



การติดตามปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันโดยใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม บริเวณ  
อ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย

THE MONITORING OF EUTROPHICATION USING MULTI-SATELLITE DATA IN THE UPPER  
GULF OF THAILAND

ศราวุธ เตียงกุล

มหาวิทยาลัยบูรพา

2563



417234846

BUU\_Thesis\_59910218\_thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44



59910218\_417234846

การติดตามปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันโดยการใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม บริเวณ  
อ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย

ศรารุธ เตียงกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
2563  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา



417234846

BUU-IThesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

THE MONITORING OF EUTROPHICATION USING MULTI-SATELLITE DATA IN THE UPPER  
GULF OF THAILAND

SARAWUT TIANGKUN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR MASTER OF SCIENCE  
IN ENVIRONMENTAL SCIENCE  
FACULTY OF SCIENCE  
BURAPHA UNIVERSITY

2020

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY



417234846

BUU\_Thesis\_59910218\_thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ ศราวุธ เตียงกุล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

 ..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูมิพัฒน์ ภาชนะ)

 ..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร. กฤษณีย์น เจริญจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประสงค์ สงวนธรรม)

 ..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูมิพัฒน์ ภาชนะ)

 ..... กรรมการ

(ดร. กฤษณีย์น เจริญจิตร)

 ..... กรรมการ

(ดร. กาญจนา หริ่มเพ็ง)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

 ..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 1 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2563



417234846

BUU-IThesis 59910218 thesis / rev: 26062563 22:43:06 / seq: 44



59910218: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)  
 คำสำคัญ: ยูโทรฟิเคชัน, คลอโรฟิลล์-เอ, อ่าวไทยตอนบน, ปริมาณน้ำฝน, ดาวเทียม Aqua MODIS, แบบจำลอง SWAT

ศราวุธ เตียงกุล : การติดตามปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันโดยการใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย. (THE MONITORING OF EUTROPHICATION USING MULTI-SATELLITE DATA IN THE UPPER GULF OF THAILAND ) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ภูมิพัฒน์ ภาชนะ, กฤษณีย์นั เจริญจิตร ปี พ.ศ. 2563.

ไทยตอนบนเป็นแหล่งรองรับธาตุอาหารจากแม่น้ำสายหลัก มีลักษณะเป็นอ่าวกึ่งปิดทำให้การหมุนเวียนและการถ่ายเทของมวลน้ำเกิดขึ้นได้น้อยส่งผลให้การกระจายตัวของสารอาหารสูงอยู่รวมกันได้นาน โดยเฉพาะช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนสูงจะเกิดการชะล้างธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำเป็นเหตุให้เกิดภาวะยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม AQUA กับปริมาณธาตุอาหารบนลุ่มน้ำย่อยด้วยแบบจำลองอุทกวิทยาเชิงกายภาพ (SWAT) บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559

ผลการศึกษาพบว่า ดาวเทียม Aqua MODIS มีประสิทธิภาพในการตรวจวัดข้อมูลคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเล โดยปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลอ่าวไทยตอนบนในรอบปี มีความหนาแน่นสูงในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน และมีค่าต่ำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่การเกษตรเพิ่มขึ้น และพื้นที่ป่าไม้ลดลง มีผลต่อลักษณะการไหลของน้ำท่าและการชะล้างธาตุอาหารบนพื้นดิน ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเปลี่ยนไปบนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบนของแบบจำลอง SWAT

ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสบริเวณอ่าวไทยตอนบนของแต่ละลุ่มน้ำย่อยไม่แตกต่างกันในแต่ละสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และยังพบว่าปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงในช่วงเวลาหนึ่งจะส่งผลทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลหนาแน่นขึ้นในเวลาต่อมา



417234846

ประสิทธิภาพการประเมินปริมาณธาตุอาหารของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อย  
บริเวณอ่าวไทยตอนบน ยังไม่มีความถูกต้อง แม่นยำตรงกับสภาพลุ่มน้ำจริงมากนัก เนื่องจากมี  
ข้อจำกัด ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่จริงไม่อาจนำมาใช้เป็นตัวแทนข้อมูลในการปรับเทียบได้  
แต่สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานไปสู่การวางแผนการจัดการลุ่มน้ำ การแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ  
และป้องกันผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์ ยูโทรฟิเคชันได้ในอนาคต



417234846

BUU .I.Thesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

59910218: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: Eutrophication, Chlorophyll-a, Upper Gulf of Thailand, Rainfall, Aqua MODIS, SWAT model

SARAWUT TIANGKUN : THE MONITORING OF EUTROPHICATION USING MULTI-SATELLITE DATA IN THE UPPER GULF OF THAILAND . ADVISORY COMMITTEE: PUMIPAT PACHANA, Ph.D., KITSANAI CHAROENJIT, Ph.D. 2020.

The Upper Gulf of Thailand is known to supporting of the nutrient transportation from the main rivers. The semi-closed estuaries and current circular are shaped of this Upper Gulf. Thus the nutrient is more stocked in this area. Moreover, the Eutrophication is extremely potential occurred and may negative effected to the bio-aquatic in this area. The objective of this study is to investigation to the relationship of between the temporal variations of sea surface chlorophyll-a of Aqua MODIS data recorded from 2012 to 2016 and Spatial Dispersion Evaluation of Nutrient by the SWAT model from Sub-basin to The Upper Gulf of Thailand.

The result showed that variations in averaged sea surface chlorophyll-a that high values in October and November and low values in February. The results from correlation analysis indicated that there are positive relationships between chlorophyll-a concentrations and Rainfall the previous month at significance ( $p < 0.05$ ), Aqua MODIS effective measurement sea surface Chlorophyll-a.

The changes of land use in residential and agricultural areas have increased and reduced forest area affected the flow characteristics of streams (runoff) and nutrient leaching on the ground, resulting in changes in nitrogen and phosphorus content in sub-basins of Upper Gulf of Thailand by the SWAT analysis model.

phosphorus and Nitrogen showed no significantly different between seasons each station ( $p < 0.05$ ). Excessive amounts of nitrogen and phosphorus can cause that variations in averaged sea surface chlorophyll-a that high values

The SWAT analysis model is not suitable for evaluation of nutrient from sub-basin to The Upper Gulf of Thailand cause of data limitations, the data obtained from on-site (site survey) measurements can sometimes not be used to represent calibration data. However, in this study can be used as basic information for watershed management planning or solving water quality problems and preventing the impact of Eutrophication phenomenon to sub-basin's The Upper Gulf of Thailand in the future.



417234846

BUU\_Thesis\_59910218\_thesis / recv : 26062563 22:43:06 / seq: 44

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ภูมิพัฒน์ ภาชนะ และดร.กฤษณีย์น เจริญจิตร ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบแก้ไข และช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง  
ไปด้วยดี

ขอขอบคุณอธิบดีกรมพัฒนาที่ดินที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ขอขอบคุณ  
ผู้อำนวยการสำนักจัดการคุณภาพน้ำที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำ และ  
ขอขอบคุณผู้อำนวยการบริการข้อมูลดิจิทัลอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่ให้ความความอนุเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยวิทยา

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้อบรมสั่ง  
สอนให้ความรู้ คำแนะนำและประสบการณ์ตลอดจนให้ความเมตตากรุณาและกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และสมาชิกในครอบครัว ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู  
ส่งเสริมในด้านการศึกษา ให้กำลังใจและช่วยเหลือมาโดยตลอด และด้วยคุณค่าและประโยชน์อันจะเกิด  
จากงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ชี้แนวทางที่ดี มีคุณค่าแก่ผู้วิจัยตลอด  
มา จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิต

ศรารุช เตียงกุล



417234846

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
สมมติฐาน.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
กรอบแนวคิดของงานวิจัย.....	7
คำนิยามศัพท์.....	5
บทที่ 2.....	6
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา.....	6
2. การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication).....	11
3. ผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน.....	18
4. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System).....	21



417234846

BUU\_1Thesis\_59910218\_thesis / rev: 26062563 22:43:06 / seq: 44

5. แบบจำลองทางอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool) .....	33
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย .....	36
บทที่ 3 .....	39
วิธีการดำเนินการวิจัย .....	39
1. ข้อมูลและแหล่งข้อมูล.....	39
2. ขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	41
3. อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาและวิธีการเก็บข้อมูล .....	41
4. วิธีการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูล .....	42
5. วิธีการดำเนินงานวิจัย .....	49
บทที่ 4 .....	50
ผลการศึกษา .....	50
1. การประเมินธาตุอาหารของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน .....	50
2. ลักษณะการใช้ที่ดินพื้นที่ศึกษาสำหรับนำเข้าแบบจำลอง SWAT .....	57
3. การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT.....	75
4. ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลจากดาวเทียม Aqua MODIS .....	81
5. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบน.....	87
6. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำฝน.....	91
7. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำฝน.....	92
8. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ กับปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT .....	93
9. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ กับปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT .....	94
10. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ กับปริมาณน้ำฝน.....	95
บทที่ 5 .....	96
สรุปและอภิปรายผล .....	96
1. ผลการประเมินธาตุอาหารของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน	96



417234846

BUU-IThesis 59910218 thesis / rev: 26062563 22:43:06 / seq: 44

2. ผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ได้จาก  
แบบจำลอง SWAT .....97

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจาก  
แบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน .....98

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสกับปริมาณน้ำฝนของแบบจำลอง  
SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน .....99

5. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝนบริเวณอ่าวไทยตอนบน .....99

6. การใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อดูการกระจายความหนาแน่นของ  
คลอโรฟิลล์-เอที่ผิวน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบน ..... 100

ข้อเสนอแนะ ..... 102

ภาคผนวก ..... 103

บรรณานุกรม ..... 119

ประวัติย่อของผู้วิจัย ..... 124



417234846



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การแบ่งสภาวะของแหล่งน้ำ .....	16
ตารางที่ 2 การแบ่งสภาวะของแหล่งน้ำ ตามกรมสิ่งแวดล้อมของรัฐมิชิแกนสหรัฐอเมริกา .....	16
ตารางที่ 3 แสดงลักษณะข้อมูลที่ได้จากภาพสีผสมในแบนด์ต่าง ๆ ดาวเทียม LANDSAT 5 และ 7..32	
ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง.....	51
ตารางที่ 5 ข้อมูลปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน .....	51
ตารางที่ 6 ข้อมูลปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา.....	52
ตารางที่ 7 ข้อมูลปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง .....	52
ตารางที่ 8 ข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง.....	52
ตารางที่ 9 ข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน .....	53
ตารางที่ 10 ข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา.....	53
ตารางที่ 11 ข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง.....	53
ตารางที่ 12 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามรหัสของแบบจำลอง SWAT .....	60
ตารางที่ 13 ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ในปี พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ.2559 .....	65
ตารางที่ 14 ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ในปี พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ.2559.....	68
ตารางที่ 15 ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ.2559 .....	71
ตารางที่ 16 ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ในปี พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ.2559.....	74
ตารางที่ 17 ข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง.....	85
ตารางที่ 18 ข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน.....	85
ตารางที่ 19 ข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา.....	85
ตารางที่ 20 ข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง.....	86
ตารางที่ 21 ข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ณ สถานีบริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน.....	86



417234846

BUU\_1Thesis\_59910218\_thesis / recv : 26062563 22:43:06 / seq : 44

ตารางที่ 22 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง.....87

ตารางที่ 23 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน .....87

ตารางที่ 24 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา.....88

ตารางที่ 25 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง .....88

ตารางที่ 26 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ณ สถานีบริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน.....88



417234846

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน .....	3
ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของงานวิจัย.....	7
ภาพที่ 3 กระบวนการยูโทรฟิเคชั่นที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ .....	15
ภาพที่ 4 พื้นที่ศึกษาสถานีตัวอย่าง 5 สถานี ในรัศมี 16 กิโลเมตร บริเวณอ่าวไทยตอนบน .....	43
ภาพที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย .....	49
ภาพที่ 6 จุดออก (Outlet) ของลุ่มน้ำย่อยพื้นที่ศึกษาของแบบจำลอง SWAT บริเวณอ่าวไทยตอนบน .....	54
ภาพที่ 7 แผนที่แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM) บริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง...54	
ภาพที่ 8 แผนที่แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM) บริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีนและปากแม่น้ำเจ้าพระยา .....	55
ภาพที่ 9 แผนที่แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM) บริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง.55	
ภาพที่ 10 แผนที่กลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษาบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง .....	56
ภาพที่ 11 แผนที่กลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษาบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีนและปากแม่น้ำเจ้าพระยา..56	
ภาพที่ 12 แผนที่กลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษาบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง .....	57
ภาพที่ 13 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2555.....	62
ภาพที่ 14 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2556.....	63
ภาพที่ 15 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2557.....	63
ภาพที่ 16 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2558.....	64
ภาพที่ 17 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2559.....	64
ภาพที่ 18 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2555 .....	65
ภาพที่ 19 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2556 .....	66
ภาพที่ 20 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2557 .....	66



417234846

BUU\_1Thesis\_59910218\_thesis / rev: 26062563 22:43:06 / seq: 44

ภาพที่ 21 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2558.....67

ภาพที่ 22 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2559.....67

ภาพที่ 23 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2555.....68

ภาพที่ 24 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2556.....69

ภาพที่ 25 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2557.....69

ภาพที่ 26 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2558.....70

ภาพที่ 27 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2559.....70

ภาพที่ 28 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2555.....71

ภาพที่ 29 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2556.....72

ภาพที่ 30 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2557.....72

ภาพที่ 31 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2558.....73

ภาพที่ 32 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2559.....73

ภาพที่ 33 ปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2555 ใน  
แต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (N\_MKL\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (N\_MKL\_L59)  
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559.....75

ภาพที่ 34 ปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2555 ใน  
แต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (N\_MKL\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (N\_MKL\_L59)  
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559.....76

ภาพที่ 35 ปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2555 ใน  
แต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (N\_MKL\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (N\_MKL\_L59)  
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559.....77

ภาพที่ 36 ปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2555 ใน  
แต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (N\_MKL\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (N\_MKL\_L59)  
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559.....77



417234846

ภาพที่ 37 ปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2555 ใน  
แต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (P\_MKl\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (P\_MKl\_L59)  
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559..... 78

ภาพที่ 38 ปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2555 ใน  
แต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (P\_MKl\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (P\_MKl\_L59)  
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559..... 79

ภาพที่ 39 ปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2555 ใน  
แต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (P\_MKl\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (P\_MKl\_L59)  
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559..... 79

ภาพที่ 40 ปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2555 ใน  
แต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (P\_MKl\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (P\_MKl\_L59)  
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559..... 80

ภาพที่ 41 ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ เฉลี่ยที่ผิวทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปี ในช่วงปี พ.ศ.  
2555-2559 ..... 83

ภาพที่ 42 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปีจาก  
ค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ทั้ง 5 สถานี (a) ปากแม่น้ำแม่กลอง (b) ปากแม่น้ำ  
ท่าจีน (c) ปากแม่น้ำเจ้าพระยา (d) ปากแม่น้ำบางปะกง และ (e) กลางอ่าวไทยตอนบน..... 84

ภาพที่ 43 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) บริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปี ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559  
..... 89

ภาพที่ 44 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปีจากค่าเฉลี่ยใน  
แต่ละเดือน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ทั้ง 5 สถานี (a) ปากแม่น้ำแม่กลอง (b) ปากแม่น้ำท่าจีน  
(c) ปากแม่น้ำเจ้าพระยา (d) ปากแม่น้ำบางปะกง และ (e) กลางอ่าวไทยตอนบน..... 90

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อ่าวไทยตอนบนมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคล้ายตัว ก ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งทะเลของ จังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี มีแม่น้ำสายหลัก 4 สาย ประกอบด้วย แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง จึงเป็นแหล่งตั้งถิ่นฐานที่อยู่อาศัยของประชากรอย่างหนาแน่น มีความสำคัญหลายด้านทั้ง เกษตรกรรม การอุตสาหกรรม การคมนาคมขนส่ง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการประมง ผลจาก กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนไหลลงสู่แหล่งน้ำ รวมไปถึงการระบายน้ำทิ้งและการถูกฝนชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดปัญหามลภาวะทางน้ำ โดยเฉพาะการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยธาตุอาหารในแหล่งน้ำ เช่น ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) รวมทั้งที่อยู่ในรูปของ ไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย และฟอสเฟต ประกอบกับอุณหภูมิที่เหมาะสม ส่งผลทำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียวและพืชน้ำ อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นปัญหามลภาวะทางน้ำที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ เนื่องจากมีผลกระทบต่อคุณภาพ น้ำที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำบริเวณนั้นจากการขาดแคลนปริมาณออกซิเจน แหล่งน้ำ สูญเสียทัศนียภาพและความสวยงามด้านการพักผ่อนหย่อนใจ ทำให้น้ำขุ่นมีกลิ่นและสีที่ไม่พึงประสงค์ รวมถึงอันตรายจากสารพิษของแพลงก์ตอนบางชนิดต่อมนุษย์เอง (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

ดังนั้นการติดตามปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันโดยการใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่าย ดาวเทียม ปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 บริเวณอ่าวไทยตอนบน โดยการรวบรวมข้อมูลทุยภูมิปัจจัย ทางกายภาพ และชีวภาพ และประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ร่วมกับหลักการทางสถิติ เพื่อตรวจหาปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และอุณหภูมิที่ผิวน้ำทะเล ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บน ดาวเทียม AQUA และนำข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลความสูงเชิงพื้นที่ และข้อมูลการใช้ประโยชน์ ที่ดิน ประเมินหาปริมาณธาตุอาหารรายเดือน ด้วยแบบจำลอง SWAT แล้ววิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผล ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ หรือการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน บริเวณอ่าวไทยตอนบน เพื่อใช้เป็น แนวทางในการป้องกันผลกระทบจากการเจริญเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียวและพืชน้ำที่แพร่พันธุ์ อย่างรวดเร็วให้ดียิ่งขึ้น และเป็นข้อมูลพื้นฐานไปสู่การวางแผนการจัดการลุ่มน้ำเพื่อการแก้ไขปัญหา คุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ



417234846

BUU\_1Thesis\_59910218\_thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

## วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม AQUA กับปริมาณธาตุอาหารบนลุ่มน้ำด้วยแบบจำลองอุทกวิทยาเชิงกายภาพ (SWAT) บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย

## สมมติฐาน

1. ปริมาณน้ำฝนมีผลต่อความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย
2. ปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมมีผลต่อความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย
3. คุณภาพน้ำบนลุ่มน้ำย่อย แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ กับคุณภาพน้ำบนลุ่มน้ำด้วยแบบจำลองอุทกวิทยาเชิงกายภาพ (SWAT) บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย
2. ทำให้สามารถคาดการณ์คุณภาพน้ำบนลุ่มน้ำด้วยแบบจำลองอุทกวิทยาเชิงกายภาพ บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย
3. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานไปสู่การวางแผนการจัดการลุ่มน้ำในการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย

## ขอบเขตของการศึกษา

### ขอบเขตด้านพื้นที่

อ่าวไทยตอนบนเป็นอ่าวกึ่งปิด มีรูปร่างคล้าย ๆ ตัว "ก" ตั้งอยู่ที่ละติจูด 12 องศา 5 ลิปดา ถึง 13 องศา 5 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 100 องศา ถึง 101 องศาตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 104 ตารางกิโลเมตร มีด้านเปิดทางทิศใต้ติดต่อกับอ่าวไทยตอนกลาง โดยแนวโน้มของความลึกเพิ่มขึ้นจากฝั่งตะวันตกสู่ฝั่งตะวันออก ความต่างระดับของน้ำขึ้นน้ำลงอยู่ในช่วง 1 ถึง 3 เมตร มีความลึกเฉลี่ย 15 เมตร (Buranapratheprat et al., 2008) ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งทะเลหลายจังหวัด ได้แก่ จังหวัดชลบุรี เพชรบุรี กรุงเทพมหานคร ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ สมุทรสาคร และสมุทรสงคราม มีขอบ

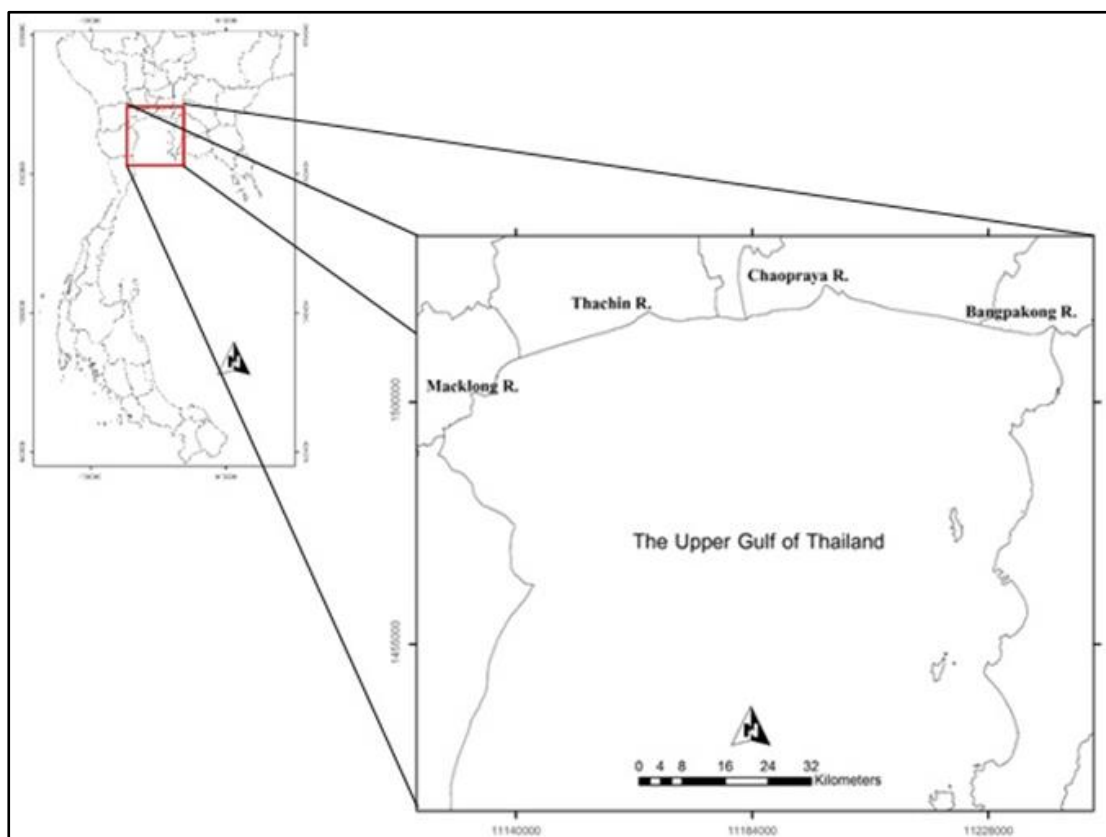


417234846

ฝั่งยาวประมาณ 270 กิโลเมตร มีแม่น้ำสำคัญ 4 สายหลัก นับจากฝั่งตะวันตกไปยังฝั่งตะวันออก คือ แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง ตามลำดับ

#### ขอบเขตด้านเนื้อหา

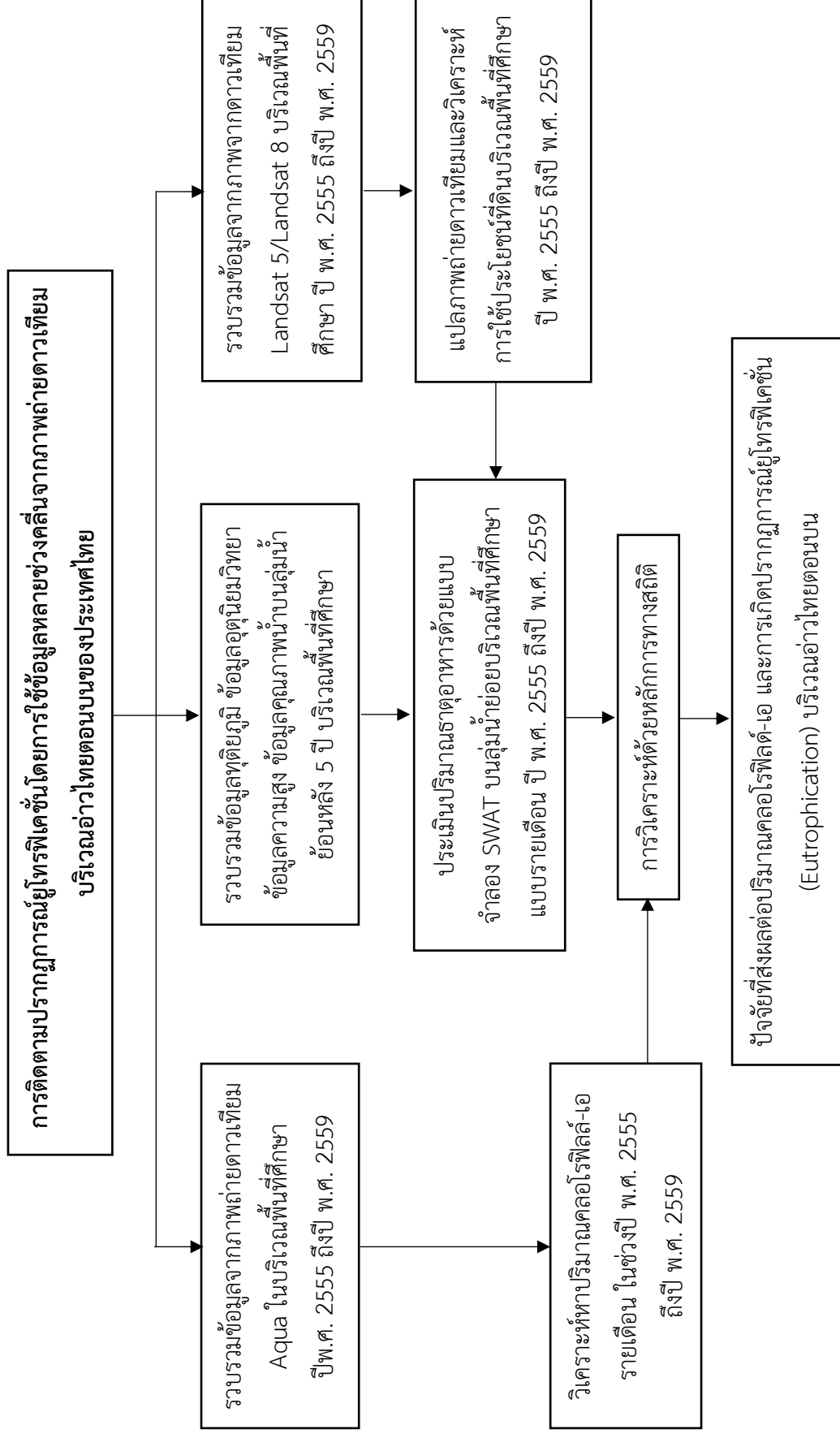
การประยุกต์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และเทคโนโลยีสำรวจระยะไกลร่วมกับการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อตรวจหาปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม AQUA แล้วนำข้อมูลด้านอุตุนิยมิวิทยา ข้อมูลความสูงเชิงพื้นที่ และภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดิน มาปรับเทียบโดยแบบจำลอง SWAT เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารรายเดือน ปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 แล้ววิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคาดการณ์ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น บริเวณอ่าวไทยตอนบน



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน  
(ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน)



กรอบแนวคิดของงานวิจัย



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

## คำนิยามศัพท์

ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) หมายถึง การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช พืชน้ำ และสาหร่ายขนาดใหญ่ ซึ่งส่งผลให้เกิดการรบกวนต่อสมดุลของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ และคุณภาพน้ำ (อัศดร คำเมือง, 2553)

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) หมายถึงระบบเซ็นเซอร์ของอุปกรณ์ตรวจวัดที่ติดตั้งอยู่กับดาวเทียม TERRA และดาวเทียม AQUA มีจำนวน 36 ช่วงคลื่น ช่วงคลื่นที่ใช้วัดอุณหภูมิผิวน้ำทะเลจะเป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง และอินฟราเรดไกล ใช้ดูการเจริญเติบโตของคลอโรฟิลล์ที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) หมายถึงแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) สร้างจากระบบคลื่นเรดาร์หรือInterferometer โดยภาพมีความละเอียด 30 x 30 เมตร

SeaDAS (SeaWiFS Data Analysis System) หมายถึงโปรแกรมประมวลผลด้านรีโมทเซ็นซิง (remote sensing) เน้นการวิเคราะห์และประมวลผลทางด้านทะเล โดยอาศัยหลักการด้านภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System: GIS) สำหรับการวิเคราะห์และแปลผล

Oligotrophic area หมายถึง บริเวณที่มีธาตุอาหารน้อย มีสิ่งมีชีวิตจำนวนน้อยและมีระดับปริมาณออกซิเจนสูงมาก (สุวิจน์ ธีธรรส, 2549)

Nutrient loading ปริมาณธาตุอาหาร อันเกิดจากกิจกรรมบนพื้นดิน ซึ่งสามารถประมาณการได้จากค่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll Concentration) ซึ่งทำให้เกิดมลพิษในทะเลได้หากมีปริมาณสูง

SWAT (Soil and Water Assessment Tools) เป็นแบบจำลองอุทกวิทยาเชิงกายภาพ โดยอาศัยข้อมูล แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ข้อมูลเส้นทางน้ำ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลชุดดิน และข้อมูลภูมิอากาศ สามารถประมวลผลเป็นช่วงเวลาต่อเนื่องทั้งรายวัน รายเดือน และรายปี

## บทที่ 2

### เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่องการติดตามปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันโดยการใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย ได้มีการรวบรวมเอกสารข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา
2. การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน
3. ผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน
4. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์
5. แบบจำลองทางอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool)
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

#### 1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

##### 1.1 สภาพทั่วไป

อ่าวไทยตอนบนเป็นทะเลกึ่งปิด (Enclosed Coastal Sea) มีรูปร่างคล้ายๆตัว "ก" ตั้งอยู่ที่ละติจูด 12 องศา 5 ลิปดา ถึง 13 องศา 5 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 100 องศา ถึง 101 องศาตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 104 ตารางกิโลเมตร มีด้านเปิดทางทิศใต้ติดต่อกับอ่าวไทยตอนกลาง โดยแนวโน้มของความลึกเพิ่มขึ้นจากฝั่งตะวันตกสู่ฝั่งตะวันออก ความต่างระดับของน้ำขึ้นน้ำลงอยู่ในช่วง 1 ถึง 3 เมตร มีความลึกเฉลี่ย 15 เมตร (Buranapratheprat et al., 2008) ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งทะเลหลายจังหวัด ได้แก่ จังหวัดชลบุรี เพชรบุรี กรุงเทพมหานคร ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ สมุทรสาคร และสมุทรสงคราม มีขอบฝั่งยาวประมาณ 270 กิโลเมตร พื้นที่อ่าวทะเลมีความลาดเอียงจากด้านเหนือลงมาจนถึงปากอ่าวตอนใต้ ชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกของอ่าวไทยมีความลาดเอียงน้อยกว่าฝั่งทะเลด้านตะวันออก อ่าวไทยตอนบนได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำสำคัญ 4 สายหลัก นับจากฝั่งตะวันตกไปยังฝั่งตะวันออก คือ แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง ตามลำดับ ด้วยอิทธิพลของน้ำท่าและการขึ้นลงของน้ำทะเลทำให้เอสทูรีบริเวณปากแม่น้ำมีลักษณะการผสมผสานของมวลน้ำ และการแพร่กระจายความเค็มเป็นแบบผสมบางส่วน (Partially mixed estuary) แต่บริเวณที่ห่างออกไป มวลน้ำส่วนใหญ่จะเป็นแบบที่มีการผสมผสานกันเป็นเนื้อเดียวกันตามแนวตั้ง (Vertically mixed) (ณิฏฐารันต์ ปภาวสิทธิ์ และกัลยา วัฒยากร, 2549)



417234846

BUU\_1Thesis\_59910218\_thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

## 1.2 สภาพภูมิอากาศ

อ่าวไทยได้รับอิทธิพลของลมมรสุมเขตร้อน 2 ฤดู คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงที่มีสภาพอากาศค่อนข้างแห้ง อุณหภูมิต่ำลง อากาศค่อนข้างเย็น จากประเทศจีนตอนบนที่แผ่ลมมาปกคลุม จะมีปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่อ่าวไทย น้อย และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม จะมีสภาพอากาศค่อนข้างชื้น มีฝนตกชุก มีลมที่พัดมาจากมหาสมุทรอินเดียพัดพาฝนมาพร้อมกับร่องความกดอากาศต่ำ ทำให้มีปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่อ่าวไทยมาก ส่วนในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงที่มีอากาศร้อน เนื่องจากลมใต้พัดปกคลุม

## 1.3 การไหลเวียนของกระแสน้ำ

การไหลเวียนน้ำในอ่าวไทยตอนบนได้รับอิทธิพลมาจากสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1.3.1 น้ำขึ้นน้ำลง บริเวณอ่าวไทยตอนบนมีลักษณะแบบผสม (Mixed semidiurnal tides) มีการขึ้นและลงของน้ำวันละสองครั้ง ในช่วงเวลาน้ำขึ้นมีทิศทางเฉลี่ยอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และในช่วงเวลาน้ำลงมีทิศทางเฉลี่ยอยู่ในทิศใต้ สถิติข้อมูลระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำรอบอ่าวไทยตอนบนพบว่า มีน้ำขึ้นและน้ำลงขนาดปานกลาง (คงวัฒน์ นีละศรี, 2524)

1.3.2 ลมมรสุม ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ร่องความกดอากาศต่ำจากมหาสมุทรอินเดียเลื่อนขึ้นมาพาดผ่านอ่าวไทยซึ่งทำให้ฝนตกชุก และในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ลมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมพร้อมลึ้มความกดอากาศสูงจากแถบไซบีเรีย ซึ่งเป็นอากาศแห้ง ฝนตกน้อยทำให้มีปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่อ่าวไทยน้อย และช่วงระหว่างฤดูมรสุมทั้งสองจะมีช่วงเปลี่ยนฤดูกาลซึ่งในช่วงที่เปลี่ยนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะมีลมพัดพามาจากทิศใต้หรือตะวันออกเฉียงใต้เรียกว่า ลมตะเภาหรือลมว่าว ซึ่งมีกำลังแรงชักนำการพัดพามวลน้ำทะเลให้ไหลขึ้นไปถึงขอบฝั่งตอนเหนือ และทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนบนซึ่งอาจทำให้ระดับน้ำทะเลบริเวณนั้นสูงกว่าปกติโดยเฉพาะช่วงน้ำขึ้น

## 1.4 การผสมกันของมวลน้ำ

อ่าวไทยตอนบนมีความลึกเฉลี่ยเพียง 15 เมตร ได้รับอิทธิพลมาจากน้ำขึ้นน้ำลง และคลื่นลมค่อนข้างมากทำให้เกิดการผสมผสานของมวลน้ำกันดีตลอดความลึก ไม่เกิดการแยกชั้นของมวลน้ำ และไม่เกิดการผสมเป็นเนื้อเดียว โดยความเค็ม และความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความลึกส่วนอุณหภูมิลดลงเล็กน้อยตามความลึก (ณัฐวรรันต์ ปภาวสิทธิ์ และกัลยา วัฒยากร, 2549)

## 1.5 น้ำท่า

อ่าวไทยตอนบนได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำ 4 สายหลัก คือ แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง มีการไหลเวียนของน้ำแบบ Gravitational Circulation คือ น้ำท่าจะไหลออกสู่ทะเลทางชั้นผิวหน้า น้ำขณะที่เหนี่ยวนำให้น้ำทะเลไหลเข้าสู่แม่น้ำด้านล่าง

น้ำท่าจะมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำทะเลจึงลอยตัวอยู่เหนือน้ำทะเลจนกว่าจะมีกระแสน้ำหรือคลื่นช่วยเร่งให้เกิดการผสมผสานของน้ำท่าด้านบนกับน้ำทะเลด้านล่าง น้ำท่าจะมีผลต่อความเค็มของน้ำในอ่าวค่อนข้างมาก แต่มีผลต่อการไหลเวียนของน้ำในอ่าวค่อนข้างน้อยเนื่องจากปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่าวไทยต่อปีน้อยกว่าปริมาณน้ำในอ่าวค่อนข้างมาก

#### 1.6 สภาพดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ลักษณะดินบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนบริเวณที่ติดกับชายฝั่งทะเล และพื้นที่ใกล้เคียงจะเกิดจากการทับถมของตะกอนที่ราบน้ำขึ้นถึงปัจจุบัน ประกอบด้วยดินเหนียวหรือดินเคลย์ทะเล (marine clay) ที่มีสีเทาถึงเทาเขียว มีทรายแป้งและทรายละเอียดแทรกสลับบ้าง มีซากพืชและเปลือกหอยแทรกสลับอยู่ด้วย พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบมีความละเอียดลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 2 มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 0-1 เมตร พื้นที่ส่วนนี้จะมีตะกอนใหม่ ๆ มาทับถมทุกปี ดินมีความเค็มสูง สภาพการระบายน้ำไม่ดี ไม่สามารถใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้ ส่วนบริเวณที่อยู่ถัดจากที่ราบน้ำขึ้นถึง สภาพพื้นที่ราบเรียบ มีความลาดชันร้อยละ 2-5 มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 2-3 เมตร พื้นที่เหล่านี้เคยถูกน้ำท่วมถึงมาก่อน ตะกอนส่วนกลางของหน้าตัดดินเป็นดินเคลย์ทะเล ตะกอนส่วนบนเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนร่วนที่ถูกพัดพามาโดยแม่น้ำทั้ง 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง พื้นที่มีการระบายน้ำไม่ดี

สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินสรุปได้ดังนี้ พื้นที่ชายฝั่งถัดจากแม่น้ำแม่กลอง ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาเกลือ แต่ในบริเวณปากคลองบางตะบูน จังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งมีลักษณะเป็นป่าชายเลนหนาทึบ จึงมีการเลี้ยงหอยแครง หอยแมลงภู่ และการดักจับสัตว์น้ำ การใช้พื้นที่ชายฝั่งระหว่างปากแม่น้ำแม่กลอง และปากแม่น้ำเจ้าพระยาส่วนใหญ่เป็นการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจำพวก นากุ้ง และบ่อปลาบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาจนถึงบางปู จังหวัดสมุทรปราการ เป็นพื้นที่อุตสาหกรรม ถัดจากนั้นเป็นพื้นที่ป่าชายเลนจนถึงบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง (กรมทรัพยากรธรณี, 2555)

#### 1.7 สภาพธรณีสัณฐาน

ลักษณะธรณีสัณฐานพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ศึกษามีดังนี้ (สิน สิ้นสกุล และคณะ, 2545)

##### จังหวัดเพชรบุรี

จังหวัดเพชรบุรีมีพื้นที่ชายฝั่งอยู่ทางภาคตะวันตกของอ่าวไทย พื้นที่ชายฝั่งจะต่อเนื่องกับชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน ชายฝั่งของเพชรบุรีแบ่งเป็น 2 ส่วน ชายฝั่งส่วนบนวางตัวในแนวทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนตอนล่างจะวางตัวในแนวเกือบเหนือ-ใต้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวการวางตัวของโครงสร้างทางธรณีวิทยาบนแผ่นดิน โดยมีแม่น้ำ 2 สาย คือ

คลองบางตะบูน และแม่น้ำเพชรบุรี ไหลผ่านพื้นที่ภูเขาที่ราบตะกอนน้ำพา และที่ราบชายฝั่งทะเล ลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอบ้านแหลม

ชายฝั่งทะเลของจังหวัดเพชรบุรีในพื้นที่ศึกษา อยู่ในเขตอำเภอบ้านแหลม อำเภอเมืองเพชรบุรี รวมความยาวทั้งหมด 75 กิโลเมตร ตั้งแต่ปากคลองบางตะบูนลงมาทางใต้จนถึงแหลมผักเบี้ย ลักษณะธรณีสัณฐานเป็นที่ราบน้ำขึ้นถึงป่าชายเลนที่มีขนาดกว้างใหญ่ เกิดจากน้ำทะเลท่วมเข้ามาในอดีต เนื่องจากมีตะกอนมาสะสมมาก ทั้งจากแม่น้ำและการขึ้นลงของน้ำทะเล ในปัจจุบันพื้นที่เหล่านี้ได้แปรสภาพเป็นที่อยู่อาศัย เทือกสวนไร่นา นาเกลือ และนาุ้ง ส่วนบริเวณแหลมผักเบี้ยเป็นสันดอนจะงอย (spit) มีลักษณะเป็นสันทรายงอกยาวจากแผ่นดินออกไปในทะเล

#### จังหวัดสมุทรสงคราม

จังหวัดสมุทรสงครามพื้นที่โดยทั่วไปของจังหวัดเป็นพื้นที่ลุ่มริมทะเลโดยตลอด สภาพของดินเป็นดินเหนียวปนทราย เดิมเคยมีป่าโกงกาง ไม้แสม ตามชายฝั่งทะเล และมีป่าจากตามปากแม่น้ำ แต่ปัจจุบันได้มีการใช้พื้นที่ดังกล่าวในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเกือบทั้งหมด ต่อมาการเลี้ยงกุ้งได้เกิดขาดทุน จึงทิ้งบ่อกุ้งร้างจำนวนมาก

พื้นที่ชายฝั่งของสมุทรสงครามเป็นที่ราบน้ำขึ้นถึง และป่าชายเลนเช่นเดียวกับทุกจังหวัดของอ่าวไทยตอนบน ซึ่งมีพื้นที่ชายฝั่งยาวประมาณ 20 กิโลเมตร วางตัวในทิศทางเกือบตะวันออก-ตะวันตก มีแม่น้ำแม่กลองซึ่งไหลจากทิศตะวันตกของประเทศผ่านที่ราบน้ำขึ้นถึงเดิมของจังหวัดลงสู่อ่าวไทย เกิดเป็นแนวชายฝั่งที่ราบน้ำขึ้นถึง และป่าชายเลนรุ่นใหม่ทั้งสองด้านของปากแม่น้ำที่มีลักษณะกว้างเป็นปากแตรเปิดโล่งสู่ทะเล แนวชายฝั่งของจังหวัดสมุทรสงครามต่อเนื่องกับชายฝั่งของจังหวัดสมุทรสาครตั้งแต่บ้านโรงกุ้ง บ้านบางบ่อ บ้านปากมาบ บ้านแพรกลีมาจนปากแม่น้ำ แม่กลองที่บ้านคูฉี ซึ่งเป็นที่ตั้งของดอนหอยหลอดสถานที่ท่องเที่ยวขึ้นชื่อจังหวัดชายฝั่งด้านนี้จะมีการพัฒนา และแปรสภาพพื้นที่เป็นที่อยู่อาศัย นาุ้ง และนาเกลือมาก ป่าชายเลนตามแนวชายฝั่งยังเหลืออยู่น้อยมาก ส่วนชายฝั่งด้านตะวันตกของปากแม่น้ำแม่กลอง ป่าชายเลนตามแนวชายฝั่งยังเหลืออยู่ และมีการปลูกเพิ่มเติม ประกอบด้วยพื้นที่บ้านคลองสองร่อง บ้านคลองโดน บ้านแพรทะเล จนไปสุดเขตฝั่งทะเลของจังหวัดที่คลองช้างที่ใช้แนวกึ่งกลางแม่น้ำเป็นแนวแบ่งเขตชายฝั่งของจังหวัดสมุทรสงครามกับเพชรบุรี

#### จังหวัดสมุทรสาคร

สมุทรสาครมีชายฝั่งทะเลยาว 36 กิโลเมตร มีแม่น้ำท่าจีนเป็นแม่น้ำสายหลักที่ไหลผ่านที่ราบลุ่มภาคกลางผ่านเมืองสมุทรสาครลงสู่อ่าวไทยที่บ้านหัวโพรง กระแสน้ำที่ไหลออกปะทะกับคลื่นจากทะเลทำให้ปากแม่น้ำท่าจีนกว้างออกมีกระแสน้ำชายฝั่งพัดพาตะกอนไปสะสมตัวเป็นแนวชายฝั่งในทิศทางตะวันออก-ตะวันตก ทั้งสองฟากของปากแม่น้ำท่าจีน



417234846

ลักษณะธรณีสัณฐานเป็นที่ราบน้ำขึ้นถึงที่ยังอยู่ภายใต้อิทธิพลการขึ้นลงของน้ำทะเล และคลื่นที่ซัดสาดชายฝั่งอยู่ในปัจจุบัน โดยอยู่ในระดับความสูงประมาณ 0-1 เมตร จากระดับน้ำทะเลปัจจุบัน ตะกอนที่สะสมตัวก็เช่นเดียวกับบริเวณของอ่าวไทยตอนบนที่ประกอบด้วย ดินเคลย์ทะเล ดินเคลย์ป่าชายเลน เป็นต้น ชายฝั่งพื้นที่นี้มีป่าชายเลนขึ้นปกคลุมแต่ระยะหลังได้มีการแปรสภาพพื้นที่เป็นนาุ้ง นาเกลือ และที่อยู่อาศัย ป่าชายเลนจึงถูกทำลายไปมาก และมีการกัดเซาะชายฝั่งทะเลบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกและตะวันตกของแม่น้ำท่าจีน

#### กรุงเทพมหานคร

เมื่อ 6,000 ปีที่ผ่านมา บริเวณกรุงเทพ ฯ และปริมณฑล เป็นชายฝั่งทะเลน้ำตื้น มีสภาพแวดล้อมแบบที่ราบน้ำขึ้นถึงป่าชายเลน มีน้ำขึ้นน้ำลงไหลเข้ามาตามลำคลองที่มีอยู่มากมาย ต่อมาเมื่ออากาศเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมก็เปลี่ยนตามไปด้วย ระดับน้ำทะเลได้ลดลง ชายฝั่งทะเลก็ถอยออกไปตามระดับน้ำจนอยู่ในระดับปัจจุบันเมื่อประมาณ 1,000 ปีที่ผ่านมา

พื้นที่กรุงเทพ ฯ จึงมีตะกอนดินเคลย์ทะเล และตะกอนที่ราบน้ำขึ้นถึงค่อนข้างหนา ตั้งแต่ 15-20 เมตร ตะกอนทะเลเหล่านี้วางตัวอยู่บนชั้นตะกอนเหล่านี้วางตัวอยู่บนชั้นตะกอนน้ำพา และธารน้ำพาที่เป็นแหล่งให้น้ำบาดาล เมื่อมีการพัฒนากรุงเทพ ฯ เป็นเมืองใหญ่ แผ่ขยายพื้นที่เขตการปกครองออกไปมากขึ้น มีการก่อสร้างทับถมไปบนดินอ่อนจากน้ำทะเลในอดีต และมีการสูบน้ำบาดาลไปใช้ในปริมาณมาก จึงทำให้เกิดแผ่นดินทรุด และเกิดการอัดตัวของดินเคลย์ทะเลตอนบน ทำให้ถนนทรุด และสิ่งก่อสร้างในกรุงเทพ ฯ ทรุดตัวลงไปด้วย โดยการทรุดตัวมากกว่า 3 เซนติเมตรต่อปี ทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของกรุงเทพ ฯ และตรงกลางกรุงเทพ ฯ มีการทรุดตัวประมาณ 1.5 เซนติเมตรต่อปี จากสภาพธรณีวิทยาจะเห็นว่าพื้นที่กรุงเทพ ฯ ไม่เหมาะที่จะพัฒนาเป็นเมืองใหญ่ และถ้าจะพัฒนาก็ต้องสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่

กรุงเทพ ฯ มีพื้นที่ชายฝั่งทะเลเมื่อได้แบ่งเขตการปกครองใหม่ โดยผนวกจังหวัดธนบุรี เข้ามาเป็นกรุงเทพมหานคร จึงทำให้กรุงเทพ ฯ มีชายฝั่งทะเล และธนบุรีก็หายไปจากรายชื่อของประเทศไทย ชายทะเลกรุงเทพ ฯ อยู่ในเขตบางขุนเทียนมีความยาวประมาณ 5.5 กิโลเมตร โดยต่อเนื่องกับเขตชายฝั่ง อำเภอมหาราชบุรี จังหวัดสมุทรปราการ ตั้งแต่คลองขุนราชพินิจใจไปทางตะวันตกจนถึงคลองบางเสาธง อำเภอมืองสมุทรสาคร

#### จังหวัดสมุทรปราการ

จังหวัดสมุทรปราการมีความยาวชายฝั่งประมาณ 45 กิโลเมตร อยู่ในแนวเกือบตะวันออก-ตะวันตก ชายฝั่งทะเลสมุทรปราการมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคงของประเทศ เป็นบริเวณที่แม่น้ำเจ้าพระยาไหลลงสู่อ่าวไทย ซึ่งเป็นเมืองหน้าด่านที่เปิดสู่ทะเลหลวงของประเทศทั้งในอดีต และปัจจุบัน นอกจากนี้ยังเป็นเมืองที่มีการแปรสภาพจากชายฝั่งเป็นพื้นที่ประกอบอุตสาหกรรมมากที่สุด

ลักษณะธรณีสัณฐานบริเวณชายฝั่งของจังหวัดสมุทรปราการ ทั้งหมดเป็นที่ราบน้ำขึ้นถึงป่าชายเลน โดยพื้นที่ด้านในเป็นที่ราบน้ำขึ้นถึงเดิมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในอดีต และพื้นที่เหล่านี้ได้แปรสภาพเป็นที่อยู่อาศัย และประกอบกิจกรรมต่าง ๆ จนไม่เหลือสภาพแวดล้อมเดิมนอกจากนี้บริเวณชายฝั่งซึ่งเป็นที่ราบน้ำขึ้นถึง และป่าชายเลนใหม่ ที่น้ำขึ้นน้ำลงในทุกวันนี้ ก็กำลังถูกทำลายลงทุกวันเช่นกัน พื้นที่ของจังหวัดสมุทรปราการเป็นที่ลุ่มต่ำอยู่ในระดับความสูงประมาณ 0-1 เมตร จากระดับน้ำทะเล และบางบริเวณถึงแม้จะเป็นพื้นที่ด้านในแต่ก็มีสภาพเป็นแอ่งที่ลุ่มต่ำกว่าระดับน้ำทะเล

#### จังหวัดฉะเชิงเทรา

จังหวัดฉะเชิงเทรามีพื้นที่ชายฝั่งยาวประมาณ 15 กิโลเมตร ตั้งแต่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำบางปะกงแนวชายฝั่งทั้งหมดอยู่ในเขตอำเภอบางปะกง บริเวณบ้านคลองตำหรุที่เป็นเขตแดนระหว่างจังหวัดฉะเชิงเทรากับชลบุรี ไปทางด้านตะวันตกจนสุดเขตจังหวัดที่คลองสีลัง แนวชายฝั่งทั้งหมดอยู่ในเขตอำเภอบางปะกง ลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่งของจังหวัดฉะเชิงเทราทั้งหมดเป็นที่ราบน้ำขึ้นถึงป่าชายเลนมีคลองมากมายที่ไหลจากที่ราบภาคกลางลงสู่อ่าวไทย เช่น คลองสีลัง คลองกันบึง คลองตาเอี่ยม เป็นต้น ตะกอนส่วนใหญ่เกิดจากการสะสมตัวจากน้ำทะเล และจากแม่น้ำบางปะกงที่ไหลท่วมพื้นที่ทั้งในอดีต และปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่เกิดขึ้นทั้งหมดในจังหวัดฉะเชิงเทราเป็นชายฝั่งที่มีชายฝั่งที่มีการกัดเซาะรุนแรง

#### จังหวัดชลบุรี

ชลบุรีมีชายฝั่งทะเลวางตัวเหนือ-ใต้ คิดเป็นระยะทางยาว 70 กิโลเมตร ตั้งแต่อำเภอเมืองชลบุรี ลงไปทางใต้ จรด อำเภอศรีราชา บางละมุง และเทศบาลเมืองพัทยา ธรณีสัณฐานจังหวัดชลบุรี ส่วนใหญ่เป็นที่ลาดตอนคลื่นที่เอียงเทจากแนวเทือกเขาทางทิศตะวันออกไปสู่ชายทะเลทางทิศตะวันตก ทางน้ำส่วนใหญ่เป็นทางน้ำสายสั้น ๆ ในรูปแบบคล้ายกิ่งไม้ และมีน้ำไหลไม่ตลอดปี จึงทำให้เกิดลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่งทะเลแบบชายหาดสันดอน และลากูนสลักับชายฝั่งหน้าผาเป็นส่วนใหญ่ ส่วนบริเวณทางตอนเหนือของอำเภอเมืองชลบุรีเป็นที่ราบน้ำขึ้นถึงป่าชายเลนต่อเนื่องกับแม่น้ำบางปะกง

## 2. การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)

### 2.1 ความหมายของยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)

คำว่า “Eutrophication” มาจากรากศัพท์ของภาษากรีก ระหว่างคำว่า “Eu” ซึ่งแปลว่ามากรวมกับคำว่า “Trope” ซึ่งแปลว่า การบำรุงด้วยอาหาร



Johannes & Ferguson (1975) กล่าวว่ายูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) คือสาหร่ายและพืชน้ำเจริญเติบโตอย่างผิดปกติ เพราะได้รับธาตุอาหารประเภทสารประกอบของไนโตรเจน และฟอสฟอรัส และทำให้เกิดมลพิษในทะเลได้

Kennish (1996) กล่าวว่าบริเวณปากแม่น้ำ (Estuarine) และบริเวณชายฝั่ง (Coastal) ที่มีการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสมากกว่าปกติจะส่งผลทำให้ผู้ผลิตในลำดับที่หนึ่งของห่วงโซ่อาหาร คือแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จึงเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ส่งผลให้ปากแม่น้ำและชายฝั่งมีปริมาณการละลายของออกซิเจนต่ำลง

Srokosz (2000) กล่าวว่าในสภาวะที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารต่ำมากซึ่งไม่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช จะเรียกว่า Oligotrophic ส่วนบริเวณที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงมากจนทำให้แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วผิดปกติจะเรียกว่าสภาวะยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)

Frederic (2002) กล่าวว่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นมักพบในบริเวณที่เกิดภาวะยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ดังนั้นความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์จึงนำไปเป็นตัวชี้วัดมวลของแพลงก์ตอนพืชได้

OSPAR (2001) ได้ให้ความหมายของคำว่า ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ว่า การเพิ่มธาตุอาหารในรูปสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กและขนาดใหญ่อย่างรวดเร็วจนเป็นอันตรายต่อสมดุลของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในแหล่งน้ำ และคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ รวมถึงภาวะการปล่อยธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะจากการเกษตรกรรม

Mason (1991) ได้ให้คำนิยามของยูโทรฟิเคชันไว้ว่าเป็นความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยธาตุอาหารของพืชที่อยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ของแหล่งน้ำ

Clark et al (1977) ที่กล่าวว่า ยูโทรฟิเคชันเป็นปรากฏการณ์ที่พืชน้ำ และแพลงก์ตอนพืชเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว (plankton bloom) แต่รูปร่างและขนาดของแหล่งน้ำ อัตราการรับสารอาหารและความสามารถในการปรับสมดุลของแหล่งน้ำ

Smith et al (1999) กล่าวว่า ยูโทรฟิเคชันทำให้สภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไป เช่น ทำให้น้ำขุ่น น้ำมีสี และกลิ่นผิดไปจากปกติ อีกทั้งแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารมากเกินไป แสดงว่า กลไกปรับสภาวะสมดุลของแหล่งน้ำตามธรรมชาติถูกทำลายอย่างสิ้นเชิง ทำให้ความต้องการใช้ออกซิเจนเพื่อย่อยสลายพืชน้ำ ส่วนที่ตายแล้วสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายในแหล่งน้ำลดลงจนในที่สุดเกิดสภาพขาดออกซิเจน แหล่งน้ำนั้นจะเกิดเน่าเสียองค์ประกอบทางชีวเคมีของแหล่งน้ำนั้นเปลี่ยนแปลงไป จะทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการอุปโภค บริโภค อุตสาหกรรม การเกษตร หรือแม้แต่การดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ



417234846

## 2.2 สาเหตุการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน

กระบวนการยูโทรฟิเคชันจะเกิดอย่างช้า ๆ และเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติของระบบนิเวศแหล่งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา โดยมีธาตุอาหารที่สำคัญและเป็นสาเหตุในการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน คือไนโตรเจนในรูปของไนเตรทหรือแอมโมเนีย และฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟต นอกจากนี้การเพิ่มสารอินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ก็มีผลต่อการเจริญเติบโตสำหรับแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายได้เช่นกัน อันเป็นแหล่งอาหารขั้นต้นของห่วงโซ่อาหาร ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้ก็จะไปกระตุ้นให้พืชสีเขียวในลำน้ำ หนอง คลอง บึง มีการสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น เกิดการเจริญเติบโตแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำ สามารถบ่งชี้ได้จากปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่วัดได้ในรูปของคลอโรฟิลล์ เอ หรือปริมาณผลผลิตขั้นต้น

ในอ่าวไทยมีรายงานว่าพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีครั้งแรกในปี 2495 แต่ระบุเพียงว่าสีของน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลงและมีการตายของสัตว์น้ำเกิดขึ้น (สาโรจน์, 2546) และจังหวัดชลบุรีเป็นแหล่งที่มีความถี่ของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีมากที่สุด (สมภาพ และคณะ, 2545) นับตั้งแต่ปี 2520 เป็นต้นมา โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณอ่าวบางทราย อ่างศิลา แหลมแท่น และหาดบางแสน โดยพบการบลูมในระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งแต่ละครั้งจะมีระยะเวลาประมาณ 1-7 วัน และแพลงก์ตอนพืชที่พบบ่อยในบริเวณดังกล่าวได้แก่ แพลงก์ตอนกลุ่มไดอะตอมชนิด *Chaetoceros* spp. และแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตชนิด *Ceratium fuca* และ *Noctiluca scintillans* ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการเพาะเลี้ยงหอยทะเล การประมง (Lirdwitayaprasit et al, 2006) การท่องเที่ยวและสิ่งแวดล้อมในบริเวณชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

ประยูร สุรตระกูล (2536) กล่าวว่า สาเหตุการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี (Red Tide) มาจากหลายสาเหตุ เช่น แหล่งชุมชนปล่อยน้ำที่มีแร่ธาตุอุดมสมบูรณ์ หรือ การชะล้างแร่ธาตุจากผิวดินลงสู่ทะเล เต็มไปด้วยแร่ธาตุทำให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอน เช่น บริเวณปากแม่น้ำเมื่อเกิดฝนตกหนัก ทำให้น้ำจืดลงไปในทะเลจนความเค็มลดต่ำลง ทำให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอน และบริเวณรอยต่อของแหล่งน้ำจืดและน้ำเค็ม เช่น บริเวณปากแม่น้ำจะพบว่าปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าปกติ อีกทั้งสภาพภูมิอากาศก็มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์แพลงก์ตอนบลูมในช่วงฤดูฝนทำให้สภาพน้ำทะเลเปลี่ยนแปลง น้ำฝนจะชะล้างแร่ธาตุจากแผ่นดินลงสู่ทะเล กระตุ้นการเจริญเติบโตที่ดีของเหล่าแพลงก์ตอน

วรวิทย์ ชีวาพร (2540) กล่าวว่า การเกิดแพลงก์ตอนบลูมชายฝั่งตะวันออกของประเทศไทย มักเกิดบริเวณที่มีฟาร์มเลี้ยงกุ้ง และหอย ซึ่งเกิดจากการปล่อยน้ำเสียลงสู่ทะเล

ธีรพัฒน์ ปักซิณ (2542) กล่าวว่า การเกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย นั้น เป็นผลสืบเนื่องมาจากการเจริญเติบโตมากอย่างผิดปกติของแพลงก์ตอนพืช

ชลธยา ทรงรูป (2546) กล่าวว่า การเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช (Boom) ทำให้เกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ลดต่ำลง และเกิดสารพิษหลังที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำเช่น แอมโมเนีย

สิทธิรณันท์ (2546) ความผันแปรของคลอโรฟิลล์-เอ ในอ่าวไทยช่วงที่มีมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมีแพลงก์ตอนบลูมเกิดขึ้นมากที่สุดแสดงว่ามีสารอาหารเกิดขึ้นมากในช่วงนี้

เพอร์กินส์ (Perkins, 1987) กล่าวว่า ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีเกิดจากน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนเมืองที่มีสารไนเตรท (Nitrate) และ ฟอสเฟต (Phosphate) ปริมาณมาก ซึ่งเป็นสารอาหารสำคัญของแพลงก์ตอนพืช ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว

Clark (1992) กล่าวว่า ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี (Red Tide) เกิดจากปริมาณธาตุอาหารของแพลงก์ตอนพืชมากเกินไปจนเกิดการบลูมของแพลงก์ตอน ทำให้น้ำทะเลเกิดสีเข้ม เช่นสีเหลือง น้ำตาลแดง มักเกิดบริเวณชายฝั่งทะเล เป็นอันตรายต่อปลาเพราะทำให้เกิดอุดตันบริเวณเหงือกปลา

ลัดดา วงศ์รัตน์ (2531) ซัลเฟอร์ มีความสำคัญต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของไดอะตอม ปริมาณของซัลเฟอร์มีมากพอโดยอยู่ในรูปของซัลเฟต ดังนั้นซัลเฟอร์จึงไม่เป็นปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของแพลงก์ตอนพืช

Bold (2529) แร่ธาตุอาหารมีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช แร่ธาตุอาหารที่จำเป็นที่สุดของแพลงก์ตอนพืชคือ ไนโตรเจน และฟอสเฟต

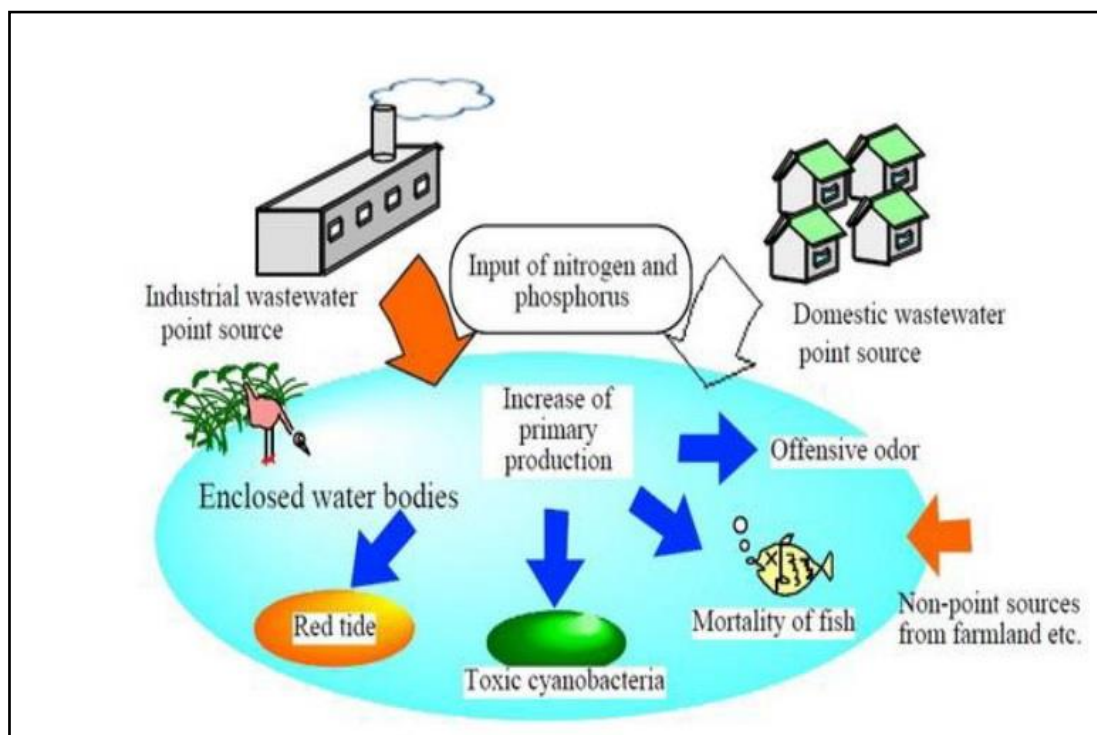
ผุสดี ศรีพยัคฆ์ (2559) ความเป็นกรด-เบส ระดับความเป็นกรด-เบส ของน้ำทะเลจะเกี่ยวข้องกับปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณของไบคาร์บอเนตที่อยู่ในน้ำทะเลซึ่งมีผลต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืช

Smith (1950) รายงานว่า อัตราการสังเคราะห์แสงมากที่สุดบริเวณผิวน้ำ และจะลดลงตามลำดับเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น

Maitland (1978) รายงานว่า การหายใจของพืชน้ำจะทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลงซึ่งตรงข้ามกับการสังเคราะห์แสง การสังเคราะห์แสงโดยแพลงก์ตอนพืชจะเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำให้มากขึ้นมากที่สุด

สุวัจน์ ธีธรรส (2549) กล่าวว่า ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี หรือที่ชาวประมงเรียกว่า “จืดปลาวาฬ” เกิดขึ้นจากกระบวนการยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) แพลงก์ตอนพืชบางชนิดที่รับธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส สูงกว่าปกติ จากการชะล้างของปุ๋ย และธาตุอาหารต่าง ๆ ในสภาวะที่เหมาะสมจึงเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้น้ำทะเลมีสีเปลี่ยนไปตามสีของแพลงก์ตอนที่มีจำนวนมาก แพลงก์ตอนที่เป็นสาเหตุของการเกิดน้ำเปลี่ยนสีในอ่าวไทยที่พบเสมอ คือ “*Trichodesmium erythraeum* : Her” จะทำให้น้ำมีสีเหลืองอมเขียวแล้วเปลี่ยน

เป็นสีเทา และน้ำตาลแดงในเวลาต่อมา และ *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid จะทำให้เป็นสีเขียว (เป็นแพลงก์ตอนไม่มีพิษทั้ง 2 ชนิด) ส่วนมากน้ำเปลี่ยนสีที่เกิดจาก *Noctiluca* จะเกิดบริเวณใกล้ฝั่ง โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำ และในอ่าวไทยที่มีที่กำบังคลื่นลม น้ำเปลี่ยนสีที่เกิดจากไดอะตอมจะมีสีขาวเหมือนเมือกเหนียว การเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) น้อยลงจนถึงระดับที่สัตว์น้ำไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้หรือเกิดจากการอุดตันในช่องเหงือก การตายของแพลงก์ตอนพืชทำให้น้ำทะเลเกิดการเน่าเสีย มีกลิ่นเหม็น ซายฝั่งสกปรก ทำลายทัศนียภาพ และการท่องเที่ยว นอกจากนี้การบริโภคสัตว์น้ำที่สะสมสารพิษจากพวกแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะพวกหอยต่าง ๆ อาจทำให้เกิดโรคพิษอัมพาต



ภาพที่ 3 กระบวนการยูโทรฟิเคชั่นที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์

(ที่มา: Ministry of the Environment, Government of Japan, 2002.)

Walmsley (2000) และ Walmsley and Butty (1980) ได้ศึกษาใช้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ และฟอสฟอรัสทั้งหมด เป็นตัวแปรในการแบ่งสถานะของแหล่งน้ำ ออกเป็น 4 ระดับ คือ Oligotrophic, Mesotrophic, Eutrophic และ Hypertrophic ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งสภาวะของแหล่งน้ำ

Variable	Unit	Trophic Status			
		Oligotrophic	Mesotrophic	Eutrophic	Hypertrophic
Mean annual chlorophyll a	µg/l	$0 < x \leq 10$	$10 < x \leq 20$	$20 < x \leq 30$	$> 30$
% of time chlorophyll a > 30 µg/l	%	0	$0 < x \leq 8$	$8 < x \leq 50$	$> 30$
Mean annual Total Phosphorus	mg/	$X \leq 0.015$	$0.015 < x \leq 0.07$	$0.047 < x \leq 0.13$	$> 0.130$

แหล่งที่มา: National Eutrophication Monitoring Programme Design.

การศึกษาของ Environmental Carrying Capacity Study ได้สรุปสภาวะของแหล่งน้ำตามหลักการของกรมสิ่งแวดล้อมของรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ออกเป็น 3 ระดับ คือ Oligotrophic, Mesotrophic และ Eutrophic ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การแบ่งสภาวะของแหล่งน้ำ ตามกรมสิ่งแวดล้อมของรัฐบาลสหรัฐอเมริกา

LAKE CLASSIFICATION CRITERIA			
Lake	Total Phosphorus (µg/L)	chlorophyll a (µg/L)	Secchi Transparency (feet)
Oligotrophic	Less than 10	Less than 2.2	Greater than 15.0
Mesotrophic	10 to 20	2.2 to 6.0	7.5 to 15.0
Eutrophic	Greater than 20	Greater than 6.0	Less than 7.5

แหล่งที่มา: Environmental Carrying Capacity Study, 2005.

## 2.3 กลไกของการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมจะควบคุมการเกิดในแต่ละระยะจะแตกต่างกันออกไปปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีจึงจะเกิดขึ้นได้ ความสัมพันธ์ระหว่างวงจรชีวิตของแพลงก์ตอนพืช (ชนิดที่สามารถสร้าง Cyst หรือ Spore ได้) กับการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีซึ่งความสัมพันธ์นี้จะเห็นได้อย่างชัดเจนในเขตอบอุ่น กลไกของการเกิดน้ำเปลี่ยนสีสามารถสรุปเป็นระยะต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.3.1 ระยะเริ่มต้น ในระยะนี้จะมีการเกิดใหม่ของเซลล์จาก Cyst หรือ Spore ที่สะสมอยู่ที่ผิวดินตะกอน ในบริเวณที่เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี หรือเซลล์อาจจะเกิดจากบริเวณอื่นแล้วถูกระแสน้ำพัดพาเข้ามาในบริเวณที่เหมาะสมที่จะพัฒนาให้เกิดปรากฏการณ์นี้ได้ ซึ่งระยะนี้ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดเพราะถ้าหากปราศจากตัวเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชที่จะเป็นจุดเริ่มแล้วปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี ก็จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้

2.3.2 ระยะพัฒนา เป็นขั้นตอนที่เซลล์ที่เกิดใหม่จะมีการเพิ่มขนาดประชากร โดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยวิธีการแบ่งเซลล์ (Binary Fission) ความหนาแน่นของเซลล์ที่เพิ่มขึ้นนี้ถือเป็นระยะแรก ๆ ของปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี ในขั้นตอนนี้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้งกายภาพ และชีวภาพ จะร่วมกันมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขนาดประชากร เช่น ความมีเสถียรของมวลน้ำ พฤติกรรมของแพลงก์ตอนพืช กระแสน้ำ และที่สำคัญคือธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้น

2.3.3 ระยะน้ำทะเลเปลี่ยนสี ในขั้นตอนนี้ปัจจัยทางกายภาพที่มีบทบาทสำคัญมาก คือ กระแสลมและกระแสน้ำ ซึ่งจะพัดพาแพลงก์ตอนพืชจากระยะที่ 2 มารวมกันอย่างหนาแน่นมากยิ่งขึ้นที่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง ประกอบกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมในบริเวณดังกล่าวมีความเหมาะสมทำให้แพลงก์ตอนพืชมีการแบ่งตัวเพิ่มขึ้น จนทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนไปในที่สุด

2.3.4 ระยะสลายตัว ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี จะคงสภาพอยู่ได้ไม่นานนัก อาจจะใช้เวลา 1-5 วัน หรือมากกว่า ทั้งนี้แล้วแต่ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้น เช่น คลื่นลมที่รุนแรง, อิทธิพลของการกินของแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีต่อแพลงก์ตอนพืช และปริมาณธาตุอาหาร เป็นต้น สำหรับพวก Cyst Forming Phytoflagellates เช่น *Alexandrium tamarense*, *Gymnodinium catenatum* พบว่าการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะเป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่ช่วยทำให้ ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี เนื่องจาก Cyst เกิดจากเซลล์ 2 เซลล์รวมกัน Cyst ที่เกิดขึ้นจะไม่เคลื่อนที่ และจมลงสะสมอยู่ที่ผิวดิน การเกิด Cyst จึงเป็นการลดจำนวนประชากรของแพลงค์ตอนพืชที่แขวนลอยอยู่ในน้ำได้อย่างรวดเร็ววิธีหนึ่ง อย่างไรก็ตาม Cyst ที่สะสมอยู่ที่ผิวดินตะกอนจะทำหน้าที่สำคัญ โดยจะเป็นแหล่งของเซลล์ที่จะเกิดใหม่และพัฒนาไปสู่การเกิดน้ำเปลี่ยนสี ครั้งต่อไป ปัจจุบันพบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีส่วนสนับสนุนทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีเป็นอย่างมาก คือธาตุอาหารที่ปล่อยลงในทะเล และชายฝั่งผ่านทางแม่น้ำลำคลองต่าง ๆ ปริมาณมาก จนทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีขึ้น ซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์นี้ (ไทยถาวร, 2536)



417234846

BUU-1Thesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

### 3. ผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น

#### 3.1 อันตรายจากสารพิษต่อระบบนิเวศ

การเพิ่มจำนวนที่ผิดปกติของแพลงก์ตอน อาจส่งผลทางลบอันได้แก่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำที่อาศัยในท้องทะเล ส่งผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเล รวมถึงอันตรายจากสารพิษจากแพลงก์ตอนเหล่านี้ต่อมนุษย์เอง

ในท้องทะเลมีแพลงก์ตอนพืชกว่า 5,000 ชนิด แต่มีเพียงประมาณ 300 ชนิดที่สามารถเพิ่มจำนวนและทำให้ท้องทะเลเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี ในจำนวนนี้มีเพียงประมาณ 40 ชนิดเท่านั้นที่สามารถสร้างสารพิษ (Toxin) สะสมในปลาและหอยจากอัตราที่เกิดจากน้ำเปลี่ยนสี โดยสามารถแบ่งแพลงก์ตอนพืชตามอันตรายที่เกิดขึ้นได้ 3 กลุ่ม

3.1.1 กลุ่มที่ทำให้เกิดน้ำเปลี่ยนสีแล้วให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนไม่พอเพียงจนเป็นอันตรายกับสัตว์น้ำ ได้แก่แพลงก์ตอนพืชกลุ่ม Dinoflagellates เช่น *Gonyaulax* sp., *Noctiluca* sp., *Scrippsiella* sp., กลุ่ม Cyanobacterium เช่น *Trichodesmium* sp.

3.1.2 กลุ่มไม่สร้างสารพิษ แต่สามารถเป็นอันตรายกับปลาหรือสัตว์น้ำชนิดอื่น ด้วยการทำลายหรือเข้าไปอุดตันซี่เหงือก ได้แก่แพลงก์ตอนพืชกลุ่ม Diatom สกุล *Chaetoceros* sp. กลุ่ม Dinoflagellate สกุล *Gymnodinium* sp. กลุ่ม Prymnesiophytes สกุล *Chrysochromulina* sp., *Prymnesium* sp. กลุ่ม Raphidophytes สกุล *Heterosigma* sp. *Chattonella* sp. เป็นต้น

3.1.3 กลุ่มที่สร้างสารพิษ (Toxins) และสามารถสะสมในสัตว์ทะเล เช่น ปลา หอย สารพิษที่พบในแพลงก์ตอนพืช แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ดังนี้

##### 3.1.3.1. กลุ่มที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาท (Neurotoxin) ได้แก่

- แอนาโทอกซิน เอ (Anatoxin-a) ออกฤทธิ์ทำลายระบบประสาท สร้างจากสาหร่าย *Anabaena flos-aquae* และ *Aphanizomenon* spp. แอนาโทอกซิน เอ เป็นสารจำพวกเอมีน เมื่อสัตว์ที่ได้รับสารชนิดนี้จะมีอาการชักกระตุก และตายในที่สุด

- แอนาโทอกซิน เอ (เอส) (Anatoxin-a(s)) เป็นสารเอสเทอร์ (Ester) ของฟอสเฟตที่เกาะอยู่กับอนุพันธ์ของกวานีน (Guanine) สามารถยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ คอลินเอสเตอเรส (Cholinesteres) สารพิษชนิดนี้สร้างโดยสาหร่าย *Anabaena flos-aquae*

- โฮโมแอนาโทอกซิน เอ (Homoanatoxin-a) เป็นสารอนุพันธ์ของแอนาโทอกซิน เอ สร้างโดยสาหร่าย *Oscillatoria formosa*

- แซคซิโทอกซิน และ นีโอแซคซิโทอกซิน (Saxitoxin and Neosaxitoxin) ส่วนมากมักพบในสาหร่าย กลุ่ม Dinoflagellates หรือ ในหอยที่ปนเปื้อนด้วย Dinoflagellates

สารพิษทั้ง 2 ชนิดนี้ ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาท โดยปิดกั้น Sodium Channel สำหรับที่สร้างสารพิษกลุ่มนี้คือ *Anabaena flos-aquae*

### 3.1.3.2. กลุ่มที่ออกฤทธิ์ต่อดับ (Hepatotoxins) ได้แก่

- สารพิษเปปไทด์แบบวงแหวน (Cyclic Peptide) สร้างจากสาหร่าย *Micocystis aeruginosa* และ *Anabaena flos-aquae*  
- สารชนิดอื่นๆ ที่ยังไม่ได้พิสูจน์สูตรโครงสร้าง ได้แก่ สารพิษจากสาหร่าย *Oscillatoria agardhii* ver., *Cylindrospermopsis raciborskii* และ *Nodularia spumigena*.

### 3.1.3.3. กลุ่มที่เป็นพิษต่อเซลล์ (Cytotoxicity)

- สาหร่าย *Scytonema pseudohofmanni* ผลิตสารพิษ Scytophycin A และ B  
- สาหร่าย *Oscillatoria acutissima* ผลิตสารพิษ Macrolide 2 ชนิด คือ Acutiphycin และ 20, 21-didehydroactiphycin  
- สาหร่าย *Nostoc linckia* ผลิตสารพิษ Nostocyclophanes A, B, C และ D  
- สารที่มีความเป็นพิษอื่นๆ สาหร่ายทะเล *Lyngbya majuscula* ผลิตสารที่เป็นพิษ ต่อผิวหนังทำให้เกิดผื่นคัน แผลพุพอง

## 3.2 อันตรายจากสารพิษต่อมนุษย์

อันตรายจากสารพิษเหล่านี้จะเกิดขึ้นเมื่อมนุษย์บริโภคสัตว์ทะเลเข้าไป อันตรายที่เกิดจากสารพิษที่สร้างจากแพลงก์ตอนพืชสามารถแบ่งออกได้ 6 กลุ่ม

3.2.1 Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) เป็นพิษที่เกิดจากสาร Saxitoxin (STX); Neosaxitoxin (NEO) และ Gonyautoxins (GTX) ทั้ง 3 ชนิด จะทำให้เกิดพิษรุนแรงเป็นสารที่สร้างจาก Dinoflagellates ในสกุล *Alexandrium* sp. นอกจากนี้ยังเกิดจากสาร N-sulfocarbamoyl และ Decarbamoyl สร้างจากแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Alexandrium* sp. *Gymnodinium* sp. และ *Pyrodinium* sp. ความรุนแรงของสารพิษทั้ง 2 ชนิดหลังไม่รุนแรงเมื่อเทียบกับ 3 ชนิดแรก สารพิษเหล่านี้เมื่อได้รับจะมีผลต่อระบบประสาท โดยผู้ที่ได้รับพิษจะมีอาการมึนงง การหายใจผิดปกติ กล้ามเนื้อเป็นอัมพาตและทำให้เกิดอาการช็อคและตายได้

3.2.2 Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP) เป็นพิษที่เกิดจากสาร Okadaic acid (OA), Dinophysistoxin, Pectenotoxin, Prorocentrolide และ Sulfate yessotocin สารพิษเหล่านี้สร้างโดย Dinoflagellate ในสกุล *Dinophysis* sp. และ *Prorocentrum* sp. ซึ่งสารพิษเหล่านี้เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร โดยจะมีท้องร่วงรุนแรง คลื่นไส้ อาเจียน และปวดท้อง ผู้ที่ได้รับพิษจะไม่มีอาการรุนแรงถึงกับเสียชีวิต



417234846

BUU\_1Thesis\_59910218\_thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44



3.2.3 Amnesic Shellfish Poisoning (ASP) เป็นพิษที่เกิดจากสาร Domoic acid (DA) สารพิษชนิดนี้สร้างโดยแพลงก์ตอนในกลุ่ม Diatom ในสกุล *Pseudo-nitzschia* sp. ผู้ได้รับสารพิษ ชนิดนี้ จะมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nervous System) โดยทำให้เสียระบบความทรงจำ

3.2.4 Neurotoxin Shellfish Poisoning (NSP) เป็นพิษที่เกิดจากสาร Brevetoxins (BTX) ที่สร้างโดยแพลงก์ตอนในกลุ่ม Dinoflagellate ในสกุล *Gymnodinium breve* สารพิษชนิดนี้สะสมในหอย เมื่อคนรับประทานหอยเข้าไปก็จะทำให้เกิดพิษที่มีลักษณะอาการคล้าย PSP นอกจากนี้ จะทำให้ระคายเคืองตาและจุกด้วย ถ้าหากลงไปว่ายน้ำในทะเลที่มีแพลงก์ตอนชนิดนี้อยู่

3.2.5. Ciguatera Fish Poisoning (CFP) เป็นพิษที่เกิดจากสาร Ciguatoxins (CTX) และ Maitotoxin (MTX) ที่สร้างจากแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม Dinoflagellate สกุล *Gambierdiscus* sp, *Ostreopsis* sp. และ *Prorocentrum* sp. สารพิษจากแพลงก์ตอนเหล่านี้ ส่วนใหญ่จะพบสะสมในปลาที่หากินตามแนวปะการัง เมื่อพิษเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายโดยรับประทานเข้าไป 12 - 24 ชั่วโมง

3.2.6 Cyanobacterial Toxin Poisoning (CTP) เป็นสารพิษที่พบในแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม Cyanophyta สารพิษเหล่านี้เช่น Neurotoxic alkaloids หรือ Anatoxins สร้างโดยแพลงก์ตอนพืช สกุล *Anabaena* sp., *Aphanizomenon* sp. และ *Oscillatoria* sp. สาร Hepatotoxic peptides หรือ Microcystins สร้างโดยแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Anabaena* sp, *Microcystis* sp, *Nostoc* sp, สาร Cylindrospermopsin สร้างโดยแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Cylindrospermopsis* sp. และสาร Nodularin สร้างโดยแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Nodularia* sp. สารพิษเหล่านี้ส่วนใหญ่จะเกิดปัญหาในแหล่งน้ำจืดเป็นส่วนใหญ่ พิษที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเกิดกับสัตว์เลี้ยงที่กินน้ำในแหล่งน้ำที่แพลงก์ตอนชนิดนี้เข้าไป โดยจะมีอาการตับเป็นแผลไหม้ และมีเลือดออก ซึ่งอันตรายที่เกิดจากสารพิษกลุ่มนี้อาจมีผลต่อสัตว์ทะเล และการทำฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่งได้เช่นกัน

### 3.3 ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ

- ทำความเสียหายต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และทรัพยากรสัตว์น้ำชายฝั่งในธรรมชาติ
- เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคสัตว์ที่ถูกปนเปื้อนด้วยพิษจากแพลงก์ตอน ในกรณีที่เกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนที่เป็นพิษ
- ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจการประมง
- ส่งผลกระทบต่อแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล

## 4. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

### 4.1 ความหมายระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

อุทัย สุขสิงห์ (2548) ระบบภูมิสารสนเทศ หมายถึง ระบบฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ ที่ทำหน้าที่จัดการข้อมูลของสิ่งต่าง ๆ บนโลกให้อยู่ในระบบเชิงพื้นที่ โดยข้อมูลแต่ละชนิดมีการอ้างอิง พิกัดตำแหน่งและอยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล ซึ่งเป็นการผสมผสานกระบวนการวิเคราะห์ร่วมกัน ระหว่างเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับระบบข้อมูลแผนที่ และระบบฐานข้อมูล ดังนั้นระบบภูมิสารสนเทศ จึงเป็นฐานข้อมูลที่อ้างอิงตำแหน่งบนแผนที่แบบดิจิทัล

สิริพร กมลธรรม (2548) ระบบภูมิสารสนเทศ เป็นระบบสารสนเทศข้อมูลเชิงพื้นที่หรือ ข้อมูลที่มีพิกัดระบบการผสมผสานการทำงานระหว่างกระบวนการ และวิธีวิเคราะห์ร่วมกับระบบ ฐานข้อมูลที่มีการอ้างอิงพิกัด ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จึงหมายถึงระบบของการให้คำตอบ ในเชิงพื้นที่ ซึ่งใช้เทคโนโลยีเพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่าง ๆ เริ่มต้นตั้งแต่การรวบรวมและนำเข้า ข้อมูล การจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ การกำหนดเงื่อนไขสำหรับเลือกใช้ข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ หรือสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ และในท้ายที่สุดจะทำการแสดงผล ซึ่งจะเป็นการตอบคำถามในเชิง พื้นที่ให้แก่ผู้ใช้ฐานข้อมูลเป็นองค์ประกอบสำคัญในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

สุระ (2534) เป็นกระบวนการใช้คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (hardware) ซอฟต์แวร์ (software) ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (geographic data) และการออกแบบ (personnel design) ใน การเสริมสร้างประสิทธิภาพของการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์ ข้อมูลทำให้แสดงผลในรูปของข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้ในทางภูมิศาสตร์ หรือหมายถึงการใช้ สมรรถนะของคอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บ และการใช้ข้อมูลเพื่ออธิบายสภาพต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก โดยอาศัยลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ นั้นเอง

อดิศักดิ์ (2544) สรุปว่าระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดการกับข้อมูลทางภูมิศาสตร์ หรือข้อมูลเชิงพื้นที่ในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ การบันทึกข้อมูล และการจัดเก็บข้อมูลไว้อย่างเป็นระบบ และหมวดหมู่ สามารถที่จะแก้ไข ปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้ตามวัตถุประสงค์ ของผู้ใช้ได้ในแต่ละด้าน

### 4.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การนำข้อมูลมาใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อนำมาประมวลผลหรือการวิเคราะห์ มีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

4.2.1 การนำเข้าข้อมูล เป็นขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลต่างๆ ที่ได้จัดเตรียมไว้แล้วเข้าสู่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้เป็นข้อมูลเชิงเลข (digital data) โดยการใช้เครื่องมือดิจิทัลเซเซอร์

เครื่องกวาดภาพ (scanner) (อดิศักดิ์, 2544) และทำได้โดยการกำหนดจุดค่าที่ปักทางภูมิศาสตร์ (ground control point: GCP) ตามโครงพิกัดต่าง ๆ

4.2.2 การตรวจสอบความถูกต้อง และการแก้ไขข้อมูลซึ่งเป็นขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลที่ได้นำเข้าบางข้อมูลอาจจะต้องการแก้ไขหรือปรับแต่งเพื่อให้เหมาะสมกับงานด้านต่าง ๆ ตามผู้ใช้งาน

4.2.3 การจัดการกับฐานข้อมูล เป็นการจัดเก็บข้อมูลแยกเป็นหมวด สร้างแฟ้ม และจัดรูปแบบโครงสร้างเพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อง่ายต่อการปรับแก้ และเรียกใช้ข้อมูลในแต่ละเรื่อง

4.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการนำข้อมูลเชิงพื้นที่ที่หลาย ๆ ชั้นข้อมูล (Layer) มาซ้อนทับกัน (Overlay) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ และกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ รวมทั้งยังสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการวิเคราะห์ในระดับต่อไปได้อีกด้วย (อดิศักดิ์, 2544)

4.2.5 การแสดงผลข้อมูล ในระบบ GIS สามารถแสดงผลออกมาได้ในลักษณะของแผนที่หรือตาราง แสดงผลข้อมูลออกมาได้ทั้งในจอคอมพิวเตอร์ หรือพิมพ์ออกมาเป็นภาพ

#### 4.2 ขั้นตอนและหลักการซ้อนทับ (Overlay)

การซ้อนทับข้อมูลเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญและเป็นพื้นฐานทั่วไปในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยนำข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีข้อมูลหลายชั้นข้อมูลรวมกัน ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นต้องอยู่ในบริเวณเดียวกัน และมีคุณลักษณะต่างกัน โดยผลจากการวิเคราะห์จะทำให้ได้ชั้นข้อมูลใหม่ และเพื่อใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหา (มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2555)

##### 4.2.1 หลักการในการซ้อนทับข้อมูล

- โดยทั่วไปในการซ้อนทับข้อมูลแผนที่จะต้องอาศัยจุดคู่ควบ (x,y) และข้อมูลเชิงบรรยายจะถูกสร้างขึ้นใหม่ หลังจากที่เราทำการ overlay ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

- การซ้อนทับข้อมูลอาจจะใช้กระบวนการทางเลขคณิต (arithmetic) (เช่น การบวก, ลบ, คูณ,หาร)

##### 4.2.2 รูปแบบของการซ้อนทับข้อมูล

4.2.2.1 การทำ Buffer เป็นการหาระยะทางโดยให้ห่างจากรูปแบบภูมิศาสตร์ (Features) ที่กำหนดโดยที่การจัดทำ Buffer เป็นการวิเคราะห์พื้นที่เพียง 1 Theme ซึ่งเป็นการสร้างพื้นที่ล้อมรอบ Graphic Features (point, line and polygon) ของ 1 theme ที่ได้คัดเลือกไว้บางส่วน หากไม่ได้เลือกจะทำ buffer ทั้ง theme ผลที่ได้รับคือ theme ใหม่ ที่มีขนาดความกว้างของพื้นที่จากตำแหน่งที่เลือก เท่ากับขนาดของ Buffer ที่ได้กำหนดมีหน่วยเป็นเมตร



417234846

BUU-IThesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

4.2.2.2 การตัดข้อมูล Clip เป็นการตัดข้อมูลแผนที่ออกจาก Theme เป้าหมาย (Theme to be clipped) กับ แผนที่หรือพื้นที่ที่ใช้ตัด

4.2.2.3 การเชื่อมต่อแผนที่ MapJoin และ Merge เป็นการรวม Graphic Features จากหลาย theme เข้าเป็น Theme เดียว Mapjoin โดยสามารถดำเนินการทั้งข้อมูลที่เป็น point, line และ polygon เพื่อเป็นการเชื่อมต่อแผนที่ที่มีพิกัดภูมิศาสตร์อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกันหรือต่อกัน

4.2.2.4 การรวมขอบเขตข้อมูล Dissolve โดยใช้ฟังก์ชันนี้เพื่อจะรวมข้อมูลพื้นที่ (polygon) มีคุณสมบัติหรือ attribute ที่เหมือนกัน และอยู่ติดกันเข้าด้วยกัน เพื่อช่วยลดความซ้ำซ้อนของ Theme ให้น้อยลง เป็นการเอาเส้นขอบเขตของพื้นที่ที่มีค่าเหมือนกันในหนึ่งหรือหลาย Fields ออกไป

4.2.2.5 การขจัดข้อมูล Eliminate เป็นคำสั่งที่ใช้รวม Polygon ที่ได้ทำการเลือกไว้แล้ว (เช่น Polygon ที่มีขนาดเล็ก) โดยการเรียกค้น (Query) การเลือกโดยตรงเข้ากับ Polygon ข้างเคียงใน ระยะ snap tolerance ที่กำหนดไว้ โดยการลบเส้นที่ยาวที่สุดของ Polygon ที่ถูกเลือก โดยส่วนใหญ่ใช้ในการลบข้อมูลที่ได้จากการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน ส่วนของ noise หรือ ส่วนที่มือน้อย ออกไปแล้วทำการรวมให้เป็นเนื้อที่ส่วนใหญ่ (Dominant)

4.2.2.6 การลบข้อมูล Erase การลบข้อมูลจากแผนที่ (Graphic feature) จากแผนที่หนึ่ง (in - theme) โดยการใช้อีกแผนที่หนึ่งเป็นกรอบ (The erase - theme) ที่มีพื้นที่ซ้อนทับกัน อาจเป็น Polygon, line, point หรือ multi - point คล้ายกับการ Clip แต่การ Erase cover เป็นการเหลือข้อมูลที่อยู่นอก erase-theme

4.2.2.7 การซ้อนทับข้อมูลแบบ Identity เป็นการซ้อนทับ (Overlay) ข้อมูลเชิงพื้นที่ 2 themes โดยยึดขอบเขตของแผนที่ต้นฉบับ (In - Theme) เป็นหลัก จะรักษาข้อมูลเชิงคุณลักษณะของทั้ง 2 themes เข้าไว้ด้วยกัน หรือตรรกศาสตร์ logical (เช่น AND, OR, XOR, etc.)

4.2.2.8 การซ้อนทับข้อมูลแบบ Intersect เป็นการซ้อนทับ (Overlay) ข้อมูลระหว่าง theme 2 themes โดย Theme ผลลัพธ์ (Out - Theme) จะอยู่ในทั้งขอบเขตพื้นที่ (map extent) ของทั้ง 2 theme ไม่เกินจากข้อมูลทั้ง 2 Theme จะต้องเป็น polygon เท่านั้น

4.2.2.9 การซ้อนทับข้อมูลแบบ Union เป็นการซ้อนทับแบบ Intersect Overlays two themes and preserves only features that intersect เป็นการซ้อนทับ (Overlay) ข้อมูลระหว่าง theme 2 themes โดย Theme ผลลัพธ์ (Out - Theme) จะอยู่ในขอบเขตพื้นที่ (map extent) ของทั้ง 2 theme ไม่เกินจากข้อมูลทั้ง 2 Theme ทั้งนี้ in - theme เป็นได้ทั้ง point, line และ polygon



417234846

BUU-1Thesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

4.2.2.10 การหาระยะทางระหว่างข้อมูล 2 Theme - Near เป็นการแทนที่พื้นที่ Theme หนึ่งโดย Theme อื่น ๆ โดยเป็นการซ้อนทับระหว่าง in - Theme กับ Update - theme (เฉพาะข้อมูลที่เป็นพื้นที่ polygon) out - theme จะประกอบด้วย Field ทั้งหมดของ 2 Theme

4.2.2.11 การปรับแก้ข้อมูลพื้นที่บางส่วน Update เป็นการแทนที่พื้นที่ใน Theme หนึ่งโดย Theme อื่น ๆ ซึ่งการซ้อนทับระหว่าง in - Theme กับ Update - theme (เฉพาะข้อมูลที่เป็นพื้นที่ polygon) out - theme จะประกอบด้วย Field ทั้งหมดของ 2 Theme

#### 4.3 การสำรวจจากระยะไกล

การสำรวจจากระยะไกล เป็นวิชาที่ค่อนข้างใหม่เพราะได้เริ่มบัญญัติศัพท์นี้เมื่อปี พุทธศักราช 2503 โดยประเทศสหรัฐอเมริกาวิชานี้เป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแขนงหนึ่งที่ใช้ในการบ่งบอกจำแนกหรือวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุ และพื้นที่โดยปราศจากการสัมผัสโดยตรง (จำลอง แปลกสรรน้อย, 2549)

##### 4.3.1 หลักการเบื้องต้นในการสำรวจจากระยะไกล

เซาวลิต ศิลปทอง, (ม.ป.ป.) กล่าวว่า การบันทึกข้อมูลจากระยะไกล สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน

4.3.1.1 แหล่งพลังงาน (Source) ที่เป็นต้นกำเนิดของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาจากสามแหล่ง คือ พลังงานจากดวงอาทิตย์การแผ่พลังงานความร้อนจากพื้นผิวโลก และระบบบันทึกข้อมูลในขณะที่มีการทำงานนั้นจะทำให้เกิดขบวนการ การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การนำความร้อน (Conduction) และการพาความร้อน (Convection)

4.3.1.2 ปฏิกริยาที่มีต่อพื้นผิวโลก เป็นปริมาณของการแผ่รังสี หรือการสะท้อนพลังงานจากผิวโลก ซึ่งจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุบนพื้นโลก เนื่องจากวัตถุต่างชนิดกัน จะมีสมบัติในการสะท้อนแสงและการส่งพลังงานความร้อนแตกต่างกันในแต่ละช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความแตกต่างนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการจำแนกประเภทของวัตถุต่าง ๆ

4.3.1.3 ปฏิกริยาที่มีต่อบรรยากาศ และเครื่องบันทึกข้อมูลพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ผ่านเข้าไปในชั้นบรรยากาศจะถูกกระจัดกระจาย (Scatter) โดยธาตุองค์ประกอบของบรรยากาศซึ่งมีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพข้อมูล

4.3.1.4 เครื่องวัดจากระยะไกล (Remote Sensor) หรือเครื่องบันทึกพลังงานที่สะท้อนจากพื้นผิวของวัตถุ เช่น กล้องถ่ายภาพ หรือเครื่องกวาดภาพ เป็นต้น เครื่องวัดนี้จะถูกติดตั้งไว้ในยานสำรวจ (Platform) ได้แก่ เครื่องบินหรือดาวเทียม



417234846

BUU-IThesis 59910218 thesis / rev: 26062563 22:43:06 / seq: 44

#### 4.3.2 การแปลตีความข้อมูลจากดาวเทียมด้วยสายตา

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน, 2558) การแปลตีความข้อมูลจากดาวเทียมด้วยสายตา (Visual Interpretation) ใช้องค์ประกอบหลักที่สำคัญ (Elements of Interpretation) ได้แก่

4.3.2.1 ความเข้มของสี และสี (Tone/Color) ระดับความแตกต่างของความเข้มของสีหนึ่ง ๆ มีความสัมพันธ์กับค่าการสะท้อนของช่วงคลื่น และการผสมสีของช่วงคลื่นต่าง ๆ เช่น น้ำ ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ถูกดูดกลืนทำให้ปรากฏเป็นสีดำในภาพสีผสมพีชพรรณปรากฏเป็นสีแดงเมื่อกำหนดให้ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้เป็นสีแดงช่วงคลื่นสีแดงกำหนดให้เป็นสีเขียว และช่วงคลื่นสีเขียวกำหนดให้เป็นสีน้ำเงิน

4.3.2.2 ขนาด (Size) ขนาดของภาพวัตถุที่ปรากฏในข้อมูลจากดาวเทียมขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุและมาตราส่วนของข้อมูลจากดาวเทียม เช่น ความยาว ความกว้าง หรือพื้นที่ แสดงให้เห็นความแตกต่างของขนาดระหว่างแม่น้ำ และลำคลอง

4.3.2.3 รูปร่าง (Shape) รูปร่างของวัตถุที่เป็นเฉพาะตัวอาจสม่ำเสมอ (Regular) หรือไม่สม่ำเสมอ (Irregular) วัตถุที่มนุษย์สร้างขึ้นมีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นรูปทรงเรขาคณิต เช่น สนามบิน พื้นที่นาข้าว ถนนคลองชลประทาน และเขื่อนเก็บกักน้ำ เป็นต้น

4.3.2.4 เนื้อภาพ (Texture) หรือความหยาบละเอียดของผิววัตถุ เป็นผลมาจากความแปรปรวนหรือความสม่ำเสมอของวัตถุ เช่น น้ำมีลักษณะเรียบและป่าไม่มีลักษณะขรุขระ เป็นต้น

4.3.2.5 รูปแบบ (Pattern) ลักษณะการจัดเรียงตัวของวัตถุปรากฏเด่นชัดระหว่างความแตกต่างตามธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แม่น้ำ คลอง กบคลองชลประทาน บ่อ และสระน้ำกับเขื่อน เป็นต้น 2.6 ความสูงและเงา (Height and Shadow) เงาของวัตถุมีความสำคัญในการคำนวณหาความสูงและมุมสูงของดวงอาทิตย์ เช่น เงาบริเวณเขาหรือหน้าผา เงาของเมฆ เป็นต้น

4.3.2.7 ที่ตั้ง (Site) หรือตำแหน่งของวัตถุที่พบตามธรรมชาติ เช่น พื้นที่ป่าชายเลน พบบริเวณชายฝั่งทะเลน้ำท่วมถึง สนามบินอยู่ใกล้แหล่งชุมชน เป็นต้น

4.3.2.8 ความเกี่ยวพัน (Association) หมายถึงความเกี่ยวพันขององค์ประกอบทั้ง 8 ที่กล่าวมา เช่นบริเวณที่มีต้นไม้เป็นกลุ่มๆ มักเป็นที่ตั้งของหมู่บ้าน ไร่เลื่อนลอยอยู่ในพื้นที่ป่าไม้บนเขา นาทุ่งอยู่บริเวณชายฝั่งร่วมกับป่าชายเลน เป็นต้น

#### 4.4 การแปลตีความภาพเพื่อจำแนกวัตถุ

การแปลตีความภาพเพื่อจำแนกวัตถุได้ดี และถูกต้องขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างพร้อม ๆ กันไปตามความยากง่าย และมาตราส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจไม่แน่นอนเสมอไปรูปร่าง สี และขนาด อาจใช้เป็นองค์ประกอบในการแปลหรือ



417234846

ตีความภาพพื้นที่หนึ่งหรือลักษณะหนึ่ง ส่วนอีกบริเวณอื่นของพื้นที่เดียวกันอาจต้องใช้องค์ประกอบ  
 อื่นๆก็ได้ นอกจากนี้จำเป็นต้องนำข้อมูลจากดาวเทียมอีก 3 ลักษณะมาประกอบการพิจารณา คือ

4.4.1 ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุ (Spectral Characteristic) ซึ่งสัมพันธ์กับความยาวช่วงคลื่นแสงในแต่ละแบนด์โดยวัตถุต่าง ๆ สะท้อนแสงในแต่ละช่วงคลื่น  
 ไม่เท่ากัน จะทำให้สีของวัตถุในภาพแต่ละแบนด์แตกต่างกันในระดับสีขาว-ดำ ซึ่งทำให้สีแตกต่าง  
 ในภาพสีผสมด้วย

4.4.2 ลักษณะรูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ (Spatial Characteristic) แตกต่างตาม  
 มาตรฐานและรายละเอียดภาพจากดาวเทียม เช่น MSS วัตถุหรือพื้นที่ขนาด 80×80 เมตร จึง  
 จะปรากฏในภาพ และระบบ PLA มีขนาด 10×10 เมตร เมื่อค้นเคยกกับลักษณะรูปร่างวัตถุทำให้  
 ทราบลักษณะที่จำลองในภาพจากดาวเทียม

4.4.3 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (Temporal Characteristic) ซึ่ง  
 จะทำให้สถานะของวัตถุต่าง ๆ นั้น เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น การเปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูกาล  
 การเปลี่ยนแปลงรายปี หรือรายคาบ เป็นต้น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้มีความแตกต่าง  
 ของระดับสีในภาพขาวดำ และภาพสีผสม จึงทำให้เราสามารถใช้อ้างอิงข้อมูลดาวเทียมที่ถ่ายซ้ำที่เดิม  
 ในช่วงเวลาต่าง ๆ มาติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น สามารถติดตามการบุกรุกทำลายป่าการเติบโต  
 ของพืชตั้งแต่ปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

#### 4.5 กระบวนการก่อนการประมวลผลภาพ (Pre-processing)

##### 4.5.1 การประมวลผลภาพด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ Image processing

ขั้นตอนกระบวนการก่อนการประมวลผลภาพ (Pre-processing) การปรับแก้ภาพ  
 มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล (Data Error) สัญญาณที่รบกวน (Noise) และ  
 ความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการถ่ายภาพ การบันทึกข้อมูล สัญญาณ  
 การสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การส่งสัญญาณ และการโคจรของดาวเทียม มีกระบวนการปรับแก้  
 2 กระบวนการที่ต้องกระทำ ดังนี้

4.5.1.1 การตรวจแก้คลื่นรังสี (Radiometric Correction) ก่อนที่จะส่งข้อมูลจาก  
 ระยะไกลให้กับผู้ใช้งานข้อมูลเหล่านี้จะต้องผ่านการตรวจแก้คลื่นรังสีจากสถานีรับสัญญาณดาวเทียม  
 ภาคพื้นดินมาแล้วระดับหนึ่ง แต่บางครั้งยังปรากฏข้อบกพร่องทางเชิงคลื่น อันเนื่องจากสาเหตุ  
 หลายประการ เช่น การรบกวนจากชั้นบรรยากาศ หรือจากความบกพร่องของเครื่องรับสัญญาณ  
 ทำให้เกิดความไม่ชัดเจนพรมามีลายเส้นปะปน (Strip/Noise) ปรากฏบนข้อมูลจากดาวเทียม ปัญหา  
 อีกด้านหนึ่งที่ต้องมีการตรวจแก้คลื่นรังสี คือ เมื่อต้องการใช้ข้อมูลหลายช่วงเวลาเพื่อการศึกษา  
 การเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่งต้องทำการปรับแก้ค่ามุมยกของดวงอาทิตย์  
 (Sun Elevation Correction) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละช่วงเวลา และแต่ละฤดูกาล การแก้ไข

ปัญหาดังกล่าวทำได้โดยการตรวจแก้คลื่นรังสี พร้อมทั้งต้องมีรายละเอียดตัวแปร (Parameters) เกี่ยวกับการรับสัญญาณมุมที่ดาวเทียมกระทำกับแสงดวงอาทิตย์ (Solar Illumination Angles) ค่ารังสีตกกระทบ (Irradiance) การกระจายแสงในเส้นทางผ่าน (Path Radiance) ค่าการสะท้อนของวัตถุเป้าหมาย (Reflectance of Target) ค่าการส่งผ่านของบรรยากาศ เป็นต้น และข้อมูลสถานะอากาศในขณะที่ทำการบันทึกข้อมูล การปรับแก้มีกรรมวิธีในการคำนวณที่ซับซ้อนมาก โดยต้องใช้ซอฟต์แวร์ที่มีโปรแกรมเฉพาะสำหรับการตรวจแก้คลื่นรังสี ซึ่งโดยทั่วไปการแก้ไขข้อบกพร่องเชิงคลื่นจะต้องทำ ได้แก่

- การชดเชยค่าการสะท้อนที่บิดเบือนของสถานะอากาศ (Haze Compensation) เกิดขึ้นจากการกระจัดกระจายแสงในบรรยากาศ จึงทำให้เกิดการสลัวของแสง (Haze) ทำให้ภาพมีลักษณะไม่ชัดเจน และไม่คมชัด วิธีการแก้ไขโดยการลดผลการกระจัดกระจายแสงในบรรยากาศให้น้อยที่สุด โดยการเปรียบเทียบค่าความสว่างทั่วไปกับค่าความสว่างต่ำที่สุด (Zero Reflectance) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นวัตถุที่ดูดกลืนพลังงานมาก เช่น น้ำใสจะมีการดูดกลืนสูงมากในช่วงคลื่นอินฟราเรด

- การเปลี่ยนค่าความสว่างเป็นค่าการแผ่รังสีสมบูรณ์ (Conversion of Digital Numbers to Absolute Radiance Value) เป็นการตรวจแก้คลื่นรังสีอีกวิธีหนึ่ง โดยการแปลงค่าความสว่างเป็นค่าการแผ่รังสี คำนวณจากข้อมูลค่าการแผ่รังสีสูงสุด และการแผ่รังสีต่ำสุดในแต่ละช่วงคลื่นตามสูตรต่อไปนี้

$$L = [(LMAX-LMIN)] \times DN + LMIN$$

โดย	L	แทน ค่าการแผ่รังสีตามช่วงคลื่น (Spectral Radiance)
	LMAX	แทน ค่าการแผ่รังสีสูงสุด ซึ่งแปลงจากค่าความสว่างสูงสุด
ในช่วงคลื่นนั้น (DN = 255)	LMIN	แทน ค่าการแผ่รังสีต่ำสุด ซึ่งแปลงจากค่าความสว่างต่ำสุด
ในช่วงคลื่นนั้น (DN = 0)	DN	แทน จำนวนการสะท้อนเชิงเลข (Digital Number)

- การลบสัญญาณรบกวน (Noise Removal) ผลจากความบกพร่องของเครื่องรับสัญญาณมีผลให้เกิดสัญญาณรบกวนในข้อมูลภาพ หรือข้อมูลส่วนนั้นสัญญาณขาดหายไป ปรากฏเป็นลายเส้นแทรกอยู่ในเนื้อภาพหรือเป็นจุดกระจายไปทั่วภาพ (Salt and Pepper Effect) การแก้ไขทำได้โดยใช้ตัวกรองภาพแบบค่าเฉลี่ยเลขคณิต หรือค่ากึ่งกลางเลขคณิต (Mean or Median Filters) มาคำนวณค่าเฉลี่ยจากจุดภาพอื่นที่อยู่โดยรอบบริเวณที่สัญญาณหายไป และตัวกรองจำเพาะที่ใช้สำหรับกรองจุดกรองแต่ยังคงรักษาขอบเขต และเนื้อภาพของจุดข้อมูล



417234846

BUU-1Thesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44



4.5.2 การตรวจแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ก่อนจะนำข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมไปใช้ประโยชน์มีความจำเป็นต้องปรับแก้เชิงเรขาคณิตเพราะพิกัดตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ มีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง เนื่องจากข้อบกพร่องทางเครื่องรับสัญญาณ และรูปลักษณะของวัตถุการตรวจแก้เชิงเรขาคณิตมีความจำเป็นมากยิ่งขึ้น เมื่อต้องการนำข้อมูลจากระยะไกลไปใช้งานร่วมกับข้อมูลเชิงแผนที่อื่น ๆ เพื่อให้สามารถซ้อนทับกันได้

4.5.3 การหาจุดควบคุมภาคพื้นดิน การตรวจแก้เชิงเรขาคณิตจะมีความถูกต้องมากหรือน้อยขนาดไหนขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกจุดควบคุมภาคพื้นดินจุดควบคุมภาคพื้นดิน เป็นจุดที่ตำแหน่งใดก็ได้บนข้อมูลจากดาวเทียม และปรากฏได้ชัดเจนเป็นจุดเดียวกันบนข้อมูลอ้างอิงจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ดีส่วนใหญ่ต้องเป็นจุดที่มีความคงที่ของรูปทรงโดยเฉพาะในระหว่างเวลาที่มีข้อมูลจากระยะไกล และข้อมูลอ้างอิงต้องเป็นจุดที่สังเกตได้ง่าย ได้แก่ จุดตัดของวัตถุต่าง ๆ (เช่น สี แยกถนนตัดกัน แปลงนา มุมของอาคาร ฯลฯ) จุดที่โดดเด่น (เช่น ต้นไม้ในนาข้าว บ้านกลางนาเกลือ พื้นที่หินโผล่บนภูเขาโดดเขา) โดยอาศัยการสังเกตความแตกต่างของค่าความสว่างระหว่างวัตถุที่แตกต่างกันมาประกอบการพิจารณา จุดควบคุมภาคพื้นดินควรมีจำนวนมากพอ และกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ศึกษามีมากที่สุดก็ได้เพื่อควบคุมการแปลงพิกัดให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ถ้าจุดควบคุมภาคพื้นดินไปรวมกลุ่มอยู่เฉพาะบางบริเวณความถูกต้องบริเวณนั้นจะมีมากกว่าบริเวณที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดินน้อยกว่า

4.5.4 การคำนวณการตรวจแก้เชิงเรขาคณิต ประกอบด้วยการคำนวณ 2 ขั้นตอน คือ

5.5.4.1 การแปลงค่าพิกัด (Geometric Coordinate Transformation) ระหว่างข้อมูลภาพเริ่มต้น  $(x_1, y_1)$  และพิกัดภูมิศาสตร์  $(x, y)$  มีวิธีการตรวจแก้เชิงเรขาคณิตโดยใช้สูตรของสมการเชิงเส้นเพื่อหาตำแหน่งพิกัดใหม่กระบวนการนี้ เรียกว่า การประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation) มีสูตรสมการดังนี้

$$x_1 = a_0 + a_1x + a_2y$$

$$y_1 = b_0 + b_1x + b_2y$$

โดย	$x_1$	แทน พิกัดของด้านสมมุติของข้อมูลนำเข้า (Original Input Image)
	$y_1$	แทน พิกัดของด้านแนวของข้อมูลภาพนำเข้า
	$x$	แทน พิกัดของด้านสมมุติของข้อมูลภาพผลลัพธ์ (Output Image)
	$y$	แทน พิกัดของด้านแนวของข้อมูลภาพก่อนผลลัพธ์



$$Cr = Bmax / Bmin$$

โดยที่	Cr	แทน สัดส่วนความแตกต่างของความชัดเจน
	Bmax	แทน ค่าการสว่างสูงที่สุดในข้อมูลภาพ
	Bmin	แทน ค่าการสว่างต่ำที่สุดในข้อมูลภาพ

ถ้ามีสัดส่วนความแตกต่างของความชัดเจนสูง หมายความว่า ภาพมีความชัดเจนมาก ขอบเขตของวัตถุต่าง ๆ ซึ่งจะสามารถแยกแยะได้อย่างชัดเจนและถ้ามีสัดส่วนของความแตกต่างของความชัดเจนต่ำ หมายความว่า ภาพลดความคมชัดลงขอบเขตของแต่ละประเภทข้อมูลไม่ชัดเจน

4.5.4.3 การเน้นข้อมูลแบบเชิงพื้นที่ (Spatial Enhancement) เป็นการเน้นข้อมูล โดยพิจารณาค่าของจุดภาพรอบข้างแตกต่างกับการเน้นข้อมูลช่วงคลื่นซึ่งพิจารณาค่าของจุดภาพเดี่ยว ๆ เท่านั้น โดยทั่วไปการเน้นข้อมูลแบบนี้จะพิจารณาได้จากความถี่ของกลุ่มข้อมูลข้างเคียง หรือ ความแตกต่างของค่าจุดภาพสูงสุด และต่ำสุด ของกลุ่มข้อมูลภาพรอบข้าง หมายถึง การเปลี่ยนแปลง ในค่าของจุดภาพต่อหนึ่งหน่วยระยะทางสำหรับบางส่วนของภาพที่กำหนดกระบวนการเฉลี่ยค่า ของกลุ่มขนาดเล็กของจุดภาพจำนวนหนึ่งผ่านเข้าไปในภาพหนึ่งเพื่อเปลี่ยนแปลงความถี่ของกลุ่ม จุดภาพนั้น ๆ เรียกว่า การกรองแบบวนรอบ (Convolution Filtering) กระบวนการนี้ใช้ส่วนกลาง แบบวนรอบ (Convolution kernel) ซึ่งเป็นเมทริกซ์ของตัวเลขที่ใช้ในการเปลี่ยนค่าของแต่ละ จุดภาพด้วยค่าของจุดภาพรอบข้างในรูปแบบเฉพาะจำนวนของตัวเลขในเมทริกซ์จะเป็นตัวกำหนด น้ำหนักในการปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพเฉพาะที่ค่าตัวเลขนี้มักจะเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ เพราะ ใช้รูปแบบ และวิธีทางสมการคณิตศาสตร์ ตัวอย่างการเน้นข้อมูลแบบเชิงพื้นที่ เช่น การกรองภาพ (Image Filtering)

4.5.4.4 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image classification) ส่วนขั้นตอนที่ 3 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image classification) เป็นการประมวลผลในทางสถิติ เพื่อ แยกข้อมูลจุดภาพทั้งหมดที่ประกอบเป็นพื้นที่ศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย โดยใช้ลักษณะทางสถิติ เป็นตัวกำหนดความแตกต่างระหว่างกลุ่มจุดภาพ โดยจุดภาพที่ถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันจะมีลักษณะ ทางสถิติเฉพาะกลุ่มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ละกลุ่มจุดภาพที่จำแนกได้นั้นจะแสดงถึงสิ่งปกคลุม พื้นดินประเภทใดประเภทหนึ่งแตกต่างกันไป กล่าวอีกนัยหนึ่ง การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ หมายถึง การแบ่งจุดภาพที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงคล้าย ๆ กัน ออกเป็นกลุ่มหรือเป็นระดับ ซึ่ง เรียกว่า ชนิดหรือประเภท (Class) เพื่อจะแบ่งแยกวัตถุต่าง ๆ ที่แสดงในภาพออกจากกันในการจำแนก ประเภทข้อมูลนี้ผู้ปฏิบัติต้องใช้กฎการตัดสินใจหรือความรู้ทางสถิติเข้าช่วย เนื่องจากปริมาณจุดภาพ ที่ประกอบเป็นพื้นที่ศึกษา มีปริมาณจุดภาพมากการคำนวณทางสถิติเองโดยใช้เครื่องคิดเลข



417234846

จึงทำได้ยากใช้เวลามากและอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ จึงมีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการประมวลผลทำให้ได้ผลลัพธ์ในเวลารวดเร็วสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้

4.5.5 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (Supervised classification) เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนดลักษณะของประเภทข้อมูลเอง โดยเป็นผู้เลือกตัวอย่างประเภทข้อมูลให้แก่เครื่อง จึงเรียกการจำแนกข้อมูลประเภทนี้ว่าเป็นวิธีแบบควบคุมโดยผู้วิเคราะห์ ต้องควบคุมอย่างใกล้ชิด สำหรับข้อมูลตัวแทนหรือข้อมูลตัวอย่างที่ผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนดนั้น ได้จากการตีความหมายภาพดาวเทียมที่ถูกต้องด้วยสายตาโดยอาศัยประสบการณ์ความเข้าใจ และความรู้ที่มีอยู่ ตลอดจนกระบวนการต่าง ๆ ในการตีความหมาย เช่น การสำรวจภาคสนาม การใช้แผนที่ภาพถ่ายต่าง ๆ และสถิติอื่น ๆ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความหมายถูกต้องตามระบบการจำแนก ตัวอย่างที่เลือกเป็นข้อมูลทางสถิติที่กำหนดคุณลักษณะของข้อมูล ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์จะนำคุณลักษณะทางสถิติของพื้นที่ตัวอย่างนั้นไปทำการประมวลผลแล้วจำแนกแต่ละจุดภาพของข้อมูลดาวเทียมให้เป็นประเภทข้อมูลตามที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ตามพื้นที่ตัวอย่าง ซึ่งความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของการจำแนกวิธีนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของพื้นที่ตัวอย่างว่ามีความหลากหลายครอบคลุมทุกประเภทข้อมูล หรือไม่ และเป็นตัวแทนของประชากรข้อมูลทุกประเภท หรือไม่ วิธีการนี้ผู้ใช้งานจะต้องมีความรู้ในพื้นที่ศึกษาเป็นอย่างดี โดยศึกษาจากข้อมูลเสริมประกอบตลอดจนการสังเกตลักษณะเชิงกายภาพ (Physical characteristics) ของประเภทข้อมูลดังกล่าวมาแล้วข้างต้น

4.5.6 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุม (Unsupervised classification) เป็นวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ มักจะใช้ในกรณีไม่มีข้อมูลเพียงพอในพื้นที่ทำการจำแนก หรือผู้ใช้ไม่มีความรู้ความเคยชินในพื้นที่ศึกษาวิธีการนี้สามารถทำได้โดยสุ่มตัวอย่างแบบคละแล้วจึงนำกลุ่มข้อมูลดังกล่าวมาแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ โดยแต่ละประเภทมีลักษณะเชิงคลื่นที่เหมือนกัน ใช้เทคนิคการรวมกลุ่ม (Clustering) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

4.5.6.1 การรวมกลุ่มแบบลำดับชั้น (Hierarchical clustering) วิธีนี้จุดภาพจะถูกจัดรวมเป็นกลุ่มที่คล้ายกัน โดยการใส่ระยะห่างเป็นเครื่องวัดเริ่มต้นด้วยการสมมติว่าแต่ละจุดภาพเป็น 1 กลุ่ม จุดภาพที่มีระยะห่างกันน้อยที่สุดก็จะรวมตัวเข้าด้วยกันถัดจากนั้นจะเป็นการรวมกลุ่มจุดภาพไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้กลุ่มตามจำนวนที่กำหนดไว้จึงหยุด

4.5.6.2 การรวมกลุ่มแบบไม่เป็นลำดับชั้น (Non-hierarchical clustering) เริ่มต้นด้วยการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มชั่วคราวจำนวนหนึ่ง หลังจากนั้นสมาชิกในแต่ละกลุ่มจะถูกตรวจสอบโดยใช้ตัวแปร หรือระยะห่างที่เลือกมาเพื่อทำการจัดตำแหน่งใหม่ให้อยู่ในกลุ่มที่เหมาะสมกว่า โดยมีการแบ่งกลุ่มชัดเจนดีขึ้น ตัวอย่างของการรวมกลุ่มวิธีนี้ได้แก่ วิธี ISODATA และวิธี K-mean



417234846

BUU\_1Thesis\_59910218\_thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

#### 4.5.7 การผสมสีข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม

ภัทรา ชัยเพียรเจริญกิจ (2551) กล่าวว่า ลักษณะภาพและสีที่ปรากฏในภาพข้อมูลดาวเทียมขึ้นอยู่กับคุณสมบัติช่วงคลื่นแสงและคุณสมบัติของวัตถุที่สะท้อนแสง กล่าวคือวัตถุต่าง ๆ จะมีความสามารถในการดูดซับการสะท้อนแสง และการให้แสงผ่านไม่เหมือนกัน ดังนั้น ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุจะสัมพันธ์กับความยาวช่วงคลื่นแสงในแต่ละแบนด์ โดยวัตถุต่าง ๆ สะท้อนแสงในแต่ละช่วงคลื่นไม่เท่ากันทำให้สีของวัตถุในภาพแต่ละแบนด์แตกต่างกันในระดับสีขาว-ดำ ซึ่งจะทำให้สีแตกต่างในภาพสีผสมด้วยคุณสมบัติดังกล่าว จึงเป็นพื้นฐานเบื้องต้นในการใช้พิจารณาประกอบในการแปล และวินิจฉัยวัตถุ คือ ความแตกต่างในเรื่องความเข้มของสี และสี (Tone/Color) ซึ่งสีนี้ หมายถึง สีธรรมชาติหรือสีผสมเท็จในข้อมูลดาวเทียมที่ได้จากการบันทึกภาพโดยอาศัยการสะท้อนคลื่นแสงของวัตถุที่แตกต่างกัน และได้กำหนดช่วงคลื่น (Spectral Range) ในการรับข้อมูลออกเป็นแบนด์ ต่าง ๆ ทำให้วัตถุที่ปรากฏในภาพขาว-ดำ มีระดับความเข้มของสีที่แตกต่างกันออกไป ฉะนั้นวัตถุในภาพข้อมูลดาวเทียมจึงมีระดับความเข้มของสีต่าง ๆ กันปกติวัตถุที่สะท้อนแสงได้ดีภาพที่ปรากฏจะมีสีขาวจางวัตถุที่มีการดูดซับแสงมาก หรือมีการสะท้อนแสงน้อยภาพที่ปรากฏออกมาจะมีสีทึบ หรือออกดำ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงลักษณะข้อมูลที่ได้จากภาพสีผสมในแบนด์ต่าง ๆ ดาวเทียม LANDSAT 5 และ 7

แบนด์ที่ใช้ในการซ้อนข้อมูล			ลักษณะข้อมูลที่ได้จากภาพสีผสม
Red	Green	Blue	
3	2	1	ภาพที่ได้จะเป็นจะภาพข้อมูลที่มีสีคล้ายกับสีธรรมชาติมากที่สุด หรือเรียกว่า การผสมสีเสมือนจริง (True Color) คือพืชพรรณเป็นสีเขียวสามารถใช้ในการจำแนกพื้นที่เกษตรกรรม เช่น ที่นา พืชไร่
4	3	2	ภาพที่ได้จะมีลักษณะเหมือนกับภาพจากฟิล์ม สีอินฟราเรด คือพืชพรรณเป็นสีม่วงแดงและสามารถใช้ในการจำแนกพื้นที่ที่มีความชื้น
4	5	2	ภาพที่ได้จะมีความคล้ายคลึงกับภาพสีผสมแบนด์ 432 แต่ว่าภาพมีความคมชัดกว่าในด้านความแตกต่างระหว่างพืชและดินอย่างชัดเจน

แหล่งที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ องค์การมหาชน, 2547

## 5. แบบจำลองทางอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool)

แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) ถูกพัฒนาขึ้นโดย Blackland Research Center, TAES (Texas Agriculture Experiment Station) และ United States Department of Agriculture-Agriculture Research Service (USDA-ARS) เพื่อใช้ในการทำนายผลกระทบของการใช้ที่ดินต่อทรัพยากรน้ำ ได้แก่ น้ำท่า ตะกอนและสารเคมีจากการเกษตรของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน ที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพดิน การใช้ที่ดินและการจัดการแบบจำลอง SWAT สามารถจำลองกระบวนการทางกายภาพต่างๆที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ โดยแบ่งลุ่มน้ำที่ต้องการศึกษาออกเป็นลุ่มน้ำย่อย ข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องกำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยประกอบด้วย ภูมิอากาศ หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Unit, HRUs) หนอง บึง น้ำใต้ดิน ลำน้ำสายหลัก ลำน้ำสาขา เป็นต้น (Neitsch et al., 2005)

การวิเคราะห์และการคำนวณด้วยแบบจำลอง SWAT แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนพื้นดิน (Land phase) และส่วนการเคลื่อนที่ในลำน้ำ (Routing phase) ในการวิเคราะห์ส่วนพื้นดิน จะจำลองกระบวนการวัฏจักรอุทกวิทยา เพื่อประเมินหาปริมาณน้ำท่า และการวิเคราะห์ของส่วนการเคลื่อนที่ในลำน้ำจะคำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำตลอดทั้งโครงข่ายระบบลำน้ำของลุ่มน้ำที่ศึกษา

ขั้นตอนการจำลองกระบวนการวัฏจักรทางอุทกวิทยา จะกำหนดให้ปริมาณฝนที่ตกลงสู่พื้นดินถูกพืชกักไว้เป็นบางส่วน ปริมาณฝนส่วนที่เหลือที่ไหลลงสู่ผิวดินก็ไหลซึมลงสู่ผิวดินหรือชั้นของอยู่ตามผิวดินแล้วรวมตัวกันไหลลงสู่ที่ต่ำ จนกระทั่งไปเป็นน้ำท่าอยู่ในแม่น้ำลำธารสำหรับปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงสู่ผิวดินส่วนหนึ่งจะถูกเก็บกักไว้ในเนื้อดิน ซึ่งต่อมาจะระเหยคืนสู่บรรยากาศโดยพืชและอีกส่วนหนึ่งจะไหลซึมต่อไปยังชั้นน้ำใต้ดินกลายเป็นน้ำใต้ดินและไหลกลับลงสู่แม่น้ำลำธารเมื่อผ่านไปช่วงเวลาหนึ่งโดยการไหลไปทางด้านข้างของชั้นน้ำใต้ดิน

แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่จำลองลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำเป็นแบบกระจายพารามิเตอร์ตามสภาพทางกายภาพของพื้นที่จริง แบบจำลองสามารถใช้ทำนายผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพดิน การใช้ที่ดินและการจัดการคุณสมบัติสำคัญของแบบจำลอง SWAT สรุปได้ดังนี้

1. เป็นแบบจำลองบนพื้นฐานของลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำที่อาศัยข้อมูลนำเข้าจำเพาะเกี่ยวกับภูมิอากาศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะภูมิประเทศ พืชพรรณ และการจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่อจำลองกระบวนการทางกายภาพที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของการเคลื่อนที่ของตะกอน การเจริญเติบโตของพืช วัฏจักรของธาตุอาหาร และอื่น ๆ

2. สามารถคำนวณหรือปฏิบัติการในระดับการเปลี่ยนแปลงรายวัน รายเดือนและรายปี ในช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน (100 ปีขึ้นไป) เพื่อประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

3. เป็นแบบจำลองทางเลือกในการคำนวณฝนส่วนเกินโดยวิธี SCS Curve Number และ Green-Amplitude ซึ่งถูกยอมรับอย่างกว้างขวาง มีกระบวนการจัดการที่ไม่ซับซ้อน การนำพารามิเตอร์มาใช้ในแบบจำลองมีความสมเหตุสมผล

#### 5.1 ส่วนประกอบของแบบจำลอง (Model component)

Arnold et al. (1995) กล่าวถึงแบบจำลอง SWAT ว่าประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

##### 5.1.1 ส่วนพื้นดินหรือส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (Land phase or subbasin component)

เป็นการศึกษากระบวนการอุทกวิทยาเพื่อประเมินหาปริมาณน้ำท่า ตะกอน ธาตุอาหารและสารเคมีจากการเกษตรที่จะไหลลงสู่ลำน้ำหลักของแต่ละลุ่มน้ำย่อย โดยจะมีส่วนควบคุมพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของแบบจำลอง SWAT ซึ่งออกแบบเป็น 8 ส่วน คือ อุทกวิทยา (hydrology) สภาพอากาศ (weather conditions) การตกตะกอน (sedimentation) อุณหภูมิของดิน (soil temperature) การเติบโตของพืช (crop growth) สารอาหาร (nutrients) ยาฆ่าแมลง (pesticides) และการจัดการทางการเกษตร (agricultural management)

5.1.2 ส่วนการเคลื่อนตัวของน้ำ (routing component) เป็นการคำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำตลอดจนโครงข่ายระบบลำน้ำของลุ่มน้ำที่ศึกษา โดยเป็นส่วนของการเคลื่อนตัวของน้ำในแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำ (channel routing) และการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำ (reservoir routing) โดยที่การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำ ซึ่งประกอบด้วย การเคลื่อนตัวของน้ำท่วมผ่านทางน้ำ การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านแหล่งกักเก็บน้ำ (impoundment routing) การเคลื่อนตัวของตะกอนในทางน้ำ (channel sediment routing) และการเคลื่อนตัวของสารอาหารและยาฆ่าแมลงผ่านทางน้ำ สำหรับการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วย สมดุลของน้ำจากอ่างเก็บน้ำ การเคลื่อนตัวผ่านอ่างเก็บน้ำ การเคลื่อนตัวของตะกอนผ่านอ่างเก็บน้ำ และการเคลื่อนตัวของสารอาหารและยาฆ่าแมลง

#### 5.2 การเปรียบเทียบแบบจำลอง (calibration)

การปรับเทียบแบบจำลองในโปรแกรม SWAT มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดความแตกต่างระหว่างข้อมูลจากการตรวจวัดกับข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งจำเป็นจะต้องปรับเทียบทุกพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษา โดยการปรับเทียบจะต้องทำจากลุ่มน้ำย่อยที่อยู่เหนือน้ำก่อน แล้วถดถงไปตามลำดับจนถึงจุดปลายสุดของลุ่มน้ำหลัก (Neitsch et al.,2005)

นิพนธ์ (2549) กล่าวว่า การสอบเทียบหรือการปรับเทียบ (calibration) คือการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลสารสนเทศที่มีการตรวจวัดไว้แล้วทั้งที่เป็นข้อมูลสารสนเทศนำเข้า (input information) และข้อมูลสารสนเทศที่เป็นผลลัพธ์ (output information)



417234846

เพื่อเป็นการปรับ (adjust) หรือการประมาณค่าปัจจัยในกรณีที่ยังไม่มีข้อมูลปรากฏ ส่วนการทดสอบ เพื่อ ความมั่นใจ (validation) เป็นการเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ตรวจวัดจากระบบ สิ่งแวดล้อมจริง

### 5.3 การทดสอบแบบจำลอง

นิพนธ์ (2549) กล่าวว่าวิธีการที่ควรใช้วัดความถูกต้องของการสอบเทียบ ข้อมูลและความถูกต้องของแบบจำลอง ประกอบด้วย

5.3.1 การสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับการตรวจวัด ความจริง (graphical comparisons) ซึ่งสามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น

5.3.1.1 พล็อตกราฟเปลี่ยนแปลงตามเวลา (time series plots) ของผลลัพธ์ที่ได้ จากแบบจำลองกับค่าตรวจวัดจริงของพารามิเตอร์เดียวกันในช่วงเวลาเดียวกัน

5.3.1.2 ใช้กราฟเส้นทแยงมุมสี่เหลี่ยมจัตุรัส 45 องศา ( $45^\circ$  linear regression line displayed) ตัดสินความสอดคล้องระหว่างค่าตรวจวัดจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง

5.3.1.3 ใช้กราฟค่าแจกแจงความถี่สะสม (cumulative frequency distribution) ของค่าตรวจวัดจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองตามอนุกรมเวลาที่กำหนดเป็นตัวเปรียบเทียบ

5.3.2 วิธีการทดสอบทางสถิติ (statistical test) ซึ่งสามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น

5.3.2.1 หาความคลาดเคลื่อนทางสถิติ เช่น หาค่าความสัมประสิทธิ์ความผันผวน (coefficient of variance; CV) หาค่าดัชนีการลดความคลาดเคลื่อนของค่าประมาณ (reduced error estimate; REE) หรือหาค่าโมเมนต์ที่สอง (second moment; M2)

5.3.2.2 การทดสอบแบบจำลองด้วยเทคนิคที่มีความเหมาะสมที่สุด เช่นการหาค่า สหสัมพันธ์ทางสถิติ (coefficient of determination;  $R^2$ )

5.3.2.3 ทดสอบด้วยค่าความแตกต่างของค่าแจกแจงความถี่สะสม

### 5.4 การใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแบบจำลอง

แบบจำลองที่สร้างขึ้น ไม่สามารถแทนความเป็นจริงของธรรมชาติได้อย่างถูกต้อง เรียบร้อยเปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจำเป็นต้องกำหนดหลักเกณฑ์ในการยอมรับประสิทธิภาพในการทำนาย (predict) ค่าแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น (นิพนธ์, 2549) ซึ่ง Santhi et al., (2001) ได้กำหนดเกณฑ์ ในการตัดสินใจสำหรับค่าที่ยอมรับได้จากการปรับเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยา โดยจะต้องมีค่า ความแตกต่างน้อยกว่าร้อยละ 15,  $R^2$  มากกว่า 0.6 และ Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) มากกว่า 0.5 จะนับเป็นค่าสถิติที่เพียงพอสำหรับการสอบเทียบที่ยอมรับได้



417234846

BUU-IThesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44



## 6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

สุนีย์ สุวภีพันธ์ (2527) รายงานสาเหตุปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีว่า เกิดจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชหลายชนิด โดยส่วนมากพบเสมอคือ *Trichodesmium erythraeum*, *Noctiluca scintillans* ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำทะเล เมื่อเกิดในระยะแรก *Trichodesmium erythraeum* จะทำให้น้ำมีสีเหลืองอมเขียวแล้วเปลี่ยนเป็นสีเทา และสีน้ำตาลอมแดง ในเวลาต่อมาส่วน *Noctiluca scintillans* ทำให้น้ำมีสีเขียวมักเกิดบริเวณใกล้ชายฝั่งโดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำ และอ่าวไทยที่มีกำบังคลื่นลม เมื่อมีปริมาณมากทำให้ออกซิเจนลดลงและปริมาณแอมโมเนียในน้ำจะสูงขึ้น

แววตา ทองระอา และคณะ (2537) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำทะเลในเขตเพาะเลี้ยงชายฝั่งบริเวณอ่าวชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่ ปากแม่น้ำบางปะกง อ่างศิลาและบ้านหัวเขา ระหว่างปี 2535 ถึง 2536 พบว่าคุณภาพน้ำทะเลโดยเฉลี่ย ดังนี้ ความเค็ม 23.0-33.0 ppt ความเป็นกรด-เบส 7.93-8.44 อุณหภูมิ 22.0-30 องศาเซลเซียส ฟอสฟอรัสมีค่ารวมอยู่ระหว่าง 0.044-0.560 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.059-1.038 มิลลิกรัมต่อลิตร หาดบางแสน พบว่าคุณภาพน้ำทะเลค่าโดยเฉลี่ย ดังนี้ ความเค็ม 29.0-33.0 ppt ความเป็นกรด-เบส 8.03-8.70 อุณหภูมิ น้ำ 23.0-30.0 องศาเซลเซียส ฟอสฟอรัสรวมมีค่าระหว่าง 0.009-0.106 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.037-0.0228 มิลลิกรัมต่อลิตร

อเนก จุศิริพงษ์กุล (2539) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารบริเวณอ่าวไทยตอนบนใน ปีพ.ศ. 2537 พบว่าการแพร่กระจายของปริมาณซิลิเกตขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับจากแม่น้ำในช่วงฤดูฝน ละจะค่อย ๆ ลดลงตามระยะทางจากปากแม่น้ำออกสู่ทะเล แต่ปริมาณของฟอสเฟต ไนโตรท์ ไนเตรทและแอมโมเนียในแต่ละสถานีและแต่ละฤดูกาล มีลักษณะการกระจายที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

แววตา ทองระอา (2541) ได้ศึกษาการเกิดปรากฏการณ์ซีปลาวาฟอันเนื่องมาจาก *Noctiluca* ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรีที่ผ่านมาส่วนใหญ่มักเกิดในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ในแต่ละครั้งที่เกิดปรากฏการณ์ซีปลาวาฟนั้นมักพบว่ามีฝนตกติดต่อกันหลายวัน และมีคลื่นลมแรง ยกเว้นในปี พุทธศักราช 2541 ที่เกิดในเดือนมกราคมบริเวณชายหาดบางแสนเนื่องจากมีฝนตกลงมาซึ่งเกิดอยู่ประมาณ 2 วัน จึงกลับคืนสู่ภาวะปกติ และไม่ได้ก่อให้เกิดปัญหารุนแรง

จุฑาทพร เนียมม่วงซ์ และคณะ (2551) ได้ศึกษาตัวแบบทางสถิติในการคาดการณ์การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ในบริเวณชายฝั่งทะเลบางแสน จังหวัดชลบุรี ในปีพ.ศ. 2550-2551 ผลการศึกษาพบว่าเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี 8 ครั้ง ในปี 2551 คือช่วงเดือนมีนาคม ปี

พ.ศ. 2551 ถึงเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2551 โดยสาเหตุเกิดจากแพลงก์ตอนกลุ่มไดอะตอมชนิด *Chaetoceros* spp. และแพลงก์ตอนพีชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตชนิด *Ceratium furca* และ *Noctiluca Scintillans* ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ โดยพบว่าตัวแบบทางสถิติในการคาดการณ์การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ซึ่งมีค่า  $r^2 = 0.813$  และค่าความแม่นยำในการทำนายถูกต้อง 93.9% ได้ดังนี้

$$\log\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = \log 6.6 \times 10^{70} TN^{-4.156} TP^{6.997} DO^{-9.096} pH^{-70.5580} chl\ a^{1.703}$$

รัชชัย นาอูม และคณะ (2552) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาและพื้นที่ของคุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนในสองฤดูกาลช่วงปี พ.ศ. 2552 พบว่าค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต และคลอโรฟิลล์-เอ มีความแตกต่างกันเชิงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Pearson's Correlation Coefficient(r);  $p < 0.05$ ) การแพร่กระจายเชิงพื้นที่แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและออกซิเจนละลายน้ำมีค่าใกล้เคียงกันทั้งอ่าวทั้งในสองฤดูกาล ความเค็มในเดือนมีนาคม มีค่าสูงทางด้านตะวันออกและค่อย ๆ ลดลงทางด้านฝั่งตะวันตกของอ่าว ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในน้ำมีค่าสูงและแพร่กระจายทั่วทั้งพื้นที่ในเดือนสิงหาคม แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต ซิลิเกต และคลอโรฟิลล์-เอ ไม่แสดงแนวโน้มการแพร่กระจายเชิงพื้นที่ที่ชัดเจนทั้งสองฤดูกาล สารอาหารกลุ่มไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช สอดคล้องกับไนเตรทที่ต่ำลงในเดือนมีนาคม ค่าแอมโมเนียที่สูงกลางอ่าวอาจเกิดจากการขับออกมาจากเซลล์หรือการตายของแพลงก์ตอนพืชที่เกิดการสะสม ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในเดือนสิงหาคม ได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ แอมโมเนีย ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ และออกซิเจนที่ละลายน้ำนั้นมีความแตกต่างกันตามความลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งเป็นผลมาจากการแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทยตอนบน ในขณะที่มีเพียงอุณหภูมิเท่านั้นที่มีความแตกต่างตามความลึกในเดือนมีนาคม ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ระหว่างคลอโรฟิลล์-เอ กับคุณภาพน้ำอื่น ๆ

จตุพร ปัญญาวัฒน์ (2553) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT2000/GIS สำหรับในการประเมินการกระจายของธาตุอาหารเชิงพื้นที่จากลุ่มน้ำอุ้มตะเกาลงสู่ทะเลสาบสงขลา ผลการศึกษาพบว่า การประเมินการกระจายตัวของธาตุอาหารด้วยการใช้แบบจำลอง SWAT2000/GIS ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ เนื่องจากข้อมูลคุณภาพน้ำทุติยภูมิบนลุ่มน้ำอุ้มตะเกาลที่ได้จากหน่วยงานราชการยังไม่มีคุณภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการเปรียบเทียบ และตัวแปรในแบบจำลองไม่ครอบคลุมถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อธาตุอาหาร แต่สามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำในพื้นที่อื่นในประเทศไทย



417234846

วิชา กั้นบัว และคณะ (2553) ได้ศึกษาโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนในแม่น้ำบางปะกง ปีพ.ศ. 2553 ผลการศึกษาพบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม เป็นกลุ่มเด่นทั้งเดือนมิถุนายนและกันยายน และพบแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด 7 ไฟลัม ได้แก่ ไฟลัม Protozoa, Cnidaria, Rotifera, Annelida, Arthropoda, Mollusca และ Chordata พบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่ม Copepod เป็นกลุ่มเด่นในเดือนมิถุนายน และกลุ่ม Rotifer และ Water flea เป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่นในเดือนกันยายน

อ่อนจันทร์ โคตรพงษ์ และคณะ (2553) ได้ศึกษาพลวัตของธาตุอาหารพืช ยูโทรฟิเคชันและเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย ในปี พ.ศ. 2550 ผลการศึกษาพบว่าทะเลน้อยกำลังประสบปัญหาหลักๆ อยู่สองประการ คือ ความเสื่อมโทรมของคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสภาวะยูโทรฟิเคชัน มีสาเหตุหลักเกิดจากมลพิษจากแหล่งต่าง ๆ ที่ระบายลงสู่ทะเลน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ทราบตำแหน่งแน่นอนและจากแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบตำแหน่งที่แน่นอนในบริเวณพื้นที่รับน้ำโดยรอบ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชและอัตราเมตาบอลิซึม ยังพบว่าฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อพลวัตของกระบวนการยูโทรฟิเคชัน ร้อยละ 60.0 ความแปรปรวนของคลอโรฟิลล์-เอ สามารถอธิบายได้ด้วยความแปรปรวนของธาตุฟอสฟอรัสรวม ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับสัดส่วนของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรูปอนินทรีย์ (DIN : DIP Ratio) ที่แสดงว่า ฟอสฟอรัส เป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช

ส่วนธรณีวิทยาทางทะเลสำนักเทคโนโลยีธรณี (2555) ได้ศึกษาธรณีวิทยากายภาพพื้นทะเลอ่าวไทยตอนบน ปี 2555 ผลการศึกษาพบว่าความลึกน้ำและลักษณะภูมิประเทศพื้นที่ท้องทะเลระดับน้ำในพื้นที่สำรวจบริเวณอ่าวไทยตอนบนมีความลึก -1 ถึง -54 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง บริเวณด้านตะวันออกมีความลึกมากกว่าด้านตะวันตกและด้านเหนืออย่างชัดเจน ระดับความน้ำลึกมากที่สุดอยู่ทางด้านตะวันตกของเกาะล้าน ลักษณะพื้นทะเลโดยทั่วไปค่อนข้างราบเรียบ ยกเว้นในแผนที่ระวางอำเภอศรีราชา และอำเภอบางละมุงที่ลักษณะพื้นที่ท้องทะเลค่อนข้างขรุขระในบริเวณใกล้เกาะ พื้นที่ชายฝั่งมีความลาดชันต่ำมาก จะสังเกตเห็นลักษณะสันดอนปากแม่น้ำ (river delta) ได้อย่างชัดเจนบริเวณปากน้ำแม่กลอง ท่าจีน เจ้าพระยาและบางปะกง การเปลี่ยนแปลงความลาดชันสังเกตเห็นได้ที่ระดับน้ำลึก 15 เมตร ห่างจากชายฝั่งประมาณ 10-15 กิโลเมตร พื้นที่ท้องทะเลบริเวณตอนกลางและตะวันออกของพื้นที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินสลับกับแอ่งวางตัวในแนวเหนือใต้

จรรยา อรรถบุตร และคณะ (2558) ได้ศึกษาการติดตามการเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนในด้วยการรับรู้จากระยะไกล ปีพ.ศ. 2554-2558 ผลการศึกษาพบว่าการกระจายของแพลงก์ตอนพืชสัมพันธ์กับทิศทางกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนใน ซึ่งอุณหภูมิและคลอโรฟิลล์-เอที่ได้จากข้อมูลภาพจากดาวเทียมระบบ MODIS มีความสัมพันธ์เชิงบวก ( $r = 0.108-0.34$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และในอนาคตมีโอกาสเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีน้อย เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ที่อยู่ในระดับต่ำมาก

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และเทคโนโลยีสำรวจระยะไกลร่วมกับการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อตรวจหาปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม AQUA และจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินกับการประเมินปริมาณธาตุอาหารในพื้นที่ลุ่มน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT แล้ววิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และคาดการณ์การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ในอ่าวไทยตอนบน ได้มีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา
2. ขอบเขตพื้นที่ศึกษา
3. อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาและวิธีการเก็บข้อมูล
4. วิธีการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

1.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่ได้รวบรวมจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่

1.1.1 แผนที่ขอบเขตการปกครองและแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ จังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี แหล่งที่มา กรมพัฒนาที่ดิน

1.1.2 ข้อมูลภาพจากดาวเทียม Aqua ระบบเซ็นเซอร์ MODIS ในช่วงปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 บริเวณอ่าวไทยตอนบน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ Level 3/ OCI สามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้จากเว็บไซต์ Ocean Color (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov>) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีรายละเอียดเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) โดยมีขนาดพิกเซลเท่ากับ 4,000 x 4,000 เมตร

1.1.3 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนย้อนหลัง 5 ปี ช่วงปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 ของจังหวัดที่อยู่โดยรอบพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน ที่ครอบคลุมจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี แหล่งที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา

1.1.4 ข้อมูลอุณหภูมิรายเดือนย้อนหลัง 5 ปี ช่วงปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 ของจังหวัดที่อยู่โดยรอบพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน ที่ครอบคลุมจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา



417234846

BUU-1Thesis 59910218 thesis / rev: 26062563 22:43:06 / seq: 44

สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี แหล่งที่มากรม  
อุตุนิยมวิทยา

1.1.5 ข้อมูลความเร็วลมรายเดือนย้อนหลัง 5 ปี ช่วงปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559  
ของจังหวัดที่อยู่โดยรอบพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน ที่ครอบคลุมจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา  
สมุทรปราการ สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี แหล่งที่มากรม  
อุตุนิยมวิทยา

1.1.6 ข้อมูลจุดความสูงของจังหวัดที่อยู่โดยรอบพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน  
ที่ครอบคลุมจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม  
และเพชรบุรี แหล่งที่มากรมพัฒนาที่ดิน

1.1.7 ข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat 5 ระบบ Thematic Mapper และ  
ข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat 8 ชุดข้อมูล Landsat Surface Reflectance-L8 OLI/TIRS ในปี  
พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 ในพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน ที่ครอบคลุมจังหวัดชลบุรี  
ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี สามารถดาวน์โหลด  
ข้อมูลได้จากเว็บไซต์ USGS Global Visualization Viewer (<http://glovis.usgs.gov>)

1.1.8 ข้อมูลคุณภาพน้ำรายเดือน ช่วงปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 ในพื้นที่ศึกษา  
บริเวณอ่าวไทยตอนบน ที่ครอบคลุมจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร  
สมุทรสาครสมุทรสงคราม และเพชรบุรี แหล่งที่มา กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรทางทะเล  
และชายฝั่ง กรมประมง และภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา

1.1.9 ข้อมูลชุดดินในพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน ที่ครอบคลุมจังหวัดชลบุรี  
ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี แหล่งที่มา  
กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กรมประมง และภาควิชาวาริชศาสตร์,  
คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา

1.2 ข้อมูลเชิงบรรยาย (Non-spatial Data) เก็บรวบรวมข้อมูลในรูปแบบเอกสารและ  
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1.2.1 ข้อมูลทางกายภาพ และข้อมูลทั่วไปในพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน  
ที่ครอบคลุมจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม  
และเพชรบุรี แหล่งที่มาของข้อมูล คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา

1.2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน  
(Eutrophication) และปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียวและพืชน้ำที่แพร่พันธุ์  
อย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำ

## 2. ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

อ่าวไทยตอนบนเป็นทะเลกึ่งปิด (Enclosed Coastal Sea) มีรูปร่างคล้ายๆตัว "ก" ตั้งอยู่ที่ละติจูด 12 องศา 5 ลิปดา ถึง 13 องศา 5 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 100 องศา ถึง 101 องศา ตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 104 ตารางกิโลเมตร มีด้านเปิดทางทิศใต้ติดต่อกับอ่าวไทยตอนกลาง โดยมีแนวโน้มของความลึกเพิ่มขึ้นจากฝั่งตะวันตกสู่ฝั่งตะวันออก ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งทะเลหลายจังหวัด ได้แก่ จังหวัดชลบุรี เพชรบุรี กรุงเทพมหานคร ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ สมุทรสาคร และสมุทรสงคราม มีขอบฝั่งยาวประมาณ 270 กิโลเมตร ได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำสำคัญ 4 สายหลัก นับจากฝั่งตะวันตกไปยังฝั่งตะวันออก คือ แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง ตามลำดับ

## 3. อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาและวิธีการเก็บข้อมูล

### 3.1 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 อุปกรณ์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ใช้สำหรับประมวลผล จัดเก็บทำเอกสารและรายงานวิจัย

3.1.2 โปรแกรม ArcMap ใช้วิเคราะห์แบบจำลอง SWAT และตีความหรือแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อดูการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab 17 ใช้สำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)

3.1.4 โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SeaDAS (SeaWiFS Data Analysis System) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และอนุภาคมีพิวน้ำ

3.1.5 เครื่องมือที่ใช้สำหรับกำหนดพิกัดตำแหน่งภูมิศาสตร์ (Geographic Positioning System: GPS) ใช้สำหรับเก็บพิกัดตำแหน่งบนพื้นที่

### 3.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิซึ่งอยู่ตามหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลดิจิทัลขอบเขตการปกครอง ข้อมูลจุดความสูงเชิงเลข และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลทั่วไปในพื้นที่ศึกษา บริเวณอ่าวไทยตอนบน ที่ครอบคลุมจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี

3.2.2 รวบรวมข้อมูลภาพจากดาวเทียม Aqua ระบบเซ็นเซอร์ MODIS บริเวณอ่าวไทยตอนบน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ Level 3/ OCI เป็นภาพถ่ายรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ.2559

โดยดาวเทียมโพลดข้อมูลได้ที่เว็บไซต์ Ocean Color (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>) เป็นข้อมูลที่มีรายละเอียดเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) มีความละเอียด 4,000 x 4,000 เมตร

3.2.3 รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน และรายเดือนย้อนหลัง 5 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2555 ถึง ปี พ.ศ. 2559 จากสถานีต่าง ๆ ที่ครอบคลุมในพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน ที่ครอบคลุมจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี จากกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ได้บันทึกไว้เป็นตาราง

3.2.4 รวบรวมข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat 5 ระบบ Thematic Mapper และข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat 8 ชุดข้อมูล Landsat Surface Reflectance-L8 OLI/TIRS ในปี พ.ศ. 2555 ถึง ปี 2559 ในพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน ที่ครอบคลุมจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี ซึ่งดาวเทียมโพลดข้อมูลได้จากเว็บไซต์ USGS Global Visualization Viewer ซึ่งมีความละเอียด 30 x 30 เมตร

3.2.5 รวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำรายเดือน 5 ปี ในปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 ของพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน ที่ครอบคลุมจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี แหล่งที่มาของข้อมูล กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กรมประมง และภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา

3.2.6 ข้อมูลที่ได้รวบรวมมาแล้วนำมาจัดทำเป็นฐานข้อมูล ในรูปแบบระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง SWST ในโปรแกรม ArcMap ซึ่งการทำครั้งนี้มีข้อมูล 2 ลักษณะ ได้แก่ ข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลเชิงบรรยาย

#### 4. วิธีการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูล

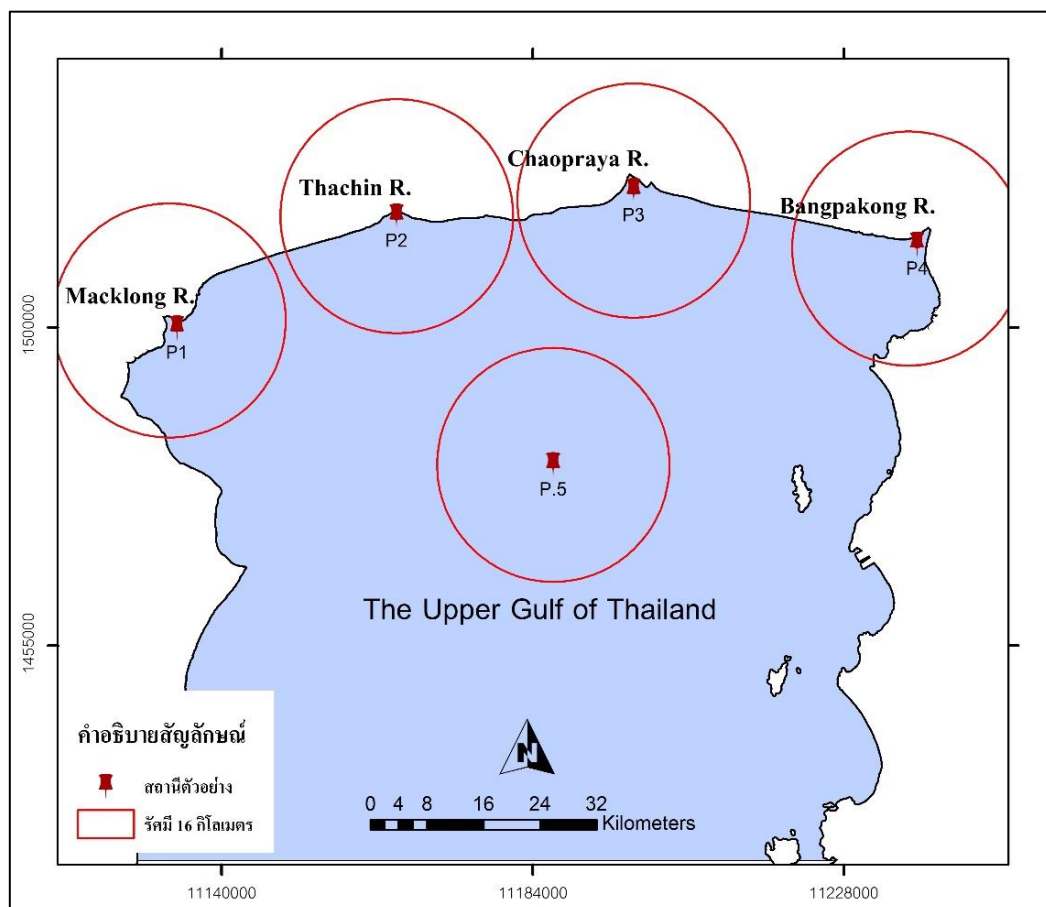
4.1 การศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน และรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) จากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลจุดความสูง ข้อมูลอุณหภูมิจากข้อมูลความเร็วลม ข้อมูลกระแสน้ำ ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลคุณภาพน้ำ ได้แก่ ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต ซิลิเกต ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน

4.2 การนำภาพถ่ายจากดาวเทียม Aqua ด้วยระบบเซ็นเซอร์ MODIS ที่มีความละเอียด 4,000 x 4,000 เมตร เข้าโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SeaDAS (SeaWiFS

Data Analysis System) กำหนดโปรเจกชันเป็นแบบเมอร์เคเตอร์และตัดภาพเฉพาะบริเวณพื้นที่ศึกษาแล้วทำการหลอมภาพ (merge) เป็นรายเดือน ปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ.2559 เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณอ่าวไทยตอนบน

4.3 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิปริมาณน้ำฝน 14 สถานีในพื้นที่จังหวัดที่อยู่โดยรอบบริเวณอ่าวไทยตอนบน จากกรมอุตุนิยมวิทยาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2559 จากนั้นทำการประมาณค่าข้อมูลปริมาณน้ำฝน เลือกใช้ Inverse Distance Weighted (IDW) และตัดขอบเขตของภาพพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน ด้วยโปรแกรม ArcGIS

4.4 กำหนดสถานีตัวอย่าง โดยเลือกทั้งหมด 5 สถานี คือ ในรัศมี 16 ตารางกิโลเมตร จากปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่น้ำบางปะกง และกลางอ่าวไทยตอนบน เพื่อดูการกระจายปริมาณคลอโรฟิลล์-เอและปริมาณน้ำฝน เนื่องจากอิทธิพลการพัดพาตะกอนห่างจากปากแม่น้ำที่ไหลลงอ่าวไทยตอนบนประมาณ 10-15 กิโลเมตร (ส่วนธรณีวิทยาทางทะเล สำนักเทคโนโลยีธรณี, 2555)



ภาพที่ 4 พื้นที่ศึกษาสถานีตัวอย่าง 5 สถานี ในรัศมี 16 กิโลเมตร บริเวณอ่าวไทยตอนบน



4.5 ตัดภาพข้อมูลเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนและปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ตามขอบเขตพื้นที่สถานีตัวอย่างทั้ง 5 สถานี แบบรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 ด้วยโปรแกรม ArcGIS

4.6 วิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ตามฤดูกาล โดยการนำภาพแต่ละเดือนในปีเดียวกัน และภาพรายเดือนที่ตรงกันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 มาหาค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณอ่าวไทยตอนบน โดยเทคนิคการซ้อนภาพ (Overlay) เลือกใช้คำสั่ง field calculator ด้วยโปรแกรม ArcGIS

4.7 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ด้วยโปรแกรม Minitab

4.8 ทำการแปลงข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 ระบบ Thematic Mapper และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ชุดข้อมูล Landsat Surface Reflectance-L8 OLI/TIRS ช่วงปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน ซึ่งอยู่ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี ที่มีความละเอียด 30 x 30 เมตร

ปรับแก้ความเข้มของข้อมูลภาพ (Radiometric Correction) ด้วยวิธีการเปลี่ยนค่าความสว่างเป็นค่าการแผ่รังสีสัมบูรณ์ (Conversion of Digital Numbers to Absolute Radiance Value) เป็นการตรวจแก้คลื่นรังสี ซึ่งจะมีการแปลงค่าความสว่างเป็นค่าการแผ่รังสี คำนวณจากข้อมูลค่าการแผ่รังสีสูงสุดและการแผ่รังสีต่ำสุดในแต่ละช่วงคลื่น (ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์ (2558) ดังสูตร

$$\text{สูตร} \quad L = [(LMAX - LMIN) / 255] \times DN + LMIN$$

โดย  $L$  = ค่าการแผ่รังสีตามช่วงคลื่น (Spectral radiance)

$LMAX$  = ค่าการแผ่รังสีสูงสุด ซึ่งแปลงจากค่าความสว่างสูงสุดในช่วงคลื่นนั้น ( $DN = 255$ )

$LMIN$  = ค่าการแผ่รังสีต่ำสุด ซึ่งแปลงจากค่าความสว่างต่ำสุดในช่วงคลื่นนั้น ( $DN = 0$ )

$DN$  = จำนวนการสะท้อนเชิงเลข (Digital Number)

การผสมสีภาพซึ่งจะให้รายละเอียดของวัตถุที่แตกต่างตามวัตถุประสงค์ในการศึกษา โดยใช้การผสมสีภาพแบบ Image Analysis การนำชุดข้อมูล จำนวน 3 แบนด์ มาผสมสีให้เป็นภาพสีผสมต่าง ๆ เพื่อให้รายละเอียดของวัตถุที่แตกต่างตามความต้องการ

การเน้นภาพ (Image Enhancement) เป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น คือเพิ่มระดับความแตกต่างระหว่างวัตถุต่าง ๆ ทำให้สังเกตเห็นขอบเขตของวัตถุต่างชนิดกันได้ชัดเจน



417234846

ยิ่งขึ้น หรือสามารถเน้นความชัดเจนเฉพาะในส่วนที่ต้องการศึกษา ทำให้สะดวกในการแปลตีความ หรือจำแนกแยกแยะประเภทวัตถุได้ง่ายขึ้น (ศุทธิณี ดนตรี, 2542)

การจำแนกประเภทของข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ซึ่งใช้กรรมวิธีการจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood Classification) โดยใช้จำนวนการสะท้อนเชิงเลข (Digital Number : DN) จัดกลุ่มประเภทข้อมูล โดยจะคิดจากค่าเฉลี่ย (Mean) ของจำนวนการสะท้อนเชิงเลข จากกลุ่มตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับค่าการสะท้อน ทั้งภาพในบริเวณที่ศึกษา รวมถึงขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น และการกระจายตัวของกลุ่มตัวอย่าง

การตรวจสอบความถูกต้องโดยการสุ่มจุดตรวจสอบ (Create Random Training Site) เพื่อประเมินของผลความถูกต้องในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยจากการสุ่มจุดตรวจสอบบนแผนที่ที่ได้ทำการแปล และหาความถูกต้องเทียบกับความเป็นจริง ณ จุดตรวจนั้น ๆ (Create Random Training Site) จากสูตร

ผลรวมของจุดตรวจสอบที่จำแนกได้ถูกต้องกับความเป็นจริงและผลการจำแนก

จำนวนจุดตรวจสอบทั้งหมดที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง

คูณด้วย 100

4.9 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง โดยใช้เทคนิคแบบซ้อนทับระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 กับปี พ.ศ. 2559 และคำนวณการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละปี พร้อมทั้งเสนอผลความแตกต่างของการใช้ประโยชน์ที่ดินข้างต้น รวมทั้งความสอดคล้องในเชิงพื้นที่

4.10 การวิเคราะห์แบบจำลองทางอุทกศาสตร์ (Hydrological Model Analysis) โดยใช้ข้อมูลความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ซึ่งเป็นข้อมูลแสดงลักษณะภูมิประเทศหรือพื้นผิวในรูปแบบดิจิทัล โดยมีค่าพิกัด และค่าความสูงของพื้นที่ระบุไว้ในแต่ละตำแหน่งของพิกเซลล์ของข้อมูล การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) แบบ SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) มีความละเอียดของพิกเซลล์ 30 x 30 เมตร มาวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analyst Tool) เพื่อจัดทำแผนที่ขอบเขตลุ่มน้ำ ทิศทางการไหลสะสมของน้ำผิวดิน (Flow Accumulation) ทิศทางของลำน้ำ (Stream Direction) และการแบ่งกลุ่มของลำน้ำ (Stream Segmentation) และจุด Outlet ของพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา

4.11 รวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินปริมาณและคาดการณ์คุณภาพน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT

(1) นำเข้าข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง SWAT ได้แก่

- ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสูงเชิงพื้นที่ศึกษา

- ข้อมูลเส้นแนวลำน้ำ ซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับทิศทางในการไหลของน้ำในลำน้ำ สามารถสร้างจากข้อมูลข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM)

- ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ การระเหย ค่าความชื้น และความเร็วลมจากสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ช่วงปี พ.ศ.2555 ถึงปี พ.ศ.2559 ซึ่งมีผลต่อกิจกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัสในลำน้ำบนลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา

- ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ.2559 ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณการไหลของน้ำ ปริมาณตะกอน ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัสในลำน้ำบนลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา

- ข้อมูลชุดของดิน ซึ่งเป็นคุณลักษณะของดิน และสมบัติต่าง ๆ ของดิน ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณการไหลของน้ำ และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทะเลในลำน้ำบนลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา

- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน ย้อนหลัง 5 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 จากสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาซึ่งส่งผลต่อการชะล้างตะกอน และธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา

#### (2) ข้อมูลสำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง SWAT ได้แก่

ข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ และดัชนีคุณภาพน้ำรายเดือน ย้อนหลัง 5 ปี ในปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 โดยใช้ในการปรับเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดพื้นที่จริง เพื่อประเมินความถูกต้อง ความแม่นยำของข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลในลำน้ำบนลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา

4.12 การวิเคราะห์เพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารด้วยแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (ปริญญญา, 2555) ดังนี้

(1) การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยใช้ข้อมูลความสูงเชิงเลข (DEM) เพื่อกำหนดลุ่มน้ำย่อยเส้นแนวลำน้ำ (stream network) กำหนดจุด outlet บนลุ่มน้ำย่อยในบริเวณพื้นที่ศึกษา 4 สถานี (1) ปากแม่น้ำแม่กลอง (2) ปากแม่น้ำท่าจีน (3) ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และ (4) ปากแม่น้ำบางปะกง

(2) การกำหนดตอบสนองทางอุทกศาสตร์ (Hydrological respond units) โดยโปรแกรมแบบจำลอง SWAT จะคำนวณหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในบริเวณพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลชุดดินในรูปแบบกริดไฟล์และตาราง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับสัดส่วนของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชุดดินและความลาดชันในหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrological respond units) ตามคู่มือ SWAT Calibration Techniques แนะนำ คือ (1) การใช้ประโยชน์ที่ดินร้อยละ 20 (2) ชุดดินร้อยละ 10

และ (3) ความลาดชันร้อยละ 20 รวมทั้งกำหนดความชันของพื้นที่ศึกษา แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 0-3, 3-9 และมากกว่า 9 เปอร์เซ็นต์

(3) การตั้งค่าและคำนวณแบบจำลอง SWAT โดยนำเข้าข้อมูลสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ และข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายเดือน อุณหภูมิรายเดือน ความชื้นสัมพัทธ์รายเดือน ข้อมูลความเร็วลมรายเดือน ช่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2559 แล้วกำหนดช่วงเวลาในการคำนวณแบบจำลอง

(4) การแสดงผลลัพธ์จากแบบจำลอง SWAT โดยโปรแกรมจะทำการคำนวณเมื่อนำเข้าข้อมูลที่เตรียมไว้ครบถ้วนแล้ว การประเมินปริมาณธาตุอาหาร (ฟอสฟอรัสและไนโตรเจน) ด้วยโปรแกรมแบบจำลอง SWAT ซึ่งจะผลลัพธ์การประเมินแบบรายเดือน รายปี ตามช่วงเวลาที่ได้กำหนด

4.13 การเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่ตรวจวัดจริง และการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง SWAT

การเปรียบเทียบข้อมูลแบบจำลอง (Model Calibration) เป็นขั้นตอนการเปรียบเทียบข้อมูลจากการประเมินของแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่จริง โดยเริ่มเปรียบเทียบจากกลุ่มน้ำย่อยที่อยู่เหนือน้ำก่อนตามลำดับจนถึงจุดออก (Outlet) ของกลุ่มน้ำ ด้วยการปรับแก้สัมประสิทธิ์ให้เหมาะสมกับคุณลักษณะจริงของพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่อลดความแตกต่างระหว่างข้อมูลทั้งสองชุดให้น้อยที่สุด

(1) การทดสอบค่าทางสถิติ (Statistical test) ตรวจสอบค่าร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ (%R) เป็นการดูค่าปริมาณ ไนเตรทและฟอสเฟตเฉลี่ยรายปี จากค่าที่วัดได้จากสถานีตรวจวัดจริง ( $X_t$ ) กับค่าที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง ( $X_m$ ) ดังสมการ

$$\text{ร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์} = \frac{(X_m - X_t)}{X_t} \times 100$$

(2) การทดสอบค่าทางสถิติ (Statistical test) จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $R^2$ ) ซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟตเฉลี่ยรายเดือน จากแบบจำลองกับค่าที่ตรวจวัดจริง ด้วยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งค่าจะอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยค่าที่เหมาะสมควรจะเข้าใกล้ 1

4.14 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากแบบจำลอง SWAT

กำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินที่นำเข้าแบบจำลอง SWAT เลือกการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2555 กับ ปี พ.ศ. 2559 เพื่อใช้เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจาก

แบบจำลอง SWAT มีช่วงเวลาดำเนินการตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2555 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2555 ระยะเวลา 1 ปี ซึ่งพิจารณาค่าเฉลี่ยที่จุด outlet บนลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน

4.15 วิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ กับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี 2555-2559 โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ด้วยโปรแกรม Minitab

4.16 วิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสบนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี 2555-2559 โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ด้วยโปรแกรม Minitab

การวิเคราะห์ทางสถิติแบบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป (หรือข้อมูล 2 ชุดขึ้นไป) สำหรับการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้เกณฑ์ (Hinkle D. E. 1998, p.118) ดังนี้

ค่า  $r$  ระดับของความสัมพันธ์

.90 - 1.00 มีความสัมพันธ์กันสูงมาก

.70 - .90 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง

.50 - .70 มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง

.30 - .50 มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ

.00 - .30 มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

โดยแสดงเครื่องหมาย  $+$ ,  $-$  หน้าตัวเลขสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะบอกถึงทิศทางของความสัมพันธ์ และทิศทางของความสัมพันธ์ (Direction of the Relationship) ในการหาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นสามารถสร้างแผนภาพกระจายจุด (Scatterplot) เพื่อดูทิศทางของความสัมพันธ์ได้ โดยมีลักษณะความสัมพันธ์ 3 แบบ คือ

(1) สหสัมพันธ์ทางบวก (Positive Correlations) หมายความว่าเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มหรือลดลงอีกตัวแปรหนึ่งก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปด้วย

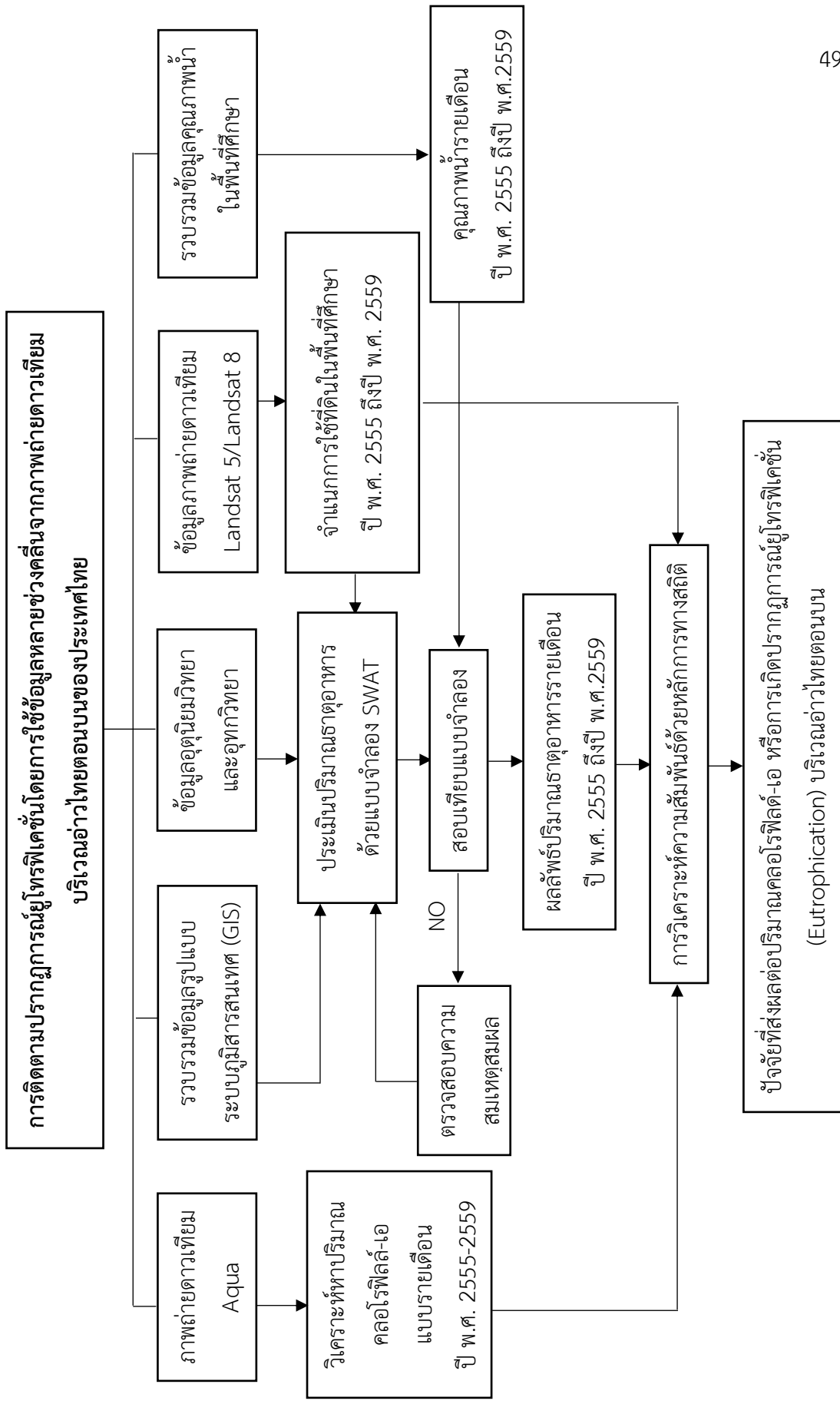
(2) สหสัมพันธ์ทางลบ (Negative Correlations) หมายถึงเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอีกตัวหนึ่งจะมีค่าเพิ่มหรือลดลงตรงข้ามเสมอ

(3) สหสัมพันธ์เป็นศูนย์ (Zero Correlations) หมายถึงตัวแปรทั้งสองตัวนั้นไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน



417234846

### 5. วิธีการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยเรื่องการติดตามปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันโดยการใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม AQUA กับปริมาณธาตุอาหารบนลุ่มน้ำย่อยด้วยแบบจำลองอุทกวิทยาเชิงกายภาพ (SWAT) บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษา ดังนี้

1. การประเมินธาตุอาหารของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน
2. ลักษณะการใช้ที่ดินพื้นที่ศึกษาสำหรับนำเข้าแบบจำลอง SWAT
3. การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT
4. ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลจากดาวเทียม Aqua MODIS
5. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบน
6. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำฝน
7. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำฝน
8. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT
9. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT
10. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ กับปริมาณน้ำฝน

#### 1. การประเมินธาตุอาหารของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน

การประเมินปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับสัดส่วนของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชุดดินและความลาดชันในหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrological respond units) ตามคู่มือ SWAT Calibration Techniques แนะนำ คือ (1) การใช้ประโยชน์ที่ดินร้อยละ 20 (2) ชุดดินร้อยละ 10 และ (3) ความลาดชันร้อยละ 20 และชั้นความลาดชัน (Slope Class) แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ (1) ความลาดมากกว่าร้อยละ 3 (2) ความลาดระหว่างร้อยละ 3-9 (3) ความลาดมากกว่าร้อยละ 9 แต่การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ปรับเทียบข้อมูลจากการประเมินของแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่จริง เนื่องจากข้อมูลปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่จะนำมาใช้เปรียบเทียบ



417234846

มีช่วงเวลาเก็บข้อมูลน้อยเกินไป ประกอบกับการเก็บข้อมูลเดือนละ 1-2 ครั้งและช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล อาจเป็นช่วงเวลาที่มึปริมาณมากหรือปริมาณน้อย จึงไม่อาจนำมาใช้เป็นตัวแทนข้อมูลปริมาณ ไนโตรเจน แต่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางเพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ กับปริมาณธาตุอาหารด้วยแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน ซึ่งเป็นข้อมูล พื้นฐานไปสู่การวางแผนการจัดการลุ่มน้ำสำหรับการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำและป้องกันผลกระทบ จากการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันได้ในอนาคต ผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัส ที่ได้จากแบบจำลอง SWAT บริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปีพ.ศ. 2555-2559 ดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง

พ.ศ.	ปริมาณไนโตรเจนรายเดือน (มก./ล) บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	0.95	7.56	0.03	0.25	0.76	1.68	5.29	7.60	59.33	14.96	3.24	0.18	8.49
2556	1.60	0.09	1.91	1.08	2.46	8.26	12.48	17.73	51.06	56.49	3.77	0.01	13.08
2557	0.00	0.00	1.39	0.00	0.58	3.46	2.33	29.55	15.54	29.76	1.21	1.99	7.15
2558	0.00	0.05	14.12	5.51	2.04	41.05	10.17	1.75	27.77	36.99	2.13	2.83	12.03
2559	7.66	0.04	0.69	0.35	3.84	43.41	9.69	27.35	35.06	25.81	9.06	0.05	13.58
<b>เฉลี่ย</b>	<b>2.04</b>	<b>1.55</b>	<b>3.63</b>	<b>1.44</b>	<b>1.94</b>	<b>19.57</b>	<b>7.99</b>	<b>16.80</b>	<b>37.75</b>	<b>32.80</b>	<b>3.88</b>	<b>1.01</b>	

ตารางที่ 5 ข้อมูลปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

พ.ศ.	ปริมาณไนโตรเจนรายเดือน (มก./ล) บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	1.03	11.03	0.03	0.28	0.58	3.77	13.93	15.58	71.34	18.08	3.67	0.43	11.65
2556	1.06	0.11	0.54	0.51	0.76	9.33	15.45	19.92	44.85	41.11	3.10	0.02	11.40
2557	0.00	0.00	0.36	0.00	0.10	1.91	1.94	28.82	16.89	26.94	1.74	1.74	6.70
2558	0.00	0.04	5.01	2.07	0.54	20.86	11.27	3.46	30.16	33.94	2.32	2.42	9.34
2559	3.93	0.03	0.10	0.03	0.51	27.11	8.47	25.51	30.45	18.93	6.90	0.08	10.17
<b>เฉลี่ย</b>	<b>1.20</b>	<b>2.24</b>	<b>1.21</b>	<b>0.58</b>	<b>0.50</b>	<b>12.60</b>	<b>10.21</b>	<b>18.66</b>	<b>38.74</b>	<b>27.80</b>	<b>3.55</b>	<b>0.94</b>	



ตารางที่ 6 ข้อมูลปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา

พ.ศ.	ปริมาณไนโตรเจนรายเดือน (มก./ล) บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	2.31	7.62	0.01	0.02	0.10	0.25	0.73	1.25	9.91	3.54	1.60	0.15	2.29
2556	2.14	0.38	0.03	0.05	0.16	0.43	0.95	1.89	6.58	9.79	1.24	0.01	1.97
2557	0.00	0.00	0.02	0.00	0.24	2.12	2.24	15.4	7.92	10.29	0.62	0.85	3.31
2558	0.01	0.10	0.15	0.10	0.06	1.58	1.11	0.38	5.23	7.37	0.79	1.12	1.50
2559	5.02	0.04	0.02	0.01	0.23	4.60	2.06	8.82	11.42	7.62	3.08	0.04	3.58
เฉลี่ย	1.90	1.63	0.05	0.04	0.16	1.80	1.42	5.55	8.21	7.72	1.47	0.43	

ตารางที่ 7 ข้อมูลปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

พ.ศ.	ปริมาณไนโตรเจนรายเดือน (มก./ล) บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	0.89	5.20	0.04	0.26	0.76	1.74	6.35	8.35	61.90	11.61	1.81	0.07	8.25
2556	1.27	0.04	1.20	0.90	2.27	6.66	8.00	9.84	27.06	29.64	1.71	0.00	7.38
2557	0.00	0.00	1.10	0.00	0.68	3.51	1.56	18.04	8.32	15.61	0.51	0.83	4.18
2558	0.00	0.07	8.91	4.03	1.47	27.22	6.15	0.84	14.27	18.86	0.87	1.20	6.99
2559	4.13	0.01	0.42	0.23	2.30	23.62	4.42	12.32	15.30	11.64	4.15	0.01	6.55
เฉลี่ย	1.26	1.06	2.33	1.08	1.50	12.55	5.30	9.88	25.37	17.47	1.81	0.42	

ตารางที่ 8 ข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง

พ.ศ.	ปริมาณฟอสฟอรัสรายเดือน (มก./ล) บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	0.12	0.93	0.00	0.03	0.10	0.22	0.68	0.96	7.46	1.87	0.4	0.02	1.07
2556	0.20	0.01	0.23	0.13	0.32	1.08	1.60	2.25	6.44	7.06	0.47	0.00	1.65
2557	0.00	0.00	0.17	0.00	0.08	0.45	0.30	3.75	1.95	3.73	0.15	0.25	0.90
2558	0.00	0.01	1.73	0.68	0.25	5.53	1.31	0.22	3.49	4.63	0.27	0.35	1.54
2559	0.94	0.00	0.08	0.04	0.49	5.73	1.25	3.48	4.41	3.23	1.13	0.01	1.73
เฉลี่ย	0.25	0.19	0.44	0.18	0.25	2.60	1.03	2.13	4.75	4.10	0.48	0.13	

ตารางที่ 9 ข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

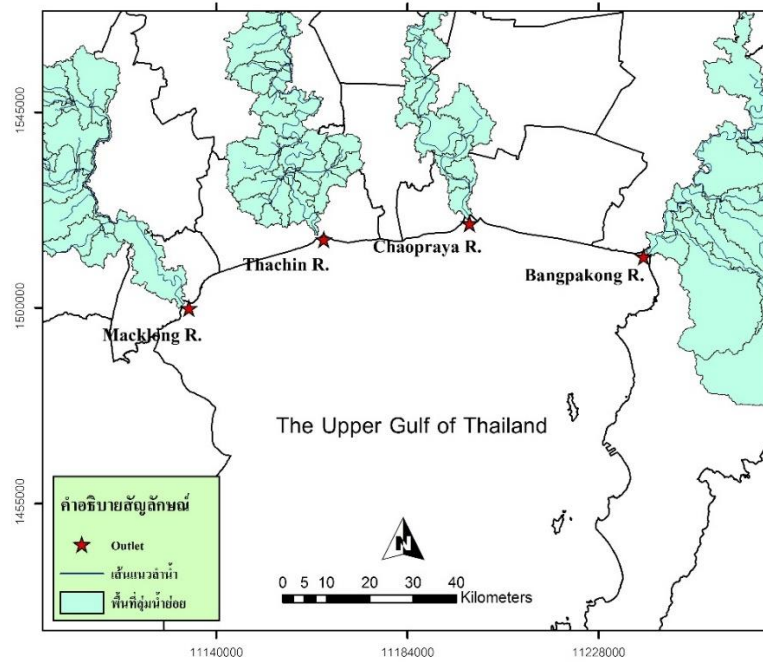
พ.ศ.	ปริมาณฟอสฟอรัสรายเดือน (มก./ล) บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	0.16	1.35	0.00	0.04	0.08	0.47	1.73	1.93	8.82	2.24	0.46	0.05	1.44
2556	0.13	0.01	0.07	0.06	0.10	1.16	1.91	2.46	5.55	5.08	0.38	0.00	1.41
2557	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.24	0.24	3.56	2.09	3.33	0.22	0.22	0.83
2558	0.00	0.00	0.62	0.26	0.07	2.62	1.40	0.43	3.73	4.20	0.29	0.30	1.16
2559	0.49	0.00	0.01	0.01	0.07	3.38	1.06	3.17	3.78	2.35	0.86	0.01	1.27
เฉลี่ย	0.16	0.27	0.15	0.07	0.07	1.57	1.27	2.31	4.79	3.44	0.44	0.12	

ตารางที่ 10 ข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา

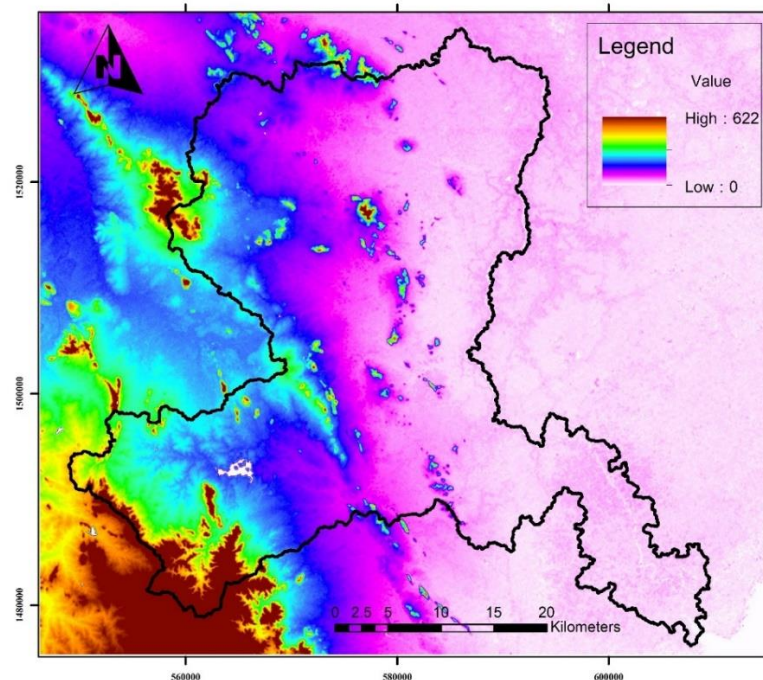
พ.ศ.	ปริมาณฟอสฟอรัสรายเดือน (มก./ล) บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	0.29	0.94	0.00	0.01	0.03	0.05	0.11	0.18	1.31	0.47	0.21	0.02	0.30
2556	0.26	0.05	0.01	0.02	0.04	0.07	0.14	0.26	0.86	1.26	0.16	0.00	0.26
2557	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.28	0.29	1.93	0.99	1.29	0.08	0.11	0.42
2558	0.00	0.01	0.04	0.03	0.02	0.25	0.16	0.06	0.69	0.96	0.10	0.14	0.21
2559	0.62	0.00	0.01	0.00	0.04	0.63	0.28	1.13	1.45	0.97	0.40	0.01	0.46
เฉลี่ย	0.23	0.20	0.01	0.01	0.03	0.26	0.20	0.71	1.06	0.99	0.19	0.06	

ตารางที่ 11 ข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

พ.ศ.	ปริมาณฟอสฟอรัสรายเดือน (มก./ล) บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	0.11	0.64	0.00	0.03	0.09	0.24	0.83	1.06	7.78	1.46	0.23	0.01	1.04
2556	0.16	0.00	0.15	0.11	0.37	0.91	1.06	1.28	3.46	3.75	0.21	0.00	0.96
2557	0.00	0.00	0.13	0.00	0.09	0.48	0.21	2.34	1.06	1.98	0.06	0.10	0.54
2558	0.00	0.01	1.09	0.49	0.18	3.81	0.82	0.11	1.83	2.39	0.11	0.15	0.92
2559	0.51	0.00	0.05	0.03	0.30	3.25	0.59	1.61	1.96	1.47	0.52	0.00	0.86
เฉลี่ย	0.16	0.13	0.28	0.13	0.21	1.74	0.70	1.28	3.22	2.21	0.23	0.05	



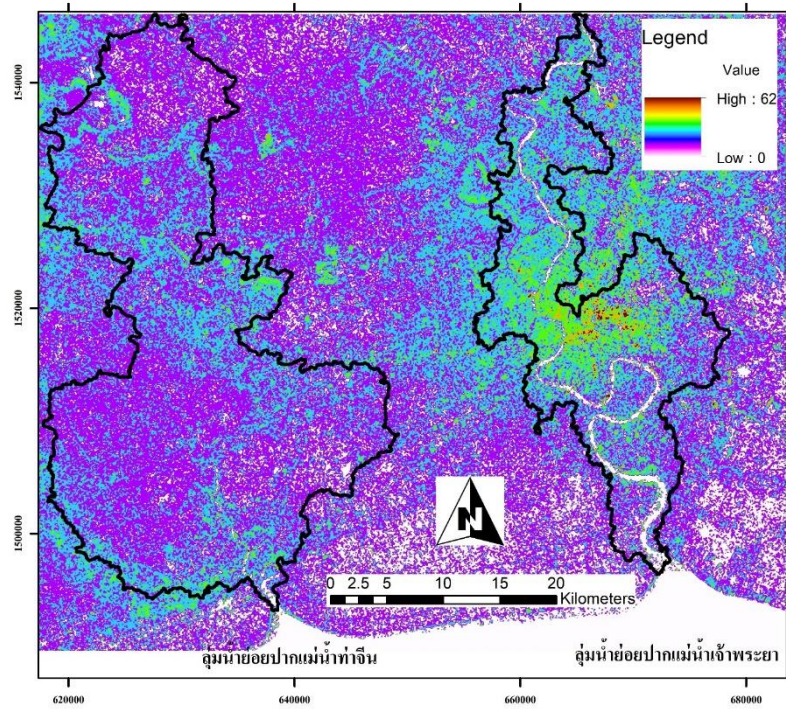
ภาพที่ 6 จุดออก (Outlet) ของลุ่มน้ำย่อยพื้นที่ศึกษาของแบบจำลอง SWAT บริเวณอ่าวไทยตอนบน



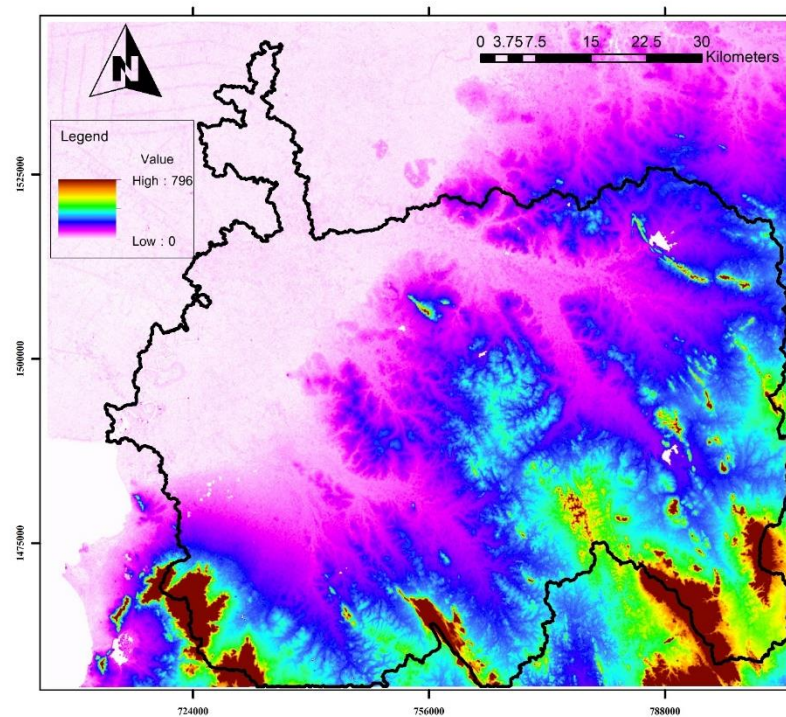
ภาพที่ 7 แผนที่แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM) บริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง



417234846

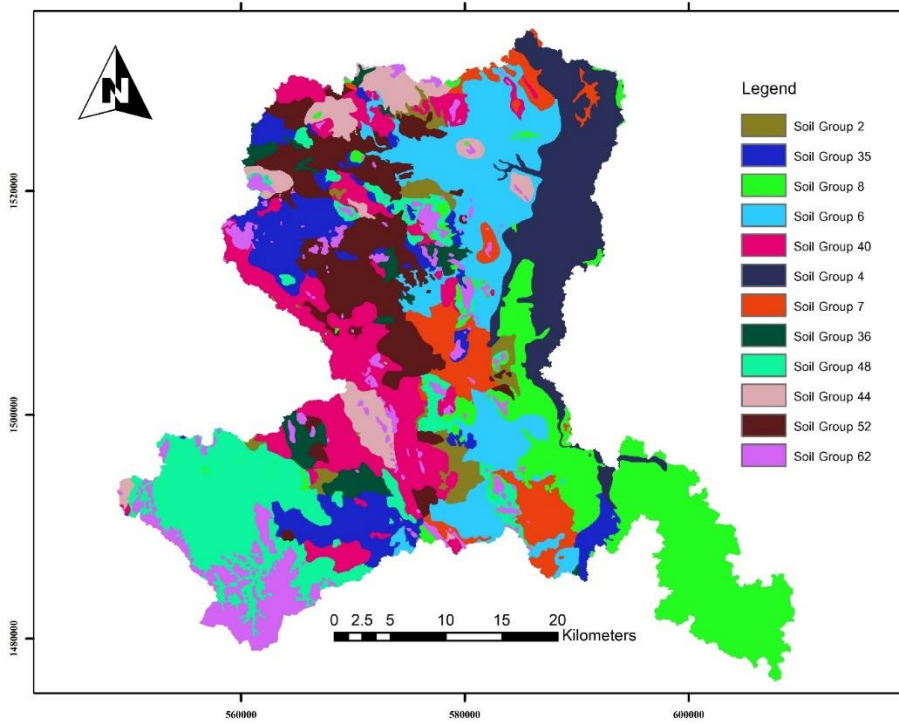


ภาพที่ 8 แผนที่แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM) บริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีนและปากแม่น้ำเจ้าพระยา

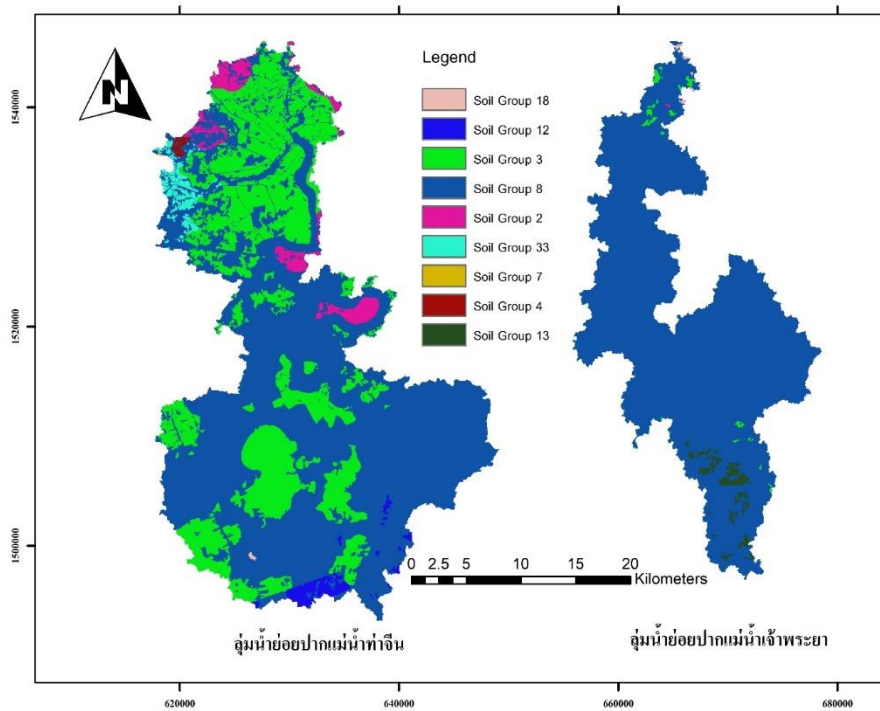


ภาพที่ 9 แผนที่แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM) บริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง

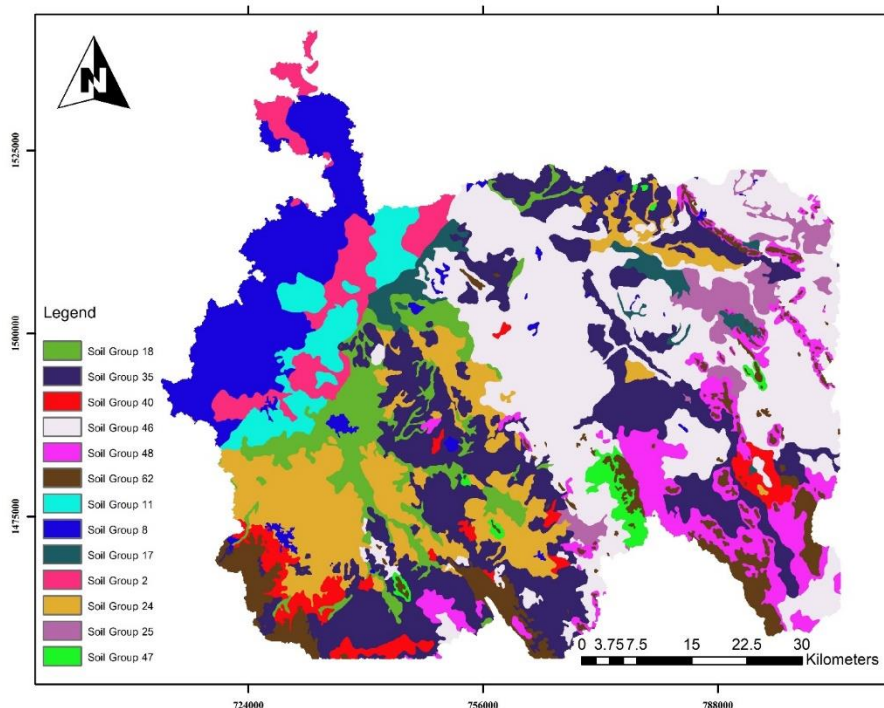




ภาพที่ 10 แผนที่กลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษาบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง



ภาพที่ 11 แผนที่กลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษาบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีนและปากแม่น้ำเจ้าพระยา



ภาพที่ 12 แผนที่กลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษาบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง

## 2. ลักษณะการใช้ที่ดินพื้นที่ศึกษาสำหรับนำเข้าแบบจำลอง SWAT

การจำแนกข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat 5 ระบบ Thematic Mapper และข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat 8 ชุดข้อมูล Landsat Surface Reflectance-L8 OLI/TIRS ในปี พ.ศ. 2555 ถึง ปี พ.ศ. 2559 ในพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน ด้วยการผสมสีข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยกำหนดช่วงคลื่นที่ 3 ให้แสงเป็นสีน้ำเงิน ช่วงคลื่นที่ 4 ให้แสงเป็นสีแดง และช่วงคลื่นที่ 5 เป็นแสงสีเขียว จากนั้นทำการเน้นข้อมูลภาพ (Image Enhancement) เพื่อเพิ่มความชัดเจนของข้อมูลภาพ เพิ่มระดับความแตกต่างระหว่างวัตถุ ซึ่งช่วยในการแปลตีความด้วยสายตา (Visual Interpretation) กำหนดประเภทข้อมูลก่อนนำไปใช้เพื่อการจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (Supervised classification) การศึกษาครั้งนี้สามารถจำแนกประเภทการใช้ที่ดินได้ 5 ประเภท ผลการศึกษาสรุปลักษณะการใช้ที่ดินได้ดังนี้ (ตารางที่ 13-16) และ (ภาพที่ 13-32)

2.1 พื้นที่เกษตรกรรม ประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ พืชสวน ยางพารา ไม้ยืนต้น สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น

บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่เกษตรกรรม ปี พ.ศ. 2555-2559 เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 66.17, 66.19, 66.32, 66.69 และ 66.91 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่เกษตรกรรม ปี พ.ศ. 2555-2559 ลดลง คิดเป็นร้อยละ 60.45, 60.21, 59.32, 58.33 และ 58.39 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่เกษตรกรรม ปี พ.ศ. 2555-2559 ลดลง คิดเป็นร้อยละ 5.83, 5.70, 5.17, 4.74 และ 4.65 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่เกษตรกรรม ปี พ.ศ. 2555-2559 เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 73.76, 74.11, 74.27, 74.41 และ 74.52 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

2.2 พื้นที่ป่าไม้ ประกอบด้วย ป่าผลัดใบสมบูรณ์ สวนป่าสมบูรณ์ ป่าชายเลน เป็นต้น

บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2555-2559 ลดลง คิดเป็นร้อยละ 10.99, 10.91, 10.81, 10.70 และ 10.56 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2555-2559 ลดลง คิดเป็นร้อยละ 1.57, 1.56, 1.49, 1.47 และ 1.36 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2555-2559 ลดลง คิดเป็นร้อยละ 1.91, 1.90, 1.84, 1.85 และ 1.85 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2555-2559 ลดลง คิดเป็นร้อยละ 10.22, 10.22, 10.21, 10.20 และ 10.08 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ



417234846

2.3 พื้นที่อื่นๆ ประกอบด้วย ทุ่งหญ้า ไม้ละเมาะ พื้นที่ลุ่ม หาดทราย พื้นที่ถม ที่ทิ้งขยะ เป็นต้น

บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่อื่นๆ ปี พ.ศ. 2555-2559 ลดลง คิดเป็นร้อยละ 7.68, 7.38, 6.89, 6.42 และ 6.31 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่อื่นๆ ปี พ.ศ. 2555-2559 ลดลง คิดเป็นร้อยละ 8.16, 7.95, 7.46, 6.87 และ 6.22 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่อื่นๆ ปี พ.ศ. 2555-2559 ลดลง คิดเป็นร้อยละ 3.92, 3.83, 3.67, 3.47 และ 3.12 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่อื่นๆ ปี พ.ศ. 2555-2559 ลดลง คิดเป็นร้อยละ 3.72, 3.34, 3.15, 2.93 และ 2.65 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

2.4 พื้นที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ โรงงานอุตสาหกรรม สนามกอล์ฟ เป็นต้น

บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง ปี พ.ศ. 2555-2559 เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 12.21, 12.57, 13.03, 13.24 และ 13.27 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง ปี พ.ศ. 2555-2559 เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 26.00, 26.46, 27.91, 29.52 และ 30.20 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง ปี พ.ศ. 2555-2559 เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 79.51, 79.75, 80.50, 81.11 และ 81.55 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง ปี พ.ศ. 2555-2559 เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 8.92, 8.94, 8.99, 9.08 และ 9.37 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ



417234846



## 2.5 แหล่งน้ำ ประกอบด้วย แม่น้ำลำคลอง อ่างเก็บน้ำ บ่อน้ำในไร่นา คลองชลประทาน เป็นต้น

บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่แหล่งน้ำ ปี พ.ศ. 2555-2559 เพิ่มขึ้นเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละ 2.94, 2.94, 2.94, 2.95 และ 2.96 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่แหล่งน้ำ ปี พ.ศ. 2555-2559 เพิ่มขึ้นเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละ 3.82, 3.82, 3.82, 3.82 และ 3.83 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่แหล่งน้ำ ปี พ.ศ. 2555-2559 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลง คิดเป็นร้อยละ 8.82, 8.83, 8.83, 8.83 และ 8.83 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้ง 5 ปี พบว่าพื้นที่แหล่งน้ำ ปี พ.ศ. 2555-2559 ไม่พบการเปลี่ยนแปลง คิดเป็นร้อยละ 3.38, 3.38, 3.38, 3.38 และ 3.38 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามรหัสของแบบจำลอง SWAT

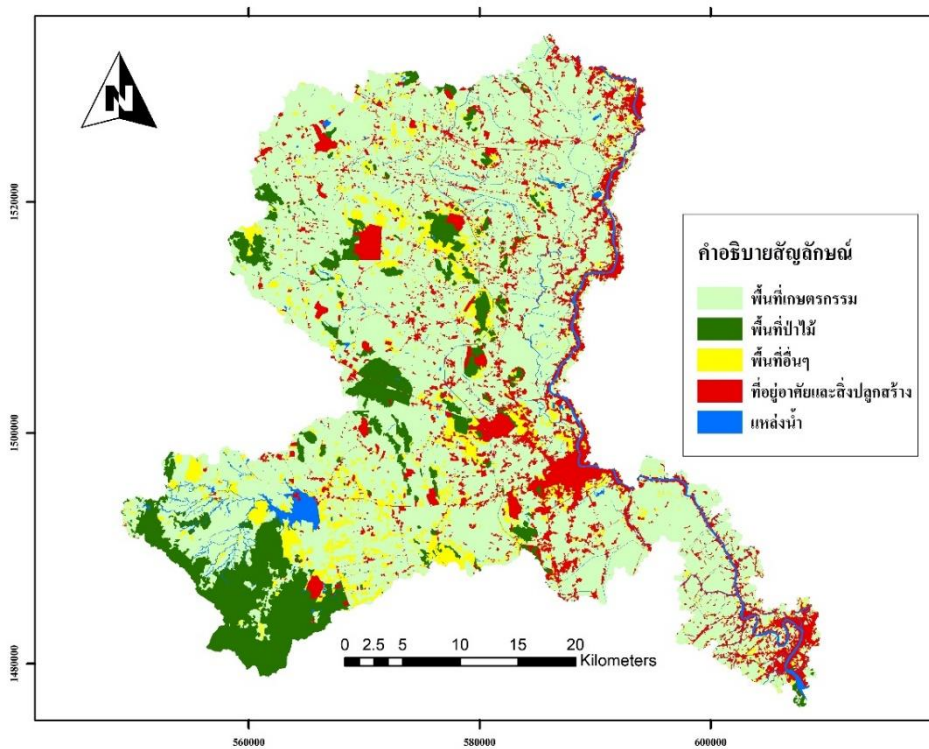
LDD COCE	THAI NAME	ENGLISH NAME	COCE SWAT
พื้นที่เกษตรกรรม (A)	นาข้าว	Rice paddy	RICE
	พืชไร่ผสม	Mixed field crop	AGRL
	มันสำปะหลัง	Cassava	AGRR
	ยางพารา	Rubber tree	RUBR
	ยูคาลิปตัส	Eucalyptus	ORCD
	ไม้ผลผสม	Mixed orchard	ORCD
	มะม่วง	Mango	ORCD
	มะม่วงหิมพานต์	Cashew	ORCD
	มะขาม	Tamarind	ORCD
	ไม้ยืนต้นผสม	Mixed perennial	FRST

ตารางที่ 12 (ต่อ) ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามรหัสของแบบจำลอง SWAT

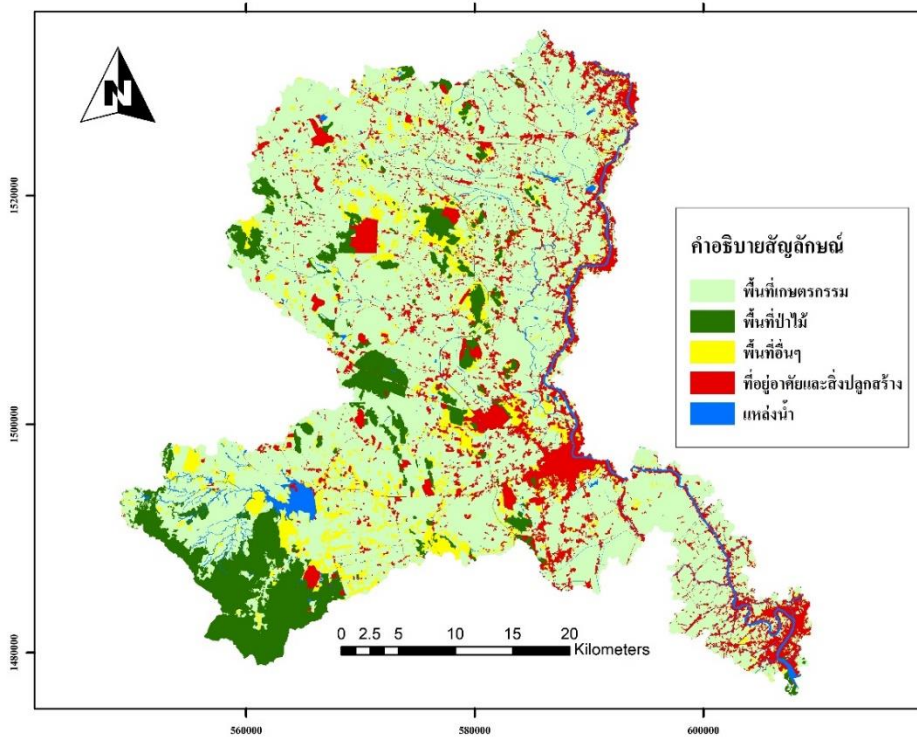
LDD COCE	THAI NAME	ENGLISH NAME	COCE SWAT
พื้นที่ป่าไม้ (F)	สัก	Teak	FRST
	ป่าผลัดใบสมบูรณ์	Dense deciduous forest	FRSD
	ป่าไม่ผลัดใบ	Dense deciduous forest	FRSE
	สวนป่าสมบูรณ์	Dense forest plantation	FRST
	ป่าดิบรอสภาพพื้นที่ฟู	Disturbed evergreen forest	RNGB
	ป่าผลัดใบรอสภาพพื้นที่ฟู	Disturbed deciduous forest	RNGB
พื้นที่อื่นๆ (M)	ทุ่งหญ้า	Grass	RNGE
	ไม้ละเมาะ	Scrub	RNGB
	พื้นที่ลุ่ม	Marsh and Swamp	WETL
	หาดทราย	Beach	WETL
	ที่หินโผล่	Rock outcrop	WETL
	พื้นที่ถม	Landfill	WETL
พื้นที่ชุมชนและ สิ่งปลูกสร้าง (U)	ตัวเมืองและย่านการค้า	City, Town, Commercial	URHD
	หมู่บ้าน	Village	URML
	สถานที่ราชการ	Institutional land	UINS
	แหล่งรับซื้อทาง การเกษตร	Agricultural product trading center	UINS
	โรงงานอุตสาหกรรม	Factory	URHD
	สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ	Recreation area	UINS
	สนามกอล์ฟ	Golf course	FESC
	สถานีบริการน้ำมัน	Gassoline Station	URML

ตารางที่ 12 (ต่อ) ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามรหัสของแบบจำลอง SWAT

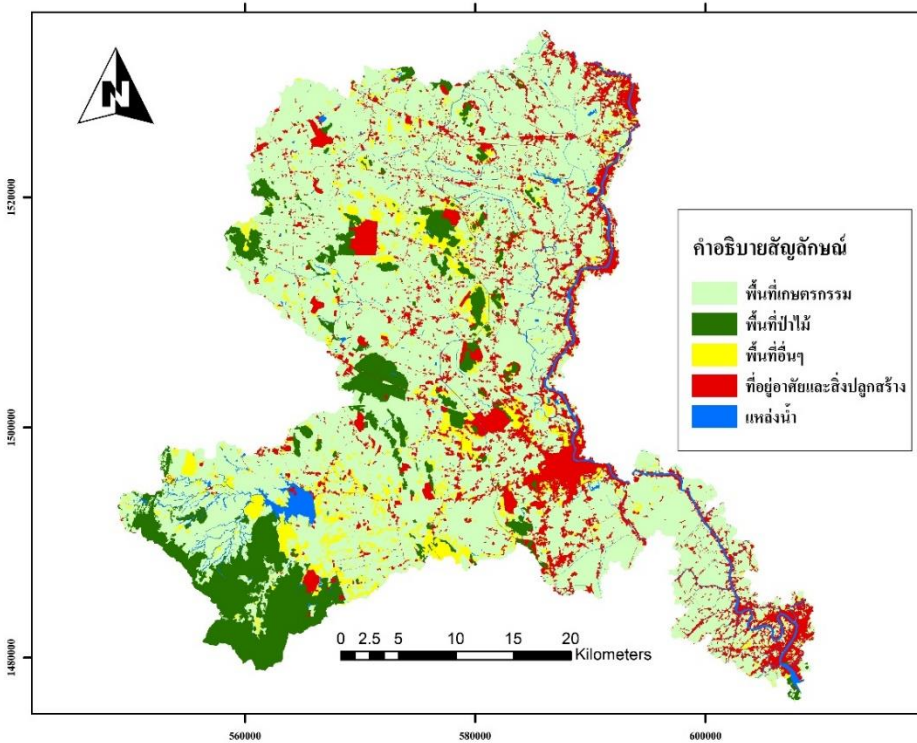
LDD COCE	THAI NAME	ENGLISH NAME	COCE SWAT
พื้นที่น้ำ (W)	แม่น้ำลำคลอง	River, Canal	WATR
	หนอง บึง ทะเลสาบ	Natural water resource	WATR
	อ่างเก็บน้ำ	Reservoir	WATR
	บ่อน้ำในไร่นา	Farm pond	WATR



ภาพที่ 13 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2555



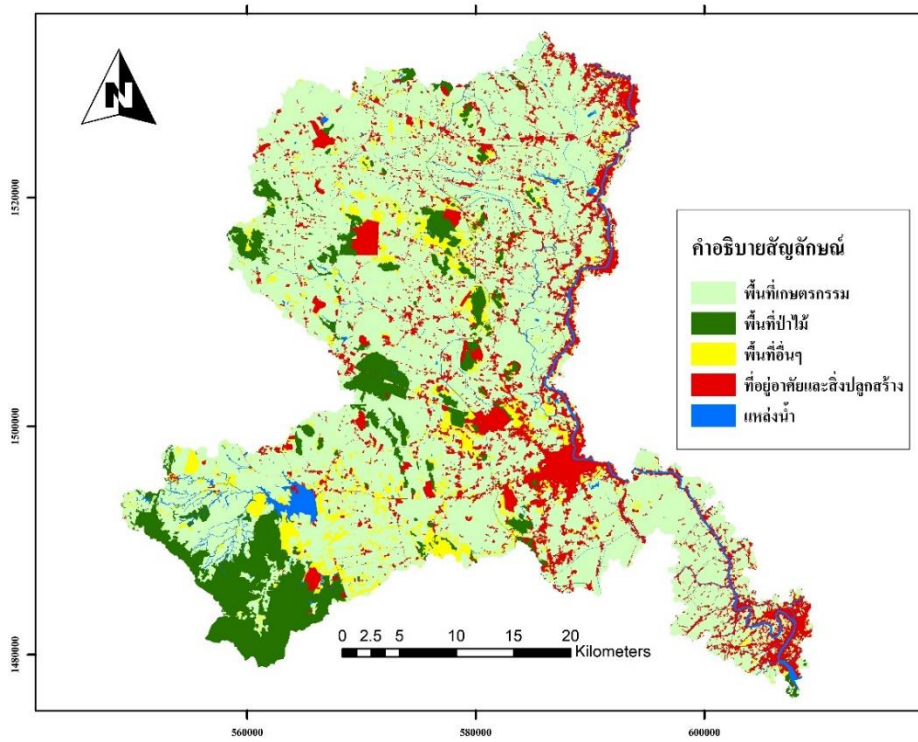
ภาพที่ 14 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2556



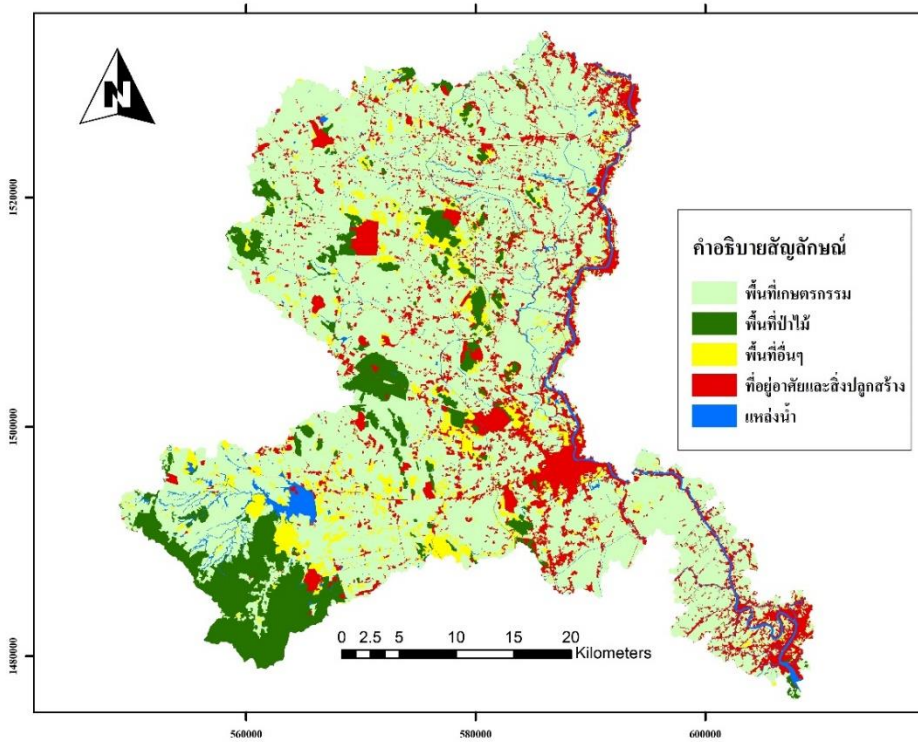
ภาพที่ 15 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2557

417234846

BUN IThesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44



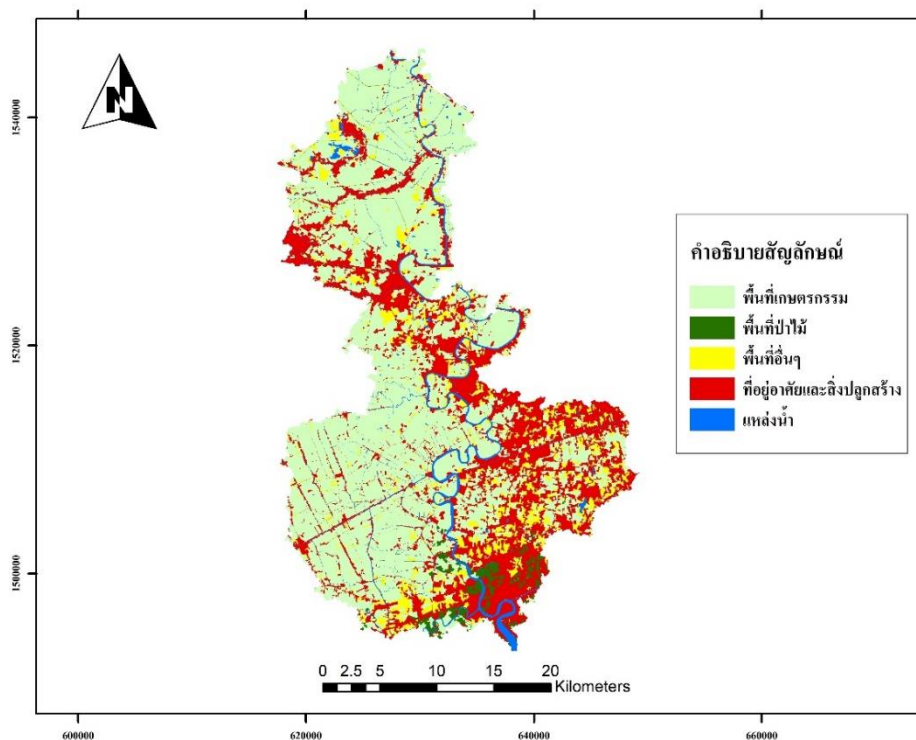
ภาพที่ 16 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2558



ภาพที่ 17 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2559

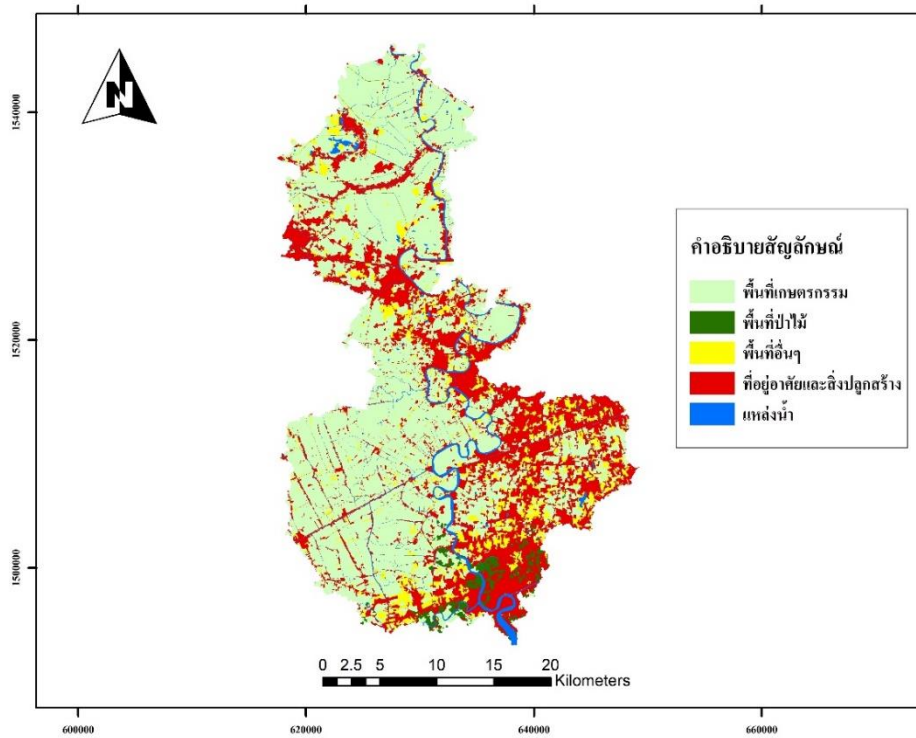
ตารางที่ 13 ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ในปี พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ.2559

ประเภทการใช้ที่ดิน	การใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง				
	พ.ศ.2555 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2556 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2557 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2558 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2559 พื้นที่ (ไร่)
พื้นที่เกษตรกรรม	655,500	655,656	656,963	660,638	662,738
พื้นที่ป่าไม้	108,850	108,106	107,094	105,994	104,606
พื้นที่อื่นๆ	76,113	73,150	68,281	63,569	62,456
ที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง	120,988	124,519	129,069	131,169	131,469
แหล่งน้ำ	29,106	29,125	29,150	29,188	29,288
<b>พื้นที่รวม</b>	<b>990,556</b>	<b>990,556</b>	<b>990,556</b>	<b>990,556</b>	<b>990,556</b>

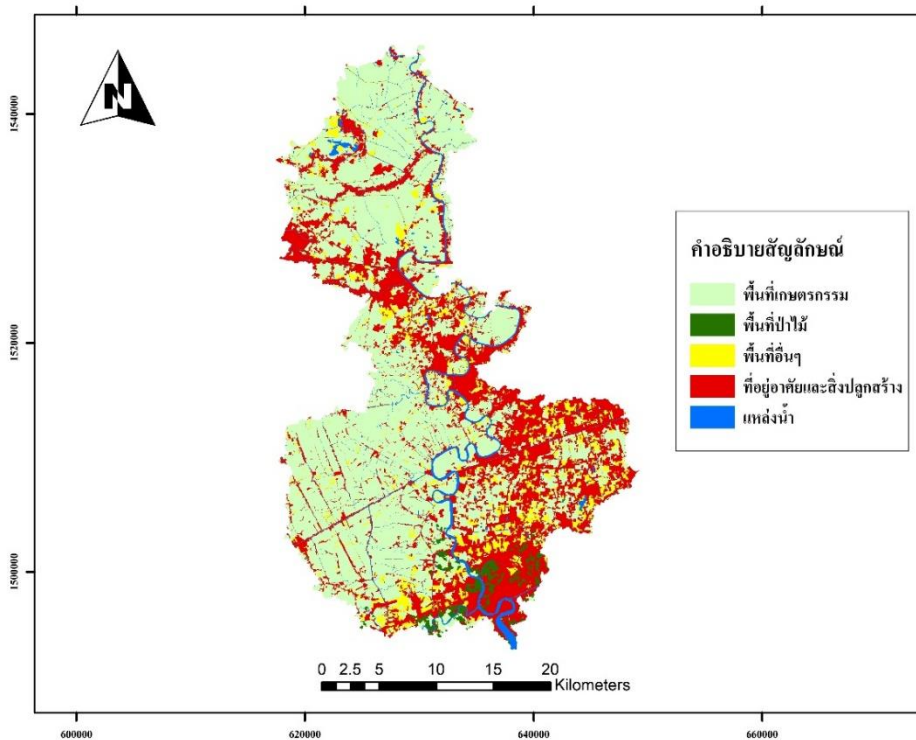


ภาพที่ 18 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2555

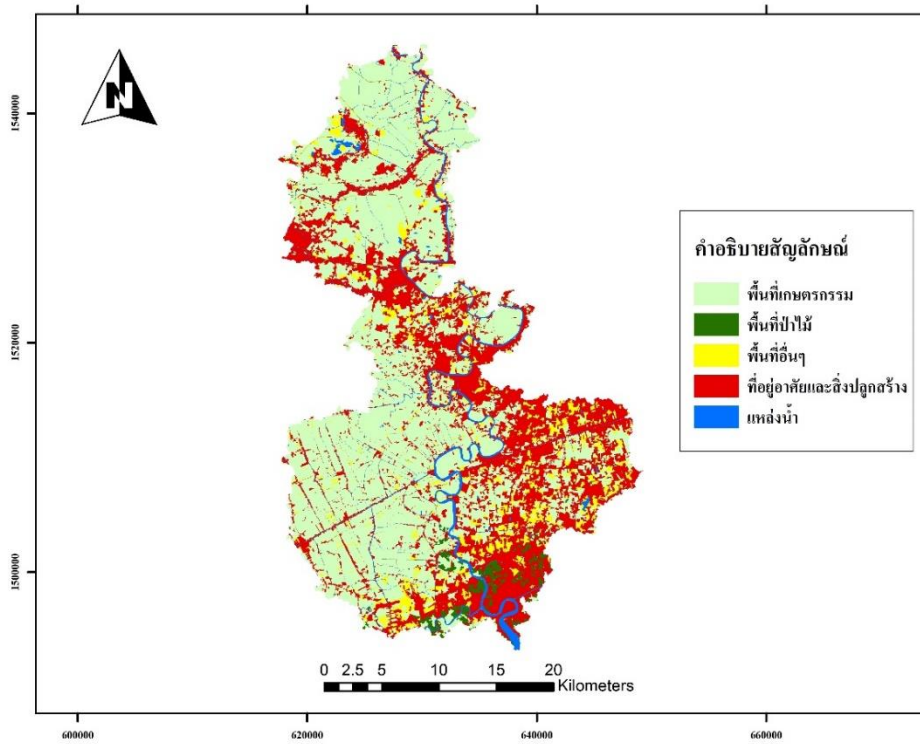




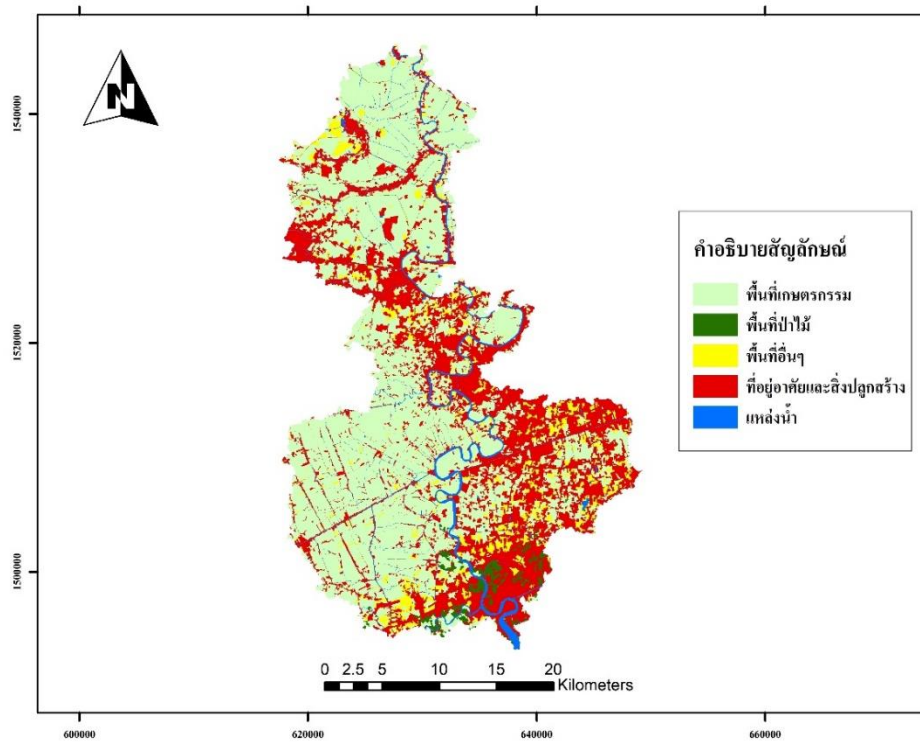
ภาพที่ 19 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2556



ภาพที่ 20 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2557



ภาพที่ 21 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2558

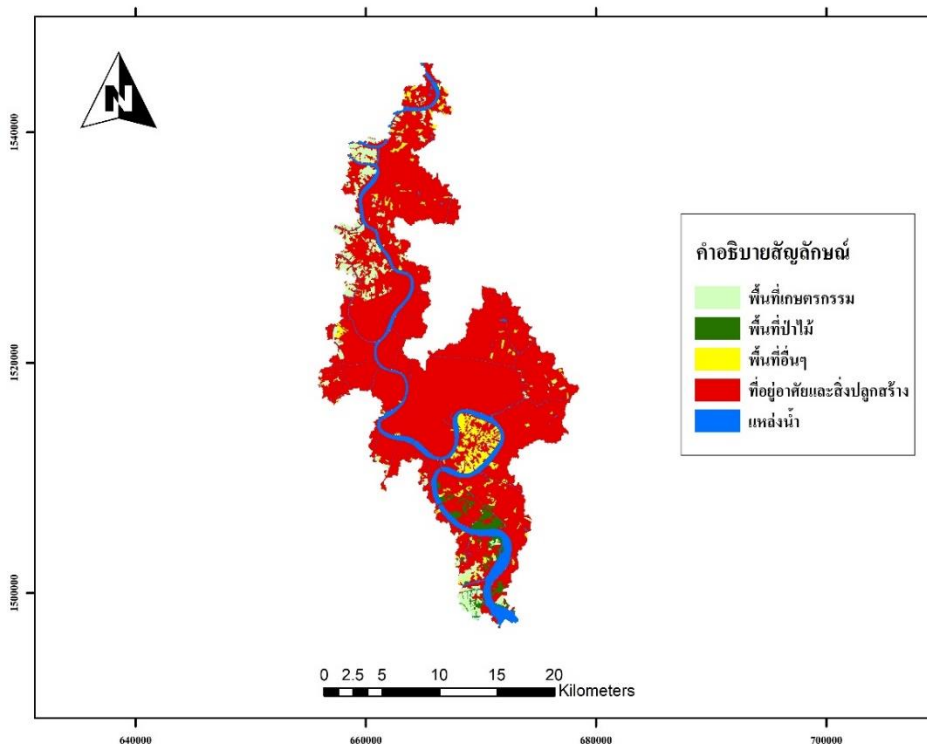


ภาพที่ 22 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2559

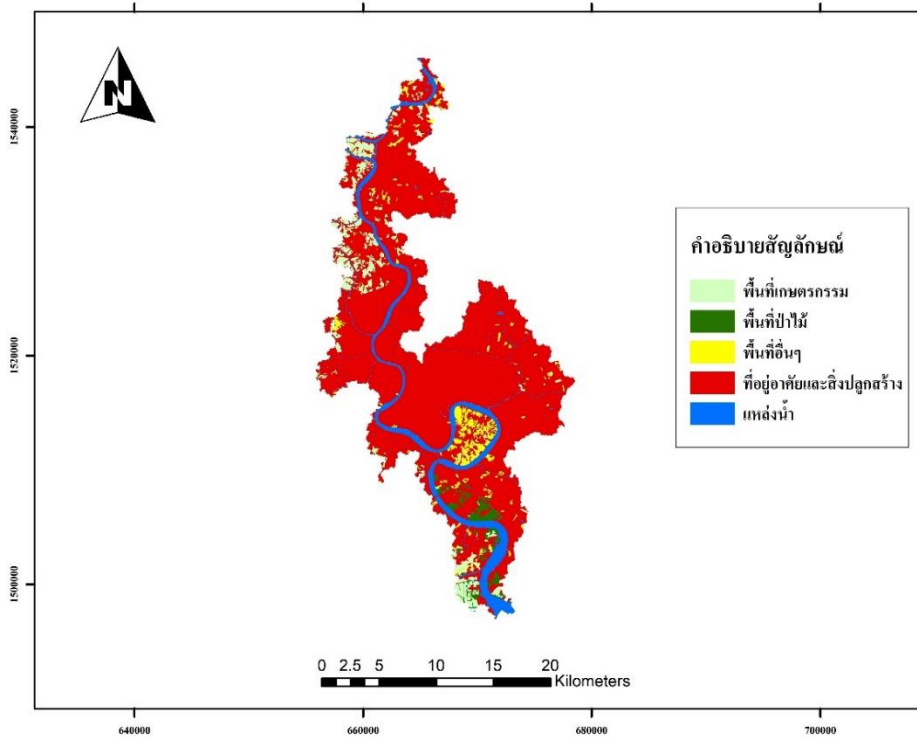


ตารางที่ 14 ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ในปี พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ.2559

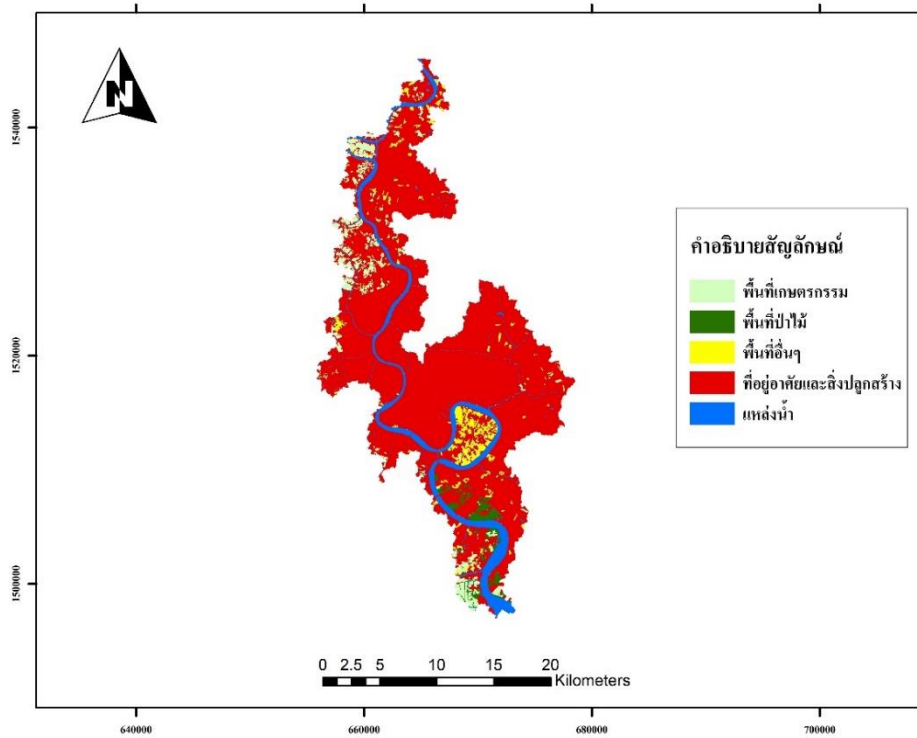
ประเภทการใช้ที่ดิน	การใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน				
	พ.ศ.2555 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2556 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2557 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2558 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2559 พื้นที่ (ไร่)
พื้นที่เกษตรกรรม	321,081	319,813	315,094	309,813	310,135
พื้นที่ป่าไม้	8,356	8,294	7,906	7,788	7,238
พื้นที่อื่นๆ	43,344	42,206	39,625	36,475	33,050
ที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง	138,094	140,556	148,231	156,775	160,388
แหล่งน้ำ	20,275	20,281	20,294	20,300	20,340
<b>พื้นที่รวม</b>	<b>531,150</b>	<b>531,150</b>	<b>531,150</b>	<b>531,150</b>	<b>531,150</b>



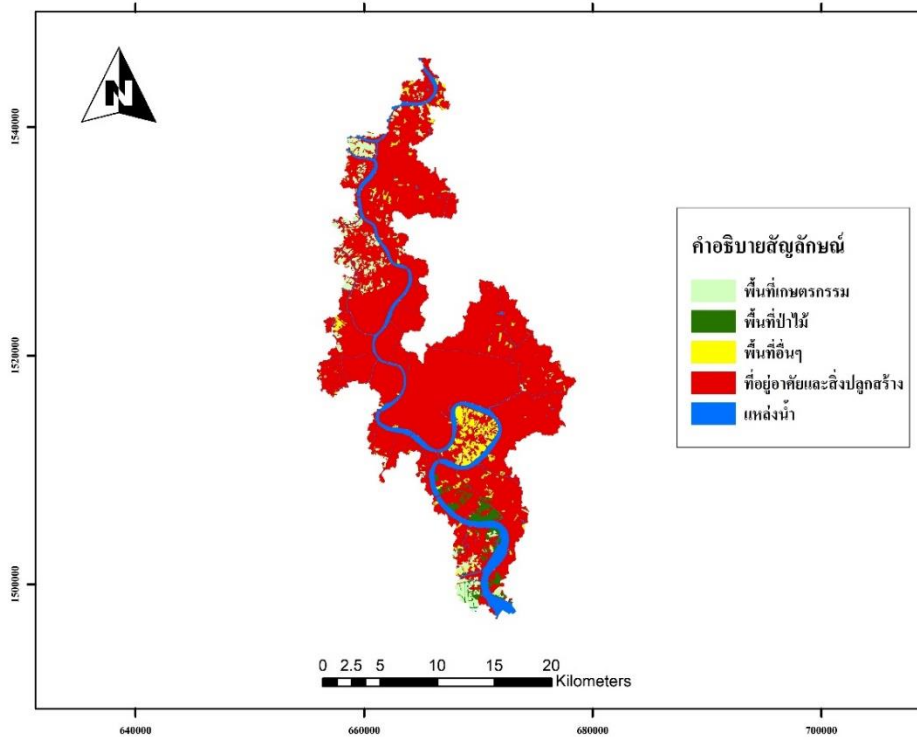
ภาพที่ 23 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2555



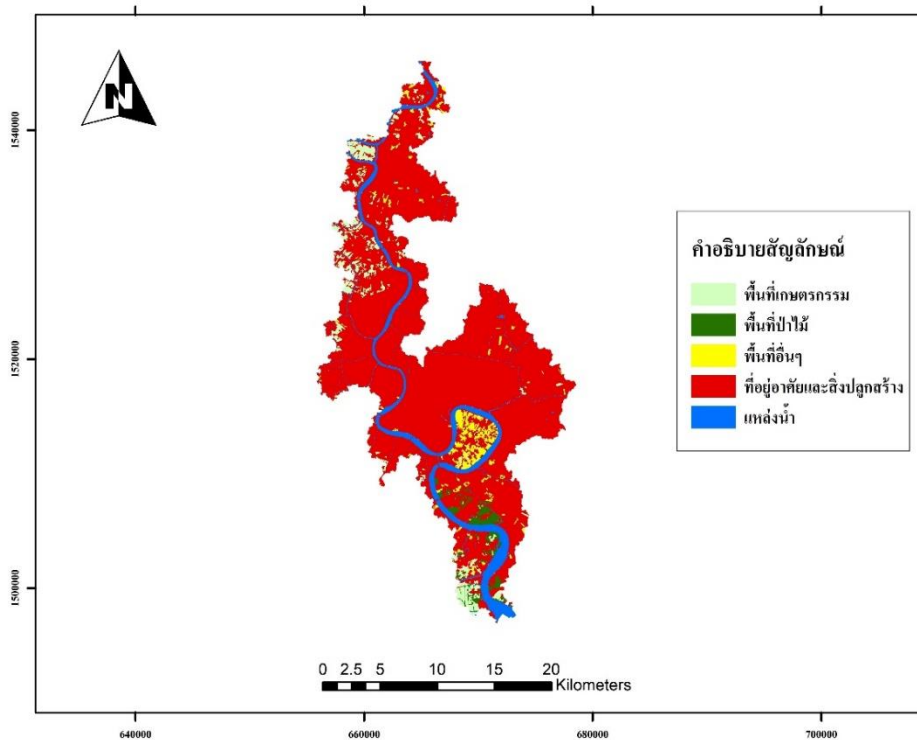
ภาพที่ 24 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2556



ภาพที่ 25 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2557



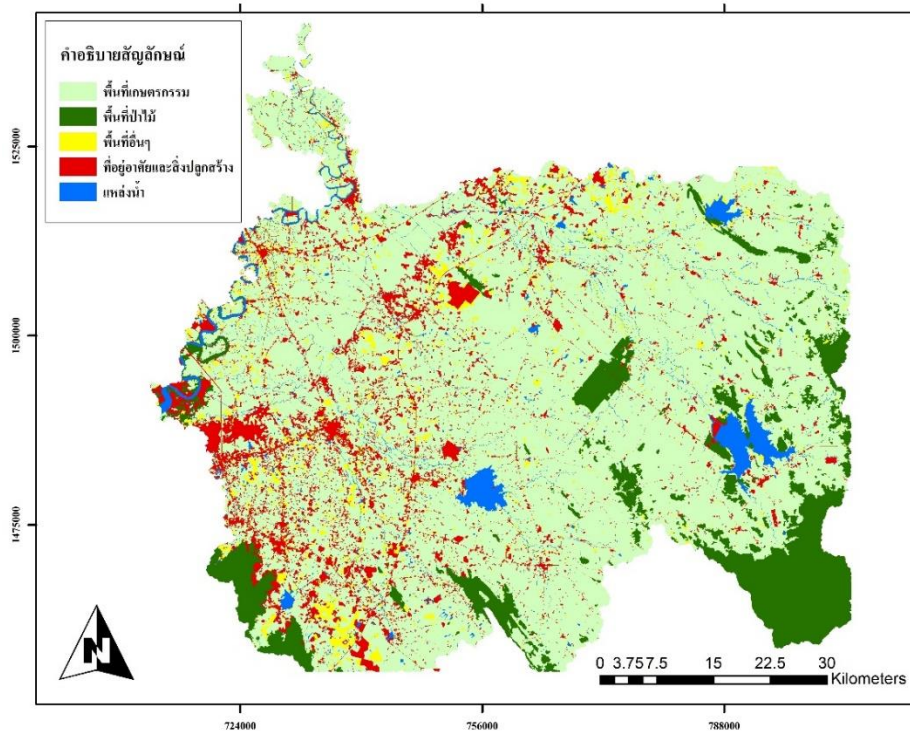
ภาพที่ 26 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2558



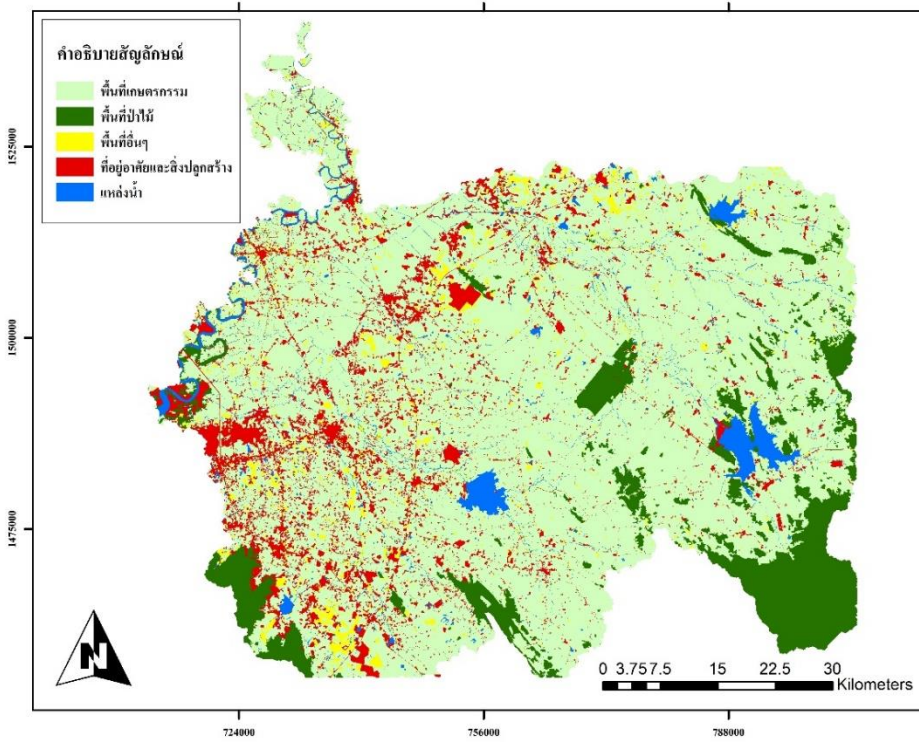
ภาพที่ 27 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2559

ตารางที่ 15 ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ.2559

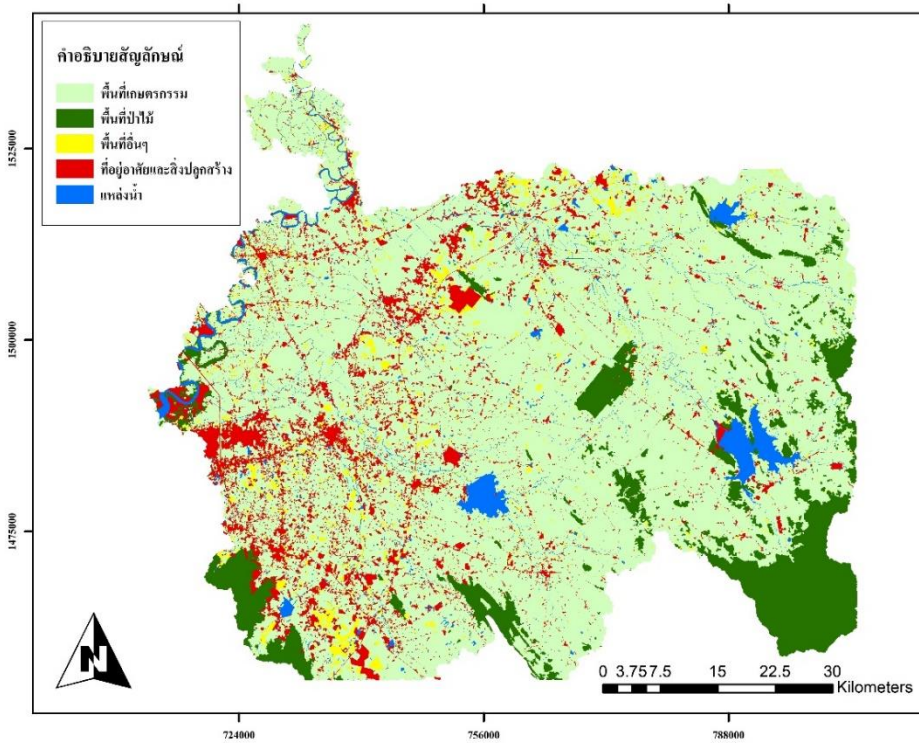
ประเภทการใช้ที่ดิน	การใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา				
	พ.ศ.2555 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2556 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2557 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2558 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2559 พื้นที่ (ไร่)
พื้นที่เกษตรกรรม	15,525	15,175	13,750	12,619	12,375
พื้นที่ป่าไม้	5,081	5,044	4,888	4,919	4,931
พื้นที่อื่นๆ	10,438	10,182	9,756	9,225	8,306
ที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง	211,625	212,263	214,263	215,888	217,034
แหล่งน้ำ	23,483	23,488	23,496	23,501	23,504
<b>พื้นที่รวม</b>	<b>266,151</b>	<b>266,151</b>	<b>266,151</b>	<b>266,151</b>	<b>266,151</b>



ภาพที่ 28 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2555



ภาพที่ 29 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2556

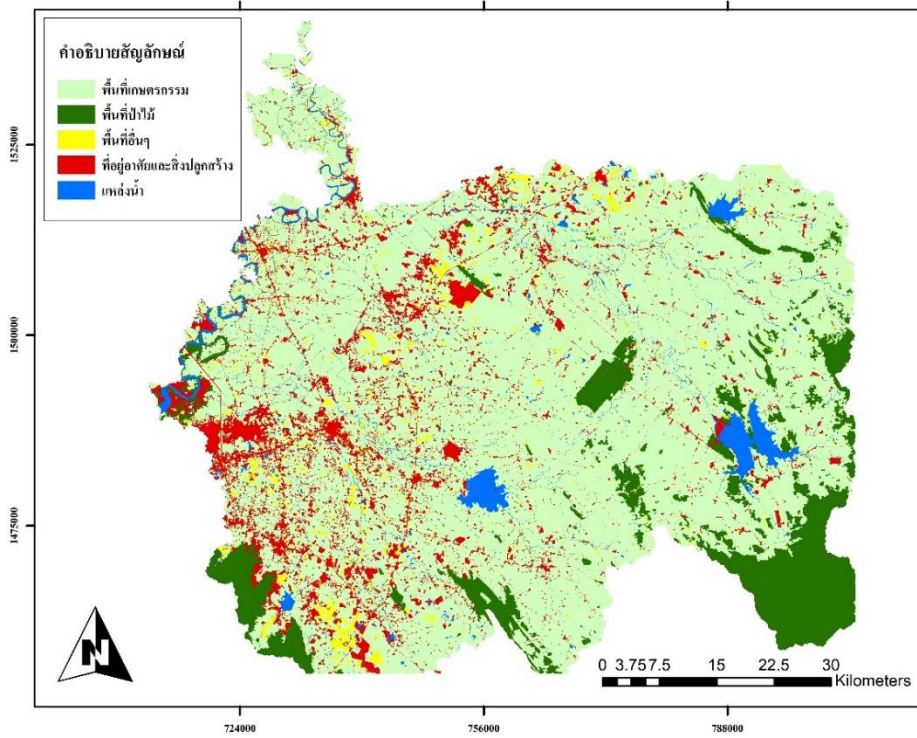


ภาพที่ 30 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2557

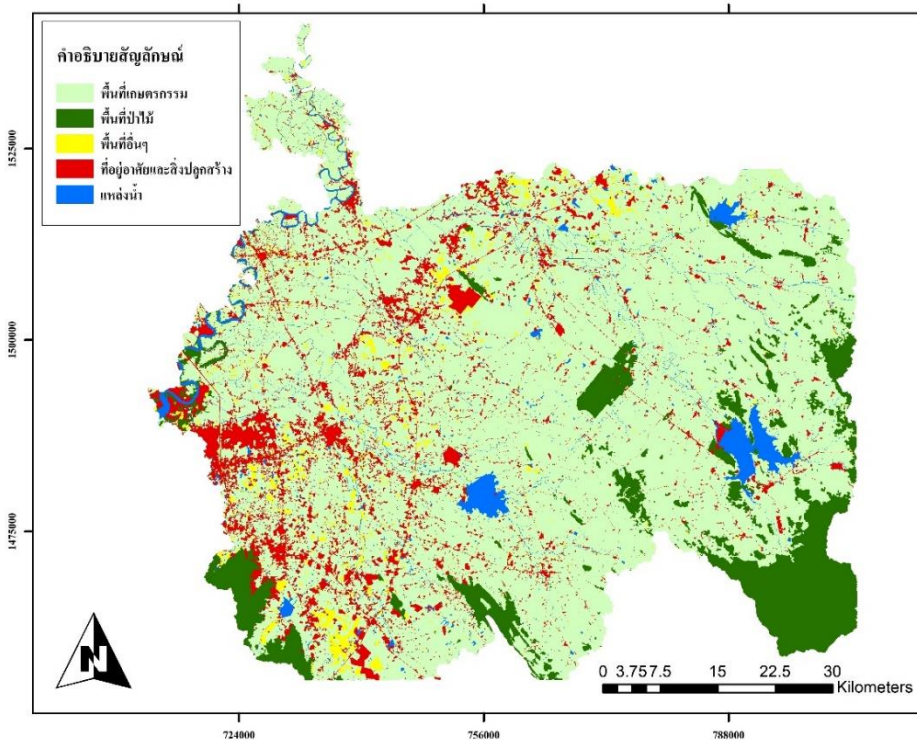
417234846

BUN IThesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44





ภาพที่ 31 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2558



ภาพที่ 32 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2559

417234846

BUN IThesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

ตารางที่ 16 ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ในปี พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ.2559

ประเภทการใช้ที่ดิน	การใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง				
	พ.ศ.2555 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2556 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2557 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2558 พื้นที่ (ไร่)	พ.ศ.2559 พื้นที่ (ไร่)
พื้นที่เกษตรกรรม	2,308,138	2,319,130	2,323,983	2,328,378	2,332,076
พื้นที่ป่าไม้	319,831	319,819	319,550	319,194	315,300
พื้นที่อื่นๆ	116,481	104,657	98,485	91,719	82,888
ที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง	279,025	279,836	281,405	284,116	293,141
แหล่งน้ำ	105,800	105,833	105,852	105,868	105,870
<b>พื้นที่รวม</b>	<b>3,129,275</b>	<b>3,129,275</b>	<b>3,129,275</b>	<b>3,129,275</b>	<b>3,129,275</b>

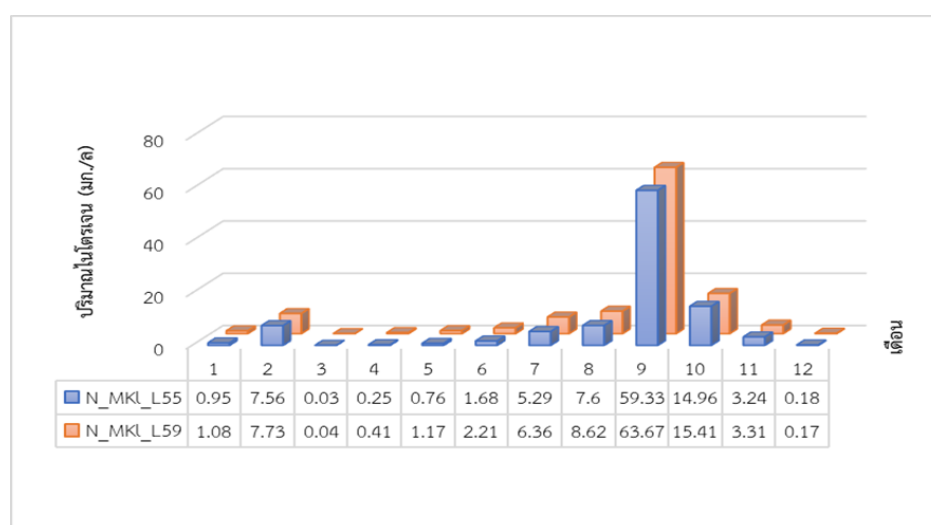
### 3. การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT

#### 3.1 กำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินที่นำเข้าแบบจำลอง SWAT

เลือกการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2555 กับ ปี พ.ศ. 2559 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT มีช่วงเวลาในการคำนวณตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2555 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2555 ระยะเวลา 1 ปี ซึ่งพิจารณาค่าเฉลี่ยที่จุด outlet บริเวณอ่าวไทยตอนบน ทั้ง 4 สถานี (a) ปากแม่น้ำแม่กลอง (b) ปากแม่น้ำท่าจีน (c) ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และ (d) ปากแม่น้ำบางปะกง

#### 3.2 ผลการประเมินปริมาณไนโตรเจน

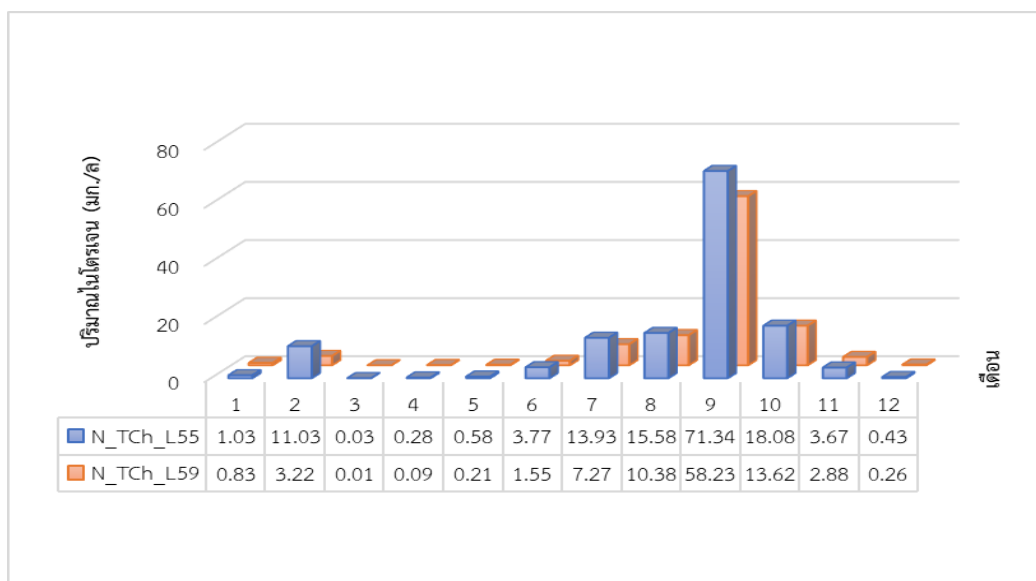
(1) ผลการประเมินปริมาณไนโตรเจน ปี พ.ศ. 2555 บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความแตกต่างกัน โดยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 ปริมาณไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.49 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.18 พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิมของแต่ละเดือน (ภาพที่ 33)



ภาพที่ 33 ปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2555 ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (N\_MKL\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (N\_MKL\_L59) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559



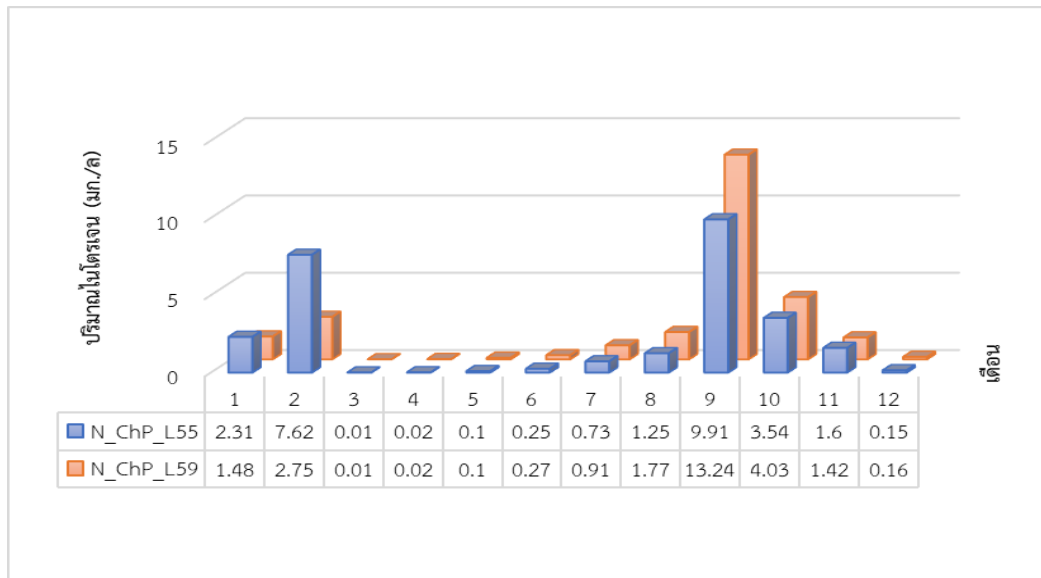
(2) ผลการประเมินปริมาณไนโตรเจน ปี พ.ศ. 2555 บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความแตกต่างกัน โดยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 ปริมาณไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.65 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.21 พบว่ามีปริมาณลดลงจากเดิมของแต่ละเดือน (ภาพที่ 34)



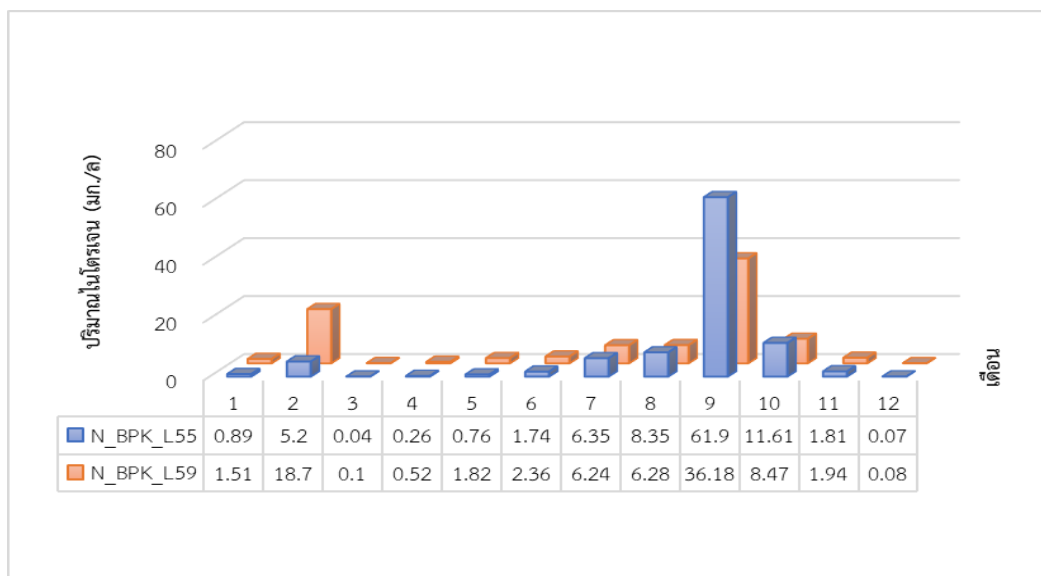
ภาพที่ 34 ปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2555 ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (N\_MKL\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (N\_MKL\_L59) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559

(3) ผลการประเมินปริมาณไนโตรเจน ปี พ.ศ. 2555 บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ในแต่ละกรณี การใช้ประโยชน์ที่ดินมีความแตกต่างกัน โดยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 ปริมาณไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.29 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.18 พบว่ามีปริมาณลดลงจากเดิมในเดือนมกราคม, กุมภาพันธ์, มีนาคม, เมษายน, พฤษภาคม และพฤศจิกายน เพิ่มขึ้นในเดือนมิถุนายน, กรกฎาคม, สิงหาคม, กันยายน, ตุลาคม และธันวาคม (ภาพที่ 35)

(4) ผลการประเมินปริมาณไนโตรเจน ปี พ.ศ. 2555 บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความแตกต่างกัน โดยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 ปริมาณไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.02 พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นในเดือนมกราคม, กุมภาพันธ์, เมษายน, พฤษภาคม, มิถุนายน และพฤศจิกายน ลดลงจากเดิมในเดือนมีนาคม, กรกฎาคม, สิงหาคม, กันยายน, ตุลาคม และธันวาคม (ภาพที่ 36)



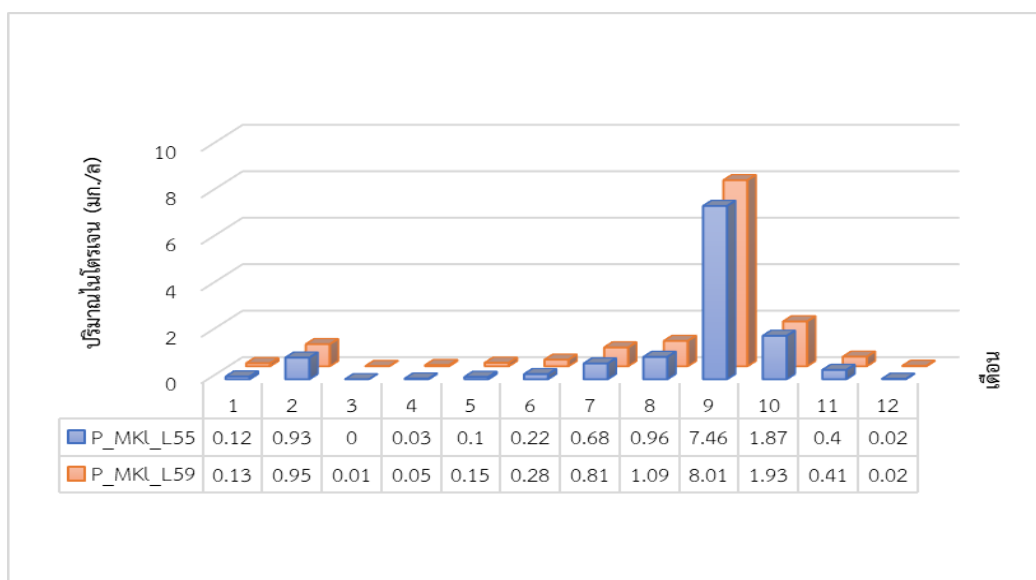
ภาพที่ 35 ปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2555 ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (N\_MKL\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (N\_MKL\_L59) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559



ภาพที่ 36 ปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2555 ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (N\_MKL\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (N\_MKL\_L59) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559

### 3.3 ผลการประเมินปริมาณฟอสฟอรัส

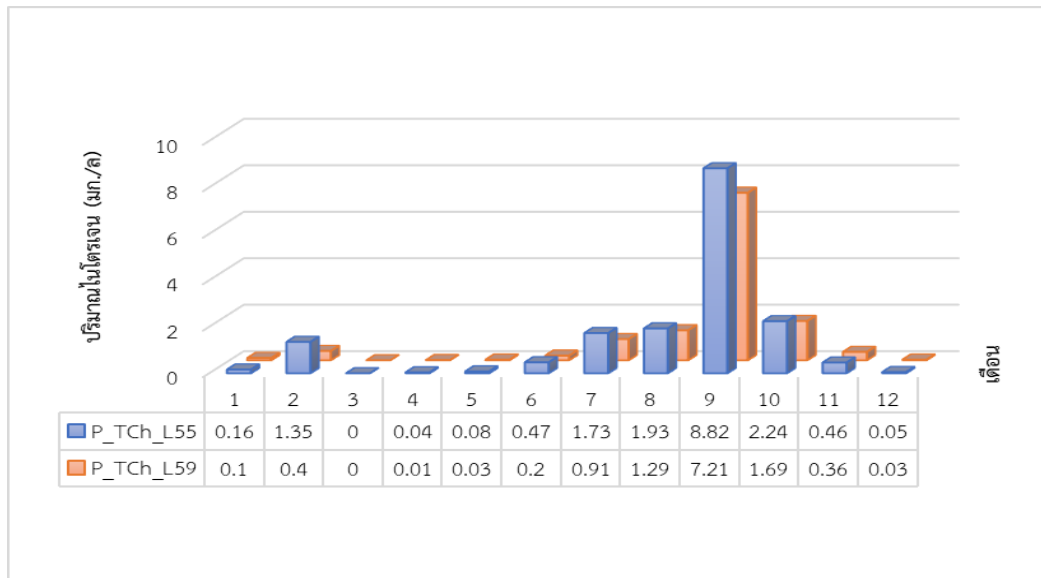
(1) ผลการประเมินปริมาณฟอสฟอรัส ปี พ.ศ. 2555 บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความแตกต่างกัน ดังภาพที่ 9 โดยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.15 พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิมของแต่ละเดือน (ภาพที่ 37)



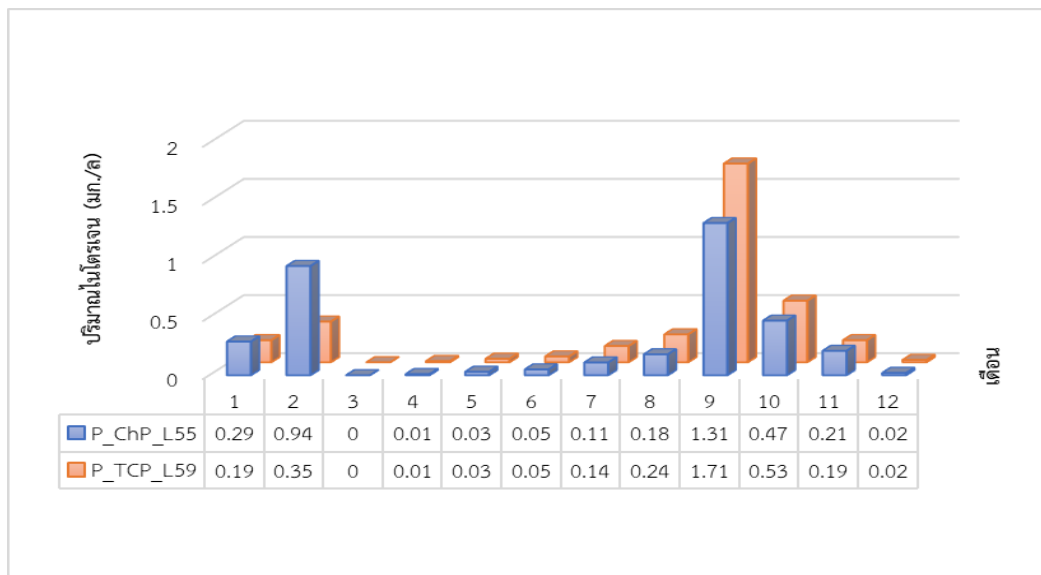
ภาพที่ 37 ปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ. 2555 ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (P\_MKL\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (P\_MKL\_L59) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559

(2) ผลการประเมินปริมาณฟอสฟอรัส ปี พ.ศ. 2555 บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความแตกต่างกัน ดังภาพที่ 10 โดยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.44 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.02 พบว่ามีปริมาณลดลงจากเดิมของแต่ละเดือน (ภาพที่ 38)

(3) ผลการประเมินปริมาณฟอสฟอรัส ปี พ.ศ. 2555 บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความแตกต่างกัน ดังภาพที่ 11 โดยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 ปริมาณฟอสฟอรัส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.30 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.29 พบว่ามีปริมาณลดลงจากเดิมในเดือนมกราคม, กุมภาพันธ์ และพฤศจิกายน เพิ่มขึ้นในเดือน กรกฎาคม, สิงหาคม, กันยายน และตุลาคม (ภาพที่ 39)

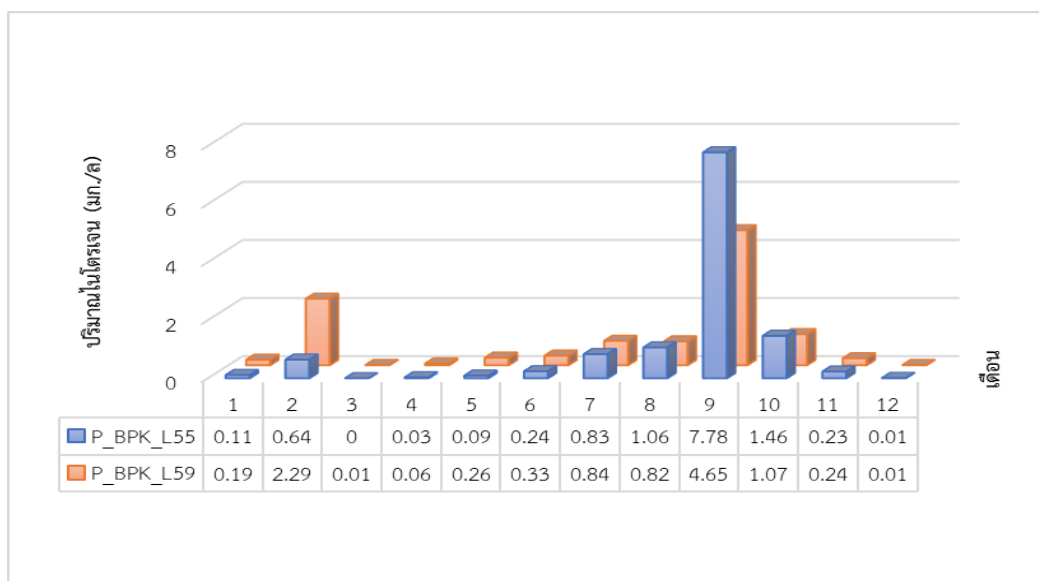


ภาพที่ 38 ปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ปี พ.ศ. 2555 ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (P\_MKL\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (P\_MKL\_L59) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559



ภาพที่ 39 ปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ. 2555 ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (P\_MKL\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (P\_MKL\_L59) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559

(4) ผลการประเมินปริมาณฟอสฟอรัส ปี พ.ศ. 2555 บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความแตกต่างกัน ดังภาพที่ 12 โดยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.02 พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นในเดือนมกราคม, กุมภาพันธ์, เมษายน, พฤษภาคม, มิถุนายน, กรกฎาคม และพฤศจิกายน ลดลงจากเดิมในเดือนสิงหาคม, กันยายน และตุลาคม (ภาพที่ 40)



ภาพที่ 40 ปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2555 ในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (P\_MKL\_L55) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 (P\_MKL\_L59) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559

#### 4. ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลจากดาวเทียม Aqua MODIS

ภาพถ่ายจากดาวเทียมตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน เฉลี่ยรายเดือน ได้จากการซ้อนภาพ (Overlay) ในเดือนเดียวกัน ช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 โดยกำหนด สถานีตัวอย่าง ทั้งหมด 5 สถานี คือ ในรัศมี 16 ตารางกิโลเมตรจากปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่น้ำบางปะกง และกลางอ่าวไทยตอนบน เพื่อดูการกระจาย ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอและปริมาณน้ำฝน ผลการศึกษาดังนี้ (ภาพที่ 41-42) และ (ตารางที่ 17-21)

4.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลในรอบปี ณ สถานีที่ 1 บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง (ภาพที่ 41 และภาพที่ 42 (a)) พบความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในเดือนพฤศจิกายนสูงสุดมี ค่าเฉลี่ย 13.14 mg/m<sup>3</sup> และความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอต่ำสุดช่วงเดือนสิงหาคมมีค่าเฉลี่ย 1.57 mg/m<sup>3</sup> และเมื่อพิจารณาจากกราฟอนุกรมเวลาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลเฉลี่ย 5 ปี แบบรายเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ณ สถานีที่ 1 (ภาพที่ 42 (a)) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ มีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน แล้วค่อยๆลดลงถึงเดือนมิถุนายน จากนั้น เพิ่มขึ้นในเดือนกรกฎาคมแล้วลดลงต่ำสุดในเดือนสิงหาคม

4.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลในรอบปี ณ สถานีที่ 2 บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน (ภาพที่ 41 และภาพที่ 42 (b)) พบความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในเดือนพฤศจิกายนสูงสุดมี ค่าเฉลี่ย 19.35 mg/m<sup>3</sup> และความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอต่ำสุดช่วงเดือนกุมภาพันธ์มี ค่าเฉลี่ย 5.07mg/m<sup>3</sup> และเมื่อพิจารณากราฟอนุกรมเวลาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเล เฉลี่ย 5 ปี แบบรายเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ณ สถานีที่ 2 (ภาพที่ 42 (b)) พบว่าปริมาณ คลอโรฟิลล์-เอ มีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน แล้วค่อยๆลดลงต่ำสุดถึง เดือนกุมภาพันธ์ จากนั้นเพิ่มขึ้นในเดือนมีนาคมแล้วลดลงในเดือนพฤษภาคม

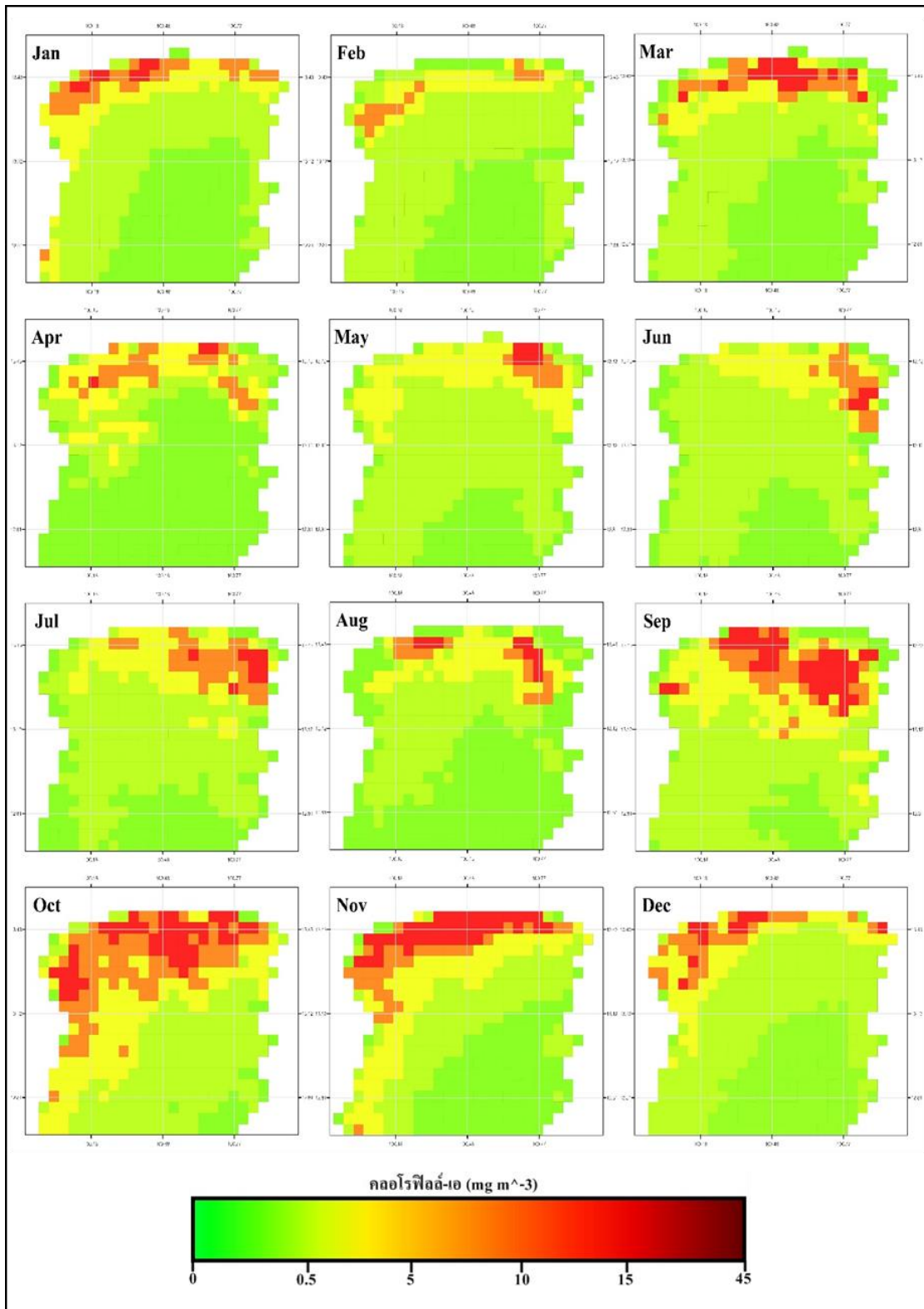
4.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลในรอบปี ณ สถานีที่ 3 บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (ภาพที่ 41 และภาพที่ 42 (c)) พบความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในเดือนพฤศจิกายนสูงสุดมี ค่าเฉลี่ย 18.21 mg/m<sup>3</sup> และความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอต่ำสุดช่วงเดือนกุมภาพันธ์มี ค่าเฉลี่ย 4.54 mg/m<sup>3</sup> และเมื่อพิจารณากราฟอนุกรมเวลาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเล เฉลี่ย 5 ปี แบบรายเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ณ สถานีที่ 3 (ภาพที่ 42 (c)) พบว่าปริมาณ คลอโรฟิลล์-เอ มีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน แล้วค่อยๆลดลงต่ำสุดใน เดือนกุมภาพันธ์ จากนั้นเพิ่มขึ้นถึงเดือนพฤษภาคมแล้วลดลงในเดือนมิถุนายนและเพิ่มสูงในเดือน กรกฎาคมแล้วลดลงในเดือนสิงหาคม

4.4 ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลในรอบปี ณ สถานีที่ 4 บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง (ภาพที่ 41 และภาพที่ 42 (d)) พบความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในเดือนตุลาคมสูงสุดมีค่าเฉลี่ย 10.95 mg/m<sup>3</sup> และความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอต่ำสุดช่วงเดือนสิงหาคมมีค่าเฉลี่ย 1.45 mg/m<sup>3</sup> และเมื่อพิจารณากราฟอนุกรมเวลา ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลเฉลี่ย 5 ปี แบบรายเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ณ สถานีที่ 4 (ภาพที่ 42 (d)) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอเดือนกันยายนเพิ่มสูงถึงเดือนตุลาคม แล้วค่อยๆลดลงถึงเดือนเมษายนจากนั้นเพิ่มขึ้นในเดือนกรกฎาคมแล้วลดลงต่ำลงในเดือนสิงหาคม

4.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลในรอบปี ณ สถานีที่ 5 บริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน (ภาพที่ 41 และภาพที่ 42 (e)) พบความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในเดือนตุลาคมสูงสุดมีค่าเฉลี่ย 4.95 mg/m<sup>3</sup> และความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอต่ำสุดช่วงเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเฉลี่ย 0.39 mg/m<sup>3</sup> และเมื่อพิจารณากราฟอนุกรมเวลาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลเฉลี่ย 5 ปี แบบรายเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ณ สถานีที่ 5 (ภาพที่ 42 (e)) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอเดือนกันยายนเพิ่มสูงถึงเดือนตุลาคม แล้วมีแนวโน้มค่อยๆลดลงต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์จากนั้นเพิ่มขึ้นถึงเดือนเมษายนแล้วลดลงในเดือนพฤษภาคมแล้วสูงขึ้นถึงเดือนกรกฎาคมและลดลงเล็กน้อยในเดือนสิงหาคม โดยภาพรวมจะพบว่าสถานีที่ 5 บริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน มีการเปลี่ยนแปลง และพบว่ามีค่าความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ น้อยกว่าสถานีอื่นๆ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ห่างจากบริเวณปากแม่น้ำที่ไหลลงสู่อ่าวไทยตอนบน

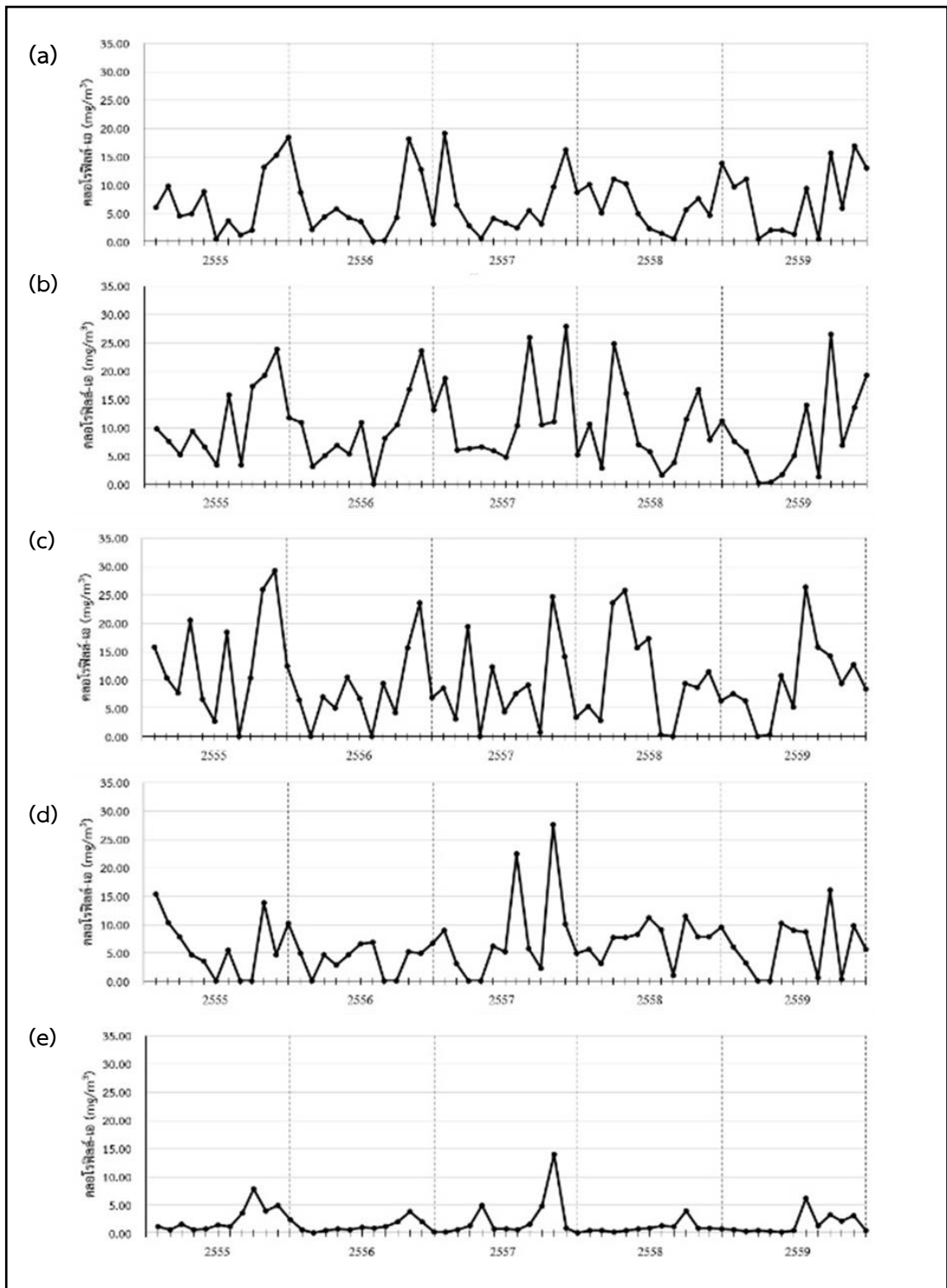


417234846



ภาพที่ 41 ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ เฉลี่ยที่ผิวทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปี ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559





ภาพที่ 42 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปีจากค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ทั้ง 5 สถานี (a) ปากแม่น้ำแม่กลอง (b) ปากแม่น้ำท่าจีน (c) ปากแม่น้ำเจ้าพระยา (d) ปากแม่น้ำบางปะกง และ (e) กลางอ่าวไทยตอนบน

ตารางที่ 17 ข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง

พ.ศ.	ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ( mg/m <sup>3</sup> ) ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	6.11	9.84	4.53	4.95	8.84	0.50	3.63	1.16	1.95	13.16	15.26	18.42	7.36
2556	8.70	2.20	4.40	5.75	4.20	3.55	0.10	0.15	4.25	18.20	12.75	3.05	5.61
2557	19.15	6.50	2.80	0.60	4.05	3.25	2.45	5.55	3.15	9.60	16.20	8.75	6.84
2558	10.05	5.00	11.10	10.15	4.90	2.25	1.40	0.50	5.60	7.55	4.60	13.80	6.41
2559	9.68	11.11	0.50	2.05	1.95	1.26	9.32	0.50	15.68	5.95	16.89	12.95	7.32
เฉลี่ย	10.74	6.93	4.67	4.70	4.79	2.16	3.38	1.57	6.13	10.89	13.14	11.39	

ตารางที่ 18 ข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

พ.ศ.	ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ( mg/m <sup>3</sup> ) ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	9.85	7.55	5.25	9.35	6.60	3.45	15.80	3.40	17.25	19.25	23.85	11.70	11.11
2556	10.90	3.10	5.05	6.90	5.35	10.95	0.00	8.15	10.55	16.70	23.55	13.10	9.53
2557	18.75	6.05	6.35	6.55	5.90	4.80	10.40	25.95	10.55	11.10	27.95	5.25	11.63
2558	10.65	2.85	24.80	16.10	7.05	5.70	1.60	3.85	11.45	16.70	7.85	11.20	9.98
2559	7.60	5.80	0.20	0.30	1.75	5.10	13.95	1.25	26.50	6.85	13.55	19.30	8.51
เฉลี่ย	11.55	5.07	8.33	7.84	5.33	6.00	8.35	8.52	15.26	14.12	19.35	12.11	

ตารางที่ 19 ข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา

พ.ศ.	ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ( mg/m <sup>3</sup> ) ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	15.80	10.40	7.73	20.53	6.67	2.73	18.40	0.00	10.33	25.93	29.27	12.40	13.35
2556	6.40	0.00	7.07	5.13	10.47	6.73	0.00	9.40	4.20	15.60	23.53	6.87	7.95
2557	8.56	3.19	19.38	0.00	12.31	4.44	7.56	9.13	0.69	24.69	14.06	3.44	8.95
2558	5.40	2.87	23.53	25.80	15.60	17.27	0.40	0.00	9.33	8.73	11.47	6.33	10.56
2559	7.60	6.27	0.00	0.40	10.73	5.20	26.40	15.73	14.27	9.40	12.73	8.47	9.77
เฉลี่ย	8.75	4.54	11.54	10.37	11.16	7.27	10.55	6.85	7.76	16.87	18.21	7.50	



417234846

ตารางที่ 20 ข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

พ.ศ.	ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง												เฉลี่ย
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
2555	15.38	10.31	7.85	4.62	3.54	0.00	5.46	0.00	0.00	13.77	4.69	10.15	6.31
2556	4.93	0.00	4.60	2.87	4.67	6.60	6.87	0.00	0.00	5.27	4.93	6.73	3.96
2557	9.00	3.14	0.00	0.00	6.21	5.14	22.50	5.71	2.21	27.57	10.14	4.93	8.05
2558	5.64	3.07	7.64	7.64	8.21	11.14	9.07	1.00	11.43	7.86	7.79	9.50	7.50
2559	6.07	3.21	0.00	0.00	10.21	9.00	8.71	0.57	16.07	0.29	9.86	5.57	5.80
เฉลี่ย	8.21	3.95	4.02	3.02	6.57	6.38	10.52	1.46	5.94	10.95	7.48	7.38	

ตารางที่ 21 ข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ณ สถานีบริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน

พ.ศ.	ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) ณ สถานีบริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน												เฉลี่ย
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
2555	1.12	0.55	1.57	0.55	0.71	1.40	1.14	3.56	7.89	3.94	4.95	2.45	2.49
2556	0.56	0.00	0.50	0.71	0.56	1.01	0.88	1.17	1.98	3.77	1.98	0.15	1.11
2557	0.16	0.55	1.26	4.94	0.78	0.75	0.67	1.56	4.73	13.97	0.89	0.00	2.52
2558	0.50	0.47	0.19	0.49	0.78	0.94	1.36	1.24	3.93	0.94	0.90	0.76	1.04
2559	0.56	0.40	0.44	0.35	0.16	0.49	6.24	1.28	3.32	2.16	3.18	0.54	1.59
เฉลี่ย	0.58	0.39	0.79	1.41	0.60	0.92	2.06	1.76	4.37	4.96	2.38	0.78	

## 5. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบริเวณอำเภอไทยตอนบน

การศึกษาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนในแต่ละสถานี (ตารางที่ 22-26) จากการทดสอบทางสถิติ (One -Way ANOVA) พบว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบริเวณอำเภอไทยตอนบนของแต่ละสถานีไม่แตกต่างกัน ในแต่ละสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) บริเวณอำเภอไทยตอนบนในรอบปี ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 (ภาพที่ 43 และภาพที่ 44 (a-e)) พบว่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนตุลาคมที่สถานี 1 มีค่าเฉลี่ย 252.84 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนกันยายน ที่สถานีที่ 2, 3, 4 และ 5 โดยมีค่าเฉลี่ย 304.79, 319.96, 309.57 และ 259.37 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำฝนต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ ทั้ง 5 สถานี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.06, 8.16, 9.77, 9.64 และ 9.16 ตามลำดับ เมื่อพิจารณากราฟอนุกรมเวลาความเข้มข้นของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 5 ปี แบบรายเดือนบริเวณอำเภอไทยตอนบน ทั้ง 5 สถานี (ภาพที่ 44 (a-e)) พบว่าตั้งแต่เดือนมีนาคมมีแนวโน้มสูงขึ้นจนถึงเดือนมิถุนายนแล้วลดต่ำลงในเดือนกรกฎาคมจากนั้นก็เพิ่มสูงจนถึงกันยายนแล้วลดลงต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์

ตารางที่ 22 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง

พ.ศ.	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มิลลิเมตร) ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง											เฉลี่ย	
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.		ธ.ค.
2555	35.94	5.37	28.57	9.63	188.23	126.01	128.24	235.96	158.24	146.92	1.00	39.45	91.96
2556	11.37	2.79	37.92	27.07	76.95	159.08	135.32	103.23	223.99	298.42	204.03	0.03	106.68
2557	0.00	3.97	4.69	33.03	69.43	122.82	86.77	107.44	136.58	304.26	87.39	16.32	81.06
2558	9.54	7.07	38.68	30.15	99.87	115.31	106.37	103.78	215.29	115.44	68.19	13.65	76.94
2559	11.24	1.10	4.88	25.43	79.25	150.60	131.49	113.43	244.08	399.17	70.53	7.59	103.23
เฉลี่ย	13.62	4.06	22.95	25.06	102.74	134.76	117.64	132.77	195.64	252.84	86.23	15.41	

ตารางที่ 23 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

พ.ศ.	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มิลลิเมตร) ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน											เฉลี่ย	
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.		ธ.ค.
2555	30.40	19.86	28.92	39.48	126.78	99.22	166.29	143.15	401.87	180.71	114.39	4.85	112.99
2556	44.62	5.99	30.96	66.38	106.65	183.08	164.17	207.06	284.92	293.41	115.68	1.58	125.38
2557	0.00	2.36	17.12	19.28	118.89	128.91	121.14	183.88	168.24	214.04	41.04	25.63	86.71
2558	9.80	11.14	96.39	79.41	58.58	332.77	163.22	65.50	306.69	251.03	40.97	39.59	121.26
2559	60.32	1.44	22.59	23.67	90.41	313.79	150.21	252.50	362.21	358.60	113.80	1.89	145.95
เฉลี่ย	29.03	8.16	39.20	45.65	100.26	211.55	153.01	170.42	304.79	259.56	85.17	14.71	

ตารางที่ 24 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา

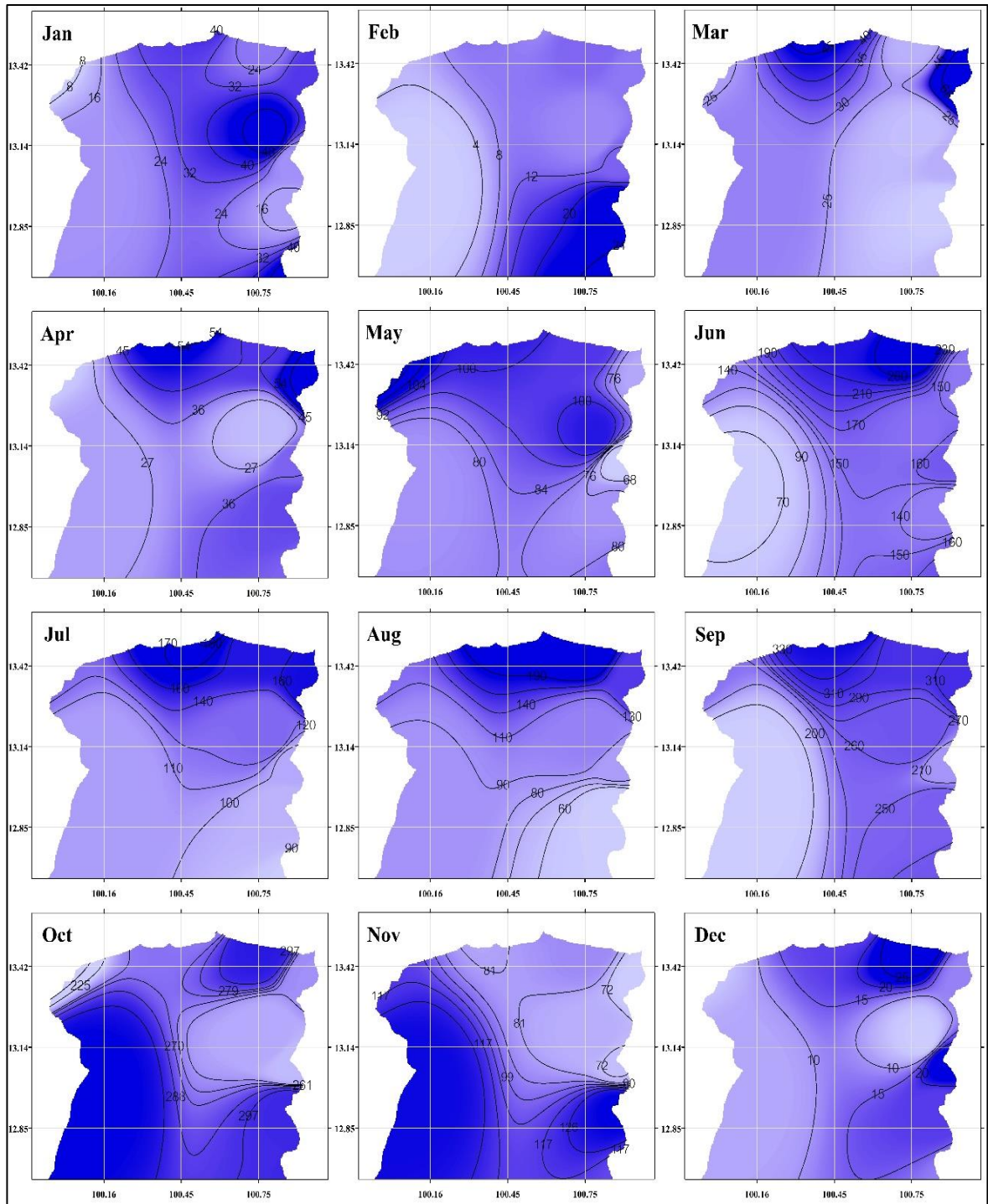
พ.ศ.	ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเล ( mg/m <sup>3</sup> ) ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	15.80	10.40	7.73	20.53	6.67	2.73	18.40	0.00	10.33	25.93	29.27	12.40	13.35
2556	6.40	0.00	7.07	5.13	10.47	6.73	0.00	9.40	4.20	15.60	23.53	6.87	7.95
2557	8.56	3.19	19.38	0.00	12.31	4.44	7.56	9.13	0.69	24.69	14.06	3.44	8.95
2558	5.40	2.87	23.53	25.80	15.60	17.27	0.40	0.00	9.33	8.73	11.47	6.33	10.56
2559	7.60	6.27	0.00	0.40	10.73	5.20	26.40	15.73	14.27	9.40	12.73	8.47	9.77
เฉลี่ย	8.75	4.54	11.54	10.37	11.16	7.27	10.55	6.85	7.76	16.87	18.21	7.50	

ตารางที่ 25 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

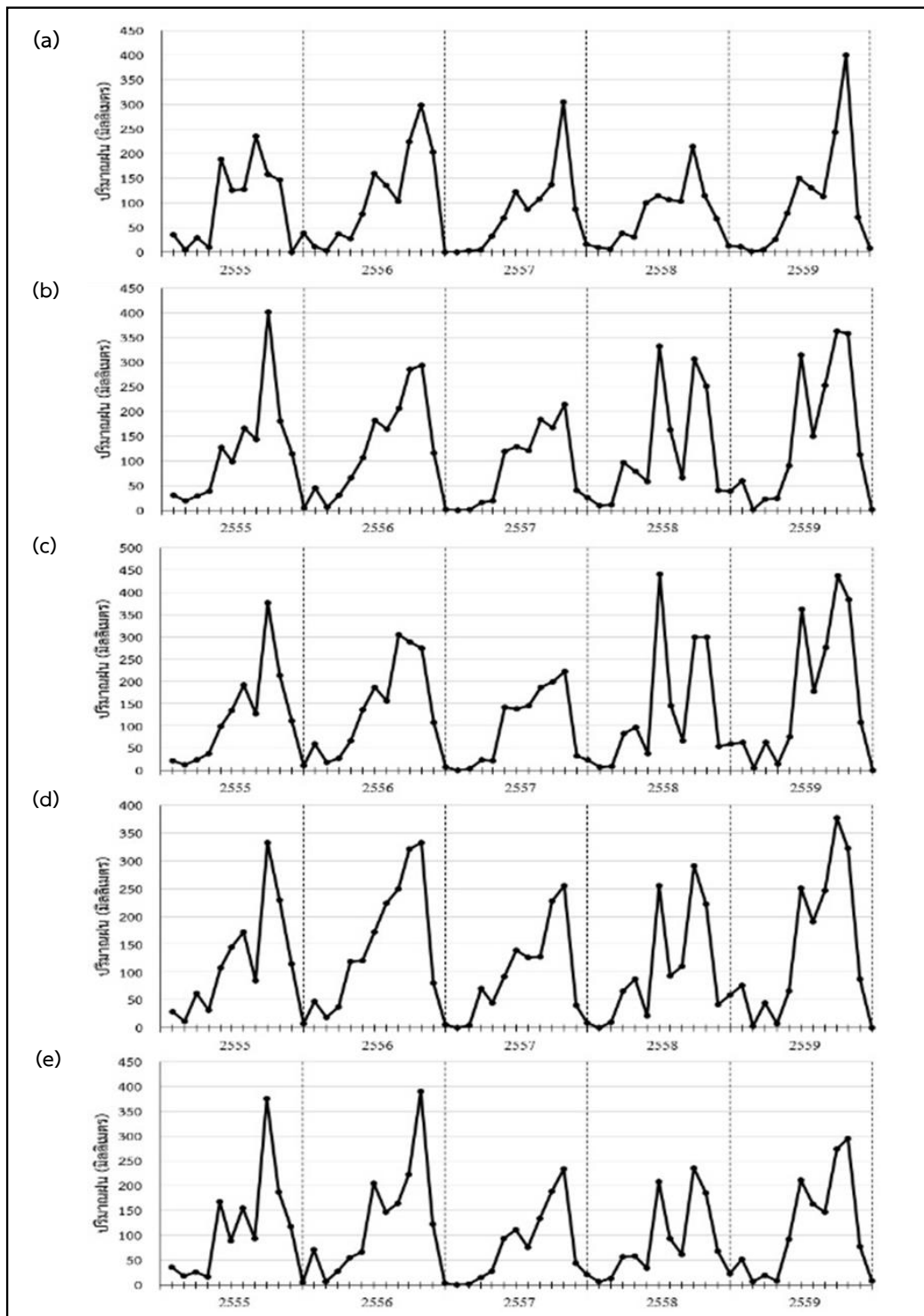
พ.ศ.	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มิลลิเมตร) ณ สถานีบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	29.08	11.06	61.75	31.47	107.25	144.18	171.82	84.21	331.87	228.98	115.05	7.78	110.38
2556	47.00	19.08	36.75	118.42	119.83	172.67	223.54	250.08	320.56	332.10	80.65	6.06	143.90
2557	0.00	4.98	69.74	44.41	91.80	138.46	126.81	128.34	227.43	255.42	41.02	8.82	94.77
2558	0.13	9.71	66.27	87.05	21.04	254.98	93.21	110.97	290.67	221.82	41.39	59.09	104.69
2559	75.70	3.34	45.10	7.07	65.42	251.02	190.99	246.87	377.32	322.46	88.00	0.07	139.45
เฉลี่ย	30.38	9.64	55.92	57.68	81.07	192.26	161.27	164.09	309.57	272.16	73.22	16.36	

ตารางที่ 26 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ณ สถานีบริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน

พ.ศ.	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มิลลิเมตร) ณ สถานีบริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2555	35.78	17.77	26.67	16.94	168.25	89.24	154.49	93.25	375.67	187.14	117.56	4.31	107.26
2556	70.43	6.35	28.22	55.43	66.12	204.41	146.74	164.22	223.14	389.98	122.91	3.56	123.46
2557	0.00	2.62	15.49	27.05	93.51	112.13	76.56	133.30	188.05	233.28	43.01	21.38	78.87
2558	7.07	12.35	56.60	58.96	33.61	207.64	93.60	61.09	235.84	185.50	68.71	22.47	86.95
2559	51.48	6.69	18.95	8.57	92.70	211.82	162.48	146.41	274.14	294.99	77.50	8.06	112.82
เฉลี่ย	32.95	9.16	29.19	33.39	90.84	165.05	126.77	119.65	259.37	258.18	85.94	11.96	



ภาพที่ 43 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) บริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปี ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559



ภาพที่ 44 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปีจากค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ทั้ง 5 สถานี (a) ปากแม่น้ำแม่กลอง (b) ปากแม่น้ำท่าจีน (c) ปากแม่น้ำเจ้าพระยา (d) ปากแม่น้ำบางปะกง และ (e) กลางอ่าวไทยตอนบน

## 6. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำฝน

การวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนกับปริมาณน้ำฝนบริเวณอำเภอไทยตอนบนทั้ง 5 สถานี (ภาพที่ 4) ในช่วงปีพ.ศ. 2555-2559 (ตารางที่ 4-7 และตารางที่ 22-26) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันได้ผลการศึกษาดังนี้

(1) ปริมาณน้ำฝนบริเวณปากแม่น้ำแม่กลองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.62 0.62 0.52 และ 0.54 ตามลำดับ

(2) ปริมาณน้ำฝนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.81 0.79 0.63 และ 0.74 ตามลำดับ

(3) ปริมาณน้ำฝนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.79 0.77 0.61 และ 0.72 ตามลำดับ

(4) ปริมาณน้ำฝนบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.76 0.75 0.61 และ 0.68 ตามลำดับ

(5) ปริมาณน้ำฝนบริเวณกลางอ่าวไทยตอนบนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.79 0.78 0.64 และ 0.73 ตามลำดับ



## 7. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำฝน

การวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสกับปริมาณน้ำฝนบริเวณอ่าวไทยตอนบนทั้ง 5 สถานี (ภาพที่ 4) ในช่วงปีพ.ศ. 2555-2559 (ตารางที่ 8-11 และตารางที่ 22-26) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ได้ผลการศึกษาดังนี้

(1) ปริมาณน้ำฝนบริเวณปากแม่น้ำแม่กลองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสฟอรัสบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.62 0.62 0.53 และ 0.54 ตามลำดับ

(2) ปริมาณน้ำฝนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสฟอรัสบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.81 0.79 0.65 และ 0.75 ตามลำดับ

(3) ปริมาณน้ำฝนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสฟอรัสบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.80 0.77 0.63 และ 0.73 ตามลำดับ

(4) ปริมาณน้ำฝนบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสฟอรัสบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.76 0.75 0.63 และ 0.69 ตามลำดับ

(5) ปริมาณน้ำฝนบริเวณกลางอ่าวไทยตอนบนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสฟอรัสบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.78 0.78 0.65 และ 0.73 ตามลำดับ

## 8. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ กับปริมาณไนโตรเจนจากแบบจำลอง SWAT

การวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ กับปริมาณไนโตรเจนของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี 2555-2559 (ตารางที่ 4-7 และตารางที่ 17-21) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ได้ผลการศึกษาดังนี้

(1) ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณปากแม่น้ำแม่กลองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.35 0.33 0.38 และ 0.29 ตามลำดับ

(2) ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.39 0.42 0.41 และ 0.36 ตามลำดับ

(3) ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.38 0.37 และ 0.38 ตามลำดับ

(4) ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง กับปริมาณไนโตรเจนบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง

(5) ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณกลางอ่าวไทยตอนบนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.34 0.40 0.41 และ 0.34 ตามลำดับ



417234846

BUU\_1Thesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

## 9. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ กับปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT

การวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ กับปริมาณฟอสฟอรัสของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี 2555-2559 (ตารางที่ 9-13 และ ตารางที่ 23-26) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ได้ผลการศึกษาดังนี้

(1) ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณปากแม่น้ำแม่กลองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสฟอรัส ก่อนหน้าหนึ่งเดือนบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.34 0.33 0.37 และ 0.28 ตามลำดับ

(2) ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสฟอรัสก่อนหน้าหนึ่งเดือนบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.39 0.42 0.41 และ 0.35 ตามลำดับ

(3) ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสฟอรัส ก่อนหน้าหนึ่งเดือนบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.37 0.37 0.27 และ 0.38 ตามลำดับ

(4) ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง กับปริมาณฟอสฟอรัส บนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง

(5) ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณกลางอ่าวไทยตอนบนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบนลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.35 0.40 0.41 และ 0.34 ตามลำดับ



417234846

## 10. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ กับปริมาณน้ำฝน

การวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝนบริเวณอ่าวไทยตอนบนทั้ง 5 สถานี ในช่วงปี 2555-2559 (ตารางที่ 17-21 และตารางที่ 22-26) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ได้ผลการศึกษาดังนี้

(1) ปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบริเวณปากแม่น้ำแม่กลองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน และกลางอ่าวไทยตอนบน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.37 และ 0.36 ตามลำดับ

(2) ปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และกลางอ่าวไทยตอนบน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.34 0.27 และ 0.40 ตามลำดับ

(3) ปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน และกลางอ่าวไทยตอนบน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.31 และ 0.40 ตามลำดับ

(4) ปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและกลางอ่าวไทยตอนบน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.36 0.30 และ 0.42 ตามลำดับ

(5) ปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน ความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และกลางอ่าวไทยตอนบน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.34 0.29 และ 0.39 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบว่าปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.25 มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ



417234846

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยเรื่องการติดตามปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันโดยการใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม AQUA กับปริมาณธาตุอาหารบนลุ่มน้ำด้วยแบบจำลองอุทกวิทยาเชิงกายภาพ (SWAT) บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

#### 1. ผลการประเมินธาตุอาหารของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทย

##### ตอนบน

ผลลัพธ์การใช้แบบจำลอง SWAT ประเมินปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับสัดส่วนของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชุดดินและความลาดชันในหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrological respond units) ตามคู่มือ SWAT Calibration Techniques แนะนำ คือ (1) การใช้ประโยชน์ที่ดินร้อยละ 20 (2) ชุดดินร้อยละ 10 และ (3) ความลาดชันร้อยละ 20 และชั้นความลาดชัน (Slope Class) แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ (1) ความลาดมากกว่าร้อยละ 3 (2) ความลาดระหว่างร้อยละ 3-9 (3) ความลาดมากกว่าร้อยละ 9 แต่การศึกษานี้ไม่ได้เปรียบเทียบข้อมูลจากการประเมินของแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่จริง เนื่องจากข้อมูลปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่จะนำมาใช้เปรียบเทียบมีช่วงเวลาเก็บข้อมูลน้อยเกินไป ประกอบกับการเก็บข้อมูลเดือนละ 1-2 ครั้งและช่วงเวลาเก็บข้อมูลอาจเป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณมากหรือปริมาณน้อย จึงไม่อาจนำมาใช้เป็นตัวแทนข้อมูลปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสบนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบนได้

ประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน ยังไม่มีความถูกต้อง แม่นยำตรงกับสภาพลุ่มน้ำจริงมากนัก แต่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางเพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณธาตุอาหารด้วยแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานไปสู่การวางแผนการจัดการลุ่มน้ำสำหรับการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำและป้องกันผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันได้ในอนาคต



417234846

BUU\_1Thesis\_59910218\_thesis / rev: 26062563 22:43:06 / seq: 44

## 2. ผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ได้จากแบบจำลอง SWAT

ผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ได้จากแบบจำลอง SWAT พบว่า (1) ลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำแม่กลอง มีการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่การเกษตรเพิ่มขึ้น แต่พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่อื่นๆ ลดลง ในปี พ.ศ. 2559 ซึ่งผลการประเมินธาตุอาหารของแบบจำลอง SWAT ปี พ.ศ. 2555 โดยการใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT มีปริมาณเพิ่มขึ้นในแต่ละเดือนอย่างเห็นได้ชัดเจน (2) บริเวณลุ่มน้ำย่อยปากแม่น้ำท่าจีน มีการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น แต่พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่อื่น ๆ ลดลงในปี พ.ศ. 2559 ซึ่งผลการประเมินธาตุอาหารของแบบจำลอง SWAT ปี พ.ศ. 2555 โดยการใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT มีปริมาณลดลงในแต่ละเดือนของการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2555 อย่างเห็นได้ชัดเจน สรุปได้ว่า บริเวณชายฝั่งทะเลเป็นบริเวณที่อยู่ติดกับพื้นดินที่มีความลาดชันน้อยและค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากได้รับอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลง และได้รับธาตุอาหารจากการชะล้างผิวหน้าดินลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ประเภทพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่การเกษตร และพื้นที่ป่าไม้ มีผลต่อลักษณะการไหลของน้ำท่าและการชะล้างธาตุอาหารบนพื้นดิน ส่งผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสเปลี่ยนไป โดยเฉพาะกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ด้วยชุมชนหรือเมืองจะมีการปล่อยน้ำทิ้ง น้ำเสีย ซึ่งจะทำให้ สารประกอบฟอสฟอรัส ได้แก่ กลุ่มฟอสเฟต และ โพลีฟอสเฟต เพิ่มมากขึ้นในแหล่งน้ำ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม จะมีการใช้ปุ๋ย และสารเคมีจำนวนมาก เมื่อมีการชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ จะเกิดการสะสมกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ เช่น ไนเตรต ไนไตรท์ และแอมโมเนียม และโรงงานอุตสาหกรรม จะมีน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น น้ำจากการชะล้างสิ่งสกปรกของเครื่องจักร พื้นโรงงาน น้ำจากกระบวนการผลิตที่มีสารเคมี เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำทำให้แหล่งน้ำนั้นเน่าเสีย มีกลิ่นเหม็น อันเนื่องมาจากกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในน้ำ และบางครั้งยังทำให้แหล่งน้ำนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้อุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ เช่น การเลี้ยงสุกร ไก่ ปลา และกุ้ง ยังเป็นต้นกำเนิดของน้ำเสียที่เกิดจากการล้างคอกสัตว์เลี้ยงหรือบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งมีสารอินทรีย์เจือปนอยู่สูง ซึ่งจะเป็นสาเหตุของการเกิดแพลงก์ตอนบลูมในแหล่งน้ำ



417234846

BUU\_1Thesis\_59910218\_thesis / rev: 26062563 22:43:06 / seq: 44

### 3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จากแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ด้วยการทดสอบทางสถิติ (One -Way ANOVA) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสบริเวณอ่าวไทยตอนบนของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ไม่แตกต่างกันในแต่ละสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และยิ่งพบว่าปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงในช่วงเวลาหนึ่งจะส่งผลทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลหนาแน่นขึ้นในเวลาต่อมา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแต่ละลุ่มน้ำย่อย ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และกลางอ่าวไทยตอนบน มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนก่อนหน้าหนึ่งเดือนใน 3 ลุ่มน้ำย่อย (แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำบางปะกง) และปริมาณฟอสฟอรัสก่อนหน้าหนึ่งเดือนทั้ง 4 ลุ่มน้ำย่อย (แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และกลางอ่าวไทยตอนบน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) สอดคล้องกับ OSPAR (2001) การเพิ่มธาตุอาหารในรูปสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กและขนาดใหญ่อย่างรวดเร็วจนเป็นอันตรายต่อสมดุลของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในแหล่งน้ำ และคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำและสอดคล้องกับ Bold (2529) แร่ธาตุอาหารมีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช แร่ธาตุอาหารที่จำเป็นที่สุดของแพลงก์ตอนพืชคือ ไนโตรเจนและฟอสเฟต

กรณีไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงกับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้ง 4 ลุ่มน้ำย่อยจากแบบจำลอง SWAT อาจเป็นผลมาจากบริเวณลุ่มแม่น้ำบางปะกง พื้นที่บริเวณข้างเคียงลำน้ำนอกจากเป็นแหล่งชุมชน ที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท แล้วยังเป็นแหล่งเกษตรกรรม ซึ่งภายหลังเปลี่ยนมาเป็นการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมากขึ้น เป็นบ่อเลี้ยง บ่อเพาะฟัก และบ่ออนุบาล กระจายตัวอยู่บนลุ่มน้ำบางปะกงและในแม่น้ำบางปะกง (สมภาพ รุ่งสุภา และคณะ, 2549) จากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ การปล่อยน้ำเสียและการชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำเสื่อมโทรมลง โดยเฉพาะการลดลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนียบริเวณปากแม่น้ำ อีกทั้งแม่น้ำบางปะกงยังได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเล (Tidal Estuary) ทำให้น้ำในแม่น้ำมีความเค็มสูงและไหลเร็ว ในขณะที่น้ำขึ้นในช่วงฤดูน้ำน้อยช่วงเดือนมิถุนายน ถึง เดือนพฤษภาคม ซึ่งในทางตรงกันข้ามช่วงฤดูน้ำมาก ช่วงเดือนมิถุนายน ถึง เดือนพฤศจิกายน ความเค็มตลอดลำน้ำลดลง เป็นน้ำจืดตลอดถึงปากแม่น้ำ จาก



417234846

BUU\_1Thesis 59910218 thesis / rev: 26062563 22:43:06 / seq: 44

ลักษณะดังกล่าวทำให้มีการกระจายของเสียและธาตุอาหารจากจุดปล่อยต่าง ๆ ในแม่น้ำกระจายไปทั่วลำน้ำอย่างรวดเร็วและเพิ่มความรุนแรงขึ้นในช่วงฤดูน้ำน้อย (สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2547)

#### 4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสกับปริมาณน้ำฝนของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบนกับปริมาณน้ำฝน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 พบว่าปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้ง 4 ลุ่มน้ำย่อย (ปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่น้ำบางปะกง) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณน้ำฝนทั้งมี 5 สถานี ได้แก่ ปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่น้ำบางปะกง และกลางอ่าวไทยตอนบน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางถึงสูงมาก สอดคล้องกับ ธีราพร วิริวุฒิกิจ.(2539) ศึกษาการแปรผันระยะยาวของสารอาหารในอ่าวไทยตอนบน พบว่าความเข้มข้นของสารอาหารในอ่าวไทยตอนบนมี ค่าสูงบริเวณใกล้ฝั่ง และอิทธิพลของน้ำจืดที่ไหลลงอ่าวเป็นปริมาณมากส่งผลต่อความเข้มข้นของสารอาหารให้เพิ่มมากขึ้นและยังสอดคล้องกับ ประยูร สุรตระกฐ (2536) กล่าวว่าบริเวณปากแม่น้ำเมื่อเกิดฝนตกหนัก จะทำให้น้ำจืดไหลลงทะเลจนความเค็มลดต่ำลง น้ำฝนจะชะล้างแร่ธาตุอาหาร จากแผ่นดินลงสู่ทะเล ส่งผลให้แพลงก์ตอนเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

#### 5. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝนบริเวณอ่าวไทยตอนบน

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนในแต่ละสถานี จากการทดสอบทางสถิติ (One -Way ANOVA) พบว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนของแต่ละสถานีไม่แตกต่างกันในแต่ละสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และพบว่าปริมาณน้ำฝนสูงในช่วงเวลาหนึ่งจะส่งผลทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลหนาแน่นขึ้นในเวลาต่อมา จะเห็นได้ว่าเดือนมิถุนายนมีปริมาณน้ำฝนเพิ่มสูงแล้วลดลง และเพิ่มปริมาณสูงที่สุดในกันยายนจากนั้นค่อยๆลดลงจนต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่มีความหนาแน่นในช่วงเดือนกรกฎาคมแล้วลดลงและมีความหนาแน่นสูงในช่วงเดือนตุลาคม-เดือนพฤศจิกายน สอดคล้องกับ ประยูร สุรตระกฐ.(2536) สรุปว่าน้ำฝนจะชะล้างแร่ธาตุจากแผ่นดินลงสู่ทะเลไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของเหล่าแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น



417234846

BUU\_1Thesis\_59910218\_thesis / rev: 26062563 22:43:06 / seq: 44



การวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนทั้ง 5 สถานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.37 0.34 0.31 0.36 และ 0.34 ตามลำดับ และยังพบปริมาณคลอโรฟิลล์-เอของสถานีหนึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนอีกสถานีหนึ่งของพื้นที่ศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบว่าปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.25 สอดคล้องกับ จริยา อรรคบุตร และคณะ (2558) ทำการศึกษาการติดตามการเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนในด้วยการรับรู้จากระยะไกล พบว่าการกระจายความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน มีค่าค่อนข้างสูง เพราะเป็นแหล่งรองรับน้ำจากลำคลองและแม่น้ำสายต่างๆ

## 6. การใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อดูการกระจายความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวนทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน

การประยุกต์เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 โดยการใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม AQUA โดยใช้ผลิตภัณฑ์ Level 3/ OCI มีความละเอียด 4,000 x 4,000 เมตร สามารถตรวจหาปริมาณคลอโรฟิลล์-เอรายเดือน เพื่อติดตามปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่นบริเวณอ่าวไทยตอนบนได้ดี เนื่องจากความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอที่มีปริมาณสูงมักพบในบริเวณที่เกิดภาวะยูโทรฟิเคชั่น (Frederic, 2002) แต่มีข้อจำกัดด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม AQUA จะมีระยะห่างจากชายฝั่งประมาณ 2 กิโลเมตรและตรวจวัดได้ที่ระดับผิวน้ำทะเล

จากการศึกษาพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอมีความหนาแน่นสูงในช่วงเดือนกรกฎาคม และช่วงเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายนสอดคล้องกับปรากฏการณ์น้ำเปียด-น้ำกันที่เกิดจากน้ำจืดปริมาณมากมาปะทะกับน้ำทะเลแบบเฉียบพลันทำให้น้ำกร่อยถูกผลักดันให้แพร่กระจายออกไปในทะเลได้ไกล ซึ่งอ่าวไทยตอนบนมักเกิดในช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายน (สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2540) โดยเฉพาะบริเวณใกล้ชายฝั่งและปากแม่น้ำ สามารถพบการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีได้บ่อยครั้งและเกิดขึ้นซ้ำๆ ต่อเนื่องยาวนานในช่วงฤดูฝนจนถึงต้นฤดูหนาว (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2559) เป็นปัญหามลภาวะทางน้ำทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ



417234846

BUU-IThesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

ลดต่ำลงจนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและแหล่งน้ำสูญเสียทัศนียภาพและสอดคล้องกับ Frederic (2002) ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นมักพบในบริเวณที่เกิดภาวะยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ดังนั้นความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์จึงนำไปเป็นตัวชี้วัดมวลของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำ

การกระจายความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์-เอบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง สูงกว่าบริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน เนื่องจากเป็นอ่าว กึ่งปิดทำให้การหมุนเวียนและถ่ายเทของมวลน้ำเกิดขึ้นได้น้อยส่งผลให้การกระจายตัวของสารอาหาร สูงอยู่รวมกันได้นาน อีกทั้งยังมีแม่น้ำสายหลัก 4 สายเป็นแหล่งธาตุอาหารที่ไหลลงสู่อ่าวไทยตอนบนที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อระบบนิเวศ (มินตรา มารบุญ และคณะ, 2559) ซึ่งเป็นแหล่งอาหารสำคัญของ แพลงก์ตอนพืชทำให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันหรือน้ำ ทะเลเปลี่ยนสี สอดคล้องกับการศึกษาของ จริญญา อรรถบุตร และคณะ.(2558) ในการศึกษาการ เปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนในด้วยการรับรู้จากระยะไกล ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม TERRA และ AQUA โดยแสดงให้เห็นว่าช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายน การ กระจายตัวแพลงก์ตอนพืชหนาแน่นสูงบริเวณชายฝั่งตะวันออก และช่วงเดือนตุลาคม-มกราคม การ กระจายตัวแพลงก์ตอนพืชหนาแน่นสูงบริเวณชายฝั่งตะวันตก และสอดคล้องกับการศึกษาของ อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ และอัญญาดา มีสุข.(2556) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณพื้นผิวน้ำทะเลอันดามันจากการประมวลผลภาพดาวเทียม AQUA MODIS โดยแสดงถึง ประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวน้ำทะเลจากอุปกรณ์ตรวจวัดบน ดาวเทียมที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้



417234846

## ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาวิจัยเรื่องการติดตามปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันโดยการใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม AQUA กับปริมาณธาตุอาหารบนลุ่มน้ำด้วยแบบจำลองอุทกวิทยาเชิงกายภาพ (SWAT) บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย มีข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตดังนี้

(1) การใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม ตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม AQUA โดยใช้ผลิตภัณฑ์ Level 3/ OCI มีความละเอียด 4,000 x 4,000 เมตร แต่มีข้อจำกัดโดยไม่สามารถตรวจวัดบริเวณชายฝั่งในระยะห่างประมาณ 2 กิโลเมตร ดังนั้นควรมีการเก็บข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอและรวบรวมปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน บริเวณชายฝั่งอย่างสม่ำเสมอและครอบคลุมพื้นที่เพื่อใช้เป็นตัวแทนข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอให้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นและเพื่อใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ส่งผลทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการจัดการลุ่มน้ำและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

(2) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน ควรเพิ่มศึกษาการไหลเวียนของกระแส น้ำ และอิทธิพลมรสุม เพื่อให้ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง แต่ละเวลาที่ถูกต้องชัดเจนมากยิ่งขึ้น

(3) การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้เปรียบเทียบข้อมูลจากการประเมินของแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่จริง เนื่องจากข้อมูลปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่จะนำมาใช้เปรียบเทียบมีช่วงเวลาเก็บข้อมูลน้อยเกินไป ประกอบกับการเก็บข้อมูลเดือนละ 1-2 ครั้งและช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลอาจเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณมากหรือน้อย ดังนั้นควรมีการเก็บข้อมูลปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากแบบจำลอง SWAT บนลุ่มน้ำย่อยบริเวณอ่าวไทยตอนบน ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ทุกช่วงฤดูกาล และสม่ำเสมอ เพื่อเป็นตัวแทนสำหรับเปรียบเทียบข้อมูลจากการประเมินของแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่จริง ให้มีความถูกต้อง แม่นยำตรงกับสภาพลุ่มน้ำจริงมากขึ้น และเป็นข้อมูลสำหรับคาดการณ์การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันได้ในอนาคต

# ภาคผนวก



417234846

BUU iThesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

# งานวิชาการที่เผยแพร่



417234846

BUU iThesis 59910218 thesis / rcv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

การติดตามปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันโดยการใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม  
บริเวณอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย : ผลการศึกษาเบื้องต้น

The Monitoring of Eutrophication Using Multi-Satellite Data in  
the Upper Gulf of Thailand : Preliminary Results

ศราวุธ เตียงกุล(Sarawut Tiangkun)<sup>1\*</sup> กฤษณัยน์ เจริญจิตร(Kitsanai Charoenjit)<sup>2</sup>

ภูมิพัฒน์ ภาชนะ(Bhumiphat Pachana)<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ <sup>3</sup> ศูนย์ความเป็นเลิศด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและพิษวิทยา

<sup>2</sup> ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคตะวันออก

คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

\*Corresponding author. E-mail: sarawut.tiangkun@gmail.com

บทคัดย่อ

อ่าวไทยตอนบนเป็นแหล่งรองรับธาตุอาหารจากแม่น้ำสายหลัก มีลักษณะเป็นอ่าวกึ่งปิด ทำให้การหมุนเวียนและการถ่ายเทของมวลน้ำเกิดขึ้นได้น้อยส่งผลให้การกระจายตัวของสารอาหารสูงอยู่รวมกันได้นาน โดยเฉพาะช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนสูง เป็นเหตุให้เกิดภาวะยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของปริมาณคลอโรฟิลล์-เอบริเวณพื้นผิวน้ำทะเลอ่าวไทยตอนบน และหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝน โดยใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียม Aqua MODIS และข้อมูลปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวน้ำทะเลอ่าวไทยตอนบนในรอบปี มีความหนาแน่นสูงในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน และมีค่าต่ำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ อาจมีความสอดคล้องกับกระบวนการน้ำเบียดน้ำกัน อันเกิดจากน้ำจืดปริมาณมากไหลมาปะทะกับน้ำทะเลแบบเฉียบพลัน และดาวเทียม Aqua MODIS มีประสิทธิภาพในการตรวจวัดข้อมูลคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวน้ำทะเล

**คำสำคัญ:** ยูโทรฟิเคชัน คลอโรฟิลล์-เอ อ่าวไทยตอนบน ปริมาณน้ำฝน ภาพถ่ายจากดาวเทียม Aqua MODIS

### Abstract

The Upper Gulf of Thailand is known to supporting of the nutrient transportation from the main rivers. The semi-closed estuaries and current circular are shaped of this Upper Gulf. Thus the nutrient is more stocked in this area. Moreover, the Eutrophication is extremely potential occurred and may negative effected to the bio-aquatic in this area. The objective of this study, first is to investigation to the relationship of between the temporal variations of sea surface chlorophyll-a and rainfall using spatial rainfall data and Aqua MODIS data recorded from 2012 to 2016. The result showed that variations in averaged sea surface chlorophyll-a that high values in October and November and low values in February. The results from correlation analysis indicated that there are positive relationships between chlorophyll-a concentrations and Rainfall the previous month at significance ( $p < 0.05$ ), suggest that rise and fall of sea surface chlorophyll-a be controlled by Mixing of salt water and fresh water, surface runoff high levels into the estuary instantly, Aqua MODIS effective measurement sea surface Chlorophyll-a

**Key Word (s):** Eutrophication, Chlorophyll-a, Upper Gulf of Thailand, Rainfall, Aqua MODIS

### บทนำ

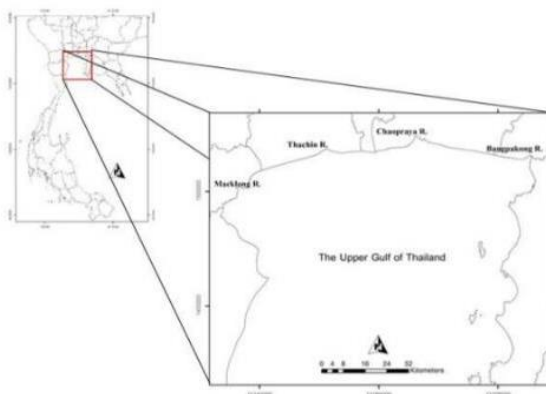
ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) เป็นการเจริญเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียว และพืชน้ำที่แพร่พันธุ์อย่างรวดเร็ว เรียกว่าปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red Tide) หรือปรากฏการณ์ขี้ปลาวาฬ ซึ่งเป็นปัญหามลภาวะทางน้ำที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ เนื่องจากส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำน้อยลงจนถึงระดับที่สัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (สุวัจน์, 2549)

อ่าวไทยตอนบนมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคล้ายตัว ก และเป็นเอสทูรีขนาดใหญ่ที่รองรับธาตุอาหารและสารอินทรีย์จากแม่น้ำสายหลักได้แก่ แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง โดยการตั้งถิ่นฐานอยู่อาศัยของประชากรอย่างหนาแน่นตามแนวชายฝั่งเนื่องจากมีความสำคัญหลายด้านทั้งด้านการเกษตรกรรม ด้านการอุตสาหกรรม ด้านการคมนาคมขนส่ง และด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนไหลลงสู่แหล่งน้ำ จากการระบายน้ำทิ้งและการถูกฝนชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ จึงทำให้เกิดการสะสมของธาตุอาหารในสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมไปกระตุ้นให้ผู้ผลิตเบื้องต้นเติบโตอย่างรวดเร็ว (Plankton



bloom) จนก่อให้เกิดปัญหาหมอกภาวะทางน้ำ โดยเฉพาะการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น ส่งผลให้ระบบนิเวศในแหล่งน้ำเสื่อมโทรม ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต (Paeal, 2006) และแหล่งน้ำสูญเสียทัศนียภาพ

ที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาวิธีตรวจวัดและประเมินยูโทรฟิเคชั่นในเชิงปริมาณหลายเทคนิค แต่บางเทคนิคที่นำมาใช้ยังมีข้อจำกัดด้านพื้นที่ งบประมาณ และมีความซับซ้อน ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าวิจัยนี้จึงได้มีการประยุกต์เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 โดยการใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม AQUA โดยใช้ผลิตภัณฑ์ Level 3/ OCI สำหรับตรวจหาปริมาณคลอโรฟิลล์-เอรายเดือน บริเวณอ่าวไทยตอนบน เนื่องจากความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอที่มีปริมาณสูงมักพบในบริเวณที่เกิดภาวะยูโทรฟิเคชั่น (Frederic, 2002) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานไปสู่การวางแผนจัดการ และแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน (ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน)

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559
2. เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝน บริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559



### วิธีดำเนินการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิของภาพดาวเทียม Aqua ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS ผลิตภัณฑ์ Level 3/ OCI

สำหรับตรวจหาปริมาณคลอโรฟิลล์-เอรายเดือน บริเวณอ่าวไทยตอนบนในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 โดยดาวน์โหลดได้ที่เว็บไซต์ Ocean Color (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>) เป็นข้อมูลที่มีรายละเอียดเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) มีความละเอียด 4,000 x 4,000 เมตร และตัดขอบเขตของภาพพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบนทุกภาพ ด้วยโปรแกรม SeaDAS (SeaWiFS Data Analysis System)

2. รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิปริมาณน้ำฝน 14 สถานีในพื้นที่จังหวัดที่อยู่โดยรอบบริเวณอ่าวไทยตอนบน จากกรมอุตุนิยมวิทยาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2559 จากนั้นทำการประมาณค่าข้อมูลปริมาณน้ำฝน เลือกใช้ Inverse Distance Weighted (IDW) และตัดขอบเขตของภาพพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนบน ด้วยโปรแกรม ArcGIS

3. กำหนดสถานีตัวอย่าง โดยเลือกทั้งหมด 5 สถานี คือ ไนร์ศมี 16 ตารางกิโลเมตรจากปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่น้ำบางปะกง และกลางอ่าวไทยตอนบน เพื่อดูการกระจายปริมาณคลอโรฟิลล์-เอและปริมาณน้ำฝน เนื่องจากอิทธิพลการพัดพาตะกอนห่างจากปากแม่น้ำที่ไหลลงอ่าวไทยตอนบนประมาณ 10-15 กิโลเมตร (ส่วนธรณีวิทยาทางทะเล สำนักเทคโนโลยีธรณี, 2555)

4. ตัดภาพข้อมูลเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนและปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ตามขอบเขตพื้นที่สถานีตัวอย่างทั้ง 5 สถานี แบบรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2559 ด้วยโปรแกรม ArcGIS

4. วิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ตามฤดูกาล โดยการนำภาพแต่ละรายเดือนในปีเดียวกัน และภาพรายเดือนที่ตรงกันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2559 มาหาค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์บริเวณอ่าวไทยตอนบน โดยเทคนิคการซ้อนภาพ (Overlay) เลือกใช้ field calculator ด้วยโปรแกรม ArcGIS

5. วิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 เลือกใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ด้วยโปรแกรม Minitab

### ผลการศึกษา

ภาพถ่ายจากดาวเทียมตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน เฉลี่ยรายเดือน ซึ่งได้จากการซ้อนภาพ (Overlay) ในเดือนเดียวกัน ช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ผลการศึกษาดูตามภาพที่ 2 และภาพที่ 3 (a) แสดงให้เห็นว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลในรอบปี ณ

สถานีที่ 1 บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง พบความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในเดือนพฤศจิกายน สูงสุดมีค่าเฉลี่ย  $13.14 \text{ mg/m}^3$  และความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอต่ำสุดช่วงเดือนสิงหาคมมีค่าเฉลี่ย  $1.57 \text{ mg/m}^3$  และเมื่อพิจารณารูปอนุกรมเวลาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลเฉลี่ยรายเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ณ สถานีที่ 1 (ภาพที่ 3 (a)) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ มีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน แล้วค่อยๆลดลงถึงเดือนมิถุนายน จากนั้นเพิ่มขึ้นในเดือนกรกฎาคมแล้วลดลงต่ำสุดในเดือนสิงหาคม

ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลในรอบปี ณ สถานีที่ 2 บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน (ภาพที่ 2 และภาพที่ 3 (b)) พบความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในเดือนพฤศจิกายนสูงสุดมีค่าเฉลี่ย  $19.35 \text{ mg/m}^3$  และความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอต่ำสุดช่วงเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเฉลี่ย  $5.07 \text{ mg/m}^3$  และเมื่อพิจารณารูปอนุกรมเวลาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลเฉลี่ยรายเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ณ สถานีที่ 2 (ภาพที่ 3 (b)) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ มีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน แล้วค่อยๆลดลงต่ำสุดถึงเดือนกุมภาพันธ์ จากนั้นเพิ่มขึ้นในเดือนมีนาคมแล้วลดลงในเดือนพฤษภาคม

ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลในรอบปี ณ สถานีที่ 3 บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (ภาพที่ 2 และภาพที่ 3 (c)) พบความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในเดือนพฤศจิกายนสูงสุดมีค่าเฉลี่ย  $18.21 \text{ mg/m}^3$  และความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอต่ำสุดช่วงเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเฉลี่ย  $4.54 \text{ mg/m}^3$  และเมื่อพิจารณารูปอนุกรมเวลาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลเฉลี่ยรายเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ณ สถานีที่ 3 (ภาพที่ 3 (c)) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ มีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน แล้วค่อยๆลดลงต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ จากนั้นเพิ่มขึ้นถึงเดือนพฤษภาคมแล้วลดลงในเดือนมิถุนายนและเพิ่มสูงในเดือนกรกฎาคมแล้วลดลงในเดือนสิงหาคม

ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลในรอบปี ณ สถานีที่ 4 บริเวณบางประกง (ภาพที่ 2 และภาพที่ 3 (d)) พบความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในเดือนตุลาคมสูงสุดมีค่าเฉลี่ย  $10.95 \text{ mg/m}^3$  และความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอต่ำสุดช่วงเดือนสิงหาคมมีค่าเฉลี่ย  $1.45 \text{ mg/m}^3$  และเมื่อพิจารณารูปอนุกรมเวลาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลเฉลี่ยรายเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ณ สถานีที่ 4 (ภาพที่ 3 (d)) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ เดือนกันยายนเพิ่มสูงถึงเดือนตุลาคม แล้วค่อยๆลดลงถึงเดือนเมษายนจากนั้นเพิ่มขึ้นในเดือนกรกฎาคมแล้วลดลงต่ำลงในเดือนสิงหาคม

ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลในรอบปี ณ สถานีที่ 5 บริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน (ภาพที่ 2 และภาพที่ 3 (e)) พบความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในเดือนตุลาคมสูงสุดมีค่าเฉลี่ย  $4.95 \text{ mg/m}^3$  และความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอต่ำสุดช่วงเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเฉลี่ย  $0.39 \text{ mg/m}^3$  และเมื่อพิจารณารูปอนุกรมเวลาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลเฉลี่ยรายเดือนบริเวณ

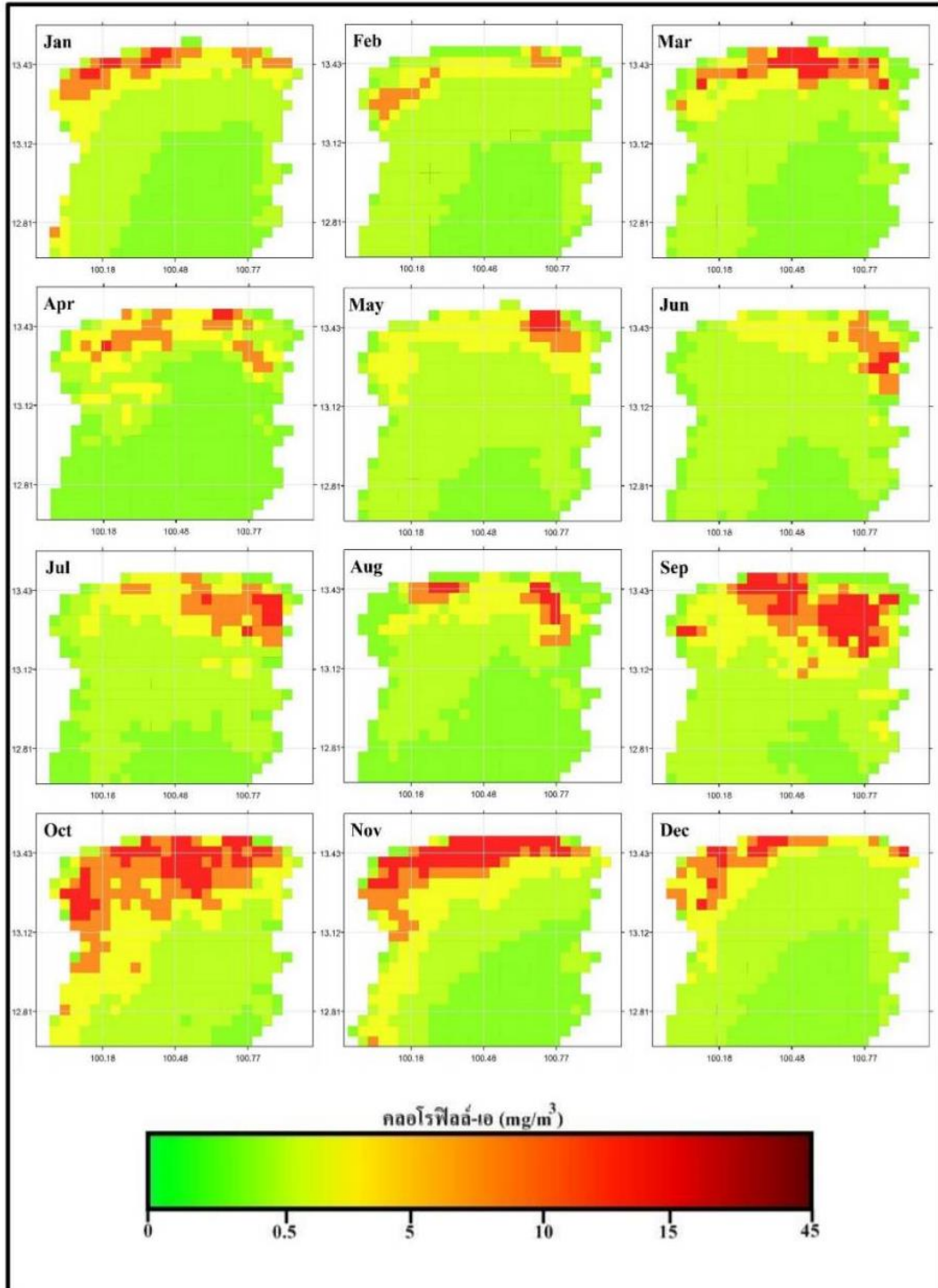


อ่าวไทยตอนบน ณ สถานีที่ 5 (ภาพที่ 3 (e)) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ก้นยานเพิ่มสูงถึงเดือนตุลาคม แล้วมีแนวโน้มค่อยๆลดลงต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์จากนั้นเพิ่มขึ้นถึงเดือนเมษายนแล้วลดลงในเดือนพฤษภาคมแล้วสูงขึ้นถึงเดือนกรกฎาคมและลดลงเล็กน้อยในเดือนสิงหาคม โดยภาพรวมจะพบว่าสถานีที่ 5 บริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน มีการเปลี่ยนแปลง และมีความหนาแน่นปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ น้อยกว่าสถานีอื่นๆ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ห่างจากบริเวณปากแม่น้ำที่ไหลลงสู่อ่าวไทยตอนบน

เมื่อศึกษาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนในแต่ละสถานี จากการทดสอบทางสถิติ (One -Way ANOVA) พบว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนของแต่ละสถานีไม่แตกต่างกันในแต่ละสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จากภาพปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) บริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปี ในช่วงปี พ.ศ. 2550-2559 (ภาพที่ 4 และภาพที่ 5 (a-e)) พบว่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนตุลาคมที่สถานี 1 มีค่าเฉลี่ย 252.84 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนกันยายน ที่สถานีที่ 2, 3, 4 และ 5 โดยมีค่าเฉลี่ย 304.79, 319.96, 309.57 และ 259.37 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำฝนต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ ทั้ง 5 สถานี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.06, 8.16, 9.77, 9.64 และ 9.16 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณากราฟอนุกรมเวลาความเข้มข้นของปริมาณน้ำฝนที่ผิวทะเลเฉลี่ยรายเดือนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ทั้ง 5 สถานี (ภาพที่ 5 (a-e)) พบว่าตั้งแต่เดือนมีนาคมมีแนวโน้มสูงขึ้นจนถึงเดือนมิถุนายนแล้วลดต่ำลงในเดือนกรกฎาคมจากนั้นก็เพิ่มสูงจนถึงกันยายนแล้วลดต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์

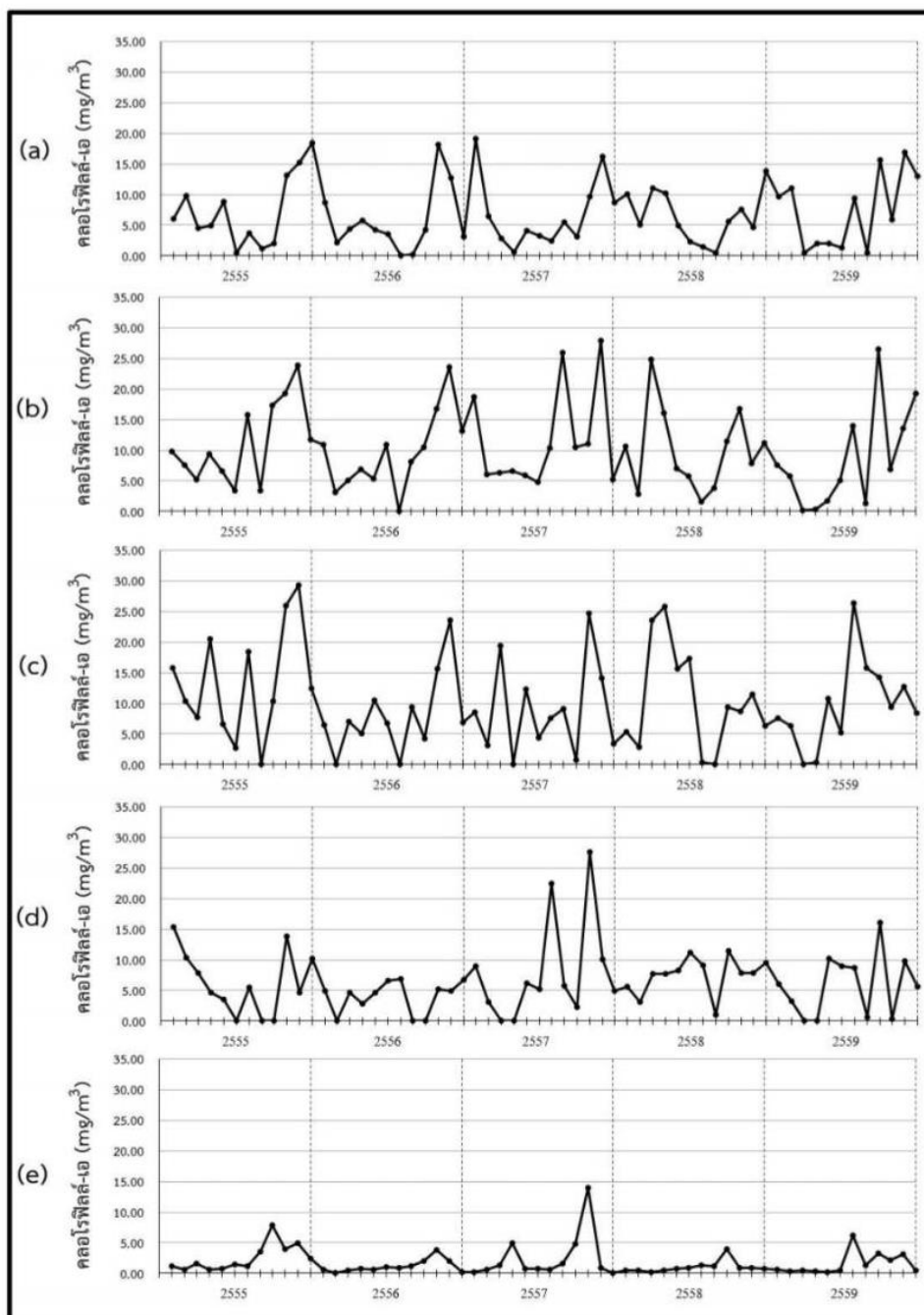


417234846



ภาพที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ เฉลี่ยที่ผิวทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปี ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559

417234846  
BUU\_Thesis\_59910218\_thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44



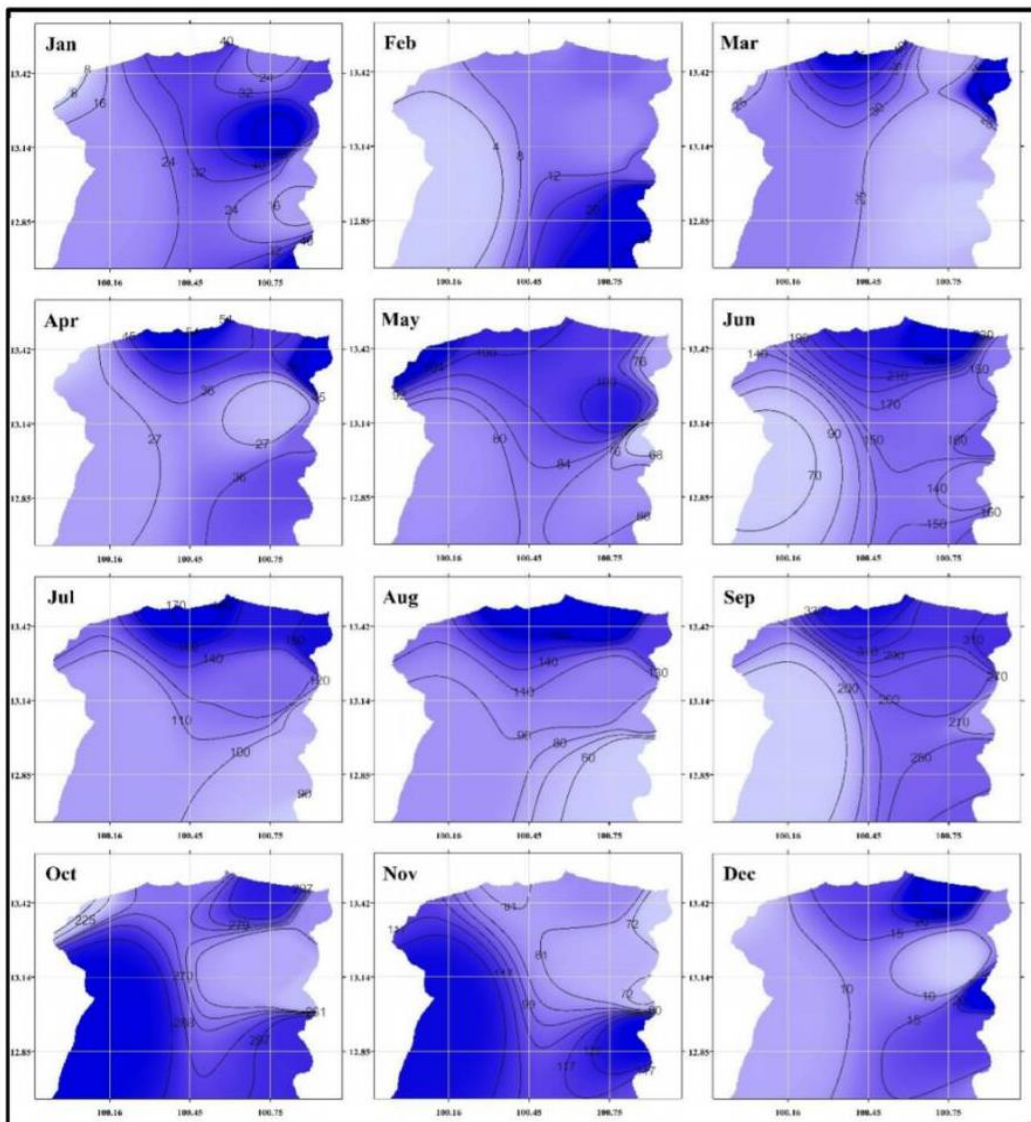
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปีจากค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ทั้ง 5 สถานี (a) ปากแม่น้ำแม่กลอง (b) ปากแม่น้ำท่าจีน (c) ปากแม่น้ำเจ้าพระยา (d) ปากแม่น้ำบางปะกง และ (e) กลางอ่าวไทยตอนบน



417234846

BUU\_1Thesis\_59910218\_thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44





ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) บริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปี ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝนบริเวณอ่าวไทยตอนบนทั้ง 5 สถานี ในช่วงปี 2555-2559 (ภาพที่ 2 ถึง ภาพที่ 5) พบว่าเมื่อมีปริมาณน้ำฝนสูงในช่วงเวลาหนึ่งจะส่งผลทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลหนาแน่นขึ้นในเวลาต่อมา จะเห็นได้ว่าเดือนมิถุนายนมีปริมาณน้ำฝนเพิ่มสูงแล้วลดลง และเพิ่มปริมาณสูงที่สุดในกันยายนจากนั้นค่อยๆลดลงจนต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่มีความหนาแน่นในช่วง

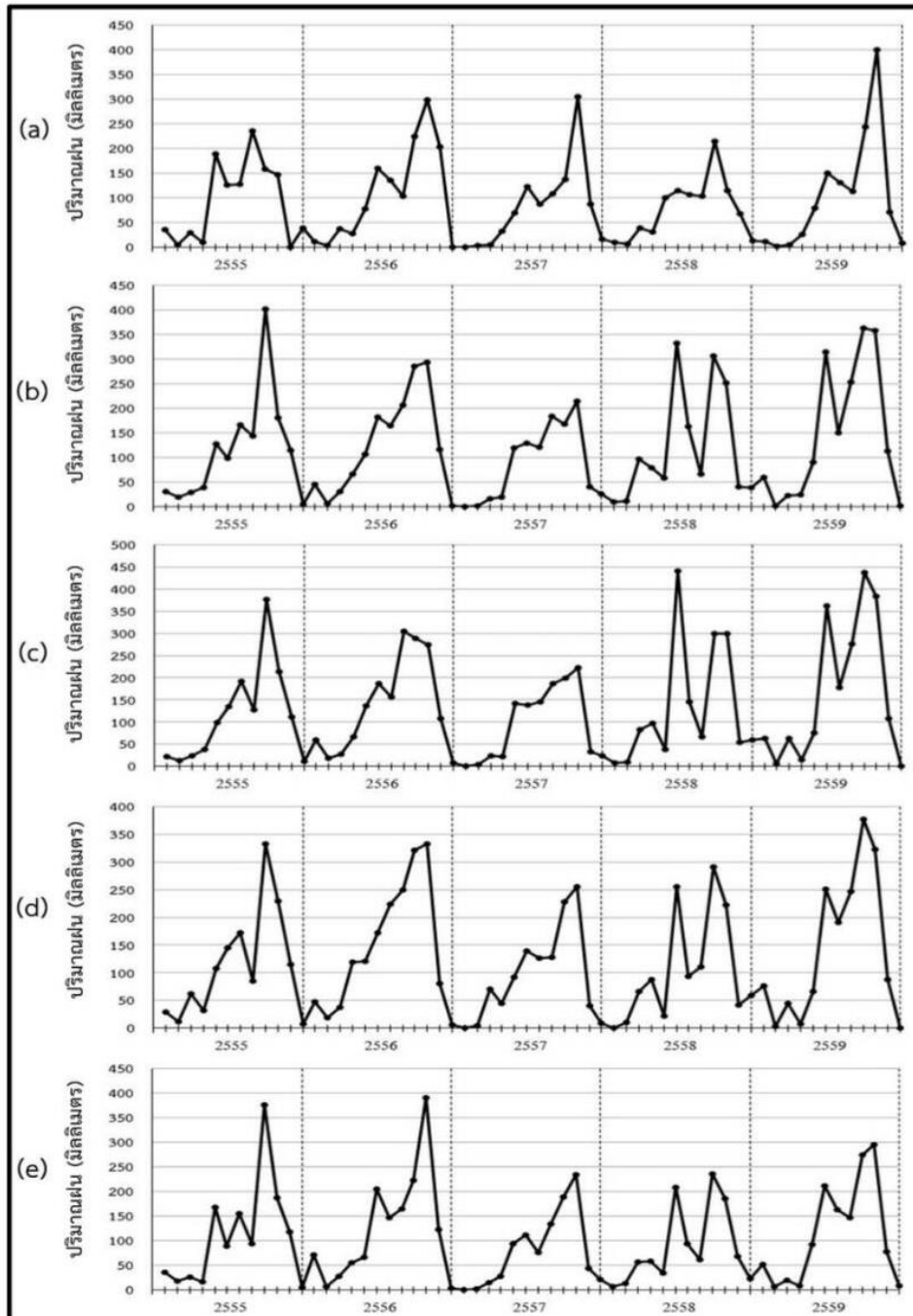
417234846  
 BUU iThesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

เดือนกรกฎาคมแล้วลดลง และมีความหนาแน่นสูงในช่วงเดือนตุลาคม-เดือนพฤศจิกายน จากการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือน บริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 พบว่าปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.25 มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ



417234846

BUU-IThesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบริเวณอ่าวไทยตอนบนในรอบปีจากค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ทั้ง 5 สถานี (a) ปากแม่น้ำแม่กลอง (b) ปากแม่น้ำท่าจีน (c) ปากแม่น้ำเจ้าพระยา (d) ปากแม่น้ำบางปะกง และ (e) กลางอ่าวไทยตอนบน



### สรุปและอภิปรายผล

การกระจายความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์-เอบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง สูงกว่าบริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน เนื่องจากเป็นอ่าวกึ่งปิดทำให้การหมุนเวียนและถ่ายเทของมวลน้ำเกิดขึ้นได้น้อยส่งผลให้การกระจายตัวของสารอาหารสูงอยู่รวมกันได้นาน อีกทั้งยังมีแม่น้ำสายหลัก 4 สายเป็นแหล่งธาตุอาหารที่ไหลลงสู่อ่าวไทยตอนบนที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อระบบนิเวศ (มินตรา มารบุญ และคณะ, 2559) ซึ่งเป็นแหล่งอาหารสำคัญของแพลงก์ตอนพืชทำให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันหรือน้ำทะเลเปลี่ยนสี สอดคล้องกับการศึกษาของ จริยา อรรคบุตร และคณะ.(2558) ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนในด้วยการรับรู้จากระยะไกล ด้วยอุปกรณ์ดาวเทียม MODIS บนดาวเทียม TERRA และ AQUA โดยแสดงให้เห็นว่าช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายน การกระจายตัวแพลงก์ตอนพืชหนาแน่นสูงบริเวณชายฝั่งตะวันออก และช่วงเดือนตุลาคม-มกราคม การกระจายตัวแพลงก์ตอนพืชหนาแน่นสูงบริเวณชายฝั่งตะวันตก และสอดคล้องกับการศึกษาของ อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ และอัญญา มิสุข.(2556) ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณพื้นผิวน้ำทะเลอันดามันจากการประมวลผลภาพดาวเทียม AQUA MODIS โดยแสดงถึงประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่ผิวทะเลจากอุปกรณ์ดาวเทียมที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์-เอกับปริมาณน้ำฝนบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี 2555-2559 พบว่าปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าหนึ่งเดือนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอบริเวณที่ผิวทะเล เมื่อมีปริมาณน้ำฝนสูงในช่วงเวลาหนึ่งจะส่งผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวทะเลมีความหนาแน่นขึ้นในเวลาต่อมา สอดคล้องกับ อีราพร วิริวุฒิก.(2539) ในการศึกษาการแปรผันระยะยาวของสารอาหารในอ่าวไทยตอนบน พบว่าความเข้มข้นของสารอาหารในอ่าวไทยตอนบนมีค่าสูงบริเวณใกล้ฝั่ง และอิทธิพลของน้ำจืดที่ไหลลงอ่าวเป็นปริมาณมากส่งผลต่อความเข้มข้นของสารอาหารให้เพิ่มมากขึ้น และยังสอดคล้องกับประยูร สุรตระกูล.(2536) สรุปว่าน้ำฝนจะชะล้างแร่ธาตุจากแผ่นดินลงสู่ทะเลไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของเหล่าแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน

ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอมีความหนาแน่นสูงในช่วงเดือนกรกฎาคม และช่วงเดือนกันยายน ถึงพฤศจิกายน

สอดคล้องกับปรากฏการณ์น้ำเบียด-น้ำก้นที่เกิดจากน้ำจืดปริมาณมากมาปะทะกับน้ำทะเลแบบเฉียบพลันทำให้น้ำกร่อยถูกผลักดันให้แพร่กระจายออกไปในทะเลได้ไกล ซึ่งอ่าวไทยตอนบนมักเกิดในช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายน (สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2540) โดยเฉพาะบริเวณใกล้ชายฝั่งและปากแม่น้ำ สามารถพบการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีได้บ่อยครั้ง และเกิดขึ้นซ้ำๆ ต่อเนื่อง

ยาวนานในช่วงฤดูฝนจนถึงต้นฤดูหนาว (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2559) เป็นปัญหามลภาวะทางน้ำทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดต่ำลงเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและแหล่งน้ำสูญเสียทัศนียภาพ

### ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการเกิดภาวะยูโทรฟิเคชันครั้งนี้ เป็นเพียงการศึกษาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอ และอธิพลาจากปริมาณน้ำฝน ดังนั้นควรศึกษาปัจจัยการไหลเวียนกระแสในอ่าวไทยตอนบนเพื่อวิเคราะห์ทิศทางการแพร่กระจายปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และวิเคราะห์สาเหตุหรือคาดการณ์ สำหรับเพื่อวางแผนจัดการคุณภาพน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนในอนาคตต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาผศ.ดร. ภูมิพัฒน์ ภาชนะ และดร. กฤษณีย์ เจริญจิตร ผู้ให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำตลอดมา

ผู้ทำการศึกษายกขอขอบคุณอธิบดีกรมพัฒนาที่ดินที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ขอขอบคุณผู้อำนวยการสำนักจัดการคุณภาพน้ำที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำ และขอขอบคุณผู้อำนวยการบริการข้อมูลดิจิทัลอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่ให้ความความอนุเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี (2555), รายงานวิชาการ ธรณีวิทยาภาพพื้นที่ทะเลอ่าวไทยตอนบน, ส่วนธรณีวิทยาทางทะเล สำนักเทคโนโลยีธรณี, กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี
- จิริยา อรรถบุตร และคณะ. (2558). การติดตามการเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนในด้วยการรับรู้จากระยะไกล. การประชุมวิชาการนิสิตนักศึกษาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ธวัชชัย นาอุดมและคณะ. (2556). การเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาและพื้นที่ของคุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนในสองฤดูกาลช่วงปี พ.ศ. 2552. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา (วิทยาศาสตร์), 18(2), 32-42.
- ธีราพร วิริวุฒิก. (2539) การแปรผันระยะยาวของสารอาหารในอ่าวไทยตอนบน. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

- มินตรา มารบุญ และคณะ. (2559). การแพร่กระจายของธาตุอาหารในอ่าวไทย. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- อนุกุล บูรณประทีปรัตน์ และอัญญาดา มีสุข. (2556). การเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณพื้นผิว ทะเลอันดามันจากการประมวลผล ภาพดาวเทียมอะควา โมดิส (Aqua MODIS). วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา (วิทยาศาสตร์), 18(1), 194-201.
- อัศดร คำเมือง. (2553). แนวทางพัฒนาชุดตรวจสอบยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำจืดอย่างง่าย: กรณีศึกษาจังหวัดปทุมธานี และจังหวัดนครนายก. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.



417234846

## บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรธรณี. (2555). รายงานวิชาการธรณีวิทยากายภาพพื้นที่ทะเลอ่าวไทยตอนบน. กรุงเทพฯ: ส่วนธรณีวิทยาทางทะเล สำนักเทคโนโลยีธรณี กรมทรัพยากรธรณี
- กรมทรัพยากรธรณี. (2555). รายงานวิชาการธรณีวิทยากายภาพพื้นที่ทะเลอ่าวไทยตอนบน. กรุงเทพฯ: ส่วนธรณีวิทยาทางทะเล สำนักเทคโนโลยีธรณี กรมทรัพยากรธรณี
- จตุพร ปัญญาวัฒน์. (2553). การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT2000/GIS ในการประเมินการกระจายตัวของธาตุอาหารเชิงพื้นที่จากลุ่มน้ำอุ้ตะเภาลงสู่ทะเลสาบสงขลา. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต), ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จริยา อรรถบุตร และคณะ. (2558). การติดตามการเปลี่ยนแปลงแปลงก่ตอนพีชบริเวณอ่าวไทยตอนใน ด้วยการรับรู้จากระยะไกล. การประชุมวิชาการนิสิตนักศึกษาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 1-10.
- จำลอง แผลกสรน้อย. (2549). การประยุกต์การรับรู้ระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าดิบแล้งและป่าเต็งรัง บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกกราช. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บัณฑิต วิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- จุฑาทพร เนียมวงศ์ และคณะ. (2559). ตัวแบบทางสถิติในการคาดการณ์การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณชายฝั่งทะเลบางแสน จ.ชลบุรี. การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 8, 227-286, มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา.
- เขาวลิต ศิลปะทอง. (2553). หลักการเบื้องต้นการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล (Remote Sensing). ประจวบคีรีขันธ์: สำนักชลประทานที่ 14, การจัดการความรู้.
- ณัฐรัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ. (2548). ระบบนิเวศน้ำกร่อยแม่น้ำบางปะกง. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์. (2536). ผลกระทบของน้ำทะเลเปลี่ยนสีและการจัดการปัญหาน้ำเปลี่ยน. กรุงเทพฯ: กองประมงทะเล กรมประมง กระทรวงเกษตร และสหกรณ์.
- ธวัชชัย นาอุดม และคณะ. (2556). การเปลี่ยนแปลงเชิงแสงและพื้นที่ของคุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าว



- ไทยตอนบนในสองฤดูกาลช่วงปี พ.ศ. 2552. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 18, 2-32.
- ธีราพร วิริวุฒิกิจ. (2539). *การแปรผันระยะยาวของสารอาหารในอ่าวไทยตอนบน*. วิทยานิพนธ์  
มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิคม อ่อนศรี และ ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. (2546). *สภาวะยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลา.  
สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา กรมประมง*.
- ปริญญา ขำวารี. (2553). *ผลของพื้นที่ยางพารา (Hevea brasiliensis Mull) ต่อคุณภาพน้ำ บริเวณ  
พื้นที่ลุ่มน้ำตรัง*. วิทยาสตรมหาบัณฑิต, การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม, ภาควิชาอนุรักษ์  
วิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภัทรา ชัยเพียรเจริญกิจ. (2551). *ศักยภาพด้านความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลดาวเทียม THEOS ใน  
การจำแนกสิ่งปกคลุมดิน : กรณีศึกษาพื้นที่สวนลำไย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,  
สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มินตรา มารบุญ และคณะ. (2560). *การแพร่กระจายของธาตุอาหารในอ่าวไทย. การประชุมทางวิชาการ  
ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55, กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 686-  
693*.
- วิชญา กันบัว และคณะ. (2557). *การศึกษาโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนในแม่น้ำบางปะกง ปี พ.ศ.  
2553. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 19 (ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์  
วิจัย ครั้งที่ 6), 87-96*.
- แววตา ทองระอา. (2541). *การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบางปะกงในขณะเกิดปรากฏการณ์ซีปลาวาฬ  
บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 6(1), 35-52*.
- แววตา ทองระอา และคณะ. (2539). *ผลกระทบของโครงการพัฒนาชายฝั่งทะเลตะวันออกที่มีต่อ  
คุณภาพน้ำในแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล*. มหาวิทยาลัยบูรพา, สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล  
มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ. (2546). *การตรวจเฝ้าระวังปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในประเทศไทย.  
สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 74-80*.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน. (2555). *สถานภาพ ทรัพยากร  
ทางทะเลและชายฝั่ง พ.ศ. 2555-2554*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่ง  
ประเทศไทย



417234846

BUU\_1Thesis\_59910218\_thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44

- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2547). *ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ*. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2557). *คู่มือการใช้งานระบบสืบค้นข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-8*. สทอภ.: ฝ่ายผลิตและคลังข้อมูลมาตรฐาน สำนักปฏิบัติการดาวเทียม
- สิน สิ้นสกุล และคณะ. (2545). *รายงานวิชาการการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งด้านอ่าวไทย*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี.
- สิริพร กมลธรรม. (2546). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เบื้องต้น. *วารสารอุตุนิยมหาวิทยาลัย*, 3 (3), 30-37.
- สุนีย์ สุภีพันธ์. (2527). *เพลงก่ตอนพีชในทะเล*. *เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 18*. กรมประมง: สถาบันวิจัยประมงทะเล กองประมงทะเล.
- สุระ พัฒนเกียรติ. (2533). *หลักเบื้องต้นระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.
- สุวัจน์ ธีรุต. (2549). *มลพิษทางทะเลและชายฝั่ง*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- อดิศักดิ์ เพชรจรัส. (2544). *การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองกุย อำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนุกุล บูรณประทีปรัตน์ และ อัญญาดา มีสุข. (2556). การเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ บริเวณพื้นผิว ทะเลอันดามันจากการประมวลผลภาพดาวเทียมอะควา โมดิส (Aqua MODIS). *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 18(1), 194-201.
- อเนก จุศิริพงษ์กุล. (2539). *การแปรผันในรอบปีของธาตุอาหารที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ได้บริเวณอ่าวไทย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อ่อนจันทร์ โคตรพงษ์ และคณะ. (2553). พลวัตของธาตุอาหารพีช ยูโทรฟิเคชัน และเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย. *วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม*, 6 (2), 1-18.
- อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบุญ และคณะ. (2559). *การประเมินผลกระทบทางนิเวศวิทยาของน้ำจืดต่อระบบนิเวศชายฝั่งอ่าวไทยตอนใน* : รายงานผลการวิจัย. สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย.

อัศดร คำเมือง. (2553). *แนวทางพัฒนาชุดตรวจสอบยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำจืดอย่างง่าย: กรณีศึกษา จังหวัดปทุมธานี และจังหวัดนครนายก*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศาสตรบัณฑิต, การจัดการสิ่งแวดล้อม, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

อุทัย สุขสิงห์. (2548). *การจัดการระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ด้วยโปรแกรม Arcview 3.2a-3.3*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).



417234846

BUU-1Thesis 59910218 thesis / recv: 26062563 22:43:06 / seq: 44