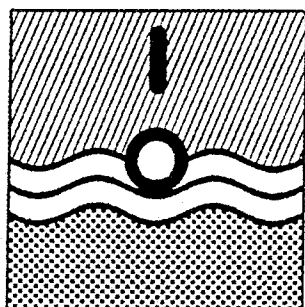


ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ STRIDE ΕΛΛΑΣ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΘΝΙΚΗΣ ΤΡΑΠΕΖΑΣ
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI
FACULTY OF TECHNOLOGY
DIVISION OF HYDRAULICS AND ENVIRONMENTAL
ENGINEERING

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ
ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ
ΑΠΟΚΛΙΣΕΩΝ

DEVELOPMENT OF METHODS FOR DATA
HOMOGENEIZATION, ERROR
DETERMINATION, CORRELATION AND
DIVERGENCE CORRECTION

*Μ.Βαφειάδης, Κ.Κατσιφάρκης, Π.Αναστασιάδης,
Ν.Μυλόπουλος*

M. Vafiadis, K. Katsifarakis, P. Anastasiadis, N. Mylopoulos

HYDROSCOPE

STRIDE HELLAS PROGRAMME

DEVELOPMENT OF A NATIONAL
DATA BANK FOR HYDROLOGICAL
AND METEOROLOGICAL
INFORMATION

Αριθμός τεύχους
Report number 2/11

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ - ΜΑΡΤΙΟΣ 1993
THESSALONIKI - MARCH 1993

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	ii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΤΥΠΟΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	2
3. ΤΥΠΟΙ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ.....	4
4. ΠΗΓΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ.....	6
5. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ.....	8
6. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	9
7. ΠΟΡΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΕΩΣ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ.....	10
8. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	11
8.1 Εμπειρικές μέθοδοι ελέγχου.....	11
8.2 Στατιστικές μέθοδοι ελέγχου.....	11
8.3 Γραφικές μέθοδοι ελέγχου.....	12
9. ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΕΣ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	13
9.1. Μέθοδοι χωρικής παρεμβολής, βέλτιστη παρεμβολή.....	13
9.2. Περιοχοποίηση της υδρολογικής πληροφορίας (KRIGING) Αρχές της μεθόδου.....	13
9.3. Το ημιμεταβλητόγραμμα.....	15
9.4. Σημειακό KRIGING.....	16
9.5. Εφαρμογή του Kriging στα δεδομένα της υπόγειας υδρολογίας /υδρογεωλογίας.....	20
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	21
ΟΡΙΣΜΟΙ.....	22
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	24

Περίληψη

Σε κάθε μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους, όσο προσεκτικά και αν γίνει, μπορεί να υπάρχει κάποιο ποσοστό σφάλματος. Ανάλογα με το φυσικό μέγεθος και τον τρόπο μετρήσεώς του, τα πιθανά σφάλματα ποικίλουν. Ο έλεγχος και η αποκατάσταση των σφαλμάτων είναι απαραίτητα προκαταρκτικά βήματα πριν από την αποδοχή και από κάθε προσπάθεια για αξιοποίηση των δεδομένων. Αυτό όμως δεν είναι πάντα δυνατόν, ιδιαίτερα δε με τα υδρογεωλογικά δεδομένα και με αυτά που προέρχονται από γεωτρήσεις, διότι είναι συνήθως ανεξάρτητα και δεν μπορούν κατ'αρχήν να εφαρμοσθούν οι ίδιες μαθηματικές μέθοδοι για τον έλεγχο της αξιοπιστίας και για την ομογενοποίηση ή διόρθωση τους, όπως αυτές που εφαρμόζονται σε άλλες περιπτώσεις μετρήσεων.

Παρουσιάζεται μία ανάλυση τόσο για τις πιθανές πηγές σφαλμάτων όσο και για τις γενικές μεθόδους ελέγχου και αποκαταστάσεως των δεδομένων. Μία κατηγορία μεθόδων που υπό ορισμένες προϋποθέσεις θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι οι γεωστατιστικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής.

Για το μέλλον προκύπτει η ανάγκη για τυποποίηση των μετρήσεων και της διαδικασίας καταχώρησης των υδρογεωλογικών δεδομένων και την ανάπτυξη ενός "Εθνικού Δικτύου Γεωτρήσεων Αναφοράς".

Abstract

Measurements of any physical quantity are susceptible to errors. The type of errors depends both on the measured quantity and on the measurement method. Control and correction of errors are necessary preliminary steps before data acceptance and subsequent use. This is not always possible, especially with hydrogeological and water well data, because they are usually independent. Thus mathematical methods for homogenization and reliability control, which are applicable in many other cases, can not be applied here.

An analysis for the probable error sources and some general methods for the control and rehabilitation of the data are presented. One class of methods that, under certain conditions, could be used successfully in this very specific case, is the geostatistical methods for spatial interpolation.

For the future, the need for a standardization of data measuring and archiving processes, as well as the need for the development of "National Reference Network of Water Wells" become evident.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάθε μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους, όσο προσεκτικά και αν γίνει, εμπεριέχει πάντα κάποιο ποσοστό σφάλματος. Ανάλογα με το φυσικό μέγεθος και τον τρόπο μετρήσεώς του, τα πιθανά σφάλματα ποικίλουν. Προκειμένου να κάνει κανείς καλές μετρήσεις και να αποκομίσει χρήσιμα και αξιόπιστα δεδομένα, πρέπει να γνωρίζει τις πηγές των σφαλμάτων και να τις ελέγχει όσο είναι δυνατόν. Όταν απομακρυνθούμε από τον τόπο των μετρήσεων και πρέπει να αποφανθούμε για την ποιότητα ή την αξιοπιστία τους, τότε τα πράγματα δυσκολεύουν, διότι στο γραφείο, με μόνη διαθέσιμη πληροφορία τα δελτία καταγραφής των μετρήσεων, οι έλεγχοι που μπορούν να γίνουν είναι καθαρά "λογιστικοί" και σε καμία περίπτωση αντικειμενικά ουσιαστικοί.

Τα προβλήματα που παρουσιάζονται πιο συχνά στα δεδομένα και που μπορούν μεν να εντοπισθούν, αλλά προέρχονται από πάρα πολλές πιθανές πηγές σφαλμάτων, που δεν είναι εύκολο να ελεγχθούν, είναι η ανομοιογένεια και οι αποκλίσεις. Για να εκτιμηθεί το επίπεδο του σφάλματος και να επιχειρηθεί η διόρθωση των δεδομένων, η βασική ιδέα είναι να συγκριθούν ορισμένες από τις πληροφορίες που εμπεριέχουν με αυτές των δεδομένων από μετρήσεις σε "γειτονικά" σημεία στο χώρο ή με την εξέλιξη των μετρήσεων του ίδιου φυσικού μεγέθους στο ίδιο σημείο του χώρου, μέσα στο χρόνο. Οι συγκρίσεις, ανάλογα με την περίπτωση, έχουν τη μορφή στατιστικών ελέγχων, συσχετίσεων, εμπειρικών ή γραφικών μεθόδων, ή της αναλύσεως της δομής των δεδομένων στο χρόνο ή/και το χώρο.

Στα υδρογεωλογικά δεδομένα, καθώς και σε αυτά που προέρχονται από γεωτρήσεις, δεν μπορούν κατ'αρχήν να εφαρμοσθούν οι ίδιες μαθηματικές μέθοδοι για τον έλεγχο της αξιοπιστίας και για την ομογενοποίηση ή διόρθωση των δεδομένων, όπως αυτές που εφαρμόζονται σε άλλες περιπτώσεις στην υδρολογία, και βασίζονται σε μεγάλο αριθμό δεδομένων ή σε συνεχείς χρονοσειρές. Αυτό συμβαίνει διότι τα δεδομένα που προέρχονται κυρίως από γεωτρήσεις, δεν δημιουργούν γενικά χρονοσειρές, αφού δεν προέρχονται από συνεχείς μετρήσεις (άρα δεν έχουν με τι να συσχετισθούν στον χρόνο), και δεν είναι συνήθως ταυτόχρονα ή μετρημένα σε ομογενείς υδροφορείς, ώστε να μπορούν να συσχετισθούν μεταξύ τους στο χώρο.

2. ΤΥΠΟΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δεδομένα που θα καταχωρηθούν στη βάση δεδομένων μπορούν να διακριθούν από άποψη τύπου περιεχόμενης πληροφορίας στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Περιγραφικές πληροφορίες.

- α. Γεωγραφικές ονομασίες
- β. Ονόματα Υπηρεσιών
- γ. Ονόματα ιδιοκτητών γεωτρήσεων
- δ. Ονόματα τύπων γεωτρήσεων ή μηχανολογικού εξοπλισμού

2. Αριθμητικές πληροφορίες ανεξάρτητες

- α. Γεωγραφικές συντεταγμένες
- β. Υψόμετρα εδάφους
- γ. Βάθη γεωτρήσεων

3. Αριθμητικές πληροφορίες εξηρητημένες μεταξύ τους

- α. Πάχη γεωλογικών στρωμάτων - βάθος
- β. Διάμετροι γεωτρήσεων - διάμετροι σωληνώσεων
- δ. Παροχή γεωτρήσεων - διάμετροι σωληνώσεων

4. Αριθμητικές πληροφορίες εξηρητημένες από τον χώρο

- α. Θέση γεωτρήσεων
- β. Εκταση υδροφορέα

5. Αριθμητικές πληροφορίες εξηρητημένες από τον χρόνο

- α. Χρονοσειρές μετρήσεων παροχών (δοκιμαστικές αντλήσεις)
- β. Στάθμες
- δ. Φυσικές και χημικές παράμετροι ποιότητας νερού

6. Εικόνες, σκαριφήματα, διαγράμματα

Όλοι οι παραπάνω τύποι δεδομένων είναι ευαίσθητοι σε σφάλματα από την αρχική στιγμή της δημιουργίας τους (καταγραφή, μέτρηση, υπολογισμός, σχεδίαση) και μέχρι την τελική έκδοσή τους.

Οι περιγραφικές πληροφορίες και οι ανεξάρτητες αριθμητικές πληροφορίες είναι οι λιγότερο ευαίσθητες σε μη ανιχνεύσιμα και μη επανορθώσιμα σφάλματα, από τη μιά λόγω του χαρακτήρα τους, και από την άλλη λόγω της δυνατότητας ανιχνεύσεως με το μάτι και επανορθώσεως των σφαλμάτων με επαναπροσδιορισμό των πληροφοριών.

Στις εξηρημένες μεταξύ τους αριθμητικές πληροφορίες μπορεί να γίνει έλεγχος των σφαλμάτων και ενδεχομένως και αριθμητικός προσδιορισμός του μεγέθους του σφάλματος και διόρθωση, με βάση τις σχέσεις μεταξύ των πληροφοριών. Θεωρητικά, εφόσον οι πληροφορίες αυτές δεν εξαρτώνται από τον χρόνο, οι σχετικές μετρήσεις μπορούν να επαναληφθούν και, με τα καινούργια στοιχεία, να διορθωθούν ή να αποκατασταθούν τα σχετικά αρχεία. Στην πράξη αυτό δεν είναι πάντα δυνατό διότι το κόστος ή έστω και ο προγραμματισμός για την επανάληψη των μετρήσεων είναι απαγορευτικά, όπως συμβαίνει στις γεωτρήσεις, ή η παρεχόμενη πληροφορία, από βοηθητικές εργασίες, όπως στην περίπτωση των καταβάθως διασκοπήσεων των γεωτρήσεων (data logging) δεν δίνει ακριβώς τις παραμέτρους που ζητούμε, αλλά αυτές μπορούν μόνο εμμέσως να υπολογισθούν.

Στις εξηρημένες από τον χώρο αριθμητικές πληροφορίες μπορεί, σε πολλές περιπτώσεις, να γίνει έλεγχος επάνω στο χάρτη και να γίνουν και ορισμένες διορθώσεις.

Οι εξηρημένες από τον χρόνο αριθμητικές πληροφορίες αποτελούν τον κατ'εξοχή τύπο πληροφοριών που επιδέχονται ελέγχους και αυστηρές αντικειμενικές αναλύσεις της ποιότητας τους, αλλά συνήθως είναι αυτές που δεν μπορούν να επαναπροσδιοριστούν πρωτογενώς, εάν εξαρτώνται από απόλυτους χρόνους (ημερομηνίες). Σε ορισμένες περιπτώσεις ωστόσο είναι δυνατός ο επαναπροσδιορισμός τους όπως για παραδειγμα στις δοκιμαστικές αντλήσεις. Όταν μιλούμε για χρονοσειρές, πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι γενικά το σημείο μετρήσεων στο χώρο είναι σταθερό και καλά προσδιορισμένο, και ότι το φυσικό μέγεθος και το βήμα χρόνο που χρησιμοποιούμε σχετίζονται άμεσα. Χρονικό βήμα μεγαλύτερο από τη συχνότητα των διακυμάνσεων του φυσικού μεγέθους, όχι μόνο θα οδηγήσει σε απώλεια πληροφορίας αλλά και θα αλλοιώσει την πραγματική εικόνα της εξελίξεως του φαινομένου. Για το σκοπό αυτό πάντα στην αρχή των μετρήσεων και για μία περίοδο που θεωρείται δοκιμαστική, οι μετρήσεις γίνονται σε πιο πυκνά διαστήματα και εάν είναι δυνατόν και σε πιο πολλά σημεία. Κατόπιν, και εφόσον αποδειχθεί ότι η απαιτούμενη πληροφορία μπορεί να αποκτηθεί με ικανοποιητική ακρίβεια, αντιπροσωπευτικότητα και αξιοπιστία από μετρήσεις σε πιο αραιά διαστήματα, συστηματοποιούνται οι μετρήσεις με μεγαλύτερο χρονικό βήμα.

Στις εικόνες τα σκαριφήματα και τα διαγράμματα, πέρα από τα πιο συνηθισμένα σφάλματα της προχειρότητας και της κακής εμφανίσεως μπορεί να υπάρχουν και ουσιαστικά σφάλματα στην περιεχόμενη πληροφορία. Τα σφάλματα αυτά μπορούν να ανιχνευθούν κατά κανόνα οπτικά. Εάν οι παραπάνω τύποι γραφικής πληροφορίας προέρχονται από απεικόνιση αντίστοιχης αριθμητικής, τότε είναι δυνατή η χάραξη τους από την αρχή. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις που οι αριθμητικές πληροφορίες είναι στενά εξαρτημένες και προσδιορίζονται επάνω στις αντίστοιχες γραφικές ή οι γραφικές αυτές πληροφορίες είναι τελειώς ανεξάρτητες και χρονικά προσδιορισμένες (πχ. σκαρίφημα κεφαλής γεωτρήσεως σε κάποια παλαιότερη περίοδο) οπότε κάθε αποκατάσταση είναι πρακτικά ανέφικτη ή δεν μπορεί να γίνει παρά μετά από ολόκληρη σχετική μελέτη, και τότε βέβαια τίθεται το θέμα αν το σχετικό κόστος το επιτρέπει.

Για τον τύπο των μεταβλητών της υπόγειας υδρολογίας και της υδρογεωλογίας και τη μορφή με την οποία απαντούν στα αρχεία των διαφόρων υπηρεσιών, έχει γίνει μία εμπειριστατωμένη μελέτη στα πλαίσια του Υδροσκοπίου από την ομάδα του Υπουργείου Γεωργίας : "Αξιολόγηση πλήθους, μορφής και αξιοπιστίας διαθέσιμων δεδομένων υπόγειας υδρολογίας και υδρογεωλογίας", ΥΠΓΕ/Διεύθυνση Γεωλογίας και Υδρολογίας, Αθήνα 1992, αρ.τεύχους 7/1.

3. ΤΥΠΟΙ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Από άποψη τρόπου εμφάνισης τα σφάλματα αυτά μπορεί να είναι:

A. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΑ

Είναι τα σφάλματα που γίνονται κατ'εξακολούθηση και οφείλονται σε μία αιτία που προκαλεί μία σταθερή εκτροπή στις μετρήσεις. Η εκτροπή μπορεί να είναι απόλυτα ή αναλογικά σταθερή. Η αιτία μπορεί να είναι κάποια κακή κατασκευή ή ρύθμιση του οργάνου μετρήσεως, κάποια συνήθεια του παρατηρητή ή ακόμη και κάποιες ιδιαίτερες τοπικές συνθήκες που αλλοιώνουν τη γενική μορφή του φαινομένου που εξετάζεται.

B. ΤΥΧΑΙΑ

Οφείλονται σε τυχαίους παράγοντες και δεν παρουσιάζουν κανένα προσδιοριστικό χαρακτηριστικό ούτε στο χρόνο εμφάνισης τους, ούτε και στο μέγεθος τους.

Γ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΚΑΙ ΤΥΧΑΙΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ

Είναι τα σφάλματα που εμφανίζονται με κάποιο σταθερό ρυθμό ή σε χαρακτηριστικές περιόδους, αλλά όχι με προσδιοριστικό μέγεθος. Τα σφάλματα αυτά μπορεί να είναι εμφανή ή σχετικά εύκολα στην αποκάλυψή τους ή και να μὴν είναι δυνατόν να ανακαλυφθούν. Πάντως είναι δύσκολο να απαλειφθούν.

Από την άποψη της ανιχνεύσεως των σφαλμάτων μπορούμε να διακρίνουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις:

A. ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΟΦΘΑΛΜΟΦΑΝΗ

Είναι τα "χονδροειδή" σφάλματα όπου εμφανίζονται κάποιες τιμές που δεν είναι δυνατόν να εμφανιστούν είτε απολύτως είτε στη συγκεκριμένη συγκυρία, πχ. τιμές θερμοκρασίας πολύ χαμηλές το καλοκαίρι ή αρνητικές σε ροή με μεγάλη παροχή.

B. ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΠΟΚΑΛΥΠΤΟΝΤΑΙ ΕΥΚΟΛΑ ΟΠΤΙΚΑ ΜΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΣΕΙΡΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Είναι τα σφάλματα που εντοπίζονται όταν παραλληλισθούν δύο ή περισσότερες σειρές μετρήσεων για τις οποίες είναι γνωστό ότι υπάρχει κάποιος βαθμός συσχέτισης, πχ. τιμή στάθμης σε μία γεώτρηση πολύ διαφορετική από την τιμή της στάθμης σε γειτονικές γεωτρήσεις.

Γ. ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΑΠΟΚΑΛΥΦΘΟΥΝ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

Με την εφαρμογή βασικών στατιστικών μεθόδων ελέγχου, όπως είναι οι μέθοδοι της απλής και της διπλής αθροιστικής καμπύλης, η σύγκριση με τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση ή η σύγκριση τμημάτων χρονοσειράς, είναι δυνατόν να αποκαλυφθούν τιμές που παρουσιάζουν "ύποπτες" εκτροπές από τις κανονικές τιμές.

Δ. ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΔΥΝΑΤΟΝ ΝΑ ΑΠΟΚΑΛΥΦΘΟΥΝ ΜΕ ΚΑΝΕΝΑ ΤΡΟΠΟ

Τα σφάλματα που προέρχονται από αιτίες τελείως συμπτωματικές και τυχαίες και έχουν μέγεθος τέτοιο ώστε να μη γεννούν υποψίες ή εφόσον δεν υπάρχουν άλλες μετρήσεις αναφοράς, είναι πρακτικά αδύνατον να αποκαλυφθούν

4. ΠΗΓΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Οι πηγές των σφαλμάτων και οι συνθήκες εμφανίσεώς τους είναι πολλές και ποικίλες για κάθε μετρούμενη μεταβλητή. Η έκταση επίσης της "βλάβης" που προκαλούν στα δεδομένα και που μπορεί να είναι από ασήμαντη έως καταστροφική ποικίλλει. Δεν είναι δυνατόν να αναλυθούν εδώ σε έκταση γι'αυτό το λόγο και αναφέρονται μόνο επιγραμματικά.

1. Ο παρατηρητής
 - 1.α. Ενας παρατηρητής / Πολλοί παρατηρητές
 - 1.β. Παρατήρηση
 - 1.γ. Καταγραφή της παρατηρήσεως
2. Οργανο μετρήσεως
 - 2α. Ακρίβεια
 - 2.β. Ευαισθησία
 - 2.γ. Βαθμονόμηση
 - 2.δ. Βλάβη ή ελάττωμα
 - 2.ε. Καταλληλότητα
 - 2.στ. Επαναληπτικότητα
3. Δυνατότητα επαναλήψεως της μετρήσεως.
4. Δυνατότητα αναπαραγωγής του φυσικού φαινομένου.
5. Υπαρξη μεγέθους αναφοράς για τον έλεγχο των μετρήσεων.
6. Χρονικό και χωρικό βήμα παρατηρήσεων.
7. Πλήθος δεδομένων ώστε να μπορεί να εφαρμοσθεί έλεγχος ομογένειας.

Οι πλέον συνηθισμένες αιτίες σφαλμάτων είναι οι ακόλουθες:

1. Ακατάλληλος ή ακόμη και ασυνείδητος παρατηρητής:
 - Καθαρό "Μπαλαμούτι"
 - Μέτρηση κατ'εκτίμηση (με το μάτι)
 - Αποφυγή μετρήσεων ορισμένες ημέρες ή μήνες
 - Προτίμηση στην αναγραφή ορισμένων δεκαδικών ή και αριθμών ολόκληρων
 - Υπερεκτίμηση ή υποεκτίμηση
2. Λανθασμένη συμπλήρωση του πρωτότυπου μηνιαίου δελτίου:
 - Κακογραμμένο και δυσανάγνωστο ύψος βροχής

- Εγγραφή σε λάθος στήλη
- Εγγραφή με λάθος πλήθος δεκαδικών ψηφίων (περισσότερα ή λιγότερα)
- Εγγραφή σε λάθος ημέρα
- Παράλειψη ή λάθος καταγραφή χιονιού

3. Λάθη ή ελλείψεις στα ετήσια δελτία που συντάσσονται από την κεντρική, κατά περίπτωση υπηρεσία:

- Απώλεια δελτίων
- Λάθη στην αντιγραφή
- Μπέρδεμα σταθμών
- Λάθη στα αθροίσματα (μηνιαία,ετήσια)

4. Λάθη στην μηχανογράφηση (όταν υπάρχει)

5. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Η συστηματική ανίχνευση των σφαλμάτων μπορεί να γίνει μόνο με βάση τυποποιημένη διαδικασία ελέγχων και προκαταρκτικής επεξεργασίας των δεδομένων. Η διαδικασία αυτή γενικά πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

1. Έλεγχος του σημείου και των συνθηκών μετρήσεως
2. Έλεγχος της μεθόδου και των οργάνων μετρήσεως
3. Έλεγχος του τύπου του δελτίου καταγραφής των μετρήσεων και του τρόπου συμπληρώσεως του.
4. Έλεγχος για χονδροειδή σφάλματα
5. Έλεγχος για ύποπτες αποκλίσεις των τιμών
6. Έλεγχος με βάση σειρά αναφοράς (άν υπάρχει)
7. Έλεγχος χρονοσειράς (άν τα δεδομένα αποτελούν χρονοσειρά)
8. Πλέον σύνθετοι έλεγχοι με παρεμβολές στο χώρο και το χρόνο
9. Επαλήθευση με μαθηματικά μοντέλα και προσομοίωση

Χρειάζεται προσοχή κατά την ανίχνευση των σφαλμάτων να μην αποδοθούν σε σφάλμα αβασάνιστα κάθε τυχόν εκτροπή από τις "συνήθεις" ή τις "αναμενόμενες" τιμές μίας μεταβλητής, που μπορεί ωστόσο να μην είναι σφάλμα, αλλά αντίθετα εξαιρετική πραγματική πληροφορία. Μερικές από τις εξαιρετικές περιπτώσεις "περιέργων" τιμών σε μετρήσεις που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία είναι και οι ακόλουθες που παρατηρήθηκαν σε μετρήσεις στάθμης γεωτρήσεων και δοκιμές αντλήσεως [Walton 1970]:

1. Τοπικές διακυμάνσεις της στάθμης του υπόγειου υδατικού ορίζοντα κατά την περίοδο αναπτύξεως των φυτών, λόγω απωλειών από εξατμισοδιαπνοή.
2. Διακύμανση της στάθμης αρτεσιανών φρεάτων, που ακολουθεί τη διακύμανση της ατμοσφαιρικής πίεσεως.
3. Διακύμανση της στάθμης αρτεσιανών φρεάτων, με την επιβολή φορτίων στο έδαφος κοντά στο φρέαρ, π.χ. στην περίπτωση διελεύσεως σιδηροδρομικού συρμού, όταν το φρέαρ είναι δίπλα στις σιδηροδρομικές γραμμές.
4. Οι στάθμες σε πηγές και φρέατα που είναι κοντά σε λίμνες ή υδατορρέυματα παρουσιάζουν διακυμάνσεις ανάλογα με τη στάθμη του νερού σ'αυτές τις λίμνες και τα υδατορρέυματα, που δεν αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές διακυμάνσεις στη στάθμη του υπόγειου υδροφορέα ή δεν σχετίζονται με την εκμετάλλευση του υδροφορέα.
5. Σε περίοδο πριν ή κατά τη διάρκεια σεισμών έχει παρατηρηθεί μεταβολή της στάθμης ορισμένων φρεάτων. Επίσης αναφέρεται και μεταβολή της στάθμης φρεάτων σε ημερήσιο κύκλο λόγω "εδαφικών παλιρροιών".

6. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Τα ασφαμένα αρχεία μπορεί να επιδέχονται διορθώσεις και αποκατάσταση τους σε διαφορετικό βαθμό, ανάλογα με τα σφάλματα που περιέχονται και την σχέση του σταθμού μετρήσεων από τον οποίο προέρχονται με άλλους σταθμούς. Έτσι διακρίνουμε:

Α. ΑΡΧΕΙΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΑΜΕΛΗΤΕΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ

Β. ΑΡΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΠΙΔΕΧΟΝΤΑΙ ΠΛΗΡΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Γ. ΑΡΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΠΙΔΕΧΟΝΤΑΙ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Δ. ΑΡΧΕΙΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΠΙΔΕΧΟΝΤΑΙ ΚΑΜΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ

Η τυπική διαδικασία για την αποδοχή δεδομένων απαιτεί τον επιτυχή έλεγχο των δεδομένων και, εάν υπάρχουν διαπιστωμένα σφάλματα, η αποκατάσταση τους, εφόσον βέβαια είναι δυνατόν.

7. ΠΟΡΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΕΩΣ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ

Η διαδικασία συλλογής και εκδόσεως των υδρολογικών δεδομένων γενικά και των μετρήσεων σε υδρογεωτρήσεις ειδικότερα περιλαμβάνει πολλές διαδοχικές φάσεις, ποικίλες ενέργειες και σ'αυτήν εμπλέκονται πολλά πρόσωπα με διαφορετική τεχνική κατάρτιση και μορφωτικό επίπεδο. Σε μία τέτοια διαδικασία είναι φυσικό να παρουσιάζονται προβλήματα συντονισμού και ομοιομορφίας ως προς την απόδοση και ποιότητα της συνεισφοράς των συμμετεχόντων, που τελικά εμφανίζονται σαν σφάλματα στους τελικούς πίνακες των δεδομένων.

Η συνήθης πορεία των δεδομένων από την πηγή τους δηλαδή το καταγραφικό όργανο ή την μετρητική διάταξη έως την έκδοση τους είναι γενικά η ακόλουθη:

1. Παρατήρηση (μέτρηση) ή καταγραφή
2. Συμπλήρωση από τον παρατηρητή του ειδικού δελτίου ή του ημερήσιου δελτίου.
3. Συγκέντρωση των ειδικών δελτίων ή ημερήσιων δελτίων από την τοπική ή περιφερειακή υπηρεσία και σύνταξη συγκεντρωτικού ή μηνιαίου δελτίου.
4. Συγκέντρωση των συγκεντρωτικών ή μηνιαίων δελτίων από την κεντρική υπηρεσία. Ταξινόμηση, αρχειοθέτηση, προκαταρκτικός έλεγχος και σύνταξη ετήσιου δελτίου ή ειδικής εκθέσεως.
5. Έλεγχος των δεδομένων, αποκατάσταση σφαλμάτων, προκαταρκτική εκτύπωση και τελική έκδοση.

Όπως είναι φανερό σε κάθε ένα από τα παραπάνω βήματα είναι δυνατόν να επισυμβούν από "αθώα" μέχρι και καταστροφικά σφάλματα που όσο περισσότερον απομακρυνόμαστε από την πηγή των δεδομένων τόσο πιο δύσκολα ανιχνεύονται. Αυτό συμβαίνει διότι σε κάθε επόμενο βήμα η μόνη πληροφορία που μεταβιβάζεται είναι γενικά κάποιοι αριθμοί (τα δεδομένα), με μόνο τους οποίους δεν υπάρχει δυνατότητα παραστάσεως των συνθηκών της μετρήσεως. Ακόμη, αν υποθέσουμε ότι προστίθενται σ'αυτή την πορεία από βήμα σε βήμα και κάποια σφάλματα τότε δημιουργείται "θόρυβος" που είναι αδύνατο να αναλυθεί προσδιοριστικά.

8. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ανάλογα με τα δεδομένα (φυσικό μέγεθος, χρονική και χωρική κλίμακα, ύπαρξη σειράς, ύπαρξη ζευγών ή ομάδων κλπ.) μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες εμπειρικές ή στατιστικές μέθοδοι ελέγχου, ή ένας συνδυασμός τους, που συνήθως αποτελούν οι γραφικές μέθοδοι.

Τα κριτήρια με βάση τα οποία μπορεί να γίνουν αποδεκτά δεδομένα ή αντίθετα να απορριφθούν, προσδιορίζονται στην έκθεση του Υδροσκοπίου "κριτήρια για την αποδοχή ή όχι δεδομένων ...", τεύχος 7/3 του ΥΠΓΕ.

8.1 Εμπειρικές μέθοδοι ελέγχου

Οι μέθοδοι αυτές γενικά επιτρέπουν την ανίχνευση "χονδροειδών" σφαλμάτων και βασίζονται γενικά σε απλές σχέσεις διαφόρων μεταβλητών μεταξύ των. Παραδείγματα:

1. Διάμετρος σωληνώσεως γεωτρήσεως < Διάμετρο οπής γεωτρήσεως
2. Βάθος σωληνώσεως γεωτρήσεως < Βάθος οπής γεωτρήσεως
3. Παροχή γεωτρήσεως \leq Παροχή εγκατεστημένης αντλίας στη γεώτρηση

Τέτοιοι κανόνες μπορούν να επινοηθούν αρκετοί. Για να είναι όμως αποτελεσματικοί πρέπει να συνδεθούν με συγκεκριμένες διαδικασίες μετρήσεων και διαχείρισεως των δελτίων, με βάση και τις συνήθειες πρακτικές κάθε υπηρεσίας, δηλαδή ή θα πρέπει να επαφίνται στον εκάστοτε υπεύθυνο για τον έλεγχο των δεδομένων ή να συστηματοποιηθούν, αφού όμως πρώτα συστηματοποιηθούν και τυποποιηθούν οι μετρήσεις, τα δελτία και γενικά η λειτουργία της αρμόδιας υπηρεσίας.

8.2 Στατιστικές μέθοδοι ελέγχου

Εάν είναι δυνατή η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, και αυτό εξαρτάται κυρίως από το χαρακτήρα τους και τον διαθέσιμο αριθμό τους, τότε με την εφαρμογή παραμετρικών μεθόδων (προσαρμογή κατανομών, παραμετρικοί έλεγχοι) ή μη παραμετρικών μεθόδων (μη παραμετρικοί έλεγχοι) είναι δυνατός ο έλεγχος αυτών των δεδομένων. Τό πρόβλημα είναι ότι αυτοί οι έλεγχοι απαιτούν μεγάλο αριθμό πράξεων επάνω στα δεδομένα οπότε το ενδιαφέρον τους περιορίζεται σε δεδομένα που ήδη έχουν εισαχθεί στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Σύμφωνα με την διαθέσιμη πληροφορία σχετικά με τα δεδομένα που θα ενταχθούν στο ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ δεν είναι γενικά δυνατόν να εφαρμοσθούν τέτοιοι έλεγχοι στα δεδομένα της υπόγειας υδρολογίας και υδρογεωλογίας διότι ο αριθμός των διατιθέμενων μετρήσεων ανά σημείο εμφάνισης νερού είναι μικρός ή οι μετρήσεις είναι πολύ απομεμακρυσμένες χρονικά ώστε να υπάρχει βάσιμη αμφιβολία εάν αντιπροσωπεύουν την ίδια μεταβλητή (στατιστικά: αν ανήκουν στον ίδιο πληθυσμό). Για το λόγο αυτό απλά θα αναφερθούν χωρίς να γίνει ανάπτυξή τους ή πρόταση για εφαρμογή τους.

α. Μη παραμετρικές μέθοδοι

Ενας μη παραμετρικός στατιστικός έλεγχος βασίζεται σε ένα μοντέλο που προσδιορίζει μόνο γενικές συνθήκες και δεν εξετάζει την ειδική μορφή της στατιστικής κατανομής του δείγματος. Ετσι

υπάρχουν μη παραμετρικοί στατιστικοί έλεγχοι κατάλληλοι ακόμη και για ποιοτικά δεδομένα (με την έννοια ότι δεν εκφράζονται ποσοτικά).

Παραδείγματα μη παραμετρικών μεθόδων:

1. Σύγκριση πειραματικών συχνοτήτων μεταξύ ομάδων στο ίδιο δείγμα (δωονυμικός έλεγχος, έλεγχος χ^2 , έλεγχος περιόδων επάνω ή κάτω από μία τιμή [διατεταγμένα δεδομένα])
2. Σύγκριση πειραματικών συχνοτήτων μεταξύ διαφόρων δειγμάτων (Έλεγχος Fisher, έλεγχος χ^2 , έλεγχος της διαμέσου, έλεγχος περιόδων επάνω ή κάτω από μία τιμή [διατεταγμένα δεδομένα], έλεγχος Wilcoxon-Mann-Whitney, έλεγχος Kolmogorov-Smirnov)

β. Παραμετρικές μέθοδοι

Οι μέθοδοι αυτές προϋποθέτουν την προσαρμογή στατιστικών κατανομών στα δείγματα. Οι παράμετροι των κατανομών αυτών και η προσαρμογή των δεδομένων στις κατανομές, ελέγχονται στη συνέχεια, ώστε να αποδειχθεί αν υπάρχουν ανεξήγητες παρεκκλίσεις.

8.3 Γραφικές μέθοδοι ελέγχου

Εάν διαθέτουμε μερικές αξιόπιστες σειρές μετρήσεων σε διάφορα σημεία μίας περιοχής (ετήσια ή κατά παρέκκλιση μηνιαία δεδομένα), μπορούμε να κάνουμε ένα κάποιο έλεγχο μίας αμφίβολης σειράς με τη μέθοδο της διπλής αθροιστικής καμπύλης. Σύμφωνα με αυτήν εάν y είναι η αξιόπιστη σειρά και x η αμφίβολη σειρά, σχηματίζουμε το διάγραμμα των $x, x + x, \dots, x + x + \dots + x$ έναντι των $y, y + y, \dots, y + y + \dots + y$. Αυτό θα πρέπει να είναι με μεγάλη προσέγγιση ευθεία γραμμή. Εάν παρατηρηθεί αλλαγή κλίσεως από ένα σημείο και μετά μπορούμε να συμπεράνουμε ότι κάτι συνέβη στο ένα σημείο μετρήσεων, εκείνη την εποχή. Δεν μπορούμε όμως μόνο από αυτό τον έλεγχο να συμπεράνουμε εάν αυτό που άλλαξε ήταν η τεχνική της μετρήσεως ή ο παρατηρητής, οπότε πρόκειται για συστηματικό σφάλμα ή εάν πρόκειται για πραγματική αλλαγή στο φυσικό μέγεθος που μετρούμε

Μία "απλοποίηση" της μεθόδου της διπλής αθροιστικής καμπύλης, είναι η μέθοδος της απλής αθροιστικής καμπύλης. Στην περίπτωση αυτή έχουμε μόνο μία σειρά δεδομένων και την σειρά των δεικτών (σειρά κατατάξεως) των δεδομένων. Σχηματίζουμε το διάγραμμα των $x, x + x, \dots, x + x + \dots + x$ έναντι των δεικτών 1, 2, 3, ..., v . Αυτό θα πρέπει να είναι σε προσέγγιση ευθεία γραμμή. Εάν παρατηρηθεί αλλαγή κλίσεως τότε πιθανόν να υπάρχει ανομοιογένεια στα δεδομένα.

Στην περίπτωση κανονικής χρονοσειράς δεδομένων, το πρώτο βήμα που πρέπει να γίνει για τον έλεγχο, αλλά και για την κατανόηση γενικά των δεδομένων, είναι η χάραξη του διαγράμματος με άξονα τον χρόνο. Σ'ένα τέτοιο διάγραμμα φαίνεται αμέσως κάθε ανωμαλία ή παρέκκλιση, εάν δε υπάρχουν και "παράλληλες" σειρές δεδομένων, τότε η χάραξη τους με παραλλήλους άξονες μπορεί να υποδείξει σημεία σφαλμάτων, ακόμη και όταν οι σειρές παρουσιάζουν σημαντική μεταβλητότητα στον χρόνο.

9. ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΕΣ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

9.1. Μέθοδοι χωρικής παρεμβολής, βέλτιστη παρεμβολή

Η παρεμβολή στο χώρο αποτελεί ένα σημαντικό αντικείμενο μελέτης στη χαρτογραφία και σε όσους τομείς της επιστήμης είναι αναγκαία η εκτίμηση της μορφής που έχει στο χώρο η επιφάνεια των τιμών μιας μεταβλητής που μετρήθηκε μόνο σε ορισμένα σημεία, η εξομάλυνση της και, αν είναι δυνατόν, η έκφραση της από μια μαθηματική σχέση των χωρικών συντεταγμένων. Το τελικό αποτέλεσμα της χωρικής παρεμβολής για μια μεταβλητή είναι η παραγωγή ενός χάρτου με "ισαριθμικές" ή "ισοπληθείς", και για την περίπτωση των υψών βροχής "ισοϋέτιες", καμπύλες. Όταν πρόκειται για μετρήσεις στη φύση, τα σημεία των μετρήσεων δεν ακολουθούν γενικά κανονική διάταξη στο χώρο, αλλά εντοπίζονται σε θέσεις ή περιοχές που για διάφορους λόγους προτιμήθηκαν. Γιαυτό συνήθως γίνεται μία πρώτη παρεμβολή και υπολογισμός των τιμών στους κόμβους ενός αυθαίρετου καννάβου που επιλέγεται έτσι ώστε να εξυπηρετεί καλύτερα τον επιδιωκόμενο κατά περίπτωση σκοπό. Στην περίπτωση αυτή, η παραπέρα χωρική παρεμβολή γίνεται απλούστερη, αφού περιορίζεται στο εσωτερικό των βρόχων του καννάβου ή στα διαστήματα μεταξύ δύο γειτονικών κόμβων του καννάβου.

Σε κάθε περίπτωση όμως παρεμβολής, επιδιώκεται η κατα το δυνατόν πιο πιστή εκτίμηση της επιφάνειας της μεταβλητής, με την καλύτερη αξιοποίηση των μετρήσεων και με κάποια εκτίμηση του πιθανού σφάλματος. Έτσι η σύγκριση των διαφόρων μεθόδων μπορεί να γίνει με βάση το πόσο καλά η κάθε μέθοδος ικανοποιεί τα ακόλουθα κριτήρια :

1. Η εκτίμηση σε κάθε σημείο να είναι αμερόληπτη και το σφάλμα σ'αυτή ή τουλάχιστον το μέσο σφάλμα για όλη την περιοχή, όπου γίνεται η εκτίμηση, να είναι το ελάχιστο.
2. Η τιμή της εκτιμήσεως της μεταβλητής στα σημεία όπου υπάρχουν μετρήσεις να είναι η ίδια με τη μετρομένη τιμή.
3. Να μπορεί να εκτιμηθεί το μέτρο για την ακρίβεια της εκτιμήσεως, δηλαδή τα όρια εμπιστοσύνης ή η διακύμανση της εκτιμήσεως.
4. Η μέθοδος να μπορεί να εφαρμοσθεί σε αυτόματο υπολογισμό με ηλεκτρονικό υπολογιστή

Μία μέθοδος που ικανοποιεί το πρώτο κριτήριο ονομάζεται "βέλτιστη παρεμβολή". Στη διεθνή βιβλιογραφία οι γραμμικές μέθοδοι βέλτιστης παρεμβολής αναφέρονται ως BLUE (Best Linear Unbiased Estimation). Η πιο γνωστή μέθοδος, που έτυχε γενικής αποδοχής και έχει πλήρη θεωρητική τεκμηρίωση και επιβεβαίωση μέσα από ποικίλες εφαρμογές, είναι η μέθοδος Kriging που παρουσιάζεται στη συνέχεια

9.2. Περιοχοποίηση της υδρολογικής πληροφορίας (KRIGING) Αρχές της μεθόδου

Η έννοια της περιοχοποιημένης μεταβλητής δηλώνει τη φυσική ιδιότητα να έχει η μεταβλητή χαρακτήρα ενδιάμεσο, ανάμεσα στην πραγματικά τυχαία μεταβλητή και την τελείως προσδιοριστική μεταβλητή. Αυτή η περίπτωση παρουσιάζεται σε πολλά φαινόμενα που εξελίσσονται στο χώρο και η γραφική απεικόνιση της χαρακτηριστικής μεταβλητής είναι μία συνεχής επιφάνεια.

Σ' αυτή την περίπτωση τα κοντινά σημεία παρουσιάζουν συσχέτιση, αφού η μεταβλητή περιγράφει μία συνεχή επιφάνεια, αλλά απομακρυσμένα μεταξύ των σημεία δεν έχουν καμία απολύτως συσχέτιση. Έτσι μπορούμε να διακρίνουμε "τοπικά" χαρακτηριστικά της μεταβλητής που μας επιτρέπουν τον καλύτερο προσδιορισμό της "κατά περιοχές".

Ο βαθμός της χωρικής συνέχειας μιας περιοχοποιημένης μεταβλητής μπορεί να παρασταθεί από ένα διάγραμμα του τύπου X-Y όπου στον άξονα των x είναι η απόσταση και στον άξονα των y είναι το ήμισυ της διασποράς της περιοχοποιημένης μεταβλητής για απόσταση των σημείων του πεδίου ίση με x. Η συνάρτηση αυτή και η γραφική της παράσταση καλείται "ημιμεταβλητόγραμμα".

Εάν σε μία περιοχή έχουμε τιμές μίας μεταβλητής σε διάφορα σημεία, γενικά με τυχαία διάταξη στο χώρο, μπορούμε να προσδιορίσουμε το ημιμεταβλητόγραμμα της μεταβλητής αυτής και κατόπιν να εκτιμήσουμε την τιμή της σε κάθε άλλο σημείο του χώρου, όπου δεν έχει μετρηθεί, με τη μέθοδο KRIGING. Το όνομα της μεθόδου δόθηκε προς τιμή του Νοτιοαφρικανού μεταλλειολόγου μηχανικού D.G.Krige, που είναι πρωτοπόρος στην εφαρμογή στατιστικών μεθόδων στη διερεύνηση των κοιτασμάτων ορυκτών.

Ο προσδιορισμός των τιμών της μεταβλητής σε σημεία που δεν έχουν γίνει μετρήσεις μπορεί να γίνει και με άλλες μεθόδους όπως η γραμμική ή η πολυωνυμική παρεμβολή στον χώρο. Το Kriging όμως, παρουσιάζει μερικές βέλτιστες, από στατιστική άποψη, ιδιότητες, από τις οποίες οι δύο σημαντικότερες είναι η αποφυγή της μεροληπτικής εκτιμήσεως στην περίπτωση συσσωρεύσεως σημείων με μετρήσεις σε ορισμένες θέσεις και η εκτίμηση σε κάθε σημείο, του μέτρου του σφάλματος ή της αβεβαιότητας για την επιφάνεια που υπολογίστηκε.

Το Kriging λειτουργεί με τον υπολογισμό ενός βέλτιστου συνδυασμού σταθμικών συντελεστών (βαρών), με βάση την πληροφορία που περιέχεται στο ημιμεταβλητόγραμμα. Εφόσον το ημιμεταβλητόγραμμα είναι συνάρτηση της αποστάσεως, οι σταθμικοί συντελεστές μεταβάλλονται σύμφωνα με τη γεωμετρική κατανομή των σημείων των μετρήσεων στο χώρο [Davis J.C., 1985].

9.3. Το ημιμεταβλητόγραμμα

Σε ένα πεδίο μεταβολής ενός φυσικού μεγέθους συνήθως δεν γνωρίζουμε την τιμή της μεταβλητής που εκφράζει αυτό το φυσικό μέγεθος παρά σε λίγα σημεία. Ακόμη δεν είναι δυνατόν να εκφράσουμε κατά τρόπο γενικό, πέρα από τις μέσες τιμές και τις επιφάνειες χωρικής τάσεως, τις τιμές που θα πάρει η μεταβλητή σε κάθε σημείο του πεδίου. Όμως είναι δυνατόν να εκφρασθεί ο ρυθμός μεταβολής της μεταβλητής κατά μία ορισμένη κατεύθυνση, ή και γενικά, αδιάφορα από την κατεύθυνση, αν το πεδίο είναι ισότροπο. Η έκφραση αυτής της ιδιότητας μιας περιοχοποιημένης μεταβλητής γίνεται από την ημιδιακύμανση που αποδίδει το βαθμό της χωρικής εξαρτήσεως των τιμών της μεταβλητής που απέχουν μεταξύ τους απόσταση h . Γίνεται δηλαδή δεκτό ότι η μεταβολή, που παρουσιάζει η μεταβλητή, από σημείο σε σημείο στο χώρο, εξαρτάται από την απόσταση των σημείων μεταξύ των και όχι από την απόλυτη θέση τους στο χώρο. Αυτό είναι γνωστό σαν "εσωτερική υπόθεση", που τη δεχόμαστε για το πεδίο, και που πράγματι ισχύει σε πολλές περιπτώσεις. Γίνεται δηλαδή η παραδοχή ότι ακόμη και αν η διακύμανση της μεταβλητής $C(0)$ δεν είναι πεπερασμένη, η διακύμανση των αυξημάτων πρώτης τάξεως της μεταβλητής είναι πεπερασμένη και τα αυξήματα αυτά είναι στάσιμα β' τάξεως, δηλαδή ότι οι διαφορές $[Z(x+h)-Z(x)]$ ικανοποιούν τις συνθήκες :

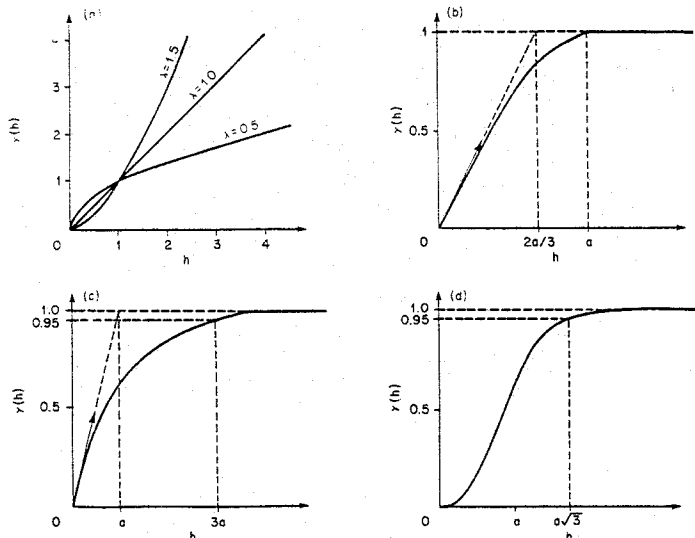
$$\left. \begin{aligned} E [Z(x+h) - Z(x)] &= m(h) \\ \text{Var} [Z(x+h) - Z(x)] &= 2\gamma(h) \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{είναι συναρτήσεις του } h \text{ και} \\ \text{όχι του } x \end{array}$$

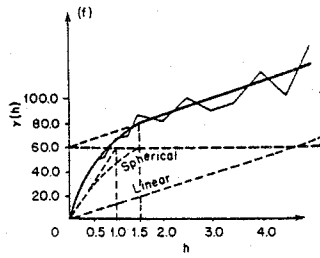
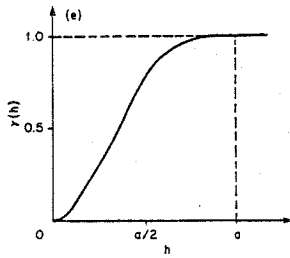
όπου Z είναι η περιοχοποιημένη μεταβλητή, x είναι η συνοπτική έκφραση των συντεταγμένων ενός σημείου στο 1-, 2- ή 3-διάστατο χώρο, και h είναι κάποια απόσταση μεταξύ δύο σημείων στο χώρο.

Εάν η ημιδιακύμανση υπολογισθεί για διάφορες αποστάσεις h , συνήθως πολλαπλάσιες κάποιου βήματος στο χώρο, Δh , μπορεί να χαραχθεί ένα διάγραμμα $\gamma(h)$, ανάλογο προς το συσχετόγραμμα, που καλείται ημιμεταβλητόγραμμα. Στην περίπτωση που το φυσικό φαινόμενο είναι στάσιμο στον χώρο τότε μπορούμε να εκφράσουμε το ημιμεταβλητόγραμμα σαν συνάρτηση της συνδιακυμάνσεως, και αυτή η έκφραση του μας δίνει μία απλούστερη εικόνα του τί πραγματικά είναι το ημιμεταβλητόγραμμα :

$$\gamma(h) = C(0) - C(h)$$

Επειδή το "πειραματικό ημιμεταβλητόγραμμα" που προκύπτει από τα δεδομένα παρουσιάζει διακυμάνσεις που οφείλονται σε σφάλματα των μετρήσεων, γίνεται η προσαρμογή του σε κάποιο θεωρητικό πρότυπο ημιμεταβλητόγραμμα, που εκφράζεται από μία ή περισσότερες εξισώσεις. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κυριότερα πρότυπα ημιμεταβλητογράμματα από τον [De Marsily G., 1986].





(a) model in h^2	ωh^2	$\lambda < 2$
(b) spherical model	$\omega \left[\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right]$	$h < a$
	ω	$h > a$
(c) exponential model	$\omega [1 - \exp(-h/a)]$	
(d) Gaussian model	$\omega (1 - \exp[-(h/a)^2])$	
(e) cubic model	$\omega \left[7 \left(\frac{h}{a} \right) - 8.75 \left(\frac{h}{a} \right)^3 + 3.5 \left(\frac{h}{a} \right)^5 - 0.75 \left(\frac{h}{a} \right)^7 \right]$	$h < a$
	ω	$h > a$
(f) fitting on a "linear plus spherical" model (example)		
	$13.3 h + 60 \left[\frac{3}{2} \left(\frac{h}{1.5} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{1.5} \right)^3 \right]$	$h < 1.5$
	$13.3 h + 60$	$h > 1.5$

9.4. Σημειακό KRIGING

Το σημειακό Kriging είναι η απλούστερη μορφή Kriging όπου οι παρατηρήσεις αποτελούν μετρήσεις σε αδιάστατα σημεία και οι εκτιμήσεις γίνονται σε άλλα αδιάστατα σημεία. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στην κατασκευή χαρτών, όπου για να χαράξουμε τις ισοϋψείς υπολογίζουμε προηγουμένως τις τιμές της επιφάνειας επάνω στους κόμβους ενός πυκνού καννάβου.

Για να απλοποιήσουμε το πρόβλημα, υποθέτουμε ότι η μεταβλητή που θα χαρτογραφηθεί είναι στάσιμη και ελεύθερη από τάση. Η τιμή της σε σημείο όπου αυτή δεν έχει μετρηθεί, μπορεί να εκτιμηθεί σαν τη σταθμισμένη μέση τιμή των γνωστών παρατηρήσεων, Πχ.:

$$\hat{Y}_p = \sum W_i Y_i$$

Είναι αναμενόμενο η εκτίμηση της τιμής της μεταβλητής Y να διαφέρει από την πραγματική, αλλά άγνωστη, τιμή Y κατά ένα ποσό που ονομάζουμε σφάλμα εκτιμήσεως.

$$\varepsilon_p = (\hat{Y}_p - Y_p)$$

Εάν οι σταθμικοί συντελεστές που χρησιμοποιούνται στην εξίσωση για την εκτίμηση έχουν άθροισμα μονάδα, τότε, αφού δεν υπάρχει τάση, η εκτίμηση είναι αμερόληπτη. Αυτό, για μεγάλο αριθμό σημείων, οδηγεί σε μηδενικό μέσο σφάλμα, αφού τα αρνητικά και τα θετικά σημειακά σφάλματα θα εξισορροπούνται. Όμως, αν και το μέσο σφάλμα θα είναι μηδέν, οι εκτιμήσεις μπορεί να κυμαίνονται πολύ γύρω από τις ορθές τιμές. Αυτή η διακύμανση εκφράζεται από τη διακύμανση σφάλματος:

$$s_\varepsilon^2 = \frac{\sum (\hat{Y}_p - Y_p)^2}{n}$$

ή την τετραγωνική ρίζα της, το τυπικό σφάλμα εκτιμήσεως :

$$s_\varepsilon = \sqrt{s_\varepsilon^2}$$

Φαίνεται αυτονόητο, αλλά αποδεικνύεται κιόλας ότι στην εκτίμηση ενός σημείου τα πλησιέστερα σημεία παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη επιρροή από ότι τα μακρυνότερα. Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να εκτιμήσουμε την τιμή του Y στο σημείο p από τρία γειτονικά σημεία, χρησιμοποιώντας σαν εκτιμητή το σταθμισμένο μέσο των τριών αυτών τιμών :

$$\hat{Y}_p = W_1 Y_1 + W_2 Y_2 + W_3 Y_3$$

Για να είναι αμερόληπτη η εκτίμηση, όταν δεν υπάρχει τάση, το άθροισμα των W πρέπει να είναι $\sum W_i = 1$. Εάν το $W_1 = 1$ τότε τα W_2 και W_3 είναι ίσα με μηδέν, δηλαδή :

$$\hat{Y}_p = 1.0 Y_1 + 0.0 Y_2 + 0.0 Y_3$$

ή

$$\hat{Y}_p = Y_1$$

Προφανώς το σφάλμα εκτιμήσεως θα είναι :

$$\varepsilon = Y_p - Y_1$$

αφού το Y_1 είναι εκτίμηση του Y_p . Εάν και οι τιμές σε πολλές άλλες θέσεις όπως η Y_p εκτιμηθούν από σημεία διατεταγμένα χωρικά κατά τρόπο παρόμοιο με το Y_1 , η διακύμανση της εκτιμήσεως μπορεί να υπολογισθεί σαν τη μέση τετραγωνική διαφορά μεταξύ των ζευγών σ' αυτά τα σημεία. Για ευκολία ας ονομάσουμε αυτές τις άλλες θέσεις, όπου έγινε εκτίμηση, Y_{p_i} και τα άλλα σημεία εκτιμητές, Y_{1_i} . Τότε

$$s_\varepsilon^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{p_i} - Y_{1_i})^2$$

που είναι δύο φορές η ημιδιακύμανση για απόσταση ίση με την απόσταση που χωρίζει τα Y_{p_i} και Y_{1_i} .

Διαλέξαμε έναν ορισμένο συνδυασμό για τον υπολογισμό των σταθμικών συντελεστών και τον υπολογισμό του σφάλματος εκτιμήσεως. Υπάρχει μία απειρία άλλων δυνατών συνδυασμών σταθμικών συντελεστών, καθένας από τους οποίους θα δώσει μία διαφορετική εκτίμηση και ένα διαφορετικό σφάλμα. Υπάρχει ωστόσο μόνον ένας συνδυασμός που δίνει το ελάχιστο σφάλμα εκτιμήσεως. Αυτόν το μοναδικό συνδυασμό προσπαθεί να βρεί η μέθοδος Kriging.

Οι βέλτιστες τιμές για τους σταθμικούς συντελεστές μπορούν να βρεθούν επιλύοντας ένα σύστημα γραμμικών εξισώσεων που συμπεριλαμβάνει τιμές από το ημιμεταβλητόγραμμα της μεταβλητής που πρόκειται να εκτιμηθεί. Οι σταθμικοί συντελεστές είναι βέλτιστοι κατά την έννοια ότι οι εκτιμήσεις που προκύπτουν είναι αβίαστες και έχουν την ελάχιστη διακύμανση εκτιμήσεως. Κανένας άλλος γραμμικός συνδυασμός των παρατηρήσεων δεν μπορεί να δώσει εκτιμήσεις με τόσο μικρή διασπορά γύρω από τις πραγματικές τιμές.

Στην απλούστερη περίπτωση θέλουμε να εκτιμήσουμε, την τιμή Y σε ένα σημείο p από τρεις παρατηρήσεις Y_1 , Y_2 και Y_3 . Από την εξίσωση του Kriging πρέπει να βρεθούν τρεις σταθμικοί συντελεστές W_1 , W_2 και W_3 . Αυτό απαιτεί την επίλυση του παρακάτω συστήματος των εξισώσεων :

$$\begin{aligned} W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + W_3\gamma(h_{13}) &= \gamma(h_{1p}) \\ W_1\gamma(h_{12}) + W_2\gamma(h_{22}) + W_3\gamma(h_{23}) &= \gamma(h_{2p}) \\ W_1\gamma(h_{13}) + W_2\gamma(h_{23}) + W_3\gamma(h_{33}) &= \gamma(h_{3p}) \end{aligned}$$

Με το συμβολισμό $\gamma(h_{ij})$ παρίσταται η ημιδιακύμανση για την απόσταση h μεταξύ των σημείων i και j .

Χρειάζεται και μία τετάρτη εξίσωση για να εξασφαλισθεί ότι το άθροισμα των σταθμικών συντελεστών θα είναι μονάδα :

$$W_1 + W_2 + W_3 = 1$$

Επειδή τώρα έχουμε τέσσερις εξισώσεις με μόνο τρεις αγνώστους χρησιμοποιούμε μία τέταρτη μεταβλητή, τον πολλαπλασιαστή Lagrange λ , που μπορεί να μας εξασφαλίσει το ελάχιστο σφάλμα :

$$\begin{aligned} W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + W_3\gamma(h_{13}) + \lambda &= \gamma(h_{1p}) \\ W_1\gamma(h_{12}) + W_2\gamma(h_{22}) + W_3\gamma(h_{23}) + \lambda &= \gamma(h_{2p}) \\ W_1\gamma(h_{13}) + W_2\gamma(h_{23}) + W_3\gamma(h_{33}) + \lambda &= \gamma(h_{3p}) \\ W_1 + W_2 + W_3 + 0 &= 1 \end{aligned}$$

Και σε μητρική μορφή :

$$\begin{bmatrix} \gamma(h_{11}) & \gamma(h_{12}) & \gamma(h_{13}) & 1 \\ \gamma(h_{21}) & \gamma(h_{22}) & \gamma(h_{23}) & 1 \\ \gamma(h_{31}) & \gamma(h_{32}) & \gamma(h_{33}) & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(h_{1p}) \\ \gamma(h_{2p}) \\ \gamma(h_{3p}) \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{ή} \quad [A] \cdot [W] = [B]$$

Εφόσον προσδιοριστούν οι σταθμικοί συντελεστές, η εκτίμηση για το σημείο p θα είναι :

$$\hat{Y}_p = W_1Y_1 + W_2Y_2 + W_3Y_3$$

και η διακύμανση της εκτιμήσεως είναι:

$$s_e^2 = W_1\gamma(h_{1p}) + W_2\gamma(h_{2p}) + W_3\gamma(h_{3p}) + \lambda$$

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εξίσωση, η διακύμανση της εκτιμήσεως είναι ουσιαστικά το σταθμισμένο άθροισμα των ημιδιακυμάνσεων, για τις αποστάσεις των σημείων που χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση, συν ένας σταθερός όρος λ . Εδώ φαίνονται τα κύρια πλεονεκτήματα του Kriging

έναντι των άλλων μεθόδων παρεμβολής στο χώρο, που χρησιμοποιούνται στη χαρτογραφία, που είναι το ελάχιστο δυνατό κατά μέσον όρο σφάλμα στην εκτίμηση στο πεδίο, και η αναλυτική έκφραση αυτού του σφάλματος για κάθε σημείο του χώρου στον οποίο γίνεται η εκτίμηση. Αυτό επιτρέπει από τη μια τη βέλτιστη παρεμβολή στο χώρο και από την άλλη τον εντοπισμό των σημείων όπου η παρεμβολή σημείων μετρήσεων πλέον, και όχι απλά εκτιμήσεων, θα βελτιώσει την εκτίμηση της μεταβλητής Y στο πεδίο.

9.5. Εφαρμογή του Kriging στα δεδομένα της υπόγειας υδρολογίας /υδρογεωλογίας.

Το Kriging, όπως αναφέρθηκε παραπάνω επιτρέπει την βέλτιστη εκτίμηση τιμών σε σημεία ενός πεδίου του οποίου είναι γνωστή (μετά από ανάλυση) η δομή (ημιμεταβλητόγραμμα), καθώς και την εκτίμηση των περιοχών όπου λόγω της μορφής του πεδίου και της διατάξεως ή πυκνότητας των σημείων μετρήσεως παρουσιάζεται το μέγιστο σφάλμα εκτιμήσεως.

Με βάση τα παραπάνω αποτελεί μία πολύ καλή μέθοδο για να επιχειρήσουμε σε ένα πεδίο τα ακόλουθα:

1. Γενική εκτίμηση της καταστάσεως του πεδίου μετρήσεων
2. Συμπλήρωση των κενών σε σειρές μετρήσεων στα βασικά σημεία (σταθμούς) στο πεδίο.
3. Πύκνωση των σημείων που παριστούν το πεδίο και εκτίμηση των τιμών σε σημεία σε κανονική διάταξη σε κάρναβο.
4. Εκτίμηση της ποιότητας του δικτύου μετρήσεων
5. Προσδιορισμό των θέσεων για την πύκνωση του δικτύου ή για τον βέλτιστο επανασχεδιασμό του δικτύου.

Επειδή όλες οι παραπάνω ενέργειες γίνονται γενικά με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, είναι εύκολο να γίνουν σημαντικά σφάλματα αν δεν υπάρχει εμπειρία, δεν δοθεί αυξημένη προσοχή και δεν χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες μέθοδοι και τα κατάλληλα προγράμματα αυτοματοποιημένου υπολογισμού.

Ανάμεσα στα βασικά σημεία που πρέπει να δοθεί προσοχή, μπορούν να τονιστούν εδώ τα ακόλουθα:

1. Η μέθοδος Kriging στη συνηθισμένη μορφή της, είναι μία μέθοδος βέλτιστης χωρικής παρεμβολής και δεν έχει καμία σχέση με τη χρονική δομή του πεδίου των μετρήσεων. Αυτό σημαίνει ότι οι τιμές που θα χρησιμοποιηθούν κατά την εφαρμογή της πρέπει να έχουν μετρηθεί ταυτόχρονα. Δεν είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί επιστημονικά το Kriging σε τιμές που συγκεντρώθηκαν πρόχειρα σε μία μεγάλη χρονική περίοδο. Ο υπολογιστής θα το κάνει και θα δώσει μάλιστα και αποτελέσματα, όμως αυτά θα είναι άχρηστα, και δεν θα υπάρξει η παραμικρή προειδοποίηση γι'αυτό.

2. Ο αυτόματος υπολογισμός του ημιμεταβλητογράμματος εμπεριέχει πολλούς κινδύνους. Επειδή πρέπει να εκτιμηθεί ταυτόχρονα ο τύπος του ημιμεταβλητογράμματος και οι παράμετροι του, καθώς και οι περιπτώσεις ανομοιογένειας και ανισοτροπίας του πεδίου, δεν πρέπει να υπάρχει καμμία εμπιστοσύνη σε προγράμματα αυτοματοποιημένου υπολογισμού, τουλάχιστον μέχρι να επιβεβαιωθούν οι δυνατότητες και οι περιορισμοί τους, από τους ίδιους τους χρήστες.

3. Ο προσδιορισμός της εκτάσεως (επιφάνειας) που θα θεωρηθεί ως ένα και το αυτό πεδίο πρέπει να γίνει με προσοχή. Η περιοχοποίηση που δεν θα ληφθεί υπ'όψη, μπορεί να εισαγάγει μεγάλα σφάλματα ή αστάθεια στις εκτιμήσεις Kriging του αυτοματοποιημένου υπολογισμού.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στην έκθεση αυτή προκύπτει ότι, για τα δεδομένα της υπόγειας υδρολογίας και υδρογεωλογίας που έχουν μέχρι σήμερα συλλεγεί, λόγω της φύσεως των υδρογεωλογικών δεδομένων και της υπάρχουσας καταστάσεως των αρχείων,

1. Λίγα πράγματα μπορούν να γίνουν σχετικά με τον έλεγχο των υδρογεωλογικών δεδομένων στο γραφείο. Εκτός από τις περιπτώσεις χονδροειδών σφαλμάτων που αποκαλύπτονται και προσδιορίζονται εύκολα, στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, είτε δεν μπορούν καν να ανιχνευθούν μετά την απομάκρυνση από το σημείο των μετρήσεων, είτε δεν μπορεί κανείς να αποφανθεί με βεβαιότητα για το εάν μία ασυνήθιστη ένδειξη πρόκειται για σφάλμα ή για ιδιαίτερου ενδιαφέροντος απόκλιση στο ίδιο το μετρούμενο φυσικό φαινόμενο.

2. Η αποκατάσταση των υδρογεωλογικών δεδομένων είναι τις περισσότερες φορές ανέφικτη, αφού δεν είναι δυνατός, σύμφωνα και με τα παραπάνω, ούτε ο προσδιορισμός της ταυτότητας, αλλά ούτε και η πραγματική έκταση των σφαλμάτων.

Η αόριστη ευχή "να γίνονται προσεκτικά οι μετρήσεις" προφανώς δεν λύνει το πρόβλημα. Για τα υπάρχοντα δεδομένα η μόνη εφαρμόσιμη λύση είναι είτε να επιλεγούν, με βάση την εμπειρία των επιφορτισμένων στελεχών των υπηρεσιών, τα πλέον αξιόπιστα και σε αριθμό μόνο τα τελείως απαραίτητα για εισαγωγή στη βάση δεδομένων, είτε να εισαχθούν στη βάση όσα δεν είναι προφανώς εσφαλμένα, μαζί με κάποιο διακριτικό σημείο (flag) που θα υποδηλώνει τον βαθμό αξιοπιστίας και ποιότητας τους. Η δεύτερη λύση είναι και η προτιμότερη, διότι εφόσον το διακριτικό σημείο ενταχθεί στον κωδικό της σειράς μετρήσεων, επιτρέπει την αξιοποίηση της ακόμη και στην περίπτωση που αυτή παρουσιάζει σφάλματα και ελλείψεις, είτε με προσεκτική χρησιμοποίηση της, είτε και ως καθαρά "ποιοτική" ή έστω "ενδεικτική" πληροφορία, είτε ακόμη και για την εξαγωγή στατιστικών στοιχείων, σχετικών με την ποιότητα του συστήματος συλλογής μετρήσεων.

Για το μέλλον προκύπτει η ανάγκη για τυποποίηση των μετρήσεων και της διαδικασίας καταχωρήσεως των υδρογεωλογικών δεδομένων και για ανάπτυξη ενός Εθνικού δικτύου γεωτρήσεων αναφοράς. Είναι καλύτερο να υπάρχουν αξιόπιστες μετρήσεις σε λίγα σημεία και η αναγωγή τους σε μεγαλύτερες περιοχές να γίνεται με κάποια μαθηματική μέθοδο ή υδρολογικό μοντέλο, με όποιες αδυναμίες αυτό συνεπάγεται, παρά να βρίσκεται κάθε φορά ο ενδιαφερόμενος κυριολεκτικά "βουτηγμένος" σε μία θάλασσα αναξιόπιστων και συχνά αλληλοσυγκρουόμενων δεδομένων.

ΟΡΙΣΜΟΙ

- Ακρίβεια : η τέλεια απόδοση της τιμής ενός μεγέθους που μετρούμε
- Ανοχή : η επιτρεπόμενη απόλυτη διαφορά της τιμής ενός μεγέθους που μετρούμε από την πραγματική τιμή του
- Απόκλιση : η εκτροπή από την κανονική τιμή
- Δεδομένα : κάθε είδους πληροφορία που είναι προϊόν μετρήσεων (στη φύση, το εργαστήριο ή το χάρτη)
- Διόρθωση : η απαλοιφή του σφάλματος και η απόδοση στην τιμή ενός δεδομένου ή σειράς δεδομένων της ορθής τιμής
- Επίπεδο : το επίπεδο, σε ποσοστό κάποιας βασικής τιμής, σημαντικότητας που καθορίζεται σαν όριο για την αποδοχή ή όχι μίας μεταβλητής
- Ομογενοποίηση : η απαλοιφή των συστηματικών εκτροπών σε δεδομένα ή σειρές δεδομένων που παρουσιάζουν κοινά στατιστικά και πιθανολογικά χαρακτηριστικά.
- Παλινδρόμηση : η εκτίμηση της τιμής μίας μεταβλητής με τη βοήθεια της τιμής μίας ή πολλών άλλων μεταβλητών (απλή ή πολλαπλή παλινδρόμηση αντίστοιχα)
- Περιοδικότητα : η ρυθμική μεταβολή ενός μεγέθους (στον χρόνο ή τον χώρο)
- Συμπλήρωση σειρών : η αποκατάσταση των ελλείψεων και των κενών στις σειρές δεδομένων
- Συσχέτιση : η εκτίμηση του πόση σχέση υπάρχει μεταξύ δύο μεταβλητών με βάση τα ζεύγη των τιμών τους (γραμμική, μη γραμμική)
- Τυχαιότητα : η κατάσταση όπου δεν είναι δυνατόν να εκτιμηθεί με ακρίβεια η τιμή ενός μεγέθους που μεταβάλλεται.
- Χρονικό βήμα : η χρονική απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων μίας χρονοσειράς
- Χρονοσειρά : μία σειρά δεδομένων που μετρήθηκαν σε διαδοχικά στο χρόνο ίσα διαστήματα και στο αυτό σημείο του χώρου.
- Χωροσειρά : μία σειρά δεδομένων που αντιστοιχεί σε κανονικά διατεταγμένα σημεία στο χώρο

- Γραφικοί έλεγχοι : οι έλεγχοι που γίνονται σε δεδομένα με τη χάραξη διαγραμμάτων ή γραφικές κατασκευές
- Εμπειρικοί έλεγχοι : οι έλεγχοι που γίνονται με βάση τη γνώση και την εμπειρία αυτού που κάνει τον έλεγχο ή κάποιους γενικούς κανόνες που προέκυψαν από μακρόχρονη εμπειρία ή από αναλύσεις των δεδομένων, αλλά δεν τεκμηριώνονται αναλυτικά
- Οπτικοί έλεγχοι : οι έλεγχοι που γίνονται χωρίς υπολογισμό, επάνω σε δελτία δεδομένων ή διαγράμματα, με κριτήριο τη γνώση και την εμπειρία αυτού που κάνει τον έλεγχο
- Στατιστικοί έλεγχοι : οι έλεγχοι που γίνονται με βάση τις στατιστικές και πιθανολογικές ιδιότητες των μεταβλητών

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Commission for Hydrology, WMO, 1975, Hydrological Forecasting Practices

Dyck S.,Peschke G., Verlag Fuer Bauwesen, 1989, Grundlagen der Hydrologie

Εκθεση ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟΥ αρ.τεύχους 7/1, ΥΠΓΕ/Διεύθυνση Γεωλογίας και Υδρολογίας, Αθήνα 1992, Αξιολόγηση πλήθους, μορφής και αξιοπιστίας διαθέσιμων δεδομένων υπόγειας υδρολογίας και υδρογεωλογίας

Εκθεση ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟΥ αρ.τεύχους 7/3, ΥΠΓΕ/Διεύθυνση Γεωλογίας και Υδρολογίας, Αθήνα 1992, Κριτήρια για την αποδοχή ή όχι δεδομένων των αρχείων υπόγειας υδρολογίας και υδρογεωλογίας

Cavadias G.S. , 1989, Introduction to exploratory data analysis

Llamas J., G. Morin, 1985, Hydrologie generale: principes et applications

Sharma R.K., Dhanpat Rai & Sons, 1983, Hydrology & Water Resources

Shaw E.M., Van Nostrand Reinhold (UK), 1983, Hydrology in Practice

Siegel S., Castellan N.J., McGraw-Hill, 1988, Non Parametric Statistics

Ven Te Chow,D.R.Maidment, L.W.Mays, McGraw-Hill, 1988, Applied hydrology

Viessman W. et al., Harper & Row, 1977,Introduction to Hydrology

Walton, McGraw-Hill, 1970, Groundwater Resource Evaluation