

Contents

Page

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η αξιοπιστία των κλιματικών μοντέλων

ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, 26/07/2009

1



ΑΡΘΡΟ

Του δρος ΠΑΝΟΥ ΧΑΤΖΗΝΙΚΟΛΑΟΥ*

Η αξιοπιστία των κλιματικών μοντέλων

Το άρθρο αυτό θα προσπαθήσει να απαντήσει στο ερώτημα με ποιον τρόπο γίνονται οι προβλέψεις για το πώς η κλιματική αλλαγή θα εξελιχθεί (ή, πιο σωστά, θα επιδεινωθεί) στο μέλλον και πόσο αξιόπιστες είναι. Για να απαντήσουμε σε αυτές τις ερωτήσεις, πρέπει να κάνουμε μια αναφορά στα επιστημονικά μέσα που έχουμε στη διάθεσή μας για την πρόβλεψη των κλιματικών αλλαγών.

Τα κλιματικά μοντέλα πλανητικής κλίμακας (Global Climate Models ή GCMs) είναι τα κατ' εξοχήν εργαλεία που χρησιμοποιούνται ευρέως στις Εκθέσεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC). Αυτά είναι υπολογιστικά προγράμματα που περιγράφουν με μαθηματικές εξισώσεις τις διαδικασίες μεταφοράς, χημείας και ακτινοβολίας που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα και στον ωκεανό και αποτελούν τους βασικούς μηχανισμούς λειτουργίας του κλιματικού συστήματος. Τα μοντέλα αυτά, λαμβάνοντας υπόψη και τις συνεχώς αυξανόμενες συγκεντρώσεις των θερμοκηπικών αερίων (διοξειδίου του άνθρακα κ.λπ.) λόγω, κυρίως, των εκπομπών τους από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη της θέρμανσης του πλανήτη στο μέλλον. Όταν τα GCMs συμπεριλάβουν και τις αλληλεπιδράσεις της ατμόσφαιρας και του ωκεανού με τη βιόσφαιρα, τότε πλησιάζουν κατά πολύ σε μια ολοκληρωμένη αντιπροσωπευση του κλιματικού συστήματος και τότε ονομάζονται μοντέλα του γήινου συστήματος (Earth System Models ή ESMs).

Τα GCMs λύνουν τις μαθηματικές εξισώσεις για τις τρεις διαστάσεις της ατμόσφαιρας (γεωγραφικό μήκος και πλάτος και καθ' ύψος), η οποία χωρίζεται, για αυτόν τον σκοπό, σε πλεγμιακά κουτιά (grid boxes) επιφανείας 150x150 χιλιομέτρων. Οι μαθηματικοί αυτοί υπολογισμοί πραγματοποιούνται ανά χρονικά διαστήματα της μίας ώρας και τα μοντέλα για να προσομοιώσουν το κλίμα μιας τριακονταετίας που τυπικά μελετάμε χρειάζονται να κάνουν, για κάθε μία μόνο από τις διαδικασίες που προαναφέραμε, περίπου πενήντα δισεκατομμύρια υπολογισμούς. Συνολικά αυτό απαιτεί τεράστια υπολογιστική δύναμη και τα GCMs (και των ακόμα μεγαλύτερων απαιτήσεων, πιο πολύπλοκα, ESMs) εφαρμόζονται σε υπερυπολογιστές των μεγάλων ερευνητικών κέντρων του εξωτερικού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι παρόμοιες δυνατότητες για προσομοιώσεις του κλίματος με το ESM του Ινστιτούτου Ατμοσφαιρικής Χημείας της Γερμανίας Max Planck θα αποκτήσει και η Κύπρος, με τη λειτουργία ενός υπερ-υπολογιστή στο Κέντρο Υπολογισμικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του Ινστιτούτου Κύπρου (CaStoRC).

Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος στη βελτίωση των μοντέλων πλανητικής κλίμακας GCMs, τα οποία μπορούν πλέον να αναπαράγουν σχετικά καλά

το παγκόσμιο κλίμα κατά το πρόσφατο παρελθόν, αυξάνοντας την αξιοπιστία των προβλέψεών τους για το μέλλον. Διάφορες όμως αδυναμίες στην κατασκευή των μοντέλων, αλλά και περιορισμοί στις υπάρχουσες δυνατότητες των υπερ-υπολογιστών, παραμένουν και απέχουμε ακόμα από μια πλήρη και απόλυτα ικανοποιητική προσομοίωση του κλιματικού συστήματος. Για παράδειγμα, απαιτείται μεγαλύτερη κατανόηση (και κατά συνέπεια καλύτερη αναπαράσταση στα μοντέλα) των φυσικοχημικών μηχανισμών που σχετίζονται με τη συμπεριφορά των αερολυμάτων (σωματιδίων), την ανάπτυξη των νεφών, τη λειτουργία του υδρολογικού κύκλου και της αλληλεπίδρασής τους. Επίσης, κάθε προσομοίωση του κλίματος που «ξεκινάει» με λίγο διαφορετικές κάθε φορά «αρχικές μετεωρολογικές συνθήκες» θα δώσει, λόγω της χαοτικής φύσης των μετεωρολογικών εξισώσεων κίνησης, κάπως διαφορετική μελλοντική εξέλιξη των κλιματικών παραμέτρων (π.χ. θερμοκρασία αέρα). Αυτό αντιμετωπίζεται με σύνολα (ensembles) προσομοιώσεων, από τα οποία υπολογίζεται η μέση τιμή των προβλέψεών τους.

Τέλος, άλλος ένας παράγοντας που περιορίζει την πρόβλεψη, με απόλυτη σιγουριά, της μελλοντικής εξέλιξης του κλίματος είναι και τα «σενάρια» εκπομπών των θερμοκηπικών αερίων που θερμαίνουν την ατμόσφαιρα. Αυτά στηρίζονται σε υποθέσεις για το πώς θα εξελιχθεί ο πληθυσμός της γης και η οικονομική ανάπτυξη με τη σχετιζόμενη κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων (π.χ. πετρέλαιο), καθώς και κατά ποιο βαθμό (και πόσο ομοιόμορφα ανά περιοχή) θα αξιοποιηθούν οι νέες τεχνολογίες και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτή η μεθοδολογία έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη μιας σειράς σεναρίων, λιγότερο ή περισσότερο απαισιόδοξων, τα οποία καθορίζουν και τη σοβαρότητα της προβλεπόμενης κλιματικής αλλαγής.

Παρ' όλα αυτά, τα κλιματικά μοντέλα που προαναφέραμε είναι (και βελτιωμένα γίνονται περισσότερο) αξιόπιστα εργαλεία προβολής των μελλοντικών αλλαγών, ειδικά για προβλέψεις σε παγκόσμια κλίμακα. Για παράδειγμα, με αρκετά μεγάλη βεβαιότητα εξάγεται από τις προβλέψεις των μοντέλων ότι η θέρμανση όλου του πλανήτη στο τέλος του 21ου αιώνα, κάτω από διαφορετικά σενάρια παγκόσμιας ανάπτυξης και εκπομπών θερμοκηπικών αερίων, θα είναι από 3 έως 6 βαθμούς Κελσίου. Για την περίπτωση όμως ακριβέστερης πρόβλεψης των κλιματικών αλλαγών σε τοπική κλίμακα απαιτούνται εναλλακτικές επιστημονικές μέθοδοι, στις οποίες θα αναφερθούμε σε επόμενο άρθρο.

* Ο δρ. Πάνος Χατζηνικολάου είναι ερευνητής στο Κέντρο Έρευνας Ενέργειας, Περιβάλλοντος και Υδάτινων Πόρων (Energy, Environment and Water Research Center-EEWRC) του Ινστιτούτου Κύπρου, www.cyi.ac.cy