

Χρήση Περιβαλλοντικών Συστημάτων και Μοντέλων στη Διαχείριση Περιβάλλοντος

A. Γείτονας, E. Οικονόμου

*Τομέας Συγκοινωνιακών & Υδραυλικών Έργων
Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών Α.Π.Θ.*

54124 Πανεπιστημιούπολη Θεσσαλονίκη

τηλ.-fax: 2310 996104, e-mail: guitonas@topo.auth.gr, eoikonom@topo.auth.gr

Περίληψη

Η διαχείριση περιβάλλοντος τον 21^ο αιώνα δέχεται σημαντικές επιρροές από την παγκοσμιοποίηση, σε οποιαδήποτε από τις μορφές της, την παγκόσμια κλιματική αλλαγή, καθώς και τις νέες τεχνολογίες, και ιδιαίτερα το διαδίκτυο. Ανάλογα εξελίσσονται και τα μοντέλα μελέτης των περιβαλλοντικών συστημάτων, με τη βοήθεια των οποίων προωθούνται τα έργα ανάπτυξης, προστασίας και ανάδειξης του περιβάλλοντος. Αυτά, με βάση πληροφοριακό υλικό και κατάλληλες μαθηματικές εξισώσεις, αποσκοπούν στην ελάττωση της αβεβαιότητας, η οποία αποτελεί τροχοπέδη στη διαδικασία λήψης απόφασης, αλλά και στο συγκερασμό ανάμεσα σε οικολογικούς και κοινωνικοοικονομικούς στόχους. Η γνώση της διαθεσιμότητας όλων των υφιστάμενων μοντέλων και ο αποτελεσματικός συνδυασμός τους, στα πλαίσια της μελέτης ενός περιβαλλοντικού συστήματος, αποτελεί μία λύση για τη βέλτιστη συμβολή του στη διάγνωση, στο σχεδιασμό και στη διαχείριση.

The Use of Environmental Systems and Models for Environmental Management

A. Guitonas, E. Economou

*Department of Transportation and Hydraulic Works
Faculty of Rural and Surveying Engineering A.U.Th.*

54124 Aristotle University Campus, Thessaloniki

tel.-fax: 2310 996104, e-mail: guitonas@topo.auth.gr, eoikonom@topo.auth.gr

Abstract

Environmental management in the 21st century is strongly affected by globalization, in all its forms, global change and innovation in technology, such as the internet. Models for the assessment of environmental systems are developed with the aim of promoting an effort for environmental-friendly development, within environmental protection and enhancement. The use of environmental models, as a means of reduc-

ing uncertainty, seeks to aid decision-makers in balancing ecological and socio-economic targets. Thus, knowledge of the existence of several models, as well as their effective combination for an environmental system assessment seems to be crucial in their contribution to diagnosis, design and management.

1. Εισαγωγή στα περιβαλλοντικά συστήματα

Ένα περιβαλλοντικό σύστημα αποτελείται μία ομάδα λογικών λειτουργιών που ενεργούν σε δεδομένα ή τροφοδοτούνται από αυτά, με αποτέλεσμα την παραγωγή προϊόντων στην έξοδο. Το σύνολο αυτής της διεργασίας είναι ικανό να διατηρεί τη λειτουργική δομή του συστήματος ή να τη μεταμορφώνει, ίσως και με καταστροφικό τρόπο. Τα δεδομένα μπορεί να έχουν εφήμερο χαρακτήρα (π.χ. μία απομονωμένη καταιγίδα), να αναφέρονται στη στιγμιαία μεταβολή μίας μεταβλητής κατά το χρόνο t (π.χ. η αλλαγή μίας μεταβλητής ελέγχου σε ένα κοινωνικοοικονομικό σύστημα), να μεταβάλλονται γραμμικά (τα περιβαλλοντικά συστήματα όμως υπόκεινται συνήθως σε μη γραμμικά μεταβαλλόμενα δεδομένα), να παρουσιάζουν περιοδικότητα (π.χ. στα υδρολογικά συστήματα η περιοδικότητα αυτή εκφράζεται ως εποχικότητα) και να είναι στοχαστικά, δηλαδή, να αποτελούνται από μία χρονοσειρά συνεχώς μεταβαλλόμενων μεταβλητών. Τα προϊόντα που παράγονται στην έξοδο εξαρτώνται αντίστοιχα από τη μορφή των δεδομένων και τη συνάρτηση μεταφοράς, αλλά τα χαρακτηριστικά των δεδομένων δεν είναι δυνατόν να εμφανίζονται αυτούσια στα προϊόντα, αφού μεσολαβεί χρόνος από τη στιγμή που εισέρχεται ένα δεδομένο στο σύστημα ως τη στιγμή που εμφανίζεται το αποτέλεσμα με μορφή προϊόντος στην έξοδο. Έτσι, οι περισσότερες συναρτήσεις μεταφοράς περιγράφονται από διαφορικές εξισώσεις και μαθηματικά ολοκληρώματα, καθώς μόνο σε χωρικές διεργασίες τα προϊόντα εμφανίζονται ταυτόχρονα με την εισαγωγή των δεδομένων στο περιβαλλοντικό σύστημα. Στην πράξη, η προσπάθεια κατανόησης και ερμηνείας των περιβαλλοντικών συστημάτων περιορίζεται από τις μεθόδους μετρήσεων και παρατήρησης, την παρουσία πολλών στοχαστικών παραμέτρων, τις υιοθετούμενες μεθόδους ανάλυσης των συστημάτων και τους περιορισμούς στη γνώση των συστημάτων, οι οποίοι προκύπτουν από την πρωταρχική παραδοχή της λειτουργικής δομής ενός συστήματος, τον ακριβή καθορισμό του, την εκτίμηση των παραμέτρων του συστήματος, τον έλεγχο καταλληλότητας του χρησιμοποιούμενου μαθηματικού μοντέλου, καθώς και την περιγραφή, επεξήγηση, πρόβλεψη και τον έλεγχο του συστήματος. (Bennett & Chorley, 1978)

Επίσης, είναι ανάγκη να υπογραμμισθεί ότι όλα τα συστήματα, δηλαδή, τα οικολογικά, κοινωνικά, οικονομικά ή πολιτικά, που συνθέτουν το συνολικό περιβαλλοντικό σύστημα, είναι πολύπλοκα, αλλά παρόλα αυτά έχουν κάποια κοινά χαρακτηρι-

στικά: ανταλλάσσουν ενέργεια και μάζα με το περιβάλλον, συνθέτονται από ένα μεγάλο αριθμό επιμέρους στοιχείων και υποσυστημάτων, τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με μη γραμμικό τρόπο, και τέλος, μεταβάλλονται στο χρόνο και στο χώρο. Για την κατανόηση αυτής της πολυπλοκότητας των συστημάτων, έχουν αναπτυχθεί όροι όπως π.χ. το «χάος» (chaos), η «καταστροφή» (catastrophe), τα «κλασματοειδή» (fractal), τα «κυψελοειδή αυτόματα» (cellular automata), οι «γενετικοί αλγόριθμοι» (genetic algorithms), τα «νευρωνικά δίκτυα» (neural networks), η «ιεραρχία» (hierarchy), η «αυτοοργάνωση» (self-organization) και τα «πολύπλοκα προσαρμοστικά συστήματα» (complex adaptive systems). (Wu & Marceau, 2002).

2. Οι τύποι των περιβαλλοντικών συστημάτων

Τα περιβαλλοντικά συστήματα διακρίνονται στα συστήματα ελέγχου, στα χωροχρονικά συστήματα, τα γνωστικά συστήματα, τα συστήματα λήψης απόφασης και τα σύνθετα συστήματα, που αποτελούνται από τα φυσικοοικολογικά και τα κοινωνικοοικονομικά συστήματα. Περιληπτικά για τα προαναφερθέντα συστήματα αναφέρουμε τα εξής (Bennett & Chorley, 1978):

Τα συστήματα ελέγχου (control systems) ερμηνεύονται με τρεις τρόπους: ως ένας αυτόνομος ή μερικά αυτόνομος μηχανισμός που ελέγχει το περιβάλλον, με επίδραση στα δεδομένα του συστήματος, έτσι ώστε να προκύπτουν στην έξοδο τα επιθυμητά αποτελέσματα

- ως μία μηχανική κατασκευή του ανθρώπου στην προσπάθειά του να αποκτήσει έλεγχο στο περιβάλλον
- και ως ένα μεταβαλλόμενο σύστημα το οποίο αλλάζει ώστε να προκαλεί το ζητούμενο αποτέλεσμα στην έξοδο από τα αρχικά δεδομένα.

Ένα αποτελεσματικό σύστημα ελέγχου χαρακτηρίζεται από την ταχύτητά του, δηλαδή, το χρόνο αντίδρασής του για να επανέλθει στη ζητούμενη ισορροπία, την ακρίβειά του, η οποία αναφέρεται στα αποτελέσματα του συστήματος, την αξιοπιστία του, η οποία εκφράζεται από τις συνθήκες κάτω από τις οποίες το σύστημα είναι δυνατόν να λειτουργεί, τη σταθερότητά του, όσον αφορά στη διάρκεια και στις συνθήκες λειτουργίας του, την ευαισθησία του, που σχετίζεται με την ικανότητα αναγνώρισης μικρών διαφοροποιήσεων των δεδομένων εισόδου, την αποτελεσματικότητα του κόστους του και την εμβέλειά του, εντός της οποίας το σύστημα λειτουργεί στα πλαίσια του αποτελεσματικού κόστους.

Τα χωροχρονικά συστήματα (space-time systems) δομούνται από τρία στοιχεία:

- τις συνδέσεις ανάμεσα στα χωρικά στοιχεία σε βάθος χρόνου
- τις διαστάσεις του χώρου π.χ. τα κοινωνικά συστήματα περιγράφονται με γραμμι-

κά ή επιφανειακά στοιχεία, ενώ για τα οικολογικά συστήματα είναι συχνά απαραίτητη η μελέτη της μεταβολής του όγκου μίας παραμέτρου τους

- και τον τρόπο μέτρησης των παραμέτρων του χωροχρονικού συστήματος, ο οποίος καθορίζει αν διαμορφώνεται μία συνολική συνεχής εικόνα του συστήματος ή πολλές ασυνεχείς που προκύπτουν π.χ. από ένα σύστημα καταγραφής δεδομένων.

Τα γνωστικά συστήματα (cognitive systems) στοχεύουν στην ερμηνεία της πολύπλοκης ανθρώπινης συμπεριφοράς, με τη βοήθεια ανάπτυξης ρόλων ή μοντέλων περιγραφής και εξορθολογισμού της που θέτουν το βασικό πλαίσιο κατανόησής της. Εξάλλου, ο άνθρωπος σχετίζεται με το περιβάλλον με τη γεωγραφική, τη λειτουργική, την αντιληπτική ή την αντιδραστική του υπόσταση.

Τα συστήματα λήψης απόφασης (decision-making systems) στη διαχείριση περιβάλλοντος προκύπτουν ως αποτέλεσμα των αλληλοσυγκρουόμενων στόχων και αναγκών του φυσικού και του κοινωνικοοικονομικού περιβάλλοντος, ενώ η διαδικασία λήψης απόφασης είναι βαθύτατα πολιτική: περιλαμβάνει αναφορά σε στόχους, χρήση πληροφοριακών συστημάτων για τη συλλογή, κατηγοριοποίηση, κωδικοποίηση και διάχυση του πληροφοριακού υλικού, εγκατάσταση συστημάτων παρακολούθησης για τον έλεγχο πιθανής απόκλισης από τους αρχικούς στόχους, καθώς και συστήματα πρόβλεψης των αλλαγών που θα προκληθούν στο φυσικό και κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον από την εφαρμογή μίας απόφασης. Συνεπώς, η διεργασία της λήψης απόφασης είναι ανάγκη να πραγματοποιείται σε στάδια, με τα οποία θα πρέπει να προσδιορίζεται το περιβάλλον της λήψης απόφασης, το κόστος εφαρμογής της σε σχέση και με τις περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις της, αλλά και εν τέλει, το «κόστος» και το «όφελος» από αυτήν.

Τα φυσικοοικολογικά (physic-ecological systems) συστήματα παρουσιάζουν δυσκολίες στη μοντελοποίησή τους που σχετίζονται με τη μεταβλητότητά τους στο χρόνο, τη στοχαστική τους φύση, η οποία εκφράζεται μέσω της έννοιας της αβεβαιότητας και της μη γραμμικότητάς τους (Fisher et al, 2002). Η μεταβλητότητα στο χρόνο δεν αποτελεί μόνο συνέπεια των βιολογικών και φυσικοχημικών διεργασιών, αλλά και της ανθρώπινης παρέμβασης στο φυσικό περιβάλλον, η οποία είναι ορατή μέσω των ποικίλων ανθρώπινων δραστηριοτήτων και επιδρά σημαντικά στην προσπάθεια για μοντελοποίηση ενός οικολογικού συστήματος. Εξάλλου, αφού όλες οι περιβαλλοντικές παράμετροι μεταβάλλονται συνεχώς και όχι με σταθερούς ρυθμούς, έπεται ότι τα οικοσυστήματα και οι οργανισμοί προσπαθούν να παρακολουθούν αυτές τις αλλαγές και να προσαρμόζονται κατάλληλα με σκοπό την επιβίωσή τους. Επίσης, η στοχαστική φύση των οικολογικών συστημάτων ερμηνεύεται από το στοχαστικό χαρακτήρα του συνόλου του βιοτικού και αβιοτικού περιβάλλοντος, ενώ παρουσιάζει δύο βασικές συνιστώσες: η πρώτη αφορά στον παράγοντα της γεωγραφικής και της χωρικής κλίμακας, καθώς και του χρόνου, και η δεύτερη σχετίζεται με την ελλιπή γνώση ως προς τα δεδομένα και την κατάσταση των οικολογικών υποσυστημάτων.

Τέλος, όσον αφορά το θέμα της μη γραμμικότητας των οικολογικών συστημάτων, είναι ευρέως γνωστό και κοινά αποδεκτό ότι τα ισοζύγια ενέργειας και μάζας σχεδόν σε όλα τα φυσικά συστήματα είναι ιδιαίτερα σύνθετα και μη γραμμικά: δηλαδή, οι μαθηματικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται στην περιγραφή της λειτουργίας ενός συστήματος είναι ελεύθερες μέσα σε ένα πεδίο, έτσι ώστε να μεταβάλλουν τις τιμές τους σε αρμονία με τις αλλαγές των μεταβλητών του συστήματος (Rizzoli & Young, 1997).

Τα κοινωνικοοικονομικά συστήματα (socio-economic systems) αποτελούν ουσιαστικά μία συνολική σύνθεση των ατομικών συμπεριφορών αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα μέλη μίας κοινωνίας. Ο στόχος τους είναι διπλός και αναφέρεται αφενός στη μελέτη της ερμηνείας της ανθρώπινης συμπεριφοράς, αφετέρου στην προσπάθεια πρόβλεψής της. Ας σημειωθεί ότι τα εν λόγω συστήματα παρουσιάζουν μία ιδιαιτερότητα, δηλαδή, οι παράμετροί τους είτε δεν είναι καθόλου μετρήσιμες, είτε είναι μετρήσιμες, αλλά χωρίς ακρίβεια και αξιοπιστία.

Όλα τα παραπάνω συστήματα αναπτύσσονται και μελετώνται με τη βοήθεια μοντέλων και ιδιαίτερα μέσω συστημάτων προσομοίωσης σε υπολογιστές, οπότε αναπτύσσονται διάφορα είδη μοντέλων: αυτά που περιγράφουν δυναμικές διεργασίες (π.χ. την ανάπτυξη μίας καλλιέργειας, τη δέσμευση αζώτου από ένα φυτό κ.λπ.), αυτά που εκτιμούν παραμέτρους (π.χ. στον πειραματικό σχεδιασμό εργασιών πεδίου, με την εφαρμογή αλγορίθμων για τον υπολογισμό των τιμών τους κ.λπ.), αυτά που προσομοιάζουν το αβιοτικό περιβάλλον (π.χ. για την κίνηση ή τη συγκέντρωση του νερού, για την εκτίμηση του κύκλου του αζώτου κ.λπ.), αυτά που ασχολούνται με τα υψηλότερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας (π.χ. με τον παρασιτισμό των καταναλωτών, με τη δυναμική της εξέλιξης ενός πληθυσμού κ.λπ.), αυτά που λαμβάνουν υπόψη τους την εξέλιξη των παραμέτρων σε χωρικές κλίμακες (π.χ. μοντέλα πρόγνωσης της εξέλιξης του τοπίου), τα ολοκληρωμένα μοντέλα που αποσκοπούν στη συνεχή περιγραφή τόσο των οικονομικών όσο και των οικολογικών διεργασιών, και τέλος, τα υβριδικά ή ετερογενή μοντέλα. (Bennett & Chorley, 1978).

Επειδή κάθε σύστημα παρουσιάζει τις δικές του ιδιαιτερότητες και δυσκολίες προσέγγισης και προσομοίωσης μέσω των μοντέλων, επιλέγονται δύο στάδια για τη μελέτη των συστημάτων: το πρώτο αφορά στην ανάλυση του συστήματος και το δεύτερο και περισσότερο δύσκολο, στη σύνθεση του συστήματος.

Η ανάλυση του συστήματος ξεκινά από την παραδοχή ότι το σύστημα είναι απλό και γραμμικό, παρόλο που αυτή η παραδοχή βρίσκει εφαρμογή μόνο σε ελάχιστα συστήματα. Στη συνέχεια, το σύστημα εμπλουτίζεται και με άλλες παραμέτρους, έτσι ώστε τελικά να εξελίσσονται οι απλές εξισώσεις σε σύνθετα ολοκληρώματα, τα οποία επιλύονται μαθηματικά με τη βοήθεια παράλληλου αριθμού γραμμικών υποσυστημάτων υψηλότερου βαθμού ή μέσω της χρήσης σειρών. Συχνά, δεχόμαστε απλοποιήσεις για την ανάλυση των μη γραμμικών συστημάτων:

- πρώτον, ενώ τα δεδομένα μεταβάλλονται χωρικά και χρονικά, αποδεχόμαστε μόνο τη χρονική μεταβολή
- δεύτερον, ότι το σύστημα ήταν, είναι και θα παραμείνει σταθερό στο χρόνο
- και τρίτον, ότι η χρονική μεταβλητότητα του βασικού δεδομένου ενός συστήματος είναι μικρή σε σχέση με την αντίστοιχη των άλλων δεδομένων, καθώς και των αποτελεσμάτων τους («system output»).

Η σύνθεση του συστήματος είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί μέσω της μελέτης του ισοζυγίου μάζας και ενέργειας και των κύκλων τροφής, οι οποίοι αφορούν σε μία ποικιλία χημικών ενώσεων, κυρίως άνθρακα, αζώτου, θείου, φωσφόρου, ασβεστίου και καλίου. (Bennett & Chorley, 1978) Πάντως, είναι χρήσιμο να τονισθεί ότι τα παραδοσιακά μοντέλα παραδέχονται ότι:

- το οικολογικό σύστημα αποτελείται από υποσυστήματα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω των μηχανισμών της φύσης, στους οποίους βρίσκουν εφαρμογή οι νόμοι της φυσικής επιστήμης
- το κοινωνικό σύστημα αντίστοιχα αποτελείται από υποσυστήματα, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω των ανθρώπινων σχέσεων στους οποίους εφαρμόζονται οι νόμοι των κοινωνικών επιστημών και
- το κοινωνικό σύστημα δεν μεταβάλλει το οικολογικό.

Όμως, στην πραγματικότητα ένα νέο μοντέλο θα έπρεπε να λάβει υπόψη του την αλληλεπίδραση ανάμεσα στις ανθρώπινες κοινωνίες και στη φύση, τις αλλαγές στο κοινωνικό σύστημα που προκαλούνται εξαιτίας της εξέλιξης του φυσικού περιβάλλοντος, καθώς και τις μεταβολές του φυσικού περιβάλλοντος που οφείλονται σε επιπτώσεις του προερχόμενες από τις ανθρώπινες κοινωνίες. (Nakamori & Sawaragi, 2000)

Τέλος, υπογραμμίζεται ότι επειδή η ανάπτυξη ενός νέου μοντέλου προκαλεί αυξημένο κόστος και απαιτεί διαθέσιμο χρόνο, συχνά είναι χρήσιμος ο αποτελεσματικός συνδυασμός πολλών υφιστάμενων μοντέλων για την επίλυση ενός προβλήματος. Βέβαια, αυτός ο συνδυασμός δεν είναι πάντοτε εύκολος, αφού ορισμένα μοντέλα είναι προσαρμοσμένα στις γεωγραφικές κλίμακες και στις περιοχές που έχουν εφαρμοστεί ή έχουν προγραμματιστεί για να εκτελούνται σε συγκεκριμένους υπολογιστές ή συνδέονται με κάποιον πηγαίο κωδικό (π.χ. τα ιδιοκτησιακά μοντέλα). (Brandmeyer & Karimi, 2000)

3. Η διαχείριση περιβάλλοντος τον 21ο αιώνα

Για να διαπιστώσουμε με ποιον τρόπο επηρεάζουν τα προαναφερθέντα περιβαλλοντικά συστήματα τη διαχείριση περιβάλλοντος σήμερα, είναι ανάγκη να γίνει μία

σύντομη αναφορά στη σύγχρονη ερμηνεία της. Η διαχείριση περιβάλλοντος, λοιπόν, μπορεί να αντιμετωπίζεται:

- ως μία πολυεπίπεδη διεργασία που διαμορφώνεται από διάφορους διαχειριστές περιβάλλοντος (π.χ. κρατικοί/δημόσιοι φορείς, μη κυβερνητικοί περιβαλλοντικοί Οργανισμοί, πολυεθνικές εταιρίες, διεθνείς χρηματοδοτικοί Οργανισμοί, αγρότες, αλιείς, νομάδες και κυνηγοί), οι οποίοι αλληλεπιδρούν στο περιβάλλον αλλά και μεταξύ τους, με διαφορετικούς στόχους και αλληλοσυγκρουόμενα συμφέροντα, εκμεταλλευόμενοι άμεσα ή έμμεσα τους φυσικούς πόρους για την επιβίωσή τους
- και ως επιστημονικός κλάδος που αντλεί πληροφοριακό υλικό, επηρεάζεται και εξαρτάται από πολλούς άλλους τομείς των φυσικών και κοινωνικών επιστημών, συνεπώς απαιτεί τη διεπιστημονική συνεργασία.

Η αβεβαιότητα, η προβλεπτικότητα και η αειφόρος ανάπτυξη αποτελούν βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη διαχείριση περιβάλλοντος (Wilson & Bryant, 1997):

- η αβεβαιότητα πηγάζει από την αδυναμία γνώσης της κατάστασης του φυσικού και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος στο μέλλον, η οποία περιορίζει τις δυνατότητες των διαχειριστών περιβάλλοντος στη λήψη σωστών αποφάσεων:
- η προβλεπτικότητα εκφράζει την προσπάθεια των διαχειριστών περιβάλλοντος να ελαχιστοποιήσουν τον παράγοντα της αβεβαιότητας, μέσω της κατάκτησης της επιστημονικής γνώσης και διακρίνεται στην οικολογική, στην κοινωνικοπολιτιστική, στην πολιτική και στην οικονομική
- και τέλος, η αειφόρος ανάπτυξη συνιστά βασική επιδίωξη στη διαχείριση περιβάλλοντος, ως ανάγκη της ανθρωπότητας για μία ισόρροπη ανάπτυξη όλων των κοινωνιών του πλανήτη με σεβασμό στο περιβάλλον. Τον 21^ο αιώνα η διαχείριση περιβάλλοντος επηρεάζεται και από τις εξής σημαντικές παραμέτρους: την παγκοσμιοποίηση και το ελεύθερο εμπόριο, τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές, τις νέες τεχνολογίες και το διαδίκτυο. (Οικονόμου, 2004).

Η παγκοσμιοποίηση, ως αποτέλεσμα της σύνθετης αλληλεπίδρασης ανάμεσα στις πολυεθνικές εταιρίες και στις διάφορες χώρες του πλανήτη, εντός του σύγχρονου ρευστού τεχνολογικού περιβάλλοντος, υποδηλώνει τη συνεχή διεθνοποίηση της αγοράς, των τηλεπικοινωνιών και των μεταφορών, σε συνδυασμό με τις μεταβολές στα καταναλωτικά πρότυπα, στον τρόπο ζωής των πολιτών, στον εξέχοντα ρόλο των πολυεθνικών εταιριών στις αγορές και τις μεταβολές των δραστηριοτήτων της βιομηχανίας: συνεπώς, υποδιαιρείται σε συνιστώσες, την πολιτιστική, την οικονομική και την περιβαλλοντική. Η πολιτιστική διάσταση προκύπτει ως αποτέλεσμα της επικοινωνίας των λαών, η οποία συνεπάγεται την αμοιβαία ανταλλαγή πολιτιστικών στοιχείων και ενθαρρύνεται από την ανάπτυξη της τεχνολογίας στα σύγχρονα μέσα μεταφοράς, στις τηλεπικοινωνίες και στο διαδίκτυο. Όμως, η πολιτιστική παγκοσμιοποίηση έχει λάβει σήμερα αρνητικές διαστάσεις, καθώς αναφέρεται τελικά στην ισοπέδωση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των λαών, όπως αυτά έχουν διαμορφωθεί μέσα από την

ιστορική τους πορεία στο χρόνο. Αυτή η ισοπέδωση αποτελεί συχνά επιδίωξη των ανεπτυγμένων χωρών, αλλά και των πολυεθνικών εταιριών, οι οποίες είναι δυνατόν να προωθήσουν με περισσότερη επιτυχία τα προϊόντα τους σε ολόκληρο τον κόσμο. Επίσης, η οικονομική παγκοσμιοποίηση σημαίνει ότι τα εθνικά σύνορα και οι διαφορές ανάμεσα στις χρηματιστηριακές αγορές όλου του κόσμου δεν διαδραματίζουν πια σημαντικό ρόλο, εξαιτίας της επιρροής και της δύναμης των πολυεθνικών εταιριών, των επενδύσεων των ανεπτυγμένων χωρών στις νέες αγορές των αναπτυσσόμενων χωρών, της παγκόσμιας εξειδίκευσης στη χωροθέτηση των διαφόρων παραγωγικών διαδικασιών, της παγκοσμιοποίησης του τριτογενούς τομέα της οικονομίας, αλλά και του παγκόσμιου τουρισμού. Όσον αφορά στην περιβαλλοντική διάσταση της παγκοσμιοποίησης, αυτή εκφράζει την οικουμενικότητα των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Αν οι άλλες δύο διαστάσεις της παγκοσμιοποίησης προκαλούν ως επί το πλείστον αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον, η συνειδητοποίηση από τους λαούς ότι η ρύπανση δεν γνωρίζει διοικητικά σύνορα και ότι τα περιβαλλοντικά προβλήματα αφορούν στο σύνολο της παγκόσμιας κοινότητας, καθώς αποτελούν απειλή για τη συνέχιση της ζωής στον πλανήτη, είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επίτευξη του οικουμενικού στόχου της αειφόρου ανάπτυξης. Έτσι, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η «τρύπα» του όζοντος, η ρύπανση των νερών και η έλλειψη καθαρού νερού σε πολλά μέρη του πλανήτη, η ατμοσφαιρική ρύπανση των σύγχρονων μεγαλουπόλεων, η ερημοποίηση, η αποψίλωση των δασών, η εξαφάνιση πολλών ειδών της βιοποικιλότητας και η ελάττωση των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων επιτάσσουν την παγκόσμια συνεργασία όλων των χωρών για τη λήψη των κατάλληλων μέτρων αντιμετώπισής τους. Η παγκόσμια κλιματική μεταβολή είναι ίσως από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα, μία απειλή για το μέλλον της ανθρωπότητας, με ιδιαίτερη προβολή την τελευταία δεκαετία και κοινωνικοοικονομικές προεκτάσεις: αυτές σχετίζονται με τον παράγοντα της περιβαλλοντικής δικαιοσύνης, καθώς ενώ οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου προέρχονται σήμερα ως επί το πλείστον από τις ανεπτυγμένες χώρες, οι πιο σοβαρές από τις επιπτώσεις του εν λόγω φαινομένου αναμένεται να πλήξουν τις αναπτυσσόμενες χώρες. Εξάλλου, οι ανεπτυγμένες χώρες διαθέτουν τους οικονομικούς πόρους και τα τεχνολογικά μέσα για να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις των παγκόσμιων κλιματικών αλλαγών, σε αντίθεση με τις αναπτυσσόμενες χώρες οι οποίες είναι εκτεθειμένες απέναντι σε αυτά. Άρα, το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» επιβάλλει τη δράση των πολιτών σε τοπικό επίπεδο, με γνώμονα τις επιπτώσεις που προκαλούν στο περιβάλλον και την αρνητική συνεισφορά τους στις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές, ενώ η καταπολέμησή του προϋποθέτει την ανάληψη των ευθυνών και του κόστους εφαρμογής των κατάλληλων μέτρων αντιμετώπισής από όλους τους λαούς, τους φορείς και τους πολίτες.

Τέλος, οι νέες τεχνολογίες (ιδιαίτερα αυτές που αφορούν στην επεξεργασία του

πληροφοριακού υλικού, στη μικροηλεκτρονική, στη βιοτεχνολογία και στα προηγμένα υλικά), με τον κατάλληλο προσανατολισμό τους για υιοθέτηση καινοτόμων λύσεων στις παραγωγικές διαδικασίες, είναι δυνατόν να συμβάλουν στην κατάκτηση του στόχου της αειφόρου ανάπτυξης, με την εμφάνιση νέων ιδεών και αντιλήψεων για τον τρόπο με τον οποίο οραματιζόμαστε τον κόσμο μας στο μέλλον. Εξάλλου, οι νέες τεχνολογίες, ειδικά των τηλεπικοινωνιών, των υπολογιστών και του διαδικτύου, τα επόμενα χρόνια, υποσκελίζουν άλλες παραδοσιακότερες τεχνολογίες και μετατρέπουν σταδιακά την υλιστική οικονομία σε οικονομία της πληροφορίας. Βέβαια, ορισμένες σύγχρονες τεχνολογίες είναι διαθέσιμες σε ελάχιστους διαχειριστές περιβάλλοντος, εξαιτίας του πολύ υψηλού τους κόστους, οπότε αυτές τελικά συμβάλλουν στην όξυνση των αντιθέσεων που πηγάζουν από τη διαφορετική ισχύ και δύναμη των διαφόρων διαχειριστών περιβάλλοντος. Ειδικότερα, το διαδίκτυο σήμερα βρίσκει συνεχώς νέες εφαρμογές, ως ένα εργαλείο που ενδυναμώνει και ενισχύει τη δημοκρατία, καθώς μπορεί να αποτελέσει έναν διάυλο επικοινωνίας, με σκοπό την ενθάρρυνση της συμμετοχής των πολιτών στις διαδικασίες λήψης απόφασης. Συμβάλλει στην ανταλλαγή πληροφοριών σε περιπτώσεις κοινωνικών έργων, αλλά και στην ανταλλαγή απόψεων ανάμεσα στους πολίτες. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε περιπτώσεις χωρών με μεγάλη διασπορά πληθυσμού και μικρές πληθυσμιακές πυκνότητες, στις οποίες είναι δυνατή η συλλογή πληροφοριών και απόψεων των πολιτών στη μνήμη ενός υπολογιστή. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται, το διαδίκτυο και γενικότερα οι νέες τεχνολογίες δημιουργούν μία νέα οικονομία, η οποία χαρακτηρίζεται από μία νέα κουλτούρα που συνθέτουν η καινοτομία, η αβεβαιότητα, η προβλεπτικότητα και η ελπίδα για το αύριο. (Οικονόμου, 2004).

4. Συμπεράσματα

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες υπάρχουν πολλά μοντέλα και απόψεις για τη μελέτη περιβαλλοντικών συστημάτων, βασισμένα σε αναξιόπιστο πληροφοριακό υλικό, καθώς και αρκετές προτάσεις που στηρίζονται σε ατομικές εθνικές στρατηγικές, και με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας θα ευημερεί αντίστοιχα και η ανάπτυξη περισσότερων μοντέλων, τα οποία πρέπει να είναι γνωστά και διαθέσιμα σε όλους, όπως υπογραμμίζει ο Jorgensen (1991). Για αυτόν το λόγο, είναι απαραίτητο να δομηθεί μία πλατφόρμα ανάμεσα σε όσους διαμορφώνουν τακτικές και σε ερευνητές, με σκοπό την κατάκτηση της αειφόρου ανάπτυξης. Ένα χαρακτηριστικό πλαίσιο – πλατφόρμα – θα πρέπει να εξηγήει το σύνθετο πληροφοριακό υλικό με απλό τρόπο σε όσους συμμετέχουν σε μία διαδικασία λήψης απόφασης, να αναγνωρίσουν αυτοτελώς κάθε θέμα έρευνας και να διερευνήσουν τη σχέση ανάμεσα σε όλα τα θέματα της έρευνας, να ιεραρχήσουν όλα τα θέματα της έρευνας και να ιεραρχήσουν τις διάφορες μορφές

αβεβαιότητας, έτσι ώστε να διερευνηθούν τρόποι για μείωσή τους. Επίσης, επειδή υπάρχουν πάρα πολλά μοντέλα, καθώς και μετρητική πληροφορία σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι ιδιαίτερα χρήσιμος ο σχεδιασμός ενός δικτύου, για την ενσωμάτωση – ολοκλήρωση – όλων των μοντέλων, η οποία μπορεί να επιτευχθεί μέσω της κατηγοριοποίησής τους, της ανεύρεσης κοινών μεθόδων ανάλυσης από τα μοντέλα, αλλά και της σύνδεσης των υφιστάμενων μοντέλων και της πληροφορίας σε ένα διακομιστή (server). Έτσι, το σύστημα μπορεί να λαμβάνει δεδομένα, να εκτελεί προσομοιώσεις μέσω των μοντέλων που έχουν προγραμματιστεί στη μνήμη του και να παράγει προϊόντα ή να τα μεταφέρει ως δεδομένα σε άλλες προσομοιώσεις, όταν λείπουν απαραίτητα δεδομένα από το σύστημα, τότε αυτό θα υπάρχει δυνατότητα να τα αναζητά στο διακομιστή.

Ένα περιβαλλοντικό σύστημα λήψης απόφασης σήμερα επιβάλλεται να εκμεταλλευθεί τις εξελίξεις στο ευρύ πεδίο της επιστήμης της τεχνολογίας της πληροφορίας, με σκοπό τη χρήση νέων προγραμμάτων σε υπολογιστή, καθώς και συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης. Ως αποτέλεσμα, το περιβαλλοντικό σύστημα λήψης απόφασης χρειάζεται να περιλαμβάνει τα εξής χαρακτηριστικά:

- τη δυνατότητα να συγκεντρώνει, να οργανώνει και να αναπαριστά τη γνώση, δηλαδή, τη δημιουργία τομεακής βάσης
- το διαχωρισμό της τομεακής βάσης από το χρησιμοποιούμενο μοντέλο
- την ικανότητα να αντιμετωπίζει τις χωρικές πληροφορίες (π.χ. με τη βοήθεια ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών)
- τη δημιουργία βάσης εξειδικευμένης γνώσης και
- την ξεκάθαρη συμβολή του στη διάγνωση, στο σχεδιασμό, στη διαχείριση και στη βελτιστοποίηση.

Τέλος, είναι απαραίτητη η αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών, με σκοπό την αρτιότερη μελέτη των περιβαλλοντικών συστημάτων, καθώς και το συσχετισμό τους από διάφορα σημεία του πλανήτη για τον κατάλληλο συνδυασμό των διαθέσιμων πληροφοριών. Η προσπάθεια εξάλειψης της αβεβαιότητας στα περιβαλλοντικά συστήματα μπορεί να ευνοηθεί από τη διαμόρφωση ανθρώπινων κοινοτήτων στις οποίες θα επικρατεί η έννοια και τα χαρακτηριστικά της γειτονιάς, όπως επίσης και από τους ενεργούς και ευαισθητοποιημένους πολίτες οι οποίοι θα συμμετέχουν δημιουργικά και με αποτελεσματικότητα στις διαδικασίες λήψης απόφασης για τη διαχείριση των περιβαλλοντικών συστημάτων.

Βιβλιογραφία

1. Bennett, R.J. and Chorley, R.J., 1978. *Environmental Systems – Philosophy, Analysis & Control*. Methuen & Co. Ltd, 624pp.

2. Brandmeyer, J.E. and Karimi, H.A., 2000. *Coupling methodologies for environmental models*. Environmental Modelling and Software, 15: 479-488.
3. Fischer, B.E.A., Ireland, M.P., Boyland, D.T. and Critten, S.P., 2002. *Why use one model? An approach for encompassing model uncertainty and improving best practice*. Environmental Modeling and Assessment, 7: 291-299.
4. Jorgensen, S.E., 1991. *Environmental Management Modelling*. In: P.E. Hansen & S.E. Jorgensen (Editors), Introduction to Environmental Management, Developments in Environmental Modelling 18, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 403pp.
5. Nakamori, Y. and Sawaragi, Y., 2000. *Complex systems analysis and environmental modeling*. European Journal of Operational Research, 122: 178-189.
6. Οικονόμου, Ε.Κ., 2004. *Μεθοδολογική Προσέγγιση της Εκτίμησης Συντελεστών και Δεικτών Βαρύτητας με τη Βοήθεια Έρευνας με Ερωτηματολόγια για Επιπτώσεις σε Έργα Διαχείρισης Περιβάλλοντος*, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σ. 615.
7. Rizzoli, A.E. and Young, W.J., 1997. *Delivering environmental decision support systems: software tools and techniques*. Environmental Modelling and Software, 12, 2-3: 237-249.
8. Sepperlt, R., 2003. *Computer-Based Environmental Management*. Wiley-VCH GmbH & Co. KGaA, 284pp.
9. Wilson, G.A. and Bryant, R.L., 1997. *Environmental Management – New Directions for the Twenty-First Century*. UCL Press Ltd, London, 202pp.
10. Wu, J., and Marceau, D., 2002. *Modeling complex ecological systems: an introduction*. Ecological Modelling, 153: 1-6.