ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΕΩΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.

ΦΟΙΒΟΥ ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ (ΓΕΩΛΟΓΟΥ).

1. ΓΕΩΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.

Η συστημική προσέγγιση των φυσικών φαινομένων είναι μια γενική μέθοδος, της οποίας η μία όψη είναι η θεωρία των συστημάτων και η άλλη η συστημική ανάλυση. Σύστημα είναι ένα σύμπλεγμα στοιχείων που αλληλεπιδρούνμεταξύ τους (L.BERTALANFFY).

Γεωσύστημα είναι ένας φυσικός σχηματισμός που περιλαμβάνει ένα σύμπλεγμα στοιχείων της λιθόσφαιρας και της βιόσφαιρας, τα οποία θεωρούνται σαν μια αυτοτελής ολότητα, της οποίας εξετάζονται οι εσωτερικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων αυτών. Τα γεωσυστήματα εντάσσονται στα ανοικτά πολυεπίπεδα (ή πολυδιάστατα) δυναμικά συστήματα και διαιρούνται σε γεωσυστήματα ξηράς και θάλασσας. Η διατήρηση της συνοχής και της συνεχούς εξέλιξής τους εξασφαλίζεται από ενδογενείς δυνάμεις και από την ηλιακή ακτινοβολία (πηγή αρνητικής εντροπίας). Οι νόμοι που κυβερνούν ένα γεωσύστημα υπερβαίνουν εκείνους που περιγράφουν μια φυσκογεωγραφική μονάδα ή μια βιολογική μονάδα, γιατί πρόκειται για κάτι γενικότερο και πιο πολύπλοκο.

Στα γεωσυστήματα ενδιαφερόμαστε για τη γεωλογική, γεωμορφολογική, υδρομετεωρολογική, βιολογική δομή τους (π.χ. Υδρομετεωρολογικό γεωσύστημα: η περιοχή της Ισλανδικής ύφεσης με τις άφθονες βροχοπτώσεις σε σχέση με τον ευρασιατικό αντικυκλώνα, ο οποίος αναγκάζει τις αέριες μάζες να μετακινηθούν προς την Ισλανδική ύφεση), αλλά και για: 1)τον χώρο ή τόπον όπου αυτό ορίζεται (ο καθορισμός της οριζόντιας γεωγραφικής έκτασης ενός γεωσυστήματος είναι πιο εύκολος από τον κατακόρυφο διαχωρισμό του), 2) τον χρόνο και τηνχρονική κλίμακα εξέλιξής του 3)τις φάσεις εξέλιξης, 4) τους δεσμούς-σχέσεις-αλληλεπιδράσεις με διπλανά γεωσυστήματα 5)την εσωτερική οργάνωση και ιεραρχική δομή, 6)την ανταλλαγή ύλης-ενέργειας-πληροφορίας τόσο στο εσωτερικό του ίδιου γεωσυστήματος, όσο και με τα περιβάλλοντα γεωσυστήματα, 7)την εσωτερική ομοιογένεια ή ετερογένεια.

Τα οικοσυστήματα είναι γεωσυστήματα, όπου τον κύριο ρόλο παίζουν τα έμβια όντα.

2. ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ.

Πυρήνας του γεωσυστήματος (γ.σ) ορίζεται το "γεωμερές" (GEOMERE) το οποίο θεωρείται ως το ελάχιστο χωρικό στοιχείο που έχει αυτοτελή γεωμορφολογική, υδρολογική, γεωχημική, βιογεωγραφική και μικροκλιματική οντότητα. Το γεωμερές λέγεται και "Βιογεωσυνένωση" (BIOGEOCOENOSE) και υπόκειται σε ομοιογένεια (δηλαδή δεν λειτουργούν εντός αυτού, στον παρόντα χρόνο, δυνάμεις οι οποίες θα μπορούσαν να το φέρουν σε κρίσιμη καμπή, οπότε η εξέλιξή του θα γινόταν απότομα μη-προβλέψιμη). Το γεωμερές δεν είναι μόνο μια μορφολογική σύλληψη, αλλά είναι ταυτόχρονα ο δομικός λίθος ανταλλαγής ενέργειας και μάζας μέσα στα γ.σ.

Μεγαλύτερη και λιγότερο ομογενής μονάδα είναι το "γεωχωρίο" (GEOCHORE). Τα γ.σ. αποτελούνται από γεωμερή και γεωχωρία. Άλλες μονάδες ιεραρχικής οργάνωσης είναι τα "μεγαγεωχωρία" (MEGAGEOCHORES), τα "Βιοσυνενωσιχωρία "(BIOCOENOCHORES), τα "Βιοσυνενωσιμερή" (BIOCOENOMERES), το "τοπογεωχωρίο" (TOPOGEOCHORE) που ορίζεται όπως η τοπολογία συνόλου κλπ.

METHODOLOGICAL AND MATHEMATICAL APPROACH TO GEOSYSTEMS.

FIVOS PAPADIMITRIOU-GEOLOGIST - 13 AEDONON STR.-
ATHENS 112 75 - GREECE.

3. ΤΑ ΓΕΩΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΑΚΟΥΟΥΝ ΚΑΤΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΦΥΣΙΚΟΥΣ ΝΟΜΟΥΣ

Α. Αρχή LE CHATELIER: Εάν σ΄ένα σύστημα που βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας εφαρμοσθεί μια εξωτερική δύναμη, η οποία θ΄ αλλάξει ένα από τους παράγοντες που καθορίζουν την ισορροπία του συστήματος, τότε αυτό θα μετακινηθεί έτσι ώστε να ελαχιστοποιήσει τη δράση της εφαρμοζόμενης αυτής δύναμης.

Β. Δεύτερο Θερμοδυναμικό Αξίωμα της Αύξησης της Εντροπίας: Μια φυσική διεργασία που ξεκινά από μια κατάσταση ισορροπίας και καταλήγει σε μια άλλη, θα οδεύσει στη φορά που προκαλεί αύξηση της εντροπίας του συστήματος και του περιβάλλοντος. Π.χ. σ΄ένα γεωσύστημα, όπως και σ΄οποιοδήποτε φυσικό σύστημα, η εντροπία αυξάνει με υποβιβασμό των ανωτέρων μορφών ενέργειας (χημικής, κινητικής, δυναμικής κλπ) σε κατώτερες μορφές π.χ. θερμότητα. Ο υποβιβασμός αυτός διατηρείται από τις φυσικές διαδικασίες και συχνά επιταχύνεται από τις ανθρώπινες επιδράσεις.

Γ. Αρχή Επάρκειας: Σ΄ένα σύστημα οι προϋποθέσεις κατανομής μάζας ή ενέργειας από το περιβάλλον σε κάθε υποσύστημά του είναι: α)η ολικά προσφερόμενη μάζα ή ενέργεια να επαρκεί για την κατανομή τους και β) η βασική δομή των υποσυστημάτων να μένει αμετάβλητη.

Παράδειγμα:
Εάν q_i είναι η ποσότητα νερού που χρειάζεται για να αρδευτεί επιφάνεια X_i, τότε $\sum q_i x_i \leq Q$, όπου Q είναι η ολική χωρητικότητα του φράγματος. Επίσης, πρέπει η ολική επιφάνεια των καλλιεργησίμων γαιών, που αρδεύονται από το φράγμα αυτό, να είναι σταθερή δηλαδή $\sum x_i \leq X$.

Δ. Στη μελέτη των γ.σ. χρησιμεύει και ο υπολογισμός των "Επτά αξιωμάτων VERNADSKY" βιογεωχημείας, για την συστηματική μελέτη της βιόσφαιρας: νόμος ομοιογένειας, νόμος εργοδοτικότητας, νόμος συνέχειας και τέσσερις νόμοι διατήρησης.

Ε. Θεώρημα LOTKA-VOLTERRA: Η ροή βιομάζας μεταξύ δύο αλληλεδρώντων πληθυσμών μεταβάλλεται ανάλογα με το γινόμενο των αλληλεπιδρώντων βιομαζών" Εάν M^{μ} και M^{ν} είναι οι δρώσες μάζες και $B^{pq}_{\mu\nu}$ μια παράμετρος που περιγράφει τη δυναμική του συστήματος, τότε: $dM^i/dt = a^i_{pq} B^{pq}_{\mu\nu} M^{\mu} M^{\nu}$

Υπενθυμίζεται ότι τα οικοσυστήματα είναι γεωσυστήματα όπου τον κύριο ρόλο παίζουν οι βιομάζες.

ΣΤ. Αρχή του H.ODUM: "Μια βιοκοινωνία V-ειδών εξελίσσεται έτσι ώστε να αυξήσει την τάξη ενεργειακής ροής (ικανότητα) της και η ικανότητα αυτή γίνεται μέγιστη όταν η βιοκοινωνία βρίσκεται σε ισορροπία". Εάν η συνάρτηση ευστάθειας της βιοκοινωνίας είναι F και P^* η τάξη ενέργειας, τότε: $F(P^*) = \max F$

(Τα οικοσυστήματα είναι υποσυστήματα γεωσυστημάτων).

Ζ. Στοχαστικοί νόμοι τυχαίων διαδικασιών μπορεί να επιδρούν σε γ.σ. Ανθρωπογενείς και άλλοι τυχαίοι παράγοντες που επιδρούν σ΄ένα γ.σ., υπολογίζονται σαν "φυσικοί" παράγοντες, ακόμα κι αν ακολουθούν κοινωνικές ή οικονομικές διαδικασίες.

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑΣ.
(Μαθηματικοί συμβολισμοί και παραρτήματα από N.MOISSEEV 1975, 1978,1985).

I. Καθορίζεται εάν ερευνάται ένα γ.σ. σε χρόνο συνεχή ή διακριτό.

II. Ευκολύνει η χρήση γραφημάτων για την εύρεση αλγορίθμου λειτουργίας.

III. Κατασκευή διανυσματικού χώρου κριτηρίων και παραμέτρων. π.χ. Η ποσότητα $h=\sqrt{\sum_i (f_i(x)-\hat{f}_i)^2}$ αντιπροσωπεύει την ευκλείδεια απόσταση του σημείου $(f_1(x), f_2(x), ----, f_r(x))$ από το σημείο $(\hat{f}_1, \hat{f}_2, ----, \hat{f}_r)$ μέσα στον χώρο κριτηρίων.

IV. Όταν έχουμε να κάνουμε με προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων, προσπαθούμε εξαρχής ν'απορρίψουμε, εάν αυτό είναι δυνατόν, τις περιπτώσεις που αντιστοιχούν σε λύσεις μη-παραδεκτές (ή λύσεις στο "σύνολο PARETO").

π.χ. Έστω ότι έχουμε ήδη μια λύση του συστήματος, την X^+ και δεχόμαστε ότι υπάρχει ένα άλλο διάνυσμα λύσεων το $\hat{X}$, τέτοιο ώστε για όλα τα κριτήρια $f_i(x)$ να έχουμε: $f_i(\hat{x}) \geq f_i(x^+)$. Προφανώς τότε, η λύση $\hat{X}$ είναι προτιμητέα σε σχέση με την λύση X^+. Τότε όλα τα διανύσματα X^+ που ικανοποιούν την προηγούμενη ανισότητα (σύνολο (PARETO) πρέπει να αποκλεισθούν εξαρχής απ' την περαιτέρω ανάλυση του συστήματος.

V. Εκτίμηση απροσδιοριστιών.

Επανερχόμενοι στο παράδειγμα της παρ. Γ του κεφ. 3 βλέπουμε ότι διαλέγοντας το x_i στο φράγμα, δεν ξέρουμε εκ των προτέρων την τιμή του Q. Αλλά για λήψη απόφασης κατανομής υδάτων, θα πρέπει να σταθεροποιηθεί με κάποιο τρόπο το Q. Άρα, πρέπει να γίνει ανακατανομή του νερού με τρόπο ώστε να μεγιστοποιηθεί η συνάρτηση κατανομής υδάτων ανά αγρόκτημα. Για το λόγο αυτό, αρχίζουμε βρίσκοντας το $Q^* = \min Q$ έτσι ώστε: $\sum q_i x_i \leq Q^*$ οπότε εξασφαλίζουμε ταυτόχρονα και την ελάχιστη συγκομιδή.

VI. Εκτίμηση ανταγωνιστικών διαδικασιών, εντός του ίδιου του συστήματος.

π.χ. Έστω δύο διαδικασίες A και B εντός του ίδιου γ.σ., οι οποίες τείνουν να πραγματοποιήσουν μέσω των δρόμων $(x_1, x_2, ---, x_\nu)$ τους σκοπούς f_A και f_B. Εάν συμβαίνει:

$$\begin{aligned} f_A(x_1, x_2, x_3, ---, x_\nu) &= \max \\ f_B(x_1, x_2, x_3, ---, x_\nu) &= \max \end{aligned} \quad \wedge \quad f_A = -f_B$$

τότε υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ των διαδικασιών A και B. Τέτοιες ανταγωνιστικές διαδικασίες συμβαίνουν συχνότατα στη γεωγραφία πληθυσμών και λαμβάνονται υπόψη στη γεωοικολογία, όπως και οι:

VII. Ανταγωνιστικές διαδικασίες "ολιγοπόλων" και ευστάθεια συστημάτων.

α) Η διαδικασία A τείνει να μεγιστοποιήσει την συνάρτηση δύο παραμέτρων χ και ψ, έτσι ώστε $F(x,y) = \max$ και η διαδικασία B να ελαχιστοποιήσει την ίδια συνάρτηση: $F(x,y) = \min$.
(Εδώ δεν τίθεται θέμα μόνο τοπικών ακροτάτων, αλλά και απολύτων ακροτάτων).

β) Έστω σύστημα N διαδικασιών (i) με δρόμους $x_i \in X_i$ που τείνουν να μεγιστοποιήσουν τις ιδιοσυναρτήσεις τους f_i. Οι τιμές των f_i εξαρτώνται γενικά όχι μόνον από την εκλογή του (i) της ίδιας διαδικασίας, αλλά και από τα (i) των άλλων διαδικασιών:

$$f_i = f_i(x_1, x_2, ---, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, --- x_N).$$

Τότε ένα σημείο εκλογής $\hat{x} = \{\hat{x}_1, \hat{x}_2, --- \hat{x}_N\}$ είναι μια κατάσταση ισορροπίας, εάν για κάθε i, έχουμε:

$$\max_{x_i} f_i(\hat{x}_1, \hat{x}_2, ---, \hat{x}_{i-1}, x_i, \hat{x}_{i+1}, ---, \hat{x}_N) = f_i(\hat{x}_1, ---, \hat{x}_i, ---, \hat{x}_N).$$

Τα σημεία ισορροπίας ονομάζονται ευσταθή, εάν μια διαδικασία (i) ακολουθήσει άλλο δρόμο από τον X_i και ελαχιστοποιηθεί στην περίπτωση που οι άλλες διαδικασίες εμμείνουν στο ίδιο σημείο $\hat{x} = \{\hat{x}_1, ---, \hat{x}_N\}$ εφόσον $f(\hat{x}_1, ---, x_i, \hat{x}_{i+1}, ---, \hat{x}_N) \leq f_i(\hat{x}_1, --\hat{x}_i, --, \hat{x}_N)$.

(Αρχή μεταβολών του Nash).

VIII. Οι διαδικασίες ανάδρασης (FEED BACK).

Εμφανίζονται κυρίως σε συστήματα αυτομάτου ελέγχου και η κύρια δυσκολία μελέτης τέτοιων προβλημάτων είναι, ότι πρέπει να ληφθεί υπόψη η στοχαστικότητα των εξωγενών παρεμβολών, πράγμα που συνήθως απλοποιείται με υποκατάσταση του στοχαστικού προβλήματος από ανάλογο γραμμικό. Οι διαδικασίες ανάδρασης συνδέονται στενά με την ιεραρχική δομή των συστημάτων.

IX. Πρόβλημα βελτιστοποίησης.

Τα προβλήματα βλετιστοποίησης (OPTIMIZATION) είναι από τα συχνότερα στη συστηματική ανάλυση και επιλύονται με ποικίλους τρόπους (γραμμικός προγραμματισμός κλπ). Ένα χαρακτηριστικό πρόβλημα βελτιστοποίησης στα γ.σ. είναι η βέλτιστη άρδευση στη "χρήση γής" (Βλ. παράρτημα "Α").

X. Συστήματα HERMEYER.

Πολλά συστήματα δεν έχουν καθόλου ιεραρχική οργάνωση και όλα τα συστατικά τους παίζουν το καθένα το δικό του ρόλο. Έστω συστημα N-διαδικασιών μονάδων, που κάθε μία επιδιώκει το δικό της στόχο, αλλά πέρ' απ΄αυτό και οι N-μονάδες έχουν όλες ένα κοινό στόχο. Μια τέτοια κατάσταση εμπλέκει υποχωρήσεις εκ μέρους της κάθε μονάδας για χάρη του κάθε κοινού στόχου. (Συστήματα HERMEYER και HERMEYER-VATEL).

Υποθέτουμε ότι οι ιδιοσυναρτήσεις των μονάδων αυτών είναι $f_i(\bar{x}_i)$ με $i=1,2,\dots,N$, όπου ο σκοπός X_i βρίσκεται στην αποκλειστική διάθεση της μονάδαςi. Περ΄απ΄αυτό όμως υπάρχει κι ένας κοινός σκοπός ψ, που περιγράφεται από την συνάρτηση $F(y_1,y_2,\dots,y_N)$ Οι τιμές αυτής της συνάρτησης εξαρτώνται από τις δραστηριότητες όλων των μονάδων i. Έτσι οι σκοποί κάθε μοναδας είναι $f_i(x_i)=$ $=\max \wedge F(y_1,y_2,\dots,y_N)=\max$. Η περίπτωση αυτή είναι ιδιαίτερα συχνή στη καθημερινή ζωή (κράτος, στρατός, προστασία φυσικού περιβάλλοντος κλπ) και βασίζεται στο ότι η μεγιστοποίηση της F συνεπάγεται την τάση της μονάδας του συστήματος να βρεθεί στην πιο ευσταθή κατάσταση. (Βλ.παράρτημα "Β").

XI. Εκτίμηση μη-γραμμικών και ημι-γραμμικών συστημάτων και ασυμπτωτικών μεθόδων.

(Κλασσική θεωρία POINCARÉ μοντέλο VOLTERRA, εξισώσεις DUFFING, εξισώσεις VAN DER POL, τροχιακή ευστάθεια κλπ).

XII. Ασυμπτωτικά ευσταθή συστήματα (συστήματα"TICHONOV.")

(εξισώσεις BIRKHOFF και TAMARKIN, συστήματα ημι-TICHONOV κλπ).

XIII Θεωρία διαταραχών.

(Βελτιστοποίηση Χαμιλτονιανών, τοπικό OPTIMUM, συστήματα PONTRIAGIN κλπ).

XIV. Σύνθετες τεχνικές.

(σύνθεση πινάκων, σύνθεση γραφημάτων, στοχαστική ανάλυση κλπ)

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Μια συστημική προσέγγιση της Γεωγραφίας και της Γεωλογίας χρησιμεύει σαν: α)γνωστό μοντέλο, β)μοντέλο λήψης αποφάσεων (βελτιστοποίηση κλπ), γ)μοντέλο ορθολογικού σχεδιασμού και προγνώσεων (περιβαλλοντολογικών, κλιματολογικών, γεωμορφολογικών, εκμετάλλευσης κλπ). Βασική μονάδα συστημικής μελέτης είναι το γεωσύστημα. Συστημικές εφαρμογές γίνονται προφανείς στηνα γροτική γεωγραφία, στην χρήση γής, στη γεωγραφία πληθυσμών και στην οικονομική γεωγραφία. Ως προς τον τρόπο προσέγγισης, αναφέρονται γραμμικές και μη-γραμμικές μέθοδοι και τα κύρια σημεία έρευνας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ "Α"

Ένα πρόβλημα άρδευσης με οικονομικά κριτήρια

Πώς θα διαμοιράσουμε το αποταμιευμένο νερό για την άρδευση και την κατασκευή αποθηκών για την αποθήκευση γεωργικών αγαθών με τον βέλτιστο τρόπο;

Το πρόβλημα είναι πολυφασικό από χρονική άποψη. Οι τυχαίοι παράγοντες είναι οι μετεωρολογικές συνθήκες που δίνουν στοχαστικό χαρακτήρα στη συγκομιδή.

Έστω p και q τυχαίες ποσότητες με p= απόδοση των μη-αρδευομένων γαιών και q =απόδοση των αρδευομένων γαιών. Υπό τις ίδιες μετεωρολογικές συνθήκες είναι $q \geq p$. Δεχόμαστε ως γνωστές τις συναρτήσεις κατανομής απόδοσης F_p και F_q . Έστω, τώρα $S(n)$ οι επιφάνειες των μη-αρδευομένων γαιών κατά τη διάρκεια της χρονιάς n, και $\bar{S}(n)$ οι επιφάνειες των αρδευομένων γαιών κατά τη διάρκεια της ίδιας χρονιάς (n). Τότε η ολική επιφάνεια γαιών είναι: $S^*_{(n)} = S(n) + s(n)$ =γνωστή (1).

Υποθέτουμε ότι $\Phi(n)$ είναι οι ετήσιες ανάγκες (στη χρονιά-n) για σπορά π.χ. σιταριού με $\Phi(n)$ γνωστό. Η συγκομιδή της χρονιάς-n θα είναι προφανώς η τυχαία ποσότητα $\Phi^+(n) = pS(n) + qS(n)$ της οποίας μπορούμε να υπολογίσουμε την συνάρτηση κατανομής $F^+\Phi(n)$

Η διαφορά $\Phi^+_{(n)} - \Phi(n)$ =συγκομιδή-ανάγκες μπορεί να είναι θετική ή αρνητική. Στην περίπτωση που είναι >0, η περίσσεια της συγκομιδής αποθηκεύεται ενώ στην περίπτωση <0, το έλλειμα σιταριού μπορεί να παρθεί από τις αποθήκες. Όμως, δεν μπορεί να αποθηκεύεται περισσότερο σιτάρι απ'αυτό πουμπορούν να χωρέσουν οι αποθήκες. Επίσης η ποσότητα σιταριού που μπορεί να εξέλθει από την αποθήκη (π.χ. για σπορά) για την χρονιά-n εξαρτάται από την ποσότητα σιταριού που ήδη υπάρχει μέσα στην αποθήκη αυτή.

Έστω $A(n)$ η ποσότητα αποθηκευμένη ($A(n)>0$) ή αποσυρόμενη ($A(n)<0$) από την αποθήκη και $B(n-1)$ η ποσότητα που βρίσκεται μέσα στην αποθήκη κατά τη χρονιά n-1. Εάν $C(n)$ είναι η ολική χωρητικότητα ων αποθηκών για τη χρονιά-n, τότε:

$$A(n) = \begin{cases} \min\left(\Phi^+_{(n)} - \Phi(n),\ C(n) - B(n-1)\right), \text{ εάν } \Phi^+_{(n)} \geq \Phi(n) \\ \max\left(\Phi^+_{(n)} - \Phi(n),\ -B(n-1)\right), \text{ εάν } \Phi^+_{(n)} < \Phi(n) \end{cases} \quad (2)$$

Οι ποσότητες A,B,C,Φ που είναι σε ίδες μονάδες (M3 ή τόννοι κλπ) πρέπει να ικανοποιούν τις σχέσεις:

$$C(n) = C(n-1) + \frac{x(n-1)}{K_x}$$
$$B(n) = B(n-1) + A(n) \quad (3)$$

όπου $\chi(n-1)$ είναι το κεφάλαιο αποταμιευμένα "μέσα" στην κατασκεή των αποθηκών και $K\chi$ η τιμή επιστροφής μιας μονάδας χωρητικότητας των αποθηκών.

Η ποσότητα $\Phi^+(n)$ εξαρτάται απ'την έκταση των αρδευομένων γαιών $s(n)$, η οποία ορίζεται δυναμικά:

$$s(n) = s(n-1) + y(n-1)/K_y$$

(4),όπου K_y τα έξοδα ανά μονάδα αρδευόμενης γής και $y(n-1)$ τα έξοδα για την άρδευση στη χρονιά n-1.

Οι εξισώσεις(1,2,3,4) περιγράφουν το μαθηματικό μοντέλο της διαδικασίας και οι παράμετροι $x(n)$ και $y(n)$ συνδέονται: $x(n) + y(n) = Z(n)$ =το άθροισμα χρημάτων που χρειάζονται τόσον για την κατασκευή αποθηκών, όσο και αρδευτικών έργων. Εάν δίνονται οι ποσότητες $C(0)$, $B(0)$ και $S(0)$ μπορεί να υπολογιστεί τότε η κατανομή του ελλείματος Δ(n) για κάθε χρονιά n: $\Delta(n) = S(n)\cdot p + s(n)\cdot q - \Phi(n) - Q(n)$.

Η εύρεση της βέλτιστης στρατηγικής έγκειται στον προσδιορισμό του ελαχίστου της συνάρτησης Δ(n), ή όταν $\sum_i \Delta(n) = min$.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ "Β"

Ένα πρόβλημα χρήσης γής με οικονομικά κριτήρια

Έστω Ν-αγροκτήματα χρησιμοποιούν νερό από το ίδιο αρδευτικό σύστημα για την παραγωγή του ίδιου αγροτικού αγαθού. Συμβολίζοντας με x_i την ποσότητα καταναλισκόμενου νερού από το αγρόκτημα i, η ποσότητα αγαθού παραγόμενου από το i θα είναι μια συνάρτηση του x_i, δηλαδή $R(x_i)$. Συμβολίζοντας με q το κόστος ανά μονάδα του προϊόντος, το καθαρό εισόδημα του αγροκτήματος θα είναι $R(x_i)\cdot q = \Phi_i$ Εάν κάθε αγρόκτημα λειτουργεί ξεχωριστά από τα άλλα, δεν υπάρχει κοινός σκοπός και τότε $F(x_1, x_2, \ldots, x_N) = 0 \ \forall x_i$ και $\Phi_i = R_i(x_i)\cdot q$.

Υποθέτοντας, τώρα, ότι το νερό διαμοιράζεται με έναν τρόπο μεταξύ των αγροτών, έτσι ώστε ο καθένας να χρησιμοποιεί ίση ποσότητα νερού με τον άλλο, έστω x_i^*, βρίσκουμε ότι για κάθε αγρόκτημα i, η πιο κερδοφόρος μέθοδος θα είναι η: $\Phi_i^*(x_i, q) = \max[R(x_i)\cdot q]$ και ότι το συνολικό εισόδημα για όλα τα αγροκτήματα θα είναι: $F^* = \sum_i \Phi_i^*(x_i, q)$.

Ας θεωρήσουμε το άθροισμα $F = \sum_i \Phi_i^*(x_i, q)$ όπου οι ποσότητες x_i δεν είναι σταθερές, αλλά συσχετισμένες με τη σχέση $x_i \leq X$ όπου X=η ολική ποσότητα διαθέσιμου νερού.

Διαλέγοντας, τώρα, το x_i με τρόπο ώστε να μεγιστοποιεί τη συνάρτηση F, με τον περιορισμό $x_i \leq X$ επιτυγχάνουμε ένα πολύ μεγαλύτερο ολικό εισόδημα:

$$\max_{\Sigma x_i \leq X} \sum_i \Phi_i^*(x_i, q) = \sum_i \Phi_i^*(\hat{x}_i, q) = \hat{F} \geq F^*$$

Η συνεργασία, δηλαδή, μεταφράζεται σε ένα συμπληρωματικό εισόδημα $\Delta = \hat{F} - F^*$. Διαιρώντας το εισόδημα αυτό ανά μονάδα (αγρόκτημα), είναι $\Delta = \Sigma\Delta_i$ έτσι ώστε, για κάθε αγρόκτημα-i να είναι: $\Phi_i^*(\hat{x}_i, q) + \Delta_i \geq \Phi_i^*(x_i^*, q)$.

Τότε το κάθε αγρόκτημα κερδίζει περισσότερα συμμετέχοντας στη συνεργασία. Έτσι, σ΄αυτή την περίπτωση επιτυγχάνεται ένα σύστημα HERMEYER μέσα στο οποίο όλες οι μονάδες συνδέονται με ένα κοινό σκοπό, ο οποίος είναι η μεγιστοποίηση του ολικού κέρδους:

$$F(x_1, x_2, \ldots, x_N) = \sum_i \Phi_i^*(x_i, q) \Rightarrow max.$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. L.von Bertalanffy "General Theory of Systems" . . . , (New York, 1969 Ed.G.Braziller).
2. L.V.Bertalanffy "An Outline of General Systems Theory" (British Journal of Philosophy of Sciences. Vol.1.1950).
3. D.Durand "La Systémique" (Que sais-je, 1979).
4. D.Armand "Science of Landscape" (Mysl.Publ.Moscow 1975).
5. V.Sochava "Geosystems Science" (Nauka, Norosibirsk 1975).
6. L.Pontiaguine, V.Boltianski, R.Gamkrélidzé, E.Michtehenko "Théorie Mathématique de processes opticaux (Mir Publ.Moscow 1974).
7. D.S.Wilde "Optimum seeiking methods" N.J.Englewood Cliffs 1964.
8. N.Gvozdetsky "Systems Analysis in Physical Geography" (Vissaya Shkola Publ.Moscow 1979 p.140-152).
9. R.H.Pantell "Techniques of environmental systems analysis" (J.Wiley Inc.New York 1976).
10. R.Isaac "Differential Games" (New York, Wiley 1965).
11. R.J.Chorley "The Role and Relations of Physical Geography" "Progress in Geography" (International Reviews of Current Research, London, 1973. Vol.3).
12. J.W.Forrester "World Dynamics" (Wright-Allen Press, Inc., Cambridge. Mass.1971).
13. Ι.Ε.Κουμαντάκης "Αλληλεπιδράσεις τεχνικών έργων και γεωλογικού περιβάλλοντος" Πρακτ.διήμερου του Ε.Μ.Π. με θέμα "Η προστασία του περιβάλλοντος στα πλαίσια της τεχνολογικής ανάπτυξης της χώρας μέσα από τα προγράμματα σπουδών και έρευνας του Ε.Μ.Πολυτεχνείου" (Αθήνα, Απρίλιος 1988).
14. N.Moïsséev "Eléments de théorie des systèmes optimaux" (Nauka, Moscow 1975).
15. N.Moïsséev "Problèmes mathématiques d'analyse des systèmes" (Mir, Moscow 1985).
16. N.Moïsséev, Yu.Ivanilov, M.Stoliarova "Methodes d'optimisation" (Nauka, Moscow 1978).

METHODOLOGICAL AND MATHEMATICAL APPROACH TO GEOSYSTEMS.

S U M M A R Y.

Geosystems hierarchicaly organized occur as fundamental features of systemic research in Geography and Geology. Ecosystems are considered as geosystems in which biocomponents are of major importance.

Certain physical laws and principles to which geosystems and exosystems occasionaly obey are refered: Le Chatelier principle, Second Thermodynamical law, Sufficiencey principle, Lotka-Volterra theorem, Odum principle, Vernadsky axioms, stochastical laws.

Several methods of systemic analysis apply to operational research, decision making and optimization problems such as: Pareto optimals, uncertainties estimations, competitive processes, stability and feedback, graphs, Mermeyer systems, asymptotic methods, Perturbation theory etc.

Application exemples to agricultural and economic geography, use of earth and populations geography are mentioned herein.