



## โครงการ การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ	ระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม Water supply predicting system in Chi river from satellite images
ชื่อนิสิต	นางสาวกัญฐิกา สร้อยเพชรคุณ เลขประจำตัวนิสิต 6033605923
ภาควิชา	คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม

นางสาวกัญฐิกา สร้อยเพชรคุณ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์  
คณะวิทยาศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2563  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Water supply predicting system in Chi river from satellite images

Kantika Soipetchakoon

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Bachelor of Science Program in Computer Science

Department of Mathematics and Computer Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อโครงการ

ระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม

โดย

นางสาวกัญฐิกา สร้อยเพชรคุณ

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภควรรณ ปักซี่

อาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติ ให้นำโครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต ในรายวิชา 2301499 โครงการวิทยาศาสตร์ (Senior Project)



.....  
(ศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะ เนียมมณี)

หัวหน้าภาควิชาคณิตศาสตร์  
และวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงการ

**ภควรรณ ปักซี่**

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภควรรณ ปักซี่)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก



.....  
(อาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม

**จรูญ งามจิตต์วัฒนา**

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.จรูญ งามจิตต์วัฒนา)

กรรมการ

**วิมลรัตน์ งามอร่ามราษฎร์**

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ งามอร่ามราษฎร์)

กรรมการ

กัญฐิกา สร้อยเพชรคุณ: ระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม (Water supply predicting system in Chi river from satellite images) อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภควรรณ ปักซี่, อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม: อาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง, 64 หน้า

โครงการระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียมมีวัตถุประสงค์เพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณแม่น้ำชีจากดาวเทียม Sentinel-1 และ Sentinel-2 และคัดเลือกภาพถ่ายดาวเทียมที่สมบูรณ์ นำไปจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-Mean) เพื่อแยกบริเวณพื้นที่ที่เป็นน้ำและบริเวณพื้นที่ที่ไม่ใช่้ำออกจากกัน จากนั้นทำความสะอาดข้อมูลด้วยวิธีแยกบริเวณภาพเพื่อพิจารณาพื้นที่น้ำเฉพาะบริเวณแม่น้ำชี โดยไม่พิจารณาพื้นที่บริเวณอื่น และประมาณค่าปริมาณน้ำด้วยการนับจำนวนพิกเซล (Pixel) สีน้ำเงิน (บริเวณพื้นน้ำ) โดยข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้จะนำไปผ่านการนอร์มัลไลเซชัน (Normalization) เพื่อปรับสเกลข้อมูล และประมวลผลข้อมูลด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน (Gaussian Process Regression: GPR) เพื่อสร้างกราฟสำหรับทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า วิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน สามารถสร้างกราฟเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในระยะสั้นของข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิภาพกราฟทำนายได้เป็นแนวโน้มที่ถูกต้อง และสามารถช่วยในการวิเคราะห์สถานการณ์น้ำที่เกิดขึ้นได้

ภาควิชา คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์  
สาขาวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์

ลายมือชื่อนิสิต **กัญฐิกา สร้อยเพชรคุณ**  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก **ภควรรณ ปักซี่**  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม **พงศ์เทพ ทองแสง**

# 6033605923: MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORDS : GAUSSIAN PROCESS REGRESSION / PREDICTION / WATER SUPPLY

KANTIKA SOIPETCHAKOON : WATER SUPPLY PREDICTING SYSTEM IN CHI RIVER FROM SATELLITE IMAGES. ADVISOR : ASST. PROF. PAKAWAN PUGSEE, Ph.D. CO-ADVISOR : PONGTHEP THONGSANG, Ph.D., 64 pp.

The topic of the project is "Water supply predicting system in the Chi River from satellite images". The objective of this project is to predict the water supply in Chi river from satellite images. The project uses Chi river satellite images from Sentinel-1 and Sentinel-2 for predicting water supplies and selecting only satellite images with clear views. Then, k-mean clustering is used to identify between water and non-water areas. After that, data cleansing is provided by image segmentation for separating only Chi river areas from other areas. Blue pixels (water surface areas) are also counted to estimate water volumes. Next, normalization is applied to the data for making data to be the same scale. Last, the data is processed by Gaussian Process Regression (GPR) to create the waterbody trend predicting graph. The results of this project indicate that the waterbody trend predicting graph generating by GPR can predict the waterbody trend in the short term of testing data and analyzing the water situation that could occur.

Department : ~~Mathematics and Computer Science~~ Student's Signature **KANTIKA S.**.....

Field of Study : ~~Computer Science~~ Advisor's Signature *Pakawan Pugsee*.....

Academic Year : 2020 Co-advisor's Signature *Pongthep Thongsang*.....

## กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินโครงการรายวิชา 2301499 Senior Project ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทั้งนี้เพราะได้รับความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคลากรต่าง ๆ เป็นอย่างดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภควรรณ ปักซี่ และอาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ให้ความกรุณาให้โอกาส ให้คำปรึกษา และคอยช่วยเหลือตั้งแต่ตลอดเริ่มโครงการ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคณะกรรมการทั้งสองท่าน รองศาสตราจารย์ ดร.จารุโลจน์ จงสถิตย์วัฒนา และรองศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ งามอร่ามวางกูร ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะ ทำให้เกิดโครงการสามารถพัฒนาได้สมบูรณ์

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ รุ่น 25 สำหรับความช่วยเหลือเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณความกรุณาอย่างยิ่งจากทุกท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้นรวมถึงบุคคลอื่นที่อาจไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้สำหรับความช่วยเหลือ และคำแนะนำซึ่งส่งผลให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน.....	2
1.5 ตารางเวลาการดำเนินงาน.....	3
1.6 รายละเอียดการประมวผล.....	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.7.1 ประโยชน์ต่อตัวนิสิตที่ทำโครงการ.....	5
1.7.2 ประโยชน์ที่ได้จากโครงการที่พัฒนาขึ้น.....	5
1.8 โครงสร้างของรายงาน.....	6
บทที่ 2 หลักการและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 สภาพภูมิประเทศของกลุ่มแม่น้ำชี.....	7
2.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS).....	8
2.3 ระบบพิกัดในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	8
2.4 โครงการ Sentinel-2.....	9
2.5 การจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-mean clustering).....	10



2.6	การถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน (Gaussian process regression)	10
2.7	เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาโครงการ	12
2.7.1	Earth Engine	12
2.7.2	Visual Studio Code	12
2.7.3	Amazon Web Services	12
2.7.4	Scikit-learn	12
2.7.5	Pymc3	13
2.7.6	Matplotlib	13
บทที่ 3	การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล	14
3.1	การเก็บข้อมูล	14
3.2	การวิเคราะห์ข้อมูล	17
บทที่ 4	การพัฒนาโครงการและการอภิปรายผลการทำนาย	20
4.1	การนอร์มัลไลเซชัน (Normalization)	20
4.2	การประมวลผลด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน	21
4.2.1	การตั้งค่าพารามิเตอร์	21
4.2.2	การคำนวณค่าและการสร้างกราฟการทำนายปริมาณน้ำ	21
4.3	การวิเคราะห์ผลการสร้างกราฟทำนาย	23
4.4	การอภิปรายผลการสร้างกราฟทำนาย	26
4.4.1	สถานการณ์น้ำท่วม	27
4.4.2	ปัญหาภัยแล้ง	27
4.5	ประสิทธิภาพการทำนายของระบบ	28
4.6	ข้อจำกัดของระบบ	29
บทที่ 5	การสรุปผลและข้อเสนอแนะ	30
5.1	การสรุปผล	30

5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	30
5.3 วิธีการแก้ปัญหา .....	30
เอกสารอ้างอิง.....	32
ภาคผนวก .....	34
ภาคผนวก ก แบบเสนอหัวข้อโครงการ รายวิชา 2301399 Project Proposal ปีการศึกษา 2563.....	35
ภาคผนวก ข ตารางแสดงข้อมูลปริมาณน้ำจากการนับพิกเซลพื้นที่น้ำในภาพ.....	42
ประวัติผู้จัดทำ.....	53

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดแถบสเปกตรัมแต่ละแถบและความละเอียดเชิงพื้นที่ของดาวเทียม Sentinel-2.....	9
--	---

# สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในโครงการ.....	4
ภาพที่ 1.2 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน.....	5
ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างสัญลักษณ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	8
ภาพที่ 3.1 ขอบเขตพื้นที่ที่ศึกษา.....	15
ภาพที่ 3.2 รายละเอียดพิกัดขอบเขตพื้นที่ศึกษาด้วยเทคนิคการสร้างโพลีกอน.....	15
ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างโค้ดการกำหนดค่าในการเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม.....	15
ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างภาพพื้นที่บริเวณลุ่มแม่น้ำชีที่ชัดเจน.....	16
ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างภาพพื้นที่บริเวณลุ่มแม่น้ำชีที่ไม่ชัดเจน.....	16
ภาพที่ 3.6 ภาพจากการประมวลผลเคมีน.....	17
ภาพที่ 3.7 ภาพหลังจากการทำความสะอาดข้อมูล.....	18
ภาพที่ 3.8 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้จากการนับจำนวนพิกเซล 334 ข้อมูลที่ใช้ในโครงการ.....	19
ภาพที่ 4.1 โค้ดการนอร์มัลไลเซชันของข้อมูลทั้ง 334 ข้อมูลในโครงการ.....	20
ภาพที่ 4.2 ผลลัพธ์ของการนอร์มัลไลเซชันข้อมูลในโครงการ.....	20
ภาพที่ 4.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ.....	21
ภาพที่ 4.4 โค้ดการคำนวณค่าและการสร้างกราฟการทำนายปริมาณน้ำที่ใช้ในโครงการ.....	22
ภาพที่ 4.5 ผลการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม.....	22
ภาพที่ 4.6 สมการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง.....	23
ภาพที่ 4.7 กราฟทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม.....	24
ภาพที่ 4.8 พื้นที่แถบสีแดงบนกราฟที่มีลักษณะกว้างจากข้อมูลระหว่างช่วงข้อมูลที่ 0 ถึง 37.....	24
ภาพที่ 4.9 พื้นที่แถบสีแดงบนกราฟที่มีลักษณะแคบจากข้อมูลระหว่างช่วงข้อมูลที่ 59 ถึง 89.....	25
ภาพที่ 4.10 เส้นกราฟทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำ.....	26
ภาพที่ 4.11 ข้อมูลปริมาณน้ำตามช่วงเวลาและปี.....	26
ภาพที่ 4.12 รูปแบบกราฟที่แสดงสถานการณ์น้ำที่เกิดขึ้นในกราฟทำนาย.....	27
ภาพที่ 4.13 กราฟทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีเปรียบเทียบกับข้อมูลวัดประสิทธิภาพ จำนวน 12 ข้อมูล.....	28
ภาพที่ 4.14 ตัวอย่างโค้ดการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง.....	28

# บทที่ 1

## บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาของโครงการระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยเริ่มจากความเป็นมาและเหตุผล วัตถุประสงค์ขอบเขตของโครงการ ขั้นตอนการดำเนินงาน และประโยชน์ที่ได้รับตามลำดับ

### 1.1 หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันได้มีหลายหน่วยงานที่คอยเฝ้าระวังระดับน้ำในบริเวณลุ่มแม่น้ำชี และมีอีกหลายหน่วยงานที่คอยบริหารจัดการและจัดสรรทรัพยากรน้ำ เพื่อนำไปใช้สอยให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับประชาชนในยามขาดแคลน อีกทั้งปัญหาทางการเกษตรที่พบได้บ่อย ไม่ว่าจะเป็นภัยแล้งที่ทำให้ผลผลิตไม่เป็นไปตามต้องการ หรืออุทกภัยที่ทำให้ผลผลิตของเกษตรกรบริเวณลุ่มแม่น้ำชีได้รับความเสียหาย ปัญหาในส่วนนี้จะส่งผลกระทบต่อเกษตรกรเป็นอย่างมาก ดังนั้นการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่ดีและมีประสิทธิภาพจะส่งผลที่ดีต่อภาคการเกษตรของประเทศ อีกทั้งยังช่วยให้เกิดการป้องกันปัญหาที่จะส่งผลกระทบต่อประชาชนได้ด้วย หากสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีได้ จะช่วยทำให้ภาครัฐวางแผนการจัดการและจัดสรรน้ำในระยะยาวได้ดีขึ้น

วิธีการปกติโดยทั่วไปที่ใช้ประมาณการปริมาณน้ำ คือ การนำภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photographs) หรือภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Images) มาใช้ระบุปริมาณน้ำและทำนายปริมาณน้ำในอนาคต โดยวิธีนี้ ต้องใช้ความสามารถของบุคลากรที่มีประสบการณ์ และมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ผู้พัฒนาจึงจะออกแบบระบบอัตโนมัติที่สามารถทำนายปริมาณน้ำจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมทางธรณีวิทยาด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งเป็นวิธีที่ดีกว่าวิธีเดิม ไม่จำเป็นต้องใช้บุคลากรผู้เชี่ยวชาญโดยเฉพาะ และทำให้ลดงบประมาณด้านบุคลากรลงได้

จากการศึกษาเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่สามารถนำมาประยุกต์ในการทำนายปริมาณน้ำโดยวิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียมทางธรณีวิทยา มีเทคนิคหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่อง แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) ที่ใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) ที่น่าสนใจ คือ K-Means เพราะเป็นวิธีที่เข้าใจง่าย สามารถนำมาใช้แยกข้อมูลที่มีจำนวนกลุ่มน้อย แต่มีปริมาณข้อมูลจำนวนมากได้ จึงคาดว่าจะนำมาใช้ได้จริงกับข้อมูลในโครงการนี้ เพื่อแยกบริเวณพื้นที่ที่เป็นน้ำและบริเวณพื้นที่ที่ไม่ใช่น้ำออกจากกัน จากที่ได้ศึกษางานวิจัย [1]-[2] พบว่า การจำแนกบริเวณพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันในภาพถ่ายดาวเทียม เช่น สิ่งก่อสร้าง (Built-Up) พื้นที่การเกษตร (Farmland) ป่า (Forest) พื้นน้ำ (Water) และพื้นที่อื่น ๆ ออกจากกัน โดยใช้ K-Means ให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำมาก อีกทั้งจากงานวิจัย [3] มีการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component

Analysis: PCA) ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมนำมาใช้ร่วมกับ K-Means ในการจัดกลุ่มของข้อมูลในกระบวนการเตรียมข้อมูล (Pre-Processing) โดยลดคุณลักษณะของข้อมูลที่ซ้ำซ้อน (Redundant Feature) และตัดคุณลักษณะของข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Irrelevant Feature) ออก เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการจัดกลุ่มข้อมูล ทำให้การแบ่งพื้นที่ในภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่ที่เป็นน้ำและไม่ใช่ น้ำออกจากกันมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

และอีกเทคนิคหนึ่ง คือ การถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน (Gaussian Process Regression) [4]-[6] พบว่า กระบวนการเกาส์เซียนเป็นวิธีการทำนายค่าตอบจากการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของข้อมูล ที่ให้ข้อมูลเชิงตัวเลข (Numerical Data) และให้ผลลัพธ์ที่สามารถระบุความคลาดเคลื่อนของค่าตอบได้ จึงจะใช้วิธีการนี้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในลุ่มแม่น้ำชี

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบวิธีการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในลุ่มแม่น้ำชี
2. เพื่อพัฒนาระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในลุ่มแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาภาพถ่ายบริเวณลุ่มแม่น้ำชีเท่านั้น
2. ในโครงการสมมติให้มีระดับความลึกเฉลี่ยของแม่น้ำชีเท่ากัน เพื่อให้มีระดับน้ำเท่ากัน

## 1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาบทความที่เกี่ยวข้องและวางแผนการดำเนินงาน
2. เก็บรวบรวมและคัดเลือกข้อมูล เพื่อใช้ในการออกแบบระบบ โดยดาวเทียมภาพถ่ายดาวเทียมของบริเวณที่ต้องการผ่าน Google Earth Engine
3. จัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีนและทำความสะอาดข้อมูล
4. ประมาณค่าปริมาณน้ำด้วยการนับจำนวนพิกเซลบนภาพถ่ายดาวเทียม
5. ประมวลผลด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน
6. วิเคราะห์และอภิปรายผลการสร้างกราฟทำนาย
7. จัดทำเอกสารประกอบโครงการ

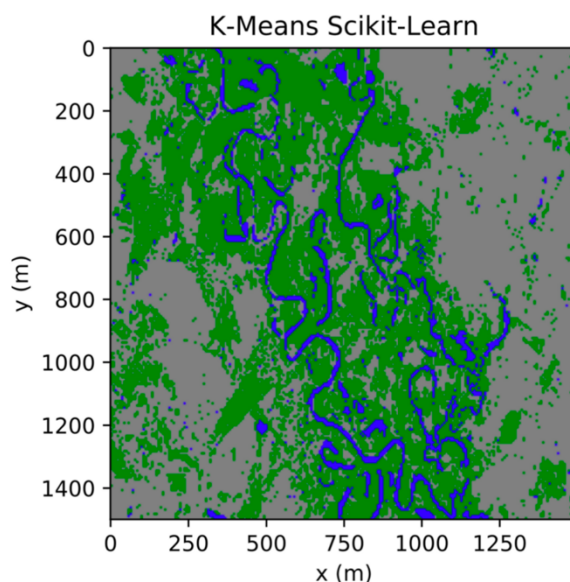
## 1.5 ตารางเวลาการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี 2563				ปี 2564							
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
ศึกษาบทความที่เกี่ยวข้องและวางแผนการดำเนินงาน	√	√										
เก็บรวบรวมและคัดเลือกข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบระบบ โดยดาวเทียมโพลดภาพถ่ายดาวเทียมของบริเวณที่ต้องการผ่าน Google Earth Engine		√	√									
จัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีนและทำความสะอาดข้อมูล			√	√								
ประมาณค่าปริมาณน้ำด้วยการนับจำนวนพิกเซลบนภาพถ่ายดาวเทียม			√	√								
ประมวลผลด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน				√	√	√	√					
วิเคราะห์และอภิปรายผลการสร้างกราฟทำนาย							√	√				
จัดทำเอกสารประกอบโครงการ									√	√	√	√

## 1.6 รายละเอียดการประมวลผล

**ขั้นตอนที่ 1** นำภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียม Sentinel-2 มาสร้างภาพเป็นกราฟที่แสดงสีในรหัสของ RGB เป็นข้อมูลแบบ 12 มิติ แสงสี (12 light/color band) โดยใช้ไลบรารี opensource ชื่อว่า matplotlib และเขียนโปรแกรมภาษาไพทอน (Python) เพิ่มเติมเป็น ฟังก์ชัน plot\_RGB และฟังก์ชัน plot\_scatter โดยอาจารย์พงศ์เทพ ทองแสง สำหรับเลือกเฉพาะกราฟใน 3 มิติแสงสี ได้แก่ แสงสีฟ้า แสงสีเขียว และแสงสีแดง มารวมกัน เพื่อให้ได้กราฟการกระจายตัวของข้อมูล (data scattering) และนำมาจัดกลุ่มข้อมูล (clustering) ตามวิธี K-means โดยใช้ฟังก์ชัน sklearn.cluster ของ Scikit learn ผลลัพธ์ที่ได้จาก

ขั้นตอนนี้ คือ ภาพถ่ายดาวเทียมที่เห็นแยกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ พื้นดิน (สีเทา) พื้นน้ำ (สีน้ำเงิน) และต้นไม้ (สีเขียว) ดังภาพที่ 1.1

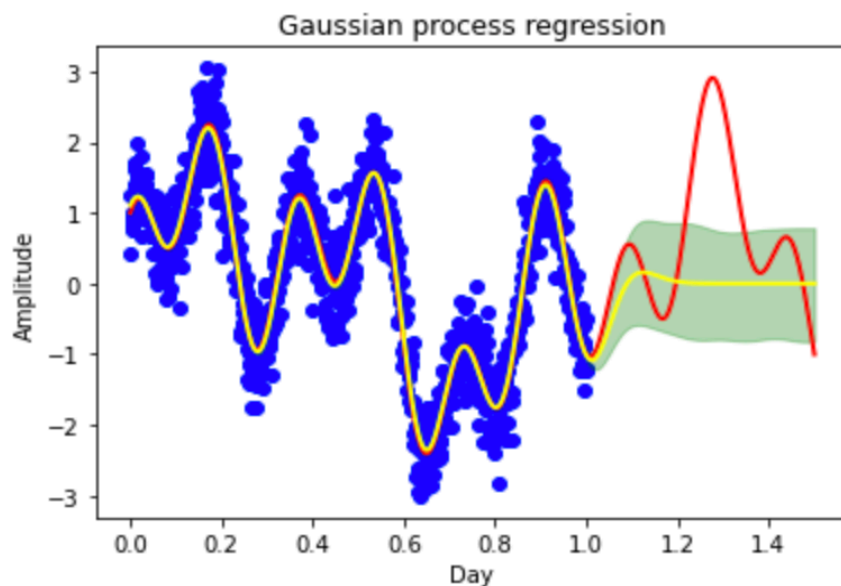


ภาพที่ 1.1 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในโครงการ

**ขั้นตอนที่ 2** นับจำนวนพิกเซล (pixel) สีน้ำเงินในภาพถ่ายดาวเทียม และคำนวณปริมาณน้ำจากแต่ละภาพ (water surface) ตามค่ามาตรฐานทางธรณีวิทยาและเฟรมเวลาที่กำหนด และนำค่าปริมาณน้ำที่ได้สร้างกราฟเทียบกับเฟรมเวลา (time slot) เพื่อให้ได้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (time series data) ดังจุดข้อมูลสีน้ำเงินในภาพด้านล่าง ซึ่งงานวิจัยทางธรณีวิทยาพบว่า ปริมาณน้ำมักจะเปลี่ยนแปลงเป็นรอบ (cycle) ที่ซ้ำกัน ซึ่งระยะเวลาแต่ละรอบนั้นขึ้นกับข้อมูลจากแต่ละพื้นที่ โดยในโครงการนี้คาดว่าหนึ่งรอบการวนซ้ำคือ 1 ปี ดังนั้นจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำประมาณ 2 ปี ในการศึกษาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการทำนายปริมาณน้ำ ซึ่งการเก็บข้อมูลจริงในโครงการนี้จะรวบรวมทั้งหมด 3 ปี ตั้งแต่ปี 2018 ถึงปี 2020 ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ ข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้จากการนับจำนวนพิกเซลบนภาพในแต่ละช่วงเดือนของแต่ละปี

**ขั้นตอนที่ 3** เขียนโปรแกรมโดยอาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง ในการปรับค่าพารามิเตอร์ (fine tune) และปรับแต่งโปรแกรม (modify code) ในการสร้างกราฟด้วยฟังก์ชันสมการการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน ที่ให้กราฟใกล้เคียงกับข้อมูลปริมาณน้ำตามอนุกรมเวลา ดังเส้นกราฟสีเหลืองในภาพที่ 1.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ กราฟที่เป็นโมเดลการทำนายปริมาณน้ำจากค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด





ภาพที่ 1.2 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์และอภิปรายผลการทำนายปริมาณน้ำตามกราฟที่เป็นโมเดลการทำนาย

## 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

### 1.7.1 ประโยชน์ต่อตัวนิสิตที่ทำโครงการ

1. ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูล และเรียนรู้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมทางธรณีวิทยา
2. ได้รับประสบการณ์และทักษะการพัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อทำนายคำตอบที่ต้องการ

### 1.7.2 ประโยชน์ที่ได้จากโครงการที่พัฒนาขึ้น

1. ได้ระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในบริเวณลุ่มแม่น้ำชี เพื่อการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ได้ระบบวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ทำได้โดยอัตโนมัติ ทำให้ลดต้นทุนด้านเวลาและจำนวนบุคลากร
3. ผู้ที่สนใจสามารถทราบข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในบริเวณลุ่มแม่น้ำชี ล่วงหน้าที่เป็นประโยชน์ได้

## 1.8 โครงสร้างของรายงาน

สำหรับเนื้อหาในโครงงานฉบับนี้ จะประกอบไปด้วยเนื้อหา 5 บท ดังนี้

บทที่ 1 จะกล่าวถึงบทนำในภาพรวมของโครงงาน สาเหตุและความเป็นมา วัตถุประสงค์ ขอบเขต ขั้นตอน รวมถึงประโยชน์ที่ได้รับ

บทที่ 2 จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานที่ใช้ในการพัฒนาระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม

บทที่ 3 จะกล่าวถึงการเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 4 จะกล่าวถึงการพัฒนาโครงงานและอภิปรายผลการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม

บทที่ 5 จะกล่าวถึงการสรุปผลที่ได้จากการพัฒนาระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม ปัญหาและอุปสรรคที่พบขณะดำเนินงาน และวิธีแก้ไขปัญหา

## บทที่ 2

### หลักการและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณในกลุ่มแม่น้ำซี จากภาพถ่ายดาวเทียม

#### 2.1 สภาพภูมิประเทศของกลุ่มแม่น้ำซี

กลุ่มแม่น้ำซี [7] ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีความยาวประมาณ 830 กิโลเมตร และมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขต 14 จังหวัด ได้แก่ ชัยภูมิ ขอนแก่น หนองบัวลำภู อุดรธานี มหาสารคาม นครราชสีมา เลย เพชรบูรณ์ กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี ศรีสะเกษ และมุกดาหาร

สภาพภูมิประเทศของกลุ่มแม่น้ำซีประกอบไปด้วยเทือกเขาสูงทางทิศตะวันออกและทิศเหนือ คือ เทือกเขาภูพาน ทิศตะวันตกคือเทือกเขาดงพญาเย็นซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำซีและแม่น้ำสายย่อยที่สำคัญหลายสาย ส่วนพื้นที่ตอนกลางเป็นที่ราบและมีเนินเล็กน้อยทางตอนใต้ของแม่น้ำ ลำน้ำสายหลัก คือ แม่น้ำซี และมีลำน้ำสายย่อยที่สำคัญ คือ น้ำพรม น้ำพอง น้ำเชิญ ลำปาว และน้ำยัง

แม่น้ำซีมีต้นกำเนิดมาจากยอดเขาในแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์ ในเขตอำเภอเกษตรสมบูรณ์ จังหวัดชัยภูมิ ไหลลงมาจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ผ่านอำเภอจัตุรัส และอำเภอเมืองชัยภูมิ แล้วไหลย้อนขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือผ่านอำเภอกอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ อำเภอเมืองจตุรัส อำเภอเมืองขอนแก่น และย้อนกลับลงมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ผ่านอำเภอโกสุมพิสัย อำเภอเมืองมหาสารคาม อำเภอเสลภูมิ อำเภอพนมไพร จังหวัดร้อยเอ็ด อำเภอเมืองยโสธร อำเภอมหาชนะชัย จังหวัดยโสธร และอำเภอเชียงใน จังหวัดอุบลราชธานี โดยไหลลงมาบรรจบกับแม่น้ำมูลที่อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปในเขตพื้นที่กลุ่มแม่น้ำซี ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในแต่ละปีจะได้รับอิทธิพลจากลมพายุดีเปรสชัน (depression storm) ที่พัดมาจากทะเลจีนใต้ทำให้มีฝนตกหนักในฤดูฝน อิทธิพลของลมมรสุมทั้งสองทำให้เกิดฤดูกาล 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่ประมาณกลางเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์

และฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม

## 2.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [8] เป็นกระบวนการของการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ได้แก่ ฮาร์ดแวร์ (hardware) ซอฟต์แวร์ (software) และข้อมูลทางภูมิศาสตร์ในการเสริมสร้างประสิทธิภาพของการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์ข้อมูล ให้แสดงผลทุกรูปแบบของสารสนเทศที่สามารถอ้างอิงตำแหน่งบนพื้นโลก เพื่อแสดงลักษณะทางกายภาพของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นโลก เช่น ถนน แม่น้ำ ภูเขา อาคาร สถานที่ สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม ระดับความสูงหรือความลึก โดยอาศัยลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ

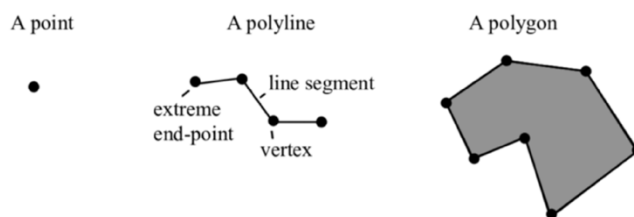
ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน คือ

1. ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) ได้แก่ จุด (point) เส้น (line) และ โพลีกอน (polygon)
2. ข้อมูลเชิงบรรยาย (attribute data) เป็นข้อมูลที่อธิบายถึงลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งข้อมูลทั้งสองจะต้องมีความสัมพันธ์กันจึงจะเป็นข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยผู้พัฒนาได้เลือกศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่ เนื่องจากต้องการทราบถึงตำแหน่งที่ตั้งของบริเวณแม่น้ำซึ่งบนภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อนำไปพัฒนาระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณในแม่น้ำชี

## 2.3 ระบบพิกัดในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ข้อมูลเชิงพื้นที่ ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [9] มีสัญลักษณ์ได้ 3 รูปแบบ คือ

1. จุด ตัวอย่างเช่น จุดตัดของถนน จุดตัดของแม่น้ำ
2. เส้น ตัวอย่างเช่น ถนน ลำคลอง แม่น้ำ
3. โพลีกอน คือ พื้นที่หรือรูปเส้นปิดที่มีจุดเริ่มต้นและจุดปลายเป็นจุดเดียวกัน ตัวอย่างเช่น พื้นที่เพาะปลูกพืช พื้นที่ป่า ขอบเขตอำเภอ ขอบเขตจังหวัด



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างสัญลักษณ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ที่มา <https://www.researchgate.net>

เนื่องจากผู้พัฒนาจำเป็นต้องทราบถึงตำแหน่งที่ตั้งของบริเวณแม่น้ำชีบนภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อนำไประบุขอบเขตของพื้นที่ที่ศึกษาอย่างชัดเจนในโครงการที่พัฒนาขึ้นจึงเลือกโพลีกอนที่เป็นรูปเส้นปิดในการกำหนดบริเวณพื้นที่สำหรับการพัฒนาระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชี

## 2.4 โครงการ Sentinel-2

Sentinel-2 [10] เป็นโครงการดาวเทียมสำรวจทรัพยากรของ EU Copernicus Programme โดยดำเนินการภายใต้การดูแลของ European Space Agency ปัจจุบันมีดาวเทียม 2 ดวง ที่ทำการสำรวจเก็บข้อมูลร่วมกัน คือ Sentinel-2A และ Sentinel-2B ถูกปล่อยในปี 2014-2015 โดยดาวเทียมทั้ง 2 ดวงนี้เป็นดาวเทียมคู่แฝด ที่มีระดับความละเอียด 10 เมตร สามารถบันทึกข้อมูลภาพครอบคลุมทั่วโลก ทั้งภาคพื้นดินและมหาสมุทร และมีรอบการบันทึกข้อมูลทุก 5-7 วัน

ผู้พัฒนาสามารถดาวน์โหลดไฟล์ภาพของโครงการ Sentinel-2 ได้ผ่านเครื่องมือในการดาวน์โหลดภาพถ่ายดาวเทียมที่เรียกว่า Earth Engine ข้อมูลจากดาวเทียม จะแสดงออกมาในรูปแบบสเปกตรัม ซึ่งเป็นวิธีการเดียวกันกับการรับแสงของตามนุษย์ โดยแต่ละรูปภาพนั้นจะถูกแยกจากกันโดยแถบสเปกตรัมของแต่ละรูป ดังตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของแถบสเปกตรัม (band) และความละเอียดเชิงพื้นที่ (resolution) ของดาวเทียม Sentinel-2

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดแถบสเปกตรัมแต่ละแถบและความละเอียดเชิงพื้นที่ของดาวเทียม Sentinel-2

Band	Resolution	Central Wavelength	Description
B1	60 m	443 nm	Ultra blue (Coastal and Aerosol)
B2	10 m	490 nm	Blue
B3	10 m	560 nm	Green
B4	20 m	665 nm	Red
B5	20 m	705 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B6	20 m	740 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B7	10 m	783 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B8	20 m	842 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B9	60 m	865 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B10	60 m	940 nm	Short Wave Infrared (SWIR)
B11	20 m	1375 nm	Short Wave Infrared (SWIR)
B12	20 m	1610 nm	Short Wave Infrared (SWIR)

ที่มา [https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS\\_S2\\_SR](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_SR)

## 2.5 การจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-mean clustering)

การจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน [1]-[2][11] เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีขั้นตอนการทำงานที่ไม่ซับซ้อน และเข้าใจได้ง่าย โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นจากการกำหนดค่า K หรือจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ต้องการ
- ขั้นตอนที่ 2 สุ่มวางตำแหน่งจุดศูนย์กลางของข้อมูลแต่ละกลุ่ม หรือเซ็นทรอยด์ (centroid)
- ขั้นตอนที่ 3 ทหาระยะห่างระหว่างจุดข้อมูล และจุดเซ็นทรอยด์ หากจุดข้อมูลใดอยู่ใกล้จุดเซ็นทรอยด์ของกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งมากกว่า ให้ถือว่าเป็นสมาชิกของกลุ่มนั้น
- ขั้นตอนที่ 4 หลังจากทำการจัดกลุ่มข้อมูลใหม่แล้วทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของสมาชิกในกลุ่ม เพื่อกำหนดเป็นจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลใหม่
- ขั้นตอนที่ 5 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 ถึง 4 จนกระทั่งค่าจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลใหม่ได้ค่าไม่ต่างหรือต่างเพียงเล็กน้อยจากค่าจุดศูนย์กลางรอบก่อนหน้า

## 2.6 การถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน (Gaussian process regression)

ในโครงงานนี้ผู้พัฒนาออกแบบวิธีการที่ช่วยลดความซับซ้อนของข้อมูลและหลีกเลี่ยงความผิดปกติของข้อมูลที่ต่างกันมากเกินไป ด้วยการนอร์มัลไลเซชัน (normalization) เพื่อปรับสเกล (scale) ของข้อมูลให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน ทำให้ช่วงความห่างระหว่างข้อมูลแคบลง ก่อนนำเข้าสู่การถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณ

การถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน [12] สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในลุ่มแม่น้ำซี จากข้อมูลปริมาณน้ำเดิมที่เป็นข้อมูลก่อนหน้า การถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนมีขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญ คือ การปรับพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับข้อมูลที่มีเพื่อให้ได้กราฟการทำนายค่าที่แม่นยำ แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในลุ่มแม่น้ำซีมีหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดความแปรปรวน เช่น สภาพอากาศ ภาวะโลกร้อน และปัจจัยที่เกิดจากมนุษย์ จึงมีการใช้วิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนในการทำนายที่มีข้อมูลรบกวน (predictions with noisy observations) โดยอธิบายดังต่อไปนี้

$$y = f(\mathbf{x}) + \epsilon.$$

สมการที่ 2.1 การหาค่าฟังก์ชันที่มีข้อมูลรบกวน

โดย  $\epsilon$  คือ ข้อมูลรบกวน

จากสมมติฐานที่ว่าข้อมูลรบกวนในกระบวนการเกาส์เซียนมีการแจกแจงที่เป็นอิสระต่อกัน (distributed Gaussian noise) ด้วยความแปรปรวน  $\sigma_n^2$  จึงได้สมการการหาค่าฟังก์ชันที่มีข้อมูลรบกวน โดยพิจารณาจากค่าก่อนหน้า (the prior on the noisy observations) ดังสมการที่ 2.2

$$\text{cov}(\mathbf{y}) = \mathbf{K}(\mathbf{X}, \mathbf{X}) + \sigma_n^2 \mathbf{I}.$$

สมการที่ 2.2 การหาค่าฟังก์ชันที่มีข้อมูลรบกวนโดยพิจารณาจากค่าก่อนหน้า

การแจกแจงร่วม (joint distribution) ระหว่างค่า  $\mathbf{y}$  กับ ค่า  $\mathbf{f}^*$  (ค่าฟังก์ชันที่มีข้อมูลรบกวน โดยพิจารณาจากค่าก่อนหน้า) จึงได้สมการการแจกแจงร่วม ดังสมการที่ 2.3

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ \mathbf{f}_* \end{bmatrix} \sim \mathcal{N} \left( \mathbf{0} \begin{bmatrix} \mathbf{K}(\mathbf{X}, \mathbf{X}) + \sigma_n^2 \mathbf{I} & \mathbf{K}(\mathbf{X}, \mathbf{X}_*) \\ \mathbf{K}(\mathbf{X}_*, \mathbf{X}) & \mathbf{K}(\mathbf{X}_*, \mathbf{X}_*) \end{bmatrix} \right)$$

สมการที่ 2.3 การแจกแจงร่วมระหว่างค่า  $\mathbf{y}$  และ  $\mathbf{f}^*$

โดย  $N$  คือ จำนวนข้อมูล

จากสมการทั้งหมดที่ได้ยกมาข้างต้น ทำให้ได้สมการสำหรับคำนวณการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนที่มีสัญญาณรบกวน ดังสมการที่ 2.4

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_* | \mathbf{X}, \mathbf{y}, \mathbf{X}_* &\sim \mathcal{N}(\bar{\mathbf{f}}_*, \text{cov}(\mathbf{f}_*)) \\ \bar{\mathbf{f}}_* &\triangleq \mathbb{E}[\mathbf{f}_* | \mathbf{X}, \mathbf{y}, \mathbf{X}_*] = \mathbf{K}(\mathbf{X}_*, \mathbf{X}) [\mathbf{K}(\mathbf{X}, \mathbf{X}) + \sigma_n^2 \mathbf{I}]^{-1} \mathbf{y} \\ \text{cov}(\mathbf{f}_*) &= \mathbf{K}(\mathbf{X}_*, \mathbf{X}_*) - \mathbf{K}(\mathbf{X}_*, \mathbf{X}) [\mathbf{K}(\mathbf{X}, \mathbf{X}) + \sigma_n^2 \mathbf{I}]^{-1} \mathbf{K}(\mathbf{X}, \mathbf{X}_*) \end{aligned}$$

สมการที่ 2.4 สมการสำหรับการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนที่มีสัญญาณรบกวน

จากสมการที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าการคำนวณค่าด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนที่มีข้อมูลรบกวน จะมีค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์หลายค่า เช่น ฟังก์ชันโควาเรียนต์ และค่าความแปรปรวนยกกำลังสอง จึงมีการเพิ่มประสิทธิภาพ (Optimization) ด้วยการคำนวณหาทุกค่าที่เป็นไปได้ตามการกำหนดค่าขอบ (marginal likelihood) ซึ่งในโครงการนี้จะใช้ไลบรารีการคำนวณการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนที่มีข้อมูลรบกวนของ Pymc3 และการปรับค่าพารามิเตอร์โดย อาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง เพื่อคำนวณการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนที่มีข้อมูลรบกวนให้สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำได้

## 2.7 เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาโครงการ

### 2.7.1 Earth Engine

Earth Engine เป็นแพลตฟอร์มของ Google สำหรับการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์และการสร้างมโนภาพ (visualization) ของชุดข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับผู้ใช้งาน โดยจัดทำภาพถ่ายดาวเทียมและเก็บไว้เป็นข้อมูลสาธารณะ ดังนั้นผู้พัฒนาจึงเลือกใช้ Earth Engine เป็นเครื่องมือในการดาวน์โหลดภาพถ่ายดาวเทียม อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งสามารถวิเคราะห์พื้นที่ป่าไม้และน้ำ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้

### 2.7.2 Visual Studio Code

Visual Studio Code เป็นโปรแกรมแก้ไขซอร์สโค้ด (source code) ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดที่พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟต์สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows Linux และ macOS มีการสนับสนุนสำหรับการแก้จุดบกพร่อง (bug) หรือความผิดพลาด (error) ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (debugging) การเติมโค้ดอัจฉริยะ

### 2.7.3 Amazon Web Services

Amazon Web Services เป็นแพลตฟอร์มคลาวด์ที่มีบริการต่าง ๆ ให้เลือกใช้กว่า 175 ชนิด โดยบริการที่ผู้พัฒนาเลือกใช้คือ Elastic Compute Cloud (EC2) เนื่องจากเป็นบริการที่เหมาะสมที่สุดมีระบบเครือข่ายและทรัพยากรจัดเก็บประสิทธิภาพการทำงานสูง และมีราคาที่ย่อมเยา

### 2.7.4 Scikit-learn

Scikit-learn เป็นไลบรารี (library) ในภาษาไพทอน ที่ได้รับความนิยมสำหรับการพัฒนาโปรแกรมโดยให้เลือกใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องได้หลากหลายเทคนิค ที่มีประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งในโครงการนี้เลือกใช้ไลบรารีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (sklearn.cluster) ซึ่งทำงานร่วมกับไลบรารีอื่นดังต่อไปนี้

Numpy (Numeric Python) สำหรับใช้คำนวณทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับการจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ (array) และเมทริกซ์ (matrix)

Skimage สำหรับใช้คำนวณและประมวลผลข้อมูลที่เป็นรูปภาพ



### 2.7.5 Pymc3

Pymc3 เป็นไลบรารีในภาษาไพทอน สำหรับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์การกระจายตัวทางสถิติของความน่าจะเป็น หลายครั้งปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่สามารถทราบตัวแปรในแบบจำลองและไม่ทราบขอบเขตของสมการที่จะใช้กับการถดถอย (ฟังก์ชันถดถอย) ในโครงการนี้ใช้ไลบรารี Pymc3 มาคำนวณการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนเพื่อแก้ปัญหาที่ไม่ทราบค่าตัวแปรในแบบจำลองและขนาดความยาวสมการ โดยใช้ความน่าจะเป็นก่อน (prior probability distribution) ในการสร้างฟังก์ชันต่อเนื่อง สำหรับทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณในแม่น้ำชี

### 2.7.6 Matplotlib

Matplotlib เป็นไลบรารีในภาษาไพทอน สำหรับการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบมโนภาพ ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการสร้างกราฟ 2 มิติ สามารถแสดงผลข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและบันทึกผลที่ได้ออกมาเป็นกราฟได้หลายรูปแบบ

## บทที่ 3

### การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

จากบทที่แล้วผู้จัดทำได้กล่าวถึงความรู้พื้นฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบวิธีการเก็บข้อมูล การใช้งาน Earth Engine และการวิเคราะห์ข้อมูลที่นำมาใช้

#### 3.1 การเก็บข้อมูล

การดาวน์โหลดภาพถ่ายดาวเทียมจาก Earth Engine มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สมัครใช้งาน Earth Engine โดยผ่าน Google Account
2. เลือกดาวเทียมที่ต้องการศึกษา โดยผู้พัฒนาได้เลือกใช้ข้อมูลจาก Sentinel-2A และ Sentinel-2B ซึ่งเป็นดาวเทียมประเภทสำรวจทรัพยากร
3. เลือกพื้นที่ที่ต้องการศึกษาเพื่อให้ครอบคลุมบริเวณลุ่มแม่น้ำซีที่ต้องการโดยระบุพิกัดจุดศูนย์กลางขอบเขตพื้นที่ศึกษาจากการสร้างโพลีกอนบน Earth Engine ดังภาพที่ 3.1 ซึ่งจะได้ผลลัพธ์คือ

จุดพิกัดจุดศูนย์กลาง ละติจูดที่ 104.26190932783696

จุดพิกัดจุดศูนย์กลาง ลองจิจูดที่ 15.541342621265255

และขอบเขตพื้นที่ศึกษาตามพิกัดจุดศูนย์กลางดังกล่าว ดังภาพที่ 3.2 ได้ค่าพิกัดโพลีกอน 4 มุมดังนี้

มุมที่ 1 คือ จุดพิกัด ละติจูดที่ 104.18843825850102

จุดพิกัด ลองจิจูดที่ 15.59029075559052

มุมที่ 2 คือ จุดพิกัด ละติจูดที่ 104.18843825850102

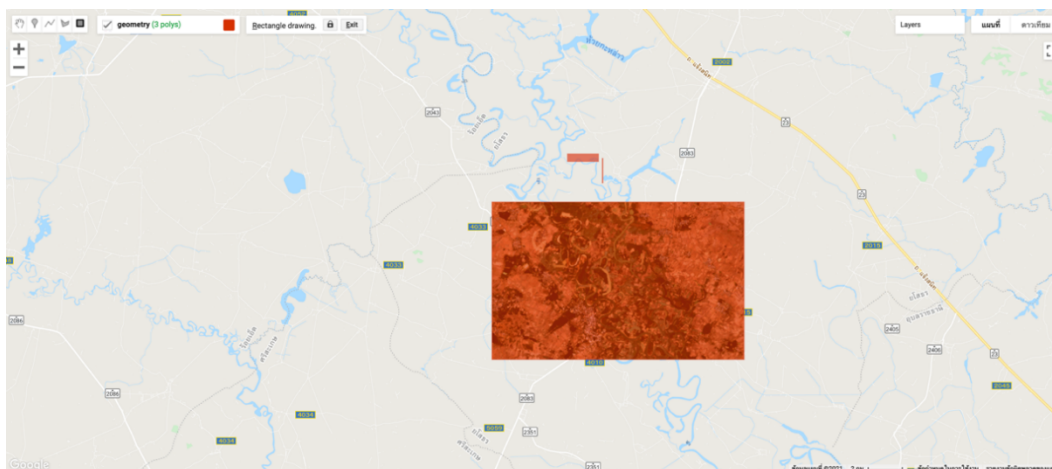
จุดพิกัด ลองจิจูดที่ 15.507270499065665

มุมที่ 3 คือ จุดพิกัด ละติจูดที่ 104.32576736006352

จุดพิกัด ลองจิจูดที่ 15.507270499065665

มุมที่ 4 คือ จุดพิกัด ละติจูดที่ 104.32576736006352

จุดพิกัด ลองจิจูดที่ 15.59029075559052



ภาพที่ 3.1 ขอบเขตพื้นที่ที่ศึกษา

```

var geometry =
  /* color: #d63000 */
  /* displayProperties: [
    {
      "type": "rectangle"
    }
  ] */
  ee.Geometry.Polygon(
    [[[104.18843825850102, 15.59029075559052],
      [104.18843825850102, 15.507270499065665],
      [104.32576736006352, 15.507270499065665],
      [104.32576736006352, 15.59029075559052]]], null, false);

```

ภาพที่ 3.2 รายละเอียดพิกัดขอบเขตพื้นที่ศึกษาด้วยเทคนิคการสร้างโพลีกอน

4. ระบุช่วงเวลาที่ต้องการโดยมีรูปแบบการกำหนดวันเริ่มต้น-วันสิ้นสุด ผ่านฟังก์ชันการทำงานที่ชื่อว่า `ImageCollection.filterDate('YYYY/MM/DD', 'YYYY/MM/DD')` และกำหนดค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของปริมาณก้อนเมฆให้เหมาะสมอยู่ในช่วงตั้งแต่ 20% ถึง 40% เท่านั้น เพื่อให้ได้ภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณแม่น้ำชีชัดเจนที่สุด เนื่องจากถ้าปริมาณก้อนเมฆหนาแน่นเกินไปจะไม่สามารถได้ภาพถ่ายดาวเทียมออกมา โดยใช้ฟังก์ชันการทำงานที่ชื่อว่า `ImageCollection.filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', XX))` XX คือ ค่า 20, 30 และ 40 ดังภาพที่ 3.3 ที่ XX มีค่า 20

```

var collection = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')
  .filterDate('2019-01-01', '2019-04-30')
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 20))

```

ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างโค้ดการกำหนดค่าในการเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

5. นำภาพถ่ายดาวเทียมที่เก็บข้อมูลได้ มาคัดเลือกภาพที่สามารถนำไปใช้ต่อ โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก คือ ต้องเห็นพื้นที่บริเวณลุ่มแม่น้ำที่ชัดเจน และภาพที่ได้ต้องสมบูรณ์ ไม่มีบางส่วนของบริเวณใด บริเวณหนึ่งของแม่น้ำขาดหาย ดังตัวอย่างภาพที่ 3.4 และภาพที่ไม่นำมาใช้ ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างภาพพื้นที่บริเวณลุ่มแม่น้ำที่ชัดเจน



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างภาพพื้นที่บริเวณลุ่มแม่น้ำที่ไม่ชัดเจน

ในการดาวน์โหลดภาพถ่ายดาวเทียมจาก Earth Engine ทั้งหมดจะเก็บข้อมูลที่ละสองสัปดาห์เริ่มตั้งแต่ต้นปี 2018 ถึงสิ้นปี 2020 โดยภาพที่ผ่านการคัดเลือกแล้วเหลือทั้งหมด 111 ภาพ ของทั้งสองดาวเทียมรวมกัน ภาพถ่ายดาวเทียมทั้งหมดที่ได้คัดเลือกเสร็จแล้วจะถูกเก็บไว้ที่ Google drive เป็น ไฟล์ tiff เพื่อนำไปจัดเก็บในโพลเดอร์ที่ต้องการ

## 3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ภาพถ่ายดาวเทียมที่เก็บข้อมูลจาก Earth Engine และคัดเลือกข้อมูลภาพที่จะนำมาใช้แล้ว จะเข้าสู่กระบวนการการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย การจัดกลุ่มข้อมูล (clustering) เพื่อหาบริเวณพื้นที่ น้ำบนภาพ การทำความสะอาดข้อมูล (data cleansing) เพื่อให้เหลือเฉพาะบริเวณพื้นที่น้ำของแม่น้ำบนภาพ เท่านั้น

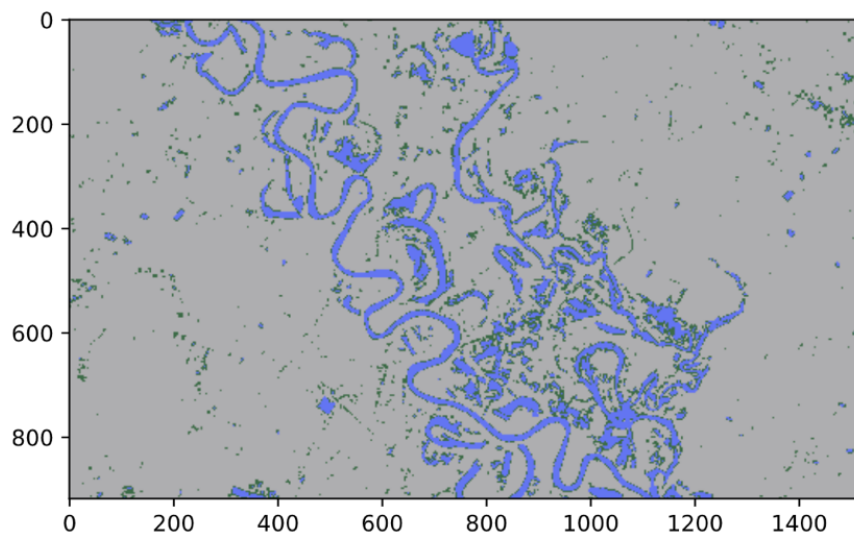
### 1. การจัดกลุ่มข้อมูล

ภาพถ่ายดาวเทียมที่ยังไม่ได้จัดกลุ่มของข้อมูลไฟล์ 1 ภาพ จะมีทั้งหมด 12 แบนด์ตามสีของแสง และจะถูกจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีเคมีน เพื่อแยกบริเวณพื้นที่ที่เป็นน้ำและบริเวณพื้นที่ที่ไม่ใช่น้ำออกจากกัน ในขั้นตอนนี้ในขั้นตอนนี้ใช้ไลบรารีเคมีนของ Scikit-learn สำหรับการจัดกลุ่มข้อมูลบริเวณพื้นที่ ตามสีที่พบบนภาพถ่ายดาวเทียม ตัวอย่างจากภาพที่ 3.4 จะได้ผลลัพธ์การจัดกลุ่มเคมีน ดังภาพที่ 3.6 ซึ่งแบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 พื้นน้ำและแหล่งน้ำ (สีน้ำเงิน)

กลุ่มที่ 2 ผืนป่าและต้นไม้ (สีเขียว)

กลุ่มที่ 3 พื้นดินและสิ่งก่อสร้าง (สีเทา)



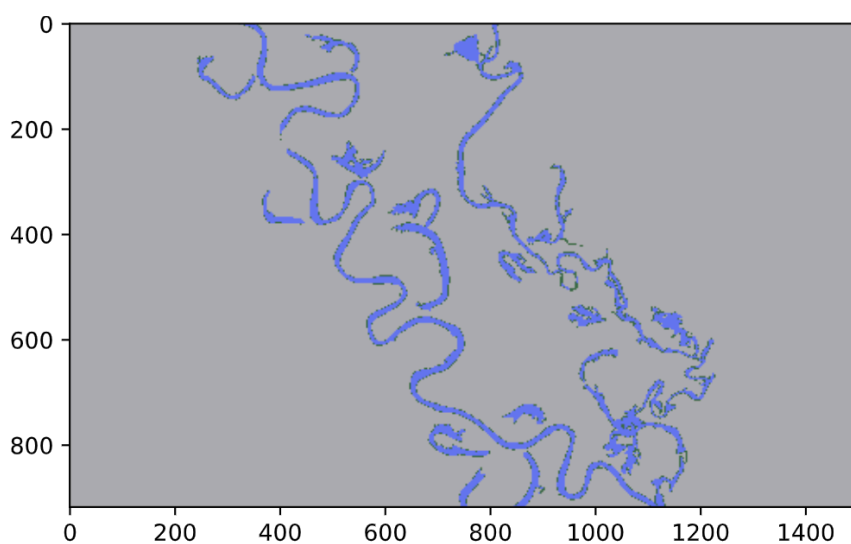
ภาพที่ 3.6 ภาพจากการประมวลผลเคมีน

จากการแนะนำของอาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง (อาจารย์ประจำภาควิชาธรณีวิทยาและผู้เชี่ยวชาญด้านข้อมูลวิทยาศาสตร์ทางธรณีวิทยา) ได้ให้คำแนะนำว่า แบนด์ที่เห็นพื้นที่ที่เป็นน้ำชัดเจนที่สุด ส่วนใหญ่จะอยู่แบนด์ที่ 5 ถึง แบนด์ที่ 8 ดังนั้นจาก 111 ภาพ จะได้ข้อมูลทั้งหมดจากทั้งสี่แบนด์ 444

ข้อมูล โดยนำไปทำความสะอาดข้อมูล จากนั้นนำไประบุปริมาณน้ำ เพื่อพิจารณาข้อมูลสำหรับนำมาใช้ในโครงการในขั้นตอนต่อไป

## 2. การทำความสะอาดข้อมูล

หลังจากจัดกลุ่มข้อมูลโดยแยกบริเวณพื้นที่ที่เป็นน้ำและบริเวณพื้นที่ที่ไม่ใช่ น้ำออกจากกันแล้วต้องมีการแยกบริเวณภาพ (image segmentation) เพื่อแยกพื้นที่น้ำเฉพาะบริเวณแม่น้ำออกจากพื้นที่น้ำที่อยู่จากบริเวณอื่น ๆ เนื่องจากบริเวณพื้นที่ที่เป็นน้ำบนภาพนอกเหนือจากแม่น้ำแล้วยังสามารถมีแหล่งน้ำอื่นประปรายอยู่บนพื้นดิน โดยเฉพาะช่วงฤดูฝนที่อาจมีแหล่งน้ำที่เกิดจากการขังตัวของน้ำจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา การแยกบริเวณภาพใช้วิธีการแบ่งตามเฉดสีที่ต่อเนื่องกัน ตัวอย่างภาพที่ 3.6 หลังจากการทำความสะอาดข้อมูลจะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 3.7

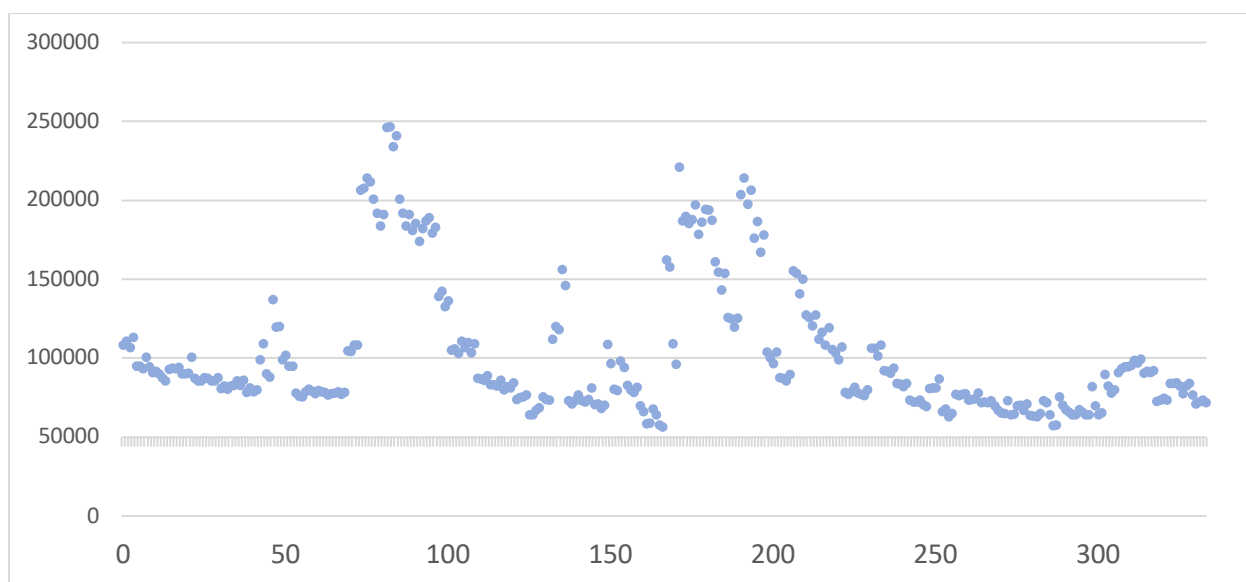


ภาพที่ 3.7 ภาพหลังจากการทำความสะอาดข้อมูล

## 3. การระบุปริมาณน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียม

จากความเป็นจริงที่การระบุปริมาณน้ำที่แน่นอนไม่สามารถทำได้ หากพิจารณาเพียงภาพถ่ายดาวเทียมเท่านั้น ด้วยข้อจำกัดของภาพที่เป็น 2 มิติ จึงเป็นไปได้ที่จะทราบถึงความลึกของแม่น้ำที่ชัดเจน โครงการนี้จึงใช้การประมาณค่าปริมาณน้ำจากพื้นที่ของพื้นผิวน้ำบนภาพถ่ายดาวเทียม ดังนั้นภาพที่ได้หลังจากการทำความสะอาดข้อมูลที่ถูกนำมาพิจารณาทั้งหมด 334 ภาพ (ภาพแบนด์ที่ 5 ถึง แบนด์ที่ 8 ของภาพถ่ายดาวเทียม 111 ภาพ) จะนำไปคำนวณหาบริเวณพื้นผิวน้ำด้วยการนับจำนวนพิกเซลสีน้ำเงินบนภาพ จากคำแนะนำของอาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง ในการกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาข้อมูลโดยข้อมูลที่ถูกต้องควรมีค่าจำนวนพิกเซลที่นับได้ใกล้เคียงกันในแบนด์ที่ 5 ถึง แบนด์ที่ 8 เนื่องจากเกิดจาก

ภาพถ่ายดาวเทียมต้นฉบับภาพเดียวกัน ดังนั้นค่าที่ได้จากการนับจำนวนพิกเซลไม่ควรแตกต่างกันเกิน 15 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ข้อมูลที่นำมาใช้ในโครงการนี้เหลือเพียง 334 ภาพ โดยตัดข้อมูลที่มีความแตกต่างจากข้อมูลข้างเคียงมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ออกทั้งหมด 110 ภาพ จากนั้นได้บันทึกข้อมูล 334 ข้อมูลลงบนโปรแกรม Excel สำหรับเตรียมเข้าสู่การประมวลผลด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน เพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำที่นับจากจำนวนพิกเซลสีน้ำเงินแสดงดังภาพที่ 3.8 แกน  $y$  คือปริมาณน้ำ แกน  $x$  คือ จุดข้อมูลที่ 0 - 333 (รายละเอียดในภาคผนวก ข)



ภาพที่ 3.8 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้จากการนับจำนวนพิกเซล 334 ข้อมูลที่ใช้ในโครงการ

## บทที่ 4

### การพัฒนาโครงการและการอภิปรายผลการทำนาย

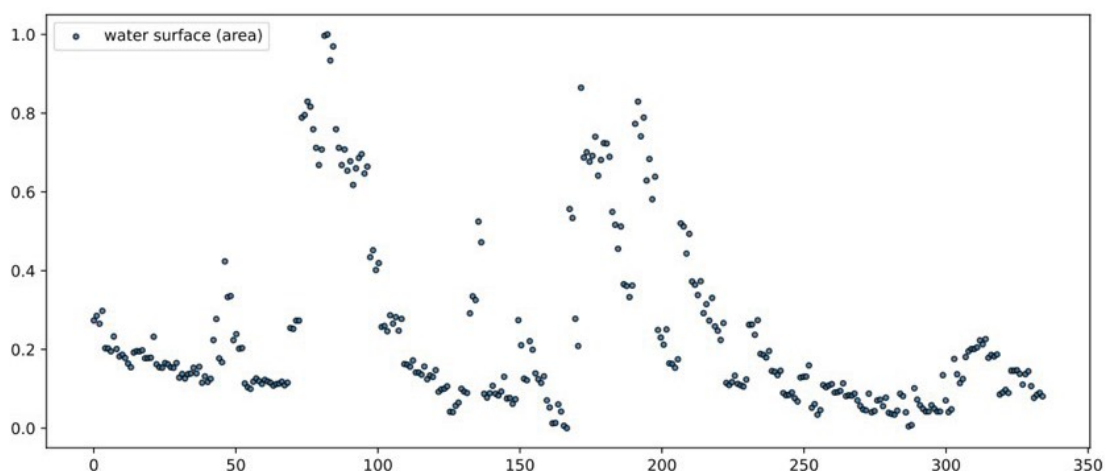
ข้อมูลประมาณค่าปริมาณน้ำด้วยการนับจำนวนพิกเซลบนภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จากการวิเคราะห์ในบทที่ 3 ทั้งหมด 334 ข้อมูล จะนำไปผ่านการนอร์มัลไลเซชันก่อนเข้าสู่การประมวลผลด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน เพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ

#### 4.1 การนอร์มัลไลเซชัน (Normalization)

ข้อมูลทั้ง 334 ข้อมูลที่ได้นำมาใช้ในโครงการ จะนำไปปรับสเกล (scale) ด้วยวิธีการนอร์มัลไลเซชัน ให้ค่าข้อมูลทั้งหมดอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ดังโค้ดในภาพที่ 4.1 เพื่อให้ข้อมูลอยู่ในช่วง (range) เดียวกันและมีความซับซ้อนน้อยลง ก่อนเข้าสู่การคำนวณด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน ผลลัพธ์ของการนอร์มัลไลเซชันข้อมูลในโครงการนี้ แสดงดังภาพที่ 4.2

```
def normalized_data(data, lowest_value, highest_value):  
    data = (data - data.min()) / (data.max() - data.min())  
    return data * (highest_value - lowest_value) + lowest_value
```

ภาพที่ 4.1 โค้ดการนอร์มัลไลเซชันของข้อมูลทั้ง 334 ข้อมูลในโครงการ



ภาพที่ 4.2 ผลลัพธ์ของการนอร์มัลไลเซชันข้อมูลในโครงการ



## 4.2 การประมวลผลด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน

การถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนเป็นการคำนวณค่าที่มีความซับซ้อน มีพารามิเตอร์ที่มีลักษณะเป็นไฮเปอร์พารามิเตอร์หลายตัว โดยใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในการทำนายค่าข้อมูลใหม่ในอนาคต ดังนั้นการประมวลผลจะแบ่งได้ 2 ขั้นตอน คือ การตั้งค่าพารามิเตอร์ และการคำนวณค่า รายละเอียดดังต่อไปนี้

### 4.2.1 การตั้งค่าพารามิเตอร์

ในขั้นตอนนี้ผู้พัฒนาได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากอาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง โดยอาจารย์ได้ใช้วิธีการสุ่มค่าพารามิเตอร์มาหลาย ๆ ค่าแล้วนำมาคัดเลือกเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ที่สามารถสร้างกราฟได้ตรงกับข้อมูลให้มากที่สุด ดังตัวอย่างโค้ดในภาพที่ 4.3

```

1 with pm.Model() as model:
2     n = pm.HalfCauchy("n", beta=2, testval=1.0)
3     l = pm.Gamma("l", alpha=10, beta=0.075)
4     p = pm.Normal("p", mu=4, sd=0.05)
5     ll = pm.Gamma("ll", alpha=10, beta=1)
6     cov_1 = n**2 * pm.gp.cov.Periodic(l, ll, p) * pm.gp.cov.Matern52(1, l)
7     gp_seasonal = pm.gp.Marginal(cov_func=cov_1)
8     nn = pm.HalfNormal("nn", sd=0.5, testval=0.05)
9     nnn = pm.Gamma("nnn", alpha=2, beta=4)
10    s = pm.HalfNormal("s", sd=0.25, testval=0.05)
11    cov_n = nn**2 * pm.gp.cov.Matern52(1, nnn) + pm.gp.cov.WhiteNoise(s)
12    gp = gp_seasonal
13    y_ = gp.marginal_likelihood("y", X=X, y=y, noise=cov_n)
14    mp = pm.find_MAP()

```

ภาพที่ 4.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ

จากภาพที่ 4.3 ตัวแปรทั้งหมดเป็นพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในโครงงานเพื่อสร้างกราฟทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชี ตัวแปร n, l, p และ ll (บรรทัดที่ 2 ถึง 5) จะถูกนำไปคำนวณเพื่อสร้างฟังก์ชันการทำงานแบบสุ่ม ที่สร้างจากฟังก์ชัน HalfCauchy ยกกำลังสองแล้วคูณด้วยฟังก์ชัน Periodic และคูณด้วยฟังก์ชัน Matern52 แล้วเก็บในตัวแปร cov\_1 (บรรทัดที่ 6) จากนั้น cov\_1 ถูกส่งมาเป็นพารามิเตอร์ในฟังก์ชัน Marginal แล้วเก็บในตัวแปร gp\_seasonal (บรรทัดที่ 7) และ ตัวแปร nn, nnn, s (บรรทัดที่ 8 ถึง 10) จะถูกนำไปคำนวณด้วยฟังก์ชัน HalfNormal ยกกำลังสองแล้วคูณด้วย Matern52 และคูณด้วยฟังก์ชันที่มีค่าการบวกรบกวน (WhiteNoise) เพื่อสร้างฟังก์ชันการบวกรบกวน (noise) แล้วเก็บในตัวแปร cov\_n (บรรทัดที่ 11) และนำไป gp\_seasonal และ cov\_n ไปคำนวณด้วยสมการการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน แล้วเก็บในตัวแปร y\_ (บรรทัดที่ 13) จากนั้นนำไปประมวลผลเพื่อรวบรวมค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดเก็บไว้ในตัวแปร mp (บรรทัดที่ 14) แล้วนำไปคำนวณค่าและการสร้างกราฟการทำนายปริมาณน้ำที่ใช้ในโครงงาน

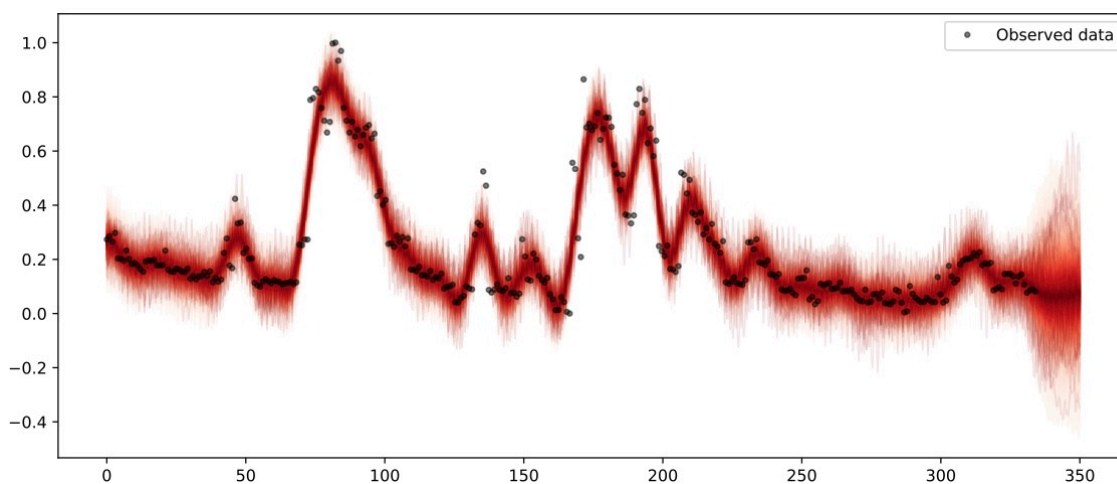
## 4.2.2 การคำนวณค่าและการสร้างกราฟการทำนายปริมาณน้ำ

ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากอาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง นำไปทดลองทำนายผลด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนตามโค้ดดังภาพที่ 4.4

```
# TODO predicting
X_new = np.linspace(0, len(y)+20, len(y)+600)[: , None]
# add the GP conditional to the model, given the new X values
with model:
    f_pred = gp.conditional("f_pred", X_new)
# To use the MAP values, you can just replace the trace with a length-1 list with `mp`
with model:
    pred_samples = pm.sample_posterior_predictive([mp], vars=[f_pred], samples=50)
```

ภาพที่ 4.4 โค้ดการคำนวณค่าและการสร้างกราฟการทำนายปริมาณน้ำที่ใช้ในโครงการงาน

การคำนวณในการจำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ เพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม ใช้ตัวแปรที่ชื่อ samples แทนจำนวนครั้งของการคำนวณ ในโครงการงานนี้จากการทดลองปรับค่า samples จากน้อยไปมาก พบได้ว่า samples = 50 ให้เส้นกราฟการทำนายที่ใกล้เคียงกับข้อมูล 334 จุด มากกว่าค่า samples ที่น้อยกว่า 50 และเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นกราฟที่ปรับค่า sample = 100 พบว่าผลลัพธ์มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่ยิ่ง sample มากจะยิ่งใช้เวลาในการรันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์นานขึ้น ผู้พัฒนาจึงเลือกค่า 50 เป็นค่าเหมาะสมในโครงการงาน และได้ผลลัพธ์การทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ผลการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม

จากภาพที่ 4.5 การจำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนตามค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากอาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง แสดงผลให้เห็นได้ว่าบริเวณที่ใกล้กับค่าข้อมูลจริงที่เป็นจุดสีด้ามี่เฉดสีแดงที่เข้มกว่าบริเวณที่ห่างจากค่าข้อมูลจริง ซึ่งเกิดจากการคำนวณค่าการทำนายในแต่ละครั้งได้ค่าที่บริเวณเดิมซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้ง ทำให้สีแดงที่แสดงค่าการทำนายถูกวาดซ้อนทับกันจนกลายเป็นเฉดสีแดงที่มีความเข้มข้นและมีลักษณะกว้างขึ้นตามจำนวนครั้งที่ได้ค่าการทำนายในบริเวณเดิม โดยผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปวิเคราะห์และอภิปรายในหัวข้อถัดไป

### 4.3 การวิเคราะห์ผลการสร้างกราฟทำนาย

ในโครงการนี้กำหนดให้ค่าการทำนายที่ดีที่สุด คือ ค่าเฉลี่ย (mean) ของการทำนายในแต่ละรอบทุกการคำนวณสมการการถดถอยรอบละ 50 ครั้ง ซึ่งการคำนวณสมการการถดถอยใช้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (mean squared error: MSE) ตามสมการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองดังภาพที่ 4.6

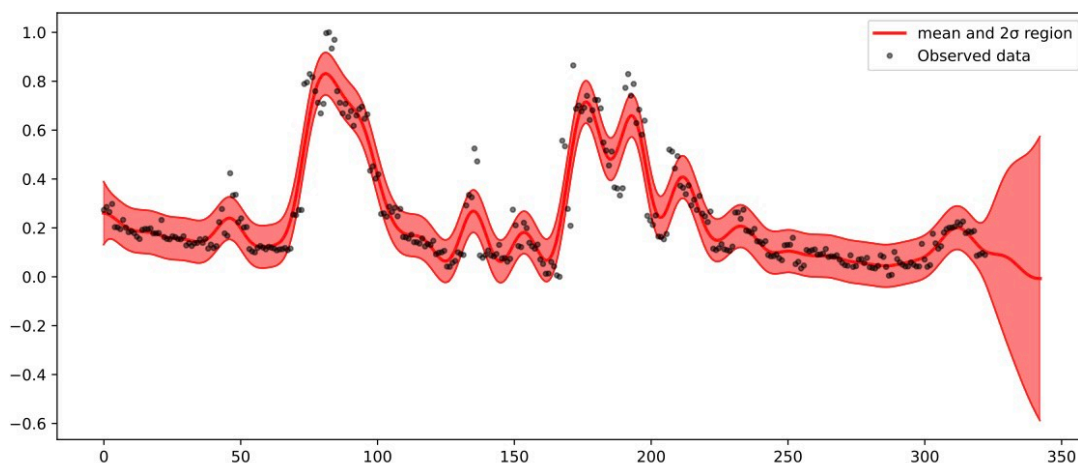
$$MSE = \frac{1}{n} \sum \left( y - \hat{y} \right)^2$$

The square of the difference  
between actual and  
predicted

ภาพที่ 4.6 สมการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง

จากข้อมูลทั้งหมด 334 ข้อมูล จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ข้อมูลที่ถูกประมวลผลด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน เพื่อสร้างกราฟที่เป็นโมเดลทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำจำนวน 322 ข้อมูล และข้อมูลสำหรับวัดประสิทธิภาพกราฟทำนายจำนวน 12 ข้อมูล (เลือกจากข้อมูลของเดือนธันวาคม ปี 2020)

ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยการคำนวณการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนจากภาพที่ 4.5 พิจารณาเฉพาะ 322 ข้อมูล (ข้อมูลที่ 0 ถึง ข้อมูลที่ 321) ได้นำไปสร้างกราฟทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีด้วยเส้นการทำนายตามค่าเฉลี่ย และแสดงค่าความแปรปรวนในการทำนายเป็นแถบสีแดงดังภาพที่ 4.7

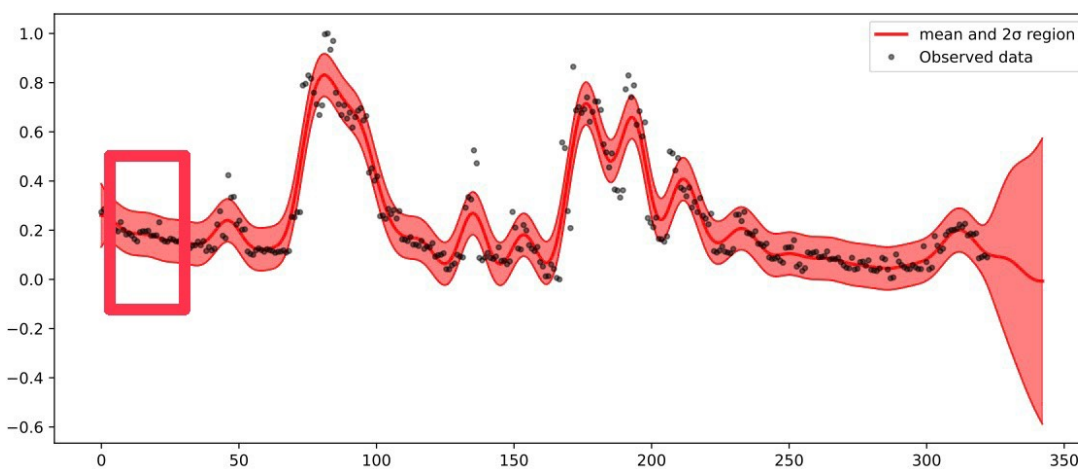


ภาพที่ 4.7 กราฟทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม

จากภาพที่ 4.7 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำประกอบด้วย 2 ส่วน คือ เส้นทำนายหรือเส้นที่สร้างจากค่าเฉลี่ย (เส้นสีแดงกลาง) และเส้นสีแดงขอบบน/ล่างที่เกิดขึ้นจากการคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: S.D.) หรือค่าความแปรปรวนในการทำนาย (พื้นที่แถบสีแดง)

1. พื้นที่แถบสีแดงที่มีลักษณะกว้าง

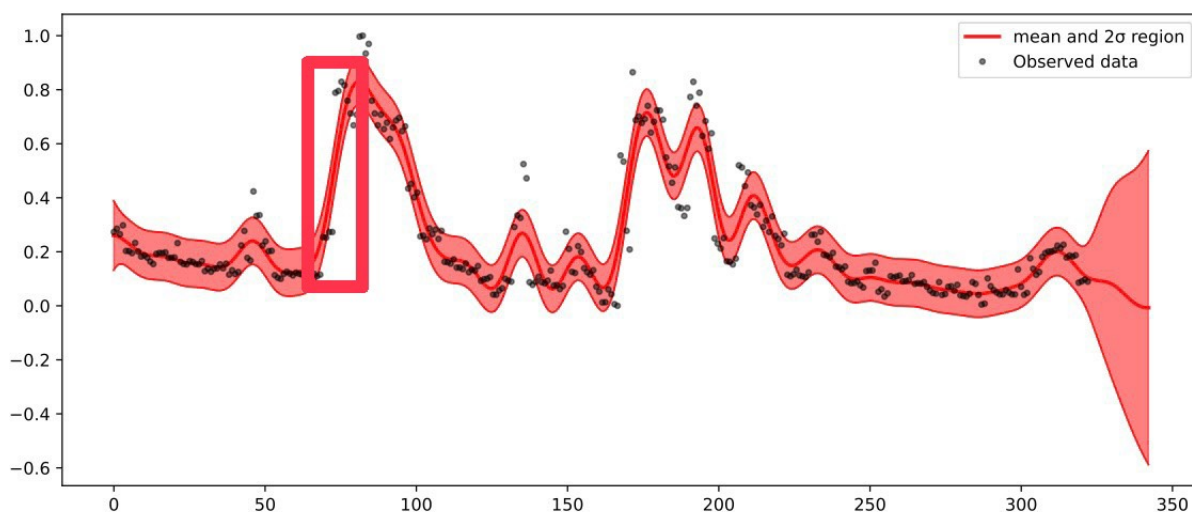
ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำจากภาพที่ 4.7 ช่วงข้อมูลที่ 0-37 พบแถบสีแดงที่มีลักษณะกว้างและจุดข้อมูลสีดำอยู่ติดกัน เนื่องจากข้อมูลมีความหนาแน่น เกิดจากการบันทึกภาพแม่น้ำชีได้จำนวนมาก ทำให้การทำนายที่สามารถผ่านข้อมูลได้เกือบครบทุกข้อมูลในแต่ละครั้ง เกิดเส้นการทำนายที่แตกต่างกัน ค่าความแปรปรวนของการทำนายจึงกว้าง ผลการทดลองที่ได้จึงเห็นแถบสีแดงเป็นบริเวณกว้างดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 พื้นที่แถบสีแดงบนกราฟที่มีลักษณะกว้างจากข้อมูลระหว่างช่วงข้อมูลที่ 0 ถึง 37

## 1.2. พื้นที่แถบสีแดงที่มีลักษณะแคบ

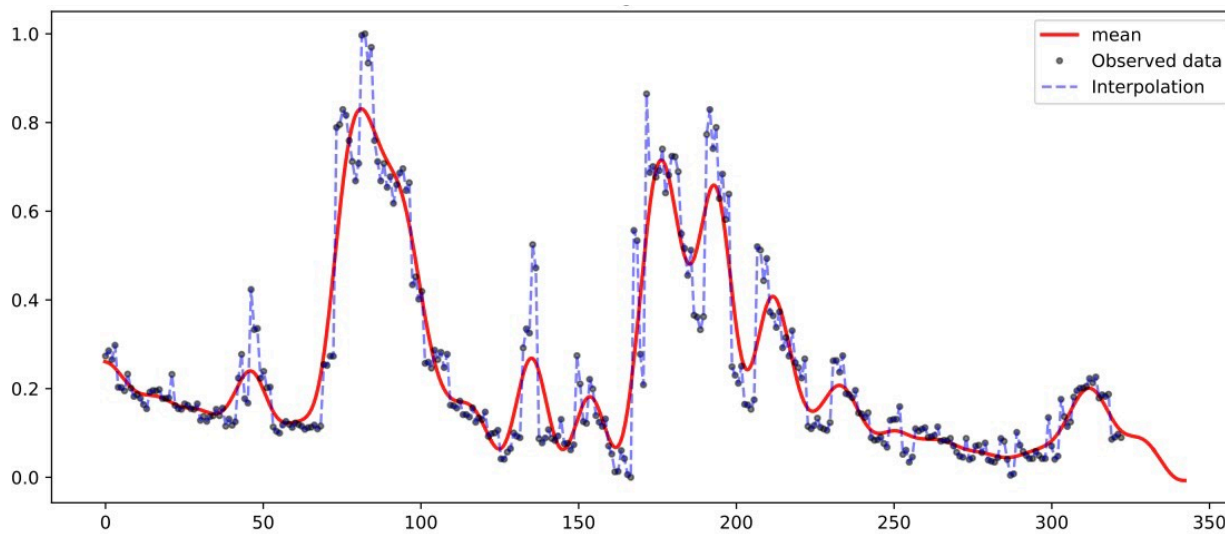
ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำจากภาพที่ 4.7 ช่วงข้อมูลที่ 59-89 พบแถบสีแดงที่มีลักษณะแคบและจุดข้อมูลสีดำอยู่ห่างกัน เนื่องจากข้อมูลไม่หนาแน่น เกิดจากการบันทึกภาพแม่น้ำซีใต้จำนวนน้อย ทำให้ในการทำนายแต่ละครั้งได้เส้นที่ต่างกันมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อย ค่าความแปรปรวนของการทำนายจึงแคบ ผลการทดลองที่ได้จึงเห็นแถบสีแดงเป็นบริเวณแคบดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 พื้นที่แถบสีแดงบนกราฟที่มีลักษณะแคบจากข้อมูลระหว่างช่วงข้อมูลที่ 59 ถึง 89

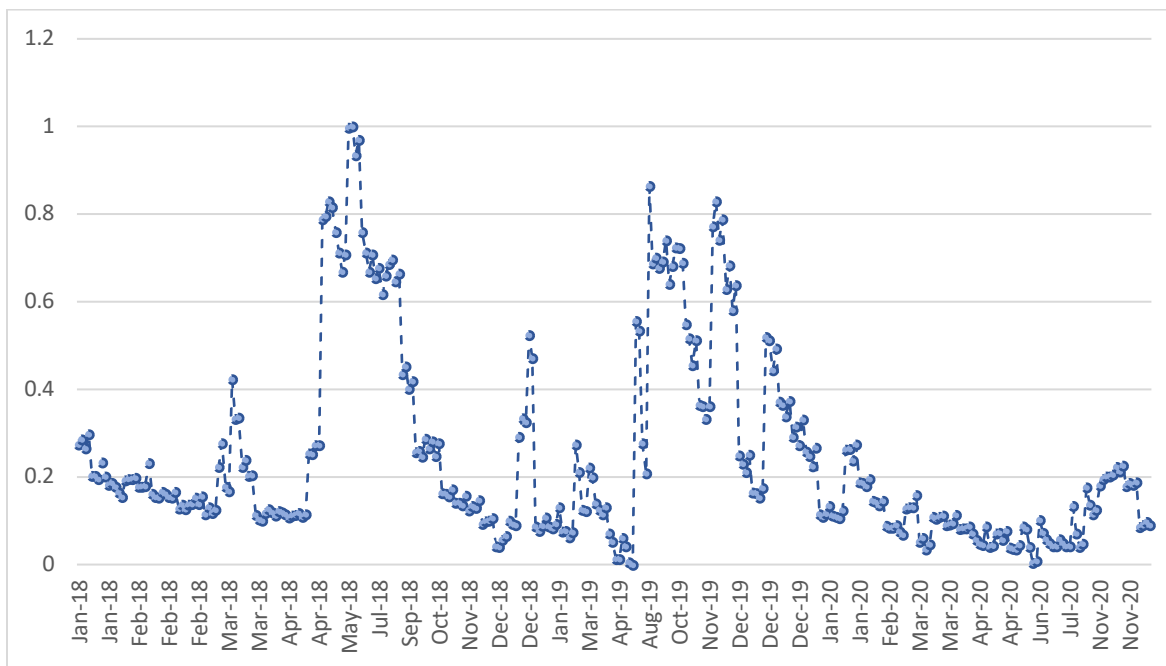
#### 4.4 การอภิปรายผลการสร้างกราฟทำนาย

ภาพที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเส้นกราฟทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม (เส้นสีแดง) ซึ่งสร้างด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้มาจากการนับจำนวนพิกเซลสีน้ำเงินบนภาพถ่ายดาวเทียม (จุดสีน้ำเงิน)



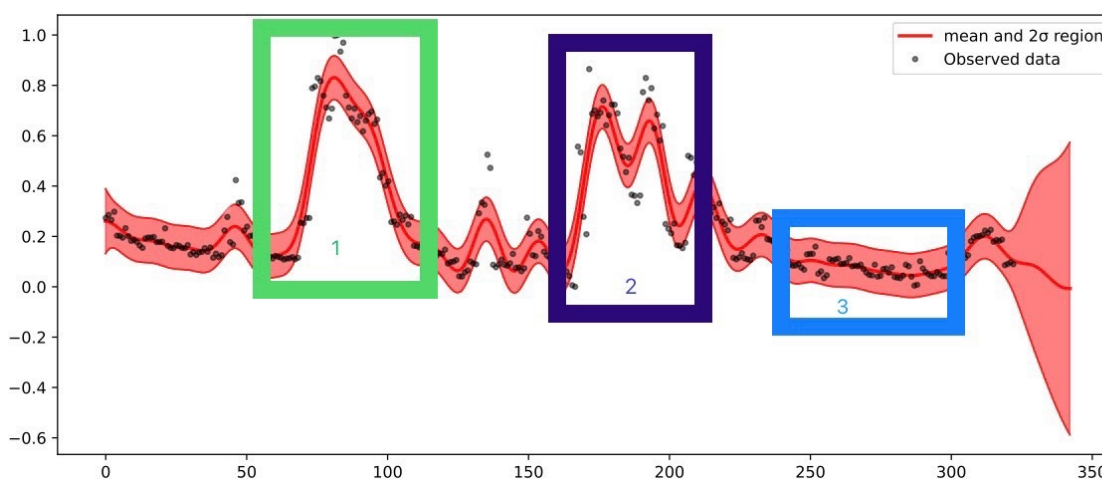
ภาพที่ 4.10 เส้นกราฟทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำ

ภาพที่ 4.11 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้มาจากการนับจำนวนพิกเซลสีน้ำเงินบนภาพถ่ายดาวเทียมตามช่วงเวลาเดือนและปี



ภาพที่ 4.11 ข้อมูลปริมาณน้ำตามช่วงเวลาเดือนและปี

ภาพที่ 4.12 แสดงรูปแบบกราฟที่บ่งบอกสถานการณ์น้ำที่เกิดขึ้นในกราฟทำนาย ประกอบด้วย สถานการณ์น้ำท่วม (กรอบที่ 1 และ 2) และ ปัญหากล้ง (กรอบที่ 3)



ภาพที่ 4.12 รูปแบบกราฟที่แสดงสถานการณ์น้ำที่เกิดขึ้นในกราฟทำนาย

#### 4.4.1 สถานการณ์น้ำท่วม

จากภาพที่ 4.10 – 4.12 ในช่วงเดือน พ.ค. – ส.ค. ปี 2018 (ในกรอบที่ 1 ภาพที่ 4.12) กราฟทำนายแสดงปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือน พ.ค. แล้วลดลงมาจนถึงเดือน ก.ค. ต่อมาในเดือน ส.ค. ไม่สามารถบันทึกภาพแม่น้ำชีได้เนื่องจากความหนาแน่นของเมฆ จากรายงานสถานการณ์น้ำและคาดการณ์น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง-ชี-มูล [13] พบว่า ในช่วงเดือน ส.ค. ปี 2018 มีฝนตกอย่างต่อเนื่องทำให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำชีสูงขึ้นจนเกิดสถานการณ์น้ำท่วม [14]

จากภาพที่ 4.10 – 4.12 ในช่วงเดือน พ.ค. – พ.ย. ปี 2019 (ในกรอบที่ 2 ภาพที่ 4.12) กราฟทำนายแสดงปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือน ส.ค. ต่อมาในเดือน ก.ย. ไม่สามารถบันทึกภาพแม่น้ำชีได้เนื่องจากความหนาแน่นของเมฆ หลังจากนั้นลดลงมาจนถึงเดือน พ.ย. จากข้อมูลที่ นายชยพล ธิติศักดิ์ อธิบดีกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ที่ให้ไว้เมื่อวันที่ 14 ก.ย. ปี 2019 ได้ระบุว่า นับตั้งแต่วันที่ 29 ส.ค. ปี 2019 เป็นต้นมา มีน้ำท่วมฉับพลันและน้ำป่าไหลหลาก [15] และในช่วงเดือน ก.ย. ปี 2019 ผู้สื่อข่าวจากสำนักข่าวมติชนมีการรายงานสถานการณ์น้ำท่วมในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ต่อมาปริมาณน้ำจึงค่อย ๆ ลดลงตั้งแต่เดือน ต.ค. ถึงเดือน พ.ย. ปี 2019 [16]

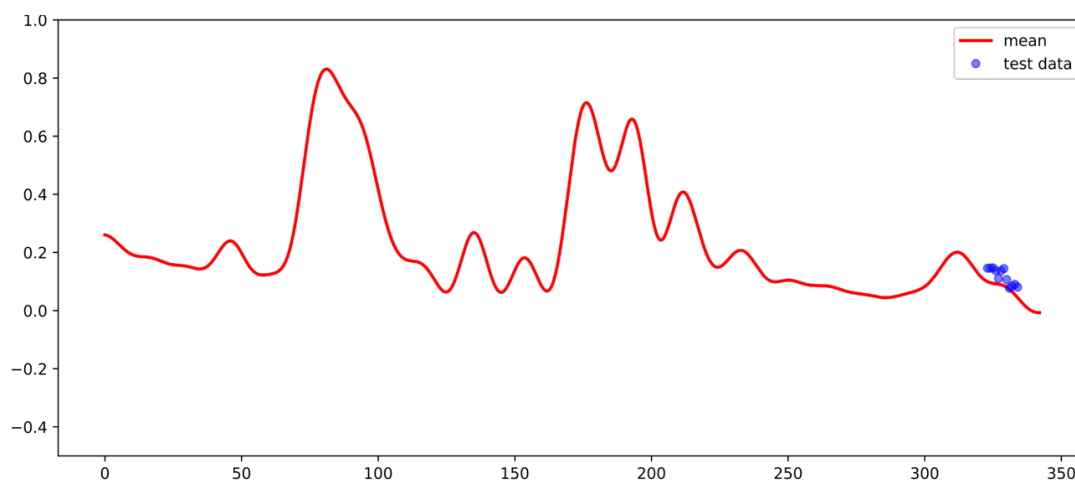
#### 4.4.2 ปัญหากล้ง

จากภาพที่ 4.10 – 4.12 ในปี 2020 (ในกรอบที่ 3 ภาพที่ 4.12) สังเกตได้ว่า กราฟทำนายปริมาณน้ำมีลักษณะต่างจากปี 2018 และ 2019 คือ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นในช่วงเดือน มี.ค. ซึ่งจากกราฟทำนายปี 2018 และ 2019 พบว่าในช่วงการเปลี่ยนจากฤดูหนาว ฤดูร้อน ไปสู่ฤดูฝน แสดงปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น

ในช่วงเดือนมีนาคม (มวลอากาศเย็นแผ่ลงมาจากประเทศจีนอาจทำให้เกิดการปะทะกันระหว่างมวลอากาศร้อนกับมวลอากาศเย็นทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองลมกระโชกแรง) แล้วลดลงต่ำสุดในเดือน เม.ย. ซึ่งเป็นฤดูร้อนของประเทศไทย แล้วกราฟจึงแสดงปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนของประเทศไทย ดังนั้นส่งผลให้ในปี 2020 ปริมาณน้ำลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ฤดูหนาว ฤดูร้อน จนถึงช่วงก่อนเข้าสู่ฤดูฝน และทำให้ทราบว่าปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจะเข้าสู่ภาวะวิกฤตเป็นปัญหาภัยแล้ง [17]

#### 4.5 ประสิทธิภาพการทำนายของระบบ

จากการนำข้อมูลปริมาณน้ำด้วยการนับจำนวนพิกเซลบนภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้ในเดือน ธ.ค ปี 2020 จำนวน 12 ข้อมูล (จุดข้อมูลสีน้ำเงินในภาพที่ 4.13) มาตรวจสอบความถูกต้องของผลทำนายที่ได้จากกราฟการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม พบว่า กราฟสามารถแสดงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชี ช่วงเดือน ธ.ค ปี 2020 ได้อย่างถูกต้องที่ปริมาณน้ำมีแนวโน้มลดลงจากเดิม ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 กราฟทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชี  
เปรียบเทียบกับข้อมูลวัดประสิทธิภาพจำนวน 12 ข้อมูล

จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) เพื่อวัดผลประสิทธิภาพกราฟทำนายที่สร้างจากการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน ด้วยโค้ดภาพที่ 4.14 (อาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง เป็นผู้เขียน)

```
1 from sklearn.metrics import mean_squared_error
2 from scipy import signal
3
4 mu, var = gp.predict(X_new, point=mp, diag=True)
5 test_data = signal.resample(test_data, len(mu))
6 print(mean_squared_error(test_data[881:], mu[881:]))
```

ภาพที่ 4.14 ตัวอย่างโค้ดการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง



มีขั้นตอนทำงานดังต่อไปนี้

1. เรียกฟังก์ชัน `gp.predict` เพื่อดึงเส้นกราฟทำนาย
2. เลือกข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิภาพ 12 จุด และเส้นทำนายตำแหน่งเดียวกันของข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิภาพ
3. คำนวณหา MSE โดยใช้ฟังก์ชัน `mean_squared_error`

จากการวัดผลด้วยข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิภาพ 12 จุด ได้ค่า MSE = 0.00743 โดยค่า MSE ที่ได้สามารถใช้เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบได้ในอนาคต ยกตัวอย่างเช่น เมื่อทำการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์แล้ว MSE มีค่าน้อยกว่า 0.00743 แสดงว่า พารามิเตอร์ชุดใหม่มีประสิทธิภาพในการทำนายที่สูงขึ้น

#### 4.6 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบไม่สามารถทำนายปริมาณน้ำในรูปแบบข้อมูลเชิงปริมาณได้ เนื่องจากการระบุปริมาณน้ำที่แน่นอนไม่สามารถทำได้ และด้วยข้อจำกัดของภาพที่เป็น 2 มิติ จึงเป็นไปได้ที่จะทราบถึงความลึกของแม่น้ำที่ชัดเจน ดังนั้น โครงการนี้จึงใช้การประมาณค่าปริมาณน้ำจากพื้นที่ของพื้นผิวน้ำบนภาพถ่ายดาวเทียมด้วยการนับจำนวนพิกเซลเท่านั้น เพื่อบอกแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชี สำหรับทำนายเหตุการณ์สถานการณ์น้ำที่เกิดขึ้น

## บทที่ 5

### การสรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 การสรุปผล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณแม่น้ำชีจากดาวเทียม Sentinel-1 และ Sentinel-2 และคัดเลือกภาพถ่ายดาวเทียมที่สมบูรณ์ เพื่อนำไปจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีนเพื่อแยกบริเวณพื้นที่ที่เป็นน้ำและบริเวณพื้นที่ที่ไม่ใช่ น้ำออกจากกัน จากนั้นทำความสะอาดข้อมูลด้วยวิธีแยกบริเวณภาพเพื่อพิจารณาพื้นที่น้ำเฉพาะบริเวณแม่น้ำชี โดยไม่พิจารณาพื้นที่บริเวณอื่น และประมาณค่าปริมาณน้ำด้วยการนับจำนวนพิกเซลสีน้ำเงิน (บริเวณพื้นน้ำ) โดยข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้จะนำไปผ่านการนอร์มัลไลเซชันเพื่อปรับสเกลข้อมูล และประมวลผลข้อมูลด้วยวิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน เพื่อสร้างกราฟสำหรับทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า วิธีการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียนสามารถสร้างกราฟเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำของข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิภาพการทำนายได้เป็นแนวโน้มที่ถูกต้อง สามารถช่วยในการวิเคราะห์สถานการณ์น้ำที่เกิดขึ้นได้

#### 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมได้ไม่ครบตามที่ผู้พัฒนาคาดหวังไว้ ไม่มีข้อมูลในบางช่วงเดือน เนื่องจากสภาพอากาศที่มีปริมาณเมฆหนาแน่น หรือเกิดฝนตกฟ้าคะนองอย่างหนัก ท้องฟ้าขมุกขมัว ทำให้ดาวเทียมไม่สามารถบันทึกภาพถ่ายที่เห็นบริเวณแม่น้ำชีได้
2. ภาพถ่ายดาวเทียมที่เก็บรวบรวมได้ ไม่สามารถนำมาใช้ได้ทั้งหมด เนื่องจากไม่สามารถแยกบริเวณแม่น้ำชีบนภาพถ่ายดาวเทียมได้อย่างชัดเจน
3. ไลบรารี Pymc3 มีการเปลี่ยนแปลงทำให้ไม่สามารถสร้างกราฟการคำนวณขึ้นมาใหม่ได้

#### 5.3 วิธีการแก้ปัญหา

1. เก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณแม่น้ำชีจากดาวเทียมดวงอื่น ๆ นอกจากที่ใช้ในโครงการนี้ และเก็บรวบรวมข้อมูลหลายปีมากขึ้น เพื่อประมาณค่าข้อมูลในบางปีของช่วงเดือนที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้
2. พยายามเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้ได้มากที่สุด ยังมีข้อมูลมากจะทำให้การสร้างกราฟเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำได้ถูกต้องมากขึ้น

3. ต้องศึกษาไลบรารีทั้งหมดที่นำมาใช้ให้เข้าใจมากที่สุด เพื่อให้สามารถปรับแก้โปรแกรมตามการเปลี่ยนแปลงของไลบรารีได้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Babawuro Usman. (2013). Satellite imagery land cover classification using K-Means clustering algorithm computer vision for environmental information extraction. Elixir International Journal, Computer Science and Engineering, 63,18671-18675. Retrieved from [https://www.elixirpublishers.com/articles/1382356773\\_63%20\(2013\)%2018671-18675.pdf](https://www.elixirpublishers.com/articles/1382356773_63%20(2013)%2018671-18675.pdf)
- [2] Tanja Duda and Morton Canty. (2002). Unsupervised classification of satellite imagery: Choosing a good algorithm. International Journal of Remote Sensing 23(11), 2193-2212. Available from: <https://doi.org/10.1080/01431160110078467>
- [3] Paria Yousefi, Hamid A. Jalab, Rabha W. Ibrahim, Nurul F. Mohd Noor, Mohamad N. Ayub, Abdullah Gani. (2018). Water-body segmentation in satellite imagery applying modified kernel K-means [Online]. Malaysian Journal of Computer Science, 31(2), 143-154. Retrieved from <https://doi.org/10.22452/mjcs.vol31no2.4>
- [4] Zexun Chen, Bo Wang, Alexander N. Gorban. (2020). Multivariate Gaussian and Student-t process regression for multi-output prediction. Neural Computing and Applications, 32, 3005–3028. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00521-019-04687-8>
- [5] Carl Edward Rasmussen and Christopher K. I. Williams. Regression. Gaussian Processes for Machine Learning, pp.7-29. Massachusetts Institute of Technology Press, 2006. Retrieved from <http://www.gaussianprocess.org/gpml/>
- [6] Agathe Girard, Carl Edward Rasmussen, Joaquin Quiñero Candela, Roderick Murray-Smith. (2002). Gaussian process priors with uncertain inputs application to multiple-step ahead time series forecasting. In *proceedings of the Neural Information Processing Systems (NIPS) Conference*. Retrieved from <http://papers.neurips.cc/paper/2313-gaussian-process-priors-with-uncertain-inputs-application-to-multiple-step-ahead-time-series-forecasting.pdf>
- [7] ศูนย์ป้องกันวิกฤติน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ. “สภาพภูมิประเทศลุ่มแม่น้ำชี” [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://mekhala.dwr.go.th/knowledge-basin-chee.php> สืบค้นเมื่อ 16 มิถุนายน 2564

- [8] ศูนย์วิจัยภูมิศาสตร์เพื่อประเทศไทย “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์” [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://www.gisthai.org/about-gis/gis.html> สืบค้นเมื่อ 17 มิถุนายน 2564
- [9] ศูนย์วิจัยภูมิศาสตร์เพื่อประเทศไทย “ระบบพิกัดในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์” [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://www.gisthai.org/about-gis/data-gis.html> สืบค้นเมื่อ 17 มิถุนายน 2564
- [10] Wesley Chun. “Sentinel-2 MSI” [ออนไลน์] แหล่งที่มา: [https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS\\_S2\\_SR](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_SR) สืบค้นเมื่อ 17 มิถุนายน 2564
- [11] Mulika H. “การทำMachine Learning ด้วย Clustering Model” [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <https://medium.com/tni-university/การทำ-machine-learning-ด้วย-clustering-model-2a3c39> สืบค้นเมื่อ 19 มิถุนายน 2564
- [12] Aidan Scannell. “Gaussian Process Regression” [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <https://www.aidanscannell.com/post/gaussian-process-regression/> สืบค้นเมื่อ 25 มิถุนายน 2564
- [13] ศูนย์ป้องกันวิกฤติน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ. “รายงานสถานการณ์น้ำและคาดการณ์น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง-ชี-มูล วันที่ 9 สิงหาคม 2561” [ออนไลน์] แหล่งที่มา:[http://mekhala.dwr.go.th/imgbackend/report\\_file/report\\_20180809-133931.pdf](http://mekhala.dwr.go.th/imgbackend/report_file/report_20180809-133931.pdf) สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2564
- [14] ดร.ทองเปลว กองจันทร์. “ชล.ชะลอน้ำลุ่มน้ำชี-มูล หวังลดผลกระทบพื้นที่น้ำท่วม”[ออนไลน์] แหล่งที่มา: <https://www.kaset1009.com/th/articles/172924> สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2564
- [15] แนวหน้า. “พายุโพดุลถล่ม เหนือ-อีสาน ฝนตก” [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <https://www.naewna.com/local/437307> สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2564
- [16] มติชนออนไลน์. “น้ำท่วมอุบลฯ อ่วม!!!! จมบาดาล เข้าขั้นวิกฤติ หนักสุดในรอบ 17 ปี” [ออนไลน์] แหล่งที่มา: [https://www.matichon.co.th/region/news\\_1668894](https://www.matichon.co.th/region/news_1668894) สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2564
- [17] คมชัดลึก. “แม่น้ำชีอาการหนักลดลงต่อเนื่อง 3 เขื่อนน่าหวัง” [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <https://www.komchadluek.net/news/411968> สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2564

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

# แบบเสนอหัวข้อโครงการ รายวิชา 2301399 Project Proposal

## ปีการศึกษา 2563

ชื่อโครงการ	ระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม ภาควิชา คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์		
ผู้ดำเนินการ	นางสาวกัญญิกา สร้อยเพชรคุณ		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภควรรณ ปักชี โทร 02-2187125		
	อาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง		โทร 083-949-9993

### 1. ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ

ในปัจจุบันได้มีหลายหน่วยงานที่คอยเฝ้าระวังระดับน้ำในบริเวณลุ่มแม่น้ำชี และมีอีกหลายหน่วยงานที่คอยบริหารจัดการและจัดสรรทรัพยากรน้ำ เพื่อนำไปใช้สอยให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับประชาชนในยามขาดแคลน อีกทั้งปัญหาทางการเกษตรที่พบได้บ่อย ไม่ว่าจะเป็นภัยแล้งที่ทำให้ผลผลิตไม่เป็นไปตามต้องการ หรืออุทกภัยที่ทำให้ผลผลิตของเกษตรกรบริเวณลุ่มแม่น้ำชีได้รับความเสียหาย ปัญหาในส่วนนี้จะส่งผลกระทบต่อเกษตรกรเป็นอย่างมาก ดังนั้นการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่ดีและมีประสิทธิภาพจะส่งผลที่ดีต่อภาคการเกษตรของประเทศ อีกทั้งยังช่วยทำให้เกิดการป้องกันปัญหาที่จะส่งผลกระทบต่อประชาชนได้ด้วย หากสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชีได้ จะช่วยทำให้ภาครัฐวางแผนการจัดการและจัดสรรน้ำในระยะยาวได้ดีขึ้น วิธีการปกติโดยทั่วไปที่ใช้ประมาณการปริมาณน้ำ คือ การนำภาพถ่ายทางอากาศ (aerial photographs) หรือภาพถ่ายดาวเทียม (satellite images) มาใช้ระบุปริมาณน้ำและทำนายปริมาณน้ำในอนาคต โดยวิธีนี้ ต้องใช้ความสามารถของบุคลากรที่มีประสบการณ์ และมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ผู้พัฒนาจึงจะออกแบบระบบอัตโนมัติที่สามารถทำนายปริมาณน้ำจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมทางธรณีวิทยาด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งเป็นวิธีที่ดีกว่าวิธีเดิม ไม่จำเป็นต้องใช้บุคลากรผู้เชี่ยวชาญโดยเฉพาะ และทำให้ลดงบประมาณด้านบุคลากรลงได้

จากการศึกษาเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่สามารถนำมาประยุกต์ในการทำนายปริมาณน้ำโดยวิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียมทางธรณีวิทยา มีเทคนิคหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่อง แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) ที่ใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล (clustering) ที่น่าสนใจ คือ K-means เพราะเป็นวิธีที่เข้าใจง่าย สามารถนำมาใช้แยกข้อมูลที่มีจำนวนกลุ่มน้อย แต่มีปริมาณข้อมูลจำนวนมากได้ จึงคาดว่าจะนำมาใช้ได้จริงกับข้อมูลในโครงการนี้ เพื่อแยกบริเวณพื้นที่ที่เป็นน้ำและบริเวณพื้นที่ที่ไม่ใช่ น้ำออกจากกัน จากที่ได้ศึกษา

งานวิจัย [1]-[2] พบว่า การจำแนกบริเวณพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันในภาพถ่ายดาวเทียม เช่น สิ่งก่อสร้าง (built-up) พื้นที่การเกษตร (farmland) ป่า (forest) พื้นน้ำ (water) และพื้นที่อื่น ๆ ออกจากกัน โดยใช้ K-means ให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำมาก อีกทั้งจากงานวิจัย [3] มีการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมนำมาใช้ร่วมกับ K-means ในการจัดกลุ่มของข้อมูลในกระบวนการเตรียมข้อมูล (pre-processing) โดยลดคุณลักษณะของข้อมูลที่ซ้ำซ้อน (redundant feature) และตัดคุณลักษณะของข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (irrelevant feature) ออก เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการจัดกลุ่มข้อมูล ทำให้การแบ่งพื้นที่ในภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่ที่เป็นน้ำและไม่ใช่ น้ำออกจากกันมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และอีกเทคนิคหนึ่ง คือ การถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน (Gaussian process regression) [4]-[6] พบว่า กระบวนการเกาส์เซียนเป็นวิธีการทำนายค่าตอบจากการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของข้อมูล ที่ให้ข้อมูลเชิงตัวเลข (Numerical data) และให้ผลลัพธ์ที่สามารถระบุความคลาดเคลื่อนของค่าตอบได้ จึงจะใช้วิธีการนี้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในลุ่มแม่น้ำชี

## 2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบวิธีการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแม่น้ำชี
2. เพื่อพัฒนาระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในลุ่มแม่น้ำชีจากภาพถ่ายดาวเทียม

## 3. วิธีการดำเนินงาน

### 1. แผนการศึกษา

- 1.1 ศึกษาบทความที่เกี่ยวข้องและวางแผนการดำเนินงาน
- 1.2 เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้ในการออกแบบระบบ โดยศึกษาการใช้งาน Google Earth Engine [8] และดาวน์โหลด (download) ภาพถ่ายดาวเทียมของบริเวณที่ต้องการผ่าน Google Earth Engine
- 1.3 ออกแบบวิธีการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมและทำนายปริมาณน้ำ
- 1.4 ออกแบบระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ
- 1.5 พัฒนาระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ
- 1.6 ทดสอบระบบและตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ
- 1.7 จัดทำเอกสารประกอบโครงการ



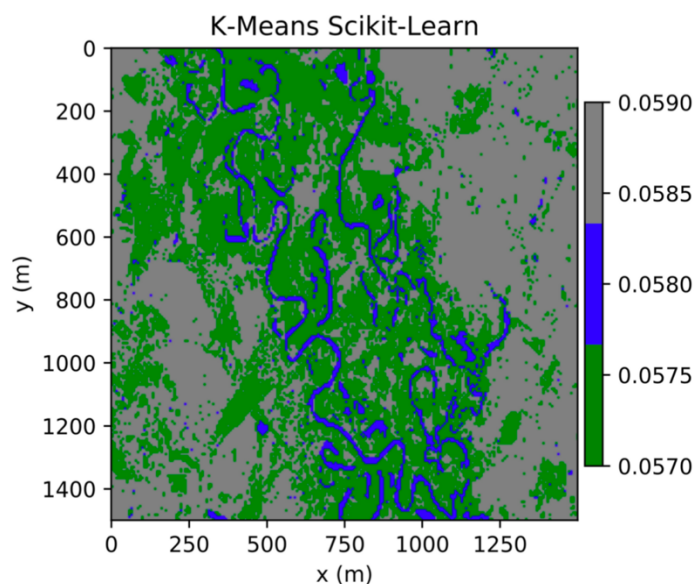
## 2. ตารางระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี 2563				ปี 2564			
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
ศึกษาบทความที่เกี่ยวข้องและวางแผนการดำเนินงาน								
เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้ในการออกแบบระบบ								
ออกแบบวิธีการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมและทำนายปริมาณน้ำ								
ออกแบบระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ								
พัฒนาระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ								
ทดสอบระบบและตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ								
จัดทำเอกสารประกอบโครงการ								

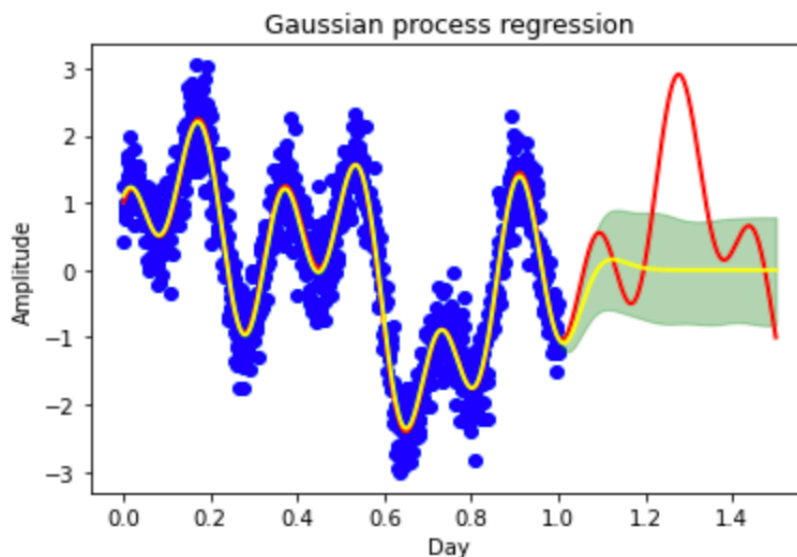
## 4. รายละเอียดการประมวลผล

การประมวลผลแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน

**ขั้นตอนที่ 1** นำภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียม Sentinel-2 มาสร้างภาพเป็นกราฟที่แสดงสีในรหัสของ RGB เป็นข้อมูลแบบ 12 มิติแสงสี (12 light/color band) โดยใช้ไลบรารี opensource ชื่อว่า matplotlib และเขียนโปรแกรมภาษาไพทอน (Python) เพิ่มเติมเป็น ฟังก์ชัน plot\_RGB และฟังก์ชัน plot\_scatter โดยอาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง สำหรับเลือกเฉพาะกราฟใน 3 มิติแสงสี ได้แก่ แสงสีฟ้า แสงสีเขียว และแสงสีแดงมารวมกัน เพื่อให้ได้กราฟการกระจายตัวของข้อมูล (data scattering) และนำมาจัดกลุ่มข้อมูล (clustering) ตามวิธี K-means โดยใช้ฟังก์ชัน sklearn.cluster ของ Scikit learn ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ ภาพถ่ายดาวเทียมที่เห็นแยกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ พื้นดิน (สีเทา) พื้นน้ำ (สีฟ้า) และต้นไม้ (สีเขียว) ดังภาพด้านล่าง



**ขั้นตอนที่ 2** นับจำนวน pixel สีฟ้าในภาพถ่ายดาวเทียม และคำนวณปริมาณน้ำจากแต่ละภาพ (water surface) ตามค่ามาตรฐานทางธรณีวิทยาและเฟรมเวลาที่กำหนด และนำค่าปริมาณน้ำที่ได้สร้างกราฟเทียบกับเฟรมเวลา (time slot) เพื่อให้ได้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (time series data) ดังจุดข้อมูลสีน้ำเงินในภาพด้านล่าง ซึ่งงานวิจัยทางธรณีวิทยาพบว่า ปริมาณน้ำมักจะเปลี่ยนแปลงเป็นรอบ (cycle) ที่ซ้ำกัน ซึ่งระยะเวลาแต่ละรอบนั้นขึ้นกับข้อมูลจากแต่ละพื้นที่ โดยในโครงการนี้คาดว่าหนึ่งรอบการวนซ้ำคือ 1 ปี ดังนั้นจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำประมาณ 2 ปี ในการศึกษาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการทำนายปริมาณน้ำในโครงการนี้ ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ โปรแกรมคำนวณปริมาณน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมและสร้างข้อมูลอนุกรมเวลา



**ขั้นตอนที่ 3** การปรับค่าพารามิเตอร์ (fine tune) และการปรับแต่งโปรแกรม (modify code) ในการสร้างกราฟด้วยฟังก์ชันสมการการถดถอยแบบกระบวนการเกาส์เซียน ที่เขียนโปรแกรมเบื้องต้น โดยอาจารย์ ดร.พงศ์เทพ ทองแสง ให้กราฟที่ได้ใกล้เคียงกับข้อมูลปริมาณน้ำตามอนุกรมเวลา (time series) ดังเส้นกราฟสีเหลืองในภาพด้านบน โดยคาดว่าพารามิเตอร์ ที่สำคัญ 2 ค่า คือ ความโค้งของกราฟ (curve) ที่ปรับค่าฟังก์ชัน sin และการขึ้นลงของกราฟที่ปรับค่าแอมพลิจูด (amplitude) และคำนวณค่าความผิดพลาด (error) ที่เกิดขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ โปรแกรมสร้างกราฟที่เป็นโมเดลการทำนายปริมาณน้ำจากค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด

**ขั้นตอนที่ 4** ทำนายปริมาณน้ำตามโมเดลการทำนายและคำนวณค่าความไม่แน่นอน (uncertainty) ที่เกิดขึ้น

## 5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

### 5.1. ประโยชน์ต่อผู้พัฒนา

5.1.1 ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูล และเรียนรู้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมทางธรณีวิทยา

5.1.2 ได้รับประสบการณ์และทักษะการพัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อทำนายคำตอบที่ต้องการ

### 5.2. ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

5.2.1 ได้ระบบทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในบริเวณลุ่มแม่น้ำชี เพื่อการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

- 5.2.2 ได้ระบบวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ทำได้โดยอัตโนมัติ ทำให้ลดต้นทุนด้านเวลา และจำนวนบุคลากร
- 5.2.3 ผู้ที่สนใจสามารถทราบข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในบริเวณลุ่มแม่น้ำชีล่งหน้าที่เป็นประโยชน์ได้

## 6. งบประมาณ

1. คีย์บอร์ดไร้สาย (wireless keyboard)	3,290 บาท
2. อะแดปเตอร์แปลงไฟเครื่องคอมพิวเตอร์แล็ปท็อป	1,590 บาท
3. ค่าจัดทำเอกสาร	120 บาท
<b>รวม</b>	<b>5,000 บาท</b>

หมายเหตุ ทั้งนี้งบประมาณที่ตั้งไว้ ขออภัยเสียทุกรายการ

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Babawuro Usman. (2013). Satellite imagery land cover classification using K-Means clustering algorithm computer vision for environmental information extraction. Elixir International Journal, Computer Science and Engineering, 63, 18671-18675. Retrieved from [https://www.elixirpublishers.com/articles/1382356773\\_63%20\(2013\)%2018671-18675.pdf](https://www.elixirpublishers.com/articles/1382356773_63%20(2013)%2018671-18675.pdf)
- [2] Tanja Duda and Morton Canty. (2002). Unsupervised classification of satellite imagery: Choosing a good algorithm. International Journal of Remote Sensing 23(11), 2193-2212. Available from: <https://doi.org/10.1080/01431160110078467>
- [3] Paria Yousefi, Hamid A. Jalab, Rabha W. Ibrahim, Nurul F. Mohd Noor, Mohamad N. Ayub, Abdullah Gani. (2018). Water-body segmentation in satellite imagery applying modified kernel K-means [Online]. Malaysian Journal of Computer Science, 31(2), 143-154. Retrieved from <https://doi.org/10.22452/mjcs.vol31no2.4>

- [4] Zexun Chen, Bo Wang, Alexander N. Gorban. (2020). Multivariate Gaussian and Student-t process regression for multi-output prediction. *Neural Computing and Applications*, 32, 3005–3028. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00521-019-04687-8>
  
- [5] Carl Edward Rasmussen and Christopher K. I. Williams. *Regression. Gaussian Processes for Machine Learning*, pp.7-29. Massachusetts Institute of Technology Press, 2006. Retrieved from <http://www.gaussianprocess.org/gpml/>
  
- [6] Agathe Girard, Carl Edward Rasmussen, Joaquin Quiñonero Candela, Roderick Murray-Smith. (2002). Gaussian process priors with uncertain inputs application to multiple-step ahead time series forecasting. *In proceedings of the Neural Information Processing Systems (NIPS) Conference*. Retrieved from <http://papers.neurips.cc/paper/2313-gaussian-process-priors-with-uncertain-inputs-application-to-multiple-step-ahead-time-series-forecasting.pdf>
  
- [7] Google. Earth Engine Code Editor [Online]. Retrieved from <https://developers.google.com/earth-engine/guides/playground> [20 Aug 2020]
  
- [8] Google. Google Earth Engine [Online]. Retrieved from <https://code.earthengine.google.com> [22 Aug 2020]
  
- [9] Project Jupyter. Jupyter Notebook: Open-source web application [Online]. Retrieved from <https://jupyter.org> [29 Aug 2020]

## ภาคผนวก ข

### ตารางแสดงข้อมูลปริมาณน้ำจากการนับพิกเซลพื้นที่น้ำในภาพ

	YEAR	MONTH	WATER SURFACE (pixel)	BAND	SATELLITE
1	2018	January	108757	5	SATELLITE 1
2	2018	January	111014	6	SATELLITE 1
3	2018	January	107172	7	SATELLITE 1
4	2018	January	113376	8	SATELLITE 1
5	2018	January	95333	5	SATELLITE 1
6	2018	January	95204	6	SATELLITE 1
7	2018	January	93805	7	SATELLITE 1
8	2018	January	100988	8	SATELLITE 1
9	2018	January	94957	5	SATELLITE 2
10	2018	January	91382	6	SATELLITE 2
11	2018	January	92211	7	SATELLITE 2
12	2018	January	90596	5	SATELLITE 2
13	2018	January	87902	6	SATELLITE 2
14	2018	January	86099	7	SATELLITE 2
15	2018	January	93258	8	SATELLITE 2
16	2018	January	93934	5	SATELLITE 2
17	2018	January	93784	6	SATELLITE 2
18	2018	January	94320	7	SATELLITE 2
19	2018	February	90489	5	SATELLITE 1
20	2018	February	90529	6	SATELLITE 1
21	2018	February	90724	7	SATELLITE 1
22	2018	February	100879	8	SATELLITE 1
23	2018	February	87566	5	SATELLITE 1
24	2018	February	86116	6	SATELLITE 1

25	2018	February	85870	7	SATELLITE 1
26	2018	February	88206	8	SATELLITE 1
27	2018	February	87566	5	SATELLITE 2
28	2018	February	86116	6	SATELLITE 2
29	2018	February	85870	7	SATELLITE 2
30	2018	February	88206	8	SATELLITE 2
31	2018	February	81116	5	SATELLITE 2
32	2018	February	82847	6	SATELLITE 2
33	2018	February	80709	7	SATELLITE 2
34	2018	February	82740	8	SATELLITE 2
35	2018	February	83069	5	SATELLITE 2
36	2018	February	85878	6	SATELLITE 2
37	2018	February	83141	7	SATELLITE 2
38	2018	February	86352	8	SATELLITE 2
39	2018	March	78650	5	SATELLITE 1
40	2018	March	81712	6	SATELLITE 1
41	2018	March	79033	7	SATELLITE 1
42	2018	March	80513	8	SATELLITE 1
43	2018	March	99256	5	SATELLITE 1
44	2018	March	109455	6	SATELLITE 1
45	2018	March	90441	7	SATELLITE 1
46	2018	March	88559	8	SATELLITE 1
47	2018	March	137300	6	SATELLITE 2
48	2018	March	120067	7	SATELLITE 2
49	2018	March	120565	8	SATELLITE 2
50	2018	March	99230	5	SATELLITE 2
51	2018	March	102152	6	SATELLITE 2
52	2018	March	95125	7	SATELLITE 2
53	2018	March	95403	8	SATELLITE 2

54	2018	March	78274	5	SATELLITE 2
55	2018	March	76455	6	SATELLITE 2
56	2018	March	75664	7	SATELLITE 2
57	2018	March	79140	8	SATELLITE 2
58	2018	March	80675	5	SATELLITE 2
59	2018	March	79429	6	SATELLITE 2
60	2018	March	78079	7	SATELLITE 2
61	2018	March	80026	8	SATELLITE 2
62	2018	April	79300	5	SATELLITE 1
63	2018	April	78631	6	SATELLITE 1
64	2018	April	77253	7	SATELLITE 1
65	2018	April	78003	8	SATELLITE 1
66	2018	April	78193	5	SATELLITE 1
67	2018	April	79111	6	SATELLITE 1
68	2018	April	77428	7	SATELLITE 1
69	2018	April	78645	8	SATELLITE 1
70	2018	April	105101	5	SATELLITE 2
71	2018	April	104688	6	SATELLITE 2
72	2018	April	108693	7	SATELLITE 2
73	2018	April	108681	8	SATELLITE 2
74	2018	May	206837	5	SATELLITE 2
75	2018	May	208099	6	SATELLITE 2
76	2018	May	214555	7	SATELLITE 2
77	2018	May	212108	8	SATELLITE 2
78	2018	May	201197	5	SATELLITE 2
79	2018	May	192213	6	SATELLITE 2
80	2018	May	183913	7	SATELLITE 2
81	2018	May	191397	8	SATELLITE 2
82	2018	May	246425	5	SATELLITE 2
83	2018	May	247048	6	SATELLITE 2
84	2018	May	234483	7	SATELLITE 2



85	2018	May	241256	8	SATELLITE 2
86	2018	July	201197	5	SATELLITE 1
87	2018	July	192213	6	SATELLITE 1
88	2018	July	183913	7	SATELLITE 1
89	2018	July	191397	8	SATELLITE 1
90	2018	July	181169	5	SATELLITE 2
91	2018	July	185747	6	SATELLITE 2
92	2018	July	174270	7	SATELLITE 2
93	2018	July	182298	8	SATELLITE 2
94	2018	September	187299	5	SATELLITE 1
95	2018	September	189163	6	SATELLITE 1
96	2018	September	179789	7	SATELLITE 1
97	2018	September	183140	8	SATELLITE 1
98	2018	September	139336	5	SATELLITE 2
99	2018	September	142705	6	SATELLITE 2
100	2018	September	133148	7	SATELLITE 2
101	2018	September	136470	8	SATELLITE 2
102	2018	September	105612	5	SATELLITE 2
103	2018	September	106098	6	SATELLITE 2
104	2018	September	103548	7	SATELLITE 2
105	2018	September	111262	8	SATELLITE 2
106	2018	October	107219	5	SATELLITE 1
107	2018	October	110353	6	SATELLITE 1
108	2018	October	103802	7	SATELLITE 1
109	2018	October	109517	8	SATELLITE 1
110	2018	October	87656	5	SATELLITE 2
111	2018	October	87407	6	SATELLITE 2
112	2018	October	86392	7	SATELLITE 2
113	2018	October	89415	8	SATELLITE 2
114	2018	October	83590	5	SATELLITE 2
115	2018	October	83589	6	SATELLITE 2

116	2018	October	82559	7	SATELLITE 2
117	2018	October	86506	8	SATELLITE 2
118	2018	November	80327	5	SATELLITE 1
119	2018	November	82169	6	SATELLITE 1
120	2018	November	81428	7	SATELLITE 1
121	2018	November	84701	8	SATELLITE 1
122	2018	November	74250	5	SATELLITE 2
123	2018	November	75442	6	SATELLITE 2
124	2018	November	75728	7	SATELLITE 2
125	2018	November	76880	8	SATELLITE 2
126	2018	December	64613	5	SATELLITE 1
127	2018	December	64418	6	SATELLITE 1
128	2018	December	67528	7	SATELLITE 1
129	2018	December	69016	8	SATELLITE 1
130	2018	December	75729	6	SATELLITE 2
131	2018	December	74333	7	SATELLITE 2
132	2018	December	73697	8	SATELLITE 2
133	2018	December	112206	6	SATELLITE 2
134	2018	December	120404	7	SATELLITE 2
135	2018	December	118595	8	SATELLITE 2
136	2018	December	156549	7	SATELLITE 2
137	2018	December	146544	8	SATELLITE 2
138	2019	January	73292	5	SATELLITE 1
139	2019	January	71458	6	SATELLITE 1
140	2019	January	73562	7	SATELLITE 1
141	2019	January	77133	8	SATELLITE 1
142	2019	January	73349	5	SATELLITE 1
143	2019	January	72491	6	SATELLITE 1
144	2019	January	74397	7	SATELLITE 1
145	2019	January	81528	8	SATELLITE 1
146	2019	February	71030	5	SATELLITE 1

147	2019	February	71275	6	SATELLITE 1
148	2019	February	68440	7	SATELLITE 1
149	2019	February	70658	8	SATELLITE 1
150	2019	March	108896	5	SATELLITE 1
151	2019	March	96779	6	SATELLITE 1
152	2019	March	80590	7	SATELLITE 1
153	2019	March	79837	8	SATELLITE 1
154	2019	March	98740	5	SATELLITE 1
155	2019	March	94605	6	SATELLITE 1
156	2019	March	83158	7	SATELLITE 1
157	2019	March	80383	8	SATELLITE 1
158	2019	March	78540	7	SATELLITE 2
159	2019	March	81739	8	SATELLITE 2
160	2019	April	70145	5	SATELLITE 1
161	2019	April	66677	6	SATELLITE 1
162	2019	April	59027	7	SATELLITE 1
163	2019	April	59199	8	SATELLITE 1
164	2019	April	68184	5	SATELLITE 1
165	2019	April	64701	6	SATELLITE 1
166	2019	April	57835	7	SATELLITE 1
167	2019	April	56676	8	SATELLITE 1
168	2019	May	162650	5	SATELLITE 1
169	2019	May	158292	6	SATELLITE 1
170	2019	May	109550	7	SATELLITE 1
171	2019	May	96392	8	SATELLITE 1
172	2019	August	221285	5	SATELLITE 1
173	2019	August	187520	6	SATELLITE 1
174	2019	August	190091	7	SATELLITE 1
175	2019	August	185558	8	SATELLITE 1
176	2019	October	188323	5	SATELLITE 1
177	2019	October	197594	6	SATELLITE 1

178	2019	October	178770	7	SATELLITE 1
179	2019	October	186373	8	SATELLITE 1
180	2019	October	194506	6	SATELLITE 2
181	2019	October	194311	7	SATELLITE 2
182	2019	October	187878	8	SATELLITE 2
183	2019	November	161227	5	SATELLITE 1
184	2019	November	155011	6	SATELLITE 1
185	2019	November	143373	7	SATELLITE 1
186	2019	November	154181	8	SATELLITE 1
187	2019	November	126253	5	SATELLITE 1
188	2019	November	125435	6	SATELLITE 1
189	2019	November	120037	7	SATELLITE 1
190	2019	November	125651	8	SATELLITE 1
191	2019	November	203842	5	SATELLITE 2
192	2019	November	214555	6	SATELLITE 2
193	2019	November	197779	7	SATELLITE 2
194	2019	November	206868	8	SATELLITE 2
195	2019	November	176394	5	SATELLITE 2
196	2019	November	186834	6	SATELLITE 2
197	2019	November	167353	7	SATELLITE 2
198	2019	November	178254	8	SATELLITE 2
199	2019	December	104129	5	SATELLITE 1
200	2019	December	100497	6	SATELLITE 1
201	2019	December	97048	7	SATELLITE 1
202	2019	December	104406	8	SATELLITE 1
203	2019	December	88007	5	SATELLITE 1
204	2019	December	87720	6	SATELLITE 1
205	2019	December	85876	7	SATELLITE 1
206	2019	December	89974	8	SATELLITE 1
207	2019	December	155679	5	SATELLITE 2
208	2019	December	154205	6	SATELLITE 2

209	2019	December	141077	7	SATELLITE 2
210	2019	December	150618	8	SATELLITE 2
211	2019	December	127594	5	SATELLITE 2
212	2019	December	126012	6	SATELLITE 2
213	2019	December	121017	7	SATELLITE 2
214	2019	December	127730	8	SATELLITE 2
215	2019	December	112257	5	SATELLITE 2
216	2019	December	116634	6	SATELLITE 2
217	2019	December	108677	7	SATELLITE 2
218	2019	December	119629	8	SATELLITE 2
219	2019	December	105896	5	SATELLITE 2
220	2019	December	103770	6	SATELLITE 2
221	2019	December	99297	7	SATELLITE 2
222	2019	December	107506	8	SATELLITE 2
223	2020	January	78549	5	SATELLITE 1
224	2020	January	77504	6	SATELLITE 1
225	2020	January	78928	7	SATELLITE 1
226	2020	January	82057	8	SATELLITE 1
227	2020	January	78094	5	SATELLITE 1
228	2020	January	77422	6	SATELLITE 1
229	2020	January	76825	7	SATELLITE 1
230	2020	January	80184	8	SATELLITE 1
231	2020	January	106707	5	SATELLITE 2
232	2020	January	106805	6	SATELLITE 2
233	2020	January	101818	7	SATELLITE 2
234	2020	January	108884	8	SATELLITE 2
235	2020	January	92597	5	SATELLITE 2
236	2020	January	92125	6	SATELLITE 2
237	2020	January	90849	7	SATELLITE 2
238	2020	January	93986	8	SATELLITE 2
239	2020	January	84297	5	SATELLITE 2

240	2020	January	83903	6	SATELLITE 2
241	2020	January	82347	7	SATELLITE 2
242	2020	January	84401	8	SATELLITE 2
243	2020	February	73667	5	SATELLITE 1
244	2020	February	72587	6	SATELLITE 1
245	2020	February	72773	7	SATELLITE 1
246	2020	February	73934	8	SATELLITE 1
247	2020	February	71186	7	SATELLITE 1
248	2020	February	69582	8	SATELLITE 1
249	2020	February	81167	5	SATELLITE 2
250	2020	February	81500	6	SATELLITE 2
251	2020	February	81608	7	SATELLITE 2
252	2020	February	87016	8	SATELLITE 2
253	2020	March	66540	5	SATELLITE 1
254	2020	March	68333	6	SATELLITE 1
255	2020	March	63163	7	SATELLITE 1
256	2020	March	65396	8	SATELLITE 1
257	2020	March	77541	5	SATELLITE 2
258	2020	March	76520	6	SATELLITE 2
259	2020	March	77352	7	SATELLITE 2
260	2020	March	77974	8	SATELLITE 2
261	2020	March	73916	5	SATELLITE 2
262	2020	March	74100	6	SATELLITE 2
263	2020	March	74682	7	SATELLITE 2
264	2020	March	78353	8	SATELLITE 2
265	2020	March	72180	5	SATELLITE 2
266	2020	March	72579	6	SATELLITE 2
267	2020	March	72360	7	SATELLITE 2
268	2020	March	73399	8	SATELLITE 2
269	2020	April	70127	5	SATELLITE 1
270	2020	April	67445	6	SATELLITE 1

271	2020	April	65726	7	SATELLITE 1
272	2020	April	65292	8	SATELLITE 1
273	2020	April	73363	6	SATELLITE 1
274	2020	April	64332	7	SATELLITE 1
275	2020	April	64936	8	SATELLITE 1
276	2020	April	70091	5	SATELLITE 2
277	2020	April	70429	6	SATELLITE 2
278	2020	April	67312	7	SATELLITE 2
279	2020	April	71412	8	SATELLITE 2
280	2020	April	64090	5	SATELLITE 2
281	2020	April	63563	6	SATELLITE 2
282	2020	April	63194	7	SATELLITE 2
283	2020	April	65122	8	SATELLITE 2
284	2020	May	73336	7	SATELLITE 1
285	2020	May	72149	8	SATELLITE 1
286	2020	May	64323	6	SATELLITE 2
287	2020	May	57527	7	SATELLITE 2
288	2020	May	58179	8	SATELLITE 2
289	2020	June	75984	7	SATELLITE 2
290	2020	June	70487	8	SATELLITE 2
291	2020	July	67775	5	SATELLITE 2
292	2020	July	66052	6	SATELLITE 2
293	2020	July	64706	7	SATELLITE 2
294	2020	July	64710	8	SATELLITE 2
295	2020	July	67775	5	SATELLITE 2
296	2020	July	66052	6	SATELLITE 2
297	2020	July	64706	7	SATELLITE 2
298	2020	July	64710	8	SATELLITE 2
299	2020	September	82310	5	SATELLITE 2
300	2020	September	70096	6	SATELLITE 2
301	2020	September	64407	7	SATELLITE 2
302	2020	September	65751	8	SATELLITE 2

303	2020	September	90165	5	SATELLITE 2
304	2020	September	82723	6	SATELLITE 2
305	2020	September	78476	7	SATELLITE 2
306	2020	September	80464	8	SATELLITE 2
307	2020	November	91104	5	SATELLITE 1
308	2020	November	93852	6	SATELLITE 1
309	2020	November	94937	7	SATELLITE 1
310	2020	November	94968	8	SATELLITE 1
311	2020	November	95722	5	SATELLITE 2
312	2020	November	99102	6	SATELLITE 2
313	2020	November	97222	7	SATELLITE 2
314	2020	November	99722	8	SATELLITE 2
315	2020	November	90683	5	SATELLITE 2
316	2020	November	92116	6	SATELLITE 2
317	2020	November	91389	7	SATELLITE 2
318	2020	November	92329	8	SATELLITE 2
319	2020	December	72993	5	SATELLITE 1
320	2020	December	73901	6	SATELLITE 1
321	2020	December	75190	7	SATELLITE 1
322	2020	December	73712	8	SATELLITE 1
323	2020	December	84452	5	SATELLITE 2
324	2020	December	84434	6	SATELLITE 2
325	2020	December	84640	7	SATELLITE 2
326	2020	December	82914	8	SATELLITE 2
327	2020	December	77745	5	SATELLITE 2
328	2020	December	82774	6	SATELLITE 2
329	2020	December	84174	7	SATELLITE 2
330	2020	December	77003	8	SATELLITE 2
331	2020	December	71341	5	SATELLITE 2
332	2020	December	72792	6	SATELLITE 2
333	2020	December	73783	7	SATELLITE 2
334	2020	December	72066	8	SATELLITE 2



## ประวัติผู้จัดทำ

**Miss Kantika Soipetchakoon**  
นางสาวกัญฐิกา สร้อยเพชรคุณ

วัน เดือน ปี เกิด: 26 มกราคม 2541  
สถานที่เกิด: สุรินทร์



สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์  
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย

อีเมล:  
6033605923@student.chula.ac.th