

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์บริเวณอ่าวไทยตอนในโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยนำข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์จากดาวเทียม AQUA MODIS ในปี พ.ศ. 2547 มาเปรียบเทียบกับข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในปีเดียวกัน มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

การเตรียมข้อมูลจากดาวเทียม AQUA MODIS

1. การเตรียมข้อมูลทำได้โดยนำเข้าข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ต่อพื้นที่หน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ดังภาพที่ 3-1 และ ภาพที่ 3-2) เป็นรายเดือนในปี 2547 จากดาวเทียม AQUA MODIS แบนด์ 12 มีความยาวช่วงคลื่น 546-556 nm (รายละเอียดในภาคผนวก ก) ตั้งแต่ละติจูด $13^{\circ}33'20.7''$ ลองจิจูด $99^{\circ}57'04.6''$ (บนซ้าย) ละติจูด $13^{\circ}32'52.9''$ ลองจิจูด $100^{\circ}59'39.0''$ (บนขวา) ละติจูด $12^{\circ}39'21.63''$ ลองจิจูด $99^{\circ}49'26.05''$ (ล่างซ้าย) ละติจูด $12^{\circ}39'46.77''$ ลองจิจูด $100^{\circ}57'44.46''$ (ล่างขวา) ครอบคลุมพื้นที่บริเวณอ่าวไทยทั้งหมดมีความละเอียดของภาพ (Resolution) 9 กิโลเมตร (ในพื้นที่ศึกษามีจุดภาพ (Point) ประมาณ 420 จุดภาพแต่การเตรียมข้อมูลนำเข้าประมาณ 630 จุดภาพเพื่อการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ได้ทั่วถึง) เป็นชุดข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในรูปแบบ HDF¹⁰ (The Hierarchical Data Format) เป็นชุดข้อมูลที่เหมาะสมแก่การประมวลผลทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถแปลงข้อมูลได้หลายรูปแบบเช่น Raster, Text, Table and Multidimensions Array (Earth Science Enterprise, 2003) พัฒนาโดย NCSA¹¹ (National Center for Supercomputing Applications)

Level-3 Standard Mapped Images (Chlorophyll (Aqua-MODIS)) - Microsoft Internet Explorer

Address: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/level3.pl?DAY=15Jun2005&PER=Y5003M&TYP=amach&RRW=16>

Level-3 Standard Mapped Images

Color scales	Rolling 32-day composites	"Filled-in" rolling 32-day biosphere composites	Climatologies	SeaWiFS anomaly images
Aqua-MODIS	Chlorophyll	Diffuse attenuation	nlw at 551 nm	Aerosol optical thickness
Terra-MODIS	Chlorophyll	Diffuse attenuation	nlw at 551 nm	Aerosol optical thickness
SeaWiFS	Chlorophyll	Diffuse attenuation	nlw at 555 nm	Aerosol optical thickness
OCTS	Chlorophyll	Diffuse attenuation	nlw at 565 nm	Aerosol optical thickness
CZCS	Chlorophyll	Diffuse attenuation	nlw at 550 nm	Aerosol optical thickness
Evaluation Products	Merged Chlorophyll	Calrite	Fluorescence line Height	

Previous **Chlorophyll (Aqua-MODIS)** Next

Internet

ภาพที่ 3-1 การนำเข้าข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์จากดาวเทียม AQUA MODIS
(National Aeronautics and Space Administration, 2006)

Level-3 Standard Mapped Images (Chlorophyll (Aqua-MODIS)) - Microsoft Internet Explorer

Address: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/level3.pl?DAY=15Jun2005&PER=Y5003M&TYP=amach&RRW=16>

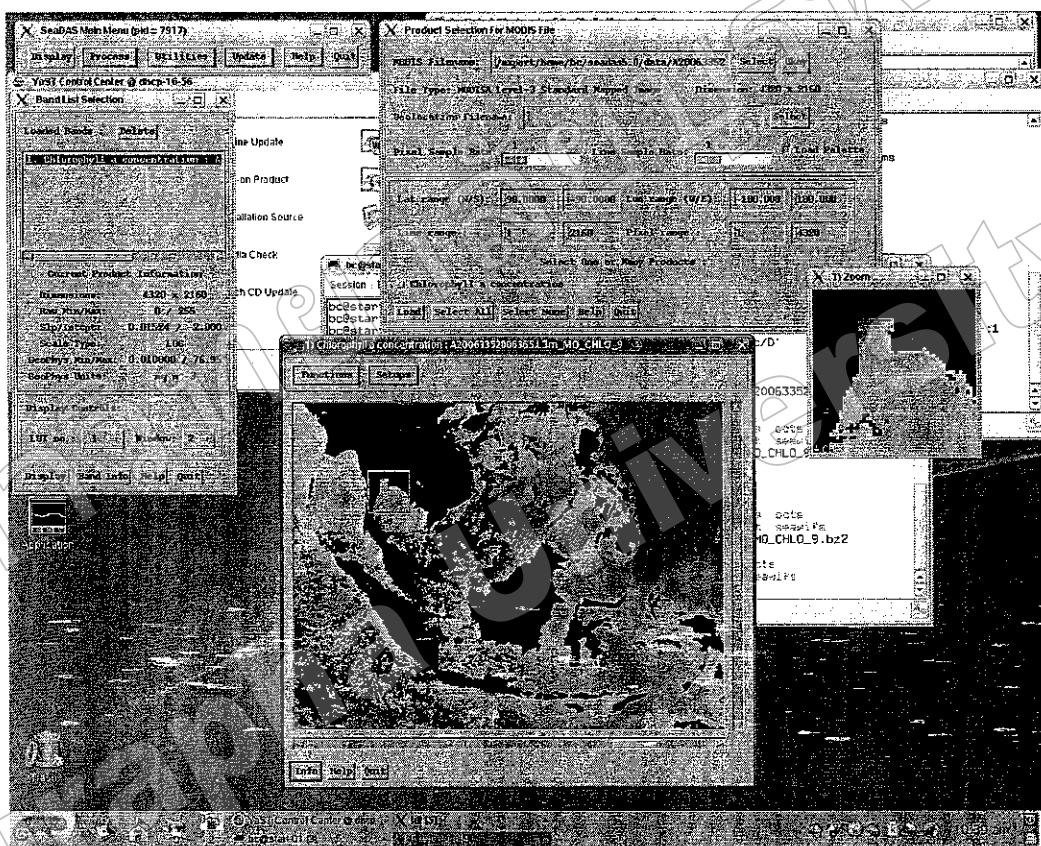
Previous **Chlorophyll (Aqua-MODIS)** Next

Yearly	Seasonal	Monthly	Weekly	Daily	3-Day
				15-Jun-2005 9km png HDE 4km png HDE	13Jun2005 to 15Jun2005 A20051642005166.L3m_3D_CHLO_9 not available
			10Jun2005 to 17Jun2005 9km png HDE 4km png HDE	16-Jun-2005 9km png HDE 4km png HDE	14Jun2005 to 16Jun2005 A20051652005167.L3m_3D_CHLO_9 not available
				17-Jun-2005 9km png HDE 4km png HDE	15Jun2005 to 17Jun2005 A20051662005168.L3m_3D_CHLO_9 not available
	Spring-2005 9km png HDE 4km png HDE				16Jun2005 to 18Jun2005 A20051672005169.L3m_3D_CHLO_9

Internet

ภาพที่ 3-2 การนำเข้าข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์จากดาวเทียม AQUA MODIS (ต่อ)

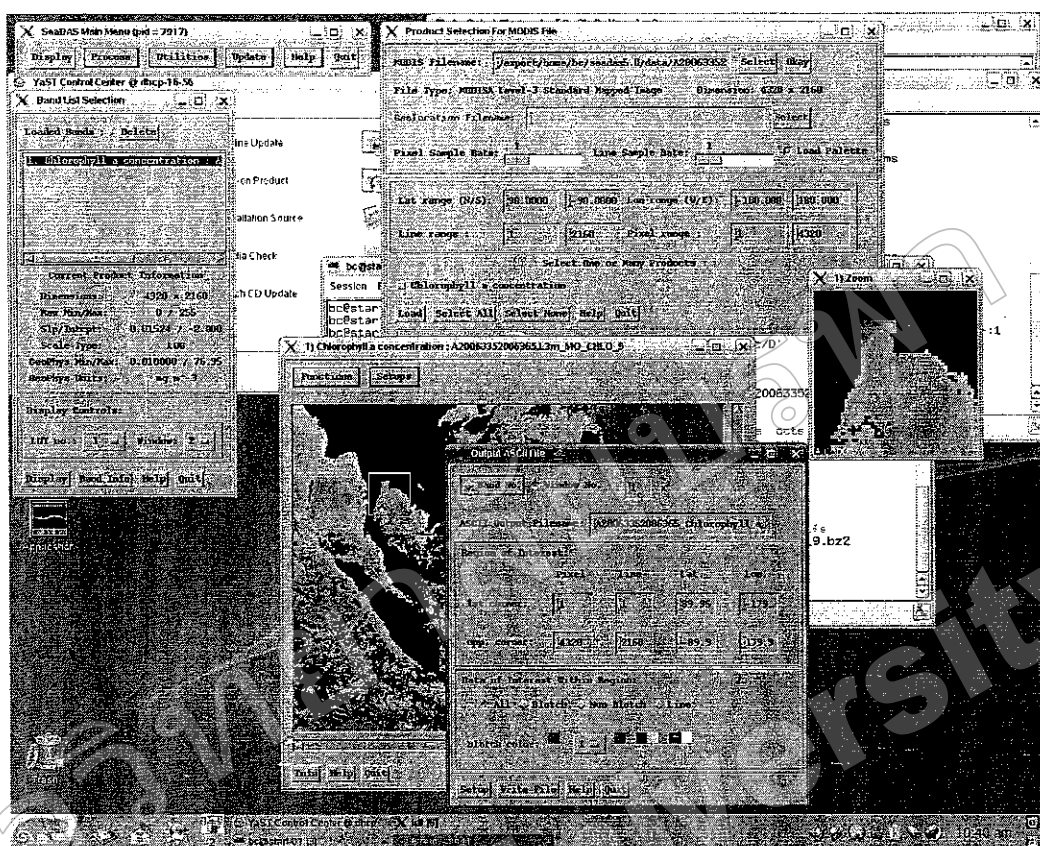
2. แปลงข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์จากรูปแบบ HDF ให้เป็นข้อมูลในรูปแบบ ASCII¹² File (An American Standard Code for Information Interchange) ด้วยโปรแกรม SeaDAS เวอร์ชัน 5.0 บนระบบลินุกซ์เพื่อให้ได้ข้อมูลแยกเป็น 3 คอลัมน์ คือ ละติจูด ลองจิจูด และค่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ (แสดงดังภาพที่ 3-3 และ ภาพที่ 3-4) ค่าละติจูด ลองจิจูด ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการแปลงข้อมูลแสดงในภาคผนวก จ



ภาพที่ 3-3 แสดงการแปลงข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์รูปแบบ HDF บริเวณพื้นที่ศึกษา

3. แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ *.csv โดยเปิดข้อมูล 3 คอลัมน์ในโปรแกรม Microsoft Excel แล้ว save as ให้มีนามสกุล csv (อาจใช้โปรแกรมอื่นนอกเหนือจาก Microsoft Excel ในการเปิดก็ได้เพราะว่าข้อมูลในรูปแบบ ASCII มีความเป็นมาตรฐาน) เพื่อสามารถนำเข้าไปใช้ในโปรแกรม ArcGIS ได้

4. นำข้อมูลในรูปแบบ *.csv เข้าสู่โปรแกรม ArcGIS เวอร์ชัน 9.1 เพื่อแปลงข้อมูล 3 คอลัมน์นี้ ให้เปลี่ยนเป็นข้อมูล Point Feature (รายละเอียดการใช้โปรแกรม ArcGIS เวอร์ชัน 9.1 แสดงในภาคผนวก ข)



ภาพที่ 3-4 แสดงการแปลงข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์รูปแบบ HDF เป็นแบบ ASCII Files

5. นำข้อมูล Point Feature มาแปลงให้เป็นข้อมูล Raster ด้วยโปรแกรม ArcGIS เวอร์ชัน 9.1 จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นภาพแสดงความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ (เป็นสีขาวดำ)
6. ทำการจำแนกกลุ่ม (Classification) คลอโรฟิลล์ด้วยโปรแกรม ArcGIS เวอร์ชัน 9.1 กำหนดให้ค่าความเข้มข้นเป็นดังตารางที่ 3-1 (กระบวนการและขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลแสดงในภาพที่ 3-5)

ตารางที่ 3-1 การจำแนกกลุ่มคลอโรฟิลล์

ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ (mg/m^3)	แทนด้วยสี
0 - 0.2	ขาว
0.2 - 2	เหลือง
> 2	แดง

นำเข้าข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์รายเดือน จากดาวเทียม AQUA MODIS เป็นชุดข้อมูลในรูปแบบ HDF (The Hierarchical Data format)



แปลงข้อมูลเป็น ASCII File (An American Standard Code for Information Interchange) ด้วยโปรแกรม SeaDAS จะได้ข้อมูล
ละติจูด ลองจิจูด และค่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์



เปิดข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel แล้ว save as
ให้มีนามสกุล csv เพื่อสามารถนำเข้าในโปรแกรม ArcGIS ได้



แปลงข้อมูล เป็น point feature ด้วยโปรแกรม ArcGIS



แปลงเป็นข้อมูล Raster ด้วยโปรแกรม ArcGIS จะได้ผลลัพธ์เป็นภาพ
แสดงความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ (แสดงเป็นสีเขียวดำ)



จำแนก (Classification) ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ (mg/m^3) ดังนี้

0 - 0.2 ขาว

0.2 - 2 เหลือง

> 2 แดง



จะได้ภาพแสดงความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ซึ่ง
จำแนกสีตามปริมาณความเข้มข้น

ภาพที่ 3-5 ลำดับการนำเข้าข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์จากดาวเทียม AQUA MODIS

การดำเนินการแบบจำลอง

การดำเนินการแบบจำลองตั้งอยู่บนข้อจำกัดของแบบจำลองต้นแบบ SCS-MODEL (South China Sea Model) ของโครงการ Carrying Capacity of the South China Sea with Respect to Land-Based Pollution Loading โดยศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Southeast Asia START Regional Center) (ข้อจำกัดของแบบจำลองแสดงในบทที่ 1) การดำเนินการแบบจำลองมีขั้นตอนดังนี้

1. แบบจำลองดำเนินการในโปรแกรม Microsoft Excel (ภาพประกอบแผ่นงาน Microsoft Excel แสดงในภาคผนวก ค) ประกอบด้วยแผ่นงาน (Sheet) ทั้งหมด 10 แผ่นงาน ดังนี้
 - 1.1 Depth เป็นความลึกในบริเวณพื้นที่ศึกษาหน่วยเป็นเมตร
 - 1.2 U-Transportation ปริมาตรการไหลของน้ำในแกน X (m^3/s) แตกต่างกันในแต่ละเดือนที่ศึกษา
 - 1.3 V-Transportation ปริมาตรการไหลของน้ำในแกน Y (m^3/s) แตกต่างกันในแต่ละเดือนที่ศึกษา
 - 1.4 K คือค่าความสามารถในการกำจัดคลอโรฟิลล์ ณ ตำแหน่งนั้นๆ (mg/m^3)
 - 1.5 In เป็นแผ่นงานที่เชื่อมโยงข้อมูลในแผ่นงาน rivers_data ซึ่งจะอ้างอิงข้อมูล Loading ที่ผู้ศึกษาทำการปรับแก้ในแต่ละแม่น้ำเช่น rivers_data!C5 คืออ้างอิงแผ่นงาน rivers_data ในตำแหน่ง C5 นั่นเอง
 - 1.6 Rivers_data เป็นแผ่นงานที่ประกอบด้วย ลำดับที่ของแม่น้ำ, ชื่อแม่น้ำ, ชื่อประเทศและ Input หรือ Loading ซึ่งผู้ดำเนินการแบบจำลองต้องปรับแต่งค่าดังกล่าวซึ่งเป็นตัวเลขที่ได้จากการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำแต่ละสาย (ปริมาณน้ำท่ามากย่อมมีปริมาณสารอาหารที่ไหลลงสู่ปากแม่น้ำแต่ละสายมาก) โดยการเปรียบเทียบผลของแบบจำลองกับการปรับแก้ค่าเพื่อให้ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากภาพการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากดาวเทียม AQUA MODIS ถือเป็นส่วนการจัดการข้อมูลของระบบแบบจำลองนี้
 - 1.7 River_map เป็นแผ่นงานที่แสดงตำแหน่งปากแม่น้ำทั้งหมดที่ทำการศึกษาซึ่งจะมีชุดคำสั่งคือ $\text{IF}(\text{In!R2}>0,\text{In!R2},\text{IF}(\text{Depth!R2}=0,"X",))$ อ้างอิงแผ่นงาน In และ แผ่นงาน Depth เพื่อบอกตำแหน่งปากแม่น้ำได้ถูกต้องโดยบริเวณที่เป็นแผ่นดินแทนด้วยอักษร X และ บริเวณที่มีความลึกแต่ไม่ใช่ตำแหน่งของปากแม่น้ำแทนด้วย 0
 - 1.8 Bal เป็นแผ่นงานที่ประกอบด้วยชุดคำสั่งเพื่อหาค่าผลรวมของความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุดดังสมการที่ 1 เพื่อเป็นการปรับค่าอื่น ๆ ให้คงที่ส่งต่อไปยังแผ่นงาน Chl_calc สำหรับการคำนวณค่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในแต่ละปากแม่น้ำซึ่งมีชุดคำสั่งคือ

$$('U-transp'!J2*ABS(Chl_calc!J2)+'V-transp'!J3*ABS(Chl_calc!J3)-('U-transp'!J2+'V-transp'!J2+K!J2)*ABS(Chl_calc!J2)+In!J2)^2$$

$$SSE = \sum_{i=0}^{250} \sum_{j=0}^{400} (u_{i-1,j} \cdot C_{i-1,j} - u_{i,j} \cdot C_{i,j} + v_{i,j-1} \cdot C_{i,j-1} - v_{i,j} \cdot C_{i,j} - k_{i,j} \cdot C_{i,j} + R_{i,j})^2 \quad 1$$

$$u_{i-1,j} \cdot C_{i-1,j} - u_{i,j} \cdot C_{i,j} + v_{i,j-1} \cdot C_{i,j-1} - v_{i,j} \cdot C_{i,j} - k_{i,j} \cdot C_{i,j} + R_{i,j} = 0 \quad 2$$

เมื่อ u คือ U-Transportation ปริมาณการไหลในแกน X (m^3/s)

v คือ V-Transportation ปริมาณการไหลในแกน Y (m^3/s)

C คือ ค่าความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ ณ ตำแหน่งนั้นๆ (mg/m^3)

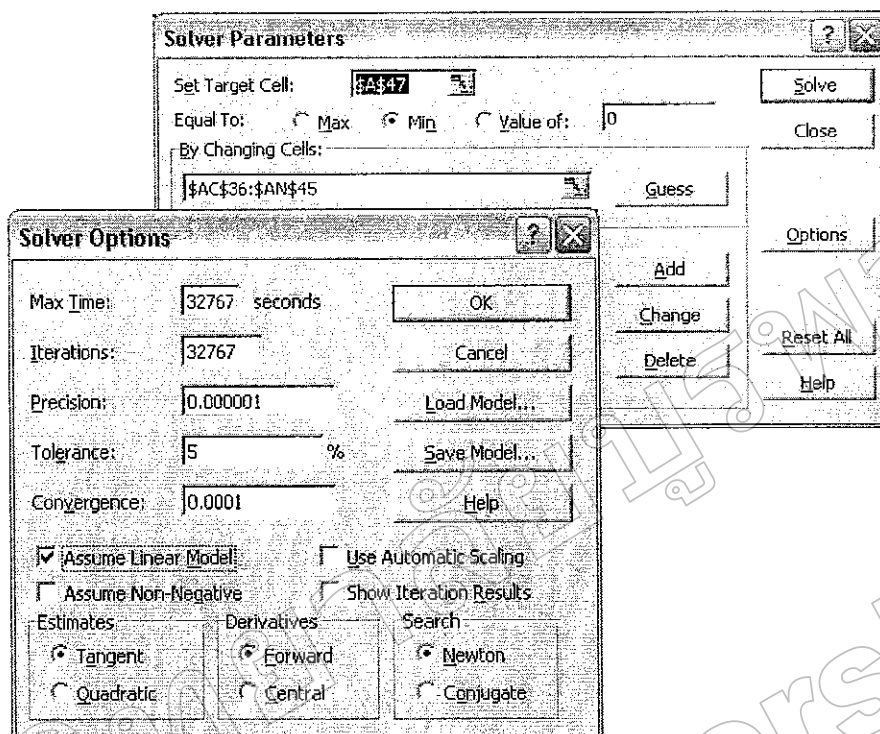
k คือ ความสามารถในการกำจัดคลอโรฟิลล์ ในตำแหน่งนั้นๆ (m^3/s)

R คือ ปริมาณ Loading จากแม่น้ำ ณ ปากแม่น้ำ (mg/s)

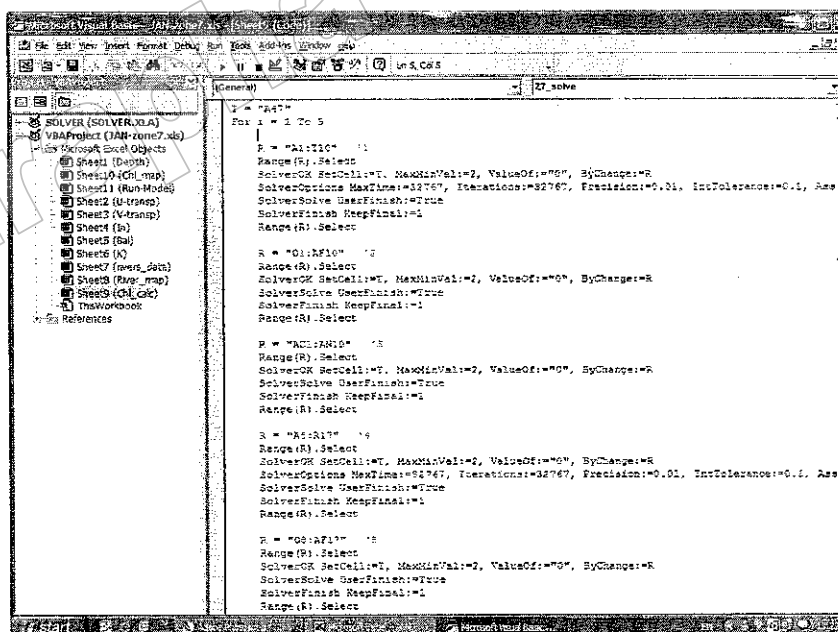
i คือ ตำแหน่งในแกน X

j คือ ตำแหน่งในแกน Y

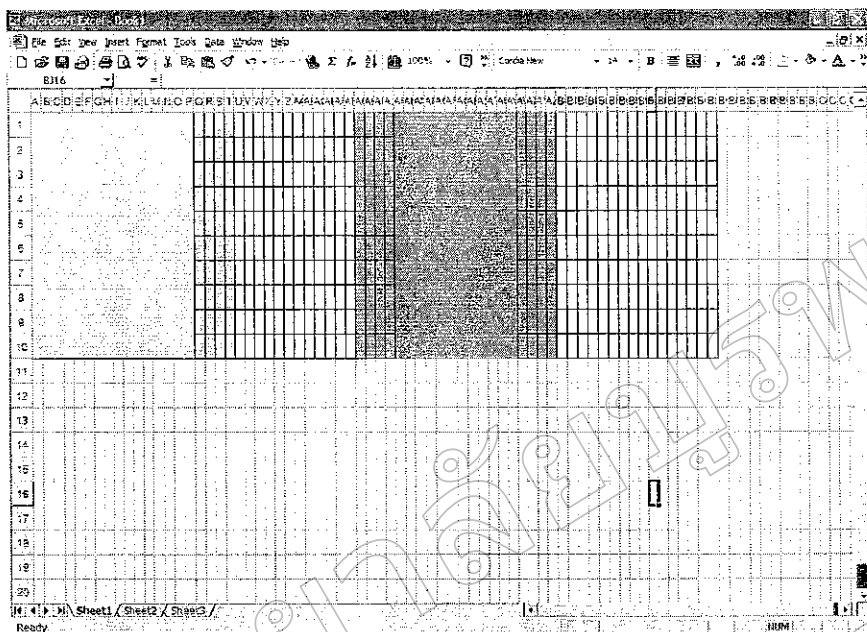
1.9 Chl_calc เป็นแผ่นงานที่มีคำสั่งเพื่อประมวลผลลัพธ์เพื่อหาค่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในพื้นที่ที่ศึกษาโดยมีคำสั่งอยู่ในเซลล์ที่ A47 = SUM(Bal!B1:AN45) คือการรวมค่าทั้งหมดของแผ่นงาน Bal ในพื้นที่ศึกษาและ เป็นแผ่นงานที่กำหนดค่าต่าง ๆ ของ Solver Function ซึ่งเป็น Add-in function ในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อช่วยในการทดสอบค่าตัวแปรเพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงมากที่สุด (Optimization Model) และ ตั้งเงื่อนไขของการทดสอบให้สมการใกล้เคียงค่าศูนย์ (ดังสมการที่ 2) ผลการทดสอบไม่มีค่าเป็นลบโดยการเปิดเมนู Tools > Solver ในกล่องข้อความ Changing Cells ให้ใส่ค่าของช่วงพื้นที่ที่ต้องการหาค่าคลอโรฟิลล์ (ช่วงที่จะ Solve) กำหนดครั้งละไม่เกิน 200 เซลล์ (ดังภาพที่ 3-6) จากนั้นต้องเขียนคำสั่งประมวลผลลงในหน้า Visual Basic Editor (คำสั่งดังภาพที่ 3-7) โดยกำหนดพื้นที่ครั้งละ 200 เซลล์จนเต็มพื้นที่ศึกษาทั้งหมด (ตัวอย่างการกำหนดพื้นที่ Solve ดังภาพที่ 3-8) ซึ่ง Solver จะทำการ Solve ซ้อนทับพื้นที่ก่อนหน้าบางส่วน (Overlap กัน) จากนั้นใช้คำสั่งเพื่อเริ่มการประมวลผลแบบจำลองจำนวน 5 รอบไปที่คำสั่ง Tools > Macro > Solve > Run (ดังภาพที่ 3-9) เปรียบเทียบผลที่ได้โดยประมาณทางสายตาโดยดูจากแผ่นงาน Chl_map กับภาพความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ซึ่งได้จาก AQUA MODIS ในช่วงเวลาเดียวกัน หากผลลัพธ์ยังไม่เป็นที่พอใจก็ควรทำการปรับแก้ไขในแผ่นงาน Rivers_data โดยปรับค่า Loading แล้ว ต้องดำเนินการแบบจำลองจำนวน 5 รอบ เพื่อดูผลในครั้งต่อไป



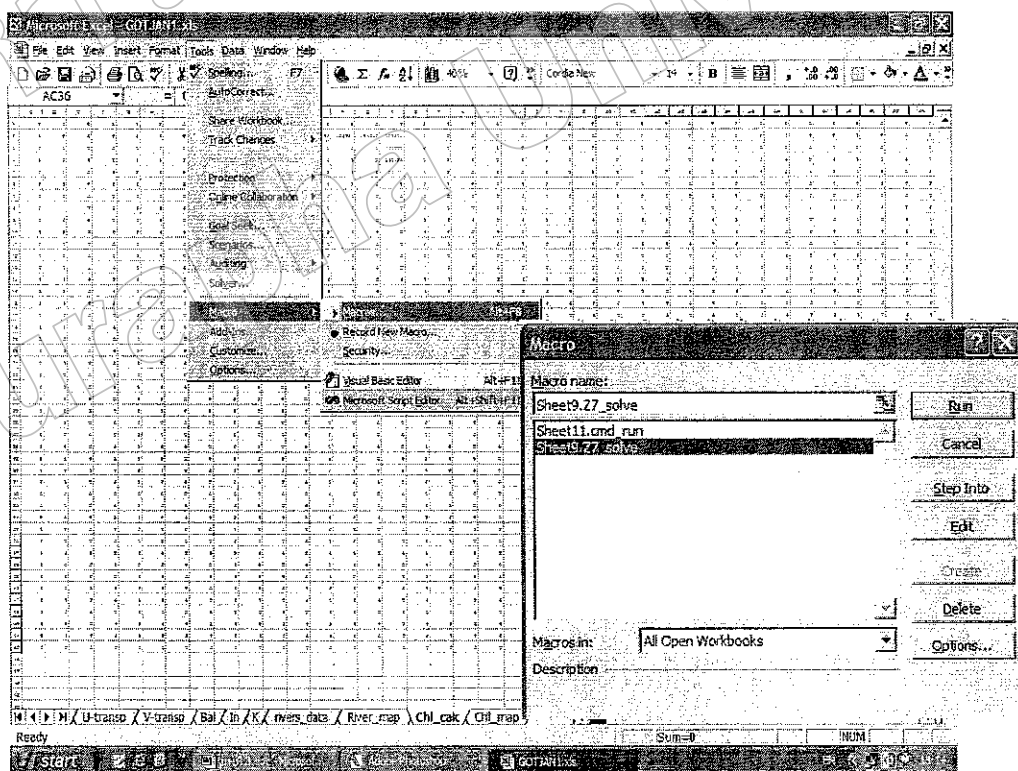
ภาพที่ 3-6 การตั้งค่าใน Solver Function



ภาพที่ 3-7 คำสั่งประมวลผลใน Visual Basic Editor

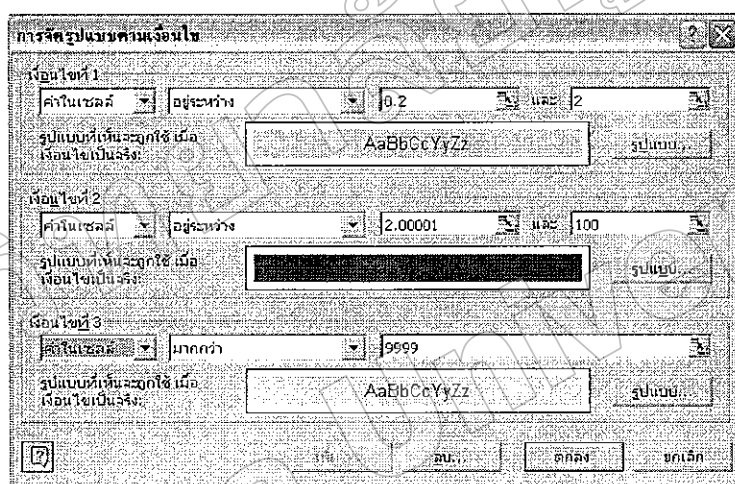


ภาพที่ 3-8 ตัวอย่างการกำหนดพื้นที่ Solve 200 เซลล์ที่มีการ Overlap บางส่วน



ภาพที่ 3-9 คำสั่งเพื่อเริ่มการประมวลผลแบบจำลอง

1.10 Chl_map เป็นแผ่นงานที่แสดงผลลัพธ์ส่งต่อจากการประมวลผลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์จากแผ่นงาน Chl_calc ซึ่งมีตัวอย่างของชุดคำสั่งดังต่อไปนี้ IF(Depth!J2=0,"-9999",ABS(Chl_calc!J2)) หมายถึง ถ้าความลึกในตำแหน่งที่สนใจเป็น 0 ให้ใส่เลข -9999 แต่ถ้าความลึกบริเวณนั้นไม่เป็น 0 ก็ให้ใส่ค่าสัมบูรณ์ (Absolute) ของตำแหน่งนั้นโดยอ้างอิงจากแผ่นงาน Chl_calc จากนั้นเราใช้คำสั่งรูปแบบ, จัดรูปแบบตามเงื่อนไข (ดังภาพที่ 3-10) เพื่อดูภาพการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในแต่ละช่วงที่กำหนดได้



ภาพที่ 3-10 ชุดคำสั่งเพื่อกำหนดช่วงความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์

2. เมื่อเราได้ข้อมูล River Loading จากโปรแกรม Microsoft Excel ที่เหมาะสมแล้วจึงนำเข้าสู่โปรแกรม ArcGIS เวอร์ชัน 9.1 แล้วทำการจำแนกกลุ่ม (Classification) ของปริมาณความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ (รายละเอียดในภาคผนวก ข) เพื่อได้ภาพที่มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นแล้วนำไปเปรียบเทียบกับภาพจากดาวเทียม AQUA MODIS ได้

ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ใช้วิธีนำค่า River Loading ซึ่งผู้ดำเนินการแบบจำลองพยายามปรับแก้ให้ได้ผลใกล้เคียงกับผลของดาวเทียม AQUA MODIS มาเปรียบเทียบกับข้อมูล Dissolved Inorganic Nitrogen ของโครงการ Land- Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ¹³) Biogeochemical Modelling Node มีการกำหนดค่ามาตรฐาน (Based on Nitrogen) ไว้ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ค่ามาตรฐาน (Based on Nitrogen) (ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ห้วยจี้และ ผักกอกบรุมการเปลี่ยนแปลงของโลก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548)

Average River Flow (m /s)	Total Nitrogen Concentration in Rivers As DIN+DON+PN (mg/m ³)	Average Chl:N For Marine Plankton (g-Chl:g-N)	Nutrient Loading Chlorophyll equivalent (mg-Chl/s)
50 - 10,000	500 - 5,000	0.14	3,500 - 7,000,000

ประเมินการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์บริเวณอ่าวไทยตอนใน

ในการศึกษาได้จำลองสถานการณ์การเพิ่มขึ้นของมลพิษอันเนื่องมาจากกิจกรรมจากฝั่ง (River Loading) โดยทำการเพิ่ม River Loading ขึ้นจากการทดสอบครั้งแรก 10 เท่า จากนั้นจึงดำเนินการแบบจำลองเพื่อนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับผลการทดสอบครั้งแรกเพื่อประเมินการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์บริเวณอ่าวไทยตอนในว่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพียงใด

สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

- สรุปผลของการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจากดาวเทียม AQUA MODIS
- สรุปผลการศึกษาจากการศึกษาการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาเดียวกันเป็นรายเดือนทั้ง 12 เดือน พร้อมทั้งค่า River Loading ในแต่ละเดือน
- สรุปผลการศึกษาเปรียบเทียบการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสถานการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของ River Loading 10 เท่า (10X) กับการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ปกติ (1X) เป็นรายเดือน