



Πολυτεχνείο
Κρήτης

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ»

Διπλωματική Εργασία

**ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΩΡΙΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ
ΜΙΝΩΙΚΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

ΣΑΡΤΖΕΤΑΚΗ ΜΑΡΙΑ

Διπλ. Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός

Χανιά, Μάρτιος 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.) προσφέρουν πληθώρα εργαλείων και μεθοδολογιών για την οργάνωση, επεξεργασία, και απεικόνιση χωρικών δεδομένων επιφέροντας έτσι νέες τεχνολογικές και ερευνητικές προσεγγίσεις σε επιστήμες όπως η αρχαιολογία.

Η γεωγραφική θέση αρχαιολογικών ευρημάτων κινητών ή μη, βασίζεται σε χωρικές ή χρονικές τάσεις, επιλογές, φαινόμενα, διεργασίες, συνθήκες, συσχετίσεις, των οποίων η γνώση είναι μεν ελλιπής, αλλά μπορεί να προσεγγιστεί μερικώς από συστήματα μοντελοποίησης με κύρια αναφορά στο γεωγραφικό χώρο. Στην παρούσα εργασία προτείνεται η σύνθεση μιας σειράς χωρικών και χρονικών συσχετίσεων μεταξύ αρχαιολογικών, γεωγραφικών, ανθρωπογενών και φυσικών δεδομένων, για την πρόβλεψη θέσεων αρχαιολογικών ευρημάτων μέσω ενός Σ.Γ.Π.

Ως περίπτωση μελέτης επιλέχθηκε η περιοχή Ακρωτηρίου του Ν. Χανίων. Για την συγκεκριμένη περιοχή συλλέχθηκαν στοιχεία από φορείς της δημόσιας διοίκησης, υψομετρικά δεδομένα, καθώς και δεδομένα αρχαιολογικών θέσεων της περιοχής ενδιαφέροντος από το Εργαστήριο Γεωφυσικής - Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης (GeoSat ReSeArch Lab) του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας.

Στα πλαίσια της εργασίας, αναπτύχθηκαν αυτόματα και ημιαυτόματα εργαλεία προσδιορισμού χωρικών και χρονικών ιδιοτήτων/συσχετίσεων και δημιουργήθηκε μια ολοκληρωμένη βάση δεδομένων η οποία επιτρέπει τη διατύπωση και ανάκτηση σύνθετων ερωτημάτων για συγκεκριμένες θέσεις αρχαιολογικού

ενδιαφέροντος, λαμβάνοντας υπόψη και την παράμετρο του χρόνου.

Μεταξύ των νέων τύπων δεδομένων και ερωτημάτων με την εισαγωγή της έννοιας της αυτοσυσχέτισης μεταξύ των ίδιων των ευρημάτων, το Σ.Γ.Π. δύναται να δημιουργεί σειρά σύνθετων πιθανοτικών χαρτών πρόβλεψης ύπαρξης αρχαιολογικών ευρημάτων στην εκάστοτε περιοχή μελέτης.

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS) offer a variety of tools and methodologies for organizing, processing and displaying spatial data, bringing new technological and research approaches to sciences such as archeology.

Knowledge about the geographic location of archaeological findings, mobile or not, is based on spatial or temporal trends, choices, phenomena, processes, conditions, correlations and even though incomplete it can be approached by modeling systems with main reference to their geographical location. In this study, we propose the synthesis of a series of spatial and temporal correlations between archaeological, geographic, anthropogenic and natural data, for the prediction of archaeological findings through a GIS.

As a case of study, the Akrotiri area of Chania was selected. For this area, data were collected from public entities, while archaeological data were collected from GeoSat ReSeArch of the Foundation for Research and Technology.

Within the framework of the work, automatic and semiautomatic tools for determining spatial and temporal properties / correlations were developed. Moreover, an integrated database which allows the formulation and retrieval of complex queries for specific archaeological sites taking into account the time parameter was also implemented.

With the introduction of the concept of autocorrelation and among the new types of data and queries, a series of complex probability maps can be formed, that predict the existence of archaeological findings in the study area.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατά το χρονικό διάστημα της εκπόνησης της παρούσας εργασίας έτυχα σημαντικής βοήθειας και υποστήριξης από τους καθηγητές της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης και ειδικότερα από τον κ. Παναγιώτη Παρτσινέβελο, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, χωρίς την οποία δεν θα είχε ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη προσπάθεια.

Ένα μεγάλο και θερμό ευχαριστώ οφείλω στον Δρ. Απόστολο Σαρρή, Ερευνητή Α΄ – Διευθυντή Ερευνών του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας για την παραχώρηση δεδομένων που αποτέλεσαν την βάση της παρούσας εργασίας, καθώς και στον Καθηγητή Στυλιανό Μερτίκα ως μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής.

Ιδιαιτέρως θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Δήμητρα, Νίκο, Ελένη και Ανδρέα που με στήριξαν και με αγκάλιασαν με αγάπη καθ΄ όλη την διάρκεια της εκπόνησης αυτής της εργασίας, χωρίς τη βοήθεια των οποίων η προσπάθεια αυτή θα είχε μείνει άκαρπη.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον σύντροφο της ζωής μου, Μάρκο, ο οποίος διευκόλυνε και ενθάρρυνε την προσπάθεια αυτή με μεγάλο ενθουσιασμό.

Τέλος χρωστάω ένα μεγάλο συγνώμη στους μικρούς μου πρίγκιπες Ανδρέα και Νικόλα, που τους αφιέρωσα λιγότερο χρόνο από αυτό που θα ήθελα κατά την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ABSTRACT.....	iv
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	v
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	vi

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή

1.1. Εισαγωγή και Ευρύτερο Αντικείμενο	1
1.2. Κύριος και επιμέρους στόχοι.....	2
1.3. Παραδοχές και προβλήματα.....	5
1.4. Μεθοδολογική Προσέγγιση.....	6
1.5. Δομή και Περιεχόμενο Διπλωματικής Εργασίας	8

Κεφάλαιο 2 : Θεωρητικό υπόβαθρο9

Κεφάλαιο 3 : Μεθοδολογική Προσέγγιση – Αρχιτεκτονική..... 27

Κεφάλαιο 4 : Συλλογή στοιχείων - Διαδικασία επεξεργασίας - Αποτελέσματα.

4.1 Συλλογή Δεδομένων.....	35
4.2 Δημιουργία και ανάλυση Δευτερογενών δεδομένων	38
4.3 Δημιουργία Χαρτών - Υπολογισμός βαρών.....	49
4.4 Συνάθροιση κριτηρίων	52
4.5 Διαδικασία ελέγχου αποτελεσμάτων μοντέλου.....	56
4.6 Η παράμετρος του χρόνου.....	62
4.7 Αυτοματοποίηση Μεθοδολογίας	68

Κεφάλαιο 5 :

Συμπεράσματα.....71

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....74

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή και ευρύτερο αντικείμενο

Η αρχαιολογία, ως η επιστήμη η οποία μελετά το ανθρώπινο παρελθόν και το περιβάλλον του, περιλαμβάνει όχι μόνο τις εργασίες πεδίου αλλά και την ανάλυση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί στο πεδίο.

Συγκεκριμένα η αρχαιολογία, με την ευρύτερη έννοια, στηρίζεται διεπιστημονικά από διάφορες άλλες επιστήμες, καθώς η έρευνα για τον προσδιορισμό περιοχών που φιλοξενούν πιθανά ευρήματα είναι ουσιαστικά ένα χωρικό - γεωγραφικό πρόβλημα. Έτσι, οι επιστήμες και τεχνολογίες που σχετίζονται με την περιγραφή, ανάλυση και απεικόνιση του χώρου μπορούν να συνεισφέρουν ουσιαστικά στις αρχαιολογικές μελέτες.

Θα μπορούσε κανείς να επισημάνει ότι η γεωγραφική θέση αρχαιολογικών ευρημάτων κινητών ή μη, βασίζεται σε χωρικές ή χρονικές τάσεις, επιλογές, φαινόμενα, διεργασίες, συνθήκες, συσχετίσεις, των οποίων η γνώση είναι μεν ελλιπής αλλά μπορεί να προσεγγιστεί μερικώς από συστήματα μοντελοποίησης με κύρια αναφορά στον γεωγραφικό χώρο.

Είναι λοιπόν προφανές ότι τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αρχαιολογική έρευνα σε αρκετά εκτεταμένο εύρος αντικειμένων, όπως η μοντελοποίηση των επιλογών κατοικίας σε ιστορικές περιόδους, ο εντοπισμός νέων αρχαιολογικών θέσεων, η μελέτη της επικοινωνίας και των ορίων επικράτειας των αρχαίων οικισμών και η εκμετάλλευση των φυσικών πόρων. Συγχρόνως, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών μπορούν να αναχθούν

σε ένα εξαιρετικά χρήσιμο μεθοδολογικό εργαλείο που μπορεί να συνεισφέρει ουσιαστικά στην αντιμετώπιση προβλημάτων που απορρέουν από την ανάγκη προστασίας και διαχείρισης των πολιτιστικών μνημείων υπό την πίεση των ανθρωπογενών ή φυσικών πιέσεων. Οι δε γεωμορφολογικές, γεωλογικές διαστάσεις καθώς και η παρουσία φυσικών διαθεσίμων σε μια περιοχή αποτελούν πιθανά συστατικά στοιχεία της προσέγγισης Αρχαιολογικού ενδιαφέροντος και ως εκ τούτου εκπονείται στα πλαίσια του ΜΔΕ Γεωτεχνολογία και περιβάλλον.

1.2 Κύριος και επιμέρους στόχοι

Τα Σ.Γ.Π. μπορούν να συνεισφέρουν στην μοντελοποίηση χωρικών προβλημάτων αλλά πολλές φορές τα κλασικά εργαλεία και τύποι δεδομένων που υποστηρίζουν δεν επαρκούν για τις ιδιαίτερες συνθήκες ενός σύνθετου ή ιδιαίτερου συστήματος προς μοντελοποίηση. Οι συνήθεις πρακτικές που απαντώνται στην σχετική βιβλιογραφία χρησιμοποιούν και αναμοχλεύουν τις δυνατότητες που προσφέρουν τα λογισμικά των Σ.Γ.Π., αλλά αυτή η πρακτική δεν είναι πάντοτε η κατάλληλη και οδηγεί εκτός από εσφαλμένα αποτελέσματα και σε περιορισμένες μεθοδολογίες που κάποιες φορές παγιώνονται. Η αντιμετώπιση ενός χωρικού προβλήματος πολλές φορές προϋποθέτει την δημιουργία νέων τύπων δεδομένων αλλά και νέων τύπων ερωτημάτων καθώς και την ενσωμάτωσή τους στα υφιστάμενα συστήματα λογισμικού.

Προς αυτή την κατεύθυνση η παρούσα εργασία ουσιαστικά χρησιμοποιεί δεδομένα από προηγούμενες αρχαιολογικές Έρευνες για να συνθέσει νέου τύπου χωρικά δεδομένα τα οποία δυνητικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με κάποιες παραλλαγές τους στην αρχαιολογική έρευνα. Έτσι, τα δεδομένα και η ανάλυσή τους για παραγωγή “χρησιμοποιήσιμης”

πληροφορίας δεν είναι στους στόχους της εργασίας όπως αναλύεται και στο υποκεφάλαιο 1.3. Κύριο αντικείμενο της εργασίας είναι η σύνθεση-πρόταση νέων τύπων δεδομένων και ο εμπλουτισμός των χωρικά συσχετισμένων ιδιοτήτων που θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην αρχαιολογική έρευνα από την πλευρά των Σ.Γ.Π.

Κύριος λοιπόν σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη χωρικών και χρονικών τύπων συσχετίσεων μεταξύ αρχαιολογικών και γεωγραφικών δεδομένων μέσω ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών για την μελέτη και πρόβλεψη θέσεων αρχαιολογικών ευρημάτων.

Οι επιμέρους στόχοι ξεκινούν με τον σχεδιασμό και δημιουργία χωρικών συσχετίσεων που θα μπορούσαν να συνεισφέρουν στην πρόβλεψη της πιθανής ύπαρξης αρχαιολογικών ευρημάτων με βάση γεωγραφικών, γεωμορφολογικών, φυσικών και ανθρωπογενών χαρακτηριστικών. Επόμενος στόχος είναι η ενσωμάτωση του χρόνου στην διαδικασία της υπόθεσης για την πιθανή ύπαρξη των ευρημάτων και τέλος η εισαγωγή της έννοιας της αυτοσυσχέτισης μεταξύ των ίδιων των ευρημάτων στη διαδικασία πρόβλεψης της ύπαρξής τους σε νέες περιοχές.

Οι τρεις αυτοί επιμέρους στόχοι ορίζουν σε ένα βαθμό και την καινοτομία της παρούσας εργασίας η οποία συνοψίζεται στις παρακάτω διατυπώσεις:

α) Εισαγωγή στο μοντέλο πρόβλεψης, μετρήσεων που αφορούν τις συσχετίσεις μεταξύ των αρχαιολογικών ευρημάτων. Οι κλασικές συσχετίσεις των Σ.Γ.Π. που αναφέρονται στην αρχαιολογική έρευνα αφορούν απλοϊκά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά όπως η κλίση, το υψόμετρο και η εγγύτητα. Αυτή η απλοϊκή επιλογή στοιχείων μπορεί να αποτελεί βασικό

εργαλείο για την Αρχαιολογική έρευνα, αλλά εμπίπτει στην ουσιαστικά περιορισμένη αντίληψη της χρήσης των ΓΣΠ από τον επιστημονικό χώρο. Στην παρούσα εργασία και για πρώτη φορά στο βαθμό της βιβλιογραφίας που αναζητήθηκε, εισάγεται και η έννοια της συσχέτισης ή αυτοσυσχέτισης μεταξύ των ίδιων των ευρημάτων, ώστε να πιθανολογείται η ύπαρξη κάπου ευρήματος σε σχέση με την ύπαρξη ενός άλλου.

β) Εισαγωγή επίσης για πρώτη φορά του αρχαιολογικού-ιστορικού χρόνου στη μεθοδολογία πρόβλεψης, ως αλληλουχία ύπαρξης ή μη ύπαρξης του εκάστοτε αρχαιολογικού ευρήματος με σκοπό την αποκάλυψη επαναλαμβανόμενων προτύπων.

γ) Χρήση στη διαδικασία πρόβλεψης σειράς από γεωγραφικά συσχετισμένες ιδιότητες γεωλογικού/γεωτεχνικού χαρακτήρα οι οποίες εικάζεται ότι παραμένουν ιστορικά σταθερές υπό προϋποθέσεις. Για παράδειγμα, οι σημερινές θέσεις λατομείων ενδεχομένως υπονοούν και αρχαιολογική χρήση τους. Η υπόθεση αυτή αν και παρακινδυνευμένη, εμπίπτει στο πλαίσιο της διερευνητικής διάστασης της παρούσας εργασίας με στόχο όχι τόσο την Αρχαιολογία αλλά την μεθοδολογική προσέγγιση των ΓΣΠ.

δ) Δημιουργία ζωνών επιρροής στα Σ.Γ.Π. με βάση στοχαστικές κατανομές-συμπεριφορές της εκάστοτε ιδιότητας στο χώρο.

Προφανώς οι παραπάνω καινοτομίες είναι εξαιρετικά σημαντικές για να τις χωρέσει μία μεταπτυχιακή διατριβή, παρόλα αυτά μόνο και μόνο η διατύπωσή τους και η προσπάθεια εφαρμογής τους αποτελεί ιδιαίτερη πρόκληση. Ως προς την αναφερόμενη καινοτομία, τουλάχιστον στο χρονικό πεδίο της αρχής της συγκεκριμένης διατριβής, δεν έχουμε προσωπικά βρει στη βιβλιογραφία αντίστοιχες μελέτες.

1.3 Παραδοχές και προβλήματα

Παράλληλα με το θέμα της καινοτομίας θεωρούμε δόκιμο και δίκαιο να αναφέρουμε και τις παραδοχές που έχουν γίνει και περιορίζουν αρκετά τα ευρήματα και συμπεράσματα που μπορούν να βγουν από το περιορισμένο φάσμα μιας μεταπτυχιακής εργασίας. Παρακάτω λοιπόν διατυπώνονται οι παραδοχές και τα αντικειμενικά προβλήματα της εργασίας, τα οποία αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την κατανόηση της προτεινόμενης μεθοδολογίας:

α) Η ποιότητα, εύρος και το είδος των εισαχθέντων δεδομένων περιορίζει και τα αποτελέσματα της εκάστοτε μελέτης. Για τα δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε δεν μελετήσαμε την ακρίβεια ή ακόμη και στοιχεία της ποιοτικής τους ερμηνείας. Έτσι λόγω ουσιαστικής έλλειψης πολλών δεδομένων σε ένα περιορισμένο γεωγραφικό χώρο, αποφασίστηκε να χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα ως ένα όχημα για να υλοποιήσουμε τα μοντέλα χωρικών συσχετίσεων και προφανώς οι διατυπώσεις και ερμηνείες ως προς το φυσικό αντικείμενο είναι επιρρεπείς σε λάθη.

β) Ελλιπής αρχαιολογική αντίληψη αντικειμένου. Παρά τις επανειλημμένες προσπάθειες συνεργασίας με αρχαιολόγους για την άντληση πληροφοριών που θα μπορούσαν να συνεισφέρουν ή να επικεντρώσουν τη μελέτη μας, δεν κατέστη δυνατή μία τέτοια συνεχής συνεργασία. Έτσι λοιπόν και δεδομένου ότι δεν υπήρχε ο χρόνος μελέτης και από αρχαιολογικής πλευράς του αντικειμένου, επικεντρωθήκαμε στην υλοποίηση του μοντέλου γενικά και αν αυτό διαφανεί ότι προσφέρει στην αρχαιολογική έρευνα, μπορεί να επικεντρωθεί εκ των υστέρων σε συγκεκριμένα αντικείμενα με τη συμβολή

των ειδικών. Αυτό το πρόβλημα προσφέρει εκ των πραγμάτων και την προσέγγιση των επιμέρους στόχων της εργασίας χωρίς προκαταλήψεις, με αποτέλεσμα να αναζητηθούν διαφορετικές ιδιότητες από όσες έχουν ήδη μελετηθεί.

γ) Η θεώρηση ότι κάποια χαρακτηριστικά εκτείνονται στο παρελθόν είναι προφανώς παρακινδυνευμένη και ως εκ τούτου τα στοιχεία αυτά συμπεριλαμβάνονται στη μελέτη για λόγους πληρότητας και φυσικά τα αποτελέσματα δεν μπορούν να ερμηνευτούν χωρίς την πλήρη γνώση των αρχικών παραμετροποιήσεων. Για παράδειγμα, η έννοια του οδικού δικτύου ή των λατομικών περιοχών μπορεί να εκτείνεται στο ιστορικό παρελθόν λόγω παρόμοιων γεωλογικών και μορφολογικών συνθηκών αλλά χωρίς να υπάρχουν βάσιμα στοιχεία για να υποστηρίξουν αυτή την υπόθεση.

1.4 Μεθοδολογική προσέγγιση

Για την αρχική προσέγγιση του θέματος αναζητήθηκε σχετική βιβλιογραφία, με το συγκεκριμένο αντικείμενο, στη βιβλιοθήκη του Πολυτεχνείου Κρήτης, στην βιβλιοθήκη του Πανεπιστημίου Κρήτης και στο διαδίκτυο. Στην συνέχεια, ξεπεράστηκε το εμπόδιο της εύρεσης αξιόπιστων αρχαιολογικών δεδομένων με την συνδρομή του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας απ' όπου και μας χορηγήθηκε, για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αρχείο δεδομένων για πλήθος αρχαιολογικών θέσεων για περιοχές της Κρήτης.

Σε επόμενη φάση, κατόπιν συζήτησης με τον Δρ. Απόστολο Σαρρή (Ι.Μ.Σ. - Ι.Τ.Ε) και τον Αναπληρωτή Καθηγητή, κ. Παναγιώτη Παρτσινέβελο, προσδιορίστηκε η περιοχή μελέτης. Λόγω της φύσης και της χωρικής κατανομής των αρχαιολογικών θέσεων που έχουν καταγραφεί στο Ακρωτήριο του Νομού

Χανίων, αποφασίστηκε να περιοριστεί η μελέτη στην συγκεκριμένη περιοχή.

Το επόμενο βήμα περιλάμβανε την συλλογή όλων των απαραίτητων ψηφιακών δεδομένων καθώς και το κατάλληλο ψηφιακό μοντέλο εδάφους από την ιστοσελίδα ερευνητικών ιδρυμάτων.

Για την επίτευξη των επιμέρους στόχων και του κύριου σκοπού, με την χρήση Σ.Γ.Π. και με βάση τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, υπολογίστηκαν διάφορα χωρικά χαρακτηριστικά όπως η κλίση και το υψόμετρο των δεδομένων αρχαιολογικών θέσεων. Στην συνέχεια εισάγαμε στην βάση γεωγραφικά, γεωμορφολογικά, φυσικά και ανθρωπογενή χαρακτηριστικά όπως η ακτογραμμή, ποτάμια, λίμνες, το οδικό δίκτυο καθώς επίσης και πληροφορίες για λατομικές ζώνες στην ευρύτερη περιοχή του Ακρωτηρίου.

Για την επίτευξη του στόχου της συσχέτισης των παραπάνω χαρακτηριστικών με τις δεδομένες αρχαιολογικές θέσεις υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες αποστάσεις με την χρήση Σ.Γ.Π. Συγκεκριμένα, οι εν λόγω αποστάσεις υπολογίστηκαν έπειτα από την κατηγοριοποίηση των αρχαιολογικών θέσεων με βάση την χρήση γης που έχει καταγραφεί για την κάθε μια θέση.

Ομοίως, για την επίτευξη του στόχου της εισαγωγής της αυτοσυσχέτισης των ευρημάτων ως μέσο πρόβλεψης της ύπαρξης τους σε νέες περιοχές, υπολογίστηκαν οι μεταξύ τους αποστάσεις.

Ο τρίτος στόχος, η εισαγωγή του χρόνου στο μοντέλο πρόβλεψης, προσεγγίστηκε με την βοήθεια λογισμικού που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας και στοχευμένα για τις αρχαιολογικές θέσεις ταφής.

Ως λογισμικό Σ.Γ.Π. χρησιμοποιήθηκε κυρίως το ArcGIS, στο οποίο πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των δεδομένων και η εξαγωγή των κατάλληλων πινάκων, διαγραμμάτων και χαρτών.

1.5 Δομή και Περιεχόμενο Διπλωματικής Εργασίας

Η Διπλωματική Εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια.

Στο **πρώτο κεφάλαιο**, το οποίο έχει εισαγωγικό χαρακτήρα, γίνεται μια περιγραφή του στόχου, του αντικειμένου και της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, καθώς και η δομή και το περιεχόμενο του τεύχους της.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** γίνεται εκτενής περιγραφή της περιοχής μελέτης καθώς και βιβλιογραφική ανασκόπηση θεμάτων σχετικά με την παρούσα εργασία.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** γίνεται αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε καθώς και η αρχιτεκτονική στην οποία βασίστηκε η ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται η διαδικασία συλλογής των απαραίτητων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, η αναλυτική διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων αυτών και τέλος η ανάλυση των αποτελεσμάτων της παραπάνω επεξεργασίας.

Τέλος, στο **πέμπτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων.

Κεφάλαιο 2 : Θεωρητικό Υπόβαθρο

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.) είναι πλέον ευρέως διαδεδομένα σε πολλές επιστήμες. Η τεχνολογία των Σ.Γ.Π., μπορεί να συμβιβάσει πολλά είδη πληροφοριών, περιβαλλοντικού, οικολογικού και πολιτιστικού χαρακτήρα με διάφορα μέσα επιλογής, διαχείρισης, μοντελοποίησης αλλά και χωρικής αναφοράς (Ruggles, 1992).

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ή στην αγγλική Geographic Information Systems (GIS), είναι πληροφοριακά συστήματα (Information Systems) συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης, σε ψηφιακό περιβάλλον, δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο. Στην πιο αυστηρή μορφή τους είναι ψηφιακά συστήματα, ικανά να ενσωματώσουν, αποθηκεύσουν, προσαρμόσουν, αναλύσουν και παρουσιάσουν γεωγραφικά συσχετισμένες πληροφορίες (<http://www.hellasgi.gr/>).

Ειδικότερα, ένα Σ.Γ.Π. προσφέρει μία σειρά από εργαλεία "έξυπνου χάρτη", τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες τους να αποτυπώσουν ένα μοντέλο του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν δια δραστικές ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα (αναζητήσεις δημιουργούμενες από τον χρήστη), να αναλύσουν χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά (εκτυπώσεις χαρτών και διαγραμμάτων) ή σε ψηφιακά μέσα (αρχεία χωρικών δεδομένων, δια δραστικοί χάρτες στο Διαδίκτυο).

Τα Σ.Γ.Π., όπως και τα συστήματα σχεδίασης, αποτυπώνουν χωρικά δεδομένα σε γεωγραφικό, χαρτογραφικό ή καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Βασικό χαρακτηριστικό των Σ.Γ.Π.

είναι ότι τα χωρικά δεδομένα συνδέονται και με περιγραφικά δεδομένα, π.χ. μια ομάδα σημείων που αναπαριστούν θέσεις πόλεων συνδέονται με ένα πίνακα όπου κάθε εγγραφή εκτός από τη θέση περιέχει πληροφορίες όπως η ονομασία, ο πληθυσμός κλπ.

Τα δεδομένα αυτά συνήθως λέγονται γεωγραφικά ή χαρτογραφικά ή χωρικά (spatial) και μπορεί να συσχετίζονται με μια σειρά από περιγραφικά δεδομένα τα οποία και τα χαρακτηρίζουν μοναδικά. Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά μπορούν να αναπαραχθούν με σημεία, γραμμές και πολύγωνα όπου αναφερόμαστε σε διανυσματικά δεδομένα αλλά και με εικόνες ή ψηφιδωτά τα οποία χωρίζουν τον κόσμο σε διακριτά “τετράγωνα” ή αλλιώς φατνία (cells). Κάθε φατνίο έχει μία θέση σχετική με μία αρχή (origin) και μία τιμή η οποία περιγράφει το χαρακτηριστικό το οποίο μοντελοποιεί.

Το μεγαλύτερο κομμάτι της συλλογής δεδομένων συνήθως αφορά τα διανυσματικά πρωτογενή δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται κυρίως από τοπογραφικές μετρήσεις πεδίου που εκτελούνται με τη χρήση εξειδικευμένων οργάνων και μεθόδων μέτρησης. Πολύ σημαντικά είναι και τα διανυσματικά δευτερογενή δεδομένα τα οποία προκύπτουν από την ψηφιοποίηση (digitizing) διανυσματικών οντοτήτων από χάρτες ή άλλες πηγές. Ψηφιδωτά δεδομένα (raster) μπορεί να αναπαριστούν θεματικά δεδομένα (π.χ. χρήσεις γης), φωτογραφίες (π.χ. σαρωμένα χαρτογραφικά υπόβαθρα) αλλά και φασματικά δεδομένα (π.χ. δορυφορικές εικόνες και αεροφωτογραφίες).

Γενικά, μία εικόνα είναι μία γραφική αναπαράσταση ή μία περιγραφή ενός αντικειμένου που παράγεται από μία οπτική ή ηλεκτρονική συσκευή. Οι εικόνες που χρησιμοποιούνται σε ένα

Σ.Γ.Π. μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες: γεωγραφικές και μη-γεωγραφικές. Οι γεωγραφικές εικόνες καταλαμβάνουν ένα γεωγραφικό διάστημα της περιοχής ενδιαφέροντος. Οι σαρωμένοι χάρτες, οι εναέριες φωτογραφίες, και οι δορυφορικές εικόνες ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Οι μη-γεωγραφικές εικόνες αποτελούνται από τις σαρωμένες φωτογραφίες ή τα έγγραφα κειμένων, και την σχεδιαστική εργασία από ένα γραφικό λογισμικό σχεδίων. Στο παρακάτω σχήμα μία γεωγραφική εικόνα παρουσιάζεται ως φόντο σε ένα σετ θεματικών αρχείων (coverage) και δύο πρόσθετες μη-γεωγραφικές εικόνες περιγράφουν τα τονισμένα χαρακτηριστικά πάνω στο σετ αυτό. Και οι δύο τύποι εικόνων έχουν τη θέση τους σε ένα GIS. Οι μη-γεωγραφικές εικόνες, εντούτοις, δεν είναι κατάλληλες για τα εργαλεία αυτοματισμού στοιχείων των λογισμικών μετατροπής raster σε vector αρχείων. Μια μη-γεωγραφική εικόνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να απαλειφθεί κάποιο μερικό χαρακτηριστικό γνώρισμα, αλλά όχι για να μετατραπεί σε διανυσματική μορφή. Τα εργαλεία της αυτόματης μετατροπής στοιχείων από raster σε vector έχουν σχεδιαστεί πρωτίστως για τις γεωγραφικές εικόνες.

Αντίθετα από τα διανυσματικά δεδομένα, όπου κάθε χαρακτηριστικό γνώρισμα καθορίζεται στο χώρο με ιδιαίτερα x,y ζευγάρια συντεταγμένων, τα ψηφιδωτά δεδομένα σχεδιάζονται σε μία δομή πλέγματος, όπου κάθε στοιχείο, ή κελί, προσδιορίζεται από έναν ιδιαίτερο αριθμό σειρών και στηλών. Μια ομάδα κελιών έπειτα μπορεί να διαμορφώσει ένα χαρακτηριστικό.

Κάθε τιμή κελιού περιγράφει τη μερική ιδιότητα του αντικειμένου που παρατηρείται. Σε μία δορυφορική εικόνα, η ιδιότητα είναι η φασματική ανάκλαση, ή το ποσό ανακλώμενου φωτός από ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος του

ηλεκτρομαγνητικού φάσματος σε μία συγκεκριμένη θέση στη γήινη επιφάνεια. Σε ένα σαρωμένο έγγραφο, κάθε κελί αντιπροσωπεύει το ποσό φωτός που ανακλάται από το έγγραφο σε ένα δεδομένο σημείο. Το εύρος των τιμών που μπορούμε να υποθέσουμε για ένα κελί, εξαρτάται από τον αριθμό δυαδικών ψηφίων που χρησιμοποιούνται για να καταχωρήσουν τα δεδομένα των κελιών. Όσο περισσότερα δυαδικά ψηφία, τόσο μεγαλύτερη η σειρά των πιθανών τιμών, και επομένως, τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που μπορεί να διαφοροποιηθεί. Παραδείγματος χάριν, ο αριθμός μοναδικών τιμών που μπορούν να εκφραστούν με μία εικόνα 1 bit είναι δύο, ή με μία εικόνα 8 bit, 256 μοναδικές τιμές.

Τα Σ.Γ.Π. στην αρχαιολογία

Ως αρχαιολογία ορίζεται η συστηματική προσέγγιση της αποκάλυψης του ανθρώπινου παρελθόντος και του περιβάλλοντος του. Η αρχαιολογία περιλαμβάνει όχι μόνο συστηματικές ανασκαφές και καταμετρήσεις αλλά και την ανάλυση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί στο πεδίο. Η αρχαιολογία αποτελεί σήμερα αντικείμενο διεπιστημονικής έρευνας. Σύγχρονες έρευνες στην αρχαιολογία εμπλέκουν και μια σειρά από άλλες επιστήμες όπως είναι η Γεωλογία, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, η Χημεία, η Στατιστική αλλά και η Τηλεπισκόπηση με στόχο την εξαγωγή πολύτιμης πληροφορίας βασισμένες σε μη παρεμβατικές τεχνικές.

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αρχαιολογική έρευνα με στόχο τη μοντελοποίηση των τρόπων κατοίκησης σε ιστορικές περιόδους, τον εντοπισμό νέων αρχαιολογικών θέσεων, την μελέτη της επικοινωνίας και των ορίων επικράτειας των αρχαίων οικισμών

και την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων. Συγχρόνως, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών μπορούν να αναχθούν σε ένα εξαιρετικά χρήσιμο μεθοδολογικό εργαλείο που μπορεί να συνεισφέρει ουσιαστικά στην αντιμετώπιση προβλημάτων που απορρέουν από την ανάγκη προστασίας και διαχείρισης των πολιτιστικών μνημείων υπό την πίεση των σύγχρονων αναπτυξιακών έργων. Η δημιουργία ηλεκτρονικών θεματικών αρχαιολογικών χαρτών και γεωγραφικών συστημάτων αρχαιολογικών πληροφοριών, σε συνάρτηση με τις υπάρχουσες περιβαλλοντικές συνθήκες, τις γεωμορφολογικές και κλιματικές αλλαγές και τις πιέσεις που δημιουργούνται από τον χωροταξικό σχεδιασμό, μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ενός μοντέλου αντιμετώπισης προβλημάτων που αφορούν τη διαχείριση της πολιτισμικής κληρονομιάς (Sarris A. et al, 1999).

Η ανάλυση στις αρχαιολογικές μελέτες οι οποίες βασίστηκαν στα Σ.Γ.Π. απέδειξαν ότι στις περισσότερες περιπτώσεις μόνο ορισμένες περιβαλλοντικές μεταβλητές συμπεριελήφθησαν στις έρευνες. Καθώς η συλλογή και η ανάπτυξη χρήσιμων περιβαλλοντικών δεδομένων μπορεί να αποδειχθεί χρονοβόρα και κοστοβόρα, υπήρξε τεράστια απαίτηση λεπτομερούς γνώσης για το περιβάλλον. Αυτό θέτει μια μελλοντική πρόκληση γιατί η καλύτερη κατανόηση του χώρου και η εκτενής ανάλυση η οποία βασίζεται στην εισαγωγή περισσότερων περιβαλλοντικών δεδομένων θα προσφέρει περισσότερο περιεκτικά αποτελέσματα (Siart C. Et al, 2008).

Η ικανότητα των Σ.Γ.Π. να ενσωματώσουν τα αποτελέσματα διαφορετικών τύπων δεδομένων όπως είναι τα δεδομένα από επίγειες μετρήσεις και αεροφωτογραφίες δημιουργώντας άπειρες χαρτογραφικές απεικονίσεις της επιφάνειας του εδάφους, επιτρέποντας τον συνδυασμό ποιοτικών, ποσοτικών γεωγραφικών πληροφοριών έχει οδηγήσει ένα όλο και

αυξανόμενο αριθμό χώρων να υιοθετούν τα Σ.Γ.Π. ως το βασικό εργαλείο διαχείρισης αρχαιολογικών δεδομένων (Gkiasta, 2008).

Η αναβάθμιση των δορυφορικών λήψεων τόσο σε επίπεδο συστημάτων καταγραφής όσο και σε επίπεδο επεξεργασίας των απεικονίσεων, σε συνδυασμό με την σύγχρονη ανάπτυξη Παγκόσμιων Συστημάτων Εντοπισμού ανάγουν την παραπάνω τεχνολογία σε ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο που μπορεί να συνεισφέρει με επιτυχία στην αντιμετώπιση προβλημάτων που απορρέουν από τον μεγάλο όγκο αρχαιολογικών δεδομένων αλλά και την ανάγκη διαχείρισης των πολιτιστικών μνημείων. Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών συνεισφέρουν αποτελεσματικά στον εντοπισμό νέων αρχαιολογικών θέσεων, τη μελέτη της διαχείρισης του χώρου και της χρήσης γης, την επικοινωνία μεταξύ οικισμών και απομακρυσμένων αρχιτεκτονικών κατασκευών, την δημιουργία θεματικών αρχαιολογικών χαρτών διαφορετικών περιόδων κλπ.

Σε ένα πιο συνθετικό επίπεδο, τα Σ.Γ.Π. συνδυάζουν δορυφορικές και επίγειες μετρήσεις καθώς και άλλες γεωγραφικά ενταγμένες πληροφορίες με σκοπό την διαχείριση των φυσικών και πολιτιστικών πόρων. Έτσι επιτυγχάνεται ταυτόχρονα η διατήρηση και η προστασία των πολιτιστικών μνημείων και εξασφαλίζεται ο σωστός προγραμματισμός των αναπτυξιακών προγραμμάτων μεγάλης κλίμακας (Sarris et al 1999).

Επίσης, η χρήση της Τηλεπισκόπησης (Remote Sensing [RS]) και οι Τεχνολογίες Πληροφορίας (Information Technologies [I.T.]) συνεισφέρουν στην διατήρηση και στην διαχείριση πολιτιστικών πόρων. Παραδείγματα μπορούν να αντληθούν από διάφορα μέρη ανά τον κόσμο, με έμφαση στην Μεσόγειο και

στον Ελλαδικό χώρο, τα οποία υποδεικνύουν την πιθανή χρήση και την συνεισφορά της Γεωφυσικής χαρτογράφησης, της Τηλεπισκόπησης και των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών σε συγκεκριμένες εφαρμογές όπως η περιγραφή των ορίων των αρχαιολογικών θέσεων, η χαρτογράφηση αρχιτεκτονικών καταλοίπων ευρισκόμενων κάτω από το έδαφος, η ανακατασκευή και η μοντελοποίηση αρχαίων μοτίβων κατοίκησης (περιοχές αρχαιολογικού ρίσκου) και η ανάπτυξη των Σ.Γ.Π. για την διαχείριση αρχαιολογικών μνημείων (περιοχές προστασίας, αρχαιολογικά πάρκα κλπ) (Sarris A. et al, 2014). Παράλληλα, η ενσωμάτωση στην αρχαιολογική έρευνα συγκεκριμένα της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης, αλλά και των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, στην εξερεύνηση του κινδύνου για φυσικές και ανθρωπογενείς καταστροφές των πλέον σημαντικών πολιτισμικών θέσεων και στην Κύπρο ήταν επίσης σημαντική (Hadjimitsis D., 2011). Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι με την συνδρομή της Τηλεπισκόπησης μπορούν να συμπεριληφθούν στο μοντέλο ίχνη στο υπέδαφος τα οποία εντοπίζονται σε αεροφωτογραφίες, γεωφυσικές τεχνικές αλλά και δορυφορικές εικόνες (Sarris A., Dederix S., 2014).

Πλέον σήμερα, όπου το διαδίκτυο είναι ένα ευρέως διαδεδομένο μέσο επικοινωνίας, αξίζει να σημειωθεί ότι οπτικοποιημένοι τύποι ερωτημάτων χρηστών έχουν εισαχθεί στα Σ.Γ.Π. με την μορφή οπτικών μεταφορών, σχεδιαγραμμάτων, γλυφικών και εικόνων (Bonhomme et al. 1999; Egenhofer, 1997; Ferri et al., 1999; Mainguenaud and Portier, 1990; Meyer, 1993) και παράλληλα έχοντας κατανοήσει την ανάγκη για διαχείριση και θέαση των αρχαιολογικών δεδομένων εξ αποστάσεως, έχουν αναπτυχθεί διαδικτυακές εφαρμογές, φιλικές ως προς μη εξειδικευμένους χρήστες, οι οποίες είναι αρχαιολογικά Σ.Γ.Π.

Μια από αυτές είναι η ARCHEOGIS, εξειδικευμένη για επιστήμονες αρχαιολογίας (Brovelli M.,Maurino A. 2000).

Ευρέως διαδεδομένες είναι και οι εφαρμογές Σ.Γ.Π. τριών διαστάσεων οι οποίες συνεισφέρουν τα μέγιστα στην τοποθέτηση των ευρημάτων των ανασκαφών στην ευρύτερη περιοχή της αρχαιολογικής θέσης ή ακόμη και ολόκληρης της ιστορικής περιόδου στην οποία ανήκουν τα ευρήματα (Tsiafaki D.,2015).

Κατά συνέπεια η δυνατότητα της γεωαναφοράς της αρχαιολογικής θέσης και των ευρημάτων όχι μόνο σε τοπικό επίπεδο αλλά και σε παγκόσμιο, δίνει την δυνατότητα στο αρχαιολόγο ερευνητή να δει από άλλη οπτική γωνία τα ευρήματα (Nunez et al, 2013).

Ενώ από την πλευρά της επεξεργασίας των δεδομένων με την βοήθεια ενός Σ.Γ.Π. τα συνήθη δομικά χαρακτηριστικά τα οποία αποτελούν τα βασικά ερμηνευτικά χαρακτηριστικά ενός ερωτήματος που τίθεται μέσω διαγράμματος, περιλαμβάνει τις σχέσεις των αντικειμένων από την άποψη της τοπολογίας, της κατεύθυνσης, της εγγύτητας ανάμεσα σε σημεία ενδιαφέροντος με την μορφή σημείου, γραμμής ή πολυγώνου (Partsinevelos P. Et al, 2015).

Παράλληλα στη ευρύτερη περιοχής της Κρήτης, όπου πραγματοποιούνται συνεχώς μελέτες και έρευνες σχετικά με θέσεις Μινωικής Εποχής μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι συγκεκριμένα για την αναγνώριση των χαρακτηριστικών των Ιερών Κορυφής στην Μινωική Κρήτη γίνεται χρήση των Σ.Γ.Π. συνδυάζοντας αρχαιολογικά χαρακτηριστικά με περιβαλλοντικές μεταβλητές στο Μινωικό Τοπίο, καθώς και η δημιουργία μοντέλου ώστε να γίνει κατανοητός ο ρόλος του Ιερού Κορυφής στο τοπίο αυτό. Για να είναι επιτυχής η

προσπάθεια με την χρήση Σ.Γ.Π. πρέπει να τροφοδοτηθεί με μεγάλου εύρους δεδομένα, τα οποία θα πρέπει να επεξεργαστούν με στατιστικές μεθόδους έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μεταβλητές για την ταυτοποίηση των θέσεων Μινωικών Ιερών Κορυφής (Soetens S. Et al 2001).

Σε αρχαιολογικές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι πρόσφατα έχουν ερμηνεύσει αρχαιολογικές θέσεις, και συγκεκριμένα θέσεις Ιερών Κορυφής, βασιζόμενες κυρίως στα αρχαιολογικά ευρήματα (ειδώλια ανθρώπων, ζώων κλπ). Επιπλέον χωρικά χαρακτηριστικά όπως είναι η απόσταση από οικισμούς έχουν ερμηνευτεί από την σκοπιά της θρησκευτικής σημασίας ώσπου έγινε μια υπόδειξη για τα Ιερά Κορυφής, τα οποία είχαν αμοιβαία ορατότητα, να θεωρηθούν εκτός από αντανάκλαση «ζωνών» και οντότητες οι οποίες σε περιφερειακό επίπεδο εξαιτίας της αμοιβαίας ορατότητας αποτελούν τελετουργική ενότητα υπερνικώντας τα πολιτικά όρια. Με σκοπό , λοιπόν, την συστηματική μελέτη αυτών των παρατηρήσεων, την ταυτοποίηση επιπλέον λειτουργιών των Ιερών Κορυφής, την καλύτερη κατανόηση του πως αντιλαμβάνονταν οι Μινώιτες το όλο τοπίο δημιουργήθηκαν μοντέλα ικανά για χωρική και στατιστική ανάλυση αλλά και με δυνατότητα πρόβλεψης. Τα Σ.Γ.Π. αποτέλεσαν πολύτιμο εργαλείο στην προσπάθεια οργάνωσης, ανάλυσης και οπτικοποίησης όλων των δεδομένων που προέκυψαν από τις διάφορες πηγές (αρχαιολογικά, τοπογραφικά περιβαλλοντικά και στατιστικά). (Soetens S. et al, 2003).

Αξίζει να σημειωθεί σ' αυτό το σημείο ότι χάρη στις θεωρητικές εξελίξεις των τελευταίων χρόνων στη μελέτη της ταφής των νεκρών σε συνδυασμό με τη αρχαιολογία τοπίου είναι πλέον ευρέως αποδεκτό το γεγονός ότι η θέση των ταφικών μνημείων δεν είναι τυχαία. Στην πραγματικότητα, ανάμεσα σε όλες τις

αποφάσεις που η εκάστοτε κοινωνία έπαιρνε σχετικά με τους νεκρούς της, αυτές που σχετίζονταν με την θέση ταφής ήταν από τις πλέον σημαντικές και είναι βασικό για μελέτες βασισμένες σε Σ.Γ.Π. να λαμβάνεται υπόψιν το ότι η θέση ταφής είναι σύνθετο ερώτημα για το οποίο δεν υπάρχουν απλές απαντήσεις (Dederix S.,2014).

Μοντέλα πρόβλεψης

Ένα αρχαιολογικό μοντέλο πρόβλεψης είναι ένα εργαλείο το οποίο υποδεικνύει την σχετική πιθανότητα του εντοπισμού μιας αρχαιολογικής θέσης. Μερικές φορές αναφέρονται ως χάρτες αρχαιολογικής «ευαισθησίας» επειδή υποδεικνύουν θέσεις οι οποίες είναι περισσότερο ευαίσθητες σε σχέση με άλλες όσον αφορά τους πολιτιστικούς πόρους.

Αυτοί οι χάρτες πρόβλεψης συνήθως περιλαμβάνουν τρεις ζώνες :

- Μια ζώνη υψηλής ευαισθησίας, όπου είναι πιθανότερο να εντοπίζονται αρχαιολογικές θέσεις,
- Μια ζώνη μέσης ευαισθησίας, όπου είναι λιγότερο πιθανό να εντοπίζονται αρχαιολογικές θέσεις και τέλος
- Μια ζώνη χαμηλής ευαισθησίας, όπου είναι απίθανο να εντοπιστούν αρχαιολογικές θέσεις.

Οι χάρτες αυτοί είναι πολύ χρήσιμοι για τον σχεδιασμό των μεταφορών και των χρήσεων γης γενικότερα καθώς οι κατασκευαστικές διεργασίες μπορούν να προσαρμοστούν ώστε να αποφευχθούν περιοχές που έχουν προβλεφθεί από τα μοντέλα πρόβλεψης, και συνεπώς ο σχεδιασμός να αποδειχθεί λιγότερο κοστοβόρος.

Η αξιοπιστία αυτών των μοντέλων σχετίζεται με την απόδοση τους και μπορεί να ελεγχθεί με την σύγκριση των αποτελεσμάτων τους με αποτέλεσμα αρχαιολογικής έρευνας πεδίου. Συνεπώς ο έλεγχος του μοντέλου σε σχέση με τα ευρήματα στο πεδίο, αποτελεί την κυρία παράμετρο της αξιοπιστίας του (Gibbon G.).

Η ανάπτυξη των προγνωστικών μοντέλων κατοίκησης βασίζεται στην επεξεργασία ψηφιακών εικόνων και άλλων περιβαλλοντικών πληροφοριών και την διαδικασία της ταξινόμησης, η οποία επιτρέπει την μαθηματική ανάλυση χωρικά συνεχών μεταβλητών και την απεικόνιση αυτών. Τα μοντέλα εντοπισμού αρχαιολογικών θέσεων βασίζονται στην υπόθεση ότι η χωρική κατανομή τους είναι συνάρτηση διαφόρων περιβαλλοντικών παραγόντων που έδρασαν στην ευρύτερη περιοχή. Η κατασκευή μοντέλων εντοπισμού απαιτεί την στατιστική συσχέτιση ορισμένων περιβαλλοντικών παραμέτρων με γνωστούς αρχαιολογικούς χώρους με στόχο την χωρική ή/και φασματική διαφοροποίηση περιοχών που πιθανόν να έχουν αρχαιολογικό ενδιαφέρον (Jacoli & Carrara 1995).

Η ακρίβεια του κάθε μοντέλου έγκειται στην ικανότητα του να αναδείξει ποιοι παράμετροι επηρεάζουν την επιλογή της θέσης για κάθε ένα τύπο αρχαιολογικής θέσης υπό συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η προγνωστική μοντελοποίηση είναι ένα εργαλείο με πολλές δυνατότητες αλλά και αδυναμίες. Τα δυνατά σημεία συνοψίζονται ως εξής :

1. Τα προγνωστικά μοντέλα είναι αποδοτικά εργαλεία για την διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς για επιτρέπουν την πραγματοποίηση ξεκάθαρων και βάσιμων

επιλογών στην αντιμετώπιση του ερωτήματος «που θα επενδυθούν χρήματα για αρχαιολογική έρευνα».

2. Καθώς τα μοντέλα προδιαγράφουν ρητά τις θέσεις που αναμένεται η εύρεση αρχαιολογικών ευρημάτων είναι ανοιχτά σε λεπτομερή έλεγχο από αρχαιολόγους και μη. Με αυτόν τον τρόπο διεγείρονται συζητήσεις για το πώς θα διαχειριστούν περιοχές όπου υπάρχουν αβεβαιότητες.
3. Τα μοντέλα πρόβλεψης, παρόλο που πολλές φορές δεν θεωρούνται τέτοια, είναι εκ φύσεως εργαλεία εύρεσης με ξεκάθαρη επιστημονική αξία. Κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης ενός μοντέλου πρόβλεψης, υποχρεούμαστε να προσδιορίσουμε ξεκάθαρα και να αναθεωρήσουμε υποθέσεις και θεωρίες λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή των αρχαιολογικών ευρημάτων και τελικά την ανθρώπινη συμπεριφορά του παρελθόντος στο τοπίο.

Οι αδυναμίες των προγνωστικών μοντέλων συνοψίζονται παρακάτω :

1. Τα μοντέλα και τα αποτελέσματα της πρόβλεψης είναι τόσο καλά όσο και οι θεωρίες και τα δεδομένα που εισάγονται σε αυτά.
2. Έχοντας δώσει έμφαση στην πρόβλεψη οικισμών σε βάρος άλλων αρχαιολογικών φαινομένων σημαίνει ότι η χρήση προγνωστικών μοντέλων θα οδηγήσει στην προστασία και εξερεύνηση ακόμη περισσότερων οικισμών, ενισχύοντας έτσι τις προβλέψεις που έγιναν και οδηγώντας σε ένα φαύλο κύκλο από αυτό-εκπληρούμενες προφητείες. Καθώς θέλουμε να δώσουμε έμφαση στο γεγονός ότι δεν υπάρχει κανένας λόγος ώστε τα

προγνωστικά μοντέλα να μην μπορούν να προβλέψουν και άλλους τύπους αρχαιολογικών ευρημάτων.

3. Υπάρχει η εντύπωση ότι μερικοί αρχαιολόγοι αισθάνονται ότι τα προγνωστικά μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως όπλα ενάντια στις πολιτικές πιέσεις και αν αυτό αποτύχει, εκείνοι απογοητεύονται από τα εργαλεία που έχουν στα χέρια τους όσον αφορά τον τρόπο λήψης αποφάσεων και τον ρόλο που παίζει η αρχαιολογία σε όλο αυτό (Verhagen P. Et al, 2007)

Τα μοντέλα πρόβλεψης είναι φόρμουλες οι οποίες μπορεί να είναι είτε παραγωγικά είτε επαγωγικά, τα οποία έχουν στηθεί με στόχο την πρόβλεψη άγνωστων γεγονότων. Ειδικά για αρχαιολογικές έρευνες είναι πολύ σημαντική η πρόβλεψη της θέσης ευρημάτων καθώς ένα από τα μέσα της προώθησης της γνώσης και της προστασίας αρχαιολογικών θέσεων σε κίνδυνο είναι η ανάπτυξη μοντέλων ικανών να προβλέψουν πιθανές θέσεις αρχαιολογικών ευρημάτων. Σε πρακτικές εφαρμογές, ωστόσο, χρειάζεται τόσο το θεωρητικό υπόβαθρο όσο και οι εμπειρικές παρατηρήσεις. Για παράδειγμα, τα μοντέλα πρόβλεψης εντοπισμού αρχαιολογικών θέσεων μπορούν να αναπτυχθούν με την παραγωγική προσέγγιση κυρίως λαμβάνοντας υπόψη τις πολιτιστικές και βιολογικές ανάγκες μιας κοινωνίας (Scianna A., Benedetto V.).

Τα περισσότερα μοντέλα πρόβλεψης υστερούν σημασίας λόγω της ασάφειας των δεδομένων και της αβεβαιότητας στην γνώση σχετικά με την ανθρώπινη συμπεριφορά αλλά και εξαιτίας του γεγονότος ότι σπάνια λαμβάνονται υπόψη οι φυσικές διεργασίες. Μια πιθανότητα να αντιπαρέλθουμε τέτοιες αβεβαιότητες είναι με προσέγγιση μοντέλων πιθανοτήτων όπως το θεώρημα Bayes και η θεωρία Demster – Shafer. Αυτή η

τεχνική ενσωματώνει την ασάφεια υπολογίζοντας βάρη αξιοπιστίας σε καθορισμένες μεταβλητές. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται πιθανότητα για την υποστήριξη μιας συγκεκριμένης υπόθεσης.

Η διαδικασία μοντελοποίησης γίνεται σε Σ.Γ.Π. δημιουργώντας επιφάνειες πιθανοτήτων βασισμένες σε ψηφιδωτά δεδομένα. Οι αντίστοιχες επιφάνειες πιθανότητας συσσωματώθηκαν σε μια τελική επιφάνεια βαρών η οποία είχε ως αποτέλεσμα τιμές πιθανότητας για κάθε ένα από τα «κελιά» όσον αφορά τον χαρακτηρισμό της είναι ή όχι αρχαιολογική θέση. Στην συνέχεια διενεργείται τελικός έλεγχος των αποτελεσμάτων συγκριτικά με μια βάση δεδομένων η οποία περιέχει γνωστές αρχαιολογικές θέσεις για την αξιολόγηση του μοντέλου (Boos S. Et al,2012).

Σε κάποιες μελέτες (Balla et al, 2012) η αντιμετώπιση του προβλήματος επικεντρώθηκε στον εντοπισμό περιοχών στις οποίες δεν υπάρχουν αντίστοιχα ευρήματα ώστε να είναι εφικτή η εγκατάσταση νέων κατασκευών. Για το σκοπό αυτό λήφθηκαν υπόψη μια σειρά από φυσικές αλλά και ανθρωπογενής παραμέτρους και με βάση συναρτήσεις Ασαφούς Λογικής και Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας απόδοσης βαρών προβλέφθηκαν περιοχές με ελάχιστη ή μηδενική πιθανότητα να φιλοξενούν νέα αρχαιολογικά ευρήματα.

Σε άλλες μελέτες διαπιστώθηκε ότι οι ανθρωπογενείς κι περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορεί να συνεισφέρουν ισοδύναμα ή σε διαφορετικό ποσοστό στην υποβάθμιση των αρχαιολογικών μνημείων. Οι πυρκαγιές σε γεωργικές εκτάσεις και η όλο και μεγαλύτερη αστικοποίηση μπορούν να συνεισφέρουν στην υποβάθμιση του πολιτιστικού τοπίου.

Από την άλλη πλευρά περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως οι σεισμοί και οι κατολισθήσεις είναι δυνατόν να προκαλέσουν

βίαιες και σοβαρές ζημιές στις αρχαιολογικές θέσεις. Για την ανάπτυξη του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν αλγόριθμοι Fuzzy ART και ARTMAP νευρωνικών δικτύων, οι οποίοι αποδείχθηκαν πολύ αποτελεσματικοί κάνοντας την τελική ταξινόμηση περισσότερο αμερόληπτη για αρχαιολογική ερμηνεία (Alexakis D, Sarris A., 2010).

Σημαντική παραμένει και η τοπογραφία της περιοχής εγκατάστασης καθώς κατόπιν εφαρμογής Ανάλυσης δεικτών τοπογραφικής θέσης (Topographic Position Index, TPI) και απόκλισης από το μέσο υψόμετρο (Deviation from mean Elevation, DEV) καθώς τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στις αρχαιολογικές θέσεις και την τοπογραφία της περιοχής κατά την Πρώιμη Μινωική Περίοδο ενώ παρατηρείται σημαντική συσχέτιση κατά μεταγενέστερες Μινωικές Περιόδους όπου εντοπίζεται η ύπαρξη περισσότερο οργανωμένων κοινωνιών (Argyriou et al, 2017).

Βασικό βήμα στο προγνωστικά μοντέλα αποτελεί και η κανονικοποίηση των μεταβλητών. Η θεωρία των ασαφών συνόλων (Schmucker 1982, Zadeh 1965) παρέχει μία πλούσια μαθηματική βάση για την κατανόηση προβλημάτων λήψης απόφασης, καθώς και για την κατασκευή κανόνων κατά την αξιολόγηση και το συνδυασμό των κριτηρίων της διαδικασίας λήψης απόφασης (Eastman 2006). Η κεντρική ιδέα της θεωρίας είναι ότι τα στοιχεία ενός συνόλου, μπορούν να περιέχονται σε αυτό με κάποιο βαθμό συμμετοχής (membership), το οποίο κυμαίνεται μεταξύ του 0 και του 1 (Murayama & Thapa 2011, σελ. 16). Σε αντίθεση με τη δυαδική λογική, κατά την οποία ένα στοιχείο ανήκει ή δεν ανήκει σε ένα σύνολο, η θεωρία της ασάφειας εισάγει τη δυνατότητα απεικόνισης στοιχείων, τα οποία μόνο μερικώς μπορούν να θεωρηθούν τμήματα ενός συνόλου (Brimicombe, 2010). Συνεπώς, με τη θεωρία της

ασαφούς λογικής είναι δυνατή η προσέγγιση πολλών φυσικών ερωτημάτων και προβλημάτων, στα οποία οι απαντήσεις δεν είναι μονοσήμαντες.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της ασαφούς λογικής συνοψίζονται ως εξής:

- Η θεωρία της ασάφειας είναι πολύ στενά συνδεδεμένη με την αμφιβολία ως ποσοτικοποιημένη κατάσταση αβεβαιότητας. Η εγγενής αβεβαιότητα, δηλαδή, που παρατηρείται σε όλα τα φυσικά προβλήματα και το γεγονός ότι αυτή αυξάνει, όσο περισσότερο αυξάνει η πολυπλοκότητα των προβλημάτων (Zadeh 1973), αποτελεί βασικό στοιχείο της προσέγγισης της ασαφούς λογικής και δεν συνυπολογίζεται με όρους παραδοχών
- Στο μεθοδολογικό πλαίσιο της ασαφούς λογικής περιλαμβάνεται η δυνατότητα εκμετάλλευσης των διατυπώσεων της φυσικής ανθρώπινης γλώσσας. Με αυτόν τον τρόπο, καθίσταται δυνατή η διαπραγμάτευση ποιοτικών δεδομένων και η καλύτερη ανταπόκριση στη διαχείριση φυσικών προβλημάτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η δομή της θεωρίας προσεγγίζει περισσότερο την ανθρώπινη λογική, δηλαδή στο πραγματικό μέσο αντιμετώπισης φυσικών προβλημάτων. Η δυνατότητα αυτή, προφανώς επιτρέπει τη χρήση όλων των μορφών δεδομένων.
- Η αλγοριθμική δομή των συστημάτων ασαφούς λογικής, ανταποκρίνεται σε μια υπολογιστική διαδικασία, όπου οι μεταβλητές έχουν γλωσσολογική μορφή. Χρησιμοποιούνται, δηλαδή, προτάσεις-κανόνες, οι οποίοι αποτελούν βήματα μιας αλγοριθμικής διαδικασίας που καταλήγει, μέσα από μια σειρά υπολογισμών, στην εξαγωγή ενός τελικού αποτελέσματος. Η καταγραφή των

κανόνων που χρησιμοποιούνται, αλλά και η εύκολα αναγνώσιμη μορφή τους, δίνουν τη δυνατότητα στον χρήστη να αντιλαμβάνεται με μεγαλύτερη ευκολία τη λειτουργία ενός υπολογιστικού εργαλείου που βασίζεται στην ασαφή λογική.

Η θεωρία της ασαφούς λογικής παρουσιάζει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα στην εκτίμηση ενδεχομένων γενικά, αλλά και στα ΓΣΠ ειδικότερα, όπως τη δυνατότητα εφαρμογής της θεωρίας σε περιπτώσεις, όπου τα διαθέσιμα δεδομένα είναι πολύ περιορισμένα ή εντελώς ανύπαρκτα ή παρουσιάζουν σημαντική ανεπάρκεια (Knight & Fayek 2002). Πιο συγκεκριμένα η θεωρία της ασαφούς λογικής μπορεί να αξιοποιήσει δεδομένα που είναι: i) ελλιπή, ii) υποκειμενικά και iii) ποιοτικά.

Σχετικά με την διαδικασία απόδοση βαρών στις μεταβλητές μία από τις δημοφιλέστερες μεθόδους απόδοσης συντελεστών βαρύτητας σε προβλήματα πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι η Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process-AHP) (Murayama και Thapa 2011).

Η AHP αναπτύχθηκε από τον Saaty (1980), προκειμένου να επιλύσει προβλήματα λήψης αποφάσεων με σύνθετα κριτήρια. Αναλυτικότερα, η AHP αντιμετωπίζει το πρόβλημα της κατανομής συντελεστών βάρους (weights) που αποδίδονται σε ένα κριτήριο ή σε ένα σύνολο από δραστηριότητες, ανάλογα με το βαθμό σημαντικότητας τους. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιούνται ανά ζεύγη συγκρίσεις της σχετικής σημαντικότητας των κριτηρίων και αναπτύσσεται μια κλίμακα προτίμησης των κριτηρίων με βάση τις εκτιμήσεις των αποφασιζόντων. Για κάθε ζεύγος κριτηρίων, δηλαδή, απαντάται η ερώτηση «Πόσο σημαντικό είναι το κριτήριο A σε σχέση με το κριτήριο B;». Η διαδικασία καταλήγει στη δημιουργία ενός

πίνακα βαρών, όπου, μέσα από επιμέρους διαδικασίες, οι μεταβλητές ταξινομούνται ιεραρχικά και λαμβάνουν αριθμητικές τιμές στις εκτιμήσεις της σχετικής σημαντικότητας. Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει τη σύνθεση των εκτιμήσεων και προσδιορίζεται ποιο κριτήριο επηρεάζει περισσότερο το αποτέλεσμα.

Κεφάλαιο 3 : Μεθοδολογική Προσέγγιση – Αρχιτεκτονική.

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, όπως έχει ήδη αναφερθεί στα προηγούμενα Κεφάλαια, αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο για τις σύγχρονες Γεωεπιστήμες αλλά και για Ανθρωπιστικές – Κοινωνικές επιστήμες, όπως η Αρχαιολογία.

Ειδικά στην Αρχαιολογία η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων η οποία διευκολύνει την οργάνωση, την επεξεργασία και την οπτικοποίηση των αρχαιολογικών ευρημάτων αποτελεί σήμερα σχεδόν μονόδρομο, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Για την επίτευξη του κύριου σκοπού της παρούσας εργασίας οποίος είναι η ανάπτυξη χωρικών και χρονικών συσχετίσεων μεταξύ αρχαιολογικών και γεωγραφικών δεδομένων μέσω ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος για την πρόβλεψη θέσεων αρχαιολογικών ευρημάτων, κρίθηκε σκόπιμο να ακολουθηθεί το μοντέλο Χωρικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης με σταθμισμένη χαρτογραφική υπέρθεση.

Τα βήματα που ακολουθούνται για την εφαρμογή του παραπάνω μοντέλου ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα :

1. Καθορισμός Ερωτήματος - Βασικές Συνθήκες Ανάλυσης.
2. Επιλογή Μεταβλητών - Κριτηρίων (αρχικές επεξεργασίες).
3. Δημιουργία Δευτερογενών Μεταβλητών.
4. Ομογενοποίηση Τιμών - Κριτηρίων - Επαναταξινόμησης.
5. Καθορισμός Κανόνων Σύνθεσης Παραγόντων και Συντελεστών Βαρύτητας.
6. Συνδυασμός Μεταβλητών - Παραγωγή Αποτελεσμάτων.

Για λόγους ακολουθίας υπαρχόντων μεθοδολογιών από την βιβλιογραφία καθώς δεν αποτελούν τον βασικό στόχο της παρούσας εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν συναρτήσεις Ασαφούς Λογικής (Fuzzy Logic) (Alxakis D., Sarris A., 2010) για την ταξινόμηση των παραμέτρων και Μοντέλο Αναλυτικής Ιεράρχησης (Balla A. 2012).

Τα Αρχαιολογικά δεδομένα θα αναζητηθούν στο διαδίκτυο, σε βιβλιοθήκες Πανεπιστημιακών Ιδρυμάτων ανά την Ελλάδα ή ακόμη και σε Ερευνητικά Ιδρύματα.

Τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να αφορούν αρχαιολογικές θέσεις, ικανού πλήθους για μια ευρύτερη περιοχή της χώρας. Η μορφή τους θα πρέπει αρχικά να είναι τέτοια ώστε να υποστηρίζεται από ένα Σ.Γ.Π. Στην συνέχεια θα πρέπει να παρέχουν αναλυτικές πληροφορίες για τις αρχαιολογικές θέσεις όπως είναι η ακριβής θέση των ευρημάτων (π.χ. σε συντεταγμένες ΕΓΣΑ ' 87) για κάθε εύρημα της περιοχής, το τοπωνύμιο, το είδος του ευρήματος, πιθανά σχέδια αρχιτεκτονικών ή κινητών ευρημάτων, πληροφορίες στρωματογραφίας της ανασκαφής, τον τρόπο της ανασκαφής αλλά και σε τι κατάσταση βρέθηκε το εύρημα.

Πολύ χρήσιμη θα ήταν και η πληροφορία του χρόνου, δηλαδή σε ποια χρονική περίοδο αναφέρεται, για το κάθε εύρημα σε κάθε μια αρχαιολογική θέση. Τέλος, πληροφορίες όσον αφορά τα αρχαιολογικά ευρήματα που καταγράφονται σε κάθε μια θέση με την πάροδο του χρόνου, είναι επίσης σημαντικές.

Σχετικά με την τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής των αρχαιολογικών θέσεων θα πρέπει να αναζητηθούν πληροφορίες σχετικά με το υψόμετρο και την κλίση του εδάφους για κάθε μια αρχαιολογική θέση καθώς είναι παράμετροι εξαιρετικής σημασίας.

Η επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων θα οδηγήσει στον υπολογισμό των δευτερογενών δεδομένων τα οποία και θα χρησιμοποιηθούν στην ικανοποίηση των επιμέρους στόχων.

Για την υλοποίηση του χωρικού συσχετισμού των αρχαιολογικών θέσεων με το υψόμετρο και την κλίση του εδάφους αλλά και της αυτοσυσχέτισης των αρχαιολογικών θέσεων θα πρέπει να υπολογιστούν οι απαιτούμενες αποστάσεις μεταξύ τους. Στη συνέχεια, θα πρέπει να εξεταστεί το ιστόγραμμα των χαρακτηριστικών βάσει των αποστάσεων. Ως ιστόγραμμα συχνοτήτων νοείται η γραφική παράσταση ενός πίνακα συχνοτήτων στον οριζόντιο άξονα της οποίας σημειώνονται σε κατάλληλη κλίμακα τα όρια των κλάσεων. Στην συνέχεια κατασκευάζονται διαδοχικά ορθογώνια το καθένα από τα οποία έχει βάση ίση με το πλάτος της κλάσης και ύψος τέτοιο, ώστε το εμβαδόν του ορθογωνίου να ισούται με την συχνότητα της κλάσης αυτής. Οι κλάσεις του ιστογράμματος μπορούν να είναι είτε ίσου πλάτους είτε άνισου.

Η μορφή της κατανομής του ιστογράμματος δίνει σημαντική πληροφορία για τα δεδομένα, καθώς εξαρτάται από το πώς είναι κατανεμημένες οι παρατηρήσεις σε όλη την έκταση του εύρους τους. Οι κατανομές μπορεί να έχουν ποικίλες μορφές όπως κανονική, ομοιόμορφη ή ασύμμετρη με θετική ασυμμετρία ή αρνητική ασυμμετρία ή ακανόνιστη κατανομή για την οποία θα πρέπει να εντοπίζονται στο ιστόγραμμα πιθανές φυσικές διακοπές. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζονται τα ιστογράμματα των ιδιοτήτων ανάλογα με τη μορφή τους, ώστε να προκύψει πιθανή ταξινόμησή-ομαδοποίηση τους.

Ομαδοποίηση αριθμητικών δεδομένων.

Για την ανάλυση των πρωτογενών και δευτερογενών δεδομένων θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ομαδοποίηση των

δεδομένων. Ο αριθμός των ομάδων εξαρτάται στενά από το όριο διαφοροποίησης της οπτικής μεταβλητής των συμβόλων που υλοποιούν την οπτικοποίηση των ομάδων. Στους χωροπληθείς χάρτες η χρησιμοποιούμενη οπτική μεταβλητή είναι η ένταση. Το ανθρώπινο μάτι λόγω της οπτικής αντίληψης μπορεί να διαβάζει αποτελεσματικά από το χάρτη πέντε έως το πολύ οκτώ διαφορετικούς τόνους του γκρι ή εντάσεις μιας απόχρωσης ανάλογα με το μέσο απόδοσης.

Οι διάφορες μέθοδοι ομαδοποίησης δεδομένων κατατάσσονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

1. Μέθοδοι σταθερών τιμών ή ίσων διαστημάτων.

- Μέθοδος ίσων αριθμητικών διαστημάτων (τμήματα ίσου εύρους ανάλογα με τον αριθμό των ομάδων).
- Μέθοδος παραμέτρων κανονικής κατανομής (χρήση μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης των δεδομένων για ορισμό των ορίων των διαστημάτων της ομαδοποίησης).
- Μέθοδος κανονικής τμηματοποίησης (quantiles) (ταξινόμηση δεδομένων κατά αύξουσα ή φθίνουσα σειρά και στην συνέχεια διαίρεση σε τμήματα με ίσο αριθμό παρατηρήσεων το καθένα).
- Μέθοδος ίσων διαστημάτων εμβαδού

2. Μέθοδοι συστηματικά άνισων διαστημάτων.

- Γραφικές τεχνικές ομαδοποίησης (βασίζονται στο ιστόγραμμα, η κλινογραφική καμπύλη, το διάγραμμα συχνοτήτων και το διάγραμμα αθροιστικών συχνοτήτων).

3. Μέθοδοι ακανόνιστων ή μεταβαλλόμενων συστημάτων.

- Γραφικές τεχνικές ομαδοποίησης

- Επαναληπτικές τεχνικές ομαδοποίησης

[Dent, D.B. (1990)], [Jenks, G.F. and M.R Coulson (1963)], [Jenks, G.F. (1967)], [Robinson, H.A., R.D. Sale, J.L. Morisson and Ph.C. Muehrcke (1985)].

Το επόμενο στάδιο της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποτελεί η διαδικασία ομογενοποίησης των δεδομένων εκτός από την επαναταξινόμηση σε τακτική κλίμακα περιλαμβάνει και διαμόρφωση των παραγόντων - μεταβλητών σε ενιαία κλίμακα και με ενιαία μονάδα αναφοράς. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν συναρτήσεις Ασαφούς Λογικής (Fuzzy Logic) καθώς με την θεωρία ασαφούς λογικής είναι δυνατή η προσέγγιση πολλών φυσικών ερωτημάτων και προβλημάτων στα οποία οι απαντήσεις δεν είναι μονοσήμαντες.

Στη συνέχεια θα πρέπει να ακολουθήσει η διαμόρφωση της στάθμισης (καθορισμός συντελεστών βαρύτητας) και των κανόνων σύνθεσης των μεταβλητών από τους λήπτες αποφάσεων για την ολοκλήρωση του επόμενου σταδίου της ανάλυσης. Μία από τις δημοφιλέστερες μεθόδους απόδοσης συντελεστών βαρύτητας σε προβλήματα Πολυκριτηριακής Ανάλυσης είναι η Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process - AHP) (Murayama και Thapa, 2011).

Σ' αυτήν τη φάση, οι προτιμήσεις των αναλυτών, αναφορικά με τα κριτήρια, ενσωματώνονται στη μοντελοποίηση. Οι προτιμήσεις αυτές ποσοτικοποιούνται με τη μορφή συντελεστών βαρύτητας ή απλά βαρών (weights), οι οποίοι εκφράζουν τη σχετική σπουδαιότητα κάθε κριτηρίου. Συνήθως, αυτοί οι συντελεστές εκφράζονται με δεκαδικούς αριθμούς στο διάστημα 0-1 οι οποίοι αθροίζονται στο 1. Το βήμα αυτό είναι ιδιαίτερα καθοριστικό για την μοντελοποίηση, καθώς αν είναι γνωστοί οι

συντελεστές βαρύτητας κάθε κριτηρίου και παράλληλα έχουν οριστεί τα ομογενοποιημένα κριτήρια και οι εναλλακτικές επιλογές, μπορεί να δημιουργηθεί και ο πίνακας αποφάσεων ο οποίος δείχνει την τελική αξιολόγηση κάθε εναλλακτικής επιλογής.

Στο επόμενο στάδιο διαδικασίας, αξιοποιούνται τα παράγωγα από τα προηγούμενα στάδια, δηλαδή οι κρίσεις των αναλυτών - εμπειρογνομόνων, καθώς και τα ομογενοποιημένα κριτήρια, έτσι ώστε να γίνει η συνολική αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να τεθούν οι κανόνες επιλογής εναλλακτικών επιλογών με βάση τα κριτήρια και τους συντελεστές βαρύτητας. Αυτοί οι κανόνες μπορεί να οδηγούν στην επιλογή της εναλλακτικής επιλογής (ή των εναλλακτικών επιλογών) που ικανοποιούν κάποια ή κάποιες συνθήκες ή μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την βαθμονόμηση των εναλλακτικών επιλογών.

Καθώς στην παρούσα εργασία τα δευτερογενή δεδομένα αποτελούνται στο σύνολο τους από αποστάσεις κρίνεται σκόπιμη η δημιουργία περιμετρικών ζωνών η οποία είναι μια από τις κύριες τεχνικές που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο ενός Σ.Γ.Π. (Longley et al). Πολλές φορές, στο πλαίσιο ενός Σ.Γ.Π., απαιτείται ο υπολογισμός περιμετρικών ζωνών γύρω από γραμμές, σημεία ή πολύγωνα. Η απλούστερη λειτουργία υπολογισμού περιμετρικής ζώνης, είναι γύρω από σημεία, αφού η διαδικασία περιλαμβάνει τον υπολογισμό κυκλικών πολυγώνων γύρω από κάθε σημείο, με ακτίνα ίση με το πάχος της περιμετρικής ζώνης. Σε γενικές γραμμές, για τον καθορισμό του μεγέθους των ζωνών ακολουθούνται δύο μέθοδοι. Η πρώτη - και απλούστερη - χρησιμοποιεί μια σταθερή απόσταση για όλα τα σημεία, η οποία συνήθως εισάγεται από το χρήστη. Στη

δεύτερη, για κάθε σημείο χρησιμοποιείται διαφορετική απόσταση.

Αν υπάρχουν πολλά σημεία στο επίπεδο χωρικών δεδομένων, ενδέχεται να υπάρχουν επικαλύψεις των παραγόμενων περιμετρικών ζωνών. Οι περιοχές επικάλυψης (αν υπάρχουν), συχνά θα πρέπει να απαλειφθούν, έτσι ώστε το αποτέλεσμα της διαδικασίας να είναι ένα πολύγωνο. Το τελικό αποτέλεσμα της λειτουργίας αυτής είναι η δημιουργία ενός νέου επιπέδου το οποίο αποτελείται από πολύγωνα που αντιστοιχούν στις περιμετρικές ζώνες (σταθερής ή μεταβαλλόμενης ακτίνας).

Πολύ συχνά, αναζητείται ο υπολογισμός περιμετρικών ζωνών γύρω από γραμμικές οντότητες. Ο υπολογισμός ζωνών προστασίας γύρω από το οδικό ή το υδρογραφικό δίκτυο σε εφαρμογές χωροθέτησης, αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτού του τύπου.

Οι περιμετρικές ζώνες γύρω από πολυγωνικές οντότητες χρησιμοποιούνται ευρύτατα, όταν είναι επιθυμητός ο προσδιορισμός των εκτάσεων που βρίσκονται εξωτερικά (ή εσωτερικά) των πολυγωνικών γεωγραφικών οντοτήτων (π.χ. ζώνη προστασίας περιμετρικά μιας δασικής έκτασης). Οι εκτάσεις αυτές υπολογίζονται με τον ίδιο τρόπο που υπολογίζονται οι περιμετρικές ζώνες γύρω από γραμμές, με μια μικρή διαφορά: το πολύγωνο που ορίζει τη ζώνη δημιουργείται σε μια από τις δύο πλευρές της κλειστής γραμμής που ορίζει την πολυγωνική οντότητα. Έτσι, υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού τόσο της εσωτερικής, όσο και της εξωτερικής περιμετρικής ζώνης (Burrough, P. A., & MacDonald, R. A. (2000), Chang, K.T. (2003)).

Ένας συνηθισμένος τρόπος διαμόρφωσης της τελικής καταλληλότητας των χωρικών μονάδων αναφοράς είναι η

σταθμισμένη άθροιση των ομογενοποιημένων τιμών τους με χαρτογραφική υπέρθεση Chakhar, S., & V. Mousseau. (2008), Chalkias, C., & K.Lasaridi, K. (2011).

Σε επόμενο στάδιο, για να εξεταστεί η αξιοπιστία του μοντέλου, πραγματοποιείται η ανάλυση ευαισθησίας του, η οποία υποδεικνύει τη σταθερότητα του ή με μικρές αλλαγές στη βαθμονόμηση των κριτηρίων σε ενιαία κλίμακα, είτε στους συντελεστές βαρύτητας (Malczewski, 1999).

Αν σ' αυτό το στάδιο αποδειχθεί ότι το μοντέλο είναι ευάλωτο σε αλλαγές των τιμών των μεταβλητών ή των συντελεστών που επιλέχθηκαν, τότε είτε τροποποιούνται οι συντελεστές βαρύτητας, είτε επανεξετάζονται τα προηγούμενα στάδια της μοντελοποίησης και πραγματοποιείται καλύτερη εξειδίκευση στην επιλογή των κριτηρίων.

Τέλος, θα πρέπει να γίνει η πιστοποίηση - επικύρωση του μοντέλου η οποία σχετίζεται με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων - εκτιμήσεων του μοντέλου, σε σχέση με την πραγματική κατάσταση. Η φάση αυτή, η οποία συνήθως λαμβάνει χώρα σε επιλεγμένες περιοχές της περιοχής μελέτης (ArcGIS for Desktop – ArcMap).

Εφόσον η ανάλυση ολοκληρωθεί θα πρέπει το μοντέλο να επιβεβαιώσει τη ύπαρξη αρχαιολογικών θέσεων και να αποδώσει νέες θέσεις στις οποίες η πιθανότητα να εντοπιστούν αρχαιολογικά ευρήματα να είναι μεγάλη.

Σε τελικό στάδιο κρίνεται σκόπιμο να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία επεξεργασίας των αρχικών αλλά και των δευτερογενών δεδομένων μέσω του Σ.Γ.Π. ώστε να μειωθεί ο χρόνος επεξεργασίας του μοντέλου.

Κεφάλαιο 4 : Συλλογή Δεδομένων – Διαδικασία επεξεργασίας - Αποτελέσματα.

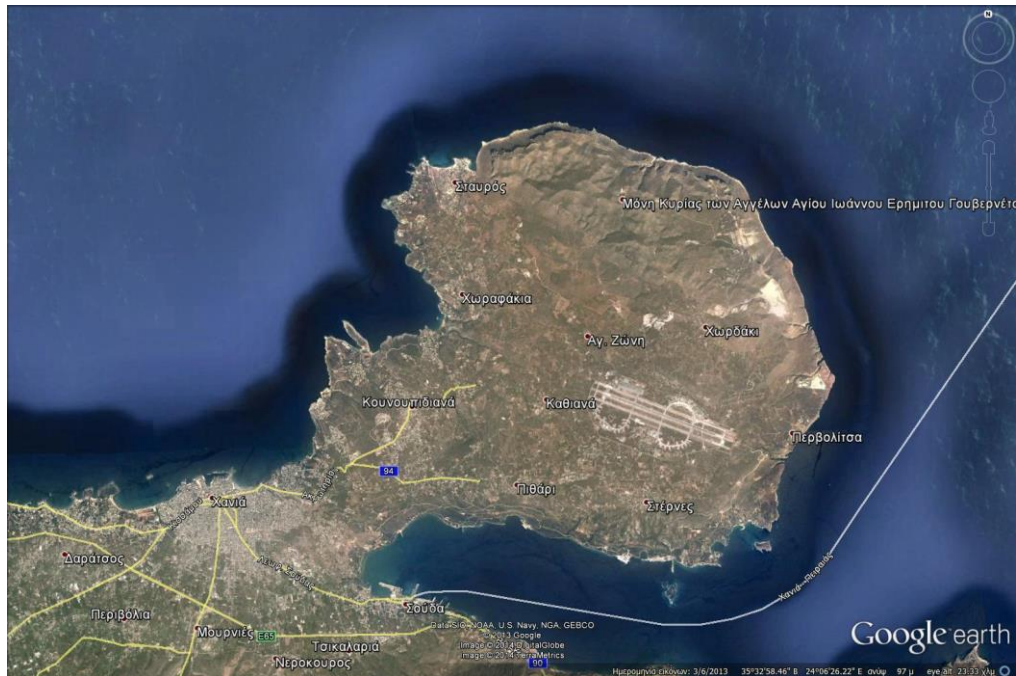
4.1 Συλλογή Δεδομένων

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναζητήθηκαν σε πρώτη φάση δεδομένα σχετικά με τις θέσεις Μινωικής Εποχής. Σε αυτό το σημείο πολύτιμη βοήθεια υπήρξε του Δρ. Απόστολου Σαρρή, Ερευνητή Α' (Ι.Μ.Σ.). καθώς από τα αποτελέσματα της αναζήτησης αυτής κρίθηκε σκόπιμο να τεθούν σε επεξεργασία τα δεδομένα που μας παρείχε ελεύθερα το εργαστήριο Γεωφυσικής – Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης και Αρχαιοπεριβάλλοντος του Ινστιτούτου Μεσογειακών Σπουδών - Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας για την ευρύτερη περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων καθώς περιλάμβαναν πολλές από τις επιθυμητές πληροφορίες. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν και υψομετρικά δεδομένα Shuttle Radar Topography Mission (S.R.T.M. – J.P.L. – N.A.S.A., Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology) με μέγεθος ψηφίδας της τάξης των 90 μ. για την περιοχή της Κρήτης. Σ' αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι σήμερα υπάρχουν διαθέσιμα ελεύθερα στο διαδίκτυο υψομετρικά δεδομένα παγκόσμιας κλίμακας της Japan Aerospace Exploration Agency (ALOS Global Digital Surface Model "ALOS World 3D - 30m) με ανάλυση 30 μ.

Τα δεδομένα εισήχθησαν στο πρόγραμμα ArcGIS 10.3.1 και επεξεργάστηκαν με τα κατάλληλα εργαλεία του προγράμματος.

Όλα τα δεδομένα γεωαναφέρθηκαν στο κρατικό σύστημα αναφοράς Ε.Γ.Σ.Α. '87.


Στην συνέχεια εισάχθηκε απόσπασμα χάρτη Google Earth της ευρύτερης περιοχής του Ακρωτηρίου Νομού Χανίων για την καλύτερη εποπτική εικόνα της περιοχής (Εικόνα 1).



Εικόνα 1 : Απόσπασμα Google Earth της ευρύτερης περιοχής του Ακρωτηρίου Νομού Χανίων.

Αρχικά δημιουργήθηκε βάση στην οποία εισήχθησαν και γεωαναφέρθηκαν τα δεδομένα που χορηγήθηκαν στο τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης από το Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών στα πλαίσια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα μας χορηγήθηκε αρχείο στο οποίο αναγράφονται 85 θέσεις όπου υπάρχουν αρχαιολογικά ευρήματα διαφόρων ιστορικών περιόδων για την περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων. Για τις θέσεις αυτές δίνεται πληροφορία για την ιστορική ή τις ιστορικές περιόδους όπου υπάρχουν ευρήματα (π.χ. Μεσολιθική, Μινωική, Μυκηναϊκή κλπ.) αλλά και το είδος της χρήσης που εντοπίστηκε στην κάθε χρονική περίοδο (θέση με χρήση λατρείας, κατοικίας, ταφής κλπ.). Τέλος για τις παραπάνω θέσεις δόθηκαν συντεταγμένες εξαρτημένες από το Ε.Γ.Σ.Α. '87.

Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 ή ΕΓΣΑ'87 είναι ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα από το 1990. Σύστημα αναφοράς στη Γεωδαισία καλούμε εκείνο το πλαίσιο παραμέτρων και συστημάτων συντεταγμένων που συνδέεται με μία συγκεκριμένη περιοχή ή με ένα συγκεκριμένο χώρο ή και με ολόκληρη τη γη και ως προς το οποίο καθορίζονται οι θέσεις σημείων και αντικειμένων της φυσικής γήινης επιφάνειας ή/και μελετάται η κίνηση και δυναμική συμπεριφορά τους με τον χρόνο. (Μπιλλήρης, Χ. 2007).

Το ΕΓΣΑ'87 προδιαγράφει ένα τοπικό, μη γεωκεντρικό datum το οποίο είναι συνδεδεμένο με τις γεωγραφικές συντεταγμένες του γεωδαιτικού σταθμού του Διονύσου ΒΔ των Αθηνών (Dionysos Satellite Observatory ή DSO,  38.078400°N 23.932939°E). Το κεντρικό βάθρο στη θέση αυτή έχει εξ ορισμού συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ'87 38° 4' 33.8000" N - 23° 55' 51.0000"E, N = +7 m.

Στην συνέχεια κρίθηκε σκόπιμο να εισαχθούν στην βάση δεδομένων υψομετρικά δεδομένα. Η αποστολή Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) είναι μια διεθνής ερευνητική προσπάθεια η οποία εξασφάλισε Ψηφιακά Μοντέλα Υψομέτρων (Digital Elevation Models, DEM) σε σχεδόν παγκόσμια κλίμακα με σκοπό να παραχθεί μια όσο τον δυνατόν πληρέστερη Ψηφιακή Τοπογραφική βάση δεδομένων της Γης.

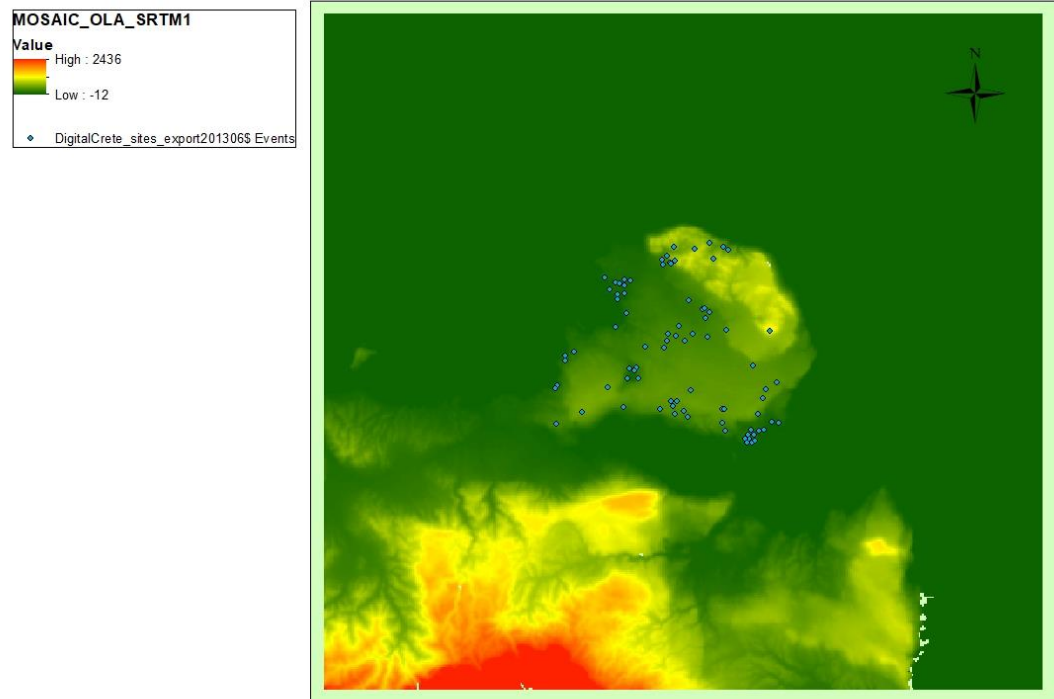
Τα υψομετρικά μοντέλα είναι διατεταγμένα σε ψηφίδες, όπου η κάθε μια καλύπτει έκταση ενός βαθμού κατά γεωγραφικό πλάτος και ενός βαθμού κατά γεωγραφικό μήκος και παίρνει το όνομα της σε σχέση με την νοτιοδυτική γωνία της. Η ανάλυση των δεδομένων είναι 1 Arcsec (30 μ. κατά μήκος του Ισημερινού) και καλύπτουν : Αφρική, Ευρώπη, Βόρεια Αμερική,

Νότια Αμερική, Ασία και Αυστραλία ("NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Version 3.0 . Κάθε μία ψηφίδα αποτελείται από 3.601 γραμμές όπου η κάθε μια περιλαμβάνει 3.601 κελιά δυαδικών ψηφίων. Τα πρωτότυπα SRTM υψόμετρα υπολογίστηκαν στο παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS84 και στην συνέχεια προστέθηκαν τιμές διαχωρισμού του EGM96 (Earth Gravitational Model 1996) για την μετατροπή των υψομέτρων όλων των προϊόντων της αποστολής σε υψόμετρα του γεωειδούς (*Hirt, C.; Filmer, M.S.; Featherstone, W.E. 2010*).

4.2 Δημιουργία και ανάλυση δευτερογενών δεδομένων.

Υπολογισμός υψομέτρου και κλίσης. Με το ArcMap υπολογίστηκαν από τα SRTM δεδομένα μέσω του ArcMap πολύτιμες πληροφορίες για τις θέσεις ενδιαφέροντος όπως είναι το υψόμετρο και η κλίση.

Στην [Εικόνα 2](#) παρουσιάζεται απόσπασμα υψομετρικών δεδομένων SRTM για την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 2 : Σκιασμένο ανάγλυφο της περιοχής Ακρωτηρίου Χανίων από δεδομένα SRTM (πηγή : <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/dataprod.htm>).

Πλήθος	Ελάχιστο (μ.)	Μέγιστο (μ.)	Μ.Ο. (μ.)	Διάμεσος (μ.)	Τυπική απόκλιση
85	1,00	481,00	91,32	82,00	80,01

Πίνακας 1 : Στατιστικά στοιχεία υψομέτρων των αρχαιολογικών θέσεων

Οι «ψηφίδες» SRTM που αφορούν την περιοχή μελέτης είναι οι :

1. N35E023 και
2. N35E024

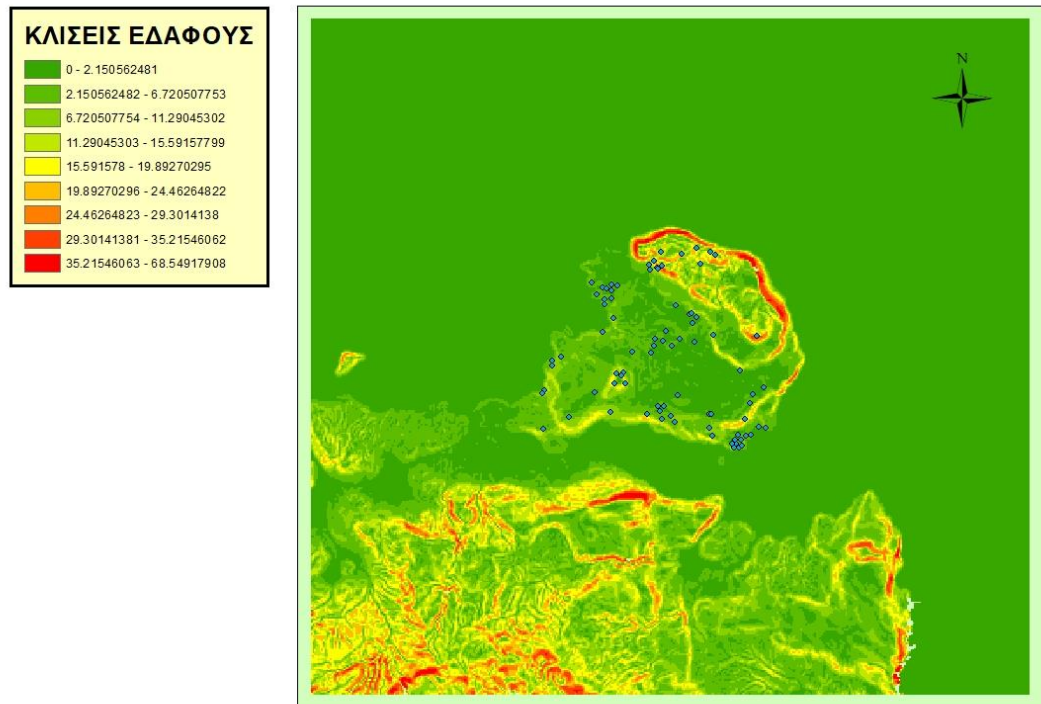
Για την καλύτερη επεξεργασία των δύο παραπάνω ψηφίδων δημιουργήθηκε ένα «Μωσαϊκό» με τα εργαλεία του **Arctoolbox** και συγκεκριμένα στο μενού *Data Management Tools→Raster→Mosaic Dataset→Create Mosaic Dataset*.

Στην συνέχεια από τα SRTM αρχεία εξήχθησαν μεγέθη όπως το υψόμετρο και η κλίση για κάθε μια από τις ογδόντα πέντε θέσεις αρχαιολογικού ενδιαφέροντος και πάλι με τα εργαλεία του Arctoolbox.

Συγκεκριμένα χρησιμοποιώντας το *Spatial Analyst Tools → Surface → Slope* δημιουργήθηκαν χάρτες για τα συγκεκριμένα μεγέθη με βάση το μωσαϊκό που δημιουργήσαμε από τα SRTM αρχεία.

Στην συνέχεια υπολογίστηκαν τα παραπάνω μεγέθη σε κάθε μια από τις αρχαιολογικές θέσεις με το εργαλείο του *Spatial Analyst Tools → extraction → extract values to points* με ενεργή την επιλογή «interpolation» καθώς και το υψόμετρο των σημείων των αρχαιολογικών θέσεων. Στη συνέχεια με το εργαλείο *Conversion Tools→Excel→Table to Excel* μετατράπηκαν τα αρχεία των εξαγόμενων πινάκων σε μορφή Excel.

Στην **Εικόνα 3** παρουσιάζεται ο χάρτης των κλίσεων της ευρύτερης περιοχής μελέτης όπως προέκυψε από το λογισμικό ArcGIS.



Εικόνα 3 : Χάρτης κλίσεων της ευρύτερης περιοχής του Ακρωτηρίου Νομού Χανίων οι οποίες υπολογίστηκαν βάσει των εικόνων SRTM.

Πλήθος	Ελάχιστο (%)	Μέγιστο (%)	Μ.Ο. (%)	Διάμεσος (%)	Τυπική Απόκλιση
85	0,69	25,46	6,18	4,05	6,07

Πίνακας 2 : Στατιστικά στοιχεία κλίσεων εδάφους στις αρχαιολογικές θέσεις

Υπολογισμός αποστάσεων

Εκτός από τα φυσικά μεγέθη που μελετήθηκαν, στην παρούσα εργασία, εξετάστηκαν και παράμετροι σχετικοί με την ανθρώπινη παρέμβαση και συμπεριφορά στην συγκεκριμένη περιοχή μελέτης.

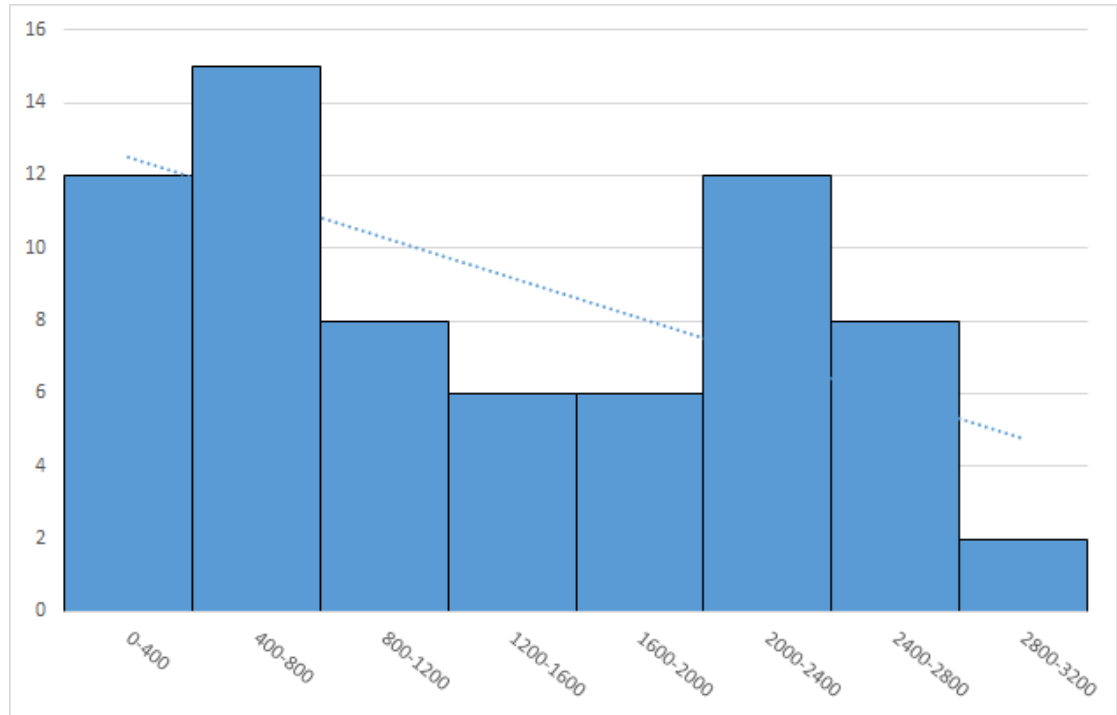
Συγκεκριμένα υπολογίστηκαν οι αποστάσεις των θέσεων με ευρήματα ταφής από θέσεις με ευρήματα κατοικίας και θέσεις

με ευρήματα λατρείας καθώς επίσης και οι αποστάσεις από τις ίδιες τις θέσεις ταφής.

Με την βοήθεια του Arcgis και συγκεκριμένα του εργαλείου *make feature layer (Data Management Tools → Layers and Table View)* εξάχθηκαν οι πίνακες σύμφωνα με την χρήση γης που έχει εντοπιστεί στις διάφορες χρονικές περιόδους, όπου δίνεται στο εργαλείο ως συνθήκη επιλογής : BURIAL_SITE = 1. Ομοίως εκτελείται το εργαλείο για όλες τις στήλες του αρχικού πίνακα που σχετίζονται με την χρήση γης.

Με δεδομένο το παραπάνω αρχείο των αρχαιολογικών θέσεων σχεδιάστηκαν με την χρήση **MATLAB** τα ιστογράμματα των αρχαιολογικών θέσεων με βάση το είδος του ευρήματος που εντοπίστηκε στην κάθε αρχαιολογική θέση. Ο υπολογισμός των ιστογραμμάτων αποτελεί το πρώτο στάδιο της ποσοτικοποίησης.

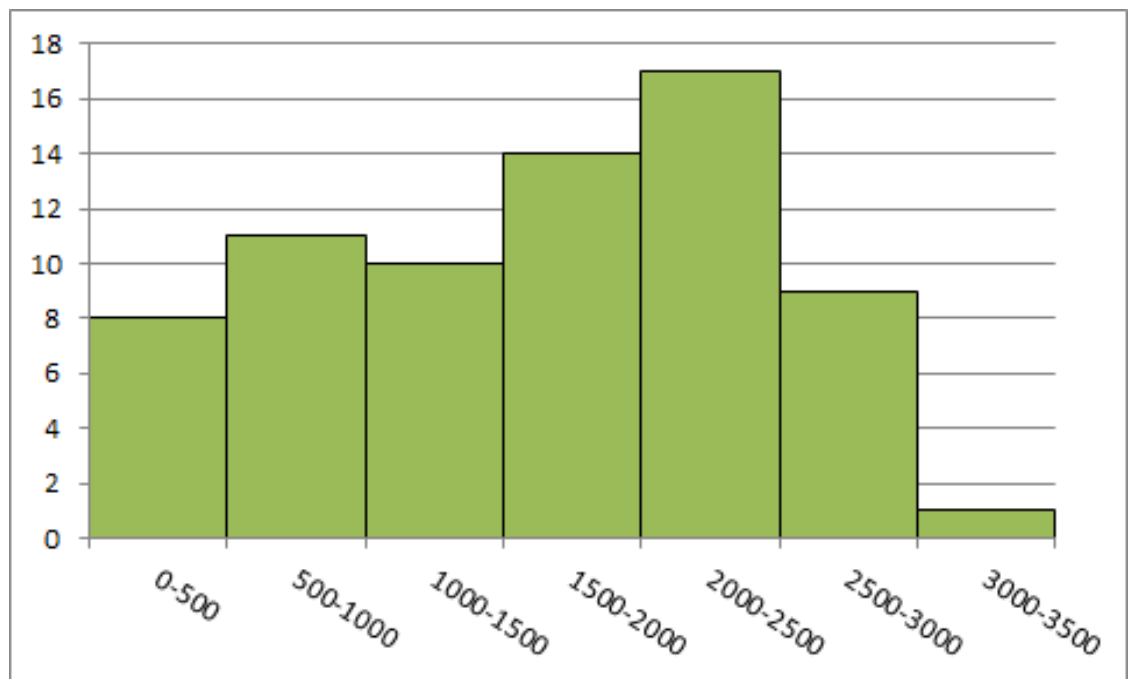
Συγκεκριμένα στο **Ιστόγραμμα 1** φαίνεται συσχέτιση των αποστάσεων θέσεων **ταφής** από θέσεις **ταφής**. Παρατηρείται ότι ένα μεγάλο πλήθος παρατηρήσεων συγκεντρώνεται σε αποστάσεις μικρότερες του ενός χλμ.



πλήθος	min (μ.)	max (μ.)	μέσος όρος (μ.)	διάμεσος (μ.)	τυπική απόκλιση
69	69,72	2.872,84	1.327,44	1.132,15	862,93

Πίνακας 3 : Στατιστικά στοιχεία αποστάσεων θέσεων με ευρήματα ταφής από θέσεις με ευρήματα ταφής.

Στο **Ιστογράμμο 2** παρουσιάζεται η συσχέτιση των θέσεων **ταφής** με τις θέσεις **κατοικίας**. Παρατηρούμε λοιπόν ότι το μεγαλύτερο πλήθος αποστάσεων θέσεων ταφής από θέσεις κατοικίας συγκεντρώνεται σε απόσταση μικρότερη των 800 μ. Ενώ ικανό πλήθος παρατηρήσεων συσσωρεύεται και σε εύρος αποστάσεων από 2.000 μ. έως 2.400 μ.

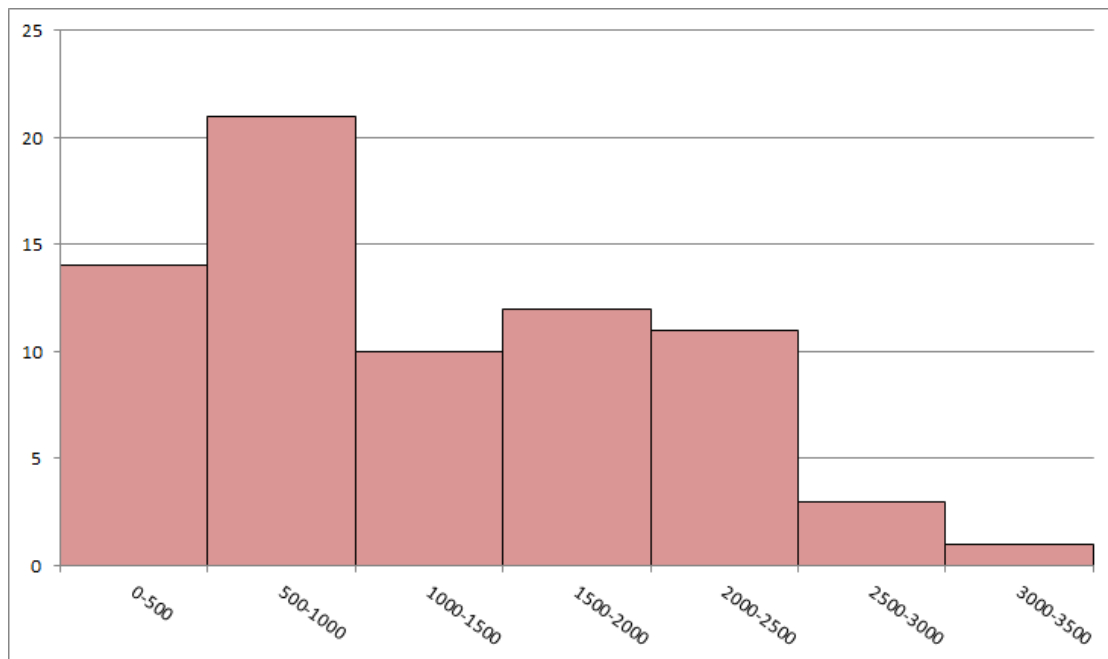
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 2

πλήθος	min (μ.)	max (μ.)	μέσος όρος (μ.)	διάμεσος (μ.)	τυπική απόκλιση
70	69,27	3.123,29	1.649,04	1.781,67	804,68

Πίνακας 4 : Στατιστικά στοιχεία αποστάσεων θέσεων με ευρήματα ταφής από θέσεις με ευρήματα κατοικίας.

Στο **Ιστογράμμο 3** παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο πλήθος παρατηρήσεων συγκεντρώνεται σε απόσταση από 500 μ. έως 1000 μ.

ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3



πλήθος	min (μ.)	max (μ.)	μέσος όρος (μ.)	διάμεσος (μ.)	τυπική απόκλιση
72	69,27	3.164,98	1.243,16	1.046,62	759,56

Πίνακας 5 : Στατιστικά στοιχεία αποστάσεων θέσεων με ευρήματα ταφής από θέσεις με ευρήματα λατρείας

Σε αυτό το στάδιο ακολουθείται η μέθοδος της εφαρμογής των ζωνών επιρροής (Buffer Zones). Για την δημιουργία των ζωνών χρησιμοποιήθηκε η διάμεσος τιμή των αποστάσεων καθώς δεν παρατηρείται μεγάλη απόκλιση από τον Μέσο Όρο. με την βοήθεια του εργαλείου *Multiple Ring Buffers (Analysis Tools → Proximity)*.

Το δεύτερο στάδιο της ποσοτικοποίησης αποτελεί η αναφορά όλων των κριτηρίων σε μια κοινή κλίμακα (κανονικοποίηση) ώστε η συνάθροιση των κριτηρίων να γίνει σε μια κοινή κλίμακα καθώς το υψόμετρο και οι αποστάσεις είναι σε μέτρα αλλά η κλίση είναι σε μοίρες.

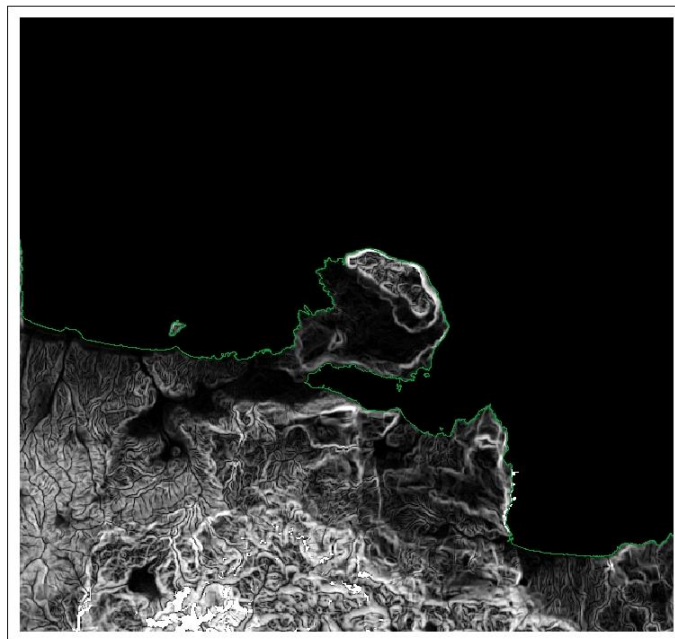
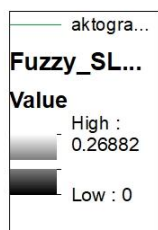
Συνοψίζοντας, για να γίνει η κανονικοποίηση των παραμέτρων θα πρέπει να μετατραπούν σε ψηφιδωτή μορφή τα διανυσματικά δεδομένα. Με το εργαλείο *features to raster (Conversion Tools → To Raster)*. Μετατράπηκαν σε μορφή raster τα *Buffer Rings των αποστάσεων των αρχαιολογικών ευρημάτων*.

Ολοκληρώνοντας το στάδιο της κανονικοποίησης όλων των παραμέτρων - κριτηρίων (υψόμετρο, κλίση, απόσταση θέσεων με ευρήματα ταφής από θέσεις με ευρήματα ταφής, απόσταση θέσεων με ευρήματα ταφής από θέσεις με ευρήματα κατοικίας και απόσταση θέσεων με ευρήματα ταφής από θέσεις με ευρήματα λατρείας) εφαρμόζονται συναρτήσεις Ασαφούς Λογικής (Fuzzy Logic) και συγκεκριμένα γραμμικές συναρτήσεις.

Η κεντρική ιδέα της θεωρίας είναι ότι τα στοιχεία ενός συνόλου, μπορούν να περιέχονται σε αυτό με κάποιο βαθμό συμμετοχής (membership), το οποίο κυμαίνεται μεταξύ του 0 και του 1 (Murayama & Thapa, 2011).

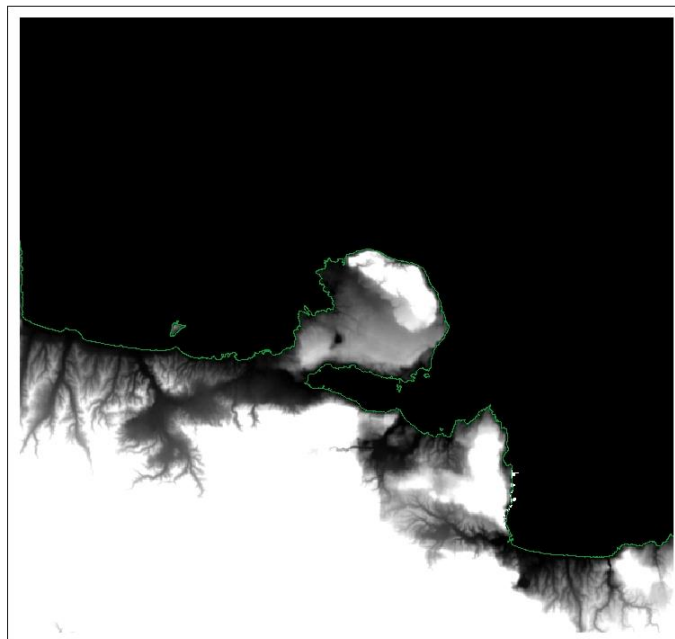
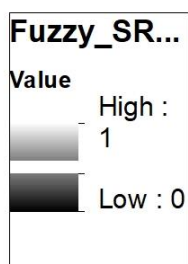
Στην συγκεκριμένη εργασία εφαρμόστηκαν εργαλεία ασαφούς λογικής του λογισμικού ArcGIS. Συγκεκριμένα το εργαλείο *Fuzzy Membership (Spatial Analyst → Overlay)*.

Στην **Εικόνα 4** παρουσιάζεται ο χάρτης της απεικόνισης της περιοχής του Ακρωτηρίου μετά από την εφαρμογή γραμμικής συνάρτησης ασαφούς λογικής στον χάρτη των κλίσεων.



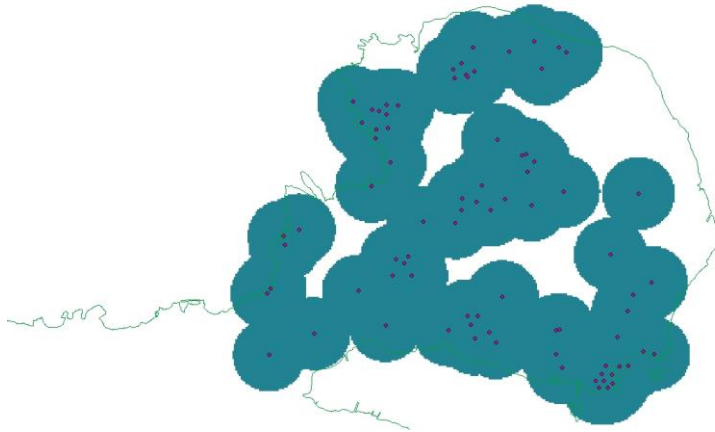
Εικόνα 4 : Το αποτέλεσμα εφαρμογής γραμμικής συνάρτησης Ασαφούς Λογικής στο αρχείο των κλίσεων .

Παρακάτω (Εικόνα 5) παρουσιάζεται ο χάρτης που προέκυψε από την εφαρμογή γραμμικής συνάρτησης ασαφούς λογικής στα υψομετρικά δεδομένα.



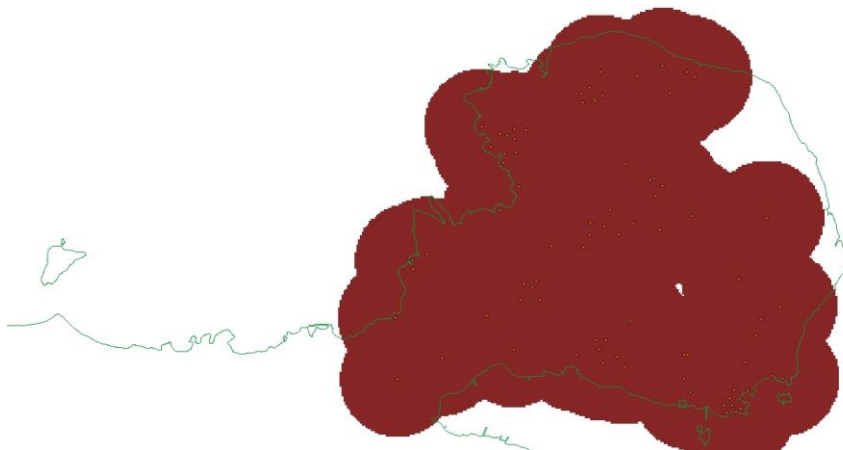
Εικόνα 5: Το αποτέλεσμα εφαρμογής γραμμικής συνάρτησης Ασαφούς Λογικής στο αρχείο των υψομέτρων .

Στην **Εικόνα 6** παρουσιάζεται ο χάρτης που προέκυψε από την εφαρμογή της γραμμικής συνάρτησης ασαφούς λογικής στον χάρτη ζώνης επιρροής των αποστάσεων των αρχαιολογικών θέσεων με ευρήματα ταφής από τις αρχαιολογικές θέσεις με ευρήματα θέσεων ταφής.

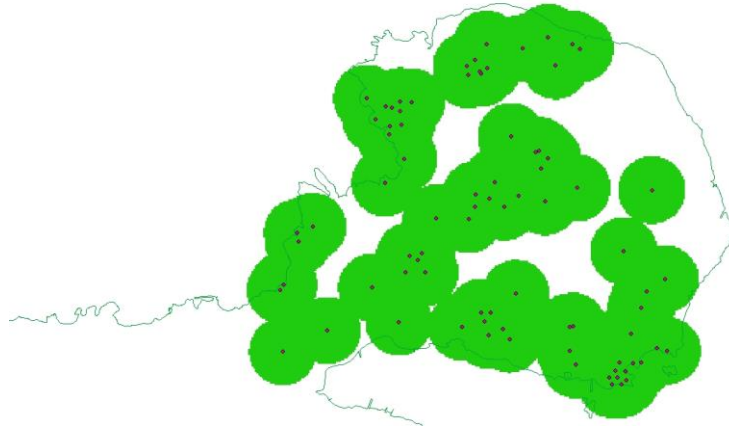


Εικόνα 6: Το αποτέλεσμα εφαρμογής γραμμικής συνάρτησης Ασαφούς Λογικής στις ζώνες επιρροής των αποστάσεων των θέσεων με ευρήματα ταφής από εκείνες με ευρήματα ταφής.

Στις **Εικόνες 7 και 8** αντίστοιχα βλέπουμε τους χάρτες που προέκυψαν από συναρτήσεις Ασαφούς Λογικής για τις αποστάσεις των αρχαιολογικών θέσεων με ευρήματα ταφής από θέσεις με ευρήματα κατοικίας και λατρείας αντίστοιχα.



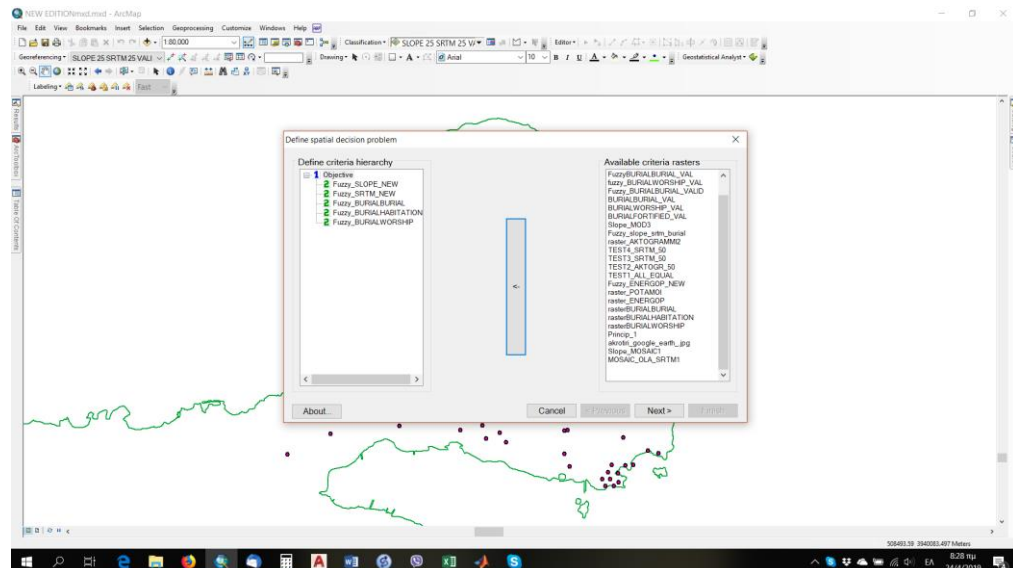
Εικόνα 7 : Το αποτέλεσμα εφαρμογής γραμμικής συνάρτησης Ασαφούς Λογικής στις ζώνες επιρροής των αποστάσεων των θέσεων με ευρήματα ταφής από εκείνες με ευρήματα κατοικίας.



Εικόνα 8: Το αποτέλεσμα εφαρμογής γραμμικής συνάρτησης Ασαφούς Λογικής στις ζώνες επιρροής των αποστάσεων των θέσεων με ευρήματα ταφής από εκείνες με ευρήματα λατρείας.

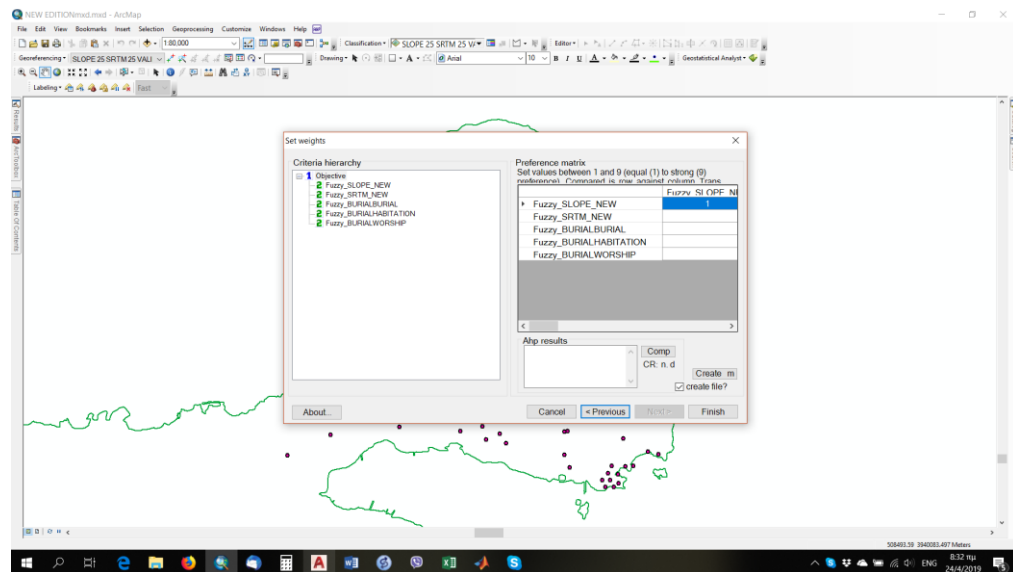
4.3 Δημιουργία Χαρτών – υπολογισμός βαρών.

Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process-AHP) για τον υπολογισμό των βαρών των παραμέτρων με το εργαλείο Αναλυτικής Ιεράρχησης του ArcGIS. Στην [Εικόνα 9](#) παρουσιάζεται το εργαλείο AHP.



Εικόνα 9 : εργαλείο Διαδικασίας Αναλυτικής Ιεράρχησης του ArcGIS.

Στην [Εικόνα 10](#) παρουσιάζεται το παράθυρο προσδιορισμού των συντελεστών βαρύτητας.



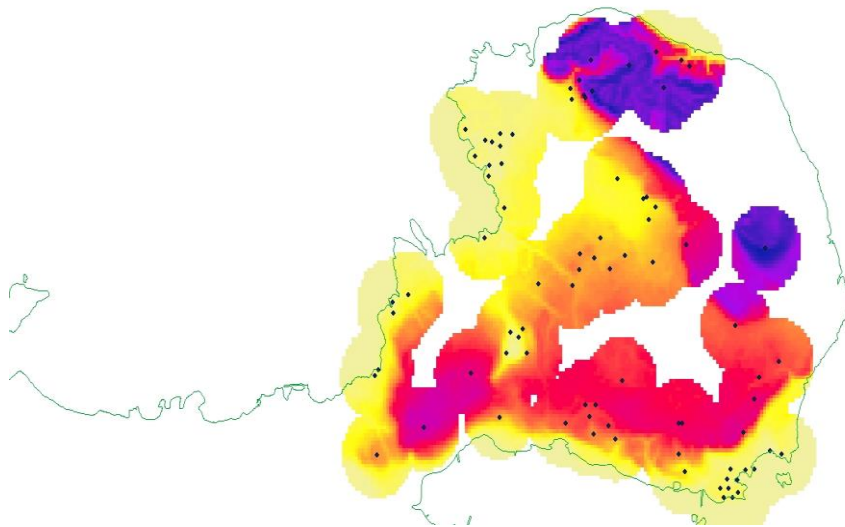
Εικόνα 10 : Εργαλείο AHP - διαδικασία προσδιορισμού συντελεστών βάρους

Στην παρούσα εργασία για τον έλεγχο και την διερεύνηση της προβλεπτικής ικανότητας του μοντέλου και λαμβάνοντας υπόψη την τυπική απόκλιση των παραμέτρων πραγματοποιήθηκε για τρεις συνδυασμούς απόδοσης σημαντικότητας. Συγκεκριμένα :

1. Απόδοση σημαντικότητας 6 της κλίσης σε σχέση με το υψόμετρο των αρχαιολογικών θέσεων, απόδοση σημαντικότητας 9 στο υψόμετρο σε σχέση με την απόσταση των αρχαιολογικών θέσεων με ευρήματα ταφής από εκείνες με ευρήματα ταφής και τέλος απόδοση σημαντικότητας 7 στην κλίση σε σχέση με την απόσταση των αρχαιολογικών θέσεων με ευρήματα ταφής από εκείνες με ευρήματα ταφής.
2. Απόδοση σημαντικότητας 5 σε όλες τις παραμέτρους.
3. Απόδοση σημαντικότητας 0,2 στις αποστάσεις των θέσεων με ευρήματα ταφής από θέσεις με ευρήματα λατρείας, κατοικίας και ταφής καθώς επίσης και το

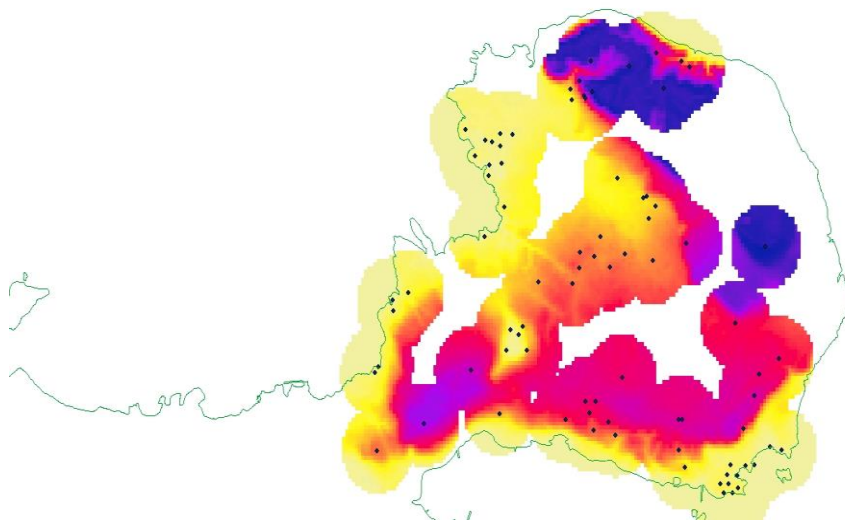
υψόμετρο σε σχέση με την κλίση των αρχαιολογικών θέσεων. .

Στην [Εικόνα 11](#) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πρώτου συνδυασμού απόδοσης σημαντικότητας. Η διαβάθμιση του χρώματος είναι ενδεικτική. Συγκεκριμένα το κόκκινο χρώμα αντιστοιχεί σε “ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ” ενώ αντίστοιχα το πράσινο χρώμα αντιστοιχεί σε “ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ”



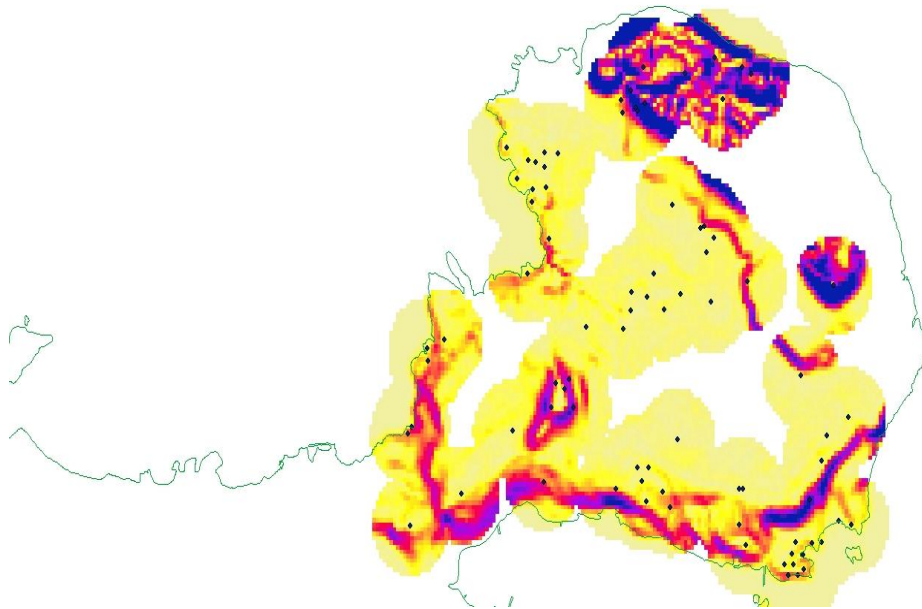
Εικόνα 11. Πρώτος συνδυασμός απόδοσης σημαντικότητας.

Στην [Εικόνα 12](#) απεικονίζονται τα αποτελέσματα του δεύτερου συνδυασμού απόδοσης σημαντικότητας.



Εικόνα 12. Δεύτερος συνδυασμός απόδοσης σημαντικότητας.

Και τέλος στην **Εικόνα 13** παρουσιάζεται ο τρίτος συνδυασμός απόδοσης σημαντικότητας.



Εικόνα 13. Τρίτος συνδυασμός απόδοσης σημαντικότητας.

4.4 Συνάθροιση των κριτηρίων

Η διαδικασία συνάθροισης (aggregation) των δεδομένων των διαφόρων κριτηρίων πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό ArcGIS. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του Σταθμισμένου Γραμμικού Συνδυασμού (Weighted Linear Combination) (Voogd 1983), σύμφωνα με την οποία η τιμή του κάθε κριτηρίου πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή βάρους του κριτηρίου και τα αποτελέσματα αυτά αθροίζονται για κάθε κριτήριο. Εφόσον το σύνολο των βαρών είναι ίσο με τη μονάδα, το αποτέλεσμα της συνάθροισης θα έχει το ίδιο εύρος με το εύρος των κριτηρίων.

Τα παραπάνω εκφράζονται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$S = \sum w_i x_i$$

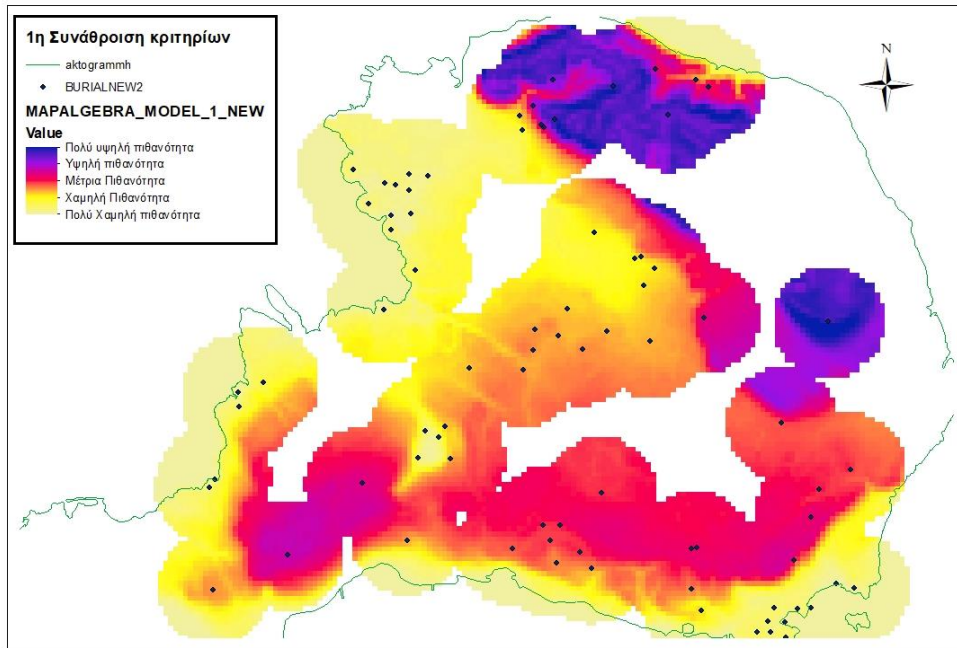
όπου S η πιθανότητα ύπαρξης μακεδονικού τάφου, w_i , ο συντελεστής βάρους του κριτηρίου i και x_i η τιμή του κριτηρίου i .

Για την εφαρμογή του 1ου συνδυασμού απόδοσης σημαντικότητας όπου έγινε απόδοση σημαντικότητας 6 στην κλίση σε σχέση με το υψόμετρο των αρχαιολογικών θέσεων, απόδοση σημαντικότητας 9 στο υψόμετρο σε σχέση με την αποσταση των αρχαιολογικών θέσεων με ευρήματα ταφής από εκείνες με ευρήματα ταφής και τέλος απόδοση σημαντικότητας 7 στην κλίση σε σχέση με την αποσταση των αρχαιολογικών θέσεων με ευρήματα ταφής από εκείνες με ευρήματα ταφής.

Η συνάθροιση των κριτηρίων πραγματοποιήθηκε μέσω του εργαλείου

Raster Calculator (Spatial Analyst Tools → Map Algebra) του ArcGIS.

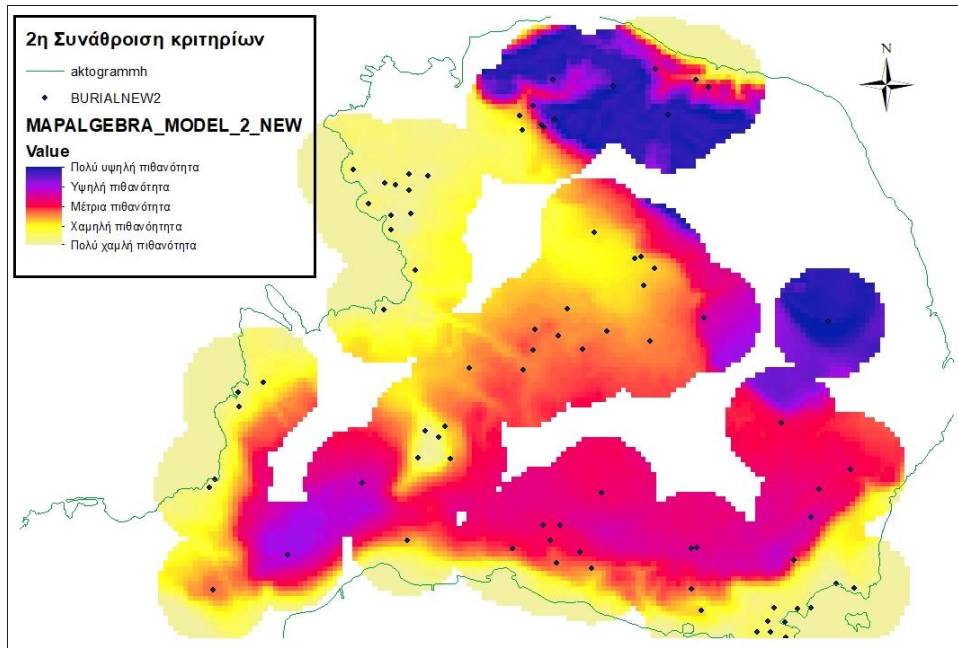
$S_1 = 0.21 * \text{υψόμετρο} + 0.40 * \text{Κλίση} + 0.08 * \text{Απόσ. ταφής/ταφής} + 0.16 * \text{Απόσ. ταφής/κατοικίας} + 0.16 * \text{Απόσ. ταφής/λατρείας}.$



Εικόνα 13 : Αποτέλεσμα 1ης Συνάθροισης Κριτηρίων.

Για την εφαρμογή του 2ου συνδυασμού, όπου δόθηκε απόδοση σημαντικότητας 5 σε όλες τις παραμέτρους.

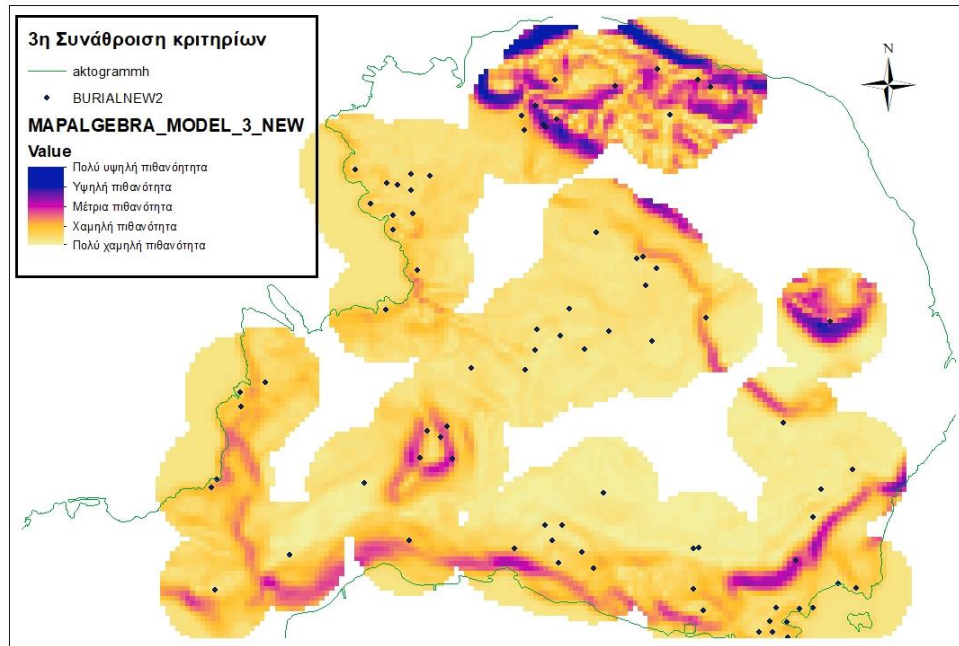
$$S_2 = 0.07 * \text{υψόμετρο} + 0.04 * \text{Κλίση} + 0.49 * \text{Απόσ. ταφής/ταφής} + 0.30 * \text{Απόσ. ταφής/κατοικίας} + 0.14 * \text{Απόσ. ταφής/λατρείας}.$$



Εικόνα 15 : Αποτέλεσμα 2ης Συνάθροισης Κριτηρίων.

Για την εφαρμογή του 3ου συνδυασμού, όπου δόθηκε απόδοση σημαντικότητας 0,2 στις αποστάσεις των θέσεων με ευρήματα ταφής από θέσεις με ευρήματα λατρείας, κατοικίας και ταφής καθώς επίσης και το υψόμετρο σε σχέση με την κλίση των αρχαιολογικών θέσεων.

$$S_3 = -0.02 * \text{υψόμετρο} + 1.27 * \text{Κλίση} - 0.08 * \text{Απόσ. ταφής/ταφής} - 0.08 * \text{Απόσ. ταφής/κατοικίας} - 0.08 * \text{Απόσ. ταφής/λατρείας}$$



Εικόνα 16 : Αποτέλεσμα 3ης Συνάθροισης Κριτηρίων.

4.5 Διαδικασία ελέγχου αποτελεσμάτων μοντέλου

Στα πλαίσια του ελέγχου του μοντέλου επιλέχθηκε αντιπροσωπευτικό δείγμα της τάξης του 30% του αρχικού πλήθους των δεδομένων αρχαιολογικών θέσεων εφόσον το πλήθος έχει μέγεθος μικρότερο των 1.000 θέσεων (Neuman & Bacon 1997).

Η μέθοδος δειγματοληψίας που ακολουθήθηκε είναι η Συστηματική. Τα βήματα που ακολουθεί η Συστηματική Δειγματοληψία είναι :

Βήμα 1 : Αρίθμηση των μελών του πληθυσμού (1-N).

Βήμα 2 : Υπολογίζεται το πηλίκο (k) του πληθυσμού (N) δια τον αριθμό του δείγματος (n).

Βήμα 3 : Επιλογή ενός τυχαίου αριθμού (ψ) απο το 1 έως το 10.

Βήμα 4 : Επιλογή των ατόμων του δείγματος που αντιστοιχούν στα αθροίσματα $\psi+\kappa$, $\psi+2\kappa$, $\psi+3\kappa$ κ.λ.π.

Στη παρούσα εργασία το πλήθος του δείγματος είναι 85 αρχαιολογικές θέσεις. Συνεπώς το δείγμα θα αποτελείται από 59 θέσεις και έγινε τυχαία η επιλογή του αριθμού $\psi=3$. Συνεπώς : $\psi=3$ και $\kappa=2$, άρα επιλέγονται οι αρχαιολογικές θέσεις με αύξοντα αριθμό : 5,7,9,11,..... κλπ.

Η διαδικασία σχεδίασης του μοντέλου υλοποιήθηκε από την αρχή με δεδομένο των νέο πίνακα των αρχαιολογικών θέσεων ο οποίος προέκυψε μετά την δειγματοληψία.

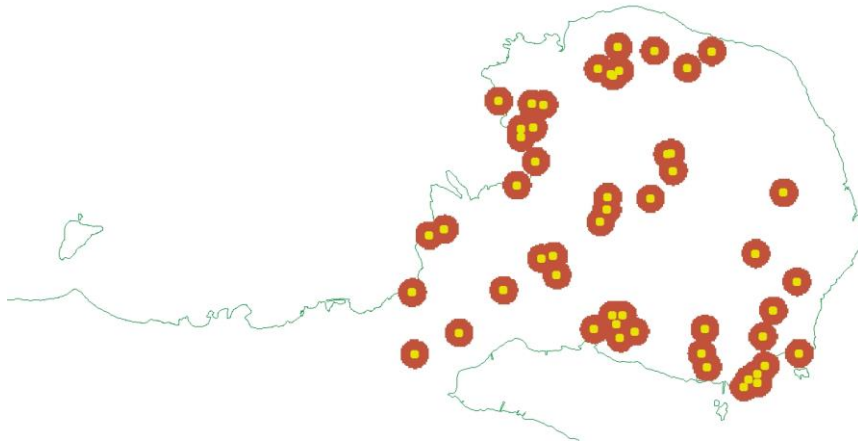
Συνεπώς υπολογίστηκαν εκ νέου οι αποστάσεις των αρχαιολογικών θέσεων με ευρήματα ταφής από εκείνες με ευρήματα ταφής, κατοικίας και λατρείας, υπολογίστηκαν τα νέα ιστογράμματα και τα νέα στατιστικά στοιχεία.

Οι διάμεσοι των αποστάσεων του νέου δείγματος παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

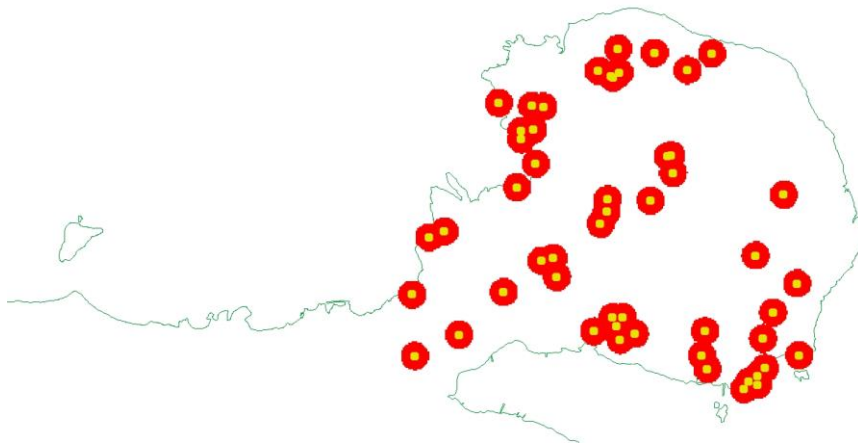
Διάμεσος απόστασης ταφής/ταφής (μ.)	Διάμεσος απόστασης ταφής/κατοικίας (μ.)	Διάμεσος απόστασης ταφής/λατρείας (μ.)
448	440	453

Πίνακας 6. Διάμεσοι αποστάσεων αρχαιολογικών θέσεων μετά την δειγματοληψία.

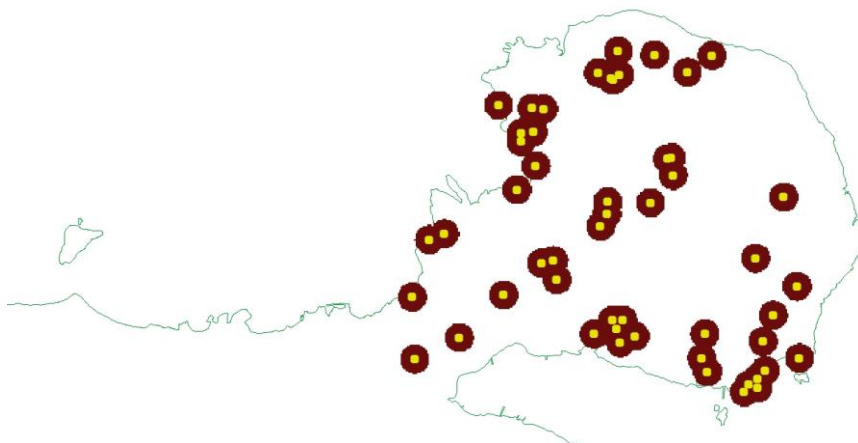
Δημιουργήθηκαν εκ νέου σημειακοί δακτύλιοι (buffer rings) με κέντρο τις θέσεις μετά την δειγματοληψία και στην συνέχεια μετατράπηκαν σε μορφή ψηφιδωτή ώστε να μπορεί να γίνει η διαδικασία της κανονικοποίησης εκ νέου με συναρτήσεις Ασαφούς Λογικής (βλ. Εικόνες 16,17 και 18).



Εικόνα 16 : Το αποτέλεσμα εφαρμογής γραμμικής συνάρτησης Ασαφούς Λογικής στις ζώνες επιρροής των αποστάσεων των θέσεων με ευρήματα ταφής από εκείνες με ευρήματα ταφής στο νέο σύνολο αρχαιολογικών θέσεων το οποίο προέκυψε από την δειγματοληψία.



Εικόνα 17 : Το αποτέλεσμα εφαρμογής γραμμικής συνάρτησης Ασαφούς Λογικής στις ζώνες επιρροής των αποστάσεων των θέσεων με ευρήματα ταφής από εκείνες με ευρήματα κατοικίας στο νέο σύνολο αρχαιολογικών θέσεων το οποίο προέκυψε από την δειγματοληψία.



Εικόνα 18: Το αποτέλεσμα εφαρμογής γραμμικής συνάρτησης Ασαφούς Λογικής στις ζώνες επιρροής των αποστάσεων των θέσεων με ευρήματα ταφής από εκείνες με ευρήματα λατρείας στο νέο σύνολο αρχαιολογικών θέσεων το οποίο προέκυψε από την δειγματοληψία.

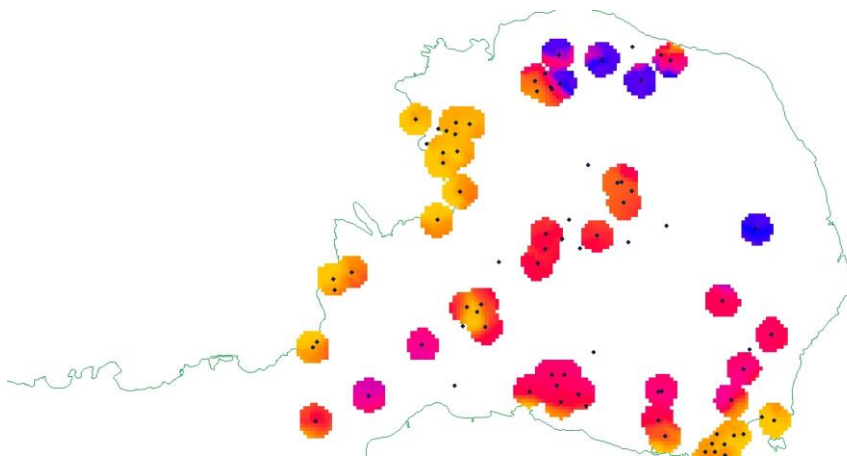
Τέλος, εφαρμόστηκε Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process-AHP) για τον υπολογισμό των βαρών των παραμέτρων με το εργαλείο Αναλυτικής Ιεράρχησης του ArcGIS στο νέο αρχείο θέσεων ταφής λαμβάνοντας υπόψη

.

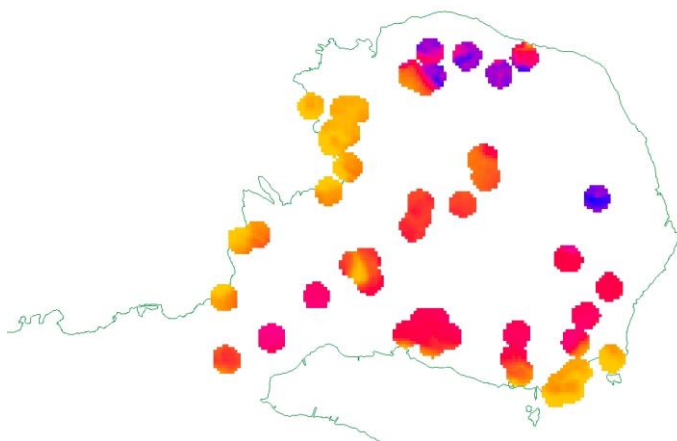
Στις [Εικόνες 19, 20 και 21](#) παρουσιάζονται ο πρώτος και ο τέταρτος συνδυασμός απόδοσης σημαντικότητας στο νέο σύνολο αρχαιολογικών θέσεων το οποίο προέκυψε από την διαδικασία δειγματοληψίας.



Εικόνα 19. Πρώτος συνδυασμός απόδοσης σημαντικότητας.

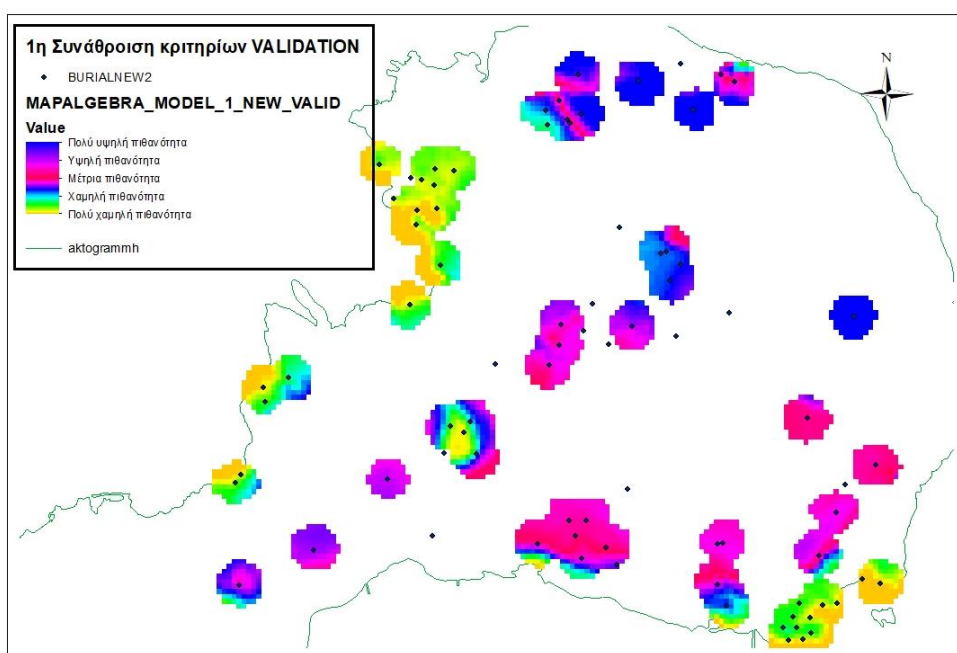


Εικόνα 20. Δεύτερος συνδυασμός απόδοσης σημαντικότητας.

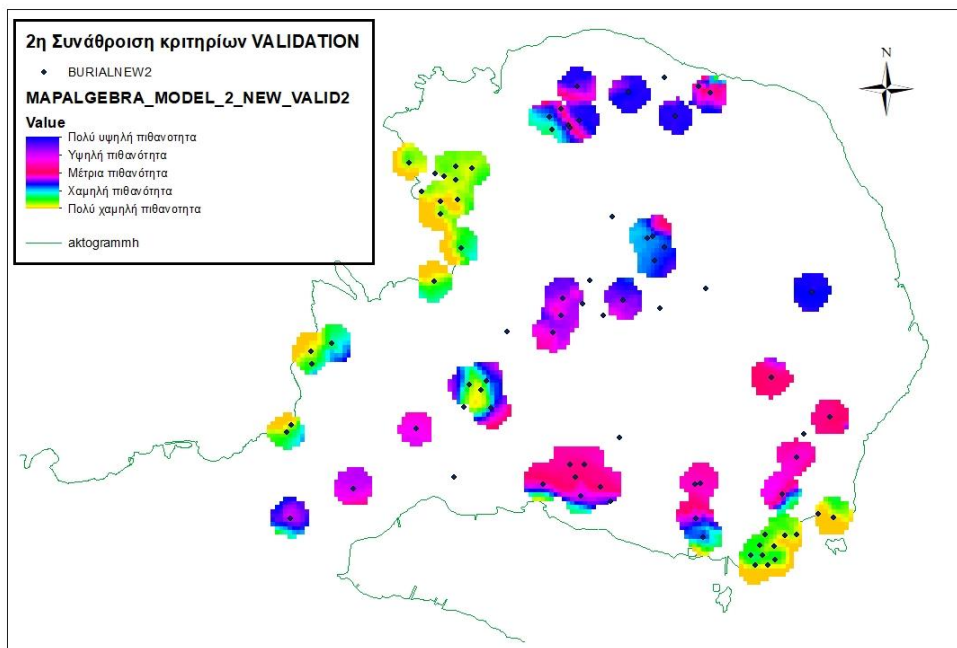


Εικόνα 21. Τρίτος συνδυασμός απόδοσης σημαντικότητας.

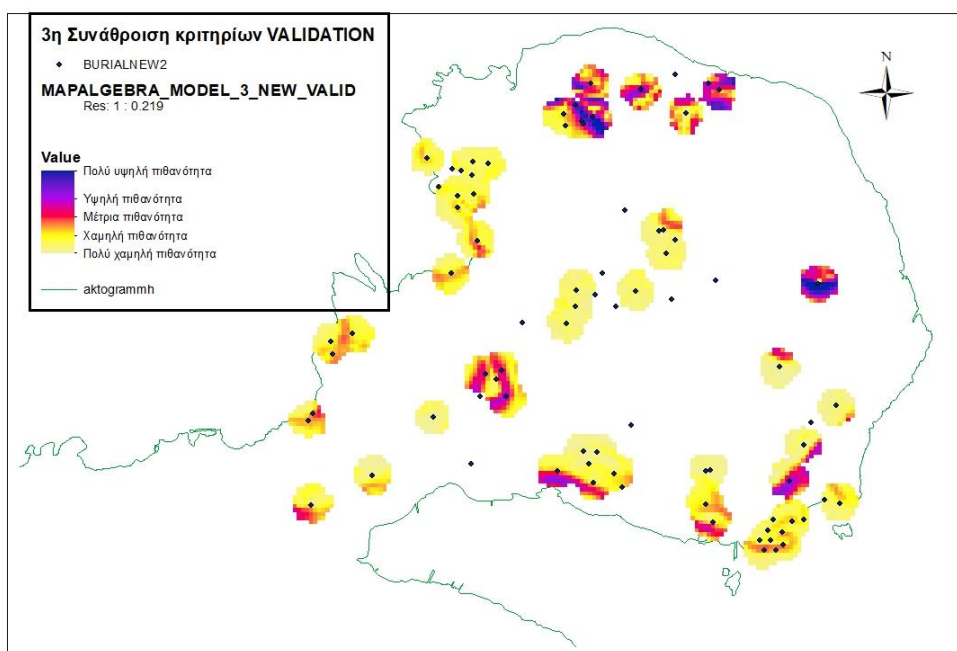
Το τελευταίο στάδιο αποτελεί η συνάθροιση των κριτηρίων για τους τρεις δυνατούς συνδυασμούς απόδοσης σημαντικότητας για το σύνολο αρχαιολογικών δεδομένων το οποίο προέκυψε από την δειγματοληψία. Στις Εικόνες 22, 23 και 24 παρουσιάζονται οι χάρτες συνάθροισης.



Εικόνα 22. Αποτέλεσμα 1ης Συνάθροισης Κριτηρίων VALIDATION.



Εικόνα 23. Αποτέλεσμα 2ης Συνάθροισης Κριτηρίων VALIDATION..



Εικόνα 24. Αποτέλεσμα 3ης Συνάθροισης Κριτηρίων VALIDATION

Παρατηρούμε ότι σε όλα τα μοντέλα οι περισσότερες θέσεις ταφής περιλαμβάνονται στην 1η και στην 2η συνάθροιση σε ζώνες από μέτρια πιθανότητα έως πολύ μεγάλη πιθανότητα να

εντοπιστεί αρχαιολογική θέση. Στην 3η συνάθροιση παρατηρείται ότι το μοντέλο απέτυχε πιθανότατα λόγω του μικρού βάρους που αποδόθηκε στην παράμετρο του υψομέτρου.

4.6 Η παράμετρος του χρόνου

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε αναλυτικά το θέμα του χρόνου. Στα πλαίσια της προσπάθειας κατανόησης της συμπεριφοράς των δεδομένων στον χρόνο δημιουργήθηκε στο λογισμικό [Matlab](#) πρόγραμμα το οποίο κωδικοποιεί στο δυαδικό σύστημα τα δεδομένα που περιλαμβάνει ο πίνακας των δεδομένων για τις 19 χρονικές περιόδους. Ως δεδομένο εισαγωγής στο λογισμικό [Matlab](#) δόθηκε απόσπασμα του αρχικού πίνακα ο οποίος περιέχει τον κωδικό της κάθε μια αρχαιολογικής θέσεις και τις 19 χρονικές περιόδους της ιστορίας.

Στον [Πίνακα 7](#) παρουσιάζονται τα μοτίβα των ογδόντα πέντε αρχαιολογικών θέσεων όπως αυτά εξάχθηκαν από το λογισμικό [Matlab](#).

Η διαδικασία υπολογισμού του μοτίβου περιλάμβανε την σύνταξη πίνακα οποίος περιείχε τις 85 αρχαιολογικές θέσεις και τις χρονικές περιόδους στις οποίες έχουν καταγραφεί ευρήματα. Τα κελιά του πίνακα περιλάμβαναν τιμές 0 ή 1. Στην συνέχεια ανα γραμμή έγινε μετατροπή σε δυαδικό σύστημα οπότε προέκυψε μια στήλη με 85 εγγραφές οι αποτελούν τα χαρακτηριστικά μοτίβα των αρχαιολογικών θέσεων στο χρόνο.

Σκοπός του κώδικα ήταν να εντοπίζει εγγραφές οι οποίες παρουσιάζουν ίδια ακριβώς συμπεριφορά και ποιες από αυτές ανήκουν στην ομάδα των αρχαιολογικών στις οποίες παρουσιάζονται ευρήματα ταφής.

Με ματζέντα είναι σημειωμένοι οι κωδικοί αρχαιολογικών θέσεων στις οποίες δεν έχει εντοπιστεί εύρημα ταφής. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη πιθανής ύπαρξης και επιπλέον χρήση ταφής στην συγκεκριμένη θέση. Οι θέσεις αυτές περιγράφονται στον [Πίνακα 8](#).

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 : ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΟΤΙΒΩΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ

<i>a/a</i>	<i>Κωδικός</i>	<i>Υπολογιζόμενο μοτίβο από λογισμικό Matlab</i>	<i>Παρατηρήσεις</i>
1	7104	204798	
2	3253	253951	3252 B, 2436 B
3	3252	253951	
4	3225	261437	3223 B, 3203 B, 3088 B, 3082 B
5	3223	261437	
6	3222	251677	
7	3221	169469	
8	3220	235005	
9	3213	251197	3206 B, 3190 B, 3189 B, 3176 B, 3172 B, 3104 B, 3099 B, 3078 B
10	3212	261151	
11	3211	230781	

12	3210	261949	
13	3209	251709	3196 B
14	3207	194556	
15	3206	251197	
16	3205	261501	
17	3203	261437	
18	3202	251901	
19	3201	243197	3122 B
20	3200	261629	
21	3199	245565	
22	3198	259101	
23	3197	234813	
24	3196	251709	
25	3195	169341	
26	3191	251005	
27	3190	251197	
28	3189	251197	
29	3187	251389	3185-3123 B – 3116 B – 3114 B- 3098 B -3084 B – 3079 B - 3066
30	3185	251389	
31	3184	234815	
32	3183	236861	
33	3182	185853	3179
34	3181	258367	
35	3180	234813	

36	3179	185853	
37	3176	251197	
38	3175	234877	
39	3174	262013	
40	3173	247165	
41	3172	251197	
42	3171	253437	
43	3146	259967	
44	3125	234813	
45	3124	261629	3200 – 3105 B
46	3123	251389	
47	3122	243197	
48	3121	251261	3120 B – 3119 B 3097 B
49	3120	251261	
50	3119	251261	
51	3116	251389	
52	3115	243517	
53	3114	251389	
54	3111	259581	3081 B
55	3110	261597	
56	3109	259583	
57	3108	259869	
58	3107	261631	
59	3106	259453	3100 B
60	3105	261629	
61	3104	251197	

62	3103	261501	3205 – 3064 B
63	3101	234815	
64	3100	259453	
65	3099	251197	
66	3098	251389	
67	3097	251261	
68	3090	204799	1720 B
69	3088	261437	
70	3084	251389	
71	3083	259389	
72	3082	261437	
73	3081	259581	
74	3080	253309	3077 B
75	3079	251389	
76	3078	251197	
77	3077	253309	
78	3070	262141	
79	3066	251389	
80	3064	261501	
81	3063	253885	
82	2436	253951	
83	2084	253756	
84	1720	204799	3090 B
85	1685	259071	

Στην *Εικόνα 25* μπορούμε να δούμε τις θέσεις αυτές πάνω σε απόσπασμα χάρτη Google Maps.



Εικόνα 25 : Χάρτης των πέντε αρχαιολογικών θέσεων που δεν έχουν καταγεγραμμένα ευρήματα ταφής αλλά παρουσιάζουν χρονικά το ίδιο μοτίβο με θέσεις με καταγεγραμμένα ευρήματα ταφής.

Κωδικός	Θέση	X (ΕΓΣΑ '87)	Y (ΕΓΣΑ '87)
3185	ΝΑΜΦΗ	515239.3496	3928367.589
3066	ΛΟΦΟΣ ΤΙΜΙΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥ	504094.2545	3928709.374
3179	ΛΟΥΤΡΑΚΙ	514427.8748	3928124.146
3200	ΛΕΠΙΔΙ	515969.6768	3930956.193
3205	ΤΙΜΙΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ	513011.1093	3928728.291

Πίνακας 8 : Πίνακας πιθανών θέσεων εύρεσης αρχαιολογικών ευρημάτων.

Στην [Εικόνα 26](#) εμφανίζεται ο χάρτης των θέσεων με ευρήματα ταφής στις οποίες υπάρχουν Μινωικά ευρήματα. Παρατηρούμε ότι δύο από τις δέκα θέσεις ταφής είναι κοντά σε τρεις αρχαιολογικές θέσεις οι οποίες παρουσιάζουν παρόμοιο μοτίβο

στον χρόνο με τις θέσεις με ευρήματα ταφής αλλά στις οποίες δεν έχουν εντοπιστεί ευρήματα ταφής. Ο κύκλος είναι ακτίνας περίπου ενός χιλιομέτρου, απόσταση αντιπροσωπευτική για την παρούσα μελέτη.

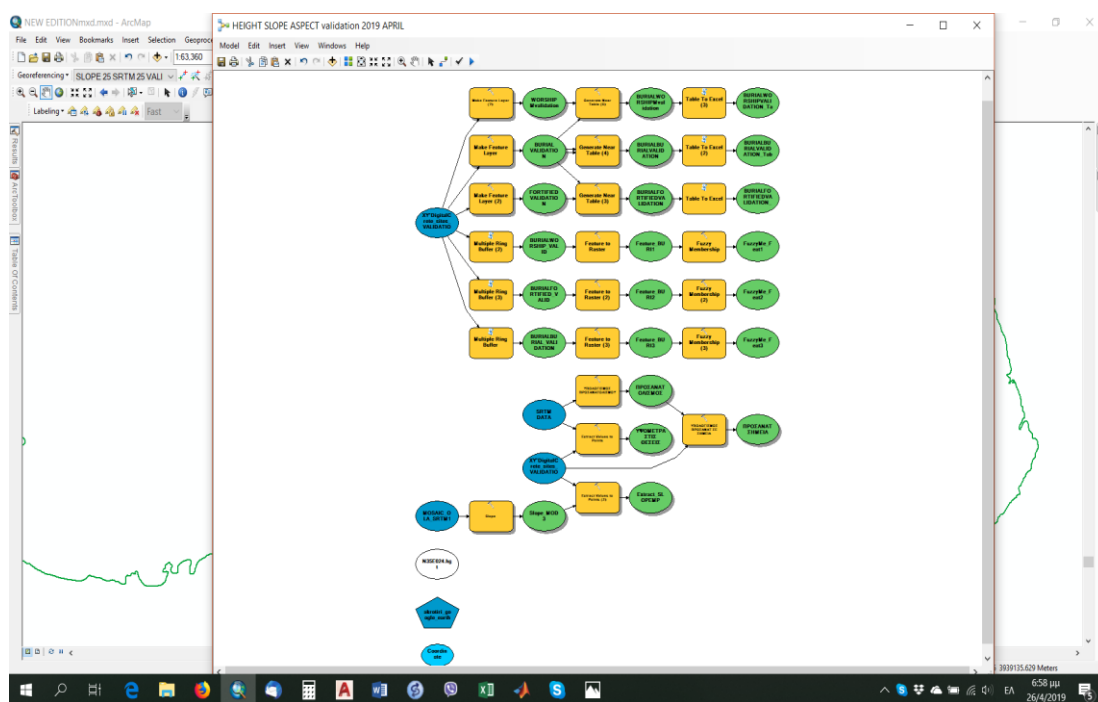
4.7 Αυτοματοποίηση Μεθοδολογίας

Τέλος, κρίθηκε σκόπιμο, μέσω του εργαλείου **Model Builder**, να αυτοματοποιηθεί το μοντέλο μέχρι του σημείου της κανονικοποίησης των παραμέτρων με συναρτήσεις Ασαφούς Λογικής. Το **Model Builder** είναι μια εφαρμογή του λογισμικού ArcGIS που χρησιμοποιείται για την δημιουργία, την διαμόρφωση και την διαχείριση μοντέλων.

Τα μοντέλα είναι ροές εργασιών οι οποίες συνδέουν μεταξύ τους αλληλουχίες εργαλείων τροφοδοτώντας την είσοδο του ενός εργαλείου με το αποτέλεσμα του προηγούμενου.

Το **Model Builder** μπορεί να θεωρηθεί επίσης οπτική γλώσσα προγραμματισμού για την κατασκευή ροών εργασίας.

Στην **Εικόνα 27** παρουσιάζεται το μοντέλο που δημιουργήθηκε στο **MY TOOLBOX** του ArcGIS στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.



Εικόνα 28: Model Builder απόσπασμα.

Η αυτοματοποίηση περιλαμβάνει το σύνολο των εργασιών που προβλέπει το μοντέλο πρόβλεψης μέχρι και την εφαρμογή συναρτήσεων Ασαφούς Λογικής στις παραμέτρους, δηλαδή μέχρι και το στάδιο της κανονικοποίησης των παραμέτρων.

Αναλυτικότερα εισάγεται αρχικά ο προσδιορισμός τους συστήματος αναφοράς του μοντέλου, στην συνέχεια εισάγεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και το αρχείο με τις γνωστές αρχαιολογικές θέσεις από τα οποία υπολογίζεται το υψόμετρο και η κλίση στις αρχαιολογικές θέσεις.

Στην συνέχεια απομονώνονται πίνακες με το κατάλληλο εργαλείο οι οποίοι περιλαμβάνουν αρχαιολογικές θέσεις που πληρούν συγκεκριμένο κριτήριο, έχουν δηλαδή καταγεγραμμένα αρχαιολογικά ευρήματα ταφής, κατοικίας και λατρείας, υπολογίζονται οι απαιτούμενες αποστάσεις και εξάγονται σε μορφή excel με το κατάλληλο εργαλείο.

Στο excel υπολογίζονται τα στατιστικά στοιχεία των αποστάσεων και δημιουργούνται Buffer Rings με δεδομένη την

διάμεσο τιμή στο Model Builder. Στην συνέχεια μετατρέπονται τα διανυσματικά δεδομένα σε ψηφιδωτά και γίνεται η απαραίτητη κανονικοποίηση των παραμέτρων με συναρτήσεις Ασαφούς Λογικής.

Κεφάλαιο 5 : Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των δεδομένων που χορηγήθηκαν από το Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών – Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας για την αυτοματοποίηση της συσχέτισης χωρικών χαρακτηριστικών της ευρύτερης περιοχής του Ακρωτηρίου Χανίων με σκοπό την εύρεση Μινωικών Ευρημάτων.

Αρχικά, υπολογίστηκαν οι κατάλληλες αποστάσεις των αρχαιολογικών θέσεων από άλλες αρχαιολογικές θέσεις με βάση το κριτήριο των ευρημάτων τα οποία έχουν καταγραφεί σε κάθε μια από αυτές. Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν χάρτες συσχέτισεων για τις αποστάσεις αυτές οι οποίοι συσχετίστηκαν και αυτοί μεταξύ τους με την βοήθεια των εργαλείων του ArcGIS.

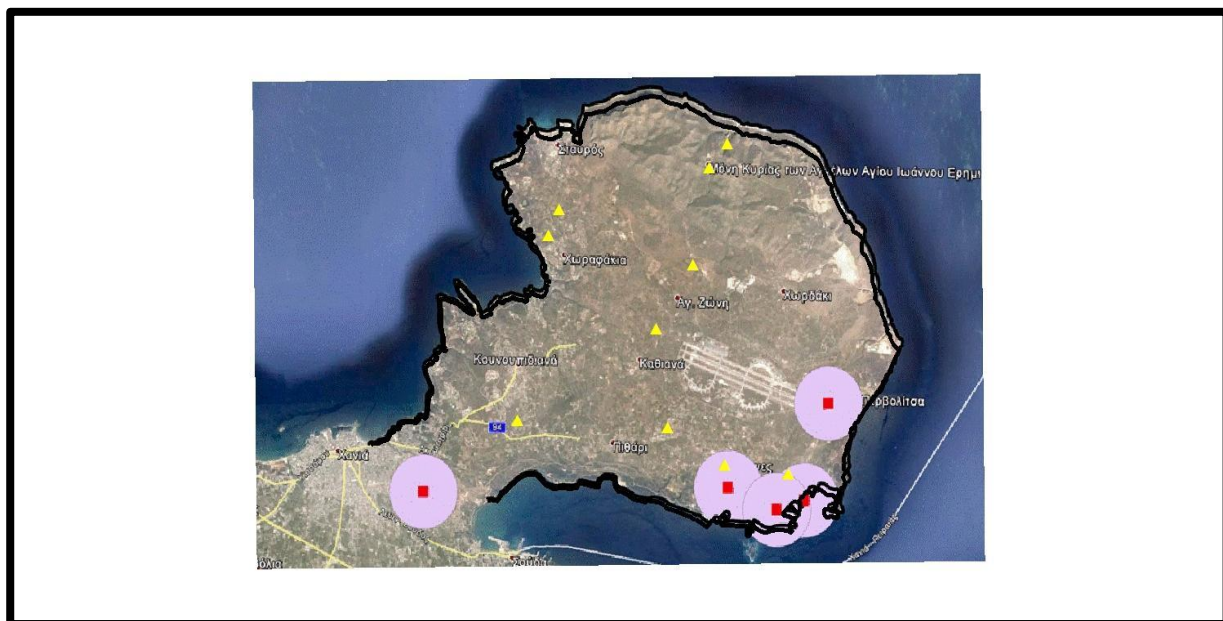
Το επόμενο βήμα ήταν να αφαιρεθεί ένα ποσοστό των αρχαιολογικών θέσεων με ευρήματα ταφής και να επαναληφθεί η παραπάνω διαδικασία εξ αρχής, οπότε και προέκυψαν χάρτες συσχέτισεων εκ νέου.

Στους νέους αυτούς χάρτες τοποθετήθηκε το σύνολο των αρχαιολογικών θέσεων όπου και παρατηρείται ότι για όλα τα μοντέλα συνάθροισης η πιθανότητα εύρεσης νέας αρχαιολογικής θέσης βρίσκεται στα ίδια επίπεδα ενώ η μεγαλύτερη πιθανότητα παρατηρείται στην περιοχή βόρεια και ανατολικά του Ακρωτηρίου.

Εκτός από την συσχέτιση των αρχαιολογικών θέσεων με άλλες αρχαιολογικές θέσεις αλλά και με τα φυσικά στοιχεία και τα ανθρωπογενή στοιχεία που αναφέρθηκαν και προηγούμενα σημαντικό στοιχείο ανάλυσης και επεξεργασίας υπήρξε και η παράμετρος του χρόνου.

Στα πλαίσια της διερεύνησης του ρόλου που παίζει ο χρόνος δημιουργήθηκε αλγόριθμος στο λογισμικό **Matlab** το οποίο εντοπίζει τα επαναλαμβανόμενα μοτίβα των αρχαιολογικών θέσεων σε σχέση με τον χρόνο. Ο Αλγόριθμος αυτός υπέδειξε τέσσερις αρχαιολογικές θέσεις οι οποίες παρουσιάζουν ίδιο μοτίβο με αρχαιολογικές θέσεις στις οποίες έχει εντοπιστεί χρήση ταφής, ενώ για αυτές τις τέσσερις θέσεις δεν έχει καταγραφεί χρήση ταφής στον πίνακα των πρωτογενών δεδομένων.

Στην **Εικόνα 29** συμβολίζονται με κίτρινο οι αρχαιολογικές θέσεις στις οποίες έχουν εντοπιστεί ευρήματα Μινωικού Πολιτισμού και χρήση «ταφή» ενώ με κόκκινο χρώμα επισημαίνονται οι θέσεις που υπέδειξε ο αλγόριθμος επεξεργασίας χρόνου ως πιθανές θέσεις ύπαρξης αρχαιολογικών ευρημάτων.



Εικόνα 29 : Απόσπασμα Google Earth στον οποίο επισημαίνονται με κόκκινο χρώμα οι αρχαιολογικές θέσεις που υπέδειξε ο αλγόριθμος επεξεργασίας του χρόνου και με κίτρινο οι θέσεις ταφής με Μινωικά ευρήματα.

Τέλος, με το εργαλείο **Model Builder** του **ArcGIS** αυτοματοποιήθηκε η διαδικασία μέχρι του σταδίου της εφαρμογής συναρτήσεων Ασαφούς Λογικής στις παραμέτρους.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η έρευνα θα μπορούσε να εξελιχθεί περισσότερο και να δώσει, πιθανότατα, πιο σαφή αποτελέσματα υπό την προϋπόθεση του μεγαλύτερου πλήθους δεδομένων αρχαιολογικών θέσεων.

Στο μέλλον, θα μπορούσε να εξεταστεί η πιθανότητα να ερευνηθεί η επιρροή επιπλέον χαρακτηριστικών του τοπίου για τον εντοπισμό ευρημάτων της Μινωική περιόδου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγιουτάντης Ζ., Μερτίκας Σ., “Ένας πρακτικός οδηγός για την συγγραφή τεχνικών κειμένων”.

Μπάλλα Αικατερίνη (2012), “ΜΑΚΕΔΟΝΙΚΟΙ ΤΑΦΟΙ : Γεωγραφική Προσέγγιση με σύγχρονες μεθόδους”.

Σαρρής Α., Γκιούρου Α., Καρίμαλη Ε, Κευγάς Ε., Soetens s. Και Τοπούζη Σ., (1999), «Εφαρμογές των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης στην Αρχαιολογία: Μια νέα προσέγγιση στην αρχαιολογική έρευνα και διαχείριση της Πολιτιστικής Κληρονομιάς».

Agapiou A., Hadjimitsis D., Papoutsas C., Alexakis D. , & Papadavid G. (2011). “The importance of accounting for atmospheric effects in the application of NDVI and interpretation of satellite imagery supporting archaeological research: the case studies of Palaepaphos and Nea Paphos sites in Cyprus”.

Alexakis D., Sarris A. (2010), “Environmental and Human Risk Assessment of the Prehistoric Archaeological Sites of Western Crete (Greece) with the use of G.I.S., Remote Sensing, Fuzzy Logic and Neural Networks”.

Argyriou A., Teeuw R., Sarris A. (2017), “GIS - Based landform classification of Bronze Age Archaeological sites on Crete Island”.

Bonhomme, C., Trépied, C., Aufaure-Portier, M., Laurini, R., (1999). «A Visual Language for Querying Spatio-Temporal Databases».

Boos. S., Hornung S., Muller H. (2012) "Modelling Vague Knowledge for decision support in planning Archaeological Prospections".

Brovelli M. A., Maurino A. (2000). "ARCHEOGIS : An interoperable Model for Archaeological Data).

Burrough, P. A., & MacDonnell, R. A. (2000). "Principles of geographical information systems".

Canard, M. (1986). "«Iqrīṭish». The Encyclopedia of Islam, New Edition, Volume III".

Chakhar, S., & V. Mousseau. (2008). "GIS-based multicriteria spatial modeling generic framework. International Journal of Geographical Information Science, 22 (11): 1159–1196".

Chalkias, C., & K.Lasaridi, K. (2011). "Benefits from GIS Based Modelling for Municipal Solid Waste Management. in: Integrated Waste Management. Volume I, Sunil Kumar (Ed.). 417– 436", InTech. ελεύθερα διαθέσιμο στο: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/benefits-from-gisbased-modelling-for-municipal-solid-waste-management>.

Chang, K.T. (2003). "Introduction to geographic information systems".

Dederix S. (2014). "*Funerary Landscapes and GIS application : A review*".

Dederix S., Σαπρής A. (2016). "Μετακίνηση και αλληλεπιδράσεις στην Προανακτορική Νότια Κεντρική Κρήτη".

Egenhofer, M.J., (1997). «Query Processing in Spatial-Query-by-Sketch».

Evans, Sir Arthur, 1921-35. *"The Palace of Minos: A Comparative Account of the Successive Stages of the Early Cretan Civilization as Illustrated by the Discoveries at Knossos,* 4 τομ. (επανεκδ. 1964)".

Ferri, F., Massari, F., Rafanelli, M. (1999). « A Pictorial Query Language for Geographic Features in an Object-Oriented Environment».

Giasta, (2008), "The Historiography of Landscape Research on Crete".

Gibbon G. "Archaeological Predictive Modeling: An overview".

Hadjimitsis D., Agapiou A., Themistocleous K., Alexakis D. and Sarris A. (2013) "Remote Sensing For Archaeological Applications : Management, Documentation and Monitoring".

Jacoli, M. & Carrara, A., (1995), "Gis-based multivariate model for identifying archaeological sites, Calabria,Southern Italy".

Jenks, G.F. and M.R Coulson (1963). "Class intervals for statistical maps". International Yearbook of Cartography

Jenks, G.F. (1967). "The data model concept in statistical mapping". International Yearbook of Cartography, 7, pp. 186-190.

Legarra Herrero B. (2014). "Mortuary Behavior and Social Trajectories in Pre- and Protopalatial Crete"

Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, (2011), "Geographic Information Systems and Science".

Longley, P. A., Goodchild, M., Maguire, D. J., & Rhind, D. (2005). "Geographic Information Systems and Science. John Wiley & Sons".

Mainguenaud, M., Portier, M. A., (1990). «CIGALES: A Graphical Query Language for Geographical Information Systems".

Malczewski, J. (1999). "GIS and multicriteria decision analysis. NewYork. John Wiley & Sons."

Meyer, B., (1993). «Beyond Icons: Towards New Metaphors for Visual Query Languages for Spatial Information Systems».

Miles, George C. (1964), "Byzantium and the Arabs: Relations in Crete and the Aegean Area".

Murayama Y., Thapa R.B. (2011), "Spatial Analysis : Evolution, Methods and Applications"

Nunez A., Buill. F., Edo M. (2013). "3D model of Can Sadurni cave".

Partsinevelos P., Papadakis K., Makantasis K., (2015) "Spatiotemporal graph queries on geographic databases under a conceptual abstraction scale".

Peatfield, Alan A. D. et al, (1996) "Aegean Cultures" στο The Oxford Companion to Archaeology, Brian M. Fagan".

Pendlebury, J. D. S., (1963), "Archaeology of Crete, (1939, ανατ. 1963)".

Relaki M. (2004). "Constructing a region : the contested landscapes of Prepalatial Mesara"

Ruggles, C.L.N., (1992), "Abstract Data Structurer for G.I.S. Applications in Archaeology.

Robinson, H.A., R.D. Sale, J.L. Morisson and Ph.C. Muehrcke (1985). Elements of Cartography. (5th ed.).

Sarris A. (2014) "Cultural Resources Management Through the Application of Ground-Based & Satellite Remote Sensing and Geographic Information Systems: A New Digital Cultural World".

Sarris A., Dederix S. (2014) "GIS for Archaeology & Cultural Resources Management in Greece. Quo Vadis".

Scianna A., Benedetto V. "GIS Applications in Archaeology".

Siart Ch, Eitel B., Panagiotopoulos D. (2008) "Investigation of past archaeological landscapes using remote sensing and GIS : a multi-method case study from Mount Ida, Crete".

Soetens S., Dreissen J., Sarris A., Topouzi S. (2001) "The Minoan Peak Sanctuary through a GIS approach".

Soetens S., Sarris A., Vansteenhuyse K., Topouzi S. (2003) "GIS Variations on a Cretan Theme : Minoan Peak Sanctuaries".

Treadgold, Warren T. (1997), "A History of the Byzantine State and Society"

Tsiafaki D., Michailidou N. (2015). "Benefits and Problems through the application of 3D technologies in Archaeology : Recording, Visualisation, Representation and Reconstruction".

Verhagen P., Kamermans H., Leusen M., Ducke B. (2007) "Predictive modeling in Archaeology".

Willetts, R. F., 1976 [επανεκδ. 1995], "The Civilization of Ancient Crete".

Ιστοσελίδες

<http://www.hellasgis.gr/>