

Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, χρησιμοποιώντας τοπικά μοντέλα, στην γεωργία, την υδρολογία και στα φυσικά οικοσυστήματα

M. Καφάτος^{1,2}

Fletcher Jones Endowed Professor of Computational Physics
Chapman University
Orange, California, USA

Διάλεξη προς Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής

¹School of Earth and Environmental Sciences, Schmid College of Science &
Technology, Chapman University, Orange, CA, USA

²Center of Excellence in Earth Observing, Chapman University, Orange, CA, USA,
University of California Los Angeles (UCLA), Los Angeles, CA USA

Princeton University, Princeton, NJ, USA

Atmospheric, Meteorological and Environmental Technologies ATMET, LLC,
Boulder, CO, USA,

University of Miami, Miami, FL, USA

World Climate Research Programme, World Meteorological Organization, Geneva,
Switzerland

Περίληψη

Η αλλαγή του κλίματος έχει επιπτώσεις για όλη την Γη αλλά κυρίως στα τοπικά επίπεδα. Δεν έχει ως επίπτωση μόνο την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και των ωκεανών. Πιο άμεσα και με μεγαλύτερους κινδύνους, εμφανίζονται εξτρεμιστικά καιρικά φαινόμενα, πυρκαγιές, αμμοθύελλες, ξηρασίες και γενικά οι φυσικοί κίνδυνοι. Συγχρόνως, τα φαινόμενα αυτά θα επιρεάζουν στο μέλλον όλο και περισσότερο το περιβάλλον, τα οικοσυστήματα, την γεωργία και τον κύκλο του νερού, επομένως την οικονομία και γενικά την κοινωνία. Θα εξετάσουμε πως πολλαπλά υπολογιστικά κλιματικά μοντέλλα (RAMS, OLAM, WRF) στο τοπικό επίπεδο μαζί με δορυφορικές και τοπικές παρατηρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μελέτη επιπτώσεων στην γεωργία, στα φυσικά οικοσυστήματα και την υδρολογία. Σε τελευταία ανάλυση, είναι απολύτως απαραίτητο να ξέρουμε τις μελλοντικές επιπτώσεις σε αυτήν την τριάδα. Μελέτες που κάνουμε στην πολιτεία της Καλιφόρνιας, θα μπορούσαν να είχαν σημασία και εφαρμογές και στην Ελλάδα.

Φυσικοί κίνδυνοι και κλιματική αλλαγή της Γης: Περιβάλλον, ενέργεια και οικονομία και επιπτώσεις στις κοινωνίες

- Πολλά λέγονται για την αλλαγή κλίματος της Γης. Ο κοινός άνθρωπος σωστά αναρωτιέται: Τι μας διαφυλάσσει το μέλλον;
- Η αλλαγή του κλίματος δεν έχει ως επίπτωση μόνο την αύξηση της θερμοκρασίας.
- Πιο άμεσα και με περισσότερους κινδύνους, εμφανίζονται εξτρεμιστικά καιρικά φαινόμενα, πυρκαγιές, αμμοθύελλες, ξηρασίες και γενικά οι φυσικοί κίνδυνοι.
- Οι αλλαγές, κίνδυνοι και οι επιπτώσεις που έχουν για τις ανθρώπινες κοινωνίες, τα οικοσυστήματα και γενικά το περιβάλλον είναι όλο και πιο σοβαρές. Το περιβάλλον, η οικονομία και η ενέργεια, **είναι αλληλοσύνδετα** και έχουν μεγάλες επιπτώσεις στον άνθρωπο & κοινωνία.
- Θα εξετάσουμε στοιχεία, προσπαθώντας να προβλέψουμε όσο είναι δυνατόν τις επιπτώσεις στην γεωργία για τις επόμενες δεκαετίες.

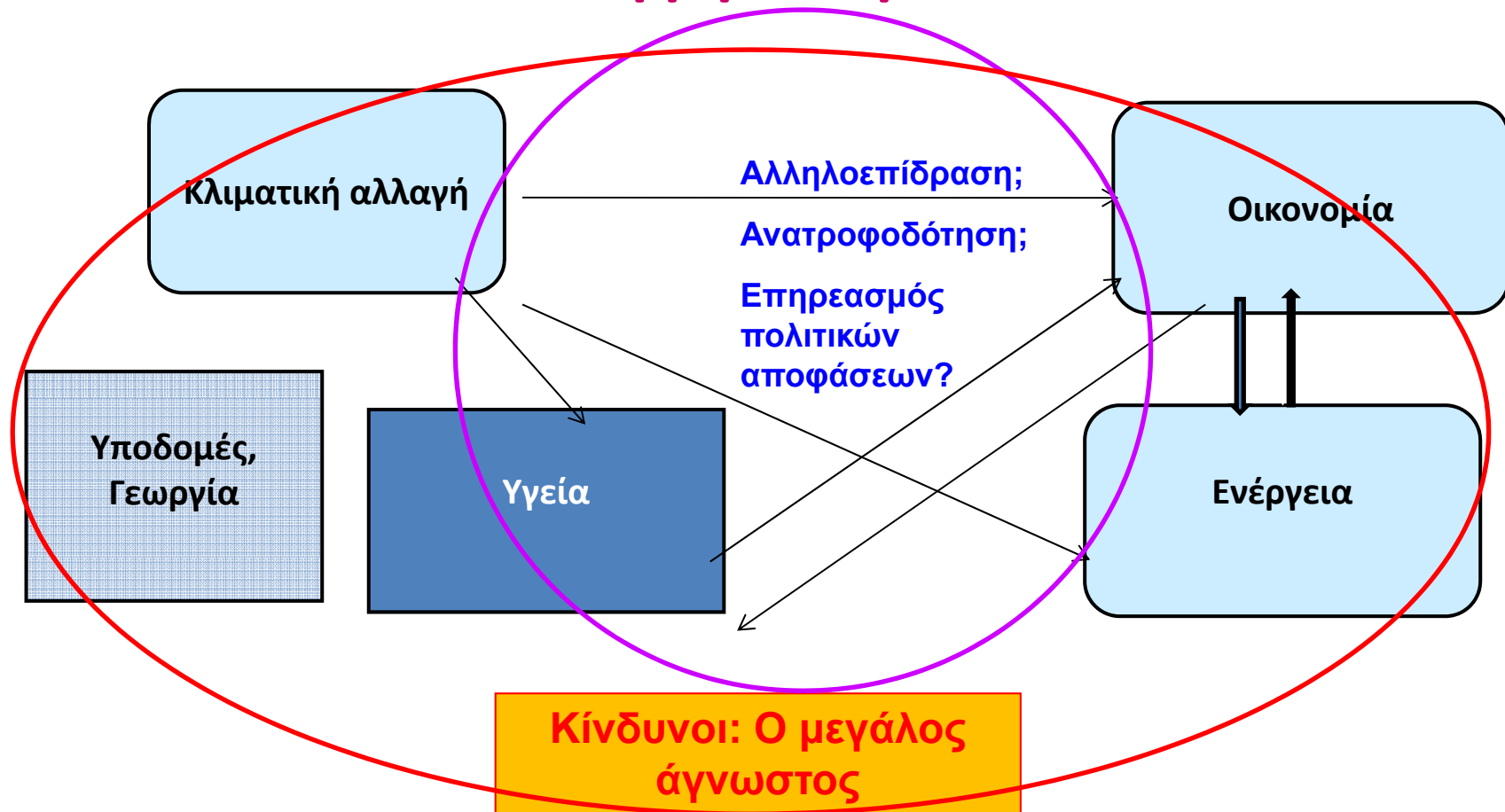
Θερμά σημεία στην υφήλιο: Ξεκάθαρος και άμεσος ο κίνδυνος της κλιματικής αλλαγής

- Αύξηση των φυσικών πυρκαγιών
- Αύξηση ανθρωπογενούς ρύπανσης στον αέρα, στο έδαφος, στο νερό, κυρίως στις πόλεις
- Επιδράσεις στην υγεία : Κύματα καύσωνα, μόλυνση, άσθμα, καρδιακές προσβολές, καρκίνοι από περιβαλλοντική ρύπανση, εξάπλωση ασθενειών (συμπεριλαμβανομένων των τροπικών)
- Πίεση στα οικοσυστήματα, είδη απειλούμενα με εξαφάνιση
- Πίεση στην γεωργία και παραγωγή

Φυσικοί κίνδυνοι, Παγκόσμιες και κλιματικές αλλαγές, κοινωνικοοικονομικά θέματα

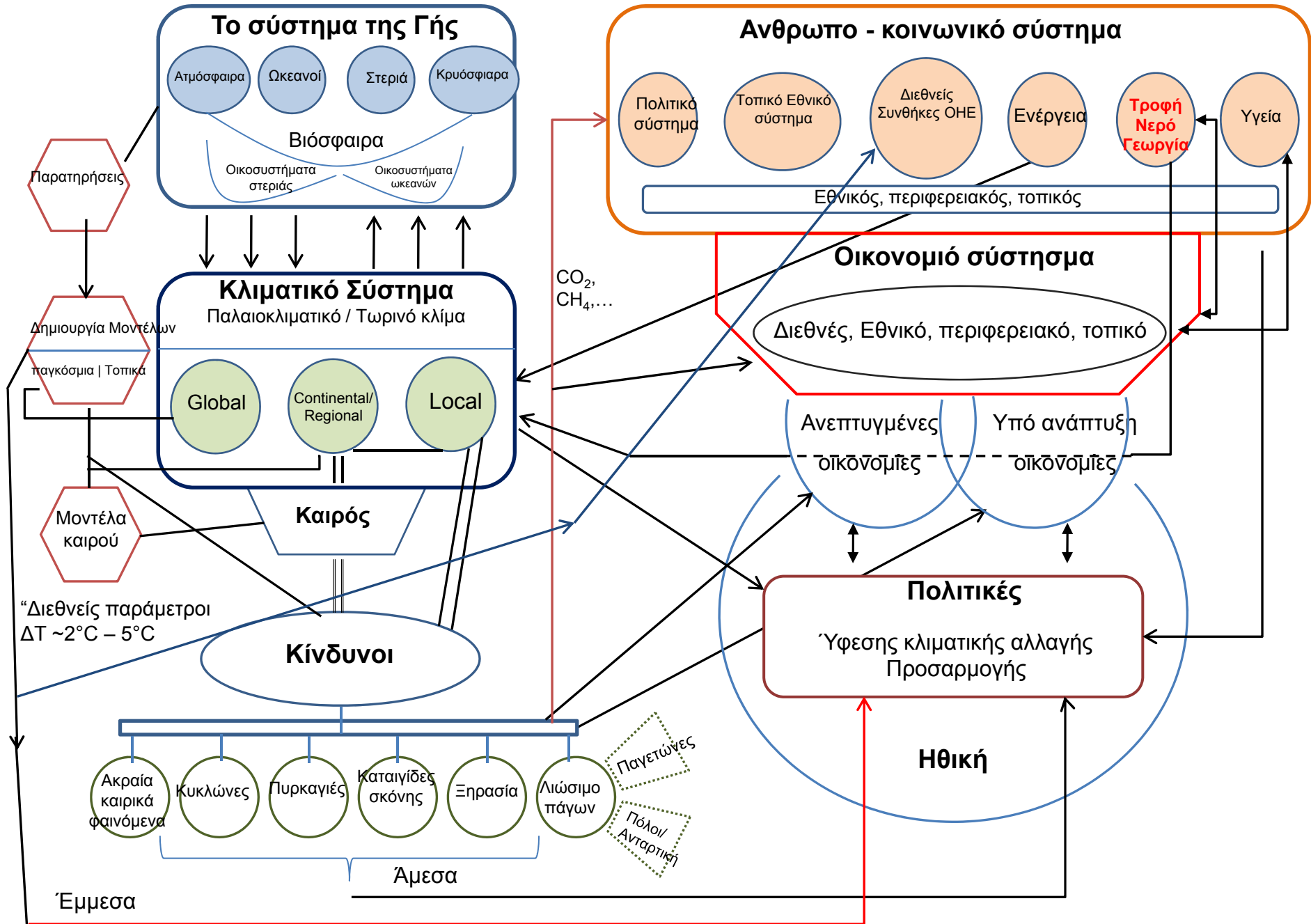


Κλιματική αλλαγή, οικονομία, ενέργεια, υγεία και λήψη αποφάσεων



Για να καταλάβουμε τις οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αλλά και τους σχετικούς κινδύνους πρέπει να αναλογιστούμε τις δαπάνες της ζημίας

Ενοποιημένη Θεωρία της Κλιματικής Αλλαγής

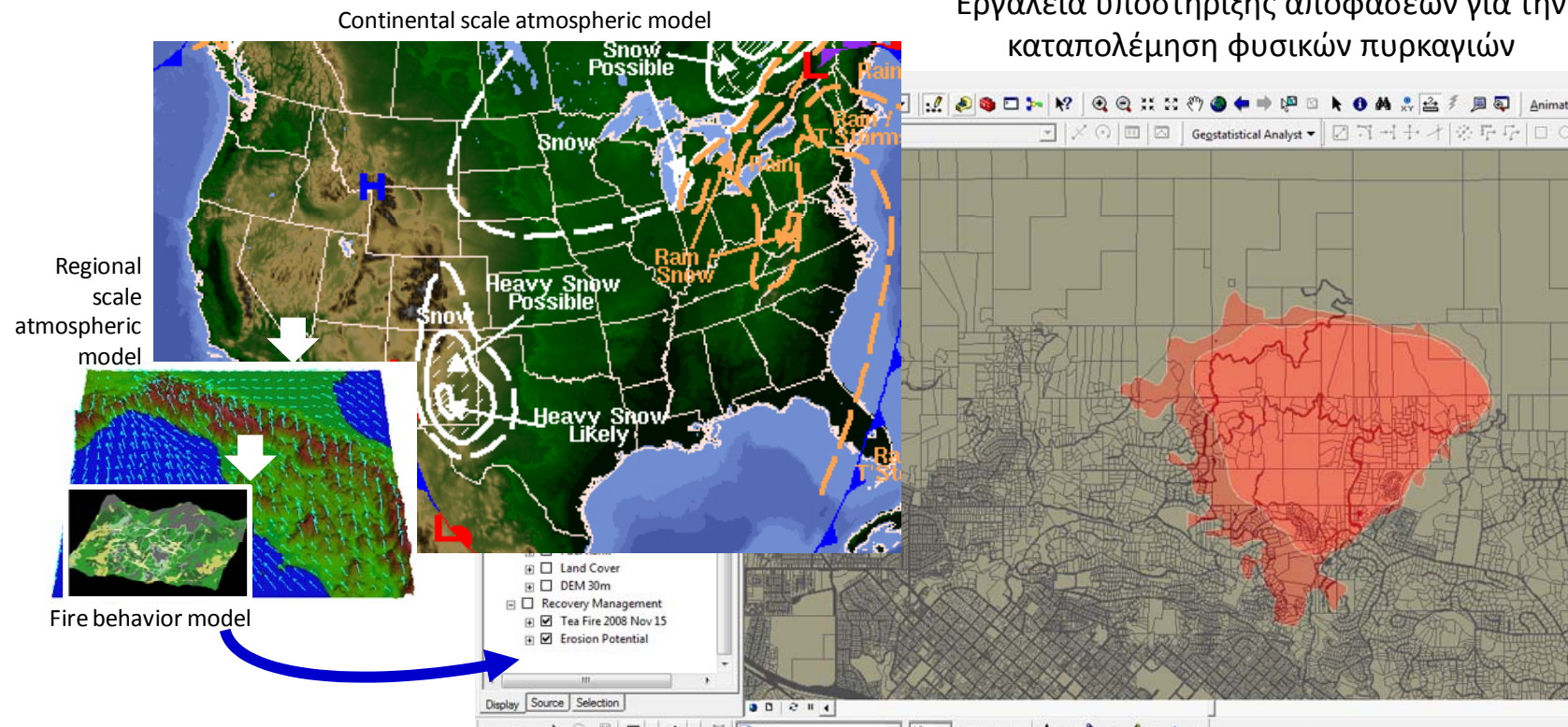


Αλλαγές Περιβάλλοντος και Κλίματος στο Τοπικό Επίπεδο

- Οι περιβαλλοντικές και κλιματικές αλλαγές στο τοπικό επίπεδο συνήθως εκφράζονται με τα εξής φαινόμενα:
 - Απότομες καιρικές αλλαγές & ακραία φαινόμενα
 - Ξηρασίες και πλημμύρες
 - Φωτιές
 - Επιδράσεις στα **αγροτικά προϊόντα και στα οικοσυστήματα**
 - Μόλυνση από ανθρώπινους και φυσικούς παράγοντες

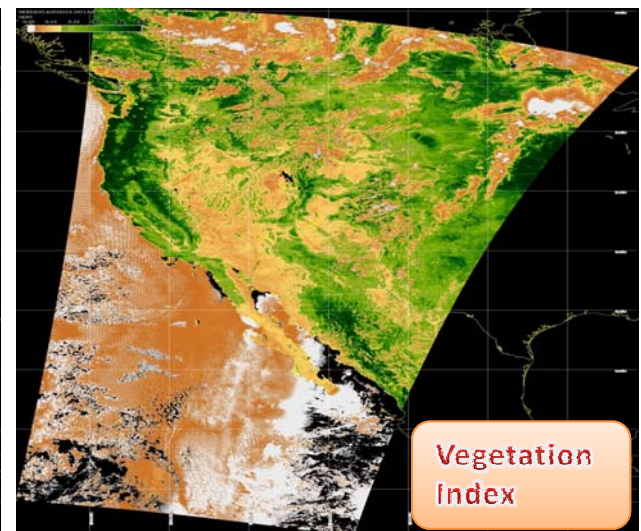
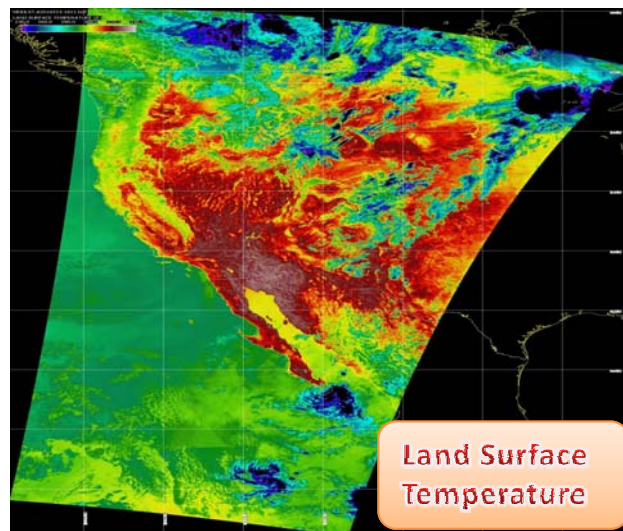
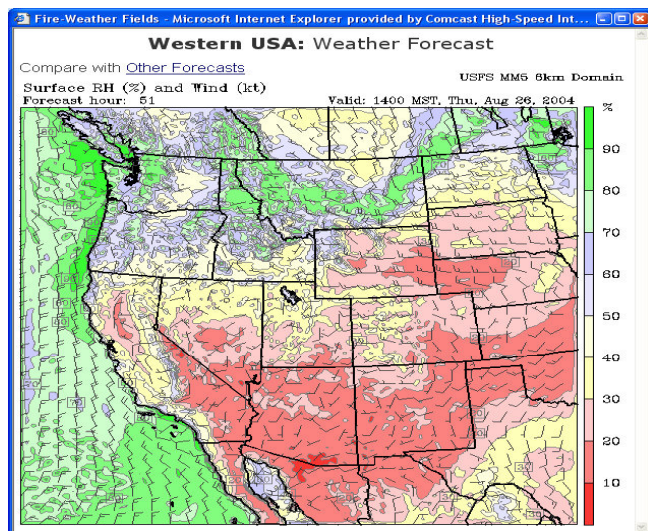
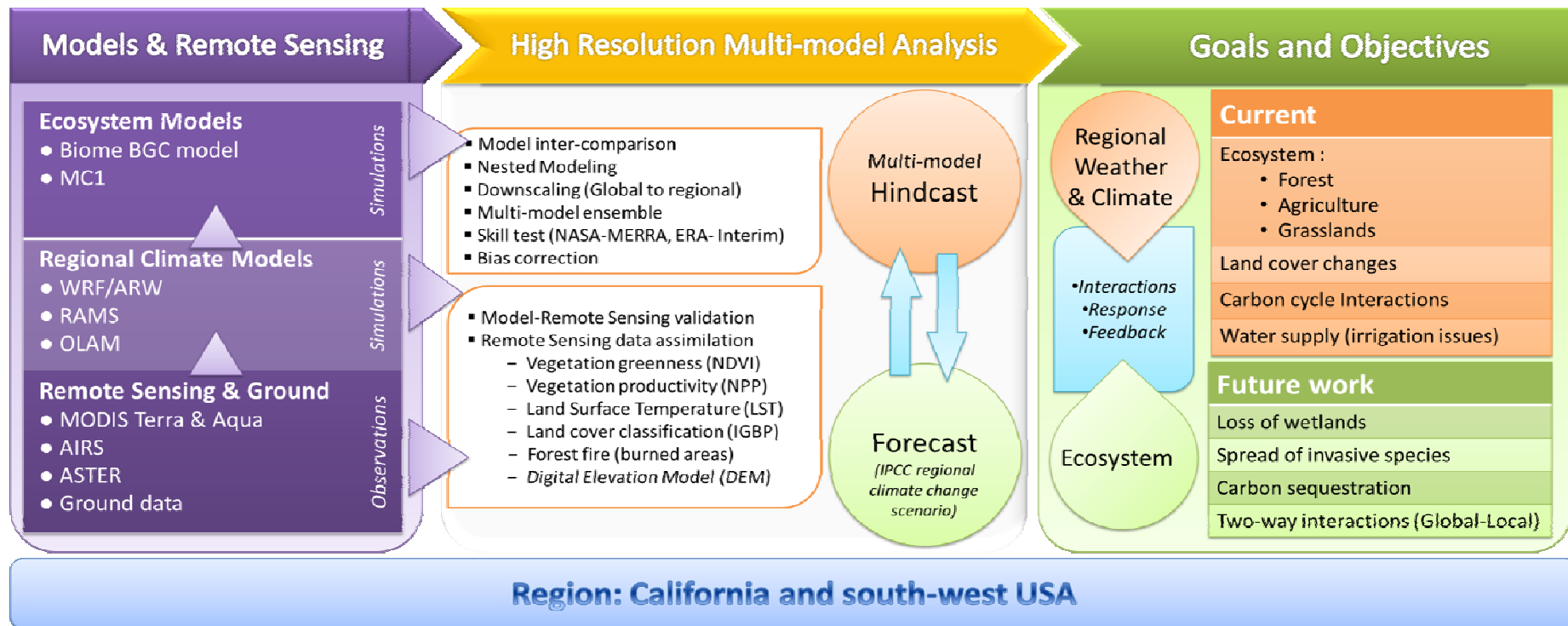
**Οι τοπικές Κλιματικές Αλλαγές πρέπει
να μελετηθούν και να κατανοηθούν
καλύτερα**

Συρρίκνωση Κυψελίδων (grid resolution) & Σύστημα υποστήριξης λήψης αποφάσεων (π.χ. για την καταπολέμηση φυσικών πυρκαγιών και για την γεωργία)



Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την γεωργία, για τις πυρκαγιές, κλπ., χρησιμοποιεί ατμοσφαιρικά μοντέλα μέσης κλίμακας που οδηγούν διαδραστικά τοπικά μοντέλα πυρκαγιών ή γεωργίας.

Πολλαπλά μοντέλα περιφερειακής προσομοίωσης της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην γεωργία και τα οικοσυστήματα στις ΝΔ ΗΠΑ



Μεθοδολογία

Σύγκριση μοντέλλων για την περιφερειακή προσομοίωση του κλίματος

- RAMS, WRF, and OLAM υπολογιστικά τρεξίματα (computer runs) για δεκαετείς περιόδους
- Προσπαθώντας όσο το δυνατόν να ταιριάζουν οι διαμορφώσεις των μοντέλων
- 32km χονδρές κυψελίδες, 8km λεπτές κυψελίδες
- Αποτελέσματα μοντέλων θα παρεμβάλονται σε κυψελίδες ελέγχου για σύγκριση

Στρατηγική προσομοίωσης

- Κύριος στόχος είναι η **γεωργία** και τα **οικοσυστήματα** (στο μέλλον **υδρολογία**)
- Τα μοντέλα θα τρέχουν για την δεκαετία 2000-2010 με «πρότυπες» διαμορφώσεις
- Με βάση επαληθεύσεων, διάφορες βελτιώσεις θα εφαρμοσθούν με παραμέτρους βασιζόμενους στο MODIS
- 2000-2010 θα ξανατρέξει με βελτιώσεις και επαληθεύσεις
- Για μελλοντικές προβλέψεις, θα χρησιμοποιήσουμε συνδυασμούς πολλαπλών παγκόσμιων μοντέλων για κλιματικές προβλέψεις με το αρχείο **CMIP5** (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) archive.

Μεθοδολογία (συν)

Multi-decadal αξιολόγηση των περιφερειακών μοντέλων κλίματος

- Ο αντίκτυπος της αλλαγής του κλίματος ως μέρος αξιολόγησης του έργου EaSM βασίζεται στην αξιοποίηση της κλιματικής αλλαγής από σύνολο προβολής τριών RCMs, WRF, RAMS, και OLAM
- Η αξιολόγηση των περιφερειακών στοιχείων προσομοίωσης των κλιματικών μοντέλων είναι παράγοντας ενός ελεγχόμενου πειράματος και είναι ένα βασικό πρώτο βήμα για την εφαρμογή δυναμικής συρρίκνωσης προβλέψεων της κλιματικής αλλαγής και για την αξιολόγηση των επιπτώσεων των μεταβολών του κλίματος και την αλλαγή των περιφερειακών τομέων
- Η ερευνητική ομάδα EaSM εκτελεί επί του παρόντος δεκαετιών hindcast πείραμα για αξιοποίηση μεγάλης κλίμακας forcings με δεδομένα από το NCEP-DOE επανανάλυσης 2 (WRF Κλίμα ολοκλήρωσε ένα 20-χρόνων, 1991-2010, hindcast).

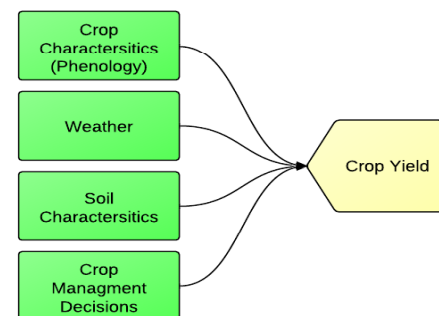
Ετήσια κλιματολογική βροχόπτωση έτη 1991-2010

- Η προσομοίωση ετήσιας βροχόπτωσης από την κλιματολογία αξιολογείται με βάση την ανάλυση βροχόμετρων CPC σε 0,25 βαθμούς χωρική ανάλυση
Τα λάθη βροχόπτωσης διαφέρουν ανάλογα με το μοντέλο ανάλυσης.

Ανάπτυξη μοντέλων Γεωργίας

Ανάπτυξη μοντέλων γεωργίας

- Mimics the growth and development of crops to predict yield using rate equations that describe responses to environmental variables
- Establish interactions, responses, and feedbacks between regional weather/climate and agricultural ecosystems

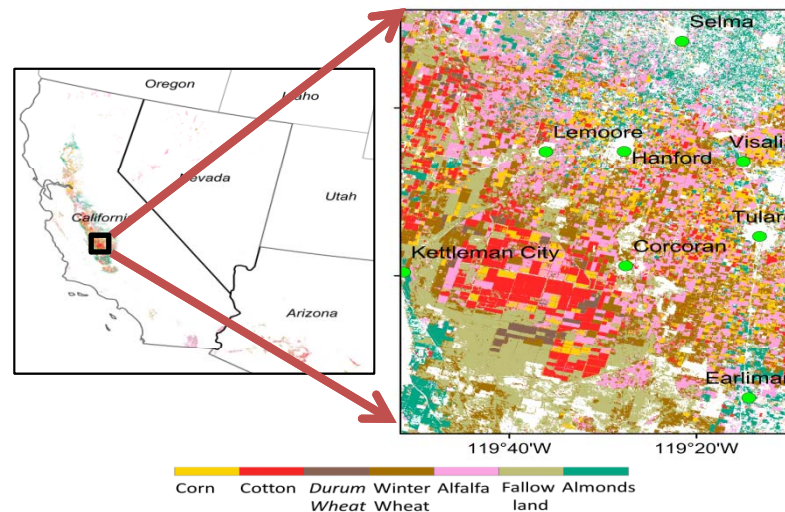


Προσομοιωτής συστημάτων παραγωγής γεωργίας (APSIM)

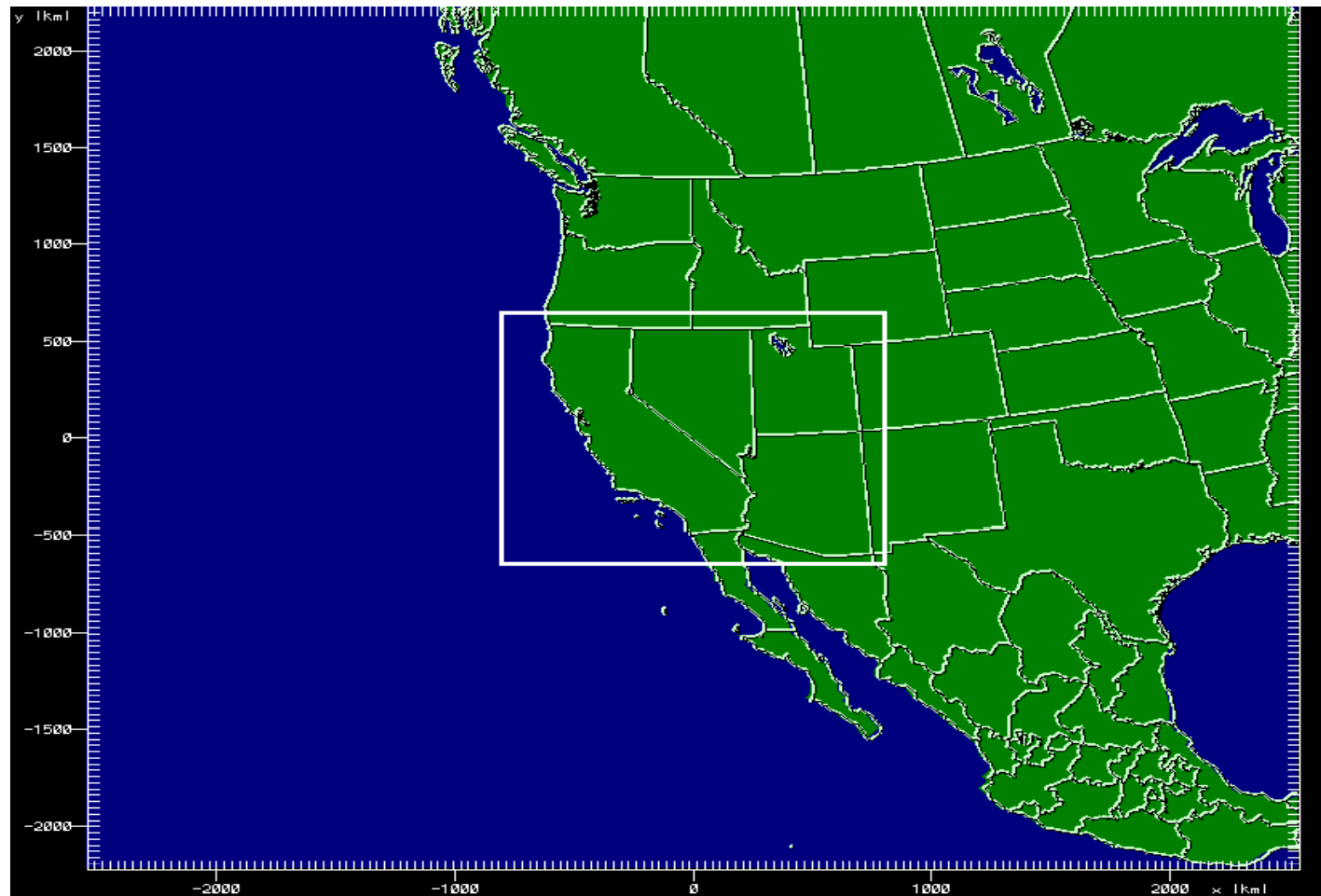
APSIM

- Framework and simulator for combining many individually developed models
- Open source model developed in Australia
- Modular modeling framework
- Suite of modules which enable the simulation of systems that cover a range of plant, animal, soil, climate and management interactions
- Simulation of economic and ecological outcomes of management practices in the face of climate risk
- Undergoing continual development
- Source: <http://www.apsim.info/Wiki/APSIM-and-the-APSIM-Initiative.ashx>

Agriculture (Major crop types)

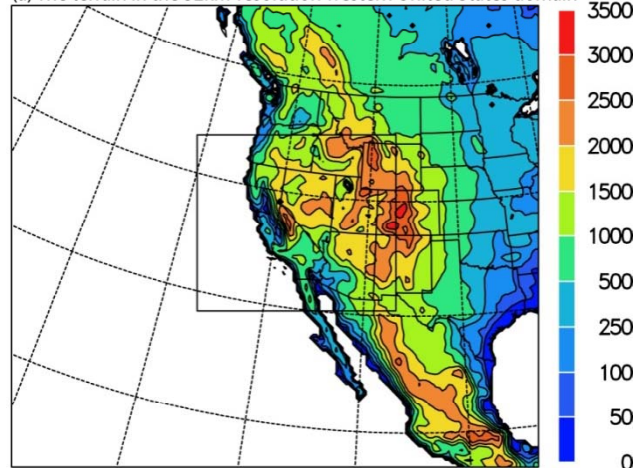


Περιοχές προς σύγκριση

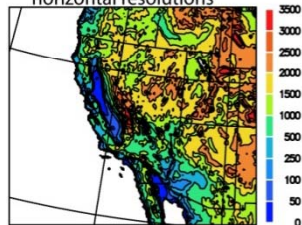


Τομείς και εδάφη του WRF

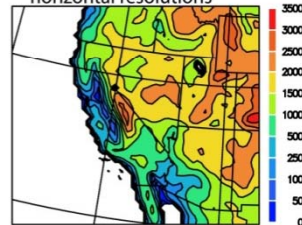
(a) The terrain in the 32km-resolution western United States domain



(b) The CA-domain terrain at 8km horizontal resolutions



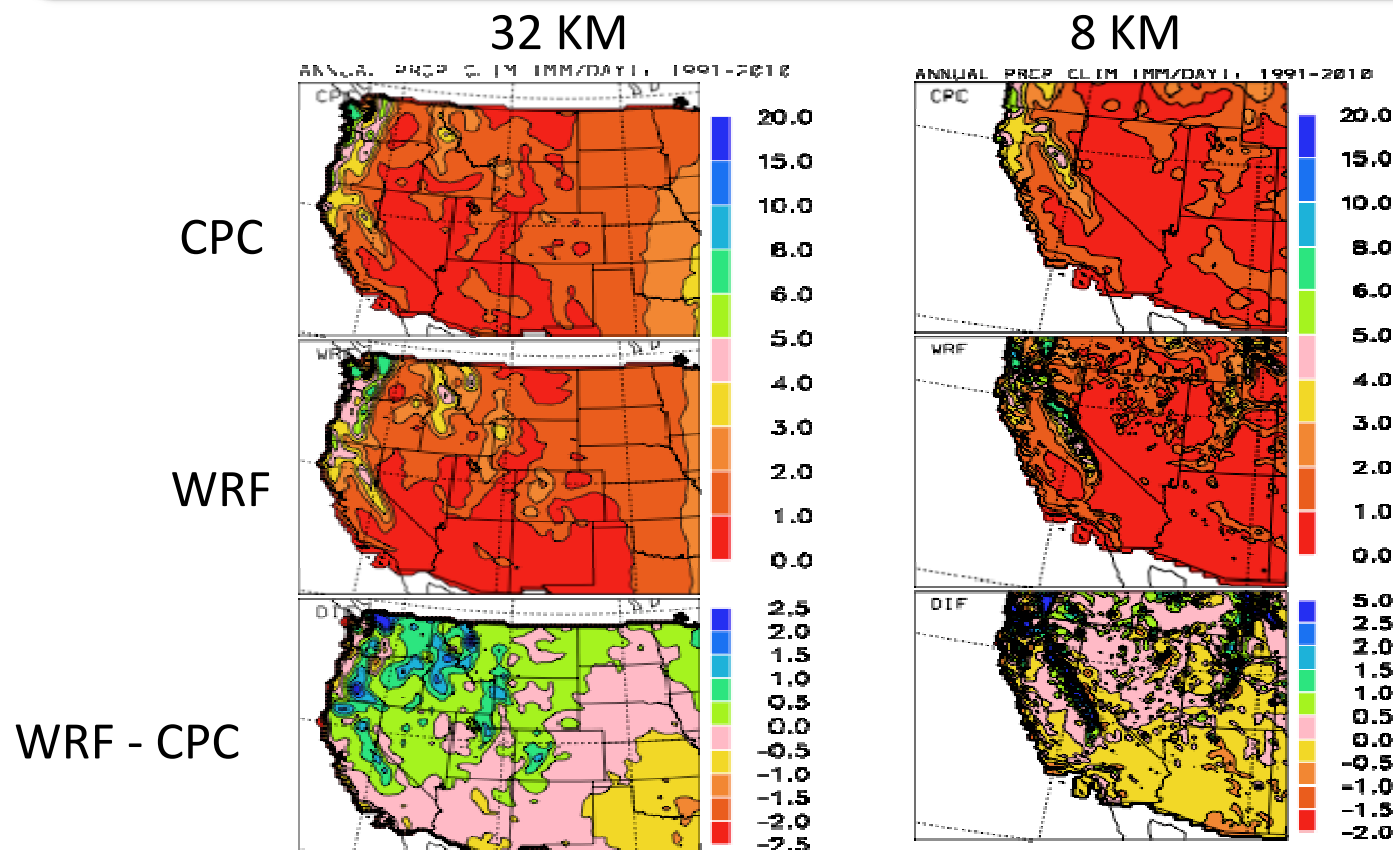
(c) The CA-domain terrain at 32km horizontal resolutions



Οι τομείς και εδάφη (model domain) για το εξωτερικό και εσωτερικό τομέα. Box in (a) over the region including California, Nevada, and Arizona represent the location of the fine-resolution inner domain: (a) The outer domain terrain represented at a 32-km resolution, (b) the inner domain terrain represented at an 8-km resolution, (c) same as (b) but at a 32-km resolution.

Αποτελέσματα WRF

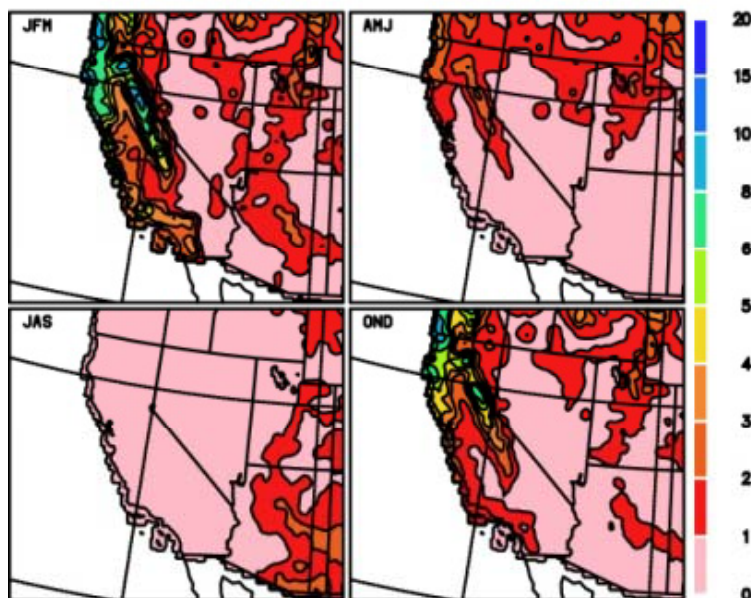
Annual Precipitation Climatology: CPC vs WRF



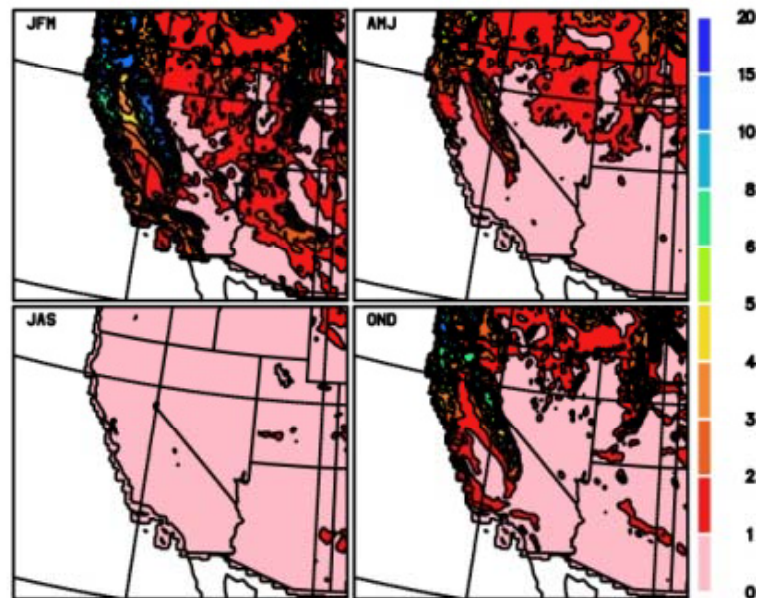
The annual-mean precipitation from the Climate Prediction Center (PCP) analysis (top) and the WRF hindcast (middle). The bottom row presents the model errors (WRF-CPC): (Left column) 32-km run, (Right column) the nested 8-km run

Αποτελέσματα WRF

CPC SEASON PRCP CLIM (MM/DAY), 1991-2010



WRF SEASON PRCP CLIM (MM/DAY), 1991-2010



The seasonal-mean precipitation from the CPC analysis (left) and the fine-resolution (λεπτή ανάλυση κυψελίδας) WRF hindcast (right)

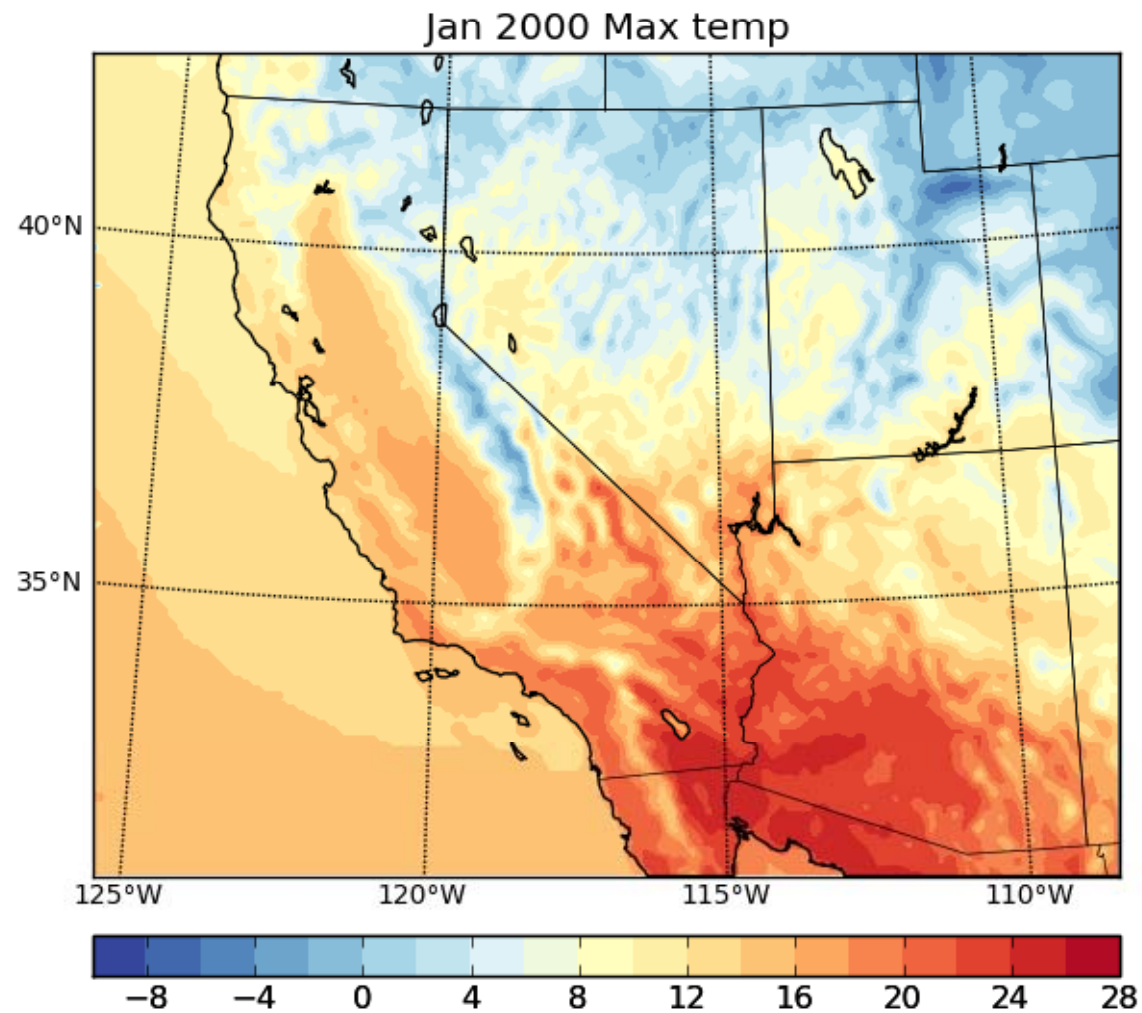
WRF Αποτελέσματα

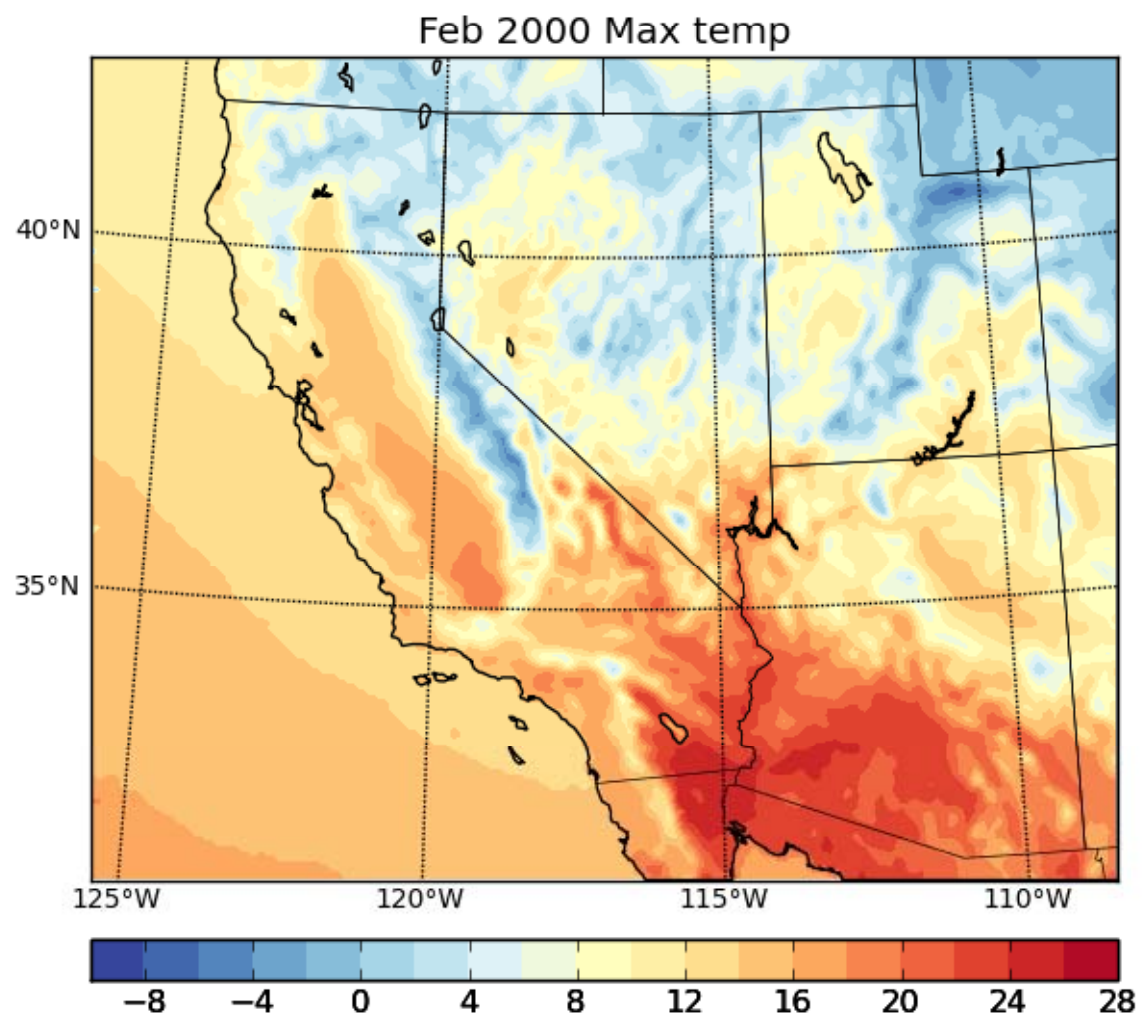
αποτελέσματα μέχρι σήμερα

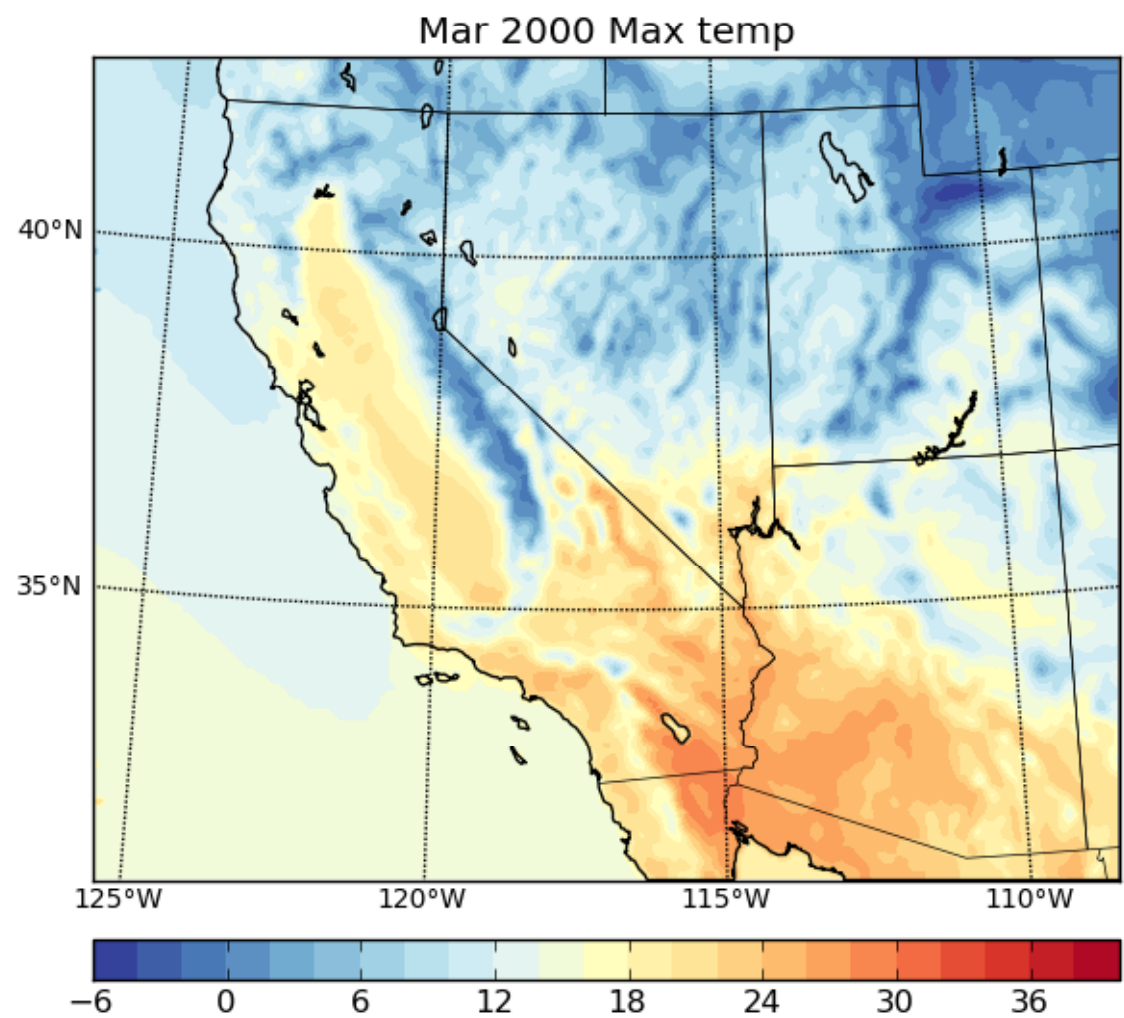
WRF μοντέλο hindcast για τα έτη 1991 – 2010

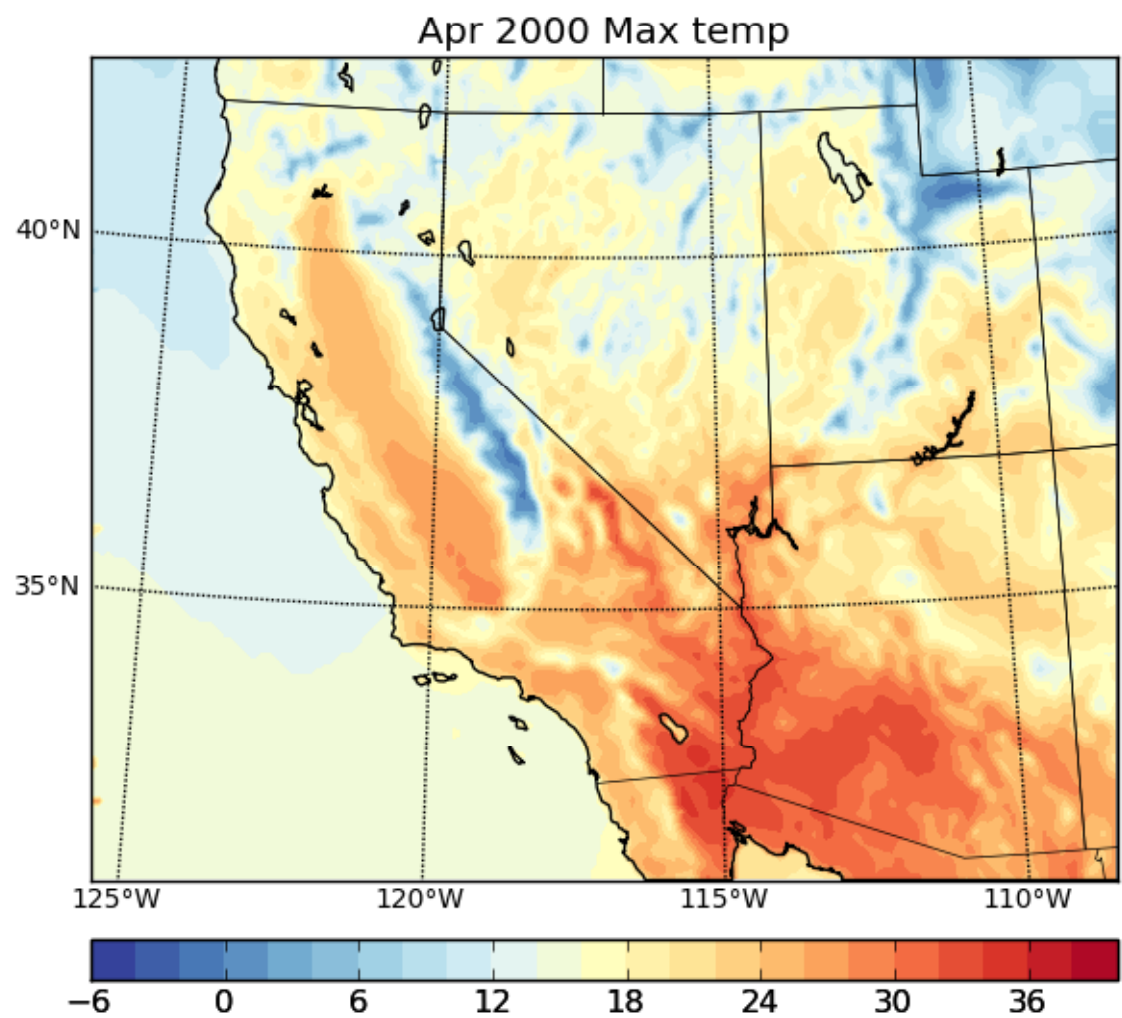
- Γενικά τα αποτελέσματα συμφωνούν
- Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ πρότυπου μοντέλου & CPC βροχόπτωσης υπερβαίνει 0,9.
- Το μοντέλο υπερεκτιμά την χωρική μεταβλητότητα της ανάλυσης CPC
- Εποχικά, το μοντέλο παρουσιάζει συστηματικές τάσεις. Τα πιο αξιοσημείωτα λάθη μοντέλου σχετικά με εποχιακές βροχοπτώσεις είναι τα εξής:
- Το μοντέλο WRF υπερεκτιμά χειμερινή βροχόπτωση στον Βορειοδυτικό Ειρηνικό, βόρεια Καλιφόρνια, και τη Σιέρα Νεβάδα
- Το μοντέλο WRF υποτιμά σημαντικά θερινές βροχοπτώσεις στη νοτιοδυτική περιοχή των ΗΠΑ
- Το μοντέλο WRF αποδίδει καλά προσομοίωση των βροχοπτώσεων, την άνοιξη και το φθινόπωρο
- Το καλοκαιρινό SST πάνω από τον Κόλπο της Καλιφόρνια από την επανανάλυση NCEP 2 εμφανίζεται ψυχρότερη από την κλιματολογία (πάνω από 6K)
- Αυτό μπορεί να είναι η κύρια αιτία της υποτίμησης των βροχοπτώσεων το καλοκαίρι στην Αριζόνα/Νέο Μεξικό περιοχή
- Ένα πείραμα ευαισθησίας όπου το SST του κόλπου της Καλιφόρνιας θα προέρχεται από την λεπτή ανάλυση θα γίνει ώστε να απαντηθεί το ερώτημα αυτό.

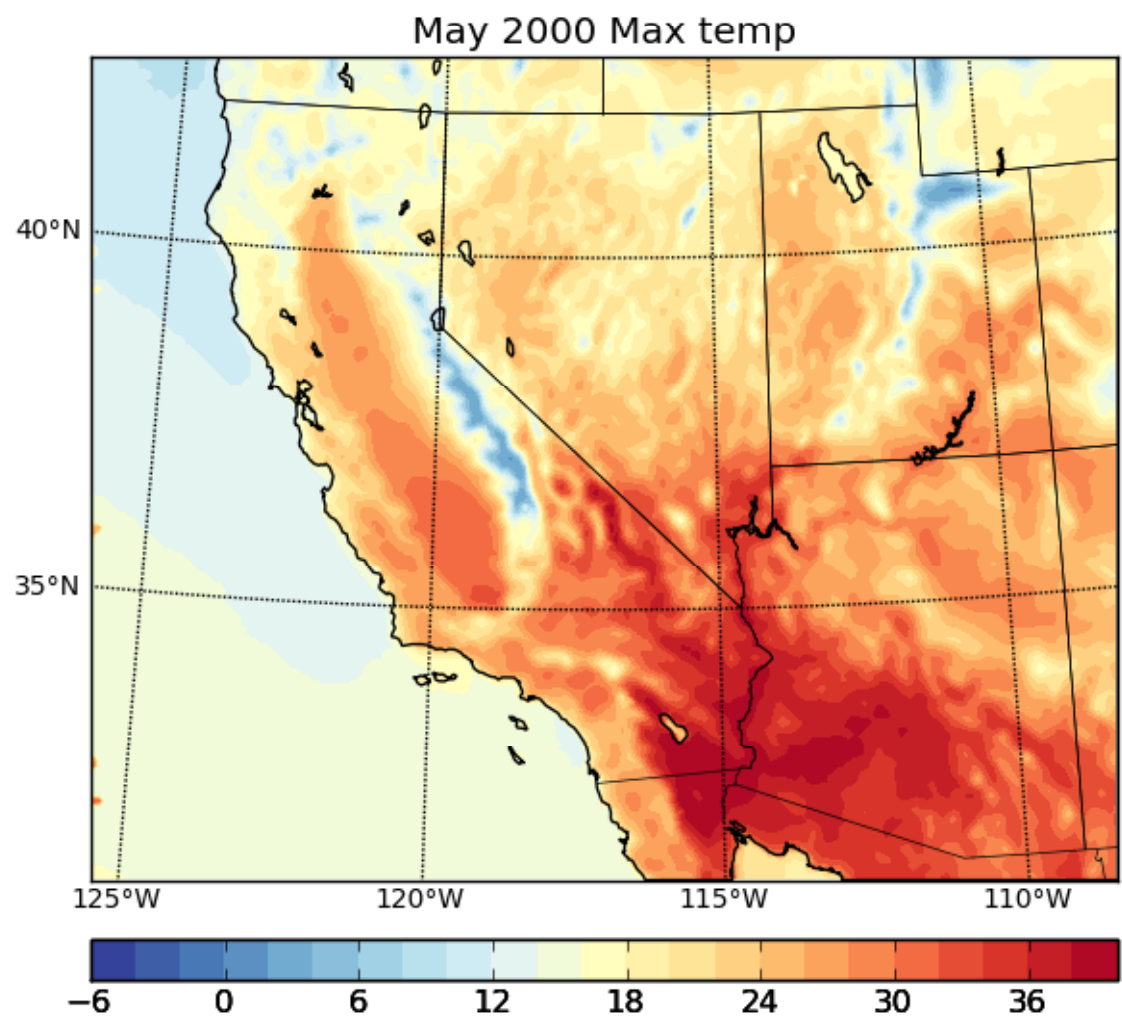
WRF Μηνιαίες μέγιστες θερμοκρασίες(C) για το έτος 2000

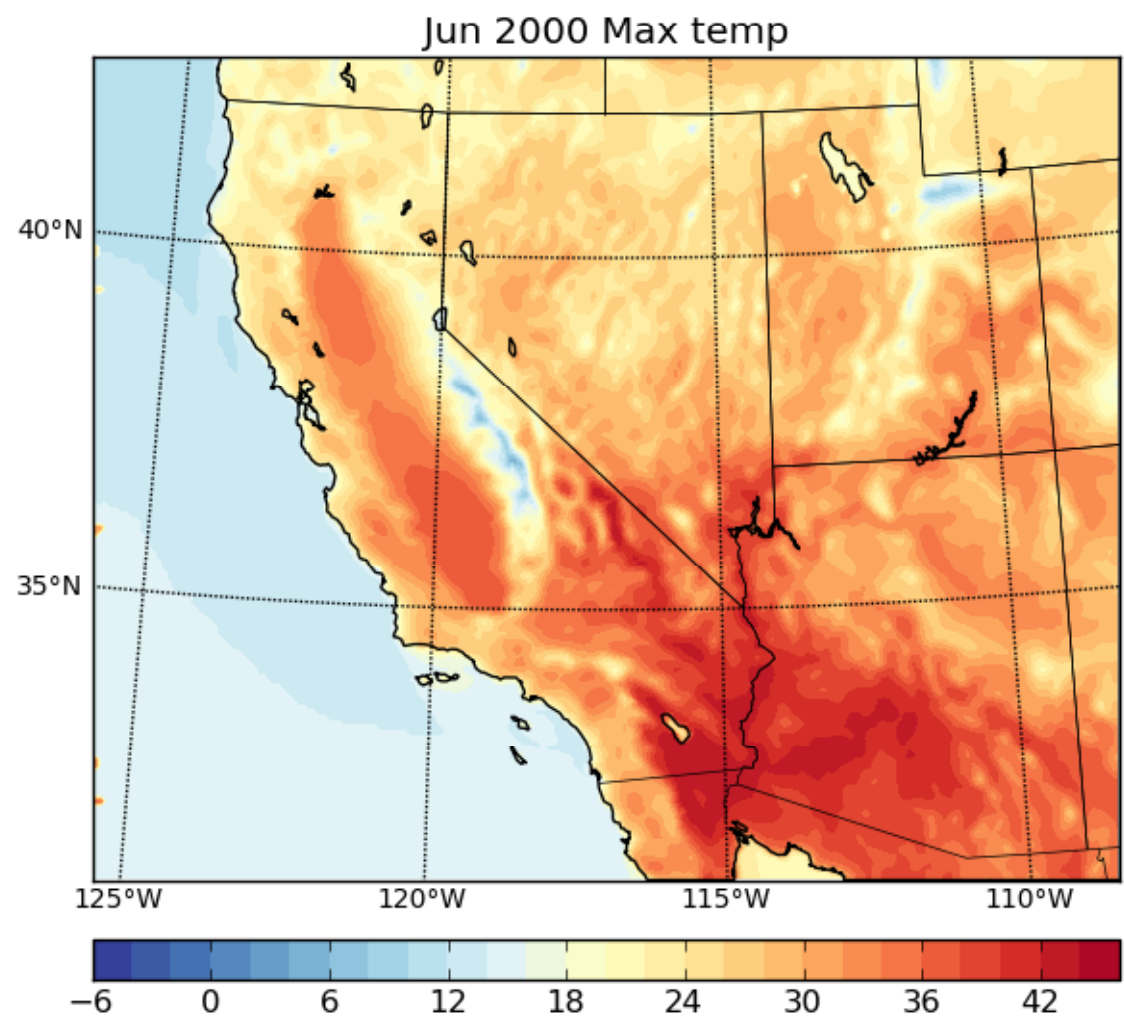


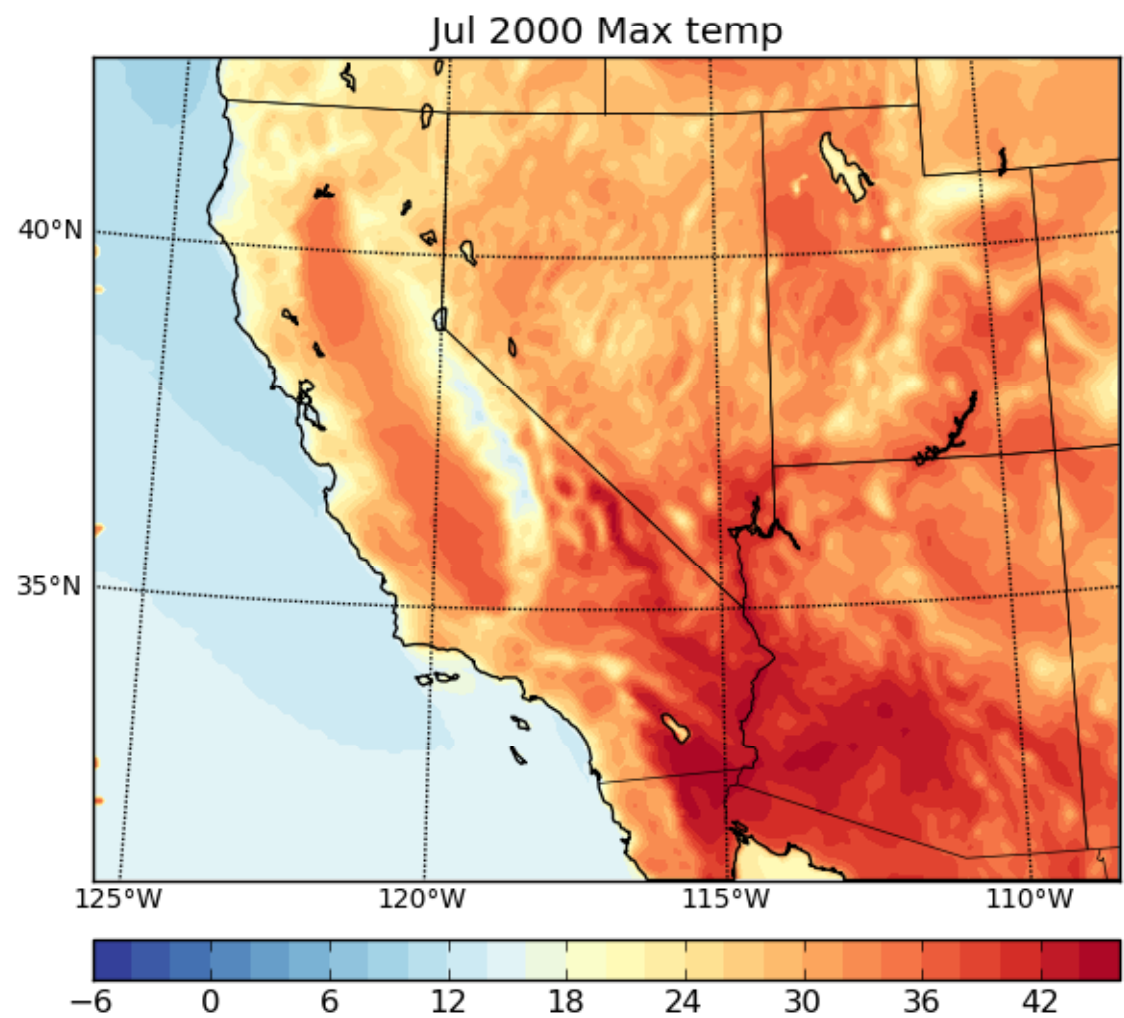


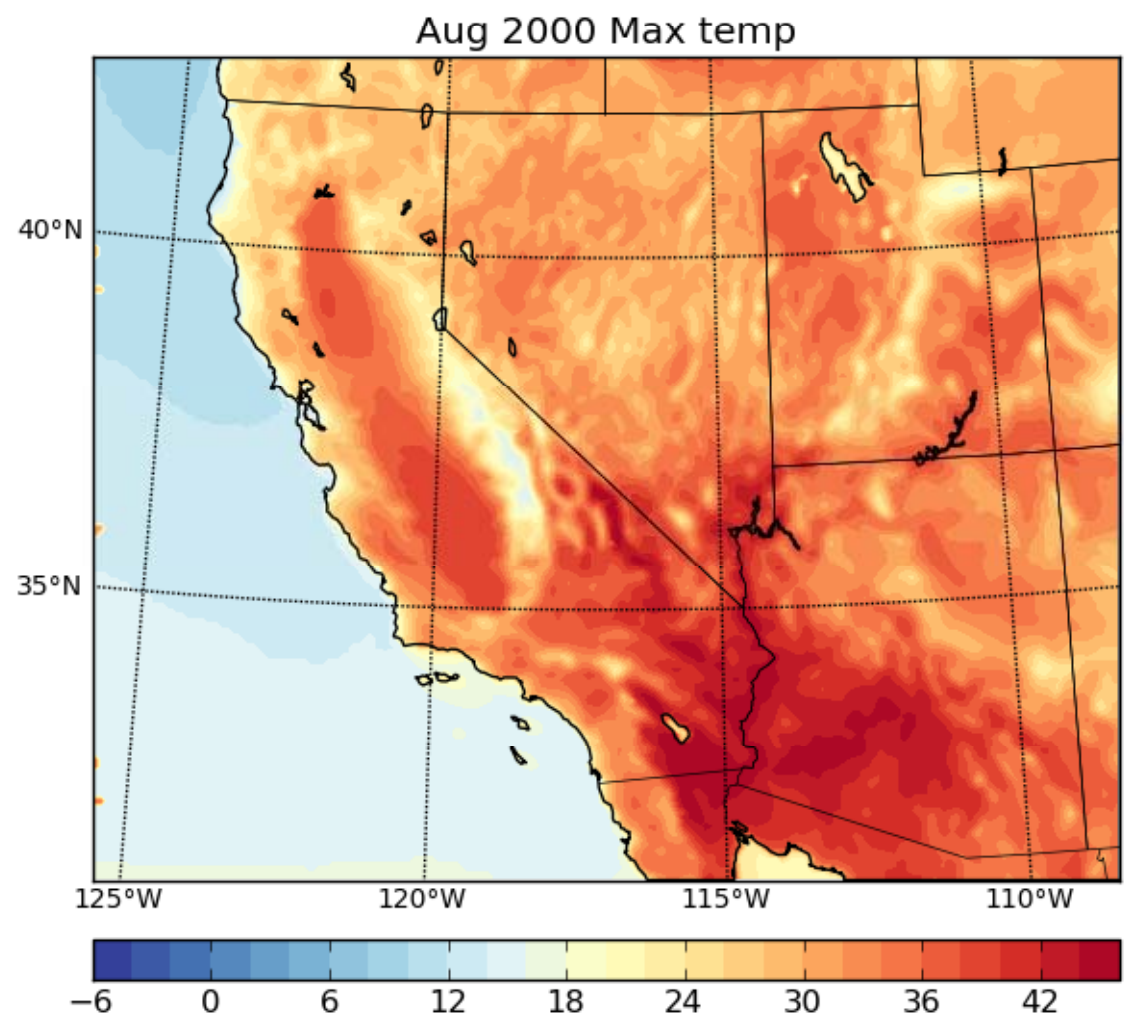


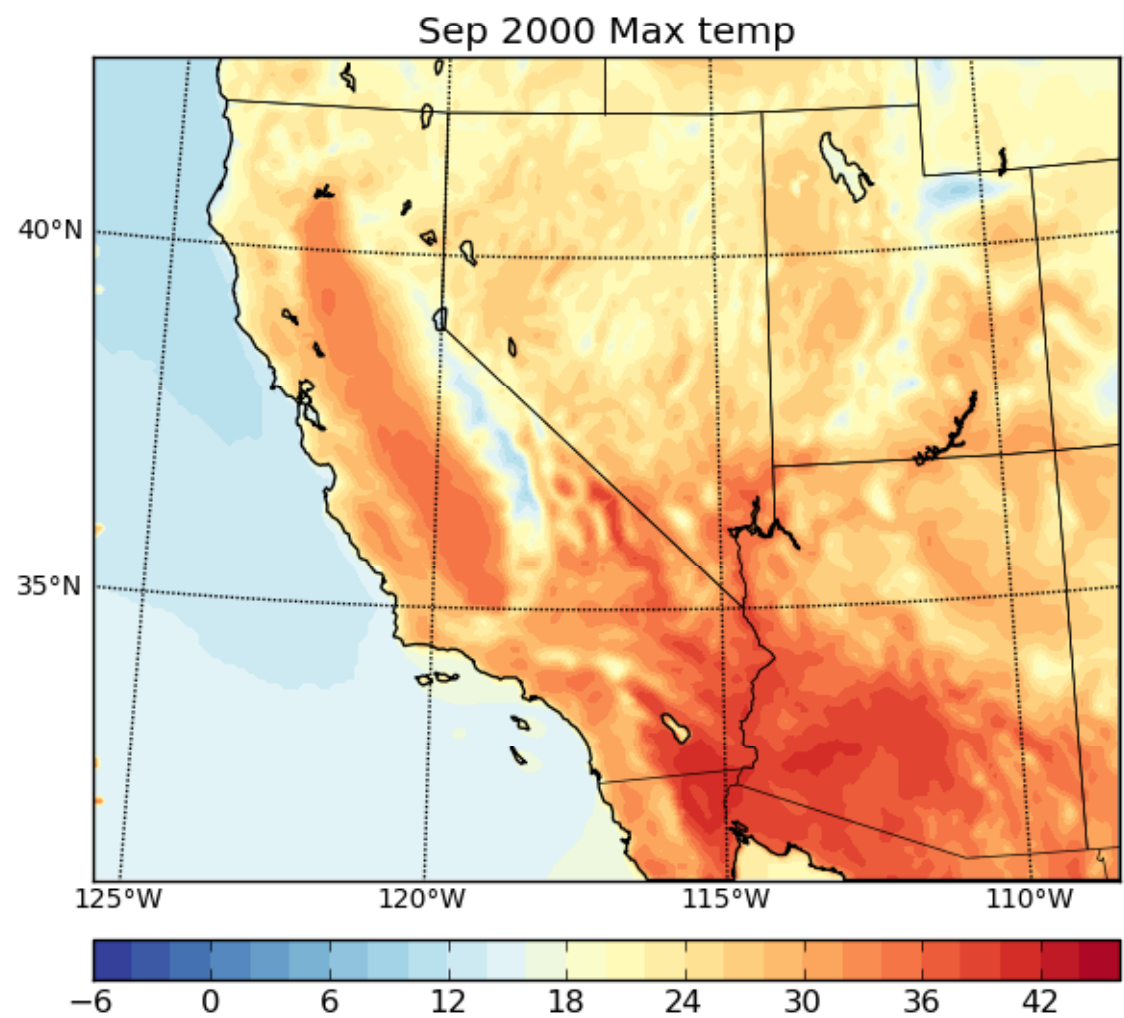


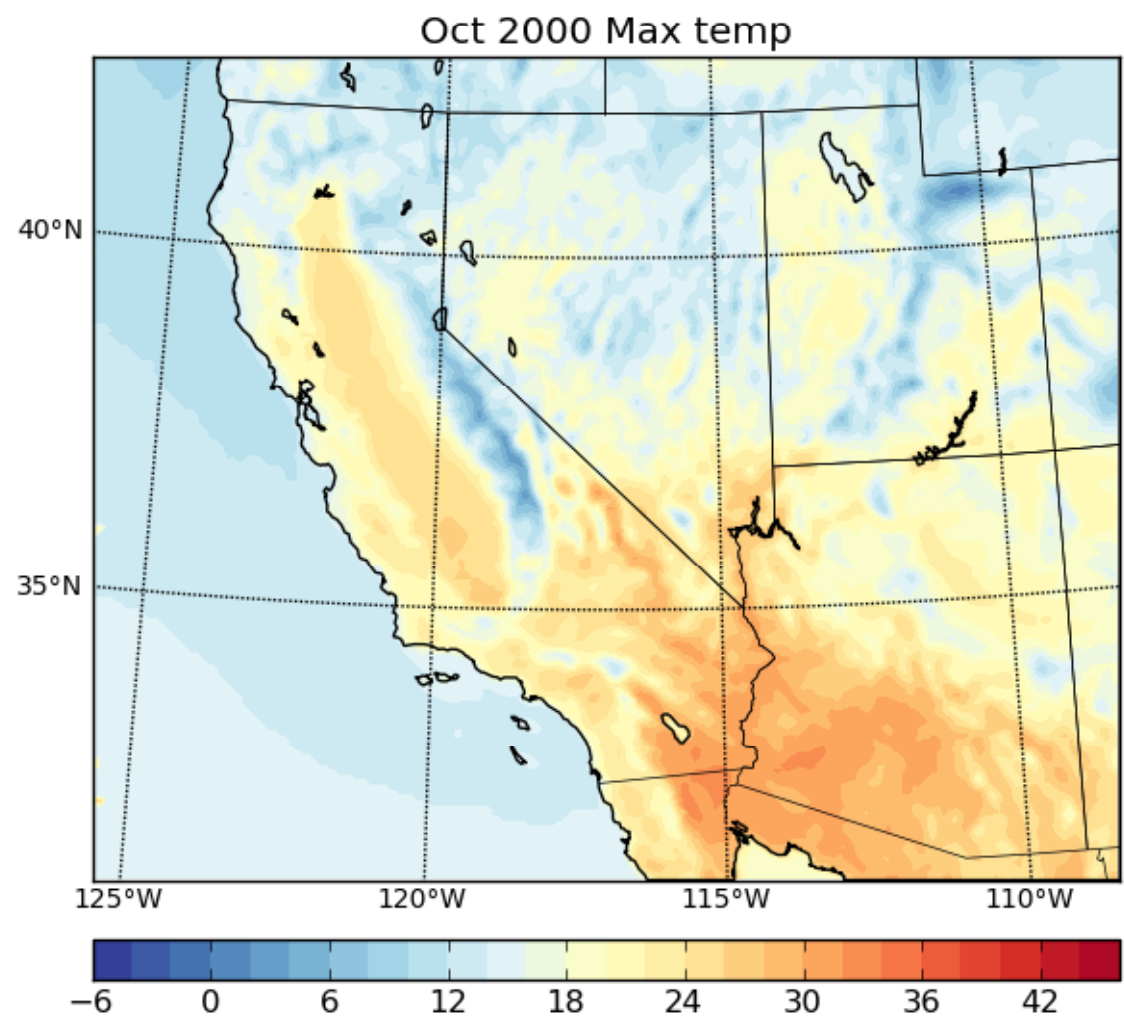


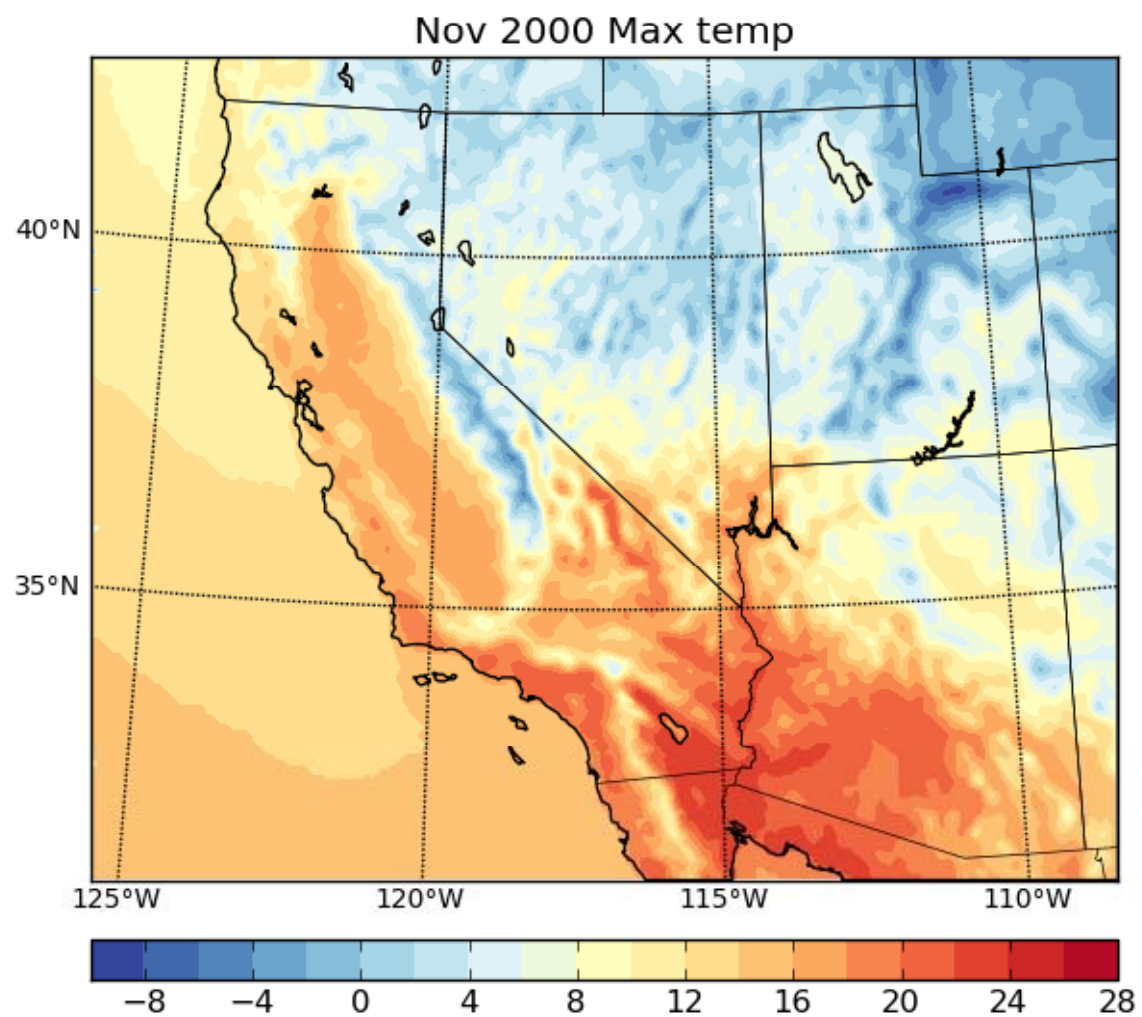


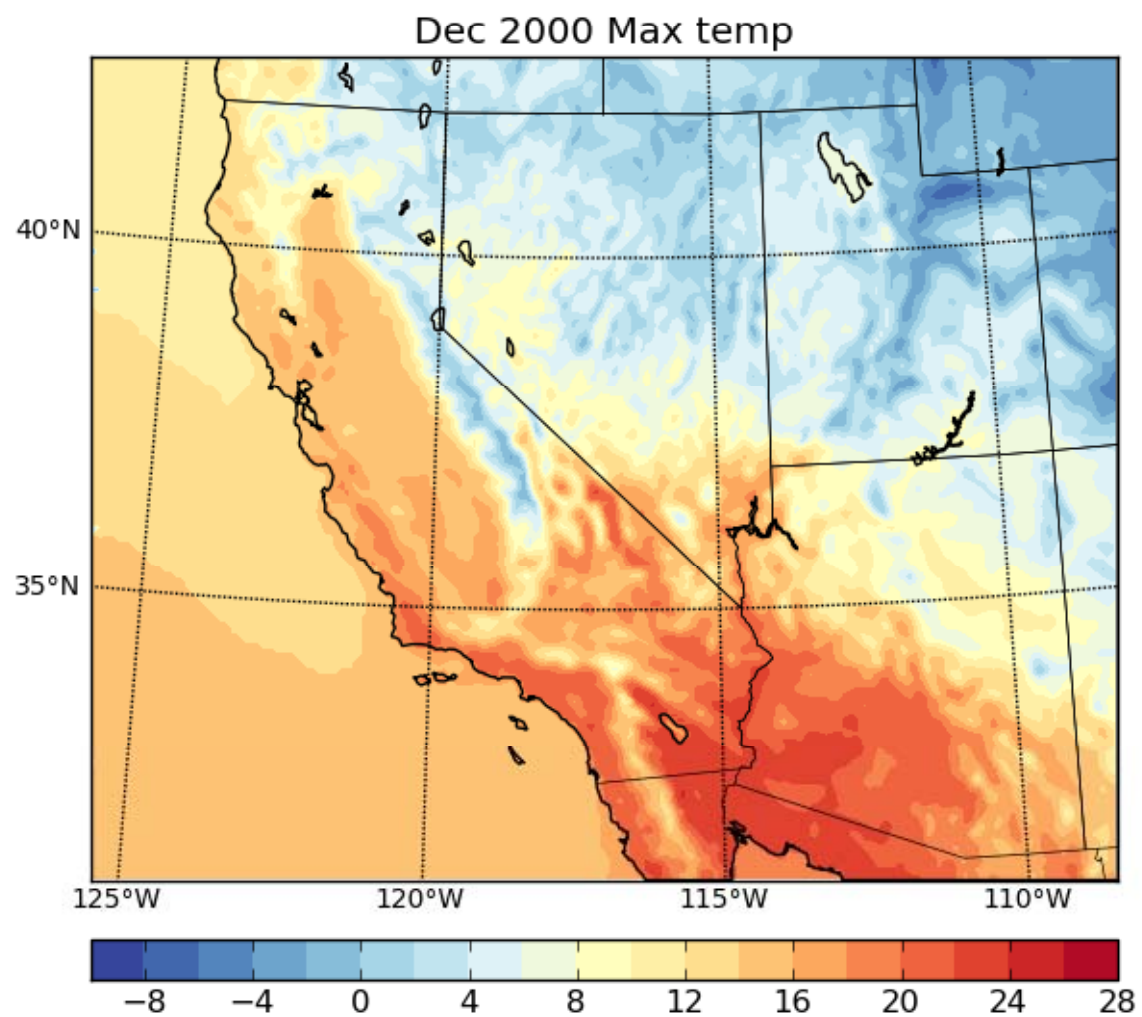




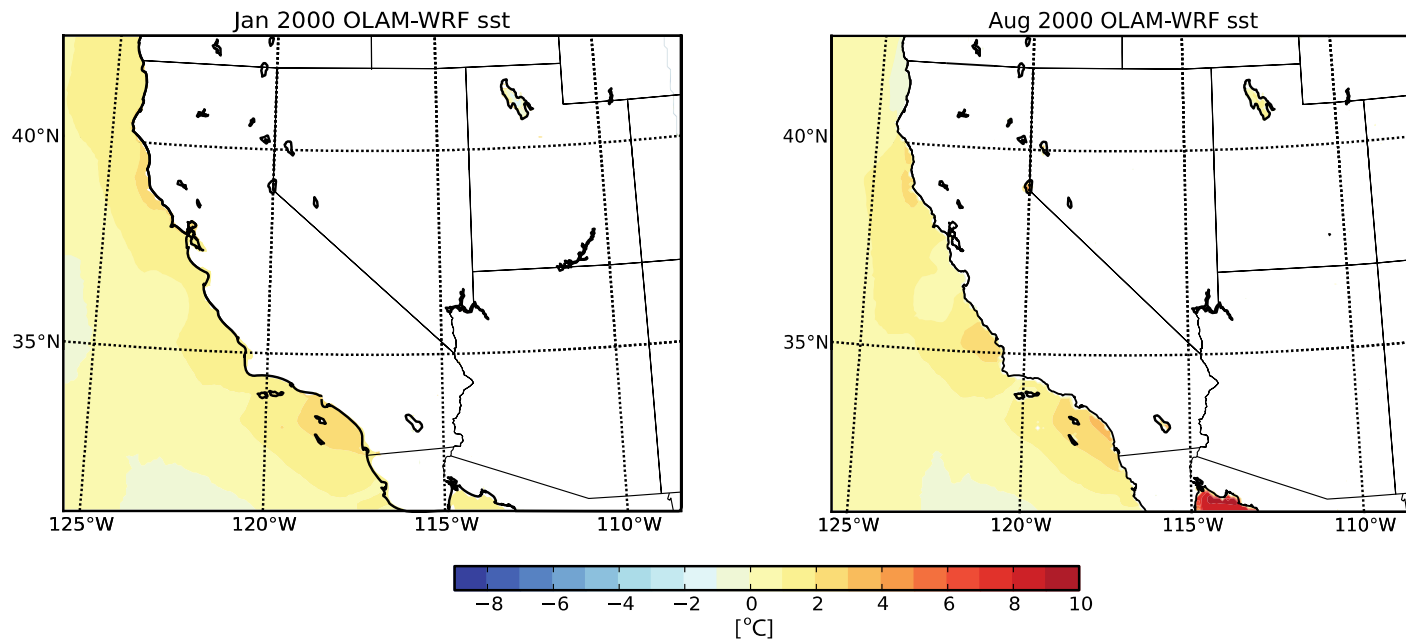






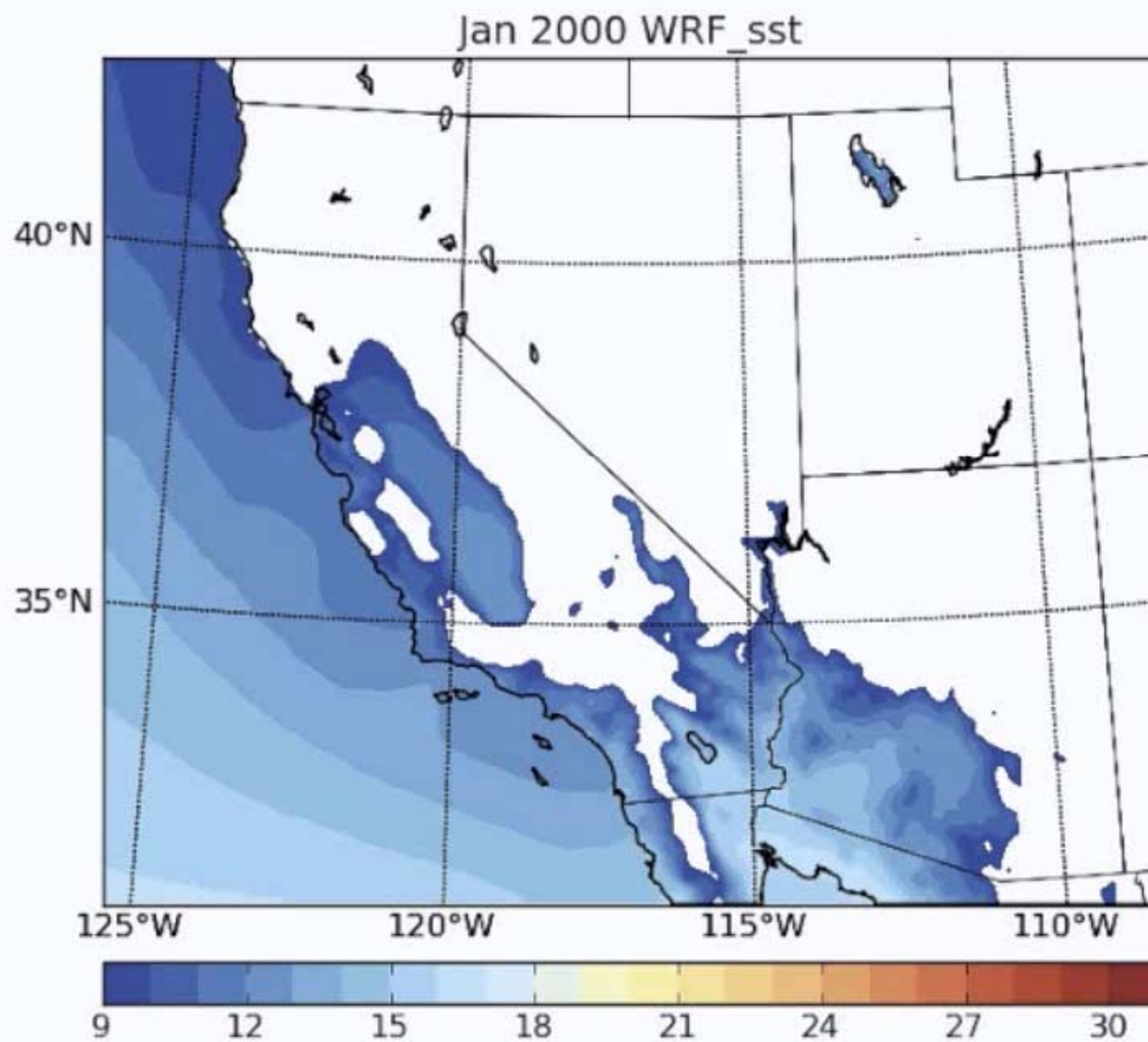


Διαφορές θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (SST)



SST differences between OLAM and WRF for January and August 2000

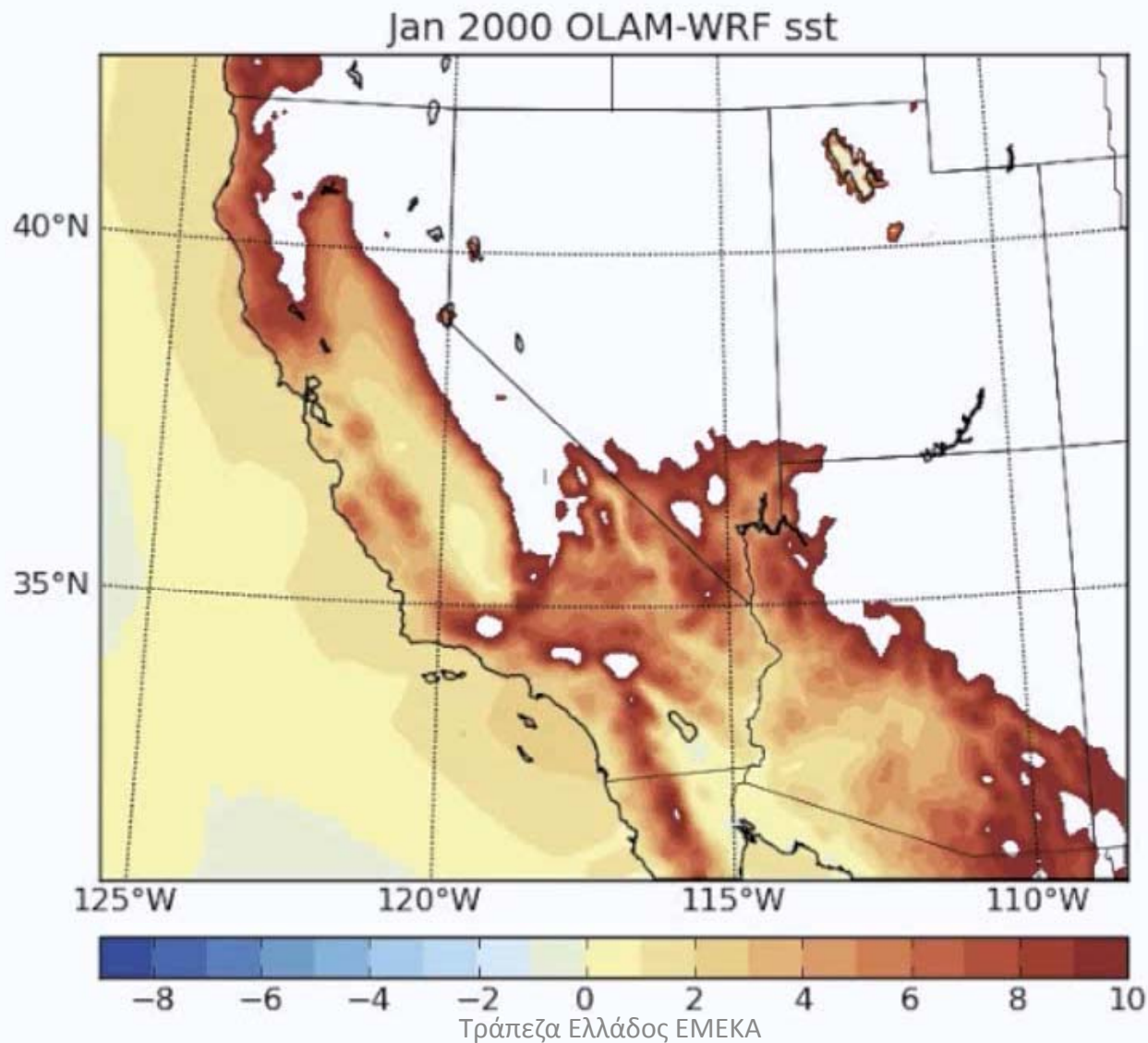
WRF SST Επιπτώσεις στη βροχόπτωση



6/13/2012

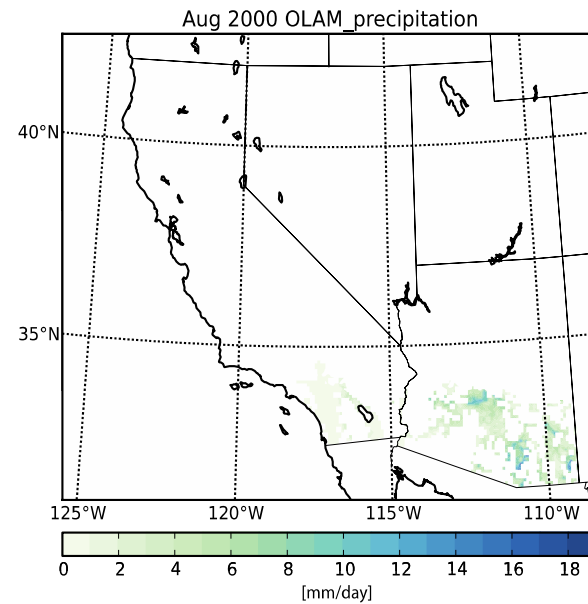
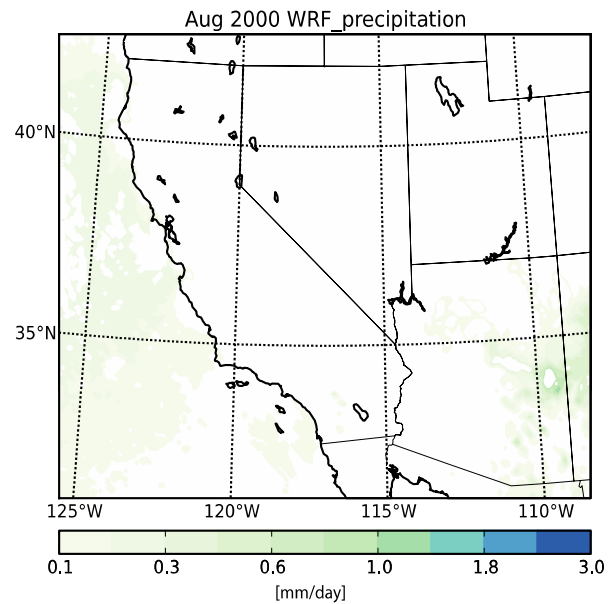
Τράπεζα Ελλάδος ΕΜΕΚΑ

OLAM-WRF Διαφορές επιπτώσεων στη βροχόπτωση



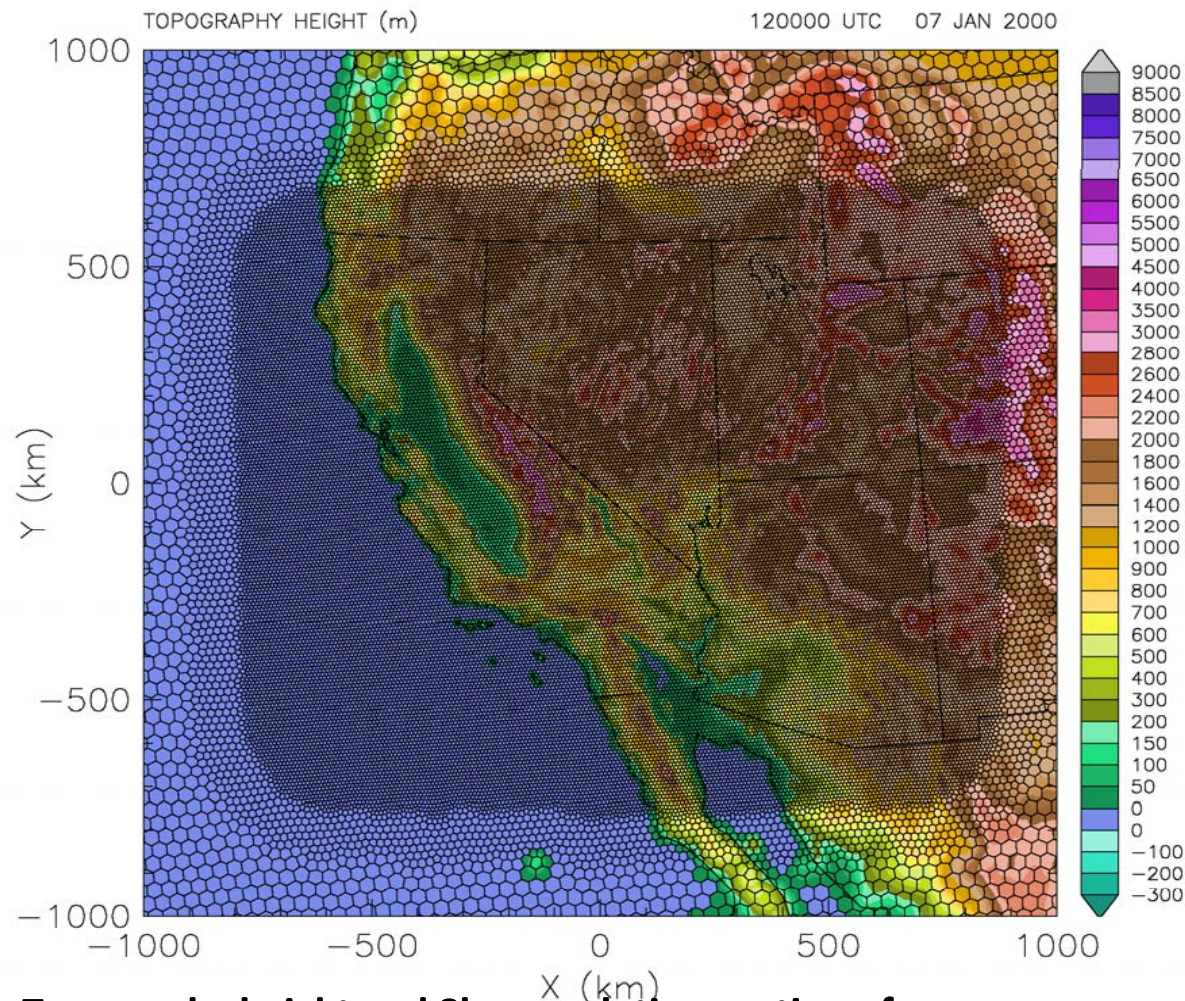
6/13/2012

Στοιχεία βροχόπτωσης WRF και OLAM



Precipitation in August 2000 from WRF and OLAM simulations

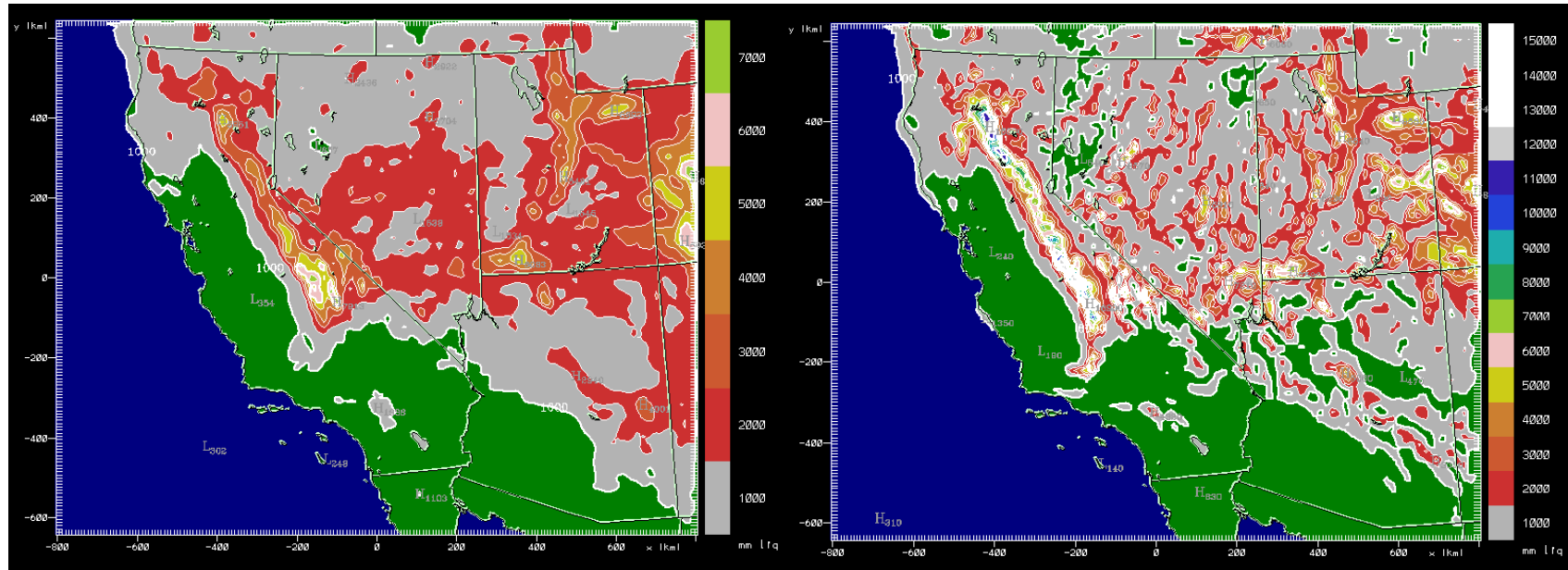
Υψομετρική τοπογραφία OLAM



Topography height and 8km resolution portion of the hexagonal mesh constructed for the target region (CA & AZ). Transitions to a 16km and 32km mesh size outside that region are apparent.

561600.0 sec
6.50 days
Z 100.0 m
MIN 0.00000
MAX 3828.81

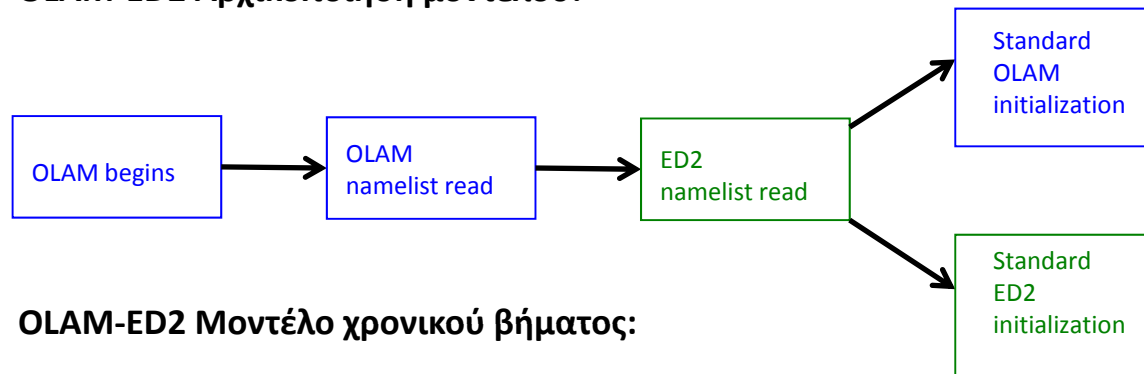
RAMS Αποτελέσματα



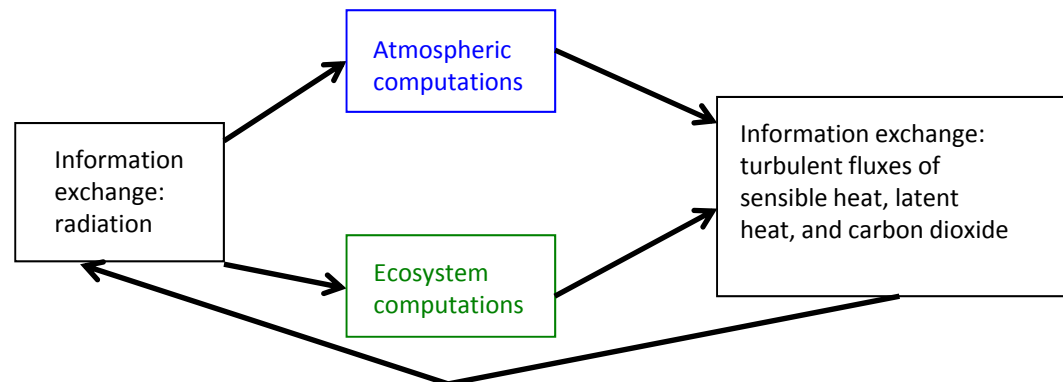
Total precipitation (water equivalent) after one year of simulation for the year 2000. The left panel is the run without convective parameterization, the right panel is the run using Grell's scheme

Σύζευξη OLAM-ED2

OLAM-ED2 Αρχικοποίηση μοντέλου:



OLAM-ED2 Μοντέλο χρονικού βήματος:

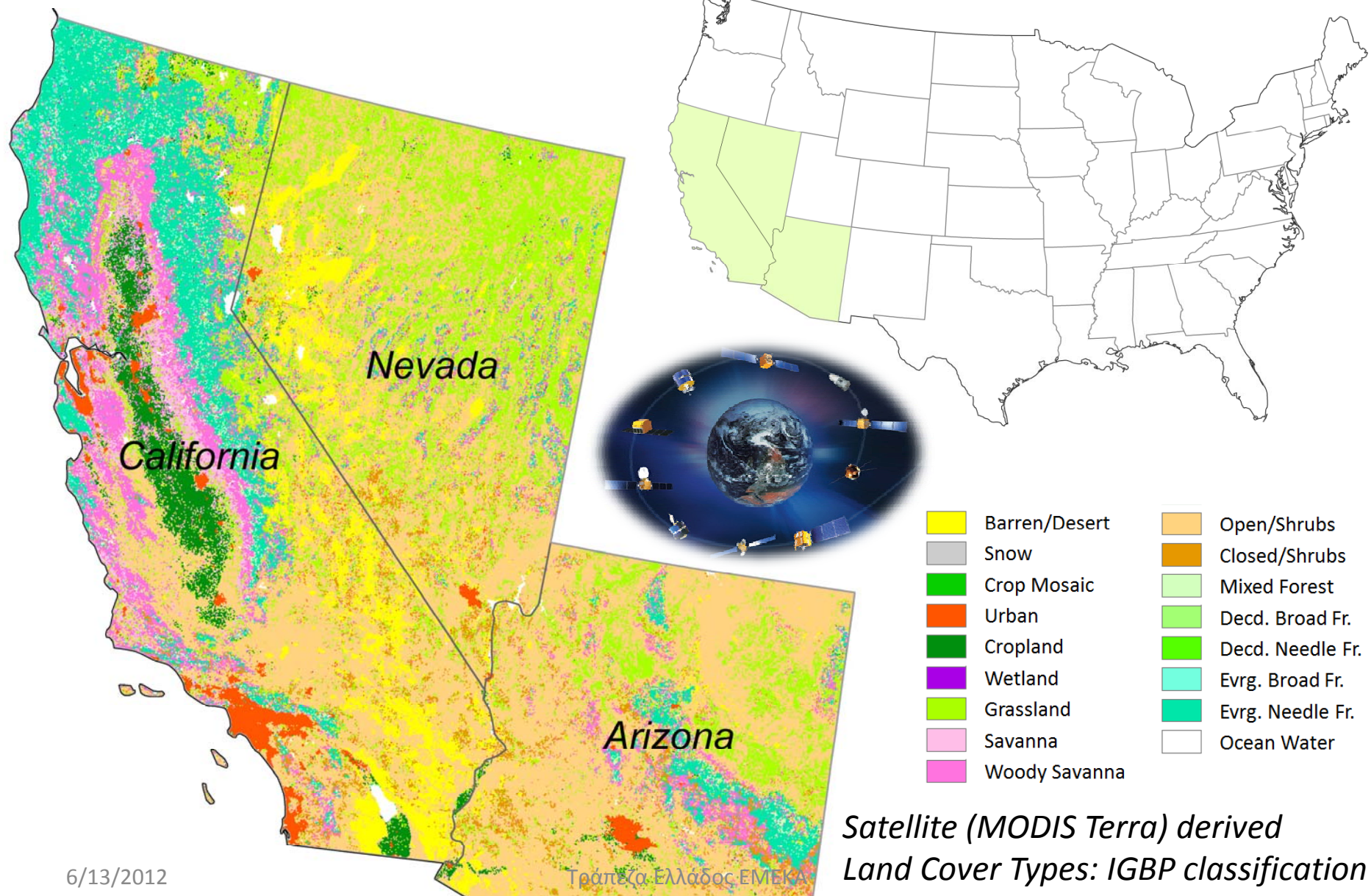


During initialization (top panel), OLAM acts as the highest-level model, and calls the ED2 initialization. During model time stepping (bottom), OLAM and ED2 exchange information during radiative transfer and turbulent flux computations. Note that the ecosystem computations can involve both short time scale processes (e.g., updating stomatal conductance) and long time scale processes (e.g., vegetation growth and mortality).

Μοντέλα καλλιέργειας

Πιλοτική μελέτη προσομοίωσης απόδοσης
καλλιεργειών σε περιφερειακή κλίμακα

Γεωργία & Οικοσυστήματα



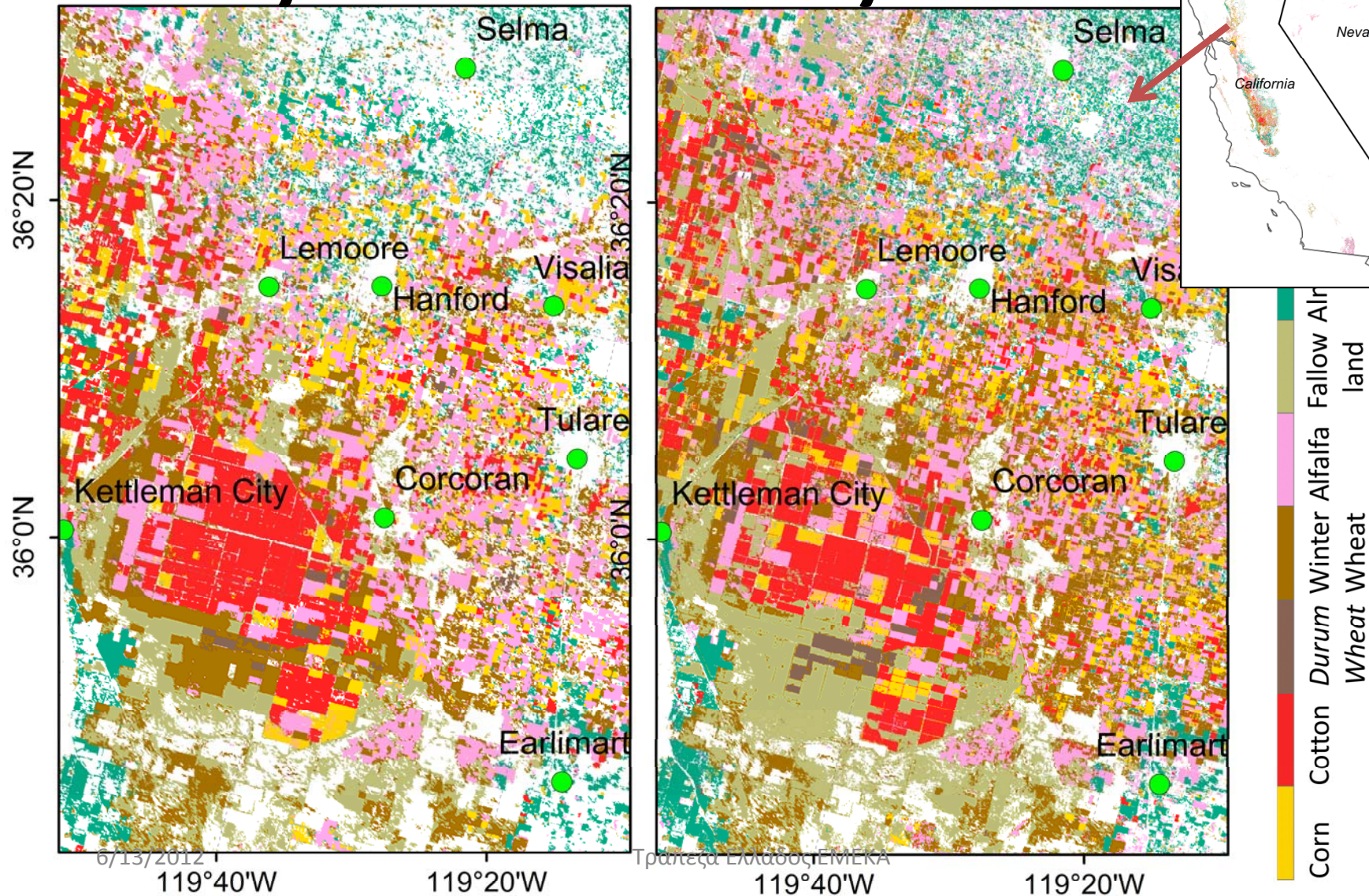
6/13/2012

Τράπεζα Ελλάδος ΕΜΕΚΑ

Γεωργία (βασικοί τύποι καρπών)

Έτος 2007

Έτος 2009



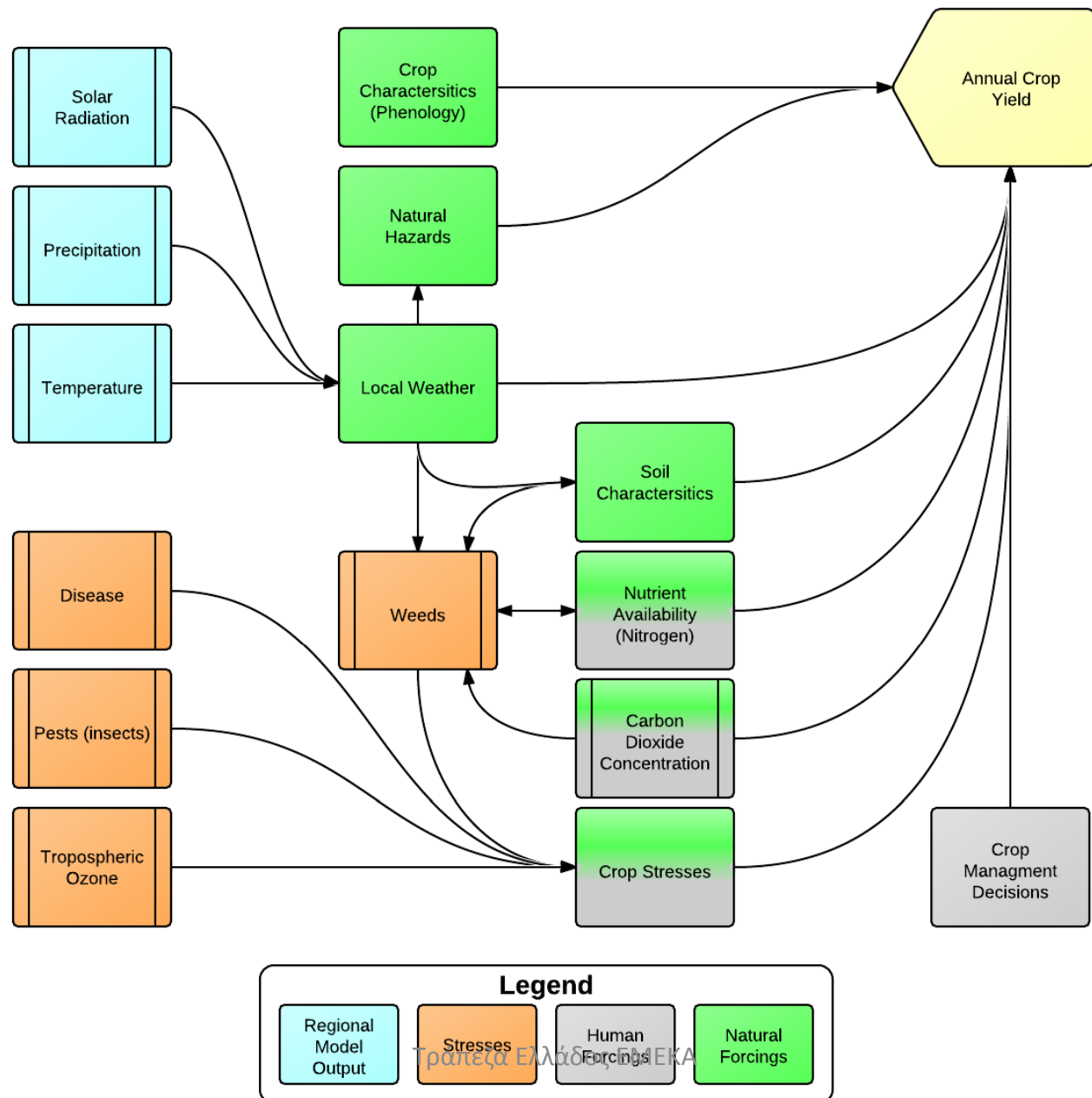
*Source: USDA Cropland data

Τι είναι ένα μοντέλο προσομοίωσης διαδικασίας καλλιεργειών;

- Υπολογιστικό πρόγραμμα που μιμείται την ανάπτυξη των καρπών με σκοπό την πρόβλεψη απόδοσης των καλλιεργειών (phenology—periodic plant cycle events)
- Εξισώσεις τιμής που περιγράφουν τις φυσιολογικές αντιδράσεις των καλλιεργειών σε μεταβλητές περιβάλλοντος
- Εισαγωγή δεδομένων
 - Τοπικός καιρός
 - Πιέσεις επί των φυτών
 - Χαρακτηριστικά καλλιεργειών
 - Χαρακτηριστικά εδάφους
 - Αποφάσεις διαχείρισης καλλιεργειών

Διάγραμμα ροής

Theoretical Crop Yield Model



APSIM Μοντέλο καλλιεργειών

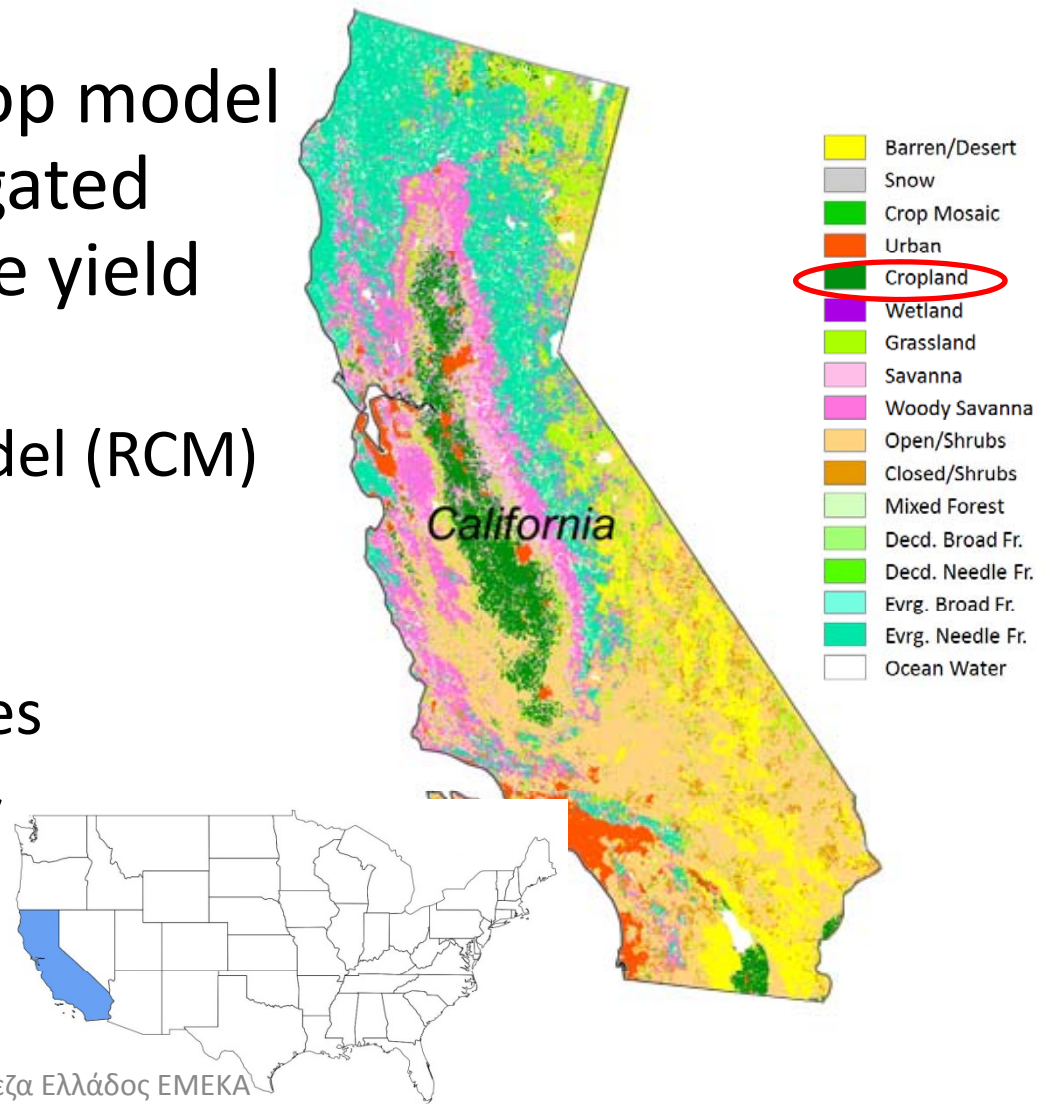
- APSIM (Agricultural Production Systems sIMulator)
- Developed in Australia
- Προσομοιώνει μια σειρά φυτών, ζώων, το έδαφος, το κλίμα, τη διαχείριση αλληλεπιδράσεων
- Προσομοίωση των οικονομικών και οικολογικών αποτελεσμάτων της διαχείρισης για την αντιμετώπιση των κλιματικών κινδύνων
Simulation of economic and ecological outcomes of management practices in the face of climate risk
- Open source, modular modeling framework
- Well documented and undergoing continual development
- Operates in a unit area (yield is kg/ha—ha = 10,000 square
` at a daily timestep

Τράπεζα Ελλάδος ΕΜΕΚΑ



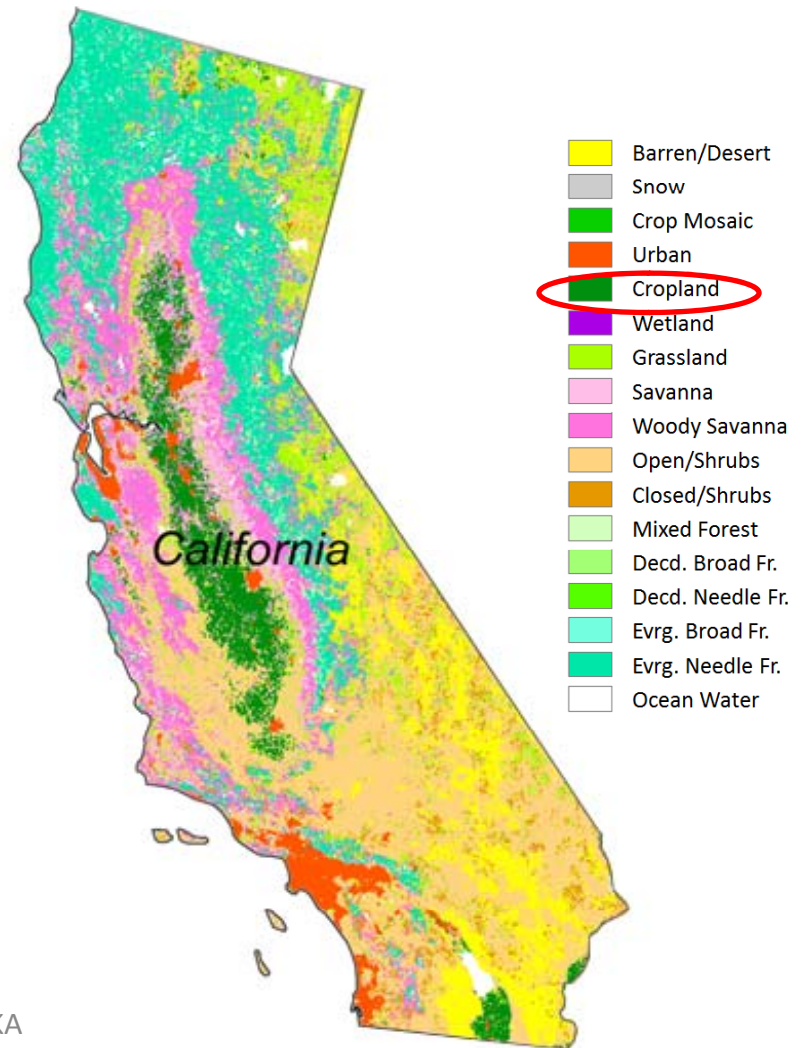
Αντικείμενο έρευνας

- Extend the APSIM crop model using spatially aggregated data for regional scale yield simulation
 - Regional Climate Model (RCM) output
 - Generic soil profiles
 - Management practices
- Conduct a pilot study
 - California
 - 2000-2010



Γιατί η Καλιφόρνια;

- For over 50 years, California has been the number one state for food and dairy production
 - Over 88,000 farms and ranches
 - Nearly a \$36.6 billion dollar industry
 - Generates at least \$100 billion in related economic activity
- One of the world's largest suppliers of food and agriculture commodities
 - Exported over \$9 billion in 2005; 22% of agricultural market



Καλλιέργειες προς εξέταση

- Primary
 - Cotton (6.6 million acres harvested in 2007)
 - Corn (3.6 million acres harvested in 2007)
 - Rice (3.1 million acres harvested in 2007)
 - Wheat (4 million acres harvested in 2007)
- Secondary
 - Grapes (1.6 million acres harvested in 2007)
 - Almonds (1.3 million acres harvested in 2007)



Μελέτη καλλιέργειας

Corn (3.6 million acres harvested in 2007)

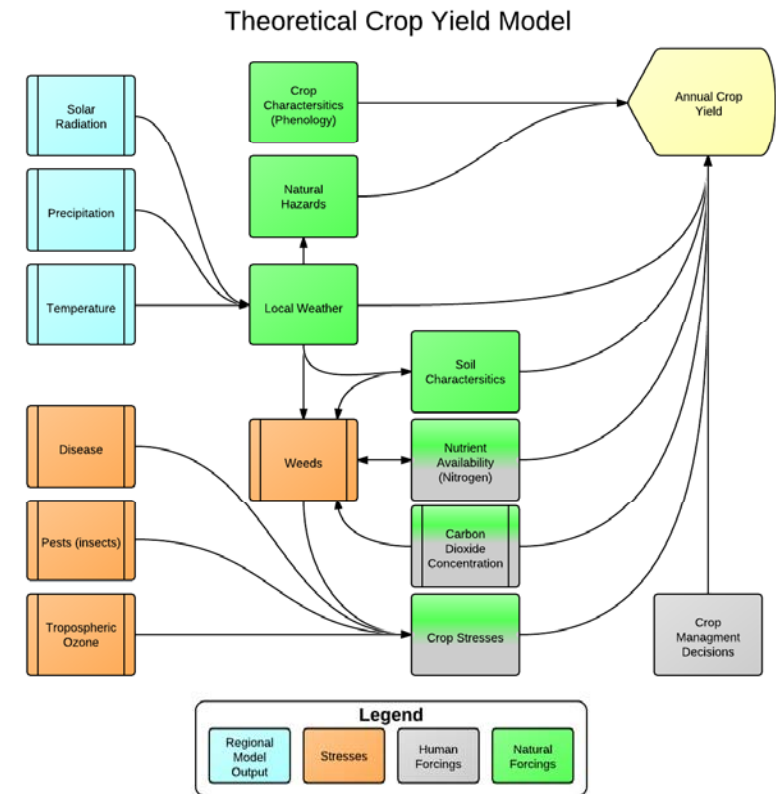


6/13/2012 Τράπεζα Ελλάδος ΕΜΕΚΑ
Corn (maize) growing area, 2011

Source: CropScape Data Layer

Πηγές αβεβαιότητας απόδοσης καλλιεργειών

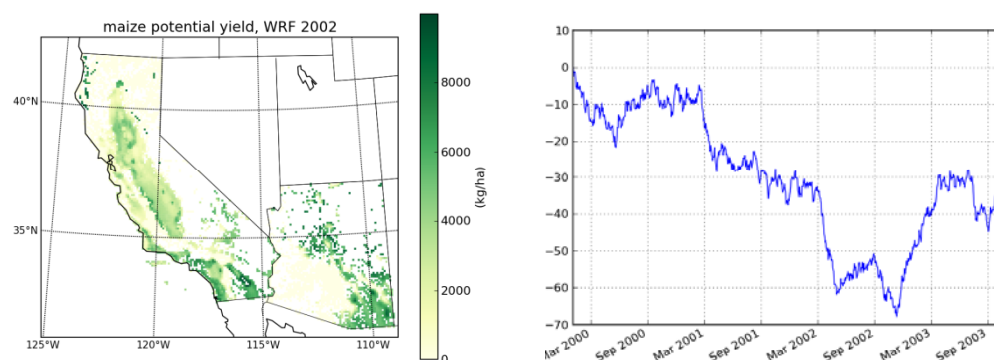
- Level 1 – Will be controlled
 - Best Management Practices (BMP)
 - Planting dates and criteria
 - Irrigation
 - Fertilizer application
 - Cultivar selection and parameterization
 - RCM data
- Level 2 – Can be controlled
 - Carbon dioxide concentration
 - Weeds
- Level 3 – Uncontrollable
 - Natural hazards
 - Crop stresses (pests, disease, ozone, etc.)



Σειρά έργων προγράμματος



Potential Crop Yield

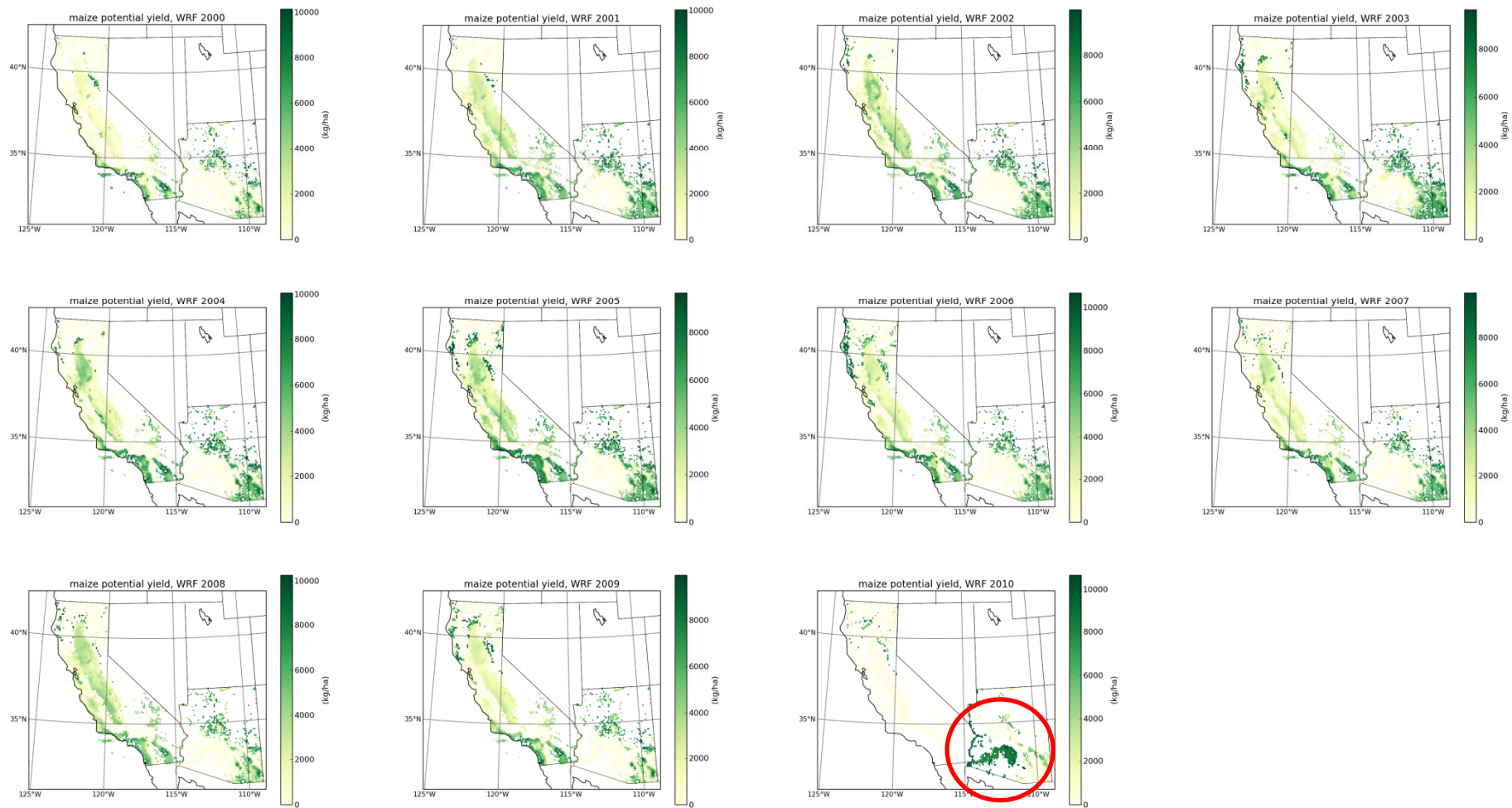


6/13/2012

Results

Τράπεζα Επένδυσης ΕΜΕΚΑ

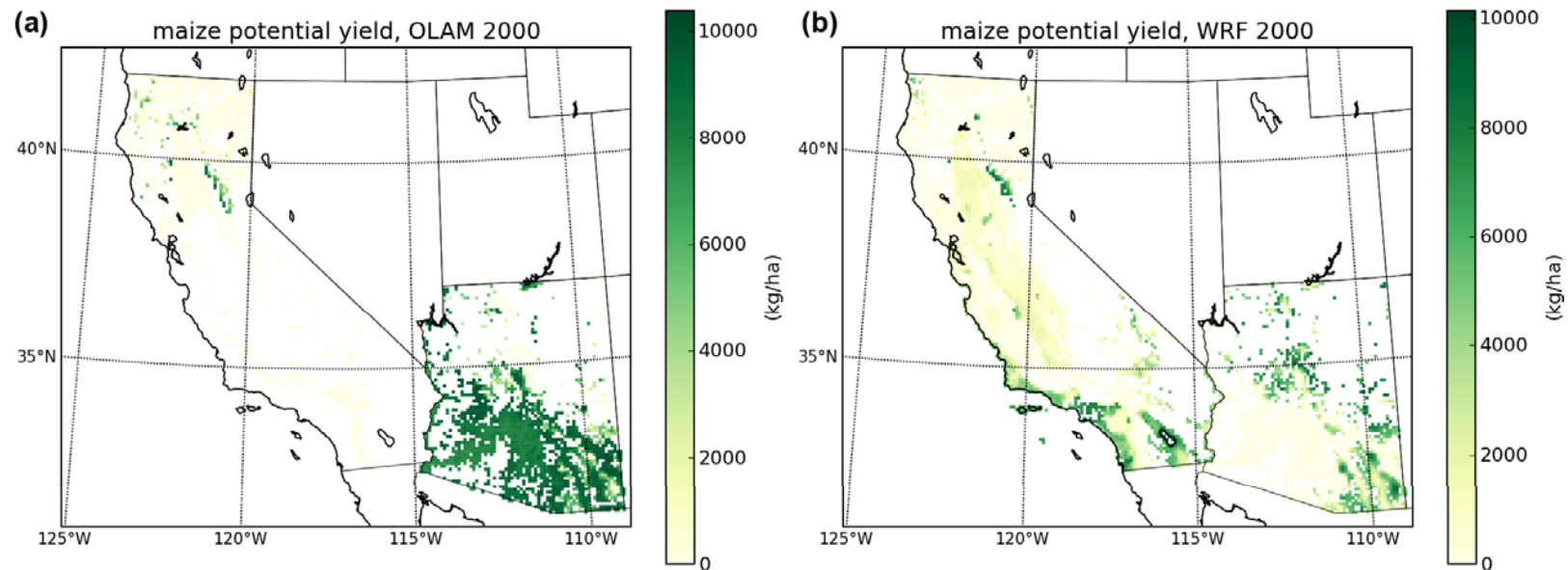
WRF Input to APSIM (2000-2010)



6/13/2012

Τράπεζα Ελλάδος ΕΜΕΚΑ

OLAM & WRF Input to APSIM (2000)



The maize potential yield for the year 2000 simulated by driving APSIM using the atmospheric forcing from the (a) OLAM and (b) WRF models.

Ερχόμενα βήματα

- Ευαισθησία απόδοσης καλλιεργειών
 - Κλιματικές συνθήκες
 - Τύποι εδάφους
 - Αποφάσεις διαχείρισης
- Μεταβλητότητα απόδοσης καλλιεργειών ανάμεσα σε διάφορες κυψελίδες απόστασης 8 χλμ
- Επικύρωση των εκτιμήσεων του μοντέλου σε σχέση με τις διαθέσιμες περιφερειακές παρατηρήσεις απόδοσης καλλιεργειών

Συμπεράσματα χρήσης μοντέλων απόδοσης καλλιεργειών

- Αποδεδειγμένη βιωσιμότητα της χρήσης της διαδικασίας με βάση τα μοντέλα των καλλιεργειών σε περιφερειακή κλίμακα για την προσομοίωση γεωργικής απόδοσης
- Πλαίσιο λειτουργεί όπως αναμένεται
- Αρκετά ευέλικτο ώστε να φιλοξενήσει ποικίλες εισόδους και εξόδους
- Μπορεί να τροποποιηθεί και να βελτιωθεί, όπως απαιτείται
- Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα από την πιλοτική μελέτη φαίνονται ρεαλιστικά
- Περαιτέρω μελέτη απαιτείται για να βελτιθούν τα αποτελέσματα και η μεθοδολογία

Παρατηρήσεις τηλεανίχνευσης

Οι ακόλουθες μεταβλητές παράμετροι και τα παράγωγα από παρατηρήσεις τηλεανίχνευσης θα χρησιμοποιηθούν για:
Σύγκριση με παρόμοιες παραμέτρους που μπορεί να προκύψουν από προσομοιώσεις μοντέλων στη γεωργία, την υδρολογία και τα μοντέλα των οικοσυστημάτων, και την αξιολόγηση συνθηκών για τη βλάστηση/φαινολογία

Ο MODIS Aqua ενισχυμένος δείκτης βλάστησης (EVI): MODIS παράγονται καθημερινά, 8 ημέρες, 16 ημέρες και τα μηνιαία δεδομένα είναι διαθέσιμα σε απόσταση 1 χλμ. και 5 χλμ. χωρική ανάλυση για το 2002-2012

MODIS Aqua θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης (LST): Όπως MODIS Aqua περνά πάνω από την περιοχή μελέτης κατά τη διάρκεια του απογεύματος, ανιχνεύει την μέγιστη θερμοκρασία επιφάνειας. Η νυχτερινή υπέρβαση είναι μετά τα μεσάνυχτα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μέτρηση ελάχιστης θερμοκρασίας επιφάνειας.

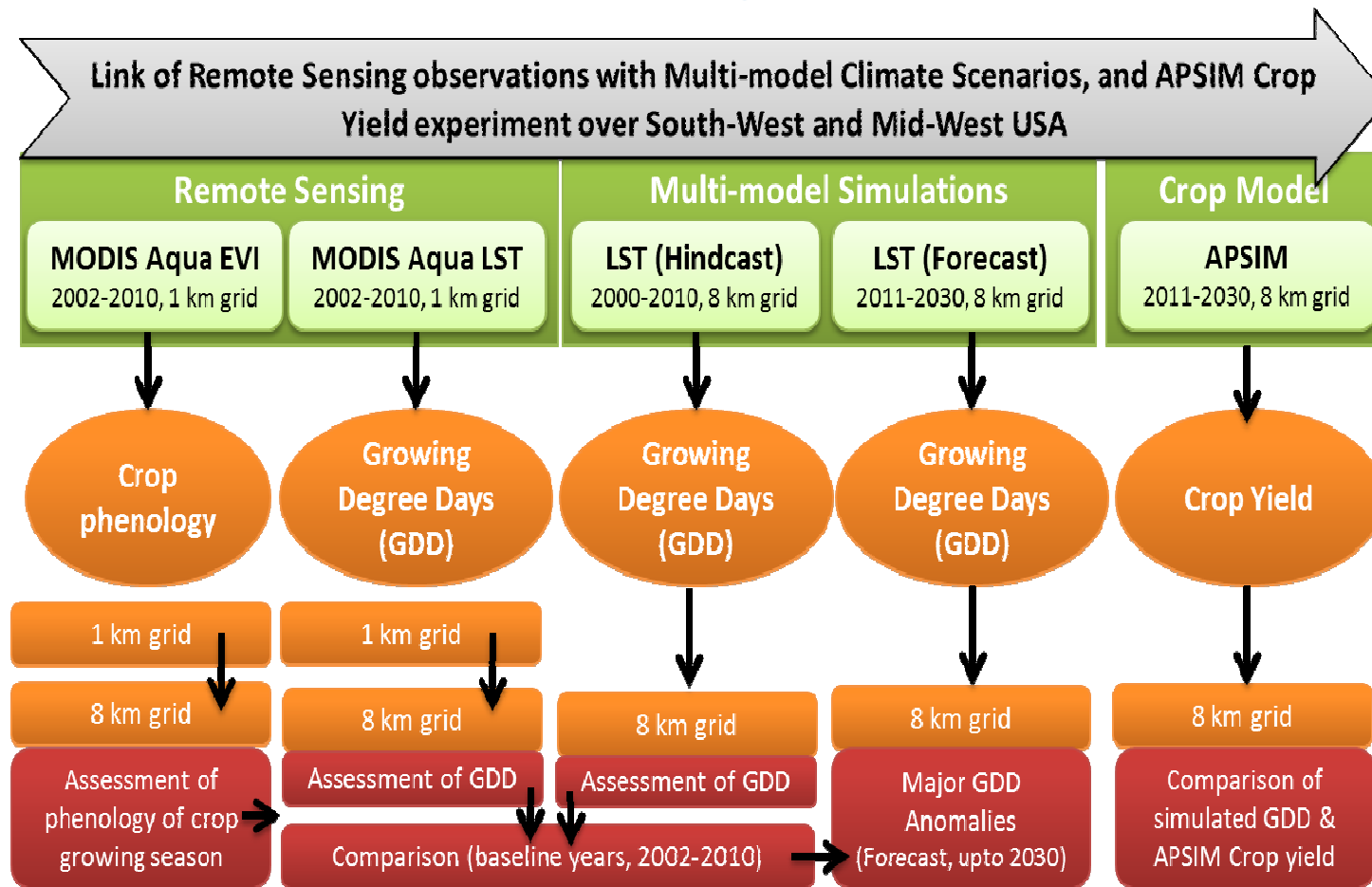
Παρατηρήσεις τηλεανίχνευσης

Πληροφορίες για Φαινολογία : Θα χρησιμοποιήσει την EVI 2002-2012 για όλη την περιοχή μελέτης για τον υπολογισμό των ακόλουθων παραμέτρων για κάθε θέση δικτύου (ζώνες καλλιέργειας):

- Έναρξη και λήξη της καλλιεργητικής περιόδου
- Διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου
- Κορυφή καλλιεργητικής περιόδου
- Mid-φάσμα της καλλιεργητικής περιόδου
- Ολοκλήρωμα κατά την διάρκεια της σεζόν

$$GDD = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} - T_{base}$$

Δεδομένα διαγράμματος ροής RS και RCM



An example of data flow between models and remote sensing.

Συμπεράσματα

- Αντιμετωπίζουμε μεγάλες προκλήσεις τόσο στην κατανόηση των μηχανισμών ύφεσης της κλιματικής αλλαγής όσο και της κλιματικής προσαρμοστικότητας. Η ίδια η επιστήμη προσπαθεί να συνδυάσει τους μηχανισμούς του παγκόσμιου κλίματος με τις περιφερειακές επιδράσεις που έχουν κοινωνικοοικονομικό αντίκτυπο, διαφοροποιήσεις στις πολιτικές ενέργειας και να κατανοήσει τις Γήινες κλιματικές διαδικασίες.
- *Δεν διαθέτουμε ακόμα τα επιστημονικά δεδομένα να αντιμετωπίσουμε όλα αυτά τα μέτωπα, Γή, κλίμα, κοινωνία, οικονομία. Αυτό θα απαιτήσει μια καινούργια διεπιστημονική επιστήμη συνδυάζοντας διάφορους τομείς.*
- Υπάρχουν όμως μεγάλες επιχειρησιακές ευκαιρίες για επενδύσεις και τεχνολογικές προσεγγίσεις. Κυβερνήσεις και επιχειρήσεις που μπορούν να δημιουργήσουν τις σωστές λύσεις, θα παράσχουν οικονομικές ευκαιρίες πέρα από τα κράτη τους.

OLAM Αποτελέσματα

- Conducted first year (year 2000) of 10-year hindcast simulation with OLAM “spectrally” nudged to time-interpolated 6-hourly NCEP Reanalysis fields.
- Processed OLAM output for year 2000 and produced daily atmospheric data for crop model at over 6000 locations.
- Examined results of year 2000 OLAM simulation. Concluded that OLAM microphysics parameterization produced reasonable 1-year total of resolved-flow precipitation.
- Following the completion of the 10-year hindcast simulation, will repeat the 10-year hindcast simulation with various modifications to the atmospheric models that are designed to improve model accuracy. Then, the forecast simulations will be conducted with the improved models.

RAMS αποτελέσματα

GCM's covering the whole planet do not have an adequate resolution for regional application.

The procedure then is to:

- Run (or access the data from) a global GCM at a feasible resolution
- Configure an RCM to cover the area of interest (California and Arizona)
- Run the RCM over the area of interest. The RCM runs are usually forced at their lateral boundaries with the corresponding GCM data. This defines a “one-way” nest situation, where the coarser grid (Grid 1) only changes values on the finer, nested Grid 2. Grid 2 does not change values on Grid 1. A “two-way” simulation, as is done in the standard RAMS configuration, refers to the method when information is exchanged between both grids.

Two years of the RAMS simulations have been completed. The first year was simulated twice, once with the Grell parameterization and once without any convective parameterizations.