การประมาณค่าปริมาณการใช้น้ำของข้าวแบบนาหว่านน้ำตมในเขตพื้นที่ชลประทานของลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล

Estimation of wet direct-seeding rice Evapotranspiration in Irrigated Areas of Chao Phraya Basin by using remote sensing technology

ณัฐพล เย็นสกุลสุข[1] และ ธงทิศ ฉายากุล[2]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ
**Corresponding author; E-mail address: nuttapon.ysk@gmail.com*

บทคัดย่อ

ปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นองค์ประกอบข้อมูลหนึ่งที่สำคัญในการวางแผนการจัดสรรน้ำให้กับพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทานเพื่อให้มีความเหมาะสมกับปริมาณน้ำต้นทุนและมีประสิทธิภาพ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการประมาณค่าปริมาณการใช้น้ำของข้าวแบบนาหว่านน้ำตม (ET) ในเขตชลประทานของลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI) ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 กับค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ที่อ้างอิงจากกรมชลประทาน โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและคำนวณค่า ET โดยการคูณค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ที่ได้จาก NDVI กับค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ผลการศึกษาของกลุ่มตัวอย่างแปลงนา พบว่าค่าเฉลี่ยของค่า Kc ที่ได้จาก NDVI มีค่าต่ำสุด 0.8162 ค่าสูงสุด 1.6366 และมีค่าเฉลี่ย 1.3321 และค่า ET ที่คำนวนโดยใช้ค่า Kc ที่ได้จาก NDVI มีค่าต่ำสุด 3.1079 มม./วัน ค่าสูงสุด 6.9011 มม./วัน และมีค่าเฉลี่ย 5.4411 มม./วัน

คำสำคัญ: การสำรวจระยะไกล, ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์, ปริมาณการใช้น้ำของพืช, สมการ Penman-Monteith

Abstract

Evapotranspiration of plants is one of the important data for planning water allocation in agricultural irrigation system in term of suitability for storage amount and efficient supply. This research aims to estimation of wet direct-seeding rice Evapotranspiration in the irrigated areas of Chao Phraya Basin. The study the relationship between Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) derived from sentinel-2 satellite imagery and Crop Coefficient (Kc) referenced from Royal Irrigation Department by using simple linear regression analysis and and ET value calculation through multiplying Crop Coefficient (Kc) derived from NDVI and Reference Crop Evapotranspiration (ETo). The result of the study on paddy field samples indicates that the minimum value of Kc derived from NDVI is 0.8162, meanwhile , the maximum value is 1.6366 and the average value is 1.3321. Whereas, the minimum value of ET, calculated by Kc derived from NDVI is 3.1079 mm/day, the maximum value is 6.9011 mm/day and the average value is 5.4411 mm/day.

Keywords: Remote Sensing, Normalized Difference Vegetation Index, Evapotranspiration, Penman-Monteith equation

1. บทนำ

ปริมาณการใช้น้ำของพืช หมายถึง ปริมาณน้ำที่พืชใช้ในขบวนการคายระเหยน้ำ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างอาหารและเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปตามหลักการชลประทานถือว่าพืชที่ไม่เป็นโรคจะใช้น้ำตามปกติ ถ้าความชื้นในดินไม่จำกัด แต่เมื่อใดก็ตามที่ความชื้นในดินต่ำกว่าวิกฤติ (Critical Moisture Level หรือ Critical Point) พืชจะดูดน้ำจากดินได้น้อยลง การใช้น้ำของพืชในขบวนการคายระเหยน้ำจะลดลง ซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชลดลงด้วย ดังนั้นในการออกแบบโครงการชลประทานหรือการบริหารจัดการน้ำชลประทาน จึงมีความจำเป็นต้องทราบค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ปลูกในพื้นที่ชลประทาน เพื่อนำข้อมูลไปใช้สนับสนุนในการออกแบบขนาดแหล่งน้ำตลอดจนวางแผนและจัดสรรการส่งน้ำให้พืชได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและมีประโยชน์สูงสุด [9] ปริมาณการใช้น้ำของพืชสามารถคำนวณได้หลายวิธี โดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธี Penman–Monteith ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลลัพธ์แม่นยำกว่าสูตรอื่นที่ผ่านมาในอดีต เนื่องจากวิธี Penman–Monteith ได้รวบรวมองค์ประกอบข้อมูลสภาพภูมิอากาศต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการใช้น้ำของพืชมาใช้ในการคำนวณในสูตรทุกอย่าง อาทิเช่น ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ชั่วโมงแสงแดด เป็นต้น ปริมาณการใช้น้ำของพืชสามารถคำนวณได้โดยการคูณค่าสัมประสิทธิ์ของพืช (Kc) กับค่าปริมาณการใช้น้ำ

ของพืชอ้างอิง (ETo) โดยที่ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงได้จากการคำนวณข้อมูลทางสภาพภูมิอากาศต่างๆ ที่ได้จากสถานีตรวจวัดในท้องถิ่นนั้นๆ [5]

ปัจจุบันการนำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาประยุกต์ใช้ในการประมาณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถบันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ครอบคลุมบริเวณกว้างและสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ตามช่วงเวลาต่างๆ ได้ [4] ในการศึกษาวิจัยที่ผ่านมามีการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในการประมาณค่าปริมาณการใช้น้ำและค่าสัมประสิทธิ์พืชหลากหลายชนิด อาทิเช่น การประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 หลายช่วงเวลา ในการประมาณค่าปริมาณการใช้น้ำของมะเขือเทศคำนวณโดยวิธี Penman – Monteith ในเมืองคาเซอร์ทา ประเทศอิตาลี ในปี 2017 - 2018 โดยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของข้าวโพดกับค่าสัมประสิทธิ์พืช ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย และคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์พืชที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 เพื่อใช้ในการติดตามปริมาณการใช้น้ำของพืชในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตต่อไป [1] และการศึกษาประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของข้าวโพด โดยใช้ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI) จากภาพถ่ายดาวเทียม Terra ระบบ Modis หลายช่วงเวลา พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณตะวันตกตอนกลาง ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI ของข้าวโพดกับค่าสัมประสิทธิ์พืช ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ผลการศึกษาความสัมพันธ์พบว่ามีค่า R-Squared เท่ากับ 0.85 [2] โดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการประมาณค่าปริมาณการใช้น้ำข้าวแบบนาหว่านน้ำตม คำนวณโดยวิธี Penman–Monteith โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI) กับค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยการคูณค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จาก NDVI ของภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ร่วมกับข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ใช้กลุ่มตัวอย่างแปลงนาในการศึกษา 80 ตัวอย่าง โดยศึกษาข้าวนาปรัง ซึ่งเป็นข้าวที่ปลูกนอกฤดูกาลทำนาปกติ ต้องอาศัยน้ำจากแหล่งน้ำระบบชลประทานเป็นหลัก โดยผลการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางการพัฒนาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในการประมาณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชในรูปแบบเชิงพื้นที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนและจัดสรรการส่งน้ำให้พืชได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการและมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ข้าวแบบนาหว่านน้ำตมจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 หลายช่วงเวลา

2.2 เพื่อประมาณค่าปริมาณความการใช้น้ำของข้าวแบบนาหว่านน้ำตมจากค่าสัมประสิทธิ์พืชที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2

3. พื้นที่และข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีพื้นที่ศึกษาบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าวในเขตชลประทานของลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวทั้งหมดโดยประมาณ 1,915,280 ไร่ พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตั้งอยู่ทางตอนกลางของประเทศไทย โดยมีลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำวางตัวตามแนวเหนือ–ใต้อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13° 30′ เหนือถึงเส้นรุ้งที่ 16° 05′ เหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ 99° 30′ ตะวันออกถึงเส้นแวงที่ 101° 00′ ตะวันออก [10] จากการศึกษาเอกสารและรายงานการวิจัยต่างๆ พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำเจ้าพระยา เป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรม และมีการเพาะปลูกพืชข้าวเป็นหลัก โดยพันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกคือข้าว กข. นาหว่านน้ำตม

3.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 เป็นดาวเทียมของหน่วยงานองค์การอวกาศยุโรป (ESA) ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ https://scihub.copernicus.eu ดาวเทียม Sentinel -2 เป็นดาวเทียมคู่แฝด ประกอบด้วย Sentinel-2A และ Sentinel-2B ระบบ Multispectral Instrument (MSI) ความละเอียดเชิงรังสี 12 บิต ความละเอียดเชิงพื้นที่ทางราบ 10x10 เมตร บันทึกภาพบริเวณ T47PPS และ T47PPR มีการบันทึกซ้ำทุกๆ 5 วัน มีระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงแบบ World Geodetic System 1984 (WGS1984) และระบบพิกัดแบบ Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 47 North

3.3 ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ข้าว (Kc)

ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ข้าวแบบนาหว่านน้ำตมเป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำของพืชที่สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทาน โดยส่วนการใช้น้ำชลประทาน กรมชลประทาน ซึ่งสามารถดาวน์โหลดข้อมูลจากเว็บไซต์ http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/iwmd/db/pdf/kc.pdf โดยค่า Kc จะแบ่งตามอายุของพืชรายสัปดาห์ จำนวน 14 สัปดาห์ [8] ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ข้าว (Kc)

สัปดาห์ที่	Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทาน
1	-
2	-
3	0.8
4	1.05
5	1.25
6	1.4
7	1.5
8	1.55
9	1.6
10	1.63

11	1.68
12	1.6
13	1.5
14	1.36
15	1.08
16	0.65

หมายเหตุ สัปดาห์ของนาหว่านน้ำตม หมายถึง สัปดาห์หลังการหว่านข้าวงอกลงสู่แปลงนา

3.4 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo)

ข้อมูลค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) เป็นข้อมูลที่ได้จากส่วนการใช้น้ำชลประทาน กรมชลประทาน ที่ทำการศึกษารวมรวบข้อมูลและคำนวณค่า ETo ไว้ ซึ่งสามารถดาวน์โหลดข้อมูล ETo ได้จากเว็บไซต์ http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/iwmd/db/pdf/ETo_PenMon_2554.pdf โดยข้อมูล ETo เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศทั้งหมดจำนวน 17 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา [7]

4. วิธีการศึกษา

4.1 จัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

จัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 Level-1C โดยทำการดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ของหน่วยงานองค์การอวกาศยุโรป (ESA) https://scihub.copernicus.eu ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูลภาพช่วงคลื่นแสงสีแดง (แบนด์ 4) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 8) ช่วงเวลาบันทึกภาพตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม ปี พ.ศ. 2561 - 2562 จากนั้นทำการปรับเปลี่ยนเป็นค่าสะท้อนชั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศ (TOA reflectance) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ในการปรับเปลี่ยนจากไฟล์เมตาดาต้า (MTD_MSIL1C.xml) ที่ให้มาพร้อมกับผลิตภัณฑ์ Level-1C

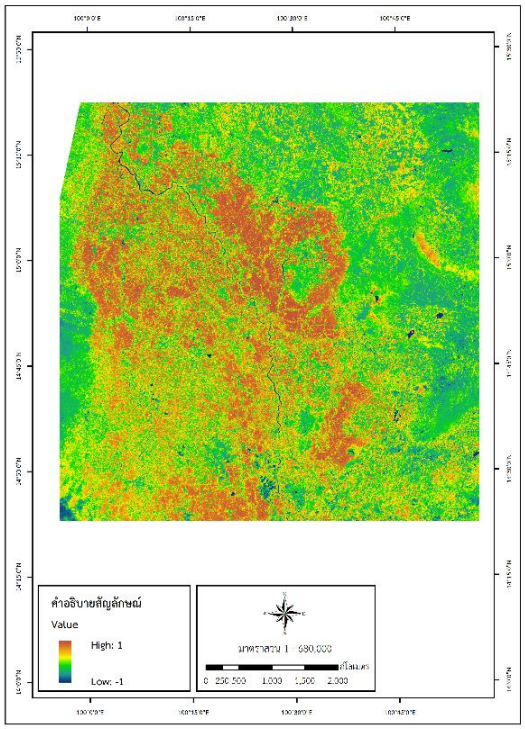
4.2 คำนวณดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI)

การคำนวณดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI) เป็นการนำค่าสะท้อนพื้นผิวที่ผ่านการปรับเปลี่ยนเป็นค่าสะท้อนชั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาคำนวณ โดยใช้ช่วงคลื่นแสงสีแดง (แบนด์ 4) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 8) โดยค่าของดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1 ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

โดยที่ $NDVI$ คือดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ NIR คือค่าการสะท้อนแสงช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ และ RED คือค่าการสะท้อนแสงช่วงคลื่นแสงสีแดง

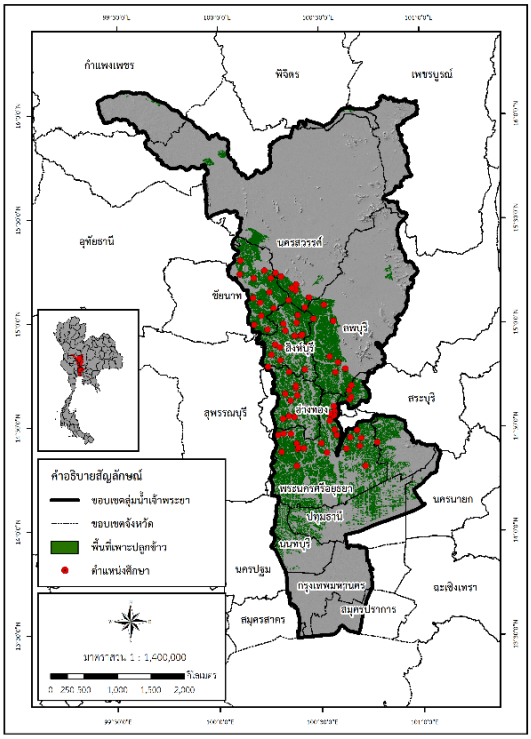
ในบริเวณที่มีพืชพรรณใบเขียวปกคลุมพื้นผิวหนาแน่น ค่า NDVI จะมีค่าที่สูงเข้าใกล้ 1 และบริเวณที่ถูกปกคลุมด้วยพื้นผิวน้ำหรือบริเวณที่ไม่มีพืชพรรณใบเขียวปกคลุมจะมีค่าต่ำเข้าใกล้ 0 หรือต่ำกว่า 0 เนื่องจากมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ต่ำกว่าช่วงแสงสีแดง [6] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI)

4.3 กลุ่มตัวอย่างแปลงนาที่ใช้ศึกษา

ในการการวิจัยครั้งนี้ใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างแปลงนาในการศึกษาทั้งหมด 80 ตัวอย่าง โดยทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) ให้ข้อมูลตัวอย่างมีการกระจายทั่วในพื้นที่เพาะปลูกข้าวในเขตชลประทาน บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยใช้ข้อมูลการลงสำรวจภาคสนามของกรมฝนหลวงและการบินเกษตร ที่ได้ทำการสำรวจพื้นที่เก็บข้อมูลในเดือนพฤษภาคม - กันยายน พ.ศ. 2560 โดยข้อมูลการสำรวจพื้นที่ใช้เพื่อตรวจสอบการจำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนาข้าว สำหรับกำหนดตำแหน่งกลุ่มตัวอย่างแปลงนาที่ใช้ในการศึกษา โดยทำการเก็บค่าพิกัดของพื้นที่แปลงนาและทำการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่เพื่อทราบถึงข้อมูลของแปลงนา ได้แก่ พันธุ์ข้าวที่ปลูก วิธีที่ปลูก โดยกลุ่มตัวอย่างแปลงนา 80 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยพื้นที่แปลงนาละ 5 ไร่ และคิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดโดยประมาณ 400 ไร่ ดังรูปที่ 2

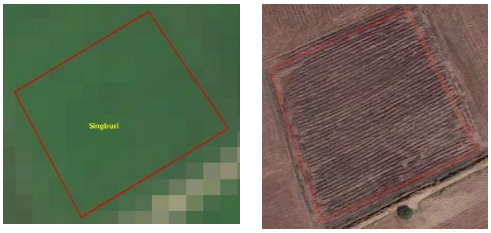


รูปที่ 2 ตำแหน่งกลุ่มตัวอย่างแปลงนาที่ใช้ในการศึกษา 80 ตัวอย่าง

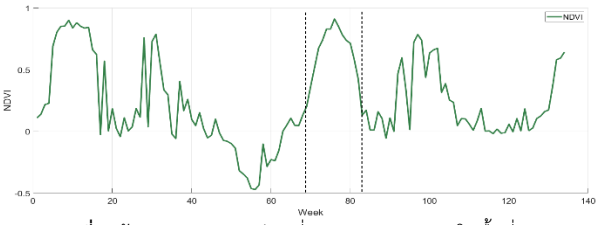
4.4 ข้อมูลอนุกรมเวลา NDVI

นำข้อมูล NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ในแต่ละช่วงเวลาต่างๆ มาสร้างเป็นชุดข้อมูลอนุกรมเวลา โดยใช้ข้อมูล NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ที่บันทึกในช่วงเวลาเดือนมกราคม – ธันวาคม ปี พ.ศ. 2561 – 2562 มาทำการซ้อนทับ (Layer Stacking) จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ย NDVI ของจุดภาพทั้งหมดในพื้นที่แปลงนา ดังรูปที่ 3 ตัวอย่างแปลงนา ขนาดพื้นที่ประมาณ 6 ไร่ ตั้งอยู่ใน อ.เมือง จ.สิงห์บุรี โดยนำข้อมูลค่าเฉลี่ย NDVI ของจุดภาพทั้งหมดในแปลงนา มาแสดงเป็นกราฟตามช่วงเวลา ดังรูปที่ 4 เพื่อใช้แสดงสถานะการเจริญเติบโตของข้าวตลอดฤดูกาลเพาะปลูกในรูปแบบของชีพลักษณ์พืชพรรณ (Vegetation Phenology) เพื่อนำข้อมูลค่าเฉลี่ย NDVI แปลงนาที่ปลูกในช่วงนาปรังตั้งแต่ระยะเริ่มต้นเพาะปลูกจนถึงระยะใกล้เก็บเกี่ยว ทั้ง 14 สัปดาห์ ไปใช้ในการพัฒนาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI กับค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทานต่อไป

จากรายงานการศึกษาวิจัยการประยุกต์ใช้ค่า NDVI สำหรับติดตามการเจริญเติบโตของข้าวที่ผ่านมา พบว่าข้าวในระยะเริ่มต้นเพาะปลูก 20 – 30 วัน มีค่า NDVI อยู่ที่ประมาณ 0 – 0.30 จากนั้นค่า NDVI จะมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับจนถึงระยะเจริญเติบโตเต็มที่ NDVI มีค่า 0.80 ขึ้นไป จากนั้นค่า NDVI จะค่อยๆ มีการลดลงตามลำดับจนถึงระยะเก็บเกี่ยว [3]



รูปที่ 3 ตัวอย่างแปลงนา ที่ตั้งอยู่ใน อ.เมือง จ.สิงห์บุรี



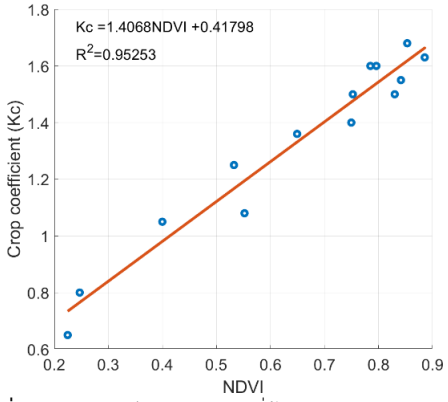
รูปที่ 4 ข้อมูลอนุกรมเวลาค่าเฉลี่ย NDVI ของจุดภาพในพื้นที่แปลงนา

4.5 ค่าสัมประสิทธิ์ข้าว (Kc)

ข้อมูลค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทาน เป็นข้อมูลรายสัปดาห์ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นเพาะปลูกจนถึงระยะใกล้เก็บเกี่ยว จำนวน 14 สัปดาห์ ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่มีความสอดคล้องตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว โดยค่า Kc นั้นจะมีค่าที่ต่ำในระยะเริ่มต้นเพาะปลูกและจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับจนถึงระยะการเจริญเติบโตเต็มที่หลังจากนั้นค่า Kc จะค่อยๆ ลงลดจนถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทานเป็นข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาสมการความสัมพันธ์กับค่า NDVI ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวต่อไป

4.6 การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ข้าว (Kc) กับ NDVI

ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Kc กับค่า NDVI ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่าง โดยที่ค่า Kc คือค่าที่อ้างอิงจากกรมชลประทานและ NDVI คือ ค่าเฉลี่ย NDVI ของจุดภาพทั้งหมดในแปลงนาจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นเพาะปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว จำนวน 14 สัปดาห์ ซึ่งได้จากชุดข้อมูลอนุกรมเวลา NDVI โดยข้อมูลกราฟจะแสดงสถานะการเจริญเติบโตของข้าวตลอดฤดูกาลเพาะปลูก โดยทำการคัดเลือกค่า NDVI ของข้าวที่ปลูกในช่วงนาปรัง ดังรูปที่ 5 ตัวอย่างการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Kc กับค่า NDVI ในพื้นที่แปลงนา 1 แปลงจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 80 ตัวอย่าง ตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี มีระยะเริ่มต้นเพาะปลูกอยู่ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 และมีระยะเก็บเกี่ยวอยู่ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2562



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทานกับค่าเฉลี่ย NDVI ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

4.7 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo)

รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ที่คำนวณตามสูตร Penman–Monteith รายเดือน ตั้งเดือนมกราคมถึงธันวาคม โดยข้อมูล ETo จัดเก็บอยู่ในรูปแบบจุดสถานี ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูล ETo ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา จำนวน 17 สถานี ซึ่งเป็นข้อมูลได้จากส่วนการใช้น้ำชลประทาน กรมชลประทาน ที่ได้ศึกษารวบรวมข้อมูลสภาพอากาศระยะเวลา 30 ปี ระหว่าง พ.ศ.2524 – 2553 และทำการคำนวณค่า ETo ไว้มาตรฐานตามคู่มือ FAO-56 ดังแสดงในสมการที่ (2)

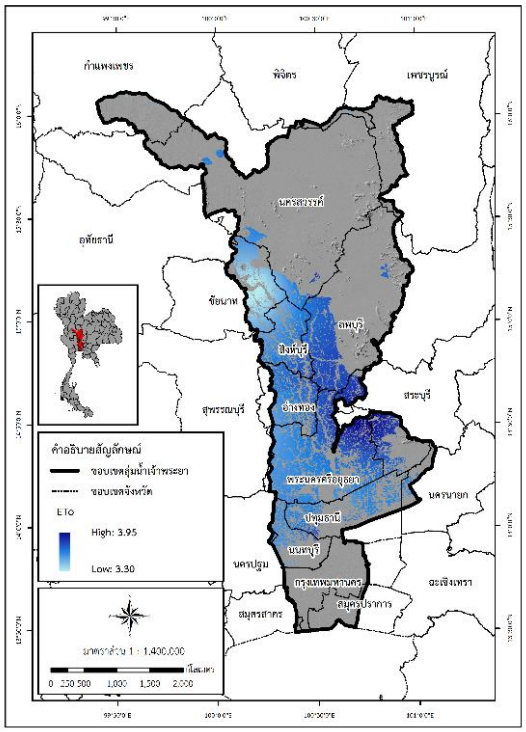
$$ETo = \frac{0.408\Delta(R_n-G)+\gamma\frac{900}{T+273}U_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0.34U_2)} \quad (2)$$

โดยที่ ETo คือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง R_n คือพลังงานการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่สุทธิที่พื้นผิว G คือพลังงานความร้อนที่ถ่ายลงดิน T คืออุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย Δ คือความชันของโค้งความดันไอน้ำอิ่มตัว γ คือค่าคงที่ของเทอมความชื้น U_2 คือความเร็วลมที่ระดับความสูง 2 เมตรจากผิวดิน และ e_s-e_a คือผลต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัวกับความดันไอน้ำจริงในอากาศ

จากนั้นนำข้อมูล ETo ทั้งหมด 17 สถานี มาทำการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Inverse Distance Weight (IDW) ในแต่ละเดือนทั้ง 12 เดือน ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในสมการที่ (3) โดยจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบจุดภาพ (Raster) กำหนดความละเอียดของจุดภาพทางราบเท่ากับขนาดของจุดภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 คือ 10 x 10 เมตร ดังรูปที่ 6 ตัวอย่างการปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) เดือนมกราคม

$$Z_p = \frac{\Sigma_{i=1}^{n}\left(\frac{z_i}{d_{ip}}\right)}{\Sigma_{i=1}^{n}\left(\frac{1}{d_{ip}}\right)} \quad (3)$$

โดยที่ Z_p คือจุดที่ไม่ทราบค่า Z_i คือค่าของจุดที่ทราบค่า d_{ip} คือระยะทางจากจุดที่ทราบค่าไปยังจุดไม่ทราบค่า และ n คือเลขกำลัง



รูปที่ 6 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) เดือนมกราคม

4.8 ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET)

การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชจะทำการคำนวณค่า ET ของแปลงนาทีละแปลงแล้วจึงนำไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยค่า ET สามารถคำนวณโดยการคูณค่า Kc ตามช่วงการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละสัปดาห์กับค่า ETo ของพื้นที่เพาะปลูกพืชในช่วงเวลานั้นๆ โดยที่ Kc เป็นค่าที่ได้จากการพัฒนาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมกับค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทาน และ ETo ที่คำนวณตามสูตร Panman–Monteith และผ่านการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยวิธี IDW แล้ว ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$ET = Kc\ x\ ETo \quad (4)$$

โดยที่ ET คือปริมาณการใช้น้ำของพืช Kc คือค่าสัมประสิทธิ์ของพืช และ ETo คือค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

4.9 การตรวจสอบความถูกต้อง

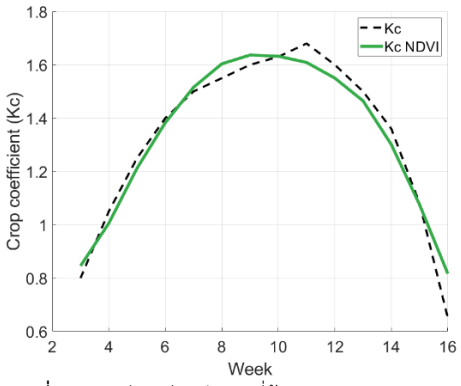
การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ใช้วิธีการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทานกับค่าเฉลี่ย Kc ที่ได้จาก NDVI ของกลุ่มตัวอย่างแปลงนาทั้ง 80 ตัวอย่างและเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ET ที่คำนวณโดยใช้ค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทานกับค่าเฉลี่ย ET ที่คำนวณโดยใช้ค่า Kc ที่ได้จาก NDVI ของกลุ่มตัวอย่างแปลงนาทั้ง 80 ตัวอย่าง

และทำการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนทางสถิติ โดยใช้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE) เพื่อประเมินความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์

5. ผลการศึกษา

5.1 ค่าสัมประสิทธิ์ข้าว (Kc)

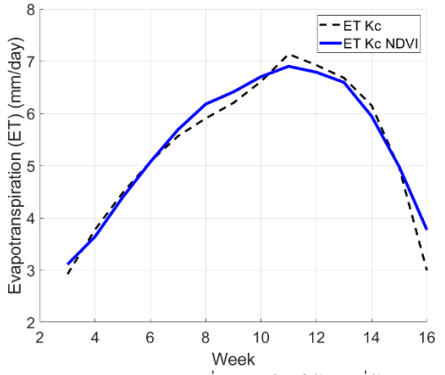
ผลการศึกษาความสัมพันธ์ค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทานกับค่าเฉลี่ย Kc ที่ได้จาก NDVI ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย จากกลุ่มตัวอย่างแปลงนาทั้งหมด 80 ตัวอย่าง พบว่าความสัมพันธ์ส่วนใหญ่มีค่า R-Squared อยู่ในช่วง 0.80 – 0.97 ดังรูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Kc ที่ได้จาก NDVI ของกลุ่มตัวอย่างแปลงนา 80 ตัวอย่างกับค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทาน ในแต่ละสัปดาห์ โดยค่าเฉลี่ย Kc ที่ได้จาก NDVI มีค่าต่ำสุด 0.8162 ค่าสูงสุด 1.6366 และค่าเฉลี่ย 1.3321



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทานกับค่า Kc ที่ได้จาก NDVI

5.2 ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET)

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้น้ำของข้าวแบบนาหว่านน้ำตมของกลุ่มตัวอย่างแปลงนาทั้ง 80 ตัวอย่าง ดังรูปที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้น้ำของข้าวที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่ได้จาก NDVI กับที่คำนวณโดยใช้ Kc อ้างอิงจากกรมชลประทาน โดยผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้น้ำของข้าวแบบนาหว่านน้ำตม ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่ได้จาก NDVI มีค่าต่ำสุด 3.1079 มม./วัน ค่าสูงสุด 6.9011 มม./วัน และมีค่าเฉลี่ย 5.4411 มม./วัน



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบค่า ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทานกับค่า ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่ได้จาก NDVI

5.3 ผลการตรวจสอบความถูกต้อง

ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทานกับค่าเฉลี่ย Kc ที่ได้จาก NDVI ของกลุ่มตัวอย่างแปลงนาทั้ง 80 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 2 และผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทานกับค่าเฉลี่ย ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่ได้จาก NDVI ของกลุ่มตัวอย่างแปลงนาทั้ง 80 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 3 และผลการคำนวณค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทานและค่า Kc ที่ได้จาก NDVI

สัปดาห์ที่	Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทาน	Kc ที่ได้จาก NDVI	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (ร้อยละ)
3	0.80	0.85	5.54
4	1.05	1.01	4.32
5	1.25	1.21	3.08
6	1.40	1.38	1.23
7	1.50	1.52	1.04
8	1.55	1.60	3.40
9	1.60	1.64	2.26
10	1.63	1.63	0.13
11	1.68	1.61	4.33
12	1.60	1.55	3.17
13	1.50	1.46	2.39
14	1.36	1.30	4.45
15	1.08	1.08	0.44
16	0.65	0.82	22.67

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทานกับค่า ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่ได้จาก NDVI

สัปดาห์ที่	ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทาน	ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่ได้จาก NDVI	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (ร้อยละ)
3	2.29	3.11	6.20
4	3.78	3.64	3.61
5	4.48	4.40	1.93
6	5.08	5.07	0.13
7	5.57	5.69	2.20
8	5.90	6.18	4.52
9	6.20	6.41	3.34
10	6.61	6.70	1.39
11	7.13	6.90	3.32
12	6.92	6.79	1.98
13	6.68	6.59	1.30

14	6.15	5.95	3.40
15	4.95	4.98	0.46
สัปดาห์ที่	ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทาน	ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่ได้จาก NDVI	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (ร้อยละ)
16	3.00	3.77	22.93

ตารางที่ 4 ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE)

ข้อมูล	RMSE
Kc ที่ได้จาก NDVI	0.06
ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่ได้จาก NDVI	0.26

6. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

ผลจากการศึกษา พบว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่า Kc ที่ได้จาก NDVI ของภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 กับค่า Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทาน และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่า ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่ได้จาก NDVI กับค่า ET ที่คำนวณโดยใช้ Kc ที่อ้างอิงจากกรมชลประทาน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ รวมถึงผลการคำนวณค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับที่ต่ำเข้าใกล้ศูนย์แสดงถึงความแม่นยำในการใช้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับการติดตามปริมาณการใช้น้ำของพืชในรูปแบบเชิงพื้นที่ โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากข้อจำกัดด้านสภาพอากาศในการบันทึกข้อมูลช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 เมื่อชั้นบรรยากาศถูกปกคลุมด้วยเมฆหรือหมอกจึงส่งผลให้ข้อมูลมีความแปรปรวนเกิดขึ้น

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการประมาณค่าปริมาณการใช้น้ำของข้าวแบบนาหว่านน้ำตม ในช่วงการปลูกข้าวนาปรังเท่านั้น ซึ่งเป็นการทำนอกฤดูกาล ยังสามารถศึกษาเพิ่มเติมในช่วงการปลูกข้าวนาปีต่อไป เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการใช้น้ำของข้าวครอบคลุมตลอดฤดูกาลเพาะปลูกทั้งนาปรังและนาปี

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร.ธงทิศ ฉายากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ให้ความกรุณาให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำเสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งการทำวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในโอกาสที่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงเจริญพระชนมายุ 60 พรรษา

ขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านข้อมูลที่ใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้สิ่งที่ดีดี ความห่วงใย การสนับสนุนและโอกาสที่ดีทางการศึกษากับผู้วิจัยมาโดยตลอด และประโยชน์แห่งวิทยานิพนธ์นี้มอบแด่บุพการี คณาจารย์และทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำวิทยานิพนธ์

เอกสารอ้างอิง

[1] Dalla Marta, A., Chirico, G. B., Falanga Bolognesi, S., Mancini, M., D'Urso, G., Orlandini, S., . . . Altobelli, F. (2019). Integrating Sentinel-2 Imagery with AquaCrop for Dynamic Assessment of Tomato Water Requirements in Southern Italy. Agronomy, 9(7).

[2] Kamble, B., Kilic, A., & Hubbard, K. (2013). Estimating Crop Coefficients Using Remote Sensing-Based Vegetation Index. Remote Sensing, 5(4), 1588-1602. doi:10.3390/rs5041588.

[3] Mauricio Gonzalez Betancourt, & Zaira Liceth Mayorga-Ruíz. (2018). Normalized difference vegetation index for rice management in El Espinal, Colombia. Dyna, 85(205), 47-56. doi:10.15446/dyna.v85n205.69516

[4] Reyes-González, A., Kjaersgaard, J., Trooien, T., Hay, C., & Ahiablame, L. (2018). Estimation of Crop Evapotranspiration Using Satellite Remote Sensing-Based Vegetation Index. Advances in Meteorology, 2018, 1-12.

[5] Richard G Allen, L. S. Pereira, D. Raes, & Smith, M. (1998). FAO Irrigation and drainage paper No. 56.

[6] Rouse, J. W., Jr.., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. NASA Special Publication, 351, 309.

[7] กรมชลประทาน. (2554). ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธีของ Penman – Monteith.

[8] กรมชลประทาน. (2555). ค่าสัมประสิทธิ์พืชโดยวิธี Penman – Monteith.

[9] วราวุธ วุฒิวณิชย์ และพีระชาติ อุดาการ. (2546). การศึกษาหาค่าปริมาณการใช้น้ำและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของงุ่น. วิศวกรรมสารมก, 54-65.

[10] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. (2555). โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ.