



โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การผันแปรตามฤดูกาลของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณอ่าวไทย
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 – 2561 โดยใช้เทคนิคการรับรู้ระยะไกล
Seasonal variation of chlorophyll-a concentration
in the Gulf of Thailand from 2008 to 2018 using remote sensing

ชื่อนิสิต นางสาวณภัทรา วงษ์สงวน **เลขประจำตัว** 5932806023

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ปีการศึกษา 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การผันแปรตามฤดูกาลของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณอ่าวไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 – 2561
โดยใช้เทคนิคการรับรู้ระยะไกล

ณภัทรา วงษ์สงวน

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2562

Seasonal variation of chlorophyll-a concentration in the Gulf of Thailand
from 2008 to 2018 using remote sensing

Naphatthra Wongsanguan

A Senior Project in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science in Marine Science

Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Academic Year 2019

Project Title Seasonal Variation of Chlorophyll-a Concentration in
 the Gulf of Thailand from 2008 to 2018 using Remote Sensing

By Miss Naphatthra Wongsanguan

Field of Study Marine Science

Advisor Assistant Professor Patama Singhruck, Ph.D.

Accepted by the Department of Marine Science, Faculty of Science,
Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirement for the Bachelor's
Degree.



..... Head of Marine Science

Department

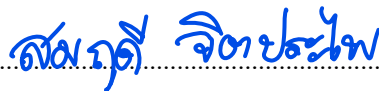
(Assoc. Prof. Voranop Viyakarn, Ph. D.)

PROJECT COMMITTEE



..... Project Advisor

(Assistant Professor Patama Singhruck, Ph.D.)



..... Member

(Asst. Prof. Somrudee Jitpraphai, Ph. D.)



..... Member

(Asst. Prof. Itchika Sivaipram, Ph. D.)



..... Member

(Sujaree Bureekul, Ph. D.)

ชื่อโครงการ	การผันแปรตามฤดูกาลของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณอ่าวไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 - 2561 โดยใช้เทคนิคการรับรู้ระยะไกล
ชื่อนิสิต	นางสาวณภัทรา วงษ์สงวน
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์
ปีการศึกษา	2562
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การผันแปรตามฤดูกาลของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณอ่าวไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 – 2561 โดยรวบรวมข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน จากดาวเทียม MODIS-Aqua และประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม SeaWiFS Data Analysis System (SeaDAS) พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ตลอดระยะเวลา 11 ปี มีค่า 0.7256 mg m^{-3} โดยมีค่าความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ น้อยที่สุดในเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2561 เท่ากับ 0.3699 mg m^{-3} และมีค่าความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มากที่สุดในเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2556 เท่ากับ 1.1927 mg m^{-3} การผันแปรตามฤดูกาลของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเป็นวัฏจักร โดยมีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูง ในเดือนกันยายนถึงช่วงเดือนมกราคม ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และต่อเนื่องจนถึงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าต่ำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้งจนถึงต้นฤดูฝนของทุก ๆ ปี ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อาจมีความสอดคล้องกับปัจจัยแวดล้อมตามฤดูกาล

คำสำคัญ: คลอโรฟิลล์ เอ การผันแปรตามฤดูกาล อ่าวไทย MODIS การรับรู้ระยะไกล

Project title	Seasonal variation of chlorophyll-a concentrations in the Gulf of Thailand from 2008 to 2018 using remote sensing
Name	Miss Naphatthra Wongsanguan
Advisor	Assistant Professor Patama Singhruck, Ph.D.
Academic Year	2019
Department	Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Abstract

This study examines seasonal variation in chlorophyll-a concentrations in the Gulf Of Thailand. Monthly chlorophyll-a concentration data from 2008–2018 were collected from the MODIS-Aqua satellite and processed by SeaWiFS Data Analysis System (SeaDAS). The average concentration of chlorophyll-a for the whole period was 0.7256 mg m^{-3} . The minimum concentration of chlorophyll-a for the period was 0.3699 mg m^{-3} during August 2018. The highest concentration of chlorophyll-a for the period was 1.1927 mg m^{-3} during October 2013. The seasonal variation of chlorophyll-a concentration exhibited a cyclical pattern every year. High chlorophyll-a concentrations occurred between September and January which were at the end of the southwest monsoon and the northeast monsoon season. Low chlorophyll-a concentrations occurred between February and August which were in the dry season and the beginning of the rainy season. The results of this study showed that the increase and decrease in the chlorophyll-a concentration may be consistent with seasonal environmental factors.

Keywords: Chlorophyll-a, Seasonal Variation, Gulf of Thailand, MODIS, Remote Sensing

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยจากการได้รับความเมตตาอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องตลอดระยะเวลาในการทำโครงการ จนโครงการ ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ดังนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปัทมา สิงห์รักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักโครงการ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ที่ได้สละเวลาอันมีค่ายิ่ง อนุเคราะห์ ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการวางแผนการดำเนินงาน ตรวจสอบแก้ไขโครงการ ตลอดจนเอื้อเฟื้อความรู้ วิทยาการ อันเป็นประโยชน์ในงานด้านวิทยาศาสตร์ทางทะเล ส่งผลให้ข้าพเจ้าเข้าใจเหตุและผลของกระบวนการทำงาน และสามารถคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมฤดี จิตประไพ อาจารย์ ดร. สุจารี บุรีกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิชฌิกา ศิวยไพพรหมณ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียัณฑ์ สารมุล สำหรับการควบคุมดูแล ภายใต้การประสานงานโดยรวม

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่าน รวมถึงขอบคุณพี่ ๆ และเพื่อน ๆ ร่วมภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกคน ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีได้กล่าวนามถึง ที่ได้ให้ความเป็นห่วง สนับสนุน ในการจัดทำโครงการฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ทั้งนี้เนื่องจากการจัดทำโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ในครั้งนี้ อยู่ในช่วงระยะเวลาการระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 (COVID-19) จึงส่งผลต่อการปฏิบัติงาน และการนำเสนอผลงาน จึงต้องขอกล่าวขอบพระคุณ บิดามารดา สำหรับกำลังใจอันสำคัญที่มีให้กันเสมอ และได้ให้การสนับสนุนกำลังใจอย่างเต็มกำลัง รวมถึงขอขอบใจ น้องสาวผู้เป็นที่รักยิ่ง และสัตว์เลี้ยงทุกตัวของข้าพเจ้า ที่รับฟัง ให้ความรัก และความอบอุ่นในทุกครั้งที่ใจได้นึกถึง

ฉันทันฉันทันไฟ ด้วยไฟฝัน

หลากหลายคืนวัน มีฝันเปลี่ยน

ทุกข์ทนชั้นแค่น แต่แสนเพียร

หวังใจได้เปลี่ยนสังคม

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
Abstract.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูป.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 แพลงก์ตอนพืช.....	3
2.2 คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll-a).....	3
2.3 การใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing).....	5
2.3.1 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer).....	8
2.4 ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (red tide).....	9
2.5 อ่าวไทย (Gulf Of Thailand).....	9
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10

2.6.1 การศึกษาคลอโรฟิลล์ เอ ในบริเวณพื้นที่อ่าวไทย.....	10
2.6.2 การศึกษาคลอโรฟิลล์ เอ ในบริเวณพื้นที่อื่น ๆ.....	10
บทที่ 3 วิธีการศึกษา.....	12
3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	12
3.2 ขอบเขตการศึกษา.....	12
3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....	13
บทที่ 4 ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล.....	16
4.1 การผันแปรของปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ.....	16
4.2 รูปแบบการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ.....	30
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	34
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	34
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	34
เอกสารอ้างอิง.....	35

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 การดูตัดซ์ความยาวคลื่นของคลอโรฟิลล์แต่ละประเภท.....	4
2 กระบวนการและองค์ประกอบการสำรวจระยะไกล.....	7
3 ภาพอ่าวไทยบริเวณที่ศึกษา.....	13
4 โปรแกรม SeaWiFS Data Analysis System (SeaDAS).....	14
5 การจำกัดขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	14
6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณอ่าวไทย แบบรายเดือน ปี ค.ศ.2008 - 2018.....	17
7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณอ่าวไทย ในรอบปีจากค่าเฉลี่ย ในแต่ละเดือน ระหว่างปี ค.ศ. 2008 – 2018.....	18
8 ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2008.....	19
9 ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2009.....	20
10 ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2010.....	21
11 ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2011.....	22
12 ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2012.....	23
13 ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2013.....	24
14 ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2014.....	25
15 ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2015.....	26
16 ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2016.....	27
17 ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2017.....	28
18 ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2018.....	29
19 การผันแปรตามฤดูกาลของของกระแสน้ำ ที่ผิวหน้าทะเลในอ่าวไทยในแต่ละช่วงเดือน.....	32
20 ทิศทางของลมมรสุมที่เข้ามายังประเทศไทยตามฤดูกาลในรอบปี.....	33

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ตารางแสดงขอบเขตอำเภอไทย.....	12

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll-a) เป็นรงควัตถุสีเขียวที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง พบได้ในแพลงก์ตอนพืช พรรณไม้และสาหร่ายในน้ำ ซึ่งแพลงก์ตอนพืชมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำมาก เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานขั้นต้นของสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ในฐานะผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary producer) และเป็นแหล่งให้ออกซิเจนที่มีปริมาณมาก แพลงก์ตอนพืชยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ในแหล่งน้ำ โดยแหล่งน้ำที่มีผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary production) สูง มักมีความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์น้ำสูงตามไปด้วย (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542) แต่พื้นที่อ่าวไทยซึ่งเป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางทรัพยากรประมงสูง กลับพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (red tide) เพราะมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และมีจำนวนของแพลงก์ตอนพืชเป็นปริมาณมากเกินไป โดยเฉพาะอ่าวไทยตอนบนที่มีการสะสมของธาตุอาหารมาก รองรับน้ำทิ้งในปริมาณสูง ไหลผ่านทางแม่น้ำสายหลัก ทั้ง 4 สาย ได้แก่ แม่กลอง ท่าจีน เจ้าพระยา และบางปะกง (Chumnantana, 2006) จากข้อมูลที่ผ่านมาพบ การเกิดเหตุการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณอ่าวไทยตอนบนมากกว่า 220 ครั้ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500 - 2559 (Intacharoen, 2017)

ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี นอกจากทำให้ทัศนียภาพเสื่อมโทรม น้ำส่งกลิ่นเน่าเหม็น การสะสมของแพลงก์ตอน (plankton bloom) ยังอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ๆ ด้วย ทั้งจากการที่ออกซิเจนมีปริมาณน้อย และจากสารพิษที่แพลงก์ตอนเหล่านั้นสร้างขึ้น การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่มาจากแพลงก์ตอนพืช จึงสามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้เพื่อติดตามและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงสถานะคุณภาพน้ำของอ่าวไทยได้โดยตรง (อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ, 2552)

ดังนั้น จึงได้สนใจที่จะศึกษาในหัวข้อโครงการนี้ เพื่อวิเคราะห์รูปแบบแนวโน้มการเพิ่มขึ้น ลดลงเฉลี่ยรายเดือนในรอบปีของปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ อันจะทำให้ประเมินช่วงเวลาการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีได้ เพื่อเป็นแนวทางลดผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์ โดยเลือกใช้การสำรวจระยะไกลด้วยการใช้ดาวเทียม เนื่องด้วยความสามารถที่ครอบคลุมพื้นที่ได้เป็นบริเวณกว้าง และทำซ้ำบริเวณเดิมในรอบวงโคจร นับเป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทำให้สามารถศึกษาได้ต่อเนื่อง ทั้งในเชิงเวลาและเชิงพื้นที่ ซึ่งจะทำ

ให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ทำให้เกิดการผันแปรของปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในน้ำ และการสะท้อนของแพลงก์ตอนพืชได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อประเมินปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณอ่าวไทย โดยใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกล ในช่วงปี พ.ศ. 2551 – 2561

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ในแต่ละปี เป็นระยะเวลา 11 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2551 – 2561 โดยศึกษาครอบคลุมพื้นที่อ่าวไทย พิกัดละติจูด 2° - 16° เหนือ ลองจิจูด 97° - 106° ตะวันออก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของคลอโรฟิลล์ เอ ในบริเวณอ่าวไทยได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว สำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนศึกษา และอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำในทะเล เพื่อเป็นแหล่งทำประมงอย่างยั่งยืนในอนาคต อีกทั้งเป็นประโยชน์สำหรับการเฝ้าระวังและติดตามปรากฏการณ์การเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี ซึ่งสามารถนำไปใช้คาดคะเนความอุดมสมบูรณ์ที่เกิดขึ้นตามฤดูกาล วิเคราะห์รูปแบบจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในรอบปี

บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1 แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton)

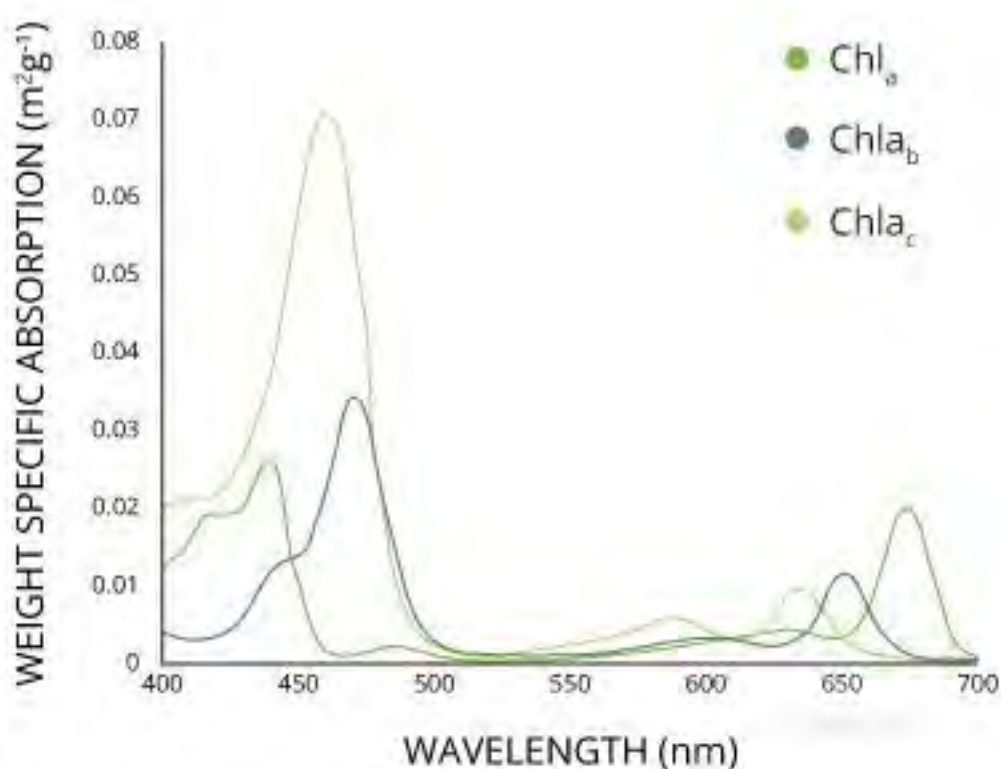
แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) เป็นสาหร่ายเซลล์เดียวที่มีขนาดเล็กอาศัยลอยอยู่ในมวลน้ำ อยู่ตามแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น ทะเลสาบหรือมหาสมุทร (Fogg and Thake, 1987) ถูกพัฒนาโดยคลีน ลม และกระแสน้ำ ภายในเซลล์มีสารสีหรือรงควัตถุ (Pigment) เช่น คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll-a, Chl-a) สามารถดูดซับและสังเคราะห์แสงอาทิตย์ เพื่อสร้างสารอินทรีย์ในรูปแบบของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต รวมทั้งออกซิเจน ดังนั้น แพลงก์ตอนพืชจึงมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ เนื่องจากเป็นผู้ผลิตเบื้องต้น (Primary Producer) (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544) ถือเป็นจุดเริ่มต้นของห่วงโซ่อาหารที่สำคัญ โดยเป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารของผู้บริโภคลำดับต่อไป ในห่วงโซ่อาหาร พลังงานที่อยู่ในชีวมวลของแพลงก์ตอนพืชจะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับลำดับขั้นการกินอาหาร (trophic level) อื่น ๆ เช่น แพลงก์ตอนสัตว์, แบคทีเรีย, แมงกะพรุน และปลา เป็นต้น และมีความสำคัญต่อการหมุนเวียนสารอาหาร เนื่องจากมีวงจรชีวิตสั้นทำให้ใช้ระยะเวลาสั้นในการปล่อยสารอาหารออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยการถูกย่อยสลายหรือทำให้เซลล์แตกจากแพลงก์ตอนสัตว์หรือไวรัส (Tyrrell, 2001) นอกจากนี้ แพลงก์ตอนพืชยังสามารถบ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ เนื่องจากชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันตามสถานภาพของแหล่งน้ำ แพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยสารอาหารในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ถ้าสภาพแวดล้อมทางทะเลมีการเปลี่ยนแปลง เช่น มีสารอาหารมากเกินไป ก็จะส่งผลต่อชนิดและจำนวนแพลงก์ตอนพืช เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม แพลงก์ตอนพืชจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วมากกว่าปกติ ก่อให้เกิดการสะสมของแพลงก์ตอนพืช (Plankton Bloom) เนื่องจากได้รับปริมาณธาตุอาหาร ปริมาณแสงมากกว่าปกติ ประกอบกับอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่เหมาะสม (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556)

2.2 คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll-a)

คลอโรฟิลล์เป็นสารสีเขียว ซึ่งเป็นตัวสำคัญในการสังเคราะห์แสง โดยชนิดคลอโรฟิลล์ที่พบในแพลงก์ตอนพืชหรือสาหร่ายทุกชนิด คือ คลอโรฟิลล์ เอ จึงเป็นพารามิเตอร์หนึ่งซึ่งมักจะนำมาใช้ในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ และจำแนกประเภทของแหล่งน้ำ (Niles et al., 1996)

การจำแนกประเภทของแหล่งน้ำตามระดับคลอโรฟิลล์ เอ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามการจัดจำแนกของ Niles et al. (1996) ได้แก่

- 1) Oligotrophic waters หมายถึง แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อย พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ น้อยกว่า 4.7 ไมโครกรัมต่อลิตร
- 2) Mesotrophic waters หมายถึง แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ระหว่าง 4.7 – 14.3 ไมโครกรัมต่อลิตรและ
- 3) Eutrophic waters หมายถึง แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มากกว่า 14.3 ไมโครกรัมต่อลิตร



รูปที่ 1. การดูดซับความยาวคลื่นของคลอโรฟิลล์แต่ละประเภท

ที่มา (<https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/algae-phytoplankton-chlorophyll/>)

2.3 การใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing)

การรับรู้จากระยะไกล หรือ รีโมทเซนซิง เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะในการได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัตถุพื้นที่หาข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ พื้นที่และปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือปรากฏการณ์ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล ซึ่งเครื่องมือบันทึกข้อมูลโดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสกับวัตถุเป้าหมาย โดยให้เครื่องวัดอยู่ห่างจากสิ่งที่ต้องการตรวจวัด อาจติดตั้งเครื่องวัดไว้ เช่น นำกล้องถ่ายภาพติดตั้งไว้ยังที่สูง บนบอลลูน บนเครื่องบิน ยานอวกาศหรือดาวเทียม เป็นต้น ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นสื่อการได้มาซึ่งข้อมูล ใน 3 ลักษณะคือ ช่วงคลื่นรูปทรงสัญญาณของวัตถุบนพื้นผิวโลก และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา หากพิจารณาตามความหมายที่กล่าวมา การสำรวจจากระยะไกล จะเกี่ยวข้องกับการสำรวจเก็บบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ ซึ่งประกอบด้วย

- แหล่งข้อมูลที่ต้องการศึกษา (Data Source) ที่เป็นต้นกำเนิดของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาจากสามแหล่ง คือ พลังงานจากดวงอาทิตย์ การแผ่พลังงานความร้อนจากพื้นผิวโลก ปริมาณของการแผ่รังสี หรือการสะท้อนพลังงานจากผิวโลก ซึ่งจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุบนพื้นโลก เนื่องจากวัตถุต่างชนิดกันจะมีสมบัติในการสะท้อนแสงและการส่งพลังงานความร้อนแตกต่างกันในแต่ละช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความแตกต่างนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการจำแนกประเภทของวัตถุต่าง ๆ และระบบบันทึกข้อมูล พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในชั้นบรรยากาศจะถูกกระจัดกระจาย (scatter) โดยธาตุองค์ประกอบของบรรยากาศ ซึ่งมีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพข้อมูล ในขณะที่มีการทำงานนั้นจะเกิดขบวนการ การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การนำความร้อน (Conduction) และ การพาความร้อน (Convection)

- พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Energy) พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์มักจะถูกดูดกลืนโดยความชื้นและกระจัดกระจายโดยอนุภาคในบรรยากาศ เช่น ผงฝุ่น ก่อนที่จะส่งต่อมายังพื้นโลก ซึ่งประกอบไปด้วยวัตถุและสิ่งปกคลุมดินหลายชนิด ปฏิกิริยาระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุบนพื้นโลกจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุ และความขรุขระของพื้นผิววัตถุ คือ วัตถุจะต้องมีความขรุขระมากพอที่จะให้รังสีสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ได้ ถ้าหากพื้นผิวของวัตถุเรียบเกินไปก็จะทำให้รังสีความร้อนสะท้อนกลับหมดทำให้มีรายละเอียดของข้อมูลที่ต้องการทราบส่งผ่านไปยังเครื่องบันทึกน้อย แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้ว ผิวโลกโดยมากจะขรุขระจึงไม่ค่อยเกิดปัญหาในการบันทึกข้อมูล ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุบนพื้นโลก แบ่งออกได้

เป็น 3 ชนิดคือ การดูดกลืนพลังงาน (Absorption) การส่งผ่านพลังงาน (Transmission) และการสะท้อนพลังงาน (Reflection)

แหล่งกำเนิดพลังงานที่ก่อให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มี 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. Passive remote sensing เป็นระบบที่ใช้กันกว้างขวางตั้งแต่เริ่มแรกจนถึงปัจจุบัน โดยมีแหล่งพลังงานที่เกิดตามธรรมชาติ คือ ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน ระบบนี้จะรับและบันทึกข้อมูลได้ ส่วนใหญ่ในเวลากลางวัน และมีข้อจำกัดด้านภาวะอากาศ ไม่สามารถรับข้อมูลได้ในฤดูฝนหรือเมื่อมีเมฆหมอกฝน

2. Active remote sensing เป็นระบบที่แหล่งพลังงานเกิดจากการสร้างขึ้นในตัวของเครื่องมือสำรวจ เช่น ช่วงคลื่นไมโครเวฟที่สร้างในระบบเรดาร์ แล้วส่งพลังงานนั้นไปยังพื้นที่เป้าหมาย ระบบนี้สามารถทำการรับและบันทึกข้อมูลได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา หรือ ด้านสภาวะภูมิอากาศ คือสามารถรับส่งสัญญาณได้ทั้งกลางวันและกลางคืน อีกทั้งยังสามารถทะลุผ่านกลุ่มเมฆ หมอก ฝนได้ในทุกฤดูกาลในช่วงแรกระบบ passive remote sensing ได้รับการพัฒนามาก่อน และยังคงใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ส่วนระบบ active remote sensing มีการพัฒนาจากวงการทหาร แล้วจึงเผยแพร่เทคโนโลยีนี้ต่อกิจการพลเรือนในช่วงหลัง การสำรวจในด้านนี้ได้รับความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะกับประเทศในเขตร้อนที่มีปัญหาเมฆ หมอก ปกคลุมอยู่เป็นประจำ พบว่าระบบ Active เหมาะสมในการนำมาจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทแหล่งน้ำ ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ ควรใช้ระบบ Passive (บัวพรรณ คำเฉลา และคณะ, 2559)

- อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Sensor) เครื่องบันทึกพลังงานที่สะท้อนจากพื้นผิวของวัตถุ เช่น กล้องถ่ายรูปหรือเครื่องกวาดภาพ เป็นต้น เครื่องวัดนี้จะถูกติดตั้งไว้ในยานสำรวจ (platform) ได้แก่ เครื่องบินหรือดาวเทียม ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องวัดชนิดใหม่ขึ้นมาใช้อย่างมากมาย เพื่อใช้งานเฉพาะ

- วิธีประมวลผลข้อมูล (Data Processing)

กระบวนการและองค์ประกอบารรับรู้จากระยะไกลประกอบด้วย

การได้มาซึ่งข้อมูล (Data acquisition) โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดพลังงาน เช่น ดวงอาทิตย์ (ก) เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ (ข) เกิดปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับรูปลักษณ์พื้นผิวโลก (ค) และเดินทางเข้าสู่เครื่องรับรู้ที่ติดตั้งในตัวยาน ได้แก่ เครื่องบิน ยานอวกาศ และดาวเทียม (ง)

ถูกบันทึก และผลิตเป็นข้อมูลในรูปแบบภาพ (Pictorial หรือ Photograph) และ/หรือรูปแบบเชิงเลข (Digital form) (จ)

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ประกอบด้วย การแปลตีความข้อมูลด้วยสายตา (Visual interpretation) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเลข (Digital analysis) (ฉ) โดยมีข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยข้อมูลอ้างอิงต่าง ๆ เช่น แผนที่ดิน ข้อมูลปฏิทินและสถิติการปลูกพืช และอื่น ๆ ได้ผลิตผล (ช) ของการแปลตีความในรูปแบบแผนที่ ข้อมูลเชิงเลข ตาราง คำอธิบาย หรือแผนภูมิ เป็นต้น เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป (ซ) (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2558)



รูปที่ 2. กระบวนการและองค์ประกอบการสำรวจระยะไกล

ที่มา (<https://www.gistda.or.th/main/th/node/936>)

อาจกล่าวได้ว่า รีโมทเซนซิง เป็นเครื่องมือทางการวิจัยที่มีประสิทธิภาพมาก เพราะได้ข้อมูลที่ทันต่อเหตุการณ์ สามารถตรวจสอบซ้ำและย้อนหลังได้ เหมาะที่จะนำมาใช้ศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลง โดยข้อมูลแปลงกักตอนพืชส่วนใหญ่ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลในภาคสนามหากมีการ

จัดการ การวางแผนในการจัดเก็บข้อมูลไม่ดี การลงพื้นที่เก็บข้อมูลในแต่ละครั้งจะเกิดความผิดพลาด และใช้ระยะเวลานาน ซึ่งเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนพืชโดยไม่จำเป็นต้องลงเก็บข้อมูลและสามารถลดระยะเวลาในการดำเนินงานได้ ในปัจจุบันการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) เป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ด้านสมุทรศาสตร์ เนื่องจากสามารถได้ข้อมูลในพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก ครอบคลุมพื้นที่กว้าง และมีรอบการโคจรซ้ำที่แน่นอน ทำให้ติดตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในทะเลและมหาสมุทรได้ดี เช่น การติดตามคุณภาพน้ำทะเลจากข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids) คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll-a) และ อุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเล (Sea Surface Temperature) โดยวิเคราะห์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Aqua MODIS การศึกษาครั้งนี้ได้นำเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลมาใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณแพลงก์ตอนพืช โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MODIS - Aqua เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนจัดการระบบนิเวศบริเวณอ่าวไทย

2.3.1 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)

เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม TERRA และ AQUA มีแถบสเปกตรัมถึง 36 แถบสเปกตรัม ใช้ในการสำรวจโลกทั้งระดับใน regional scale และ global scale แบบ multi-temporal series บันทึกข้อมูลครอบคลุมพื้นโลกทุก ๆ 1-2 วัน มีแนวถ่ายภาพกว้าง 2,330 กิโลเมตร สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นต่าง ๆ ได้ถึง 36 แบนด์ ตั้งแต่ความยาวคลื่น 0.4 ถึง 14.4 ไมโครเมตร มีขนาดความละเอียดเชิงพื้นที่แตกต่างกันสามระดับคือ ที่ขนาด 250 เมตร (แบนด์ 1 และ 2) ขนาด 500 เมตร (แบนด์ 3 – 7) และขนาด 1 กิโลเมตร (แบนด์ 8 – 36) (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), ม.ป.ป.) จากคุณลักษณะดังกล่าว ทำให้ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมระบบ MODIS ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งบนดิน มหาสมุทร และชั้นบรรยากาศ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดคือ การที่วงโคจรอยู่ต่ำกว่าดาวเทียมดวงอื่นในกลุ่มเดียวกัน ทำให้มีจังหวะที่เกิดช่องว่างของการบันทึกข้อมูลระหว่างแนวโคจร บริเวณส่วนกลางของโลก ระบบเซ็นเซอร์ MODIS มีชุดข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ถูกแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ Level 0 Level 1 Level 2 และ Level 3 ซึ่งชุดข้อมูลผลิตภัณฑ์ของ MODIS Chlorophyll – a concentration ที่ได้จากการตรวจวัดพื้นผิวมหาสมุทรในการศึกษานี้ อยู่ใน Level 3 Product

2.4 ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (red tide)

ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี หรือที่เรียกว่า ปรากฏการณ์ซีปลาวาฬจากแพลงก์ตอนพืช ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในทะเลนี้ เป็นผลจากกระบวนการยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ได้แก่ ภาวะที่แหล่งน้ำมีปริมาณธาตุอาหารสูงมากกว่าระดับปกติ ซึ่งเกิดจากการชะล้างปุ๋ยและธาตุอาหารต่าง ๆ จากพื้นที่เกษตรลงสู่แหล่งน้ำและทะเล เป็นเหตุให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายหรือแพลงก์ตอนอย่างรวดเร็ว โดยจะเห็นน้ำทะเลเป็นสีต่าง ๆ ผิดจากสีของน้ำทะเลตามปกติ ตามสีของสาหร่าย มีกลิ่นเหม็นและเป็นตะกอนแขวนลอยในน้ำ การเพิ่มจำนวนที่ผิดปกติของแพลงก์ตอน อาจส่งผลทางลบได้แก่ เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในท้องทะเล ส่งผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเล รวมถึงอันตรายจากสารพิษจากแพลงก์ตอนเหล่านี้ต่อมนุษย์เอง (จรียา อรรถบุตร และคณะ, 2558)

2.5 อ่าวไทย (Gulf of Thailand)

พื้นที่ชายฝั่งอ่าวไทย (Gulf of Thailand) ประเทศไทย มีอาณาเขตที่ติดต่อทางทะเล 2 ด้าน ได้แก่ อ่าวไทย มีความยาวชายฝั่งทะเลทั้งสิ้น 1,784 กิโลเมตร และทะเลอันดามัน มีความยาวชายฝั่งทั้งสิ้น 740 กิโลเมตร โดยอ่าวไทยมีลักษณะเป็นชายฝั่งน้ำตื้น ความลึกสูงสุดกลางอ่าวไทยลึกประมาณ 80 เมตร และมีแม่น้ำขนาดใหญ่และสายยาวไหลลงสู่อ่าวไทย อ่าวไทยถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- อ่าวไทยตอนบน หรืออ่าวไทยรูปตัว “ก” หรืออ่าวไทยตอนใน มีแนวเส้นโค้งตั้งแต่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ถึงแหลมแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี เป็นขอบเขตด้านใต้ ครอบคลุมชายฝั่งทะเลของอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ขึ้นไปทางทิศเหนือผ่านชายฝั่งทะเลของจังหวัดเพชรบุรี สมุทรสงคราม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา และสิ้นสุดที่แหลมแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

- อ่าวไทยตอนกลาง มีเขตตั้งแต่แนวเส้นโค้งอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ถึงแหลมแสมสาร ลงไปทางใต้จนถึงแนวเส้นโค้งจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี ไปจรดขอบฝั่งด้านตะวันออกครอบคลุมชายฝั่งทะเลเริ่มตั้งแต่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ลงไปทางทิศใต้ผ่านชายฝั่งทะเลของจังหวัดชุมพร และสิ้นสุดที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี

- อ่าวไทยตอนล่าง เป็นบริเวณตั้งแต่แนวเส้นรุ้งจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี ไปจรดขอบฝั่งทางตะวันออกครอบคลุมชายฝั่งทะเลเริ่มตั้งแต่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ลงไปทางทิศใต้ผ่านชายฝั่งทะเลของจังหวัด นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2555)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 การศึกษาคลอโรฟิลล์ เอ ในบริเวณพื้นที่อ่าวไทย

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ ในบริเวณอ่าวไทยมีอยู่ไม่มากนัก ส่วนใหญ่ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณ ความผันแปร และความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบางประการ และยังทำการศึกษาเฉพาะในบริเวณอ่าวไทยตอนใน

จริยา อรรถบุตร และคณะ (2558) วิเคราะห์การกระจายของแพลงก์ตอนพืช และความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลกับคลอโรฟิลล์ เอ ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมระบบ MODIS SST และ chl-a แบบ 16 วัน ตั้งแต่ พ.ศ.2554-2558 ผลการศึกษาพบว่า การกระจายของแพลงก์ตอนพืชสัมพันธ์กับทิศทางการไหลของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนใน อุณหภูมิและคลอโรฟิลล์ เอ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมระบบ MODIS มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก และในอนาคตมีโอกาสเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีน้อย เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์อยู่ในระดับต่ำมาก

รัชชัย นาอุดม และคณะ (2556) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนในเดือนมีนาคม และ สิงหาคม พ.ศ. 2552 และพบว่าอุณหภูมิของน้ำทะเลในเดือนสิงหาคมจะมีค่าสูงกว่าเดือนมีนาคม ในส่วนของความเค็ม พบว่าความเค็มในเดือนสิงหาคมมีค่าต่ำกว่าเดือนมีนาคมซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของกระแสน้ำภายในอ่าว และพบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างปริมาณฟอสเฟตกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ แสดงให้เห็นว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชในน้ำทะเลจะมีผลต่อปริมาณของฟอสเฟตในน้ำทะเล

2.6.2 การศึกษาคลอโรฟิลล์เอในบริเวณพื้นที่อื่น ๆ

อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ และอัญญาดา มีสุข (2556) วิเคราะห์และประมวลผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณพื้นผิวน้ำทะเลอันดามัน โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม Aqua MODIS (Moderate resolution Imaging Spectroradiometer) ในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2552 ด้วยโปรแกรม SeaDAS (SeaWiFS Data Analysis System) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลอันดามันในรอบปี เปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของลมมรสุม โดยมีค่าสูงในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พฤศจิกายน-มีนาคม) ค่าสูงสุดอยู่ในเดือนมกราคม

($0.62 \pm 1.44 \text{ mg m}^{-3}$) และมีค่าต่ำในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม-กันยายน) ค่าต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม ($0.26 \pm 0.46 \text{ mg m}^{-3}$) และจากความสัมพันธ์ของคลอโรฟิลล์ เอ และ อุณหภูมิ ที่ผิวทะเลในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือรวมถึงลักษณะของกระแสลมในช่วงเวลาต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อาจมีความสอดคล้องกับ กระบวนการน้ำผุด (upwelling) และกระบวนการน้ำมุด (downwelling) บริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกเฉียงของทะเลอันดามัน

Kaymaz and Ates (2018) ได้ศึกษาหาปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ ที่เกิดขึ้นในบริเวณอ่าว Marmaris ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของตุรกี ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 และเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2561 โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม sentinel-2A แบนด์ 5 4 6 มาคำนวณ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ ที่เกิดขึ้นในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 มีค่าอยู่ที่ $0.01\text{-}5.50 \mu\text{g/L}$ และในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ที่ $0.028 - 8.80 \mu\text{g/L}$ ซึ่งปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ ที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

Tang et al. (2013) ตรวจสอบการกระจายตัวตามฤดูกาลและเชิงพื้นที่ของ Chl-a และสภาพน้ำในอ่าวตังเกี๋ย โดยวิเคราะห์ SeaWiFS จากคลอโรฟิลล์ เอ (Chl-a) อุณหภูมิพื้นผิว (SST) และข้อมูลสมุทรศาสตร์อื่น ๆ ข้อมูลใน ค.ศ. 1999 และ ค.ศ. 2000 แสดงให้เห็นการผันแปรตามฤดูกาลของ Chl-a และ SST ในอ่าวตังเกี๋ยและ plankton bloom กลางอ่าวในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในฤดูร้อน Chl-a มีความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ ($<0.3 \text{ mg m}^{-3}$) และกระจายอย่างสม่ำเสมอในพื้นที่ส่วนใหญ่โดยมีแถบที่มีความเข้มข้นของ Chl-a ที่สูงขึ้นตามแนวชายฝั่งโดยเฉพาะชายฝั่งของคาบสมุทร Qiongzhou ในฤดูหนาว Chl-a มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (0.5 mg m^{-3}) ในอ่าวทั้งหมดและ plankton bloom นอกชายฝั่งจากชายฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือถึงใจกลางอ่าว ในขณะที่ความเข้มข้นของ Chl-a ถึงระดับสูง ($0.8\text{-}1 \text{ mg m}^{-3}$) ใน plankton ที่ bloom จุดสูงสุดของความเข้มข้นของ Chl-a ถูกพบในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ SST อยู่ในระดับสูง ($27\text{-}29 \text{ }^{\circ}\text{C}$) กระจายอย่างสม่ำเสมอในฤดูร้อน กล่าวคือ ความแปรผันตามฤดูกาลของความเข้มข้นของ Chl-a และการกระจาย SST มีความสัมพันธ์กับฤดูมรสุม

บทที่ 3 วิธีการศึกษา

การศึกษานี้แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงผลของข้อมูล ดังนี้

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll-a concentration) จากภาพถ่ายดาวเทียม MODIS-Aqua Level-3 รายเดือน โดยใช้ภาพของทุกเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 – 2561 รวมระยะเวลาศึกษา 11 ปี ข้อมูลนี้รวบรวมจาก NASA ดาวินโหนดได้ที่ <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>

3.2 ขอบเขตการศึกษา

พื้นที่อ่าวไทย โดยครอบคลุมพิกัดทางภูมิศาสตร์ ดังตารางที่ 1. และรูปที่ 3.

ตารางที่ 1. ขอบเขตของอ่าวไทย

Latitude	9° 43' 11.6" N (9.71989293°)
Longitude	101° 50' 41.5" E (101.84485132°)
Precision	522258 meter
Min. Lat	5° 23' 25.9" N (5.3905°)
Min. Long	99° 7' 57.9" E (99.1327°)
Max. Lat	13° 43' 37.5" N (13.7271°)
Max. Long	105° 21' 44.3" E (105.3623°)

ที่มา (<http://www.marinerregions.org/gazetteer.php?p=details&id=4334>)



รูปที่ 3. แสดงภาพอ่าวไทยบริเวณที่ศึกษา

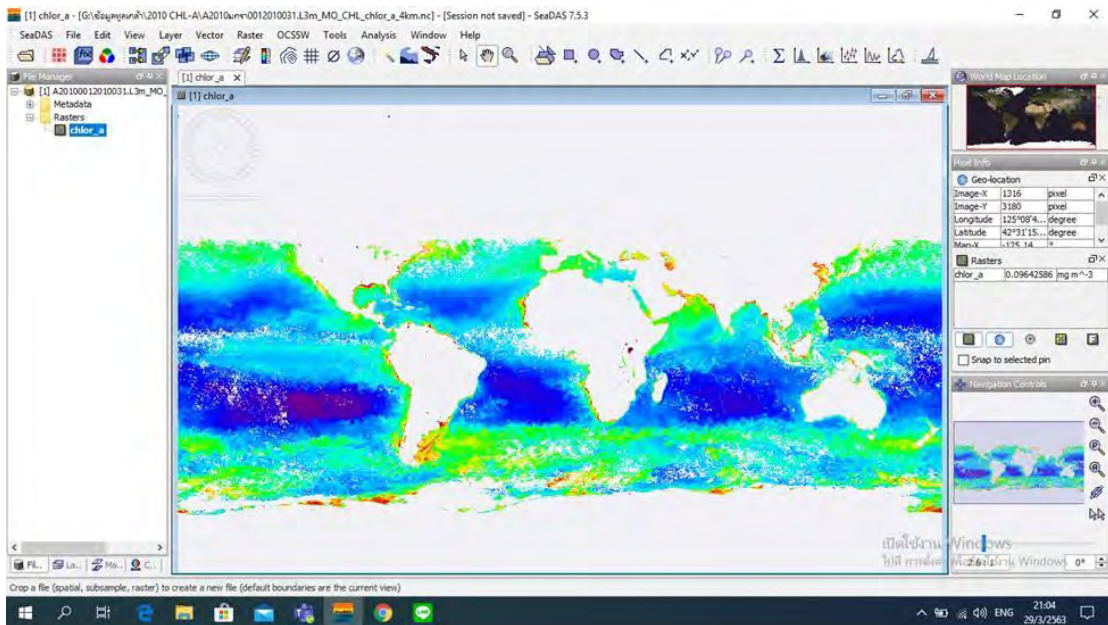
ที่มา (<http://www.marineregions.org/gazetteer.php?p=details&id=4334>)

3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

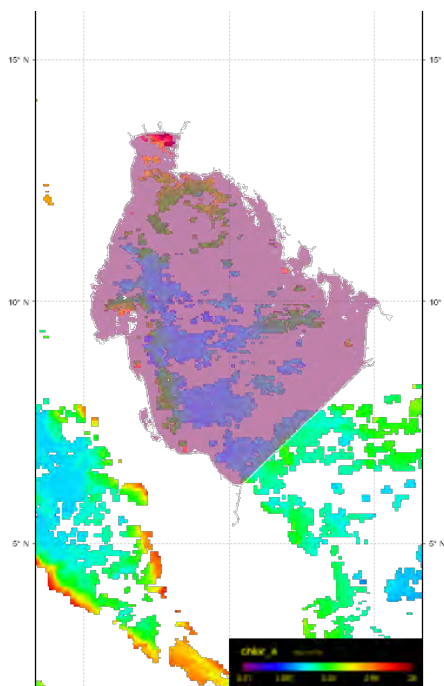
หาค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์รายเดือน โดย

- 1) ใช้โปรแกรม SeaWiFS Data Analysis System (SeaDAS) เพื่อทำการจำกัดขอบเขตภาพให้เป็นพื้นที่บริเวณที่ศึกษา (Shapefile Gulf Of Thailand)

Vector → Import → Shapefile → iho.shp



รูปที่ 4. โปรแกรม SeaWiFS Data Analysis System (SeaDAS)



รูปที่ 5. การจำกัดขอบเขตพื้นที่ศึกษา

2) หาค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์รายเดือน โดยเฉลี่ยของทุกเดือนและทุกปี

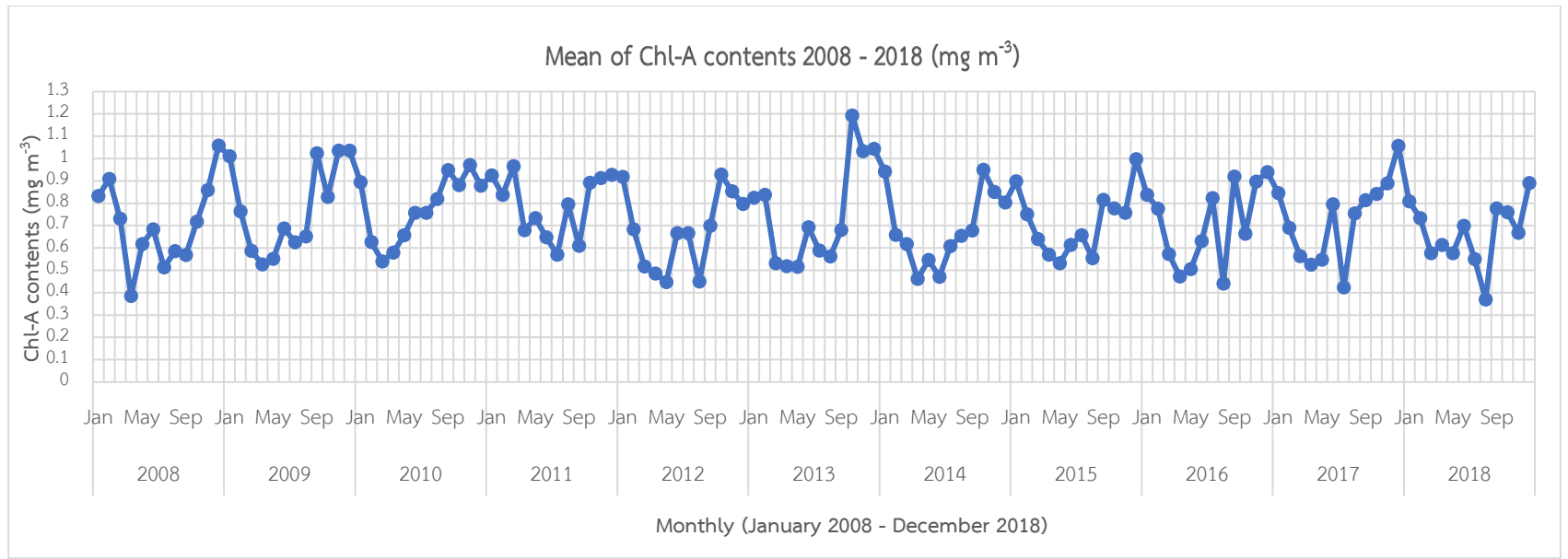
Analysis → Statistics

- 3) รวบรวมข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาแสดงผลในรูปแบบกราฟ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละเดือน และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในรอบปีจากค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนระหว่างปี ค.ศ. 2008 – 2018 โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel

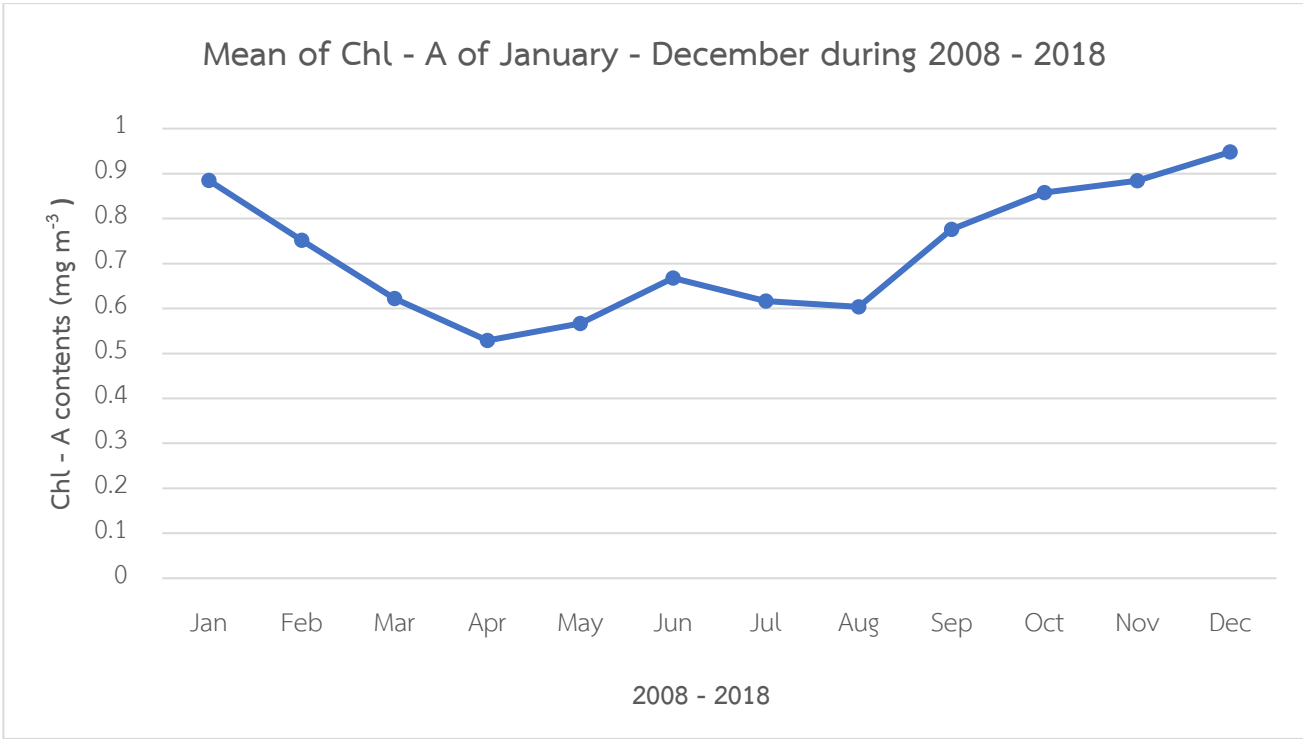
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

4.1 การผันแปรของปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ

จากการนำข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณผิวน้ำหน้าทะเลมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ ได้ค่าเฉลี่ยรายเดือนปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณอ่าวไทย ระยะเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 2008 ถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 2018 (รูปที่ 6.) พบว่า มีรูปแบบแนวโน้มการผันแปรของปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ เป็นรูปแบบคล้ายคลึงกันทุกปี โดยจะมีค่าปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ สูงและสูงสุด ในช่วงเดือนกันยายน จนถึงเดือนมกราคม หรือช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ปลายฤดูฝน เข้าสู่ต้นฤดูหนาว) และค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ ในเดือนกุมภาพันธ์ จนถึงเดือนกันยายน หรือลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ช่วงเข้าสู่ฤดูร้อน และฤดูฝน) (กรมอุตุวิทยา, ม.ป.ป.) โดยมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ระยะเวลาทั้งหมด 11 ปี มีค่าเป็น 0.7256 mg m^{-3} และมีค่าความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ น้อยที่สุดในเดือนสิงหาคม ค.ศ. 2018 ค่าความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มากที่สุดในเดือน ตุลาคม ค.ศ. 2013 เป็น 0.3699 mg m^{-3} และ 1.1927 mg m^{-3} ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 6. และ 7.

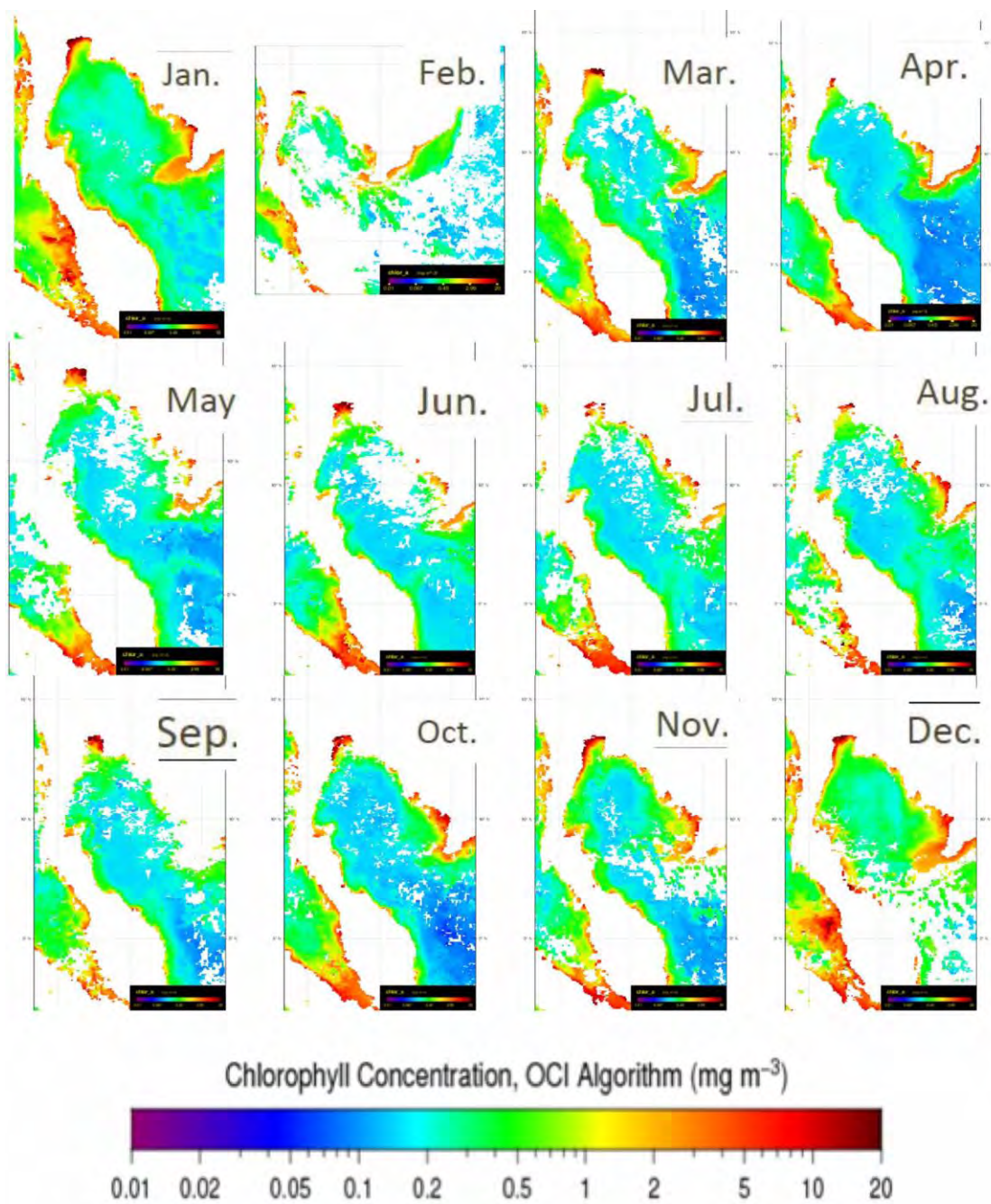


รูปที่ 6. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณอ่าวไทย แบบรายเดือน ปี ค.ศ. 2008 - 2018

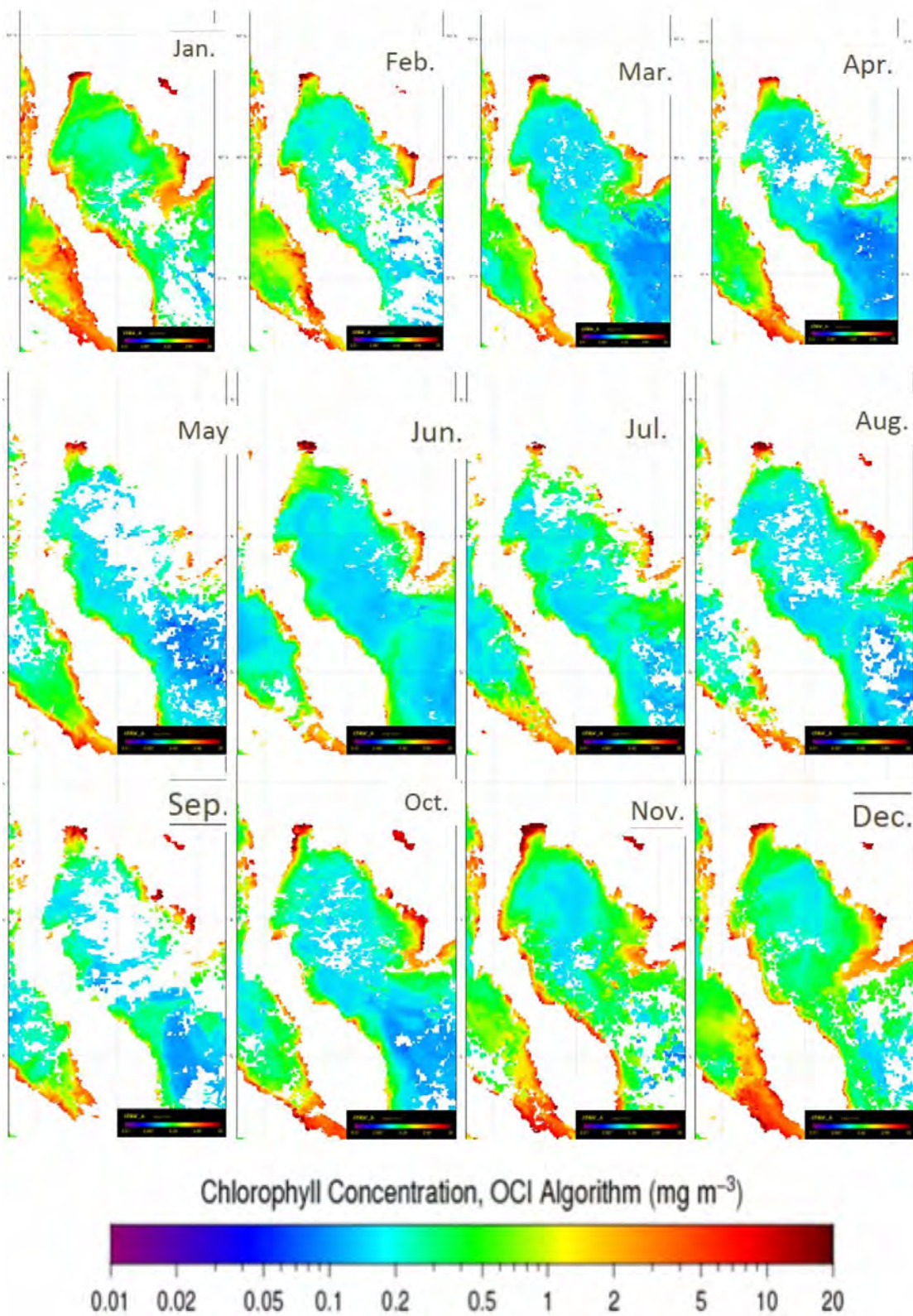


รูปที่ 7. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณอ่าวไทย ในรอบปีจากค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน

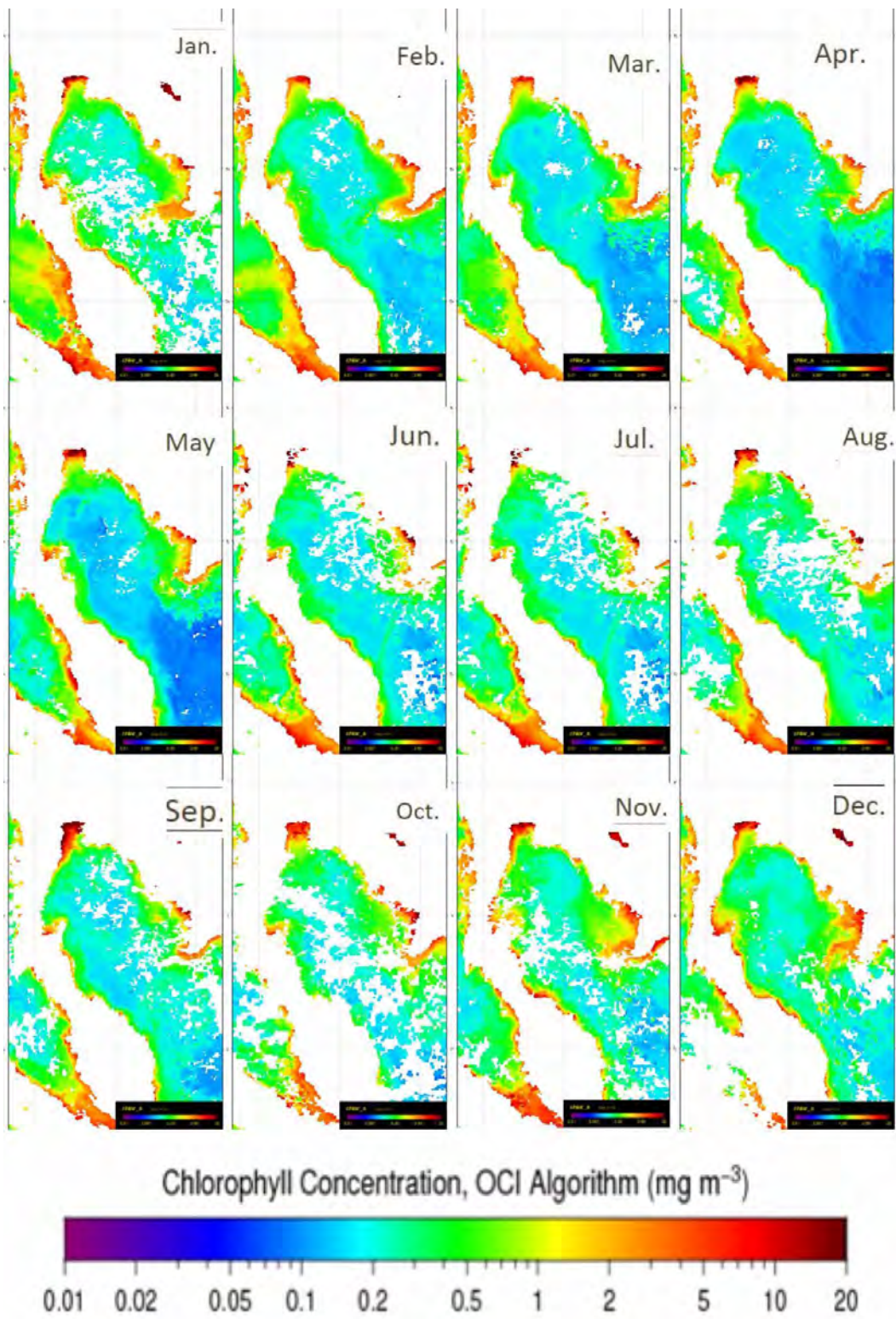
ระหว่างปี ค.ศ. 2008 - 2018



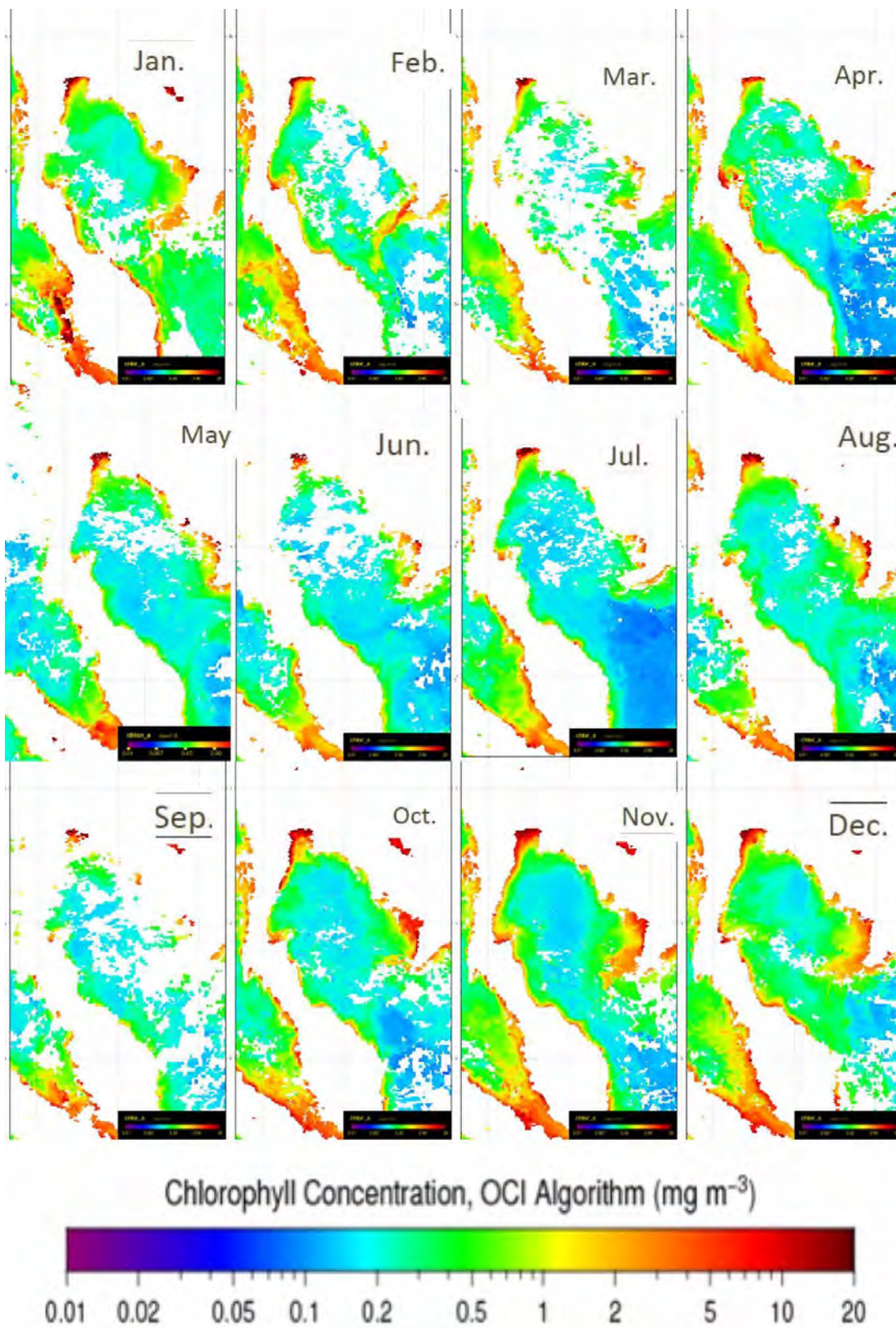
รูปที่ 8. ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2008



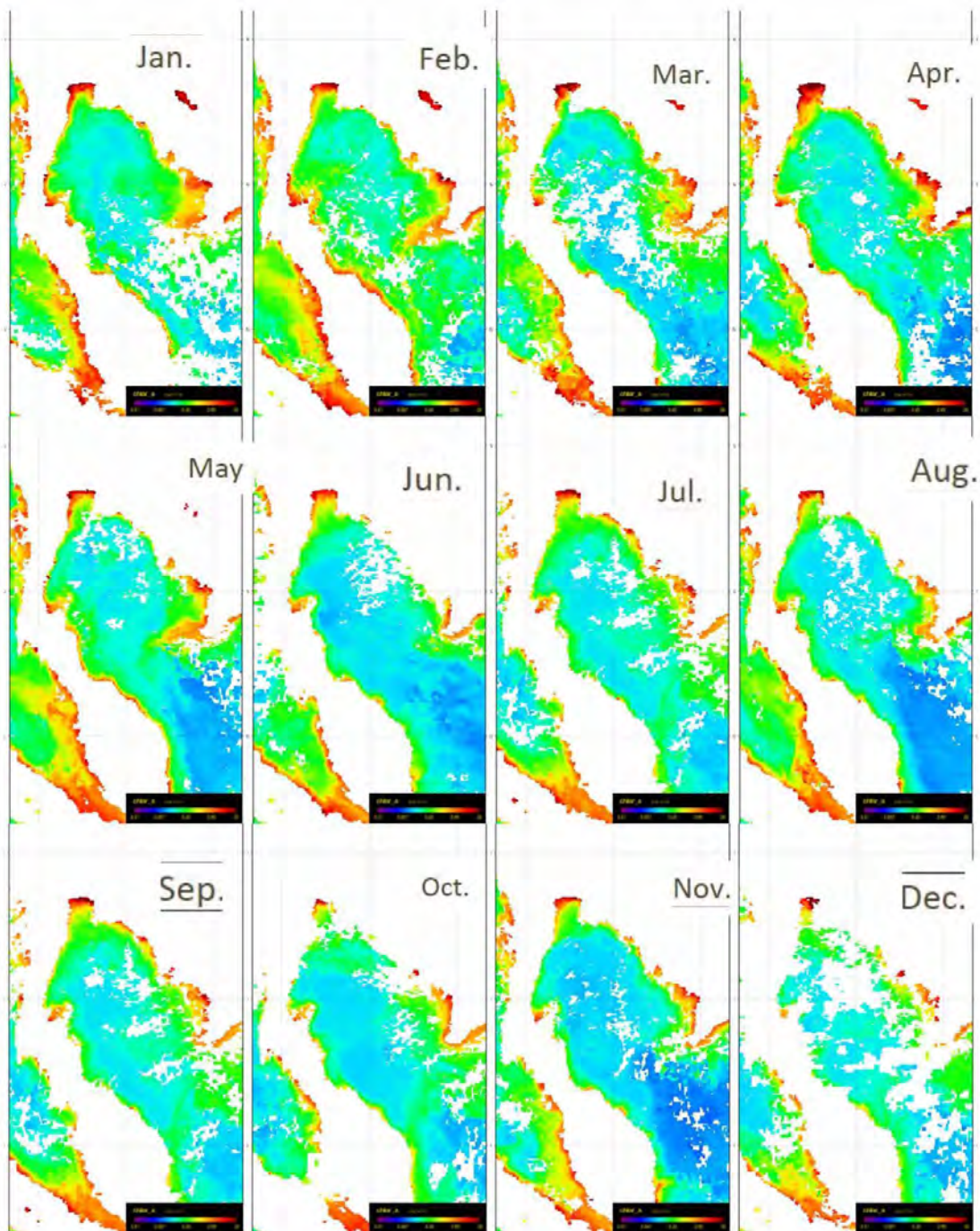
รูปที่ 9. ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2009



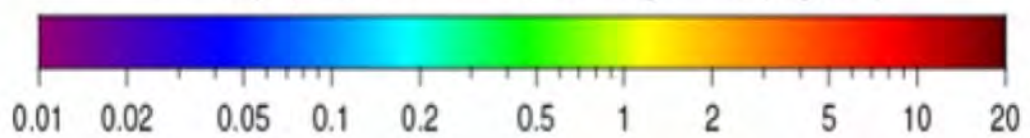
รูปที่ 10. ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2010



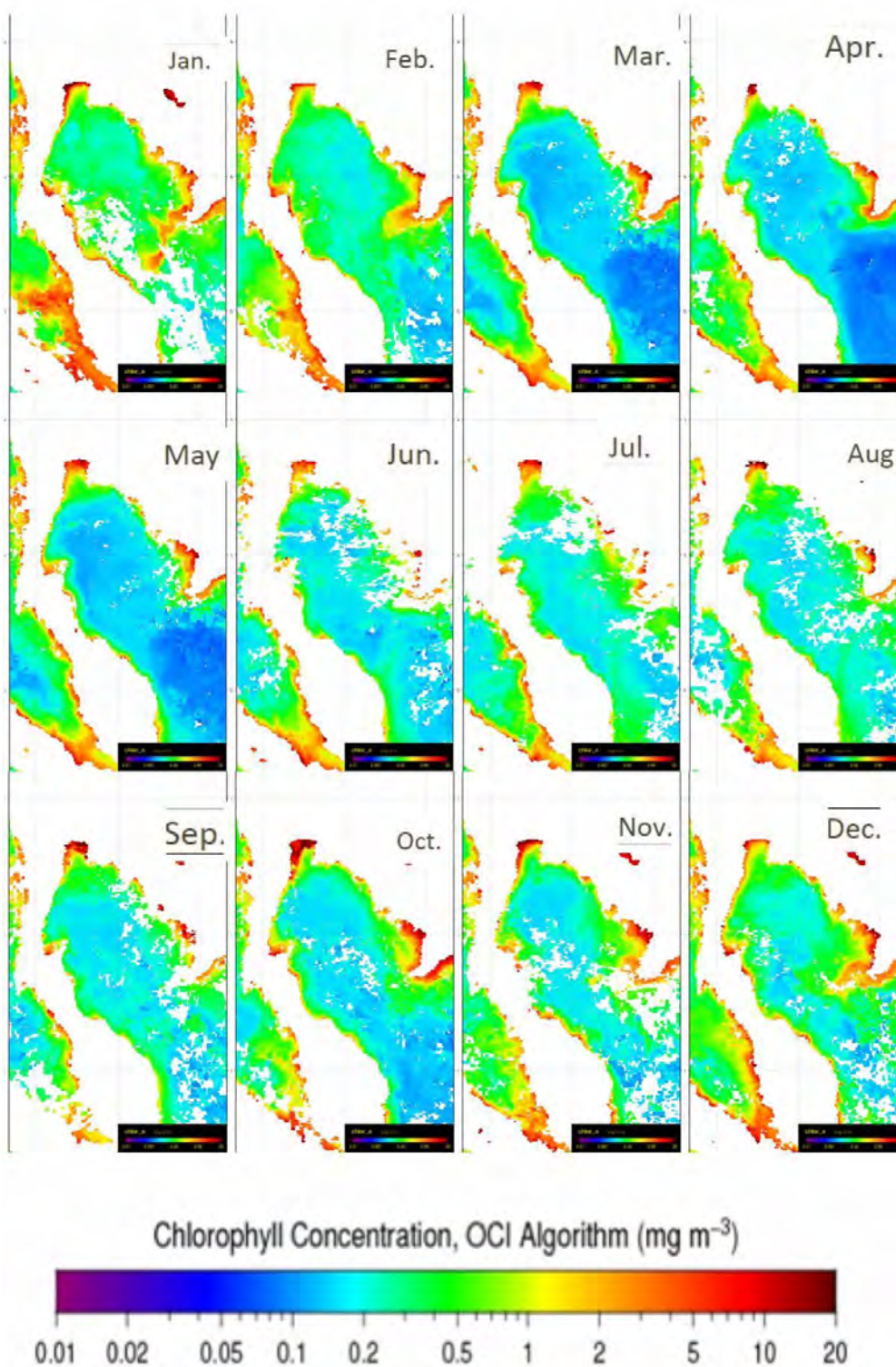
รูปที่ 11. ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2011



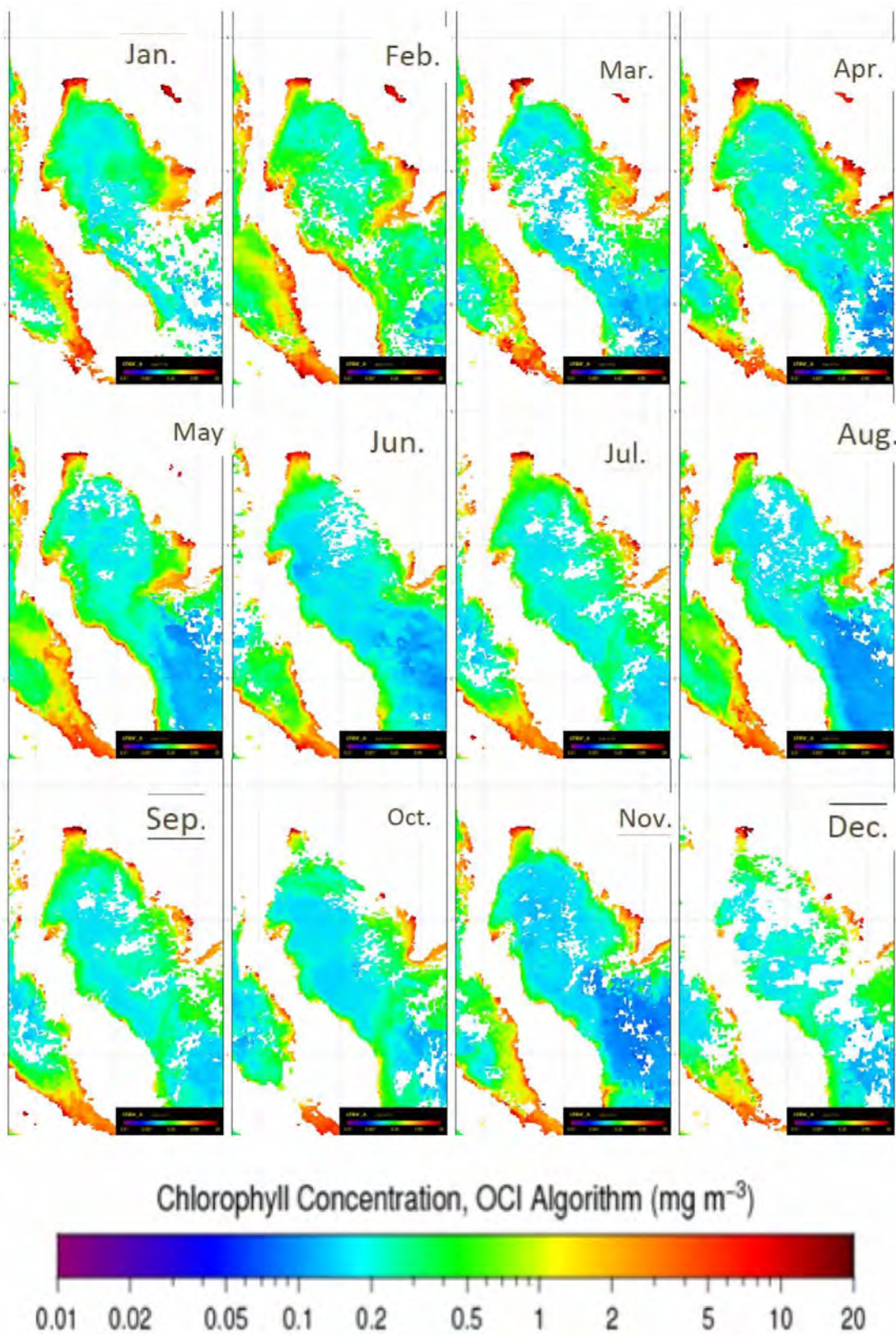
Chlorophyll Concentration, OCI Algorithm (mg m^{-3})



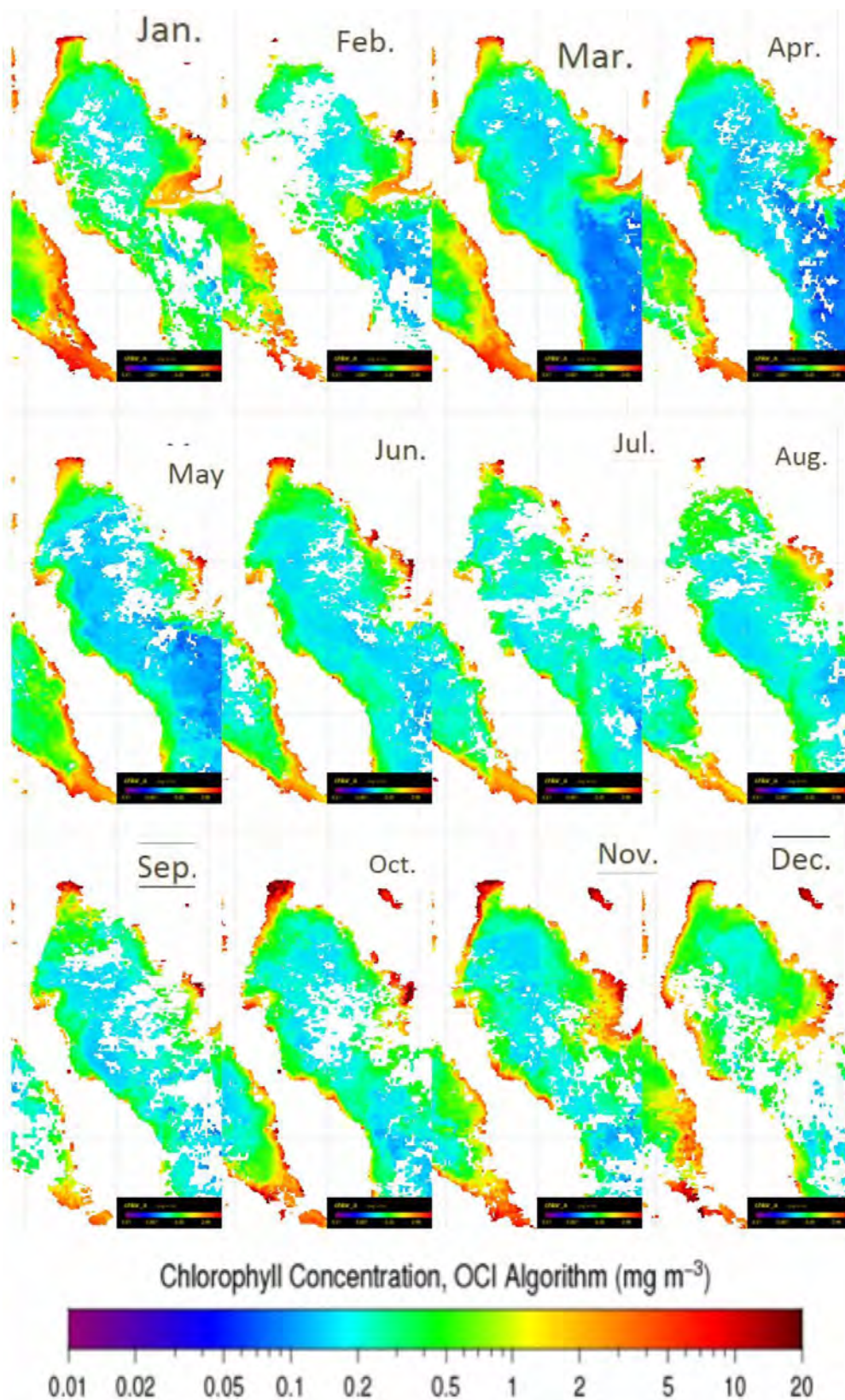
รูปที่ 12. ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2012



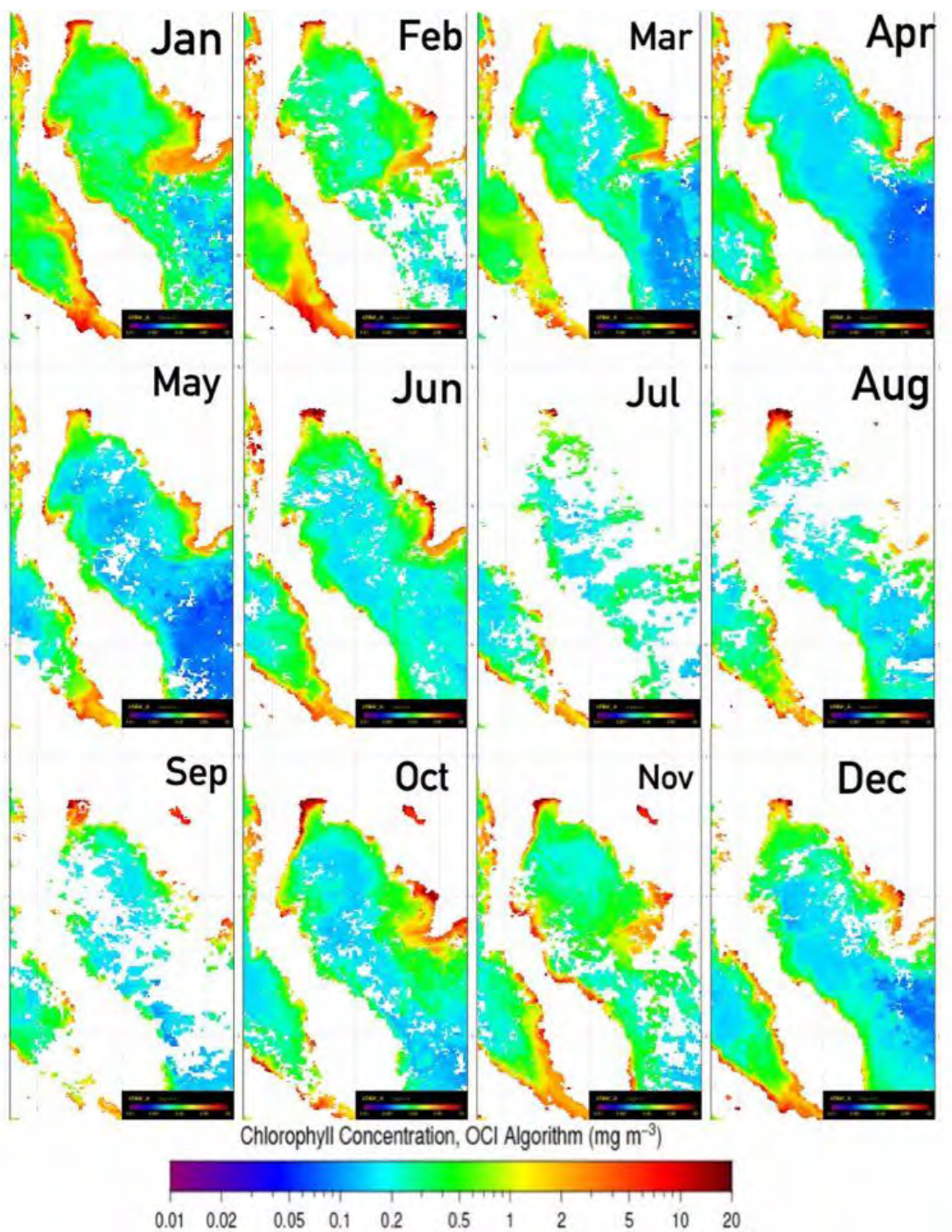
รูปที่ 13. ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2013



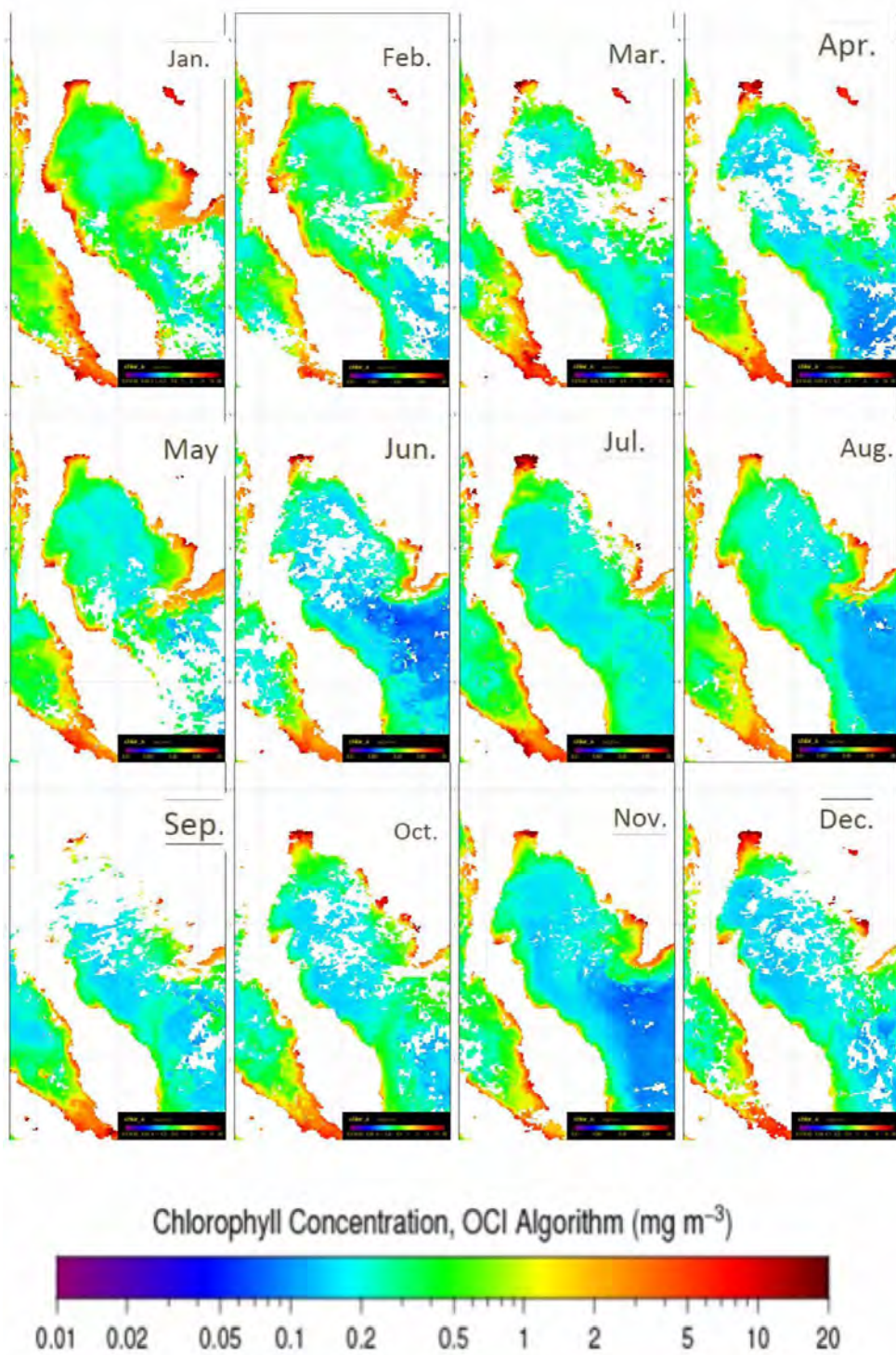
รูปที่ 14. ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2014



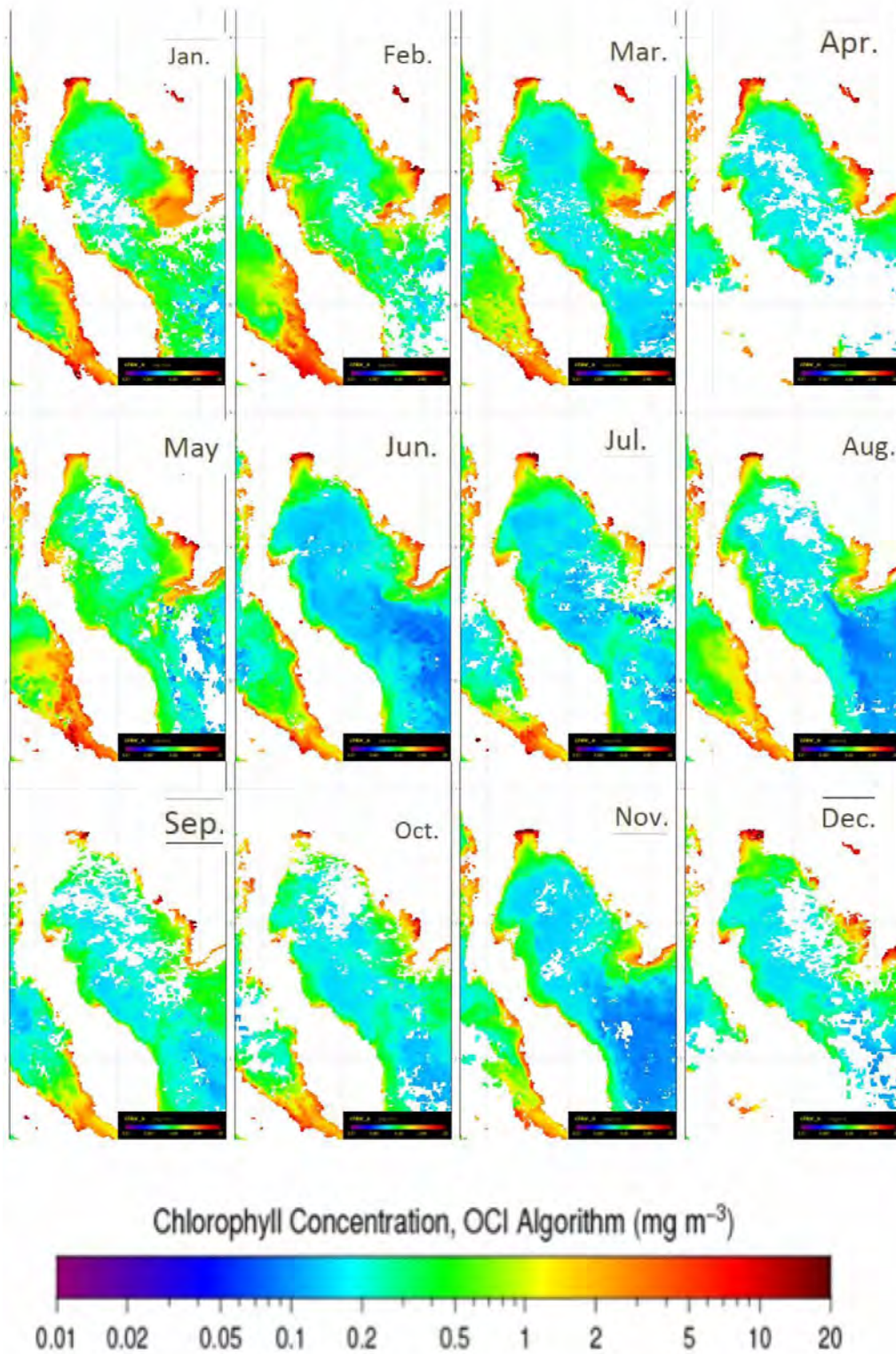
รูปที่ 15. ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2015



รูปที่ 16. ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2016



รูปที่ 17. ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2017



รูปที่ 18. ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ รายเดือน ปี ค.ศ. 2018

4.2 รูปแบบการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

จากการแปลความข้อมูลด้วยสายตา (Visual interpretation) ของภาพถ่ายดาวเทียมแสดงปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2008 – 2018 (รูปที่ 8. – 18.) สามารถสรุปรูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ออกเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่

- 1) เดือนพฤศจิกายน - เมษายน มีรูปแบบการกระจายตัวของปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ หนาแน่นบริเวณปากแม่น้ำ 4 สายที่ไหลลงอ่าวไทยตอนใน คือ ปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง บริเวณชายฝั่งตะวันออก และยังพบการกระจายตัวหนาแน่นที่ชายฝั่งตะวันตกด้วย
- 2) เดือนพฤษภาคม - ตุลาคม มีรูปแบบการกระจายตัวของปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ หนาแน่นตั้งแต่บริเวณปากแม่น้ำ 4 สายที่ไหลลงอ่าวไทยตอนใน คือ ปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง และบริเวณชายฝั่งตะวันออก แต่พบในปริมาณความหนาแน่นที่น้อยกว่าในช่วงเดือนพฤศจิกายน - เมษายน

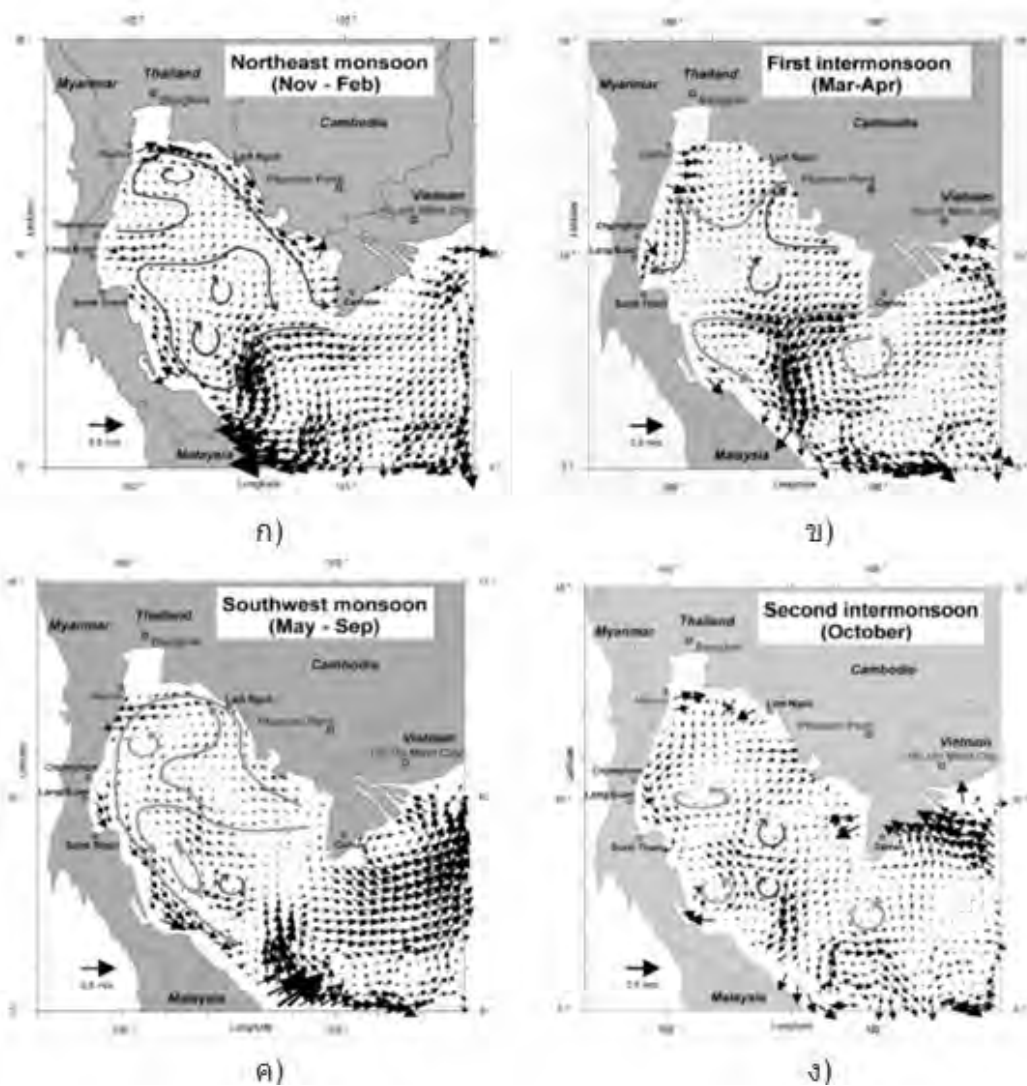
จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ ในเชิงพื้นที่ พบว่าการที่ในรอบปี ทุกฤดูกาล พบการกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนในตลอดทั้งปี เพราะอ่าวไทยตอนในมีลักษณะภูมิประเทศที่มีความลึกไม่มาก ทำให้อินทรีย์และอนินทรีย์วัตถุจากกันอ่าวทะเลสามารถหมุนเวียนมายังระดับผิวน้ำได้โดยสะดวก ประกอบกับมีแม่น้ำสายสำคัญที่ไหลลงสู่อ่าวไทย ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยาไหลลงสู่อ่าวไทยตอนในที่ จ.สมุทรปราการ แม่น้ำแม่กลองไหลลงสู่อ่าวไทยตอนในที่ จ. สมุทรสงคราม แม่น้ำท่าจีนไหลลงสู่อ่าวไทยตอนในที่ จ.สมุทรสาคร แม่น้ำบางปะกงไหลลงสู่อ่าวไทยที่ จ.ฉะเชิงเทรา โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำ มีปริมาณของสารอาหารสูง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช และตามชายฝั่ง จะพบแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด เนื่องจากการชะล้าง พัดพาสารอาหารมาจากพื้นดิน โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของแพลงก์ตอนพืชด้วย อีกทั้งชายฝั่งอ่าวไทยตอนในเป็นบริเวณที่รองรับน้ำทิ้งจากชุมชน ด้านชายฝั่งตะวันออกก็รองรับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมและพื้นที่เกษตรกรรม ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นเป็นปริมาณมากและรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ ที่เป็นผลจากปัจจัยแวดล้อมในรอบปี คือตามฤดูกาล และมีการเพิ่มขึ้น ลดลง ตามการเปลี่ยนผ่านช่วงมรสุม การที่พบปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ สูงในช่วงฤดูหนาว เนื่องจาก

อุณหภูมิน้ำเย็นลง โดยคาดว่าอุณหภูมิ อาจจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของคลอโรฟิลล์ เอ แพลงก์ตอนพืชเติบโตได้ดีในอุณหภูมิต่ำ เติบโตได้ดีที่สุดในอุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส (ศิริเพ็ญ ตรีชัยอาพร, 2520) และหลังจากช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่มีปริมาณฝนตกชุก ทำให้เกิดการชะล้างของน้ำฝนบนแผ่นดิน ธาตุอาหารพวกไนโตรเจน ฟอสเฟต และซิลิเกตจึงถูกพัดพาลงสู่ทะเลมากขึ้น ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้แพลงก์ตอนพืชจะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2542) และเป็นธาตุอาหารที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งเป็นอย่างมาก (Raymont, 1963) รวมทั้งมีปริมาณแสงที่เพียงพอต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ในช่วงฤดูหนาว ที่เกิดสภาวะการหมุนเวียนถ่ายเทของมวลน้ำได้น้อย ปริมาณของสารอาหารคงอยู่ในมวลน้ำเป็นระยะเวลาชานาน ก็ทำให้เกิดแพลงก์ตอนขึ้นมามาก มีโอกาสที่จะพัฒนาไปเป็นปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีได้ ขณะเดียวกันความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ มักจะมีค่าต่ำ ๆ ในบริเวณที่มีคลื่นและกระแสน้ำแรง (high-energy zones) (Ha et al., 2014) และจากรูปที่ 6. และ 7. แสดงให้เห็นว่า ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าต่ำเมื่อมีการเปลี่ยนฤดูมรสุม สอดคล้องกับที่บอกว่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ มักจะมีค่าต่ำ ๆ ในบริเวณที่มีคลื่นและกระแสน้ำแรง (high-energy zones) (Ha et al., 2014) เนื่องจากมวลน้ำมีความแปรปรวนจากอิทธิพลของลมมรสุม

นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ เอ ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออาจเกิดจากกระบวนการน้ำผุด (Upwelling) บริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของทะเลอ่าวไทย เพราะในช่วงระหว่างฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มวลน้ำในอ่าวไทยได้รับอิทธิพลของน้ำจากทะเลจีนใต้ที่ไหลเข้าสู่อ่าวไทยและน้ำท่าจากแม่น้ำโขงที่ไหลเข้าสู่อ่าวไทยตามทิศทางของลมมรสุมด้วย ทำให้ระดับน้ำในอ่าวสูงขึ้น และเกิดน้ำทะเลหนุนเข้าไปยังบริเวณก้นอ่าวไทยตอนใน กล่าวคือ มวลน้ำผิวหน้ามีการเคลื่อนตัวออกฝั่งตามทิศทางของลมในชวงเวลานั้น (รูปที่ 19.) ทำให้น้ำชั้นล่างที่มีอุณหภูมิต่ำไหลขึ้นมาแทนที่น้ำชั้นบนแล้วนำพาสารอาหารขึ้นมาบริเวณผิวทะเล ทำให้แพลงก์ตอนได้ใช้สารอาหารในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ผิวน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งมีค่าสูงได้ (Knauss, 1997)

นอกจากนั้นพบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงบริเวณใกล้ชายฝั่งและค่อย ๆ ลดลงเมื่อห่างจากชายฝั่ง ค่าความเข้มข้นสูงบริเวณปากแม่น้ำค่อนข้างเยอะเนื่องจากเป็นพื้นที่กึ่งปิด ทำให้มีการถ่ายเทและหมุนเวียนของมวลน้ำน้อย จึงเกิดการสะสมของสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ มากบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2542)

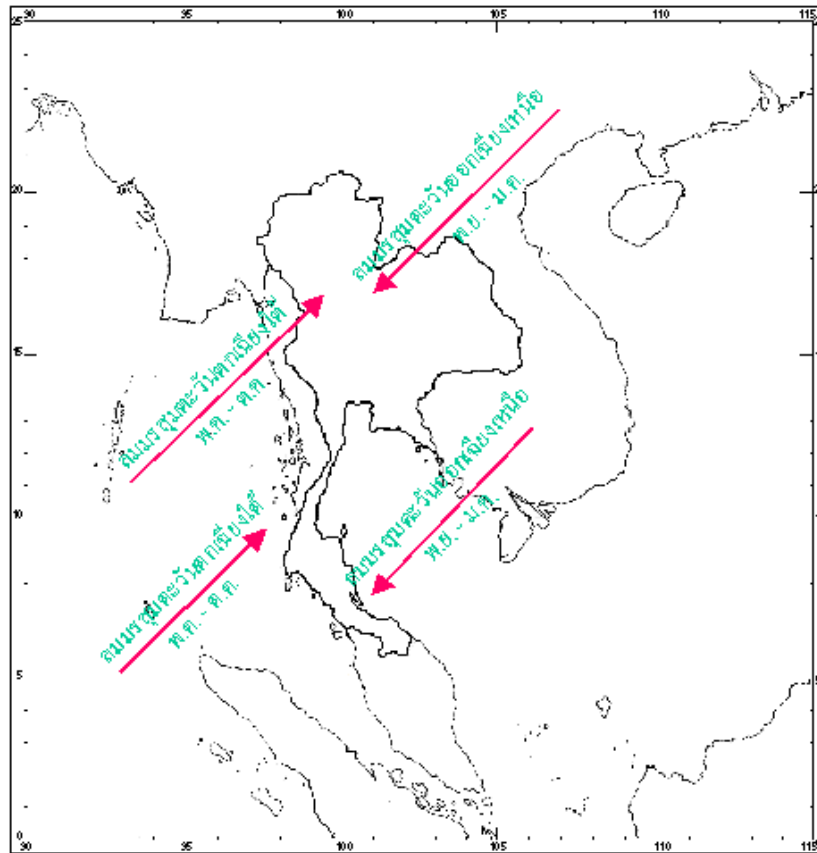


รูปที่ 19. การผันแปรตามฤดูกาลของของกระแสลม ที่ผิวหน้าทะเลในอ่าวไทยในแต่ละช่วงเดือน

ก) เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ข) เดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน

ค) เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน และ ง) เดือนตุลาคม

(ที่มา: Sojisuporn et al., 2010)



รูปที่ 20. ทิศทางของลมมรสุมที่เข้ามายังประเทศไทยตามฤดูกาลในรอบปี

(ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.)

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและอิทธิพลของลมมรสุม โดยในช่วงกันยายน-มกราคม ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงกว่าในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-สิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีลมตะวันออกเฉียงใต้พัดเข้าสู่อ่าวไทย และเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยในระหว่างปี ค.ศ. 2008 ถึง ค.ศ. 2018 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม ค.ศ. 2013 เป็น 1.1927 mg m^{-3} มีค่าต่ำที่สุดในเดือนสิงหาคม ค.ศ. 2018 โดยมีค่า 0.3699 mg m^{-3} และมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ระยะเวลาทั้งหมด 11 ปี มีค่าเป็น 0.7256 mg m^{-3} แนวโน้มของการเพิ่มขึ้นและลดลง ของคลอโรฟิลล์ เอ ตามฤดูกาล มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันในแต่ละปี แตกต่างกันที่ระดับความเข้มข้น

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เป็นดัชนีบ่งบอกปริมาณแพลงก์ตอนพืช โดยแพลงก์ตอนพืชมีความสำคัญในการเป็นผู้ผลิตอาหารขั้นต้นของสัตว์น้ำ แต่การที่แพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นมากเกินไป ย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่บริเวณนั้น ดังนั้น การตรวจติดตามปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกล จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการติดตามและศึกษารายละเอียดการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี เพื่อวิเคราะห์สาเหตุหรือสามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า จะสามารถแก้ปัญหาการจัดการทรัพยากรอ่าวไทยอย่างยั่งยืน

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถนำข้อมูลที่เก็บจากภาคสนามมาศึกษาร่วมด้วย เพื่อความแม่นยำของงานวิจัย ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ หลายช่วงปีมากขึ้นด้วย เพื่อจะได้ทราบถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาได้ชัดเจนขึ้น และศึกษาปัจจัยทางชีวภาพ เคมี และทางกายภาพอื่น ประกอบ เพื่อดูปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเกิดเหตุการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี จาก Plankton bloom เพิ่มเติม เช่น อุณหภูมิ น้ำทะเล สารอาหาร เป็นต้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของงานวิจัย สำหรับผู้ที่สนใจในการศึกษาวิจัยนี้ต่อไปในภายภาคหน้า

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง สำนักเทคโนโลยีธรณี. 2555. ธรณีวิทยากายภาพพื้นทะเลอ่าวไทยตอนบน ส่วนธรณีวิทยาทางทะเล กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. กรุงเทพฯ.

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี. [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา: https://km.dmcrc.go.th/th/c_59/s_58 [16 พฤษภาคม 2563]

กรมอุตุนิยมวิทยา. หนังสืออุตุนิยมวิทยา. [ออนไลน์]. มปป. แหล่งที่มา: <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=52> [16 พฤษภาคม 2563]

จริยา อรรถบุตร, จิรวัดน์ ดารณศรีสุข, ดาวเสาวลักษณ์ กองทอง, ธิชนิโรจน์ ตริรัตน์วิทยา, วันชนก แวมยุรา, สุนทรี จินสมบูรณ์พานิช และอริสรา ชูสังวาลย์. 2558. การติดตามการเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืช บริเวณอ่าวไทยตอนใน ด้วยการรับรู้ระยะไกล. ใน การประชุมวิชาการนิสิตนักศึกษาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8. วันที่ 25-26 ธันวาคม 2558.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2542. กำลังผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ. เอกสารประกอบการสอน. กรุงเทพฯ : คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธวัชชัย นาอูตม, อนุกุล บุรณประทีปรัตน์, กิตติยา หอมหวาน และ ประसार อินทเจริญ. 2556. การเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาและพื้นที่ของคุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนในสองฤดูกาลช่วงปี พ.ศ. 2552. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 18: 32-42.

บัวพรรณ คำเฉลา, กนกรัตน์ จิรสัจจานุกูล, เจิมธง ประรณารักษ์ และปรัชญนันท์ นิลสุข. 2559. การใช้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลเพื่อการปฏิบัติงานของหน่วยงานในจังหวัดเพชรบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์ แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 13(1): 63 – 71.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2542. แพลงก์ตอนพืช. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544. แพลงก์ตอนพืช. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริเพ็ญ ตรีไชยาพร. 2520. การตอบสนองของแพลงตอนพืชทะเลบางชนิดต่อการเพิ่มระดับอุณหภูมิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). พื้นฐานการรับรู้ระยะไกล (1). [ออนไลน์]. 2558. แหล่งที่มา: <https://www.gistda.or.th/main/th/node/936> [16 พฤษภาคม 2563]

- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). ดาวเทียม Terra/Aqua-MODIS. [ออนไลน์]. มปป. แหล่งที่มา : <https://www.gistda.or.th/main/th/node/603>
[16 พฤษภาคม 2563]
- อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์, ชลธยา ทรงรูป, อิชฌมิกา ศิวยพรพราหมณ์, เพ็ญไพลิน อุดมรัตน์, นิรุชา มงคลแสงสุรีย์, วิชญา กันบัว และพิวัส สุขณียุทธ. 2552. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชที่อาจก่อให้เกิดอันตรายบริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาคร-สมุทรสงคราม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ และอัญญาดา มีสุข. 2556. การเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของปริมาณคลอโรฟิลล์-เอบริเวณพื้นผิวทะเลอันดามัน จากการประมวลผลภาพดาวเทียมอะควา โมดิส (Aqua MODIS). วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 18(1): 194-201.

ภาษาอังกฤษ

- Buranapratheprat, A. 2013. Temporal variations of sea surface chlorophyll-a in the Andaman Sea based on Aqua MODIS Image Processing. Burapha Science Journal. 18(1): 194 -201.
- Chumnantana, R. 2006. Causative phytoplankton of red tide phenomena in the Upper Gulf of Thailand. Department of Marine and Coastal Resources. Ministry of Natural Resources and environment. Technical Paper no. 1/2006 (in Thai).
- Fogg, G. E., and Thake, B. 1987. Algal cultures and phytoplankton ecology. 3rd ed. p.3. London: The University of Wisconsin Press.
- Ha, N. T. T., Koike, K., and Nhuan, M. T. 2014. Improved accuracy of chlorophyll-a concentration estimates from MODIS imagery using a two-band ratio algorithm and geostatistics: As applied to the monitoring of eutrophication processes over Tien Yen Bay (Northern Vietnam). Remote Sensing 6: 421-442.
- Intacharoen, P. 2017. Geoinformatics applications to marine water quality and red tide phenomenon assessment in the Upper Gulf of Thailand. Doctoral dissertation in Geoinformatics. Suranaree University of Technology, Thailand.
- Knauss, J. A. 1997. Introduction to physical oceanography. 1st ed. Prentice-Hall, New Jersey.

- Niles R. K., King, D. L. and Ring, R. 1996. Lake classification system-part1. The Michigan Riparian.
- Raymont, J.E.G. 1963. Plankton and productivity in the ocean. Oxford: Press, Ltd.
- Kaymaz, S.M. and Ates, E. 2018. Estimating chlorophyll-a concentration using remote sensing techniques. Turkish Marine Research Foundation. IntechOpen.
- Sojisuporn, P., Morimoto, A. and Yanagi, T. 2010. Seasonal variation of sea surface current in the Gulf of Thailand. Coastal Marine Science 34(1): 91-102.
- Tang, D. L., Kawamura, H., Lee, M. A., and Van Dien, T. 2013. Seasonal and spatial distribution of chlorophyll-a concentrations and water conditions in the Gulf of Tonkin, South China Sea. Remote Sensing of Environment 85: 475–483.
- Tyrrell, T. 2001. Redfield ratio*, Encyclopedia of ocean sciences (second edition), pp.677 - 686, London: Academic Press.