



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

Στοχαστική προσομοίωση της χωρικής δομής της βροχής



Διπλωματική εργασία

Αθανάσιος Πασχάλης

Επιβλέπων καθηγητής: Δημήτρης Κουτσογιάννης

Αθήνα, Ιούλιος 2009

Coincidences, in general, are great stumbling blocks in the way of that class of thinkers who have been educated to know nothing of the theory of probabilities-that theory to which the most glorious objects of human research are indebted for the most glorious of illustrations.

Edgar Allan Poe

"The Murders in the Rue Morgue"

Η εικόνα του εξώφυλλου είναι το έργο "Βροχή στην Auvers" του Vincent Van Gogh

Ευχαριστίες

Φτάνοντας στο τέλος της εργασίας αυτής θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην συγγραφή της.

Θα θελα να ευχαριστήσω τον φίλο Σίμωνα Παπαλεξίου για την βοήθεια που μου παρείχε στο να καταφέρω να φέρω εις πέρας την εργασία αυτή η οποία χωρίς τις θεωρητικές αλλά και τεχνικές του γνώσεις δεν θα μπορούσε να επιτευχτεί.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τον Αντρέα Λαγγούση τον Γιάννη Μαρκόνη και τον Αντώνη Κουκουβίνο οι οποίοι με βοήθησαν σ' ένα αρκετά δύσκολο τμήμα της εργασίας, την εύρεση κατάλληλων δεδομένων προς επεξεργασία. Ακόμη θέλω να ζητήσω συγγνώμη από τον Αντρέα Ευστρατιάδη για τις ατελείωτες φορές που χρειάστηκε να διακόψω την συνεργασία του με τον Δημήτρη Κουτσογιάννη προκειμένου να λύσω απορίες μου κατά την εξέλιξη της συγγραφής της εργασίας αυτής.

Και φυσικά πάνω απ' όλους θέλω να ευχαριστήσω τον δάσκαλο Δημήτρη Κουτσογιάννη για την βοήθεια που μου παρείχε σε όλη την διάρκεια της εργασίας αυτής, για τις πολλές ώρες που δαπάνησε παρά το βαρύ του πρόγραμμα για μου λύσει τις απορίες όσο βλακώδεις κι αν ήταν αυτές, για την μεγάλη πόρτα που μου άνοιξε στη συνέχεια των σπουδών μου και πιο πολύ απ' όλα γιατί κατάφερε να ανοίξει καινούργιους ορίζοντες στο περιεχόμενο των σπουδών μας προσφέροντας νέα ενδιαφέροντα και ανοίγοντας ένα νέο δρόμο σκέψης και αμφισβήτησης.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	i
Περιεχόμενα	ii
Περίληψη-Abstract	iii
1 Εισαγωγή	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Αντικείμενο της εργασίας	1
1.3 Σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος	2
1.4 Διάρθρωση της εργασίας	2
2 Θεμελιώδεις έννοιες - Ορισμοί	4
2.1 Ιστορική επισκόπηση κλάδου στοχαστικής υδρολογίας	4
2.2 Φαινόμενο Hurst	5
2.3 Ορισμοί	7
2.4 Στοχαστική ανάλυση FGN	17
3 Επεξεργασία δεδομένων	19
3.1 Εκτίμηση μέσω κλασσικής στατιστικής	19
3.2 Τυπικές στατιστικές εκτιμήτριες	19
3.3 Στατιστικές εκτιμήτριες και προβλήματα	21
3.3.1 Εκτίμηση σε συσχετιζόμενες τυχαίες μεταβλητές ορισμένες σε μία διάσταση	21
3.3.2 Εκτίμηση σε αυτοσυσχετιζόμενο πεδίο	27
3.4 Ημιμεταβλητόγραμμα	30
3.5 Κανονικοποίηση αρχικών δεδομένων	32
4 Περιγραφή στοχαστικού μοντέλου	35
4.1 Περί μοντέλων και αναπαραγωγής φαινομένου Hurst	35
4.2 Μοντέλο συμμετρικού κυλιόμενου μέσου όρου (SMA) σε μεταβλητές ορισμένες σε μία διάσταση	35
4.3 Μοντέλο συμμετρικού κυλιόμενου μέσου όρου (SMA) σε μεταβλητές ορισμένες στις δύο διαστάσεις	40
4.3.1 Μοντέλο	40
4.3.2 Εκτίμηση παραμέτρων	56
5 Εφαρμογή μοντέλου	58
5.1 Δεδομένα	58
5.2 Παραγωγή συνθετικών πεδίων	60
5.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων	62
5.3.1 Δείγμα από δορυφορικές μετρήσεις	62
5.3.2 Δείγμα από μετρήσεις radar	78
6 Συμπεράσματα	92
6.1 Συμπεράσματα από την εφαρμογή του μοντέλου	92
6.2 Προβληματισμοί σχετικά με την εργασία	93
Βιβλιογραφικές αναφορές	95
Παράρτημα Α	100
Παράρτημα Β	103
Παράρτημα Γ	105

Περίληψη

Κατά την εκτίμηση του κινδύνου από πλημμυρικά γεγονότα εγείρεται η ανάγκη διερεύνησης της χωρικής μορφής της βροχής που είναι το γενεσιουργό αίτιο των πλημμυρών. Καθώς η εκτίμηση του κινδύνου αυτού μπορεί να γίνει με στοχαστικές μεθόδους (Monte Carlo) γεννιέται η ανάγκη δημιουργίας συνεπών στοχαστικών μοντέλων που να αναπαράγουν τα στατιστικά χαρακτηριστικά από καταγεγραμμένα δεδομένα.

Από καταγραφές, φαίνεται ότι η χωρική κατανομή της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου βροχής παρουσιάζει συμπεριφορά ομοιοθεσίας (scaling) ή εξάρτηση μακράς κλίμακας ή, ευρύτερα γνωστή και με τον όρο φαινόμενο Hurst.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η κατάρτιση ενός συνεπούς στοχαστικού μοντέλου το οποίο να μπορεί να αναπαράγει σε ικανοποιητικό βαθμό την συμπεριφορά αυτή όπως καταγράφεται από μετρήσεις πεδίου. Πιο συγκεκριμένα στην διπλωματική αυτή εργασία γίνεται προσπάθεια επέκτασης του υπάρχοντος στοχαστικού μοντέλου SMA (symmetric moving average) από την μία στις δύο διαστάσεις και της χρήσης του στην παραγωγή συνθετικών πεδίων βροχής.

Abstract

When estimating the risk of a flood event, the need to study the spatial structure of a precipitation event arises. As far as this study can be done based on stochastic simulations, the need to construct stochastic models consistent with observed data arises.

As observed from precipitation data, it seems that the spatial distribution of the rain has a scaling behaviour or long scale dependence, a behaviour also known as the Hurst phenomenon.

This thesis aims to construct a stochastic model that can reproduce satisfactorily the behaviour as observed in Nature from field measurements. Specifically, in this thesis an effort is done to expand the stochastic model SMA (Symmetric Moving Average) from one dimension to two dimensions and use it for generation of synthetic rainfall fields.