

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ



Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων:

Παράμετροι που επηρεάζουν την ανιχνευτική ικανότητα

Υπεύθυνος διδασκων

Επίκουρος Καθηγητής

Κων/νος Κουτσικόπουλος

Ομάδα εργασίας:

Αμαξίδης Γιώργος

Λάζαρη Γερασίμη

Μιχαήλ Χρήστος

Νούσια Θάλεια

Σαββανή Αφροδίτη

Πάτρα

Μάρτιος 2000

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

1. Σκοπός

Η προστασία του περιβάλλοντος και η προαγωγή της οικονομικής ανάπτυξης δεν αποτελούν ξεχωριστές προκλήσεις. Δεν μπορεί να υπάρξει ανάπτυξη σε ένα υποβαθμισμένο περιβάλλον και το περιβάλλον δεν μπορεί να προστατευτεί όταν τα σχέδια ανάπτυξης αποφεύγουν συστηματικά να υπολογίζουν το κόστος της περιβαλλοντικής καταστροφής. Είναι ουσιώδες να υπάρχει ένα ολοκληρωμένο σχέδιο για την διαχείριση αυτού του σύνθετου αλληλεξαρτημένου συνόλου. Ένα τέτοιο σχέδιο είναι και η μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) που πρόσφατα έχει υιοθετηθεί ως μια μέση λύση στο δίλημμα «ανάπτυξη ή περιβάλλον». Διαμέσου των Μ.Π.Ε. προσεγγίζουμε την ορθολογική ανάπτυξη ή πιο δόκιμα την αειφόρο ανάπτυξη που ορίζεται ως η ανάπτυξη που θα ανταποκρίνεται στις σύνθετες ανάγκες του παρόντος αλλά δεν θα υποσκάπτει την δυνατότητά μας να ανταποκριθούμε σε εκείνες του μέλλοντος. Έτσι λοιπόν, γίνεται εμφανές πόσο αναγκαίο είναι να εκτιμήσουμε την ποιότητα ή την αξία των οικολογικών πόρων, καθώς το έδαφος και το νερό που δεν αποτελούν ανεξάντλητες πηγές όπως νομίζαμε μέχρι πρόσφατα, έχουν πολλαπλή χρησιμότητα με όλο και μεγαλύτερη εκμετάλλευση. Έτσι αναπτύχθηκε ο κλάδος των μελετών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σαν ουσιώδες στοιχείο κάθε διαδικασίας ανάπτυξης.

2. Προσέγγιση

Βασικός στόχος των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι να εκτιμήσουν την επίπτωση ενός παράγοντα (αναπτυξιακού, βιομηχανικού, πολεοδομικού κ.α.) στο υπό μελέτη οικοσύστημα. Ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την ολοκλήρωση μιας τέτοιας προσπάθειας είναι η στατιστική και η δημιουργία μαθηματικών μοντέλων. Δημιουργώντας ένα μοντέλο που προσεγγίζει το πραγματικό περιβάλλον (είτε αυτό είναι ένα φυσικοχημικό χαρακτηριστικό, είτε η συμπεριφορά ενός οργανισμού, η αφθονία του κ.ο.κ.) μπορεί κανείς να πραγματοποιήσει συγκεκριμένους στατιστικούς ελέγχους και να εκτιμήσει αν π.χ. με την δεδομένη δειγματοληψία υπάρχει αναγνωρίσιμη επίπτωση ή όχι. Σε αυτήν την μαθηματική διαδικασία υπάρχουν δύο ειδών

σφάλματα. Είναι τα σφάλματα τύπου α και β , όπου α είναι το σφάλμα κατά την θεώρηση πως υπάρχει διαφορά (επίπτωση στο περιβαλλοντικό στοιχείο) ενώ στην πραγματικότητα δεν υπάρχει, και β είναι αντίστοιχα το σφάλμα κατά την αποδοχή πως δεν υπάρχει διαφορά ενώ υπάρχει. Το τελευταίο είναι και το σοβαρότερο λάθος περιβαλλοντικής σημασίας που μπορεί να γίνει.

Όπως μπορεί εύκολα κανείς να αντιληφθεί, αυτό που έχει την μεγαλύτερη σημασία σε μελέτες τέτοιου τύπου είναι το μέγεθος της επίπτωσης που μπορεί να ανιχνευθεί το οποίο ονομάζεται *ανιχνευσιμότητα*. Το μέγεθος της ανιχνεύσιμης επίπτωσης πρέπει να είναι μικρό. Θα πρέπει λοιπόν, να είναι γνωστή εκ των προτέρων η διακριτική ικανότητα της μεθόδου ώστε να ελεγχθεί αν το χρησιμοποιούμενο μοντέλο είναι λειτουργικό και να εκτιμηθεί επίσης και το μέγεθος των εργασιών που θα χρειαστεί να γίνουν για να εντοπιστούν οι επιπτώσεις (αριθμός δειγμάτων, συχνότητα δειγματοληψίας κ.ο.κ.). Έτσι χρησιμοποιώντας την βέλτιστη μέθοδο θα μπορεί κανείς να προτείνει λύσεις και εναλλακτικούς τρόπους παρέμβασης στο περιβάλλον για την καλύτερη προστασία του και μόνο τότε θα μπορεί να θεωρηθεί πετυχημένη η μελέτη. Όμως εξ' αιτίας του ότι στατιστικά μπορεί να έχουμε σημαντική διαφορά αλλά από οικολογική σκοπιά όχι, ο ερευνητής πρέπει να έχει μεγάλη εμπειρία στον χειρισμό αυτών των μοντέλων και πολύ καλή γνώση του οικοσυστήματος που μελετάει.

Ένα είδος ελέγχου για την αποτελεσματικότητα των θεωρητικών μοντέλων προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται στις μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι και η διερεύνηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την ανιχνευτική ικανότητα τους. Με αυτούς τους ελέγχους ασχολείται η παρούσα εργασία.

3. Στρατηγικές: πριν – μετά, μέσα – έξω

Και οι δύο αυτές στρατηγικές έχουν σαν βασική μέθοδο την σύγκριση των αποτελεσμάτων από μετρήσεις ενός περιβαλλοντικού παράγοντα. Αυτές γίνονται, σε θεωρητικό επίπεδο πάντα, είτε «πριν και μετά» από την επέμβαση στο οικοσύστημα, είτε αφού έχει «ήδη» γίνει η επέμβαση σε αυτό, μετρώντας «μέσα» στην υπό εξέταση περιοχή και «έξω» από αυτήν.

Η μέσα- έξω στρατηγική υιοθετείται σε περιπτώσεις όπου το αναπτυξιακό έργο είναι π.χ. έργο κοινής ωφελείας και πρέπει να πραγματοποιηθεί μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα. Η μεγάλη δυσκολία της μεθόδου είναι ότι τα δυο υπό εξέταση περιβάλλοντα (μέσα – έξω) πρέπει να είναι

όμοια ως προς τις περιβαλλοντικές παραμέτρους τους (φυσικοχημικές παράμετροι, βιολογικοί παράμετροι, βιοχημικοί παράμετροι κ.α.).

Στην δεύτερη στρατηγική η μέθοδος που ακολουθείται είναι και πάλι απλή. Μετρώ μέσες τιμές του παράγοντα που με ενδιαφέρει (αφθονία πληθυσμού, pH, πάχος τριχώματος κ.α.) και πραγματοποιώ ένα συνηθισμένο στατιστικό t - test. Η ανιχνευσιμότητα είναι αυτή που με ενδιαφέρει πάντα. Επικεντρώνοντας σε αυτήν παρατηρούμε πως εξαρτάται από τα σφάλματα τύπου α και β και από τα δείγματα που έχω πάρει πριν την επέμβαση, δηλαδή από το πόσο καλά γνωρίζω το περιβάλλον πάνω στο οποίο επεμβαίνω και από τα δείγματα που λαμβάνω μετά από την επέμβαση.

Και στις δυο περιπτώσεις στρατηγικών πάντως είναι φανερό πως πρέπει οπωσδήποτε οι αλλαγές που θέλουμε να ανιχνεύσουμε να είναι αλλαγές με οικολογική βαρύτητα και να διαλέξουμε πολύ προσεκτικά τους δείκτες των παραμέτρων που μας ενδιαφέρουν. Ο χρόνος μελέτης είναι τις περισσότερες φορές δεσμευτικός για την παράμετρο που πρέπει να διαλέξω. Πρέπει, δηλαδή να μπορώ να παρατηρήσω αλλαγές κατά την διάρκεια της μελέτης.

Τέλος, σοφό θα ήταν να γνωρίζουμε πως ακόμα και η μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι μια παρέμβαση (ίσως όχι τόσο επιβλαβής) στο περιβάλλον αλλά με την ίδια λογική χρίζει και η ίδια, μελέτης εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεών της.

4. Ανιχνευσιμότητα

Ανιχνευσιμότητα είναι η ελάχιστη ανιχνεύσιμη διαφορά ως προς τον περιβαλλοντικό παράγοντα του οποίου θέλω να μελετήσω την συμπεριφορά του, σε σχέση με μια αναπτυξιακή ενέργεια. Η ίδια η μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθορίζει το μέτρο μεγέθους. Αρχικά, λοιπόν, στον μελετητή τίθεται το ερώτημα: “Τι διαφορά θέλω να ανιχνεύσω?”. Αυτό όπως θα είναι προφανές εξαρτάται από το είδος του προβλήματος και βέβαια από την επιθυμητή ακρίβεια της μελέτης. Η τελευταία μπορεί να εξαρτάται με την σειρά της από πολλούς παράγοντες ένας από τους οποίους είναι το οικονομικό κόστος και οι διαθέσιμοι χρηματικοί πόροι. Χρησιμοποιώντας τα διάφορα αριθμητικά μοντέλα μπορεί να κανείς να προβλέψει την ανιχνευσιμότητα για κάθε μέθοδο μελέτης ανίχνευσης.

Έχουμε:

$$\Delta = \mu_1 - \mu_2 = f(n_2, \alpha, \beta / n_1)$$

Όπου Δ : η ανιχνευσιμότητα,

μ_1 : η μέση τιμή του περιβαλλοντικού παράγοντα πριν την παρέμβαση,

μ_2 : η μέση τιμή του περιβαλλοντικού παράγοντα μετά την παρέμβαση,

n_1 : τα δείγματα πριν την παρέμβαση

n_2 : τα δείγματα μετά την παρέμβαση,

α, β : τα δυο στατιστικά σφάλματα.

Όπως φαίνεται πρέπει υπάρχει καλή γνώση του υπό εξέταση περιβάλλοντος, να τεθούν τα στατιστικά σφάλματα και αναλόγως των δειγμάτων που θα ληφθούν μετά την παρέμβαση βρίσκεται και η ανιχνευσιμότητα. Υπάρχουν διαγράμματα γενική μορφής στα οποία ανάλογα με την ανιχνευσιμότητα ή αλλιώς την ευαισθησία που θέλουμε να έχει το μοντέλο, να βρίσκεται ο απαιτούμενος αριθμό των δειγμάτων και η μεθοδολογία της δειγματοληψίας που πρέπει να ακολουθηθεί για να είναι αποτέλεσμα το βέλτιστο.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Πριν – μετά

1. Δημιουργία σειράς

Για να δημιουργήσουμε ένα μαθηματικό μοντέλο που θα εξηγεί επαρκώς ένα οικοσύστημα που χαρακτηρίζεται από περιοδικές αλλαγές ως προς τα χαρακτηριστικά του, λαμβάνουμε αρχικά μια κυκλική συνάρτηση $[R \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)]$ που προσεγγίζει τις περιοδικές μεταβολές του περιβαλλοντικού παράγοντα που μας ενδιαφέρει είτε αυτός είναι κάποιο φυσικοχημικό μέγεθος, είτε ένας βιολογικός παράγοντας, όπως λόγου χάρη η αφθονία ενός πληθυσμού.

Έτσι λοιπόν, έχουμε:

$$Y = \bar{Y} + A \cdot \cos \left(\frac{2\pi}{T} \cdot (t - \varphi) \right)$$

Όπου: Y : η αφθονία,
 \bar{Y} : η μέση τιμή της Y
 A : το μισό του εύρους
 T : η περίοδος του φαινομένου
 $\pi = 3.14$
 t : ο χρόνος
 φ : η φάση.

Το εύρος υποδηλώνει ουσιαστικά το μέγεθος των διακυμάνσεων του παράγοντα και φάση είναι η χρονική στιγμή που θέλουμε να συμβαίνει κάτι χαρακτηριστικό (π.χ. ο μήνας με την μέγιστη τιμή).

Έτσι λοιπόν, μέχρι στιγμή έχουμε την θεωρητική αφθονία του πληθυσμού για μια δεδομένη στιγμή. Όμως είναι γνωστό πως πολλοί παράγοντες επιδρούν στο οικοσύστημα και φυσικά έχουν αντίκτυπο και στον παράγοντα που μελετούμε. Επίσης, λαμβάνοντας δείγματα και μετρώντας εργαστηριακά κάποιες τιμές ενός παράγοντα γίνονται λάθη που δεν μπορούν να αποφευχθούν και πρέπει να μπουν και αυτά στο μοντέλο που δημιουργούμε. Όλα αυτά τα

«λάθη», ονομάζονται «θόρυβος» και είναι όλες εκείνες οι συνιστώσες που παράγουν τυχαίες διακυμάνσεις.

Έτσι, έχουμε:

$$Y = \bar{Y} + A \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot (t - \varphi)\right) + (RAND() - 0,5) \cdot B$$

Όπου η $RAND()$ είναι μια υπολογιστική μαθηματική συνάρτηση που παράγει τυχαίους αριθμούς. Αφαιρούμε 0,5 γιατί η συγκεκριμένη συνάρτηση παίρνει τιμές από 0 ως 1, ενώ εμείς θέλουμε θετικές και αρνητικές τιμές γύρω από το μηδέν. Το B είναι ένας διορθωτικός παράγοντας που εξαρτάται από την μέση τιμή της αφθονίας (\bar{Y}). Μια άλλη έκφραση του θορύβου είναι και ο συντελεστής διακύμανσης (C.V., coefficient variation) που ορίζεται ως η τετραγωνική ρίζα της διασποράς προς την μέση τιμή επί τις εκατό.

Έτσι, φτάνουμε στο τέλος της δημιουργίας του μοντέλου μας που όπως είναι φανερό εξαρτάται από τους εξής παράγοντες: την μέση τιμή, το εύρος της εποχιακής διακύμανσης, την διαφορά φάσης και το σφάλμα- θόρυβο.

Ελέγχουμε πια το μοντέλο μας χρησιμοποιώντας ένα απλό t – test για στατιστικό έλεγχο.

2. Επίπτωση διαφόρων παραγόντων στην ανιχνευσιμότητα

Εφαρμόσαμε το υπάρχον μοντέλο προσομοίωσης του οικοσυστήματος ή για να είμαστε πιο συγκεκριμένοι μιας παραμέτρου του οικοσυστήματος όπως είναι η αφθονία. Χρησιμοποιήσαμε την στρατηγική «πριν – μετά» για διάφορες επιπτώσεις κάθε φορά, προσπαθώντας να ελέγξουμε την ανιχνευσιμότητα του μοντέλου, αλλάζοντας κάποιες παραμέτρους του επιλεκτικά, για να αποκτήσουμε μια εικόνα για την αποτελεσματικότητα του μοντέλου μας και να γνωρίζουμε αν κάποιο οικοσύστημα με τα ίδια χαρακτηριστικά μπορεί να προσομοιαστεί και να αναλυθεί με το δεδομένο μοντέλο που έχουμε δημιουργήσει.

Αναλύθηκαν δυο περιπτώσεις. Σε όλη την διάρκεια του ελέγχου κρατήσαμε σταθερή την διαφορά φάσης, την περίοδο και την αρχική μέση τιμή του υπό παρατήρηση παράγοντα.

Έτσι κατορθώσαμε να ελέγξουμε την ανιχνευσιμότητα του μοντέλου αλλάζοντας τις τιμές του εύρους διακύμανσης για διάφορες δειγματοληψίες, κρατώντας σταθερή την τιμή του

σφάλματος (γύρω στο 40%) και αλλάζοντας τις τιμές του σφάλματος που μπορεί να χαρακτηρίζουν ένα οικοσύστημα για διάφορες δειγματοληψίες πάλι, κρατώντας σταθερή αυτήν την φορά την τιμή του εύρους διακύμανσης του συστήματος (γύρω στο 40%).

Οι δειγματοληψίες οργανώθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Αριθμός δειγμάτων	Διάρκεια δειγματοληψίας
4	Ένα δείγμα ανά τρεις μήνες για ένα χρόνο
6	Ένα δείγμα ανά δυο μήνες για ένα χρόνο
8	Ένα δείγμα ανά τρεις μήνες για δυο χρόνια
12	Ένα δείγμα ανά δυο μήνες για δυο χρόνια
24	Ένα δείγμα για κάθε μήνα για δυο χρόνια

Αποτελέσματα

Στην περίπτωση όπου αυτό που κρατήθηκε σταθερό ήταν οι τιμές του σφάλματος και αλλάζαμε μόνο τις τιμές του εύρους διακύμανσης για διαφορετικές δειγματοληψίες, τα αποτελέσματα, όπου βέβαια είναι η ελάχιστη ανιχνευσιμότητα, φαίνονται τόσο σε μορφή πίνακα όσο και σε διαγραμματική μορφή παρακάτω (εικόνα Νο1). Έτσι λοιπόν, φαίνεται, πως για τιμές εύρους διακύμανσης γύρω στο 100% για να ανιχνεύσουμε επιπτώσεις γύρω στο 80%, θα πρέπει η δειγματοληψία μας να είναι η βέλτιστη δυνατή, δηλαδή, να λαμβάνουμε ένα δείγμα τον μήνα για δυο χρόνια. Η ευαισθησία του μοντέλου μας βελτιώνεται όσο μικραίνουν οι τιμές του εύρους διακύμανσης, πιο θεαματικά για τις πιο αραιές δειγματοληψίες και πιο ομαλά για τις καλύτερες δειγματοληψίες όπως και θα αναμενόταν σε τέτοιες περιπτώσεις. Όταν, δηλαδή, ο παράγοντας του οικοσυστήματος έχει μεγάλες π.χ. εποχιακές διακυμάνσεις τότε το μοντέλο αδυνατεί ουσιαστικά να μας δώσει «εκμεταλλεύσιμα» αποτελέσματα και πρέπει να βρούμε άλλο μοντέλο για να υπολογίσουμε την μέθοδο και τον αριθμό των δειγματοληψιών. Σε περιπτώσεις όμως που η τιμή του περιβαλλοντικού παράγοντα δεν αλλάζει τόσο δραματικά με την διάρκεια του χρόνου το μοντέλο δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το «στήσιμο» της δειγματοληψίας.

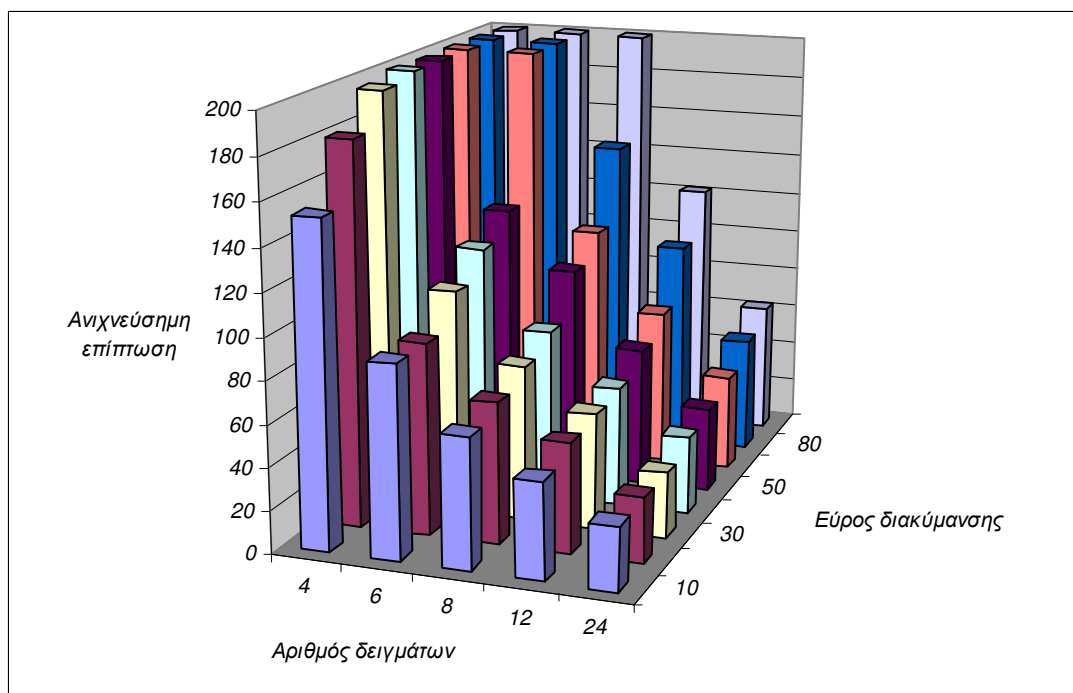
Στην περίπτωση όπου αυτό που κρατήθηκε σταθερό ήταν το εύρος διακύμανσης και αλλάζαμε το σφάλμα για τις διάφορες δειγματοληψίες, τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα και το διάγραμμα της εικόνας Νο2.

Όπως παρατηρούμε για πολύ μεγάλες τιμές του εύρους διακύμανσης (>80%), η ανιχνευτική ικανότητα του μοντέλου είναι πάρα πολύ μικρή και χρειάζονται πολύ μεγάλες επιπτώσεις (>250%) για να μπορέσει να ανιχνεύσει την επίδραση. Στην περίπτωση αυτή, ακόμα και μια πολύ συχνή δειγματοληψία δεν είναι σε θέση να δώσει αποδεκτά αποτελέσματα. Αντίθετα, για φθίνουσες τιμές του σφάλματος, η ανιχνευσιμότητα του μοντέλου γίνεται καλύτερη, ενώ παίρνει την βέλτιστη τιμή της για c.v.=10% και για δειγματοληψία που κρατά δύο χρόνια, με δείγματα κάθε δύο μήνες. Το παραπάνω αποτέλεσμα είναι αποδεκτό, αφού είναι λογικό ο μεγάλος θόρυβος να είναι εν μέρει υπεύθυνος για την ανικανότητα ανίχνευσης μικρής επίπτωσης. Επίσης η διακριτική ικανότητα του μοντέλου είναι τόσο καλύτερη, όσο η δειγματοληψία είναι πιο τακτική ώστε να έχουμε όσο το δυνατό καλύτερη εικόνα του συστήματός μας. Τέλος, φανερό είναι η εκθετική σχέση που ισχύει ανάμεσα στην ανιχνευσιμότητα και τον αριθμό των δειγμάτων όπως επίσης και του σφάλματος.

Μπορούμε να συμπεράνουμε, λοιπόν, πως η εφαρμογή ενός τέτοιου μοντέλου χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση, τουλάχιστον ως προς τις παραμέτρους του οικοσυστήματος για να ελέγξουμε κατά πόσο μπορεί να λειτουργήσει και να δώσει εφαρμόσιμα αποτελέσματα.

		Εύρος διακύμανσης (%)							
		10	20	30	40	50	60	80	100
Δείγματα	4	153	181	197	200	200	200	200	200
	6	91	91	106	118	129	200	200	200
	8	62	67	74	81	102	113	149	200
	12	46	52	55	57	66	75	100	122
	24	30	31	31	37	40	46	55	63

Με σφάλμα = 40%
Όπου υπάρχει η τιμή 200 σημαίνει πως η ανίχνευση ήταν σχεδόν αδύνατη



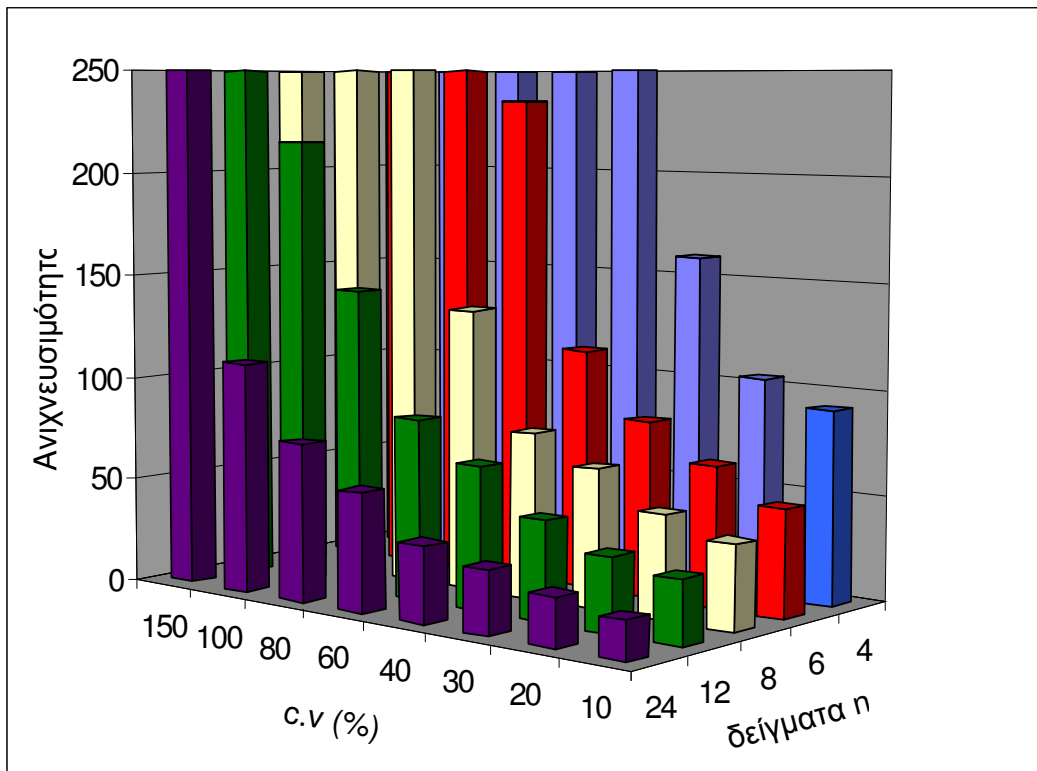
Εικόνα Νο1

Οι ράβδοι στο διάγραμμα απεικονίζουν την ελάχιστη ανιχνεύσιμη επίπτωση του μοντέλου με τις εξής παραδοχές: σταθερό ποσοστό σφάλματος (γύρω στο 40%) και σταθερή διαφορά φάσης (μηδέν). Στον πίνακα φαίνονται οι ακριβείς τιμές της ανιχνευσιμότητας για τα διάφορα εύροι διακυμάνσεων και τις διάφορες δειγματοληψίες.

Σφάλμα c.v (%)

		10	20	30	40	60	80	100	150
Δείγματα	4	92	104	160	250	250	250	250	250
	6	51	67	84	115	235	250	250	250
	8	40	49	66	79	135	250	250	250
	12	30	35	47	68	86	145	215	250
	24	18	23	30	36	56	75	110	250

Με εύρος διακύμανσης = 40%
Όπου υπάρχει η τιμή 250 σημαίνει πως η ανίχνευση ήταν σχεδόν αδύνατη



Εικόνα Νο2

Οι ράβδοι στο διάγραμμα απεικονίζουν την ελάχιστη ανιχνεύσιμη επίπτωση του μοντέλου με τις εξής παραδοχές: σταθερό εύρος διακύμανσης (40%) και σταθερή διαφορά φάσης (μηδέν). Στον πίνακα φαίνονται οι ακριβείς τιμές της ανιχνευσιμότητας για τις διάφορες τιμές του c.v και τις διάφορες δειγματοληψίες.

3. Μια ακριβέστερη προσέγγιση

Είναι φανερό πως για να εκτιμήσουμε τις επιπτώσεις μιας αναπτυξιακής ενέργειας στο εν λόγω οικοσύστημα χρησιμοποιώντας την προηγούμενη μεθοδολογία χρειαζόμαστε ένα μεγάλο αριθμό δειγμάτων ανά τακτά χρονικά διαστήματα, πράγμα το οποίο δεν είναι πάντοτε εφικτό κυρίως εξ αιτίας οικονομικών λόγων. Για αυτό, αναγκαζόμαστε να βρούμε ένα πιο λειτουργικό μοντέλο που θα απομονώνει κάποιους περιβαλλοντικούς παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον υπό παρατήρηση παράγοντα. Εν προκειμένου, όταν μιλάμε για την αφθονία ενός πληθυσμού που εξαρτάται από π.χ. την θερμοκρασία, γεγονός που μεταφράζεται σε εποχιακή διακύμανση, τότε καλό θα ήταν να βρεθεί ένα μοντέλο που να μην επηρεάζεται από αυτήν την διακύμανση ώστε να ανιχνεύονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις.

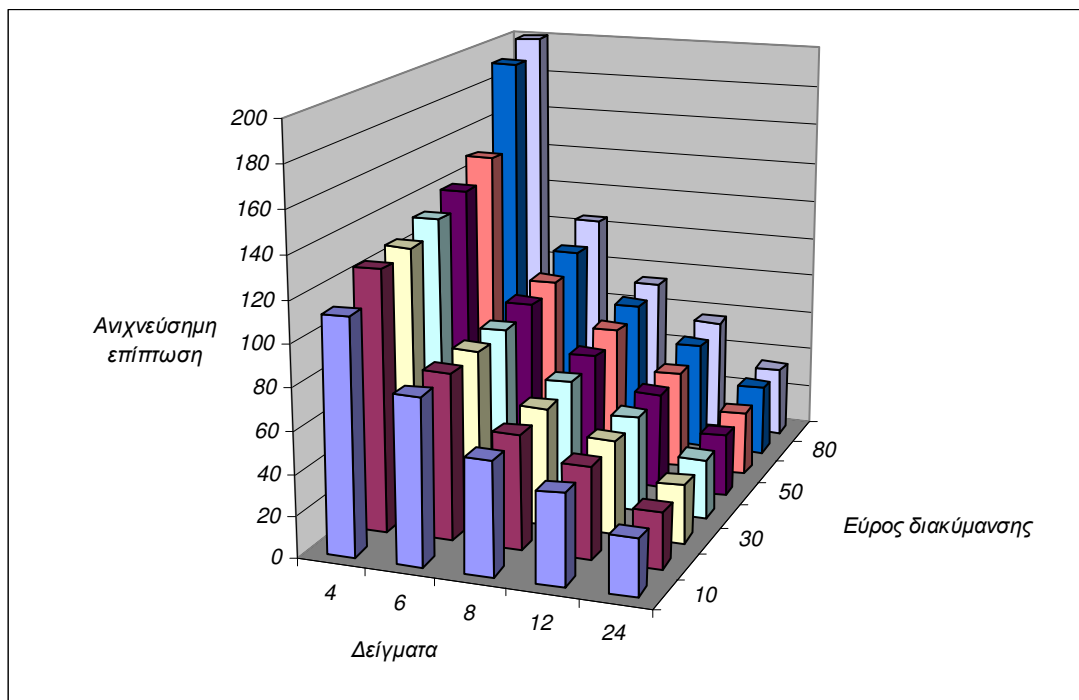
Έτσι, λοιπόν, αφού αφαιρέσαμε από το μοντέλο μας την εποχιακή διακύμανση ομαδοποιώντας ουσιαστικά τα δείγματά μας σε χρονικές κατηγορίες επιδιώξαμε να ελέγξουμε ξανά το μοντέλο μας χρησιμοποιώντας την ανάλυση συνδιασποράς (analysis of covariance) για στατιστικό έλεγχο.

Σύμφωνα με το καινούργιο μοντέλο τα αποτελέσματα, δηλαδή η ελάχιστη ανιχνεύσιμη επίπτωση, όσο αφορά στο εύρος διακύμανσης και τις δειγματοληψίες φαίνονται τόσο με την μορφή πίνακα, όσο και διαγραμματικά (εικόνα Νο3 και εικόνα Νο4). Φαίνεται, πως η ανιχνευσιμότητα του μοντέλου είναι ελαφρώς καλύτερη από το προηγούμενο αλλά παρατηρούμε πως ενώ όσων αφορά τον αριθμό των δειγμάτων η ανιχνευσιμότητα βελτιώνεται κλιμακωτά, όσων αφορά το εύρος διακύμανσης η ανιχνευσιμότητα παραμένει σχεδόν σταθερή. Αυτό είναι πολύ λογικό από την στιγμή που στο συγκεκριμένο μοντέλο αφαιρέσαμε την εποχιακή διακύμανση για να αυξήσουμε την ευαισθησία του μοντέλου μας. Έτσι επιβεβαιώνουμε με τον καλύτερο τρόπο την επιτυχία της αναβάθμισης του μοντέλου μας. Καλύτερα αποτελέσματα πιο ομαλή καμπύλη γιατί ανιχνεύει την πραγματική επίπτωση απαλλαγμένη από τα σφάλματα και τις διαφορές λόγω εποχιακής διακύμανσης

Ως προς την απόκριση του μοντέλου μας στις αλλαγές του θορύβου, τα αποτελέσματα είναι καλύτερα ιδιαίτερα για μικρή τιμή του σφάλματος c.v. και για συχνές δειγματοληψίες, όπου η ελάχιστη ανιχνεύσιμη επίπτωση φτάνει στο 7%, ενώ και πάλι φαίνεται η βελτίωση της διακριτικής

ικανότητας του μοντέλου σε σχέση περισσότερο με τον αριθμό των δειγμάτων και όχι με το ποσοστό του θορύβου.

		Εύρος διακύμανσης (%)							
		10	20	30	40	50	60	80	100
Δείγματα	4	112	125	127	133	140	150	192	200
	6	79	80	81	82	86	89	96	105
	8	54	55	57	60	63	67	71	74
	12	43	44	45	46	47	48	53	56
	24	27	27	28	29	30	31	34	34
		Με σφάλμα = 40% Όπου υπάρχει η τιμή 200 σημαίνει πως η ανίχνευση ήταν σχεδόν αδύνατη							

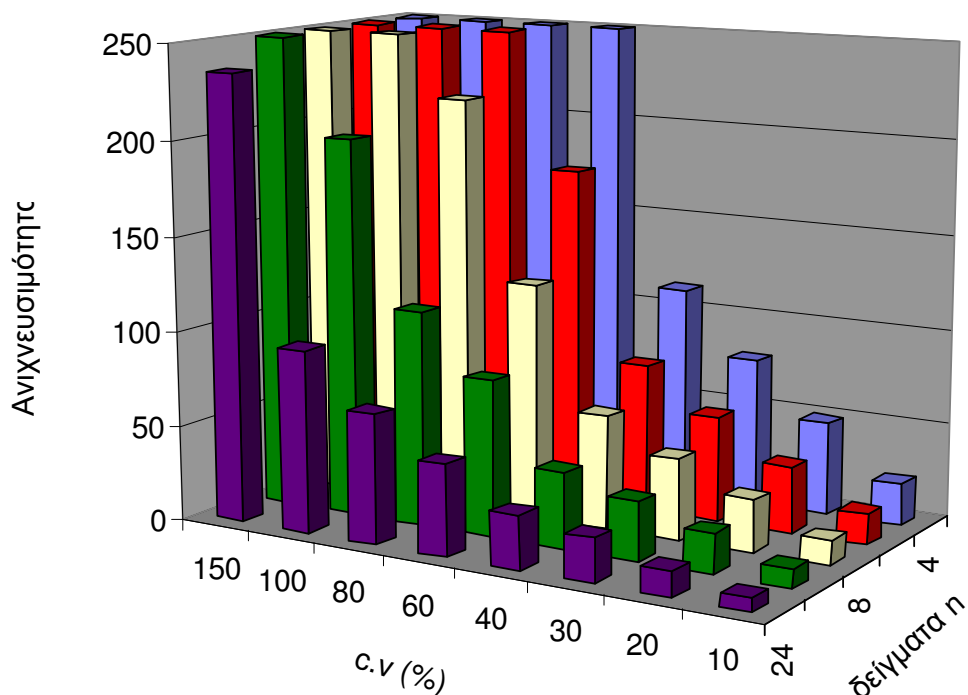


Εικόνα Νο3

Οι ράβδοι στο διάγραμμα απεικονίζουν την ελάχιστη ανιχνεύσιμη επίπτωση του μοντέλου με τις εξής παραδοχές: σταθερό ποσοστό σφάλματος (γύρω στο 40%) και σταθερή διαφορά φάσης (μηδέν). Στον πίνακα φαίνονται οι ακριβείς τιμές της ανιχνευσιμότητας για τα διάφορα εύρη διακυμάνσεων και τις διάφορες δειγματοληψίες. Η στατιστική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ανάλυση συνδιασποράς.

		Σφάλμα c.v (%)							
		10	20	30	40	60	80	100	150
Δείγματα	4	22	49	78	112	250	250	250	250
	6	16	35	56	78	178	250	250	250
	8	13	28	43	60	124	218	250	250
	12	10	21	31	40	82	113	199	250
	24	7	13	23	28	48	68	96	235

Με εύρος διακύμανσης = 40%
Όπου υπάρχει η τιμή 250 σημαίνει πως η ανίχνευση ήταν σχεδόν αδύνατη



Εικόνα Νο4

Οι ράβδοι στο διάγραμμα απεικονίζουν την ελάχιστη ανιχνεύσιμη επίπτωση του μοντέλου με τις εξής παραδοχές: σταθερό εύρος διακύμανσης (40%) και σταθερή διαφορά φάσης (μηδέν). Στον πίνακα φαίνονται οι ακριβείς τιμές της ανιχνευσιμότητας για τις διάφορες τιμές του c.v. και τις διάφορες δειγματοληψίες. Η στατιστική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ανάλυση συνδιασποράς.