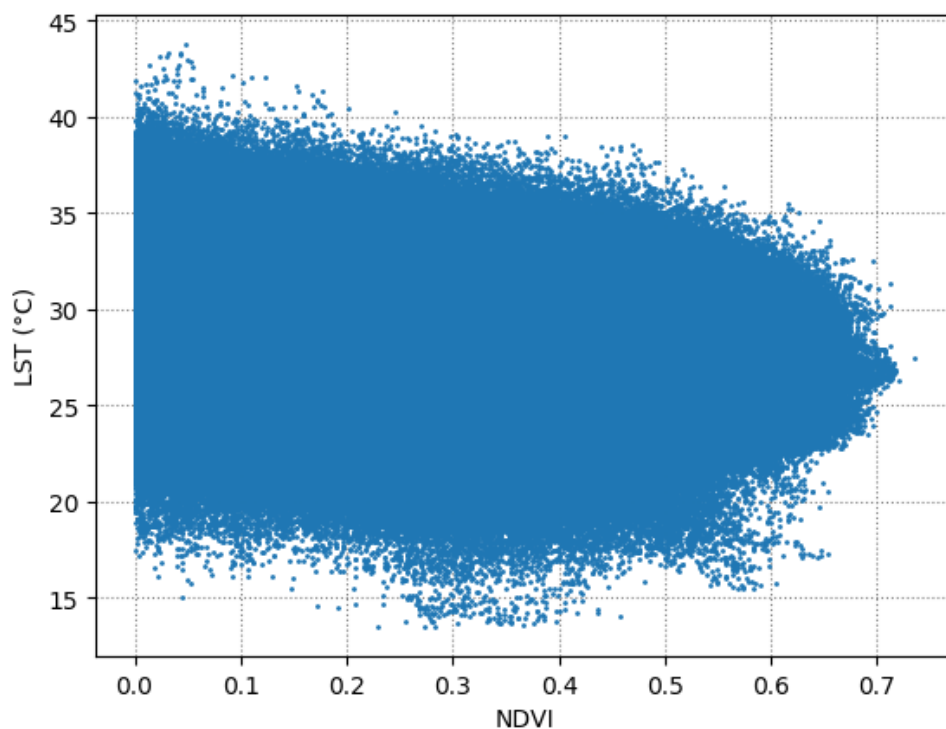
4.3.5 การประมวลผลข้อมูลค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built Index: NDBI)
นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OLI แบนด์ 5 และแบนด์ 6 มาคำนวณตามสมการที่ 2-10 โดย classified แบ่งพื้นที่ให้เป็น 2 ชั้นข้อมูล คือ สิ่งปลูกสร้างกับน้ำและพืช



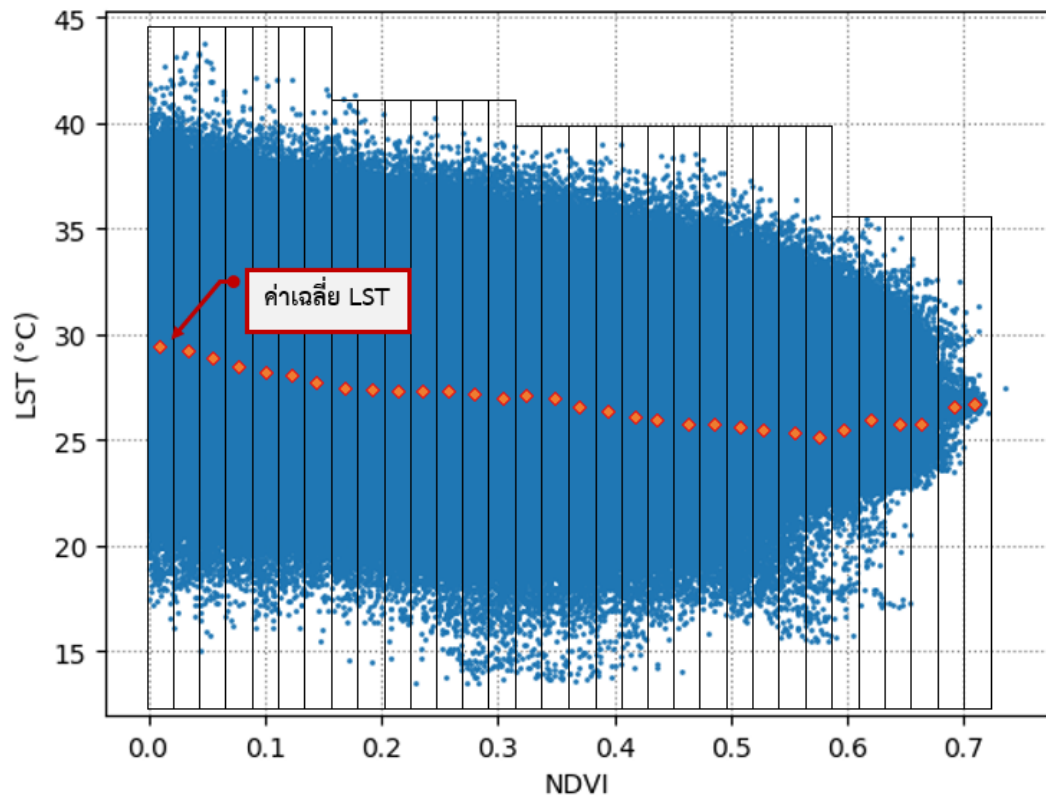
รูปที่ 4-5 ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) ที่ได้จากการคำนวณ

4.3.6 การหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิว

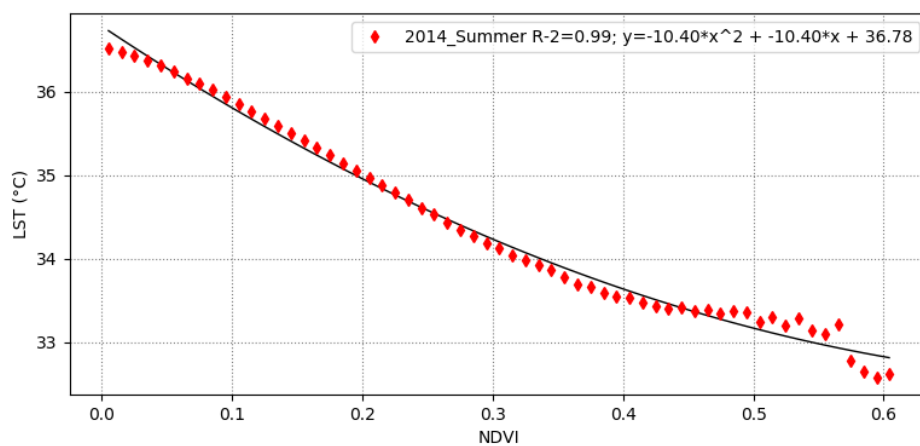
การหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิววิเคราะห์โดยจับคู่ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณ ค่าดัชนีเนินภาพพืชพรรณ และค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง โดยใช้ค่าทุกจุดภาพ มาทำ Scatter Plot ดังรูปที่ 4-6 โดยนำค่าที่ได้มาแบ่งเป็นฤดูกาล 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว และนำทั้ง 3 ฤดูกาลมาทำ Scatter Plot อีกครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเพื่อเป็นตัวแทนของค่าในช่วงนั้น โดยแต่ละช่วงจะแบ่งเป็นช่วงละ 0.01 ดังรูปที่ 4-7 และรูปที่ 4-8 สร้างตารางแจกแจงความถี่เพื่อเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนี ทั้งนี้สามารถดูตารางแจกแจงความถี่เพื่อเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์



รูปที่ 4-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณ โดยใช้ค่า Pixel values ของทุกจุดภาพจากข้อมูล



รูปที่ 4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณ โดยใช้ค่า Pixel values ของทุกจุดภาพจากข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเพื่อเป็นตัวแทนของค่าในช่วงนั้น โดยในแต่ละช่วงนั้นจะแบ่งเป็นช่วงละ 0.01



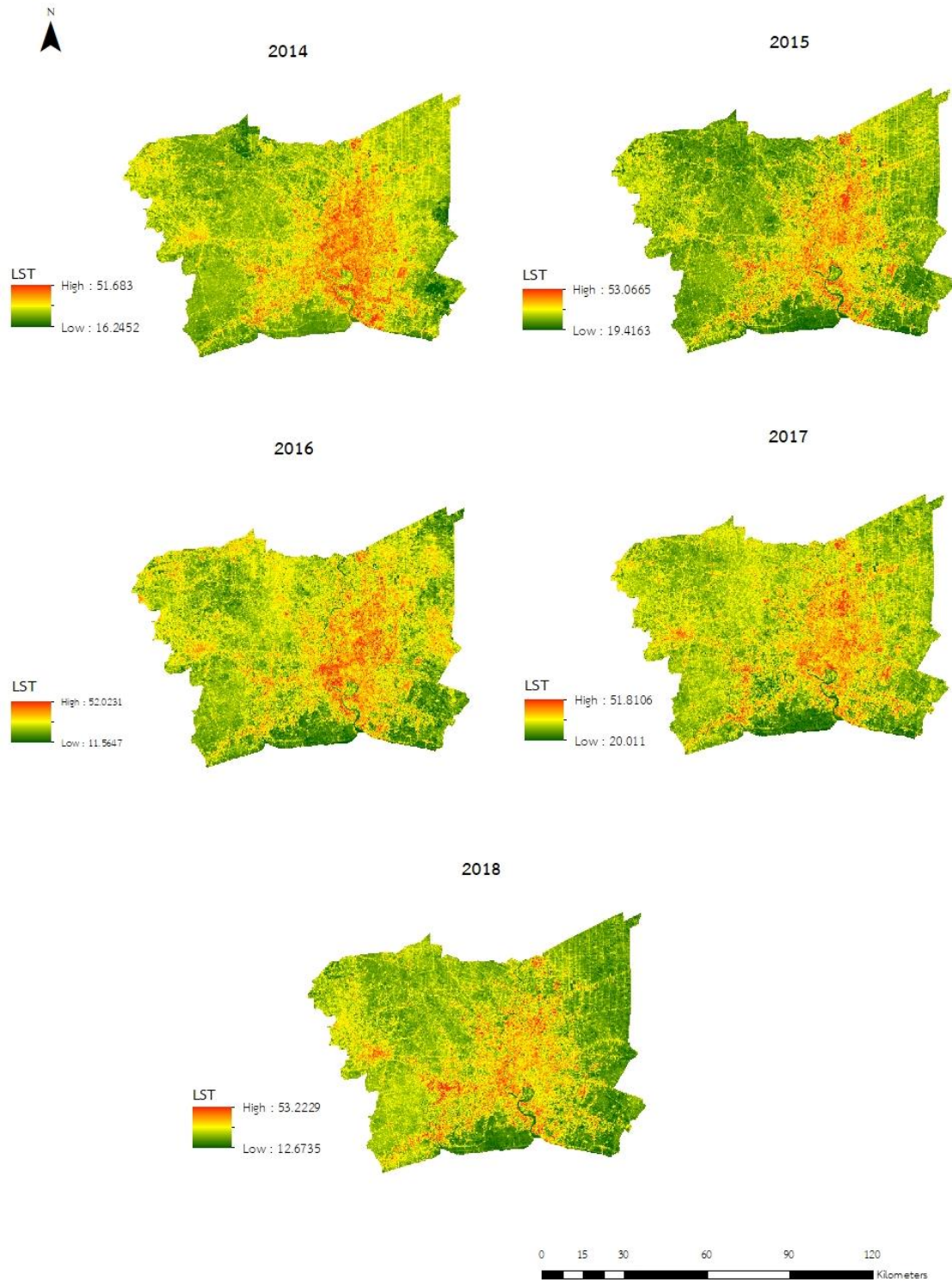
รูปที่ 4-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณจากการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเพื่อเป็นตัวแทนของค่าในช่วงนั้น

บทที่ 5

ผลการศึกษา

งานวิจัยเรื่องนี้ แบ่งการรายงานผลการวิจัยออกเป็น 8 ส่วน คือ ผลการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิว ผลการศึกษาดัชนีพืชพรรณ ผลการศึกษาดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ ผลการศึกษาดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง และผลการหาความถูกต้องของความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง วิธีการสถิติ RMSE โดยที่ค่าอุณหภูมิพื้นผิวส่วนใหญ่ที่มีการเปลี่ยนแปลงจะขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งมีตั้งแต่พื้นที่ดินเปล่า สิ่งปลูกสร้างไปจนถึงพื้นที่ที่มีพืชพรรณ เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ ในเชิงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษางานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูล ดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2014 ถึงเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2018 พื้นที่ศึกษารุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยรูปที่แสดงในรูปที่ 5-1 ถึง รูปที่ 5-8 เป็นผลการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิว ผลการศึกษาดัชนีพืชพรรณ ผลการศึกษาดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และผลการศึกษาดัชนีสิ่งปลูกสร้าง รูปที่แสดงในรูปที่ 5-9 ถึง รูปที่ 5-26 เป็นผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ด้วยวิธีการสถิติ R-Squared โดยจะแบ่งข้อมูลออกเป็นฤดูกาล 3 ฤดูกาลคือ ฤดูฝน ฤดูร้อน และฤดูหนาว

5.1 อุณหภูมิพื้นผิว



รูปที่ 5-1 ผลการคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิวปี ค.ศ. 2014 – 2018

ตารางที่ 5-1 ค่าเฉลี่ยอุดหนุนภูมิพื้นผิว (LST) รายเดือน

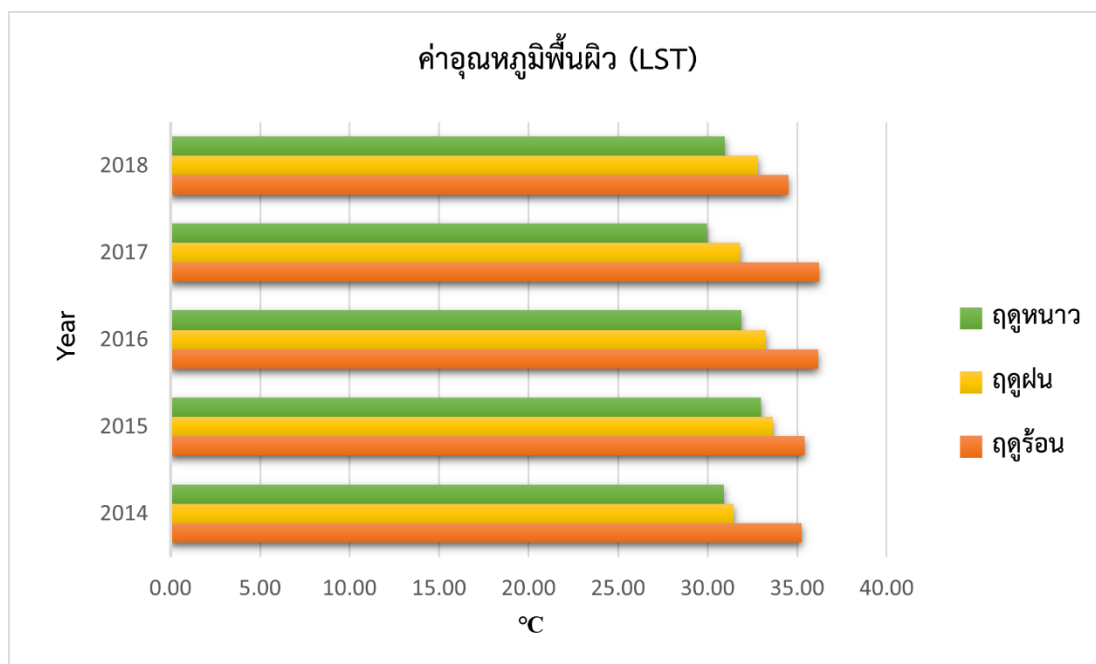
ค่าเฉลี่ยอุดหนุนภูมิพื้นผิว (LST) (องศาเซลเซียส)					
ปี เดือน	2014	2015	2016	2017	2018
มกราคม	29.41	31.28	31.24	30.42	28.01
กุมภาพันธ์	33.22	33.22	33.65	32.84	31.97
มีนาคม	35.39	34.77	35.94	37.16	35.53
เมษายน	36.14	36.40	39.41	37.02	33.50
พฤษภาคม	36.23	37.26	35.63	37.88	36.98
มิถุนายน	28.72	34.61	36.53	34.27	33.81
กรกฎาคม	30.96	32.99	36.88	-	34.39
สิงหาคม	32.37	33.31	31.59	29.04	29.39
กันยายน	33.78	-	28.01	32.13	33.65
ตุลาคม	32.63	34.03	32.13	27.38	33.58
พฤศจิกายน	32.92	35.09	33.02	29.31	34.52
ธันวาคม	28.60	31.56	31.12	32.77	27.71
ค่าเฉลี่ยรวมรายปี	32.53	34.05	33.76	32.74	32.75

จากตารางที่ 5-1 ค่าเฉลี่ยอุดหนุนภูมิพื้นผิว (LST) รายเดือน พบว่าค่าอุดหนุนภูมิพื้นผิวจะเริ่มมีการเพิ่มขึ้นในเดือนมีนาคมซึ่งคือเริ่มเข้าสู่ฤดูร้อน และค่าอุดหนุนภูมิพื้นผิวจะลดลงในเดือนมิถุนายนซึ่งคือเริ่มเข้าสู่ฤดูฝน และค่าอุดหนุนภูมิพื้นผิวจะลดลงอีกในเดือนตุลาคมซึ่งคือฤดูหนาวของพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 5-2 ค่าเฉลี่ยอุดหนุนภูมิพื้นผิว (LST) ตามฤดูกาล

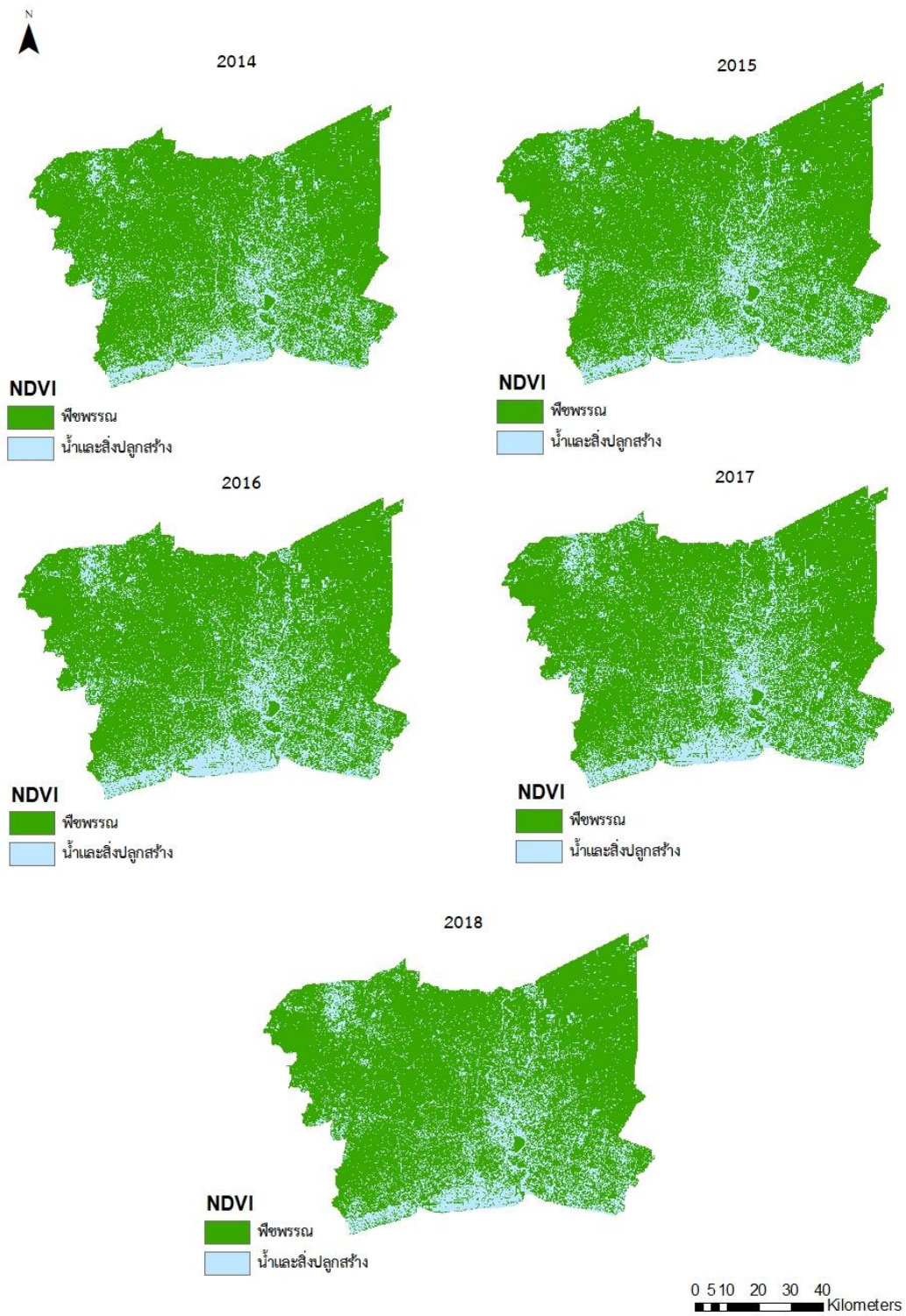
ค่าเฉลี่ยอุดหนุนภูมิพื้นผิว (LST) (องศาเซลเซียส)					
ปี เดือน	2014	2015	2016	2017	2018
ฤดูร้อน	35.25	35.41	36.16	36.22	34.50
ฤดูฝน	31.46	33.63	33.25	31.81	32.81
ฤดูหนาว	30.89	32.99	31.87	29.97	30.95

จากผลลัพธ์ในตารางที่ 5-2 ค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) เปลี่ยนตามฤดูกาล แสดงให้เห็นถึงค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละฤดู ซึ่งค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงสามารถสังเกตได้จากกราฟ ในรูปที่ 5-2 พบว่าฤดูร้อนในแต่ละปีจะมีค่าอุณหภูมิที่สูงที่สุด ลดลงมาก็คือฤดูฝน และค่าอุณหภูมิต่ำที่สุดจะอยู่ในฤดูหนาว



รูปที่ 5-2 กราฟแสดงผลการคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) ตามฤดูกาล ปี 2014 ค.ศ. – 2018

5.2 ดัชนีพืชพรรณ



รูปที่ 5-3 ผลการคำนวณดัชนีพืชพรรณปี ค.ศ. 2014 – 2018

ตารางที่ 5-3 ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) เฉลี่ยรายเดือน

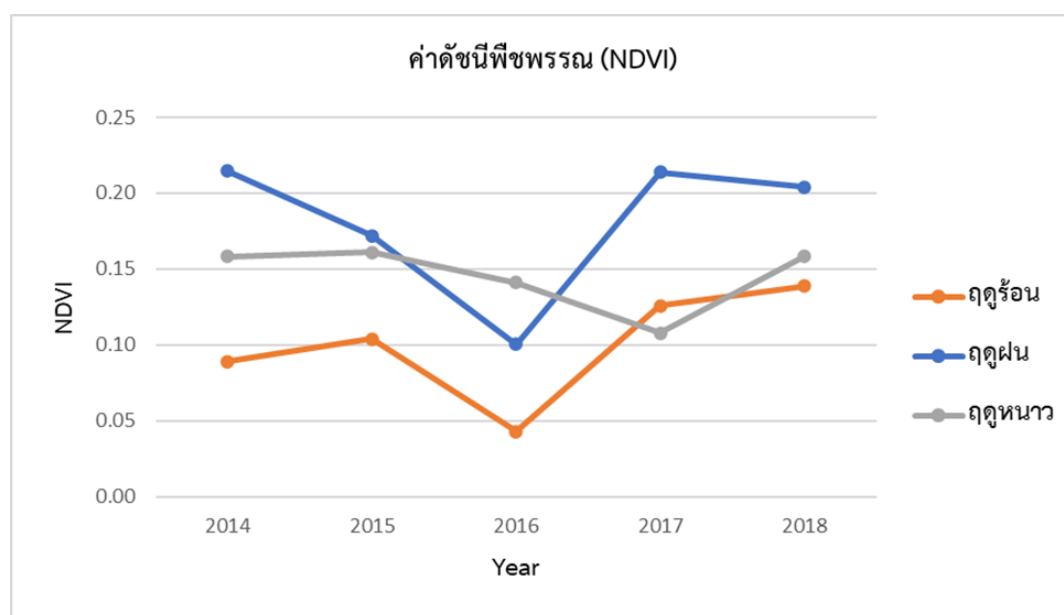
ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI)					
ปี เดือน	2014	2015	2016	2017	2018
มกราคม	0.155	0.162	0.095	0.181	0.123
กุมภาพันธ์	0.122	0.126	0.055	0.041	0.148
มีนาคม	0.043	0.038	0.031	0.112	0.099
เมษายน	0.098	0.120	0.063	0.122	0.135
พฤษภาคม	0.127	0.153	0.035	0.144	0.182
มิถุนายน	0.212	0.171	0.091	-	0.213
กรกฎาคม	0.281	0.186	0.146	0.214	0.185
สิงหาคม	0.171	0.159	0.032	0.270	0.251
กันยายน	0.194	-	0.132	0.157	0.167
ตุลาคม	0.149	0.141	0.198	0.039	0.165
พฤศจิกายน	0.179	0.220	0.198	0.156	0.191
ธันวาคม	0.186	0.157	0.159	0.122	0.165

จากตารางที่ 5-3 ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) เฉลี่ยรายเดือน พบว่าค่าดัชนีพืชพรรณจะมีค่าที่ต่ำมากในเดือนมีนาคมซึ่งคือเริ่มเข้าสู่ฤดูร้อน และมีค่าดัชนีพืชพรรณที่เพิ่มสูงขึ้นในเดือนมิถุนายนซึ่งคือเริ่มเข้าสู่ฤดูฝน และค่าดัชนีพืชพรรณจะลดลงอีกในเดือนตุลาคมซึ่งคือฤดูหนาวของพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 5-4 ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) เฉลี่ยตามฤดูกาล

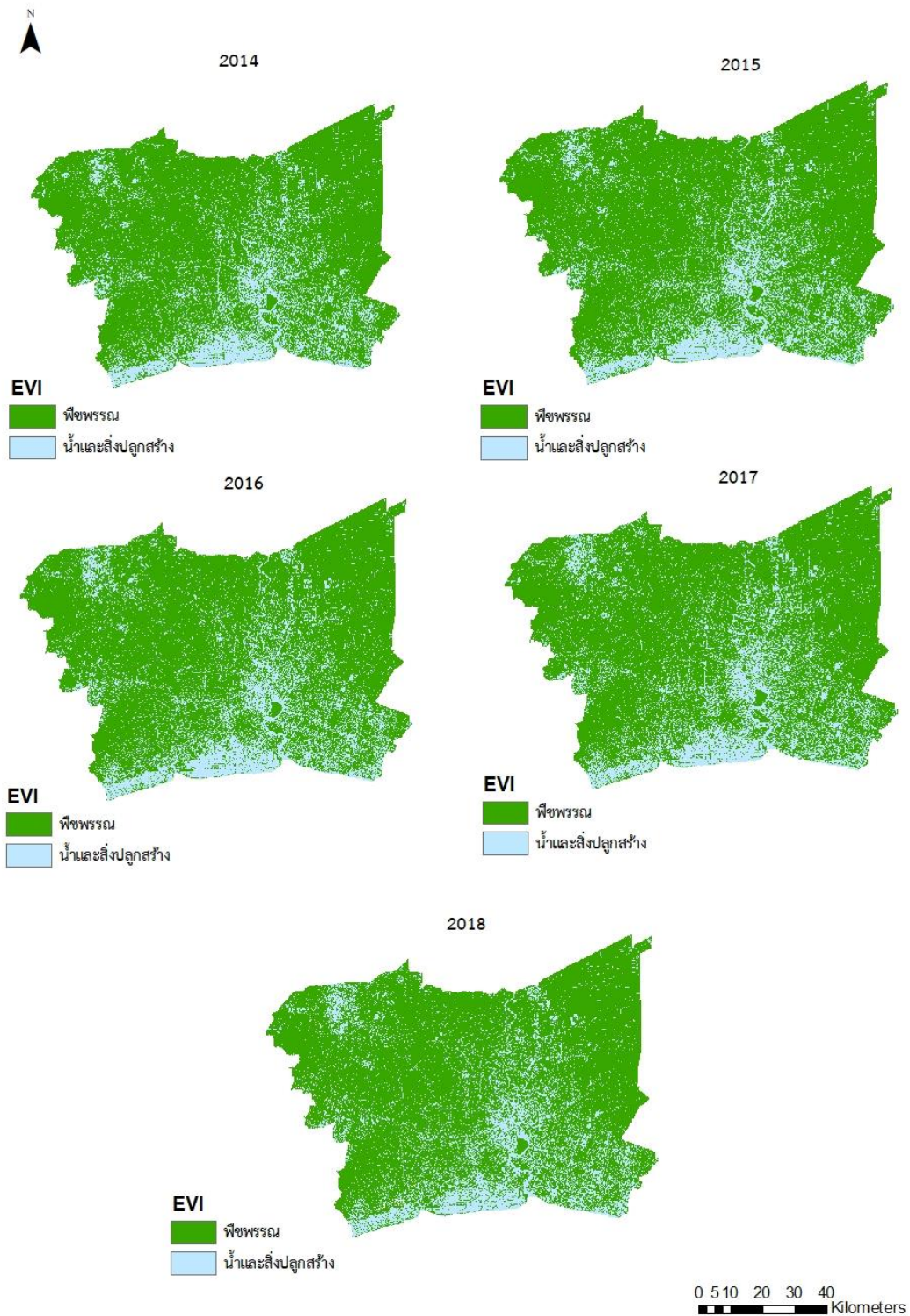
ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI)					
ปี ฤดูกาล	2014	2015	2016	2017	2018
ฤดูร้อน	0.09	0.10	0.04	0.13	0.14
ฤดูฝน	0.21	0.17	0.10	0.21	0.20
ฤดูหนาว	0.16	0.16	0.14	0.11	0.16

จากผลลัพธ์ในตารางที่ 5-4 ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) เปลี่ยนตามฤดูกาล แสดงให้เห็นถึงค่าดัชนีพืชพรรณที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละฤดู ซึ่งค่าดัชนีพืชพรรณที่เปลี่ยนแปลงสามารถสังเกตได้จากกราฟ ในรูปที่ 5-4 พบว่าค่าดัชนีพืชพรรณมีค่าต่ำที่สุดในฤดูร้อน รองลงมาคือฤดูหนาว และฤดูหนาวมีค่าดัชนีพืชพรรณสูงที่สุด



รูปที่ 5-4 กราฟแสดงผลการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ตามฤดูกาล ปี ค.ศ. 2014 – 2018

5.3 ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ



รูปที่ 5-5 ผลการคำนวณดัชนีเน้นภาพพืชพรรณปี ค.ศ. 2014 - 2018

ตารางที่ 5-5 ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) เฉลี่ยรายเดือน

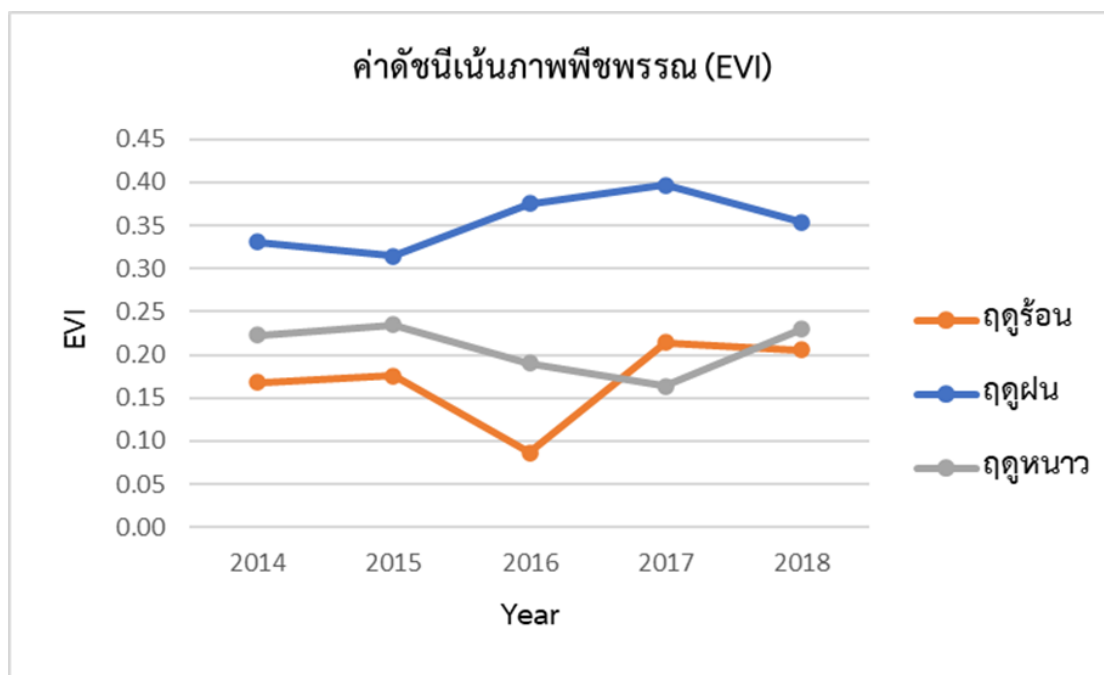
ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI)					
ปี เดือน	2014	2015	2016	2017	2018
มกราคม	0.21	0.23	0.13	0.26	0.16
กุมภาพันธ์	0.16	0.19	0.09	0.06	0.20
มีนาคม	0.06	0.08	0.06	0.19	0.24
เมษายน	0.22	0.15	0.11	0.22	0.24
พฤษภาคม	0.22	0.30	0.09	0.24	0.13
มิถุนายน	0.35	0.34	0.33	0.39	0.34
กรกฎาคม	0.32	0.31	0.45	-	0.37
สิงหาคม	0.32	0.29	0.44	0.53	0.43
กันยายน	0.34	-	0.28	0.28	0.28
ตุลาคม	0.19	0.19	0.22	0.09	0.25
พฤศจิกายน	0.28	0.35	0.29	0.24	0.30
ธันวาคม	0.28	0.22	0.23	0.16	0.24

จากตารางที่ 5-5 ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) เฉลี่ยรายเดือน พบว่าค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณจะมีค่าที่ต่ำมากในเดือนมีนาคมซึ่งคือเริ่มเข้าสู่ฤดูร้อน และมีค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณที่เพิ่มสูงขึ้นในเดือนมิถุนายนซึ่งคือเริ่มเข้าสู่ฤดูฝน และค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณจะลดลงอีกในเดือนตุลาคมซึ่งคือฤดูหนาวของพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 5-6 ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) เฉลี่ยตามฤดูกาล

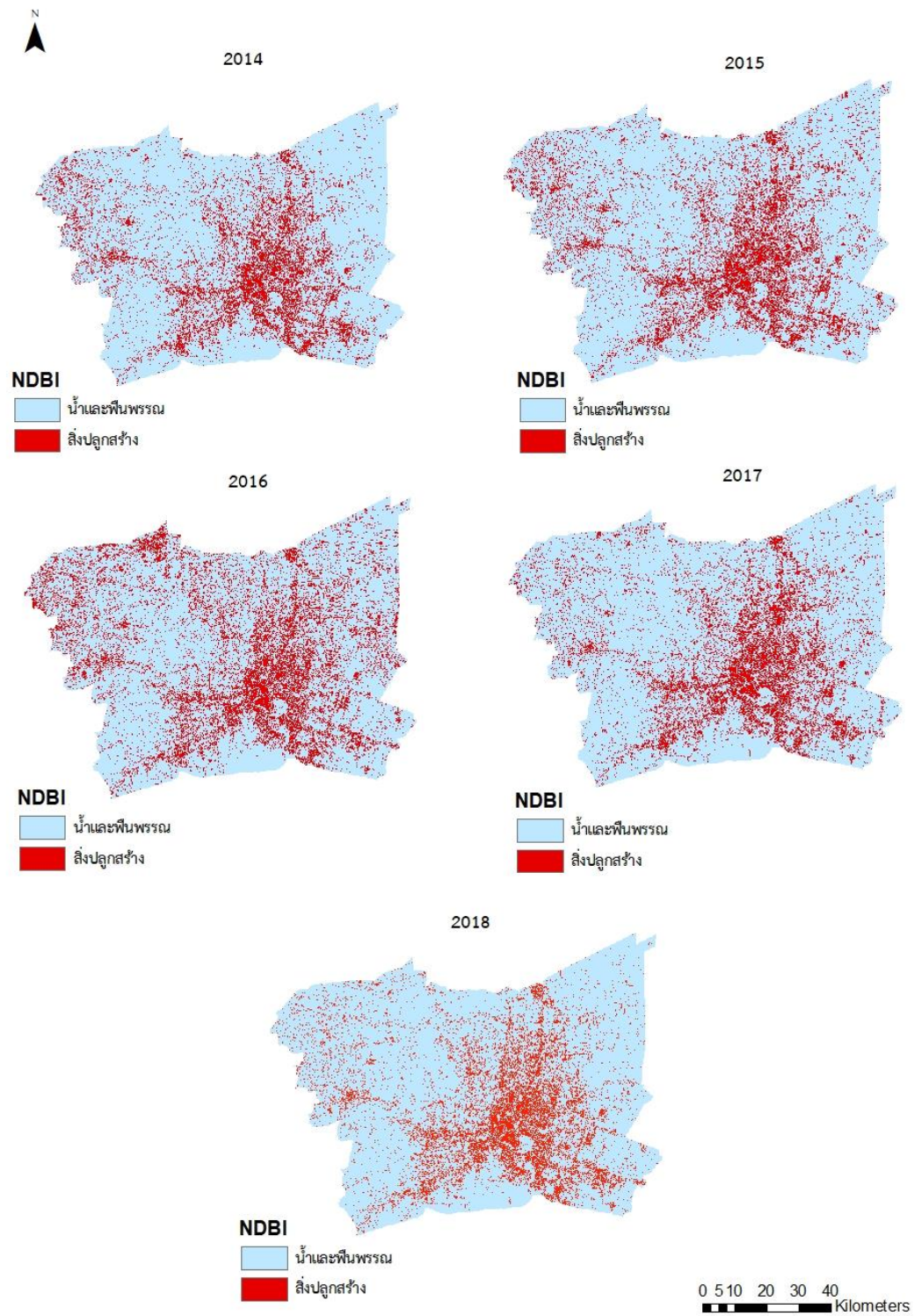
ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI)					
ปี เดือน	2014	2015	2016	2017	2018
ฤดูร้อน	0.17	0.18	0.09	0.21	0.21
ฤดูฝน	0.33	0.31	0.38	0.40	0.35
ฤดูหนาว	0.22	0.24	0.19	0.16	0.23

จากผลลัพธ์ในตารางที่ 5-6 ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) เฉลี่ยตามฤดูกาล แสดงให้เห็นถึงค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละฤดู ซึ่งค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณที่เปลี่ยนแปลงสามารถสังเกตได้จากกราฟ ในรูปที่ 5-6 พบว่าค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณมีค่าต่ำที่สุดในฤดูร้อน รองลงมาคือฤดูหนาว และฤดูหนาวมีค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณสูงที่สุด



รูปที่ 5-6 กราฟแสดงผลการคำนวณค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) ตามฤดูกาล ปี ค.ศ. 2014 –

5.4 ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง



รูปที่ 5-7 ผลการคำนวณดัชนีสิ่งปลูกสร้างปี ค.ศ. 2014 – 2018

ตารางที่ 5-7 ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) เฉลี่ยรายเดือน

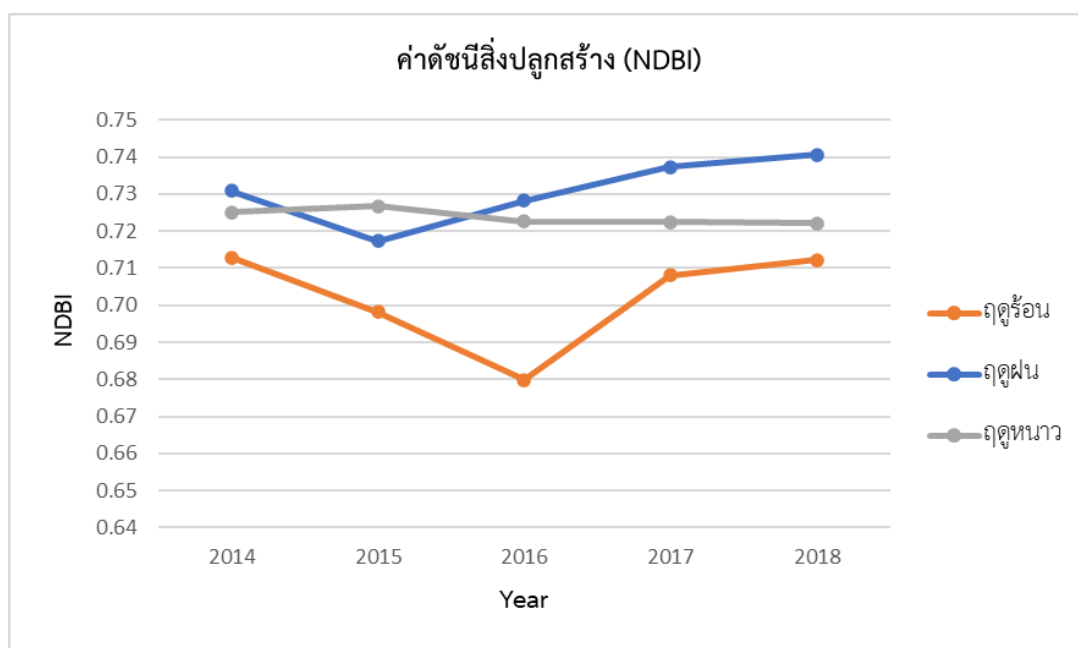
ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI)					
เดือน \ ปี	2014	2015	2016	2017	2018
มกราคม	0.71	0.71	0.71	0.72	0.72
กุมภาพันธ์	0.70	0.70	0.70	0.70	0.71
มีนาคม	0.70	0.70	0.69	0.69	0.70
เมษายน	0.69	0.69	0.66	0.70	0.71
พฤษภาคม	0.75	0.70	0.69	0.74	0.72
มิถุนายน	0.74	0.70	0.69	0.74	0.74
กรกฎาคม	0.72	0.70	0.72	-	0.74
สิงหาคม	0.72	0.71	0.74	0.74	0.75
กันยายน	0.74	-	0.77	0.73	0.74
ตุลาคม	0.74	0.76	0.73	0.74	0.74
พฤศจิกายน	0.73	0.73	0.74	0.73	0.72
ธันวาคม	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72

จากตารางที่ 5-7 ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) เฉลี่ยรายเดือน พบว่าค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้างมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกเดือนของการศึกษา

ตารางที่ 5-8 ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) เฉลี่ยตามฤดูกาล

ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI)					
ปี \ ฤดูกาล	2014	2015	2016	2017	2018
ฤดูร้อน	0.71	0.70	0.68	0.71	0.71
ฤดูฝน	0.73	0.72	0.73	0.74	0.74
ฤดูหนาว	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72

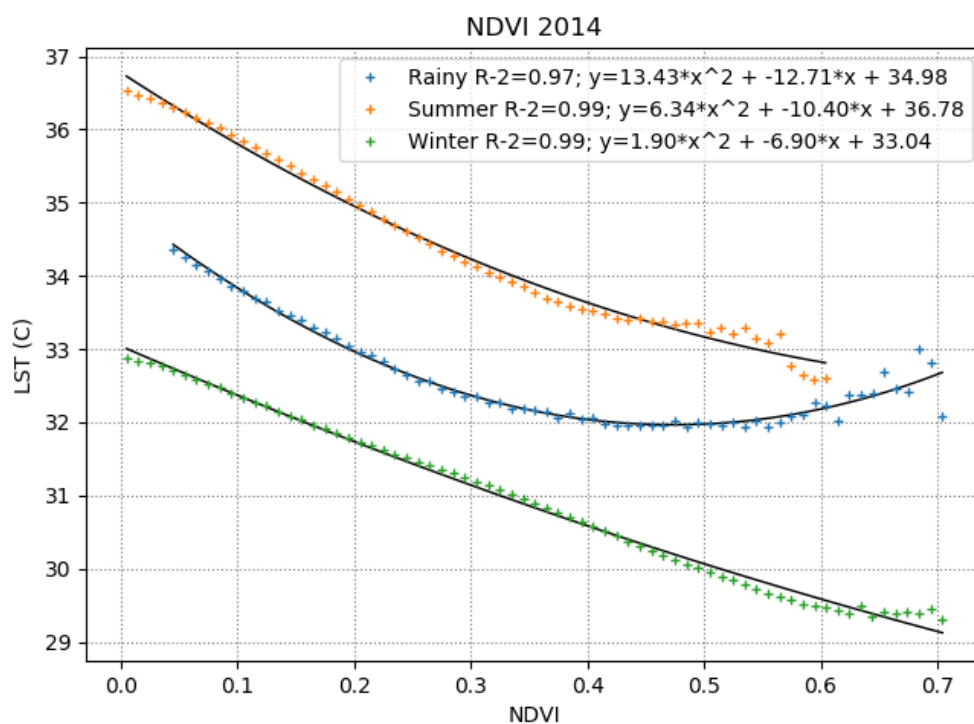
จากผลลัพธ์ในตารางที่ 5-8 ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) เฉลี่ยตามฤดูกาล แสดงให้เห็นถึงค่า ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้างที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละฤดู ซึ่งค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้างที่เปลี่ยนแปลงสามารถสังเกต ได้จากกราฟ ในรูปที่ 5-8 พบว่าในฤดูมีค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้างต่ำที่สุด และในฤดูฝนกับฤดูหนาวมีค่าที่ ใกล้เคียงกันมาก



รูปที่ 5-8 กราฟแสดงผลการคำนวณค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) ตามฤดูกาล ปี ค.ศ. 2014 – 2018

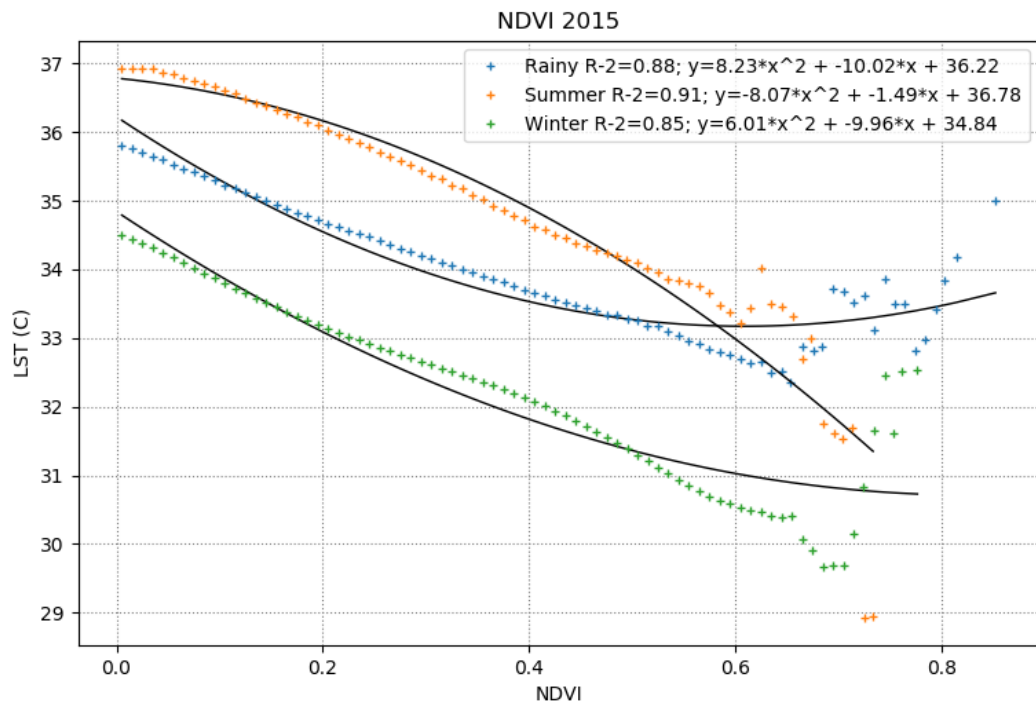
5.5 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ

กราฟโพลีโนเมียลกำลังสองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล และการทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ด้วยวิธีทางสถิติ RMSE โดยที่เครื่องหมายสีส้มคือตัวแทนของฤดูร้อน เครื่องหมายสีน้ำเงินคือตัวแทนของฤดูฝน และเครื่องหมายสีเขียวคือตัวแทนของฤดูหนาว ในช่วงปี ค.ศ. 2014 – 2018 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณเป็นความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียลโดยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในดิน ฤดูกาลและประเภทของพืชปกคลุมดิน



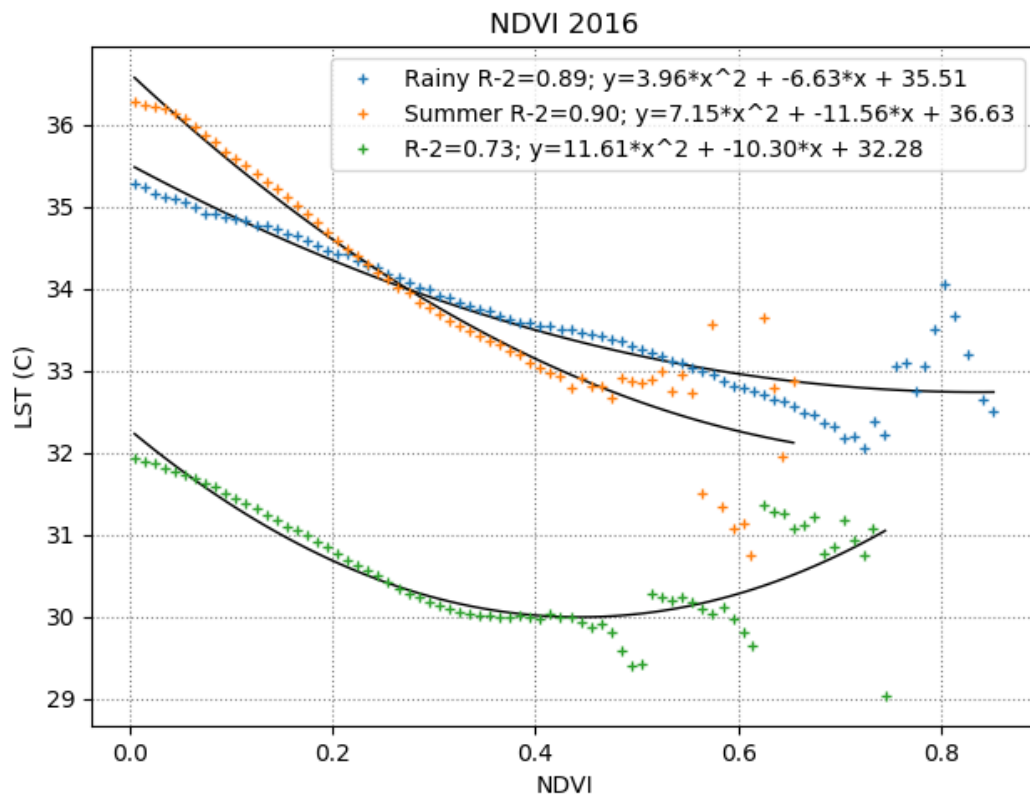
รูปที่ 5-9 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ปี ค.ศ. 2014 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-9 จะเห็นได้ว่ากราฟ ปี ค.ศ. 2014 เมื่อค่าดัชนีพืชพรรณมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าต่ำในเกือบทุกฤดูกาล ยกเว้นฤดูฝนที่มีปัจจัยของน้ำฝนเข้ามาเกี่ยวข้อง



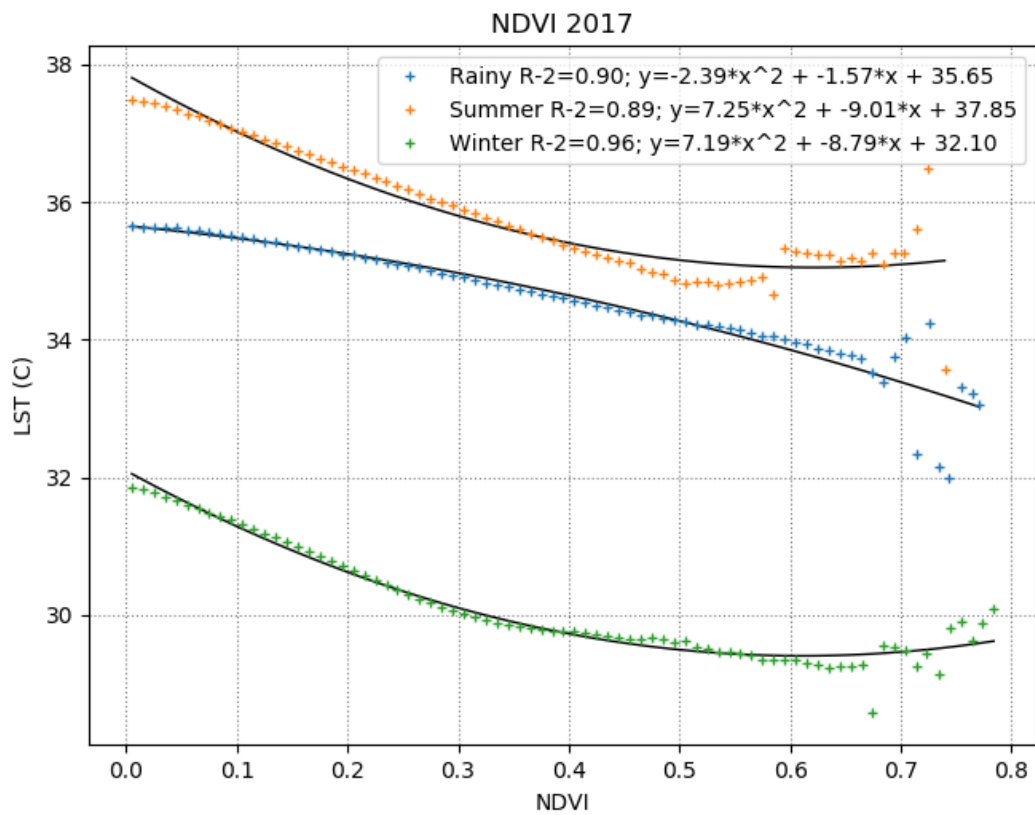
รูปที่ 5-10 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ปี ค.ศ. 2015 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-10 จะเห็นได้ว่ากราฟ ปี ค.ศ. 2015 เมื่อค่าดัชนีพืชพรรณมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าต่ำในเกือบทุกฤดูกาล ยกเว้นฤดูฝนที่มีปัจจัยของน้ำฝนเข้ามาเกี่ยวข้อง



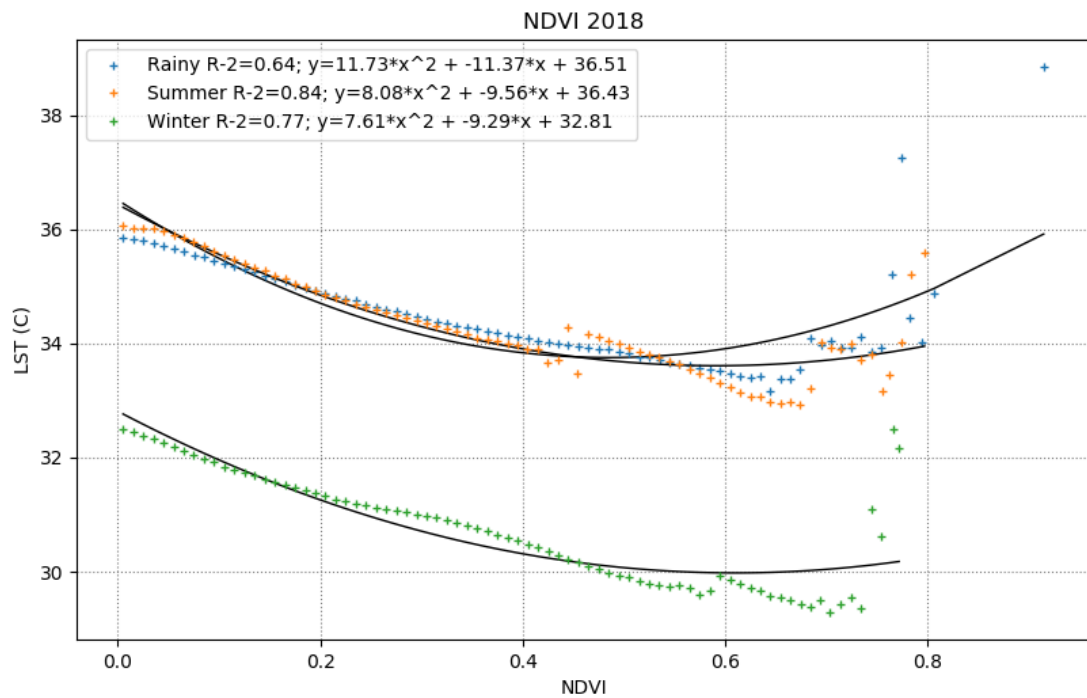
รูปที่ 5-11 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ปี ค.ศ. 2016 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-11 จะเห็นได้ว่ากราฟ ปี ค.ศ. 2016 เมื่อค่าดัชนีพืชพรรณมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าต่ำในเกือบทุกฤดูกาล ยกเว้นฤดูฝนที่มีปัจจัยของน้ำฝนเข้ามาเกี่ยวข้อง



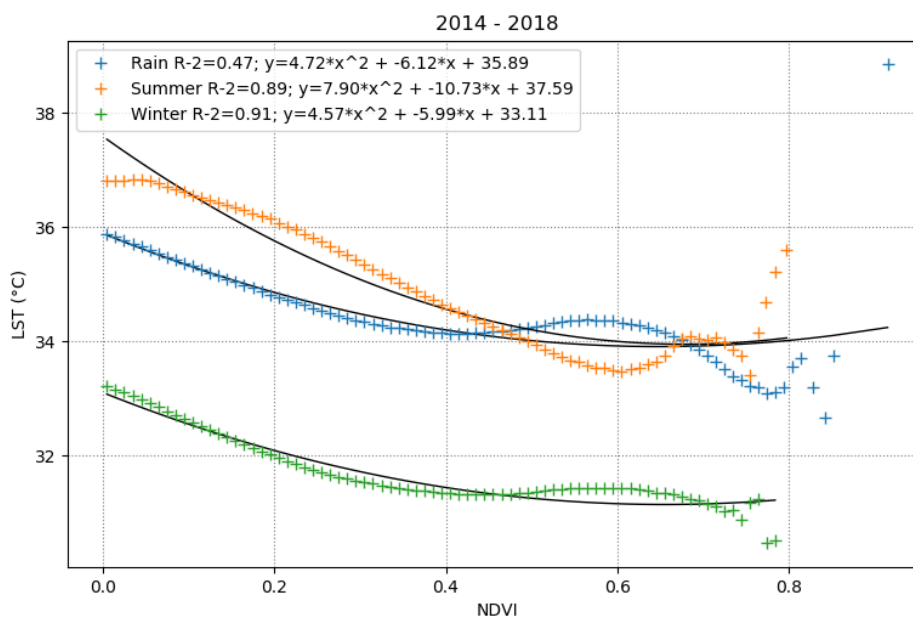
รูปที่ 5-12 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ปี ค.ศ. 2017 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-12 จะเห็นได้ว่ากราฟ ปี ค.ศ. 2017 เมื่อค่าดัชนีพืชพรรณมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าต่ำในเกือบทุกฤดูกาล ยกเว้นฤดูฝนที่มีปัจจัยของน้ำฝนเข้ามาเกี่ยวข้อง



รูปที่ 5-13 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ปี ค.ศ. 2018 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-13 จะเห็นได้ว่ากราฟ ปี ค.ศ. 2018 ในฤดูร้อนและฤดูฝนมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยกรมอุตุนิยมวิทยาได้ระบุว่าในปี ค.ศ. 2018 นั้นฤดูร้อนของประเทศไทยมีปริมาณฝนสูงกว่าค่าปกติ และฤดูฝนมีปริมาณฝนที่ต่ำกว่าค่าปกติ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563a)



รูปที่ 5-14 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ปี ค.ศ. 2014 – 2018 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

ตารางที่ 5-9 การทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิว กับดัชนีพืชพรรณ ด้วยวิธีทางสถิติ RMSE

ดัชนี	ฤดูกาล		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
NDVI	0.27	0.08	0.12

จากรูปที่ 5-14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณในปี ค.ศ. 2014 – 2018 ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าอุณหภูมิพื้นผิวแปรผกผันกับค่าดัชนีพืชพรรณ เมื่อพืชพรรณมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิต่ำลง มีความสัมพันธ์ในฤดูฝนร้อยละ 47 ($r^2 = 0.47$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 89 ($r^2 = 0.89$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาวร้อยละ 91 ($r^2 = 0.89$) และตารางที่ 5-9 ผลการทดสอบความถูกต้องโดยได้ทำการสุ่มเลือกจุดตัวอย่างจำนวน 50 ค่า จากสมการที่ 5-1 สมการที่ 5-2 และสมการที่ 5-3 พบว่าผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณมีความถูกต้องมากมีความเหมาะสมในการนำมาใช้

$$Y = 4.72 * X^2 + (-6.12) * X + 35.89$$

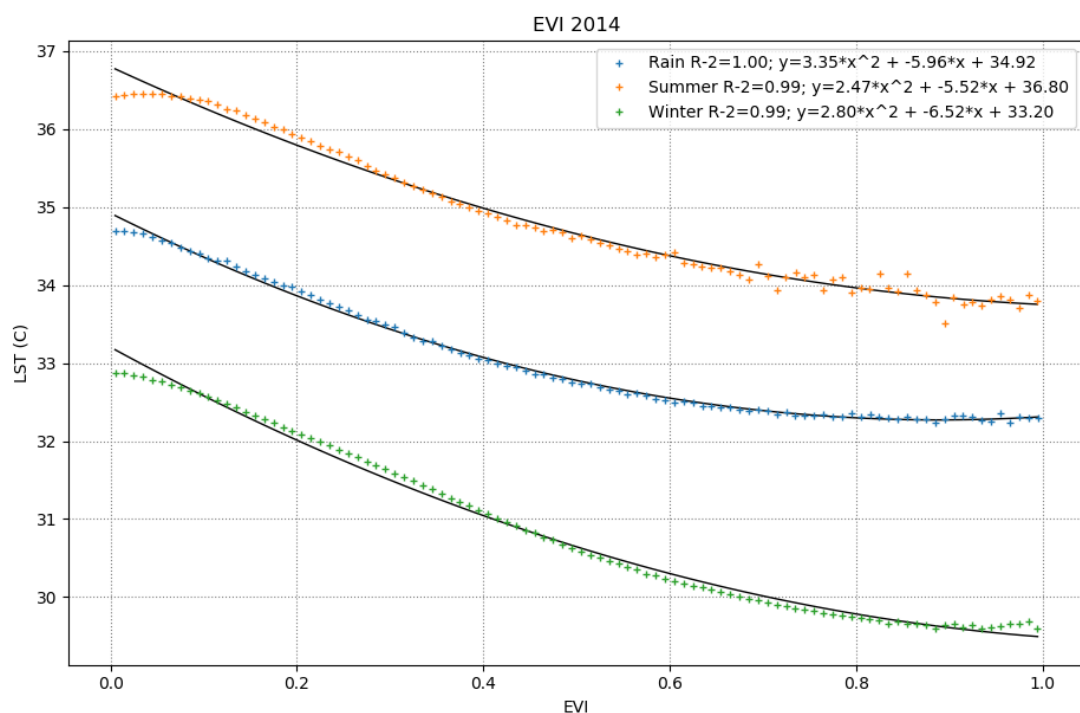
$$Y = 7.90 * X^2 + (-10.73) * X + 37.59 \quad 5-2$$

$$Y = 4.57 * X^2 + (-5.99) * X + 33.11 \quad 5-3$$

แทนค่าจุดตัวอย่างลงไปทั้ง 3 สมการ จากนั้นนำค่ามาหาความถูกต้องของความสัมพันธ์ด้วยสถิติ RMSE แสดงผลในตารางที่ 5-9

5.6 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ

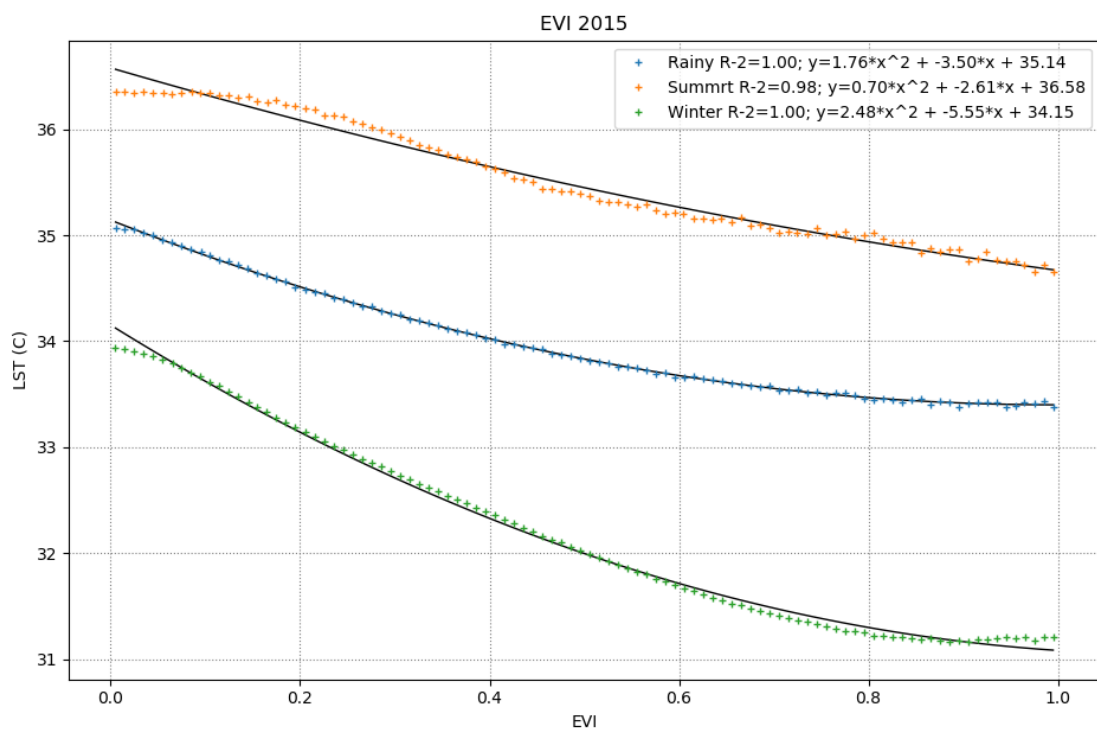
กราฟโพลีโนเมียลกำลังสองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณทั้ง 3 ฤดู และการทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ด้วยวิธีทางสถิติ RMSE โดยที่เครื่องหมายบวกสีส้มคือตัวแทนของฤดูร้อน เครื่องหมายบวกสีน้ำเงินคือตัวแทนของฤดูฝน และเครื่องหมายบวกสีเขียวคือตัวแทนของฤดูหนาว ในช่วงปี ค.ศ. 2014 – 2018 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณเป็นความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียลโดยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในดิน ฤดูกาลและประเภทของพืชปกคลุมดิน



รูปที่ 5-15 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณปี ค.ศ. 2014 ด้วยวิธีทางสถิติ

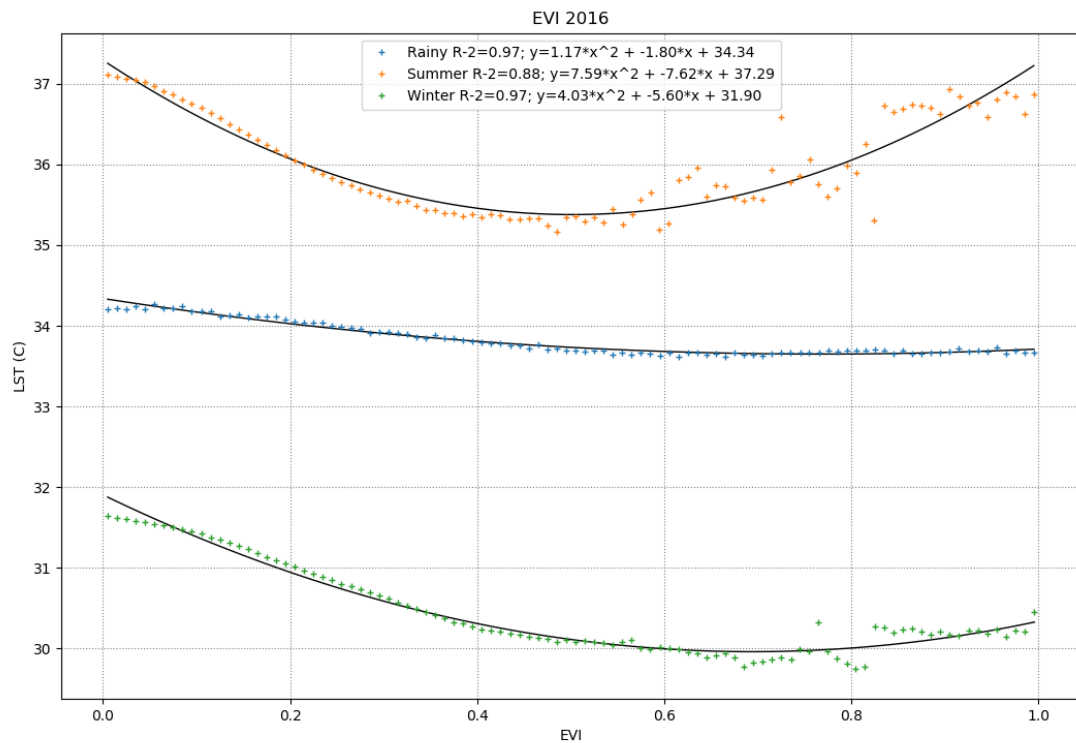
R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-15 จะเห็นได้ว่ากราฟ ปี ค.ศ. 2014 เมื่อค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าต่ำในเกือบทุกฤดูกาล ยกเว้นฤดูฝนที่มีปัจจัยของน้ำฝนเข้ามาเกี่ยวข้อง มีความสัมพันธ์ในฤดูฝนร้อยละ 100 ($r^2 = 1.00$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 100 ($r^2 = 1.00$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาวร้อยละ 99 ($r^2 = 0.99$)



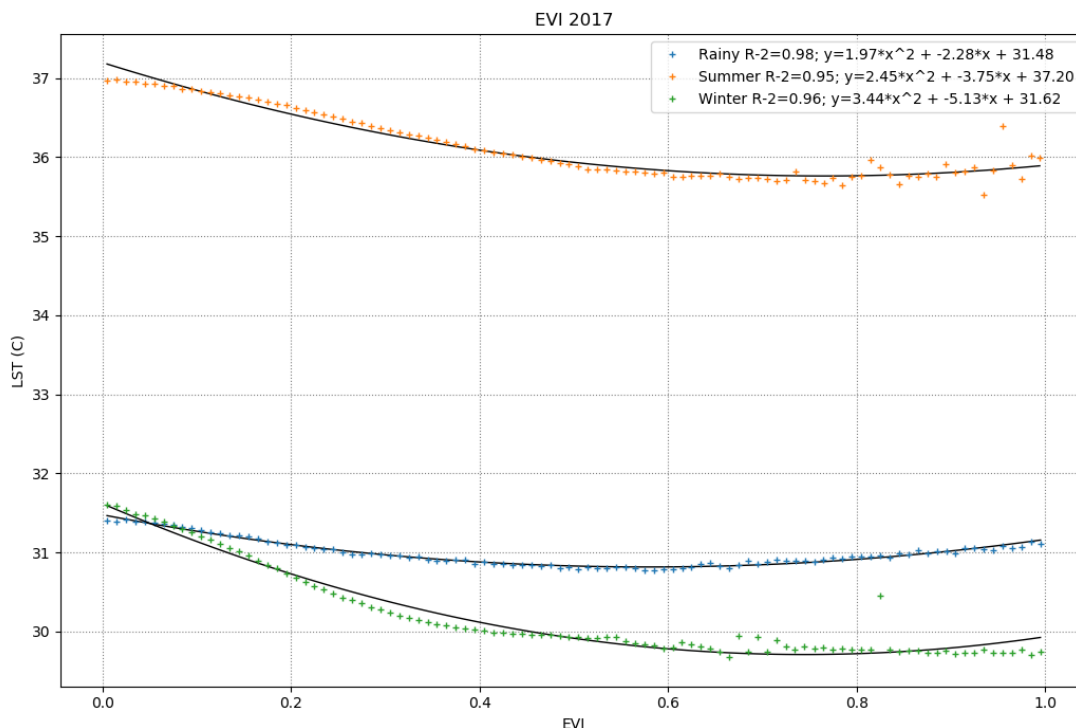
รูปที่ 5-16 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ ปี ค.ศ. 2015 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-16 จะเห็นได้ว่ากราฟ ปี ค.ศ. 2015 เมื่อค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าต่ำในเกือบทุกฤดูกาล ยกเว้นฤดูฝนที่มีปัจจัยของน้ำฝนเข้ามาเกี่ยวข้อง มีความสัมพันธ์ในฤดูฝนร้อยละ 100 ($r^2 = 1.00$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 98 ($r^2 = 0.98$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาวร้อยละ 100 ($r^2 = 1.00$)



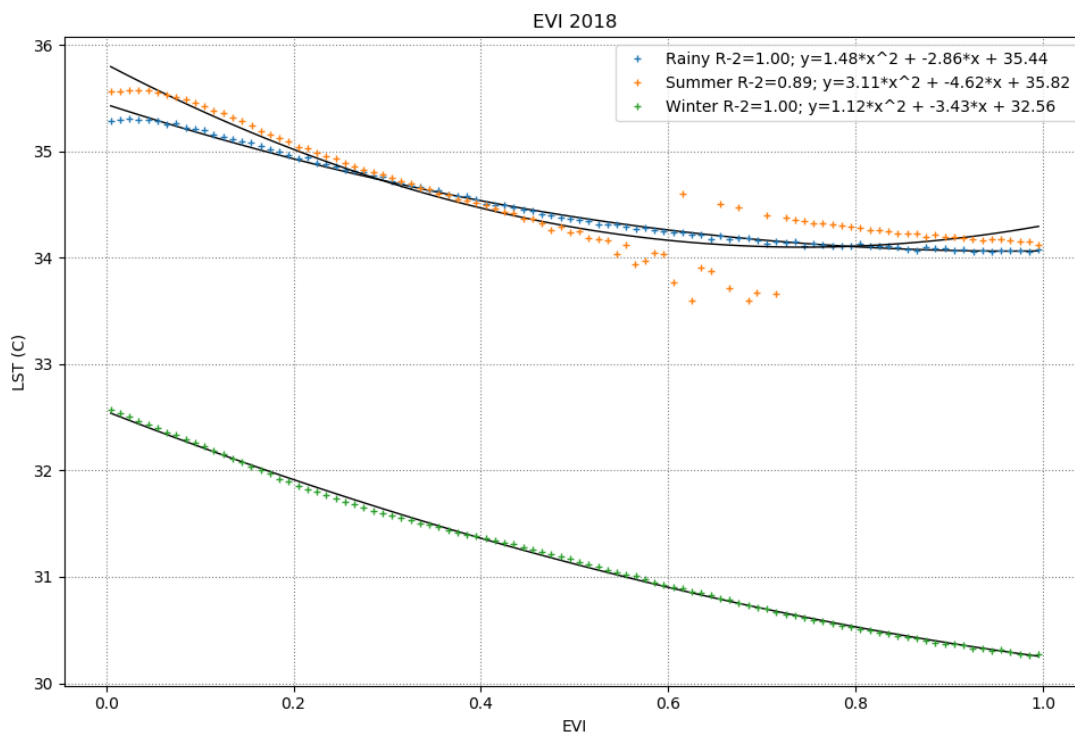
รูปที่ 5-17 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณปี ค.ศ. 2016 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-17 จะเห็นได้ว่ากราฟ ปี ค.ศ. 2016 เมื่อค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าต่ำในเกือบทุกฤดูกาล ยกเว้นฤดูฝนที่มีปัจจัยของน้ำฝนเข้ามาเกี่ยวข้อง มีความสัมพันธ์ในฤดูฝนร้อยละ 97 ($r^2 = 0.97$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 88 ($r^2 = 0.88$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาวร้อยละ 97 ($r^2 = 0.97$)



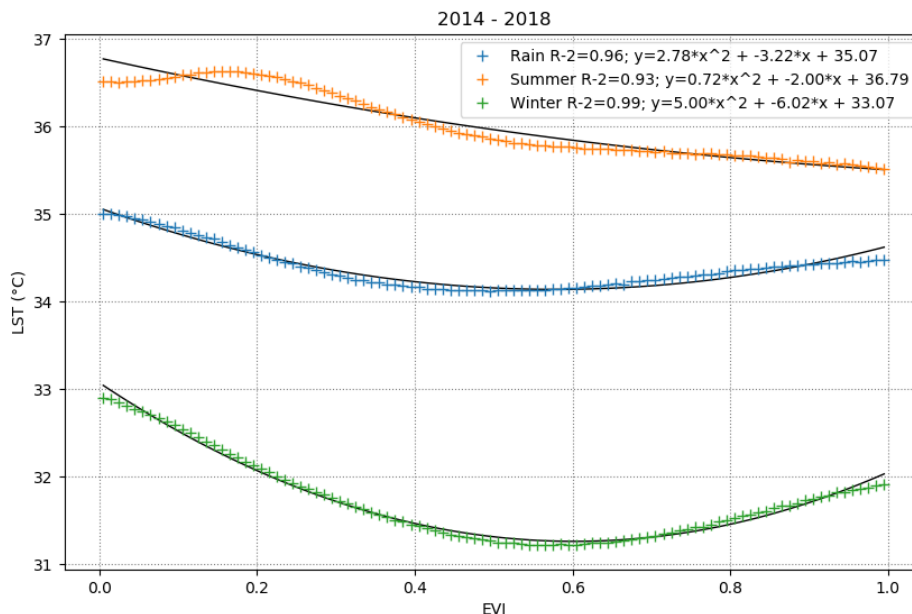
รูปที่ 5-18 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณปี ค.ศ. 2017 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-18 จะเห็นได้ว่ากราฟ ปี ค.ศ. 2017 เมื่อค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าต่ำในเกือบทุกฤดูกาล ยกเว้นฤดูฝนที่มีปัจจัยของน้ำฝนเข้ามาเกี่ยวข้อง และในปีนี้ฤดูฝนมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ต่ำกว่าทุกปี มีความสัมพันธ์ในฤดูฝนร้อยละ 98 ($r^2 = 0.98$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 95 ($r^2 = 0.95$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาวร้อยละ 96 ($r^2 = 0.96$)



รูปที่ 5-19 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณปี ค.ศ. 2018 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-19 จะเห็นได้ว่ากราฟ ปี ค.ศ. 2018 ในฤดูร้อนและฤดูฝนมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยกรมอุตุนิยมวิทยาได้ระบุว่าในปี ค.ศ. 2018 นั้นฤดูร้อนของประเทศไทยมีปริมาณฝนสูงกว่าค่าปกติ และฤดูฝนมีปริมาณฝนที่ต่ำกว่าค่าปกติ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563a) มีความสัมพันธ์ในฤดูฝน ร้อยละ 100 ($r^2 = 1.00$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 89 ($r^2 = 0.89$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาว ร้อยละ 100 ($r^2 = 1.00$)



รูปที่ 5-20 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณปี ค.ศ. 2014 – 2018 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

ตารางที่ 5-10 การทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิว กับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ ด้วยวิธีทางสถิติ RMSE

ดัชนี \ ฤดูกาล	ฤดูกาล		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
EVI	0.13	0.17	0.04

จากรูปที่ 5-20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณปี ค.ศ. 2014 – 2018 เมื่อทำการจับคู่ความสัมพันธ์ของทุกปี พบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวแปรผกผันกับค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ เมื่อพืชพรรณมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิลดลง มีความสัมพันธ์ในฤดูฝนร้อยละ 96 ($r^2 = 0.96$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 93 ($r^2 = 0.93$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาวร้อยละ 99 ($r^2 = 0.99$) และตารางที่ 5-10 ผลการทดสอบความถูกต้องโดยได้ทำการสุ่มเลือกจุดตัวอย่างจำนวน 50 ค่า จากสมการที่ 5-4 สมการที่ 5-5 และสมการที่ 5-6 พบว่าผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณมีความถูกต้องมากมีความเหมาะสมในการนำมาใช้

$$Y = 2.78 * X^2 + (-3.22) * X + 35.07$$

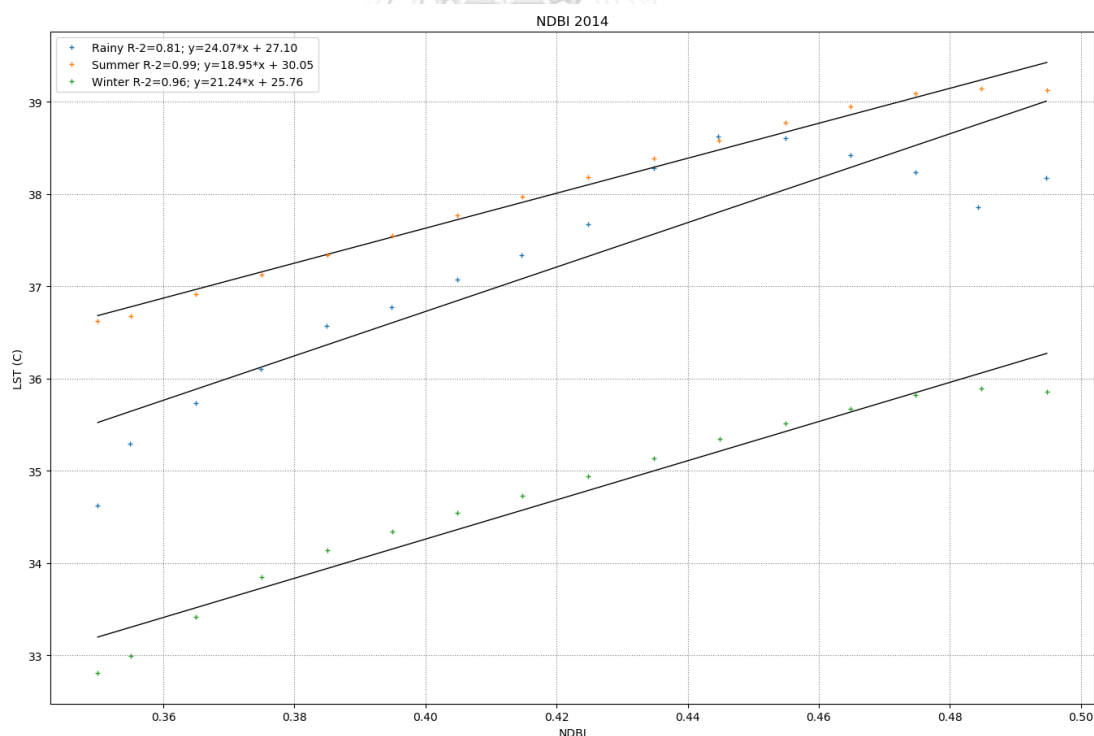
$$Y = 0.72 * X^2 + (-2.00) * X + 36.79 \quad 5-5$$

$$Y = 5.00 * X^2 + (-6.02) * X + 33.07 \quad 5-6$$

แทนค่าจุดตัวอย่างลงไปทั้ง 3 สมการ จากนั้นนำค่ามาหาความถูกต้องของความสัมพันธ์ด้วยสถิติ RMSE แสดงผลในตารางที่ 5-10

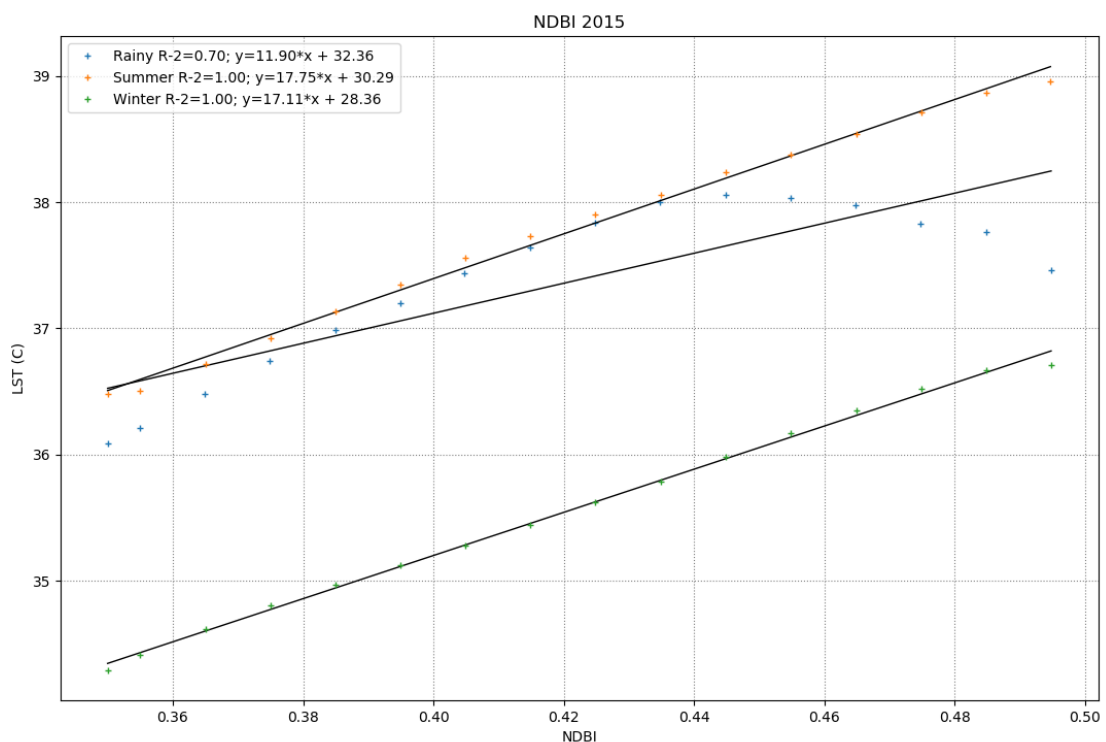
5.7 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง

กราฟสมการเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างทั้ง 3 ฤดู ด้วยวิธีการทางสถิติ R-Squared และการทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ด้วยวิธีทางสถิติ RMSE โดยที่เครื่องหมายบวกสีส้มคือตัวแทนของฤดูร้อน เครื่องหมายบวกสีน้ำเงินคือตัวแทนของฤดูฝน และเครื่องหมายบวกสีเขียวคือตัวแทนของฤดูหนาว ในช่วงปี ค.ศ. 2014 – 2018 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น แสดงในรูปที่ 5-21 ถึง รูปที่ 5-26



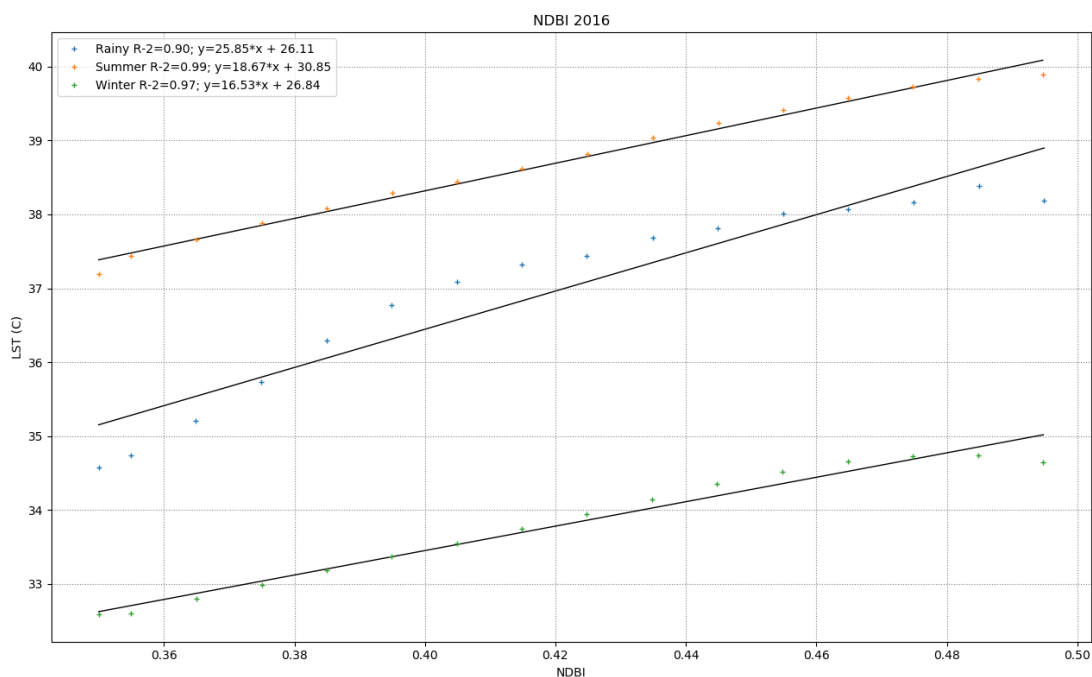
รูปที่ 5-21 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างปี ค.ศ. 2014 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-21 กราฟที่ได้ใน ปี ค.ศ. 2014 เมื่อค่าดัชนีดัชนีสิ่งปลูกสร้างมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าสูงไปด้วยในทุกฤดูกาล มีความสัมพันธ์ในฤดูฝนร้อยละ 81 ($r^2 = 0.81$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 99 ($r^2 = 0.99$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาวร้อยละ 96 ($r^2 = 0.96$)



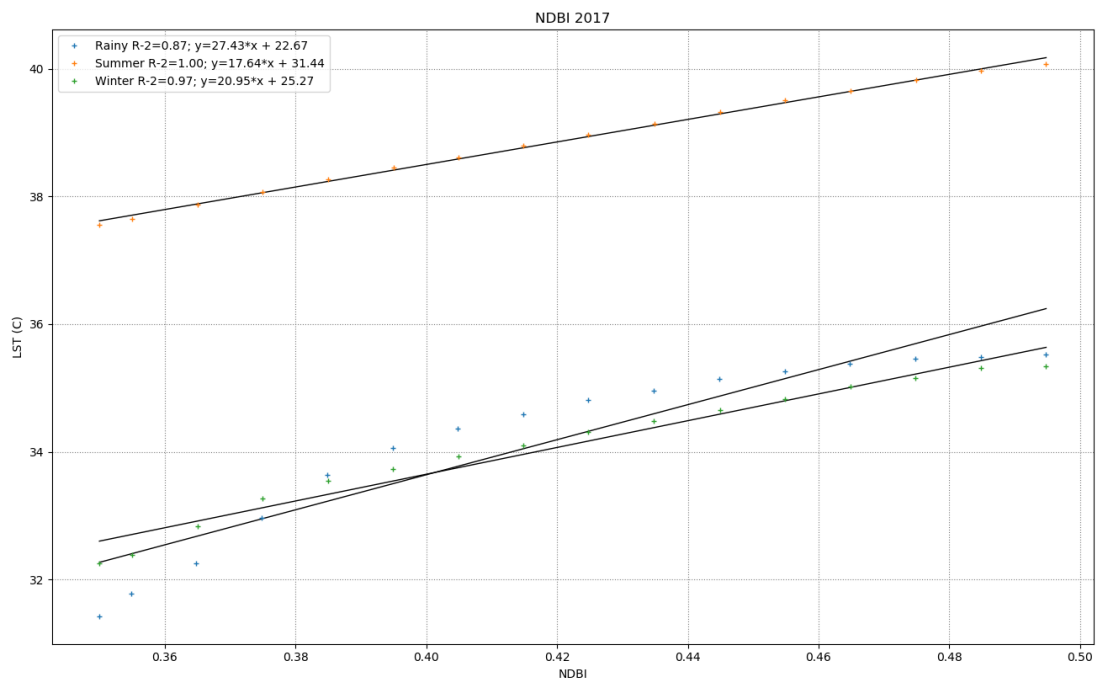
รูปที่ 5-22 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างปี ค.ศ. 2015 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-22 กราฟที่ได้ใน ปี ค.ศ. 2015 เมื่อค่าดัชนีดัชนีสิ่งปลูกสร้างมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าสูงไปด้วยในทุกฤดูกาล มีความสัมพันธ์ในฤดูฝนร้อยละ 70 ($r^2 = 0.70$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 100 ($r^2 = 1.00$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาวร้อยละ 100 ($r^2 = 1.00$)



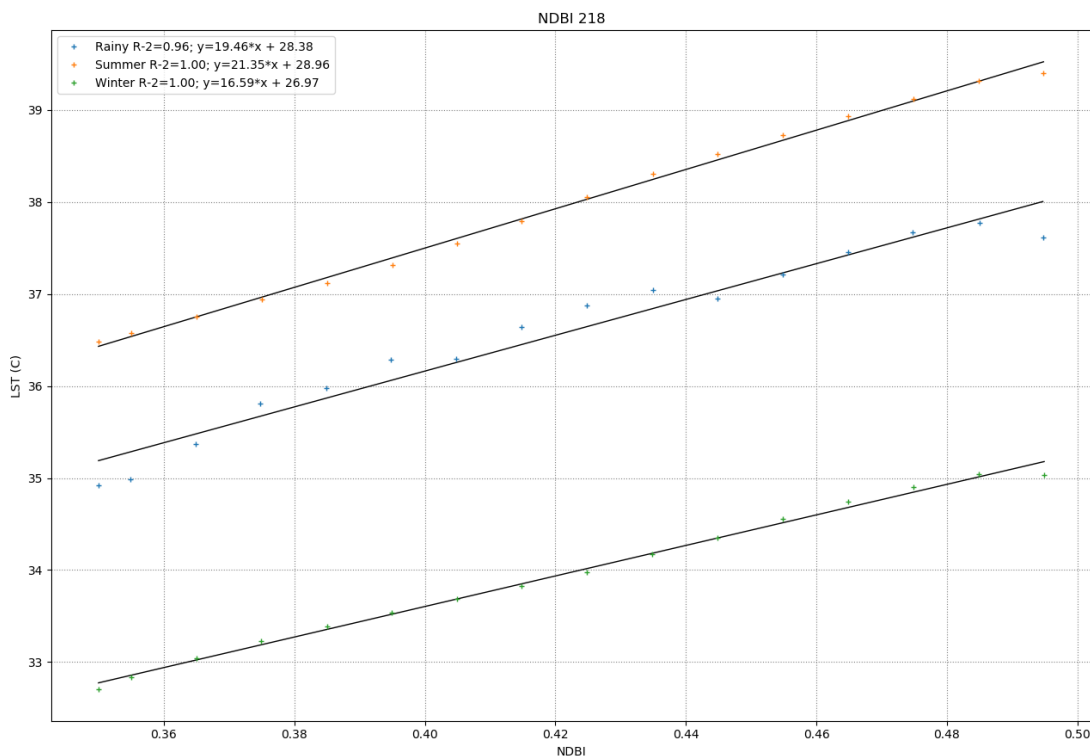
รูปที่ 5-23 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างปี ค.ศ. 2016 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-23 กราฟที่ได้ใน ปี ค.ศ. 2016 เมื่อค่าดัชนีดัชนีสิ่งปลูกสร้างมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าสูงไปด้วยในทุกฤดูกาล มีความสัมพันธ์ในฤดูฝนร้อยละ 90 ($r^2 = 0.90$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 99 ($r^2 = 0.99$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาวร้อยละ 97 ($r^2 = 0.97$)



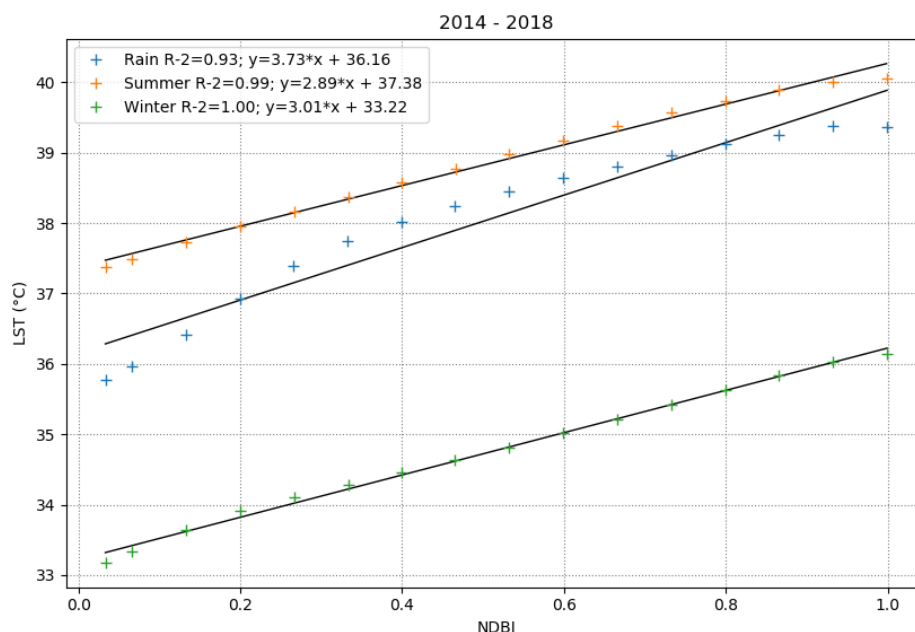
รูปที่ 5-24 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างปี ค.ศ. 2017 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-24 กราฟที่ได้ใน ปี ค.ศ. 2017 เมื่อค่าดัชนีดัชนีสิ่งปลูกสร้างมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าสูงไปด้วยในทุกฤดูกาล มีความสัมพันธ์ในฤดูฝนร้อยละ 87 ($r^2 = 0.87$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 100 ($r^2 = 1.00$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาวร้อยละ 97 ($r^2 = 0.97$)



รูปที่ 5-25 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างปี ค.ศ. 2018 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

จากรูปที่ 5-25 กราฟที่ได้ใน ปี ค.ศ. 2018 เมื่อค่าดัชนีดัชนีสิ่งปลูกสร้างมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าสูงไปด้วยในทุกฤดูกาล จากรูปที่ 5-24 กราฟที่ได้ใน ปี ค.ศ. 2017 เมื่อค่าดัชนีดัชนีสิ่งปลูกสร้างมีค่าสูง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะมีค่าสูงไปด้วยในทุกฤดูกาล มีความสัมพันธ์ในฤดูฝนร้อยละ 96 ($r^2 = 0.96$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 100 ($r^2 = 1.00$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาวร้อยละ 100 ($r^2 = 1.00$)



รูปที่ 5-26 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างปี ค.ศ. 2014 – 2018 ด้วยวิธีทางสถิติ R-Squared 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เครื่องหมายบวกสีส้ม) ฤดูฝน (เครื่องหมายบวกสีน้ำเงิน) และฤดูหนาว (เครื่องหมายบวกสีเขียว)

ตารางที่ 5-11 การทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ด้วยวิธีทางสถิติ RMSE

ดัชนี	ฤดูกาล		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
NDBI	0.08	0.31	0.06

จากรูปที่ 5-26 ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างในปี ค.ศ. 2014 – 2018 พบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะแปรผันตามค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง เมื่อสิ่งปลูกสร้างมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้นด้วย เป็นการยืนยันได้ว่าดัชนีสิ่งปลูกสร้างมีผลต่ออุณหภูมิพื้นผิว มีความสัมพันธ์ในฤดูฝนร้อยละ 93 ($r^2 = 0.93$) มีความสัมพันธ์ในฤดูร้อนร้อยละ 99 ($r^2 = 0.99$) มีความสัมพันธ์ในฤดูหนาวร้อยละ 100 ($r^2 = 1.00$) และตารางที่ 5-11 ผลการทดสอบความถูกต้องโดยได้ทำการสุ่มเลือกจุดตัวอย่างจำนวน 16 ค่า จากสมการที่ 5-7 สมการที่ 5-8 และสมการที่ 5-9 พบว่าผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างมีความถูกต้องมากมีความเหมาะสมในการนำมาใช้

$$Y = 3.73 * X + 36.16 \quad 5-7$$

$$Y = 2.89 * X + 37.38 \quad 5-8$$

$$Y = 3.01 * X + 33.22 \quad 5-9$$

แทนค่าจุดตัวอย่างลงไปทั้ง 3 สมการ จากนั้นนำค่ามาหาความถูกต้องของความสัมพันธ์ด้วยสถิติ RMSE แสดงผลในตารางที่ 5-11

การเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ได้ทำการหาความสัมพันธ์แบบแยกฤดู เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน เนื่องจากอิทธิพลของแสงอาทิตย์ในแต่ละฤดูกาลแตกต่างกันมากทำให้ค่าอุณหภูมิที่จะใช้หาความสัมพันธ์กับดัชนีนั้นแตกต่างกัน และค่าดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้างก็ไม่เท่ากันในแต่ละฤดูกาลเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากแสงอาทิตย์และปริมาณน้ำ จึงจำเป็นต้องแบ่งฤดูกาลในการหาความสัมพันธ์

5.8 ผลการหาความถูกต้องของความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง วิธีทางสถิติ RMSE

ทำการสุ่มเลือกจุดตัวอย่างจากค่าจริงจำนวน 50 ค่า ของอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ และดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ เพื่อแทนลงในสมการที่ 5-1 ถึงสมการที่ 5-3 สำหรับอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ สำหรับอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้นภาพพืชพรรณให้นำจุดตัวอย่างแทนลงไปในสมการที่ 5-4 ถึงสมการที่ 5-6 แล้วนำค่าที่ได้ไปหาความถูกต้องของสมการด้วยวิธีทางสถิติ RMSE และทำการสุ่มเลือกจุดตัวอย่างจากค่าจริงจำนวน 16 ค่า ของอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง เพื่อแทนลงในสมการที่ 5-7 ถึงสมการที่ 5-9 แล้วนำค่าที่ได้ไปหาความถูกต้องของสมการด้วยวิธีทางสถิติ RMSE ซึ่งผลลัพธ์ทั้งหมดจะแสดงในตารางที่ 5-12 โดยที่จุดตัวอย่างที่ทำการสุ่มจะแสดงในภาคผนวก

ตารางที่ 5-12 การหาความถูกต้องของสมการอุณหภูมิพื้นผิว กับดัชนีพืชพรรณดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ด้วยวิธีทางสถิติ RMSE

ดัชนี \ ฤดูกาล	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
NDVI	0.27	0.08	0.12
EVI	0.13	0.17	0.04

NDBI	0.08	0.31	0.06
------	------	------	------

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 5-12 สามารถกล่าวได้ว่าดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้างมีความเหมาะสมในการนำไปใช้หาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล



บทที่ 6

อภิปรายผล สรุปผล และข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาศาสามารถอภิปราย และสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

6.1 อภิปรายผลการศึกษา

6.1.1 อภิปรายผลอุณหภูมิพื้นผิว

จากผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวโดยวิธี Split-Window algorithm สรุปผลเป็นรายปีโดยแสดงผลในตารางที่ 5-1 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิว (LST) รายเดือน พบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะเริ่มมีการเพิ่มขึ้นในเดือนมีนาคมของทุกปีซึ่งคือการเริ่มเข้าสู่ฤดูร้อน และค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะลดลงในเดือนมิถุนายนเกือบทุกปียกเว้นปี ค.ศ. 2016 เนื่องจากกรมอุตุนิยมวิทยารายงานว่าปี ค.ศ. 2016 อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงกว่าค่าปกติทุกเดือน และเป็นปีที่ประเทศไทยมีฝนน้อยและต่ำกว่าค่าปกติเกือบทุกเดือน รวมทั้งพบว่าเป็นปรากฏการณ์เอลนีโญกำลังปานกลางตั้งแต่กลางปี และมีกำลังแรงในช่วงปลายปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559) ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะลดลงในเดือนมิถุนายนซึ่งคือเริ่มเข้าสู่ฤดูฝน และค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะลดลงอีกในเดือนตุลาคมซึ่งคือฤดูหนาวของพื้นที่ศึกษา ยกเว้นปี ค.ศ. 2015 ที่เดือนกันยายนข้อมูลขาดหายไปทำให้ไม่สามารถดูการเปลี่ยนแปลงได้ และในปี ค.ศ. 2016 ที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญทำให้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวมีการเพิ่มสูงขึ้นแทนที่จะลดเมื่อเข้าสู่ฤดูหนาว แม้ในบางเดือนพบว่ามีค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงผิดปกติซึ่งแตกต่างจากช่วงฤดูกาล สามารถอธิบายได้ว่าวันที่ได้รับข้อมูลในเดือนนั้น ๆ เป็นช่วงที่ไม่มีเมฆมาบดบัง หรือกล่าวว่าเป็นวันที่ท้องฟ้าเปิด ทำให้พลังงานจากดวงอาทิตย์ส่งถึงพื้นผิวบริเวณพื้นที่ศึกษาอย่างเต็มที่ทำให้เกิดค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นได้ เช่นเดียวกับค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ต่ำกว่าปกติเนื่องจากอาจจะจะมีไอน้ำ เมฆหมอกบาง ๆ มาบดบังบริเวณพื้นที่ในเดือนนั้น ซึ่งสามารถทำให้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวลดลงได้

จากผลการคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวตามฤดูกาล จากตารางที่ 5-2 และภาพที่ 5-2 พบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละเดือนมีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาในแต่ละฤดูกาล หรือสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา ค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงจะอยู่ในช่วงฤดูร้อน รองลงมาคือฤดูฝน และค่าอุณหภูมิพื้นผิวต่ำสุดในช่วงฤดูหนาว ในฤดูหนาวค่าอุณหภูมิพื้นผิวจะลดจากฤดูร้อนอย่างเห็นได้ชัด แต่ในฤดูฝนและฤดูหนาวมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาอยู่บริเวณภาคกลางตอนล่างของประเทศ มีพื้นที่สวนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง พืชพรรณปกคลุมดินมีไม่มากนัก เนื่องจากปัจจุบันการไถประโยชน์ที่ดินสวนใหญ่เปลี่ยนไปเป็นสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่แทนพื้นที่

เกษตรกรรม จึงมีอุณหภูมิคอนข้างสูงและอากาศร้อนอบอวามากในฤดูร้อน ส่วนในฤดูหนาวไม่หนาวจัดมากนัก (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563b)

6.1.2 อภิปรายผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ช่วงเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 2014 - เดือนธันวาคม ค.ศ. 2018 จากรูปที่ 5-9 ถึง รูปที่ 5-14 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกัน อธิบายได้ว่าเมื่ออุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้น ค่าดัชนีพืชพรรณจะลดลง สามารถสังเกตได้ว่าความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณนั้นไม่ใช่สมการเชิงเส้นทุกฤดูกาล หรือมีความสัมพันธ์ที่เป็นสมการ Polynomial degree 2 พบว่าฤดูหนาวมีความสัมพันธ์ที่ตีมากกว่าฤดูฝนและฤดูร้อน นอกจากนี้ค่าดัชนีพืชพรรณกับค่าอุณหภูมิพื้นผิวยังขึ้นอยู่กับฤดูกาล และประเภทของสิ่งปกคลุมดินอีกด้วย บริเวณพื้นที่ที่มีพืชพรรณใบเขียวมีความหนาแน่นมากจะมีค่าดัชนีพืชสูงและมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ต่ำ ในขณะที่พื้นที่ที่สิ่งก่อสร้างและพื้นดินเปิดโล่งจะมีค่าดัชนีพืชต่ำและมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูง

ในฤดูร้อนความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์ที่ตีมากในปี ค.ศ. 2014 - 2017 แต่ในปี ค.ศ. 2018 ฤดูร้อนและฤดูฝนมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก โดยกรมอุตุนิยมวิทยาได้ระบุว่าในปี ค.ศ. 2018 นั้น ฤดูร้อนของประเทศไทยมีปริมาณฝนสูงกว่าค่าปกติ และฤดูฝนมีปริมาณฝนที่ต่ำกว่าค่าปกติ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2020a) เช่นเดียวกันในฤดูฝนที่ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์ที่ตีมากในปี ค.ศ. 2014 - 2017 และในปี ค.ศ. 2018 ฤดูฝนและฤดูร้อนมีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้การวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ค่อนข้างยาก ในฤดูหนาวความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์ที่ตีมากในปี ค.ศ. 2014 - 2018 เมื่อพิจารณาความถูกต้องของความสัมพันธ์ จากรูปที่ 5-14 และตารางที่ 5-9 พบว่าความถูกต้องอยู่ระหว่าง 0.08 - 0.27

ในรูปที่ 5-9 ถึง รูปที่ 5-14 จะพบว่ากราฟเมื่อถึงจุดที่ค่าดัชนีพืชพรรณถึง 0.5 จะมีการโค้งขึ้นของเส้นความสัมพันธ์ เนื่องจากตามทฤษฎีแล้วนั้นค่าดัชนีพืชพรรณมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 โดยค่าที่เข้าใกล้ -1 คือไม่ใช่พืชพรรณ ค่าที่เข้าใกล้ 0 จะเป็นน้ำ และค่าที่เข้าใกล้ 1 จะมีความเป็นพืชพรรณสูง แต่ผลการศึกษาพบว่าค่ายิ่งเข้าใกล้ 1 ยิ่งมีการกระจายตัวของข้อมูลและมีความสัมพันธ์ที่แปรผันตรงกับค่าอุณหภูมิพื้นผิว ลักษณะเช่นนี้อาจเกิดได้จากการผสมของข้อมูลหลายเดือนทำการผสมกันให้เป็นข้อมูลเดียวคือฤดูกาลแต่ละฤดูกาล ทำให้พิคเซลนั้นมีการกระจายตัว

6.1.3 อภิปรายผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้ภาพพืชพรรณ

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ จากรูปที่ 5-15 ถึง รูปที่ 5-20 ในช่วงเวลาดั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 2014 - เดือนธันวาคม ค.ศ. 2018 พบว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกัน สามารถสังเกตได้ว่าความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีเน้ภาพพืชพรรณนั้นไม่ใช่สมการเชิงเส้นทุกฤดูกาล หรือมีความสัมพันธ์ที่เป็นสมการ Polynomial degree 2 อธิบายได้ว่าเมื่ออุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้น ค่าดัชนีเน้ภาพพืชพรรณจะลดลง ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้ภาพพืชพรรณนั้นมีความสัมพันธ์ที่ดีกับทุกฤดูกาล และอัลกอริทึมดัชนีเน้ภาพพืชพรรณใช้สองค่าสัมประสิทธิ์สำหรับการลดค่าบรรยากาศ โดยใช้ช่วงคลื่นน้ำเงินและช่วงคลื่นสีแดงสำหรับการแก้ไขการกระเจิงแสงของละอองในอากาศ (การดูดซับรังสีของ Rayleigh และโอโซน) ส่งผลให้การคำนวณดัชนีเน้ภาพพืชพรรณดีกว่า ทำให้ขอบเขตของพืชจะแสดงได้ดีกว่าดัชนีพืชพรรณ ด้วยเหตุนี้ทำให้ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีเน้ภาพพืชพรรณดีกว่ากับดัชนีพืชพรรณ ซึ่งค่าดัชนีเน้ภาพพืชพรรณจะบ่งบอกถึงความหนาแน่นของเรือนยอดและปริมาณชีวมวลที่มีในพื้นที่

ในฤดูร้อนความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีเน้ภาพพืชพรรณมีความสัมพันธ์ที่ดีมากในปี ค.ศ. 2014 – 2017 โดยในปี ค.ศ. 2018 นั้นฤดูร้อนและฤดูฝนมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยกรมอุตุนิยมวิทยาได้ระบุว่าในปี ค.ศ. 2018 นั้นฤดูร้อนของประเทศไทยมีปริมาณฝนสูงกว่าค่าปกติ และฤดูฝนมีปริมาณฝนที่ต่ำกว่าค่าปกติ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2020a) เช่นเดียวกันในฤดูฝนที่ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีเน้ภาพพืชพรรณมีความสัมพันธ์ที่ดีมากในปี ค.ศ. 2014 – 2017 และในปี ค.ศ. 2018 ฤดูฝนและฤดูร้อนมีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้การวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ค่อนข้างยาก ในฤดูหนาวความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์ที่ดีมากในปีทุกปีของการศึกษา เมื่อพิจารณาความถูกต้องของความสัมพันธ์ จากรูปที่ 5-20 และตารางที่ 5-10 พบว่าความถูกต้องอยู่ระหว่าง 0.04 – 0.17

ในรูปที่ 5-15 ถึง รูปที่ 5-20 จะพบว่ากราฟเมื่อถึงจุดที่ค่าดัชนีเน้ภาพพืชพรรณถึง 0.5 จะมีการโค้งขึ้นของเส้นความสัมพันธ์ เนื่องจากตามทฤษฎีแล้วนั้นค่าดัชนีเน้ภาพพืชพรรณมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 โดยค่าที่เข้าใกล้ -1 คือไม่ใช่พืชพรรณ ค่าที่เข้าใกล้ 0 จะเป็นน้ำ และค่าที่เข้าใกล้ 1 จะมีความเป็นพืชพรรณสูง แต่ผลการศึกษาพบว่าค่ายังเข้าใกล้ 1 ยิ่งมีการกระจายตัวของข้อมูลและมีความสัมพันธ์ที่แปรผันตรงกับค่าอุณหภูมิพื้นผิว ลักษณะเช่นนี้อาจเกิดได้จากการผสมของข้อมูลหลายเดือนทำการผสมกันให้เป็นข้อมูลเดียวคือฤดูกาลแต่ละฤดูกาล ทำให้พิคเซลนั้นมีการกระจายตัว

6.1.4 อภิปรายผลการเปรียบเทียบข้อมูลภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง จากรูปที่ 5-21 ถึง รูปที่ 5-26 ในช่วงเวลาดังแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 2014 - เดือนธันวาคม ค.ศ. 2018 พบว่ามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกัน อธิบายได้ว่าเมื่อค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้างสูงขึ้นเพิ่มขึ้น ค่าภูมิพื้นผิวก็จะมีค่าสูงตามไปด้วย และมีความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ดีกับทุกฤดูกาล แนวโน้มของความสัมพันธ์ของภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างในแต่ละฤดูกาลที่แตกต่างกันนั้นสามารถบ่งชี้ได้ว่าค่าภูมิพื้นผิวได้รับอิทธิพลจากสิ่งปลูกสร้าง โดยที่ค่าภูมิพื้นผิวจะมีค่าสูงในพื้นที่ที่ถูกก่อสร้างขึ้นหรือพื้นที่ที่มีความเป็นเมืองสูง ซึ่งทำให้เกิดการแปรผันของค่าภูมิพื้นผิว

ในฤดูร้อนและฤดูหนาวมีความสัมพันธ์ของค่าภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีเนินภาพพืชพรรณมีความสัมพันธ์ที่ดีมากในปี ค.ศ. 2014 – 2018 ส่วนในฤดูฝนความสัมพันธ์ของค่าภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีเนินภาพพืชพรรณมีความสัมพันธ์ที่ไม่เสถียร อาจเกิดได้จากอิทธิพลของปริมาณน้ำในฤดูฝน เมื่อพิจารณาความถูกต้องของความสัมพันธ์ จากรูปที่ 5-26 และตารางที่ 5-11 พบว่าความถูกต้องอยู่ระหว่าง 0.06 – 0.31

6.1.5 อภิปรายผลความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างค่าภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณ ดัชนีเนินภาพพืชพรรณ ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง

ผลที่ได้จากการหาความถูกต้องของความสัมพันธ์จากตารางที่ 5-12 พบว่าในฤดูร้อนดัชนีสิ่งปลูกสร้างสามารถบอกความถูกต้องของความสัมพันธ์ได้ดีว่าฤดูอื่นอยู่ที่ 0.08 เนื่องจากดัชนีสิ่งปลูกสร้างนั้นมีอิทธิพลทำให้ภูมิพื้นผิวร้อนขึ้น และดัชนีเนินภาพพืชพรรณบอกความถูกต้องของความสัมพันธ์ได้ดีว่าดัชนีพืชพรรณอยู่ที่ 0.13 ในฤดูฝนดัชนีพืชพรรณสามารถบอกความถูกต้องของความสัมพันธ์ที่ดีกว่าดัชนีอื่นอยู่ที่ 0.08 เนื่องจากพืชมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในฤดูฝน ในฤดูหนาวดัชนีเนินภาพพืชพรรณสามารถบอกความถูกต้องของความสัมพันธ์ได้ดีกว่าดัชนีอื่นอยู่ที่ 0.04 ซึ่งดัชนีสิ่งปลูกสร้างสามารถบอกความถูกต้องของความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับดัชนีเนินภาพพืชพรรณอยู่ที่ 0.06

6.2 สรุปผล

การศึกษาภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 โดยวิธี Split-Window algorithm ด้วยการใช้พารามิเตอร์ 3 อย่าง ได้แก่ 1) ความสว่าง 2) สภาพแปลงรังสีของพื้นโลก 3) ค่าไอน้ำในบรรยากาศ ที่ทำให้ภูมิพื้นผิวจากการประมาณค่าคงที่ไม่ว่าจะเป็นฤดูกาลใด (นราธิป เฟ่งพิศ et al., 2560) พบว่าค่าภูมิพื้นผิวที่ได้ในแต่ละปี มีความสอดคล้องกับลักษณะภูมิอากาศและ

อุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ศึกษา ค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนและลดลงเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนและฤดูหนาว รวมทั้งค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับรายงานสรุปลักษณะอากาศรายปีของกรมอุตุนิยมวิทยา

จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิพื้นผิวมีผลต่อดัชนีต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงของสิ่งปลูกสร้างและพื้นที่สีเขียวนั้นมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิว การหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีพืชพรรณและดัชนีเนินภาพพืชพรรณ ในการศึกษาตลอดทั้ง 3 ฤดูกาล พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบ เมื่อค่าดัชนีพืชพรรณและค่าดัชนีเนินภาพพืชพรรณลดลงจะทำให้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้น ความถูกต้องของความสัมพันธ์สามารถบ่งชี้ว่าดัชนีเนินภาพพืชพรรณให้ความสัมพันธ์ที่ดีกว่าดัชนีพืชพรรณในฤดูร้อนและฤดูหนาว แต่ในฤดูฝนนั้นดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์ที่ดีกว่าดัชนีเนินภาพพืชพรรณ ซึ่งทั้งสองสมการแสดงให้เห็นว่าพื้นที่สีเขียวสามารถลดค่าอุณหภูมิพื้นผิวได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Aneesh Mathew et al., 2018; F. ZHANG et al., 2014) สำหรับการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้าง เมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้างจะค่าที่เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับอุณหภูมิพื้นผิว ความถูกต้องของความสัมพันธ์สามารถบ่งชี้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีสิ่งปลูกสร้างมีความถูกต้องสูงในฤดูร้อนและฤดูหนาว ยกเว้นฤดูฝนที่บอกความถูกต้องของความสัมพันธ์ได้ไม่ดีนัก

ดังนั้นจากการศึกษาทั้งหมดพบว่าพื้นที่ที่มีความเป็นพืชพรรณสูงจะสามารถช่วยลดอุณหภูมิพื้นผิวลงได้ และดัชนีสิ่งปลูกสร้างทำให้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ด้วยเหตุนี้ดัชนีสิ่งปลูกสร้างจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่น่าจะสามารถนำมาใช้เป็นตัวแปรสำคัญในการสร้างแบบจำลองปรากฏการณ์ Urban Heat Island ของพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่มีความถูกต้องสูงได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้เป็นเพียงการทดสอบแบบจำลองความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เท่านั้น ดังนั้นการการสร้างแบบจำลองปรากฏการณ์ Urban Heat Island จากตัวแปรเหล่านี้ อาจต้องการการวิเคราะห์และทดสอบเพิ่มเติมเพื่อให้แน่ใจได้ว่า ตัวแปรเหล่านี้สามารถให้ความถูกต้องที่เพียงพอต่อการสร้างแบบจำลองปรากฏการณ์ Urban Heat Island ได้จริง

6.3 ข้อเสนอแนะ

6.3.1 การใช้ดัชนีพืชพรรณและดัชนีเนินภาพพืชพรรณมีความสัมพันธ์กับสภาวะด้านชีพลักษณะของพืช จึงต้องพิจารณาศึกษาโดยแบ่งประเภทของสิ่งปกคลุมดินหรือประเภทของพืชพรรณ

เพราะพืชพรรณแต่ละประเภทมีพฤติกรรมการเจริญเติบโต และการทิ้งใบตอบสนองต่ออุณหภูมิพื้นผิวที่ไม่เหมือนกัน

6.3.2 การคำนวณหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้ใช้ดัชนีเพียงบางส่วนเท่านั้น ยังสามารถเพิ่มเติมดัชนีอื่นที่สามารถเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ได้ เช่น ดัชนีทางอุตุนิยมวิทยา ดัชนีความชื้น เป็นต้น

6.3.3 ข้อมูลที่ทำการใช้มีข้อจำกัดเนื่องจากสภาพอากาศไม่สามารถทำได้ในตลอดทุกฤดูกาล ทำให้การประมวลผลอาจมีการคลาดเคลื่อน หากมีข้อมูลที่สามารถถ่ายภาพในทุกสภาพอากาศจะทำให้การประมวลผลมีประสิทธิภาพมากกว่า





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลตารางความถูกต้องของความสัมพันธ์ค่าดัชนีต่าง ๆ กับอุณหภูมิพื้นผิวจากการทำ ด้วยวิธีทางสถิติ RMSE

ตารางภาคผนวกที่ ก.1 ข้อมูลตารางความถูกต้องของความสัมพันธ์ค่าดัชนีพีชพรรณกับอุณหภูมิพื้นผิว โดยได้ทำการสุ่มเลือกจุดตัวอย่างจำนวน 50 ค่า

NDVI Rain			NDVI Summer			NDVI Winter		
LST	LST _{NDVI}	(LST - LST _{NDVI}) ²	LST	LST _{NDVI}	(LST - LST _{NDVI}) ²	LST	LST _{NDVI}	(LST - LST _{NDVI}) ²
35.87	35.86	0.00	36.81	37.54	0.52	33.22	33.08	0.02
35.82	35.80	0.00	36.81	37.43	0.38	33.16	33.02	0.02
35.77	35.74	0.00	36.82	37.33	0.25	33.10	32.96	0.02
35.71	35.68	0.00	36.84	37.22	0.15	33.04	32.91	0.02
35.66	35.62	0.00	36.84	37.12	0.08	32.98	32.85	0.02
35.59	35.57	0.00	36.81	37.02	0.05	32.92	32.79	0.01
35.54	35.51	0.00	36.77	36.93	0.02	32.85	32.74	0.01
35.48	35.46	0.00	36.72	36.83	0.01	32.78	32.69	0.01
35.43	35.40	0.00	36.66	36.74	0.00	32.71	32.63	0.01
35.38	35.35	0.00	36.61	36.64	0.00	32.64	32.58	0.00
35.32	35.30	0.00	36.57	36.55	0.00	32.57	32.53	0.00
35.26	35.25	0.00	36.52	36.46	0.00	32.50	32.48	0.00
35.21	35.20	0.00	36.48	36.37	0.01	32.44	32.43	0.00
35.15	35.15	0.00	36.44	36.29	0.02	32.38	32.38	0.00
35.10	35.10	0.00	36.39	36.20	0.04	32.32	32.34	0.00
35.04	35.05	0.00	36.34	36.12	0.05	32.25	32.29	0.00
34.99	35.01	0.00	36.30	36.03	0.07	32.19	32.25	0.00
34.93	34.96	0.00	36.25	35.95	0.09	32.13	32.20	0.00
34.88	34.92	0.00	36.20	35.88	0.10	32.07	32.16	0.01

34.82	34.88	0.00	36.14	35.80	0.12	32.02	32.12	0.01
34.77	34.83	0.00	36.07	35.72	0.12	31.96	32.07	0.01
34.73	34.79	0.00	36.01	35.65	0.13	31.90	32.03	0.02
34.68	34.75	0.01	35.95	35.58	0.14	31.85	31.99	0.02
34.63	34.71	0.01	35.88	35.50	0.14	31.80	31.95	0.02
34.58	34.67	0.01	35.82	35.44	0.15	31.75	31.92	0.03
34.54	34.64	0.01	35.74	35.37	0.14	31.71	31.88	0.03
34.49	34.60	0.01	35.67	35.30	0.13	31.67	31.84	0.03
34.46	34.56	0.01	35.59	35.24	0.12	31.63	31.81	0.03
34.41	34.53	0.01	35.51	35.17	0.11	31.60	31.77	0.03
34.38	34.50	0.01	35.42	35.11	0.10	31.57	31.74	0.03
34.35	34.46	0.01	35.34	35.05	0.08	31.54	31.71	0.03
34.31	34.43	0.01	35.27	34.99	0.07	31.51	31.68	0.03
34.28	34.40	0.02	35.18	34.94	0.06	31.48	31.65	0.03
34.25	34.37	0.01	35.10	34.88	0.05	31.46	31.62	0.03
34.23	34.34	0.01	35.02	34.83	0.04	31.43	31.59	0.02
34.21	34.31	0.01	34.94	34.78	0.03	31.42	31.56	0.02
34.19	34.29	0.01	34.87	34.73	0.02	31.40	31.53	0.02
34.18	34.26	0.01	34.80	34.68	0.01	31.38	31.51	0.02
34.16	34.23	0.01	34.72	34.63	0.01	31.36	31.48	0.01
34.15	34.21	0.00	34.65	34.58	0.00	31.35	31.46	0.01
34.14	34.19	0.00	34.57	34.54	0.00	31.34	31.43	0.01
34.13	34.16	0.00	34.51	34.50	0.00	31.33	31.41	0.01
34.13	34.14	0.00	34.44	34.46	0.00	31.33	31.39	0.00
34.14	34.12	0.00	34.38	34.42	0.00	31.32	31.37	0.00
34.14	34.10	0.00	34.32	34.38	0.00	31.32	31.35	0.00

34.16	34.08	0.01	34.26	34.34	0.01	31.32	31.33	0.00
34.18	34.06	0.01	34.19	34.31	0.01	31.33	31.31	0.00
34.20	34.05	0.02	34.13	34.28	0.02	31.33	31.30	0.00
34.22	34.03	0.04	34.07	34.24	0.03	31.34	31.28	0.00
34.24	34.02	0.05	34.01	34.21	0.04	31.35	31.26	0.01
RMSE		0.08	RMSE		0.27	RMSE		0.12

ตารางภาคผนวกที่ ก.2 ข้อมูลตารางความสัมพันธ์ค่าดัชนีเนินภาพพืชพรรณกับอุณหภูมิพื้นผิว โดยได้ทำการสุ่มเลือกจุดตัวอย่างจำนวน 50 ค่า

EVI Rain			EVI Summer			EVI Summer		
LST	LST _{EVI}	(LST - LST _{EVI}) ²	LST	LST _{EVI}	(LST - LST _{EVI}) ²	LST	LST _{EVI}	(LST - LST _{EVI}) ²
35.00	35.20	0.04	36.52	36.78	0.07	32.90	33.04	0.02
35.00	35.17	0.03	36.51	36.76	0.06	32.88	32.98	0.01
34.99	35.14	0.02	36.51	36.74	0.05	32.85	32.92	0.01
34.98	35.11	0.02	36.52	36.72	0.04	32.81	32.87	0.00
34.96	35.08	0.02	36.52	36.70	0.03	32.78	32.81	0.00
34.94	35.05	0.01	36.53	36.68	0.02	32.75	32.75	0.00
34.92	35.02	0.01	36.53	36.66	0.02	32.71	32.70	0.00
34.89	34.99	0.01	36.54	36.64	0.01	32.67	32.65	0.00
34.86	34.97	0.01	36.56	36.63	0.00	32.63	32.59	0.00
34.85	34.94	0.01	36.57	36.61	0.00	32.59	32.54	0.00
34.82	34.91	0.01	36.59	36.59	0.00	32.55	32.49	0.00
34.79	34.89	0.01	36.60	36.57	0.00	32.50	32.44	0.00
34.76	34.86	0.01	36.62	36.55	0.00	32.45	32.40	0.00
34.73	34.84	0.01	36.62	36.53	0.01	32.40	32.35	0.00
34.72	34.81	0.01	36.63	36.52	0.01	32.36	32.30	0.00

34.69	34.79	0.01	36.64	36.50	0.02	32.31	32.26	0.00
34.65	34.76	0.01	36.63	36.48	0.02	32.27	32.21	0.00
34.62	34.74	0.01	36.63	36.46	0.03	32.22	32.17	0.00
34.59	34.72	0.02	36.63	36.44	0.03	32.17	32.13	0.00
34.57	34.70	0.02	36.61	36.43	0.03	32.13	32.09	0.00
34.54	34.68	0.02	36.60	36.41	0.04	32.09	32.05	0.00
34.51	34.66	0.02	36.59	36.39	0.04	32.05	32.01	0.00
34.48	34.64	0.02	36.57	36.38	0.04	32.01	31.97	0.00
34.46	34.62	0.03	36.55	36.36	0.04	31.97	31.93	0.00
34.43	34.60	0.03	36.52	36.34	0.03	31.93	31.90	0.00
34.40	34.58	0.03	36.50	36.33	0.03	31.89	31.86	0.00
34.39	34.56	0.03	36.47	36.31	0.03	31.86	31.83	0.00
34.36	34.54	0.03	36.44	36.29	0.02	31.82	31.79	0.00
34.34	34.53	0.04	36.42	36.28	0.02	31.79	31.76	0.00
34.31	34.51	0.04	36.39	36.26	0.02	31.76	31.73	0.00
34.30	34.50	0.04	36.35	36.25	0.01	31.72	31.70	0.00
34.27	34.48	0.04	36.33	36.23	0.01	31.70	31.67	0.00
34.25	34.47	0.05	36.30	36.22	0.01	31.66	31.64	0.00
34.24	34.45	0.04	36.26	36.20	0.00	31.63	31.61	0.00
34.22	34.44	0.05	36.23	36.19	0.00	31.60	31.59	0.00
34.22	34.43	0.04	36.20	36.17	0.00	31.57	31.56	0.00
34.20	34.42	0.05	36.17	36.16	0.00	31.54	31.54	0.00
34.20	34.40	0.04	36.14	36.14	0.00	31.51	31.52	0.00
34.18	34.39	0.04	36.11	36.13	0.00	31.49	31.49	0.00
34.17	34.38	0.05	36.08	36.11	0.00	31.45	31.47	0.00
34.17	34.37	0.04	36.05	36.10	0.00	31.43	31.45	0.00

34.14	34.36	0.05	36.03	36.08	0.00	31.41	31.43	0.00
34.15	34.35	0.04	36.00	36.07	0.00	31.39	31.41	0.00
34.15	34.35	0.04	35.98	36.06	0.01	31.36	31.40	0.00
34.14	34.34	0.04	35.95	36.04	0.01	31.34	31.38	0.00
34.13	34.33	0.04	35.93	36.03	0.01	31.32	31.37	0.00
34.13	34.32	0.04	35.92	36.02	0.01	31.31	31.35	0.00
34.13	34.32	0.03	35.90	36.00	0.01	31.29	31.34	0.00
34.13	34.31	0.03	35.88	35.99	0.01	31.28	31.33	0.00
34.12	34.31	0.03	35.86	35.98	0.01	31.27	31.32	0.00
RMSE		0.17	RMSE		0.13	RMSE		0.04

ตารางภาคผนวกที่ ก.3 ข้อมูลตารางความสัมพันธ์ค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้างกับอุณหภูมิพื้นผิว โดยได้ทำการสุ่มเลือกจุดตัวอย่างจำนวน 16 ค่า

NDBI Rain			NDBI Summer			NDBI Summer		
LST	LST _{NDBI}	(LST - LST _{NDBI}) ²	LST	LST _{NDBI}	(LST - LST _{NDBI}) ²	LST	LST _{NDBI}	(LST - LST _{NDBI}) ²
35.78	36.28	0.26	37.38	37.48	0.01	33.18	33.32	0.02
35.97	36.41	0.19	37.49	37.57	0.01	33.33	33.42	0.01
36.41	36.65	0.06	37.72	37.77	0.00	33.64	33.62	0.00
36.93	36.90	0.00	37.95	37.96	0.00	33.91	33.82	0.01
37.39	37.15	0.06	38.17	38.15	0.00	34.11	34.02	0.01
37.75	37.40	0.12	38.38	38.34	0.00	34.29	34.22	0.00
38.02	37.65	0.14	38.58	38.53	0.00	34.46	34.42	0.00
38.25	37.90	0.12	38.78	38.73	0.00	34.63	34.62	0.00
38.46	38.14	0.10	38.97	38.92	0.00	34.82	34.82	0.00
38.64	38.40	0.06	39.18	39.11	0.00	35.01	35.02	0.00
38.80	38.64	0.02	39.39	39.30	0.01	35.21	35.22	0.00
38.97	38.89	0.01	39.57	39.50	0.01	35.41	35.43	0.00
39.13	39.14	0.00	39.74	39.69	0.00	35.63	35.63	0.00

39.26	39.39	0.02	39.89	39.88	0.00	35.84	35.83	0.00
39.38	39.64	0.07	40.01	40.07	0.00	36.04	36.03	0.00
39.37	39.89	0.27	40.05	40.27	0.05	36.14	36.23	0.01
RMSE		0.31	RMSE		0.08	RMSE		0.06



บรรณานุกรม

- Bala, R., Prasad, R., & Yadav, V. P. (2019). Disaggregation of modis land surface temperature in urban areas using improved thermal sharpening techniques. *Advances in Space Research, 64*(3), 591-602.
- Bao, G., Qin, Z., Bao, Y., Zhou, Y., Li, W., & Sanjjav, A. (2014). NDVI-based long-term vegetation dynamics and its response to climatic change in the Mongolian Plateau. *Remote Sensing, 6*(9), 8337-8358.
- Chen, X.-L., Zhao, H.-M., Li, P.-X., & Yin, Z.-Y. (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote sensing of environment, 104*(2), 133-146.
- Deng, C., & Wu, C. (2013). Examining the impacts of urban biophysical compositions on surface urban heat island: A spectral unmixing and thermal mixing approach. *Remote sensing of environment, 131*, 262-274.
- Ding, M., Zhang, Y., Liu, L., Zhang, W., Wang, Z., & Bai, W. (2007). The relationship between NDVI and precipitation on the Tibetan Plateau. *Journal of Geographical Sciences, 17*(3), 259-268.
- Ding Yanling, Zheng Xingming, Zhao Kai, Xin Xiaoping, & Liu Huanjun. (2016). Quantifying the impact of NDVIsoil determination methods and NDVIsoil variability on the estimation of fractional vegetation cover in Northeast China. *8*(1), 29.
- Ferreira, L. S., & Duarte, D. H. S. (2019). Exploring the relationship between urban form, land surface temperature and vegetation indices in a subtropical megacity. *Urban Climate, 27*, 105-123.
- Gao, B.-C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote sensing of environment, 58*(3), 257-266.
- Guha, S., Govil, H., Gill, N., & Dey, A. (2020). A long-term seasonal analysis on the relationship between LST and NDBI using Landsat data. *Quaternary International.*
- Guo, L., Wu, S., Zhao, D., Yin, Y., Leng, G., & Zhang, Q. (2014). NDVI-based vegetation

- change in Inner Mongolia from 1982 to 2006 and its relationship to climate at the biome scale. *Advances in Meteorology*, 2014.
- He, D., Yi, G., Zhang, T., Miao, J., Li, J., & Bie, X. (2018). Temporal and spatial characteristics of EVI and its response to climatic factors in recent 16 years based on grey relational analysis in inner Mongolia Autonomous Region, China. *Remote Sensing*, 10(6), 961.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 83(1-2), 195-213.
- Hussein, S. O., Kovács, F., & Tobak, Z. (2017). Spatiotemporal assessment of vegetation indices and land cover for Erbil city and its surrounding using MODIS imageries. *Journal of Environmental Geography*, 10(1-2), 31-39.
- Kamran, K. V., Pirnazar, M., & Bansouleh, V. F. (2015). *Land surface temperature retrieval from Landsat 8 TIRS: comparison between split window algorithm and SEBAL method*. Paper presented at the Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2015).
- Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R. T., Anderson, M., Imhoff, M. L., Gutman, G. G., . . . Goldberg, A. (2010). Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations. *Journal of climate*, 23(3), 618-633.
- Kumar, D., & Shekhar, S. (2015). Statistical analysis of land surface temperature–vegetation indexes relationship through thermal remote sensing. *Ecotoxicology and environmental safety*, 121, 39-44.
- Li, Z., Li, X., Wei, D., Xu, X., & Wang, H. (2010). An assessment of correlation on MODIS-NDVI and EVI with natural vegetation coverage in Northern Hebei Province, China. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 964-969.
- Liu, H., & Weng, Q. (2008). Seasonal variations in the relationship between landscape pattern and land surface temperature in Indianapolis, USA. *Environmental monitoring and assessment*, 144(1-3), 199-219.
- Liu, L., & Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. 3(7), 1535-1552.
- Malik, M. S., Shukla, J. P., & Mishra, S. (2019). Relationship of LST, NDBI and NDVI using

Landsat-8 data in Kandaihimmat Watershed, Hoshangabad, India.

- Mathew, A., Chaudhary, R., Gupta, N., Khandelwal, S., & Kaul, N. (2015). Study of urban heat island effect on Ahmedabad City and its relationship with urbanization and vegetation parameters. *Int. J. Comput. Math. Sci*, 4, 126-135.
- Mathew, A., Khandelwal, S., & Kau, l. N. (2018). Spatio-temporal variations of surface temperatures of Ahmedabad city and its relationship with vegetation and urbanization parameters as indicators of surface temperatures.
- Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y., & Qiu, G. (2007). Sensitivity of the enhanced vegetation index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest. *Sensor*, 7(11), 2636-2651.
- McMillin, L. M. (1975). Estimation of sea surface temperatures from two infrared window measurements with different absorption. *Journal of geophysical research*, 80(36), 5113-5117.
- Md Shahid Latif. (2014). Land Surface Temperature Retrieval of Landsat-8 Data Using Split Window Algorithm-A Case Study of Ranchi District. 2(4), 2840-3849.
- Pal, S., & Ziaul, S. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1), 125-145.
- Phompila, C., Lewis, M., Ostendorf, B., & Clarke, K. (2015). MODIS EVI and LST temporal response for discrimination of tropical land covers. *Remote Sensing*, 7(5), 6026-6040.
- Rajeshwari, A., & Mani, N. (2014). Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(5), 122-126.
- Volcani, A., Karnieli, A., & Svoray, T. (2005). The use of remote sensing and GIS for spatio-temporal analysis of the physiological state of a semi-arid forest with respect to drought years. *Forest Ecology and Management*, 215(1-3), 239-250.
- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote sensing of environment*, 86(3), 370-384.
- Wang, J., Rich, P. M., & Price, K. P. (2003). Temporal responses of NDVI to precipitation

- and temperature in the central Great Plains, USA. *International journal of remote sensing*, 24(11), 2345-2364.
- Wang, L., Lu, Y., & Yao, Y. (2019). Comparison of three algorithms for the retrieval of land surface temperature from Landsat 8 images. *Sensors*, 19(22), 5049.
- Wang, M., He, G., Zhang, Z., Wang, G., Wang, Z., Yin, R., . . . Cao, X. (2019). A radiance-based split-window algorithm for land surface temperature retrieval: Theory and application to MODIS data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 76, 204-217.
- Zha, Y., Ni, S.-x., & Yang, S. (2003). An effective approach to automatically extract urban land-use from TM imagery. *JOURNAL OF REMOTE SENSING-BEIJING-*, 7(1), 37-40.
- ZHANG, F., ZHANG, L.-W., Jing-Jing, S., & HUANG, J.-F. (2014). Soil moisture monitoring based on land surface temperature-vegetation index space derived from MODIS data. 24(4), 450-460.
- Zhang, Y., Odeh, I. O., & Han, C. (2009). Bi-temporal characterization of land surface temperature in relation to impervious surface area, NDVI and NDBI, using a sub-pixel image analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(4), 256-264.
- Zoungrana, B. J.-B., Conrad, C., Amekudzi, L. K., Thiel, M., & Da, E. D. (2015). Land use/cover response to rainfall variability: A comparing analysis between NDVI and EVI in the Southwest of Burkina Faso. *Climate*, 3(1), 63-77.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2556). ปราบกฏการณ์เกาะความร้อน (Urban heat Island). Retrieved from <https://www.tmd.go.th/programs/uploads/weatherclimate/ปราบกฏการณ์เกาะร้อน.pdf>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2563a). การคาดหมายลักษณะอากาศราย 3 เดือนสำหรับประเทศไทย. Retrieved from https://www.tmd.go.th/3month_forecast.php
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2563b). ภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร. Retrieved from <http://climate.tmd.go.th/data/province/%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%87/%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%81%E0%B8%A3%E0%B8%B8%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%9E%E0%B8%A1%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B8%A3.pdf?fbclid=IwAR0Z>

[L11VrsI957Zk3gOdvuNMtF7FbvNG-lBPv2JxgVcFMBsgSHMwvxrDXAU](https://doi.org/10.1111/VrsI957Zk3gOdvuNMtF7FbvNG-lBPv2JxgVcFMBsgSHMwvxrDXAU)

นราธิป เฟ่งพิศ, สุพรรณ กาญจนสุธรรม, แก้ว นวลฉวี และ ภัทรพร สร้อยทอง. (2560). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง กรณีศึกษา อำเภอเมืองจังหวัดระยอง. วารสารเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2(3), 27-40.

วลดา เดชะพงศ์, สุพรรณ กาญจนสุธรรม, แก้ว นวลฉวี และ นฤมล อินทรวีเชียร. (2560). การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 25(3), 377-387.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2561a). การประยุกต์ใช้ LANDSAT เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิพื้นผิว. Retrieved from <https://gistda.or.th/mainmain/th/node/806>

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2561b). ดาวเทียม LANDSAT-8. Retrieved from <https://www.gistda.or.th/main/th/node/93>

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2563). ดัชนีที่เหมาะสมกับการติดตามความแห้งแล้งของประเทศ. Retrieved from

<http://droughtv2.gistda.or.th/?q=content/%E0%B8%94%E0%B8%B1%E0%B8%8A%E0%B8%99%E0%B8%B5%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%B0%E0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%81%E0%B8%AB%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A8>

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ปริญนุช โสภา
วัน เดือน ปี เกิด	7 ธันวาคม 2536
สถานที่เกิด	ขอนแก่น
วุฒิการศึกษา	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ที่อยู่ปัจจุบัน	121/130 ม.16 ซ.ศรีมรธาตัน15/1 ถ.มะลิวัลย์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
ผลงานตีพิมพ์	ปริญนุช โสภาและธงทิศ ฉายากุล (2562) "การหาความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 กับ ค่าดัชนีพืชพรรณ ค่าเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล" การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2562