

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

ΟΜΙΛΙΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ

10:15, Τετάρτη, 10 Μαΐου 2017  
Αίθουσα Α-303

**Εμμανουήλ Βαρουχάκης**, *Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης*

*Χωροχρονική γεωστατιστική ανάλυση φυσικών μεταβλητών*

Η Γεωστατιστική αποτελεί ένα σύνολο μεθόδων στατιστικής ανάλυσης φυσικών μεταβλητών κατανεμημένων στο χώρο ή/και στο χρόνο. Στηρίζεται στη μαθηματική έννοια του τυχαίου πεδίου και στην αλληλεξάρτηση των τιμών των φυσικών μεγεθών σε διαφορετικές θέσεις, ενώ αποσκοπεί στην εκτίμηση τιμών σε μη μετρημένα σημεία στο χώρο ή/και στο χρόνο χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες μετρήσεις. Η Γεωστατιστική έχει κοινά σημεία με τη Θεωρία Πιθανοτήτων και τη Στατιστική. Η Θεωρία Πιθανοτήτων ασχολείται με τους νόμους και τις ιδιότητες που διέπουν τις τυχαίες μεταβλητές. Η Στατιστική περιλαμβάνει το σύνολο των μεθόδων οι οποίες επιτρέπουν τον προσδιορισμό των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν τις τυχαίες μεταβολές βάσει των δεδομένων. Η Θεωρία των Τυχαίων Πεδίων αποτελεί μια γενίκευση της Θεωρίας Πιθανοτήτων που εφαρμόζεται σε τυχαίες μεταβλητές με χωρική εξάρτηση. Ο βασικός στόχος της Γεωστατιστικής είναι η εκτίμηση της χωρικής ή και χωρο-χρονικής μεταβολής φυσικών μεταβλητών με τη βέλτιστη δυνατή ακρίβεια, προσδιορίζοντας παράλληλα την αβεβαιότητα των εκτιμήσεων.

Μια πρώτη προσέγγιση αποτελούν οι ευρέως εφαρμοσμένες στοχαστικές και αιτιοκρατικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής. Οι στοχαστικές μέθοδοι γενικά λειτουργούν αποτελεσματικότερα σε σχέση με τις αντίστοιχες αιτιοκρατικές ενώ προσδιορίζουν και την αβεβαιότητα των εκτιμήσεων. Η πιο γνωστή οικογένεια μεθόδων στοχαστικής Γεωστατιστικής ανάλυσης είναι οι μέθοδοι Kriging. Σημαντική προϋπόθεση για τη βέλτιστη δυνατή εφαρμογή των στοχαστικών γεωστατιστικών μεθόδων αποτελεί η κανονική κατανομή του δείγματος και ο προσδιορισμός του βέλτιστου βαριογράμματος, συνάρτηση η οποία εκφράζει τη χωρική συσχέτιση των δεδομένων. Μια νέα κατηγορία συναρτήσεων χωρικής αλληλεπίδρασης αποτελούν τα μοντέλα Σπαρτιάτικων Τυχαίων Πεδίων (ΣΤΠ) τα οποία ορίζονται μέσω τοπικών χωρικών/χρονικών αλληλεπιδράσεων με βάση ένα μικρό σύνολο ελεύθερων παραμέτρων. Επίσης, στα πλαίσια πρόσφατης ερευνητικής δραστηριότητας αναπτύχθηκε μια νέα μη γραμμική μέθοδος κανονικοποίησης δεδομένων η οποία είναι εφαρμόσιμη και σε δεδομένα με

αρνητικό πρόσημο (π.χ. υπόλοιπα). Οι παραπάνω προσεγγίσεις έχει αποδειχθεί ότι υπερτερούν των κλασικών καθώς βελτιώνουν τις εκτιμήσεις των στοχαστικών μεθόδων.

Μια εναλλακτική αλλά παράλληλα αποτελεσματικότερη εφαρμογή γεωστατιστικής ανάλυσης αποτελεί η ανάπτυξη χωρικών μοντέλων τάσης που βασίζονται σε βοηθητική πλήρως συσχετισμένη χωρική πληροφορία. Πιο αποτελεσματική ωστόσο έχει αποδειχθεί η προσέγγιση της τάσης εφαρμόζοντας συναρτήσεις φυσικής σημασίας. Οι παραπάνω προσεγγίσεις σε συνδυασμό με τις στοχαστικές μεθόδους χωρικής παρεμβολής βελτιώνουν σημαντικά την αποδοτικότητα των εκτιμήσεων.

Η πιο ολοκληρωμένη ωστόσο στοχαστική προσέγγιση της μεταβολής φυσικών μεγεθών είναι η συνδυασμένη χωροχρονική μοντελοποίηση της μεταβολής τους η οποία βασίζεται στη χωροχρονική εξάρτηση των μετρήσεων. Τα χωροχρονικά γεωστατιστικά πρότυπα βελτιώνουν την αξιοπιστία της δυναμικής μοντελοποίησης φυσικών μεταβλητών ιδιαίτερα σε περιοχές με περιορισμένη χωρική ή/και χρονική διαθεσιμότητα δεδομένων. Η χωροχρονική εξάρτηση προσδιορίζεται με τη χρήση διαχωριζόμενων και μη χωροχρονικών συναρτήσεων συνδιασποράς. Ο προσδιορισμός μη-διαχωριζόμενων συναρτήσεων φυσικής σημασίας αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα πεδία έρευνας στο χώρο της Γεωστατιστικής καθώς παρέχουν στοχαστικές προσεγγίσεις υψηλότερης εκτιμητικής ικανότητας. Στα πλαίσια ανάπτυξης μη-διαχωριζόμενων χωροχρονικών συναρτήσεων συνδιασποράς αναπτύχθηκε μια νέα συνάρτηση βασισμένη στην θεωρία των Σπαρτιάτικων Τυχαίων Πεδίων (ΣΤΠ).

Ο προσδιορισμός της αβεβαιότητας των εκτιμήσεων αποτελεί σημαντική παράμετρο σε μια επιτυχημένη Γεωστατιστική μοντελοποίηση. Η χρήση Μπαγεσιανής θεωρίας αποτελεί μια αξιόπιστη λύση η οποία προσδιορίζει την αβεβαιότητα μέσα σε στατιστικά πλαίσια.

Σημαντικό παράγοντα στην ανάλυση φυσικών μεταβλητών αποτελεί επίσης η μοντελοποίηση της χρονικής τους μεταβολής. Μια αποτελεσματική μέθοδο μοντελοποίησης αποτελούν τα στοχαστικά πρότυπα αυτοσυσχέτισης τα οποία δύναται να περιγράψουν τη μεταβολή της φυσικής μεταβλητής χρησιμοποιώντας εξωγενή πληροφορία από συγγενείς φυσικές μεταβλητές. Το μοντέλο στη συνέχεια ενσωματώνεται σε ένα διακριτό χρονικά φίλτρο Kalman το οποίο σε συνδυασμό με έναν αλγόριθμο προσαρμογής πραγματοποιεί ταυτόχρονα την εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου αλλά και τη βέλτιστη εκτίμηση της τιμής της φυσικής μεταβλητής στη συγκεκριμένη χρονική θέση. Τα αποτελέσματα του μοντέλου δύναται να χρησιμοποιηθούν για Γεωστατιστική ανάλυση δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο ένα υβριδικό χωροχρονικό μοντέλο εκτίμησης της μεταβολής της φυσικής μεταβλητής.

Συνοψίζοντας, η Γεωστατιστική αποτελεί έναν κλάδο της εφαρμοσμένης στατιστικής που εστιάζει στην ανίχνευση, μοντελοποίηση και εκτίμηση χωρο-χρονικά εξαρτημένων διατάξεων με βασικό στόχο τη χωρική ή και χρονική εκτίμηση της μεταβολής φυσικών μεγεθών με οικονομική ή περιβαλλοντική σημασία.