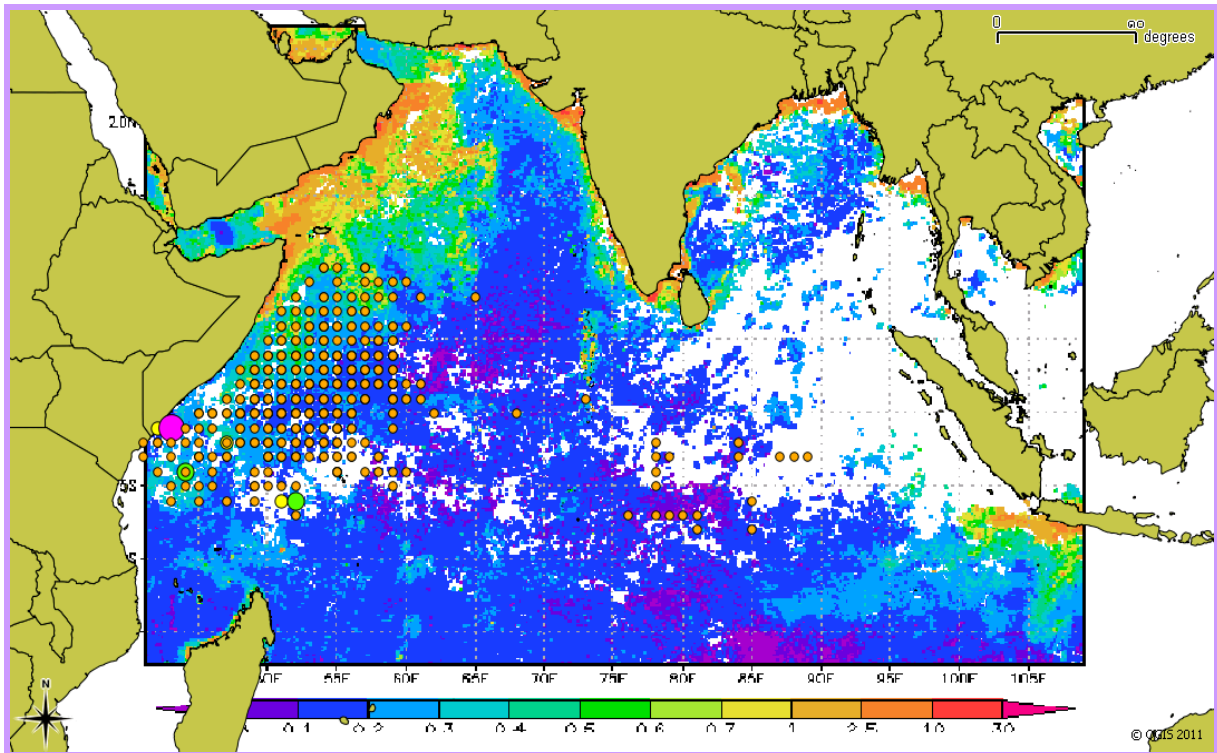


รายงานการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องแนวทางในการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม การเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศ และสมุทรศาสตร์มาศึกษาร่วมกับการประมง

วันที่ 17-20 ตุลาคม 2554

สำนักงานฝ่ายฝึกอบรม ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้



ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้



สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีประมงทะเลลึก

สารบัญ

รายละเอียดการอบรมเชิงปฏิบัติการ	2
รายนามผู้เข้าร่วมอบรม และวิทยากร	3
ตารางเวลาการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ	4
รายงานสรุปภาคบรรยาย และภาคปฏิบัติ	5-8
สรุปแบบประเมินการอบรมเชิงปฏิบัติการ	9
เอกสารแนบท้าย 1	10-18
เอกสารประกอบการบรรยายเรื่องความรู้เบื้องต้นของการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม	
เอกสารแนบท้าย 2	19
เอกสารประกอบภาคปฏิบัติ การใช้งาน BEAM software เพื่อแปลภาพถ่ายดาวเทียม	
เอกสารแนบท้าย 3	20-36
เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง กระบวนการ/ปรากฏการณ์ที่สำคัญในมหาสมุทร ;El Nino, Indian ocean dipole, eddy and upwelling	
เอกสารแนบท้าย 4	37
ภาพกิจกรรมระหว่างการอบรมเชิงปฏิบัติการ	

รายงานการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องแนวทางในการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม การเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศ และสมุทรศาสตร์มาศึกษาร่วมกับการประมง

โดย เพ็ญจันทร์ ละอองมณี

ภายใต้โครงการ/กิจกรรมความร่วมมือระหว่างสำนักงานฝ่ายฝึกอบรม ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และกรมประมง

โครงการย่อย: ระบบสารสนเทศการสำรวจทรัพยากรประมงน้ำลึก

หลักการและเหตุผล

ด้วยระบบสารสนเทศการสำรวจทรัพยากรประมงน้ำลึก ที่ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ร่วมกับสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีประมงทะเลลึก กำลังพัฒนาขึ้นมา นั้น จะสามารถทำให้เป็นระบบที่ใช้ในการสนับสนุนงานวิจัยของทั้งสองหน่วยงานได้ในระยะยาวก็ต่อเมื่อ นักวิจัยในทั้งสองหน่วยงาน และหน่วยงานอื่นๆในอนาคต เข้าไปใช้ประโยชน์จากข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ แผนงานส่วนหนึ่งของโครงการคือการกระตุ้นให้มีการนำข้อมูลในฐานข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์ใหม่ร่วมกับข้อมูลอื่นๆ ซึ่งในที่นี้คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศ

วัตถุประสงค์ของการอบรม

1. เพื่อเพิ่มความรู้ ความเข้าใจเรื่องภาพถ่ายดาวเทียม และการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศ ให้กับนักวิจัยในศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และ สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีประมงทะเลลึก
2. เพื่อร่วมกันหาแนวทางในการนำข้อมูลที่จะเก็บไว้ในระบบสารสนเทศการสำรวจทรัพยากรประมงน้ำลึก มาวิเคราะห์ร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียม และการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศ

ระยะเวลา และสถานที่อบรม

4 วัน ระหว่างวันที่ 17-20 ตุลาคม 2554 ณ อาคารปฏิบัติงานเครื่องมือประมง สำนักงานฝ่ายฝึกอบรม ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ภาคบรรยาย : ห้องบรรยาย 1

ภาคปฏิบัติ : ห้องบรรยาย 2 (คอมพิวเตอร์)

ผู้เข้าร่วมการอบรม

นักวิชาการจากศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

1. เพ็ญจันทร์ ละอองมณี (ผู้ประสานงานการฝึกอบรม) กองเทคโนโลยีประมงทะเล
2. ณัฐินี ศุภระมงคล “
3. ศักดิ์ชาย อานุกาญญู “
4. ฤทธิรงค์ พรหมมาศ “
5. วรลักษณ์ มีสมวัฒน์ “
6. ธนภัทร สรกฤตยาเมธ “
7. ศุวณีย์ สายันต์ “
8. นาวิณี ชุมทอง “
9. อัศวิน บัวช่วย กองเรือ

และ จากสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีประมงทะเลเล็ก

10. นายสมเจตน์ สอนครุฑ กลุ่มงานสมุทรศาสตร์
11. นายไพโรจน์ หน่ายมี่ “
12. นายเอกพล รัตนพันธ์ “
13. เรือเอกพิทักษ์ ใจดี กลุ่มงานพัฒนาเทคนิคการประมง
14. นางสาวทิพภาภรณ์ จงจินดาเจริญ กลุ่มงานสำรวจและวิจัยทรัพยากรทะเลเล็ก
15. นายประสิทธิ์ ลือทวีถาวรสิน “
16. นายวัชรพงษ์ ชุ่มชื่น กลุ่มงานประเมินสภาวะทรัพยากรและการประมงทะเลเล็ก
17. นายปิยณัฐ อนุทิการ “
18. นายเอกรัฐ วงษ์เขียว “
19. นายบุญฤทธิ์ เจริญสมบัติ “

วิทยากร

1. ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์ อาจารย์แผนกสมุทรศาสตร์ฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. นายวิโรจน์ ละอองมณี อาจารย์แผนกภูมิศาสตร์สนเทศทางทะเล คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

ตารางเวลาการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

เวลา	หัวข้อ	ผู้สอน
17 ตุลาคม 2554		
09:00 – 09:10	กล่าวเปิดการฝึกอบรม	ดร.วรวิทย์ วัลยชนา หัวหน้ากองเทคโนโลยีการทำประมง
09:10-12:00	ความรู้เบื้องต้นด้านการสำรวจระยะไกล	อ.วิโรจน์ ละอองมณี (เอกสารแนบท้าย 1)
13:00-16:00	การใช้งาน BEAM software เพื่อแปลภาพถ่ายดาวเทียม	อ.วิโรจน์ ละอองมณี/ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์ (เอกสารแนบท้าย 2)
18 ตุลาคม 2554		
09:00-12:00	กระบวนการ/ปรากฏการณ์ที่สำคัญในมหาสมุทร ; El Nino, Indian ocean dipole, eddy and upwelling	ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์ (เอกสารแนบท้าย 3)
13:00-16:00	การใช้งาน Web-based software ชื่อ Giovanni เพื่อดูข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์/ อ.วิโรจน์ ละอองมณี
19 ตุลาคม 2554		
09:00-12:00	การประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลในทางการประมง	อ.วิโรจน์ ละอองมณี
13:00-16:00	ฝึกปฏิบัติการใช้ Software BEAM มาแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม - การใช้ภาพจากดาวเทียม OLS มาใช้นับจำนวนเรือ	อ.วิโรจน์ ละอองมณี/ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์
20 ตุลาคม 2554		
09:00-14:00	ฝึกปฏิบัติกับข้อมูลจริง (Data from Giovanni and CPUE)	อ.วิโรจน์ ละอองมณี/ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์
14:00-16:00	ระดมความคิดในการนำข้อมูลของศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีประมงทะเลเล็ก มาวิเคราะห์ร่วมกับความรู้ที่ได้จากการฝึกอบรม	เพ็ญจันทร์ ละอองมณี

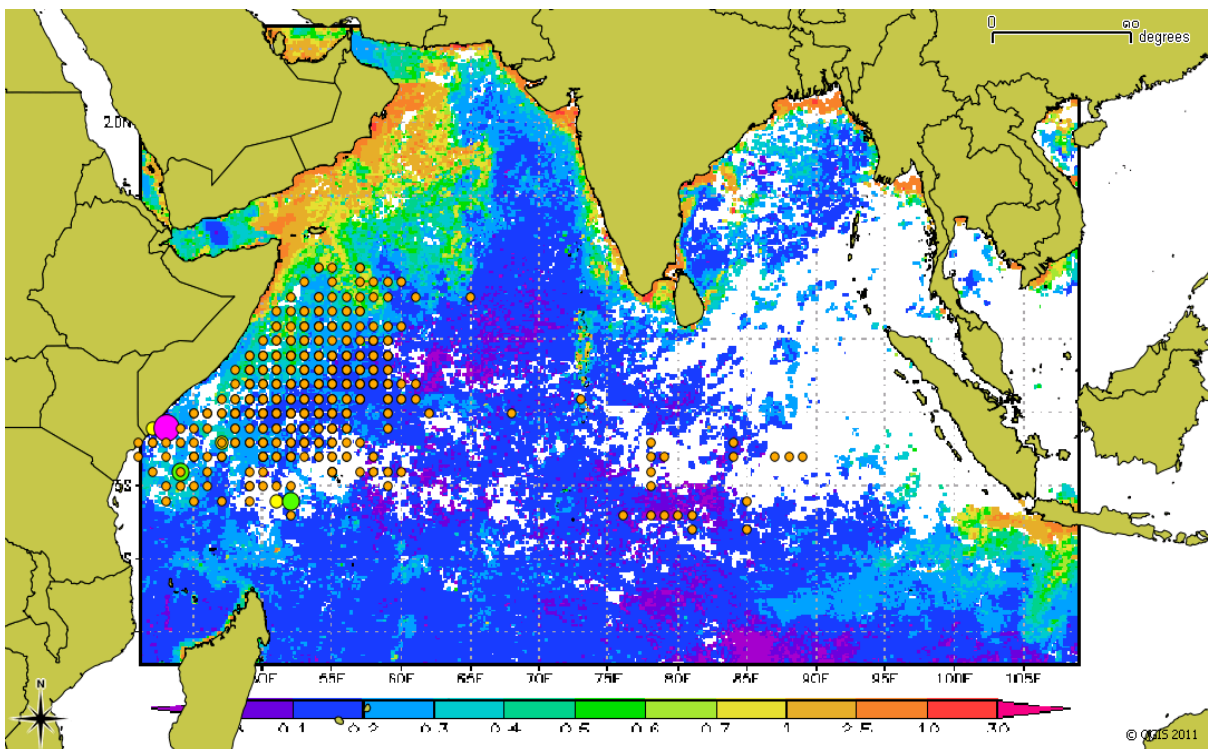
รายงานสรุปภาคบรรยาย และภาคปฏิบัติ

1. หัวหน้ากองเทคโนโลยีการประมง ดร.วรวิทย์ วัณชญา กล่าวต้อนรับ ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมทุกท่าน และ อธิบายให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทราบว่า กิจกรรมการอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ สารสนเทศการสำรวจทรัพยากรประมงน้ำลึก ที่ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ร่วมกับสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีประมงทะเลเล็ก ร่วมกันพัฒนาระบบฐานข้อมูลขึ้นมา โดยเป็นกิจกรรมที่กระตุ้นให้มีการนำข้อมูลในฐานข้อมูลไปวิเคราะห์หรือร่วมกับข้อมูลอื่น เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม
2. อ.วิโรจน์ ละอองมณี บรรยายเรื่อง ความรู้เบื้องต้นด้านการสำรวจระยะไกล โดยให้คำจำกัดความของการสำรวจระยะไกลว่า เป็นเทคนิคในการบันทึก การสังเกต และการรับรู้ เกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ที่ห่างไกลโดยมิได้เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุเป้าหมาย แต่อาศัยแหล่งกำเนิดพลังงานจากดวงอาทิตย์ หรือพลังงานที่ประดิษฐ์ขึ้นเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลที่สามารถนำมาประมวลผลวิเคราะห์ และประยุกต์ใช้เนื้อหาในการบรรยายประกอบด้วย หลักการของการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เช่น ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ การแปลภาพถ่ายดาวเทียม รวมถึงชนิดของดาวเทียม ชนิดของข้อมูล และลักษณะของข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมสำรวจต่างๆ รวมถึงการประยุกต์ใช้ (เอกสารแนบท้าย 1)
3. ภาคปฏิบัติ อ.วิโรจน์ แนะนำ ลักษณะข้อมูลที่ผู้ปฏิบัติงานทางด้านทะเลจะต้องนำไปใช้คือ ข้อมูล Ocean color และ Website (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>) ที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถ download มาใช้ได้ทั้งในระหว่างการฝึกอบรม และการปฏิบัติงานต่อไปในอนาคต และสาธิตวิธีการใช้งาน BEAM software ซึ่งเป็น Open source toolbox ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และแปลผลภาพถ่ายดาวเทียม ที่รองรับข้อมูลหลากหลายรูปแบบ ผู้เข้ารับการอบรมทุกคน ได้เรียนรู้วิธีการติดตั้ง การนำเข้า การแปลผลจาก MODIS sensor รวมถึงการ export ภาพออกมาใส่ในรายงาน (เอกสารแนบท้าย 2)
4. ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์ บรรยายเรื่อง ปรากฏการณ์ทางสมุทรศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการประมง เนื้อหาในการบรรยายประกอบด้วย ปรากฏการณ์ น้ำผุด (Upwelling) น้ำวน (Eddies) แนวน้ำขน และน้ำแยก (Divergence and Convergence) El-Nino Southern Oscillation (ENSO) และ Indian Ocean Dipole (IOD) โดยบรรยายถึงสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ ลักษณะของปรากฏการณ์ที่เห็นได้จากภาพถ่ายดาวเทียม และผลที่เกิดขึ้นต่อการประมง รวมทั้งแนะนำวิธีการแสดงข้อมูลเพื่อติดตามปรากฏการณ์ทางสมุทรศาสตร์ในระยะยาว เช่น Hovmoller diagram
5. ในภาคปฏิบัติ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์ แนะนำการใช้งาน Giovanni ซึ่งเป็น Web-based application ที่พัฒนาโดย Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center ประเทศสหรัฐอเมริกา ผู้ใช้งาน Giovanni สามารถดู วิเคราะห์ผล และดึงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติได้จาก <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni> ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมได้ทดลองใช้งาน Giovanni โดยการ download ข้อมูล อุณหภูมิผิวน้ำ และ chlorophyll จากพื้นที่ และช่วงเวลาที่สนใจมาทำเป็นแผนภาพ แบบต่างๆ รวมถึงการดึงเอาข้อมูลดิบออกมาเพื่อไปใช้วิเคราะห์ด้วย software ที่ตนเองถนัดต่อไป นอกจากนี้ ดร.ปัทมา ยังได้แนะนำแหล่งของข้อมูลกระแสน้ำผิวน้ำ คือที่ <http://www.oscar.noaa.gov/> ซึ่งเป็นโครงการ

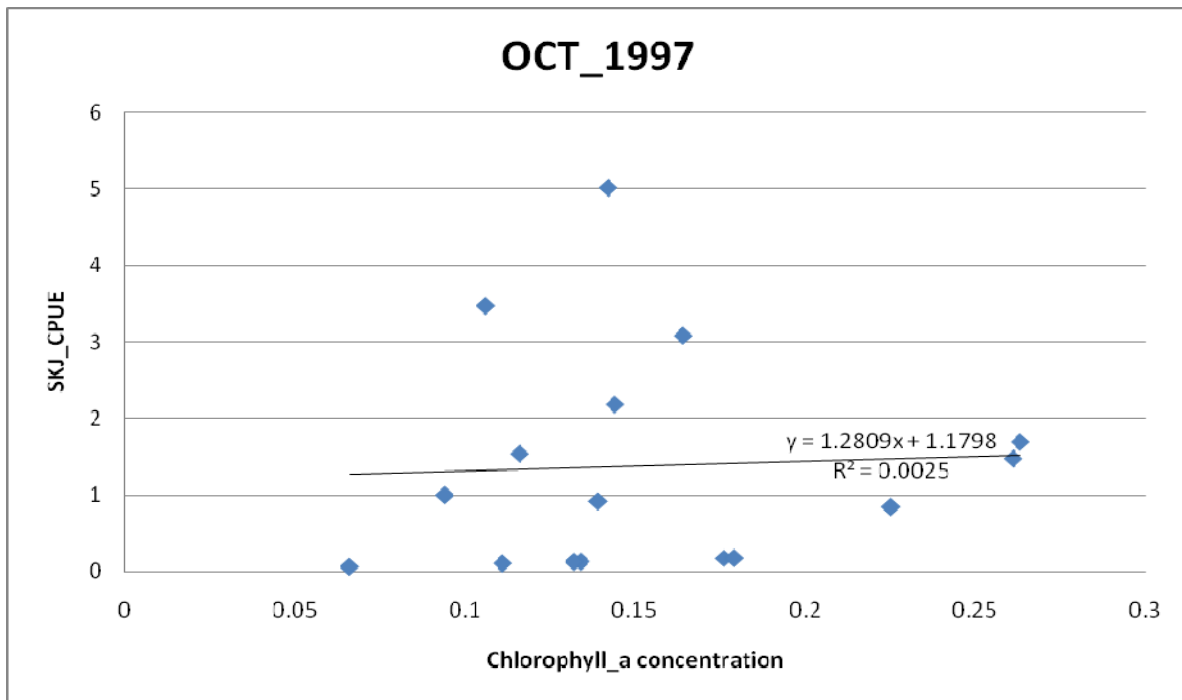
ของ National Oceanic and Atmospheric Administration ประเทศสหรัฐอเมริกา ผู้ใช้งานสามารถดูแผนที่ กระแสน้ำผิวหน้าในมหาสมุทรต่างๆ เกือบจะเป็น ณ. เวลาปัจจุบัน โดยเป็นข้อมูลที่ได้มาจากใช้ทุ่นวัดกระแสน้ำที่มีกระจายอยู่ทุกมหาสมุทร (เอกสารแนบท้าย 3)

6. อ.วิโรจน์ ละออมนณี บรรยายเรื่องการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลในทางการประมง โดยใช้กรณีศึกษาจาก
- I. คู่มือการประยุกต์ภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 8 ; Remote Sensing Applications for Fisheries Sciences – From Science to Operation ซึ่งเป็นเอกสารเผยแพร่จาก UNESCO BILKO Project
 - II. จากรายงานของ International Ocean-Color Coordinating Group (IOCCG) เล่มที่ 8: Remote Sensing in Fisheries and Aquaculture และ
 - III. Handbook of Satellite Remote Sensing Image Interpretation: Applications for Marine Living Resources Conservation and Management เอกสารเผยแพร่ของ IOCCG จัดพิมพ์ในปี 2554 ได้แก่
 - Evaluation of potential swordfish (*Xiphias gladius*) fishing grounds off Central Chile, by the use of remote sensed sea surface temperature satellite data (M.A. Barbieri, K. Nieto, C. Silva, E. Yáñez)
 - Sea surface thermal conditions in the North Atlantic in relation to fishery activities (J. Pérez Marrero, O. Llinás)
 - The use of spaceborne Synthetic Aperture Radar (SAR) in the monitoring and management of Bering Sea fisheries (P. Clemente-Colón)
 - Pelagic fisheries: Application of general processing techniques to remotely sensed images (J.A. Triñanes, I. Sordo, J. Varela, J.M. Cotos, A. Tobar)
 - Training module on GIS applications and the spatial allocation of fishing intensity from coastal ports. An example of application in the Digby Bay (Nova Scotia – Canada) (F. Carocci, J.F. Caddy)
 - Identification of potential fishing zones in Indian waters using satellite derived sea surface temperature (S.K. Dash, S.B. Choudhury, K.H. Rao, M.V. Rao)
 - Understanding spatial pattern of shrimp ponds using visual interpretation of satellite imagery (P. Suvanachai)
 - Use of Night Satellite Imagery to Monitor the Squid Fishery in Peru
 - Spring Algal Bloom and Haddock Larvae Survival
 - Applications to Detect Habitat Preferences of Skipjack Tuna
 - Monitoring Oysters Using Remote Sensing Data and Services
 - Distribution of Peruvian Anchovy Fleets in Relation to

7. ในภาคปฏิบัติผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมได้ใช้ BEAM Software ที่ได้เรียนรู้ในวันที่ 1 ของการฝึกอบรมมาวิเคราะห์จำนวนของเรือประมงประกอบแสงไฟล่อ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายในเวลากลางวัน และวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมสีน้ำทะเล เพื่อวิเคราะห์บริเวณที่มี plankton bloom
8. เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้ในการปฏิบัติงาน ผู้เข้ารับการอบรมจึงได้รับโจทย์ให้นำภาพถ่ายดาวเทียมแสดงอุณหภูมิผิวน้ำ และ ความเข้มข้นของ Chlorophyll-a จาก Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) มาซ้อนทับกับข้อมูลผลจับปลาทูน่าในบริเวณต่าง ๆ ของมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งเป็นข้อมูลจาก Indian Ocean Tuna Commission (IOTC) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสมุทรศาสตร์ และข้อมูลสถิติผลจับปลาทูน่า ภาพที่ 1 และ 2 แสดงผลงานบางส่วนของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในภาคปฏิบัติ



ภาพที่ 1 แสดงการซ้อนทับของข้อมูลความเข้มข้นของ Chlorophyll-a จาก Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) และ ผลจับปลาทูน่าครีบน้ำเงินจากเรืออวนล้อม ต่อการล้อมอวน 1 ครั้ง (CPUE; ton/operation) ในเดือนกันยายน 2540



ภาพที่ 2 แสดงแผนภูมิเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างข้อมูล ผลจับปลาทุน่าท้องแถบ จากเรืออวนล้อม ต่อ การล้อมอวน 1 ครั้ง (CPUE; ton/operation) และ ความเข้มข้นของ Chlorophyll-a จาก SeaWiFS ในเดือน ตุลาคม 2540

9. ในช่วงท้ายของการฝึกอบรมผู้เข้ารับการฝึกอบรมแสดงความคิดเห็นที่จะนำข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลมา วิเคราะห์ร่วมกับข้อมูล ในระบบสารสนเทศการสำรวจทรัพยากรประมงน้ำลึก(ในอนาคต) ในด้านต่างๆ ได้แก่ การศึกษาแหล่งที่อยู่อาศัยของปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ที่เป็นเป้าหมายของการประมง ได้แก่ปลาทุน่าชนิดต่างๆ และปลาตาบ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล เช่น Chlorophyll-a กระแสน้ำ อุณหภูมิผิวน้ำ และ ความสูงคลื่น การประเมินปริมาณการจับสัตว์น้ำของเรือประกอบแสงไฟล่อ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่สามารถถ่ายได้ในเวลากลางคืน นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะในการศึกษาโดยใช้ Hydro Acoustic ซึ่งก็เป็นการสำรวจระยะไกลแบบหนึ่ง มาสำรวจ และศึกษาร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งสำรวจได้เพียงที่ผิวน้ำเท่านั้น
10. ภาพกิจกรรมระหว่างการอบรมเชิงปฏิบัติการอยู่ในเอกสารแนบท้าย 4

สรุปแบบประเมินการอบรมเชิงปฏิบัติการ

ตอนที่ 1 ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม

จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 12 คน คิดเป็นร้อยละ 63 ของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยประกอบด้วยผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ปฏิบัติงานในลักษณะงานต่างๆดังนี้

1. สมุทรศาสตร์ จำนวน 5 คน
2. ฐานข้อมูล /ภูมิสารสนเทศ /เทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 3 คน
3. พัฒนาเทคนิค/ประเมิน/สำรวจทรัพยากรประมง จำนวน 2 คน และ
4. ไม่ระบุลักษณะงานในแบบสอบถาม จำนวน 2 คน

ตอนที่ 2 สรุประดับความพึงพอใจ และความรู้ที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับจากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

หัวข้อ	ระดับความพึงพอใจ/ความรู้ที่ได้รับ (ร้อยละ)			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
การฝึกอบรมเป็นไปตามความคาดหวัง	42	50	8	0
ความรู้ที่ได้สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้	33	50	17	0
ความเหมาะสมของระยะเวลาในการฝึกอบรม	25	18	33	25
ความรู้ที่ได้รับเพิ่มขึ้นจากการบรรยาย/ปฏิบัติเรื่อง				
ความรู้เบื้องต้นด้านการสำรวจระยะไกล	34	58	8	0
ENSO,IOD, upwelling, eddies	42	42	16	0
การประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลในการประมง	33	50	17	0
Giovanni : Web-based application	42	50	8	0
Beam :Remote sensing tools	9	82	9	0
แบบฝึกหัดการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลในการประมง	42	42	16	0

ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ และได้รับความรู้จากการฝึกอบรมอยู่ในระดับดี ถึงดีมาก ยกเว้นในเรื่องความเหมาะสมของเวลาที่ผู้ร่วมการอบรมส่วนใหญ่เห็นว่าระยะเวลาในการฝึกอบรมสั้นเกินไป โดยผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 7 คนแสดงความเห็นเพิ่มเติมว่า ควรมีการอบรมเพิ่มเติมจากความรู้เบื้องต้นที่ได้รับ และแบ่งเวลาให้กับภาคปฏิบัติให้มากขึ้น นอกจากนี้มีผู้ตอบแบบสอบถาม 1 ท่านอยากให้อัดฝึกอบรมเรื่อง Surface Potential Analysis (SPA)

Introduction to Remote Sensing

วิโรจน์ ละอองนที
คณะเทคโนโลยีทางทะเล
มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี
wirotela@gmail.com

1

Remote Sensing

การสำรวจจากระยะไกล เป็นเทคนิคในการบันทึก การสังเกต และการรับรู้ เกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ที่ห่างไกล โดยมิได้เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุเป้าหมาย แต่อาศัย แหล่งกำเนิดพลังงานจากดวงอาทิตย์หรือพลังงานที่ประดิษฐ์ขึ้นเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลที่สามารถนำมาประมวลผล วิเคราะห์และประยุกต์ใช้

Canadian Center for Remote Sensing (CCRS) (2007)
สร้างโดยสมพร สง่างงศ์ (2552)

2

หลักการของการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม

— Incoming EMR
- - - Reflected EMR
⋯ Emitted EMR

3

Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) Image of the Sun Obtained on September 14, 1999

ดวงอาทิตย์แผ่พลังงานรวมทั้ง พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
Electromagnetic Energy

จากผิวดวงอาทิตย์ $0.33 \times 10^7 \text{ W/m}^2$
มาถึงผิวโลก 1367 W/m^2
ตัวระยะทาง $1.496 \times 10^{11} \text{ miles}$

4

Visible Portion of the Electromagnetic Spectrum from 400 to 700 nm

Nanometers

Gamma X-ray Ultra-violet Visible Reflective infrared Thermal infrared Microwave Radio

5

Electromagnetic Radiation (EMR)

โดยที่ λ = ความยาวคลื่น
 $C =$ ความเร็วของคลื่นมีค่าคงที่ 3×10^8 เมตรวินาที
 $f =$ ความถี่คลื่น จำนวนรอบต่อวินาที (cycle/sec หรือ hertz)

$$\lambda = c/f$$

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum)

สนามไฟฟ้า E ความยาวคลื่น λ - ความยาวคลื่น (ระยะห่างระหว่างยอดคลื่นกับคลื่นเบื้องหน้า)

สนามแม่เหล็ก H ความถี่ของคลื่น f - ความถี่คลื่น (จำนวนรอบต่อวินาทีที่ผ่านจุดกำเนิด - Hertz)

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

6

RS Wavelength

ช่วงคลื่นแสง Optical wavelength
400 – 1400 นาโนเมตร
Visible light 400 – 700 นาโนเมตร

ช่วงคลื่นไมโครเวฟ
1 มิลลิเมตร – 1 เมตร
มักเรียกหน่วยเป็นความถี่

ช่วงคลื่น	ความถี่ (GHz)	ความยาวคลื่น (cm)
K	12.5 - 40	0.7 – 2.4
X	8 – 12.5	2.4 – 3.75
C	4 - 8	3.75 – 7.5
S	2 - 4	7.5 - 15
L	1 - 2	15 - 30
P	0.3 - 1	30 - 100

การแผ่รังสีของแม่เหล็กไฟฟ้า

โดยที่ $E =$ พลังงานของ 1 ควอนตัม มีหน่วยเป็น จูล (Joules)
 $h =$ ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck's constant) = 6.626×10^{-34} J.sec
 $f =$ ค่าความถี่ของคลื่น

$$E = hf$$

$$E = hc/\lambda$$

พลังงานเป็นสัดส่วนผกผันกับความยาวคลื่น
หากต้องการบันทึกพลังงานในช่วงคลื่นยาวต้องบันทึกพลังงานในพื้นที่เป็นเวกกว้างและใช้เวลานาน

7

8

Visible Light observable from Earth, all solar atmospheric absorption.

Most of the infrared spectrum absorbed by atmospheric greenhouse gases (observed from space).

Radio Waves observable from Earth.

Long-wavelength Radio Waves blocked.

Gamma Rays, X Rays and Ultraviolet Light blocked by the upper atmosphere (observed from space).

พลังงานกับพื้นผิวโลก

- Reflection การสะท้อนพลังงาน
- Absorption การดูดกลืนพลังงาน
- Transmission การส่งผ่านพลังงาน

โดยที่ $E_i(\lambda) =$ พลังงานตกกระทบ (Incident energy) ที่ความยาวคลื่น λ
 $E_r(\lambda) =$ พลังงานสะท้อน ที่ความยาวคลื่น λ
 $E_a(\lambda) =$ พลังงานดูดกลืน ที่ความยาวคลื่น λ
 $E_t(\lambda) =$ พลังงานส่งผ่าน ที่ความยาวคลื่น λ

$$E_i(\lambda) = E_r(\lambda) + E_a(\lambda) + E_t(\lambda)$$

9

10

ลักษณะการสะท้อนกลับพลังงานจากพื้นผิวที่ต่างกัน

Spectral Reflectance ความสะท้อนเชิงสเปกตรัม

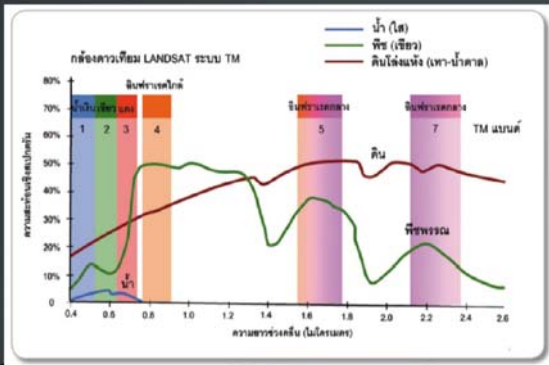
$$\rho_\lambda = E_r(\lambda) / E_i(\lambda)$$

โดยที่ $\rho_\lambda =$ ความสะท้อนเชิงสเปกตรัม ที่ช่วงคลื่น λ
มักนิยมแสดงเป็นอัตราส่วน หรือร้อยละระหว่างพลังงานสะท้อนต่อพลังงานตกกระทบ

11

12

การสะท้อนเชิงสเปกตรัมของพืช ดินและน้ำ



13

In Situ Data Collection

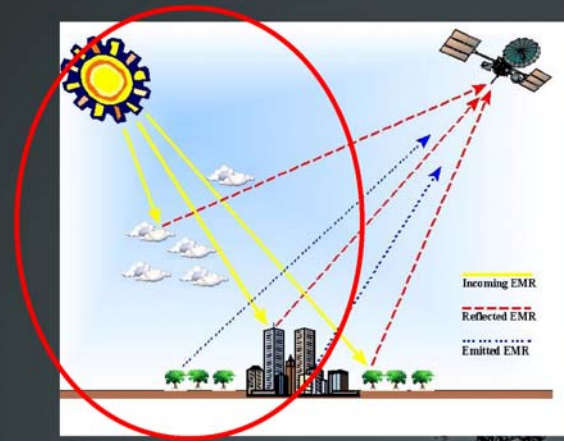


14



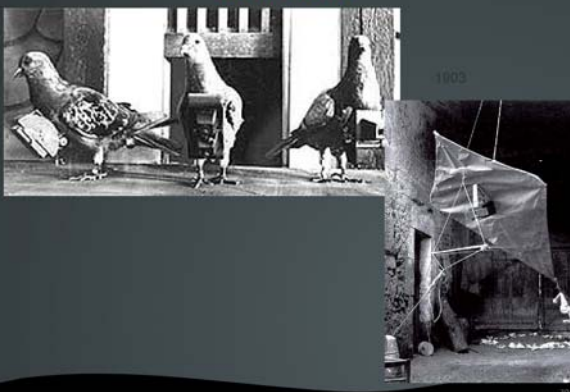
Spectroradiometer

15



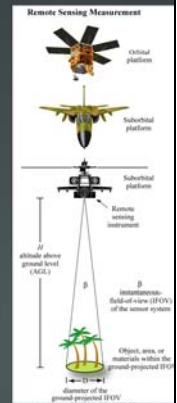
16

Platform



17

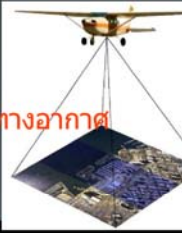
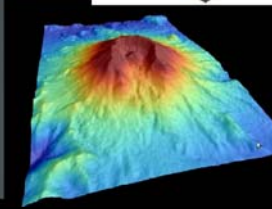
World War I



18

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

- GIS Geographic Information System
- ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- Aerial photogrammetry การแปลภาพถ่ายทางอากาศ
- Cartography การจัดทำแผนที่
- 3D & Animation Mapping

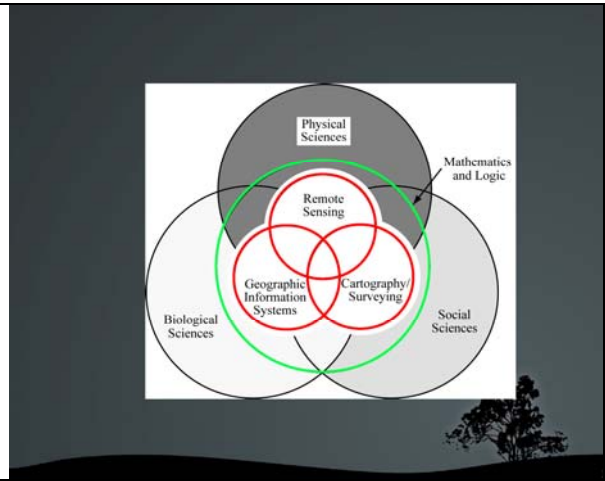



Monitoring Wells	
Well ID	State Number (Continent)
Lat	State
City	State
City	State
City	State
City	State

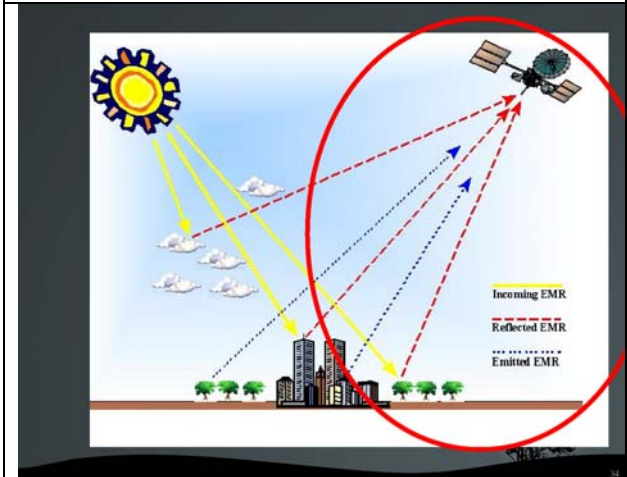
Industry	
Area	City
Area	City
Area	City
Area	City

Population	
Area	City
Area	City
Area	City
Area	City

19



20

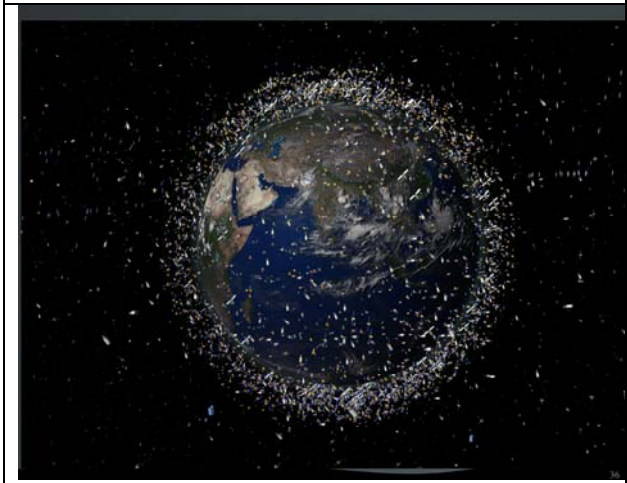


21

ชนิดของดาวเทียม

- ดาวเทียมสื่อสาร
- ดาวเทียมสำรวจโลก
- ดาวเทียมภารกิจพิเศษ
- ดาวเทียมตรวจอากาศ
- ดาวเทียมระบุพิกัด
- ดาวเทียมสายลับ

22

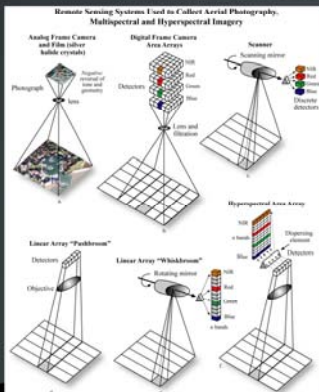


23



24

หลักการของการสำรวจระยะไกล



- Analog Frame Film
- Area Arrays (CCD)
- Scanner
- Pushbroom
- Hyperspectral

25

Spatial Resolution

- Picture Element (PIXEL) (จุดภาพบนจอคอมพิวเตอร์) : หน่วยพื้นที่
- High Spatial Resolution (<math>< 10\text{ m}</math>): GeoEye-1, SPOT-HRV, IKONOS, IRS-1D/1D-2, COMView-3, QuickBird, RapidEye, WorldView-1, WorldView-2
- Medium Spatial Resolution (10 – 100 m): EO-1/1, Terra-ASTER, Landsat-ETM+, SPOT-HRV, SPOT-HRVB, IRS-LISS, LANDSAT-TM, TM2S
- Low Spatial Resolution (>100 m): NOAA-AVHRR, NOAA-AVHRR, Terra-MODIS, DMSP-OLS, SeaWiFS, SPOT-Vegetation, IRS-WIFS
- <http://imgina.caspio.com/Non-linear/Satellites.html>

26

Satellite (Platform)

LANDSAT series (NASA)



27

Landsats series

Platform	Lifetime (design)	Altitude	Equator Crossing	Adjacent Orbits	Repeat Coverage	Sensors
Landsat 1	1972-1978 (1 year)	912 km	8:50 a.m.	1 day	18 days	RBV, MSS
Landsat 2	1975-1982 (1 year)	912 km	9:08 a.m.	1 day	18 days	RBV, MSS
Landsat 3	1978-1983 (1 year)	912 km	9:31 a.m.	1 day	18 days	RBV, MSS
Landsat 4	MSS: 1982-1987 TM: 1982-1999 (3 years)	705 km	9:45 a.m.	7 days	16 days	MSS, TM
Landsat 5	1984-1999 (3 years)	705 km	9:45 a.m.	7 days	16 days	MSS, TM
Landsat 6	1993 (6 years)	705 km	10:00 a.m.	7 days	16 days	MSS, ETM
Landsat 7	1999-present (6 years)	705 km	10:00 a.m.	7 days	16 days	ETM+

28

Terra & Aqua Satellites



29

Terra & Aqua Satellites

Platform	Lifetime (design)	Altitude	Equator Crossing	Sensors
Terra	1999-present (6 years)	705 km	10:30 a.m.	ASTER CERES MISR MODIS MOPITT
Aqua	2002-present (6 years)	705 km	1:30 p.m. (ascending)	AIRS AMSR-E CERES MODIS

30

MODIS Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer

- Quantization: 12bits ($2^{12} = 4096$)
- Spatial Resolution: 250 m (Band 1, 2)
500 m (Band 3 - 7)
1000 m (Band 8 - 36)

Primary Use	Band	Bandwidth	
Land/Cloud/Aerosols Boundaries	1	620 - 670	MODIS Channel
	2	841 - 876	
Land/Cloud/Aerosols Properties	3	459 - 479	
	4	545 - 565	
	5	1230 - 1250	
	6	1628 - 1652	
	7	2105 - 2155	
	8	405 - 420	
Ocean Color/Phytoplankton/Biogeochemistry	9	438 - 448	
	10	483 - 493	
	11	526 - 536	
	12	546 - 556	
	13	662 - 672	
	14	673 - 683	
	15	743 - 753	
	16	862 - 877	
Atmospheric Water Vapor	17	890 - 920	
	18	931 - 941	
	19	915 - 965	
Surface/Cloud Temperature	20	3.660 - 3.84	
	21	3.929 - 3.98	
	22	3.929 - 3.98	
Atmospheric Temperature	23	4.020 - 4.05	
	24	4.433 - 4.43	
Cirrus Clouds Water Vapor	25	4.482 - 4.54	
	26	1.360 - 1.39	
Cloud Properties	27	6.535 - 6.89	
	28	7.175 - 7.47	
Ozone	29	8.400 - 8.70	
	30	9.580 - 9.88	
Surface/Cloud Temperature	31	10.780 - 11.	
	32	11.770 - 12.	
Cloud Top Altitude	33	13.185 - 13.	
	34	13.485 - 13.	
	35	13.785 - 14.	
	36	14.085 - 14.	

- Band 1 - 19 unit is nanometer
- Band 20 - 36 unit is micrometer

31

32

Active Sensor

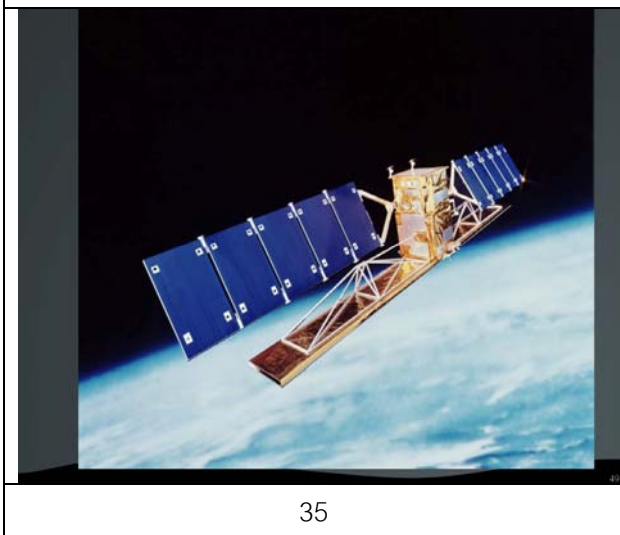


33

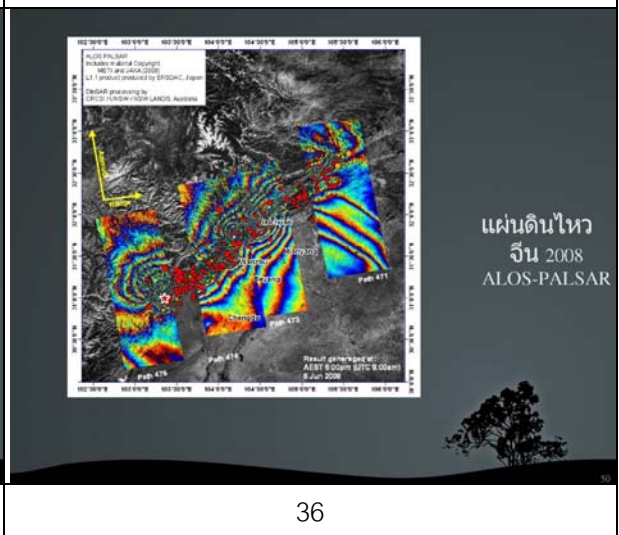
SAR Synthetic Aperture Radar

- ERS
- J-ERS
- RADARSAT
- SeaSat
- ALOS-PALSAR

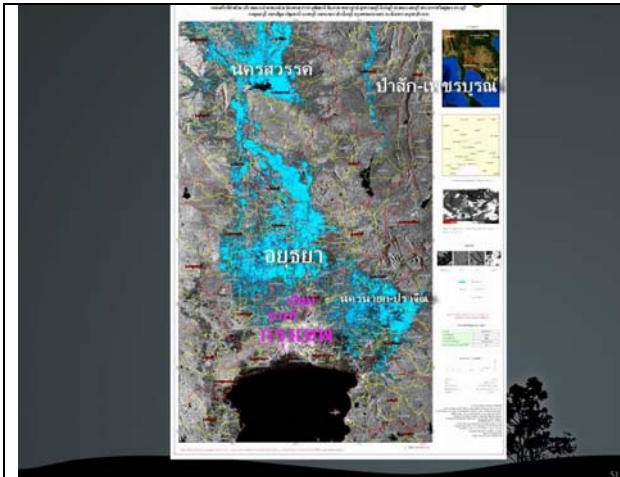
34



35



36



37

Image processing

- Image processing เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ
 - Radiometric correction ปรับแก้เชิงรังสี
 - Geometric correction ปรับแก้เชิงพื้นที่
 - Image Enhancement เน้นภาพ
 - Filtering & Transformation กรองและแปลงข้อมูลภาพ
 - Image Classification แปลสภาพ
 - Visualization แปลภาพโดยสายตา
 - Computerization แปลภาพโดยข้อมูลเชิงสถิติ
 - Supervise Classification
 - Un-supervise Classification
- Presentation & Report

38

Remote Sensing Can Provide Knowledge by Measuring Energy Characteristics in Spectral Regions Beyond Our Human Visual Perception

แปลภาพด้วยสายตา

39

Element and tone

40

Element of image and tone

41

Color composite

<p>สีผสมเชิงบวก</p> <p>แสงสีแดง (R) แสงสีเขียว (G) แสงสีน้ำเงิน (B)</p> <p>$R\% + G\% + B\% = \text{สีขาว (W)}$</p>	
<p>สีผสมเชิงลบ</p> <p>$R\% + G\% = \text{สีเหลือง (Y)}$ $B\% + G\% = \text{สีน้ำเงินแกมเขียว (C)}$ $B\% + R\% = \text{สีม่วงแดง (M)}$ $Y\% + C\% + M\% = \text{สีดำ (BL)}$</p>	

42

แปลภาพด้วยสายตา

Elements of Image Interpretation - Size



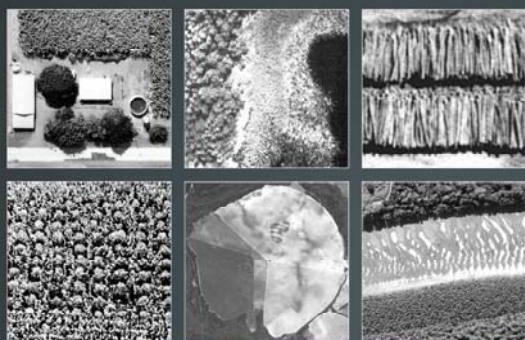
43

Elements of Image Interpretation - Shape



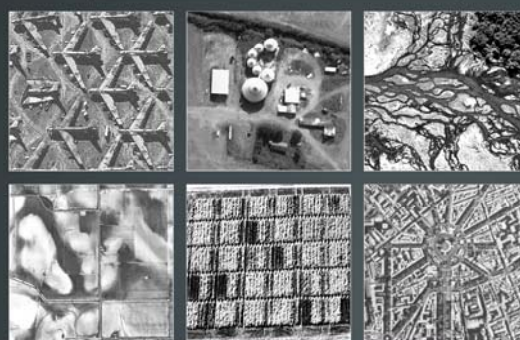
44

Elements of Image Interpretation - Texture



45

Elements of Image Interpretation - Pattern



46

Elements of Image Interpretation - Shadow

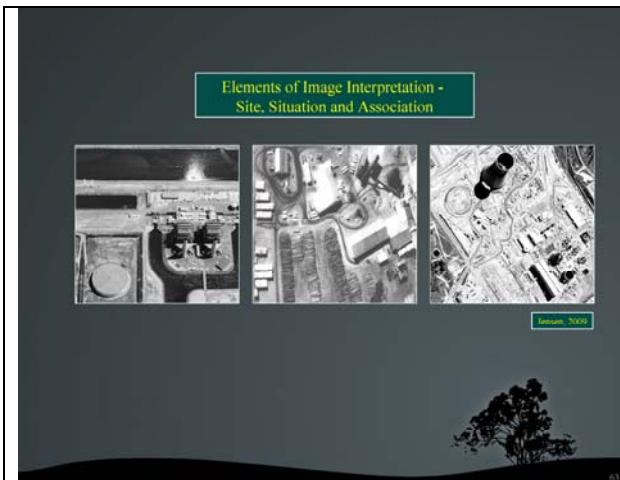


47

Elements of Image Interpretation - Height and Depth



48



49

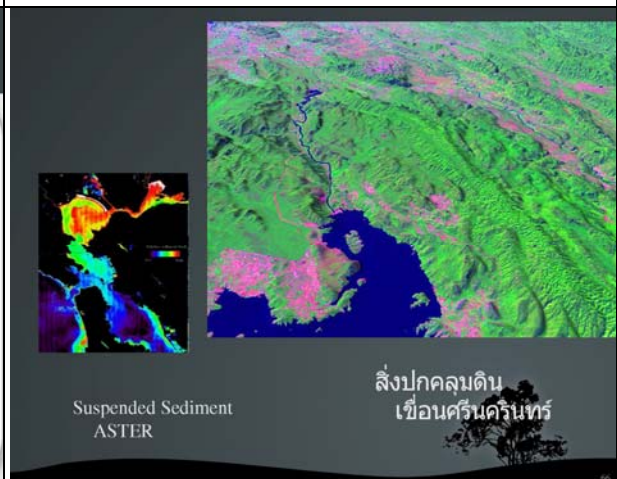
การแปลภาพด้วยข้อมูลเชิงสถิติ Image Classification

- Supervised classification การแปลภาพโดยใช้จุดควบคุม
Training area ระบุข้อมูลตัวอย่าง
- Unsupervised classification การแปลภาพโดยไม่มีจุดควบคุม

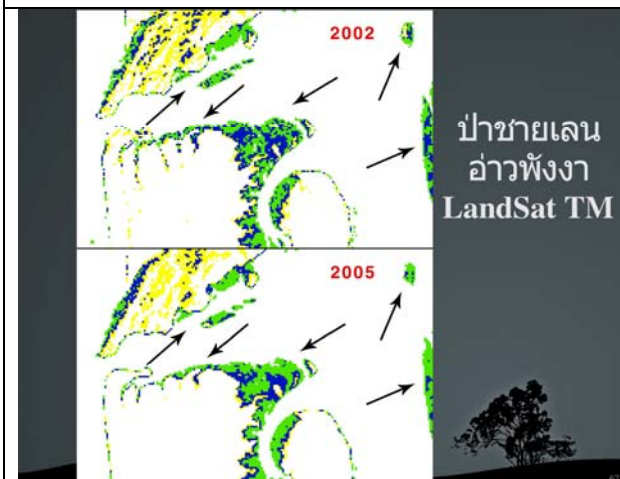
50



51



52

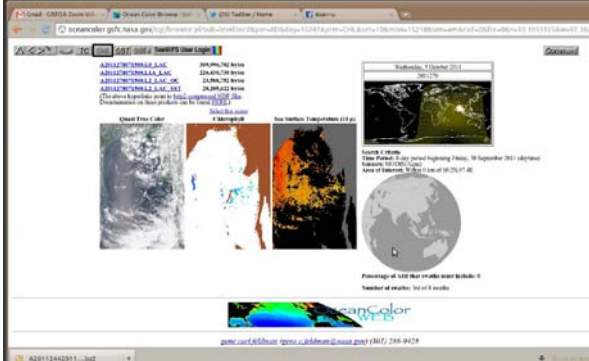


53

เอกสารแนะนำเพื่ออ่านเพิ่มเติม

- ตำราเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศศาสตร์ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) 2552
- การสำรวจจากระยะไกลในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน และการประยุกต์ แต่งโดย สมพร สง่าวงศ์ 2543

54

<h3 style="text-align: center;">OceanColor Products</h3> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Level 0 Data unprocessed, raw format, not for end user (Modis pds file) ▪ Level 1A Data reconstructed, unprocessed full resolution, time-referenced, Radiometric calibration coefficients and geo-referencing parameters ▪ Level 1B Data level 1A + instrument/radiometric calibration applied ▪ Level 2 Derived geophysical variable at the same resolution as level 1 data ▪ Level 3 Derived geophysical variable binned/mapped to uniform space/time grid scale 	<h3 style="text-align: center;">OceanColor Products</h3> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Binned Level 3 data product consists of accumulated data for all L2 products to period of time (Daily, 8 days, monthly, etc.) store in a global, equal area (grid cells of bins) ▪ Mapped Level 3 data are image representations of binned data products. This image is 16bits value, 2 Dimensional array of an Equidistant Cylindrical projection. The original SMI was 9.2km ▪ Level 4 Data are model output or results from analyses of lower level data (e.g., Ocean Primary Productivity)
1	2
<h3 style="text-align: center;">Oceancolor.gsfc.nasa.gov</h3> 	<h3 style="text-align: center;">BEAM</h3> <h4 style="text-align: center;">Basic ENVISAT Toolbox for (A)ATSR and MERIS</h4> 
3	4
<h3 style="text-align: center;">Exercise</h3> <ul style="list-style-type: none"> ▪ LANDSAT 7 & ALOS-AVNIR-II Single Band Composite Enhancement Subset Export KMZ ▪ MODIS Raw Level 1 Level 2 Level3 	
5	

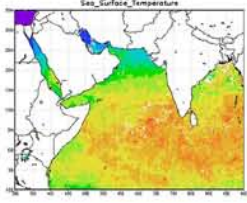
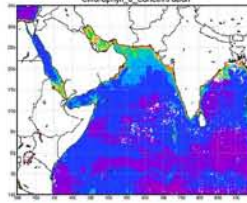
Oceanographic phenomena related to fisheries

Patama Singhruck
 Department of Marine Science
 Chulalongkorn University
 18 October 2011

1

Remote sensing for fisheries

Sea surface temperature (SST) Chlorophyll concentration

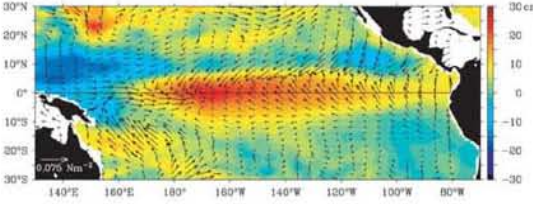



Ocean color (SeaWiFs, MODIS Aqua, MODIS Terra, MERIS)

2

Remote sensing for fisheries

(b) Sea Level and Surface Wind Stress Anomalies



Microwave sensors

- Sea level (altimeter) – TOPEX, JASON
- Wind (scatterometer- QuikSCAT, ASCAT)

3

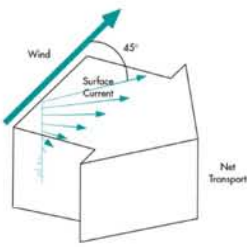
Oceanographic phenomena

- upwelling
 - coastal upwelling
 - equatorial upwelling
- eddies
- Divergence/convergence
- El-Nino Southern Oscillation (ENSO)
- Indian Ocean Dipole (IOD)

Wind is the dominant forcing for surface ocean

4

Upwelling

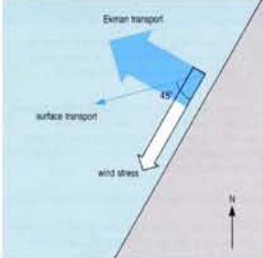


- Mass transport is at right angle to the wind
- to the right in Northern Hemisphere
- to the left in Southern Hemisphere
- Ekman transport

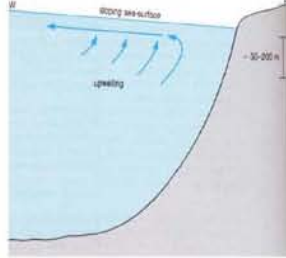
5

Coastal upwelling (Northern hemisphere)

Winds blow along the coast.
Ekman transport away from coast

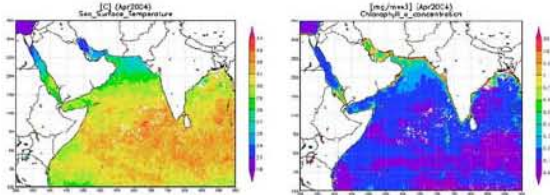


Water from below upwells to replace surface water



6

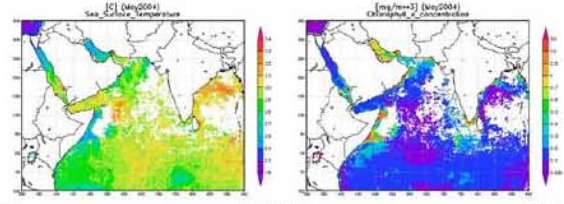
Indian Ocean coastal upwelling April 2004



<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/oceancolor/additional/science-focus/locus/tutorials>

7

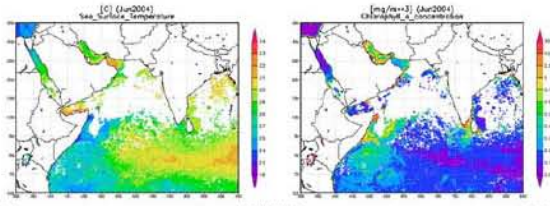
Indian Ocean coastal upwelling May 2004



<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/oceancolor/additional/science-focus/locus/tutorials>

8

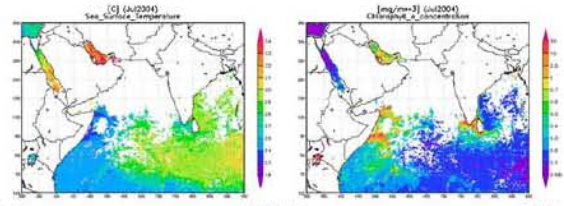
Indian Ocean coastal upwelling June 2004



<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/oceancolor/additional/science-focus/locus/tutorials>

9

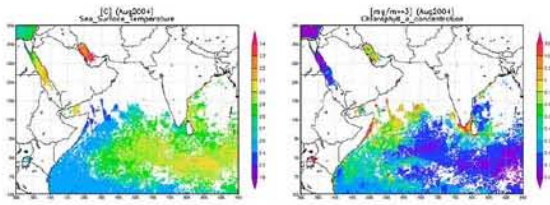
Indian Ocean coastal upwelling July 2004



<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/oceancolor/additional/science-focus/locus/tutorials>

10

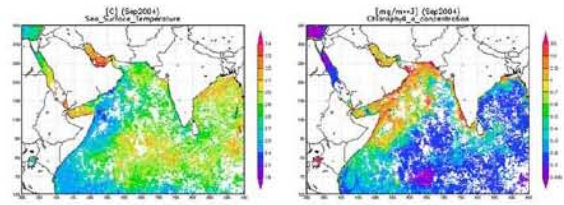
Indian Ocean coastal upwelling August 2004



<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/oceancolor/additional/science-focus/locus/tutorials>

11

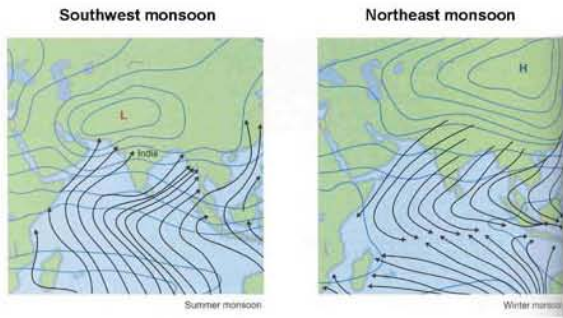
Indian Ocean coastal upwelling September 2004



<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/oceancolor/additional/science-focus/locus/tutorials>

12

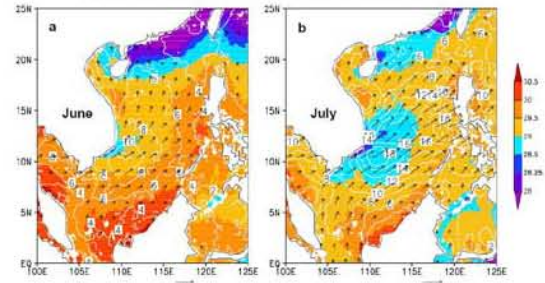
Monsoons



13

South China Sea coastal upwelling

QuikSCAT surface wind and AVHRR SST

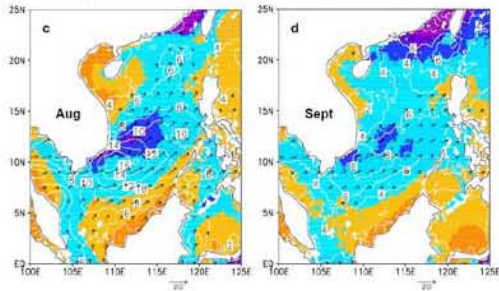


Xie et al. (2003)

14

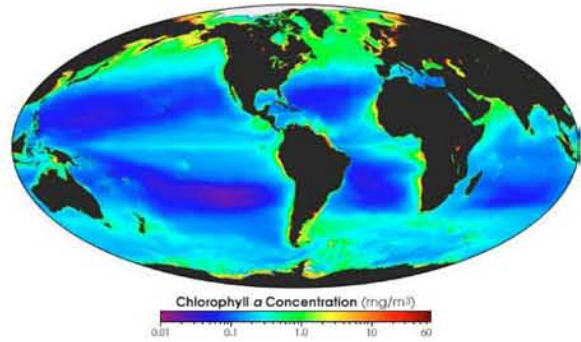
South China Sea coastal upwelling

QuikSCAT surface wind and AVHRR SST



Xie et al. (2003)

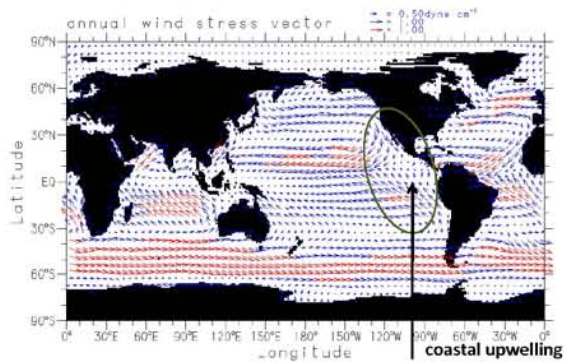
15



<http://earthobservatory.nasa.gov/>

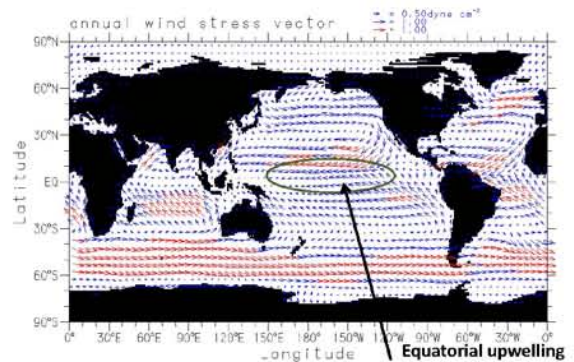
16

Trade winds blow from east to west

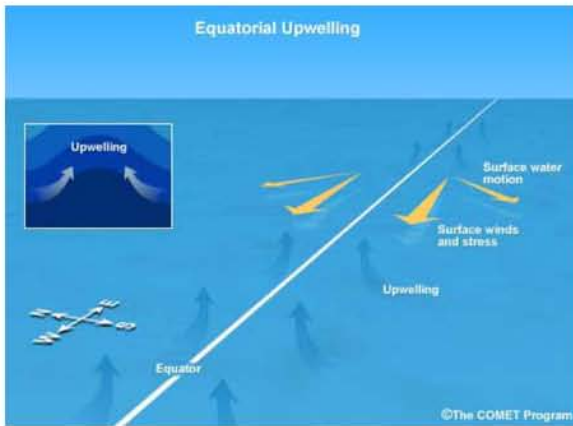


17

Trade winds blow from east to west

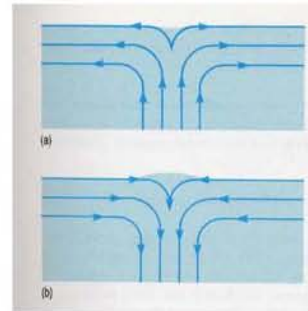


18



19

Convergence/Divergence

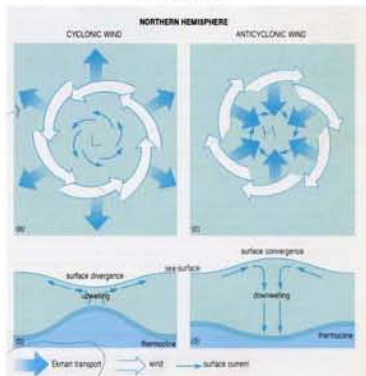


Divergence of surface currents lead to **upwelling**

Convergence of surface currents lead to **downwelling**

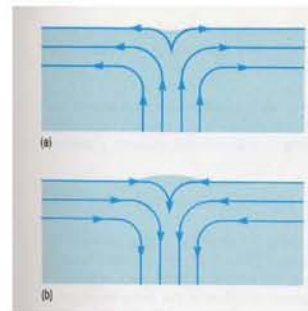
20

Eddies



21

Convergence/Divergence



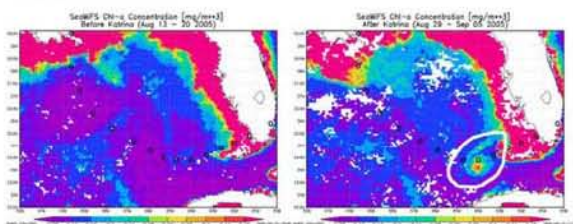
Divergence leads to **upwelling**

Convergence leads to **downwelling**

22



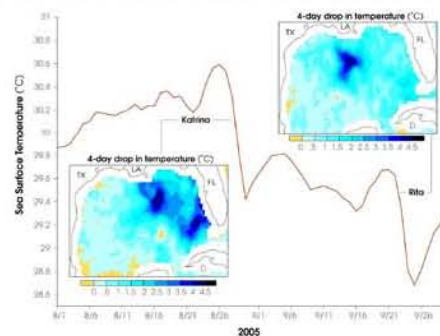
Tropical cyclone caused intense upwelling



23

Divergence caused by winds: Tropical cyclones

Sea surface temperature drops during tropical cyclone passages



24

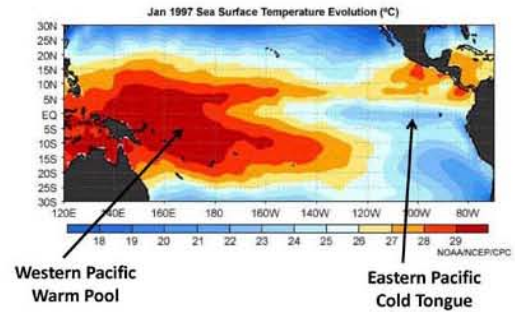
El-Nino Southern Oscillation (ENSO)

Reference

- MetEd (<http://www.meted.ucar.edu>)
The El Nino-Southern Oscillation (ENSO) Cycle
by V.E. Kousky, NOAA

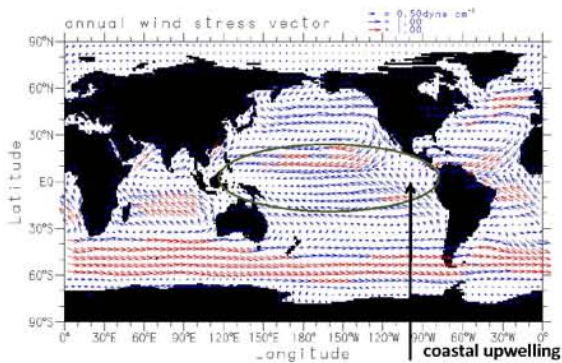
25

Tropical Pacific Ocean SST



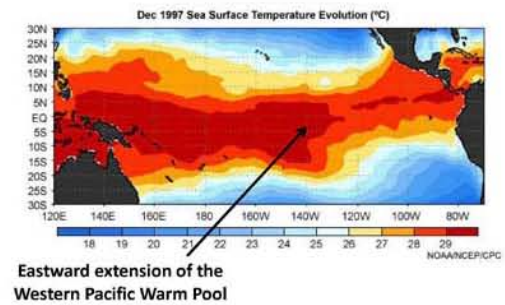
26

Trade winds blow from east to west



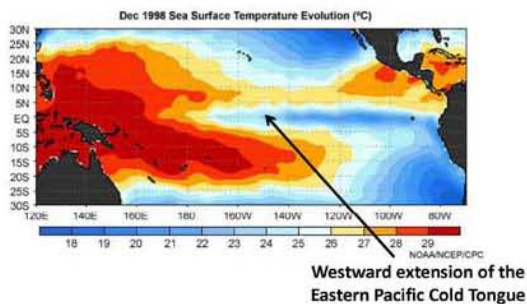
27

El Nino – ENSO warm phase

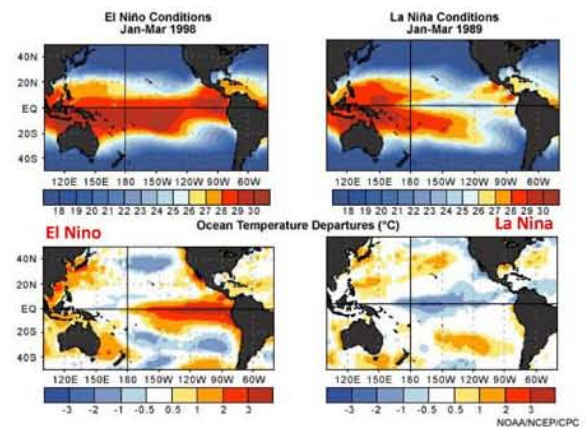


28

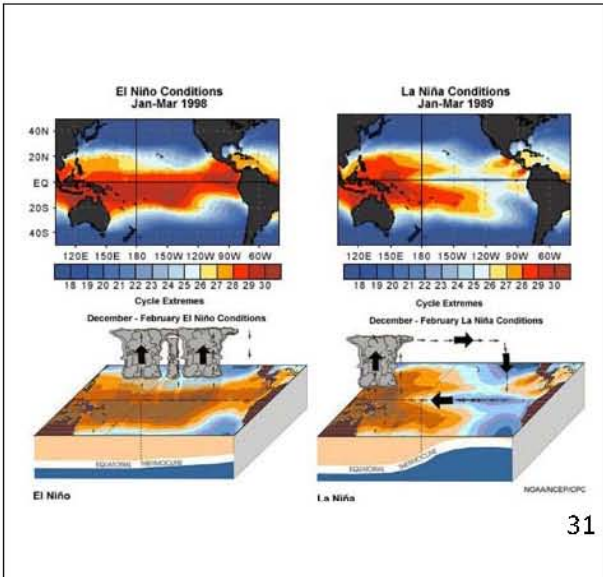
La Nina – ENSO cold phase



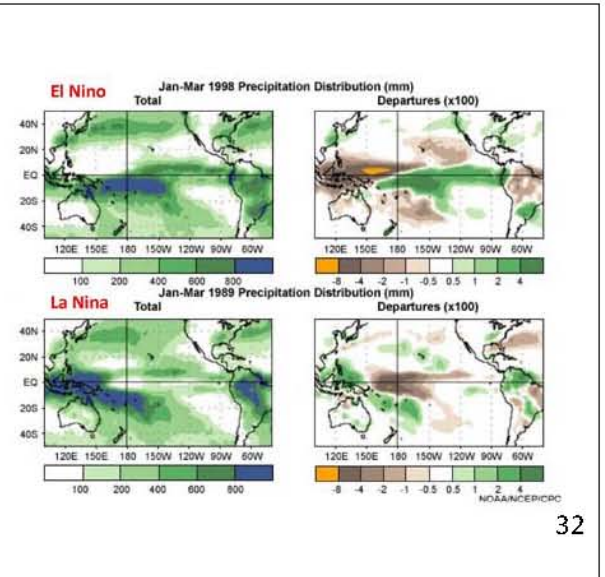
29



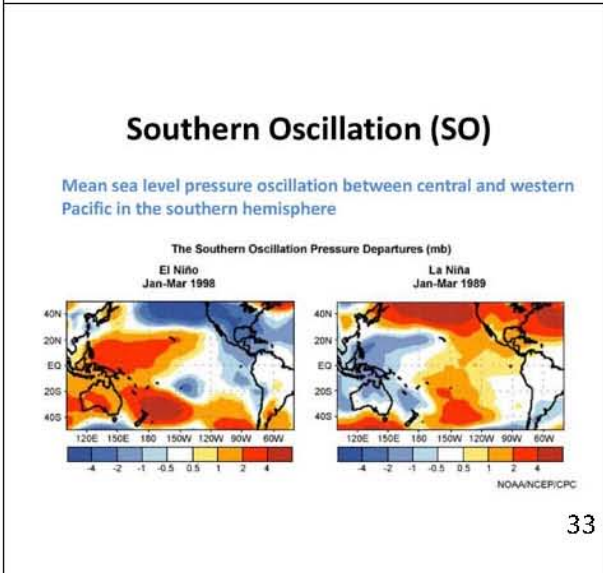
30



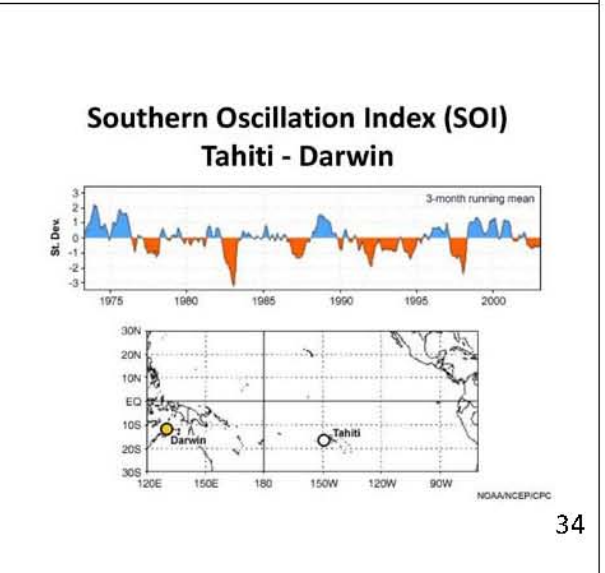
31



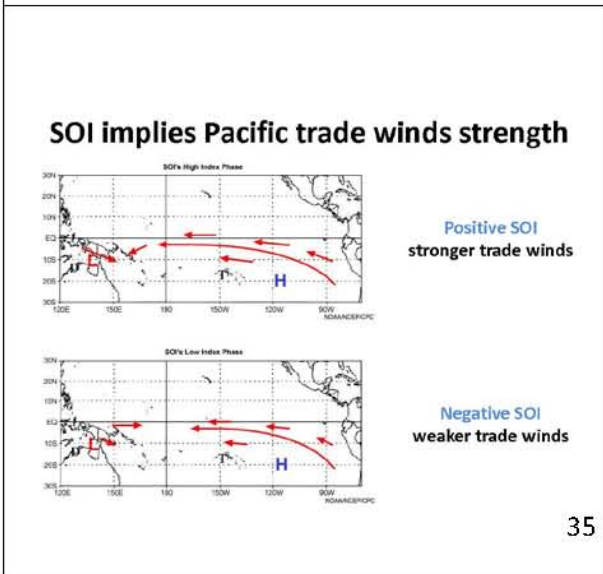
32



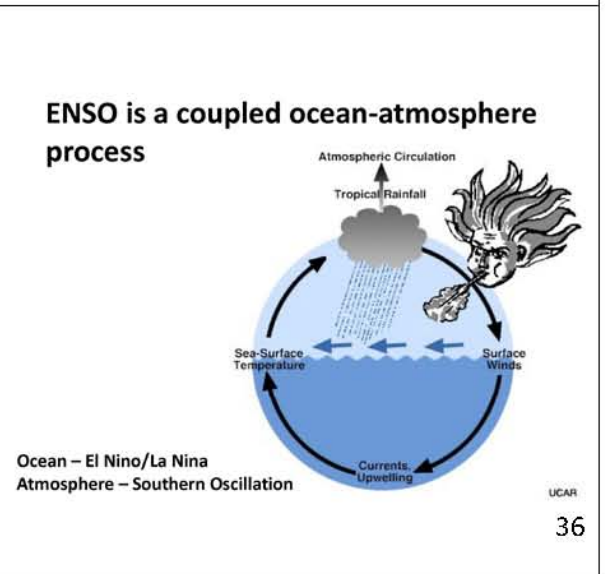
33



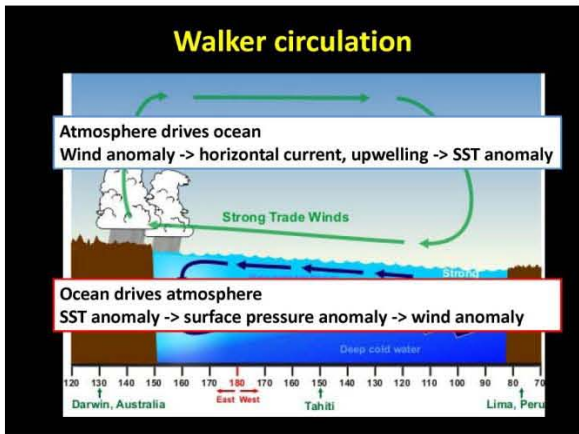
34



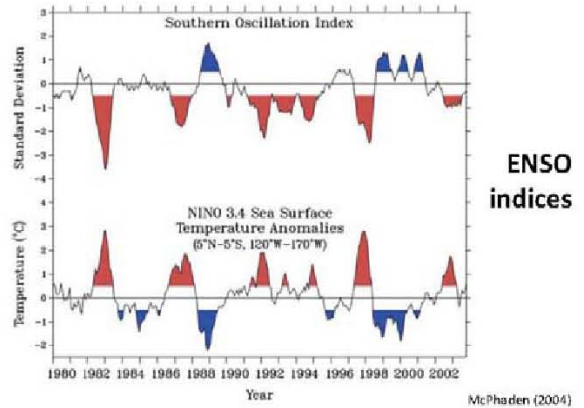
35



36

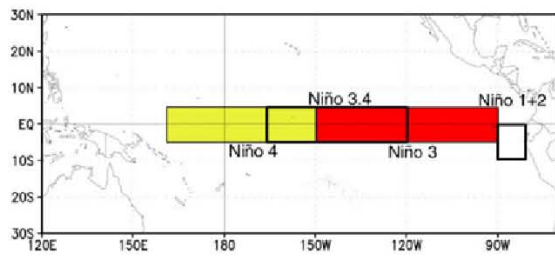


37

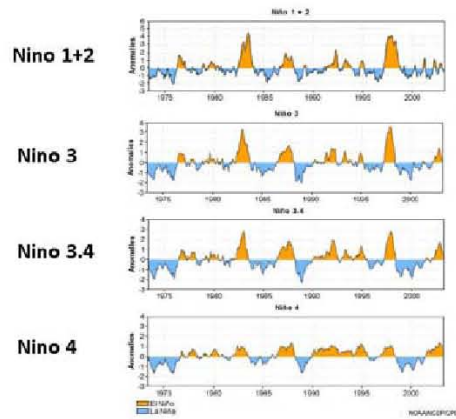


38

Nino SST indices

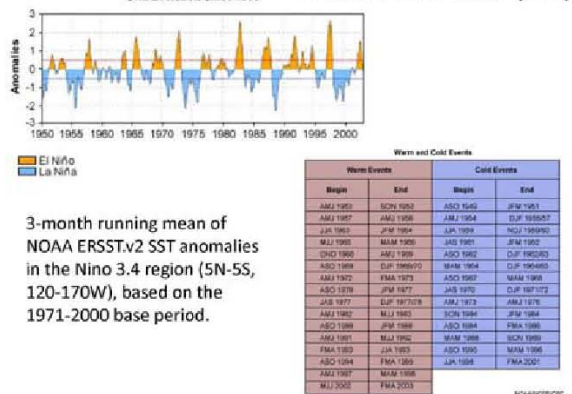


39



40

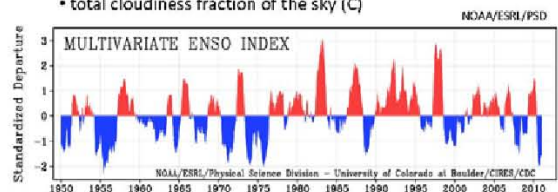
Oceanic Niño Index (ONI)



41

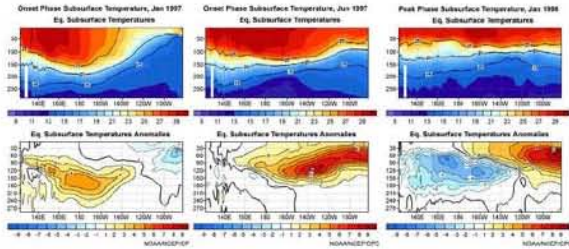
Multivariate ENSO Index (MEI)

- 6 variables
- sea-level pressure (P)
 - zonal (U) components of the surface wind
 - meridional (V) components of the surface wind
 - sea surface temperature (S)
 - surface air temperature (A)
 - total cloudiness fraction of the sky (C)



42

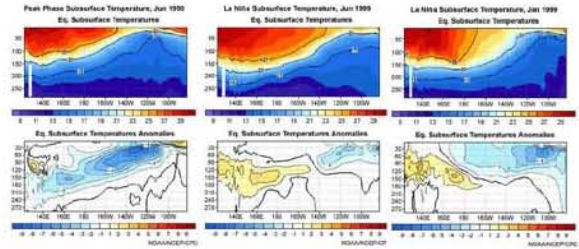
Upper Ocean Temperature



Neutral El Niño onset Peak El Niño

43

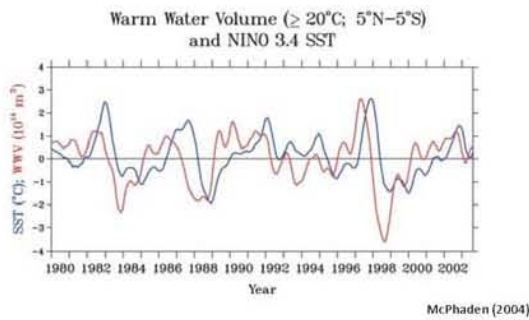
Upper Ocean Temperature



Peak El Niño La Niña onset Peak La Niña

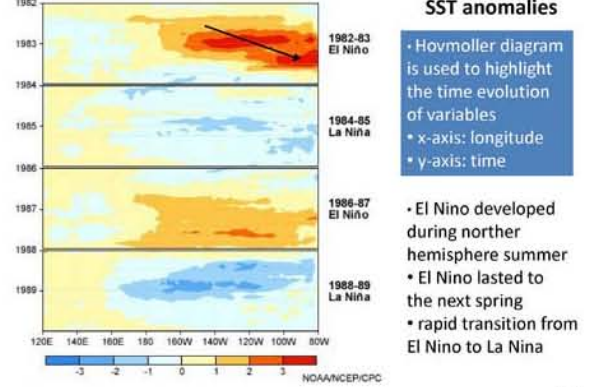
44

Warm Water Volume



45

Hovmoller diagram of SST anomalies



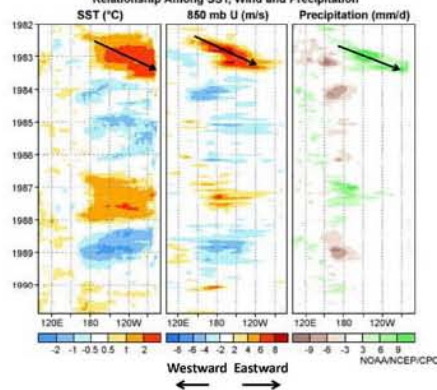
Hovmoller diagram is used to highlight the time evolution of variables

- x-axis: longitude
- y-axis: time

- El Niño developed during northern hemisphere summer
- El Niño lasted to the next spring
- rapid transition from El Niño to La Niña

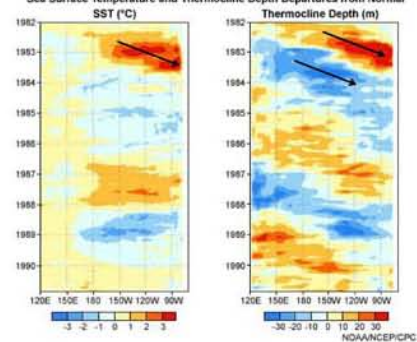
46

Relationship Among SST, Wind and Precipitation

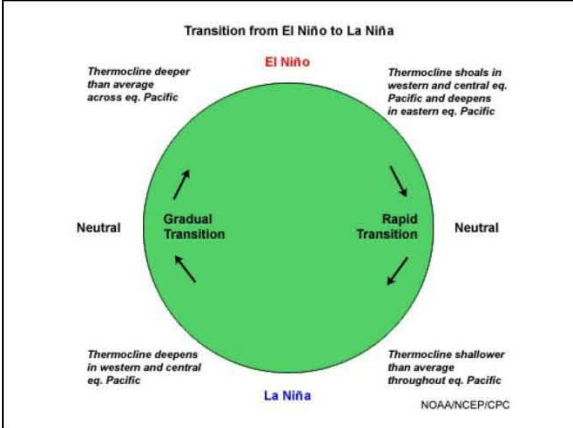


47

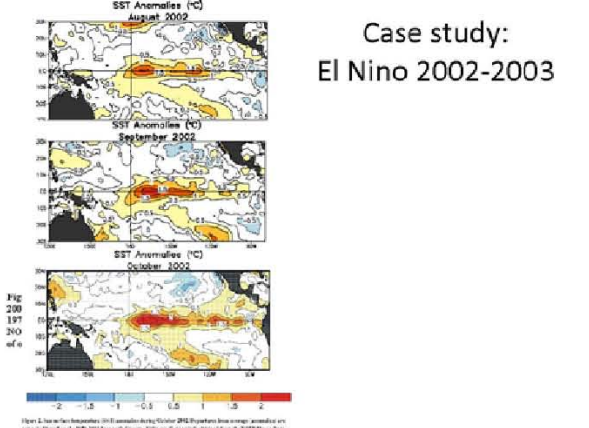
Sea Surface Temperature and Thermocline Depth Departures from Normal



48

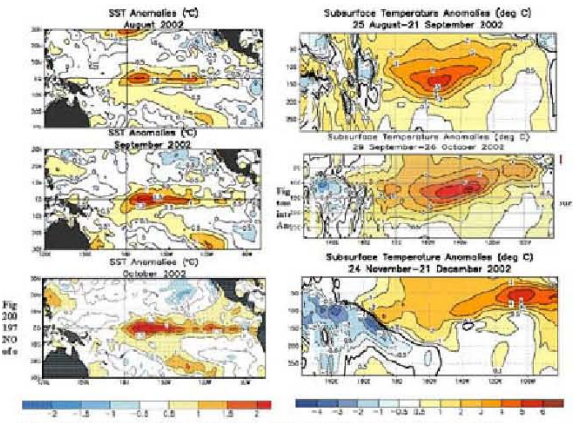


49

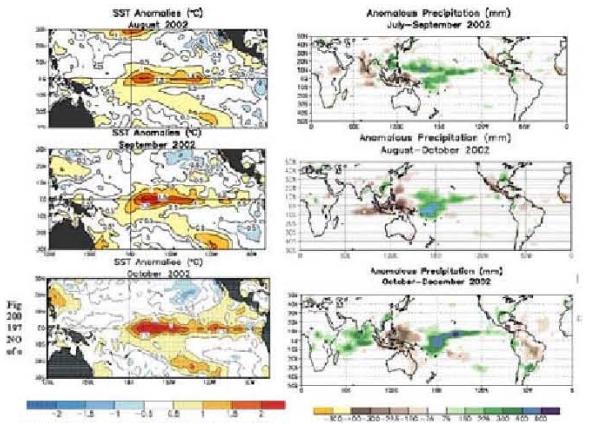


Case study:
El Niño 2002-2003

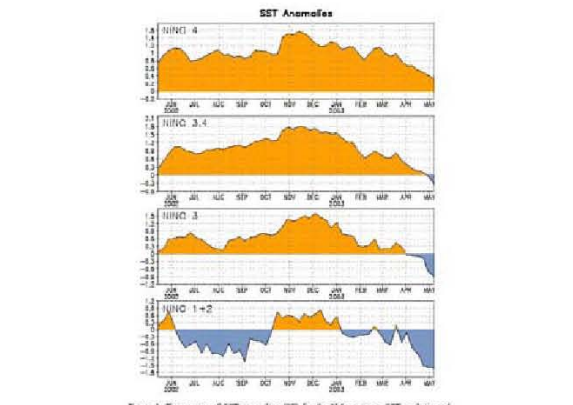
50



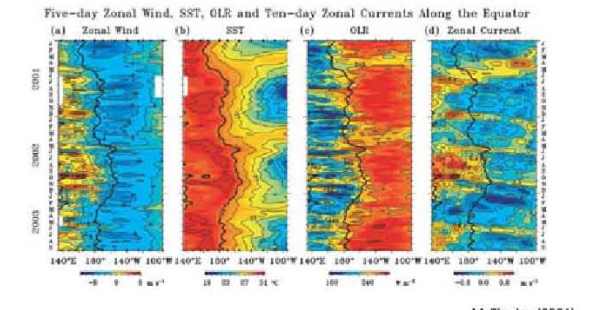
51



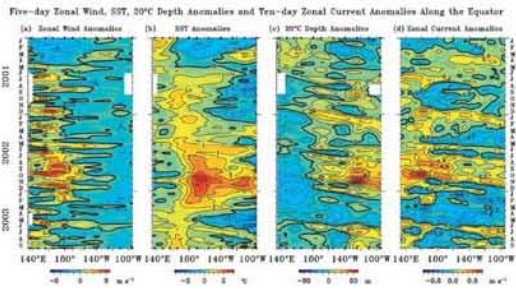
52



53



54



McPhaden (2004)

55

Case study: El Nino 2009-2010

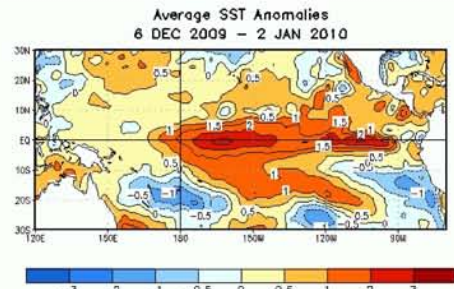
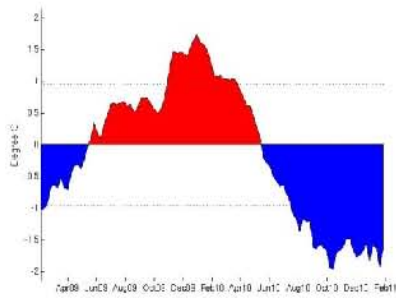


Figure 1. Average sea surface temperature (SST) anomalies (°C) for the four-week period 6 December 2009 – 2 January 2010. Anomalies are computed with respect to the 1971-2000 base period weekly means (Xie et al. 2003, *J. Climate*, 16, 1601-1612).

56

Nino 3.4 SST anomaly



http://oc3.unesco.org/oopc/state_of_the_ocean/sur/pac/nino3.4.php

57

upper ocean heat content anomalies

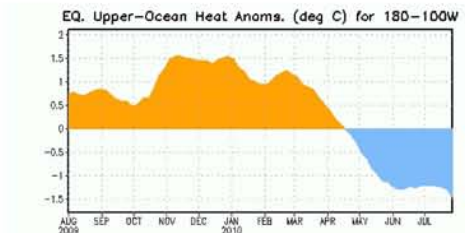
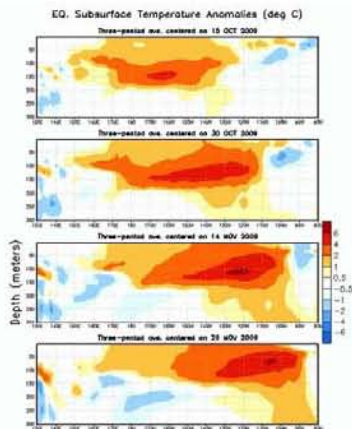


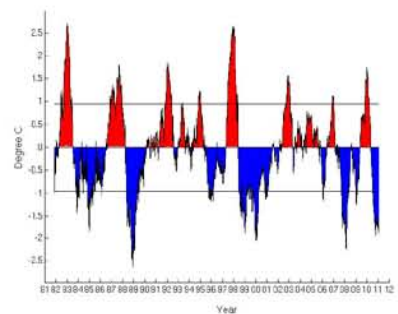
Figure 3. Area-averaged upper-ocean heat content anomalies (°C) in the equatorial Pacific (5°N-5°S, 180°-100°W). Heat content anomalies are computed as departures from the 1982-2004 base period pentad means.

58



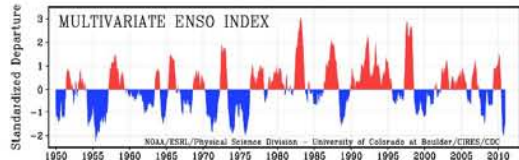
57

Nino 3.4 SST anomaly

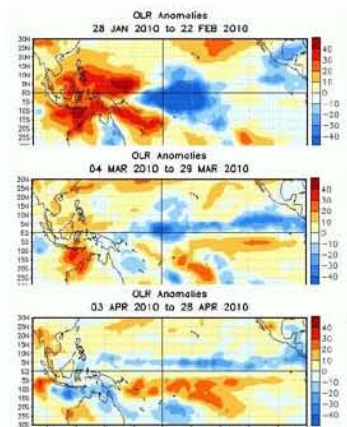


http://oc3.unesco.org/oopc/state_of_the_ocean/sur/pac/nino3.4.php

60



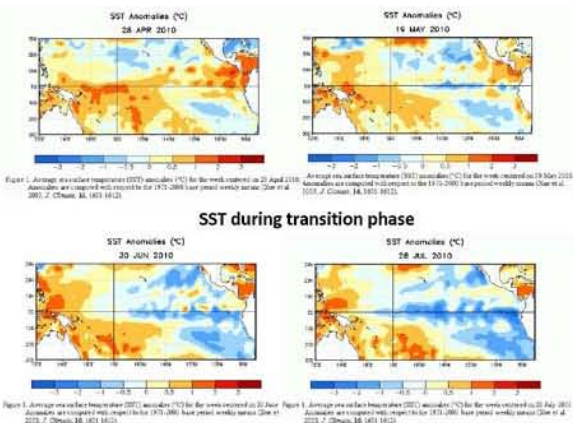
61



El Niño 2009-2010

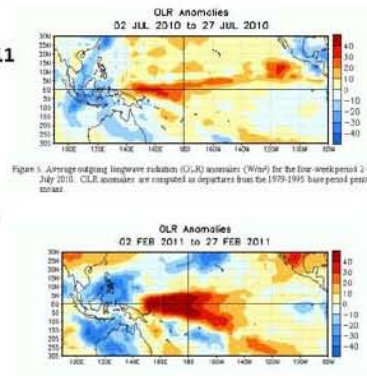
OLR anomaly
Blue – increased rainfall
Red – reduced rainfall

62



La Niña 2010-2011

OLR anomaly
Blue – increased rainfall
Red – reduced rainfall

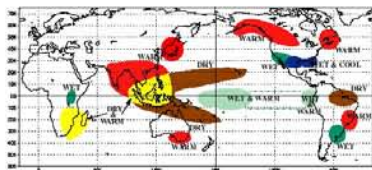


63

64

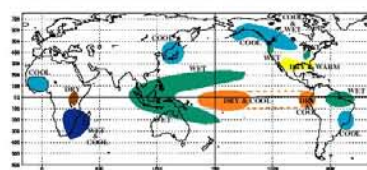
WARM EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY

Impact of El Niño

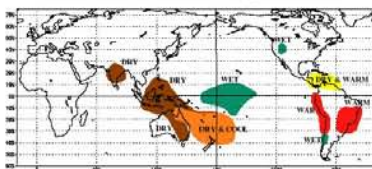


COLD EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY

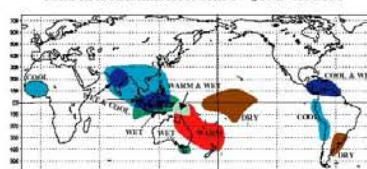
Impact of La Niña



WARM EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



COLD EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



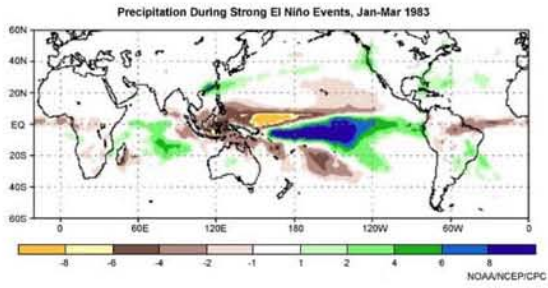
NOAA/NCEP/CPC

65

NOAA/NCEP/CPC

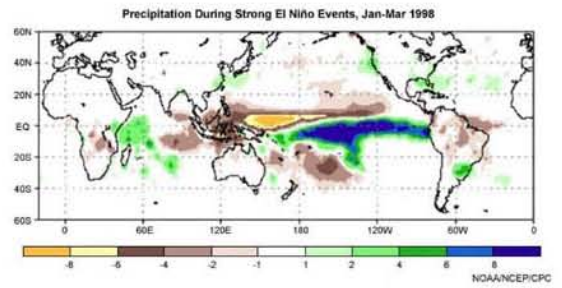
66

Strong El Nino 1982-1983



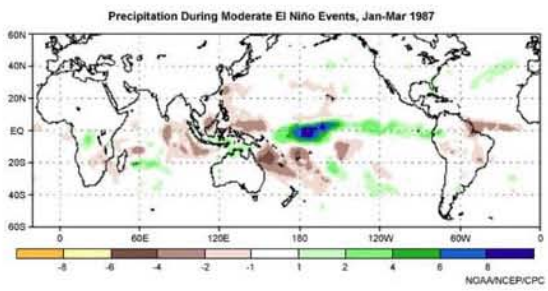
67

Strong El Nino 1997-1998



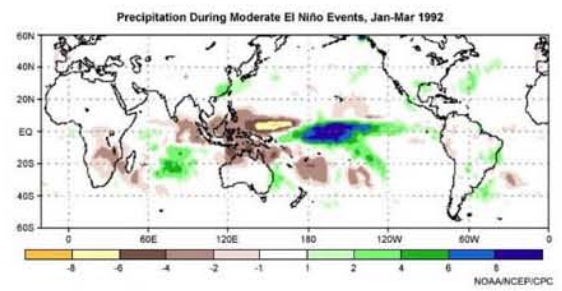
68

Moderate El Nino 1986-1987



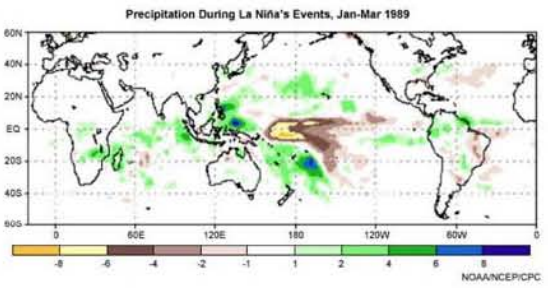
69

Moderate El Nino 1991-1992



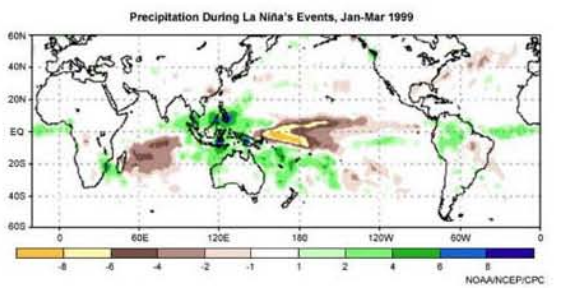
70

La Nina 1988-1989



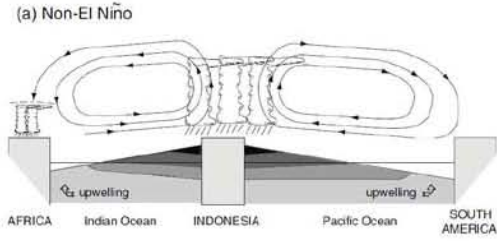
71

La Nina 1998-1999



72

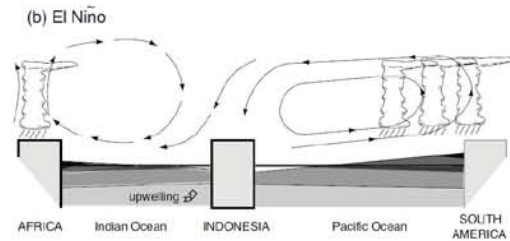
Walker circulations



Webster (2005)

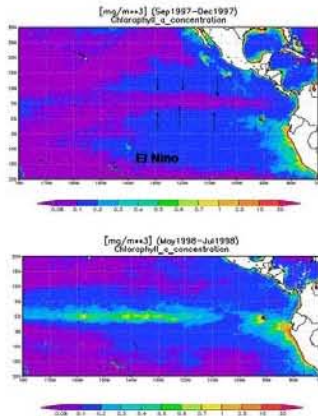
73

Walker circulations



Webster (2005)

74

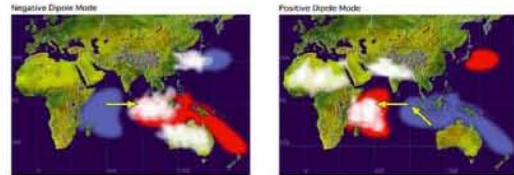


75

Indian Ocean Dipole (IOD)

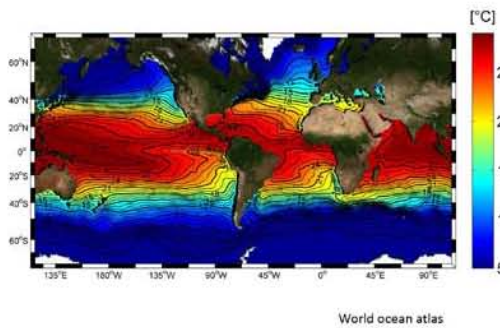
Negative Dipole Mode

Positive Dipole Mode

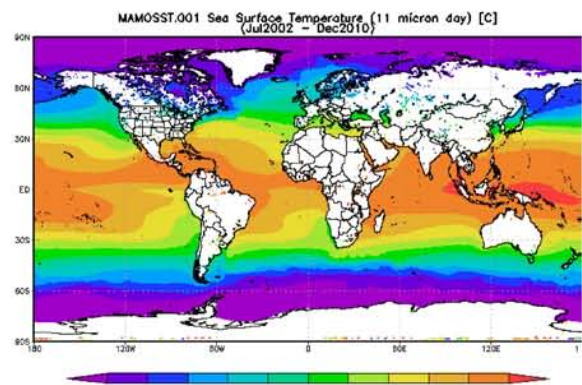


76

Indian Ocean SST

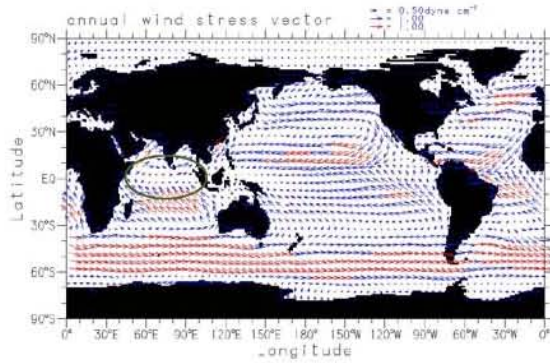


77



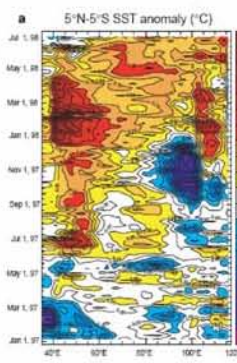
78

Indian Ocean monsoon winds



79

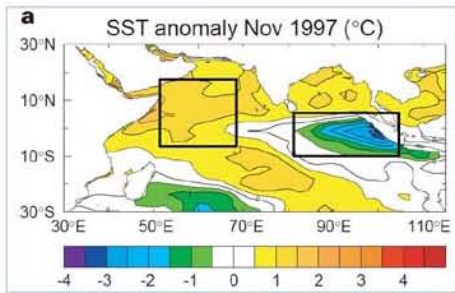
Indian Ocean Dipole event in fall 1997



Webster et al. (1999)

80

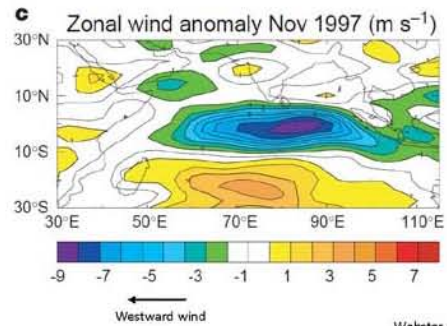
Indian Ocean Dipole (IOD)



Webster et al. (1999)

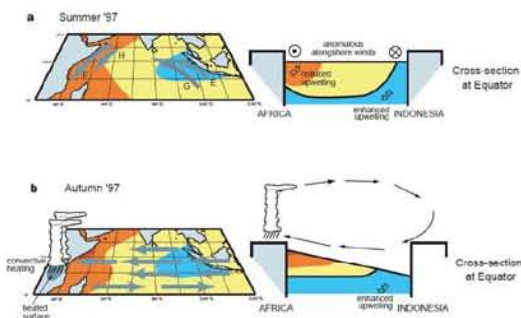
81

Indian Ocean Dipole (IOD)



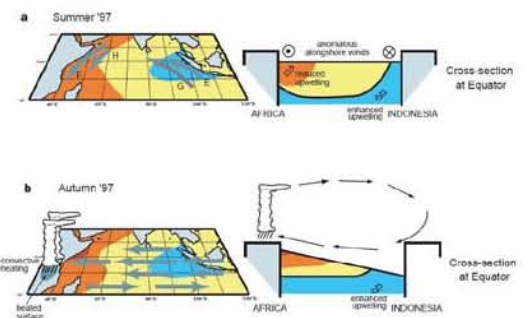
Webster et al. (1999)

82



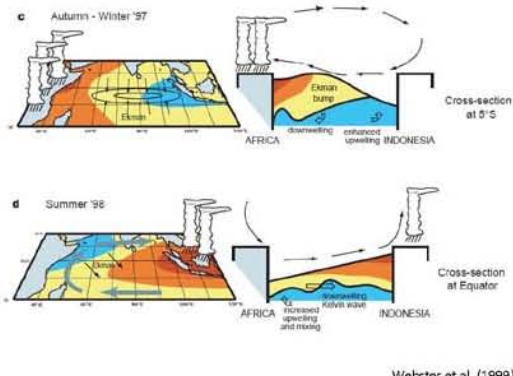
Webster et al. (1999)

82



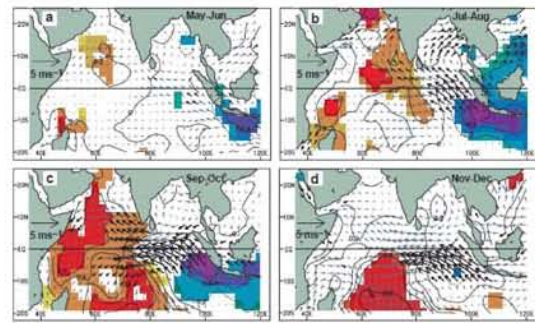
Webster et al. (1999)

84



Webster et al. (1999)

85



Saji et al. (1999)

86

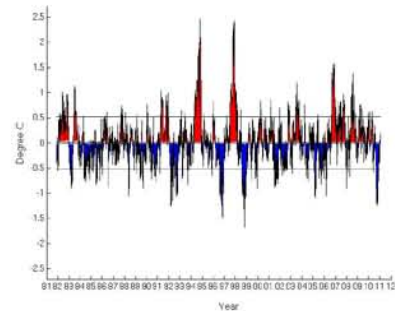
Indian Ocean Dipole Mode Index (DMI) SST anomalies



Positive DMI = Warmer SST than normal in WIO, colder SST than normal in ETIO

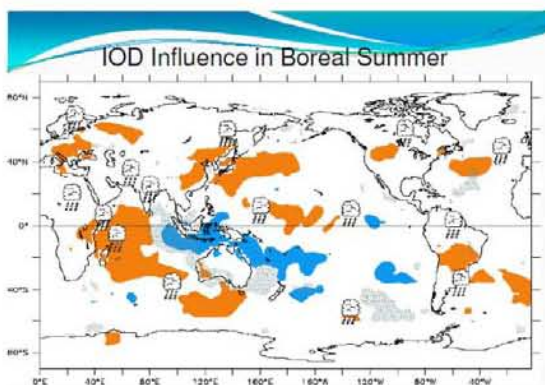
87

Indian Ocean Dipole Mode Index (DMI)



http://oc3.unesco.org/oopc/state_of_the_ocean/sur/ind/dmi.php

88



Behera, JAMSTEC

89

Summary

- Two important modes of climate variability affecting SE Asia, i.e. ENSO and IOD
- Both are coupled ocean atmosphere processes.
- Changes in SST cause wind variation
- Wind variations cause ocean response in terms of convergence/divergence, which in turn, cause SST changes

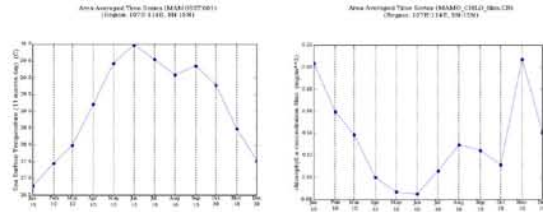
90

<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>

giovanni
Ocean Color Radiometry Online
Visualization and Analysis

91

SST and Chlorophyll concentration off Vietnam coast from Giovanni



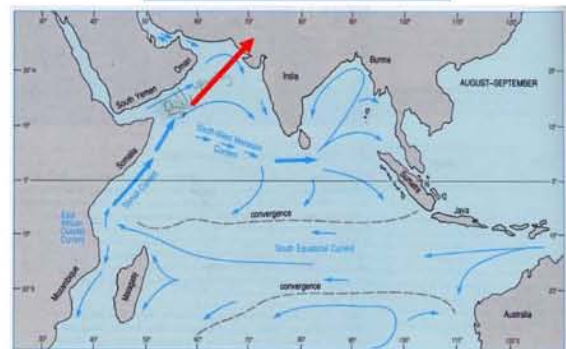
92

<http://www.oscar.noaa.gov/index.html>

oscar
Near-realtime global ocean surface currents
derived from satellite altimeter and
scatterometer data

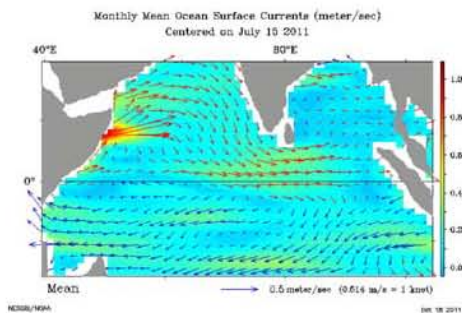
93

SW Monsoon



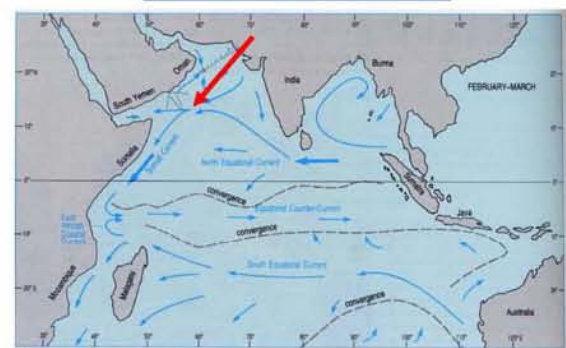
94

Currents from oscar



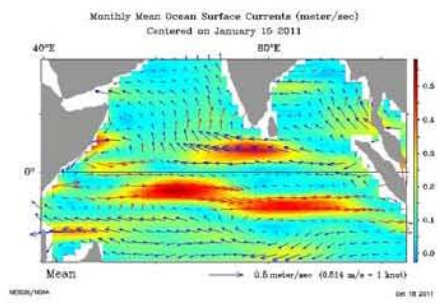
95

NE Monsoon



96

Currents from oscar



97