

Two and three dimension visualization of spatial fuzzy areas: an example of erosion risk maps

GOURNELOS TH., VASSILOPOULOS, A., EVELPIDOU N.

ABSTRACT

The widespread use of the GIS tools, besides the simple mapping of areas also enabled the visualization of various spatially referenced parameters for earth sciences. Parameters such as the slope or the drainage density of an area can be calculated with the GIS tools and can be depicted in maps. In many environmental problems though, the involved variables present inexact knowledge and spatial uncertainty.

This is a problem appear also when we treat erosional processes, where a number of the system input variables are of fuzzy nature, such as the erodibility, the topography's gradient, the drainage density and the vegetation - land use. The fuzzy nature of these physical parameters, if it is to be approached by mapping tools, requires the use of special methods that will assure that the geographical distribution of the results will be accurate.

Dealing with such uncertainties and the visualization methodologies that should follow them, is the ultimate aim of this paper. In the approach that is described here, MapInfo GIS software and Matlab are used in combination to study the erosional processes on a volcanic landscape, such as Thira Island, Greece.

Mapinfo software was used for the creation of the input parameters. The management of the database was created during the digitization and the creation of the input parameters and finally for the rendering of the geographical output of the study in the form of thematic maps. Matlab software was used for the calculations within the different parameters and the gradient leveling that were applied to the logical results. The transformation of the input variables to the output ones (erosion risk) was achieved by formulating a number of fuzzy logical rules. The final step of these processes is the development of the thematic maps.

Thira Island has been chosen for this case study, because its volcanic landscape and its susceptibility to erosional phenomena appeals great scientific interest and requires the introduction of different approaches for the solution of the natural problems. Besides, the output of this study can constitute an important tool for the local authorities of the island.

Keywords: geomorphology, Thira Island, erosion, modelling.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ευρέως διαδεδομένη χρήση των Γεωγραφικών Πληροφορικών Συστημάτων (Γ.Π.Σ.), πέρα από την απλή χαρτογραφική αναπαράσταση των γεωγραφικών δεδομένων, καθιστά επίσης δυνατή για τις φυσικές επιστήμες την οπτικοποίηση χωρικών παραμέτρων. Παράμετροι όπως η κλίση ή η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου μιας περιοχής μπορούν να υπολογιστούν με εργαλεία Γ.Π.Σ. και να απεικονιστούν σε χάρτες. Παρόλα αυτά, σε πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα, οι χρησιμοποιούμενες μεταβλητές δεν έχουν σαφή όρια, με αποτέλεσμα την χωρική αβεβαιότητα. Για το λόγο αυτό, είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν ως παράμετροι χαρτογράφησης ή να απεικονιστούν τα αποτελέσματα μέσω γραμμών ή επιφανειών.

TWO AND THREE DIMENSION VISUALIZATION OF SPATIAL FUZZY AREAS: AN EXAMPLE OF EROSION RISK MAPS

Τομέας Γεωγραφίας, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΕΚΠΑ, gournelos@geol.uoa.gr, vassilopoulos@geol.uoa.gr, evelpidou@geol.uoa.gr

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος", Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Αυτό είναι ένα πρόβλημα που προκύπτει όταν επεξεργαζόμαστε το φαινόμενο της διάβρωσης, όπου ένας αριθμός μεταβλητών εισόδου είναι ασαφής, όπως η τρωτότητα, η τοπογραφική κλίση, η υδρογραφική πυκνότητα και η βλάστηση –χρήσεις γης. Η ασαφής φύση αυτών των φυσικών παραμέτρων, στην περίπτωση που πρόκειται να προσεγγιστεί με χαρτογραφικά εργαλεία, απαιτεί τη χρήση ειδικών μεθόδων, οι οποίες θα εγγυηθούν ότι η γεωγραφική κατανομή των αποτελεσμάτων θα είναι ακριβής.

Η ενασχόληση με τέτοιου είδους παραμέτρους και οι μεθοδολογίες σπικιοποίησης που θα τις ακολουθήσουν, είναι κύριος σκοπός αυτής της εργασίας. Στην προσέγγιση που περιγράφεται εδώ, τα λογισμικά MapInfo GIS και Matlab χρησιμοποιούνται συνδυαστικά, προκειμένου να μελετηθούν οι διαβρωτικές διεργασίες σε ένα ηφαιστειακό ανάγλυφο, όπως αυτό της νήσου Θήρας.

Το λογισμικό MapInfo χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των παραμέτρων εισόδου. Η διαχείριση της βάσης δεδομένων δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια της ψηφιοποίησης και της δημιουργίας των παραμέτρων εισόδου και τελικά για την απόδοση των γεωγραφικών αποτελεσμάτων της μελέτης αυτής μέσω θεματικών χαρτών. Το λογισμικό Matlab χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς ανάμεσα στις διαφορετικές παραμέτρους και την βαθμονόμηση που εφαρμόστηκε στα λογικά αποτελέσματα. Η μετατροπή των μεταβλητών εισόδου σε μεταβλητές εξόδου (επικινδυνότητα διάβρωσης) επιτεύχθηκε με τη διατύπωση ενός αριθμού ασαφών λογικών κανόνων. Το τελικό βήμα αυτών των διαδικασιών είναι η ανάπτυξη των θεματικών χαρτών.

Για την εργασία αυτή επιλέχθηκε η νήσος Θήρα ως περιοχή μελέτης, επειδή το ηφαιστειακό της ανάγλυφο και η τρωτότητά της σε φαινόμενα διάβρωσης, προκαλούν το επιστημονικό ενδιαφέρον και απαιτούν τη σύσταση διαφορετικών προσεγγίσεων για την επίλυση των φυσικών προβλημάτων. Εξάλλου, το αποτέλεσμα αυτής της εργασίας μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για τις τοπικές αρχές του νησιού.

Λέξεις κλειδιά: γεωμορφολογία, Θήρα, διάβρωση, μοντελοποίηση.

1. INTRODUCTION

Visualising research results with GIS tools is nowadays very popular. This technology has been rapidly evolved during the last decade as it enabled processing a large amount of data using up to date hardware and software systems. In the contemporary G.I.S, problems with spatial uncertainties are very frequent (Burrough 1992, 1989, Goodchild et al 1994, Davis & Keller, 1997).

In general, scientific visualization contains three basic features: computation, graphics design (methodology for creating visual display) and cognition (interpretation by man). The authors have worked in this area by using fuzzy approach to overcome these problems (Gournelos, et al 2002, Gournelos, et al, 2003). The aim of this paper is to visualize 2-D and 3-D surfaces, presenting spatial uncertainty.

2. METHODOLOGY – CASE STUDY

All the variables affecting erosional processes in a drainage basin, such as the lithology, the topographic slope, the drainage index and the vegetation – land use, were digitized and the derivative information layers were input in the spatial database.

Further to a fuzzy inference system was established to map the input variables and generate the erosion risk variable as the output one (Fig. 1).

2-D and 3-D plots have been afterwards created to visualize the spatial distribution of the input variables and the output one.

All the input variables are treated as fuzzy ones (Fig. 2). For example, the erodibility of the rocks as it is deduced by the lithological variation, it gives low, medium and high values. The same distribution of values characterizes the slope gradient and the drainage index (density). This input system transforms the input variables to the output one, the erosion risk. This has been achieved by concluding to the proper logical rules such as: if the vulnerability of the rocks

is high and the slope is high and the drainage density is high, then the erosion risk is high.

All these procedures have been implemented by using a loose coupling between the GIS (MapInfo) and the Matlab software system. To visualize the fuzzy zones we have used the Vertical Mapper software.

Santorini Island is characterized mainly by volcanic rocks and some small occurrences of sediments and semi-metamorphic rocks.

We have already developed a database for this island (Gournelos, et al. 1995) concerning the geological, topographical, drainage network characteristics and land use – vegetation. By applying logical fuzzy rules we have obtained the output map showing the erosion risk variable.

3. CONCLUSIONS

Fuzzy 2-D and 3-D visualizations were undertaken for the thematic maps of the input variables: the vulnerability, the slope gradient and the drainage density (Fig. 3, 4, 5) and for the erosion risk as the output one (Fig. 6).

The input variables are of fuzzy nature so it is easy to create the corresponding fuzzy maps. The output variable (erosion risk) obtains fuzzy values, before the processes of defuzzification. Finally, we have produced a three – dimension fuzzy map of the erosion risk (Fig. 7). Thus, in this paper we have analyzed and visualized spatial fuzzy values of some geomorphological variables.

This is a useful methodology for an effective management by local authorities concerning geoenvironmental problems which are characterized by fuzzy values. After the processes of defuzzification, precise and detailed solutions can be more easily provided in a minimized frame of uncertainty.

REFERENCES

- Gournelos, Th., Vassilopoulos, A., Evelpidou, N., 2002, "Erosional processes in the north-eastern part of Attika (Oropos coastal zone) using web-GIS and soft computing technology", Proceedings of the 3rd International conference on Risk Analysis, 19-21 June,

Sintra, Portugal, WITpress, Vol. III, p.p. 416-424.

Gournellos, Th., Evelpidou, N., Vassilopoulos, A., 2003, "Developing an Erosion risk map using soft computing methods (case study at Sifnos island)", Natural Hazards, Kluwer Academic Publishers, under edition.

Gournellos, Th., Vaiopoulos, D., Vassilopoulos, A., Evelpidou, N., 1995, "Geomorphological study of Thira island – Synthesis of Palaeoenvironment", Proceedings of 4th Pan-Hellenic Geographical Conference, October 12-14, p. 128-139 (in Greek).

Burrough, P. A., 1989, Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. Jour. Soil Science, v. 40, no 3, p.477-492.

Burrough, P. A., MacMillan, R. A., and Van-Deursen, W., 1992, Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observations and topography. Jour. Soil Science, v.43, no.2, p. 193-210.

Davis, T. J. and Keller, C. P., 1997, Modelling uncertainty in natural resource analysis using fuzzy sets and Monte Carlo simulation: slope stability prediction: Intern. Jour. Geographical Information Systems, in press.

Goodchild, M. F., Chih-Chang, L., and Leung, Y., 1994, Visualizing fuzzy maps, in Hearnshaw, H. M., and Unwin, D. J., eds., Visualization in Geographical Information Systems: John Wiley & Sons, New York, p. 158-167.

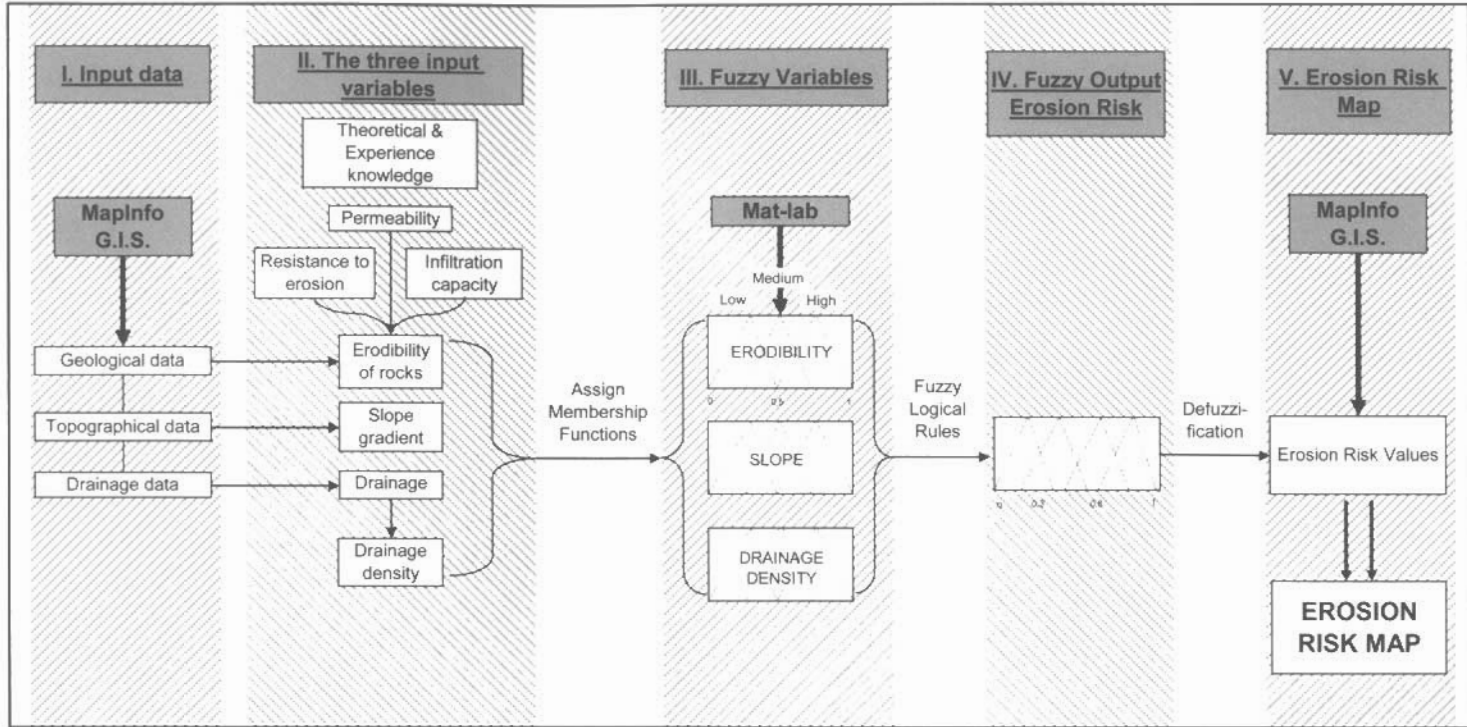


Fig. 1: Flow diagram of the transformation of the input variables to the output one.

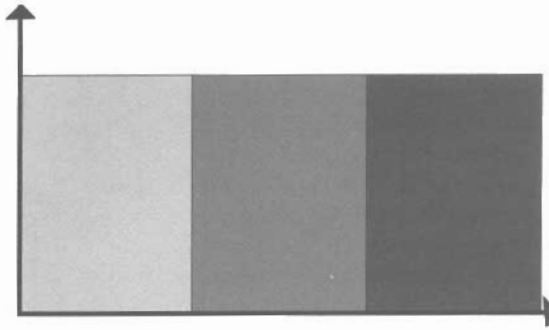
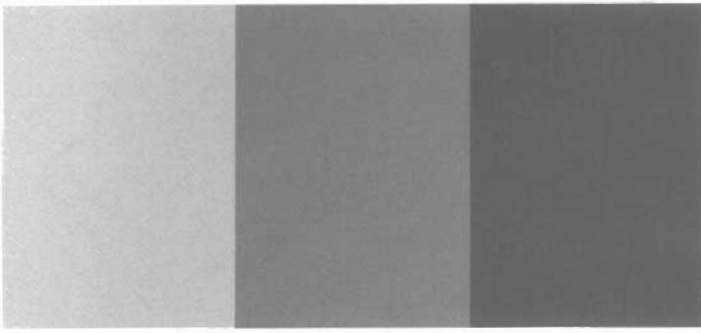


Fig. 2 A. *The distribution of the Crisp set values.*

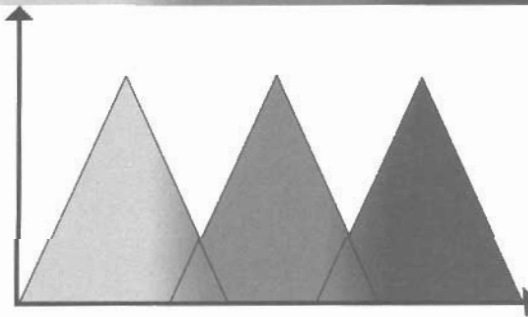
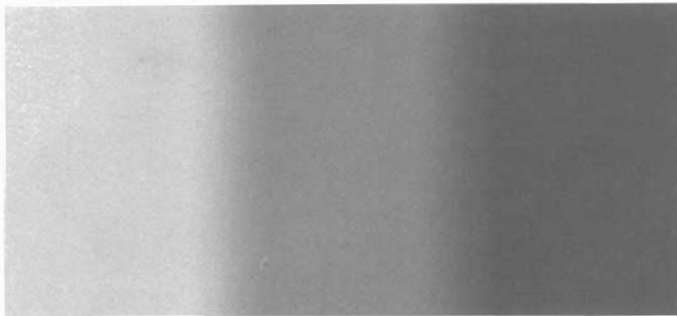


Fig. 2 B: *The distribution of the Fuzzy Set values.*

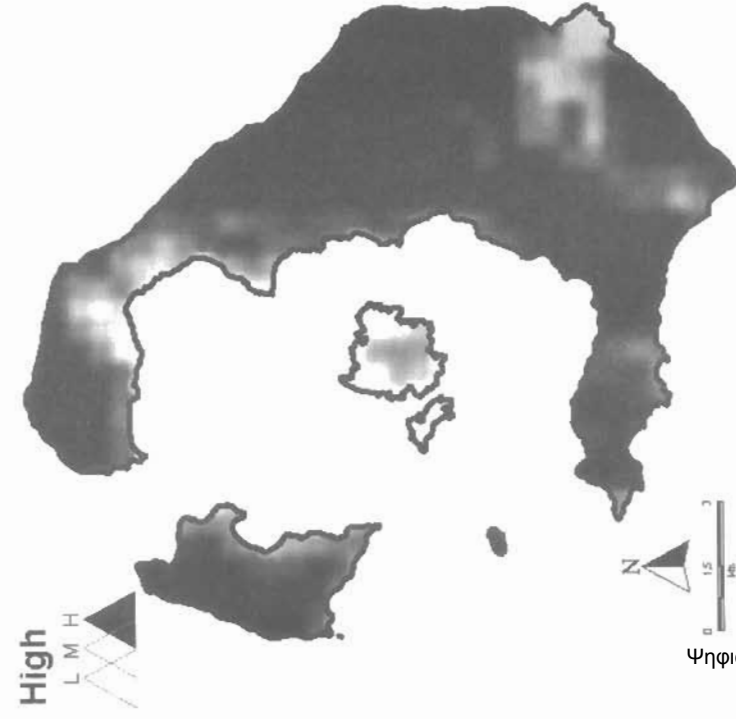


Fig. 3: Vulnerability

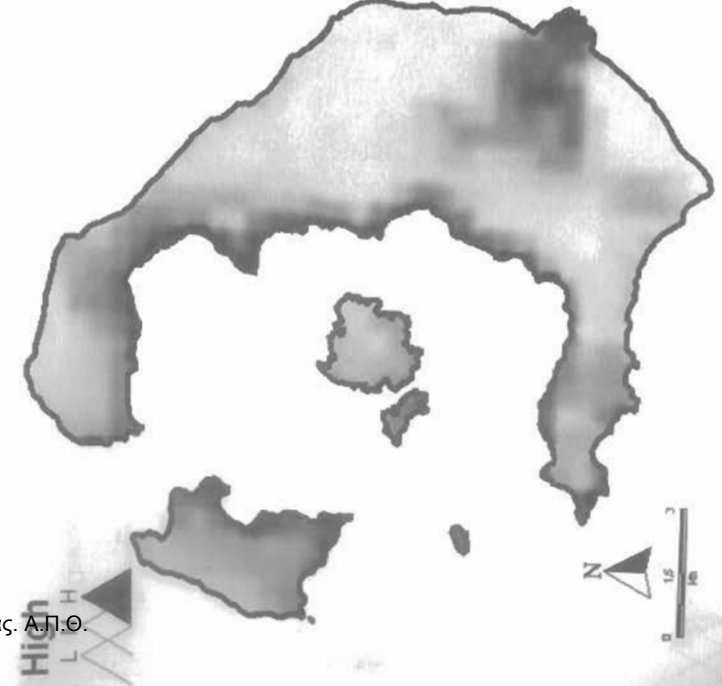
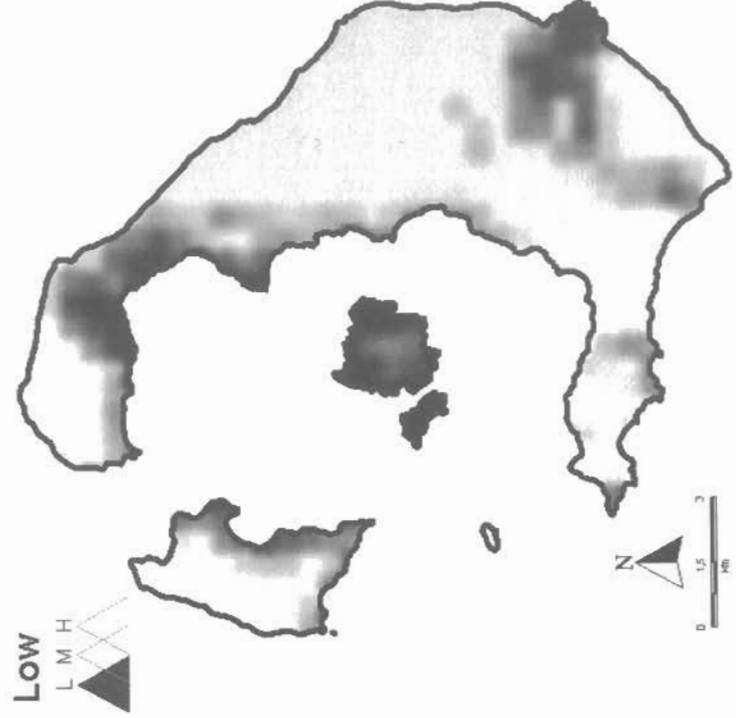
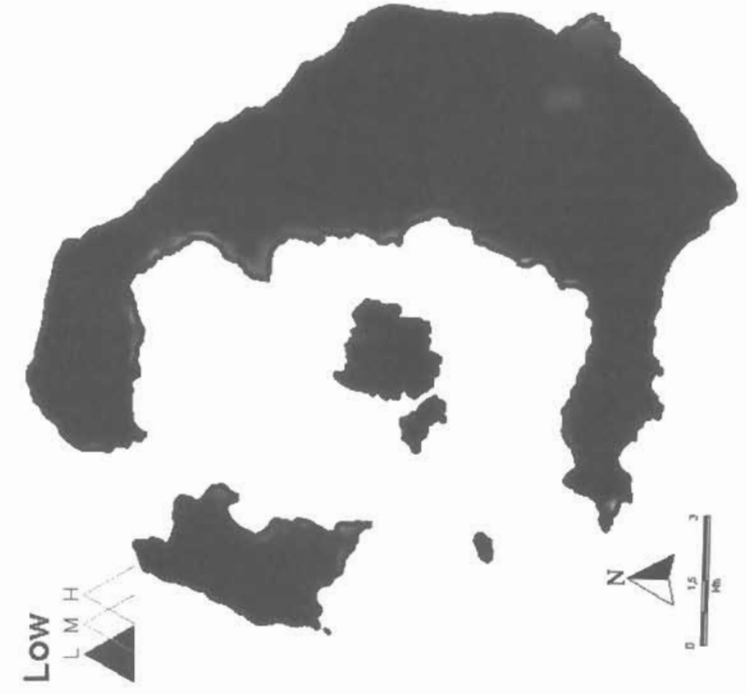


Fig. 4: Slope



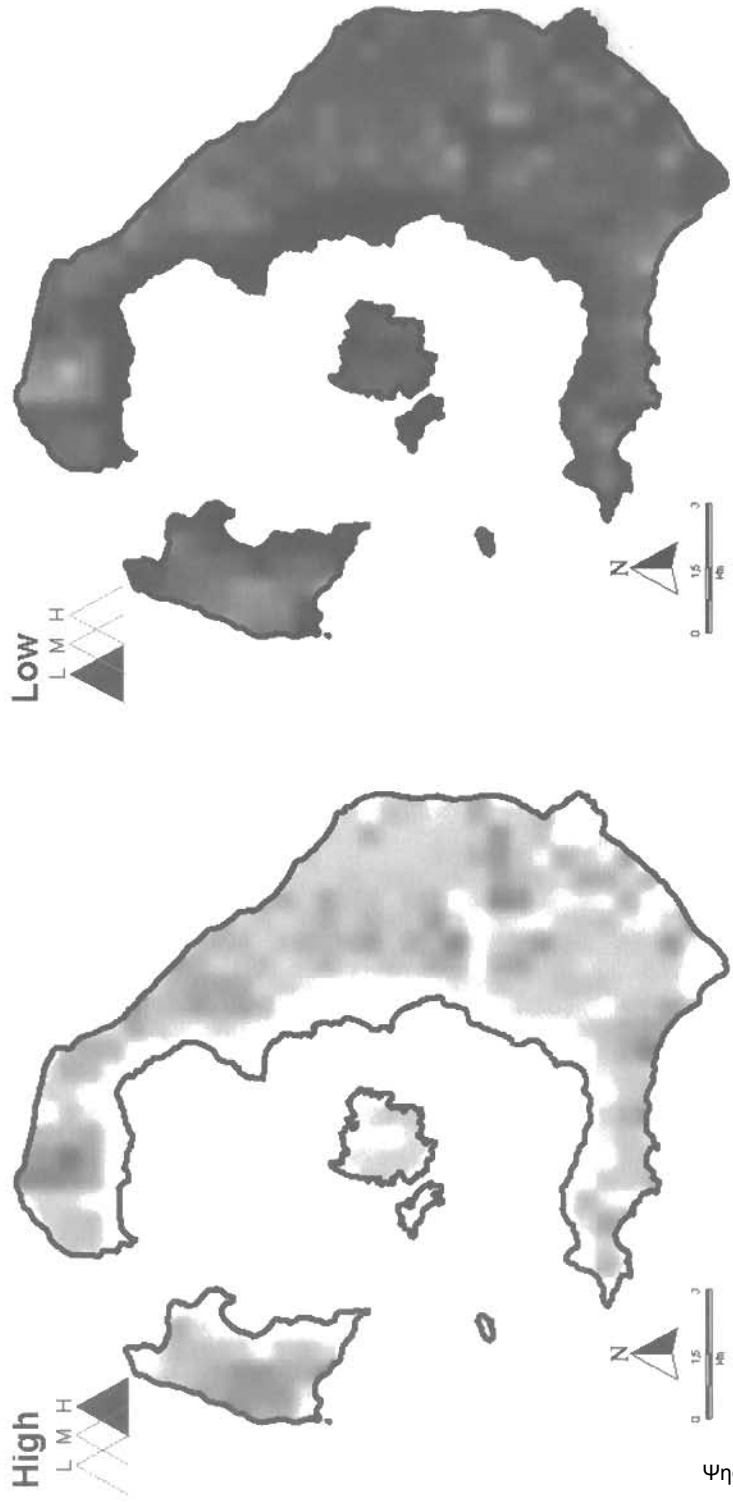


Fig. 5: Drainage Density

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

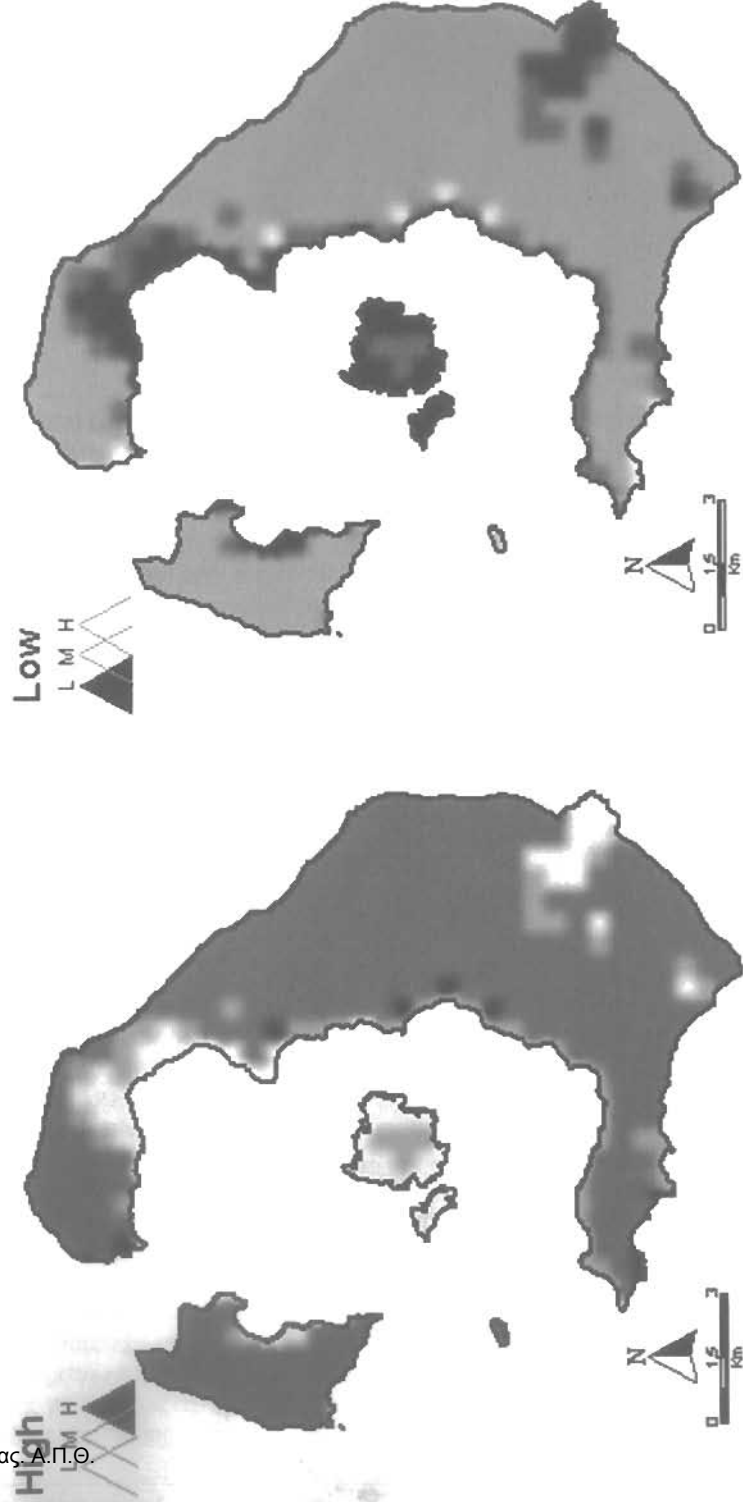


Fig. 6: Erosion Risk

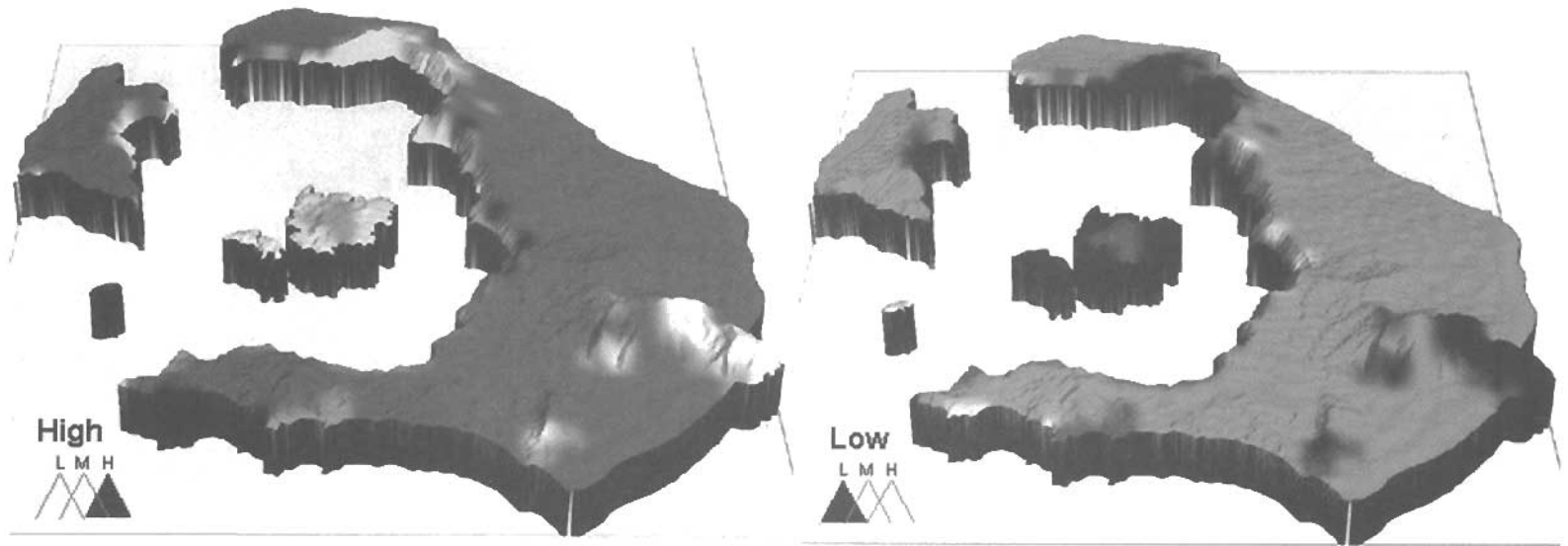


Fig. 7: Erosion Risk