โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 6/2562

เรื่อง

การประยุกต์ IrriSAT เพื่อวางแผนในการจัดส่งน้ำชลประทาน ในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน

Application of IrriSAT for Water Delivery Planning of Phanom Thuan Operation and Maintenance Project

โดย

นางสาวจีระนันท์ ห้วยหงส์ทอง

นางสาวชนัตถ์นิธิป เอกธนินท์ธร

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พุทธศักราช 2562

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เรื่อง การประยุกต์ IrriSAT เพื่อวางแผนในการจัดส่งน้ำชลประทาน
ในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน
Application of IrriSAT for Water Delivery Planning of
Phanom Thuan Operation and Maintenance Project

นามผู้ทำโครงงาน นางสาวจีระนันท์ ห้วยหงษ์ทอง
นางสาวชนัตถ์นิธิป เอกธนินท์ธร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....
(อ.ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์)
...../...../.....

กรรมการ .....
(ผศ.ดร.วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ)
...../...../.....

กรรมการ .....
(อ.ดร.เกศวรา สิทธิโชค)
...../...../.....

บทคัดย่อ

เรื่อง การประยุกต์ IrriSAT เพื่อวางแผนในการจัดส่งน้ำชลประทาน
ในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน

โดย นางสาวจีระนันท์ ห้วยหงษ์ทอง
นางสาวชนัตถ์นิธิป เอกธนินท์ธร

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

.....
(อ.ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์)
...../...../.....

การคำนวณความต้องการน้ำพืชในพื้นที่โครงการชลประทานโดยทั่วไปจะกำหนดชนิดพืชและปฏิทินการเพาะปลูกเพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Kc) และปริมาณการใช้น้ำพืช อย่างไรก็ตามหากมีการเปลี่ยนแปลงการเพาะปลูกที่ไม่เป็นไปตามปฏิทินการเพาะปลูกจะทำให้การคำนวณปริมาณน้ำชลประทานที่จัดส่งให้กับพื้นที่เพาะปลูกไม่สัมพันธ์กับความต้องการน้ำ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางการใช้ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจากระบบ IrriSAT (ระบบติดตามการใช้น้ำพืชบนเว็บ) ซึ่งได้มาจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ปรับให้เป็นปัจจุบัน โดยนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการปรับเรียบด้วยตัวกรองโดยวิธี Savitzky-Golay และทำการปรับเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืชของกรมชลประทาน โดยเลือกพืชที่ศึกษา 2 ชนิด คือ ข้าว กข. และ อ้อย และเลือกพื้นที่ศึกษา 2 พื้นที่ ได้แก่ คลองส่งน้ำ 2ขวา-1ซ้าย และคลองส่งน้ำ 4ขวา-2ซ้าย โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน จากนั้นคำนวณปริมาณความต้องการน้ำพืชเพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ส่งเข้าในพื้นที่ศึกษา

ผลการศึกษาพบว่าการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืชอยู่ในรูปสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย
สำหรับ ข้าว กข. มีรูปสมการคือ $Kc_{adjust} = (1.59\ Kc_{IrriSAT}) + 0.33$
สำหรับ อ้อย มีรูปสมการคือ $Kc_{adjust} = (1.94\ Kc_{IrriSAT}) - 0.12$

เมื่อคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพื้นที่ปลูกข้าวโดยใช้ข้อมูลปรับแก้จาก IrriSAT พบว่ามีปริมาณมากกว่าปริมาณน้ำที่โครงการฯ จัดส่งให้ ในขณะที่ปริมาณน้ำที่โครงการฯ จัดส่งให้พื้นที่ปลูกอ้อยมีปริมาณมากกว่าความต้องการน้ำที่คำนวณโดยใช้ข้อมูลปรับแก้จาก IrriSAT ดังนั้นจะเห็นว่าระบบ IrriSAT เป็นระบบที่มีศักยภาพในการช่วยปรับปรุงการส่งน้ำชลประทานให้ตรงกับความต้องการของพืชได้

ABSTRACT

Title : Application of IrriSAT for Water Delivery Planning of Phanom Thuan Operation and Maintenance Project

By : Miss Jeeranan Huayhongthong

Miss Chanutnitip Eaktanintorn

Project Advisor:

.....

(Mr. Chuphan Chompuchan)

...../...../.....

To estimate crop water requirement for the irrigation scheme, crop types and cropping calendar should be assigned to determine crop coefficient (Kc) and crop evapotranspiration. However, the underestimation and/or overestimation of irrigation water delivery could be occurred due to the changes in cultivation that do not conform to cropping calendar. This research introduced Kc from IrriSAT (a web-based system to monitor crop water use), which is derived from the updated satellite remote sensing data. Kc values were smoothed using Savitzky-Golay filter. Then, the smoothed Kc were calibrated with Kc of lowland irrigated rice and sugarcane, which are proposed by Royal Irrigation Department. Study areas of 2R-1L canal and 4R-2L canal of Phanom Thuan Operation and Maintenance Project were selected to study crop water requirement comparing with irrigation water delivery.

The results showed that the adjust crop coefficients are the simple linear regression equations as follow:

lowland irrigated rice: $Kc_{adjust} = (1.59Kc_{IrriSAT}) + 0.33$

sugarcane: $Kc_{adjust} = (1.94Kc_{IrriSAT}) - 0.12$.

It was found that crop water requirement of rice plantation using Kc_{adjust} is greater than the irrigation water delivered by the project, whereas irrigation water delivered to sugarcane plantation is greater than crop water requirement using Kc_{adjust}. Therefore, IrriSAT has the potential to improve irrigation water delivery correspond to crop water requirement.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาอย่างมากจากหลายท่าน ข้าพเจ้าขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน รวมถึง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ และ อาจารย์ ดร.เกศวรา สิทธิโชค กรรมการ ที่ได้ให้แนะนำและข้อคิดเห็นเพื่อให้โครงงานวิจัยเล่มนี้มีความสมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน โดยเฉพาะนายอุดมเดช เรืองสกุล หัวหน้าฝ่ายจัดสรรน้ำและปรับปรุงระบบชลประทาน นางสาวศจีรัตน์ แก้วสว่าง หัวหน้าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 และนายปกรณ์ หอมโชติ พนักงานพิมพ์ ที่กรุณาจัดหาและรวบรวมข้อมูลของโครงการด้านต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ศึกษา จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ประโยชน์อันพึงได้รับจากโครงงานวิจัยเล่มนี้ ขอมอบให้แด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงงานวิจัยฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์และแนวทางในการนำไปปรับใช้กับการจัดการน้ำชลประทานต่อไป

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ III
ABSTRACT IV
กิตติกรรมประกาศ V
สารบัญ VI
สารบัญภาพ VIII
สารบัญตาราง IX
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ X
1. บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 2
2.1 การคำนวนความต้องการน้ำชลประทาน 2
2.2 ระบบติดตามการใช้น้ำพืชบนเว็บ (IRRISAT) 4
2.3 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 6
2.4 การปรับกรองข้อมูลโดยวิธี SAVITZKY-GOLAY FILTER 7
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
3. วิธีการดำเนินการ 11
3.1 พื้นที่ศึกษา 11
3.2 การเตรียมข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช 11
3.3 การเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำที่จัดส่งให้พื้นที่เพาะปลูกจริง 12
3.4 การปรับกรองค่า KC โดยวิธี SAVITZKY-GOLAY 13
4. ผลการดำเนินงานและวิจารณ์ผล 16
4.1 สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC IRRISAT กับ KC RID 16
4.2 ปริมาณการใช้น้ำของพืช 17
4.3 ความต้องการน้ำชลประทาน 18
4.4 วิจารณ์ผล 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 24
5.1 สรุปผล 24
5.2 ข้อเสนอแนะ 25
บรรณานุกรม 26
ภาคผนวก 28
ประวัตินิสิต 31

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 การกำหนดกรอบพื้นที่ใน IRRISAT 5
รูปที่ 2 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (KC) จาก IRRISAT 5
รูปที่ 3 ปริมาณการใช้น้ำพืช (ETC) จาก IRRISAT 6
รูปที่ 4 ความยาวคลื่นและช่วงความถี่ของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าและการกระจายการสะท้อนแสงของพืชสีเขียว เปรียบเทียบกับดินและน้ำในช่วง VISIBLE, NEAR –INFRARED กับ MID -INFRARED 7
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของการให้น้ำชลประทานตั้งแต่วันเริ่มต้นการเพาะปลูกจนถึงวันเก็บเกี่ยว 9
รูปที่ 6 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำชลประทานโดยวิธีให้น้ำแบบปกติ (A) และวิธีให้น้ำโดยโปรแกรม IRRISAT (B) 10
รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง KC RID กับ KC IRRISAT 10
รูปที่ 8 พื้นที่ศึกษา 11
รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจากระบบ IRRISAT 13
รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง KC RID กับ KC 16
รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของพืชกับปริมาณน้ำที่โครงการฯจัดส่งให้จริง (หน่วย: ลูกบาศ์กเมตร) 21
รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความต้องการน้ำชลประทานของพืชกับอัตราการส่งน้ำของโครงการฯ (หน่วย: ลูกบาศ์กเมตร/วินาที) 22

ภาคผนวก ก

รูปผนวกที่ ก1 แผนที่แสดงที่ตั้งโครงการ 29
รูปผนวกที่ ก2 แผนที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน 30

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ขนาดหน้าต่างและค่าถ่วงน้ำหนัก....8
ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืชของข้าว กข. 12
ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืชของอ้อย 12
ตารางที่ 4 รายงานการใช้น้ำรายวันของคลอง 2ขวา-1ซ้าย (ลบ.ม./ วินาที).... 12
ตารางที่ 5 รายงานการใช้น้ำรายวันของคลอง 4ขวา-2ซ้าย (ลบ.ม./ วินาที).... 13
ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวที่ได้จากระบบ IRRISAT และสมการตัวกรอง SAVITZKY-GOLAY.... 14
ตารางที่ 7 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยที่ได้จากระบบ IRRISAT และสมการตัวกรอง SAVITZKY-GOLAY 15
ตารางที่ 8 ปริมาณการใช้น้ำของข้าว กข.... 17
ตารางที่ 9 ปริมาณการใช้น้ำของอ้อย.... 17
ตารางที่ 10 ปริมาณความต้องการน้ำของข้าว กข. 19
ตารางที่ 11 ปริมาณความต้องการน้ำของอ้อย 20

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ให้อธิบายสัญลักษณ์และคำย่อตามรูปแบบดังนี้

ETc	=	ปริมาณการใช้น้ำของพืช
ETo	=	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง
Kc	=	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช
NDVI	=	ค่าดัชนีพืชพรรณจากพืช
NIR	=	ช่วงคลื่นรังสีอินฟาเรดใกล้
FAO	=	องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ
WMO	=	องค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก
Epan	=	ปริมาณการระเหยจากถาดวัด
IWR	=	ความต้องการน้ำชลประทานของพืช
Re	=	ฝนใช้การ
P	=	อัตราการรั่วซึม
Ei	=	ประสิทธิภาพการชลประทาน
Eb	=	ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ
R	=	ช่วงคลื่นแสงตามองเห็นสีแดง
Rn	=	รังสีสุทธิที่ต้นพืชได้รับ
G	=	flux ค่าความร้อนของพื้นดิน
T	=	อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย
U_2	=	ความเร็วลมที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 2 เมตร
es	=	ความดันไอน้ำอิ่มตัว
ea	=	ความดันไอน้ำ
Δ	=	ความลาดเทของเส้น curve แรงดันไอ
γ	=	ค่าคงที่ของ psychrometric

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน ตั้งอยู่ในพื้นที่ อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี หน้าที่หลักของโครงการฯ คือ การส่งน้ำเพื่อการเพาะปลูก โดยมีพื้นที่โครงการทั้งหมด 334,563 ไร่ และเป็นพื้นที่ชลประทาน 252,250 ไร่ โดยทางโครงการฯ ได้มีการกำหนดปฏิทินการเพาะปลูกพืชไว้เพื่อกำหนดเวลาและปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูก ทั้งนี้ การคำนวณความต้องการน้ำพืชจะต้องกำหนดชนิดพืชและช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืชเพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Kc) แต่หากเกษตรกรในพื้นที่ไม่ได้เพาะปลูกพืชตามปฏิทินที่กำหนดหรือมีการเปลี่ยนแปลงชนิดพืชที่ปลูกโดยไม่มีการสำรวจจัดเก็บข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน จะทำให้โครงการฯ ประสบปัญหาในการคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน ดังนั้น การคำนวณความต้องการน้ำชลประทานโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับในพื้นที่ชลประทาน

ปัจจุบันมีการพัฒนาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณ (vegetation index) จากภาพถ่ายดาวเทียมกับค่า Kc โดยมีสมมติฐานว่าค่า Kc เป็นค่าที่ผันแปรตามช่วงระยะการเจริญเติบโตของพืชซึ่งจะสัมพันธ์กับสัดส่วนของใบพืชที่ปกคลุมดิน (fraction vegetation cover) และดัชนีพืชพรรณ (Allen et al.,2005 ; Trout and Johnson, 2007) ในที่นี้ แพลตฟอร์มออนไลน์ IrriSAT ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อสนับสนุนการคำนวณความต้องการน้ำพืช โดยจะแสดงผลการคำนวณค่า Kc จากดัชนีพืชพรรณ รวมทั้งสามารถใช้ค่าการพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ล่วงหน้าและกำหนดการให้น้ำชลประทานได้ ดังนั้น IrriSAT จึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประเมินความต้องการน้ำพืชในพื้นที่โครงการฯ ได้ โดยมีจุดเด่นคือสามารถเลือกครอบคลุมพื้นที่ที่สนใจได้เป็นบริเวณกว้างและให้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากค่า Kc เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญและมีความแตกต่างไปตามชนิดของพืชและภูมิภาค โดยโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวนมีพืชหลักสองชนิดได้แก่ ข้าว และอ้อย ในขณะที่ IrriSAT ได้พัฒนาโดยใช้ค่า Kc กับชนิดพืชสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างจากประเทศไทย ดังนั้นเพื่อเพิ่มความแม่นยำของผลการประเมินค่า Kc ที่ได้จาก IrriSAT จึงควรมีการพัฒนาหาสมการในการปรับแก้ค่า Kc จาก IrriSAT ให้เหมาะสมกับพื้นที่โครงการฯ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า Kc ที่ได้จาก IrriSAT กับค่า Kc ของกรมชลประทานของข้าวและอ้อยในพื้นที่ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน
2. เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำที่โครงการฯ จัดส่งให้พื้นที่ชลประทานกับข้อมูลความต้องการน้ำที่คำนวณโดยใช้ IrriSAT

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ขอบเขตพื้นที่ศึกษาบริเวณคลองส่งน้ำ 2ขวา-1ซ้าย และคลองส่งน้ำ 4ขวา-2ซ้าย โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน โดยศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืชเฉพาะข้าว กข. และอ้อย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การคำนวนความต้องการน้ำชลประทาน

2.1.1 ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc)

การใช้น้ำของพืช (consumptive use) หมายถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียจากแปลงเพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ซึ่งสามารถแบ่งช่องทางของการสูญเสียนี้ได้ออกเป็น 2 ส่วน คือปริมาณน้ำที่พืชดูดขึ้นไปจากดินเพื่อนำไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อ แล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ เรียกว่าการคายน้ำ และปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากผิวดินที่บริเวณรอบ ๆ ต้นพืชและเขตราก เรียกว่าการระเหย (วิบูลย์, 2526) โดยปริมาณน้ำทั้งสองส่วนสามารถเรียกรวมกันว่า ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration, ETc) โดยทั่วไปนิยมคิดในรูปแบบความลึกของน้ำที่พืชต้องการ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวัน หรือคิดเป็นปริมาตรน้ำทั้งหมดที่พืชต้องการในแต่ละวันมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร โดยปริมาณการใช้น้ำของพืชจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่เพาะปลูกคุณลักษณะของดิน และสภาพแวดล้อมที่ทำการเพาะปลูกพืช โดยนิยมคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$ETc = Kc \times ETo \quad (1)$$

เมื่อ ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน)
Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช
ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน)

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc) และ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (reference crop evapotranspiration : ETo) ภายใต้สภาวะที่พืชมีความสมบูรณ์ปราศจากโรคและแมลงศัตรูพืช มีธาตุอาหารและความชื้นในดินที่เหมาะสมซึ่งทำให้พืชมีศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่ (Allen et al.,1998) ทั้งนี้ กรมชลประทานมีหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการวางแผนศึกษาวิจัยทดลอง เพื่อหาความต้องการใช้น้ำของพืชเศรษฐกิจหลักที่ปลูกในเขตพื้นที่ชลประทานทั่วประเทศ ดังนั้นจึงมีข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Kc) ตามช่วงของการเจริญเติบโตหรือตลอดการเพาะปลูกพืช ซึ่งสามารถนำมาใช้คำนวณความต้องการน้ำพืชได้

2.1.2 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo)

ข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืช (ETc) ที่ปลูกอยู่ในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศแตกต่างไปจากสถานที่ที่ใช้ศึกษาทดลอง จำเป็นที่จะต้องมีการปรับแก้ค่าให้ถูกต้องและเหมาะสมกับพื้นที่นั้น ๆ ดังนั้น จึงควรจะต้องทำการคำนวณหาค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ของสถานที่ที่นำไปใช้เสียก่อน ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีการของ Penman Monteith ปัจจุบันถือว่าเป็นวิธีการที่องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and

Agriculture Organization of the United Nations : FAO) ให้การยอมรับ และแนะนำให้ใช้เพราะเป็นวิธีการประเมินค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับความต้องการใช้น้ำของพืชจริงมากที่สุด

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นกับความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศรอบข้าง ได้แก่ การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ความเร็วลม ความยาวนานของชั่วโมงแสงแดดเฉลี่ย ดังสมการต่อไปนี้

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

เมื่อ ETo = การใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน)

Rn = รังสีสุทธิที่ต้นพืชได้รับ (เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน)

G = flux ค่าความร้อนของพื้นดิน (เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน)

T = อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)

U_2 = ความเร็วลมที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 2 เมตร (เมตรต่อวินาที)

e_s = ความดันไอน้ำอิ่มตัว (กิโลปาสคาล)

e_a = ความดันไอน้ำ (กิโลปาสคาล)

Δ = ความลาดเทของเส้น curve แรงดันไอ (กิโลปาสคาลต่อองศาเซลเซียส)

γ = ค่าคงที่ของ psychrometric (กิโลปาสคาลต่อองศาเซลเซียส)

$e_s - e_a$ = ค่าความต่างของแรงดันไอ (กิโลปาสคาล)

900 = factor ปรับแก้

2.1.3 ความต้องการน้ำชลประทาน

ความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation Water Requirement : IWR) หมายถึง ปริมาณน้ำที่พืชต้องการนำไปใช้ได้อย่างเพียงพอหรือปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องส่งให้กับพื้นที่เพาะปลูกสุทธิจากการรวมค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชกับปริมาณน้ำที่สูญเสียไปอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และหักออกด้วยปริมาณฝนใช้การ (ดิเรก, 2526) ดังสมการต่อไปนี้

$$IWR = \frac{ETc-Re+P}{E_i} \quad (3)$$

เมื่อ IWR = ความต้องการน้ำชลประทาน (มิลลิเมตรต่อวัน)

ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน)

Re = ปริมาณฝนใช้การ (มิลลิเมตรต่อวัน)

P = ปริมาณน้ำที่รั่วซึมผ่านผิวดิน (มิลลิเมตรต่อวัน)

Ei = ประสิทธิภาพการชลประทาน

ปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall : Re) หมายถึง ปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูกแล้วพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือนำไปทดแทนน้ำชลประทานที่ต้องส่งให้แก่พืช ซึ่งปริมาณฝนส่วนนี้จะช่วยลดปริมาณความต้องการน้ำชลประทานได้ โดยปริมาณฝนใช้การนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพแวดล้อมหลายอย่างเช่น ความชื้นในดิน อัตราการรั่วซึมของน้ำเข้าไปในดิน ความสามารถอุ้มน้ำของดินในเขตรากพืชปริมาณฝนที่ตก ชนิดและปริมาณการใช้น้ำของพืช (ฉลอง, 2538)

ปริมาณน้ำที่รั่วซึมผ่านผิวดิน (Percolation loss : P) หมายถึง การสูญเสียน้ำโดยการซึมลงในดินโดยเป็นการสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ และจะต้องรวมอยู่ในความต้องการใช้น้ำของพืช กรมชลประทาน ได้มีการกำหนด ปริมาณการรั่วซึมสำหรับแปลงเพาะปลูกข้าวไว้เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวัน และสำหรับพืชไร่ไม่มีปริมาณการรั่วซึม

ประสิทธิภาพของการชลประทาน (Irrigation Efficiency : Ei) หมายถึง ประสิทธิภาพของระบบคลองส่งน้ำตั้งแต่จุดที่เริ่มต้นส่งน้ำจนถึงพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์แสดงให้เห็นถึงสมรรถภาพของโครงการชลประทาน (คู่มือการคำนวณหาประสิทธิภาพการชลประทาน กรมชลประทาน, 2554) สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

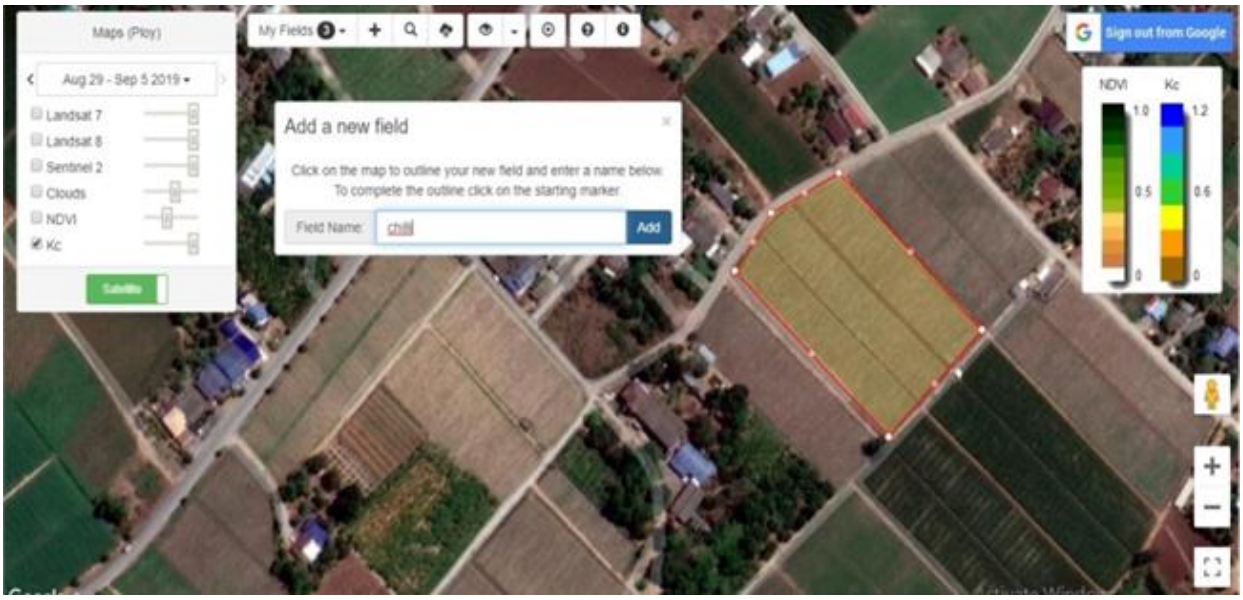
$$E_i = \frac{IWR}{IWR_{all}} \times 100 \qquad (4)$$

เมื่อ Ei = ประสิทธิภาพการชลประทาน (%)
IWR = ปริมาณน้ำสุทธิที่พืชต้องการ (มิลลิเมตรต่อวัน)
IWR_{all} = ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ส่งให้แก่พืช (มิลลิเมตรต่อวัน)

2.2 ระบบติดตามการใช้น้ำพืชบนเว็บ (IrriSAT)

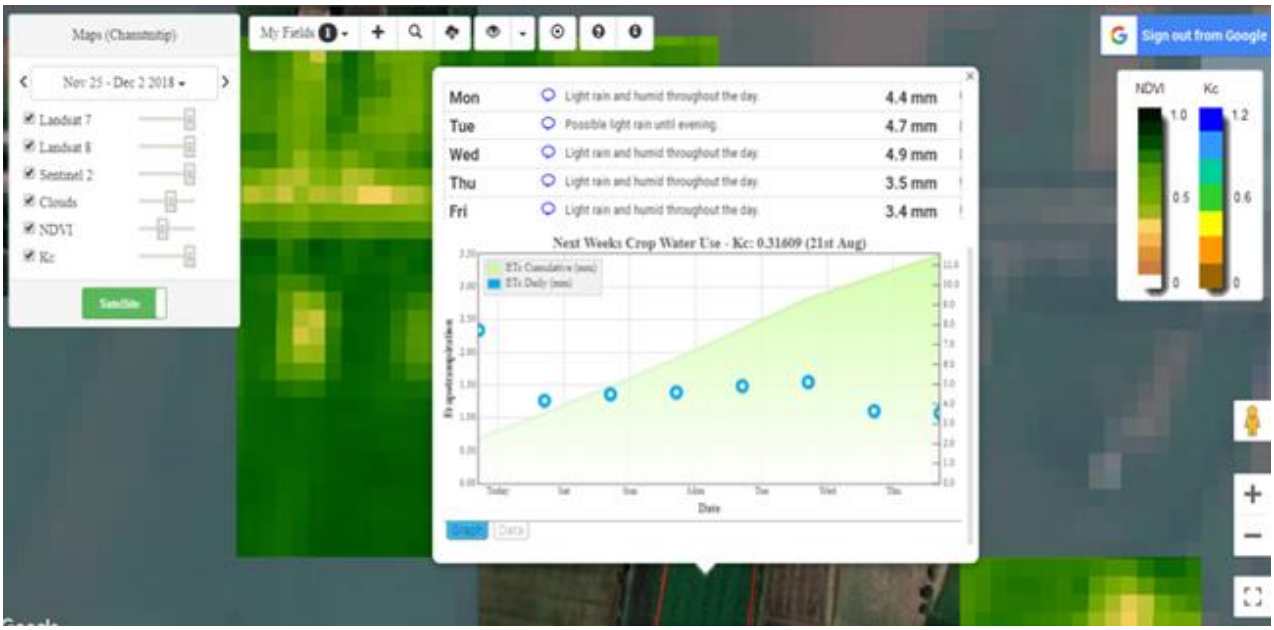
ระบบติดตามการใช้น้ำพืชบนเว็บ (IrriSAT) เป็นแพลตฟอร์มแบบออนไลน์สามารถเข้าใช้งานได้ที่ URL https://irrisat-cloud.appspot.com โดยระบบดังกล่าวจะใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมดาวเทียม Landsat 7, 8 และ Sentinel 2 เพื่อคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน ผู้ใช้งานสามารถล็อคอินผ่าน Google Account เพื่อใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ระบบ IrriSAT ใช้อินเทอเฟซภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Map เป็น Base Map ผู้ใช้งานสามารถทำการกำหนดพื้นที่โดยการสร้างกรอบพื้นที่ที่สนใจในระบบ IrriSAT ได้โดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 1 รวมทั้งสามารถอัพโหลดไฟล์พื้นที่ในรูปแบบไฟล์ KML ได้ ระบบ IrriSAT จะคำนวณสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) และปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc) ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3 ตามลำดับ

ข้อมูลที่ได้จาก IrriSAT จะมีความเป็นปัจจุบันและมีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง โดยดาวเทียม Landsat 7 และ 8 จะโคจรมาบันทึกภาพซ้ำในพื้นที่ตำแหน่งเดิมทุก ๆ 16 วัน โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) 30×30 เมตร ส่วนดาวเทียม Sentinel 2 จะบันทึกภาพที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ 10×10 เมตร และบันทึกภาพทุก ๆ 5-10 วัน



รูปที่ 1 การกำหนดกรอบพื้นที่ใน IrriSAT

รูปที่ 2 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) จาก IrriSAT



รูปที่ 3 ปริมาณการใช้น้ำพืช (ETc) จาก IrriSAT

2.3 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

สเปกตรัมของแสงมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชและการเจริญเติบโตของพืช โดยจะทำให้เกิดกระบวนการคายระเหยของน้ำ เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างของใบพืชนั้นจะมีคลอโรฟิลด์หรือเม็ดสีอื่น ๆ เช่น แคโรทีนอยด์ เป็นต้น ซึ่งสาเหตุที่เรามองเห็นใบไม้เป็นสีเขียวเนื่องจากใบพืชจะมีค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นตามองเห็นในแถบสีเขียวมากกว่าสีอื่น ดังแสดงในรูปที่ 4 สำหรับพืชที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตเต็มที่จะมีค่าการสะท้อนของแสงในช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงค่อนข้างน้อยและมีค่าการสะท้อนสูงในช่วงคลื่น Near-infrared (NIR) เมื่อนำค่าสะท้อนจากสองช่วงคลื่นมาวิเคราะห์จะได้ค่าดัชนีพืชพรรณซึ่งเป็นที่นิยมใช้งานโดยทั่วไป เรียกว่า Normalized Difference Vegetation Index ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$\mathrm{NDVI} = \frac{\mathrm{NIR}-\mathrm{R}}{\mathrm{NIR}+\mathrm{R}} \tag{5}$$

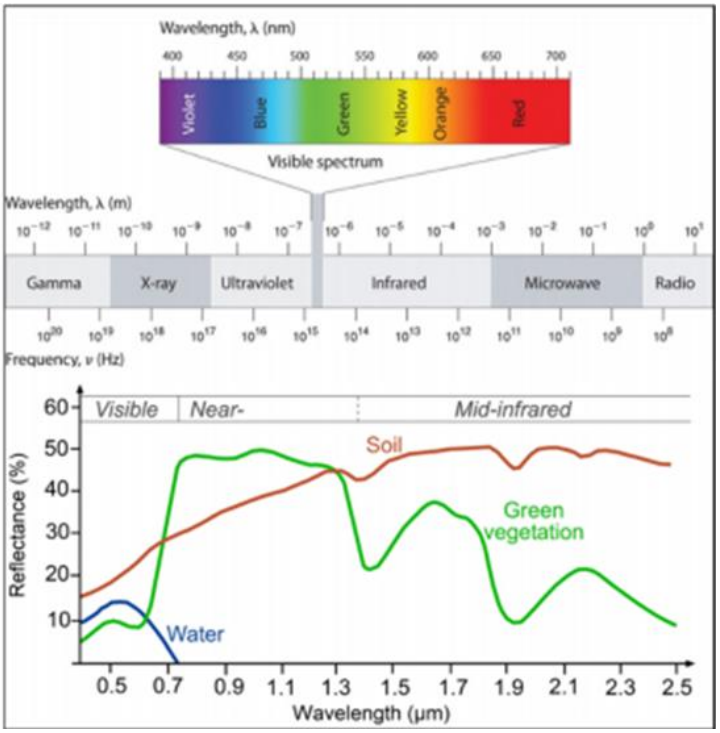
เมื่อ NIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่น Near-infrared (ช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้)

R = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นตามองเห็นแสงสีแดง

NDVI มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 โดยทั่วไปค่าติดลบจะหมายถึงพื้นผิวน้ำ ส่วนค่าที่อยู่ระหว่าง 0-0.15 จะหมายถึงพื้นดิน ในขณะที่ NDVI ที่มีค่ามากกว่า 0.4 จะหมายถึงมีพืชพรรณปกคลุม และถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 จะหมายถึงพืชพรรณปกคลุมอย่างหนาแน่น การคำนวณ NDVI จะต้องใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีเซนเซอร์ตรวจจับค่าการสะท้อนของพื้นผิวในช่วงคลื่น Near-infrared และช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง เช่น ดาวเทียม Landsat 7,8 Sentinel 2 เป็นต้น

สำหรับค่า NDVI สามารถนำมาหาความสัมพันธ์กับค่า Kc ได้ อย่างไรก็ตาม สมการความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI และค่า Kc อาจแตกต่างกันไปตามชนิดพืชที่หลากหลาย และสภาพภูมิอากาศแบบต่าง ๆ สำหรับค่า Kc ที่สัมพันธ์กับ NDVI ในระบบติดตามการใช้น้ำพืชบนเว็บ (IrriSAT) ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$Kc = (0.206 \times NDVI) + 1.076 \quad (6)$$



รูปที่ 4 ความยาวคลื่นและช่วงความถี่ของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าและการกระจายการสะท้อนแสงของพืชสีเขียว เปรียบเทียบกับดินและน้ำในช่วง Visible, Near –Infrared กับ Mid -Infrared
ที่มา : IrriSAT Technical Reference (2016)

2.4 การปรับกรองข้อมูลโดยวิธี Savitzky-Golay Filter

การปรับกรองข้อมูลให้เรียบตามสมการตัวกรองสาวิทซกี-โกเลย์ (Savitzky-Golay) มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความแม่นยำของข้อมูล โดยอาศัยวิธีการถดถอยพหุนาม ซึ่งจะมีการกำหนดพารามิเตอร์สองค่า คือ ขนาดหน้าต่าง และ ระดับขั้นพหุนาม โดยการประมาณแบบพหุนามเป็นช่วง ๆ และการหาค่าเฉลี่ยโดยการเลื่อนหน้าต่าง (moving window averaging) เมื่อระดับขั้นพหุนามเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าข้อมูลที่กรองแล้ว (Smoothed) มีความใกล้เคียงกับข้อมูลเดิมมาก (Savitzky and Golay, 1964) โดยมีสมการคำนวณดังต่อไปนี้

$$x_i^o = \frac{1}{2m+1} \sum_{j=-m}^{m} w_j x_{i+j} \quad (7)$$

โดย x_i^o เป็นค่าที่เกิดจากการกรอง x_{i+j} เป็นข้อมูลดิบ i และ j คือค่าคงตัว เมื่อเวกเตอร์ข้อมูลดิบ x = (x_1, x_2, ..., x_{n-1}, x_n) และขนาดของหน้าต่าง(Window Size, 2m+1) ที่ต้องถูกกำหนดก่อนทำการคำนวณ ส่วนการให้น้ำหนักของข้อมูลที่นำมาคำนวณหรือค่าถ่วงน้ำหนัก(w_j) สามารถหาได้โดยการใช้กำลังสองน้อยที่สุดซึ่งสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$x_j^i = a_0 + a_1 j + a_2 j^2 + \cdots + a_k j^k \qquad (8)$$

เมื่อ (j = -m, -m+1, ... , m-1, m) ; i = 1, ... ,n

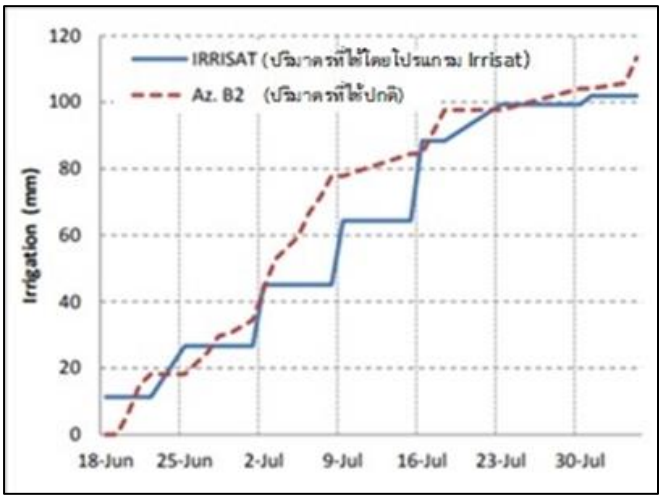
ตัวอย่างเช่น การกรองข้อมูลที่มีขนาดหน้าต่างเท่ากับ 5 (m=2) โดยการเริ่มต้นการคำนวณนั้นข้อมูลแรกจะถูกใช้ในการหาข้อมูลที่ x_3^o ซึ่งข้อมูลสองค่าแรกจะไม่สามารถทำการกรองค่าได้ หลังจากนั้นทำการหา x_4^o และค่าต่อไปจนครบข้อมูลที่ต้องการกรอง และค่าถ่วงน้ำหนัก (w_{-2}, w_{-1}, w_0, w_1,w_2) สามารถหาได้จากสัมประสิทธิ์ของ x_0^i ค่าก็คือ $\left(-\frac{3}{35}\ \frac{12}{35}\ \frac{17}{35}\ \frac{12}{35} - \frac{3}{35}\right)$ สำหรับขนาดหน้าต่างเท่ากับ 5 และพหุนามอันดับ 2 โดยที่ขนาดของหน้าต่างอื่นๆ ก็สามารถหาได้เช่นเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดหน้าต่างและค่าถ่วงน้ำหนัก

NP	h	ao	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
5	35	17	12	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	21	7	6	3	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	231	59	54	39	14	-21	0	0	0	0	0	0	0	0
11	429	89	84	69	44	9	-36	0	0	0	0	0	0	0
13	143	25	24	21	16	9	0	-11	0	0	0	0	0	0
15	1105	167	162	147	122	87	42	-13	-78	0	0	0	0	0
17	323	43	42	39	34	27	18	7	-6	-21	0	0	0	0
19	2261	269	264	249	224	189	144	89	24	-51	-136	0	0	0
21	3059	329	324	309	284	249	204	149	84	9	-76	-171	0	0
23	805	79	78	75	70	63	54	43	30	15	-2	-21	-42	0
25	5175	467	462	447	422	387	343	287	222	147	62	-33	-138	-253

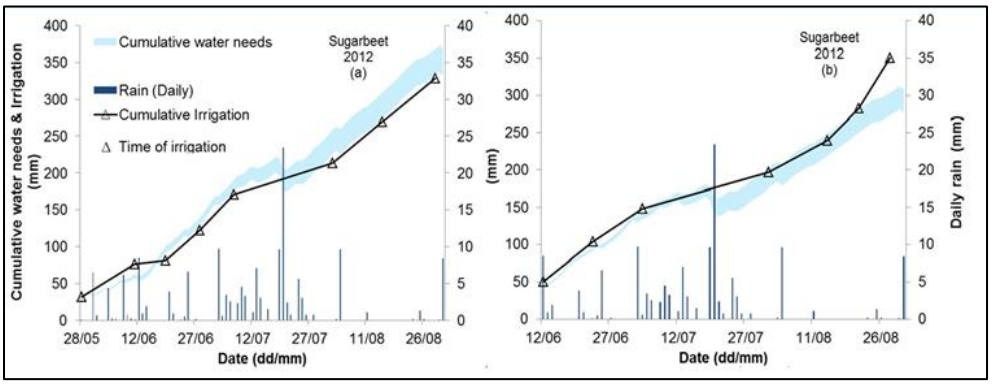
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Vuolo *et al.* (2014) ได้ทำการวิจัยการให้น้ำแก่แปลงข้าวโพดโดยแบ่งการให้น้ำเป็น 2 วิธี คือ การให้น้ำแบบปกติโดยสปริงเกอร์ และการให้น้ำโดยใช้โปรแกรม IrriSAT ดังแสดงในรูปที่ 5 และเปรียบเทียบผลต่างของปริมาตรการให้น้ำชลประทานของทั้ง 2 วิธี โดยได้ผลต่างของปริมาตรน้ำที่ใช้ เท่ากับ 900 ลูกบาศก์เมตร และมีความสอดคล้องกันของทั้ง 2 วิธีเท่ากับ 10 % ของปริมาตรน้ำที่ใช้ จากการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า การใช้ระบบ IrriSAT มีข้อดีกว่าการให้น้ำแบบปกติ คือ 1) ประหยัดคนงาน1.1 คน/วัน 2) ช่วยลด Co_2 ได้ 234 kg. และ 3).ประหยัดน้ำเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของการให้น้ำชลประทานตั้งแต่วันเริ่มต้นการเพาะปลูกจนถึงวันเก็บเกี่ยว
ที่มา : Vuolo *et al.* (2014)

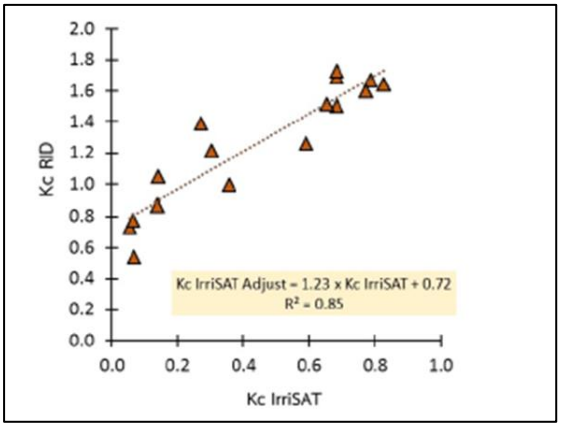
การประยุกต์ใช้จากโปรแกรม IrriSAT โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อติดตามพัฒนาการเจริญเติบโตของพืชและประเมินน้ำชลประทานตามความต้องการของพืช โดยให้ผลการคำนวณเป็นข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดที่จะนำไปใช้ในแต่ละแปลงเป็นรายวันหรือรายสัปดาห์ และสามารถแสดงเป็นข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งแสดงการใช้น้ำจาก IrriSAT พบว่ามีปริมาณน้ำชลประทานสะสมมากกว่าการใช้น้ำวิธีปกติ ข้อมูลนี้จะถูกส่งให้เกษตรกรแต่ละราย ทำให้สามารถสร้างประโยชน์ต่อเกษตรกรและสร้างโอกาสสำหรับผู้ใช้น้ำทั้งหมด



รูปที่ 6 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำชลประทานโดยวิธีให้น้ำแบบปกติ (a) และวิธีให้น้ำโดยโปรแกรม IrriSAT (b)

ที่มา : Vuolo *et al.* (2014)

ณัฐธยาน์ และคณะ (2562) ได้การพัฒนาสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืช NDVI กับค่า Kc ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ค่า Kc ของข้าวนาหว่านน้ำตม ที่อายุข้าว 115 วัน โดยมีค่า Kc ระหว่าง 0.65 – 1.68 เฉลี่ย คือ 1.33 โดยได้เสนอแนะว่าหากต้องการใช้งานค่า Kc ของข้าวจากระบบ IrriSAT ควรมีการปรับค่า Kc ให้มีความสอดคล้องกับค่า Kc ของกรมชลประทาน (Kc RID) ที่พัฒนาขึ้นในพื้นที่ประเทศไทยที่เป็นเขตภูมิอากาศชุ่มชื้น (humid zone) ในที่นี้ จึงได้นำค่า Kc RID และ Kc IrriSAT มาสร้างสมการความสัมพันธ์เพื่อกำหนดตัวคูณปรับค่า โดยมีรูปแบบสมการคือ $Kc\ IrriSAT_{(Adjust)} = 1.23 \times Kc\ IrriSAT + 0.72$ โดยมีค่า R^2=0.95 ดังแสดงในรูปที่ 7 โดย $Kc\ IrriSAT_{(Adjust)}$ ในที่นี้หมายถึงค่า Kc จากระบบ IrriSAT ที่ปรับค่าให้เทียบเท่ากับ Kc RID ของกรมชลประทาน ผลจากการใช้ค่า $Kc\ IrriSAT_{(Adjust)}$ ที่ปรับแก้แล้วพบว่าแนวโน้มค่า Kc สอดคล้องไปในทางเดียวกันกับ Kc RID



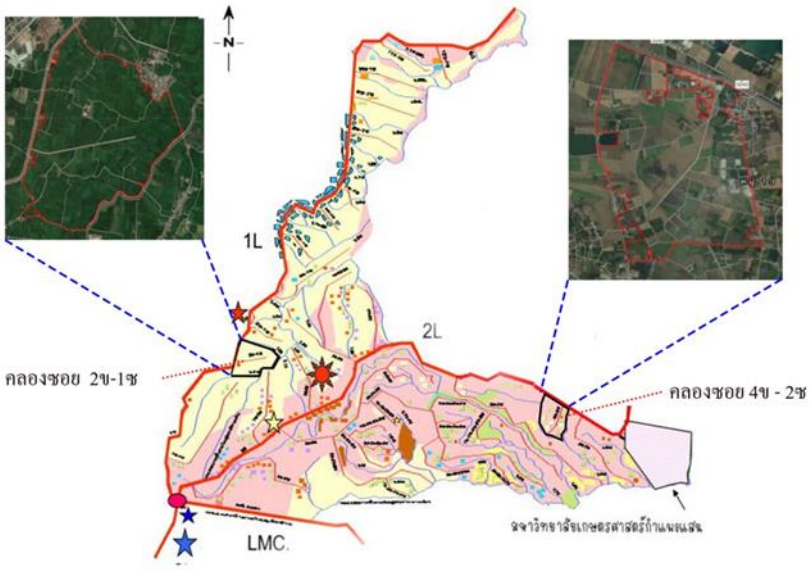
รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Kc RID กับ Kc IrriSAT

ที่มา : ณัฐธยาน์ และคณะ (2562)

3. วิธีการดำเนินการ

3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ชลประทานในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวนส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวและอ้อย ในที่นี้จึงได้คัดเลือกคลองส่งน้ำตัวอย่างมา 2 สาย เพื่อเป็นพื้นที่ตัวแทนในการทดสอบหาค่าปริมาณความต้องการน้ำจากระบบ IrriSAT เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ส่งจริง ได้แก่ คลองส่งน้ำ 2ขวา-1ซ้าย (กม.0.000-2+500) พื้นที่รับน้ำเป็นพื้นที่ปลูกข้าว 2,449 ไร่, อ้อย 15 ไร่ และพืชไร่ 5 ไร่ ในที่นี้กำหนดให้เป็นพื้นที่ตัวแทนสำหรับข้าว และคลองส่งน้ำ 4ขวา-2ซ้าย (กม.0.000-2+500) มีพื้นที่รับน้ำเป็นอ้อย 1,746 ไร่, ข้าว 17 ไร่ และพืชไร่ 13 ไร่ และไม้ผลไม้ยืนต้น 12 ไร่ ในที่นี้กำหนดให้เป็นพื้นที่ตัวแทนสำหรับอ้อย ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 พื้นที่ศึกษา

3.2 การเตรียมข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช

ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Crop Coefficient : Kc) ใช้ข้อมูลของกรมชลประทานซึ่งมีเอกสารวิชาการที่เผยแพร่ค่าสัมประสิทธิ์พืชโดยวิธี Penman-Monteith ของพืชจำนวน 43 ชนิด (ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน, 2555) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว กข. ดังแสดงในตารางที่2 โดยมีค่า Kc เป็นรายสัปดาห์ อยู่ระหว่าง 0.65-1.68 โดยการปลูกข้าว กข. ในช่วงสองสัปดาห์แรกหลังการหว่านเมล็ดจะเป็นช่วงการเตรียมแปลงที่ข้าวเริ่มงอกเมล็ดจึงยังไม่มีการใช้น้ำของพืช ส่งผลให้ไม่สามารถทำการประเมินค่า Kc ได้ และข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยมีค่า Kc เป็นรายเดือน อยู่ระหว่าง 0.52-1.56

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืชของข้าว กข.

สัปดาห์ที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Kc	-	-	0.8	1.05	1.25	1.4	1.5	1.55	1.6	1.63	1.68	1.6	1.5	1.36	1.08	0.65

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืชของอ้อย

เดือนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0.65	0.86	1.13	1.35	1.56	1.29	1.20	0.93	0.63	0.52

3.3 การเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำที่จัดส่งให้พื้นที่เพาะปลูกจริง

ข้อมูลปริมาณน้ำที่โครงการฯ จัดส่งให้พื้นที่เพาะปลูกจริงมีเอกสารที่เป็นรายงานบันทึกการใช้น้ำประจำวันของคลองส่งน้ำทั้งหมดในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน (ฝ่ายจัดสรรน้ำและปรับปรุงระบบชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน) ซึ่งในงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะปริมาณการจัดส่งน้ำของคลองส่งน้ำ 2ขวา-1ซ้าย ดังแสดงในตารางที่ 4 และคลองส่งน้ำ 4ขวา-2ซ้าย ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 รายงานการใช้น้ำรายวันของคลอง 2ขวา-1ซ้าย (ลบ.ม./ วินาที)

	วัน / เดือน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ปี 2562	เม.ย.																															
	ก.พ.															0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4			
	มี.ค.	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	เม.ย.	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
	พ.ค.	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	มิ.ย.	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1												
	ก.ค.																			0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	ส.ค.	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		0.2	0.2	0.2	0.1	0.1							0.1	0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
	ก.ย.	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
	ต.ค.	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	พ.ย.	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	
	ธ.ค.	0.1																														

หมายเหตุ : รายงานผลการใช้น้ำรายวัน (ลบ.ม./วินาที) มีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากมีการปิดการส่งน้ำ

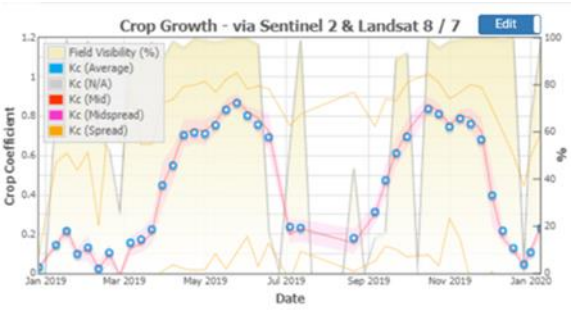
ตารางที่ 5 รายงานการใช้น้ำรายวันของคลอง 4ขวา-2ซ้าย (ลบ.ม./ วินาที)

	วัน / เดือน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ปี 2560	เม.ย.					0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.3	0.6	0.6	0.6	0.6													0.3	0.3	0.3	0.6	
	พ.ค.	0.6	0.6	0.6															0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6					
	มิ.ย.	0.6	0.6	0.6															0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6					
	ก.ค.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6						0.6	0.6	0.6	0.6	0.6				0.6	0.6	0.6	0.6							
	ส.ค.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6						0.6	0.6	0.6	0.6	0.6				0.6	0.6	0.6	0.6							
	ก.ย.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
	ต.ค.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6											0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6		
	พ.ย.								0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
	ธ.ค.	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3																						
ปี 2561	ม.ค.											0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3						0.3	0.6	0.6	0.6
	ก.พ.	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.3																	0.3	0.3	0.6	0.3			
	มี.ค.	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3																						

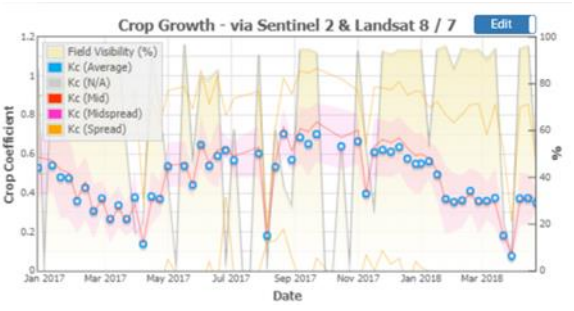
หมายเหตุ : รายงานผลการใช้น้ำรายวัน (ลบ.ม./วินาที) มีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากมีการปิดการส่งน้ำ

3.4 การปรับกรองค่า Kc โดยวิธี Savitzky-Golay

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ที่ได้จากระบบ IrriSAT สามารถดาวน์โหลดมาได้โดยการกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำชลประทานของคลองส่งน้ำตัวอย่างที่ต้องการศึกษาในระบบ โดยสามารถเลือกดูค่าในช่วงเวลาย้อนหลังจนถึงปัจจุบันได้ตามความต้องการ ในที่นี้สำหรับสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวได้เลือกศึกษาในช่วงเวลารอบการเพาะปลูกตั้งแต่วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ.2562 จนถึง วันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ.2562 ดังแสดงในรูปที่ 9a และสำหรับสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยได้เลือกศึกษาในช่วงเวลารอบการเพาะปลูกตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2560 จนถึงวันที่ 30 มีนาคม พ.ศ.2561 ดังแสดงในรูปที่ 9b



(a) ข้าว กข.



(b) อ้อย

รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจากระบบ IrriSAT

ค่า Kc ที่ได้มาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นจะไม่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์หาปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชได้โดยตรงทันที เนื่องจากค่าที่ได้ยังมีความคลาดเคลื่อนจากสภาพอากาศในบางช่วงที่มีเมฆปกคลุมมาก ส่งผลให้ค่าความแม่นยำของระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับของดาวเทียมนั้นลดลง จึงไม่มีประสิทธิ์ภาพมากพอในการนำค่า Kc มาใช้คำนวณได้โดยตรง เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความแม่นยำและปรับเรียบ (Smoothed) มากยิ่งขึ้นจึงต้องทำการกรองค่า Kc ที่ได้จากระบบ IrriSAT ด้วยสมการตัวกรอง Savitzky-Golay โดยใช้หลักการของสมการถดถอยแบบกำลังสองน้อยที่สุด และใช้ขนาดหน้าต่างเท่ากับ 5 ได้ผลการกรองค่า Kc IrriSAT ดังตารางที่ 6 สำหรับข้าว และดังตารางที่ 7 สำหรับอ้อย

เนื่องจากระบบ IrriSAT ถูกพัฒนามาจากพื้นที่เขตภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้ง พืชจึงมีการใช้น้ำน้อยส่งผลให้ค่า Kc ที่ได้นั้นมีค่าต่ำ โดยประเทศไทยอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น จึงต้องนำค่า Kc ที่ผ่านการกรองค่าแล้วมาทำการปรับแก้ค่า Kc อีกครั้ง และจะได้ค่า Kc ที่มีประสิทธิภาพมากพอในการนำไปคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช

ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวที่ได้จากระบบ IrriSAT และสมการตัวกรอง Savitzky-Golay

วันที่	Field Visibility (%)	Kc IrriSAT	การกรองค่า Kc IrriSAT
22/3/2562	98.47	0.22	0.26
30/3/2562	90.66	0.45	0.41
7/4/2562	98.88	0.55	0.58
15/4/2562	95.96	0.70	0.67
23/4/2562	99.91	0.72	0.73
1/5/2562	99.11	0.74	0.73
9/5/2562	98.54	0.75	0.77
17/5/2562	99.40	0.83	0.83
25/5/2562	99.96	0.87	0.85
2/6/2562	99.87	0.80	0.82
10/6/2562	97.49	0.76	0.77
18/6/2562	17.86	0.69	0.67
26/6/2562	100.00	0.47	0.46
4/7/2562	53.68	0.24	0.28

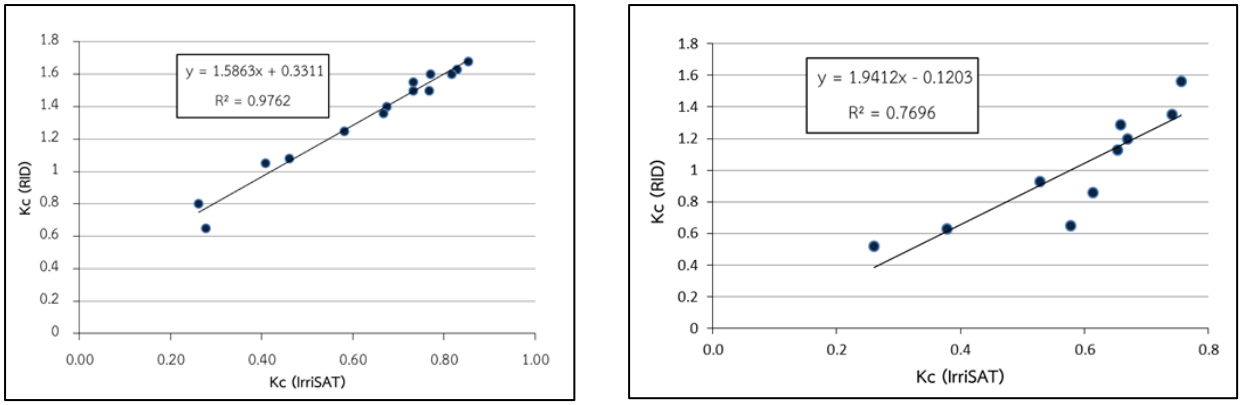
ตารางที่ 7 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยที่ได้จากระบบ IrriSAT และสมการตัวกรอง Savitzky-Golay

เดือน	วันที่	Field Visibility (%)	Kc IrriSAT	การกรองค่า Kc IrriSAT	Kc (Average)
มิถุนายน	2/6/2560	88.25	0.54	0.53	0.58
	10/6/2560	95.21	0.60	0.59	
	18/6/2560	93.23	0.60	0.60	
	26/6/2560	0.56	0.59	0.59	
กรกฎาคม	4/7/2560	84.29	0.58	0.59	0.61
	12/7/2560	90.97	0.61	0.60	
	20/7/2560	0.00	0.62	0.63	
	28/7/2560	97.65	0.64	0.63	
สิงหาคม	5/8/2560	90.43	0.59	0.57	0.65
	13/8/2560	83.20	0.55	0.63	
	21/8/2560	42.79	0.79	0.68	
	29/8/2560	20.47	0.44	0.73	
กันยายน	6/9/2560	98.42	0.75	0.69	0.74
	14/9/2560	98.51	0.72	0.75	
	22/9/2560	94.52	0.77	0.75	
	30/9/2560	0.00	0.76	0.77	
ตุลาคม	8/10/2560	0.00	0.75	0.75	0.76
	16/10/2560	56.44	0.75	0.75	
	24/10/2560	0.00	0.74	0.77	
พฤศจิกายน	1/11/2560	98.26	0.74	0.66	0.66
	9/11/2560	70.24	0.49	0.62	
	17/11/2560	26.97	0.73	0.64	
	25/11/2560	98.52	0.69	0.72	
ธันวาคม	3/12/2560	97.86	0.68	0.69	0.67
	11/12/2560	98.61	0.71	0.70	
	19/12/2560	98.29	0.67	0.67	
	27/12/2560	98.57	0.60	0.62	
มกราคม	1/1/2561	98.74	0.60	0.59	0.53
	9/1/2561	44.78	0.57	0.58	
	17/1/2561	98.31	0.53	0.51	
	25/1/2561	99.18	0.42	0.43	
กุมภาพันธ์	2/2/2561	91.90	0.36	0.37	0.38
	10/2/2561	98.74	0.37	0.38	
	18/2/2561	98.34	0.43	0.39	
	26/2/2561	98.68	0.35	0.37	
มีนาคม	6/3/2561	96.96	0.34	0.35	0.26
	14/3/2561	98.65	0.35	0.32	
	22/3/2561	16.15	0.22	0.20	
	30/3/2561	7.07	0.08	0.17	

4. ผลการดำเนินงานและวิจารณ์ผล

4.1 สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า Kc IrriSAT กับ Kc RID

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Kc ที่ได้จาก IrriSAT (ในที่นี้กำหนดเป็น Kc IrriSAT) กับ ค่า Kc จากผลการศึกษาของกรมชลประทาน (ในที่นี้กำหนดเป็น Kc RID) ด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย สามารถประมาณตัวแบบในสมการถดถอย ดังแสดงในรูปที่ 10a และ 10b จะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ภายใต้เงื่อนไขตัวคูณปรับแก้ค่า Kc IrriSAT(adj.) สำหรับข้าว กข. ดังสมการที่ 10 และสำหรับอ้อย ดังสมการที่ 11



(a) ข้าว กข. (b) อ้อย

รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Kc RID กับ Kc

$$\text{Kc IrriSAT}_{(adj.)} = 1.5863(\text{Kc IrriSAT}) + 0.3311 \quad : \quad R^2 = 0.9762 \qquad (10)$$

$$\text{Kc IrriSAT}_{(adj.)} = 1.9412(\text{Kc IrriSAT}) - 0.1203 \quad : \quad R^2 = 0.7696 \qquad (11)$$

4.2 ปริมาณการใช้น้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc) สามารถหาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ทำการปรับแก้แล้ว .ในที่นี้คือ Kc IrriSAT$_{(adj.)}$ กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ดังสมการที่ 12 ซึ่งใช้ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายเดือนของจังหวัดกาญจนบุรีที่รวบรวมตั้งแต่ปี พ.ศ.2524-2553 เป็นระยะเวลา 30 ปี ได้จากวิธี Penman Monteith (ฝ่ายเผยแพร่การใช้น้ำชลประทาน ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2554) จึงได้ปริมาณการใช้น้ำของข้าว ดังแสดงในตารางที่ 8 และปริมาณการใช้น้ำของอ้อย ดังแสดงในตารางที่ 9

$$ETc = Kc\ IrriSAT_{(adj.)} \times ETo \qquad (12)$$

ตารางที่ 8 ปริมาณการใช้น้ำของข้าว กข.

สัปดาห์ที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Kc IrriSAT (adj.)	-	-	0.75	0.98	1.25	1.40	1.49	1.49	1.55	1.65	1.69	1.63	1.55	1.39	1.06	0.77
ETo (มิลลิเมตร)	-	-	33.60	33.60	37.10	37.10	37.10	29.33	29.33	29.33	29.33	26.04	26.04	26.04	26.04	25.97
ETc (มิลลิเมตร)	-	-	25.1	32.9	46.5	52.0	55.4	43.8	45.5	48.3	49.4	42.4	40.3	36.2	27.6	20.0

ตารางที่ 9 ปริมาณการใช้น้ำของอ้อย

เดือนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc IrriSAT (adj.)	1.00	1.07	1.15	1.32	1.35	1.16	1.18	0.91	0.61	0.39
ETo (มิลลิเมตร)	111.60	115.01	115.32	103.20	103.23	102.60	108.81	111.60	122.08	148.80
ETc (มิลลิเมตร)	111.60	123.1	132.3	136.0	139.0	118.6	128.2	101.0	74.90	57.30

4.3 ความต้องการน้ำชลประทาน

ความต้องการน้ำชลประทานของพืช (IWR) สามารถหาได้จากสมการที่ 6 โดยในที่นี้จะใช้ค่าประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (Field Canal Efficiency : E_b) แทนการใช้ค่าประสิทธิภาพการชลประทาน (Ei) เนื่องจากเป็นการพิจารณาในระดับของคลองส่งน้ำเท่านั้น ซึ่งในที่นี้กำหนดให้ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำมีค่าเท่ากับ 90% สำหรับคลองส่งน้ำตัวอย่างที่เป็นคลองดาดและมีพื้นที่รับน้ำมากกว่า 125 ไร่ (วิบูลย์, 2526) และปริมาณฝนใช้การ (Re) ในที่นี้จะใช้วิธี USDA soil conservation service หาได้จากสมการภายใต้เงื่อนไขดังนี้

$$Re = [P \times (125 - 0.2\times3\times P)] / 125 \quad \text{โดย} \quad P \le (250 / 3) \qquad (13)$$

$$Re = (125 / 3) + (0.1\times P) \quad \text{โดย} \quad P > (250 / 3) \qquad (14)$$

จากสมการที่ 13 และ 14 ค่า P ในที่นี้คือปริมาณฝนที่วัดได้ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อเดือน โดยใช้ค่าสถิติภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือน ข้อมูลปี พ.ศ.2524-2553 (ส่วนอุตุนิยมวิทยาเกษตร สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา) และเนื่องจากสภาพอากาศในปัจจุบันนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปซึ่งอาจส่งผลให้ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ซึ่งไม่สามารถทำการพยากรณ์ปริมาณฝนล่วงหน้าได้อย่างแม่นยำ และข้อมูลปริมาณฝนนี้มีความสำคัญมากต่อผลปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของพืช จึงได้มีการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำชลประทานเพิ่มเติมเป็นกรณีที่ไม่มีปริมาณฝนใช้การ

อัตราการรั่วซึม (P) หาได้จากพื้นที่เพาะปลูกและปริมาณการรั่วซึม ซึ่งสำหรับข้าวจะมีค่าปริมาณการรั่วซึมเท่ากับ 1 มิลลิเมตร/วัน ซึ่งจากสมการที่ 15 เมื่อทำการแปลงหน่วยจะได้อัตราการรั่วซึมของพื้นที่เพาะปลูกข้าวเท่ากับ 0.096 ลูกบาศก์เมตร/วินาที และสำหรับอ้อยเป็นพืชไร่มีปริมาณการรั่วซึม เท่ากับ 0 มิลลิเมตร/วัน จึงไม่มีค่าอัตราการรั่วซึมในพื้นที่

$$P = \frac{\text{พื้นที่} \times 1600 \times \text{ปริมาณการรั่วซึม}}{1000 \times 24 \times 60 \times 60} \qquad (15)$$

สำหรับผลการคำนวณความต้องการน้ำชลประทานหรือปริมาณน้ำสุทธิที่ทางโครงการต้องส่งให้กับพืช ดังแสดงในตารางที่ 10 สำหรับข้าว และในตารางที่ 11 สำหรับอ้อย เมื่อนำผลการคำนวณที่ได้ไปเปรียบเทียบกับปริมาณการส่งน้ำชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน ได้ผลการเปรียบเทียบในพื้นที่คลอง 2ขวา-1ซ้าย สำหรับข้าว กข. ดังแสดงในรูปที่ 11a และ คลอง 4ขวา-2ซ้าย สำหรับอ้อย ดังแสดงในรูปที่ 11b

ตารางที่ 10 ปริมาณความต้องการน้ำของข้าว กข.

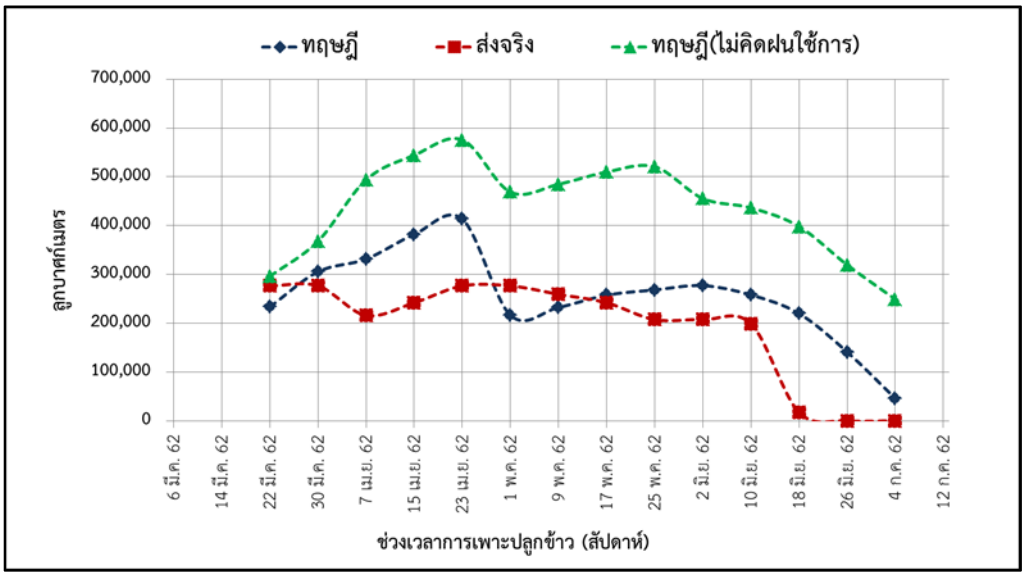
สัปดาห์ที่	วันที่	ฝนใช้การ(Re) (มิลลิเมตร)	อัตราการรั่วซึม(P) (มิลลิเมตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช(ETc) (มิลลิเมตร)	ปริมาณความต้องการน้ำ			ปริมาณน้ำที่โครงการจัดส่ง (ลูกบาศก์เมตร)
					คิดฝนใช้การ		ไม่คิดฝนใช้การ (ลูกบาศก์เมตร)	
					(มิลลิเมตร)	(ลูกบาศก์เมตร)		
1	6 มีนาคม 2562	-	-	-	-	-	-	-
2	14 มีนาคม 2562	-	-	-	-	-	-	-
3	22 มีนาคม 2562	6.78	7.00	25.09	28.11	233,368	295,944	276,480
4	30 มีนาคม 2562	6.78	7.00	32.90	36.79	305,398	367,974	276,480
5	7 เมษายน 2562	17.60	7.00	46.53	39.92	331,387	493,718	216,000
6	15 เมษายน 2562	17.60	7.00	52.00	46.00	381,860	544,191	241,920
7	23 เมษายน 2562	17.60	7.00	55.41	49.79	413,294	575,625	276,480
8	1 พฤษภาคม 2562	27.36	7.00	43.82	26.07	216,377	468,704	276,480
9	9 พฤษภาคม 2562	27.36	7.00	45.55	27.99	232,334	484,661	259,200
10	17 พฤษภาคม 2562	27.36	7.00	48.27	31.02	257,491	509,818	241,920
11	25 พฤษภาคม 2562	27.36	7.00	49.44	32.31	268,220	520,547	207,360
12	2 มิถุนายน 2562	19.35	7.00	42.39	33.37	277,025	455,501	207,360
13	10 มิถุนายน 2562	19.35	7.00	40.31	31.06	257,869	436,344	198,720
14	18 มิถุนายน 2562	19.35	7.00	36.17	26.47	219,700	398,175	17,280
15	26 มิถุนายน 2562	19.35	7.00	27.63	16.98	140,974	319,449	0.00
16	4 กรกฎาคม 2562	22.04	7.00	20.02	5.53	45,883	249,203	0.00
		รวม			**431.42**	**3,581,180**	**6,119,854**	**2,695,680**

ตารางที่ 11 ปริมาณความต้องการน้ำของอ้อย

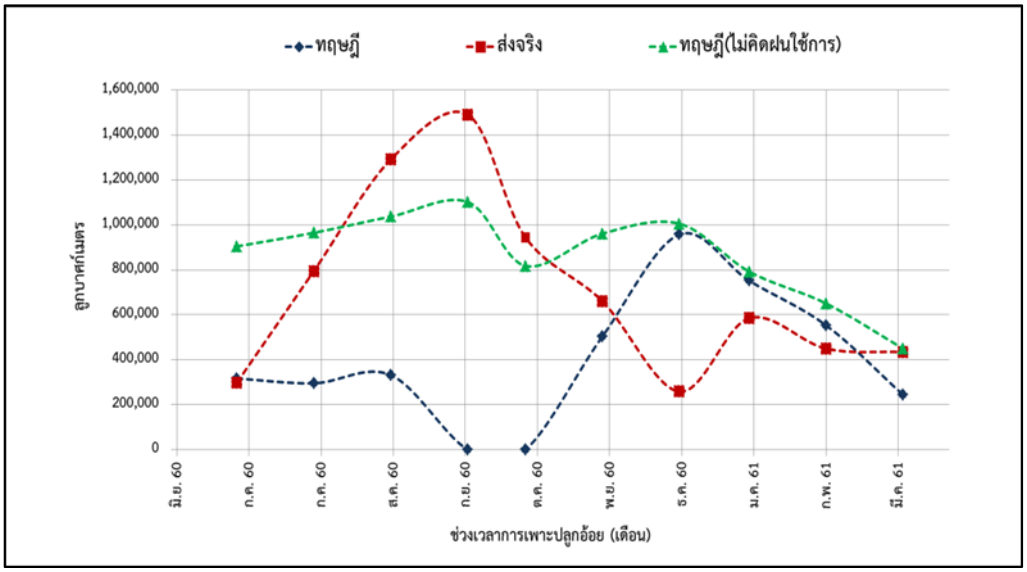
เดือนที่	เดือน	ฝนใช้การ(Re) (มิลลิเมตร)	อัตราการรั่วซึม(P) (มิลลิเมตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc) (มิลลิเมตร)	ปริมาณความต้องการน้ำ			ปริมาณน้ำที่โครงการจัดส่ง (ลูกบาศก์เมตร)
					คิดฝนใช้การ		ไม่คิดฝนใช้การ (ลูกบาศก์เมตร)	
					(มิลลิเมตร)	(ลูกบาศก์เมตร)		
1	มิถุนายน,2560	72.56	0	111.64	43.42	316,623	904,618	298,080
2	กรกฎาคม,2560	85.42	0	123.05	41.81	295,057	964,904	794,880
3	สิงหาคม,2560	89.99	0	132.28	46.98	331,586	1,037,266	1,291,680
4	กันยายน,2560	144.77	0	135.99	0.00*	0.00*	1,101,938	1,490,400
5	ตุลาคม,2560	139.21	0	139.00	0.00*	0.00*	817,515	943,920
6	พฤศจิกายน,2560	56.41	0	118.62	69.13	504,121	961,217	659,750
7	ธันวาคม,2560	6.14	0	128.21	135.63	957,225	1,005,362	258,163
8	มกราคม,2561	5.16	0	101.00	106.50	751,597	792,035	584,928
9	กุมภาพันธ์,2561	11.19	0	74.89	70.78	553,056	650,224	449,194
10	มีนาคม,2561	26.29	0	57.30	34.46	243,211	449,370	433,814
		รวม			**548.70**	**3,952,476**	**8,684,449**	**7,204,810**

*เนื่องจากฝนใช้การมีมากเพียงพอสำหรับปริมาณการใช้น้ำของพืช จึงไม่ต้องการน้ำชลประทาน

(a) ข้าว กข.



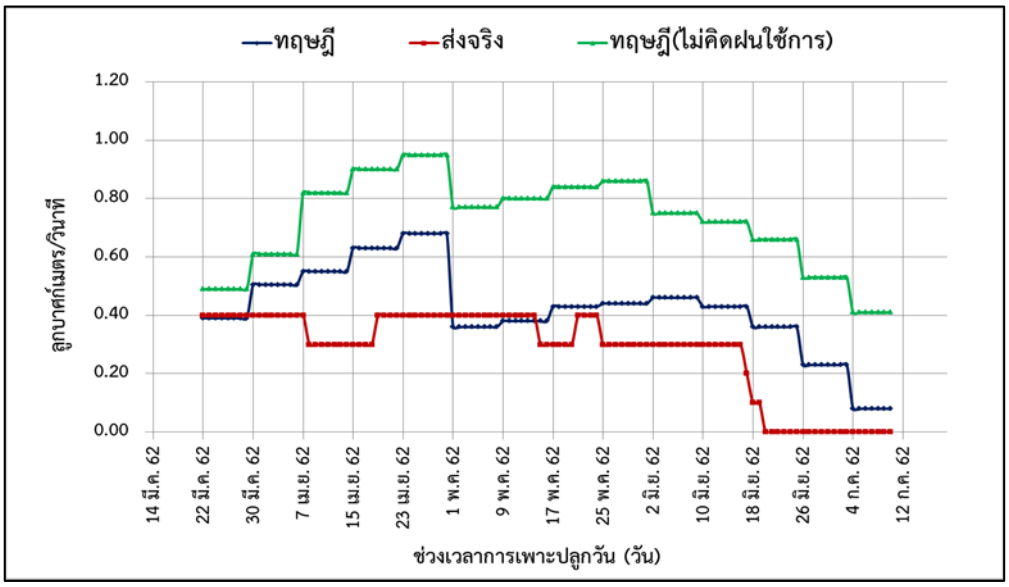
(b) อ้อย



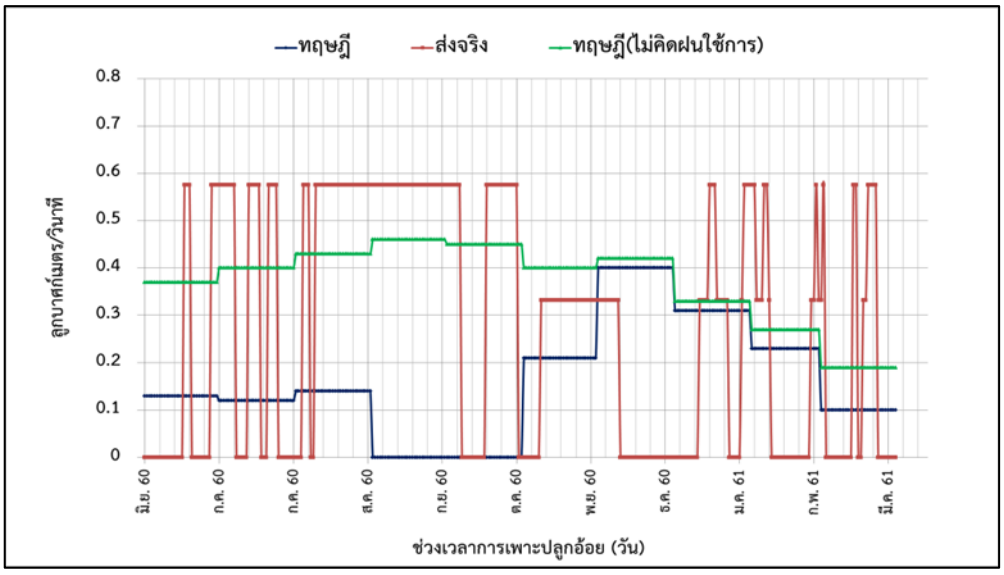
รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของพืชกับปริมาณน้ำที่โครงการฯ จัดส่งให้จริง (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)

จากรูปที่ 11a และ รูปที่ 11b จะได้ผลออกมาเป็นปริมาตรน้ำในภาพรวมของระดับโครงการ จึงได้มีการแจกแจงข้อมูลช่วงเวลาการเพาะปลูกพืชออกเป็นรายวัน โดยแสดงผลอยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์ของอัตราความต้องการน้ำชลประทานของพืชรายวัน เปรียบเทียบกับ อัตราการส่งน้ำของโครงการรายวัน ดังแสดงในรูปที่ 12a สำหรับข้าว กข. และรูปที่ 12b สำหรับอ้อย

(a) ข้าว กข.



(b) อ้อย



รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความต้องการน้ำชลประทานของพืชกับอัตราการส่งน้ำของโครงการฯ (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

4.4 วิจารณ์ผล

4.4.1 ข้าว

จากรูปที่ 11a แสดงให้เห็นได้ว่าปริมาณการส่งน้ำชลประทานของคลองส่งน้ำ 2ขวา-1ซ้าย ของโครงการฯ นั้นมีการจัดส่งน้ำน้อยกว่าปริมาณความต้องการน้ำของข้าวที่ได้จากทฤษฎีในหลายช่วงของการเพาะปลูก โดยค่า Kc จาก IrriSAT ให้ผลการคำนวณที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและมีความใกล้เคียงกับการจัดส่งน้ำจริง จากผลการดำเนินงานจึงถือว่าค่า Kc ที่ได้จาก IrriSAT ที่ผ่านการกรองค่าแล้วนั้นมีประสิทธิมากพอที่จะใช้มาคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชเพื่อเป็นแนวทางในการประเมินการวางแผนการจัดส่งน้ำของโครงการฯ ต่อไปได้ และเมื่อเปรียบเทียบเป็นอัตราการส่งน้ำกับอัตราความต้องการน้ำของพืชรายวัน ดังในรูปที่ 12a นั้นถือว่าสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับอัตราการไหลของการส่งน้ำของโครงการฯได้ เพื่อให้พืชได้รับปริมาณน้ำที่เพียงพอต่อความต้องการอย่างแท้จริง

4.4.2 อ้อย

จากรูปที่ 11b แสดงให้เห็นว่าปริมาณการส่งน้ำชลประทานของคลองส่งน้ำ 4ขวา-2ซ้าย ของโครงการฯ นั้นมีค่าสูงมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของอ้อยที่ได้จากทฤษฎี โดยใช้ค่า Kc IrriSAT แต่เมื่อทำการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำโดยที่ไม่คิดปริมาณฝนใช้การ (Re=0) ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจมีความเป็นไปได้ว่าทางโครงการฯ ไม่ได้มีการนำค่าปริมาณฝนใช้การมาคำนวณรวมความต้องการน้ำของพืชด้วย เนื่องจากสภาพอากาศในปัจจุบันมีปริมาณฝนที่ตกน้อยลงและไม่ตกต้องตามฤดูกาล นอกจากนี้ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม และมกราคม ซึ่งเป็นช่วงท้ายของฤดูเพาะปลูกแต่พืชกลับมีความต้องการน้ำที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลค่า ETo รายเดือนของพื้นที่นั้นมีค่าที่สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบเป็นอัตราการส่งน้ำกับอัตราความต้องการน้ำของพืช ดังในรูปที่ 12b จะเห็นได้ชัดว่าอัตราการส่งน้ำรายวันของโครงการฯ มีค่าที่ค่อนข้างสูงมากกว่าอัตราความต้องการน้ำชลประทาน ซึ่งสำหรับการเพาะปลูกอ้อยนั้นทางโครงการจะไม่ได้มีการส่งน้ำทุกวันแต่จะเป็นการส่งน้ำแบบเป็นรอบเวร จากผลการดำเนินงานในส่วนนี้จึงคาดว่าทางโครงการจะสามารถนำไปใช้ปรับอัตราการไหลของการจัดส่งน้ำได้ เพื่อเป็นการลดปริมาณน้ำส่วนเกิน และพืชได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการอย่างแท้จริง

ในการปฏิบัติงานจริงของการจัดส่งน้ำนั้นเนื่องจากทางโครงการฯ ไม่ได้มีการติดตามผลการส่งน้ำอย่างละเอียดของแต่ละคลอง แต่จะติดตามผลในรูปแบบภาพรวมของโครงการว่ามีการจัดส่งน้ำให้แก่พื้นที่ชลประทานได้เพียงพอหรือไม่ และนำผลการติดตามที่ได้มาปรับใช้ในฤดูถัดไป อาจเป็นผลให้ในการจัดส่งน้ำในระดับคลองส่งน้ำมีความคลาดเคลื่อนในเรื่องของปริมาณน้ำที่จัดส่งเกินหรือขาดต่อความต้องการน้ำชลประทานของพืชอยู่บ้าง เพื่อความแม่นยำในการจัดส่งน้ำชลประทานของโครงการฯ การประยุกต์ใช้ IrriSAT โดยการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเข้ามาช่วยในการติดตามค่า Kc จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีความแม่นยำน่าเชื่อถือและใช้งานง่าย เหมาะกับโครงการทางด้านการบริหารจัดสรรน้ำชลประทาน

5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณความต้องการน้ำชลประทานในระดับคลองส่งน้ำในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน เนื่องจากเกษตรกรมีการเพาะปลูกพืชในช่วงเวลาที่ไม่ตรงกันและไม่ได้ตรงตามกำหนดปฏิทินเพาะปลูกพืช ในโครงงานนี้ได้ทดสอบการใช้งานระบบ IrriSAT ที่มีรูปแบบการหาปริมาณการใช้น้ำที่ค่อนข้างเป็นปัจจุบัน เนื่องจากใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในการสำรวจและประมวลผลอย่างต่อเนื่อง โดยพืชที่เลือกนำมาทำการศึกษาคือข้าวและอ้อยซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน ข้าวที่เลือกศึกษาทดลองคือข้าวพันธุ์ กข. ในพื้นที่การส่งน้ำของคลอง 2ขวา-1ซ้าย โดยมีพื้นที่แปลงเพาะปลูกข้าวทั้งหมด 5,188.125 ไร่ และอ้อยในพื้นที่การส่งน้ำของคลอง 4ขวา-2ซ้าย โดยมีพื้นที่แปลงเพาะปลูกทั้งหมด 4,273.125 ไร่

ระบบ IrriSAT ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่การศึกษาทดลองนี้ คือค่า Kc ซึ่งถูกประมวลผลมาจาก ค่า NDVI ซึ่งเป็นค่าดัชนีพืชพรรณบ่งบอกอายุและความอุดมสมบูรณ์ของพืชจากการสะท้อนแสง จากนั้นระบบจะทำการคำนวณ ETc โดยอาศัยค่า ETo จากข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่นั้น ๆ โดยข้อมูลต่าง ๆ จะแสดงผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น เนื่องจากแบบจำลอง IrriSAT เป็นเว็บแอพพลิเคชั่นที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยประเทศออสเตรเลีย ข้อมูลน้ำฝนที่ได้จากดาวเทียมจะมีเพียงภายในประเทศออสเตรเลียเท่านั้น การหาปริมาณความต้องการน้ำที่ต้องจัดส่งให้พื้นที่ทางการเกษตรจึงต้องอาศัยการคำนวณค่าฝนใช้การและค่าการรั่วซึมตามความเหมาะสม เพื่อให้ได้ปริมาณความต้องการน้ำที่ต้องจัดส่ง

จากการศึกษาการปรับเทียบค่า Kc จาก IrriSAT กับค่า Kc ของกรมชลประทานพบว่า Kc ของ ข้าว กข. คือ $Kc = 1.59Kc_{IrriSAT} + 0.33$ ($R^2 = 0.98$) ส่วน Kc ของอ้อย คือ $Kc = 1.94Kc_{IrriSAT} - 0.12$ ($R^2 = 0.77$) ซึ่งค่า Kc ดังกล่าวเป็นค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ถูกปรับแก้มาแล้ว สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการส่งน้ำในแบบที่ผู้ใช้เริ่มปลูกพืชในช่วงเวลาที่ไม่ตรงกันหรืออาจจะไม่ทราบชนิดพืชที่ปลูก จึงเป็นอีกทางเลือกที่ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณปริมาณการส่งน้ำของโครงการฯ และจากการศึกษาสมการพบว่า ปริมาณน้ำที่ต้องจัดส่งโดยใช้สมการ ค่า Kc IrriSAT ของแปลงเพาะปลูกพืชชนิดข้าว กข. คือ 3,581,180 ลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำที่ต้องจัดส่งให้อ้อย คือ 3,952,476 ลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ปริมาณน้ำที่โครงการฯ จัดส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกข้าว คือ 2,695,680 ลูกบาศก์เมตร และ อ้อย คือ 7,204,810 ลูกบาศก์เมตร จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าปริมาณความต้องการน้ำของข้าวที่คำนวณโดย IrriSAT มีปริมาณมากกว่าปริมาณน้ำที่โครงการฯ จัดส่ง ดังนั้นจะเห็นว่าระบบ IrriSAT ช่วยประเมินปริมาณน้ำที่ตรงตามความต้องการของพืช ซึ่งทางโครงการฯ สามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการส่งน้ำได้ ในขณะที่ปริมาณน้ำที่โครงการฯ จัดส่งให้พื้นที่ปลูกอ้อยพบว่ามีปริมาณมากกว่าความต้องการน้ำที่คำนวณโดย IrriSAT ค่อนข้างมาก ซึ่งอาจเกิดจากโครงการฯ ส่งน้ำให้มากเกินความต้องการของพืช และเนื่องจากข้อมูลของโครงการฯ ในบางครั้งไม่ทำการคำนวณค่าฝนใช้การเนื่องจากไม่สามารถพยากรณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า จึงได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่จัดส่งโดย IrriSAT และไม่คิดปริมาณฝนใช้การโดยมีปริมาณน้ำจัดส่งให้ข้าว คือ 6,119,854.99 ลูกบาศก์

เมตร และให้อ้อยคือ 8,684,449 ลูกบาศก์เมตร จะให้เห็นได้ว่าปริมาณที่จัดส่งให้อ้อยมีปริมาณค่อนข้างใกล้เคียงกับปริมาณที่จัดส่งโดยโครงการ โดย IrriSAT อาจจะมีส่วนช่วยในการบริหารการจัดสรรน้ำในการลดทอนปริมาณน้ำที่ส่งเกินตามความของต้องการน้ำของพืชหรือช่วยเพิ่มปริมาณน้ำที่จัดส่งไม่เพียงพอ และยังสามารถประยุกต์ใช้แพลตฟอร์มนี้ในการหาความต้องการน้ำกับพืชชนิดอื่น ๆ ได้อีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้แปลงเพาะปลูกที่มีการเก็บข้อมูลการส่งน้ำอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เพื่อให้ได้ค่าเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการส่งน้ำที่แน่นอนและแม่นยำมากยิ่งขึ้น และเป็นพืชชนิดนั้น ๆ ทั้งหมด เพื่อความไม่คลาดเคลื่อนของค่า Kc ที่ใช้หาปริมาณการใช้น้ำของพืช

2. ควรทำการทดลองกับพืชชนิดอื่น เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของ IrriSAT หากมีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพเพียงพอ ก็จะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรและการชลประทานขนาดเล็กจนไปถึงขนาดใหญ่ หรือหากมีข้อบกพร่องดังแสดงในผลงานวิจัยต่าง ๆ ก็จะเป็นประโยชน์แก่ผู้พัฒนาระบบ

3. กรณีของข้าวในช่วงสองสัปดาห์แรกที่ไม่สามารถคำนวณปริมาณน้ำจาก IrriSAT ได้ ควรจะต้องมีการคิดปริมาณน้ำเตรียมแปลงเพิ่มเติมเข้าไปด้วยในการจัดส่งน้ำชลประทาน ซึ่งโดยปกติแล้วการปลูกข้าวจะใช้น้ำเตรียมแปลงประมาณ 50-100 มิลลิเมตร/สัปดาห์

บรรณานุกรม

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2552. **โปรแกรม water-crop-requirement การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช**. ส่วนอุตุนิยมวิทยาการเกษตร สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

คณะทำงานย่อยจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานด้านบริหารจัดการน้ำ. 2554. **คู่มือการคำนวณหาประสิทธิภาพการชลประทาน (Irrigation Efficiency)**. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.

ฉลอง เกิดพิทักษ์. 2538. **การจัดการน้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย**. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 59 น.

ณัฐธยาน์ นามอินทร์ , เกศวรา สิทธิโชค และ ชูพันธ์ ชมภูจันทร์. 2562. **การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Kc) ของข้าวนาหว่านน้ำตมโดยใช้ดัชนีพืชพรรณจากภาพดาวเทียมหลายช่วงเวลา**, วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย 20 (2): 331-344.

ฝ่ายจัดสรรน้ำและปรับปรุงระบบชลประทาน. 2562. **รายงานการใช้น้ำรายวัน**. โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน. สำนักชลประทานที่ 13. กรมชลประทาน. กาญจนบุรี

ดิเรก ทองอร่าม. 2526. **ความต้องการน้ำชลประทานและค่าชลภาระในการออกแบบระบบส่งน้ำเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทำงานชลประทาน**. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน. กรุงเทพฯ.

ปรเมศร์ อมาตยกุล และเทวินทร์ โจมทา. 2558. **เอกสารวิชาการอุตุนิยมวิทยาน่ารู้เพื่อการเกษตรจังหวัดกาญจนบุรี**. กรมอุตุนิยมวิทยา. กรุงเทพฯ. 5 น.

ฝ่ายเผยแพร่การใช้น้ำชลประทาน. 2554. **ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธีของ Penman-Monteith (Reference Crop Evapotranspiration by Penman Monteith) ฉบับปรับปรุง**. ส่วนการใช้น้ำชลประทาน. สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ.

ฝ่ายเผยแพร่การใช้น้ำชลประทาน. 2555. **ค่าสัมประสิทธิ์พืชโดยวิธี Penman- Monteith (Crop coefficient (Kc) of Penman Monteith)**. ส่วนการใช้น้ำชลประทาน. สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 53 น.

สิงหา ผจงกิจการ และ วราวุธ วุฒิวณิชย์. 2544. การวิเคราะห์การจัดการน้ำโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่, 58-65 น. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40 (สาขาวิศวกรรม). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (1998). **FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements)**. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Francesco Vuoloa, Guido D'Urso, Carlo De Michelec, Biagio Bianchi, and Michael Cutting. (2015). Satellite-based irrigation advisory services: A common tool for different experiences from Europe to Australia. **Agricultural Water Management**. 147: 82–95

H. Lohninger. 2012. **Fundamentals of Statistics**. Available Source: http://www.statistics4u.info/fundstat_eng/cc_savgol_coeff.html, April 20, 2020.

Savitzky, A., and Golay, M. J. E. (1964). **Smoothing differentiation of data by simplified least squares procedures. Anal**. Chem. 36(8): 1627-1639.

ภาคผนวก

ลักษณะทั่วไปของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน

ที่ตั้ง 96 หมู่ที่ 1 ตำบลม่วงชุม อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี สร้างเมื่อ พ.ศ. 2518 ก่อสร้าง พ.ศ. 2538 สังกัด สำนักชลประทานที่ 13 พื้นที่ชลประทาน 252,250 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ในเขตจังหวัดกาญจนบุรี สุพรรณบุรี และนครปฐม

ลักษณะทั่วไปของโครงการ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน เป็นโครงการหนึ่งของโครงการแม่กลองใหญ่ อยู่ในพื้นที่ ระยะที่ 2 ฝั่งซ้าย รับน้ำจากแม่น้ำแม่กลอง ผ่าน Feeder Canal และ Junction โดยคลองส่งน้ำ 1ซ้าย และ 2ซ้าย มีพื้นที่ทั้งหมด 337,623 ไร่ พื้นที่ชลประทาน 252,250 ไร่ โดยเป็นเนื้อที่จัดรูปที่ดิน 31,447 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่รับน้ำโดย Gravity และมี Pumping ทั้งในพื้นที่คันคลองซึ่งเป็นที่ดอน ได้แก่พื้นที่รับน้ำจากคลองส่งน้ำ 1ขวา - 2ซ้าย และพื้นที่บางส่วนของแปลงตัวอย่างอ้อย พื้นที่ความรับผิดชอบอยู่ในเขต 3 จังหวัด 7 อำเภอ 26 ตำบล ดังนี้

จังหวัดกาญจนบุรี ครอบคลุมพื้นที่ 4 อำเภอ

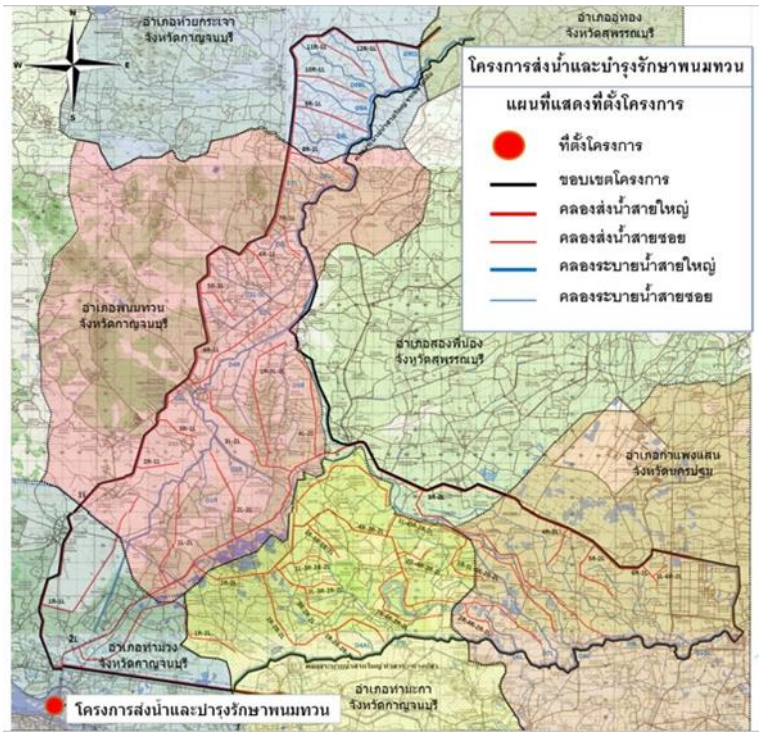
- อำเภอท่าม่วง ครอบคลุมพื้นที่ 5 ตำบล คือ ตำบลท่าม่วง ตำบลทุ่งทอง ตำบลวังขนาย ตำบลวังศาลา และตำบลหนองขาว
- อำเภอท่ามะกา ครอบคลุมพื้นที่ 4 ตำบล คือ ตำบลตะคร้ำเอน ตำบลพระแท่น ตำบลอุโลกสี่หมื่น และตำบลหนองลาน
- อำเภอพนมทวน ครอบคลุมพื้นที่ 7 ตำบล คือตำบลพนมทวน ตำบลทุ่งสมอ ตำบลดอนเจดีย์ ตำบลหนองสาหร่าย ตำบลพังตรุ ตำบลรางหวาย และตำบลหนองโรง
- อำเภอห้วยกระเจา ครอบคลุมพื้นที่ 3 ตำบล คือ ตำบลดอนแสลบ ตำบลไผ่สี ตำบลสระลงเรือ

จังหวัดนครปฐม อยู่ในเขต 1 อำเภอ คือ

- อำเภอกำแพงแสน ครอบคลุมพื้นที่ 5 ตำบล คือ ตำบลกำแพงแสน ตำบลหนองกระทุ่ม ตำบลทุ่งลูกนก ตำบลทุ่งบัว และตำบลรางพิกุล

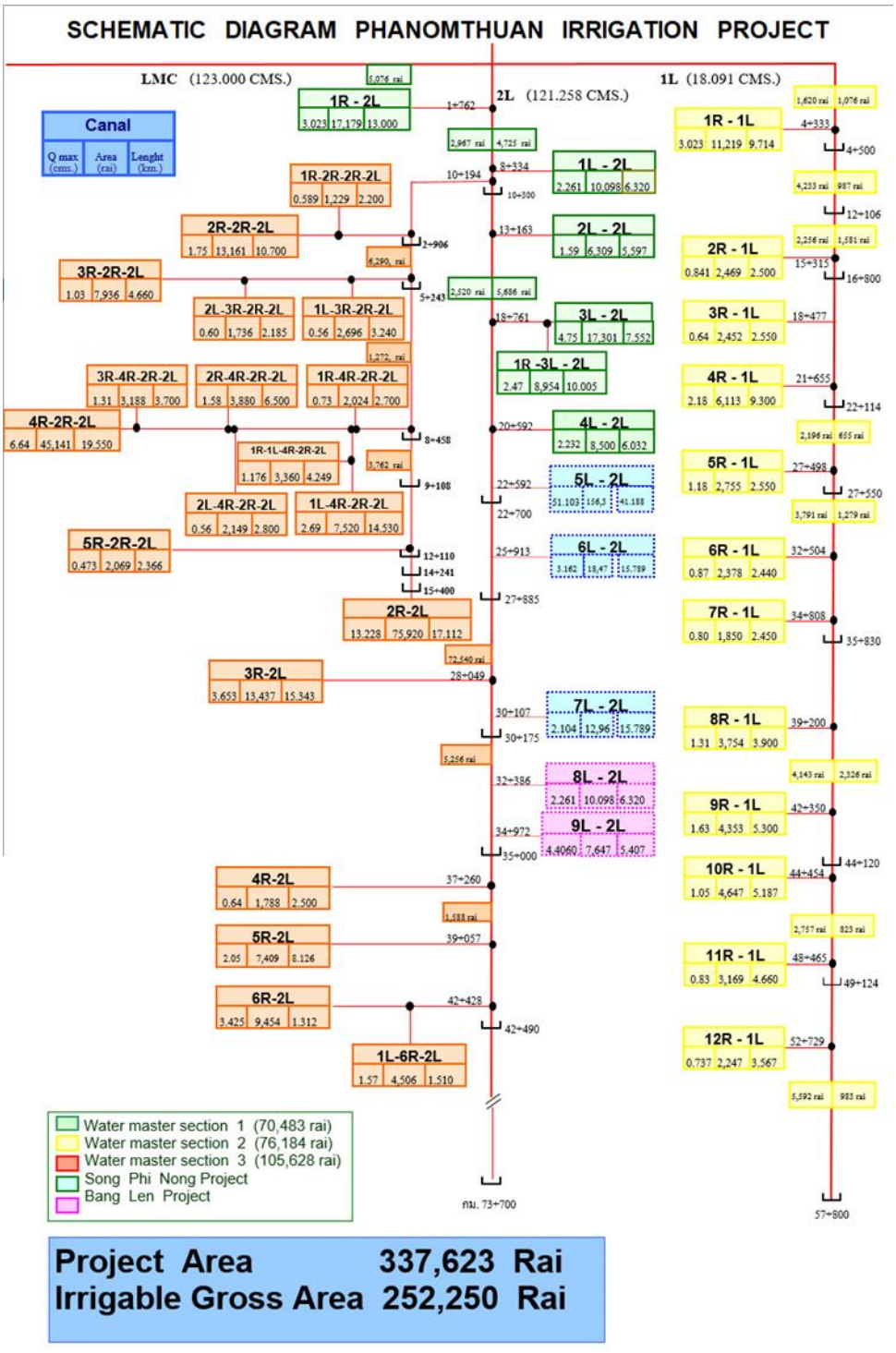
จังหวัดสุพรรณบุรี ครอบคลุมพื้นที่ 2 อำเภอ คือ

- อำเภออู่ทอง ครอบคลุมพื้นที่ 1 ตำบล คือ ตำบลจรเข้สามพัน
- อำเภอสองพี่น้อง ครอบคลุมพื้นที่ 1 ตำบล คือ ตำบลบ่อสุพรรณ



รูปผนวกที่ ก1 แผนที่แสดงที่ตั้งโครงการ

การแบ่งส่วนงาน แบ่งออกเป็น 1 งาน 6 ฝ่าย มีงานบริหารทั่วไป ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายจัดสรรน้ำและปรับปรุงระบบชลประทาน ฝ่ายช่างกล ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 ที่ตั้ง ตำบลทุ่งทอง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี มีพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำทั้งหมด 85,498 ไร่ พื้นที่ชลประทาน 70,438 ไร่ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 ที่ตั้ง ตำบลพนมทวน อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี มีพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำทั้งหมด 104,446 ไร่ พื้นที่ชลประทาน 76,184 ไร่ และฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 ที่ตั้ง ตำบลดอนเจดีย์ อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี พื้นที่ฝ่ายส่งน้ำทั้งหมด 144,619 ไร่ พื้นที่ชลประทาน 105,628 ไร่



รูปผนวกที่ ก2 แผนที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน

ประวัตินิสิต

1. นางสาวจีระนันท์ ห้วยหงษ์ทอง เลขประจำตัวนิสิต 5920500336

ภาควิชาวิศวกรรมวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน 48 หมู่ 10 ตำบลวังน้ำเขียว อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
โทรศัพท์ ที่บ้าน - โทรศัพท์เคลื่อนที่ 086-4984851
E-mail : Jeeranan.h@ku.th

ระดับการศึกษา : ปริญญาตรี

คุณวุฒิการศึกษา	จากโรงเรียน/สถาบัน	ปีการศึกษาที่จบ
มัธยมศึกษาตอนปลาย	กำแพงแสนวิทยา	2558
มัธยมศึกษาตอนต้น	กำแพงแสนวิทยา	2555

2. ชื่อ-นามสกุลชนัตถ์นิธิป เอกธนินท์ธร เลขประจำตัวนิสิต 5920503068

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่อยู่ปัจจุบัน 122/1 หมู่ 1 ตำบลทุ่งทอง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี

โทรศัพท์ ที่บ้าน - โทรศัพท์เคลื่อนที่.086-1744663

E-mail : chanutnitip4328@gmail.com

ระดับการศึกษา : ปริญญาตรี

คุณวุฒิการศึกษา	จากโรงเรียน/สถาบัน	ปีการศึกษาที่จบ
มัธยมศึกษาตอนปลาย	วิสุทธรังษี	2558
มัธยมศึกษาตอนต้น	วีรศิลป์	2555