

ΤΟ ΠΡΟΓΝΩΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙΡΟΥ ΤΟΥ ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Κατσαφάδος Πέτρος¹, Μαυροματίδης Ηλίας¹, Γκίκας Νικόλαος¹ και Παπαδόπουλος Αναστάσιος²

¹ Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωγραφίας

² Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών

Περίληψη

Τον Ιανουάριο του 2008 το μη υδροστατικό μοντέλο περιορισμένης περιοχής Weather Research and Forecasting (WRF) εγκαταστάθηκε και προσαρμόστηκε στις υπολογιστικές εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωγραφίας του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου Αθηνών παρέχοντας προγνώσεις κατάστασης της ατμόσφαιρας για την ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου και της Ευρώπης. Από τον Ιούλιο 2008 το μοντέλο εκτελείται σε καθημερινή βάση και παράγει 120 ώρες (5 ημέρες) πρόγνωση καιρού σε υψηλή οριζόντια διακριτοποίηση. Για τον συγκεκριμένο σκοπό αναπτύχθηκε κατάλληλο λογισμικό αυτοματοποίησης της επιχειρησιακής διαδικασίας, οπτικοποίησης των προγνώσεων υπό μορφή θεματικών χαρτών και μετεωρογραμμάτων και βέλτιστης διαχείρισης του όγκου των παραγόμενων δεδομένων που υπερβαίνει τα 1,5GB σε κάθε προγνωστικό κύκλο.

Η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί μία περιγραφική παρουσίαση των κύριων χαρακτηριστικών του αριθμητικού μοντέλου σε συνδυασμό με μία συνθετική επισκόπηση της επιχειρησιακής διαδικασίας και των εφαρμογών τους. Το πλήρες συμπιεσμένο μοντέλο WRF μπορεί να ακολουθήσει την υδροστατική προσέγγιση ή να ολοκληρωθεί μη-υδροστατικά και βασίζεται στον δυναμικό πυρήνα Non-hydrostatic Mesoscale Model (NMM). Τα βασικά προγνωστικά πεδία επιφανείας περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία αέρα, την ατμοσφαιρική πίεση στη μέση στάθμη θάλασσας, τον υετό, την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου, ενώ επιπλέον παρέχονται προγνώσεις για τη χιονόπτωση, τη λανθάνουσα και αισθητή ροή θερμότητας. Τα πεδία ανώτερης ατμόσφαιρας αποτελούνται από τη θερμοκρασία, το γεωδυναμικό ύψος και την ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου σε 50 ισοβαρικά επίπεδα μέσα στην τροπόσφαιρα. Το σύνολο των προϊόντων του μοντέλου σε μορφή προγνωστικών χαρτών και μετεωρογραμμάτων είναι διαθέσιμα σε καθημερινή βάση από την ιστοσελίδα <http://meteoclima.hua.gr>.

THE WEATHER FORECASTING SYSTEM OF HAROKOPIO UNIVERSITY: CHARACTERISTICS AND FORECASTING PRODUCTS

Katsafados Petros¹, Mavromatidis Elias¹, Gkikas Nikolaos¹ and Papadopoulos Anastasios²

¹ Harokopio University of Athens, Department of Geography

² Hellenic Centre for Marine Research, Institute of Inland Waters

Abstract

Since January 2008, the non-hydrostatic limited area model Weather Research and Forecasting (WRF) has been installed and appropriately configured in the computing infrastructure of the Department of Geography at Harokopio University of Athens. On July 2008 the model began to run on a daily basis producing 120 hours (5 days) weather forecasts on a high horizontal resolution for the wider area of Mediterranean Sea and Europe. In the framework of this operational procedure an integrated package has been developed including advanced c-shell programming codes for the preparation of initial and boundary conditions in the preprocessing stage of the model, software for the optimum management of the produced database, which is exceeding 1,5GB per forecast cycle, and source code for decoding and visualization of model outputs.

This study includes a descriptive presentation of the main characteristics of this numerical model in conjunction with a synthetic review of the developed operational procedure and their applications. The fully compressible WRF model follows the hydrostatic approximation or it may be non-hydrostatically integrated and it is based on the Non-hydrostatic Mesoscale Model (NMM) dynamical core. The basic near surface prognostic fields of the model include the air temperature, the mean sea level pressure, the precipitation, the wind speed and direction, the snowfall, the latent and sensible heat flux. The upper air fields are the temperature, the geopotential height and the wind speed and direction at 50 isobaric levels in the troposphere. The entire model products are freely available on a daily basis in the form of thematic maps and meteograms through the web site <http://meteoclima.hua.gr>.

Λέξεις κλειδιά: Ατμοσφαιρικό μοντέλο, Αριθμητική Πρόγνωση Καιρού, Δυναμική της Ατμόσφαιρας.
Key Words: Atmospheric Model, Numerical Weather Prediction, Atmosphere Dynamics

1. Εισαγωγή

Επιχειρησιακά συστήματα πρόγνωσης καιρού σε τοπική κλίμακα λειτουργούν στον Ελλαδικό χώρο για περισσότερο από μία δεκαετία. Το σύστημα Skiron/Eta του Πανεπιστημίου Αθηνών ξεκίνησε να λειτουργεί σε καθημερινή βάση από το 1997 παρέχοντας προγνώσεις για την ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου σε οριζόντια ανάλυση $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ και με χρονικό ορίζοντα πρόγνωσης τις 72 ώρες (Kallos *et al.*, 1997). Δύο χρόνια αργότερα, το 1999, στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος POSEIDON εγκαταστάθηκε το ομώνυμο σύστημα πρόγνωσης καιρού στις παράλληλες υπολογιστικές εγκαταστάσεις του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών. Το συγκεκριμένο σύστημα βασίζεται στο ατμοσφαιρικό μοντέλο Skiron/Eta με σημαντικές τροποποιήσεις στην παραμετροποίηση του επιφανειακού υποστρώματος για την ακριβέστερη εκτίμηση του ανέμου πάνω από θαλάσσιες επιφάνειες (Paradopoulos *et al.*, 2002). Από το 2008 και στο πλαίσιο του προγράμματος POSEIDON II το σύστημα έχει αναβαθμιστεί με τη μη υδροστατική έκδοση του μοντέλου παρέχοντας πλέον προγνώσεις σε οριζόντιο πλέγμα $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$ και χρονικό ορίζοντα 120 ωρών. Αντίστοιχα συστήματα πρόγνωσης καιρού, βασισμένα σε διάφορα προγνωστικά μοντέλα έχουν εγκατασταθεί στο Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

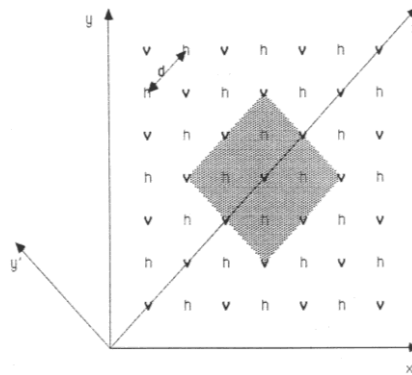
Η Ομάδα Δυναμικής της Ατμόσφαιρας και του Κλίματος (ΟΔΑΚ) του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου Αθηνών (ΧΠΑ) ακολουθώντας τη σύγχρονη τάση ανάπτυξης δυναμικών προσομοιώσεων σε υπερ-υπολογιστικά συστήματα έχει εγκαταστήσει και προσαρμόσει το μη υδροστατικό μοντέλο WRF με τον δυναμικό πυρήνα NMM στις υπολογιστικές εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωγραφίας. Η αρχική εγκατάσταση του μοντέλου πραγματοποιήθηκε το 2007 ενώ η επιχειρησιακή του λειτουργία σε καθημερινή βάση ξεκίνησε τον Ιούλιο του 2008 μετά από μεγάλη περίοδο δοκιμών και αξιολογήσεων των προγνώσεων. Πεδίο ολοκλήρωσης των προσομοιώσεων αποτελεί η ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου και της Ευρώπης ενώ ο χρονικός ορίζοντας των προγνωστικών προϊόντων είναι 120 ώρες (5 ημέρες).

Στη συγκεκριμένη εργασία θα αναπτυχθούν τα βασικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου αριθμητικού μοντέλου, οι αρχικές και οριακές συνθήκες που χρησιμοποιούνται για την επιχειρησιακή πρόγνωση σε συνδυασμό με τις εφαρμογές του. Τα κύρια προγνωστικά προϊόντα του μοντέλου περιλαμβάνουν την θερμοκρασία, την ατμοσφαιρική πίεση στη μέση στάθμη θάλασσας, τον υετό, την διεύθυνση και την ένταση του ανέμου, ενώ επιπλέον παρέχονται προγνώσεις για τη χιονόπτωση, τη λανθάνουσα και αισθητή ροή θερμότητας καθώς και τις θερμοκρασίες και τα γεωδυναμικά ύψη μέσα στην τροπόσφαιρα. Το σύνολο των παραπάνω δεδομένων σε μορφή προγνωστικών χαρτών και μετεογραμμάτων είναι διαθέσιμα σε καθημερινή βάση από την ιστοσελίδα <http://meteoclima.hua.gr>.

2. Χαρακτηριστικά του αριθμητικού μοντέλου

Το συγκεκριμένο μοντέλο ακολουθεί την υδροστατική ή μη υδροστατική προσέγγιση και αποτελεί ένα αξιόπιστο σύστημα με σχετικά περιορισμένες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ για την εκτίμηση ατμοσφαιρικών φαινομένων σε τοπικό επίπεδο (όπως συστήματα κατακόρυφης ανάπτυξης, συνοπτική και υποσυνοπτική κυκλοφορία και φαινόμενα στη meso-α και meso-β χαρακτηριστική

κλίμακα κινήσεων). Η αριθμητική επίλυση των εξισώσεων του μοντέλου εφαρμόζεται στα σημεία semi-staggered πλέγματος τύπου E, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 1.

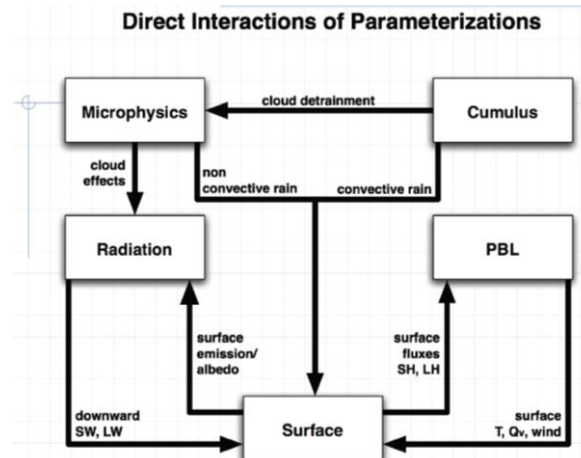


Σχήμα 1: Πλέγμα τύπου E σε κύριο (x,y) και δευτερεύον (x',y') σύστημα συντεταγμένων. Η ελάχιστη έκταση τεσσάρων σημείων πλέγματος σημειώνεται με τη σκιασμένη περιοχή. Η απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικά σημεία πλέγματος της ίδιας μεταβλητής απεικονίζεται με d .

Η δυναμική του μοντέλου βασίζεται στον πυρήνα NMM, ενώ τα σχήματα φυσικής που περιλαμβάνει είναι:

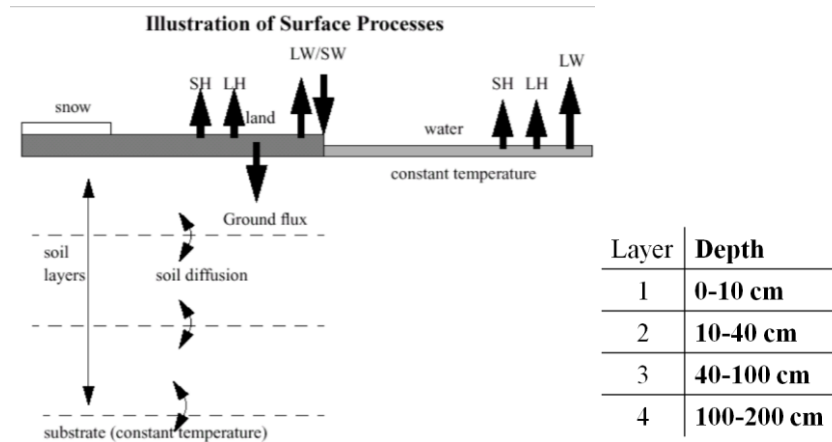
- Για την μικροφυσική χρησιμοποιείται το σχήμα Ferrier (Ferrier *et al.*, 2002),
- Το ισοζύγιο ακτινοβολιών παραμετροποιείται με το σχήμα GFDL,
- Το σχήμα Betts-Miller-Janjic χρησιμοποιείται για τις διεργασίες των νεφών και βροχόπτωσης (Janjic *et al.*, 2001, Janjic, 2003),
- Η φυσική του επιφανειακού στρώματος παραμετροποιείται με το σχήμα Monin-Obukhov-Janjic,
- Για την τυρβώδη κινητική ενέργεια του πλανητικού οριακού στρώματος χρησιμοποιείται το σχήμα Mellor-Yamada-Janjic (Mellor and Yamada, 1982, Janjic 1996) και
- Υπομοντέλο εδάφους είναι το ενοποιημένο NOAH (Chen and Dudhia, 2001).

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής ανάμεσα στα επιμέρους σχήματα του μοντέλου (Dudhia, 2009).



Σχήμα 2: Αλληλεπιδράσεις των παραμετροποιήσεων του επιμέρους σχημάτων του μοντέλου.

Ειδικά στο υπομοντέλο εδάφους NOAH υπολογίζεται η επιφανειακή και υπεδάφια απορροή καθώς και οι ροές θερμότητας και υγρασίας σε 4 υπεδάφια στρώματα μέχρι το βάθος των 2 μέτρων (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Οι διεργασίες στο έδαφος από το υπομοντέλο NOAH (Dudhia 2009). Ο πίνακας αναφέρει τα πάχη για τα 4 υπεδάφια στρώματα του μοντέλου.

Με βάση το σχήμα NOAH (Chen and Dudhia, 2001) η εκτίμηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε υγρασία (θ) προκύπτει:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \frac{\partial K}{\partial z} + F_{\theta} \quad (1)$$

όπου η διάχυση του νερού στο έδαφος (D) και η υδραυλική αγωγιμότητα (K) αποτελούν συναρτήσεις του θ ενώ F_{θ} αντιστοιχεί στις πηγές και καταβόθρες του εδαφικού νερού (υετίσιμο νερό, εξάτμιση και απορροή). Η επιφανειακή απορροή δίνεται $R = P_d - I_{max}$, όπου P_d ο υετός που δεν συγκρατείται από τη βλάστηση και I_{max} η μέγιστη διήθηση του νερού στο έδαφος η οποία υπολογίζεται:

$$I_{max} = P_d \frac{D_x [1 - \exp(-kdt\delta_i)]}{P_d + D_x [1 - \exp(-kdt\delta_i)]}, \quad (2)$$

όπου

$$D_x = \sum_{i=1}^4 \Delta Z_i (\Theta_s - \Theta_i) \quad kdt = kdt_{ref} \frac{K_s}{K_{ref}} \quad (3)$$

δ_i είναι το χρονικό βήμα ολοκλήρωσης του μοντέλου (s), ΔZ_i το i -οστό πάχος υπεδάφιου στρώματος (m), K_s η υδραυλική αγωγιμότητα κορεσμού ($m s^{-1}$) και $Kdt_{ref} = 3.0$ και $K_{ref} = 2 \times 10^{-6} m s^{-1}$ σταθερές.

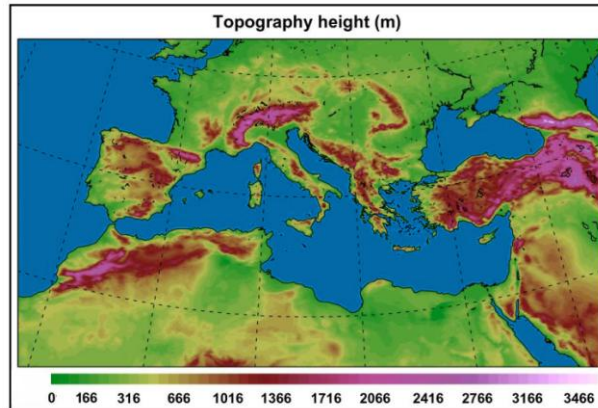
3. Διαμόρφωση της επιχειρησιακής λειτουργίας και προγνωστικά προϊόντα

Η αρχική εγκατάσταση του μοντέλου πραγματοποιήθηκε τον Ιανουάριο του 2008 ενώ η επιχειρησιακή του λειτουργία σε καθημερινή βάση ξεκίνησε τον Ιούλιο του 2008 μετά από μεγάλη περίοδο δοκιμών και αξιολογήσεων των προγνώσεων. Ο πρωτογενής κώδικας του μοντέλου αποτελείται από περίπου 5×10^7 γραμμές σε fortran95 και C και είναι πλήρως παραλληλοποιημένος ακολουθώντας το πρωτόκολλο Message Passing Interface (MPI). Παραλληλοποιημένα είναι επίσης τα στάδια προεπεξεργασίας και μετεπεξεργασίας των δεδομένων εισόδου και εξόδου αντίστοιχα.

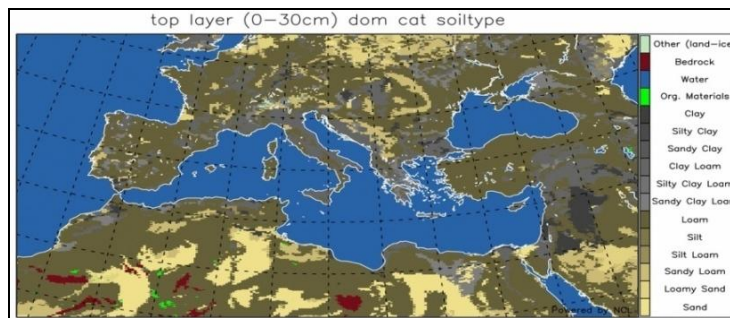
Οι αρχικές και οριακές συνθήκες του μοντέλου κατά την επιχειρησιακή του λειτουργία προέρχονται από το παγκόσμιο προγνωστικό σύστημα Global Forecasting System (GFS) των National Centers for Environmental Prediction (NCEP) σε ανάλυση $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ και χρονική διακριτοποίηση 3 ώρες. Εναλλακτικά έχουν χρησιμοποιηθεί πεδία ανάλυσης ή πρόγνωσης από το European Centre for Medium range Weather Forecast (ECMWF) καθώς και αναλύσεις του συστήματος αφομοίωσης δεδομένων (LAPS). Για την επιφανειακή θερμοκρασία θάλασσας χρησιμοποιούνται τα real-time-global (rtg) δεδομένα σε $0.083^\circ \times 0.083^\circ$ ανάλυση. Τα πρωτογενή αποτελέσματα των προσομοιώσεων μπορεί να είναι διαθέσιμα σε διάφορες μορφοποιήσεις, όπως binary, GRIB, GRIB2, NETCDF ενώ κατά τη

φάση μετεπεξεργασίας των προγνωστικών προϊόντων η ακολουθούμενη οπτικοποίηση βασίζεται στο λογισμικό NCL με μορφοποίηση σε EPS/JPG/PNG.

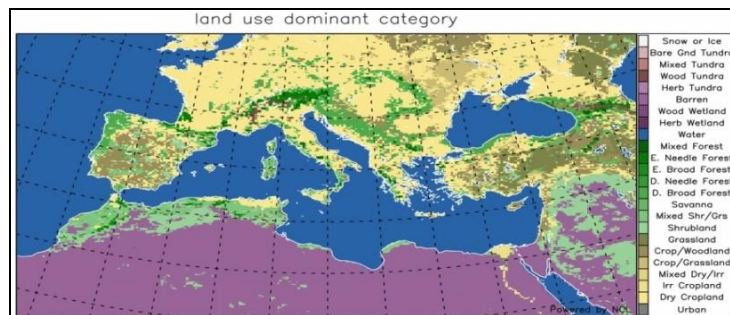
Πεδίο ολοκλήρωσης των προσομοιώσεων αποτελεί η ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου και της Ευρώπης ενώ ο χρονικός ορίζοντας των προγνωστικών προϊόντων είναι 120 ώρες (5 ημέρες). Τα δεδομένα υποβάθρου τοπογραφίας προέρχονται από το United States Geological Survey (USGS) Digital Elevation Model (DEM) σε αρχική ανάλυση 30x30s (Σχήμα 4), ενώ τα δεδομένα υποβάθρου για χρήση γης και τύπο εδάφους προέρχονται από το USGS (24 κατηγορίες) και το Federal Agricultural Organization (16 κατηγορίες) αντίστοιχα σε ανάλυση 30x30s (Σχήματα 5 και 6).



Σχήμα 4: Τοπογραφία του πεδίου ολοκλήρωσης.



Σχήμα 5: Κατηγορίες χρήσης γης (24) του πεδίου ολοκλήρωσης.

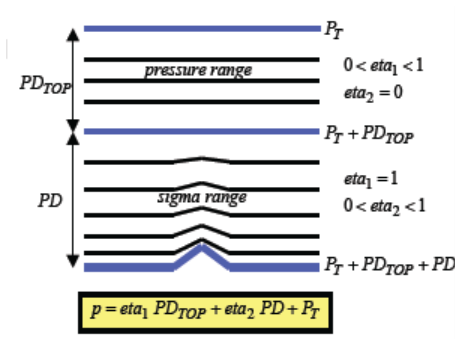


Σχήμα 6: Τύποι εδαφών (16) του πεδίου ολοκλήρωσης.

Το μοντέλο παρέχει επίσης τη δυνατότητα πολλαπλών εσωτερικών πλεγμάτων (nests) με μονή ή αμφίδρομη επίδραση δηλαδή ενημέρωση του εσωτερικού και υψηλότερης οριζόντιας ανάλυσης πλέγματος από το εξωτερικό πλέγμα (μονόδρομη επίδραση) ή πέρασμα της προγνωστικής πληροφορίας και από το πυκνό εσωτερικό πλέγμα στο αραιότερο εξωτερικό (αμφίδρομη επίδραση).

Στην εγκατάσταση του μοντέλου στο ΧΠΑ και για λόγους υπολογιστικής επάρκειας έχει επιλεγεί μονό πεδίο ολοκλήρωσης 305x273 σημείων, με 0.09°x0.09° οριζόντια διακριτοποίηση (~10 km), χρονικό βήμα ολοκλήρωσης 24sec και 38 ασύμμετρα κατακόρυφα επίπεδα από την επιφάνεια μέχρι

τα 25 mb. Η κατακόρυφη διακριτοποίηση του μοντέλου ακολουθεί τη σ -συντεταγμένη μέχρι τα 400 hPa και την εφαρμογή ισοβαρικών επιπέδων από εκεί και πάνω (Σχήμα 7).

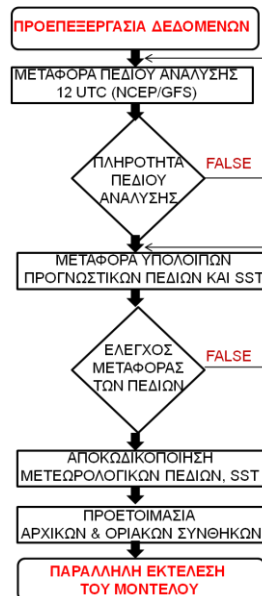


Σχήμα 7: Η κατακόρυφη διακριτοποίηση του μοντέλου

Η επιχειρησιακή διαδικασία των καθημερινών προσομοιώσεων αποτελείται από τρεις κύριες φάσεις:

- Τη φάση προεπεξεργασίας των αρχικών και οριακών συνθηκών.
- Τη φάση εκτέλεσης του μοντέλου και παραγωγής πρωτογενών δεδομένων.
- Τη φάση μετεπεξεργασίας των προγνώσεων (αλλαγή προβολικού συστήματος στο οριζόντιο επίπεδο, παρεμβολή πεδίων σε προκαθορισμένα ισοβαρικά επίπεδα, εξαγωγή προγνωστικών χρονοσειρών, οπτικοποίηση).

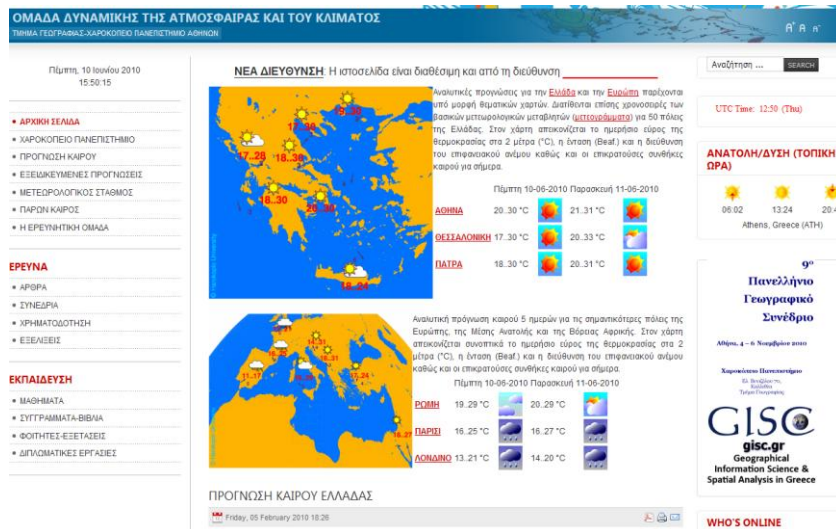
Η φάση προεπεξεργασίας των δεδομένων παρουσιάζεται στο δομοδιάγραμμα του σχήματος 8 και αποτελείται από σύνολο αλγορίθμων σε fortran95, C, perl και shell script για τη μεταφορά των πεδίων ανάλυσης και πρόγνωσης από το NCEP, τον έλεγχο της πληρότητάς τους, την αποκωδικοποίησή τους και την επαναπροβολή τους στα σημεία πλέγματος του πεδίου ολοκλήρωσης για την παραγωγή των αρχικών και οριακών συνθηκών του μοντέλου. Στην υπολογιστική υποδομή της ΟΔΑΚ η προεπεξεργασία των δεδομένων διαρκεί περίπου 45 λεπτά, η παράλληλη εκτέλεση του μοντέλου σε 24 επεξεργαστές διαρκεί 3 ώρες ενώ η μετεπεξεργασία και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων διαρκεί πάνω από 1 ώρα.



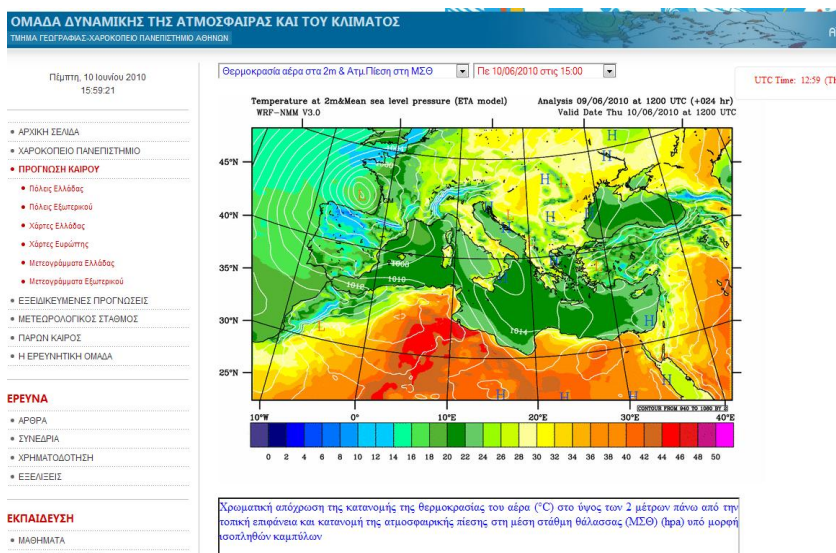
Σχήμα 8: Δομοδιάγραμμα της φάσης προεπεξεργασίας των δεδομένων.

Με βάση την παραπάνω διαδικασία παράγονται πάνω από 1,5 GB πρωτογενή δεδομένα σε καθημερινή βάση τα οποία οπτικοποιούνται και παρέχονται ελεύθερα από την ιστοσελίδα <http://meteoclima.hua.gr> (Σχήμα 9). Ειδικότερα στον σύνδεσμο ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙΡΟΥ διατίθενται πάνω

από 10 ατμοσφαιρικές μεταβλητές τόσο για το σύνολο της περιοχής ολοκλήρωσης όσο και εστιασμένες πάνω από το Ελλαδικό χώρο (Σχήμα 10).



Σχήμα 9: Η ιστοσελίδα <http://meteoclima.hua.gr>



Σχήμα 10: Χρωματική απόχρωση της κατανομής της θερμοκρασίας του αέρα (°C) στο ύψος των 2 μέτρων πάνω από την τοπική επιφάνεια και κατανομή της ατμοσφαιρικής πίεσης στη μέση στάθμη θάλασσας (ΜΣΘ) (hPa) υπό μορφή ισοπληθών καμπύλων

Οι ατμοσφαιρικές μεταβλητές διακρίνονται στις επιφανειακές και στις αντίστοιχες ανώτερης ατμόσφαιρας.

Μεταβλητές επιφανείας

- Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στα 10 m από την επιφάνεια (m/s)
- Θερμοκρασία αέρα στα 2 m από την επιφάνεια (°C)
- Ατμοσφαιρική πίεση στη μέση στάθμη θάλασσας (hPa)
- Αθροιστική βροχόπτωση τριώρου (mm)
- Αθροιστική χιονόπτωση τριώρου (mm ισοδύναμου νερού)
- Λανθάνουσα και αισθητή ροή θερμότητας ($W m^{-2}$)

Μεταβλητές ανώτερης ατμόσφαιρας

- Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στα ισοβαρικά επίπεδα 200, 500 και 850 hPa (m/s)

- Θερμοκρασία αέρα στα ισοβαρικά επίπεδα 500 και 850 hPa (°C)
- Γεωδυναμικό ύψος στα ισοβαρικά επίπεδα 500 και 850 hPa (gpm)

Εκτός των παραπάνω προϊόντων παρέχονται επίσης χρονοσειρές των επιφανειακών μεταβλητών υπό μορφή μετεογραμμάτων για 50 πόλεις της Ελλάδας και 35 πόλεις της Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής. Το σύνολο των ατμοσφαιρικών μεταβλητών διατίθενται με προγνωστικό ορίζοντα 120 ωρών (5 ημερών) με χρονική διακριτοποίηση 3 ώρες.

4. Σύνοψη και μελλοντικό πλάνο

Η Ομάδα Δυναμικής της Ατμόσφαιρας και του Κλίματος του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου Αθηνών ακολουθώντας τη σύγχρονη τάση ανάπτυξης δυναμικών προσομοιώσεων σε υπερ-υπολογιστικά συστήματα έχει εγκαταστήσει και προσαρμόσει το μη υδροστατικό μοντέλο WRF με τον δυναμικό πυρήνα NMM στις υπολογιστικές εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωγραφίας από τον Ιούλιο του 2008. Το συγκεκριμένο μοντέλο ακολουθεί την υδροστατική ή μη υδροστατική προσέγγιση και αποτελεί ένα αξιόπιστο σύστημα για την εκτίμηση ατμοσφαιρικών φαινομένων σε τοπικό επίπεδο (όπως συστήματα κατακόρυφης ανάπτυξης, συνοπτική και υποσυνοπτική κυκλοφορία και φαινόμενα στη meso-α και meso-β χαρακτηριστική κλίμακα κινήσεων). Υψηλής ανάλυσης προγνώσεις καιρού για περισσότερες από 10 μεταβλητές παρέχονται σε καθημερινή βάση υπό μορφή θεματικών χαρτών και μετεογραμμάτων από την ιστοσελίδα <http://meteoclima.hua.gr>.

Μέχρι το τέλος του 2010 αναμένεται η τροποποίηση της γεωμετρίας του πεδίου ολοκλήρωσης με την εισαγωγή εσωτερικού πλέγματος οριζόντιας ανάλυσης $0.03^{\circ} \times 0.03^{\circ}$ για την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης αναβάθμισης αναμένεται επίσης να δοκιμαστούν εναλλακτικές τεχνικές αρχικοποίησης του μοντέλου από σύστημα αφομοίωσης δεδομένων σε υψηλή οριζόντια διακριτοποίηση.

Βιβλιογραφία

- Chen, F. and J. Dudhia, 2001: Coupling an advanced land-surface/hydrology model with the Penn State/NCAR MM5 modeling system. Part I: Model implementation and sensitivity, *Monthly Weather Review*, **129** (4), 569-585.
- Dudhia, J., 2009: *WRF physics options*, 10th Annual meeting of WRF users, National Center for Atmospheric Research, June 23 - 26, 2009, USA.
- Ferrier, B.S., Y. Jin, Y. Lin, T. Black, E. Rogers, and G. DiMego, 2002: *Implementation of a new grid-scale cloud and precipitation scheme in the NCEP Eta model*. Preprints, 15th Conf. on Numerical Weather Prediction, San Antonio, TX, Amer. Meteor. Soc., 280-283.
- Janjic, Z.I., 1996: *The Mellor-Yamada level 2.5 scheme in the NCEP Eta model*. 11th Conf. on Numerical Weather Prediction, Norfolk, VA, 19-23 August 1996; Amer. Meteor. Soc., Boston, MA, 333-334.
- Janjic, Z.I., Gerrity J.P. Jr, and S. Nickovic, 2001: An alternative approach to nonhydrostatic modelling, *Monthly Weather Review*, **129**, 1164-1178.
- Janjic, Z.I., 2003: A nonhydrostatic model based on a new approach, *Meteorology and Atmospheric Physics*, **82**, 271-285, DOI 10.1007/s00703-001-0587-6.
- Kallos, G., Nickovic, S., Papadopoulos, A., Jovic, D., Kakaliagou, O., Misirlis, N., Boukas, L., Mimikou, N., Sakellaridis, G., Papageorgiou, J., Anadranistakis, E., and Manousakis, M.: *The regional weather forecasting system SKIRON: An overview*. Proceedings of the Symposium on Regional Weather Prediction on Parallel Computer Environments, Athens, Greece, 15-17 October 1997, 109-122, 1997.
- Mellor, G.L., and T. Yamada, 1982: Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems, *Reviews of Geophysics and Space Physics*, **20**, 851-875.
- Papadopoulos, A., Katsafados P., Kallos G., and Nickovic, S., 2002: The weather forecasting system for POSEIDON-An overview, *Global Atmosphere and Ocean System*, **8** (2-3), 219-237.