



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας – Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Αθανασίου Κ. Μωυσιάδη

**Η Γεωματική και η Τοπογραφία,
στην έρευνα, χαρτογράφηση και πρόβλεψη αρχαιολογικών χώρων
και στην αποτύπωση μνημείων**

Βόλος 2016

Αθανάσιος Κ. Μωυσιάδης

Η Γεωματική και η Τοπογραφία,
στην έρευνα, χαρτογράφηση και πρόβλεψη αρχαιολογικών χώρων
και στην αποτύπωση μνημείων

Διδακτορική Διατριβή

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας,
Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης της Πολυτεχνικής Σχολής
του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 21-04-2016

Εξεταστική Επιτροπή

- **Κωνσταντίνος Περάκης**
Καθηγητής ΤΜΧΠΠΑ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
(Επιβλέπων Καθηγητής)
- **Ελένη - Αντίκλεια Μουνδρέα - Αγραφιώτη**
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΙΑΚΑ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
(Μέλος της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής)
- **Δημήτριος Σταθάκης**
Αναπληρωτής Καθηγητής ΤΜΧΠΠΑ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
(Μέλος της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής)

- **Αλέξιος Δέφνερ**
Καθηγητής ΤΜΧΠΠΑ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
- **Μαρί Νοέλ Ντυκέν**
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΤΜΧΠΠΑ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
- **Αφροδίτη Πασαλή**
Καθηγήτρια ΤΕΙ Θεσσαλίας
- **Όλγα Χριστοπούλου**
Καθηγήτρια - Πρόεδρος ΤΜΧΠΠΑ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

*Στους Γονείς μου,
ευλαβές αφιέρωμα*

© Αθανάσιος Κ. Μωυσιάδης

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**Η Γεωματική και η Τοπογραφία, στην έρευνα, χαρτογράφηση και πρόβλεψη
αρχαιολογικών χώρων και στην αποτύπωση μνημείων.**

«Η έγκριση της παρούσης διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέως» (Ν.5343/1932, άρθρο 202, παρ. 2).

Περίληψη - Abstract

Η προστασία, η ορθολογική διαχείριση και η ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελούν ένα σύνθετο, πολυδιάστατο και διεπιστημονικό πεδίο έρευνας. Αν και ο εντοπισμός και η χαρτογράφηση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς έχουν μελετηθεί σε υψηλό βαθμό εδώ και δεκαετίες, ωστόσο ένα σημαντικό μέρος του τομέα αυτού παραμένει ακόμη προς έρευνα και μελέτη εξαιτίας της διαρκώς εξελισσόμενης τεχνολογίας. Η πρόβλεψη αρχαιολογικών θέσεων αποτελεί το δυσκολότερο, το πλέον αβέβαιο και ενδεχομένως το σημαντικότερο μέρος της αρχαιολογικής έρευνας. Η ερευνητική αυτή μελέτη αποσκοπεί στη δημιουργία ενός γεωχωρικού πιθανοτικού μοντέλου εντοπισμού (διαμέσου χαρτών) της ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων της Νεολιθικής περιόδου στη Μαγνησία. Παράλληλα, αναλύονται συγκριτικά οι διαδικασίες οριοθέτησης, χαρτογράφησης και γεωμετρικής τεκμηρίωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς, οι οποίες πραγματοποιούνται με τον συνδυασμό τόσο επίγειων όσο και εναέριων μεθοδολογιών. Η επεξεργασία των ανωτέρω υλοποιείται με τη χρήση της τοπογραφίας και της γεωματικής, ειδικότερα με την τηλεπισκόπηση και τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.

Ετερογενή γεωχωρικά δεδομένα, όπως το υψόμετρο, οι κλίσεις, η γεωλογία, οι πηγές, το υδρογραφικό δίκτυο, το οδικό δίκτυο, ο προσανατολισμός και οι υπάρχουσες Νεολιθικές αρχαιολογικές θέσεις της Μαγνησίας, χρησιμοποιούνται για τη γεωχωρική πιθανοτική μοντελοποίηση η οποία κατέδειξε τη μέγιστη πιθανότητα της ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων. Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων/[Evidential Reasoning (ER)]», γνωστή και ως «Θεωρία των Dempster-Shafer», χρησιμοποιείται με σκοπό τη σύνθεση πιθανοτικών χαρτών των περιοχών αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, βάσει φυσιογραφικών και ιστορικών χαρακτηριστικών. Για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή του μοντέλου πραγματοποιήθηκε η ανασύσταση του τοπίου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου. Το πλεονέκτημα της Θεωρίας των Αποδεικτικών Στοιχείων είναι η δυνατότητα ποσοτικοποίησης της αβεβαιότητας του χρήστη, η οποία χρησιμοποιείται στο πιθανοτικό μοντέλο για τη σύνθεση πιθανοτικών χαρτών της ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων (και το οποίο παρέχει τελικά πιθανοτικούς χάρτες πεποίθησης, ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης). Οι τελικοί αθροιστικοί ψηφιακοί πιθανοτικοί χάρτες, δείχνουν τις περιοχές υψηλής πιθανότητας ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων και παρατίθενται τρεις μελέτες περίπτωσης για περαιτέρω έρευνα σε εστιασμένες περιοχές. Η λειτουργία του γεωχωρικού πιθανοτικού μοντέλου που βασίζεται στη «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» είναι δυναμική, με άμεση δυνατότητα ενημέρωσης όταν προκύπτουν

νέα δεδομένα για την περιοχή μελέτης. Η ερευνητική αυτή μελέτη αποτελεί ένα μεθοδολογικό εργαλείο για την πρόβλεψη νέων αρχαιολογικών θέσεων και σε άλλες περιοχές αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, βάσει των φυσιολογικών και ιστορικών χαρακτηριστικών της αρχαιολογικής περιόδου που μελετάται. Τα αποτελέσματα της διατριβής αυτής συμβάλλουν τόσο στην προστασία των μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς όσο και στην ορθολογικότερη διαχείριση και ανάδειξή τους.

Λέξεις κλειδιά: τοπογραφία, γεωματική, τηλεπισκόπηση, γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, αποτύπωση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς, γεωχωρικά δεδομένα, μοντελοποίηση, πρόβλεψη αρχαιολογικών θέσεων, ανασύσταση τοπίου, χαρτογράφηση.

The protection, the rational management and the outreach of cultural heritage requires a complex, multidimensional and interdisciplinary research field. Although detection and mapping of monuments of cultural heritage have been studied for decades, there is still an important field for research and study, due to the advanced technology. The prediction of archaeological sites is the most difficult, the most uncertain and probably the most important part of archaeological research. This research study aims to create a geospatial probabilistic model, through maps, for the detection of the existence of archaeological sites of the Neolithic period in the prefecture of Magnesia. A comparative analysis is also made for the localisation, mapping and geometric documentation of cultural heritage, by means of both terrestrial and aerial methodologies. This is accomplished by means of surveying and geomatics, mainly by remote sensing and geographical information systems.

Heterogeneous geospatial data such as the elevation, the slope, the geology, the springs, the water network, the road network, the aspect and the existing Neolithic archaeological settlements of the prefecture of Magnesia, are used for the geospatial probabilistic modelling which leads to the maximum probability of the existence of archaeological sites. The Dempster-Shafer Theory also commonly referred to as Evidential Reasoning (ER) is used to compose probability maps of areas of archaeological interest from physiographical and historical data. A valid model also requires the landscape reconstruction of each subperiod of the Neolithic period. The advantage of the "Theory of Evidence" is the possibility to quantify the user ignorance (contains the belief, the plausibility and the belief interval) used in the model to create probability maps of the existence of archaeological sites. The final digital probability maps show areas of high probability of existence of archaeological sites while three areas of case studies for future research are also presented. The function of the geospatial probabilistic model based on the "Theory of Evidence" is dynamic, which means it allows the update of the problem

solving strategy as soon as new data layers for the study area are available. This research study forms a methodological tool for the prediction of new archaeological sites in other areas of archaeological interest according to the physiographical and historical characteristics of the archaeological period being examined. The outputs of this thesis can contribute not only to the protection of cultural heritage but also to their rational management and outreach.

Keywords: surveying, geomatics, remote sensing, geographical information systems, surveying of cultural heritage, geospatial data, modelling, prediction of archaeological settlements, landscape reconstruction, mapping.

Πίνακας περιεχομένων

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	15
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	17
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΩΝ.....	18
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	21
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	22
1.1. Γενικά.....	22
1.2. Σκοπός και στόχοι.....	29
1.3. Δομή της διατριβής	31
2. Η ΜΑΓΝΗΣΙΑ ΣΤΗΝ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ.....	33
2.1. Εισαγωγή	33
2.2. Η προϊστορική Θεσσαλία	33
2.2.1. Γεωγραφία και γεωλογία.....	38
2.2.2. Οι οικισμοί της Θεσσαλίας κατά την προϊστορία	41
2.3. Η προϊστορική Μαγνησία.....	43
2.3.1. Γεωγραφία και γεωλογία.....	45
2.3.2. Η ανασύσταση του τοπίου της Μαγνησίας κατά την προϊστορία.....	48
2.3.3. Οι νεολιθικοί οικισμοί της Μαγνησίας	56
3. ΚΛΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ.....	58
3.1. Εισαγωγή	58
3.1.1. Κλασική τοπογραφική αποτύπωση.....	60
3.1.2. Δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσης.....	67
3.1.3. Φωτογραμμετρική αποτύπωση	69
3.1.4. Αποτύπωση σάρωσης με Laser.....	78
3.2. Συνδυασμός μεθοδολογιών αποτύπωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς.....	82
3.2.1. Συμπληρωματικότητα μεθοδολογιών γεωμετρικής τεκμηρίωσης - αποτύπωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς	83
4. ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ.....	87
4.1. Εισαγωγή	87
4.2. Από τις αεροφωτογραφίες στις δορυφορικές εικόνες.....	87
4.3. Από τα παθητικά στα ενεργητικά συστήματα τηλεπισκόπησης.....	95
4.4. Η ολοκληρωμένη αρχαιολογική μελέτη με τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών .	102
4.5. Πρόβλεψη ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων.....	105

5. ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ, ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	110
5.1. <i>Εισαγωγή</i>	110
5.2. <i>Προμήθεια και ανάκτηση ποιοτικών/ποσοτικών γεωχωρικών δεδομένων</i>	110
5.2.1. Αποδελτίωση των βιβλιογραφικών πηγών.....	111
5.2.2. Διανυσματικά γεωχωρικά υπόβαθρα	112
5.2.3. Ψηφιδωτά γεωχωρικά υπόβαθρα	116
5.3. <i>Προεπεξεργασία.....</i>	118
5.3.1. Γεωαναφορά και ψηφιοποίηση των γεωχωρικών δεδομένων.....	119
5.3.2. Τοπολογία των διανυσματικών δεδομένων	122
5.3.3. Ραδιομετρικές και γεωμετρικές διορθώσεις των ψηφιακών δορυφορικών εικόνων	124
5.3.4. Ενίσχυση των δορυφορικών δεδομένων	126
5.3.5. Χρωματικές συνθέσεις δορυφορικών εικόνων – Φωτοερμηνεία.....	127
6. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΗ ΜΑΓΝΗΣΙΑ.....	131
6.1. <i>Εισαγωγή</i>	131
6.2. <i>Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου.....</i>	131
6.3. <i>Η ανασύσταση του τοπίου κατά τη Νεολιθική περίοδο στη Μαγνησία.....</i>	134
6.3.1. Η μεθοδολογία	136
6.3.2. Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδος.....	138
6.3.3. Μέση Νεολιθική περίοδος	138
6.3.4. Νεότερη Νεολιθική περίοδος.....	139
6.3.5. Συγκριτική ανάλυση μεταξύ υποπεριόδων της Νεολιθικής περιόδου	140
6.4. <i>Ψηφιακά Μοντέλα Αναγλύφου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου</i>	141
6.5. <i>Χάρτης κλίσεων εδαφών ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου</i>	143
6.6. <i>Χάρτης προσανατολισμού εδαφών ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου</i>	146
7. ΠΙΘΑΝΟΤΙΚΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΜΑΓΝΗΣΙΑ.....	148
7.1. <i>Εισαγωγή</i>	148
7.2. <i>Στατιστική και πιθανότητες στην τηλεπισκόπηση</i>	148
7.2.1. Η «Θεωρία των Δεσμευμένων Πιθανοτήτων» του Bayes	150
7.2.2. Η πιθανοτική θεώρηση της Αβεβαιότητας.....	151
7.2.3. Η επέκταση της Θεωρίας του Bayes μέσω της Θεωρίας των Αποδεικτικών Στοιχείων - Πλεονεκτήματα.....	154
7.3. <i>Η πιθανοτική ανάλυση και ο συνδυασμός των αποδεικτικών στοιχείων</i>	158
7.3.1. Οι υποθέσεις και οι πιθανοτικές μεταβλητές	159
7.3.2. Ο συνδυασμός των αποδεικτικών στοιχείων: «Το Ορθογώνιο Άθροισμα».....	164

7.4. Οι χωρικές - πιθανοτικές μεταβλητές και η δημιουργία πιθανοτικών χαρτών για τη Μαγνησία.....	166
7.4.1. Οι «αρχαιολογικές θέσεις».....	171
7.4.2. Το «οδικό δίκτυο».....	178
7.4.3. Οι «πηγές».....	186
7.4.4. Το «υδρογραφικό δίκτυο».....	193
7.4.5. Το «υψόμετρο»	201
7.4.6. Οι «κλίσεις»	207
7.5. Οι αθροιστικοί πιθανοτικοί χάρτες στις τρεις υποπεριόδους της Νεολιθικής περιόδου στη Μαγνησία.....	214
7.5.1. Χάρτες «πεποίθησης»	214
7.5.2. Χάρτες «ευλογοφάνειας».....	218
7.5.3. Χάρτες του «διαστήματος πεποίθησης»	221
7.6. Χαρτογραφική απεικόνιση πιθανών αρχαιολογικών θέσεων στη Μαγνησία - Μελέτες περίπτωσης.....	224
7.7. Αποτίμηση των αποτελεσμάτων.....	232
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	237
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	240
9.1. Ελληνική βιβλιογραφία	240
9.2. Ξένη βιβλιογραφία	241
9.3. Πηγές διαδικτύου	253
10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	256
Α. Βιβλιογραφία Νεολιθικών οικισμών της Μαγνησίας	256
Β. Πίνακας βασικών γεωχωρικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην ερευνητική μεθοδολογία.	272

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 2.1 Ο Χρήστος Τσουντας (Πανδέκτης 2015).	34
Εικόνα 2.2 Ο γεωλογικός χάρτης της Θεσσαλίας (Caputo 1990).	40
Εικόνα 2.3 Οι προϊστορικές θέσεις της Θεσσαλίας σύμφωνα με τον Θεοχάρη (Θεοχάρης 1973).	43
Εικόνα 2.4 Ο γεωγραφικός προσδιορισμός της περιοχής μελέτης.	45
Εικόνα 2.5 Η μαγούλα «Ζερέλια» και η λίμνη «Μεγάλο Ζερέλι».	46
Εικόνα 2.6 Τα καρστ της Θεσσαλίας (Sivignon 1992).	47
Εικόνα 2.7 Η ακτογραμμή κατά την προϊστορία (Reinders 1988).	49
Εικόνα 2.8 Η ακτογραμμή της λίμνης Κάρλα κατά Grundmann (1937).	50
Εικόνα 2.9 Η περιοχή του Βόλου-Διμηνίου. Η παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της ακτογραμμής και η οικιστική εξέλιξη στην περιοχή στα τελευταία 7.000 χρόνια (Finke 1984). Η μετακίνηση των οικισμών φαίνεται να ακολουθεί τη μετατόπιση της ακτογραμμής.	54
Εικόνα 2.10 Η εξέλιξη του κόλπου του Βόλου (Zangger 1991).	55
Εικόνα 2.11 Η διαχρονική μεταβολή του κόλπου του Βόλου κατά τη Μέση Νεολιθική περίοδο μέχρι την Πρωτοελλαδική περίοδο (Καμπούρογλου 1994).	55
Εικόνα 3.1 Τοπογραφική αποτύπωση ιστορικού κτιρίου και του περιβάλλοντος χώρου.	66
Εικόνα 3.2 Τοπογραφική αποτύπωση του περιβάλλοντος χώρου του πύργου Χειμάρρου Νάξου (Αστρολάβος 2012).	67
Εικόνα 3.3 Η πρώτη φωτογραμμετρική μηχανή του Meydenbauer, κατασκευασμένη το 1867 για επίγειες εφαρμογές.	70
Εικόνα 3.4 Χάρτης του Freyburg (Unstrut) κατασκευασμένος με φωτογραμμετρικές μεθόδους το 1867.	70
Εικόνα 3.5 Φωτογραμμετρική απόδοση της εσωτερικής όψης του μεταπυργίου και εισόδου του κάστρου της Μήθυμνας Λέσβου (Αστρολάβος 2012).	77
Εικόνα 3.6 Αποτύπωση της όψης ιστορικού κτιρίου με τοπογραφικές και φωτογραμμετρικές μεθόδους.	78
Εικόνα 3.7 Σύγκριση μεταξύ του τρισδιάστατου μοντέλου σάρωσης με laser (αριστερά) και της αντίστοιχης εικόνας στην πραγματικότητα (δεξιά) (Μωυσιάδης 2004).	80
Εικόνα 3.8 Διαφορετική πυκνότητα σημείων βάσει της ακρίβειας του σαρωτή και της απόστασης σάρωσης (Μωυσιάδης 2004).	81
Εικόνα 4.1 Σχέδιο του Stonehenge κατά τον Inigo Jones όπως ήταν στην αρχική του μορφή (Jones 1655).	88
Εικόνα 4.2 Από τις πρώτες αεροφωτογραφίες από αερόστατο για αρχαιολογικούς σκοπούς από τον Υπολοχαγό Philip Henry Sharpe το καλοκαίρι του 1906 (Society of Antiquaries of London 2013).	89
Εικόνα 4.3 Ο O.G.S. Crawford (πρώτη σειρά, πρώτος από αριστερά) κατά τη διάρκεια ανασκαφής το 1919 (Institute of Archaeology, University of Oxford 2013).	90
Εικόνα 4.4 Τχνη αρχαιολογικών δομών εξαιτίας των διαφοροποιήσεων στο ανάγλυφο και στις σκιάσεις (English Heritage 2015).	91
Εικόνα 4.5 Τχνη αρχαιολογικών δομών εξαιτίας των διαφοροποιήσεων στη βλάστηση (Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Wales 2015).	92
Εικόνα 4.6 Αποκάλυψη αρχαιολογικών δομών εξαιτίας της χιονόπτωσης (Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Wales 2015).	94
Εικόνα 4.7 Έγχρωμη ψευδοχρωματική δορυφορική εικόνα για τη χαρτογράφηση αρχαιολογικών θέσεων.	96
Εικόνα 4.8 Εμφανής αποτύπωση του δομημένου περιβάλλοντος σε μία έγχρωμη ψευδοχρωματική υπέρυθη δορυφορική εικόνα (National Space Science and Technology Center 2015).	96
Εικόνα 4.9 Δορυφορική εικόνα μικροκυμάτων για τον εντοπισμό αρχαιολογικού οικισμού (Lasaponara and Masini 2011).	97
Εικόνα 4.10 Φασματικές υπογραφές αρχαιολογικών δομών (Lasaponara 2006).	98

Εικόνα 4.11 Αποκάλυψη αρχαιολογικού οικισμού από το σύστημα Lidar (Johnson and Ouimet 2014)...	100
Εικόνα 4.12 Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών παρέχουν δομημένα περιγραφικά χαρακτηριστικά για την εύρεση χωρικών προτύπων.....	104
Εικόνα 4.13 Δυναμική επιτήρηση του χώρου, σύγκριση και ανάλυση της δόμησης του και των αρχαιολογικών ευρημάτων.....	104
Εικόνα 5.1 Τμήμα τοπογραφικού χάρτη (φύλλο χάρτη Βόλου) της ΓΥΣ κλίμακας 1:50000.....	114
Εικόνα 5.2 Γενικευμένος γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:500.000 εστιασμένος στην περιοχή μελέτης (ΙΓΜΕ 1983).....	115
Εικόνα 5.3 Το περιβάλλον δορυφορικών δεδομένων του United States Geological Survey (USGS) των ΗΠΑ (Earth Explorer – USGS 2010).....	116
Εικόνα 5.4 Δορυφορική εικόνα Landsat 7 χωρικής ανάλυσης 30μ. με την πόλη του Βόλου κεντρικά της εικόνας και το Πηλίο που χαρακτηρίζεται στα ανατολικά.....	117
Εικόνα 5.5 Δορυφορική εικόνα SPOT χωρικής ανάλυσης 20μ. με την πόλη της Λάρισας στο βορειοδυτικό τμήμα ενώ η λίμνη Κάρλα εμφανίζεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της εικόνας.....	118
Εικόνα 5.6 Ψηφιοποίηση των πηγών που δεν ανήκουν σε αλλοιωματικές πεδιάδες.....	120
Εικόνα 5.7 Τμήμα βάσης ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων των Νεολιθικών αρχαιολογικών θέσεων της Μαγνησίας.....	121
Εικόνα 5.8 Τοπολογικοί κανόνες (Topology in ArcGIS 2011).....	123
Εικόνα 5.9 Χρωματική σύνθεση (φυσικά χρώματα) των φασματικών καναλιών 1, 2 και 3 σε B, G, R (Blue, Green, Red) δορυφορικής εικόνας Landsat 7 χωρικής ανάλυσης 30μ. με την πόλη του Βόλου κεντρικά της εικόνας και το δάσος του Πηλίου που αναγνωρίζεται στα ανατολικά με σκούρες πράσινες αποχρώσεις. .	128
Εικόνα 5.10 Ψευδοχρωματική σύνθεση (βλάστηση σε κόκκινο χρώμα) των φασματικών καναλιών 2, 3 και 4 σε B, G, R δορυφορικής εικόνας Landsat 7 χωρικής ανάλυσης 30μ. με την πόλη του Βόλου κεντρικά της εικόνας και το δάσος του Πηλίου που αναγνωρίζεται στα ανατολικά.....	128
Εικόνα 5.11 Ψευδοχρωματική σύνθεση των φασματικών καναλιών 1, 4 και 7 σε B, G, R δορυφορικής εικόνας Landsat 7 χωρικής ανάλυσης 30μ. με την πόλη του Βόλου κεντρικά της εικόνας σε έντονο μωβ χρώμα και το δάσος του Πηλίου που αναγνωρίζεται στα ανατολικά σε πράσινες αποχρώσεις.....	129
Εικόνα 5.12 Δορυφορική εικόνα SPOT χωρικής ανάλυσης 20μ. για τη χαρτογράφηση των ορίων της λίμνης Κάρλας.....	130
Εικόνα 6.1 Το υψόμετρο και η χωρική κατανομή των Νεολιθικών αρχαιολογικών θέσεων στη Μαγνησία.....	132
Εικόνα 6.2 Δίκτυο ακανονίστων τριγώνων και οι αντίστοιχοι προσανατολισμοί.....	134
Εικόνα 6.3 Δίκτυο ακανονίστων τριγώνων και οι αντίστοιχες κλίσεις.....	134
Εικόνα 6.4 Η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου όπως είναι σήμερα.....	135
Εικόνα 6.5 Τα όρια της λίμνης Κάρλα με διαφορετικές χρωματικές διαβαθμίσεις (θαλασσί – σημερινή, μωβ – Νεολιθική περίοδος).....	137
Εικόνα 6.6 Η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου κατά την AN υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου.....	138
Εικόνα 6.7 Η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου κατά την MN υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου.....	139
Εικόνα 6.8 Η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου κατά την NN υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου.....	140
Εικόνα 6.9 Η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου με διαφορετικές χρωματικές διαβαθμίσεις (κόκκινο – σημερινή, πορτοκαλί – AN, γκρι – MN, πράσινο – NN).....	140
Εικόνα 6.10 Η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου με διαφορετικές χρωματικές διαβαθμίσεις (κόκκινο – σημερινή, πορτοκαλί – AN, γκρι – MN, πράσινο – NN).....	141
Εικόνα 6.11 Ψηφιακό μοντέλου αναγλύφου της AN περιόδου υπό τη μορφή δικτύου ακανονίστων τριγώνων.....	142
Εικόνα 6.12 Ψηφιακό μοντέλου αναγλύφου της MN περιόδου υπό τη μορφή δικτύου ακανονίστων τριγώνων.....	142

Εικόνα 6.13 Ψηφιακό μοντέλου αναγλύφου της NN περιόδου υπό τη μορφή δικτύου ακανονίστων τριγώνων.	143
Εικόνα 6.14 Χάρτης κλίσεων εδαφών της AN περιόδου.	144
Εικόνα 6.15 Χάρτης κλίσεων εδαφών της MN περιόδου.	145
Εικόνα 6.16 Χάρτης κλίσεων εδαφών της NN περιόδου.	145
Εικόνα 6.17 Χάρτης προσανατολισμού εδαφών της AN περιόδου.	146
Εικόνα 6.18 Χάρτης προσανατολισμού εδαφών της MN περιόδου.	147
Εικόνα 6.19 Χάρτης προσανατολισμού εδαφών της NN περιόδου.	147
Εικόνα 7.1 Η χωρική κατανομή των αρχαιολογικών θέσεων της Νεολιθικής περιόδου (AN, MN και NN) σε σχέση με την ακτογραμμή και τη λίμνη Κάρλα.	169
Εικόνα 7.2 Αποστάσεις μεταξύ των αρχαιολογικών θέσεων της AN περιόδου.	172
Εικόνα 7.3 Πιθανοτική μετατροπή της μεταβλητής AN «αρχαιολογικές θέσεις» χρησιμοποιώντας φθίνουσα “J-shaped” συνάρτηση, με χαρακτηριστικές τιμές $a=b=c=4000\mu$. και $d=10000\mu$.	173
Εικόνα 7.4 Αποστάσεις μεταξύ των αρχαιολογικών θέσεων της MN περιόδου.	175
Εικόνα 7.5 Πιθανοτική μετατροπή της μεταβλητής MN «αρχαιολογικές θέσεις» χρησιμοποιώντας φθίνουσα “J-shaped” συνάρτηση, με χαρακτηριστικές τιμές $a=b=c=7500\mu$. και $d=10000\mu$.	175
Εικόνα 7.6 Αποστάσεις μεταξύ των αρχαιολογικών θέσεων της NN περιόδου.	177
Εικόνα 7.7 Πιθανοτική μετατροπή της μεταβλητής NN «αρχαιολογικές θέσεις» χρησιμοποιώντας φθίνουσα “J-shaped” συνάρτηση, με χαρακτηριστικές τιμές $a=b=c=7500\mu$. και $d=10000\mu$.	177
Εικόνα 7.8 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του οδικού δικτύου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της AN περιόδου χρησιμοποιώντας τη σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου από τα 50μ στα 1700μ. ..	178
Εικόνα 7.9 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του οδικού δικτύου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της AN περιόδου χρησιμοποιώντας τη σιγμοειδή συνάρτηση (αριστερά) και τη J-Shaped (δεξιά) με σημεία ελέγχου από τα 50μ στα 1700μ.	179
Εικόνα 7.10 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του οδικού δικτύου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της MN περιόδου χρησιμοποιώντας τη ‘user defined’ συνάρτηση με πολλαπλά σημεία ελέγχου. ...	183
Εικόνα 7.11 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του οδικού δικτύου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της NN περιόδου χρησιμοποιώντας τη ‘user defined’ συνάρτηση με πολλαπλά σημεία ελέγχου.	185
Εικόνα 7.12 Εικόνα των αποστάσεων των πηγών σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της AN περιόδου.	186
Εικόνα 7.13 Πιθανοτική μετατροπή της απόστασης από τις πηγές των AN αρχαιολογικών θέσεων με χρήση της «προσαρμοσμένης» “user defined” συνάρτησης με πολλαπλά σημεία ελέγχου.	188
Εικόνα 7.14 Εικόνα των αποστάσεων των πηγών σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της MN περιόδου.	189
Εικόνα 7.15 Πιθανοτική μετατροπή της απόστασης από τις πηγές των MN αρχαιολογικών θέσεων με χρήση της «προσαρμοσμένης» “user defined” συνάρτησης με πολλαπλά σημεία ελέγχου.	190
Εικόνα 7.16 Εικόνα των αποστάσεων των πηγών σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της NN περιόδου.	191
Εικόνα 7.17 Πιθανοτική μετατροπή της απόστασης από τις πηγές των NN αρχαιολογικών θέσεων με χρήση της «προσαρμοσμένης» “user defined” συνάρτησης με πολλαπλά σημεία ελέγχου.	192
Εικόνα 7.18 Το υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της AN περιόδου.	193
Εικόνα 7.19 Υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις AN.	196
Εικόνα 7.20 Το υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της MN περιόδου.	197
Εικόνα 7.21 Υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις θέσεις MN.	198
Εικόνα 7.22 Το υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της NN περιόδου.	199
Εικόνα 7.23 Υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις θέσεις NN.	200
Εικόνα 7.24 Σε υψόμετρο κάτω από 290μ. περιλαμβάνονται 23 από τις 28 αρχαιολογικές θέσεις της AN περιόδου.	201

<i>Εικόνα 7.25 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του υψομέτρου της AN περιόδου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της AN περιόδου χρησιμοποιώντας την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου a: 100μ. και b:3000μ.....</i>	<i>202</i>
<i>Εικόνα 7.26 Σε υψόμετρο κάτω από 260μ. περιλαμβάνονται 33 από τις 37 αρχαιολογικές θέσεις της MN περιόδου.</i>	<i>203</i>
<i>Εικόνα 7.27 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του υψομέτρου της MN περιόδου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της MN περιόδου χρησιμοποιώντας την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου a: 100μ. και b:3000μ.....</i>	<i>204</i>
<i>Εικόνα 7.28 Σε υψόμετρο κάτω από 260μ. περιλαμβάνονται 39 από τις 43 αρχαιολογικές θέσεις της NN περιόδου.</i>	<i>205</i>
<i>Εικόνα 7.29 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του υψομέτρου της NN περιόδου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της NN περιόδου χρησιμοποιώντας την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου a=100μ. και b=3000μ.</i>	<i>206</i>
<i>Εικόνα 7.30 Κλίσεις σε σχέση με τις AN αρχαιολογικές θέσεις.</i>	<i>207</i>
<i>Εικόνα 7.31 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου των κλίσεων της AN περιόδου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της AN περιόδου χρησιμοποιώντας την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου a= 1 και b=15.....</i>	<i>209</i>
<i>Εικόνα 7.32 Κλίσεις σε σχέση με τις MN αρχαιολογικές θέσεις.</i>	<i>210</i>
<i>Εικόνα 7.33 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου των κλίσεων της MN περιόδου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της MN περιόδου χρησιμοποιώντας την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου a= 1 και b=15.....</i>	<i>211</i>
<i>Εικόνα 7.34 Κλίσεις σε σχέση με τις NN αρχαιολογικές θέσεις.</i>	<i>212</i>
<i>Εικόνα 7.35 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου των κλίσεων της NN περιόδου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της NN περιόδου χρησιμοποιώντας την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου a= 1 και b=15.....</i>	<i>213</i>
<i>Εικόνα 7.36 Πιθανοτικός χάρτης της πεποίθησης για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για την AN περίοδο.....</i>	<i>215</i>
<i>Εικόνα 7.37 Πιθανοτικός χάρτης της πεποίθησης για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για τη MN περίοδο.</i>	<i>216</i>
<i>Εικόνα 7.38 Πιθανοτικός χάρτης της πεποίθησης για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για τη NN περίοδο.</i>	<i>217</i>
<i>Εικόνα 7.39 Πιθανοτικός χάρτης της ευλογοφάνειας για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για την AN περίοδο.....</i>	<i>218</i>
<i>Εικόνα 7.40 Πιθανοτικός χάρτης της ευλογοφάνειας για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για τη MN περίοδο.</i>	<i>219</i>
<i>Εικόνα 7.41 Πιθανοτικός χάρτης της ευλογοφάνειας για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για τη NN περίοδο.</i>	<i>220</i>
<i>Εικόνα 7.42 Πιθανοτικός χάρτης του διαστήματος πεποίθησης για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για την AN περίοδο.....</i>	<i>221</i>
<i>Εικόνα 7.43 Πιθανοτικός χάρτης του διαστήματος πεποίθησης για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για τη MN περίοδο.....</i>	<i>222</i>
<i>Εικόνα 7.44 Πιθανοτικός χάρτης του διαστήματος πεποίθησης για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για τη NN περίοδο.</i>	<i>223</i>
<i>Εικόνα 7.45 Οι περιοχές που αναφέρονται στις μελέτες περίπτωσης.</i>	<i>224</i>
<i>Εικόνα 7.46 Τμήμα χαρτών της πεποίθησης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης της AN περιόδου, κεντρικά και δυτικά της Μαγνησίας.</i>	<i>226</i>
<i>Εικόνα 7.47 Τμήμα χαρτών της πεποίθησης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης της MN περιόδου, κεντρικά και δυτικά της Μαγνησίας.</i>	<i>226</i>
<i>Εικόνα 7.48 Τμήμα χαρτών της πεποίθησης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης της NN περιόδου, κεντρικά και δυτικά της Μαγνησίας.</i>	<i>226</i>

<i>Εικόνα 7.49 Τμήμα χαρτών της πεποίθησης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης της AN περιόδου, δυτικά της πεδιάδας του Αλμυρού.</i>	<i>228</i>
<i>Εικόνα 7.50 Τμήμα χαρτών της πεποίθησης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης της MN περιόδου, δυτικά της πεδιάδας του Αλμυρού.</i>	<i>228</i>
<i>Εικόνα 7.51 Τμήμα χαρτών της πεποίθησης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης της NN περιόδου, δυτικά της πεδιάδας του Αλμυρού.</i>	<i>228</i>
<i>Εικόνα 7.52 Τμήμα χαρτών της πεποίθησης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης της AN περιόδου, νότια της Μαγνησίας, στην ευρύτερη περιοχή της ΠΑΘΕ.</i>	<i>230</i>
<i>Εικόνα 7.53 Τμήμα χαρτών της πεποίθησης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης της MN περιόδου, νότια της Μαγνησίας, στην ευρύτερη περιοχή της ΠΑΘΕ.</i>	<i>230</i>
<i>Εικόνα 7.54 Τμήμα χαρτών της πεποίθησης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης της NN περιόδου, νότια της Μαγνησίας, στην ευρύτερη περιοχή της ΠΑΘΕ.</i>	<i>230</i>
<i>Εικόνα 7.55 Περιοχές με ισχυρές πιθανότητες ύπαρξης αρχαιολογικών χώρων εκατέρωθεν και κατά μήκος της ΠΑΘΕ (Perakis and Moysiadis 2011).</i>	<i>231</i>
<i>Εικόνα 7.56 Αρχαιολογικές θέσεις κατά μήκος της ΠΑΘΕ όπως εμφανίζονται στην εικόνα του δορυφόρου Landsat.</i>	<i>231</i>

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 3.1 Η μέθοδος της απλής εμπροσθοτομίας για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων του σημείου N (Axyz manual 2002).	61
Σχήμα 3.2 Το μέγεθος του σφάλματος στον προσδιορισμό του σημείου αποτύπωσης, με τη μέθοδο της απλής εμπροσθοτομίας (Axyz manual 2002).	62
Σχήμα 3.3 Η μέθοδος της απλής εμπροσθοτομίας για τον προσδιορισμό του σημείου Γ (Μωυσιάδης 2010).	63
Σχήμα 3.4 Η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων για τον προσδιορισμό του σημείου Γ (Μωυσιάδης 2010).	65
Σχήμα 3.5 Η γεωμετρία της κεντρικής προβολής (Cooper and Robson 2001).	72
Σχήμα 3.6 Γεωμετρία εικόνας πολλαπλών σταθμών λήψης (Cooper and Robson 2001).	72
Σχήμα 3.7 Η αρχή της επίγειας φωτογραμμετρίας (Cassini).	73
Σχήμα 3.8 Φωτογραμμετρική εμπροσθοτομία.	75
Σχήμα 3.9 Φωτογραμμετρική οπισθοτομία.	76
Σχήμα 3.10 Η επίδραση της ανακλαστικότητας ανάλογα με το μήκος κύματος, τη γωνία πρόσπτωσης και την επιφάνεια σάρωσης (Chikatsu & Yokoyama 2003).	82
Σχήμα 4.1 Αρνητικά και θετικά ίχνη βλάστησης (Essex County Council 2015).	92
Σχήμα 4.2 Το γεωραντάρ δίνει τομές του υπεδάφους σε διαφορετικά βάθη μετά από εξεργασία σε κατάλληλο λογισμικό (GPR-survey 2015).	102
Σχήμα 5.1 Το σύνολο των Προϊστορικών θέσεων της Μαγνησίας ανά χρονική υποπερίοδο.	112
Σχήμα 5.2 Το σύνολο των Νεολιθικών θέσεων της Μαγνησίας ανά υποπερίοδο.	113
Σχήμα 5.3 Σχηματική αναπαράσταση της γεωμετρικής διόρθωσης των δορυφορικών δεδομένων (Lillesand and Kiefer, 1994).	125
Σχήμα 5.4 Μέθοδοι ενίσχυσης της αντίθεσης δορυφορικής εικόνας (Lillesand and Kiefer 1994).	127
Σχήμα 6.1 Οι ισοψείς, το δίκτυο ακανονίστων τριγώνων και το υψόμετρο (ArcGIS Resources 2014). ..	133
Σχήμα 6.2 Η αρχή δημιουργίας τριγώνων σύμφωνα με τη μέθοδο τριγωνισμού “Delaunay” (ArcGIS Resources 2014).	133
Σχήμα 7.1 Η ιεραρχική δομή των συνδυασμών όλων των γεγονότων {A, B, Γ, Δ} σε ένα πλαίσιο διακρίτοτητας, σύμφωνα με τη «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων».	158
Σχήμα 7.2 Μετατροπή χωρικών αριθμητικών δεδομένων (0-255) σε πιθανοτικά (0-1).	171
Σχήμα 7.3 Η φθίνουσα “J-shaped” συνάρτηση της μεταβλητής AN «αρχαιολογικές θέσεις» με χαρακτηριστικές τιμές $a=b=c=4000\mu$. και $d=10000\mu$	173
Σχήμα 7.4 Η φθίνουσα “J-shaped” συνάρτηση της μεταβλητής MN «αρχαιολογικές θέσεις» με χαρακτηριστικές τιμές $a=b=c=7500\mu$. και $d=15000\mu$	174
Σχήμα 7.5 Η φθίνουσα “J-shaped” συνάρτηση της μεταβλητής NN «αρχαιολογικές θέσεις» με χαρακτηριστικές τιμές $a=b=c=7500\mu$. και $d=15000\mu$	176
Σχήμα 7.6 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της AN περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από το οδικό δίκτυο.	179
Σχήμα 7.7 Υπόδειγμα πιθανοτικής μετατροπής της απόστασης από το οδικό δίκτυο των αρχαιολογικών θέσεων των τριών υποπεριοδών (AN, MN, NN) με τη χρήση της «προσαρμοσμένης» “user defined” συνάρτησης με πολλαπλά σημεία ελέγχου.	180
Σχήμα 7.8 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της MN περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από το οδικό δίκτυο.	182
Σχήμα 7.9 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της NN περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από το οδικό δίκτυο.	184
Σχήμα 7.10 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της AN περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από τις πηγές.	187

Σχήμα 7.11 Υπόδειγμα πιθανοτικής μετατροπής της απόστασης από τις πηγές των αρχαιολογικών θέσεων των τριών υποπεριόδων (AN, MN, NN) με τη χρήση της «προσαρμοσμένης» “user defined” συνάρτησης με πολλαπλά σημεία ελέγχου.	187
Σχήμα 7.12 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της MN περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από τις πηγές.	189
Σχήμα 7.13 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της NN περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από τις πηγές.	191
Σχήμα 7.14 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της AN περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από το υδρογραφικό δίκτυο.	194
Σχήμα 7.15 Η αύξουσα σιγμοειδής συνάρτηση της μεταβλητής «υδρογραφικό δίκτυο» με χαρακτηριστικές τιμές $a=0\mu$. και $b=c=d=2000\mu$	194
Σχήμα 7.16 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της MN περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από το υδρογραφικό δίκτυο.	197
Σχήμα 7.17 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της NN περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από το υδρογραφικό δίκτυο.	199
Σχήμα 7.18 Η αύξουσα σιγμοειδής συνάρτηση της μεταβλητής «υψόμετρο» με χαρακτηριστικές τιμές $a=100\mu$. και $b=c=d=3000\mu$	201
Σχήμα 7.19 Υπόδειγμα πιθανοτικής μετατροπής των κλίσεων για κάθε περίοδο σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις των τριών υποπεριόδων (AN, MN, NN) με τη χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης με σημεία ελέγχου που καθορίζονται από τον χρήστη.	208
Σχήμα 7.20 Προεπεξεργασία γεωχωρικών δεδομένων.	234
Σχήμα 7.21 Πιθανοτική επεξεργασία για την πρόβλεψη αρχαιολογικών θέσεων.	235
Σχήμα 7.22 Εντοπισμός και αποτύπωση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς.	236

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 3.1 Σύγκριση μεταξύ της τοπογραφίας, της φωτογραμμετρίας και της σάρωσης με laser στις εφαρμογές γεωμετρικής τεκμηρίωσης της πολιτισμικής κληρονομιάς.	85
Πίνακας 5.1 Σύγκριση μεταξύ ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου/ΨΜΑ ελεύθερης πρόσβασης.	121
Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικές χωρικές σχέσεις και χωρικές ιδιότητες διανυσματικών δεδομένων.	122
Πίνακας 5.3 Διανυσματικά και ψηφιδωτά γεωχωρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην ερευνητική μεθοδολογία.	124
Πίνακας 6.1 Ποσοστά των αρχαιολογικών θέσεων βάσει του εκτιμώμενου πάχους των αλλουβιακών αποθέσεων (Αλεξιάκης 2009).	136
Πίνακας 6.2 Προσέγγιση του αναγλύφου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου.	137
Πίνακας 6.3 Χαρακτηριστικές τιμές κλίσεων (Schumm1956).	143

Κατάλογος αρκτικόλεξων

ΑΝ – Αρχαιότερη Νεολιθική

ΒΠΠ – Βασική Πιθανότητα Προσάρτησης

ΓΣΠ – Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

ΓΥΣ – Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού

ΕΓΣΑ'87 – Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987

ΕΥΓΕΠ – Εθνική Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών

ΗμΑ – Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία

Η/Υ – Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

ΙΓΜΕ – Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών

ΜΝ – Μέση Νεολιθική

ΝΝ – Νεότερη Νεολιθική

ΠΑΘΕ – Πατρών - Αθηνών - Θεσσαλονίκης - Ευζώνων

ΤΝ – Τελική Νεολιθική

ΨΜΑ – Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου

ASTER – Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

BPA – Basic Probability Assignment

ER – Evidential Reasoning

CGIS – Cultural Geographical Information Systems

CIPA – International Committee for Documentation of Cultural Heritage

CRM – Cultural Resource Management

DEM – Digital Elevation Model

GIS – Geographical Information Systems

GLONASS – Global Navigation Satellite System

GPR – Ground Penetrating Radar

GPS – Global Positioning System

ICOMOS – International Council on Monument and Sites

ISPRS – International Society for Photogrammetry and Remote Sensing

INS – Inertial Navigation Systems
LIDAR – Light Detection and Ranging
LRA – Landscape Reconstruction Algorithm
MIVIS – Multispectral Infrared Visible Imaging Spectrometer
RMS – Root Mean Square
SLR – Single Lens Reflex
SPOT – Systeme Pour l’Observation de la Terre
TIN – Triangulated Irregular Network
TIR – Thermal InfraRed
TM – Thematic Mapper
UAV – Unmanned Aerial Vehicle
UNESCO – United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation
USGS – United States Geological Survey
UTM – Universal Transverse Mercator

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση μιας διδακτορικής διατριβής είναι ένας δύσκολος και μοναχικός δρόμος. Ωστόσο δεν μπορεί να υλοποιηθεί χωρίς τη συμβολή και την επικοινωνία με άλλους ανθρώπους. Βέβαιο είναι, ότι χρειάζεται απόκτηση ιδιαιτέρων γνώσεων, υπομονή, επιμονή, συμπαράσταση και τέλος τον απαραίτητο διαθέσιμο χρόνο.

Κατ' αρχάς, είμαι ευγνώμων στον κύριο επιβλέποντα της διδακτορικής μου διατριβής Καθηγητή Δρ. Κωνσταντίνο Περάκη, για την αμέριστη επιστημονική και ηθική βοήθεια και συμπαράστασή του. Η άρτια επιστημοσύνη του στην Τηλεπισκόπηση και στις Στατιστικές Εφαρμογές ήταν καθοριστική στην ολοκλήρωση της διατριβής αυτής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζω στη συνεπιβλέπουσα της διατριβής Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Δρ. Ελένη – Αντίκλεια Μουνδρέα – Αγραφιώτη, για τη συνεισφορά της στην ουσιαστική διεύρυνση των γνώσεών μου στην πολυδιάστατη επιστήμη της Αρχαιολογίας. Η επιστημονική αρτιότητα και καθοδήγησή της ήταν πολύτιμη.

Επίσης, ευχαριστώ τον συνεπιβλέποντα Αναπληρωτή Καθηγητή Δρ. Δημήτριο Σταθάκη για την τεχνική υποστήριξη και ηθική συμπαράστασή του στην ομαλή ολοκλήρωση της διατριβής αυτής.

Από φόβο παράλειψης ονομάτων, ευχαριστώ όλους εκείνους, φίλους και συνεργάτες, που συνέβαλαν πραγματικά και ουσιαστικά, με οποιοδήποτε τρόπο, στην εκπόνηση της διατριβής.

Ευχαριστώ επίσης τους αγαπητούς μου φίλους και συγγενείς, για την υπομονή και την κατανόηση τους τα τελευταία χρόνια.

Τέλος, ευχαριστώ θερμώς τους λατρευτούς μου γονείς Κωνσταντίνο και Ασήμω, τον αδελφό μου Δημήτριο και τη σύζυγό του Μαρία, τόσο για την ηθική όσο και για την υλική τους στήριξη. Τους χρωστάω πολλά, είμαι και θα είμαι πάντα ευγνώμων σ' αυτούς.

Αθανάσιος Κ. Μωυσιάδης

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Η πολιτιστική κληρονομιά για έναν τόπο είναι ό,τι η γλώσσα για ένα έθνος. Είναι η ταυτότητα που χαρακτηρίζει κάθε περιοχή και συνιστά το πολιτισμικό γίνεσθαι, που περιλαμβάνει από τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά ενός τόπου, τη θρησκεία, την πολιτική, τη λαογραφία, τα ήθη και έθιμα έως και τις καθημερινές συνήθειες και τις δραστηριότητες ενός λαού ή ακόμη και τις ανθρώπινες παρεμβάσεις. Η πολιτιστική κληρονομιά, υλική ή άυλη, είναι βέβαιο ότι αντικατοπτρίζει όλα τα παραπάνω. Από τεχνολογικής πλευράς, η πολιτιστική κληρονομιά είναι ένας όρος πολυδιάστατος και συνιστά ένα σημαντικό πεδίο έρευνας εδώ και δεκαετίες. Χαρακτηρίζεται από τη διεπιστημονικότητα, η οποία είναι αναγκαία για την εφαρμογή των θεματικών γνώσεων, όπως της ιστορίας, της αρχαιολογίας, της γεωγραφίας κ.λπ. μέσω των μεθοδολογιών των αμιγώς τεχνολογικών και εφαρμοσμένων επιστημών, όπως της τοπογραφίας και της γεωματικής, των οποίων η εφαρμογή αποτελεί αντικείμενο της διατριβής αυτής.

Η γεωματική είναι η σύνθετη επιστήμη που περιλαμβάνει την απεικόνιση, τον σχεδιασμό, την ανάλυση, τη μοντελοποίηση, τη χαρτογράφηση και τη διαχείριση του χώρου, του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος, μέσω της επεξεργασίας πρωτογενών ή δευτερογενών γεωχωρικών δεδομένων διανυσματικής (τοπογραφικές μετρήσεις, σχέδια, χάρτες κ.ά.) ή ψηφιδωτής μορφής [ψηφιακές εικόνες (αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες) κ.ά.]. Στην σύνθετη αυτή επιστήμη περιλαμβάνονται η τοπογραφία, η φωτογραμμετρία, η τηλεπισκόπηση και τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Αυτές χαρακτηρίζονται από κοινές αρχές και σε πολλές περιπτώσεις η γνώση της μιας προϋποθέτει τη γνώση της άλλης. Για παράδειγμα, η φωτογραμμετρία αποτελεί κλάδο της τοπογραφίας, η τηλεπισκόπηση προϋποθέτει γνώσεις φωτογραμμετρίας και τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών απαιτούν γνώσεις όλων των προαναφερθεισών επιστημών.

Σύμφωνα με τη συνθήκη της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO (UNESCO's World Heritage Convention 1972), αυτή περιλαμβάνει τα μνημεία, τα ιστορικά κτιριακά σύνολα και τους χώρους ανεκτίμητης παγκόσμιας αξίας από ιστορικής, εθνολογικής, καλλιτεχνικής και επιστημονικής άποψης.

Η μελλοντική διατήρηση και ανάδειξή της επιτυγχάνεται με την προστασία της σε εθνικά και παγκόσμια επίπεδα, οριζόμενα από συμβάσεις και κανόνες διεθνών οργανισμών. Ο Εκπαιδευτικός Επιστημονικός και Πολιτιστικός Οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών – United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation (UNESCO) (UNESCO 2014), το Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών – International Council on Monument and Sites (ICOMOS) (ICOMOS 2014) και η Διεθνής Επιστημονική Επιτροπή για την Τεκμηρίωση της Πολιτιστικής Κληρονομιάς – International Committee for Documentation of Cultural Heritage (CIPA) (CIPA 2014) σε συνεργασία με τη Διεθνή Ένωση Φωτογραμμετρίας και Τηλεπισκόπησης – International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) (ISPRS 2014), εργάζονται συστηματικά προς την κατεύθυνση αυτή, παρέχοντας ένα ευρύ φάσμα διεθνών συνεδρίων, ερευνητικών προγραμμάτων, τεχνικών εκθέσεων και επιστημονικών δημοσιεύσεων.

Η συνθήκη της πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO αναφέρει ότι στα μνημεία ανήκουν εκτός από τα αρχιτεκτονικά έργα, η μνημειακή γλυπτική, η ζωγραφική και τα στοιχεία ή οι αρχιτεκτονικές δομές αρχαιολογικού ενδιαφέροντος. Η αρχαιολογική έρευνα στον υπαίθρο χώρο και η εκτέλεση ανασκαφών αποτελούν τη βάση πάνω στην οποία στηρίζεται ολόκληρη η προσπάθεια προσέγγισης και κατανόησης λαών και πολιτισμών του παρελθόντος. Από τη συστηματική καταγραφή των αρχαιολογικών ευρημάτων και την περαιτέρω μελέτη τους προκύπτει ένα σύνολο στοιχείων, που βοηθάει στη διαμόρφωση απόψεων για τα στάδια εξέλιξης διαφόρων λαών και για τη δομή της κοινωνίας τους γενικότερα.

Μία ανασκαφή που γίνεται σε έναν χώρο έχει τρεις κυρίως σκοπούς:

- Να αποκαλύψει τη μορφή διαφόρων κτισμάτων ή ερειπίων κατά την οριζόντια έννοια.

-
- Να ερευνήσει την ύπαρξη αρχαιολογικών ευρημάτων σε διαφορετικά βάθη μέσα στο έδαφος.
 - Να προσδιορίσει τις σχέσεις ανάμεσα στα ευρήματα που ανακαλύπτονται τόσο κατά την οριζόντια, όσο και κατά την κατακόρυφη έννοια.

Η ανασκαφή είναι μία κρίσιμη διαδικασία που προϋποθέτει την ύπαρξη των αρχαιολογικών θέσεων, αλλά ίσως μία ακόμη πιο σημαντική διαδικασία είναι η πρόβλεψη νέων. Συνεπώς, τα βασικά ερωτήματα είναι τα εξής:

Πώς εντοπίζονται οι θέσεις που δεν έχουν ακόμη ευρεθεί; Με ποιόν τρόπο και ποιές διαδικασίες μπορεί να γίνει η πρόβλεψή τους και ακολούθως ο εντοπισμός, η χαρτογράφηση και η γεωμετρική τεκμηρίωσή τους;

Στις μέρες μας, η αρχαιολογική κληρονομιά απειλείται με καταστροφή. Οι σημαντικότεροι λόγοι είναι η εντατική εκμετάλλευση των φυσικών πόρων, οι επεμβάσεις του ανθρώπου στο περιβάλλον αλλά και οι αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον είτε από φυσικές καταστροφές είτε από την παρέλευση του χρόνου. Από την άλλη πλευρά, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση τεχνικών έργων προηγείται συνήθως της αρχαιολογικής έρευνας, με αποτέλεσμα, τα αρχαιολογικά ευρήματα να αντιμετωπίζονται σαν ένα απρόβλεπτο συμβάν που καθυστερεί την εξέλιξη του έργου ή οδηγεί συνήθως μοιραία στην κατάχωση ή την καταστροφή του (Μηλιαρέσης 2003).

Από τη μελέτη του σημαντικού μνημείου Stonehenge στο Wiltshire της Αγγλίας το 1906 (Aschmann *et al.* 1975) έως και σήμερα, η φωτοερμηνεία χρησιμοποιείται συμπληρωματικά με την επιφανειακή έρευνα του εδάφους (Wilson 1982, El Baz 1997, Fowler 1991, Bewley 2003) για τη διερεύνηση και την αποκάλυψη νέων αρχαιολογικών θέσεων, τη χαρτογράφηση τους και τέλος για τον προγραμματισμό και τεκμηρίωση των εργασιών ανασκαφής. Αυτό γίνεται διότι η πλήρης ανασκαφή αρχαιολογικών χώρων έχει μεγάλο κόστος, είναι χρονοβόρα και πολλές φορές αβέβαιη.

Στην έρευνα για τον εντοπισμό νέων αρχαιολογικών θέσεων έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο αεροφωτογραφίες όσο και δορυφορικές εικόνες από παθητικά (Adams *et al.* 1981, Ebert 1997) και ενεργητικά καταγραφικά συστήματα (Watanabe 1999, Lertlum *et al.* 2001, Lira *et al.* 2005). Συγκεκριμένα, η χρήση αερομεταφερόμενων ενεργητικών συστημάτων laser (Light Detection and Ranging/

LIDAR) εξαιτίας του χαμηλού ύψους πτήσης και χρησιμοποιώντας αλγόριθμους αφαίρεσης της βλάστησης, έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμοι στην ανακάλυψη νέων αρχαιολογικών ευρημάτων (Devereux *et al.* 2005, Humme *et al.* 2003, Kakiuchi 2007). Η χρήση δορυφόρων υψηλής χωρικής ανάλυσης IKONOS και QUICKBIRD (Fowler 2001, Georgoula 2003, Lasaponara and Masini 2006, Lasaponara and Masini 2007) ή υπερφασματικών δεκτών όπως ο αερομεταφερόμενος σαρωτής MIVIS (Ardissone *et al.* 2003, Emmolo *et al.* 2004) συνεισφέρουν σημαντικά στην εύρεση και ακριβή αποτύπωση αρχαιολογικών ευρημάτων. Ωστόσο, ένα μειονέκτημα των παραπάνω συστημάτων είναι το εξαιρετικά υψηλό τους κόστος.

Η πιθανοτική μοντελοποίηση στην αρχαιολογία που χρονολογείται ήδη από το 1960, παράγει ένα χωρικό μοντέλο της πιθανότητας της ύπαρξης αρχαιολογικών χώρων, ή γενικότερα των μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς μιας περιοχής. Τα μοντέλα αυτά δίνουν σαφείς ενδείξεις για την ύπαρξη νέων αρχαιολογικών θέσεων (Mehrer και Wescott 2006). Από το 1960 έως τις μέρες μας, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα μοντέλα πρόβλεψης αρχαιολογικών θέσεων, όπως με τις τεχνικές της Boolean άλγεβρας σε συνδυασμό με άλλες στατιστικές τεχνικές (γραμμική και λογαριθμική παλινδρόμηση, ανάλυση διακριτότητας) ή με τη μέθοδο λήψης αποφάσεων βάσει αποδεικτικών στοιχείων ή αλλιώς με τη Θεωρία των Demspter-Shafer (Dempster 1968, Shafer 1976, Shafer and Pearl 1990), ή με τεχνικές βασισμένες στην προϋπάρχουσα γνώση με χρήση των νευρωνικών δικτύων και της ασαφούς λογικής (Veljanovski and Stancic 2006, Madry *et al.* Cole 2006, Frank and Krist 2006). Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) ως ένα εργαλείο που επιτρέπει κάθε είδους χωρική ανάλυση στο χώρο, συνεισφέρει σημαντικά στην αρχαιολογική έρευνα, καθώς επιτρέπει τη γρήγορη οπτικοποίηση γεωχωρικών δεδομένων και συνδέει ψηφιακά σχέδια και θεματικούς χάρτες αρχαιολογικών ευρημάτων σε γεωβάσεις δεδομένων (Müller 2005, Merlo and Colin 2005, Costa *et al.* 2005, Ardissonne and Rinaudo 2005).

Συνεπώς, αν και ο εντοπισμός και η χαρτογράφηση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς έχουν μελετηθεί εδώ και δεκαετίες, ωστόσο υπάρχει ακόμη ένα σημαντικό πεδίο έρευνας και μελέτης εξαιτίας της εξελισσόμενης τεχνολογίας.

Σύμφωνα με τα ερωτήματα που τέθηκαν παραπάνω, η πρόβλεψη αρχαιολογικών θέσεων αποτελεί το δυσκολότερο, το πιο αβέβαιο και ενδεχομένως το σημαντικότερο μέρος της αρχαιολογικής έρευνας.

Η Θεσσαλία υπήρξε στις αρχές του 20ού αιώνα η πρώτη γεωγραφική περιοχή πανελληνίως όπου εντοπίστηκαν και ερευνήθηκαν συστηματικά πολυάριθμες προϊστορικές θέσεις της νεολιθικής εποχής. Η δημοσίευση του ιδρυτή της νεολιθικής ελληνικής προϊστορίας Χρήστου Τσούντα (Τσούντας 1908), παρουσίασε τον πρώτο χάρτη προϊστορικών θέσεων της Θεσσαλίας σε μία εποχή που δεν υπήρχαν ακόμη έγκυροι γεωγραφικοί χάρτες. Οι αρχαιολογικές έρευνες στη Θεσσαλία συνεχίστηκαν τόσο από Έλληνες όσο και από ξένους αρχαιολόγους με τους πρώτους καταλόγους – άτλαντες των προϊστορικών θέσεων. Έτσι, οι αρχαιολογικοί χάρτες συμπληρώθηκαν με εκατοντάδες νέες θέσεις (Θεοχάρης 1973, Γαλλής 1992) παρέχοντας γνώσεις για την τοπογραφία και τη χωροταξία των προϊστορικών θέσεων.

Σήμερα γνωρίζουμε ένα πυκνό δίκτυο προϊστορικών οικισμών στις πεδιάδες της Θεσσαλίας, κυρίως «μαγούλες», οι οποίες είναι τεχνητοί υπερυψωμένοι γήλοφοι και γίνονται εύκολα αντιληπτοί, αλλά και σε επίπεδες θέσεις, ή θέσεις που κατοικήθηκαν σε περιορισμένη χρονική διάρκεια και δεν απέκτησαν τη χαρακτηριστική μορφή της μαγούλας. Η κατασκευή δημοσίων έργων στις αρχές του 20ού αιώνα, τα εκτεταμένα εγγειοβελτιωτικά έργα της δεκαετίας του '60 και οι αναδασμοί αργότερα, επέτρεψαν να εντοπιστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια γνωστές αρχαιολογικές θέσεις, ενώ η χάραξη των εθνικών δρόμων μέχρι πρόσφατα, συνέχισαν να φέρνουν στο φως νέες προϊστορικές θέσεις.

Η περιοχή της Θεσσαλίας πάντα προσείλκυε το ενδιαφέρον των ερευνητών για τη Νεολιθική περίοδο και ένα μεγάλο κομμάτι της διεθνούς έρευνας αφορά κυρίως την πεδιάδα της Λάρισας.

Προσφάτως, η Θεσσαλία μελετήθηκε ερευνητικά στο σύνολο της, με την καταγραφή των οικισμών της νεολιθικής περιόδου, την ανασύσταση του παλαιοαναγλύφου και τις χωρικές και ποσοτικές αναλύσεις με τη βοήθεια των ΓΣΠ (Alexakis *et al.* 2007, Αλεξάκης 2009, Alexakis *et al.* 2011). Επίσης, έχουν υλοποιηθεί διαφορετικές τεχνικές ψηφιακής ανάλυσης δορυφορικών εικόνων και έχει δημιουργηθεί

ένα μοντέλο πρόβλεψης που βασίζεται σε ψηφιδωτά αρχεία διαφορετικού βάρους, για τον εντοπισμό και την προστασία των νεολιθικών αρχαιολογικών θέσεων (Alexakis *et al.* 2009).

Επίσης, πραγματοποιήθηκε έρευνα προσέγγισης των εννοιών του χώρου, του τόπου, του τοπίου και του τρόπου που οργανώνονταν η ζωή στο χώρο γύρω από τους οικισμούς, μέσα από το παράδειγμα των νεολιθικών οικισμών στην περιοχή του Αλμυρού. Η προσέγγιση αυτή περιελάμβανε την ανασκόπηση των γνωστών δεδομένων από τη Νεολιθική Θεσσαλία και την περιοχή του Αλμυρού, την οργάνωση συγκεκριμένης στοχευμένης έρευνας πεδίου και τις αναλύσεις με τη χρήση των ΓΣΠ, οι οποίες περιελάμβαναν χωρικές αναλυτικές διαδικασίες, αναλύσεις εγγύτητας – ορατότητας και διαδρομές ελαχίστου κόστους κ.ά. (Βουζαξάκης 2008).

Για την παραπάνω περιοχή, μελετήθηκε η προϊστορική κατοίκηση στην πεδιάδα του Αλμυρού, με μεθοδολογίες χωρικής ανάλυσης σε περιβάλλον ΓΣΠ, δίνοντας έμφαση στη γεωγραφική θέση κάθε οικισμού και στο περιβάλλον στο οποίο είναι ενταγμένος (Κιάκου 2011).

Η περιοχή της Μαγνησίας, στην οποία πραγματοποιήθηκε η παρούσα έρευνα, μελετάται ήδη από τις αρχές του 20ού αιώνα. Το Διμήνι και το Σέσκλο αποτελούν σημαντικές και γνωστές νεολιθικές θέσεις. Πολυάριθμες είναι οι προϊστορικές θέσεις στην ευρύτερη περιοχή του Παγασητικού και στις διαβάσεις προς την πεδιάδα της Λάρισας και των Φαρσάλων - Καρδίτσας. Το οροπέδιο του Αερινού, η περιοχή των Μικροθηβών και η πεδιάδα του Αλμυρού, είναι περιοχές με αρκετές διάσπαρτες δεκάδες προϊστορικές θέσεις, μερικές από τις οποίες είχαν μεγάλη διάρκεια κατοίκησης όπως το Αερινό, η Πύρασος, τα Ζερέλια, η Αηδινιώτικη Μαγούλα, η Μαγούλα Σούρπης, κ.ά. (Moundea-Agrafioti 2006). Επίσης, οι πρόσφατες εργασίες για την διάνοιξη της ΠΑΘΕ, έφεραν στο φως πολλές νέες προϊστορικές θέσεις.

Παρά τη συστηματική έρευνα στον νομό Μαγνησίας, η δυνατότητα πρόβλεψης αγνώστων ακόμη θέσεων μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη βελτίωση των γνώσεων για την προϊστορία, αλλά και στην μελλοντική πολιτιστική διαχείριση της περιοχής.

Η ερευνητική αυτή μελέτη αποσκοπεί σε μία διαφορετική μεθοδολογική προσέγγιση μοντελοποίησης και πρόβλεψης νέων αρχαιολογικών θέσεων, μέσω της

δημιουργίας ενός γεωχωρικού πιθανοτικού μοντέλου ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων, στις διαφορετικές υποπεριόδους της νεολιθικής περιόδου για την περιοχή της Μαγνησίας, που να βασίζεται σε πιθανοτικούς χάρτες. Παραλλήλως, αναλύονται συγκριτικά οι διαδικασίες οριοθέτησης, χαρτογράφησης και γεωμετρικής τεκμηρίωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς, οι οποίες πραγματοποιούνται με τον συνδυασμό τόσο επίγειων όσο και εναέριων μεθοδολογιών. Οι ανωτέρω επεξεργασίες πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση της τοπογραφίας και της γεωματικής και ειδικότερα με την τηλεπισκόπηση και τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.

Αναλυτικά, ετερογενή γεωχωρικά δεδομένα, όπως το υψόμετρο, οι κλίσεις, η γεωλογία, οι πηγές, το υδρογραφικό δίκτυο, το οδικό δίκτυο, ο προσανατολισμός και οι υπάρχουσες Νεολιθικές αρχαιολογικές θέσεις της Μαγνησίας, χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τεχνικές γεωχωρικής πιθανοτικής μοντελοποίησης, για την επιβεβαίωση της ύπαρξης των θέσεων τους και της πρόβλεψης νέων.

Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων/[Evidential Reasoning (ER)]», γνωστή και ως «Θεωρία των Dempster-Shafer», (Dempster 1968, Shafer 1976) συνθέτει πιθανοτικούς χάρτες περιοχών αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, βάσει φυσιογραφικών και ιστορικών χαρακτηριστικών που εμπεριέχουν γνώσεις θεματικών επιστημών (ιστορίας, αρχαιολογίας, γεωγραφίας) για την περιοχή μελέτης. Πρότερο και απαραίτητο στάδιο της δόμησης του πιθανοτικού μοντέλου είναι η δημιουργία της ανασύστασης του τοπίου της περιοχής μελέτης, ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου. Το πλεονέκτημα της παραπάνω θεωρίας είναι ότι η αβεβαιότητα του χρήστη ποσοτικοποιείται (αναφερόμενη ως πεποίθηση, ευλογοφάνεια και διάστημα πεποίθησης) και χρησιμοποιείται στο μοντέλο για τη σύνθεση πιθανοτικών χαρτών ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων. Οι τελικοί αθροιστικοί ψηφιακοί πιθανοτικοί χάρτες, δείχνουν τις περιοχές υψηλής πιθανότητας ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων και παρατίθενται τρεις μελέτες περίπτωσης για περαιτέρω έρευνα σε εστιασμένες περιοχές. Η λειτουργία του γεωχωρικού πιθανοτικού μοντέλου βάσει της «Θεωρίας των Αποδεικτικών Στοιχείων» είναι δυναμική, το οποίο σημαίνει ότι η γεωβάση δεδομένων έχει τη δυνατότητα άμεσης ενημέρωσης, όταν προκύπτουν νέα χωρικά δεδομένα για την περιοχή μελέτης.

Η ερευνητική αυτή μελέτη με τη χρήση της τοπογραφίας και της γεωματικής αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο μεθοδολογικό εργαλείο προστασίας, οριοθέτησης, πρόβλεψης και ανάδειξης νέων αρχαιολογικών θέσεων. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η χρήση του γεωχωρικού πιθανοτικού μοντέλου στην πρόβλεψη νέων αρχαιολογικών θέσεων και σε άλλες περιοχές αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, βάσει των φυσιογραφικών και ιστορικών χαρακτηριστικών τους και της αρχαιολογικής περιόδου μελέτης που αναφέρεται σε αυτές.

1.2. Σκοπός και στόχοι

Η Θεσσαλία είναι κατάλληλη για τη μελέτη των κύριων προτύπων κατοίκησης των πρώτων Νεολιθικών κοινοτήτων στην Ελλάδα, σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος. Πιο στοχευμένα, η παρούσα έρευνα εστιάζεται στην περιοχή της Μαγνησίας με σκοπό την τεκμηρίωση των αρχαιολογικών θέσεων της Νεολιθικής περιόδου και τη δημιουργία ενός γεωχωρικού πιθανοτικού μοντέλου πρόβλεψης νέων θέσεων, με τη χρήση της τοπογραφίας και της γεωματικής.

Για τον νομό Μαγνησίας, όπως επίσης και σε επίπεδο Θεσσαλίας, είναι η πρώτη ερευνητική προσέγγιση δόμησης ενός γεωχωρικού πιθανοτικού μοντέλου ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων που να βασίζεται στη «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων».

Η δόμηση του μοντέλου βασίζεται σε φυσιογραφικά, τοπογραφικά και ιστορικά χαρακτηριστικά αφού προηγουμένως έχει πραγματοποιηθεί η ανασύσταση του τοπίου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου. Το πλεονέκτημα της πιθανοτικής θεωρίας που χρησιμοποιείται είναι ότι η αβεβαιότητα του χρήστη ποσοτικοποιείται και εισάγεται στο μοντέλο για τη σύνθεση των πιθανοτικών χαρτών ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων.

Οι επιδιωκόμενοι στόχοι της έρευνας αυτής είναι οι εξής:

- Η δημιουργία μιας γεωχωρικής βάσης δεδομένων των νεολιθικών αρχαιολογικών θέσεων της Μαγνησίας, η οποία να ενημερώνεται και να τροποποιείται με την εισαγωγή νέων δεδομένων, ανάλογα με τον σκοπό της χρήσης της.

-
- Η προστασία των υπαρχόντων αρχαιολογικών χώρων από φυσικές ή ανθρώπινες παρεμβάσεις με την υιοθέτηση συμβατών χρήσεων ή καλύψεων γης στα όρια των αρχαιολογικών χώρων.
 - Η εφαρμογή μιας καινοτόμου για την Ελλάδα μεθόδου δόμησης ενός γεωχωρικού πιθανοτικού μοντέλου πρόβλεψης αρχαιολογικών θέσεων, που βασίζεται στη «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων», σε αντίθεση με αντίστοιχες προσεγγίσεις με τη χρήση μεμονωμένων μεθοδολογιών τηλεπισκόπησης και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών.
 - Η δημιουργία πιθανοτικών χαρτών ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων.
 - Η δυναμική ενημέρωση του παραπάνω γεωχωρικού μοντέλου πρόβλεψης με νέα δεδομένα διαφορετικού τύπου ή χρονολογίας.
 - Η χαρτογράφηση των τελικών πιθανών περιοχών ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων σε κάθε υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου για τη Μαγνησία.
 - Η εφαρμογή μιας ιδιαίτερας οικονομικής μεθόδου πρόβλεψης αρχαιολογικών θέσεων που αναφέρονται σε μεσαίες ή μικρές κλίμακες.
 - Η ορθολογική διαχείριση και προγραμματισμός των αρχαιολογικών επιφανειακών ερευνών και των αρχαιολογικών ανασκαφών.

Για την αρχαιολογία, η επίτευξη των παραπάνω στόχων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη βελτίωση των γνώσεων για την προϊστορία αλλά και για τη μελλοντική πολιτιστική διαχείριση της περιοχής. Συγκεκριμένα, η καταχώρηση των ευρεθέντων αρχαιολογικών θέσεων θα συνεισφέρει στην καλύτερη εκτίμηση:

- της μορφής και της έκτασης της κατοίκησης,
- των χερσαίων επικοινωνιών,
- των θρησκευτικών πρακτικών,
- των διαφόρων οικονομικών δραστηριοτήτων,
- της διαχείρισης της γης,
- των αλλαγών στη μορφή της υπαίθρου και εν τέλει,
- της αλληλεπίδρασης των πόλεων με το γεωγραφικό τους περιβάλλον,

για τη χρονική περίοδο της αρχαιολογικής περιόδου που μελετάται.

1.3. Δομή της διατριβής

Η δομή της διατριβής αναφέρεται στα περιεχόμενα κάθε κεφαλαίου και στο παράρτημα. Η διατριβή περιέχει αρχικά τους καταλόγους των εικόνων, των σχημάτων, των πινάκων και των αρκτικόλεξων, το κύριο μέρος της που απαρτίζεται από εννέα κεφάλαια και το παράρτημα.

Το 1ο κεφάλαιο περιλαμβάνει την εισαγωγή της παρούσας διατριβής, τον σκοπό και τους στόχους καθώς και τη συνοπτική δομή της.

Τα στοιχεία που αναφέρονται στην αρχαιολογική κατοίκηση του νομού Μαγνησίας με έμφαση στη νεολιθική περίοδο και τους λόγους επιλογής αυτής της περιοχής μελέτης περιλαμβάνονται στο 2ο κεφάλαιο.

Οι κλασσικές και σύγχρονες τοπογραφικές μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται στην αποτύπωση της πολιτιστικής κληρονομιάς, τόσο για τις επίγειες όσο και για τις εναέριες εφαρμογές περιγράφονται αναλυτικά και αποτελούν το περιεχόμενο του 3ου κεφαλαίου. Στο τέλος του κεφαλαίου αυτού εκτίθεται μια συγκριτική ανάλυση των μεθοδολογιών αυτών.

Η απαραίτητη βιβλιογραφική ανασκόπηση που περιλαμβάνεται στο 4ο κεφάλαιο αναφέρεται στη χαρτογράφηση, στην οριοθέτηση και στην πρόβλεψη αρχαιολογικών μνημείων με τη χρήση μεθόδων της τηλεπισκόπησης και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, που βασίζονται σε γεωχωρικά δεδομένα.

Στο 5ο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία της προμήθειας και της ανάκτησης των ποιοτικών και ποσοτικών γεωχωρικών δεδομένων σε διανυσματική και ψηφιδωτή μορφή. Ακολουθώντας, αναλύεται η προεπεξεργασία τους με τη χρήση της τοπογραφίας και της γεωματικής, και η ενσωμάτωσή τους στο πιθανοτικό μοντέλο πρόβλεψης των αρχαιολογικών θέσεων.

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για την ανασύσταση του τοπίου, για κάθε υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου, με μεθόδους τηλεπισκόπησης και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών περιλαμβάνεται στο 6ο κεφάλαιο. Επίσης, παρουσιάζονται οι επεξεργασίες των γεωχωρικών δεδομένων που αποτελούν και τα κριτήρια θεμελίωσης της ύπαρξης ή μη των αρχαιολογικών θέσεων.

Στο 7ο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογική προσέγγιση δόμησης του γεωχωρικού πιθανοτικού μοντέλου εύρεσης αρχαιολογικών θέσεων, τα κριτήρια υποστήριξης των υποθέσεων, οι αθροιστικοί πιθανοτικοί χάρτες που δημιουργήθηκαν ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου, ο έλεγχος ακριβείας και η διασταυρούμενη αξιοπιστία των χαρτών αυτών και τέλος, η συνθετική χαρτογράφηση των προτεινόμενων περιοχών ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου.

Στο 8ο και τελευταίο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διατριβή αυτή, ακολουθεί κριτική της έρευνας αυτής και προτείνονται μελλοντικές εφαρμογές της μεθοδολογικής αυτής αλυσίδας.

Τέλος η διεθνής στοιχειοθέτηση της διατριβής αυτής θεμελιώνεται στο 9ο κεφάλαιο που περιλαμβάνει τη σχετική ελληνική και ξένη βιβλιογραφία καθώς επίσης και τις αντίστοιχες πηγές του διαδικτύου.

Στο 10ο κεφάλαιο εμπεριέχεται το παράρτημα που περιλαμβάνει τη βιβλιογραφία των Νεολιθικών οικισμών της Μαγνησίας καθώς και πίνακα των βασικών γεωχωρικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην ερευνητική μεθοδολογία.

2. Η ΜΑΓΝΗΣΙΑ ΣΤΗΝ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ

2.1. Εισαγωγή

Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι η παρουσίαση της Μαγνησίας κατά την προϊστορία, η οποία αποτελεί την περιοχή μελέτης της παρούσας διατριβής. Συγκεκριμένα, περιγράφονται τα γεωγραφικά και τα γεωλογικά της χαρακτηριστικά, η ανασύσταση του τοπίου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου και τα βασικά χαρακτηριστικά των νεολιθικών οικισμών της. Όμως, τόσο η στόχευση της διδακτορικής διατριβής όσο και η έκταση μίας αναλυτικής βιβλιογραφικής έρευνας για τους νεολιθικούς οικισμούς της Μαγνησίας δεν είναι δυνατόν να αποτελέσουν τμήμα της παρούσας διατριβής. Οι λόγοι εστιάζονται αφενός στο ότι η έρευνα επικεντρώνεται κυρίως στη μεθοδολογική προσέγγιση και στην ανάλυση της ύπαρξης αρχαιολογικών οικισμών, αφετέρου δε στο γεγονός ότι μία εκτενής έρευνα των νεολιθικών οικισμών της Μαγνησίας θα ήταν πέραν από τον σκοπό και τους στόχους αυτής της επιστημονικής προσέγγισης.

Ωστόσο, η Μαγνησία αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της Θεσσαλίας, και στο πλαίσιο αυτό, η μη αναφορά σ' αυτήν θα αποτελούσε σημαντική παράλειψη. Για τον λόγο αυτόν, παρουσιάζεται συνοπτικά το πλαίσιο της προϊστορικής κατοίκησης της Θεσσαλίας, έτσι ώστε να υπάρξει μια συνολική θεώρηση της περιοχής μελέτης.

2.2. Η προϊστορική Θεσσαλία

Ήταν αρχές του 19ου αιώνα, όταν ο Άγγλος περιηγητής William Leake μέσα από το έργο του *“Travels in Northern Greece”*, διηγείται την περιπλάνησή του στην Ελλάδα, καταγράφοντας πρώτος τους προϊστορικούς οικισμούς δίχως όμως ακριβή γεωγραφικό προσδιορισμό (Leake 1835).

Το 1901 ο Χρήστος Τσουντας ξεκίνησε ανασκαφές στο Σέσκλο, τις οποίες και συνέχισε μέχρι το 1903, παράλληλα με την ανασκαφή στο Διμήνι. Στο έργο του, «Αί

προϊστορικά ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου», ενέταξε τις δύο αυτές θέσεις σε ένα ευρύτερο πλαίσιο οικισμών της θεσσαλικής πεδιάδας (Τσουντας 1908). Έτσι το 1908, στη σκιά των μεγάλων ανασκαφών στις Μυκήνες και την εδραίωση του «Μυκηναϊκού πολιτισμού» από τον Schliemann και στην Κρήτη φέρνοντας στο φως τον «Μινωικό πολιτισμό» από τον Evans, έμπαιναν τα θεμέλια της έρευνας της Νεολιθικής περιόδου στην Ελλάδα, και ειδικά στη Θεσσαλία που λόγω της ιδιομορφίας της, καθιστούσε περισσότερο αναγκαία την έρευνα αυτή (Τσουντας 1908).

Πλέον των συστηματικών καταγραφών στο Διμήνι και στο Σέσκλο, η συνεισφορά των αρχαιολογικών ερευνών του Τσουντα ήταν πολύ σημαντική, λόγω της σύνταξης τοπογραφικού καταλόγου εξήντα τριών προϊστορικών θέσεων με γεωγραφική αναφορά στη θεσσαλική πεδιάδα. Η πλειοψηφία των θέσεων αυτών είχαν τη μορφή υπερυψωμένων γηλόφων, τις λεγόμενες «μαγούλες» όπως χαρακτηριστικά ονομάζονται στη Θεσσαλία, οι οποίες γινόνταν εύκολα αντιληπτές στη θεσσαλική πεδιάδα. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο Lolloing υπήρξε ο πρώτος μελετητής που παρατήρησε τους γηλόφους στη Θεσσαλία και τους συσχέτισε με οικισμούς (Lolloing 1884).



Εικόνα 2.1 Ο Χρήστος Τσουντας (Πανδέκτης 2015).

Από το 1906 έως το 1926, ο Απόστολος Αρβανιτόπουλος διετέλεσε Έφορος Αρχαιοτήτων στη Θεσσαλία και συμμετείχε σε πληθώρα ανασκαφών με κυριότερες εκείνες των Παγασών και της αρχαίας πόλης της Δημητριάδος, καθώς και σε έρευνες στην περιοχή του Βόλου και του Βελεστίνου (Αρβανιτόπουλος 1907).

Το 1912 με την έκδοση του έργου “*Prehistoric Thessaly*” (Wace and Thompson 1912) οι Άγγλοι Wace and Thompson παραθέτουν τα στοιχεία των ερευνών τους, από τις ανασκαφές σε νεολιθικές μαγούλες για την προϊστορική περίοδο της Θεσσαλίας κατά την τριετία 1907-1910. Ίσως είναι η πρώτη φορά που γίνεται λόγος για «*προϊστορικό πολιτισμό Θεσσαλίας*» (Wace and Thompson 1912) οι οποίοι αναζητούν τα γεωγραφικά όρια με επιτόπιες έρευνες και με βάση τη διασπορά των υλικών καταλοίπων στο χώρο. Ακολουθώντας λοιπόν τις θεωρητικές παραδοχές της εποχής τους, ορίζουν χρονολογικά αλλά και τυπολογικά τον υπό εξέταση πολιτισμό (Βουζαζάκης 2008). Στον κατάλογο που δημοσιεύουν περιλαμβάνονται 124 προϊστορικές θέσεις ως συνέχεια του καταλόγου του Τσούντα.

Μία επιπλέον εργασία που έχει σχέση με την τοπογραφία της αρχαίας Θεσσαλίας, είναι η εργασία του Γερμανού φιλόλογου και ερευνητή Stählin με τίτλο “*Das Hellenische Thessalien*” (Stählin 1924). Στην εργασία αυτή, εκτός από τις θέσεις των κλασικών χρόνων, γίνεται επίσης αναφορά σε προϊστορικούς οικισμούς πολλοί από τους οποίους εντοπίζονται για πρώτη φορά, για να προστεθούν στη λίστα των προϊστορικών οικισμών των Wace και Thompson.

Η Hazel Hansen εργάστηκε στη Θεσσαλία το 1924 και το 1927-1928. Μερικά χρόνια αργότερα δημοσίευσε την εργασία “*Early Civilization in Thessaly*” (Hansen 1933). Η Hansen περιηγήθηκε σε 84 από τις 124 θέσεις που αναφέρονται στην εργασία των Wace and Thompson και υπολόγισε ότι στη Θεσσαλία υπήρχαν 100 προϊστορικοί οικισμοί. Στην έρευνα της συνδέει άμεσα τη σχέση των οικισμών με τη γεωγραφία της περιοχής, τονίζοντας έτσι τον καθοριστικό ρόλο του περιβάλλοντος στη χρονολόγηση των οικισμών.

Ο Grundmann μελέτησε την προϊστορική Θεσσαλία, επεξεργάστηκε τις διάφορες κατηγορίες της Νεολιθικής κεραμικής και τα χρονολογικά τους προβλήματα και εισήγαγε νέους όρους για περιόδους και υποπεριόδους. Το 1937 δημοσιεύει ένα χάρτη στον οποίο σημειώνει όλους τους προϊστορικούς οικισμούς και θέτει τα όρια της λίμνης Βοιβηίδας η οποία σύμφωνα με τον ίδιο θα πρέπει να ήταν πολύ μεγαλύτερη. (Grundmann 1937a).

Στην Ελλάδα μετά το 1950, ξεκινούν νέες αρχαιολογικές έρευνες σε όλη τη χώρα. Εκτός από την κλασική περίοδο δίδεται έμφαση και σε άλλες περιόδους όπως στην προϊστορική, στη βυζαντινή και στην ελληνιστική. Νέες ιδέες και απόψεις που έχουν ήδη επικρατήσει στην Ευρώπη φτάνουν και στην Ελλάδα και οι αρχαιολόγοι αρχίζουν να απομακρύνονται σταδιακά από τις ερμηνείες που αφορούν αποκλειστικά την ανάγκη για τεκμηρίωση της καταγωγής του ελληνικού έθνους ήδη από τα προϊστορικά χρόνια (Κιάκου 2011).

Μετά τη δεκαετία του '50 και μέχρι και τα τέλη της δεκαετίας του '70, εκείνοι που δημιούργησαν μία νέα εικόνα μέσα από το έργο τους για την Θεσσαλική προϊστορία ήταν ο Δημήτρης Θεοχάρης και ο Vladimir Milojevic.

Ο Milojevic πραγματοποίησε μία εκτεταμένη επιφανειακή έρευνα στη Θεσσαλία, εντοπίζοντας τις ήδη γνωστές προϊστορικές θέσεις, ανακαλύπτοντας όμως και νέες και μελετώντας επιφανειακά ευρήματα. Επίσης, το σημαντικό του έργο για τη νεολιθική Θεσσαλία περιελάμβανε μεγάλες στρωματογραφικές τομές που έκανε σε μαγούλες για τη μελέτη των φάσεων της νεολιθικής εποχής (Halstead 1984).

Ο Θεοχάρης ξεκίνησε τις έρευνες στη Θεσσαλία στα μέσα της δεκαετίας του '50, και συνδέει το όνομά του με τη μελέτη του νεολιθικού πολιτισμού της περιοχής. Πραγματοποίησε μία σειρά δοκιμαστικών τομών πάνω σε διάφορες μαγούλες, αλλά ασχολήθηκε κυρίως με την ανασκαφή στο Σέσκλο. Στο θέμα της μελέτης του χώρου μέσα από το έργο του Θεοχάρη, μπορεί να επισημανθεί μια συνειδητή αντιμετώπιση της μελέτης του περιβάλλοντος και των περιβαλλοντικών συνθηκών ως σημαντικών παραγόντων στη διαμόρφωση της πολιτιστικής διαδρομής του νεολιθικού ανθρώπου (Βουζαζάκης 2008).

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί η πρωτοεμφανιζόμενη για την εποχή χρήση εποπτικού υλικού όπως γεωφυσικοί χάρτες, αεροφωτογραφίες, τοπογραφικά διαγράμματα και τρισδιάστατες αναπαραστάσεις κτιρίων και οικισμών, το οποίο προσθέτει μια νέα οπτική στη μελέτη του χώρου (Θεοχάρης 1973).

Διάδοχος του Θεοχάρη στη θέση του Εφόρου αλλά και του έργου του στη Θεσσαλία θεωρείται ο Γιώργος Χουρμουζιάδης. Ο Χουρμουζιάδης εντόπισε πολλούς νέους οικισμούς κυρίως στη Δυτική Θεσσαλία, αλλάζοντας τον αρχαιολογικό χάρτη της

περιοχής. Από τις πιο σημαντικές προϊστορικές ανασκαφές ήταν εκείνες στον Πρόδρομο του νομού Καρδίτσας και στο Διμήνι του νομού Μαγνησίας (Χουρμουζιάδης 1979).

Επίσης, η εργασία των Γάλλων αρχαιολόγων του Πανεπιστημίου της Lyon με επικεφαλής των Brunno Helly (Helly 1975) θεωρείται αξιόλογη.

Ο Paul Halstead μέσα από τη διδακτορική του διατριβή *“Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in the Early Farming Communities of Thessaly, N. Greece”* (Halstead 1984), εξάγει συμπεράσματα μέσα από ταξινομήσεις και στατιστικές αναλύσεις για τους νεολιθικούς οικισμούς της Θεσσαλίας σε σχέση με το ευρύτερο περιβάλλον στο οποίο ανήκουν. Στη διατριβή του περιλαμβάνεται κατάλογος 325 προϊστορικών θέσεων της Θεσσαλίας με την αντίστοιχη χρονολόγησή τους και περιγραφή του περιβάλλοντος στο οποίο εντάσσονται. Μέχρι σήμερα αποτελεί την πληρέστερη ενιαία αναφορά στους προϊστορικούς οικισμούς της Θεσσαλίας.

Μερικά χρόνια αργότερα, ο Κώστας Γαλλής κατέγραψε τους γνωστούς οικισμούς της ανατολικής Θεσσαλίας αλλά εντόπισε και νέους. Η έρευνα του επεκτάθηκε ακόμη και σε ορεινές περιοχές. Οι 258 συνολικά θέσεις περιλαμβάνονται στον δημοσιευμένο κατάλογο του με τίτλο: *«Άτλας Προϊστορικών Οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής Πεδιάδας»* (Γαλλής 1992). Αποτελεί έναν από τους αναλυτικότερους καταλόγους προϊστορικών θέσεων καθώς αναφέρεται στη θέση κάθε οικισμού με τις γεωγραφικές συντεταγμένες, τη μορφολογία, τις διαστάσεις και τις περιόδους κατοίκησης τους.

Σχεδόν δέκα χρόνια αργότερα, η γαλλίδα ερευνήτρια Catherine Pèrles δημοσιεύει το βιβλίο: *“The Early Neolithic in Greece: The first farming communities in Europe”* (Perlès 2001) όπου επιχειρεί, με βάση κυρίως τον άτλαντα του Γαλλή, να ανασυνθέσει τα δεδομένα προκειμένου να παρουσιάσει την εικόνα της Πρώιμης Νεολιθικής περιόδου στον ελλαδικό χώρο. Σε αντίθεση με τον Halstead που πιστεύει ότι το περιβάλλον το οποίο επέλεξαν να κατοικήσουν οι νεολιθικοί άνθρωποι είχε αποτρεπτικό χαρακτήρα, δηλαδή επέλεξαν προς κατοίκηση περιοχές που δεν ήταν εχθρικές περιβαλλοντικά προς τους ίδιους (Perlès 2001). Επιπλέον, βάσει χωρικών αναλύσεων (πολύγωνα Thiessen) υπολογίζει ότι η μέση απόσταση μεταξύ των

οικισμών είναι 2,5 χιλιόμετρα. Ωστόσο, στις αποστάσεις αυτές δεν λαμβάνει υπόψη το ανάγλυφο της περιοχής και τις δυσκολίες μετακίνησης των κατοίκων από τον ένα οικισμό στον άλλο (Perlès 2001).

Από τα κυριότερα συμπεράσματά της γαλλίδας ερευνήτριας Catherine Pèrles είναι ότι για την Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδο η διασπορά των οικισμών και η θέση τους μέσα στο ευρύτερο δίκτυο, θα πρέπει να ερμηνευτεί με βάση κοινωνικά και οικονομικά κριτήρια (Perlès 2001).

Οι έρευνες συνεχίζονται αδιάκοπα και νέες μελέτες φέρνουν στο φως καινούργια στοιχεία για την προϊστορία της Θεσσαλίας. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι ο ακριβής προσδιορισμός ή εντοπισμός αρκετών νέων προϊστορικών θέσεων που οφείλονταν στην κατασκευή δημοσίων έργων στις αρχές του 20ού αιώνα, στα εκτεταμένα εγγειοβελτιωτικά έργα της δεκαετίας του '60, στους αναδασμούς αργότερα και στην χάραξη των εθνικών δρόμων μέχρι τις μέρες μας. Επίσης, οι δύσκολες οικονομικές συγκυρίες που διανύει η χώρα μας και η ελλιπής χρηματοδότηση, συντελούν αρνητικά στη συνέχιση των αρχαιολογικών ερευνών, με αποτέλεσμα αν και η σκέψη και ο προβληματισμός παραμένουν πάντα ενεργοί, αυτοί να μην οδηγούν σε περαιτέρω ενέργειες ανασκαφών και εντοπισμών νέων αρχαιολογικών θέσεων.

Στο πλαίσιο αυτό, η διατριβή αυτή έρχεται να προτείνει έναν οικονομικό τρόπο ορθολογικής διαχείρισης του αρχαιολογικού έργου μέσω της πρόβλεψης, του εντοπισμού και κατόπιν της προστασίας, της αξιόπιστης καταγραφής και της τεκμηρίωσης αρχαιολογικών χώρων, έτσι ώστε οι παραπάνω χρόνιοι προβληματισμοί να αποφευχθούν ή να μειωθούν σημαντικά.

2.2.1. Γεωγραφία και γεωλογία

Η Θεσσαλία αποτελεί μία σχετικά κλειστή γεωγραφική οντότητα περιτριγυρισμένη από ορεινούς όγκους. Στα βόρεια συνορεύει με τα Αντιχάσια και με τον Όλυμπο, δυτικά με την οροσειρά της Πίνδου και νότια με τον επιβλητικό όγκο της Όθρυς. Η σύνδεση με τη θάλασσα γίνεται μέσω της κοιλάδας των Τεμπών και μέσω του Παγασητικού κόλπου.

Ο Πηνειός ποταμός διατρέχει τη θεσσαλική πεδιάδα, οι πηγές του οποίου βρίσκονται στην Πίνδο. Ως το κύριο υδροφόρο ρεύμα των συγκλινόντων ακτινοειδώς παραποτάμων της δυτικής Θεσσαλίας, φθάνει στον θεσσαλικό κάμπο, όπου και διασχίζοντας το πέρασμα της περίφημης Κοιλάδας των Τεμπών, μεταξύ Ολύμπου και Όσσας, εκβάλλει τελικά στον Θερμαϊκό Κόλπο.

Η δυτική πεδιάδα περιλαμβάνει τις περιοχές Τρικάλων, Καρδίτσας και Φαρσάλων. Το σύνολο της απορροής των υδάτων της γίνεται προς την κατεύθυνση του Πηνειού και των παραποτάμων του. Τα νερά των παραποτάμων μέσω του Ενιπέα και του Σοφαδίτικου συγκεντρώνονται προς τα ΒΑ, ακολουθώντας τη μεγαλύτερη κλίση προς την κατεύθυνση της εγκοιτωμένης κοιλάδας του Ζάρκου, απ' όπου ο Πηνειός αφήνει τη δυτική Θεσσαλία για να εισχωρήσει στην ανατολική (Sivignon 1992).

Η ανατολική πεδιάδα, με τη σειρά της, είναι μικρότερη και περιλαμβάνει τις περιοχές του Τυρνάβου, της Λάρισας και του Βελεστίνου. Βορειοδυτικά βρίσκεται διέξοδος στον Πηνειό, ενώ νοτιοανατολικά κατευθύνει τα νερά του στην πρώην λίμνη Βοιβηίδα και νυν Κάρλα (Sivignon 1992).

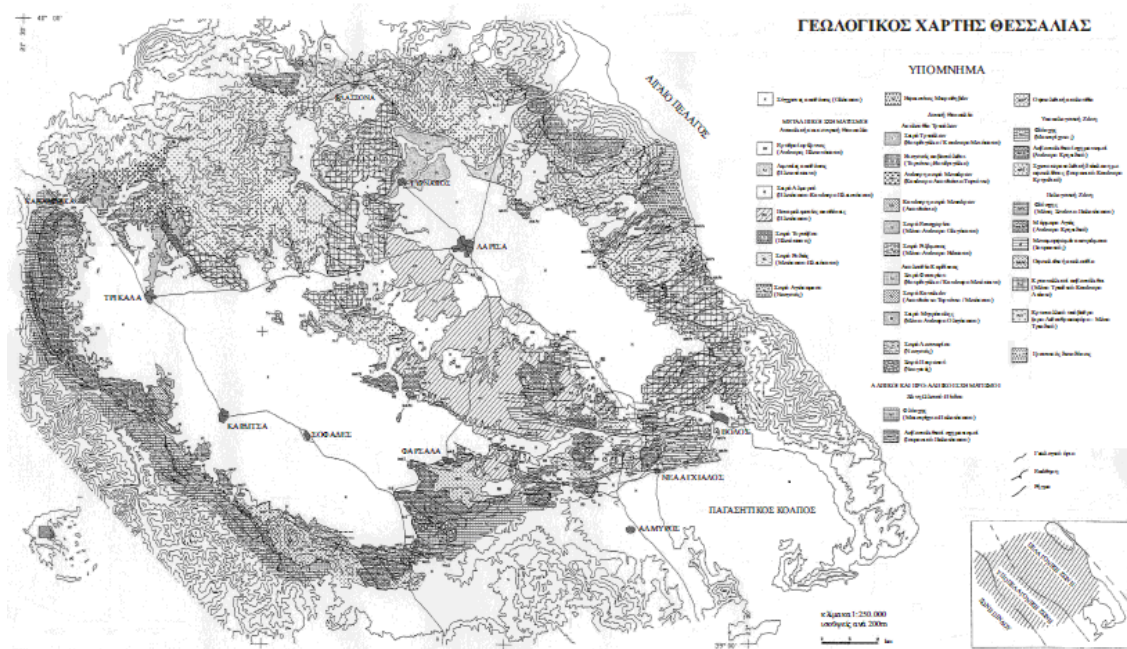
Γύρω από τις δύο θεσσαλικές πεδιάδες, εκτείνονται πολλές μικρότερες, λιγότερο σημαντικές. Δύο μόνον από αυτές έχουν άνοιγμα προς τη θάλασσα: η πεδιάδα του Αλμυρού στα νότια και η πεδιάδα του Βόλου.

Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι η ανατολική Θεσσαλία ανήκει στην πελαγονική ζώνη και η δυτική εξαρτάται από την υποπελαγονική και τη ζώνη της Πίνδου (Sivignon 1992).

Η πελαγονική ζώνη αποτελεί μια πλατιά ζώνη που περιλαμβάνει τους ορεινούς όγκους της Δυτικής Μακεδονίας και στη συνέχεια τον Όλυμπο, το Πήλιο, την Εύβοια, την Ανατολική Αττική και τις Κυκλάδες. Ο πελαγονικός ορεινός όγκος εμφανίζεται κατατεμαχισμένος από ρήγματα. Τα ρήγματα οριοθετούν προς τα ανατολικά τον ορεινό όγκο του Ολύμπου και ευθύνονται για το σημερινό περίγραμμα της ακτής αλλά και προς τα δυτικά, αν και τις περισσότερες φορές καλύπτονται από πλειοκαινικούς λόφους. Ερμηνεύουν κυρίως την παρουσία των τάφρων εγκατακρήμνισης, (που αποτελούν τα κέντρα της αγροτικής ζωής) οι οποίοι διακόπτουν το πελαγονικό ορεινό όγκο και δημιουργούν ένα ανάλογο αριθμό από λεκάνες διαφορετικού μεγέθους. Η

μεγαλύτερη από τις λεκάνες αυτές είναι η πεδιάδα της Ανατολικής Θεσσαλίας. Το δεύτερο γεωλογικό γεγονός, που ενδιαφέρει την ανθρωπογεωγραφία, είναι τα βουνά που κατανέμονται ανάλογα με τη λιθολογική τους σύσταση, σε δύο ομάδες: σε αυτά που αποτελούνται από μάρμαρα και στα υπόλοιπα. Η κατανομή των μαρμάρων στο χώρο καθορίζει στην ουσία την κατανομή των καρστ και κατά συνέπεια, ένα σημαντικό μέρος της υδρογραφίας. Οι περισσότερες σημαντικές πηγές της Θεσσαλίας είναι καρστικές (Sivignon 1992) (Εικόνα 2.6).

Η υποπελαγονική ζώνη, εφάπτεται στην πελαγονική στα δυτικά. Ανάμεσα στους κατατεμαχισμένους ορεινούς όγκους της πελαγονικής ζώνης, ανατολικά στη νεότερη οροσειρά της Πίνδου, βρίσκεται δυτικά μία ζώνη συνεχούς αποσάθρωσης που έχει σταδιακά πληρωθεί με ηωκαινικά, ολιγοκαινικά, μειοκαινικά και πλειο-τεταρτογενή ιζήματα. Αν και η πεδιάδα της δυτικής Θεσσαλίας ανήκει σε διαφορετική γεωλογική ενότητα από την πεδιάδα της ανατολικής, δεν είναι διαφορετική σε φύση και σε ηλικία (Auboin 1959). Στο νότιο τμήμα της πεδιάδας της δυτικής Θεσσαλίας, ορθώνονται υψώματα που εφάπτονται στην Πίνδο και στην περιοχή του Δομοκού και τα οποία σχηματίζουν ανατολικότερα τον ορεινό όγκο της Όθρυς.



Εικόνα 2.2 Ο γεωλογικός χάρτης της Θεσσαλίας (Caputo 1990).

2.2.2. Οι οικισμοί της Θεσσαλίας κατά την προϊστορία

Ο χώρος, ως μια γενική αναφορά, αποτελεί το βασικό πλαίσιο μέσα στο οποίο εντοπίζονται ευρήματα, αποκτούν ιδιαίτερη σημασία σε σχέση με τα ήδη υπάρχοντα ευρήματα αλλά και για την ίδια την έρευνα (Βουζαξάκης 2008).

Στην περίπτωση της μελέτης της Νεολιθικής περιόδου στη Θεσσαλία, ο χώρος αποτελεί το φυσικό πεδίο δράσης των νεολιθικών ανθρώπων με ό,τι αυτό συνεπάγεται και από την άλλη χρησιμοποιείται ως το πεδίο ταύτισης και αναγνώρισης του νεολιθικού στοιχείου μέσα από εγγεγραμμένα και εμφανή σε αυτό χαρακτηριστικά. Έτσι, οι υπερυψωμένοι γήλοφοι, οι ονομαζόμενοι «μαγούλες», εύκολα ταυτίστηκαν με τον νεολιθικό οικισμό και αποτέλεσαν ένα από τα χαρακτηριστικότερα σημάδια εντοπισμού της ανθρώπινης παρουσίας κατά τη νεολιθική περίοδο (Βουζαξάκης 2008).

Σε μια αναλυτικότερη κατηγοριοποίηση του χώρου, στο πρώτο επίπεδο εντάσσεται ο μικρο-χώρος με διακριτά στοιχεία τα μεμονωμένα κτίσματα και τις κατασκευές εντός ή γύρω από αυτά. Στο αμέσως επόμενο επίπεδο ανάλυσης τοποθετείται η αρχαιολογική θέση, κυρίως ως σύνολο των κτισμάτων και των κατασκευών. Στο ευρύτερο επίπεδο ανάλυσης τοποθετείται ο χώρος ανάμεσα σε διακριτές αρχαιολογικές θέσεις (Clarke 1977), ενώ ο οικισμός ορίζεται ως το κέντρο των οικονομικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων μιας κοινωνίας ανθρώπων με κοινούς στόχους και συντονισμένη δράση (Higgs 1975).

Οι έρευνες για τη χωρική κατανομή των νεολιθικών οικισμών στη Θεσσαλία έως σήμερα μαρτυρούν τη σχέση με τη γεωμορφολογία του εδάφους, των μεταβολών της και την κατοίκηση για κάθε υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου. Για παράδειγμα, οι διακυμάνσεις της στάθμης των νερών της λίμνης Βοιβηίδας πιθανότατα προκαλούν μετατόπιση των οικισμών, με μείωση των καλλιεργήσιμων και αύξηση των κτηνοτροφικών εκτάσεων (Παπαγεωργίου, Στείρος και Χουρμουζιάδης 1990).

Η θεσσαλική πεδιάδα επηρέασε την ανάπτυξη της νεολιθικής κοινωνίας και οικονομίας, ενώ η περιοχή της Μαγνησίας, εξαιτίας της θάλασσας, έπαιξε σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία και τις εμπορικές συναλλαγές της χέρσας Ελλάδας. Στρωματογραφικά δεδομένα αποκαλύπτουν μιας μεγάλης έκτασης αποψίλωση των

δασών που έλαβε χώρα πριν από 7.000 περίπου χρόνια (Demitrack 1986). Το μεγαλύτερο ποσοστό νεολιθικών οικισμών συναντάται κοντά σε μεγάλα ποτάμια και λίμνες. Οι καλά αρδευόμενες πεδιάδες από κοντινές πηγές αποτελούν πρόσφορες περιοχές για κατοίκηση ενώ η οικονομία είναι αγροτική και κτηνοτροφική (Halstead 1977).

Αντίθετα, η εικόνα που παρατηρείται στις ακτές της χερσονήσου του Πηλίου είναι διαφορετική σε σχέση με την ανατολική πεδιάδα. Οι απότομες πλαγιές που φτάνουν ως το Αιγαίο πέλαγος κάνουν την περιοχή δύσβατη από στεριά και θάλασσα και η ανθρώπινη κατοίκηση είναι σχεδόν ανύπαρκτη. Ωστόσο, στην περιοχή της Θεοτόκου, στα νότια της χερσονήσου, έχουν εντοπιστεί ίχνη κατοίκησης τουλάχιστον από την προϊστορία (Wace and Thompson 1912).

Η πλειοψηφία των προϊστορικών αρχαιολογικών οικισμών, περί των 250, εντοπίζονται στην ανατολική Θεσσαλική πεδιάδα, εκ των οποίων οι 100 εντοπίστηκαν από έρευνες στο διάστημα 1970-1990 και δημοσιεύθηκαν στο σύνολό τους στον Άτλαντα Προϊστορικών Αρχαιολογικών θέσεων της ανατολικής πεδιάδας (Γαλλής 1992). Οι περισσότεροι οικισμοί βρίσκονται σε λοφώδεις περιοχές ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο στις ορεινές. Υπολογίστηκε ότι το 64% των οικισμών ανήκουν σε πεδινά εδάφη σε υψόμετρα έως 100μ., το 33% σε λοφώδεις περιοχές και 3% σε ορεινές. Το 23% των οικισμών βρίσκονται στα 100-200μ., το 10% στα 200-400μ. και το 2% στα 400-600μ. (Γαλλής 1992). Η χρονολογική κατοίκησή τους εξαρτάται από παράγοντες όπως τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής και η παρουσία εύφορων εδαφών για καλλιέργεια.

Η λεπτομερής και συγκριτική περιγραφή της περιοχής της Θεσσαλίας κατά την προϊστορία είναι πολυσύνθετη και βρίσκεται εκτός του πλαισίου της παρούσας μελέτης. Όμως, όπως έχει αναφερθεί, η παράθεση στοιχείων για τη Θεσσαλία είναι πολύ σημαντική για τη Μαγνησία αφού η τελευταία αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της. Για τον λόγο αυτόν δόθηκε περισσότερη έμφαση στην εξέλιξη της αρχαιολογικής έρευνας από τις αρχές του 20ού αιώνα έως σήμερα, όπως επίσης στη γεωγραφία και στη γεωμορφολογία της περιοχής, γιατί αποτελούν από τα βασικά κριτήρια που

αναπτύσσονται και συντελούν στη δόμηση του πιθανοτικού μοντέλου ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων για την περιοχή της Μαγνησίας.



Εικόνα 2.3 Οι προϊστορικές θέσεις της Θεσσαλίας σύμφωνα με τον Θεοχάρη (Θεοχάρης 1973).

2.3. Η προϊστορική Μαγνησία

Αν και η Θεσσαλία πάντα προσέλκυε το ενδιαφέρον των ερευνητών για τη νεολιθική περίοδο ένα μεγάλο κομμάτι της διεθνούς έρευνας αφορούσε κυρίως την ανατολική πεδιάδα. Άλλες μελέτες επικεντρώθηκαν στην πεδιάδα του Αλμυρού, μία

περιοχή με ιδιαίτερο ενδιαφέρον, εξαιτίας των αρχαιολογικών θέσεων, της γεωγραφικής θέσης και των ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί στο πεδίο.

Στην παρούσα διατριβή μελετάται ο νομός Μαγνησίας, λόγω απουσίας ερευνών της περιοχής στο σύνολό της, λαμβάνοντας υπόψη την προϊστορική κατοίκηση, τη φυσιογραφία, τη γεωμορφολογία και την προσέγγιση ανασύστασης του τοπίου της κατά τη νεολιθική περίοδο. Η περιοχή της Μαγνησίας μελετάται ήδη από τις αρχές του 20ού αιώνα. Το Διμήνι και το Σέσκλο αποτελούν από τις σημαντικές και γνωστές νεολιθικές θέσεις. Πολυάριθμες είναι οι προϊστορικές θέσεις στην ευρύτερη περιοχή του Παγασητικού και στις διαβάσεις προς την πεδιάδα της Λάρισας και των Φαρσάλων - Καρδίτσας. Το οροπέδιο του Αερινού, η περιοχή των Μικροθηβών και η πεδιάδα του Αλμυρού, είναι περιοχές διάσπαρτες από αρκετές δεκάδες προϊστορικών θέσεων, μερικές από τις οποίες είχαν μεγάλη διάρκεια κατοίκησης (Αερινό, Πύρασος, Ζερέλια, Αηδινιώτικη Μαγούλα, Μαγούλα Σούρπης, κ.ά.) (Moundea-Agrafioti 2006). Δεν είναι τυχαίο ότι στη Μαγνησία και στις Σποράδες εντοπίζονται πολύ πρώιμες νεολιθικές εγκαταστάσεις της 7ης χιλιετίας αλλά και σημαντικές θέσεις της Πρώιμης και Μέσης εποχής του Χαλκού και της Μυκηναϊκής περιόδου. Επίσης, οι πρόσφατες εργασίες για την διάνοιξη της ΠΑΘΕ, έφεραν στο φως πολλές νέες προϊστορικές θέσεις. Η περιοχή της Μαγνησίας αποτελεί κομβικό σημείο στην επικοινωνία του εσωτερικού της Θεσσαλίας μέσω της θάλασσας με το Αιγαίο και τους θαλάσσιους δρόμους προς τη Μικρασία και τα νησιά, και την χερσαία επικοινωνία με την βόρεια και νότια ηπειρωτική Ελλάδα.



Εικόνα 2.4 Ο γεωγραφικός προσδιορισμός της περιοχής μελέτης.

Παρά τη σημαντική έρευνα στον νομό Μαγνησίας, η δυνατότητα πρόβλεψης αγνώστων ακόμη αρχαιολογικών θέσεων μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη βελτίωση των γνώσεων για την προϊστορία αλλά και για τη μελλοντική πολιτιστική διαχείριση της περιοχής.

2.3.1. Γεωγραφία και γεωλογία

Το νοτιοανατολικό παραλιακό κομμάτι της Θεσσαλίας γενικά ταυτίζεται με τον σημερινό νομό Μαγνησίας. Το ποικίλο τοπίο του χαρακτηρίζεται από εναλλαγές λόφων, πεδιάδων, ψηλών βουνών και της θάλασσας. Στα βόρεια του νομού βρίσκεται η ανατολική πεδιάδα της Λάρισας και οι δυτικές πλαγιές του Πηλίου, ενώ στα δυτικά και νότια η οροσειρά της Όθρυς. Στα ανατολικά, το όρος Πήλιο αποκόπτει την άμεση επαφή με το Αιγαίο πέλαγος και δημιουργεί τον μεγάλο κλειστό Παγασητικό κόλπο.

Οι κύριες πεδινές εκτάσεις της περιοχής είναι παραθαλάσσιες, η πεδιάδα του Βόλου και του Αλμυρού. Η πεδιάδα του Βόλου χωρίζεται από την αντίστοιχη του Αλμυρού από χαμηλούς προσπελάσιμους λόφους και καταλαμβάνει το βόρειο τμήμα του Παγασητικού κόλπου. Η πεδιάδα του Αλμυρού, αν και σημαντικά μικρότερη σε

σχέση με τις άλλες κύριες πεδιάδες της Θεσσαλίας, παρουσιάζει ποικίλα και ιδιαίτερα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά.

Από την Όθρυ, στο δυτικό και νότιο άκρο της περιοχής, ξεκινούν μια σειρά από μικρότερα και μεγαλύτερα ρέματα. Σημαντικότερο ποτάμι που ξεκινάει από αυτή την περιοχή είναι ο Εννιπέας, ο οποίος κατευθύνεται βορειοδυτικά προς την Καρδίτσα. Αντίθετα, τα ρέματα των ανατολικών πλαγιών της Όθρυς, μέσω αρκετών διακλαδώσεων, κατεβάζουν το νερό κατευθείαν στην ανατολική ακτή δημιουργώντας μια μεγάλη πεδινή προσχωσιγενή παραθαλάσσια έκταση στις εκβολές τους.

Στο νότιο μέρος του νομού, η ύπαρξη δύο λιμνών στην περιοχή Ζερέλια, ακριβώς δίπλα στην ομώνυμη προϊστορική μαγούλα, αποτελεί ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό γεωμορφολογικό στοιχείο της περιοχής. Η περιοχή έχει χαρακτηριστεί ως προστατευόμενη του δικτύου Natura καθώς αποτελεί ένα σημαντικό υδροβιότοπο.



Εικόνα 2.5 Η μαγούλα «Ζερέλια» και η λίμνη «Μεγάλο Ζερέλι».

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, το ανατολικό τμήμα της Θεσσαλίας ανήκει γενικά στην πελαγονική ζώνη. Η πελαγονική ζώνη αποτελεί μια πλατιά ζώνη που καταλήγει στους ορεινούς όγκους του Πηλίου. Το νοτιοανατολικό τμήμα της Μαγνησίας ανήκει επίσης στη πελαγονική ζώνη, ενώ το νότιο και το νοτιοδυτικό μέρος στην υποπελαγονική ζώνη, αποτελούμενη κυρίως από ασβεστόλιθους και χαλαζίτες.

Οι περισσότερες σημαντικές πηγές της Θεσσαλίας είναι καρστικές συμβάλλοντας σ' ένα σημαντικό μέρος της υδρογραφίας της περιοχής (Sivignon 1992). Υπόγεια καρστ υπάρχουν στη Μαγνησία υπάρχουν στην πρώην λίμνη Κάρλα, αλλά και επιφανειακά συναντάμε βόρεια και ανατολικά έως την ακτογραμμή, καθώς επίσης και νότια αυτής. Επιφανειακά καρστ υπάρχουν επίσης στα δυτικά και στα βόρεια της περιοχής του Αλμυρού.



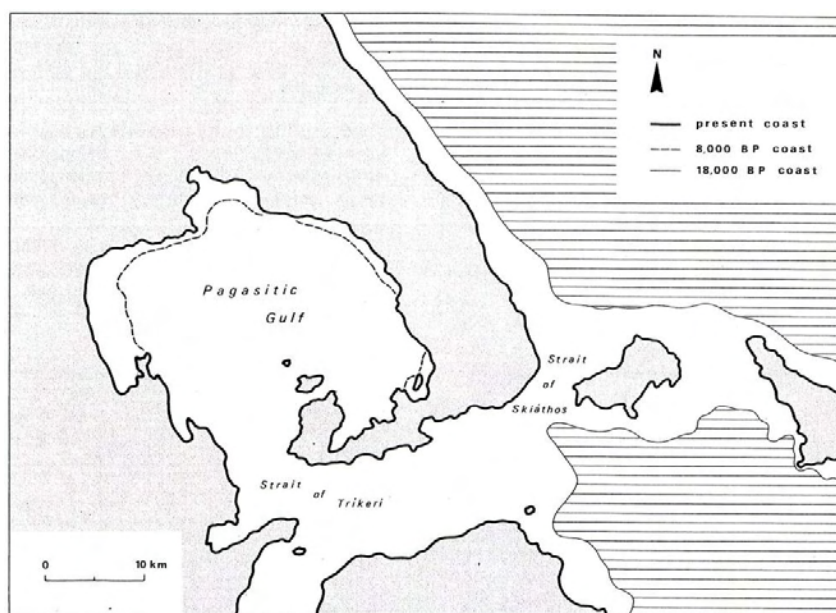
Εικόνα 2.6 Τα καρστ της Θεσσαλίας (Sivignon 1992).

Στην ευρύτερη περιοχή της πεδιάδας του Αλμυρού, σύμφωνα με τις μελέτες των ειδικών (Floras and Sgouras 2004), μπορούν να ξεχωριστούν επτά διαφορετικές γεωλογικές ζώνες. Ενδεικτικά αναφέρονται οι παραλιακές αλουβιακές και πλημμυρικές πεδινές εκτάσεις, οι ελώδεις περιοχές, οι ασβεστολιθικές περιοχές κυρίως στην Όθρυ και τέλος περιοχές με μεταμορφικά πετρώματα (μάρμαρα). Η ύπαρξη ηφαιστειακών

πετρωμάτων στην περιοχή των Μικροθηβών και στη Μεγάλη Βελανιδιά βόρεια της Νέας Αγχιάλου, αλλά και γεωλογικών σχηματισμών όπως οι λίμνες στα Ζερέλια, φανερώνουν ότι κάποτε υπήρξε έντονη ηφαιστειακή και σεισμική δράση στην περιοχή. Τέλος, σημαντικά για την έρευνα των εγκαταστάσεων της Νεολιθικής περιόδου είναι τα ρέματα αλλά και τα καλλιεργήσιμα εδάφη της περιοχής. Έτσι ο συνδυασμός εδαφών με καλή αποστράγγιση αλλά και με ικανοποιητική πρόσβαση σε υδάτινους πόρους φαίνεται πως αποτέλεσε παράγοντα έλξης για τους ανθρώπους της εποχής εκείνης (Floras and Sgouras 2004).

2.3.2. Η ανασύσταση του τοπίου της Μαγνησίας κατά την προϊστορία

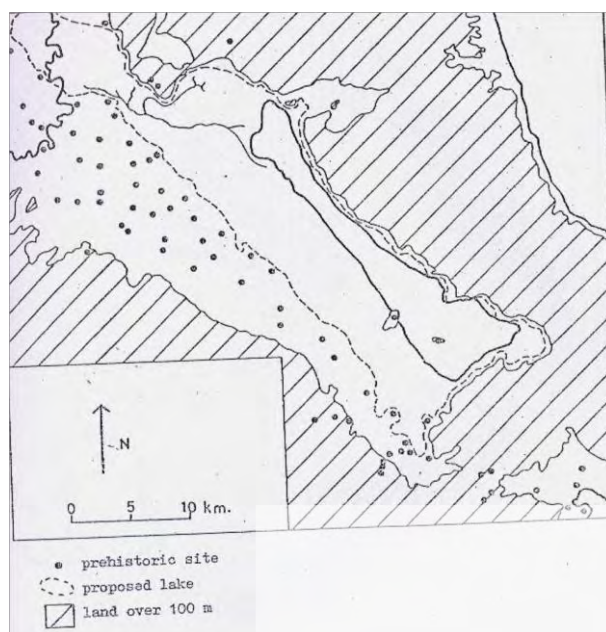
Είναι γνωστό ότι η κυριότερη πηγή άντλησης πληροφοριών για το παρελθόν είναι η χωρική κατανομή υλικών καταλοίπων στο χώρο, οι ιστορικές πηγές και οι προφορικές μαρτυρίες. Ωστόσο, για μία συνολική και αξιόπιστη ανάλυση, τα παραπάνω στοιχεία θα πρέπει να μελετηθούν σε σχέση με το ευρύτερο περιβάλλον στο οποίο ανήκουν. Είναι προφανές ότι η υπάρχουσα κατάσταση μιας περιοχής από την πλευρά των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών και της γεωμορφολογίας του εδάφους δεν είναι δυνατόν να παραμείνει η ίδια, εξαιτίας των φυσικών διεργασιών αλλά και των ανθρωπίνων επεμβάσεων που έχουν συμβεί από την αρχαιολογική περίοδο που μελετάται έως σήμερα. Για τον λόγο αυτόν, κάθε αρχαιολογική έρευνα που θα βασιζόταν στην υπάρχουσα κατάσταση ενός τοπίου, θα χαρακτηριζόταν ως μη αξιόπιστη. Επιπρόσθετα, η προσέγγιση ανασύστασης του τοπίου είναι μία σύνθετη διαδικασία και αποτελεί συνάρτηση των υπαρχόντων δεδομένων, των διαθέσιμων ιστορικών πηγών και της μεθοδολογίας προσέγγισης. Τη σημασία της ανασύστασης του τοπίου είχε ήδη εισάγει ο Clark από το 1952 (Clark 1952). Στο υποκεφάλαιο αυτό αναλύεται από ιστορικής πλευράς η προσέγγιση ανασύστασης του τοπίου της Μαγνησίας κατά την προϊστορία από ιστορικής πλευράς, ενώ η μεθοδολογική προσέγγιση ακολουθεί στο 6ο κεφάλαιο.



Εικόνα 2.7 Η ακτογραμμή κατά την προϊστορία (Reinders 1988).

Η μελέτη των μεταβολών του παράκτιου αναγλύφου από την προϊστορία έως τις μέρες μας αποτελούν αντικείμενο του κλάδου της αρχαιογεωμορφολογίας. Στρωματογραφικές έρευνες στην περιοχή Βόλου-Διμηνίου έδειξαν σημαντικές μεταβολές στην παράκτια τοπογραφία τα τελευταία 7.000 χρόνια και κυρίως μια προοδευτική μετατόπιση της ακτογραμμής σε βάρος της θάλασσας, οφειλόμενη στο μεγάλο όγκο προσχώσεων που μεταφέρουν οι χείμαρροι (Finke 1984, Zangger 1991) (Εικόνα 2.9; Εικόνα 2.10). Οι μεταβολές αυτές φαίνεται να σχετίζονται άμεσα με την οικιστική εξέλιξη στην περιοχή, καθώς η μετατόπιση της ακτογραμμής ακολουθείται από τη μετακίνηση οικισμών ή τη δημιουργία νέων.

Εργασίες γεωτρήσεων (Sogreah 1974) και αναλυτικές μελέτες γύρης (Bottema 1979) στο βορειοανατολικό τμήμα της Μαγνησίας, κατέληξαν ότι η Κάρλα αποτελεί μία αρχαία λίμνη που το μέγεθος της πάντα ήταν μεταβλητό. Είχε αποξηρανθεί πολλές φορές (Bottema 1979) και εξαιτίας των ομαλών κλίσεων η επιφάνεια της λίμνης μεταβάλλεται σημαντικά λόγω βροχοπτώσεων. Ο ισχυρισμός για τη θέση της ακτογραμμής στη Νεολιθική περίοδο (Grundman 1937b, Halstead 1984) πιθανόν εξηγεί τις συχνές μεταβολές της στάθμης της και τις συχνές βροχοπτώσεις σε μικρή χρονική περίοδο.



Εικόνα 2.8 Η ακτογραμμή της λίμνης Κάρλα κατά Grundmann (1937).

Οι αλλαγές του θεσσαλικού τοπίου από την Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδο έως τις μέρες μας χαρακτηρίζονται ως σημαντικές, αλλά όχι δραματικές (Stiros and Papageorgiou 1994). Η Demitrack ισχυρίζεται ότι οι τεκτονικές αλλαγές και οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις δείχνουν να είναι οι κύριοι παράγοντες που ελέγχουν την εξέλιξη των αλλαγών του τοπίου, τόσο στις παράκτιες περιοχές όσο και στις χέρσες και ο παράγοντας κλίμα να επηρεάζει στο ελάχιστο τις παραπάνω αλλαγές (Demitrack 1986).

Σύμφωνα με τον Bottema (Bottema 1988) μετά από γεωτρήσεις βάθους 7,5μ. προέκυψε ότι η πεδιάδα του Αλμυρού κατά την Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδο αποτελούνταν από χαμηλή πυκνή βλάστηση, βελανιδιές, σχίνα και κοκορεβυθιές. Το κλίμα περιγράφεται ξηρότερο από το σημερινό και αρκετά ζεστό (Bottema 1988). Τα δέντρα ήταν πυκνότερα διατεταγμένα στους πρόποδες των λόφων και στις ορεινές περιοχές δυτικά και νότια. Η στάθμη της θάλασσας αρχικά ήταν χαμηλότερα από σήμερα, αφήνοντας ελεύθερη μια μεγαλύτερη προς τα ανατολικά χερσαία περιοχή (van Straaten 1988). Ωστόσο, από την Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδο υπάρχει μία αυξητική τάση της στάθμης του νερού η οποία μέχρι τα τέλη της Νεότερης Νεολιθικής περιόδου

θα έχει ανέβει κατά 4,5μ. Μετά από γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν νότια της περιοχής της Άλου, περίπου 700μ. δυτικά από τη σημερινή ακτογραμμή και κοντά στην ισοϋψή των 7μ., προέκυψε ότι σε βάθος 6μ. χρονολογείται υλικό της Νεολιθικής περιόδου δηλώνοντας έτσι και το πάχος των μεταγενέστερων προσχώσεων (Bottema 1988).

Σε αναλύσεις γύρης που έγιναν, εκτός από τα δημητριακά που σταδιακά εμφανίζονται πιθανώς εξαιτίας της καλλιέργειάς τους από τον άνθρωπο, δεν τεκμηριώνεται καμιά άλλη δραστική ανθρωπογενής παρέμβαση στο θέμα της βλάστησης (Bottema 1988). Στην παράκτια κυρίως ζώνη, εξαιτίας της ανόδου της θάλασσας ή λόγω μεταγενέστερων προσχώσεων, πιθανόν να υπήρξαν και άλλοι οικισμοί της Αρχαιότερης Νεολιθικής περιόδου (Βουζαξάκης 2008). Οι τρεις ανατολικότεροι γνωστοί οικισμοί της Αρχαιότερης Νεολιθικής περιόδου, που βρίσκονται πιο κοντά στη θάλασσα, εντοπίζονται σε υψόμετρο κοντά στα 30 μέτρα, ενώ ο οικισμός της Πυράσου στη Ν. Αγχίαλο, βρίσκεται κυριολεκτικά δίπλα στη θάλασσα.

Κατά τη Μέση Νεολιθική περίοδο η άνοδος της στάθμης της θάλασσας είναι ραγδαία και ολοκληρώνεται μέχρι τα μέσα της Νεότερης Νεολιθικής περιόδου (Bottema 1988, van Straaten 1988). Η μεταβολή της ακτογραμμής προς τη θάλασσα ή προς τη χερσαία γη οφείλεται στην άνοδο ή πτώση του επιπέδου της θάλασσας, που σχετίζεται με τις κλιματικές μεταβολές, τις κατακόρυφες τεκτονικές κινήσεις (σεισμοί) και τις προσχώσεις ή διαβρώσεις των παράκτιων αποθέσεων (Καμπούρογλου 1994).

Το νερό, είτε ως θαλάσσια ακτογραμμή είτε ως ελώδης περιοχή, φαίνεται πως είχε εισχωρήσει στη σημερινή στεριά σχεδόν χίλια μέτρα δυτικότερα στη σημερινή στεριά. Έτσι είναι απίθανο να υπήρχαν οικισμοί ανατολικότερα από τους ήδη γνωστούς. Η βλάστηση συνεχίζει να αποτελείται από χαμηλούς θάμνους και από φυλλοβόλα δέντρα (Bottema 1988).

Σύμφωνα με τον Καμπούρογλου (1994) (Εικόνα 2.11), παρουσιάζεται η περιοχή του κόλπου του Βόλου πριν από 8.000 χρόνια στη Μέση Νεολιθική περίοδο, όπου το σχετικό θαλάσσιο επίπεδο ήταν περί τα 20μ. χαμηλότερα από το σημερινό και η ακτογραμμή βρισκόταν περί τα 4.642μ. από το Διμήνι. Παρατηρούμε ότι σημαντικό

τμήμα του σημερινού παράκτιου χώρου ήταν χέρσο. Υπάρχει ο ισχυρισμός (Καμπούρογλου 1994) ότι πιθανόν να υπήρχαν αρχαίες θέσεις στην παράκτια ζώνη της Μέσης Νεολιθικής που σήμερα έχουν κατακλυστεί από τη θάλασσα ή έχουν θαφτεί κάτω από νεότερες ιζηματογενείς αποθέσεις. Η περιοχή μεταξύ Πευκακίων-Διμηνίου και της πόλης του Βόλου αποτελούσε μια αβαθή κοιλάδα. Επιπλέον, ο ίδιος συγγραφέας δεν συμφωνεί με τα αποτελέσματα του Finke (1984) (Εικόνα 2.9) που παρουσιάζουν την ακτογραμμή πριν από 7.000 χρόνια να εισέρχεται εντός της ξηράς και την κοιλάδα μεταξύ Πευκακίων - Διμηνίου - Βόλου και να έχει κατακλυσθεί από τη θάλασσα. Αυτό υποστηρίζεται εξαιτίας της μη ύπαρξης θαλασσιών ιζημάτων στους πυρήνες των γεωτρήσεων στη συγκεκριμένη περιοχή (Καμπούρογλου 1994).

Περίπου στα μέσα της Νεότερης Νεολιθικής περιόδου το κλίμα αλλάζει έντονα σε πιο υγρό σύμφωνα με τα στοιχεία γεώτρησης στην περιοχή ανατολικά του Αλμυρού (Bottema 1988). Έτσι ευνοείται η ανάπτυξη του δάσους σε βάρος των χαμηλών θάμνων. Οι βελανιδιές πυκνώνουν, τόσο οι φυλλοβόλες στην πεδιάδα και στους πρόποδες των λόφων όσο και οι αειθαλείς ψηλότερα. Χαμηλή θαμνώδης βλάστηση κατάλληλη για βόσκηση υπάρχει πλέον μόνο στις βραχώδεις ακτές.

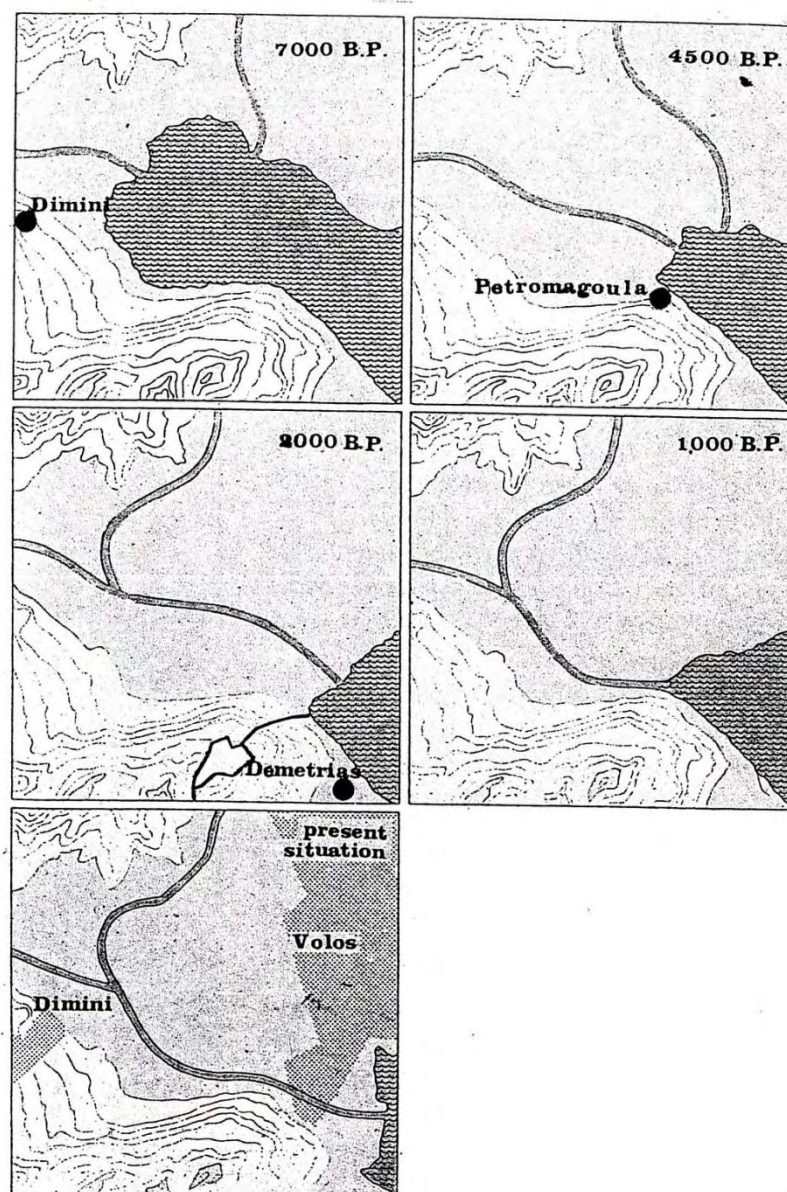
Επίσης, ο Καμπούρογλου (1994) (Εικόνα 2.11), παρουσιάζει τον κόλπο του Βόλου πριν από 5.000-4.500 χρόνια περίπου (Υ.Ν. – Π.Ε.), όπου το επίπεδο της θάλασσας βρισκόταν περί τα 4,5μ. χαμηλότερα από το σημερινό και η ακτογραμμή απείχε περί τα 1.850μ. από το Διμήνι.

Σημαντικό τμήμα της κοιλάδας έχει καλυφθεί από τη θάλασσα και η θέση της Πετρομαγούλας ήταν παραλιακή. Τρεις γεωτρήσεις που έγιναν πλησίον του χώρου της ανασκαφής έδειξαν ότι κατ' αυτή την περίοδο, όπως και σε νεότερες, η Πετρομαγούλα ήταν πολύ κοντά στην ακτή. Μάλιστα η ακτογραμμή ήταν επί ασβεστολίθου και πιθανόν να σχηματιζόταν μια μικρή χαμηλή χερσόνησος επί του ασβεστολιθικού εξάρματος. Στην βορειοδυτική περιοχή των Πευκακίων η θάλασσα εισχωρούσε εσωτερικότερα και σχημάτιζε μικρό υπήνεμο όρμο, όπως έδειξαν και έντεκα γεωτρήσεις (οκτώ χερσαίες και τρεις υποθαλάσσιες). Αντίθετα, στην ανατολική περιοχή η ακτογραμμή βρισκόταν πιο έξω σε σχέση με τη σημερινή ενώ στην περιοχή των Αλυκών σχηματιζόταν ένας μικρός κόλπος διαστάσεων 250x100μ. περίπου.

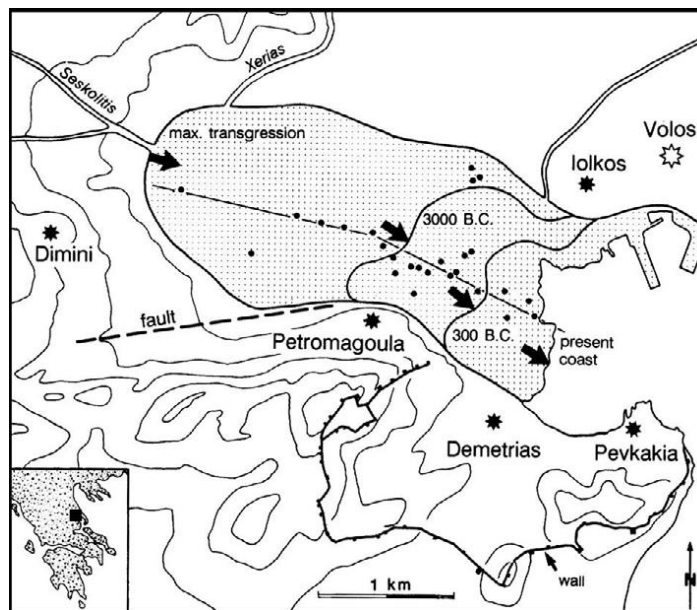
Το μοντέλο αυτό δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις με το αντίστοιχο που παρουσιάζει ο Finke για πριν 4.500 χρόνια, αν και η παρουσίασή του είναι πολύ γενική.

Προς το τέλος της περιόδου η ανθρώπινη παρουσία και παρέμβαση γίνεται περισσότερο εμφανής μέσω της κτηνοτροφίας και μέσω της αύξησης καλλιέργειας των δημητριακών στην χλωρίδα της περιοχής. Σε όλη τη διάρκεια της Τελικής Νεολιθικής περιόδου η κατάσταση θα παραμείνει σταθερή (Bottema 1988). Στην παράκτια ζώνη υπάρχει πλέον ένα εκτεταμένο υφάλμυρο έλος. Στο τέλος της Τελικής Νεολιθικής περιόδου τα δάση αρχίζουν και λιγοστεύουν λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας και εκμετάλλευσης (Bottema 1994).

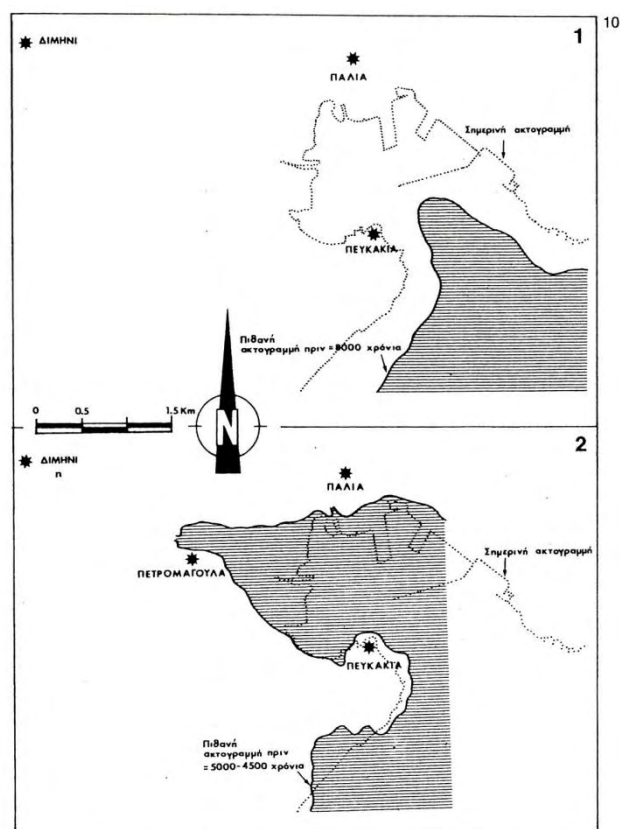
Από το 3.000 π.Χ. και μετά παρατηρούνται αλλαγές στο τοπίο που οφείλονται στη διάβρωση του υψιπέδου. Επιπλέον, η επίδραση του ανθρώπου στο περιβάλλον είναι συνεχής και εντατικότερη με αποτέλεσμα μέχρι και το 1.500 π.Χ. να παρατηρείται μία συνεχής μείωση του δάσους της βελανιδιάς στα ανατολικά της πεδιάδας του Αλμυρού. Στο δυτικό κομμάτι το δάσος βελανιδιάς εξακολουθεί να υπάρχει, μετά από δείγματα γύρης που συλλέχτηκαν από της λίμνες των Ζερελίων (Μουνδρέα-Αγραφιώτη). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι μέχρι και σήμερα, δίπλα στην πόλη του Αλμυρού, σώζεται μία έκταση 1.150 στρεμμάτων, το λεγόμενο δάσος Κουρί, το οποίο αποτελείται από δέντρα βελανιδιάς που πιθανότατα να αποτελεί κατάλοιπο από την προϊστορική περίοδο, κατά την οποία όλη η πεδιάδα του Αλμυρού καλύπτονταν από δέντρα βελανιδιάς (Κιάκου 2011).



Εικόνα 2.9 Η περιοχή του Βόλου-Διμηνίου. Η παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της ακτογραμμής και η οικιστική εξέλιξη στην περιοχή στα τελευταία 7.000 χρόνια (Finke 1984). Η μετακίνηση των οικισμών φαίνεται να ακολουθεί τη μετατόπιση της ακτογραμμής.



Εικόνα 2.10 Η εξέλιξη του κόλπου του Βόλου (Zangger 1991).



Εικόνα 2.11 Η διαχρονική μεταβολή του κόλπου του Βόλου κατά τη Μέση Νεολιθική περίοδο μέχρι την Πρωτοελλαδική περίοδο (Καμπούρογλου 1994).

2.3.3. Οι νεολιθικοί οικισμοί της Μαγνησίας

Η ανασύνθεση της Νεολιθικής περιόδου στηρίζεται αρκετά στις μεγάλες ανασκαφές του τέλους του 19ου αιώνα και των αρχών του 20ού, κυρίως στο Διμήνι και το Σέσκλο από τον Χρ. Τσουντα. Και οι δύο θέσεις ανασκάφηκαν εκ νέου μεταπολεμικά. Το Σέσκλο από τη δεκαετία του 1950 έως το 1980 από τον Δ.Ρ. Θεοχάρη και μετά από τον Κ. Κωτσάκη, ενώ το Διμήνι τη δεκαετία του 1970 από τον Γ.Χ. Χουρμουζιάδη. Η θέση του Σέσκλου είναι σημαντική γιατί το ένα τμήμα του έχει τη μορφή μαγούλας, ενώ το υπόλοιπο εκτείνεται γύρω από τη μαγούλα σε ένα επίπεδο. Έχει δηλαδή τα χαρακτηριστικά ενός εκτεταμένου οικισμού, που δημιουργείται από τη μετατόπιση των κτισμάτων στο χώρο, σε αντίθεση με τους γηλόφους που δημιουργούνται επειδή τα κτίσματα κτίζονται το ένα πάνω στα ερείπια του άλλου. Πολυάριθμες είναι επίσης οι προϊστορικές θέσεις στην ευρύτερη περιοχή του Παγασητικού και στις διαβάσεις προς την πεδιάδα της Λάρισας και των Φαρσάλων - Καρδίτσας.

Τη δεκαετία του 1990 και στις αρχές του 21ου αιώνα ανασκάφηκαν και πάλι σημαντικές θέσεις, με την ευκαιρία μεγάλων δημοσίων έργων (κατασκευή εθνικών και επαρχιακών οδών κ.ά.). Τέτοιες θέσεις είναι η Παλιόσκαλα (στην όχθη της αποξηραμένης λίμνης Κάρλας, με μεγάλες ομοιότητες με το Διμήνι), η Μάνδρα (στην οποία ανασκάφηκε περίβολος αλλά και τάφος) και το Μακρυχώρι (και πάλι με τάφο).

Η Νεολιθική περίοδος αποτελεί την πρώτη φάση κατοίκησης της πεδιάδας του Αλμυρού. Οι προϊστορικοί κάτοικοι της πεδιάδας ήδη από τις πρώτες φάσεις της Νεολιθικής περιόδου, ιδρύουν οικισμούς οι οποίοι βρίσκονται σε απόλυτη συνάρτηση με το περιβάλλον. Σύμφωνα με τον Τσουντα (Τσουντας 1908), στον πρώτο κατάλογο νεολιθικών θέσεων της Θεσσαλίας αναφέρονται πέντε νεολιθικές θέσεις από την ευρύτερη περιοχή του Αλμυρού. Τρεις από αυτές τις θέσεις (Πύρασος, Ζερέλια και Αϊδινιώτικη μαγούλα) αποτελούν ψηλούς γηλόφους ορατούς από μακριά, ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο για τις θέσεις (Καρατσανταγλί και Νταουτζά-Παλιοχώρι) όπου το τοπίο είναι γενικά λοφώδες. Την περιοχή μελέτησαν συστηματικά οι Wace και

Thompson (Wace & Thompson 1912), οι οποίοι αφενός εμπλούτισαν τον κατάλογό τους με έξι επιπλέον θέσεις (Αλμυριώτικη μαγούλα, Αλμυρός 2, θέση κοντά στο μύλο του Βαΐτση, θέση στην ακρόπολη Φθιωτίδων Θηβών, Φυλάκη και μαγούλα Σούρπης) και αφετέρου προχώρησαν σε ανασκαφική έρευνα στα Ζερέλια. Την ίδια περίπου εποχή ο Αρβανιτόπουλος διεξήγαγε ανασκαφές στην ακρόπολη των Φθιωτίδων Θηβών (Αρβανιτόπουλος 1907 & 1908). Αρκετά αργότερα, το 1956 ο Δ.Ρ. Θεοχάρης πραγματοποίησε δοκιμαστικές ανασκαφικές τομές στην Πύρασο (Ν. Αγχίαλος) (Θεοχάρης 1959, 29-68 & 1962, 170).

Στην ακρόπολη των Φθιωτίδων Θηβών πραγματοποιήθηκαν και πάλι ανασκαφές το 1994 (Βουζαξάκης 1997). Με αφορμή τεχνικών έργων της εθνικής οδού Αθηνών – Θεσσαλονίκης από το 1998 έως το 2001 εντοπίστηκαν και ανασκάφησαν τέσσερις νέες θέσεις της Νεολιθικής περιόδου: Ένας οικισμός της Τελικής Νεολιθικής περιόδου στον κόμβο των Μικροθηβών (Αδρύμη - Σισμάνη 2005), η μαγούλα Μπελίτσι επίσης στον κόμβο Μικροθηβών (Vouzazakis 2001), η θέση Καμάρα νοτιότερα (Ροντήρη 2005) και η θέση Πουρναρόλακκα (Καλογιάννη *et al.* 2007). Στο πλαίσιο των επιφανειακών ερευνών στο νότιο τμήμα της περιοχής από το Ολλανδικό Ινστιτούτο (Reinders 2004), έχουν περισυλλεγεί και μελετηθεί αντικείμενα από τις μαγούλες Καρατσάνταγλι (Reinders *et al.* 1997), Ζερέλια (Wijnen & Rondiri 2004, 22-23), Αλμυρός 2 (Αμπέλια) (Wijnen & Rondiri 2004, 24-38) και Βουλοκαλύβα θέση 1994/16 (Reinders 2004, 39-40). Τέλος, από το 2006 πραγματοποιούνται ανασκαφικές έρευνες στη μαγούλα Ζερέλια από το Τμήμα Ιστορίας, Αρχαιολογίας και Κοινωνικής Ανθρωπολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με επιστημονική υπεύθυνη την καθηγήτρια Ελένη Αντίκλεια Μουνδρέα – Αγραφιώτη σε συνεργασία με την ΙΓ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων (Αρχαιολογική ανασκαφή στη Μαγούλα Ζερέλια 2015).

Στο παράρτημα της παρούσας διατριβής παρατίθενται με αλφαβητική σειρά οι Νεολιθικοί οικισμοί του Νομού Μαγνησίας και η αντίστοιχη βιβλιογραφία τους κατά χρονολογική σειρά (Ατλας Προϊστορικών Οικισμών Νομού Μαγνησίας 2016, IGEAN 2016).

3. ΚΛΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ

3.1. Εισαγωγή

Η ανάγκη τεκμηρίωσης της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς καθώς και η αποτύπωση της ανθρώπινης δραστηριότητας του παρελθόντος στη γη, είναι επιτακτική εξαιτίας των κινδύνων που διατρέχουν από τις φυσικές και ανθρωπογενείς καταστροφές, από την εκτεταμένη καταπάτηση των φυσικών πόρων καθώς και από τις αλλαγές που αυτές υφίστανται από τα ιστορικά και πολιτισμικά γεγονότα κάθε χώρας. Όπως αναφέρθηκε στο πρώτο κεφάλαιο, σύμφωνα με τη συνθήκη της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO (UNESCO's World Heritage Convention 1972), ως πολιτιστική κληρονομιά ορίζονται τα μνημεία, τα ιστορικά κτιριακά σύνολα και οι χώροι ανεκτίμητης παγκόσμιας αξίας από ιστορικής, εθνολογικής, καλλιτεχνικής και επιστημονικής άποψης. Η τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελείται από ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων που περιλαμβάνει την απόκτηση και ανάκτηση δεδομένων, την καταγραφή μεθοδολογιών μοντελοποίησης και απεικόνισης και τη διαχείριση και διάχυση της πληροφορίας βάσει της εξελιγμένης τεχνολογίας. Αυτό οδηγεί στην ανάγκη μιας διεπιστημονικής προσέγγισης και στη χρήση διαφόρων μεθοδολογιών. Αν και η τεκμηρίωση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς απαιτεί μια εις βάθος γνώση πολλών θεματικών πεδίων, η ακριβής γεωμετρική τεκμηρίωση αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά και αναντικατάστατα μέρη, όχι μόνον όσον αφορά θέματα ανακαίνισης και αποκατάστασής τους αλλά και της προστασίας τους μέσα στο χρόνο (Moysiadis 2011). Η γεωμετρική τεκμηρίωση περιλαμβάνει μία σειρά κλασικών και σύγχρονων τοπογραφικών μεθοδολογιών οι οποίες και αναλύονται στο κεφάλαιο αυτό, με κριτήρια την ακρίβεια που αυτές παρέχουν, τον διατιθέμενο εξοπλισμό και την συμπληρωματικότητα μεταξύ τους. Συγκεκριμένα πρόκειται για τη συμβατική τοπογραφία, την εναέρια/επίγεια φωτογραμμετρία, την εναέρια/επίγεια σάρωση με laser και τα δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσης.

Διεθνείς οργανισμοί και επιτροπές όπως ο Εκπαιδευτικός Επιστημονικός και Πολιτιστικός Οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών – United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation (UNESCO) (UNESCO 2014), το Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών – International Council on Monument and Sites (ICOMOS) (ICOMOS 2014) και η Διεθνής Επιστημονική Επιτροπή για την Τεκμηρίωση της Πολιτιστικής Κληρονομιάς – International Committee for Documentation of Cultural Heritage (CIPA) (CIPA 2014) σε συνεργασία με τη Διεθνή Ένωση Φωτογραμμετρίας και Τηλεπισκόπησης – International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) (ISPRS 2014), εργάζονται συστηματικά προς την κατεύθυνση αυτή, προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα διεθνών συνεδρίων, ερευνητικών προγραμμάτων, τεχνικών εκθέσεων και επιστημονικών δημοσιεύσεων.

Σύμφωνα με το άρθρο 1 της συνθήκης για την Παγκόσμια Πολιτιστική Κληρονομιά (UNESCO's World Heritage Convention 1972), κατά την δέκατη έβδομη συνεδρίαση της γενικής συνέλευσης της UNESCO στο Παρίσι το 1972, ο όρος πολιτιστική κληρονομιά περιλαμβάνει τα μνημεία στα οποία ανήκουν τα αρχιτεκτονικά έργα, η μνημειακή γλυπτική και η ζωγραφική, τα στοιχεία ή οι αρχιτεκτονικές δομές αρχαιολογικού ενδιαφέροντος ακόμη και οι επιγραφές ή οι κατοικίες των σπηλαίων. Τα ιστορικά κτιριακά σύνολα περιλαμβάνουν μεμονωμένα κτίρια ή ομάδες κτιρίων σε σειρά μεγάλου αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος, ενώ οι χώροι περιλαμβάνουν ανθρωπογενείς κατασκευές ή φυσικές περιοχές όπως οι αρχαιολογικοί χώροι και οι προστατευόμενες φυσικές περιοχές αντιστοίχως. Η γεωμετρική τεκμηρίωση των μνημείων αυτών επιβάλλει την καταγραφή της θέσης τους στον χώρο και του ακριβούς σχήματος και των διαστάσεων τους, γεγονός που αποτελεί αντικείμενο της έρευνας με τη χρήση του κατάλληλου υλικοτεχνικού εξοπλισμού και της βέλτιστης μεθοδολογίας. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα μεθοδολογιών για την απόκτηση τρισδιάστατης πληροφορίας, το οποίο χαρακτηρίζεται από το είδος των μετρήσεων, την κλίμακα απόδοσης, το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του αντικειμένου που αποτυπώνεται, καθώς και από τον διαθέσιμο προϋπολογισμό. Αυτό περιλαμβάνει τη συμβατική τοπογραφία, την εναέρια/επίγεια φωτογραμμετρία, την εναέρια/επίγεια σάρωση με laser και τα δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσης.

3.1.1. Κλασική τοπογραφική αποτύπωση

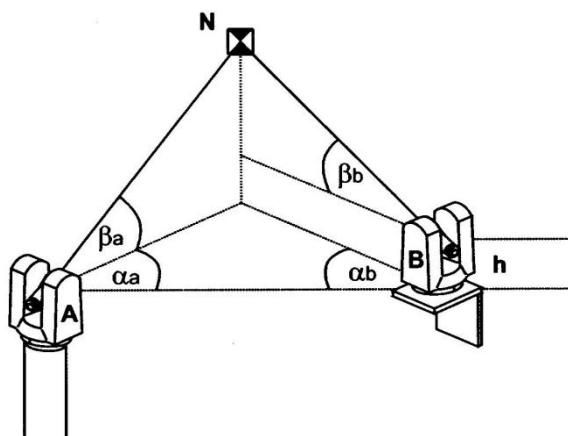
Η αρχαιολογία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην έρευνα πεδίου και στην αρχαιολογική ανασκαφή. Στο πλαίσιο αυτό, είναι απαραίτητη η εκπόνηση τοπογραφικών διαγραμμάτων που συνεχίζουν να ενημερώνονται καθ' όλη τη διάρκεια της ανασκαφής. Έτσι κρίνεται επιτακτική ανάγκη η ακριβής αποτύπωση των ευρημάτων σε κάθε φάση της ανασκαφής διότι καθώς αυτή εκτείνεται σε διαφορετικά βάθη, ενδέχεται να οδηγήσει στην καταστροφή των υπερκείμενων ευρημάτων. Για τον λόγο αυτόν οι διάφορές τους και η αξιόπιστη σύνδεση μεταξύ τους πρέπει να αποτυπωθούν.

Η αρχιτεκτονική ως συνδράμουσα επιστήμη στην αρχαιολογία καθιστά αναγκαία την αποτύπωση των μνημείων που καταγράφηκαν και την πρόταση αποκατάστασής των. Η ανάγκη για ακριβή σχέδια κατόψεων, τομών και όψεων είναι προφανής, είτε αυτά συνοδεύουν μια έκθεση αναφοράς, είτε αποτελούν μέρος της περιγραφής του μνημείου, είτε του ευρύτερου χώρου (Hogg 1980).

Στο παρελθόν, η αποτύπωση κτιρίων και μνημείων πραγματοποιείτο στο σύνολό της με τη χρήση της μετροταινίας, του νήματος στάθμης και του αλφαδιού και βάσει των αρχών της παραστατικής γεωμετρίας, χωρίς καμία ή ελάχιστη πρότερη μαθηματική γνώση (Chitham 1980). Ακόμα και σήμερα, υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός επιστημόνων, κυρίως αρχιτεκτόνων, οι οποίοι χρησιμοποιούν την ίδια μεθοδολογία. Η μεθοδολογία αυτή περιλαμβάνει τα λεπτομερή σκαριφήματα, τις σημειώσεις και τις μετρήσεις, με τα οποία ο μελετητής έρχεται σε άμεση επαφή με το μνημείο. Στη συνέχεια σχεδιάζει και μετρά στο χώρο τη μορφή του, τόσο στις γενικές του αναλογίες, (με τη χρήση βελόνας σε ελεύθερο σχέδιο), όσο και στις λεπτομέρειές του (συνήθως με συνδυασμό μεθόδων όπως οι τριπλευρισμοί και οι καρτεσιανές συντεταγμένες). Ακολουθεί η απόδοση, δηλαδή το τελικό προϊόν της αποτύπωσης που υλοποιείται βάσει των μετρήσεων της προηγούμενης φάσης, και που έχει ως σκοπό την απεικόνιση του μνημείου ή του χώρου υπό κλίμακα και όσο το δυνατόν με μεγαλύτερη αντικειμενικότητα.

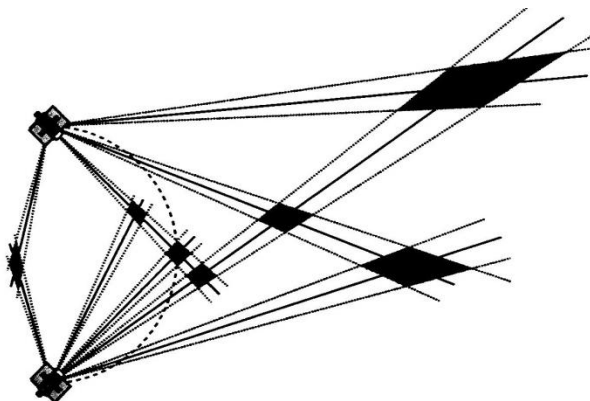
Σε αντίθεση η επιστήμη της τοπογραφίας παρέχει ολοκληρωμένες μεθοδολογίες μέτρησης μεγάλης ακριβείας, οι περισσότερες των οποίων γίνονται χωρίς φυσική επαφή με το μνημείο ή τον χώρο. Το γεγονός αυτό συμβάλλει σημαντικά στην αποτύπωση μη προσβάσιμων σημείων, στην αποφυγή ατυχημάτων και στην πρόληψη ζημιών του ιδίου του μνημείου. Η επεξεργασία του βασίζεται σε μετρήσεις αποστάσεων, οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών από άλλα σταθερά σημεία (στάσεις), με τη χρήση ψηφιακών γεωδαιτικών σταθμών, καταλήγει στην οριζοντιογραφική και υψομετρική πληροφορία, και κατ' επέκταση στη δημιουργία κατόψεων, ανόψεων, τομών και όψεων. Οι ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθοδολογίες σε τέτοιες εφαρμογές είναι η εμπροσθοτομία και η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων όπως περιγράφονται παρακάτω.

Η απλή εμπροσθοτομία χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό συντεταγμένων απροσίτων σημείων με μεγάλη ακρίβεια, όπως επίσης, σημείων τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως σημεία ελέγχου (φωτοσταθερά) στη φωτογραμμετρική αποτύπωση. Η απλή εμπροσθοτομία περιλαμβάνει τη μέτρηση οριζοντίων και κατακορύφων γωνιών από δύο διαφορετικά σταθερά σημεία (Α και Β), για τον υπολογισμό των τρισδιάστατων συντεταγμένων σημείου Ν, (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1 Η μέθοδος της απλής εμπροσθοτομίας για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων του σημείου Ν (Axyz manual 2002).

Η επιλογή των θέσεων των σταθερών σημείων ως προς το σημείο που πρόκειται να αποτυπωθεί, καθορίζει έως έναν βαθμό, το μέγεθος του σφάλματος στον προσδιορισμό του (Σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.2 Το μέγεθος του σφάλματος στον προσδιορισμό του σημείου αποτύπωσης, με τη μέθοδο της απλής εμπροσθοτομίας (Axyz manual 2002).

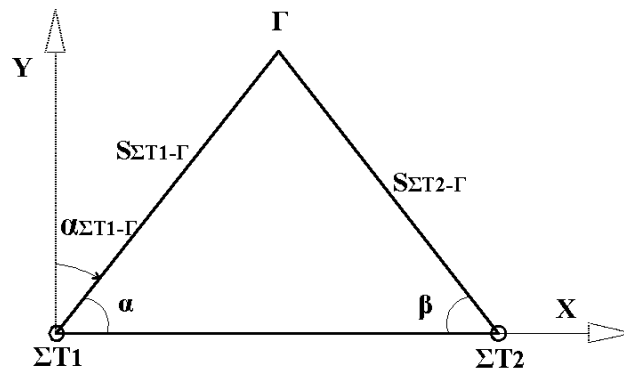
Η διπλή εμπροσθοτομία απαιτεί μετρήσεις από τρία διαφορετικά σταθερά σημεία για τον προσδιορισμό τρισδιάστατων συντεταγμένων σημείων. Αν και αυτή η μέθοδος παρέχει πιο ακριβή αποτελέσματα, απαιτεί ωστόσο ένα σημαντικό χρονικό διάστημα εργασιών πεδίου (Μωυσιάδης 2002).

Αναλυτικά, η αποτύπωση με τη μέθοδο της εμπροσθοτομίας για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων του σημείου Γ (Σχήμα 3.3), περιλαμβάνει τις παρακάτω εργασίες εδάφους και εκτελούνται οι ακόλουθες ενέργειες:

1. Μέτρηση της πλευράς μεταξύ των στάσεων (π.χ. $\Sigma\tau 1 - \Sigma\tau 2$) και των υψών οργάνου στις δύο στάσεις Y_{01} και Y_{02} .
2. Μηδενισμός της οριζόντιας γωνίας από τη $\Sigma\tau 1$ στη $\Sigma\tau 2$ και από τη $\Sigma\tau 2$ στη $\Sigma\tau 1$.
3. Μέτρηση κατακόρυφων γωνιών $Z_{\Sigma\tau 1 \Sigma\tau 2}$ και $Z_{\Sigma\tau 2 \Sigma\tau 1}$.
4. Μέτρηση οριζοντίων και κατακόρυφων γωνιών στα σημεία αποτύπωσης από τις δύο στάσεις.

Εργασίες γραφείου με τους ακόλουθους υπολογισμούς:

1. των συντεταγμένων X, Y, Z της $\Sigma\tau 1$.
2. της γωνία διεύθυνσης $\alpha_{\Sigma\tau 1-\Sigma\tau 2}$ (π.χ. 100).
3. των συντεταγμένων X, Y της $\Sigma\tau 2$.
4. του υψομέτρου της $\Sigma\tau 2$.
5. των συντεταγμένων του σημείου Γ .



Σχήμα 3.3 Η μέθοδος της απλής εμπροσθοτομίας για τον προσδιορισμό του σημείου Γ (Μωυσιάδης 2010).

Για τον υπολογισμό των συντεταγμένων της στάσης 2, από το 1ο Θεμελιώδες Πρόβλημα της Τοπογραφίας έχουμε:

$$X_{\Sigma\tau 2} = X_{\Sigma\tau 1} + S_{\Sigma\tau 1-\Sigma\tau 2} * \sin \alpha_{\Sigma\tau 1-\Sigma\tau 2}$$

$$Y_{\Sigma\tau 2} = Y_{\Sigma\tau 1} + S_{\Sigma\tau 1-\Sigma\tau 2} * \cos \alpha_{\Sigma\tau 1-\Sigma\tau 2}$$

Για τον υπολογισμό του υψομέτρου της στάσης 2 έχουμε:

$$\Delta h_{\Sigma\tau 2-\Gamma} = \frac{S_{\Sigma\tau 1-\Sigma\tau 2}}{\tan Z_{\Sigma\tau 1-\Sigma\tau 2}} + Y_O - Y_\sigma$$

$$Z_{\Sigma\tau 2} = Z_{\Sigma\tau 1} \pm \Delta h_{\Sigma\tau 2-\Gamma}$$

Για επαλήθευση μπορεί να γίνει η ίδια διαδικασία με αρχή τη στάση 2, και με αρχική γωνία διεύθυνσης 300grad, οπότε θα πρέπει να πάρουμε σαν αποτέλεσμα τις συντεταγμένες της στάσης 1.

Για τον υπολογισμό των συντεταγμένων του σημείου Γ έχουμε:

Στη Στάση 1:

Αζιμούθιο $a_{\Sigma\tau 1-\Gamma} = 100 - \alpha$ και απόσταση $S_{\Sigma\tau 1-\Gamma} = S_{\Sigma\tau 1-\Sigma\tau 2} \frac{\sin\beta}{\sin(\alpha + \beta)}$

Οι συντεταγμένες X, Y του σημείου Γ υπολογίζονται:

$$X_{\Gamma} = X_{\Sigma\tau 1} + S_{\Sigma\tau 1-\Gamma} * \sin a_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$$

$$Y_{\Gamma} = Y_{\Sigma\tau 1} + S_{\Sigma\tau 1-\Gamma} * \cos a_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$$

Στη Στάση 2:

Αζιμούθιο $a_{\Sigma\tau 2-\Gamma} = 300 + \beta$ και απόσταση $S_{\Sigma\tau 2-\Gamma} = S_{\Sigma\tau 1-\Sigma\tau 2} \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$

Οι συντεταγμένες X, Y του σημείου Γ υπολογίζονται:

$$X_{\Gamma} = X_{\Sigma\tau 2} + S_{\Sigma\tau 2-\Gamma} * \sin a_{\Sigma\tau 2-\Gamma}$$

$$Y_{\Gamma} = Y_{\Sigma\tau 2} + S_{\Sigma\tau 2-\Gamma} * \cos a_{\Sigma\tau 2-\Gamma}$$

Για τον υπολογισμό του υψομέτρου του σημείου Γ έχουμε:

$$Z'_{\Gamma} = Z_{\Sigma\tau 1} + Y_{O_{\Sigma\tau 1}} + \frac{S_{\Sigma\tau 1-\Gamma}}{\tan(Z_{\Sigma\tau 1-\Gamma})}$$

$$Z''_{\Gamma} = Z_{\Sigma\tau 2} + Y_{O_{\Sigma\tau 2}} + \frac{S_{\Sigma\tau 2-\Gamma}}{\tan(Z_{\Sigma\tau 2-\Gamma})}$$

Ο μέσος όρος δίνει το τελικό υψόμετρο.

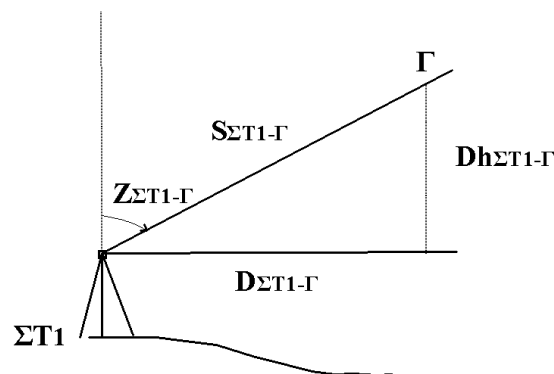
Στην περίπτωση των αντικατοπτρικών ταχυμέτρων με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων (μετρήσεις οριζόντιας/κατακόρυφης γωνίας και απόστασης) υπολογίζονται οι τρισδιάστατες συντεταγμένες του σημείου που πρόκειται να αποτυπωθεί, χωρίς απαραίτητη προϋπόθεση της φυσικής επαφής με το μνημείο. Σε περίπτωση μη οπτικής επαφής ή εμποδίων μεταξύ της θέσης που λαμβάνονται οι μετρήσεις και του μνημείου, κρίνεται σκόπιμο να ληφθούν οι μετρήσεις με τη χρήση της μετροταινίας.

Αναλυτικά, η αποτύπωση με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων για τον προσδιορισμό του σημείου Γ (Σχήμα 3.4), περιλαμβάνει τις παρακάτω εργασίες εδάφους και εκτελούνται οι ακόλουθες ενέργειες:

1. Μηδενισμός της οριζόντιας γωνίας από τη στάση μέτρησης (π.χ. $\Sigma\tau 1$) στην προηγούμενη ή στην επόμενη στάση σκόπευσης (π.χ. $\Sigma\tau 2$) και μέτρηση του ύψους οργάνου στη $\Sigma\tau 1$.
2. Μέτρηση των κεκλιμένων αποστάσεων από τη στάση μέτρησης στα σημεία αποτύπωσης με το αντικατοπτρικό ταχύμετρο ($S_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$). Σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας αντικατοπτρικού ταχυμέτρου η μέτρηση της απόστασης γίνεται με τη χρήση της μετροταινίας.
3. Μέτρηση οριζοντίων και κατακόρυφων γωνιών από τη στάση μέτρησης $\Sigma\tau 1$ στα σημεία αποτύπωσης.

Εργασίες γραφείου με τους ακόλουθους υπολογισμούς:

1. των συντεταγμένων X, Y, Z της $\Sigma\tau 1$.
2. της οριζόντιας απόστασης και υψομετρικής διαφοράς μεταξύ της στάσης και του σημείου αποτύπωσης.
3. των συντεταγμένων του σημείου Γ .



Σχήμα 3.4 Η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων για τον προσδιορισμό του σημείου Γ (Μωυσιάδης 2010).

Η οριζόντια απόσταση και η υψομετρική διαφορά μεταξύ της στάσης και του σημείου αποτύπωσης υπολογίζεται ως εξής:

$$D_{\Sigma\tau 1-\Gamma} = S_{\Sigma\tau 1-\Gamma} * \sin Z_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$$

$$Dh_{\Sigma\tau 1-\Gamma} = S_{\Sigma\tau 1-\Gamma} * \cos Z_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$$

Όπου: $Z_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$: κατακόρυφη γωνία

$S_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$: κεκλιμένη απόσταση

$D_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$: οριζόντια απόσταση

$Dh_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$: υψομετρική διαφορά

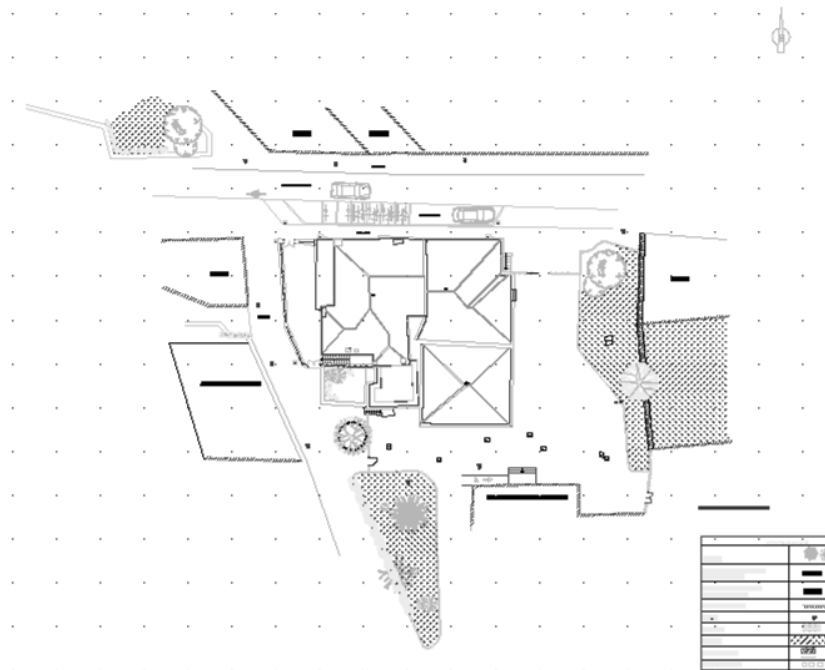
Οι συντεταγμένες του σημείου Γ υπολογίζονται ως εξής:

$$X_{\Gamma} = X_{\Sigma\tau 1} + D_{\Sigma\tau 1-\Gamma} * \sin a_{\Sigma\tau 1-\Gamma} = X_{\Sigma\tau 1} + S_{\Sigma\tau 1-\Gamma} * \sin Z_{\Sigma\tau 1-\Gamma} * \sin a_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$$

$$Y_{\Gamma} = Y_{\Sigma\tau 1} + D_{\Sigma\tau 1-\Gamma} * \cos a_{\Sigma\tau 1-\Gamma} = X_{\Sigma\tau 1} + S_{\Sigma\tau 1-\Gamma} * \sin Z_{\Sigma\tau 1-\Gamma} * \cos a_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$$

$$Z_{\Gamma} = Z_{\Sigma\tau 1} + Y_{\Sigma\tau 1} + S_{\Sigma\tau 1-\Gamma} * \cos Z_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$$

Όπου $a_{\Sigma\tau 1-\Gamma}$ είναι το αζιμούθιο όπως προκύπτει από την μέτρηση της οριζόντιας γωνίας.



Εικόνα 3.1 Τοπογραφική αποτύπωση ιστορικού κτιρίου και του περιβάλλοντος χώρου.



Εικόνα 3.2 Τοπογραφική αποτύπωση του περιβάλλοντος χώρου του πύργου Χειμάρρου Νάξου (Αστρολάβος 2012).

3.1.2. Δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσης

Τα δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσης είναι από τις πλέον σύγχρονες μεθόδους αποτύπωσης για τον γρήγορο και ακριβή προσδιορισμό συντεταγμένων σημείων. Βασίζεται σε ένα «πλέγμα» κάλυψης τεχνητών δορυφόρων της Γης, του οποίου οι δορυφόροι εκπέμπουν σήματα - πληροφορίες θέσης στους χρήστες. Οι δέκτες λαμβάνουν τα σήματα της ακριβούς θέσης από τους δορυφόρους ενός σημείου, του υψομέτρου του, της ταχύτητας και της κατεύθυνσης της κίνησής του. Επίσης, σε

συνδυασμό με ειδικό λογισμικό χαρτογράφησης απεικονίζουν γραφικά τις πληροφορίες αυτές.

Η λειτουργία των συστημάτων αυτών βασίζεται στη λήψη των σημάτων από τους δορυφόρους οι οποίοι είναι ορατοί, προσδιορίζοντας εκ των προτέρων τη χρονική στιγμή καταγραφής του σήματος και της θέσης του δορυφόρου. Η απόσταση υπολογίζεται βάσει του παραπάνω χρόνου και της ταχύτητας του φωτός:

$$d = t * v$$

Όπου: d : απόσταση δορυφόρου-δέκτη

t : χρόνος

v : ταχύτητα του φωτός

Η απόσταση αυτή δεν είναι αληθινή αλλά μια «ψευδοαπόσταση» γιατί υπάρχουν σφάλματα. Με την ταυτόχρονη μέτρηση τεσσάρων «ψευδοαποστάσεων» προς τέσσερις δορυφόρους και της τομής των ακτινικών αποστάσεων τους υπολογίζεται η θέση του δέκτη στο σύστημα αναφοράς (π.χ. ΕΓΣΑ '87) του συστήματος προσδιορισμού θέσης/Global Positioning System (Guochang 2007). Για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου στο χώρο απαιτούνται μετρήσεις αποστάσεων από 3 σημεία γνωστών συντεταγμένων. Συνεπώς αρκούν 3 δορυφόροι για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου. Ο λόγος όμως που απαιτούνται 4 δορυφόροι (αποστάσεις) είναι για να προσδιοριστεί η διαφορά ανάμεσα στην ένδειξη του χρονομέτρου του χρήστη και την ένδειξη του χρονομέτρου του δορυφόρου. Λόγω αυτού του σφάλματος χρησιμοποιείται και ο όρος «ψευδοαπόσταση» (Βέργος και Κατσουγιαννόπουλος 2004). Η μέτρηση της απόστασης του δέκτη από τον δορυφόρο μπορεί να οφείλεται σε: σφάλματα τροχιάς, ατμοσφαιρικά σφάλματα, χρονικά σφάλματα, ανακλώμενα λανθασμένα σήματα (Guochang 2007), όπως επίσης και από την απόκλιση της ακρίβειας των μετρήσεων από την πυκνή βλάστηση.

Για θέματα οριοθέτησης αρχαιολογικών χώρων, τα συστήματα προσδιορισμού θέσης είναι τα πλέον διαδεδομένα. Η οριοθέτηση γίνεται άμεσα αλλά και αξιόπιστα συγκρινόμενη με άλλες τοπογραφικές μεθόδους. Ενώ η τοπογραφία απαιτεί οπτική επαφή μεταξύ των σταθερών σημείων και τη δημιουργία όδευσης μεταξύ τριγωνομετρικών σημείων και στάσεων για τη γεωαναφορά των συντεταγμένων, με τη

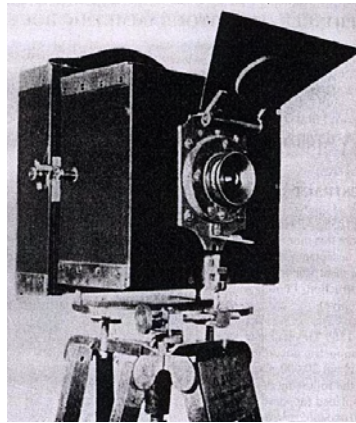
χρήση των δορυφορικών συστημάτων προσδιορισμού θέσης η διαδικασία γίνεται άμεσα με τη μόνη προϋπόθεση η κεραία να «βλέπει» προς τον ουρανό.

Τα συστήματα προσδιορισμού θέσης προσδιορίζουν τη θέση σημείων για σκοπούς πλοήγησης, χαρτογράφησης και αποτύπωσης, με ακρίβεια από μέτρα έως λίγα εκατοστά ή και χιλιοστά, ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται και την ακρίβεια των δεκτών. Η απόλυτη ακρίβεια για σκοπούς πλοήγησης κυμαίνεται στα 5-10μ. και ενδείκνυται για τον εντοπισμό σε χάρτη. Ωστόσο, για την αποτύπωση μνημείων η παραπάνω ακρίβεια δεν είναι αποδεκτή. Για σκοπούς χαρτογράφησης η απόλυτη ακρίβεια κυμαίνεται γύρω στο 1μ. που αντιστοιχεί σε χάρτες κλίμακας 1:25.000. Για σκοπούς αποτύπωσης η σχετική ακρίβεια κυμαίνεται στο εκατοστό.

Τα πιο γνωστά δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσης είναι το Αμερικάνικο Global Positioning System (GPS) (GPS 2015), το Ρωσικό GLObal NAvigation Satellite System (GLONASS) (GLONASS 2015), και το Ευρωπαϊκό GALILEO (GALILEO 2015), το οποίο θα έχει την μεγαλύτερη ακρίβεια από τα δύο προηγούμενα και αναμένεται σε πλήρη εφαρμογή πολύ άμεσα.

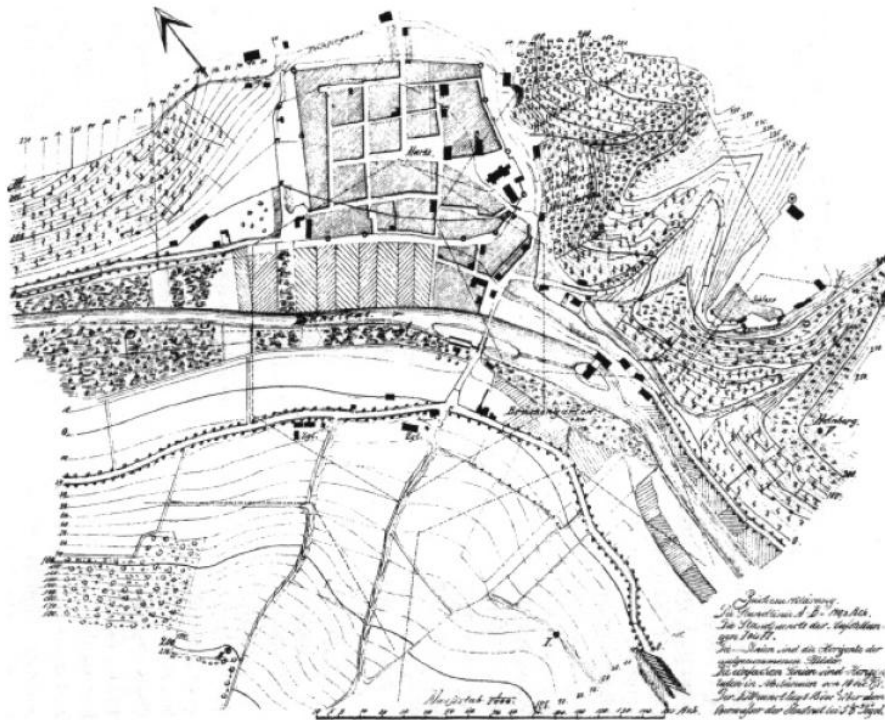
3.1.3. Φωτογραμμετρική αποτύπωση

Οι πρώτες μετρήσεις που έγιναν ποτέ για φωτογραμμετρικούς σκοπούς ήταν στα μέσα του 19ου αιώνα. Ήδη από το 1858, ο Γερμανός μηχανικός Albrecht Meydenbauer χρησιμοποίησε φωτογραφίες στη γεωμετρική τεκμηρίωση κτιρίων για να υποστηρίξει την αναγκαιότητα καταγραφής και αποτύπωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς σε περίπτωση καταστροφής (Albertz 2001).



Εικόνα 3.3 Η πρώτη φωτογραμμετρική μηχανή του Meydenbauer, κατασκευασμένη το 1867 για επίγειες εφαρμογές.

Από τότε έως στις μέρες μας, η φωτογραμμετρία παρέχει πληρότητα, ενιαία ακρίβεια, αξιοπιστία, υφή και τρισδιάστατη πληροφορία για εφαρμογές γεωμετρικής τεκμηρίωσης μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς (Dallas 1980, Streilein *et al.* 1992, ed. Baltsavias *et al.* 2006).

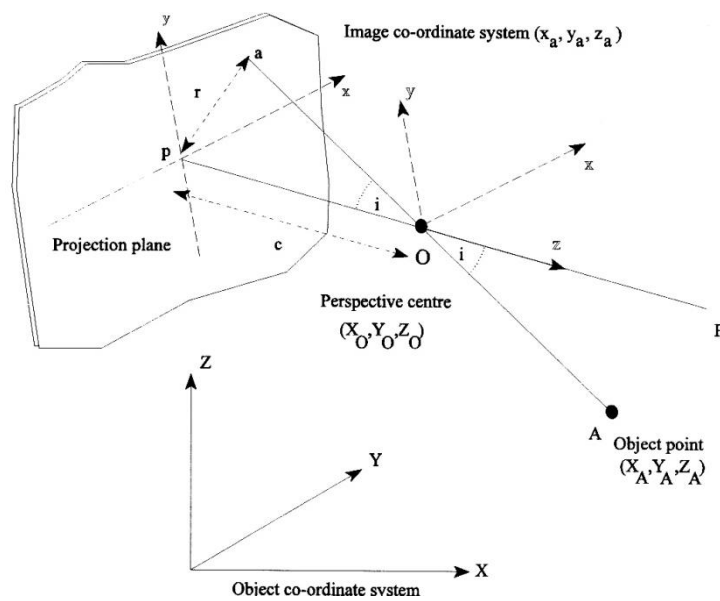


Εικόνα 3.4 Χάρτης του Freiburg (Unstrut) κατασκευασμένος με φωτογραμμετρικές μεθόδους το 1867.

Τα περισσότερα αναλογικά φωτογραμμετρικά όργανα που χρησιμοποιούσαν οπτικομηχανικά μέσα και είχαν σχεδιαστεί ειδικά για τη χρήση αεροφωτογραφιών, δεν έδιναν τη δυνατότητα χρησιμοποίησής τους για επίγειες φωτογραφίες, λόγω των περιορισμών των γωνιών προσανατολισμού και των εστιακών αποστάσεων (Kraus 1997, Mikhail, Bethel and McGlone 2001). Με τα φωτογραμμετρικά αναλυτικά όργανα όπου οι φωτογραμμετρικές διαδικασίες πραγματοποιούνται με υπολογιστικά μέσα (για πρώτη φορά χρησιμοποιούνται Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές/Η/Υ), η χρήση επίγειων φωτογραφιών έγινε πιο πρακτική και αποτελεσματική. Με τις εξελίξεις στην τεχνολογία και την εισαγωγή των ψηφιακών φωτογραμμετρικών σταθμών, ένας μεγάλος αριθμός τέτοιων συστημάτων χρησιμοποιεί ψηφιακές εικόνες του ορατού και μη εύρους του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, με τη χρήση κατάλληλου φωτογραμμετρικού λογισμικού (Dowman 2001, Mikhail, Bethel and McGlone 2001). Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η ψηφιακή φωτογραμμετρία είναι η επεξεργασία διαφορετικών τύπων εικόνων, οι εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο και η χρήση αυτόματων εξειδικευμένων αλγορίθμων για τον χωρικό προσδιορισμό χαρακτηριστικών (feature extraction), προσαρμογή εικόνων (image matching) κ.ά. (Clarke *et al.* 1995, Kraus 1997, Mikhail, Bethel and McGlone 2001, Baltsavias and Gruen 2006, Baltsavias *et al.* 2006, Robson and Shortis 2010, Hosseininaveh *et al.* 2012).

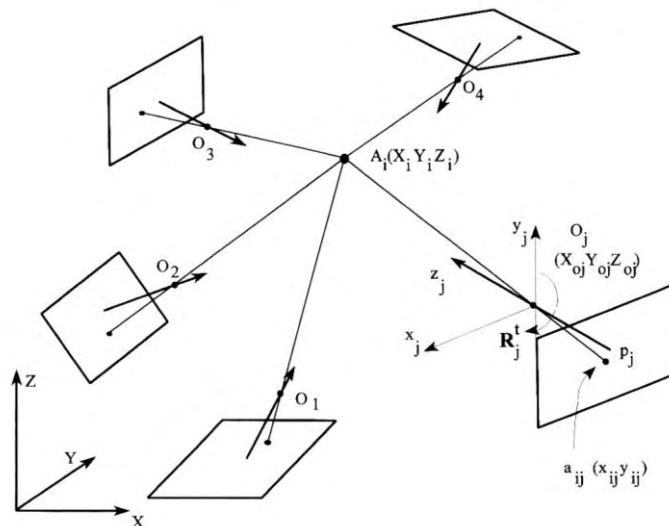
Από το παρελθόν έως τις μέρες σας έχουν αναπτυχθεί και αναπτύσσονται σύγχρονες φωτογραμμετρικές τεχνικές (Ogleby and Rivett 1985, ed. Karara 1989, Luhmann *et al.* 2006), η δε ψηφιακή φωτογραμμετρία με τη χρήση μη μετρητικών φωτογραμμετρικών μηχανών χρησιμοποιείται ευρέως (Patias, Stylianidis and Terzitanos 1998, Ogleby *et al.* 1999, Hanke 2004).

Η γεωμετρία της κεντρικής προβολής είναι η ίδια τόσο για την επίγεια όσο και για την εναέρια φωτογραμμετρία (Σχήμα 3.5).



Σχήμα 3.5 Η γεωμετρία της κεντρικής προβολής (Cooper and Robson 2001).

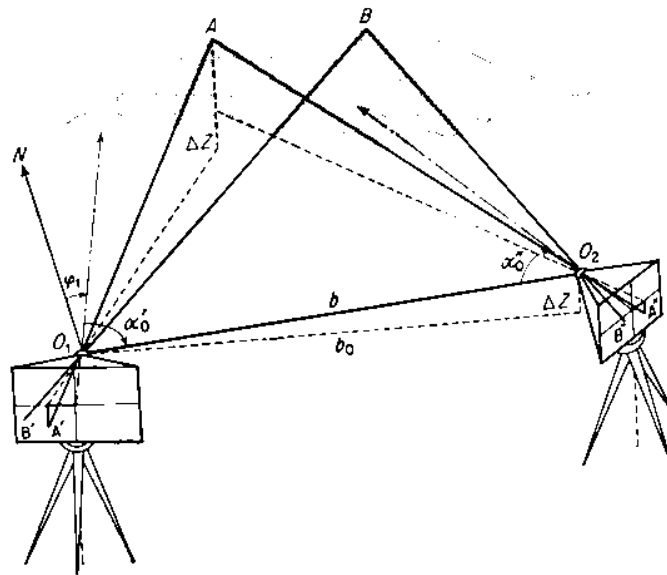
Ωστόσο, στις επίγειες εφαρμογές, οι θέσεις λήψης και ο προσανατολισμός των φωτογραφιών είναι λιγότερο κανονικοί ενώ η γεωμετρία εικόνας πολλαπλών σταθμών λήψης παρέχει μια ολοκληρωμένη τρισδιάστατη κάλυψη του αντικείμενου που αποτυπώνεται (Cooper and Robson 2001), (Σχήμα 3.6).



Σχήμα 3.6 Γεωμετρία εικόνας πολλαπλών σταθμών λήψης (Cooper and Robson 2001).

Η γενική μεθοδολογία για τον υπολογισμό των τρισδιάστατων συντεταγμένων σημείων (X, Y, Z) στο χώρο, από μετρήσεις σε στερεοζεύγος εικόνων, περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια (Μωυσιάδης 2010):

- Χρήση στερεοζεύγους εικόνων.
- Εσωτερικό προσανατολισμό (γεωμετρία φωτομηχανής και συστήματος των φακών).
- Βαθμονόμηση της φωτομηχανής.
- Εξωτερικό προσανατολισμό (φωτογραμμετρική οπισθοτομία).
- Υπολογισμό τρισδιάστατων συντεταγμένων σημείων (φωτογραμμετρική εμπροσθοτομία).



Σχήμα 3.7 Η αρχή της επίγειας φωτογραμμετρίας (Cassini).

Ο εσωτερικός προσανατολισμός περιγράφει την εσωτερική γεωμετρία της φωτομηχανής και τη διαστροφή του συστήματος των φακών. Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για την ανάπλαση της δέσμης των φωτεινών ακτίνων του αντικειμένου στο χώρο από τα αντίστοιχα σημεία της εικόνας. Οι παράμετροι του εσωτερικού

προσανατολισμού είναι η εστιακή απόσταση c , η θέση του κυρίου σημείου x_0, y_0 στο επίπεδο του αρνητικού ή του ψηφιακού αισθητήρα, καθώς και η περιγραφή των διαστροφών του φακού. Η βαθμονόμηση της φωτομηχανής αποσκοπεί στην αντιστάθμιση των διαστροφών του φακού καθώς και στην εκτίμηση της σταθερότητας και λειτουργίας της (Ziemann and El-Halkim 1982, Kraus 1997).

Η θέση του κέντρου προβολής X_0, Y_0, Z_0 και οι στροφές ω, ϕ, κ των αξόνων του επίγειου συστήματος είναι τέτοιες ώστε να συμπίσουν με τους άξονες του συστήματος συντεταγμένων της φωτομηχανής και αποτελούν στοιχεία της θέσης και του προσανατολισμού της φωτογραφικής λήψης στο επίγειο σύστημα συντεταγμένων. Ο προσδιορισμός των 6 αυτών παραμέτρων ονομάζεται εξωτερικός προσανατολισμός. Ο εξωτερικός προσανατολισμός περιγράφεται από τη συνθήκη της συγγραμμικότητας (Kraus 1997).

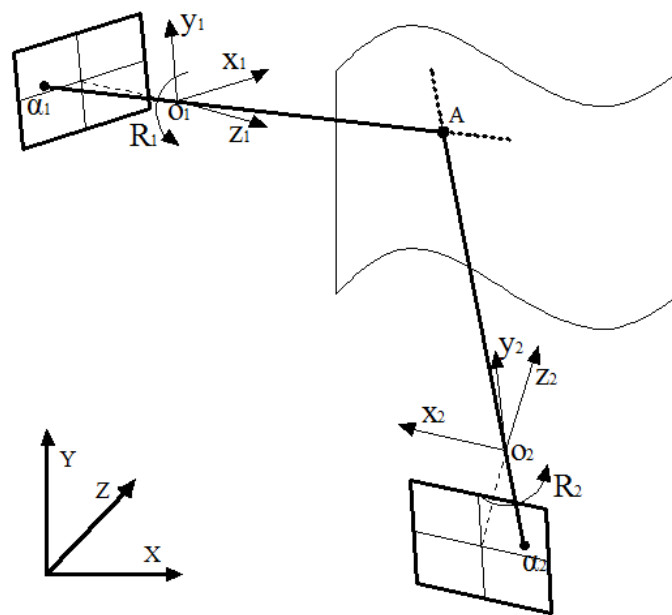
$$x = x_0 - c \frac{(X - X_0)R_{11} + (Y - Y_0)R_{12} + (Z - Z_0)R_{13}}{(X - X_0)R_{31} + (Y - Y_0)R_{32} + (Z - Z_0)R_{33}}$$

$$y = y_0 - c \frac{(X - X_0)R_{21} + (Y - Y_0)R_{22} + (Z - Z_0)R_{23}}{(X - X_0)R_{31} + (Y - Y_0)R_{32} + (Z - Z_0)R_{33}}$$

Η παραπάνω συνθήκη της συγγραμμικότητας συνδέει τις φωτογραφικές συντεταγμένες x, y της εικόνας ενός σημείου στο φωτογραφικό επίπεδο, με τις επίγειες συντεταγμένες του X, Y, Z . Η σύνδεση αυτή γίνεται μέσω των στοιχείων της εσωτερικής γεωμετρίας της φωτομηχανής c, x_0, y_0 και των συντεταγμένων στάσης X_0, Y_0, Z_0 της φωτομηχανής στο επίγειο σύστημα συντεταγμένων και των γωνιών στροφής ω, ϕ, κ ανάμεσα στα δύο τρισδιάστατα συστήματα συντεταγμένων (στοιχεία εξωτερικού προσανατολισμού).

Με χρήση ενός στερεοζεύγους (δύο εικόνες με κοινή επικαλυπτόμενη περιοχή) δηλαδή μέτρηση των εικονοσυντεταγμένων x, y του ίδιου σημείου σε δύο εικόνες προκύπτουν δύο ζεύγη εξισώσεων της παραπάνω μορφής που μπορούν να επιλυθούν με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και να αποδώσουν τη θέση του σημείου στο

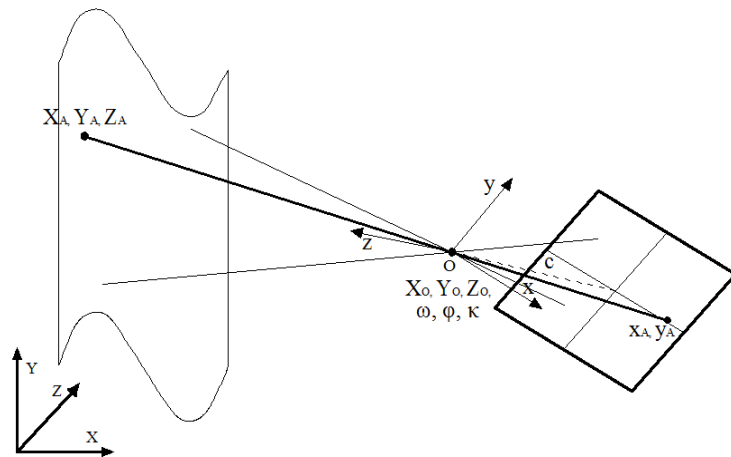
χώρο, δηλαδή τις συντεταγμένες X, Y, Z . Η τεχνική αυτή ονομάζεται φωτογραμμετρική εμπροσθοτομία (Σχήμα 3.8). Έτσι γνωρίζοντας τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού εικόνων, τα στοιχεία εσωτερικού προσανατολισμού και τις εικονοσυντεταγμένες του σημείου αποτύπωσης, υπολογίζονται οι συντεταγμένες του σημείου αποτύπωσης στο εκάστοτε γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς.



Σχήμα 3.8 Φωτογραμμετρική εμπροσθοτομία.

Βασική προϋπόθεση για την επίλυση της φωτογραμμετρικής εμπροσθοτομίας είναι να έχει προσδιοριστεί προηγουμένως η θέση και η στροφή της φωτομηχανής (δηλαδή η σχέση των αξόνων της φωτομηχανής με τους άξονες του επίγειου συστήματος συντεταγμένων). Η διαδικασία αυτή ονομάζεται φωτογραμμετρική οπισθοτομία, κατά την οποία υπολογίζονται οι διαφορετικές θέσεις λήψης της φωτομηχανής στο χώρο, δηλαδή προσδιορίζονται τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού μιας λήψης ($X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa$) γνωρίζοντας τις συντεταγμένες των φωτοσταθερών σημείων ελέγχου, τις αντίστοιχες μετρήσεις στην εικόνα καθώς και τα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού (Σχήμα 3.9). Τα στοιχεία του εξωτερικού

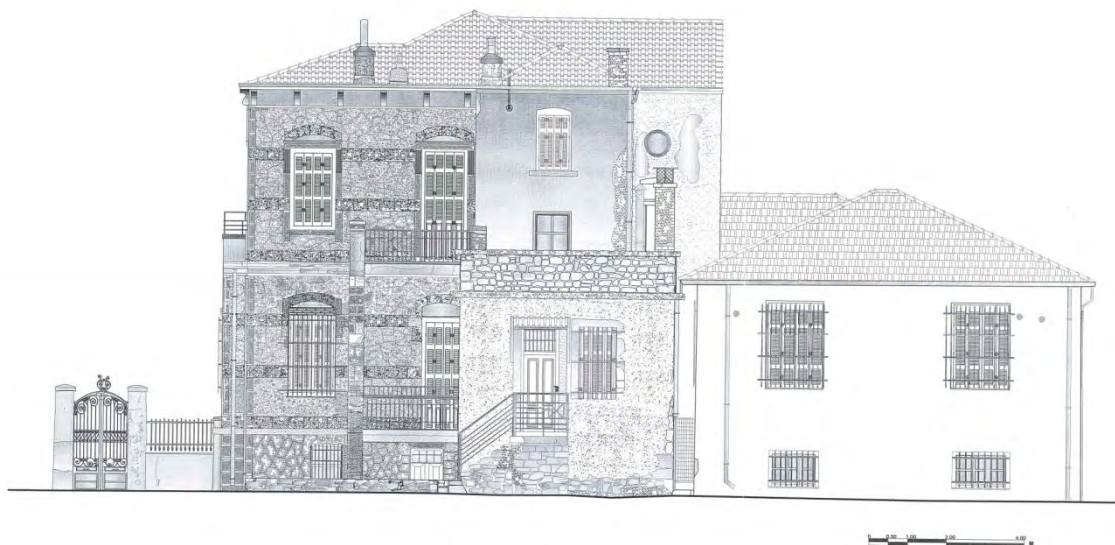
προσανατολισμού της δέσμης προκύπτουν από τον προσδιορισμό του σημείου τομής των ακτίνων στον χώρο, αλλά και του προσανατολισμού της ως στερεού. Η επίλυση της φωτογραμμετρικής οπισθοτομίας γίνεται και πάλι με την βοήθεια των εξισώσεων της συνθήκης συγγραμμικότητας η οποία απαιτεί τη γνωστή θέση τριών τουλάχιστον σημείων που εντοπίζονται σε κάθε εικόνα στο τρισσορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων του εδάφους. Η επάρκεια των τριών σημείων για την επίλυση της φωτογραμμετρικής οπισθοτομίας οφείλεται στο γεγονός ότι οι έξι άγνωστες παράμετροι του προσανατολισμού των εικόνων $(X, Y, Z, \omega, \phi, \kappa)$ μπορούν να υπολογιστούν καθώς από κάθε ένα από τα τρία σημεία δημιουργούνται 2 γραμμικές εξισώσεις άρα συνολικά έχουμε $2 \times 3 = 6$ εξισώσεις με 6 αγνώστους.



Σχήμα 3.9 Φωτογραμμετρική οπισθοτομία.



Εικόνα 3.5 Φωτογραμμετρική απόδοση της εσωτερικής όψης του μεταπυργίου και εισόδου του κάστρου της Μήθυμνας Λέσβου (Αστρολάβος 2012).



Εικόνα 3.6 Αποτύπωση της όψης ιστορικού κτιρίου με τοπογραφικές και φωτογραμμετρικές μεθόδους.

3.1.4. Αποτύπωση σάρωσης με Laser

Μία από τις σύγχρονες μεθοδολογίες τοπογραφικής αποτύπωσης για τη γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων και χώρων είναι η σάρωση με laser. Η σάρωση με laser γίνεται είτε από αέρος είτε από επίγειες πλατφόρμες και χρησιμοποιείται στην τεκμηρίωση κτιρίων και μνημείων λόγω της πυκνής και ακριβούς τρισδιάστατης πληροφορίας που παράγεται σε σύντομο χρονικό διάστημα (Petrie and Toth 2009, Vosselman and Maas 2010).

Η απόκτηση τρισδιάστατων συντεταγμένων σημείων, το λεγόμενο «νέφος σημείων», γεωαναφέρεται σε ένα κοινό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς και παρέχει στον χρήστη τη χωρική αναφορά του μνημείου που αποτυπώνεται. Υπάρχουν σαρωτές laser που παρέχουν εκτός από την τρισδιάστατη πληροφορία και χρωματική. Το νέφος των σημείων διατίθεται σε τυποποιημένες μορφές αρχείων όπως ascii, iges, stl και εισάγεται σε ειδικό λογισμικό επεξεργασίας δεδομένων laser για περαιτέρω επεξεργασία. Οι σαρωτές laser κερδίζουν όλο και μεγαλύτερη εκτίμηση σε εφαρμογές γεωμετρικής τεκμηρίωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς, διότι με τη χρήση των δεδομένων αυτών αποτυπώνονται και μοντελοποιούνται επιφάνειες τόσο απλών όσο

και ιδιαίτερα πολύπλοκων γεωμετρικών χαρακτηριστικών (Moysiadis 2004). Επίσης, μέσω αυτόματων διαδικασιών επεξεργασίας δεδομένων laser από εναέριους δέκτες, εξάγονται χαρακτηριστικά όπως κατόψεις ιστορικών οικισμών σε υψηλή ανάλυση και σε μη προσβάσιμες περιοχές (Demir and Baltsavias 2012).

Υπάρχουν διαφορετικές κατηγορίες σαρωτών laser, σύμφωνα με τις αρχές λειτουργίας τους όπως: σαρωτές απόστασης, διαφοράς φάσης, τριγωνισμού κ.ά. (Boehler and Marbs 2003). Για παράδειγμα, οι laser σαρωτές απόστασης εκπέμπουν παλμούς laser επί του αντικειμένου που πρόκειται να αποτυπωθεί, και η απόσταση μεταξύ του πομπού και της επιφάνειας υπολογίζεται από τον χρόνο που χρειάζεται το σήμα να φθάσει στην επιφάνεια και να επιστρέψει βάσει της ταχύτητας του φωτός. Στους σαρωτές laser που λειτουργούν με τη διαφορά φάσης, η δέσμη εκπέμπεται υπό τη μορφή ενός κατάλληλα διαμορφωμένου αρμονικού κύματος και η απόσταση υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη διαφορά φάσεως μεταξύ του μεταδιδόμενου και του επιστρεφόμενου κύματος. Η μέθοδος αυτή απαιτεί ένα καλά καθορισμένο σήμα για τον σωστό προσδιορισμό της απόστασης, συνεπώς και για τη μείωση παραγωγής λανθασμένων σημείων αποτύπωσης.

Η τρισδιάστατη πλήρης κάλυψη του αντικειμένου που αποτυπώνεται, απαιτεί διαφορετικές θέσεις σάρωσης. Οι θέσεις σάρωσης μετά από κατάλληλη επεξεργασία ευθυγραμμίζονται, δημιουργούνται οι αντίστοιχες επιφάνειες από τα πυκνά τρισδιάστατα σημεία, για να δώσουν τελικά μια πιστή τρισδιάστατη αναπαράσταση του αντικειμένου που αποτυπώνεται (Εικόνα 3.7). Ένα πολύ βασικό κριτήριο για την ακρίβεια δημιουργίας του τρισδιάστατου μοντέλου είναι η επιλογή του αλγορίθμου ευθυγράμμισης των θέσεων σάρωσης (Chen and Medioni 1991, Besl and Kay 1992, Rusinkiewicz and Levoy 2001).

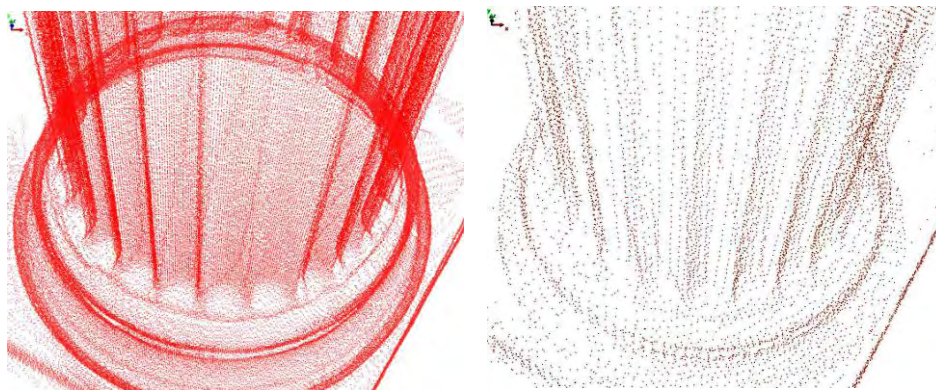


Εικόνα 3.7 Σύγκριση μεταξύ του τρισδιάστατου μοντέλου σάρωσης με laser (αριστερά) και της αντίστοιχης εικόνας στην πραγματικότητα (δεξιά) (Μωϋσιάδης 2004).

Η επεξεργασία των δεδομένων laser περιλαμβάνει τις παρακάτω ενέργειες (Μωϋσιάδης 2004):

- Συλλογή δεδομένων (ανάλογα με την ζητούμενη ακρίβεια).
- Επιλογή επικαλυπτόμενων θέσεων σάρωσης (τρισδιάστατη κάλυψη του μνημείου ή του χώρου).
- Φιλτράρισμα των δεδομένων (διαγραφή περιττών ή λανθασμένων σημείων κατά τη σάρωση).
- Ευθυγράμμιση θέσεων σάρωσης σε ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων.
- Συγχώνευση σε ένα συνολικό τρισδιάστατο μοντέλο με ενιαίο βήμα καννάβου χωρίς επικαλύψεις.
- Συμπλήρωση των δεδομένων λόγω απουσίας σημείων (με αυτόματες, ημιαυτόματες ή χειροκίνητες διαδικασίες).
- Δημιουργία επιφανειών.
- Εξαγωγή χαρακτηριστικών.
- Ανάλυση της ακριβείας αποτύπωσης και σύγκριση με άλλες μεθοδολογίες (π.χ. φωτογραμμετρία).

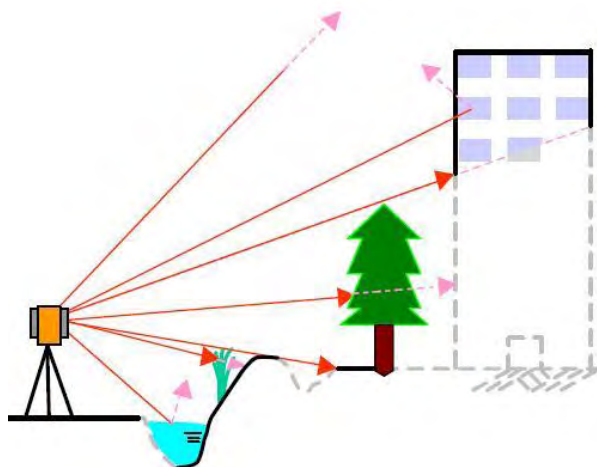
Στη συνέχεια παρατίθενται συνθήκες που διέπουν τη σημαντική ακρίβεια των σαρωτών laser στην παραγωγή του τελικού τρισδιάστατου μοντέλου (Boehler, Bordas and Marbs 2003). Η γωνιακή ακρίβεια αναφέρεται στις τυχόν αποκλίσεις δύο αναγνώσεων μέτρησης μιας γωνίας. Η πρώτη γωνία προσδιορίζεται από τη δέσμη του laser που εκτρέπεται από μια μικρή περιστρεφόμενη συσκευή και εκπέμπεται στο αντικείμενο. Μία δεύτερη γωνία, κάθετη στην πρώτη, δημιουργείται με την εκπομπή του laser από μια άλλη οπτική συσκευή. Οι τρισδιάστατες συντεταγμένες υπολογίζονται από την ανάγνωση αυτών των γωνιών. Ως εκ τούτου, τυχόν αποκλίσεις οδηγούν σε σφάλματα κάθετα προς την διεύθυνση του laser. Η ακρίβεια της απόστασης επηρεάζεται από σφάλματα που παρατηρούνται κατά τη μέτρηση μιας απόστασης προς μία επιφάνεια με τη χρήση laser σε σύγκριση με την ίδια απόσταση, γνωστή εκ των προτέρων. Ως ανάλυση αναφέρεται η μικρότερη απόσταση που είναι δυνατόν να διακριθεί μεταξύ δύο αντικειμένων στο νέφος σημείων ή διαφορετικά είναι η μικρότερη γωνία μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων σε σχέση με το εύρος της δέσμης laser.



Εικόνα 3.8 Διαφορετική πυκνότητα σημείων βάσει της ακρίβειας του σαρωτή και της απόστασης σάρωσης (Μωϋσιάδης 2004).

Η δέσμη του laser έχει ένα ορισμένο μέγεθος που εξαρτάται από την απόσταση σάρωσης. Μέρος της δέσμης laser μπορεί να ανακλαστεί από μια παρακείμενη επιφάνεια, μία διαφορετική επιφάνεια ή να δώσει πολύ μικρή ανάκλαση. Αυτό σημαίνει ότι οι ακμές της επιφάνειας που αποτυπώνεται δεν μπορούν να αποτυπωθούν με ακρίβεια. Το ποσοστό ανάκλασης από διαφορετικές επιφάνειες είναι ένας άλλος

βασικός παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα και την ακρίβεια των δεδομένων του σαρωτή laser. Η ένταση του σήματος εξαρτάται από την τραχύτητα και το χρώμα της επιφάνειας αποτύπωσης. Όταν η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια χτυπά την επιφάνεια μιας πρόσοψης ενός μνημείου, μπορεί να ανακλαστεί, να απορροφηθεί ή να μεταδοθεί (Σχήμα 3.10). Το ποσοστό της ακτινοβολίας που επιστρέφει εξαρτάται από τη φύση της επιφάνειας, το μήκος κύματος της ενέργειας και τη γωνία φωτισμού. Η λειτουργία των σαρωτών laser όπως και πολλών άλλων οπτικών οργάνων επηρεάζεται και περιορίζεται από τους νόμους της ανάκλασης και από τις οπτικές ιδιότητες των υλικών. Οι ανοιχτόχρωμες επιφάνειες δίνουν καλές ανακλάσεις ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τις σκουρόχρωμες επιφάνειες. Οι γυαλιστερές επιφάνειες δεν είναι εύκολο να καταγραφούν ενώ η καταγραφή των χρωματιστών επιφανειών εξαρτάται από τα φασματικά χαρακτηριστικά της ακτίνας laser (Chikatsu and Yokoyama 2003, Hess and Robson 2010).



Σχήμα 3.10 Η επίδραση της ανακλαστικότητας ανάλογα με το μήκος κύματος, τη γωνία πρόσπτωσης και την επιφάνεια σάρωσης (Chikatsu & Yokoyama 2003).

3.2. Συνδυασμός μεθοδολογιών αποτύπωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς

Η χρήση της τοπογραφίας, της φωτογραμμετρίας και της σάρωσης με laser όπως αναλύθηκαν παραπάνω, μπορούν να εφαρμοστούν ξεχωριστά ή σε συνδυασμό για

εφαρμογές πολιτιστικής κληρονομιάς και εξαρτώνται από την κλίμακα του τελικού προϊόντος, την πολυπλοκότητα του αντικείμενου, το κόστος και τον διαθέσιμο εξοπλισμό.

3.2.1. Συμπληρωματικότητα μεθοδολογιών γεωμετρικής τεκμηρίωσης - αποτύπωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς

Η μέτρηση με τη χρήση της μετροταινίας ενδείκνυται για διαστασιολόγηση από λίγα μέτρα έως λίγα εκατοστά, ενώ η εφαρμογή τους είναι μη πρακτική σε μεγαλύτερα αντικείμενα. Το ίδιο ισχύει για την τοπογραφία, όταν είναι αναγκαία η αποτύπωση ενός ιδιαίτερα σύνθετου και περίτεχνης διακόσμησης μνημείου πολιτιστικής κληρονομιάς, οπότε η διαδικασία είναι αρκετά επίπονη και χρονοβόρα.

Η φωτογραμμετρία και η σάρωση με laser παρέχουν μεγάλο αριθμό μετρήσεων σημείων για παρόμοια μεγέθη αντικειμένων, και ως εκ τούτου, είναι κατάλληλες για πιο πολύπλοκα μνημεία (Μωυσιάδης 2004). Ειδικότερα, η εναέρια φωτογραμμετρία και η σάρωση με λέιζερ από αέρος παρέχει μεγάλη ποσότητα δεδομένων αποτύπωσης σε σύντομο χρονικό διάστημα, σε μεσαίες κλίμακες, αντίθετα με τις κλασσικές τεχνικές τοπογραφικής αποτύπωσης. Παρόλα αυτά η φωτογραμμετρική αποτύπωση προϋποθέτει τις αναγκαίες εργασίες πεδίου για την ίδρυση φωτοσταθερών σημείων και για τη δημιουργία ενός συστήματος αναφοράς, πάνω στο οποίο βασίζονται οι φωτογραμμετρικές μετρήσεις. Η ίδρυση φωτοσταθερών σημείων πραγματοποιείται με τη μέτρηση δορυφορικών συστημάτων προσδιορισμού θέσης, ενώ στην επίγεια φωτογραμμετρία παρέχεται σύστημα αναφοράς στις μετρήσεις με την μέθοδο της απλής ή διπλής εμπροσθοτομίας (όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο).

Τα δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσης χρησιμοποιούνται επίσης στην εναέρια φωτογραμμετρία για τον έλεγχο και τον ορισμό της θέσης λήψης των εικόνων (Moysiadis 2010). Σε συνδυασμό με άλλα συστήματα πλοήγησης, όπως τα Αδρανειακά Συστήματα Πλοήγησης/Inertial Navigation Systems (INS) τα οποία παρέχουν πληροφορίες θέσης και προσανατολισμού, επιτυγχάνουν αυξημένη ακρίβεια και μείωση των επίγειων σημείων ελέγχου στο ελάχιστο (Mikhail, Bethel and McGlone 2001). Η

μέθοδος των δεσμών χρησιμοποιείται στον αεροτριγωνισμό και επιτρέπει την ενσωμάτωση των επιπρόσθετων στοιχείων, όπως δεδομένα πλοήγησης στον προσδιορισμό των θέσεων λήψης. Στα αερομεταφερόμενα συστήματα σάρωσης με laser, η χρήση των Αδρανειακών Συστημάτων Πλοήγησης/Inertial Navigation Systems (INS) και τα Δορυφορικά Συστήματα Προσδιορισμού Θέσης/Global Positioning Systems (GPS) δίνουν συντεταγμένες των φωτοσταθερών για τη γεωαναφορά των δεδομένων laser ενώ στους επίγειους σαρωτές laser, το παραγόμενο νέφος σημείων γεωαναφέρεται στο τοπικό σύστημα αναφοράς. Παρόμοια, τα συστήματα πλοήγησης σε σχέση με τα Αδρανειακά Συστήματα Πλοήγησης προσφέρουν στα μη Επανδρωμένα Πτητικά Μέσα/Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) πληροφορίες σε σχέση με τις κατακόρυφες και οριζοντιογραφικές κινήσεις τους αεροσκάφους.

Η επίγεια σάρωση με laser προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα εξαιτίας της καταγραφής σημαντικών λεπτομερειών μέσω ενός πυκνού νέφους τρισδιάστατων σημείων, της γρήγορης λήψης δεδομένων και της εύκολης χρήσης του οργάνου. Εντούτοις, επιφάνειες με πολύπλοκα γεωμετρικά χαρακτηριστικά είναι δυσκολότερο να καταγραφούν. Αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις προδιαγραφές και τη βαθμονόμηση του οργάνου, τις θέσεις σάρωσης, την ανακλαστικότητα της επιφάνειας, τον χρησιμοποιούμενο αλγόριθμο για την ευθυγράμμιση των θέσεων σάρωσης και τη δυνατότητα διαχείρισης μεγάλου όγκου δεδομένων. Ακόμη και αν η σάρωση με laser αποτελεί μια πολύ καλή λύση από άποψη χρόνου και απόκτησης δεδομένων, η επεξεργασία λόγω έλλειψης δεδομένων είναι αναπόφευκτη. Ως εκ τούτου, απαιτείται σημαντική επεξεργασία των δεδομένων laser, με ημιαυτόματο ή αυτόματο τρόπο, μία χρονοβόρα διαδικασία η οποία περιορίζει την ακρίβεια εκείνων των τμημάτων της επιφάνειας που απουσιάζουν τα δεδομένα. Η χρήση στόχων στην επιφάνεια του μνημείου πριν από τη διαδικασία σάρωσης παρέχει έλεγχο τόσο για την ίδια την σάρωση όσο και για την φωτογραμμετρική αποτύπωση. Μ' αυτόν τον τρόπο υπάρχει άμεση γεωαναφορά και των δύο παραπάνω μεθοδολογιών αποτύπωσης.

Η επίγεια φωτογραμμετρία παρέχει υφή και γεωμετρική πληροφορία. Συγκεκριμένα, τα γεωμετρικά μοτίβα και οι ακμές εμφανίζονται με μεγαλύτερη πιστότητα σε εκείνα τα μέρη όπου η κάλυψη δεδομένων σάρωσης με laser είναι

περιορισμένη. Ωστόσο, υπάρχει καλή συσχέτιση από πλευράς γεωμετρίας μεταξύ της σάρωσης με laser και της φωτογραμμετρίας. Η χρησιμότητα μη μετρητικών μονοοπτικών ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών/Single Lens Reflex (SLR) είναι μεγάλη εξαιτίας της αρκετά καλής ποιότητας, της ευκολίας χρήσης, του χαμηλού κόστους και της υψηλής ανάλυσής τους. Η βαθμονόμηση της φωτομηχανής είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες ακρίβειας πριν τη φωτογραμμετρική επεξεργασία. Η χρήση ενός πυκνού γεωμετρικού δικτύου στερεοζευγών δίνει μια πλήρη τρισδιάστατη κάλυψη του μνημείου. Ωστόσο, απαιτούνται περισσότερες θέσεις λήψης λόγω του μικρότερου οπτικού πεδίου της φωτομηχανής σε σχέση με αυτό του σαρωτή laser. Η φωτογραμμετρική επεξεργασία περιλαμβάνει επίσης αλγορίθμους αυτόματης στερεο-σύζευξης, τα οποία και αυτοί παρέχουν πυκνή τρισδιάστατη πληροφορία σε σχέση με τη διαδικασία της ψηφιοποίησης. Τέλος η χρήση της ίδιας της εικόνας, ως πληροφορία, προσφέρει την πιο ακριβή και ρεαλιστική απεικόνιση του μοντέλου αποτύπωσης.

Πίνακας 3.1 Σύγκριση μεταξύ της τοπογραφίας, της φωτογραμμετρίας και της σάρωσης με laser στις εφαρμογές γεωμετρικής τεκμηρίωσης της πολιτισμικής κληρονομιάς.

	Τοπογραφία	Φωτογραμμετρία	Σάρωση με Laser
τρειςδιάστατη πληροφορία			
διακριτές μετρήσεις			
ομοιόμορφες μετρήσεις			
υψηλή ακρίβεια			
ενιαία ακρίβεια			
πολύπλοκες επιφάνειες			
επεξεργασία δεδομένων			
ανίχνευση ακμών			
θέματα ανακλαστικότητας			
χρονοβόρα διαδικασία			
υψηλή δαπάνη			
υλισμικές απαιτήσεις			

Συμπερασματικά, η χρησιμότητα της ακριβούς και αξιόπιστης καταγραφής των μνημείων και αρχαιολογικών χώρων για την τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς, μέσω της τοπογραφίας, της φωτογραμμετρίας και της σάρωσης με laser, είναι προφανής. Η κάθε μεθοδολογία είναι συνάρτηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του μνημείου, του προϋπολογισμού, του διαθέσιμου εξοπλισμού και της κλίμακας του τελικού προϊόντος.

Η συμβατική τοπογραφία χρησιμοποιεί μεθοδολογίες, οι οποίες παρέχουν πρότυπα σχέδια, απαιτούν σημαντικό χρόνο εργασιών πεδίου και εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες, ιδιαίτερα σε εφαρμογές αποτύπωσης πολύπλοκων επιφανειών μνημειακού ενδιαφέροντος σε μεγάλες κλίμακες. Σε αντίθεση, η εναέρια φωτογραμμετρία παρέχει ευρεία κάλυψη, ως εκ τούτου, είναι κατάλληλη για μικρές κλίμακες και έχει ομοιόμορφη ακρίβεια. Επίσης, εξαιτίας της σωστής γεωμετρίας της εικόνας, προσφέρει υψηλή χωρική ανάλυση της φωτογραφικής απεικόνισης και στις επίγειες εφαρμογές συντελεί στην ανίχνευση των ακμών, στοιχεία απαραίτητα για την ακριβή γεωμετρική τεκμηρίωση πολύπλοκων επιφανειών. Η χρήση των δορυφορικών συστημάτων προσδιορισμού θέσης και η ενσωμάτωση τους σε εναέρια και επίγειες πλατφόρμες συνεισφέρουν στη μείωση των απαιτήσεων σε σημεία επίγειου ελέγχου (φωτοσταθερά) και παρέχουν μια ανεξάρτητη εκτίμηση στην φωτογραμμετρική επεξεργασία. Η αποτύπωση μέσω σάρωσης με laser προσφέρει πυκνή τρισδιάστατη πληροφορία και είναι η κατάλληλη μεθοδολογία για γρήγορη απόκτηση δεδομένων. Αν και το κόστος του εξοπλισμού είναι ένας περιοριστικός παράγοντας, η μέθοδος αυτή παρέχει μια πιστή και ακριβή αποτύπωση τόσο σε απλές όσο και σε σύνθετες επιφάνειες μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς.

4. ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ

4.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία ανασκόπηση των μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται στην τηλεπισκόπηση και στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών στην αρχαιολογία, από τις πρώτες χρήσεις των αεροφωτογραφιών στις αρχές του 19ου αιώνα έως και τη χρήση των δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης αλλά και τις γεωφυσικές διασκοπήσεις. Περιγράφονται επίσης τα δεδομένα και οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό, τη χαρτογράφηση και την πρόβλεψη των αρχαιολογικών θέσεων καθώς και τη διαχείριση και ανάδειξή τους μέσω των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών.

4.2. Από τις αεροφωτογραφίες στις δορυφορικές εικόνες

Η εφαρμογή των τεχνικών παρατήρησης της γης παρουσιάζουν μεγάλες δυνατότητες στην αρχαιολογική έρευνα, ακόμη και σε πειραματικό στάδιο. Παρέχουν δυνατότητες όπως ο εντοπισμός και η εύρεση αρχαιολογικών χώρων, η μελέτη των αρχαιολογικών καταλοίπων, η μελέτη των παλαιο-οικοσυστημάτων και η ανασύσταση του τοπίου της περιόδου αναφοράς.

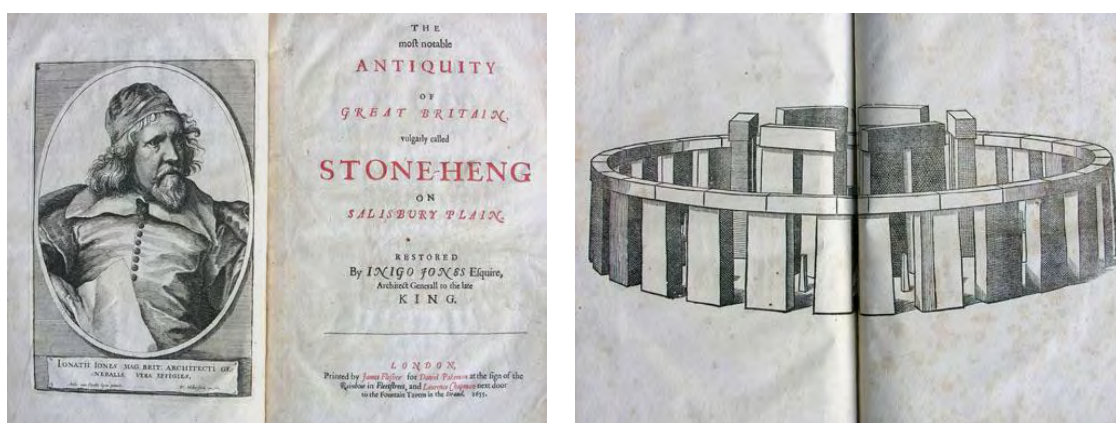
Ιδιαίτερως, κατά τη διάρκεια των τελευταίων είκοσι ετών, παρατηρείται αυξημένο ενδιαφέρον στη χρήση των τεχνολογιών διαστήματος στις εφαρμογές της αρχαιολογίας και της πολιτιστικής κληρονομιάς για τους παρακάτω λόγους:

- Τη βελτίωση της φασματικής και χωρικής ανάλυσης των δορυφορικών αισθητήρων.
- Την ολοένα και μεγαλύτερη διαθεσιμότητα φιλικών προς το χρήστη λογισμικών επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων.
- Το ενδιαφέρον των αρχαιολόγων να μελετήσουν τη δυναμική της ανθρώπινης κατοίκησης σε σχέση με τις περιβαλλοντικές αλλαγές.

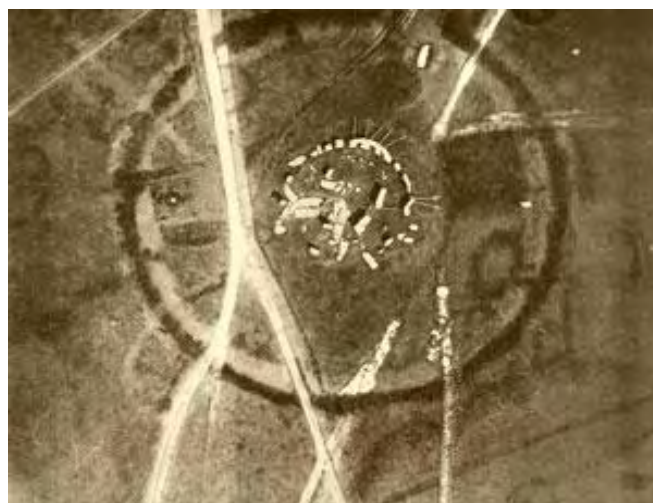
Πλέον, οι αρχαιολόγοι αναγνωρίζουν τη χρήση και τα οφέλη της τηλεπισκόπησης για τις έρευνές τους όπως:

- Τη μείωση του κόστους, του χρόνου και των κινδύνων που συνδέονται με τις αρχαιολογικές ανασκαφές.
- Τη διαδικασία της ανασκαφής, η πιο σημαντική και συχνή εφαρμογή της οποίας αφορά στην αποτύπωση και φωτογράφιση της περιοχής μελέτης κατά την έναρξη και τη λήξη της διαδικασίας ανασκαφής.
- Τη διερεύνηση της συσχέτισης των γεωγραφικών στοιχείων του περιβάλλοντος και της τοπογραφίας με ιστορικά δεδομένα.
- Την αναπαράσταση των ιστορικών μνημείων από ιστορικές καταγραφές και με την ανάλυση του φυσικού περιβάλλοντος των ιστορικών χώρων μέσω προσομοιώσεων σε ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα εδάφους.
- Τη διαχείριση στην προστασία, συντήρηση και ανάδειξη των μνημείων.

Η αναγνωριστική αεροφωτογραφική έρευνα εφαρμόστηκε στις αρχές του 20ού αιώνα, με τη φωτογράφιση από αερόστατο της ανασκαφής της ρωμαϊκής αγοράς (Forum Romanum) στη Ρώμη το 1899, από τον αρχαιολόγο Giacomo Boni και του Stonehenge της Αγγλίας το 1906 από τον υπολοχαγό P.H. Sharpe (Fowler 1991, 1996). Αεροφωτογράφιση με φωτογραφική μηχανή που ήταν δεμένη στην κοιλιά ενός περιστεριού, έλαβε χώρα το 1913 σε ανασκαφές στο Σουδάν από τον Sir Henry Wellcome (Renfrew 1996).



Εικόνα 4.1 Σχέδιο του Stonehenge κατά τον Inigo Jones όπως ήταν στην αρχική του μορφή (Jones 1655).



Εικόνα 4.2 Από τις πρώτες αεροφωτογραφίες από αερόστατο για αρχαιολογικούς σκοπούς από τον Υπολοχαγό Philip Henry Sharpe το καλοκαίρι του 1906 (Society of Antiquaries of London 2013).

Συστηματικές εφαρμογές πραγματοποιήθηκαν τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο όταν οι Γερμανοί πιλότοι καθοδηγούμενοι από τον T. Weigand φωτογράφησαν αρχαιολογικούς χώρους στο Σινά (Comfort 1997). Στη συνέχεια το 1920 η εναέρια αρχαιολογία αποκτά και το θεωρητικό της υπόβαθρο από τον Crawford, που με την εργασία του στα ‘Celtic Fields’ αποκάλυψε πλήθος αρχαιολογικών ευρημάτων από ίχνη στο έδαφος και στη βλάστηση (Crawford 1929). Στο πεδίο αυτό δόθηκε ιδιαίτερη ώθηση μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, ιδιαίτερα στην Αγγλία από τον J. Joseph

επικεφαλής του αεροφωτογραφικού τμήματος (CUCAP) του Πανεπιστημίου του Cambridge.



Εικόνα 4.3 Ο O.G.S. Crawford (πρώτη σειρά, πρώτος από αριστερά) κατά τη διάρκεια ανασκαφής το 1919 (Institute of Archaeology, University of Oxford 2013).

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται κύρια στην αναγνωριστική αρχαιολογική φωτοερμηνεία είναι:

- μεταβολές στην επιφανειακή υγρασία, βλάστηση, δομή του εδάφους, κ.ά. και η καταγραφή τους στο φωτογραφικό φιλμ ή στην ψηφιακή δορυφορική εικόνα (Barlinhaug *et al.* 2007).
- γεωμορφολογικά και γεωγραφικά δεδομένα, όπως η θέση ενός οικισμού σε σχέση με το τοπικό ανάγλυφο και την πορεία του ήλιου, η θέση των οικισμών σε σχέση με το υδρογραφικό δίκτυο, τα δάση, τους συγκοινωνιακούς κόμβους κατά την ιστορική περίοδο, κ.ά. (Joyce 1992, Gibbons 1991, Palmer 1993).

Τα δεδομένα αυτά συλλέγονται πολλές φορές με φωτογραφήσεις της ίδιας περιοχής σε διαφορετικές χρονικές στιγμές έτσι ώστε να καταγράφονται οι μεταβολές τόσο των επιφανειακών συνθηκών βλάστησης και υγρασίας εποχικά αλλά και των σκιάσεων (Μηλιαρέσης 2003).

Οι αρχαιολογικές δομές που εντοπίζει η αρχαιολογική αεροφωτογραφική έρευνα ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες (Doneus 2000):

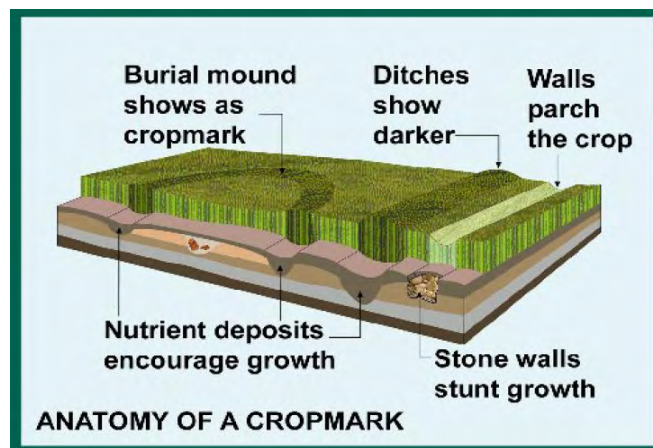
-
- σε αυτές που εμφανίζουν επιφανειακή εξάπλωση και τέμνουν τον εδαφικό ορίζοντα ή παρουσιάζουν έστω και στοιχειώδες ανάγλυφο και
 - σε αυτές που δεν έχουν επιφανειακή εξάπλωση (έχουν καλυφθεί από προσχώσεις ή καλλιέργειες) αλλά είναι ορατές έμμεσα από μεταβολές στην υγρασία, στη βλάστηση, κ.ά.



Εικόνα 4.4 Ίχνη αρχαιολογικών δομών εξαιτίας των διαφοροποιήσεων στο ανάγλυφο και στις σκιάσεις (English Heritage 2015).

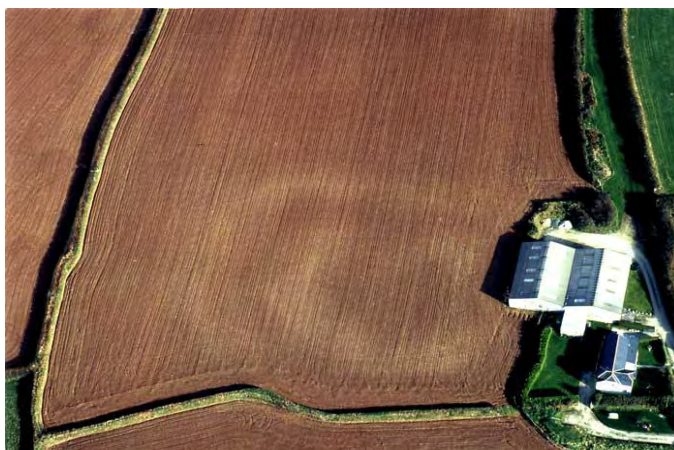
Το περίγραμμα των αντικειμένων της πρώτης κατηγορίας εντοπίζεται από τις σκιάσεις. Οι αρχαιολογικές δομές είναι ορατές και εντοπίζονται είτε νωρίς το πρωί είτε κατά τη δύση του Ηλίου όταν οι σκιάσεις είναι πιο έντονες. Σε άλλες περιπτώσεις ο εντοπισμός ενός οικισμού εξαρτάται από το δάσος που τον καλύπτει, το ύψος των αντικειμένων που συνθέτουν τον οικισμό, το ύψος και την πυκνότητα των δένδρων, το ύψος του ηλίου τη στιγμή της λήψης της αεροφωτογραφίας, τον προσανατολισμό των αντικειμένων του οικισμού σε σχέση με τη θέση του ηλίου (εάν ο κύριος άξονας τους σχηματίζει ορθή γωνία σε σχέση με τη θέση του ηλίου τότε δημιουργούνται πιο έντονα φαινόμενα σκιάσεων και εντοπίζονται ευκολότερα), κ.ά. Για αντικείμενα που είναι δυνατόν να αναγνωρισθούν από τις σκιάσεις, η αεροφωτογράφιση μπορεί να διεξαχθεί οποιαδήποτε εποχή του χρόνου όμως μερικές φορές υπάρχουν και εποχικοί περιορισμοί.

Για παράδειγμα σε περιοχές που καλύπτονται από φυλλοβόλα δένδρα η αεροφωτογράφιση πρέπει να γίνεται καλύτερα τον χειμώνα (Μηλιαρέσης 2003).



Σχήμα 4.1 Αρνητικά και θετικά ίχνη βλάστησης (Essex County Council 2015).

Σε αντίθεση με τα παραπάνω υπάρχουν και αρχαιολογικά ευρήματα που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της γης, δηλαδή δομές που δεν έχουν επιφανειακή εμφάνιση έχοντας καλυφθεί από καλλιέργειες ή προσχώσεις (Doneus 2000, Riley 1979). Οι δομές αυτές αφήνουν ίχνη στην επιφάνεια που είναι ορατές υπό ορισμένες συνθήκες. Τα ίχνη ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες ανάλογα εάν αυτά αποτυπώνονται στη φυσική βλάστηση / καλλιέργειες (crop marked) ή στο έδαφος (soil marked).



Εικόνα 4.5 Ίχνη αρχαιολογικών δομών εξαιτίας των διαφοροποιήσεων στη βλάστηση (Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Wales 2015).

Τα ίχνη στη βλάστηση έχουν διαφορές στο χρώμα και στην ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών / φυσικής βλάστησης (Riley 1979). Η αιτία μπορεί να είναι η ύπαρξη αντικειμένων στο υπέδαφος (τοιχοί, οικισμοί, κ.ά.) τα οποία και δημιουργούν μία τοπική διαφοροποίηση στις συνθήκες υγρασίας, στο βάθος του εδαφικού ορίζοντα, κ.ά. Αυτές οι διαφοροποιήσεις διαμορφώνουν ένα ευνοϊκότερο περιβάλλον για την ανάπτυξη της βλάστησης ή το αντίθετο. Για παράδειγμα, τα σιτηρά που φυτρώνουν σε έδαφος κάτω από το οποίο και σε μικρό βάθος υπάρχουν αρχαιολογικά κτίσματα, θα έχουν μικρότερο μέγεθος και ανάπτυξη σε σχέση με τα γειτονικά τους, ενώ θα επηρεασθεί και το χρονικό διάστημα ανάπτυξής τους μέχρι και την καρποφορία τους (Μηλιαρέσης 2003).

Τα ίχνη λόγω της διαφοροποίησης της βλάστησης, είναι ορατά στις αεροφωτογραφίες λόγω α) της συνοπτικής (μικρής κλίμακας) καταγραφής μίας ευρύτερης περιοχής που δίνει την δυνατότητα συσχετίσεων με τις εικόνες που καταγράφονται με επίγειες παρατηρήσεις και β) της διαφορετικής φασματικής ευαισθησίας του φωτογραφικού φιλμ σε σύγκριση με τις δυνατότητες της ανθρώπινης όρασης.

Τα επιφανειακά ίχνη δημιουργούνται όταν εδάφη με διαφορετική σύσταση / δομή εναποτίθενται ή χρησιμοποιούνται στην κάλυψη αυλακιών ή δρόμων. Για παράδειγμα οι κεντρικοί δρόμοι σε αρχαίους πολιτισμούς είχαν είτε μια επίστρωση (με πέτρες ή άλλο υλικό) είτε εκατέρωθεν του δρόμου υπήρχε σήμανση (με πέτρες). Σήμερα τμήματα των δρόμων αυτών που έχουν καλυφθεί (για παράδειγμα με προσχώσεις ή με καλλιεργείες) μπορεί να είναι ορατά στις φωτογραφίες από διαφορές στην υγρασία τους (Μηλιαρέσης 2003). Εάν το υπόστρωμα είναι πιο επιδεκτικό στην υγρασία, τότε το ίχνος θα φαίνεται πιο σκούρο ενώ εάν είναι λιγότερο επιδεκτικό στην υγρασία σε σχέση με το περιβάλλον έδαφος τότε το ίχνος θα εμφανίζεται πιο ανοιχτόχρωμο στις αεροφωτογραφίες (Adams 1995).

Τα ίχνη στο έδαφος είναι πιο εύκολα αναγνωρίσιμα την άνοιξη και το φθινόπωρο σε σχέση με τον χειμώνα ή το καλοκαίρι. Μια ειδική περίπτωση αφορά ευρήματα που μπορούν να αποκαλυφθούν από το χιόνι ή τον παγετό. Συνήθως οι διαφορές στον εδαφικό ορίζοντα εκτός από την υγρασία δημιουργούν και ζώνες με διαφορετική θερμοχωρητικότητα, με αποτέλεσμα μια ελαφριά χιονόπτωση να αποκαλύπτει τέτοιες ζώνες ιδιαίτερα την αρχή του χειμώνα (Doneus 2000). Το μειονέκτημα είναι ότι αυτά τα

ίχνη είναι ορατά για μικρό χρονικό διάστημα. Οι πιο ευνοϊκές συνθήκες είναι νωρίς το πρωί.



Copyright Reserved: Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Wales

Εικόνα 4.6 Αποκάλυψη αρχαιολογικών δομών εξαιτίας της χιονόπτωσης (Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Wales 2015).

Εκτός από τη συνεισφορά της αεροφωτογραφίας στη διερεύνηση και τον εντοπισμό των αρχαιολογικών θέσεων, οι συμβατικοί χάρτες (ιστορικοί, τοπογραφικοί, γεωλογικοί, υδρολογικοί κ.λπ.) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό και με τα ψηφιακά δεδομένα, επιτυγχάνοντας τον προσδιορισμό των θέσεων και τη συλλογή πολύτιμων πληροφοριών σχετικά με την ιστορική τους εξέλιξη (Sear 2011). Επίσης, οι κατασκευές, τα κτίσματα και οι μεταβολές στο περιβάλλον μπορούν εν μέρει να εντοπιστούν στους ιστορικούς χάρτες και έτσι οι θέσεις τους να προσδιοριστούν στο ψηφιακό υπόβαθρο των σύγχρονων χαρτών.

Η γεωαναφορά των ιστορικών χαρτών σε σύγχρονους χάρτες οδηγεί σε χρήσιμα συμπεράσματα, όπως η προδιαγραφή της ιστορικής ανάπτυξης των τοπωνυμίων και η θέση των άγνωστων ιστορικών τακτοποιήσεων και των κατασκευών στην περιοχή μελέτης. Τέλος, οι ιστορικοί χάρτες των χωρικών διανομών των αγροτικών ιδιοκτησιών αποτελούν ένα πολύτιμο εργαλείο για την αποδοχή ή την απόρριψη των αρχικών ερμηνειών των ιχνών, από την ανάλυση εικόνων τηλεπισκόπησης (Kaimaris D., Georgoula O., 2009).

4.3. Από τα παθητικά στα ενεργητικά συστήματα τηλεπισκόπησης

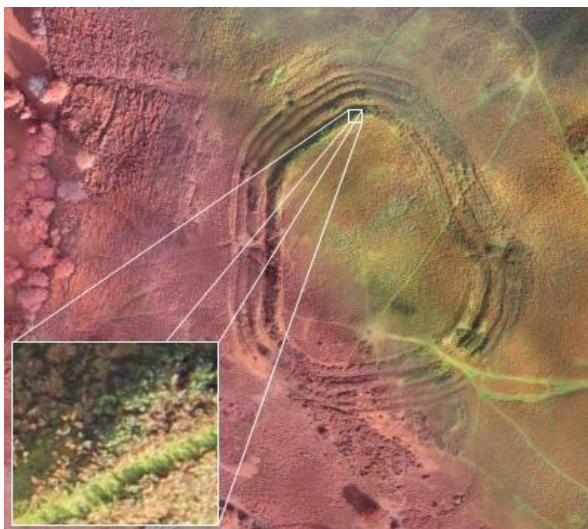
Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο τα υπεδάφια αρχαιολογικά κατάλοιπα προκαλούν ανωμαλίες στα χαρακτηριστικά των επιφανειακών εδάφινων στρωμάτων, ανωμαλίες οι οποίες μπορούν να εντοπιστούν με τη χρήση των αεροφωτογραφιών αλλά και με τη βοήθεια των δορυφορικών εικόνων σε διαφορετικά μήκη κύματος, μέρη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος όπως στο ορατό, στο εγγύς και μέσο υπέρυθρο, στο θερμικό καθώς και στις περιοχές των μικροκυμάτων.

Οι δορυφόροι SPOT και Landsat έχουν ευρέως χρησιμοποιηθεί σε αρχαιολογικές εφαρμογές παγκοσμίως. Ιδιαίτερως ο δορυφόρος SPOT χρησιμοποιήθηκε στην παραγωγή Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους ενώ ο Θεματικός Χαρτογράφος (Thematic Mapper/TM) του Landsat σε εφαρμογές φασματικής αναγνώρισης αρχαιολογικών θέσεων και ταξινόμησης εδαφών. Ο υπερφασματικός δορυφόρος ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) με 14 κανάλια καταγραφής προσφέρεται επίσης για την παραγωγή Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους. Οι υπερφασματικοί σαρωτές λόγω της δυνατότητας καταγραφής του ηλεκτρομαγνητικού σήματος σε πληθώρα φασματικών καναλιών, επιτρέπουν την ανίχνευση μικρών διαφοροποιήσεων των αρχαιολογικών καταλοίπων, καθώς και τον εντοπισμό χαρακτηριστικών τους που δεν θα ήταν διαφορετικά αντιληπτά. Από την εκτόξευση του Ikonos έως τον WorldView, καθιερώθηκε και η έρευνα σε υψηλές χωρικές αναλύσεις που είναι ιδανική στον εντοπισμό αρχαιολογικών θέσεων. Η αρχαιολογική έρευνα χρησιμοποιεί και παλαιότερες δορυφορικές αναλογικές εικόνες που προέρχονται είτε από το ρωσικό διαστημικό σταθμό (κάμερες KFA-1000, KVR-1000 και LFA-3000 με ανάλυση έως και 2μ.), είτε από πρώην κατασκοπευτικούς δορυφόρους των ΗΠΑ (κάμερες KH, Hexagon και Lacrosse-Vega) (Lasaponara and Masini 2011).

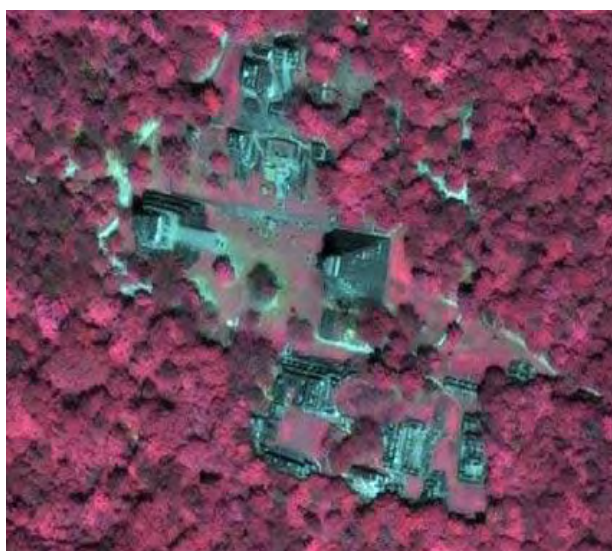
Στερεοσκοπικές φωτογραφίες χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ορθοφωτοχαρτών (η διαδικασία παραγωγής των οποίων έχει περιγραφεί στο τρίτο κεφάλαιο) αρχαιολογικών θέσεων, καθώς και για τον εντοπισμό αρχαίων οικισμών ή καλλιεργειών, μονοπατιών και δρόμων. Εκτός από την κλασική αεροφωτογράφιση στο ορατό φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, χρησιμοποιούνται παράλληλα

υπέρυθρα φιλμ τα οποία ανιχνεύουν τις διαφοροποιήσεις της βλάστησης, αερομεταφερόμενοι σαρωτές laser (LIDAR) για την αποτύπωση της μικρομορφολογίας του εδάφους ή ακόμη και θερμικοί ανιχνευτές.

Σε μία διαφορετική κλίμακα μελέτης, οι έγχρωμες ή οι ψευδοχρωματικές δορυφορικές απεικονίσεις μπορούν να αποκαλύψουν την παρουσία εκτεταμένων δομημένων ανθρωπογενών κατασκευών, δίκτυα καλλιεργήσιμων γαιών και άλλα χαρακτηριστικά, τα οποία δεν είναι εύκολα αναγνωρίσιμα από την επιφάνεια του εδάφους.

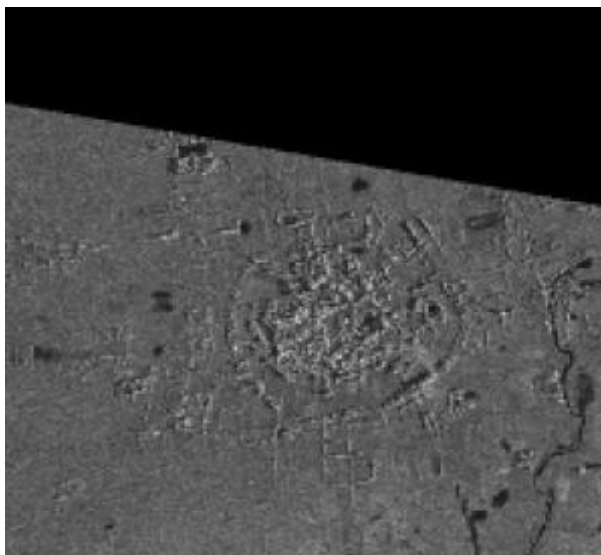


Εικόνα 4.7 Έγχρωμη ψευδοχρωματική δορυφορική εικόνα για τη χαρτογράφηση αρχαιολογικών θέσεων.



Εικόνα 4.8 Εμφανής αποτύπωση του δομημένου περιβάλλοντος σε μία έγχρωμη ψευδοχρωματική υπέρυθρη δορυφορική εικόνα (National Space Science and Technology Center 2015).

Η βελτίωση των δορυφορικών καταγραφικών συστημάτων ως προς τη χωρική τους ανάλυση και η δυνατότητα της καταγραφής μια εκτεταμένης επιφάνειας με πολυφασματικούς ψηφιακούς αισθητήρες ή ακόμη και με ραντάρ, καταστούν τη δορυφορική τηλεπισκόπηση ένα πολύτιμο μέσο για τον εντοπισμό, την οριοθέτηση και την αποτύπωση των αρχαιολογικών θέσεων.

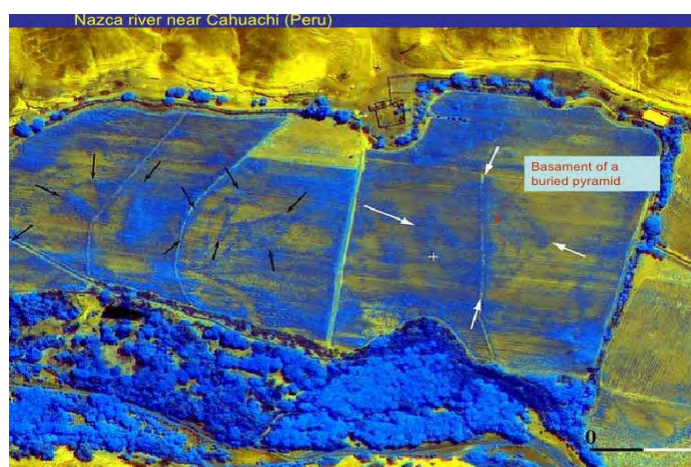
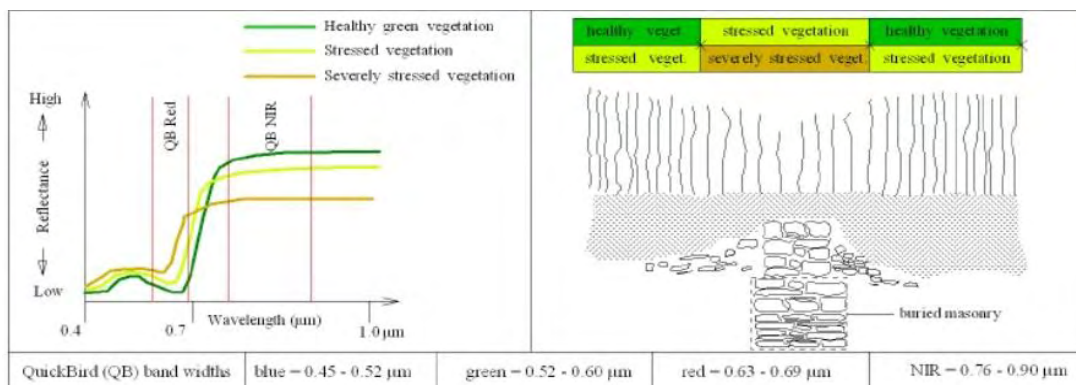


Εικόνα 4.9 Δορυφορική εικόνα μικροκυμάτων για τον εντοπισμό αρχαιολογικού οικισμού (Lasaponara and Masini 2011).

Μία πληθώρα ερευνητών ερευνητικών προγραμμάτων στην αρχαιολογία χρησιμοποιεί ψηφιακές δορυφορικές εικόνες και στοχεύει κυρίως σε δύο κατευθύνσεις:

- Στην εξαγωγή περιβαλλοντικών πληροφοριών και τον συσχετισμό τους με την τοπογραφία των αρχαιολογικών θέσεων και
- Στον προσδιορισμό των φασματικών υπογραφών των αρχαιολογικών θέσεων σε σχέση με την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όπως αυτή καταγράφεται από τους πολυφασματικούς δέκτες των δορυφορικών συστημάτων.

Ωστόσο, είναι συχνό φαινόμενο η εξαγωγή της φασματικής υπογραφής που σχετίζεται με τα αρχαιολογικά κατάλοιπα να μην είναι πάντα εφικτή, εξαιτίας της συχνής παρουσίας βλάστησης, η οποία διαφοροποιεί την αρχική της μορφή (Bewley 2003).



Εικόνα 4.10 Φασματικές υπογραφές αρχαιολογικών δομών (Lasaponara 2006).

Στα σύγχρονα συστήματα ενεργητικής τηλεπισκόπησης για την αρχαιολογική έρευνα εμπίπτουν και οι αερομεταφερόμενοι σαρωτές laser/LIDAR. Οι αρχές λειτουργίας τους είναι παρόμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται στους επίγειους σαρωτές LIDAR, (βλ. τρίτο κεφάλαιο) με τη διαφορά ότι οι επίγειοι χρησιμοποιούνται για την γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς σε μεγάλες κλίμακες.

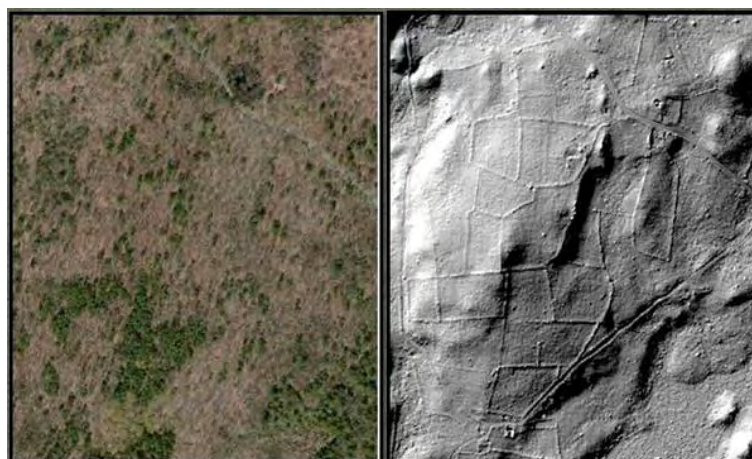
Τα συστήματα LIDAR που αναπτύχθηκαν στα μέσα της δεκαετίας του '90 είναι μία μορφή εναέριας τηλεπισκόπησης, η οποία δημιουργεί και μεταδίδει ενεργές δέσμες φωτός προς την κατεύθυνση αντικειμένων ενδιαφέροντος της γήινης επιφάνειας και λαμβάνει το φως το οποίο σκεδάζεται και αντανακλάται από αυτά (Liu 2008, Gallagher and Josephs 2008). Ένα σύστημα LIDAR συνήθως αποτελείται από τρία μέρη (Liu

2008): μία μονάδα σαρωτή λέιζερ, ένα δέκτη Παγκόσμιου Εντοπισμού Θέσης (GPS) και μία Αδρανειακή Μονάδα Μέτρησης (INS).

Τα LIDAR εκπέμπουν σε πολύ μικρότερα μήκη κύματος από τα ραδιοκύματα και μπορούν να καταγράψουν πιο λεπτομερή δεδομένα (Gallagher and Josephs 2008). Αυτή η διαδικασία εναέριας σάρωσης με λέιζερ, παρέχει τη δυνατότητα απόκτησης δεδομένων υψηλής ποιότητας και ακρίβειας και ένα από τα πιο ελκυστικά χαρακτηριστικά της, είναι η άμεση διαθεσιμότητα σημείων με συντεταγμένες στις τρεις διαστάσεις της περιοχής που μελετάται (Chase *et al.* 2011). Χρησιμοποιούν υπεριώδη, ορατή ή εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία για την απεικόνιση αντικειμένων-στόχων και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα από αυτά, συμπεριλαμβανομένων των μη μεταλλικών αντικειμένων, της βροχής, των πετρών, των χημικών ενώσεων, των νεφών και των αερολυμάτων (Liu 2008).

Στην πραγματικότητα, οι εικόνες που προέρχονται από LIDAR μπορούν να παραλείψουν πολύ αποτελεσματικά τη βλάστηση που καλύπτει τον προς εξέταση τόπο, εμφανίζοντας πλήρως το υποκείμενο έδαφος. Αυτό το χαρακτηριστικό της τεχνολογίας LIDAR την καθιστά ιδιαίτερα δημοφιλή στους αρχαιολόγους στην προσπάθεια εντοπισμού αρχαιολογικών χώρων σε απομακρυσμένες περιοχές, σε περιοχές με υψηλή βλάστηση ή και σε μη προσβάσιμες περιοχές, όπου η επιτόπια έρευνα είναι προβληματική (Gallagher and Josephs 2008).

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η μορφή εναέριας τηλεπισκόπησης με την τεχνική LIDAR έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε διάφορες εφαρμογές που περιλαμβάνουν γεωμορφολογικές έρευνες, παρακολούθηση παράκτιων ζωνών, διαχείριση δασικών πυρκαγιών καθώς και διαχείριση περιβαλλοντικών έργων και υποδομών. Η πιο σημαντική συνεισφορά της συγκεκριμένης τεχνολογίας συναντάται στην αρχαιολογική έρευνα και στη διαχείριση αρχαιολογικών ανασκαφών (Werbrouck *et al.* 2011).



Εικόνα 4.11 Αποκάλυψη αρχαιολογικού οικισμού από το σύστημα Lidar (Johnson and Ouimet 2014).

Η σύγχρονη αρχαιολογία επηρεάστηκε καταλυτικά από τις εξελίξεις της γεωλογικής έρευνας και από την ευρεία χρήση των αεροφωτογραφιών και των δορυφορικών εικόνων οι οποίες καταγράφουν μετρήσιμα και ποσοτικά στοιχεία με στόχο τη βελτιστοποίηση της ερμηνείας και της τεκμηρίωσης των αρχαιολογικών ευρημάτων και των θεωρητικών υποθέσεων (Σαρρής 2008).

Στο πλαίσιο αυτό ανήκουν οι γεωφυσικές διασκοπήσεις, οι οποίες χαρακτηρίζονται και αυτές ως μη καταστροφικές τεχνικές και εφαρμόζονται σε μεγαλύτερες κλίμακες. Αυτές συμβάλλουν αποτελεσματικά στη συνολική διερεύνηση του χώρου μιας αρχαιολογικής θέσης, πριν ή ακόμη και χωρίς να γίνει ανασκαφή, τόσο επιφανειακά όσο και στρωματογραφικά, προσφέροντας πληροφορίες σχετικά με το είδος και τη λειτουργία των εδαφίων μνημείων, το βάθος, την έκτασή τους, τα επίπεδα κατοίκησης και την κατάσταση διατήρησής τους. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη γεωφυσική διασκόπηση του υπεδάφους διαφοροποιούνται σε ενεργητικές και παθητικές, ανάλογα με το αν μετρούν μία φυσική ιδιότητα του υπεδάφους με ή χωρίς επέμβαση στο υπέδαφος μέσω της εκπομπής μιας εξωτερικής ενέργειας ή ακτινοβολίας. Επίσης, διακρίνονται ανάλογα με τον στόχο των διασκοπήσεων, εάν δηλαδή προσανατολίζονται προς την οριζόντια ή την κατακόρυφη χαρτογράφηση του υπεδάφους. Μια πιο αναλυτική επισκόπηση των μεθόδων και των εφαρμογών των γεωφυσικών τεχνικών στην αρχαιολογία αναφέρεται εκτενώς και στη διεθνή

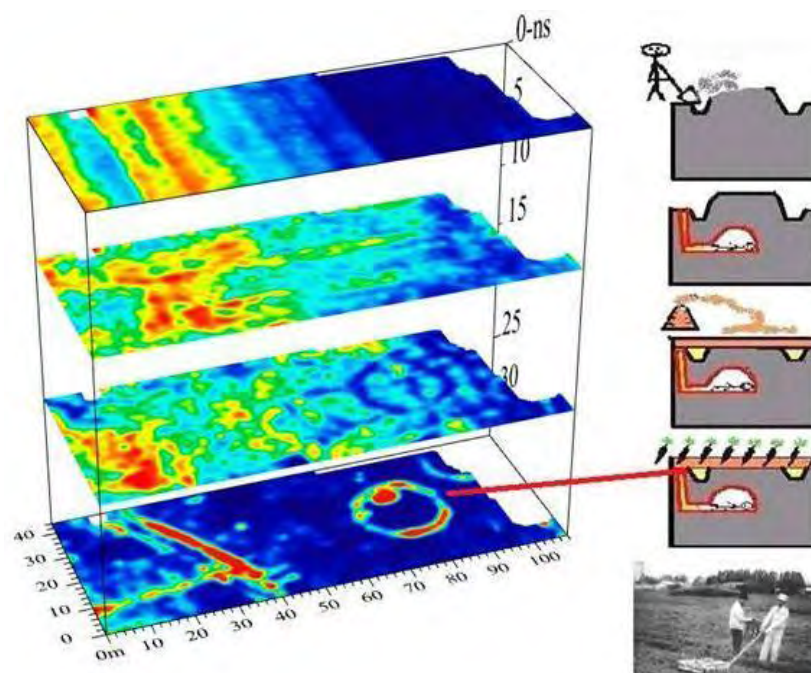
βιβλιογραφία (Clark 1990, Scollar *et al.* 1990, Conyers and Goodman 1997, Weymouth 1986, Weymouth and Huggins 1986, Wynn 1986, Sarris and Jones 2000, Gaffney and Gater 2003, Λυριτζής 2005 και Linford 2006).

Οι ηλεκτρομαγνητικές τεχνικές ανήκουν στις ενεργητικές μεθόδους τηλεπισκόπησης και περιλαμβάνουν τα όργανα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, τους ανιχνευτές μετάλλων και το γεωραντάρ.

Τα γεωραντάρ - Ground Penetrating Radar (GPR) - είναι μία προηγμένη, μη-παρεμβατική τεχνολογία απεικόνισης του υπεδάφους που χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς για την απεικόνιση του (Doolittle and Bellantoni 2010). Έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε μερικές δεκάδες μέτρα (ανάλογα με τον τύπο του εδάφους) και παρέχει στον χρήστη με τη δημιουργία μιας εγκάρσιας τομής του υπεδάφους (Goodman 1994). Επιπλέον, το γεωραντάρ είναι κατάλληλο στον καθορισμό σε ικανοποιητικό βαθμό το σχήμα, το μέγεθος, την έκταση και το βάθος ενός θαμμένου αντικειμένου. Είναι μία τεχνική, η οποία βρίσκει εφαρμογή στη μηχανική, στη γεωλογία, στις περιβαλλοντικές έρευνες και πιο πρόσφατα στην αρχαιολογία (Conyers 2004).

Το μηχάνημα αυτό κινείται στη μελετώμενη επιφάνεια, στέλνοντας στο υπέδαφος ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς οι οποίοι εκπέμπονται από μία κεραία μετάδοσης. Τα θαμμένα αντικείμενα αντανακλούν και σκεδάζουν μέρος της εκπεμπόμενης ενέργειας στην επιφάνεια. Ακολουθώς, η κεραία λαμβάνει το ανακλώμενο/σκεδασμένο σήμα, το οποίο μετατρέπεται σε συγκεκριμένου τύπου διάγραμμα και απεικονίζεται σε υπολογιστή (Sternberg and McGill 1995).

Στην αρχαιολογία, όπως προαναφέρθηκε, η συμβολή του γεωραντάρ είναι πολύ σημαντική. Μερικοί από τους στόχους που μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση του είναι: α) η στρωματογραφία του εξεταζόμενου υπεδάφους, β) ο εντοπισμός γεωλογικών και αρχαιολογικών ανωμαλιών, γ) ο προσδιορισμός συγκεκριμένων περιοχών-στόχων, που σκοπό έχει να κατευθύνει τις έρευνες των αρχαιολόγων σε προγράμματα ανασκαφών (Porsani 2010).



Σχήμα 4.2 Το γεωραντάρ δίνει τομές του υπεδάφους σε διαφορετικά βάθη μετά από εξεργασία σε κατάλληλο λογισμικό (GPR-survey 2015).

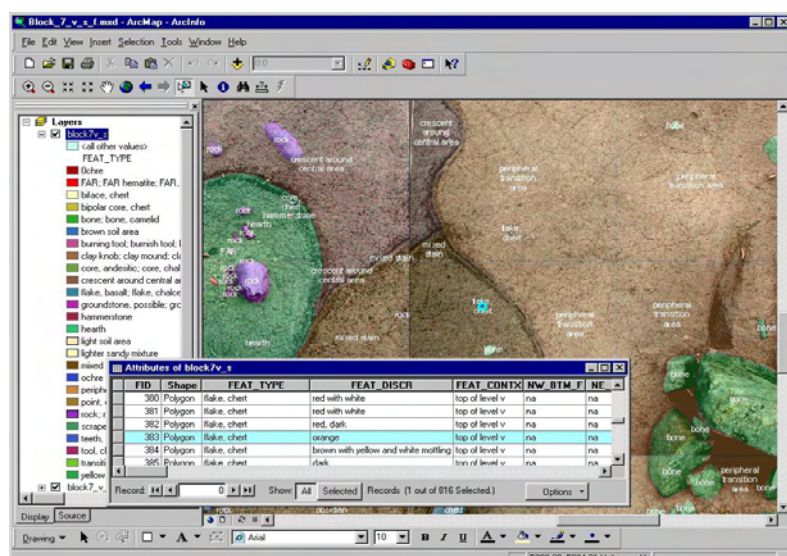
4.4. Η ολοκληρωμένη αρχαιολογική μελέτη με τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών

Η συλλογή των στοιχείων μιας περιοχής συνήθως συνδυάζεται και ολοκληρώνεται σε ένα γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα (Romano and Tolba 1996, Gaffney *et al.* 1996) που αποτελεί και τη βάση για περαιτέρω ποιοτικές και ποσοτικές συσχετίσεις χωρικών μεταβλητών αλλά και ένα εργαλείο προσομοιώσεων διαφόρων τύπων μοντέλων (Μηλιαρέσης 2003). Συγκεκριμένα, ο συνδυασμός των παραπάνω δεδομένων καθώς και με άλλες πληροφορίες οι οποίες προέρχονται από αρχαιολογικές έρευνες, περιβαλλοντικές πληροφορίες και κοινωνικο-οικονομικά μοντέλα αποθηκευμένες σε βάσεις δεδομένων προσφέρουν πολύτιμα αποτελέσματα όσον αφορά στην διερεύνηση της χρήσης του χώρου στην αρχαιότητα, αλλά και στον τρόπο διαχείρισης των αρχαιολογικών μνημείων. Η εφαρμογή της ψηφιακής επεξεργασίας των δορυφορικών εικόνων, η σύνθεση και η συσχέτιση των αποτελεσμάτων αυτής μέσω γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, ανοίγει νέους

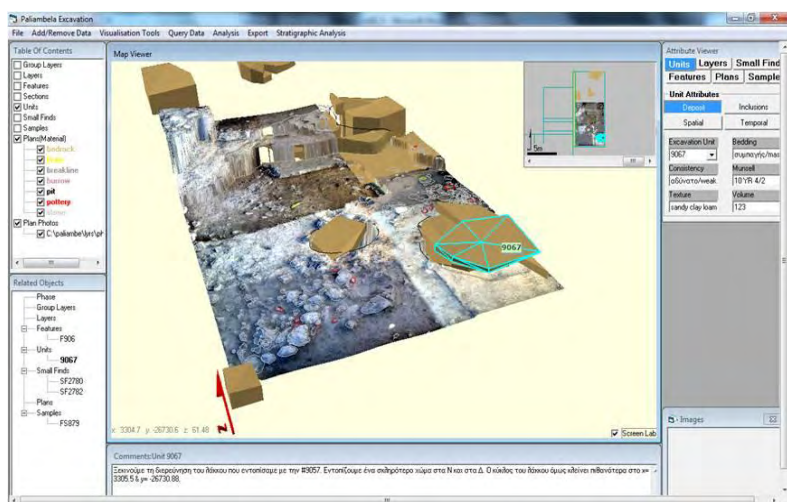
ορίζοντες στην αποτύπωση των αρχαιολογικών θέσεων, στον εντοπισμό υποψήφιων περιοχών με πιθανό αρχαιολογικό ενδιαφέρον (μοντέλα εντοπισμού) και στη διαχείριση των αρχαιολογικών θέσεων. Ιδιαίτερως σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν αυξημένες πιέσεις λόγω της αναπτυξιακής δραστηριότητας (Σαρρής 2008). Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών μας προσφέρουν επίσης έναν τρόπο αναπαράστασης του αρχαίου περιβάλλοντος και της δόμησης του πολιτισμικού τοπίου, μέσω της μοντελοποίησης της γεωμορφολογίας και υδρολογίας, της ανάλυσης της επικοινωνίας και των ορίων επικράτειας των αρχαίων οικισμών, καθώς και τη στατιστική επεξεργασία και τη συσχέτιση φυσικών και πολιτισμικών παραμέτρων.

Μια σημαντική προσφορά των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και των πρόσφατων εξελίξεων της πληροφορικής είναι η δυνατότητα δημιουργίας ψηφιακών και διαδικτυακά διαθέσιμων θεματικών αρχαιολογικών χαρτών και γενικότερα πολιτιστικών γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (Cultural Geographical Information Systems/CGIS). Τα συστήματα αυτά συνδυάζονται με τις υπάρχουσες περιβαλλοντικές συνθήκες, τις γεωμορφολογικές και κλιματικές αλλαγές και τις πιέσεις που δημιουργούνται από τις ανθρωπογενείς κατασκευές και δραστηριότητες γενικότερα. Μέσω αυτών των συστημάτων αυτών γίνεται ακόμη ευκολότερη η αποκαλούμενη «διαδραστική παρακολούθηση» των πολιτιστικών μνημείων, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η διατήρηση και προστασία αυτών από φυσικές καταστροφές και ανθρωπογενή αίτια (UNESCO 1996).

Τεχνολογίες όπως τα νευρωνικά δίκτυα, η εικονική πραγματικότητα και η τεχνητή νοημοσύνη διεισδύουν ολοένα και περισσότερο στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και βελτιστοποιούν τις οπτικοποιημένες απεικονίσεις. Τέλος, η διάθεση δορυφορικών εικόνων και ψηφιακού χαρτογραφικού υλικού μέσω του διαδικτύου αναμένεται να έχει εποικοδομητικές συνέπειες στην αρχαιολογική έρευνα. Μέσα από αυτήν τη συνθετική προσέγγιση των αρχαιολογικών και περιβαλλοντικών πληροφοριών αναδεικνύεται μία καλύτερη στρατηγική διαχείρισης της πολιτισμικής κληρονομιάς.



Εικόνα 4.12 Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών παρέχουν δομημένα περιγραφικά χαρακτηριστικά για την εύρεση χωρικών προτύπων.



Εικόνα 4.13 Δυναμική επιτήρηση του χώρου, σύγκριση και ανάλυση της δόμησης του και των αρχαιολογικών ευρημάτων.

4.5. Πρόβλεψη ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων

Ο όρος «μοντελοποιημένη πρόβλεψη» αναφέρεται στην μέθοδο πρόβλεψης των τιμών (ή τις πιθανότητες να συμβεί ένα γεγονός) μιας εξαρτημένης μεταβλητής σε μία μη δειγματοληπτική περιοχή χρησιμοποιώντας μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές. Όταν εφαρμόζεται στην αρχαιολογία, συσχετίζεται άμεσα με την πρόβλεψη, την πιθανότητα ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων στο πλαίσιο ποσοτικής εκτίμησης των χαρακτηριστικών των αρχαιολογικών θέσεων της περιοχής που μελετάται. (Kvamme 1983, Judge and Sebastian 1988, Kvamme 1990a, Westcott and Brandon 2000). Σύμφωνα με την παραπάνω θεώρηση, η μοντελοποιημένη πρόβλεψη είναι συνάρτηση του ορισμού του περιβάλλοντος χώρου και των χαρακτηριστικών του πλησίον των αρχαιολογικών θέσεων (Gaffney and van Leusen 1995). Αν και τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά επηρεάζουν την ύπαρξη αρχαιολογικών θέσεων, αυτό δεν είναι το μοναδικό κριτήριο που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι πολιτιστικοί παράγοντες, τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά καθώς και τα ίδια χαρακτηριστικά των αρχαιολογικών θέσεων, επηρεάζουν τη χωρική κατανομή των πιθανών αρχαιολογικών θέσεων (Ingold 1993, Tilley 1994, 1996, Bradley 1998, 2000, Barrett 1999, Tilley and Bennet 2001).

Η συνεισφορά της «μοντελοποιημένης πρόβλεψης» στην αρχαιολογία έχει διπλή χρησιμότητα. Αφενός σχετίζεται με τη Διαχείριση των Πολιτιστικών Πόρων/Cultural Resource Management (CRM), όπου είναι συχνά απαραίτητη η πρόβλεψη ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων για να αποφευχθούν ή έστω να μειωθούν οι πιθανές καταστροφές τους εξαιτίας τεχνικών έργων. Με την οπτική της διαχείρισης των πολιτιστικών πόρων, σημαντική είναι η εγκυρότητα της πρόβλεψης και όχι η αιτιολογημένη ύπαρξη αρχαιολογικών θέσεων στη συγκεκριμένη περιοχή. Πολλά παραδείγματα μοντελοποιημένης πρόβλεψης έχουν δείξει ότι τα περιβαλλοντικά και γεωμορφολογικά στοιχεία μιας περιοχής όπως το ανάγλυφο, οι τύποι εδαφών, η ξηρασία ή υγρασία, οι κλίσεις και ο προσανατολισμός και η απόσταση από τα ύδατα μόνιμης ροής συνεισφέρουν στην πρόβλεψη ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων (Kvamme

1983, 1985, 1990^a, Duncan and Beckman 2000, Warren and Asch 2000, Woodman 2000b).

Αφετέρω, η «μοντελοποιημένη πρόβλεψη» προσφέρει πιθανές ερμηνείες κατοίκησης μιας συγκεκριμένης περιοχής και την επήρεια από περιβαλλοντικούς παράγοντες (cf. Wheatley 2004). Στην περίπτωση αυτή ο σκοπός είναι καθαρά επεξηγηματικός.

Η δόμηση ενός μοντέλου πρόβλεψης περιλαμβάνει συνήθως τέσσερα στάδια: τη συλλογή δεδομένων, τη στατιστική ανάλυση, την εφαρμογή του μοντέλου και τον έλεγχο λειτουργίας του (cf. Duncan and Beckman 2000 p.36, Warren and Asch 2000 p. 13). Τα μοντέλα πρόβλεψης δίνουν τις αντίστοιχες πιθανότητες ύπαρξης των αρχαιολογικών θέσεων και περιλαμβάνουν ποικίλες τεχνικές γεωχωρικών αναλύσεων.

Οι Vaughn και Crawford το 2009 χρησιμοποίησαν τη δυαδική λογιστική παλινδρόμηση για να προσδιορίσουν την πιθανότητα αρχαιολογικής παρουσίας των οικισμών των Μάγια στη βορειοδυτική Μπελίζε. Η μοντελοποιημένη πρόβλεψη περιελάμβανε δορυφορικές εικόνες, θεματικά δεδομένα, χάρτες, και έκανε χρήση διαφόρων τεχνικών των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Συγκεκριμένα, οι μεταβλητές για την πρόβλεψη αντιπροσώπευαν τόσο το προϊστορικό όσο και το σημερινό τοπίο της περιοχής. Το βέλτιστο μοντέλο πρόβλεψης επιτεύχθηκε συνδυάζοντας μία εικόνα προερχόμενη από το δορυφόρο Landsat, που κατέγραψε τις σύγχρονες μορφές βλάστησης οι οποίες όμως σχετίζονται με την κατοίκηση των Μάγια, δύο χωρικές μεταβλητές προερχόμενες από ένα ψηφιακό αναλογικό μοντέλο (DEM), καθώς επίσης και έναν αναλογικό υδρογραφικό χάρτη των φυσικών πόρων των Μάγια. Το μοντέλο πρόβλεψης του προγράμματος αναγνώρισε αρκετές περιοχές υψηλής πιθανότητας ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων καθώς και περιοχές που είναι πιθανό να περιέχουν αρχαιολογικά κατάλοιπα.

Τα αποτελέσματα τέτοιων μελετών είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για μελλοντικές έρευνες πεδίου. Με την αποφυγή της επιλογής περιοχών με αυξημένη πιθανότητα παρουσίας αρχαιολογικών ευρημάτων, εξασφαλίζεται η προστασία των πολιτιστικών μνημείων, προγραμματίζεται ο ρυθμός των αναπτυξιακών έργων και εξοικονομούνται σημαντικοί πόροι.

Σε διεπιστημονικό ερευνητικό πρόγραμμα, που αναπτύχθηκε με τη συνεργασία αρχαιολόγων και γεωφυσικών εμπειρογνομόνων, έγινε μια προσπάθεια σκιαγράφησης και πρόβλεψης των χωρο-χρονικών σχέσεων μεταξύ των παλαιότερων περιβαλλοντικών συνθηκών στη περιοχή μιας αλπικής πεδιάδας και των ανθρώπινων οικισμών κατά τους προηγούμενους αιώνες (Brivio *et al.* 2000). Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην βόρεια περιοχή της λίμνης Κόμο, στη συμβολή των κοιλάδων Valtellina και Val Chiavenna, κοιλάδες της Βόρειας Ιταλίας. Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο Δέλτα των ποταμών που υπέστη από μεγάλες διαφοροποιήσεις εξαιτίας του μεταβαλλόμενου φόρτου των ιζημάτων, σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και λόγω της ανθρώπινης παρουσίας. Δορυφορικά δεδομένα και εικόνες (Landsat) που καταγράφηκαν σε διαφορετικά μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, από το ορατό μέχρι και το θερμικό υπέρυθρο, χρησιμοποιήθηκαν για να οριοθετηθούν τα χαρακτηριστικά του τοπίου που δεν εντοπίζονται εύκολα στο έδαφος και πιθανόν θεμελιώνουν την ύπαρξη αρχαιολογικών τεκμηρίων της τελευταίας χιλιετίας. Στη γεωμορφολογική μελέτη της περιοχής συνέβαλλαν αεροφωτογραφίες που ελήφθησαν πριν από τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο.

Η ολοκληρωμένη ανάλυση δορυφορικών εικόνων, χαρτογραφικών δεδομένων και αρχαιολογικών τεκμηρίων αποδείχθηκε χρήσιμη στην αρχαιολογική έρευνα, οριοθετώντας ισχυρά πιθανές περιοχές ύπαρξης οικισμών και υποδεικνύοντας άλλες για μελλοντική έρευνα στην περιοχή (Brivio *et al.* 2000).

Η ανασύσταση του παλαιοτοπίου, ως κομμάτι της πειραματικής αρχαιολογίας, δημιουργεί μία νέα προσέγγιση στην ιστορική έρευνα, η οποία επιτρέπει τη γνώση και την κατανόηση των συνθηκών και του περιβάλλοντος ζωής των ανθρώπων αιώνες πριν. Αν και αποτελεί μία ιδιαίτερα δύσκολη ανάλυση, η φάση της πρόβλεψης αρχαιολογικών θέσεων είναι απαραίτητη γιατί προσδίδει εγκυρότερα αποτελέσματα.

Οι πληροφορίες από ιστορικά στοιχεία αλλά κυρίως από την ενδελεχή ανάλυση και αξιολόγηση των αρχαιολογικών περιοχών μας βοηθούν δίνουν μία εικόνα του τότε κόσμου και του περιβάλλοντος που αναπτύχθηκαν οι διάφοροι πολιτισμοί. Βέβαια αυτό πρέπει να συντελείται με ακριβή ακαδημαϊκή έρευνα και αυστηρά ελεγμένες μεθοδολογίες.

Τα τελευταία 30 χρόνια ένας σημαντικός αριθμός γεωαρχαιολογικών μελετών έχουν πραγματοποιηθεί γύρω από τη Μεσόγειο (Kraft *et al.* 1977, Fouache 1999, Fouache 2003). Αναμφισβήτητο το πιο σημαντικό έργο περιλαμβάνει μελέτες αρχαιολογικών δομών (Devillers *et al.* 2007, Fouache *et al.* 2005, Gifford *et al.* 1992, Goiran and Morhange 2003, Marriner and Morhange 2007, Marriner *et al.* 2005, Marriner *et al.* 2007, Marriner *et al.* 2008, Vött 2007).

Η παλαιοπεριβαλλοντική ανασυγκρότηση της περιοχής γύρω από αρχαία κτίρια επιτρέπει τον προσδιορισμό των γεωμορφολογικών διεργασιών και την ανασυγκρότηση του τοπίου σε διαφορετικές ιστορικές και γεωλογικές περιόδους. Οι παράκτιες περιοχές αποτελούν ένα κατάλληλο μέρος για να μελετήσει κανείς την περιβαλλοντική ιστορία των αρχαίων πόλεων (Bruckner 2005), ή των αρχαιολογικών μνημείων, καθώς οι στρωματογραφικές και ιζηματολογικές μελέτες μορφοποιούν τη γεωλογική δυναμική που είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία των δελταϊκών περιοχών (Ghilardi 2007).

Οι (Sugita *et al.* 2010) υποστηρίζουν στην έρευνά τους ότι στην ανασύσταση του τοπίου δεν αλλάζει μόνο το ανάγλυφο του εδάφους αλλά και η φυτοκάλυψη με ταχείς ρυθμούς. Δημιουργώντας έναν ειδικό αλγόριθμο (Landscape Reconstruction Algorithm/LRA), για την ανάλυση της ποσοτικής αναδόμησης της βλάστησης στις εξεταζόμενες περιοχές, οδηγήθηκαν σε μία σαφή εικόνα για της ανάπτυξη της βλάστησης στις περιοχές κατά στο πέρασμα του χρόνου.

Σε μία άλλη εφαρμογή (Siart *et al.* 2010) χρησιμοποιούνται καρστικά ιζήματα τα οποία σπάνια χρησιμοποιούνταν ως γεωδεδομένα στην Ελλάδα για την παλαιοπεριβαλλοντική έρευνα. Όμως επειδή το υπέδαφος κρύβει πολλές πληροφορίες για την ιστορία του τοπίου, στη συγκεκριμένη εφαρμογή μία πολυκριτηριακή προσέγγιση οδήγησε στην αξιολόγηση της δυνατότητας αναδόμησης του γεωαρχαιολογικού χώρου στο βουνό Ψηλορείτης στην κεντρική Κρήτη. Με τη χρήση της τηλεπισκόπησης, τις γεωφυσικές διασκοπήσεις, τις γεωτρήσεις και την χωρική ανάλυση μέσω των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, τα καρστικά ιζήματα σε διαφορετικά βάθη έδωσαν πληροφορίες για την περιβαλλοντική ιστορία του τόπου.

Στο προϊστορικό περουβιανό κέντρο στο Chavín de Huántar το οποίο έχει δεχθεί πολλές γεωμορφικές και ανθρωπογενείς μεταβολές από τη στιγμή που εμφανίζεται στην ιστορία το 1200 μ.Χ., πραγματοποιήθηκε εκτενής αρχαιολογική και γεωλογική στρωματογραφία όλης της περιφέρειας και παρείχε λεπτομερή δεδομένα των μεταβολών αυτών.

Σε μία μελέτη (Contreras 2009) χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι παρεμβολής, για την προσέγγιση του αναγλύφου την προϊστορική περίοδο. Αυτό αποτελεί τη βάση της δημιουργίας εικόνας του τοπίου της περιοχής και της εκτίμησης των αλλαγών κατά τη διάρκεια των ετών μέχρι τη σημερινή εποχή.

Συμπερασματικά η φωτοερμηνεία, η φωτογραμμετρία και η τηλεπισκόπηση συνεισφέρουν στον εντοπισμό, στη χαρτογράφηση και στην πρόβλεψη αρχαιολογικών θέσεων. Δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται για τους σκοπούς αυτούς είναι οι θεματικές αρχαιολογικές πληροφορίες, οι προφορικές μαρτυρίες σε συνδυασμό με τη χρήση γεωχωρικών δεδομένων [τοπογραφικές μετρήσεις, χάρτες, αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες διαφορετικών μηκών κύματος (πολυφασματικές, υπερφασματικές, εικόνες μικροκυμάτων)], δεδομένα από αερομεταφερόμενοι σαρωτές Lidar αλλά και δεδομένα γεωφυσικών διασκοπήσεων.

Η χαρτογράφηση του φυσικού περιβάλλοντος στα όρια των αρχαιολογικών χώρων συνεισφέρει στη διαχείριση και στην προστασία τόσο του φυσικού όσο και του πολιτιστικού περιβάλλοντος.

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών μέσω των γεωβάσεων συντελούν στη διαχείριση των αρχαιολογικών ανασκαφών. Επίσης, αυτά βάσει των χωρικών και των περιγραφικών χαρακτηριστικών, παρέχουν χωρικές αναλυτικές διαδικασίες για τον εντοπισμό χωρικών προτύπων αρχαιολογικής κατοίκησης. Τέλος, τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο για την ανάδειξη των αρχαιολογικών χώρων για πολιτιστικούς και τουριστικούς σκοπούς.

Ωστόσο, η χρήση των παραπάνω δεδομένων και μεθοδολογιών συνεισφέρει και στην πρόβλεψη αρχαιολογικών θέσεων η οποία αποτελεί το πιο δύσκολο και σύνθετο αντικείμενο μελέτης και τον κύριο αντικειμενικό σκοπό της αρχαιολογικής έρευνας.

5. ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ, ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

5.1. Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό πραγματεύεται την προμήθεια, την ανάκτηση και την προεπεξεργασία των γεωχωρικών δεδομένων που αφορούν την περιοχή της Μαγνησίας. Η περιγραφή και η ανάλυση των γεωχωρικών δεδομένων γίνεται βάσει της ψηφιακής αναπαράστασής τους, σε διανυσματικά δεδομένα (vector) και σε δεδομένα ψηφιδωτής μορφής (raster). Επίσης, ιδιαίτερα σημαντική είναι η ανάκτηση θεματικών πληροφοριών (ιστορικών, αρχαιολογικών, τοπογραφικών, γεωλογικών, γεωμορφολογικών κ.λπ.) από διάφορες μελέτες, όπως αυτές αναλύθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο. Οι πληροφορίες αυτές ποσοτικοποιούνται για να μετατραπούν σε γεωχωρικά δεδομένα. Η προεπεξεργασία όλων των παραπάνω δεδομένων πραγματοποιείται μέσω μεθόδων της τοπογραφίας και της γεωματικής αφού καταστούν μεταξύ τους συμβατά. Αυτά χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ψηφιακών γεωχωρικών βάσεων δεδομένων και τη δόμηση του γεωχωρικού πιθανοτικού μοντέλου ύπαρξης των αρχαιολογικών θέσεων της Μαγνησίας.

5.2. Προμήθεια και ανάκτηση ποιοτικών/ποσοτικών γεωχωρικών δεδομένων

Η προμήθεια και η ανάκτηση των γεωχωρικών δεδομένων αποτελεί μία ιδιαίτερα χρονοβόρα και δύσκολη διαδικασία. Αφενός διότι οι θεματικές πληροφορίες απαιτούν χρόνο για την αποδελτίωσή τους και δεν είναι πάντα εύκολο να ποσοτικοποιηθούν και να αναπαρασταθούν για περαιτέρω έρευνα μέσω ψηφιακών αναλύσεων. Αφετέρου, η εύρεση και η ανάκτηση των γεωχωρικών δεδομένων μέσω χαρτών (ιστορικών, τοπογραφικών γεωμορφολογικών κ.λπ.) και δορυφορικών εικόνων απαιτεί μία διαλογική και ενδεδεγμένη κρίση στη συλλογή πληροφοριών που να πληρούν τον επιδιωκόμενο σκοπό.

5.2.1. Αποδελτίωση των βιβλιογραφικών πηγών

Μία από τις βασικές και ουσιαστικές διαδικασίες της έρευνας αυτής είναι ο γεωγραφικός προσδιορισμός των αρχαιολογικών θέσεων της Νεολιθικής περιόδου που ανήκουν στην σημερινή περιοχή της Μαγνησίας. Για τον λόγο αυτόν πραγματοποιήθηκε η αποδελτίωση ενός σημαντικού αριθμού αρχαιολογικών συγγραμμάτων τα οποία περιείχαν εκτενείς και σημαντικές αναφορές στις τοποθεσίες των Νεολιθικών αρχαιολογικών θέσεων της Μαγνησίας. Οι μελέτες αυτές είναι οι παρακάτω:

- Το βιβλίο του Χρήστου Τσουντα (1908): *Αι προϊστορικά Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου*, Αθήνα: Η εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία.
- Το βιβλίο των Wace, Alan J.B. and M.S. Thompson (1912): *Prehistoric Thessaly*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Η διδακτορική διατριβή του Paul Halstead (1984) με τίτλο: *Strategies for Survival: an ecological approach to social and economic change in the early farming communities of Thessaly, northern Greece*, University of Cambridge.
- Ο άτλαντας του Κώστα Γαλλή (1992) με τίτλο: *Ατλας Προϊστορικών Οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής Πεδιάδας. Λάρισα*. Εταιρεία Ιστορικών Ερευνών Θεσσαλίας.
- Η διδακτορική διατριβή του Κώστα Βουζαξάκη (2008) με τίτλο: *Γεωγραφικά πρότυπα και θεωρίες του διακοινοτικού χώρου στη νεολιθική Θεσσαλία*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

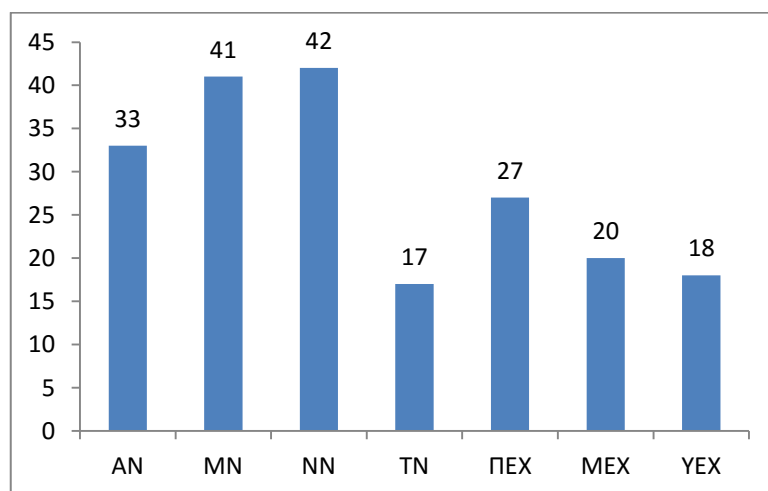
Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στις πρόσφατες μελέτες, λόγω των εσφαλμένων περιγραφών των μελετητών στις αντίστοιχες παλαιότερες, την άγνοια των κατοίκων για την πολιτιστική κληρονομιά του τόπου τους, την καταστροφή και την ισοπέδωση πολλών από τους οικισμούς. Επίσης οι μεταβολές της βλάστησης και των εκτεταμένων καλλιεργειών καθώς και ο προγραμματισμός και η εκτέλεση τεχνικών έργων τα τελευταία έτη έφερε στο «φως» νέες αρχαιολογικές θέσεις.

Σημαντική ήταν η αποδελτίωση βιβλιογραφικών πηγών οι οποίες αναλύονται στο δεύτερο κεφάλαιο σχετικά με την γεωμορφολογία της περιοχής. Συγκεκριμένα, αυτή

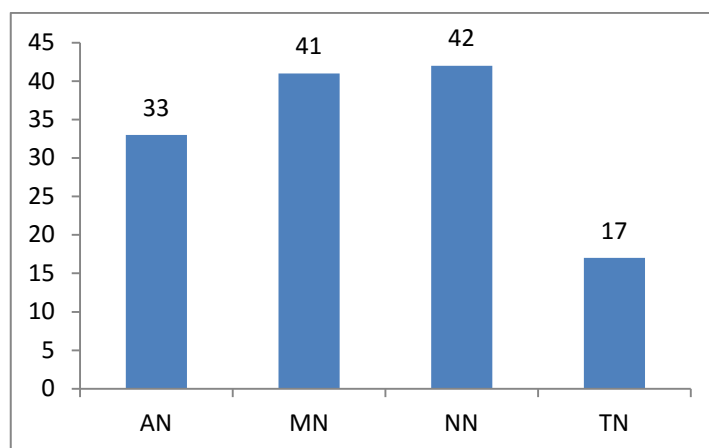
αφορούσε τη γεωλογία της περιοχής, τις διάφορες προσεγγίσεις ανασύστασης του τοπίου κατά τη Νεολιθική περίοδο όσον αφορά το ανάγλυφο, τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά και τις μεταβολές της ακτογραμμής τόσο στον Παγασητικό κόλπο όσο και στην περιοχή του Αλμυρού και στην λίμνη Κάρλα.

5.2.2. Διανυσματικά γεωχωρικά υπόβαθρα

Τα χαρακτηριστικά κάθε αρχαιολογικής θέσης της Νεολιθικής περιόδου, όπως το όνομα, οι συντεταγμένες και η περίοδος στην οποία ανήκει καταχωρήθηκαν σε μία ειδική γεωβάση ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών. Η πλήρης βιβλιογραφία όπως και ο κατάλογος των Νεολιθικών αρχαιολογικών θέσεων της Μαγνησίας παρατίθενται στο παράρτημα της παρούσας διατριβής. Τα παρακάτω ραβδογράμματα παρουσιάζουν τη συχνότητα εμφάνισης των Προϊστορικών αρχαιολογικών θέσεων της Μαγνησίας όπως και το σύνολο των Νεολιθικών αρχαιολογικών θέσεων ανά υποπερίοδο για την ίδια περιοχή.



Σχήμα 5.1 Το σύνολο των Προϊστορικών θέσεων της Μαγνησίας ανά χρονική υποπερίοδο.



Σχήμα 5.2 Το σύνολο των Νεολιθικών θέσεων της Μαγνησίας ανά υποπερίοδο.

Για την έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε η προμήθεια τοπογραφικών χαρτών από τη Γεωγραφική Υπηρεσία του Στρατού (ΓΥΣ) (ΓΥΣ 2009), σε κλίμακα 1:50.000. Το προβολικό σύστημα των χαρτών της ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000 είναι η Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή με γεωδαιτικό Datum το ED50 και ελλειψοειδές το Διεθνές του Hayford. Από τους τοπογραφικούς χάρτες ανακτήθηκαν χρήσιμα γεωγραφικά υπόβαθρα της περιοχής μελέτης όπως: οι ισοϋψείς, το υδρογραφικό δίκτυο, οι πηγές, τα τοπωνύμια, τα διοικητικά όρια, το οδικό δίκτυο, τα χωριά, οι πόλεις, οι οικισμοί κ.ά. Αναλυτικά, χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω φύλλα χάρτου της ΓΥΣ που καλύπτουν τη Μαγνησία.

<u>Όνομα φύλλου χάρτου</u>	<u>Κωδικός</u>
Αγιά	004
Αλμυρός	031
Αργαλαστή	047
Βόλος	073
Βελεστίνο	067
Ευξεινούπολις	109
Ζαγορά	113
Ιστιαία	125

Παναγιά Αγιάς	282
Πελασγία	202
Πλατύκαμπος	304
Σκιάθος	339
Στυλίσ	355
Σύκη	357

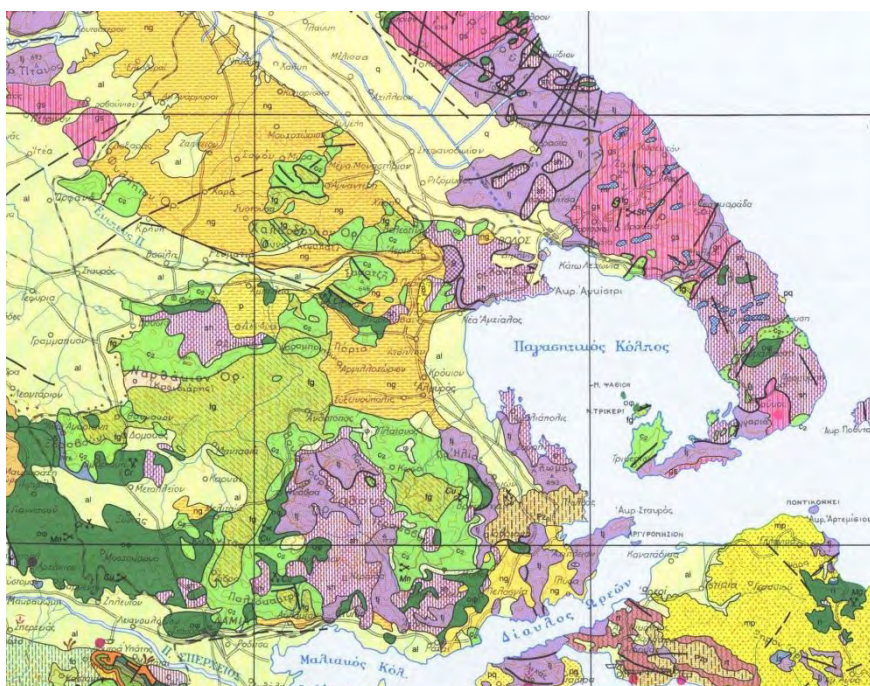
Η Εθνική Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών (ΕΥΓΕΠ), (ΕΥΓΕΠ 2011) παρέχει ενημερωμένα ψηφιακά διανυσματικά δεδομένα, τα οποία διατίθενται χωρίς κόστος. Τα δεδομένα αυτά αφορούν τα νέα διοικητικά όρια και τους οικισμούς και είναι πιστοποιημένα και ελεγμένα από την υπηρεσία θέασης ορθοφωτογραφιών της «Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε.» (Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε. 2010). Η χωρική ανάλυση των ορθοφωτογραφιών είναι 20cm για τις αστικές περιοχές και 50cm για το υπόλοιπο της χώρας.



Εικόνα 5.1 Τμήμα τοπογραφικού χάρτη (φύλλο χάρτη Βόλου) της ΓΥΣ κλίμακας 1:50000.

Επίσης έγινε προμήθεια γεωλογικών χαρτών σε κλίμακα 1:50.000 από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) (ΙΓΜΕ 2009) μεταξύ των οποίων το γεωλογικό υπόβαθρο (πετρώματα και γεωλογικοί μετασχηματισμοί) της περιοχής μελέτης. Για την πλήρη κάλυψη της Μαγνησίας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω φύλλα χάρτου του ΙΓΜΕ.

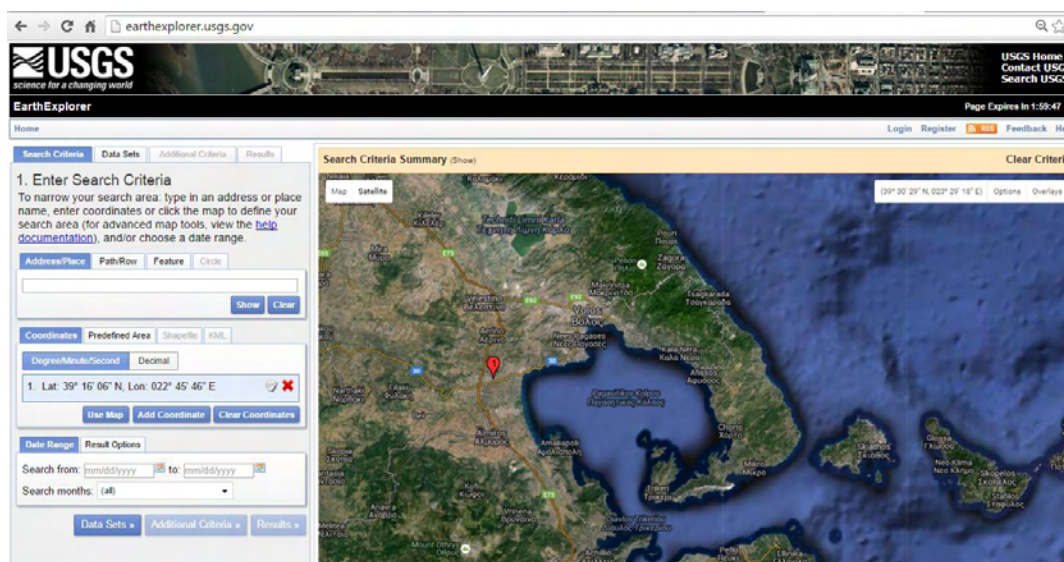
<u>Όνομα φύλλου χάρτου</u>	<u>Κωδικός</u>
Αγιά Παναγία Αγιάς	116
Αλμυρός	144
Αργαλαστή	145
Βελεστίνο	128
Βόλος	129
Ευξεινούπολη Αναύρα	143
Ζαγορά Σύκη	130
Πελασγία	160



Εικόνα 5.2 Γενικευμένος γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:500.000 εστιασμένος στην περιοχή μελέτης (ΙΓΜΕ 1983).

5.2.3. Ψηφιδωτά γεωχωρικά υπόβαθρα

Χρησιμοποιήθηκαν ψηφιδωτά γεωχωρικά υπόβαθρα και για την ακρίβεια δορυφορικές εικόνες που καλύπτουν της περιοχή της Μαγνησίας. Οι εικόνες αυτές θα γεωαναφέρθηκαν μαζί με τα υπόλοιπα γεωχωρικά δεδομένα με σκοπό τη χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης όπως και την αποτίμηση των περιοχών ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες Landsat 7 χωρικής διακριτικής ικανότητας 30μ. που καλύπτουν την περιοχή της Μαγνησίας, οι οποίες διατίθενται για ελεύθερη χρήση για ερευνητικούς σκοπούς μέσω του λογισμικού “Earth Explorer” του ιστοτόπου «Γεωλογική Απογραφή των ΗΠΑ» United States Geological Survey (USGS).



Εικόνα 5.3 Το περιβάλλον δορυφορικών δεδομένων του United States Geological Survey (USGS) των ΗΠΑ (Earth Explorer – USGS 2010).

Στη συνέχεια παρατίθεται ένα τμήμα της περιοχής της Μαγνησίας σε ψευδοχρωματική σύνθεση των φασματικών καναλιών 1, 2 και 3 του δορυφόρου Landsat 7 που απεικονίζει την περιοχή με φυσικά χρώματα.



Εικόνα 5.4 Δορυφορική εικόνα Landsat 7 χωρικής ανάλυσης 30μ. με την πόλη του Βόλου κεντρικά της εικόνας και το Πήλιο που χαρακτηριστικά αναγνωρίζεται στα ανατολικά.

Επίσης χρησιμοποιήθηκε δορυφορική εικόνα του Ευρωπαϊκού δορυφόρου SPOT για τη χαρτογράφηση των ορίων της λίμνης Κάρλας.

Το πλάτος τροχιάς του δορυφόρου SPOT είναι 60 χλμ. με πλευρική υπερκάλυψη κατά 3 χλμ. και η καταγραφή στα HRV γίνεται στα τρία φασματικά κανάλια του που είναι από 0.5 έως 0.59, από 0.61 έως 0.68 και από 0.79 έως 0.89μm. Εκτός όμως από την καταγραφή στα τρία αυτή κανάλια, διαθέτει και μια καταγραφή σ' ένα επιπλέον φασματικό κανάλι, το λεγόμενο παγχρωματικό, σε μήκη κύματος από 0.51 έως 0.73μm., σε υψηλότερη χωρική διακριτική ικανότητα. Μια πλήρης εικόνα scene του δορυφόρου SPOT καλύπτει 60 x 60 χλμ. στη γήινη επιφάνεια και η διακριτική του ικανότητα είναι στα τρία κανάλια 20m και στο παγχρωματικό 10μ. (Περάκης 2015).

Στη συνέχεια παρατίθεται ένα τμήμα της δορυφορικής εικόνας του SPOT που περιέχει το πολεοδομικό συγκρότημα της Λάρισας (ΒΔ) και τη λίμνη Κάρλα (ΝΑ).



Εικόνα 5.5 Δορυφορική εικόνα SPOT χωρικής ανάλυσης 20μ. με την πόλη της Λάρισας στο βορειοδυτικό τμήμα ενώ η λίμνη Κάρλα εμφανίζεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της εικόνας.

5.3. Προεπεξεργασία

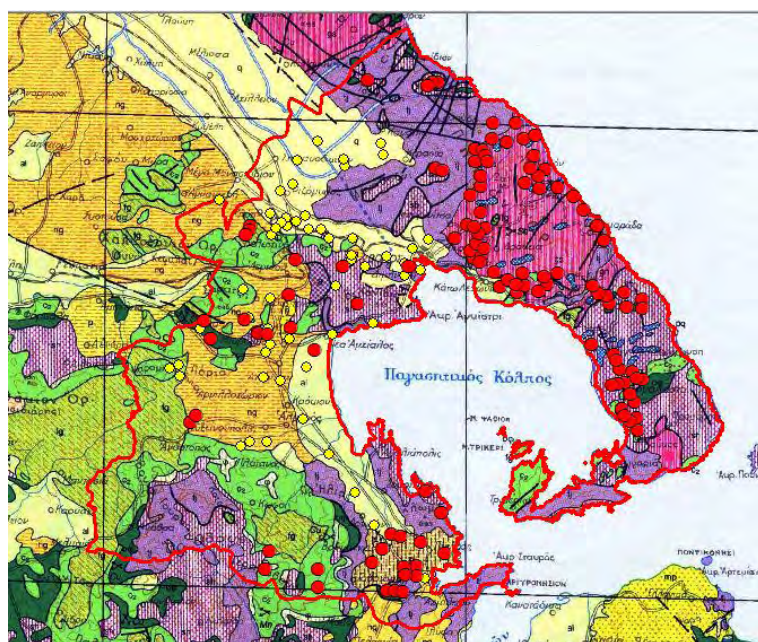
Η προεπεξεργασία των διανυσματικών γεωχωρικών δεδομένων περιλαμβάνει επεξεργασία δεδομένων από διαφορετικές πηγές προέλευσης ώστε να γεωαναφερθούν σε ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων, και να καταστούν μεταξύ τους συμβατά ως προς τις χωρικές τους ιδιότητες. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως γεωαναφορά των γεωχωρικών δεδομένων. Χρησιμοποιούνται για περαιτέρω ανάλυση μέσω τεχνικών της τηλεπισκόπησης και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Η δημιουργία διανυσματικών δεδομένων πραγματοποιείται μέσω της ψηφιοποίησής τους από χαρτογραφικά υπόβαθρα που ανακτήθηκαν για την περιοχή της Μαγνησίας. Επίσης η δόμηση της τοπολογίας στα διανυσματικά δεδομένα εξασφαλίζει τη χωρική ακρίβεια στη δομή τους. Αντιστοίχως, η προεπεξεργασία των ψηφιδωτών γεωχωρικών δεδομένων και ειδικά δορυφορικών εικόνων περιλαμβάνει τη δημιουργία εικόνων διαφόρων χρωματικών συνθέσεων, τη γεωμετρική διόρθωση καθώς και την ραδιομετρική ενίσχυση των δορυφορικών εικόνων. Για την προεπεξεργασία των διανυσματικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS ενώ για την προεπεξεργασία των ψηφιδωτών δεδομένων το ERDAS Imagine.

5.3.1. Γεωαναφορά και ψηφιοποίηση των γεωχωρικών δεδομένων

Η διαδικασία της γεωαναφοράς των διανυσματικών γεωχωρικών δεδομένων περιλαμβάνει την γεωαναφορά των χαρτογραφικών υποβάθρων (χάρτες της ΓΥΣ, του ΙΓΜΕ, ψηφιακά δεδομένα της ΕΥΓΕΠ) στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 87). Για τη γεωαναφορά έγινε χρήση του αφινικού μετασχηματισμού και η ακρίβεια της γεωαναφοράς εκτιμήθηκε με το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (rms error) μεταξύ 10 και 12μ. Η ακρίβεια αυτή κρίθηκε απολύτως ικανοποιητική δεδομένου ότι η κλίμακα μελέτης περιλαμβάνει την περιφερειακή ενότητα Μαγνησίας και περιέχεται απολύτως μέσα στις διαστάσεις του εικονοστοιχείου του δορυφόρου Landsat (30m).

Η ψηφιοποίηση που ακολουθεί τη γεωαναφορά, απαιτεί χρόνο και μεγάλη χωρική ακρίβεια για τη δημιουργία των διανυσματικών δεδομένων. Για τους παραπάνω λόγους χρησιμοποιήθηκε η ημιαυτόματη ψηφιοποίηση που ελαχιστοποίησε τον χρόνο και η κατάλληλη δόμηση της τοπολογίας που παρείχε ικανοποιητική χωρική ακρίβεια στα ψηφιοποιημένα δεδομένα.

Δημιουργήθηκαν τα ψηφιακά υπόβαθρα των ισοϋψών, των πηγών, του υδρογραφικού δικτύου, μέρους του οδικού δικτύου και περιοχών ιδιαίτερων φυσιογραφικών χαρακτηριστικών όπως η λίμνη Κάρλα. Στο υπόβαθρο των πηγών επιλέχθηκαν εκείνες που κρίθηκαν ως κατάλληλες για την αναπαράσταση των γεωμορφολογικών – φυσιογραφικών συνθηκών της Νεολιθικής περιόδου. Δηλαδή επιλέχθηκαν κυρίως οι πηγές επαφής και οι πηγές οι οποίες δεν βρίσκονται στις αλλουβιακές πεδιάδες όπου ο ρυθμός απόθεσης ιζημάτων των τελευταίων χιλιάδων χρόνων αλλάζει διαρκώς το γεωμορφολογικό καθεστώς της περιοχής.



Εικόνα 5.6 Ψηφιοποίηση των πηγών που δεν ανήκουν σε αλλουβιακές πεδιάδες.

Η ψηφιοποίηση των ισοϋψών θα μπορούσε να αποφευχθεί δεδομένου ότι υπάρχουν ψηφιακά μοντέλα αναγλύφου τα οποία προέρχονται από στερεοζεύγη δορυφορικών και αερομεταφερόμενων δεκτών (GTOPO, SRTM, ASTER GDEM), τα οποία διατίθεται σε ελεύθερη πρόσβαση. Η χρήση των παραπάνω είναι συνάρτηση της ακρίβειας που παρέχουν. Ωστόσο τόσο η χαμηλότερη ακρίβεια των δεδομένων αυτών από την ακρίβεια των τοπογραφικών χαρτών της ΓΥΣ, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, όσο και η ανάγκη για παλαιότερα και όχι πρόσφατα ανάγλυφα της περιοχής μελέτης συνέβαλλαν στο γεγονός ότι η ψηφιοποίηση από τους χάρτες ήταν η βέλτιστη αναγκαστική επιλογή.

Πίνακας 5.1 Σύγκριση μεταξύ ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου/ΨΜΑ ελεύθερης πρόσβασης.

	ASTER GDEM	SRTM3	GTOPO
Πηγή δεδομένων	ASTER		Παγκόσμιοι οργανισμοί που διαθέτουν ΨΜΑ
Προμήθεια και διανομή	METI/NASA	NASA/USGS	USGS
Έτος διάθεσης δεδομένων	2009 -	2003 -	1996 -
Περίοδος απόκτησης δεδομένων	2000 έως σήμερα	11 ημέρες το 2000	
Ισοδιάσταση	30μ.	90μ.	1000μ.
Ακρίβεια ΨΜΑ (τυπική απόκλιση)	7-14μ.	10μ.	30μ.

Παράλληλα με τη ψηφιοποίηση των γεωχωρικών δεδομένων δομήθηκε η γεωβάση των αντιστοιχών δεδομένων, με σκοπό τη δυναμική ενημέρωσή της και την επίλυση χωρικών ερωτημάτων, πράξεων πινάκων και την εκτέλεση χωρικών αναλυτικών διαδικασιών.

Ακολουθεί ένα τμήμα της παραπάνω γεωβάσης.

FID	Shape	X	Y	Z	AREA	CODE	name	an	mn	nn	tn
0	Point	398139.58	4348119.45	20	20896.22	12	Pyrasos	an	mn	nn	tn
1	Point	395119.75	4344198.83	20	45438.88	13	Aidiniwtiki Magoula	an	mn	nn	tn
2	Point	388501	4335582	159.8	13631.91	14	Zerelia	an	mn	nn	tn
3	Point	387461.07	4334947.93	180	10394.09	15	Karatzantagli	an	mn		
4	Point	380293.7	4343165.24	241.98	20383.03	16	Perdika 1 (Palaioxwri h Giouzlar h Xatzidh h Ntaoutza	an	mn		
5	Point	394643	4338214	37.78	31124.48	17	Almyriwtiki Magoula	an	mn	nn	
6	Point	390514	4335580	99.94	23621.08	18	Almyros 2 (Magoula Ampelia Almyrou)	an	mn		
7	Point	390032.93	4343088.97	60	32737.17	19	Vatsh Mylos		mn	nn	
8	Point	393064	4347542	160.03	6520.55	20	Fdiolides Thives		mn	nn	tn
9	Point	379105	4344187	320	43579.39	21	Kitik (Fylaki)			nn	
10	Point	402990.96	4325710.11	46.92	42888.9	39	Kamara		mn		
11	Point	400814	4329608	46.43	16706.62	40	Pourmarotakka	an			
12	Point	390296.96	4345937.05	101.51	50014.05	41	Magoula Mpelitsi		mn	nn	
13	Point	390908.76	4346901.09	100	368437.1	42	Proistorikos oikismos ston komvo Mikrothvwn				tn
14	Point	397805	4334053	20	29734.38	46	Voulotakya ste 1990/35				tn
15	Point	392064.41	4342735.43	45.53	10659.5	47	Magoula Karatsagklou			nn	
16	Point	380128.59	4344509.23	320	24544.04	59	Perdika 2	an	mn		
17	Point	408466	4355604	0	0	1	Peukakia			nn	tn
18	Point	404453	4357222	0	0	2	Dimhni			nn	tn
19	Point	400101	4356615	0	0	3	Sesklo A (Kastraki)	an	mn	nn	
20	Point	400430	4357413	0	0	4	Sesklo Pyrgos		mn	nn	
21	Point	407907	4360777	0	0	5	Sesklo Daskiaston			nn	

Εικόνα 5.7 Τμήμα βάσης ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων των Νεολιθικών αρχαιολογικών θέσεων της Μαγνησίας.

5.3.2. Τοπολογία των διανυσματικών δεδομένων

Κατά τη δημιουργία ψηφιακών διανυσματικών υποβάθρων μέσω της ψηφιοποίησης από τα χαρτογραφικά υπόβαθρα προέκυψαν λάθη στη γεωμετρία τους. Για παράδειγμα η διαφοροποίηση των σημείων της αρχής και του τέλους ενός πολυγώνου και η διαφοροποίηση του φυσιολογικού μεγέθους ενός γεωλογικού σχηματισμού. Αυτά τα λάθη μπορούν να διορθωθούν είτε ένα προς ένα δηλαδή χειροκίνητα, διαδικασία ιδιαίτερα χρονοβόρα, είτε μέσω της τοπολογίας, της μαθηματικής δηλαδή διαδικασίας που χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τη σύνδεση, τη συνέχεια και τη γειτνίαση των γεωγραφικών δεδομένων. Άρα μέσω της δόμησης, της χρήσης και του ελέγχου της τοπολογίας μέσω του λογισμικού ArcGIS, πραγματοποιήθηκε η διόρθωση των λαθών ψηφιοποίησης που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικές χωρικές σχέσεις και χωρικές ιδιότητες διανυσματικών δεδομένων.

Χωρικές σχέσεις	Χωρικές ιδιότητες
Κάθε τόξο αρχίζει και τελειώνει σε κόμβο	Διεύθυνση Μήκος τόξου
Τα τόξα συνδέονται με κόμβους	Σύνδεση
Τα πολύγωνα σχηματίζονται από συνδεδεμένα τόξα	Εμβαδό πολυγώνου Περίμετρος πολυγώνου
Τα τόξα έχουν αριστερά και δεξιά τους πολύγωνα	Γειτνίαση

Παρατίθενται στη συνέχεια σχηματικά οι κυριότεροι τοπολογικοί κανόνες (Topology in ArcGIS 2011).

 Points	 Points on points	 Points on lines <i>Must be covered by endpoint of</i> <i>Point must be covered by line</i>	 Points on polygons <i>Must be properly inside polygons</i> <i>Must be covered by boundary of</i>
 Lines <i>Must not have dangles</i> <i>Must not have pseudo-nodes</i> <i>Must not overlap</i> <i>Must not self overlap</i> <i>Must not intersect</i> <i>Must not self intersect</i> <i>Must not intersect or touch interior</i> <i>Must be single part</i>	 Lines on points <i>Endpoint must be covered by</i>	 Lines on lines <i>Must not overlap with</i> <i>Must be covered by feature class of</i>	 Lines on polygons <i>Must be covered by boundary of</i>
 Polygons <i>Must not overlap</i> <i>Must not have gaps</i>	 Polygons on points <i>Contains point</i>	 Polygons on lines <i>Boundary must be covered by</i>	 Polygons on polygons <i>Must be covered by feature class of</i> <i>Must be covered by</i> <i>Must not overlap with</i> <i>Must cover each other</i>

Εικόνα 5.8 Τοπολογικοί κανόνες (Topology in ArcGIS 2011).

Ο πίνακας που ακολουθεί περιλαμβάνει τους διαφόρους τύπους των γεωχωρικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα.

Πίνακας 5.3 Διανυσματικά και ψηφιδωτά γεωχωρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην ερευνητική μεθοδολογία.

Κατηγορίες ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων	
Διανυσματικά / vector	Ψηφιδωτά / raster
Αρχαιολογικές θέσεις	Τοπογραφικοί χάρτες
Ισοϋψείς	Ιστορικοί χάρτες
Υδρογραφικό δίκτυο	Γεωγραφικοί χάρτες
Λίμνες	Γεωλογικοί χάρτες
Πηγές	Ειδικοί θεματικοί χάρτες
Γεωλογικοί σχηματισμοί	Δορυφορικές εικόνες Landsat
Διοικητικά όρια	Δορυφορικές εικόνες SPOT
Δήμοι	Ορθοφωτοχάρτες
Οδικό δίκτυο	
Οικισμοί	
Επίγεια σημεία ελέγχου	

5.3.3. Ραδιομετρικές και γεωμετρικές διορθώσεις των ψηφιακών δορυφορικών εικόνων

Οι δορυφορικές εικόνες του Landsat και SPOT που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα ήταν διορθωμένες τόσο ραδιομετρικά όσο και γεωμετρικά. Ωστόσο, στο σημείο αυτό γίνεται συνοπτική αναφορά στα σφάλματα αυτά εξαιτίας της μεγάλης σημασίας που έχουν στην προεπεξεργασία δορυφορικών εικόνων.

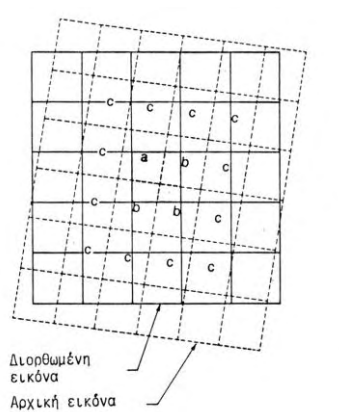
Η ραδιομετρική προεπεξεργασία διορθώνει τα σφάλματα τα οποία προέρχονται από την ατμοσφαιρική διάχυση και απορρόφηση, τις μεταβολές της γωνίας σάρωσης, τις μεταβολές της γωνίας πρόσπτωσης του ηλίου και το «θόρυβο» του δορυφορικού συστήματος. Η ραδιομετρική διόρθωση εφαρμόζεται πριν από τις κύριες επεξεργασίες

των δορυφορικών εικόνων όπως η ταξινόμηση, οι λόγοι φασματικών καναλιών κ.ά. αλλά και πριν τη γεωμετρική διόρθωση.

Σκοπός της γεωμετρικής διόρθωσης είναι η εύρεση και τοποθέτηση των εικονοστοιχείων σε ένα συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς είτε πρόκειται για κάποιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς είτε για κάποιο άλλο ψηφιακό υπόβαθρο. Εξαιτίας της κίνησης της γης, της κίνησης του δορυφόρου, των αποκλίσεων της ατράκτου, των υψομετρικών διαφορών κ.λπ., τα δορυφορικά δεδομένα παρουσιάζουν συστηματικά και τυχαία σφάλματα, τα οποία επηρεάζουν τη θέση των εικονοστοιχείων και παραμορφώνουν την εικόνα. Οι συστηματικές παραμορφώσεις διορθώνονται με την εφαρμογή συγκεκριμένων μαθηματικών μοντέλων. Η γεωμετρική διόρθωση των δορυφορικών εικόνων περιλαμβάνει δύο στάδια. Το πρώτο συνίσταται στον υπολογισμό της νέας γεωγραφικής θέσης που θα λάβει το τυχαίο εικονοστοιχείο της δορυφορικής εικόνας και υλοποιείται μέσω ενός πολυωνυμικού μετασχηματισμού των συντεταγμένων του. Το δεύτερο υπολογίζει την καινούργια ραδιομετρική τιμή που θα λάβει κάθε εικονοστοιχείο στη νέα γεωγραφική του θέση.

Τρεις είναι οι πλέον γνωστές μέθοδοι (αλγόριθμοι) υπολογισμού της ραδιομετρικής τιμής του εικονοστοιχείου στην καινούργια θέση. Αυτές είναι:

- Του πλησιέστερου γείτονα,
- Της διγραμμικής παρεμβολής,
- Της κυβικής συνέλιξης.

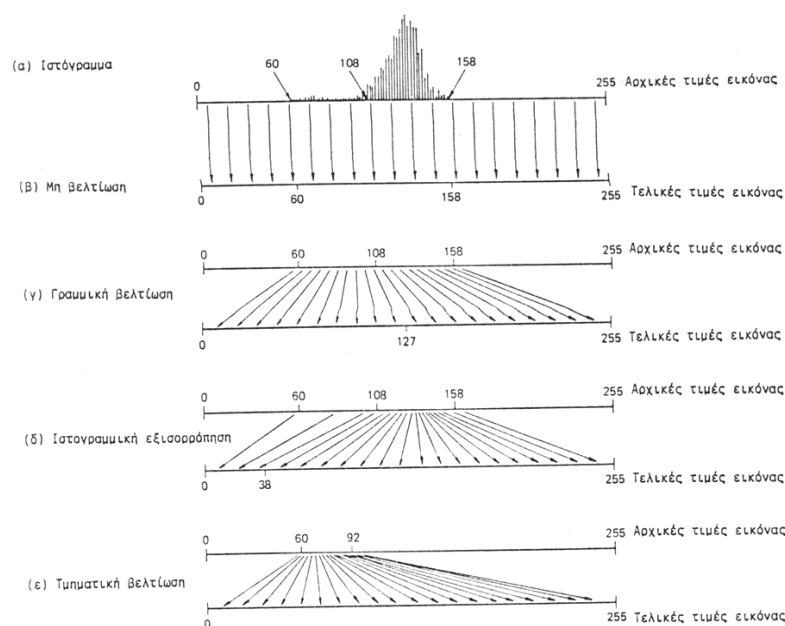


Σχήμα 5.3 Σχηματική αναπαράσταση της γεωμετρικής διόρθωσης των δορυφορικών δεδομένων (Lillesand and Kiefer, 1994).

5.3.4. Ενίσχυση των δορυφορικών δεδομένων

Οι τεχνικές ενίσχυσης των δορυφορικών εικόνων αποσκοπούν στην βελτίωση της οπτικής εμφάνισης της εικόνας και διευκολύνουν τη φωτοερμηνεία. Η διαδικασία αυτή λέγεται βελτίωση ή ενίσχυση της εικόνας. Η ενίσχυση της αντίθεσης της φωτεινότητας των εικόνων εφαρμόζεται μετά τις ραδιομετρικές διορθώσεις. Μία από τις συνηθισμένες τεχνικές η οποία εφαρμόζεται στα δορυφορικά δεδομένα για να βελτιωθεί η οπτική εμφάνιση της εικόνας και να διευκολυνθεί η λήψη αποφάσεων στη φωτοερμηνεία, είναι η λεγόμενη ενίσχυση της αντίθεσης της εικόνας. Η αντίθεση μεταβάλλει το εύρος των τιμών λαμπρότητας (τόνοι του γκρι) οι οποίες υπάρχουν στην εικόνα. Έστω ότι το εύρος των ραδιομετρικών τιμών των εικονοστοιχείων σε κάποιο φασματικό κανάλι, της 8 bit δορυφορικής εικόνας κυμαίνεται μεταξύ 60 (αντιστοιχεί σε σκούρο τόνο του γκρι στην ασπρόμαυρη εικόνα) και 158 (αντιστοιχεί σε ανοικτό τόνο του γκρι στην ίδια εικόνα). Αν υπάρχει η δυνατότητα το εύρος αυτό να διευρυνθεί και να γίνει από 0 (εντελώς μαύρο) μέχρι 255 (εντελώς άσπρο) τότε πολλές πληροφορίες οι οποίες έχουν «συμπιεστεί» στην πρώτη εικόνα θα εμφανιστούν στη δεύτερη βελτιωμένη εικόνα, γιατί θα ενισχυθούν οι αντιθέσεις μεταξύ των τόνων του γκρι. Οι μέθοδοι βελτίωσης της εικόνας μεταβάλλουν τις αρχικές τιμές φωτεινότητας των εικονοστοιχείων και δημιουργούν μια νέα σειρά τιμών, οι οποίες καταλαμβάνουν συνήθως το ολικό εύρος των 256 (0-255) τιμών φωτεινότητας (τόνους του γκρι).

Η απλούστερη μέθοδος από αυτές είναι ο γραμμικός τανυσμός (ενίσχυση). Κατ' αυτήν οι αρχικές ψηφιακές τιμές λαμπρότητας μετατρέπονται γραμμικά (ομοιόμορφα) με τη χρήση νέων καθορισμένων ελάχιστων και μέγιστων τιμών, όπως από 60 έως 158 σε 0 έως 255). Όλες οι ενδιάμεσες τιμές φωτεινότητας κλιμακώνονται αναλογικά μεταξύ της ελάχιστης και μέγιστης τιμής. Για τον επιτυχή χειρισμό και μετατροπή των τιμών, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ανάλυση του σχετικού ιστογράμματος, το οποίο περιγράφει τη στατιστική κατανομή των επιπέδων του γκρι.



Σχήμα 5.4 Μέθοδοι ενίσχυσης της αντίθεσης δορυφορικής εικόνας (Lillesand and Kiefer 1994).

5.3.5. Χρωματικές συνθέσεις δορυφορικών εικόνων – Φωτοερμηνεία

Ο δορυφόρος Landsat 7 έχει υποστεί μια σημαντική βελτίωση στην χωρική καταγραφή από το θερμικό υπέρυθρο κανάλι. Έτσι, η διακριτική του ικανότητα αντί 120μ. είναι 60μ. και επιπλέον στη φασματική περιοχή από 8 έως 11.6μm. έχει τέσσερις φασματικές ζώνες (κανάλια) (Περάκης 2015).

Κάποιες σημαντικές χρωματικές συνθέσεις πολυφασματικών εικόνων του δορυφόρου Landsat 7, που δείχνουν καθαρά τον διαχωρισμό κάποιων καλύψεων γης λόγω του διαφορετικού χρωματισμού ορατών και υπέρυθρων φασματικών καναλιών, παρατίθενται στη συνέχεια.



Εικόνα 5.9 Χρωματική σύνθεση (φυσικά χρώματα) των φασματικών καναλιών 1, 2 και 3 σε B, G, R (Blue, Green, Red) δορυφορικής εικόνας Landsat 7 χωρικής ανάλυσης 30μ. με την πόλη του Βόλου κεντρικά της εικόνας και το δάσος του Πηλίου που αναγνωρίζεται στα ανατολικά με σκούρες πράσινες αποχρώσεις.



Εικόνα 5.10 Ψευδοχρωματική σύνθεση (βλάστηση σε κόκκινο χρώμα) των φασματικών καναλιών 2, 3 και 4 σε B, G, R δορυφορικής εικόνας Landsat 7 χωρικής ανάλυσης 30μ. με την πόλη του Βόλου κεντρικά της εικόνας και το δάσος του Πηλίου που αναγνωρίζεται στα ανατολικά.



Εικόνα 5.11 Ψευδοχρωματική σύνθεση των φασματικών καναλιών 1, 4 και 7 σε B, G, R δορυφορικής εικόνας Landsat 7 χωρικής ανάλυσης 30μ. με την πόλη του Βόλου κεντρικά της εικόνας σε έντονο μωβ χρώμα και το δάσος του Πηλίου που αναγνωρίζεται στα ανατολικά σε πράσινες αποχρώσεις.

Στις παραπάνω εικόνες αναδεικνύεται η χρήση των χρωματικών συνθέσεων στην Τηλεπισκόπηση. Παρατηρούμε ότι η χρωματική σύνθεση 1,2,3 σε B,G,R μας δίνει φυσικά χρώματα (ο μόνος συνδυασμός που δίνει φυσικά χρώματα), ενώ η χρωματική σύνθεση 2,3,4 σε B,G,R παρουσιάζει την βλάστηση σε κόκκινο χρώμα και χρησιμοποιείται σαν η αρχική χρωματική σύνθεση σε διάφορα λογισμικά Τηλεπισκόπησης όπως το ERDAS κ.ά. Τέλος η χρωματική σύνθεση 1,4,7 σε B,G,R διαχωρίζει (εκτός της θάλασσας) το αστικό και το δάσος.

Μια πλήρης εικόνα (scene) του γαλλικού δορυφόρου SPOT καλύπτει 60x60 χλμ. και η διακριτική του ικανότητα είναι στα τρία κανάλια 20m και στο παγχρωματικό 10μ. Τα συστήματα καταγραφής του, προγραμματίζονται ώστε να μπορούν να σαρώνουν υπό διαφορετική γωνία την ίδια επιφάνεια της γης κατά τη διάρκεια δύο γειτονικών τροχιών. Το γεγονός αυτό -που αποτελεί και χαρακτηριστικό της διοφθαλμικής όρασης- δίνει την δυνατότητα στερεοσκοπικής απεικόνισης της γήινης επιφάνειας, και αποτελεί την βάση για την δημιουργία ψηφιακών μοντέλων εδάφους (Digital Elevation Models, DEM) τα οποία είναι απαραίτητα στην δημιουργία τρισδιάστατων ψηφιακών χαρτών.

Στη συνέχεια παρατίθεται μία χρωματική σύνθεση του δορυφόρου SPOT.



Εικόνα 5.12 Δορυφορική εικόνα SPOT χωρικής ανάλυσης 20μ. για τη χαρτογράφηση των ορίων της λίμνης Κάρλας.

Σκοπός της εφαρμογής των παραπάνω χρωματικών συνθέσεων σε συνδυασμό με τη φωτοερμηνευτική διαδικασία, είναι η αποτίμηση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης και η χρησιμότητά τους στη δόμηση του πιθανοτικού μοντέλου πρόβλεψης αρχαιολογικών θέσεων. Επιπλέον οι χρωματικές αυτές συνθέσεις χρησιμοποιήθηκαν και στη γεωαναφορά με ιστορικούς και θεματικούς χάρτες για τη βελτίωση της ακρίβειας της ακτογραμμής στον Αλμυρό και στον Παγασητικό κόλπο κοντά στην πόλη του Βόλου.

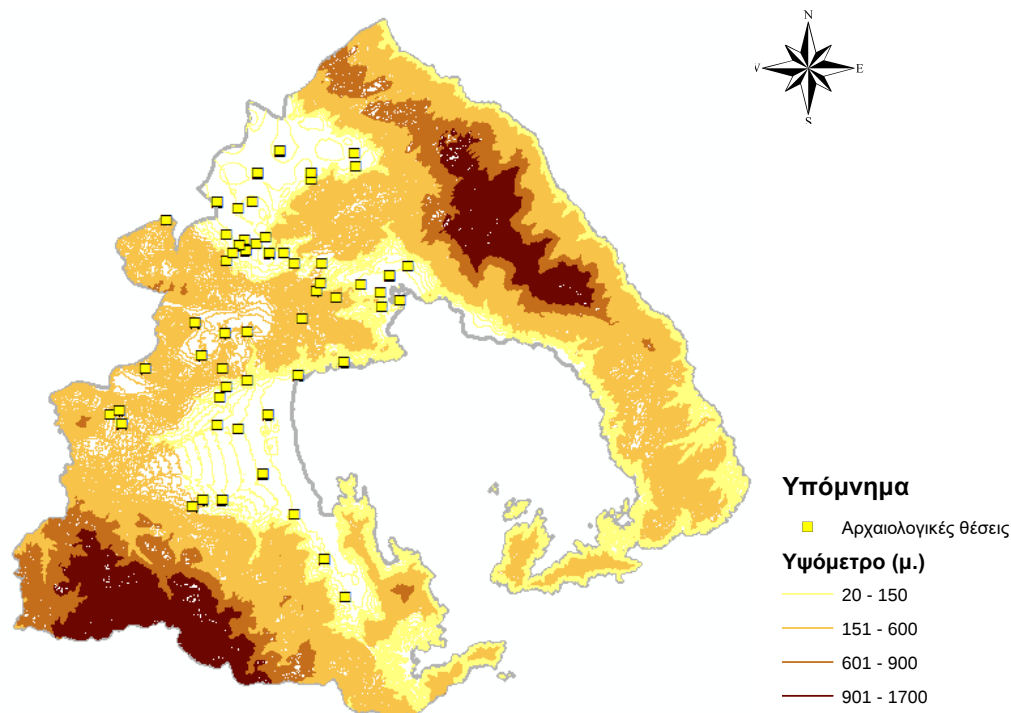
6. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΗ ΜΑΓΝΗΣΙΑ

6.1. Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό πραγματεύεται την αναπαράσταση του αναγλύφου της περιοχής μελέτης, τον υπολογισμό του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου και την επιλογή του τρόπου αναπαράστασής του. Ακολουθεί η γεωχωρική προσέγγιση ανασύστασης του τοπίου στις τρεις υποπεριόδους της Νεολιθικής περιόδου, σύμφωνα με τις έρευνες που έχουν διεξαχθεί στην περιοχή της Μαγνησίας από τις αρχές του 20ού αιώνα έως και σήμερα (βλ. 2ο κεφάλαιο). Παρατίθενται ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου τα ψηφιακά μοντέλα αναγλύφου, οι κλίσεις και οι προσανατολισμοί καθώς και οι διαφοροποιήσεις της ακτογραμμής του Παγασητικού κόλπου. Μέσω χωρικών ερωτημάτων και αναλυτικών διαδικασιών στα γεωχωρικά δεδομένα, δημιουργήθηκαν αντίστοιχοι χάρτες με τα παραπάνω χωρικά χαρακτηριστικά. Αυτοί υποστηρίζουν χωρικές αποφάσεις, ανακαλύπτοντας δομές και διαδικασίες που δεν ήταν εκ των προτέρων αντιληπτές και χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη των πιθανοτικών υποθέσεων της ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων.

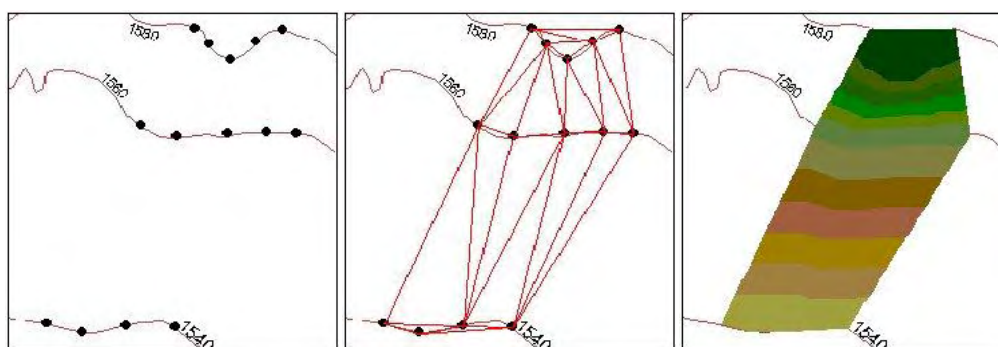
6.2. Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου

Το ανάγλυφο της περιοχής της Μαγνησίας που προκύπτει από την ψηφιοποίηση των ισοϋψών καμπύλων, αποτελεί σημαντική πηγή δεδομένων για την επεξεργασία τους και τη δημιουργία παραγώγων προϊόντων όπως το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου, οι κλίσεις και ο προσανατολισμός. Αν και το τωρινό ανάγλυφο της περιοχής δεν αντιστοιχεί ακριβώς στη γεωμορφολογία του εδάφους τη Νεολιθική περίοδο, αποτελεί αυτό τη βάση για την ανασύστασή του.



Εικόνα 6.1 Το υψόμετρο και η χωρική κατανομή των Νεολιθικών αρχαιολογικών θέσεων στη Μαγνησία.

Μία μορφή ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου είναι το δίκτυο ακανονίστων τριγώνων Triangular Irregular Network/TIN το οποίο υπολογίζεται από τις ισοϋψείς σε μία περιοχή. Οι κορυφές των ισοϋψών χρησιμοποιούνται ως σημεία παρεμβολής για τη δημιουργία τριγώνων. Η υψομετρική πληροφορία κάθε σημείου δημιουργεί επιφάνειες τριγώνων και έτσι δημιουργείται ένα δίκτυο ακανονίστων τριγώνων σύμφωνα με την τιμή του υψομέτρου. Ένα τρίγωνο αντιστοιχεί σε επίπεδη επιφάνεια όταν τα τρία σημεία από τα οποία απαρτίζεται φέρουν την ίδια τιμή υψομέτρου. Η κλίση σ' αυτήν την περίπτωση είναι 0 και δεν υπάρχει προσανατολισμός για την επιφάνεια αυτήν. Αυτό ενδεχομένως να προκαλεί προβλήματα στη μοντελοποίηση της επιφάνειας αυτής.

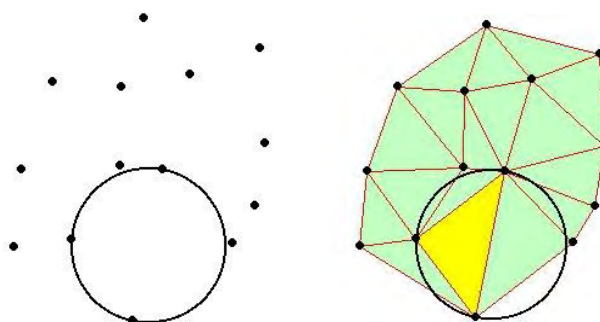


Σχήμα 6.1 Οι ισοϋψείς, το δίκτυο ακανονίστων τριγώνων και το υψόμετρο (ArcGIS Resources 2014).

Το δίκτυο ακανονίστων τριγώνων προτιμάται έναντι διαφόρων τύπων ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου εξαιτίας της απλούστερης δομής του και του χρόνου υπολογισμού του. Η δημιουργία των τριγώνων βασίζεται στη μέθοδο τριγωνισμού Delaunay, η οποία είναι μία μέθοδος που ικανοποιεί τη συνθήκη ότι αν ένας κύκλος διέρχεται από τα τρία σημεία ενός τριγώνου δεν θα περιέχει κανένα άλλο σημείο (κόμβο).

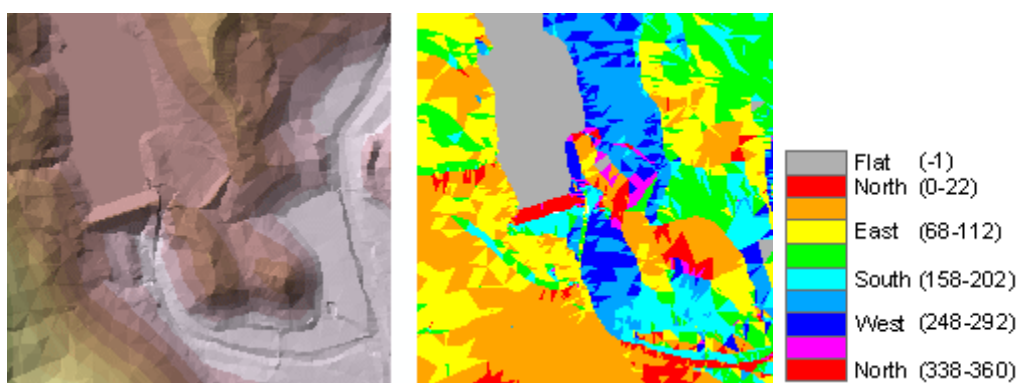
Η μέθοδος τριγωνισμού Delaunay έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα έναντι άλλων μεθόδων:

- Τα τρίγωνα που δημιουργούνται είναι τα περισσότερα ισοσκελή, μειώνοντας έτσι τα πιθανά προβλήματα που δημιουργούνται από αμβλυγώνια τρίγωνα.
- Κάθε σημείο της επιφάνειας είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερα σε έναν κόμβο.
- Ο τριγωνισμός πραγματοποιείται ανεξάρτητα από τη σειρά των σημείων που λαμβάνουν μέρος στην παρεμβολή.

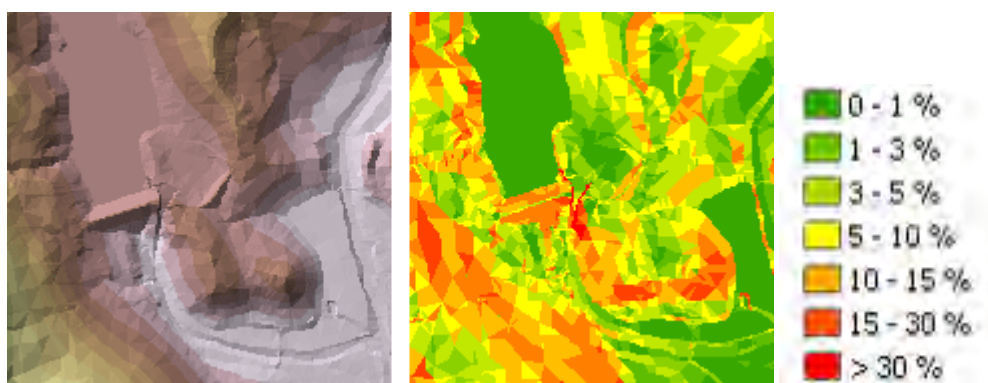


Σχήμα 6.2 Η αρχή δημιουργίας τριγώνων σύμφωνα με τη μέθοδο τριγωνισμού “Delaunay” (ArcGIS Resources 2014).

Συνήθη παράγωγα προϊόντα των ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου είναι ο χάρτης των κλίσεων και των προσανατολισμών των εδαφών. Ακολουθεί παράδειγμα σε εστιασμένη περιοχή διαφορετικού αναγλύφου με την αναπαράσταση σε μορφή δικτύου ακανονίστων τριγώνων και την αντίστοιχη απεικόνιση των κλίσεων και του προσανατολισμού.



Εικόνα 6.2 Δίκτυο ακανονίστων τριγώνων και οι αντίστοιχοι προσανατολισμοί.



Εικόνα 6.3 Δίκτυο ακανονίστων τριγώνων και οι αντίστοιχες κλίσεις.

6.3. Η ανασύσταση του τοπίου κατά τη Νεολιθική περίοδο στη Μαγνησία

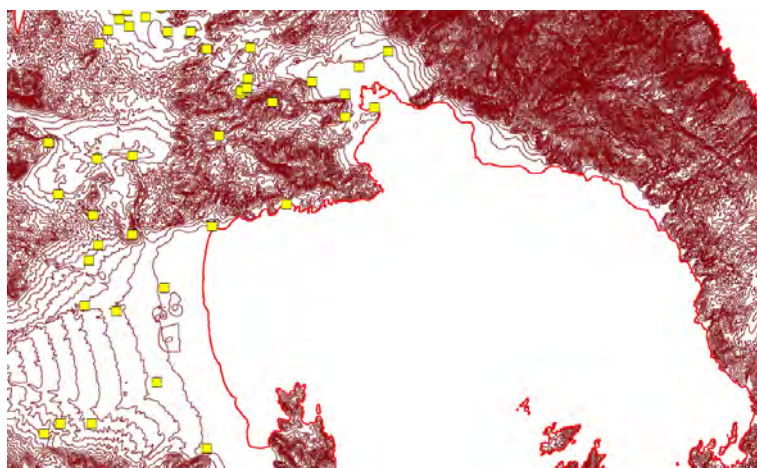
Για το σύνολο του Θεσσαλικού χώρου έχει πραγματοποιηθεί μελέτη ανασύστασης του αναγλύφου του τοπίου για κάθε μία από τις τρεις υποπεριόδους της Νεολιθικής περιόδου. Η μελέτη αυτή βασίστηκε στη γεωγραφική θέση γνωστών

νεολιθικών οικισμών της Θεσσαλίας, στο γεωλογικό υπόβαθρο γύρω από αυτές, και στην αξιοποίηση πληροφοριών από γεωτρήσεις των τεσσάρων αρμοδίων περιφερειακών ενοτήτων της Θεσσαλίας (Αλεξάκης 2009).

Σε μία άλλη αρχαιολογική ερευνητική μελέτη (Βουζαζάκης 2008) για την πεδιάδα του Αλμυρού δεν επιχειρήθηκε η ανασύσταση του τοπίου, εξαιτίας των μη ιδιαίτερων μεταβολών της γενικής μορφολογικής εικόνας της, αν και το ανατολικότερο τμήμα της, κατά μήκος της ακτογραμμής είχε μεταβληθεί, όπως είχε προταθεί και από τη γεωλογική έρευνα που είχε πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο της Επιφανειακής Έρευνας του Ολλανδικού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου (Floras - Sgouras 2004).

Στο πλαίσιο της διατριβής αυτής υλοποιήθηκε ανασύσταση του τοπίου κατά τη Νεολιθική Περίοδο, με βάση τις τρεις βασικές υποπεριόδους, την Αρχαιότερη, τη Μέση και τη Νεότερη. Η εξαίρεση της Τελικής Νεολιθικής περιόδου οφείλεται στο γεγονός ότι σε όλη τη διάρκεια της περιόδου αυτής η κατάσταση του τοπίου παρέμεινε αμετάβλητη (Bottema 1988) και επιπλέον δεν είναι γνωστές με βεβαιότητα πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των οικισμών. Η ανασύσταση βασίστηκε σε βιβλιογραφικά στοιχεία και μελέτες οι οποίες αναφέρονται στην ακτογραμμή της περιοχής του Αλμυρού και τμήματος του Παγασητικού κόλπου στα γεωγραφικά όρια της πόλης του Βόλου.

Στο ακόλουθο τμήμα χάρτου απεικονίζεται η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου όπως είναι σήμερα.



Εικόνα 6.4 Η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου όπως είναι σήμερα.

6.3.1. Η μεθοδολογία

Η αναπαράσταση του τοπίου της Μαγνησίας ανά υποπερίοδο (AN, MN, NN) της Νεολιθικής περιόδου αποτελεί μία πολυσύνθετη διαδικασία η οποία είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί με απόλυτη ακρίβεια. Αν και αποτελεί σημαντικό μέρος της παρούσας έρευνας, ωστόσο δεν αποτελεί κύριο σκοπό της διατριβής. Η ανασύσταση του τοπίου θα απαιτούσε μία εκτεταμένη γεωαρχαιολογική έρευνα όπως στρωματογραφικές τομές, γεωτρήσεις και ραδιοχρονολογήσεις γεωλογικών σχηματισμών και ιζηματογενών αποθέσεων (Αλεξάκης 2009).

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε είναι μια προσέγγιση του τοπίου κατά τη Νεολιθική περίοδο και βασίστηκε σε προηγούμενες μελέτες και σε βιβλιογραφικές πηγές που αφορούν την περιοχή όπως αυτές εκτέθηκαν στο 2ο κεφάλαιο. Αυτή περιλαμβάνει τις αλλαγές στο ανάγλυφο της περιοχής της Μαγνησίας και αλλαγές στη γεωμετρία της ακτογραμμής του Παγασητικού κόλπου.

Η εκτίμηση του υψομέτρου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου βασίστηκε προσεγγιστικά σε αντίστοιχη μελέτη που έγινε για το σύνολο της Θεσσαλίας (Αλεξάκης 2009). Στον παρακάτω πίνακα περιλαμβάνονται ποσοστά των αρχαιολογικών θέσεων βάσει του εκτιμώμενου πάχους των αλλουβιακών αποθέσεων για τις τρεις υποπεριόδους (AN, MN, NN) της Νεολιθικής περιόδου.

Πίνακας 6.1 Ποσοστά των αρχαιολογικών θέσεων βάσει του εκτιμώμενου πάχους των αλλουβιακών αποθέσεων (Αλεξάκης 2009).

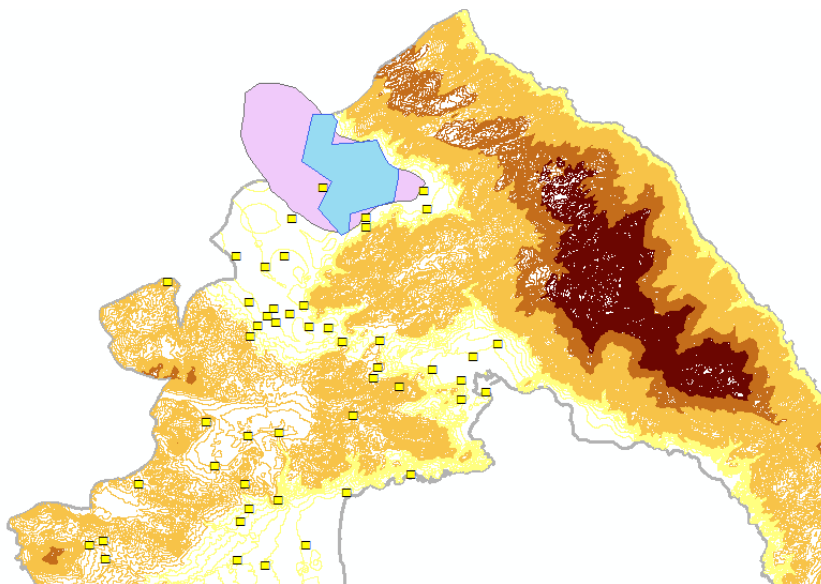
	Αριθμός Θέσεων	Ποσοστό %	Πάχη ανασύστασης αλλουβιακών αποθέσεων (μ)
Οικισμοί Αρχαιότερης Νεολιθικής	67	37	< 8
	108	59.6	8-10
	6	3.31	>10
Οικισμοί Μέσης Νεολιθικής	21	11.6	< 5
	123	67.95	5-7
	37	20.44	> 7
Οικισμοί Νεώτερης Νεολιθικής	58	32	<4
	97	53.59	4-6
	26	14.36	>6

Βάσει των παραπάνω στοιχείων υπολογίστηκαν προσεγγιστικά τα υψόμετρα για κάθε υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου, όπως αυτά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.2 Προσέγγιση του αναγλύφου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου.

Υποπερίοδοι Νεολιθικής Περιόδου	Βάθη από τη σημερινή επιφάνεια
Αρχαιότερη Νεολιθική	8μ.
Μέση Νεολιθική	6μ.
Νεότερη Νεολιθική	5μ.

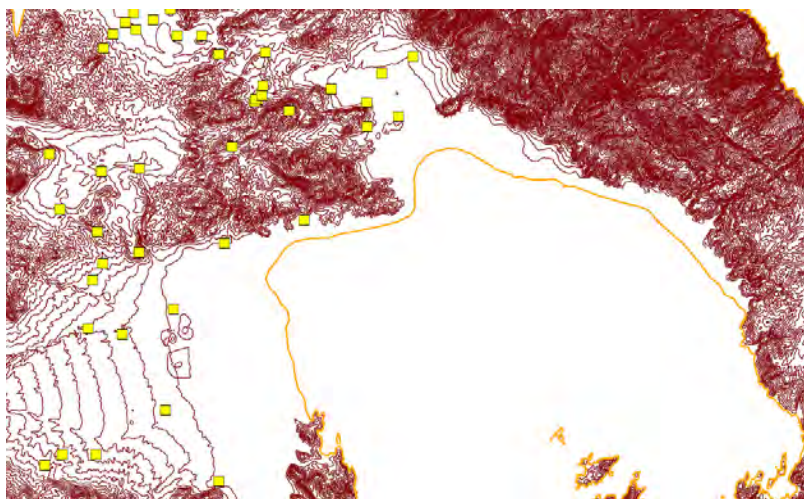
Για τη βελτίωση της χωρικής ακρίβειας στη χαρτογράφηση των ορίων της λίμνης Κάρλα χρησιμοποιήθηκε η δορυφορική εικόνα SPOT. Η ανασύσταση των ορίων της λίμνης κατά τη Νεολιθική περίοδο βασίστηκε στη χαρτογράφηση κατά Grundmann (1937), όπως αυτή περιγράφηκε στο 2ο κεφάλαιο. Λόγω έλλειψης στοιχείων για τα όριά της για κάθε υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου, τα όρια αυτά στο παρακάτω απόσπασμα χάρτου αναφέρονται για όλες τις υποπεριόδους της Νεολιθικής περιόδου.



Εικόνα 6.5 Τα όρια της λίμνης Κάρλα με διαφορετικές χρωματικές διαβαθμίσεις (θαλασσί – σημερινή, μωβ – Νεολιθική περίοδος).

6.3.2. Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδος

Η ανασύσταση της ακτογραμμής την ΑΝ περίοδο, αν και σε γενικευμένη μορφή, βασίστηκε κατά Reinders βάσει της δημοσίευσης “*New Halos: a Hellenistic Town in Thessalia, Greece*”.

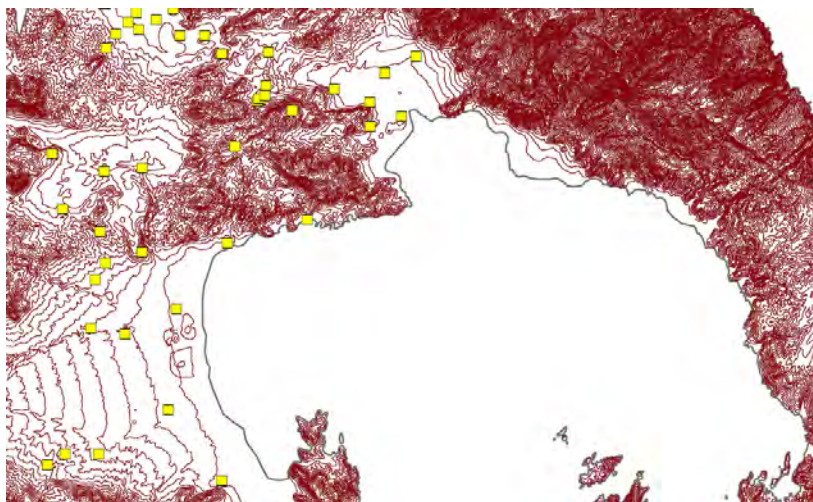


Εικόνα 6.6 Η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου κατά την ΑΝ υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου.

6.3.3. Μέση Νεολιθική περίοδος

Η ανασύσταση της ακτογραμμής την ΜΝ περίοδο και ειδικότερα στην περιοχή του κόλπου του Βόλου στη Μέση Νεολιθική περίοδο το σχετικό θαλάσσιο επίπεδο ήταν περί τα 20μ. χαμηλότερα από το σημερινό και η ακτογραμμή βρισκόταν περί τα 4.642μ. από το Διμήνι. Παρατηρείται ότι σημαντικό τμήμα του σημερινού παράκτιου χώρου ήταν χέρσο. Υπάρχει ο ισχυρισμός (Καμπούρογλου 1994) ότι πιθανόν να υπήρχαν αρχαίες θέσεις στην παράκτια ζώνη της Μέσης Νεολιθικής που σήμερα έχουν κατακλυστεί από τη θάλασσα ή έχουν θαφτεί κάτω από νεότερες ιζηματογενείς αποθέσεις. Η περιοχή μεταξύ Πευκακίων-Διμηνίου και της πόλης του Βόλου αποτελούσε μια αβαθή κοιλάδα. Επιπλέον, ο ίδιος συγγραφέας δεν συμφωνεί με τα αποτελέσματα του Finke (1984) που παρουσιάζουν την ακτογραμμή πριν από 7.000 χρόνια να εισέρχεται εντός της ξηράς και την κοιλάδα μεταξύ Πευκακίων - Διμηνίου - Βόλου και να έχει κατακλυσθεί από τη θάλασσα. Αυτό υποστηρίζεται εξαιτίας της μη

ύπαρξης θαλασσίων ιζημάτων στους πυρήνες των γεωτρήσεων στη συγκεκριμένη περιοχή (Καμπούρογλου 1994).



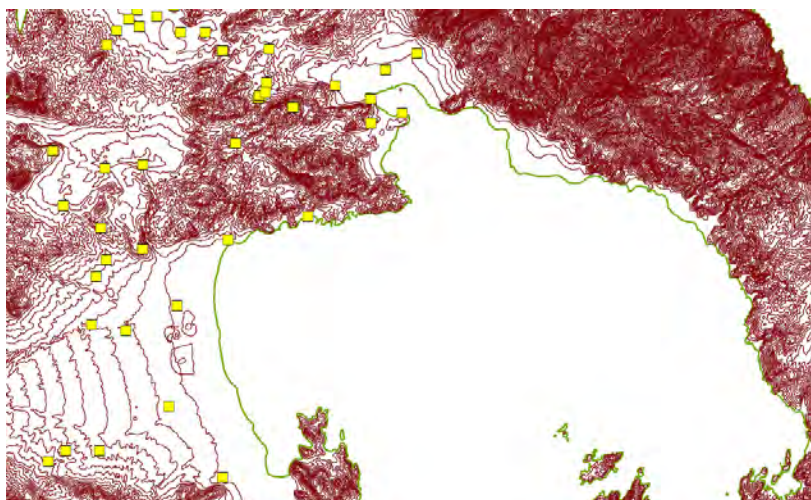
Εικόνα 6.7 Η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου κατά την MN υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου.

6.3.4. Νεότερη Νεολιθική περίοδος

Η ανασύσταση της ακτογραμμής την NN περίοδο βασίστηκε στα στοιχεία του Καμπούρογλου (1994) ο οποίος παρουσιάζει τον κόλπο του Βόλου πριν από 5.000-4.500 χρόνια περίπου (Υ.Ν. – Π.Ε.), όπου το επίπεδο της θάλασσας βρισκόταν περί τα 4,5μ. χαμηλότερα από το σημερινό και η ακτογραμμή απείχε περί τα 1.850μ. από το Διμήνι.

Σημαντικό τμήμα της κοιλάδας έχει καλυφθεί από τη θάλασσα και η θέση της Πετρομαγούλας ήταν παραλιακή. Τρεις γεωτρήσεις που έγιναν πλησίον του χώρου της ανασκαφής έδειξαν ότι κατ' αυτή την περίοδο, όπως και σε νεότερες, η Πετρομαγούλα ήταν πολύ κοντά στην ακτή. Μάλιστα η ακτογραμμή ήταν επί ασβεστολίθου και πιθανόν να σχηματιζόταν μια μικρή χαμηλή χερσόνησος επί του ασβεστολιθικού εξάρματος. Στην βορειοδυτική περιοχή των Πευκακίων η θάλασσα εισχωρούσε εσωτερικότερα και σχημάτιζε μικρό υπήνεμο όρμο, όπως έδειξαν και έντεκα γεωτρήσεις (οκτώ χερσαίες και τρεις υποθαλάσσιες). Αντίθετα, στην ανατολική

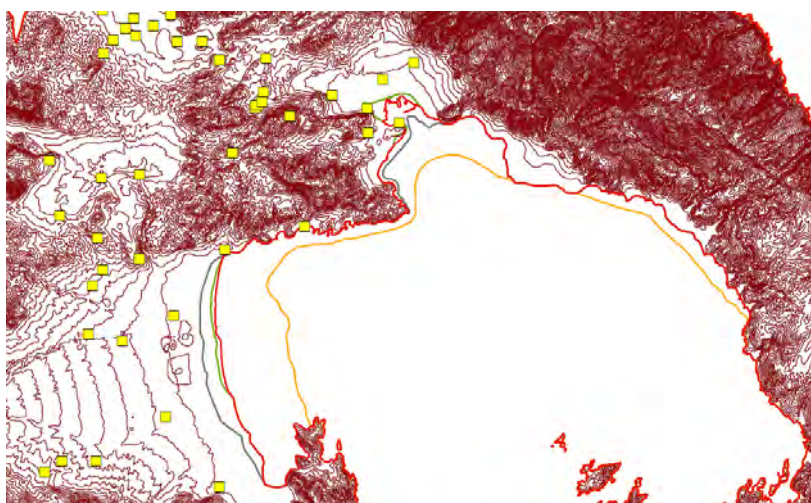
περιοχή η ακτογραμμή βρισκόταν πιο έξω σε σχέση με τη σημερινή ενώ στην περιοχή των Αλυκών σχηματιζόταν ένας μικρός κόλπος διαστάσεων 250x100μ. περίπου.



Εικόνα 6.8 Η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου κατά την NN υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου.

6.3.5. Συγκριτική ανάλυση μεταξύ υποπεριόδων της Νεολιθικής περιόδου

Στο ακόλουθο τμήμα χάρτου παρατίθενται οι διαφορές της ακτογραμμής στην περιοχή του Αλμυρού και στην περιοχή της σημερινής πόλης του Βόλου μετά την ανασύσταση του τοπίου για κάθε υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου.



Εικόνα 6.9 Η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου με διαφορετικές χρωματικές διαβαθμίσεις (κόκκινο – σημερινή, πορτοκαλί – AN, γκρι – MN, πράσινο – NN).

Ειδικότερα στο απόσπασμα χάρτου που ακολουθεί διακρίνονται σημαντικές αλλαγές στην ακτογραμμή για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου όπως είναι σήμερα.



Εικόνα 6.10 Η ακτογραμμή του Παγασητικού κόλπου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου με διαφορετικές χρωματικές διαβαθμίσεις (κόκκινο – σημερινή, πορτοκαλί – ΑΝ, γκρι – ΜΝ, πράσινο – ΝΝ).

6.4. Ψηφιακά Μοντέλα Αναγλύφου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου

Μετά την προσέγγιση ανασύστασης του τοπίου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου υπολογίστηκαν τα ψηφιακά μοντέλα αναγλύφου. Επιλέχθηκε η μέθοδος αναπαράστασής των βάσει του δικτύου των ακανονίστων τριγώνων, όπως αυτά αναλύθηκαν παραπάνω. Το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου κάθε υποπεριόδου εμφανίζεται με τις αντίστοιχες αρχαιολογικές θέσεις.



Εικόνα 6.11 Ψηφιακό μοντέλου αναγλύφου της AN περιόδου υπό τη μορφή δικτύου ακανονίστων τριγώνων.



Εικόνα 6.12 Ψηφιακό μοντέλου αναγλύφου της MN περιόδου υπό τη μορφή δικτύου ακανονίστων τριγώνων.



Εικόνα 6.13 Ψηφιακό μοντέλου αναγλύφου της NN περιόδου υπό τη μορφή δικτύου ακανονίστων τριγώνων.

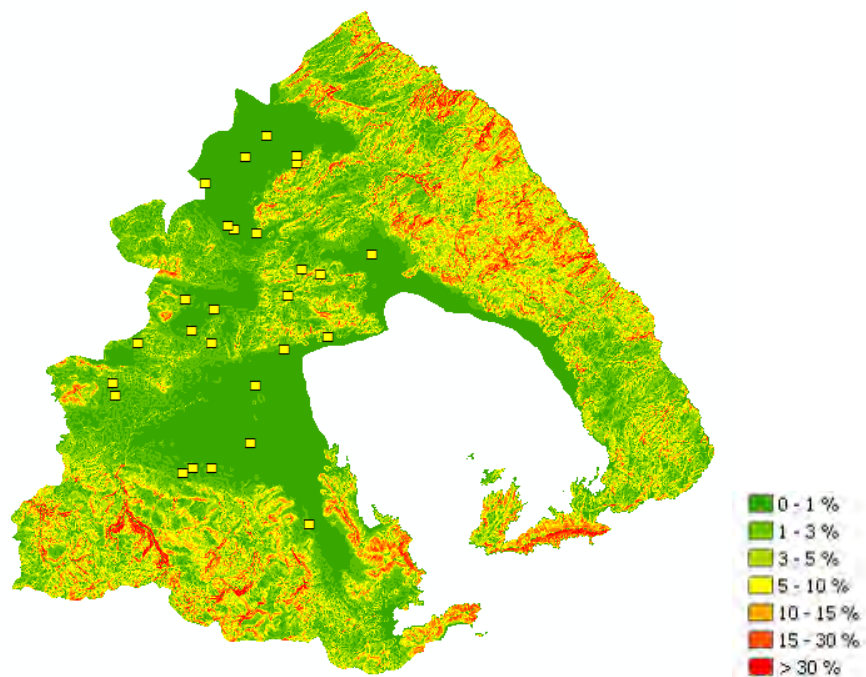
6.5. Χάρτης κλίσεων εδαφών ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου

Το υψόμετρο της περιοχής αποτελεί ένα σημαντικό κριτήριο κατοίκησης. Μετά τη δημιουργία των ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου υπολογίστηκαν οι κλίσεις εδαφών. Σύμφωνα με τον (Schumm 1956) οι χάρτες κλίσεων κατηγοριοποιούνται σε 7 τάξεις.

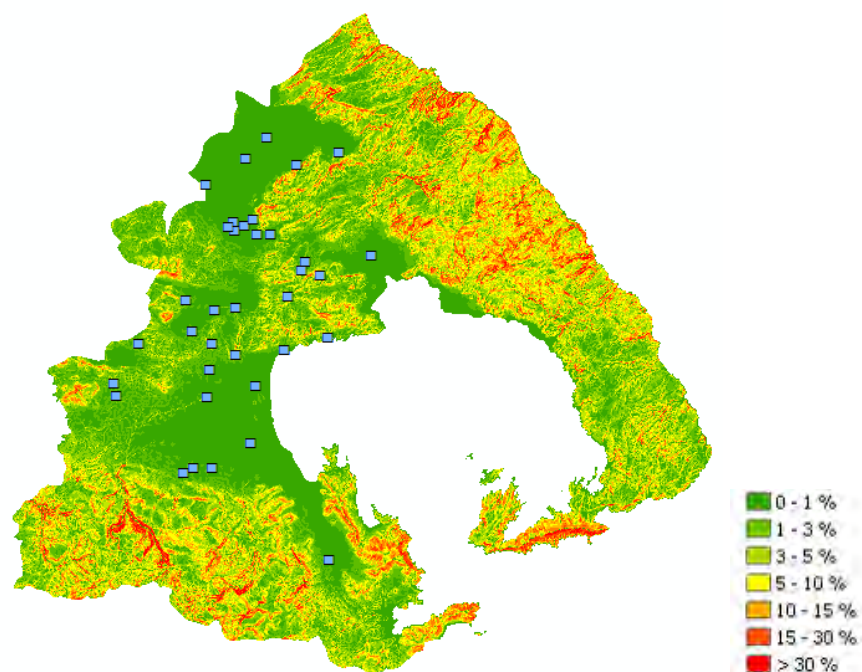
Πίνακας 6.3 Χαρακτηριστικές τιμές κλίσεων (Schumm1956).

Κλίση %	Τύπος κλίσης
0 – 1	Επίπεδη – σχετικά επίπεδη
1 – 3	Πολύ ομαλή κλίση
3 – 5	Ομαλή κλίση
5 – 10	Μέτρια κλίση
10 – 15	Μέτρια απότομη κλίση
15 – 30	Απότομες κλίσεις
>30	Πολύ απότομες κλίσεις

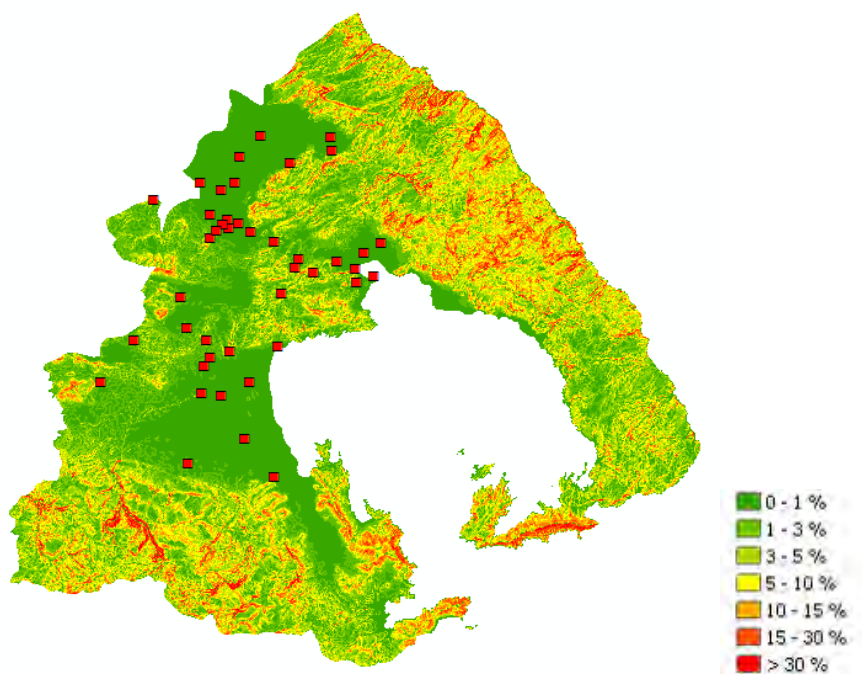
Ακολουθούν οι χάρτες κλίσεων των εδαφών ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου. Μέσω διατύπωσης χωρικών ερωτημάτων στους παρακάτω χάρτες υπολογίστηκε ότι το 95% των αρχαιολογικών θέσεων ανά υποπερίοδο (AN, MN, NN) βρίσκονται σε κλίσεις 0-5%.



Εικόνα 6.14 Χάρτης κλίσεων εδαφών της AN περιόδου.



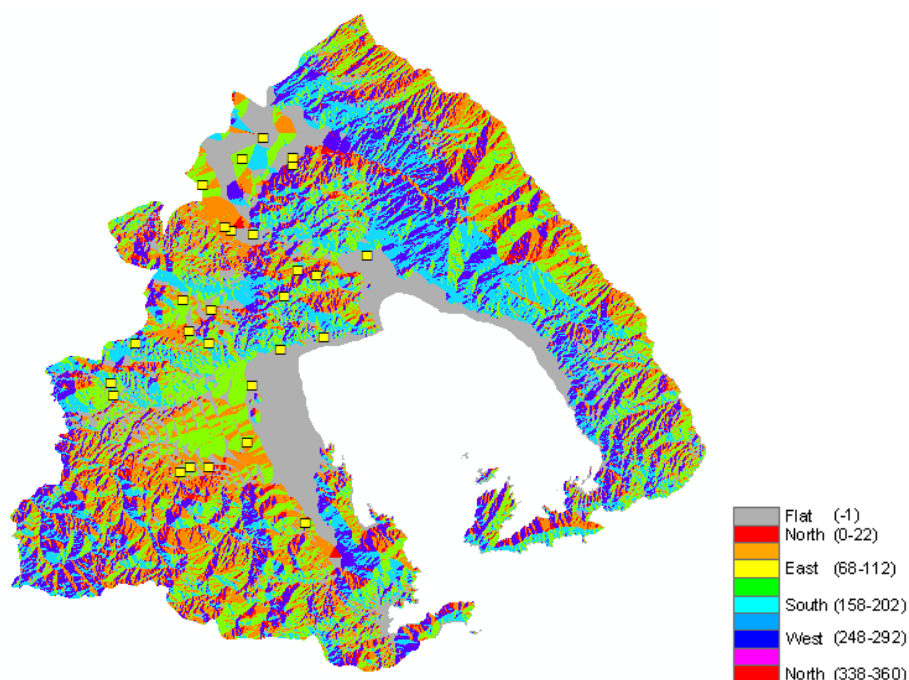
Εικόνα 6.15 Χάρτης κλίσεων εδαφών της ΜΝ περιόδου.



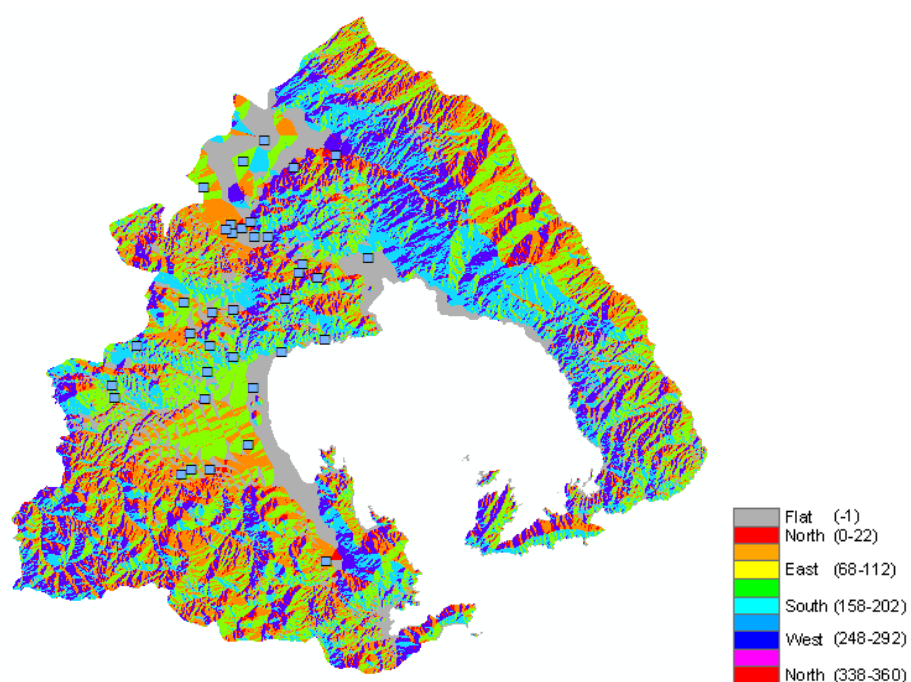
Εικόνα 6.16 Χάρτης κλίσεων εδαφών της ΝΝ περιόδου.

6.6. Χάρτης προσανατολισμού εδαφών ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου

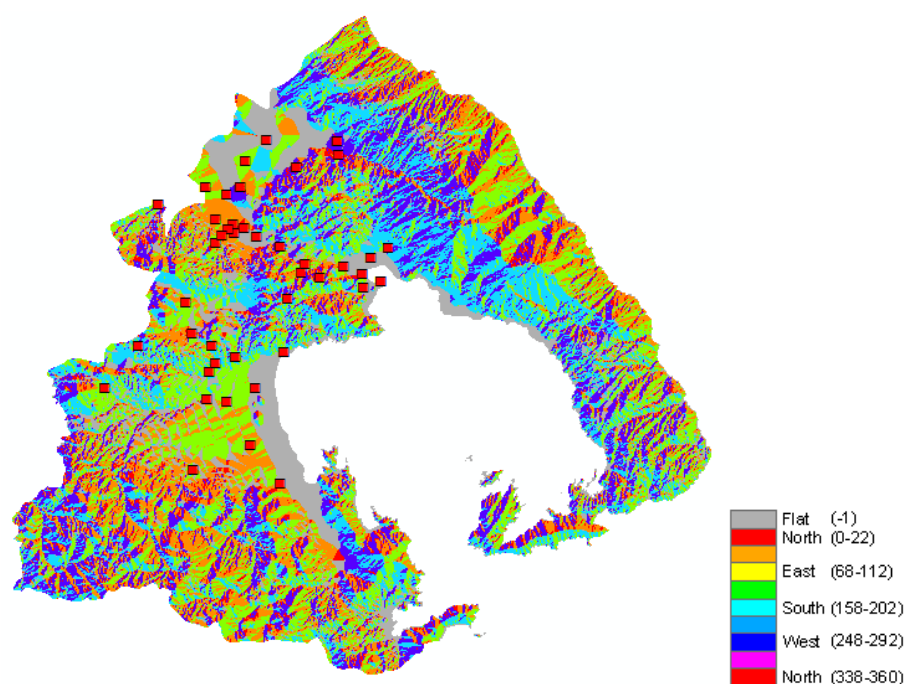
Σύμφωνα με τον (Burrough 1986) οι χάρτες προσανατολισμού κατηγοριοποιούνται σε εννέα τάξεις. Υπολογίστηκαν οι προσανατολισμοί ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου και δημιουργήθηκαν οι αντίστοιχες εννέα θεματικές τάξεις. Όπως φαίνεται στους παρακάτω χάρτες η κατανομή των αρχαιολογικών θέσεων ανά υποπερίοδο (AN, MN, NN) δεν προσδίδουν σαφείς ενδείξεις για την κατανομή τους ανά προσανατολισμό.



Εικόνα 6.17 Χάρτης προσανατολισμού εδαφών της AN περιόδου.



Εικόνα 6.18 Χάρτης προσανατολισμού εδαφών της MN περιόδου.



Εικόνα 6.19 Χάρτης προσανατολισμού εδαφών της NN περιόδου.

7. ΠΙΘΑΝΟΤΙΚΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΜΑΓΝΗΣΙΑ

7.1. Εισαγωγή

Αφού εκτεθεί ο σημαντικός ρόλος που κατέχουν οι πιθανότητες και η Στατιστική σαν εργαλεία ανάλυσης δορυφορικών εικόνων στην αρχή του κεφαλαίου αυτού, παρουσιάζεται στη συνέχεια η «Θεωρία του Bayes» στην περίπτωση των αμοιβαία αποκλειστικών γεγονότων χωρίς άγνοια. Η αβεβαιότητα ή η άγνοια του χρήστη θεωρούμενη ως πιθανοτικό γεγονός, σε συνδυασμό με την όχι απαραίτητα ολική πιθανότητα σαν άθροισμα των πιθανοτήτων μεμονωμένων γεγονότων, παρουσιάζονται στη συνέχεια και αιτιολογούν την επιλογή της Θεωρίας των Αποδεικτικών Στοιχείων σαν γενικευμένης Μπεϋζιανής θεωρίας και της εφαρμογής της στην παρούσα έρευνα. Αφού έχουν εκτεθεί τα δεδομένα, η επιλογή των χωρικών μεταβλητών και η εφαρμογή της επιλεγμένης μεθοδολογικής αλυσίδας στη Μαγνησία για την ύπαρξη αρχαιολογικών χώρων με τα αντίστοιχα αποτελέσματα, ολοκληρώνουν το παρόν κεφάλαιο.

7.2. Στατιστική και πιθανότητες στην τηλεπισκόπηση

Η ευρεία εξάπλωση της στατιστικής οφείλεται, τον τελευταίο κυρίως αιώνα, στο γεγονός ότι μπορεί με κάποιο ποσοστό σφάλματος να προβλέπει κάποιες τιμές ή ακόμα και συναρτήσεις Τυχαίων Μεταβλητών (μεταβλητών που δημιουργούνται από τις τιμές κάποιου χαρακτηριστικού των ατόμων ενός πληθυσμού με τυχαίο τρόπο). Έτσι, βλέπουμε να εφαρμόζονται τεχνικές και μέθοδοι της στατιστικής, όχι μόνον σε κλάδους των καθαρά φυσικών και τεχνικών επιστημών αλλά και σε αρκετά διαφοροποιημένους από αυτούς, όπως είναι η Ιατρική ή η Βιολογία, οι επιστήμες του περιβάλλοντος αλλά και επιστήμες που ανήκουν σε κάποιο εντελώς διαφορετικό γνωστικό πεδίο, όπως η ψυχολογία, η γλωσσολογία, η εγκληματολογία, η επιδημιολογία κ.ά.

Στο συνολικό πλαίσιο του θεματικού τομέα των θετικών και τεχνολογικών επιστημών ακόμη και οι πλέον εξειδικευμένες επιστήμες χρησιμοποιούν στατιστικές ή άλλες μεθόδους που προέρχονται από συναφείς επιστημονικούς κλάδους με την στατιστική όπως π.χ. από την ανάλυση δεδομένων. Η τηλεπισκόπηση που θεωρείται σήμερα μια ολοκληρωμένη «τεχνική επιστήμη» χρησιμοποιεί τις πιθανότητες και την στατιστική ως ένα από τα κύρια εργαλεία της. Η βασικότερη προϋπόθεση για την εφαρμογή στατιστικών μεθόδων στην τηλεπισκόπηση, πληρείται από τη θεώρηση των τιμών των εικονοστοιχείων μιας δορυφορικής εικόνας. Οι τιμές ή καλύτερα οι ραδιομετρικές τιμές όλων των εικονοστοιχείων μιας δορυφορικής εικόνας θεωρείται ότι είναι κατανεμημένες χωρικά και ποσοτικά με τυχαίο τρόπο. Με αυτόν τον τρόπο οι μεταβλητές του πληθυσμού των (ραδιομετρικών) τιμών των εικονοστοιχείων μιας δορυφορικής εικόνας θεωρούνται Τυχαίες Μεταβλητές (Random Variables), και άρα πληρούν τις προϋποθέσεις για την εφαρμογή πιθανοτικών στατιστικών μεθόδων.

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας των ραδιομετρικών τιμών των εικονοστοιχείων μιας περιοχής μιας δορυφορικής εικόνας θεωρείται συνήθως κανονική και τα διάφορες στατιστικές παράμετροι που προκύπτουν από αυτή όπως η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση κ.ά. είναι κατά κάποιον τρόπο και οι εκτιμητές των αντιστοίχων παραμέτρων του συνολικού πληθυσμού των τιμών των εικονοστοιχείων μιας δορυφορικής εικόνας. Επίσης διάφορες μεθοδολογίες της ανάλυσης δεδομένων - περισσότερο ή λιγότερο εξειδικευμένες- χρησιμοποιούνται για ποικίλους σκοπούς στην τηλεπισκόπηση. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η Γραμμική Παλινδρόμηση, η οποία εφαρμόζεται για να βρεθεί ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ δύο φασματικών καναλιών ή για τον εντοπισμό των διαχρονικών αλλαγών των καλύψεων γης, η Ομαδοποίηση κατά Συστάδες ως μέθοδος μη Επιβλεπόμενης Ταξινόμησης και η Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες ως μία μέθοδος συμπίεσης του όγκου των δορυφορικών δεδομένων και δημιουργίας νέων φασματικών καναλιών τα οποία περικλείουν το μέγιστο ποσοστό της διαφοροποίησης (διακύμανσης) της αρχικής πληροφορίας.

Εξάλλου, ο πιο συναφής κλάδος της Στατιστικής, οι Πιθανότητες, συνεισφέρουν και αυτές κατά ένα σημαντικό ποσοστό στην εκτίμηση τιμών ή διαστημάτων

εμπιστοσύνης χαρακτηριστικών στατιστικών παραμέτρων του πληθυσμού των ραδιομετρικών τιμών μιας δορυφορικής εικόνας. Χρησιμοποιούνται όμως και στην εφαρμογή πιο σύνθετων μεθόδων όπως οι ταξινομήσεις και η δημιουργία πιθανοτικών μοντέλων για χωρικές ή διαχρονικές προβλέψεις κ.ά., όπως θα εκτεθεί στη συνέχεια.

7.2.1. Η «Θεωρία των Δεσμευμένων Πιθανοτήτων» του Bayes

Η θεωρία απόφασης του Bayes είναι μια θεμελιώδης στατιστική προσέγγιση στο πρόβλημα της ταξινόμησης προτύπων. Αυτή η προσέγγιση είναι βασισμένη στον ποσοτικό προσδιορισμό των εναλλαγών, μεταξύ διαφόρων αποφάσεων ταξινόμησης, που χρησιμοποιούν πιθανότητες. Η ίδια προσέγγιση θεωρεί ότι το πρόβλημα απόφασης τίθεται με πιθανοτικούς όρους, και ότι όλες οι τιμές των πιθανοτήτων των αρχικών γεγονότων είναι γνωστές.

Τέσσερα είναι τα βασικά σημεία τα οποία χαρακτηρίζουν την Μπευζιανή θεωρία σε σχέση με την κλασική στατιστική (Δελλαπόρτας και Τσιαμυρτζής 2004).

- Η Πρωταρχική (ή εκ των προτέρων) Πληροφορία (Prior Information): Κάθε πρόβλημα είναι μοναδικό και έχει περιεχόμενο που το χαρακτηρίζει. Από αυτό ακριβώς το περιεχόμενο εξάγονται a-priori πληροφορίες και η διατύπωση και η εκμετάλλευση της πρότερης γνώσης διαχωρίζουν την Μπευζιανή θεωρία από αυτήν της κλασικής στατιστικής.
- Υποκειμενική Πιθανότητα (Subjective Probability): Η κλασική στατιστική εξαρτάται από μία μακροχρόνια συχνότητα καθορισμού των πιθανοτήτων. Αν και αυτό είναι επιθυμητό, οδηγεί σε «δύσκληστα» συμπεράσματα. Αντίθετα, η Μπευζιανή στατιστική θεωρεί ότι όλες οι πιθανότητες είναι υποκειμενικές και εξαρτώνται από τις πεποιθήσεις του κάθε ατόμου και τις γνώσεις που μπορεί να έχει για μια δεδομένη «κατάσταση». Η συμπερασματολογία της βασίζεται στην εκ των υστέρων ή a-posteriori κατανομή (posterior distribution) $f(\theta|x)$, η μορφή της οποίας εξαρτάται (μέσω του θεωρήματος του Bayes) από τον τρόπο καθορισμού της a-priori κατανομής $f(\theta)$.

- Αυτο-συνεκτικότητα (Self-Consistency): Χρησιμοποιώντας την παράμετρο θ σαν τυχαία μεταβλητή, όλη η ανάπτυξη της Μπεϋζιανής συμπερασματολογίας πηγάζει και εξαρτάται από τη «Θεωρία των Πιθανοτήτων». Συνεπώς, η Μπεϋζιανή θεωρία έχει διάφορα πλεονεκτήματα και όλα τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτήν μπορούν να παρουσιαστούν με την μορφή πιθανοτήτων των τιμών της παραμέτρου θ . Οι πιθανότητες αυτές προκύπτουν άμεσα από την a-posteriori κατανομή της θ .
- Αποφυγή άκαμπτων κανόνων: Επειδή η κλασική στατιστική δεν είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει όρους πιθανοτήτων για την παράμετρο θ , έχουν αναπτυχθεί αρκετά κριτήρια με σκοπό να καθορίσουν πότε ένας συγκεκριμένος εκτιμητής της παραμέτρου θ θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «βέλτιστος».

Στην βασική του μορφή το θεώρημα του Bayes είναι απλό και αφορά πιθανότητες υπό συνθήκη:

Αν A και B είναι δύο γεγονότα με $P(A) > 0$, τότε ισχύει:

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)}$$

Η χρησιμότητα του θεωρήματος του Bayes σε εφαρμογές πιθανοτήτων είναι ότι παρέχει τη δυνατότητα αντιμετάθεσης των ενδεχομένων. Έτσι, γίνεται εμφανές πώς η πιθανότητα να συμβεί το γεγονός B υπό την συνθήκη ότι συνέβη το A, δηλαδή $B|A$, σχετίζεται με την πιθανότητα του να συμβεί το γεγονός A υπό την συνθήκη ότι συνέβη το B, δηλαδή $A|B$.

7.2.2. Η πιθανοτική θεώρηση της Αβεβαιότητας

Τα τελευταία χρόνια, η επιστημονική κοινότητα αναγνώρισε την αναγκαιότητα του καθορισμού διαφόρων τύπων αβεβαιότητας στις εφαρμογές των πιθανοτικών θεωριών. Δεδομένου ότι τα υπολογιστικά συστήματα είναι αρκετά εξελιγμένα και ικανά να χειριστούν σύνθετες αναλύσεις, παύουν πλέον οι περιορισμοί της εφαρμογής ενός

μόνο μαθηματικού πλαισίου (Παραδοσιακή Θεωρία Πιθανοτήτων) που χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύσει το πλήρες πεδίο της αβεβαιότητας. Η διπλή φύση της αβεβαιότητας περιγράφεται με τους ακόλουθους ορισμούς (Helton 1997):

- *Τυχαία αβεβαιότητα*

Είναι ο τύπος της αβεβαιότητας που προκύπτει από το γεγονός ότι ένα σύστημα μπορεί να συμπεριφερθεί κατά τυχαίο τρόπο. Είναι γνωστή επίσης ως: Πιθανοτική Αβεβαιότητα, Αβεβαιότητα τύπου Α, Αμείωτη Αβεβαιότητα, Μεταβλητότητα, Αντικειμενική Αβεβαιότητα.

- *Επιστημική Αβεβαιότητα*

Είναι ο τύπος της αβεβαιότητας που προκύπτει από την έλλειψη γνώσης για ένα σύστημα και καθορίζεται από τους ερευνητές που εκτελούν την ανάλυση. Επίσης, είναι γνωστή και ως: Υποκειμενική Αβεβαιότητα, Αβεβαιότητα τύπου Β, Αναγώγιμη (Ανατάξιμη ή Αναθεωρημένη) Αβεβαιότητα, Άγνοια.

Παραδοσιακά η θεωρία των Πιθανοτήτων έχει χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσει και τους δύο παραπάνω τύπους αβεβαιοτήτων. Αναγνωρίζεται ότι η τυχαία αβεβαιότητα εξετάζεται καλύτερα χρησιμοποιώντας τη συχνότητα εμφάνισης που συνδέεται με την παραδοσιακή Θεωρία των Πιθανοτήτων. Εντούτοις, πρόσφατες κριτικές που πιθανοτικού χαρακτήρισμού της αβεβαιότητας υποστηρίζουν ότι η παραδοσιακή Θεωρία των Πιθανοτήτων δεν είναι σε θέση να εξετάσει την επιστημονική αβεβαιότητα. Στις εφαρμογές των παραδοσιακών πιθανοτικών μεθόδων στις διάφορες επιστήμες η υποκειμενική αβεβαιότητα είναι συχνά γνωστή ως Bayesian πιθανότητα (Stassopoulou *et al.* 1998). Μια πιθανοτική ανάλυση απαιτεί ο αναλυτής να κατέχει τις πληροφορίες για τις πιθανότητες όλων των γεγονότων. Όταν αυτό δεν είναι εφικτό, χρησιμοποιείται συχνά η θεώρηση και εφαρμογή της ομοιόμορφης κατανομής, που αιτιολογείται από την Αρχή της Ανεπαρκούς Αιτίας του Laplace (Savage 1972). Αυτό ερμηνεύεται με την παραδοχή ότι όλα τα απλά γεγονότα τα οποία δημιουργούν μια κατανομή πιθανότητας (η οποία όμως δεν είναι γνωστή σε ένα δεδομένο δειγματικό διάστημα), είναι εξίσου πιθανά.

Μια πρόσθετη υπόθεση στην κλασική θεωρία των πιθανοτήτων συνεπάγεται από το αξίωμα της *προσθετικότητας*, όπου όλες οι πιθανότητες που ικανοποιούν συγκεκριμένες ιδιότητες μπορούν να προστεθούν και το συνολικό άθροισμα τους να είναι ίσο με 1 (ολική πιθανότητα). Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η γνώση ενός γεγονότος συνεπάγεται απαραίτητως τη γνώση του συμπληρωματικού του γεγονότος, δηλαδή η γνώση της πιθανοφάνειας της εμφάνισης ενός γεγονότος μπορεί να εκφραστεί και με τη γνώση της πιθανότητας του συμπληρωματικού του γεγονότος που δεν εμφανίζεται.

Οι μαθηματικοί των εφαρμοσμένων επιστημών έχουν διερευνήσει πολλές γενικές μορφές της αβεβαιότητας για να αντιμετωπίσουν τις ιδιαίτερες περιπτώσεις με τις οποίες σχετίζεται η επιστημική αβεβαιότητα. Τέτοιες περιπτώσεις προκύπτουν:

- όταν υπάρχει περιορισμένος αριθμός δεδομένων από τα οποία θα προκύψει μια πιθανότητα ή
- όταν αυτά τα δεδομένα είναι μη συγκεκριμένα, ασαφή ή αλληλοσυγκρουόμενα.

Τέτοιες περιπτώσεις, για παράδειγμα, συναντώνται στην εκτίμηση κινδύνου επειδή η θεωρία των πιθανοτήτων στερείται της δυνατότητας να αντιμετωπίσει τέτοια δεδομένα. Όπου δεν είναι δυνατό να χαρακτηριστεί η αβεβαιότητα με μία ακριβή μέτρηση όπως μια συγκεκριμένη πιθανότητα, είναι λογικό να θεωρηθεί ένα διάστημα ή ένα σύνολο ως ένα μέτρο της πιθανότητας.

Επειδή υπάρχουν περισσότερα από ένα ήδη αβεβαιότητας και η Θεωρία των Πιθανοτήτων μπορεί να μην καλύπτει κάθε περίπτωση που σχετίζεται με την αβεβαιότητα, έχουν αναπτυχθεί πολλές θεωρίες γενικευμένης αβεβαιότητας. Αυτός ο επιστημονικός κλάδος είναι γνωστός ως Θεωρία Μονότονων Μέτρων ή Θεωρία Μη Προσθετικού Μέτρου. Υπάρχουν τρία σημαντικά πλαίσια με τα οποία έχει προσεγγιστεί το πρόβλημα καθορισμού του διαστήματος της αβεβαιότητας:

- Ανακριβείς Πιθανότητες (Walley and Fine 1982, Kuznetsov 1991)
- Θεωρία Δυνατοτήτων (Zadeh 1965, Yager *et al.* 1994) και η
- Θεωρία Dempster and Shafer των αποδεικτικών στοιχείων (Dempster 1968, Shafer 1976, Yager *et al.* 1994, Smets 1995).

Η παρούσα έρευνα χρησιμοποιεί τη Θεωρία των Dempster - Shafer ως θεωρητικό πλαίσιο για την αβεβαιότητα.

7.2.3. Η επέκταση της Θεωρίας του Bayes μέσω της Θεωρίας των Αποδεικτικών Στοιχείων - Πλεονεκτήματα

Τόσο η μέθοδος των Dempster-Shafer όσο και η μέθοδος του Bayes εκχωρούν μη αρνητικά βάρη σε σύνολα γεγονότων.

Μια ουσιώδης διαφορά μεταξύ τους είναι ότι μεν η Μπεϋζιανή ανάλυση επικεντρώνεται στην προσάρτηση μη αρνητικών βαρών (τυπικά πιθανότητες) σε κάθε μεμονωμένο ενδεχόμενο ή γεγονός με τρόπο, ώστε αυτά να αποτελούν ένα σύνολο αμοιβαία αποκλειόμενων γεγονότων, εναλλακτικά δε, η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» προσαρτά μη αρνητικά βάρη (μάζες) σε κάθε δυνατό συνδυασμό γεγονότων χωρίς αναγκαστικά αμοιβαίους αποκλεισμούς.

Ας υποθέσουμε ότι ένα άτομο με αχρωματοψία, εξετάζει την υπόθεση ένα αντικείμενο να έχει ακριβώς τρία χρώματα, κόκκινο, πράσινο ή μπλε $\{R, G, B\}$. Κατά την προσέγγιση του Bayes προσαρτούνται πιθανότητες ξεχωριστά στο κάθε ένα από τα γεγονότα R, G, B , με τιμές αντίστοιχα $\{0.1, 0.2, 0.7\}$. Στη «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» προσαρτώνται βάρη για κάθε έναν από τους οκτώ συνδυασμούς $\{\text{Κανένα}, R, G, B, (R \text{ ή } G), (G \text{ ή } B), (R \text{ ή } B), (R \text{ ή } G \text{ ή } B)\}$, όπου το βάρος για «Κανένα» θα είναι 0, και το βάρος για το $(R \text{ ή } G \text{ ή } B)$ θα ισούται με 1.0. Ουσιαστικά πρόκειται για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των γεγονότων. Με αυτόν τον τρόπο, η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» έχει μεγαλύτερη ευελιξία και μπορεί να θεωρηθεί ως γενίκευση της Θεωρίας του Bayes. Ενώ η προσέγγιση του Bayes θα απαιτούσε η τιμή της πιθανότητας $P(R \text{ ή } G)$ να κυμαίνεται στο εύρος τιμών μεταξύ 0.2 και 0.3, η προσέγγιση της Θεωρίας των Αποδεικτικών Στοιχείων θα μπορούσε να προσαρτήσει βάρος στο γεγονός $(R \text{ ή } G)$ καθ' υπέρβαση του αθροίσματος των ατομικών βαρών για τα $(R) \& (G)$. Αυτό επιτρέπει τη συμπερίληψη των πληροφοριών με μη-ποσοτικοποιημένη αβεβαιότητα, όπως π.χ. «Είδα με μεγάλη εμπιστοσύνη ότι ένα αντικείμενο μιας ομάδας αντικείμενων έχει χρώμα $R \text{ ή } G$ ». Η Bayesian προσέγγιση θα

πρέπει να ενσωματώσει αυτές τις πληροφορίες μεταβάλλοντας τα βάρη που εκχωρήθηκαν σε (R) και (G) μεμονωμένα. Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» εναλλακτικά, μπορεί απλά να αλλάξει το βάρος του (R ή G), χωρίς να μεταβληθούν τα μεμονωμένα βάρη των (R) ή (G). Στο παράδειγμα αυτό είναι λογικό η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» να εξετάζεται ως επέκταση της Bayesian προσέγγισης όπου τα βάρη κατά Bayes αποδίδονται σε κάθε στοιχείο του συνόλου των γεγονότων, ξεχωριστά για κάθε έναν από τους οκτώ πιθανούς συνδυασμούς των R, G, B. Ωστόσο, η εξέταση των μεμονωμένων γεγονότων σε σύγκριση με αυτήν του συνδυασμού των γεγονότων δεν είναι η μόνη διαφορά.

1. Η «Θεωρία κατά Bayes» χρησιμοποιεί τον κανόνα του Bayes για να ενσωματώσει νέες πληροφορίες σχετικά με τα αρχικά γεγονότα.
 $P(A \cap B) = P(A | B) P(B)$ [αυτή η απλουστευμένη μορφή, μαζί με συνδυασμό συμμετρίας $P(A \cap B) = P(B \cap A)$ και το αντίστοιχο $P(B \cap A) = P(B | A) P(A)$ συνεπάγεται την πιο κοινή μορφή του κανόνα του Bayes για τις θετικές πιθανότητες που είναι: $P(A | B) P(B) = P(B | A) P(A)$].
2. Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» χρησιμοποιεί τον «κανόνα του Dempster» για να ενσωματώσει νέες πληροφορίες, δηλαδή, παρατηρήσεις της πεποίθησης/Belief (Bel) και της ευλογοφάνειας/Plausibility (Pl). Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως γενίκευση του κανόνα του Bayes.
3. Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» διατηρεί μια διπλή έννοια του βάρους της πιθανότητας, μέσω της Πεποίθησης και της Ευλογοφάνειας ($Bel \leq Pl$). Οι αντίστοιχες τιμές των πιθανοτήτων τους, μπορούν να θεωρηθούν ως το κατώτερο και το ανώτερο όριο του διαστήματος των τιμών της πιθανότητας για κάθε συνδυασμό γεγονότων, ενώ η «Θεωρία του Bayes» διατηρεί μόνο μία τιμή για κάθε γεγονός που εξετάζει και η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως μία «αναμενόμενη» αξία.

Η ποσοτικοποιημένη αβεβαιότητα σύμφωνα με τη «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» μπορεί να μοντελοποιήσει το εύρος της εμπιστοσύνης δίνοντας μία εικόνα

της κατάστασης της γνώσης. Ωστόσο, όταν μία μονότιμη εκτίμηση είναι η ζητούμενη, η Bayesian προσέγγιση μπορεί να είναι και η απλούστερη και η πιο ενδεδειγμένη.

Μία εκτενής παρουσίαση της λειτουργίας της πεποίθησης και της ευλογοφάνειας έχει δοθεί από τους Dempster και Shafer (Dempster 1968, Shafer 1976). Είναι μία προσέγγιση που βασίζεται στην ύπαρξη της πρότερης γνώσης (Bonham – Carter 1994), με μερικά πλεονεκτήματα και κάποια μειονεκτήματα σε σχέση με την αντίστοιχη της ασαφούς λογικής (fuzzy logic) (Zadeh 1965). Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» προτάθηκε από τον Dempster και αναπτύχθηκε από τον Shafer και έτυχε πολλών βιβλιογραφικών αναφορών (Richards and Xiuping 1998, Srinivasan and Richards 1990). Λεπτομερείς εφαρμογές της θεωρίας των Dempster – Shafer παρουσιάζονται στους Eastman (1997) και Μερτίκα (2000).

Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» ή «Θεωρία των Dempster-Shafer», επίσης γνωστή ως θεωρία του συνόλου των ενεργειών της πεποίθησης, είναι μία γενίκευση της Bayesian θεωρίας της υποκειμενικής πιθανότητας. Εκτιμώντας ότι η θεωρία του Bayes απαιτεί τον ορισμό της πιθανότητας για κάθε μεμονωμένο γεγονός, οι λειτουργίες πεποίθησης συνδέουν τους βαθμούς πεποίθησης για μία υπόθεση με τις αντίστοιχες πιθανότητες για την υπόθεση αυτή. Αυτοί οι βαθμοί πεποίθησης έχουν ή δεν έχουν τις μαθηματικές ιδιότητες των πιθανοτήτων. Το πόσο διαφέρουν από τις πιθανότητες εξαρτάται από τον βαθμό που συσχετίζονται οι δύο υποθέσεις (Shafer 1976).

Η εφαρμογή της μαθηματικής Θεωρίας των Αποδεικτικών Στοιχείων (Theory of Evidence) στις χαρτογραφικές απεικονίσεις μέσω των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και της τηλεπισκόπησης (Shafer 1976, Shafer and Pearl 1990, Yager et.al. 1994) είναι ένα πεδίο, στο οποίο οι πηγές των χωρικών δεδομένων (π.χ. εικόνες, χάρτες, προσωπική εκτίμηση μηχανικού κ.λπ.) μελετώνται ξεχωριστά και ανεξάρτητα η μία από την άλλη και δεν απαιτείται να βρίσκονται σε ψηφιακή μορφή. Επίσης, στη θεωρία αυτή το στατιστικό μοντέλο δεν απαιτείται να ακολουθείται αυστηρά αλλά να παρέχει τη δυνατότητα επεξεργασίας χωρικών δεδομένων, διαφορετικού τύπου αλλά και μεγάλων διαστάσεων. Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» χρησιμοποιείται

τελευταία στην τεχνητή νοημοσύνη, όπου με τη θεωρία της μαθηματικής πιθανότητας γίνονται προσπάθειες ποσοτικοποίησης της υποκειμενικής κρίσης (Μερτίκας 2000).

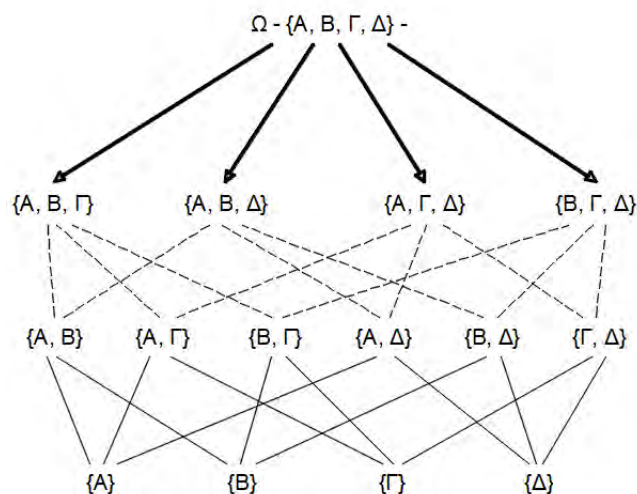
Ένα πλεονέκτημα της θεωρίας αυτής, είναι ότι επιτρέπει στο χρήστη να προσδιορίσει το εύρος της αβεβαιότητας, διότι το μέτρο μεταξύ της πεποίθησης (ο χαμηλότερος βαθμός πεποίθησης ή η πλέον συντηρητική εκτίμηση για μία υπόθεση) και της ευλογοφάνειας (η αισιόδοξη αξιολόγηση όπου τα αποδεικτικά στοιχεία υποστηρίζουν μία υπόθεση) μπορούν να θεωρηθούν ότι καθορίζουν το διάστημα που εκφράζει την αβεβαιότητα. Τα ελλιπή δεδομένα μπορούν επίσης να μοντελοποιηθούν με την προσέγγιση των Dempster-Shafer με τον καθορισμό της ευλογοφάνειας να έχει την τιμή 1, της πεποίθησης την τιμή 0 και του διαστήματος αβεβαιότητας με την τιμή 1. Τα αποδεικτικά στοιχεία από δύο ή περισσότερους χάρτες συνδυάζονται με τη χρήση του ορθογωνίου αθροίσματος (Wright and Bonham – Carter 1996). Η πεποίθηση, η ευλογοφάνεια, η δυσπιστία και η αβεβαιότητα μπορούν να χαρτογραφηθούν χωριστά, αν και μόνο δύο από αυτές τις μεταβλητές είναι ανεξάρτητες. Αυτό αντιπαραβάλλεται με την παραγωγή της λογικής της ασάφειας, η οποία αποτελείται μόνο από ένα ενιαίο χάρτη ασαφούς συμμετοχής.

Επιπλέον, η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» μας επιτρέπει να συνδυάσουμε τα αρχικά ποσοστά αξιοπιστίας που προέρχονται από διαφορετικές πηγές αποδείξεων (δεδομένων) και να προσδιορίσουμε την κλάση εκείνη που είναι από κοινού αποδεκτή για την καταχώρηση ψηφίδας. Η διαδικασία αυτή υλοποιείται με τη χρήση του «ορθογωνίου αθροίσματος» (orthogonal sum) του Dempster (Yager et.al. 1994) και η οποία αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο. Η πράξη αυτή χρησιμοποιεί συνδυασμούς των αποδεικτικών στοιχείων που προέρχονται από διαφορετικές πηγές. Για να εφαρμόζεται η πράξη, τα στοιχεία αυτά πρέπει να είναι μεταξύ τους στατιστικά ασυσχέτιστα (Μερτίκας 2000).

7.3. Η πιθανοτική ανάλυση και ο συνδυασμός των αποδεικτικών στοιχείων

Η Θεωρία των Dempster-Shafer συνδυάζει έναν αριθμό αποδεικτικών στοιχείων έτσι ώστε να «αποφασίσει» ανάμεσα σε εναλλακτικές υποθέσεις. Στην περίπτωση της παρούσας έρευνας, υιοθετούνται δύο βασικές εναλλακτικές υποθέσεις: «*ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης*» και «*μη ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης*», και τα υπάρχοντα αποδεικτικά στοιχεία αποτελούν παράγοντες της θεμελίωσης τους ή όχι.

Έστω ότι υπάρχουν τέσσερα αποδεικτικά στοιχεία τα A, B, Γ, Δ τα οποία αποτελούν ένα δειγματικό χώρο Ω , που ονομάζεται πλαίσιο διακριτότητας (Frame of Discernment), έτσι ώστε να ισχύει $A, B, \Gamma, \Delta \subset \Omega$ και $A \cup B \cup \Gamma \cup \Delta = \Omega$. Τα τέσσερα αυτά αποδεικτικά στοιχεία στην παρούσα έρευνα είναι δυνατόν να θεωρηθούν ως οι γνωστές, Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» αναγνωρίζει μία ιεραρχία κλάσεων που περιλαμβάνει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς μεταξύ των αρχικών δεδομένων.



Σχήμα 7.1 Η ιεραρχική δομή των συνδυασμών όλων των γεγονότων $\{A, B, \Gamma, \Delta\}$ σε ένα πλαίσιο διακριτότητας, σύμφωνα με τη «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων».

Κάθε μεταβλητή που συμβάλλει στην υπόθεση της ύπαρξης αρχαιολογικού χώρου έχει τιμές από 0 έως 1 και το σύνολο των πιθανοτήτων της υπόθεσης δεν ισούται απαραίτητα με 1 αλλά έως 1. Η προσθετικότητα δεν ισχύει στην περίπτωση αυτή και η

υπολειπόμενη ποσότητα έως την τιμή 1 εκφράζεται ως άγνοια. (Dempster 1968, Shafer 1976). Έτσι η γνώση για την πιθανότητα να ισχύει η υπόθεση αυτή δεν σημαίνει απαραίτητα τη γνώση της πιθανότητας να μην ισχύει.

Στην παρούσα έρευνα η αβεβαιότητα που υπάρχει στα αποδεικτικά στοιχεία οφείλεται σε ιστορικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και πολιτισμικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ύπαρξη και τη χωρική κατανομή των αρχαιολογικών θέσεων της Νεολιθικής περιόδου της Μαγνησίας. Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» αποτελεί τη μεθοδολογία ποσοτικοποίησης της αβεβαιότητας με τον συνδυασμό ετερογενών πληροφοριών (αρχαιολογικά, γεωμορφολογικά, τοπογραφικά δεδομένα κ.λπ.) έτσι ώστε να αποτιμηθεί η βέλτιστη πιθανότητα της ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων.

7.3.1. Οι υποθέσεις και οι πιθανοτικές μεταβλητές

Στην παρούσα έρευνα, εκτός των δύο βασικών υποθέσεων δημιουργείται και τρίτη υπόθεση η οποία αντιστοιχεί στην άγνοια του χρήστη. Οι τρεις υποθέσεις είναι οι παρακάτω:

- «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης»
- «μη ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης»
- «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης - μη ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης»

Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» αναγνωρίζει έξι πιθανοτικές μεταβλητές για κάθε αποδεικτικό στοιχείο, οι οποίες είναι οι παρακάτω:

α. Βασική Πιθανότητα Προσάρτησης/B.Π.Π. (Basic Probability Assignment/BPA)

Είναι ο «συντελεστής βάρους» για κάθε αποδεικτικό στοιχείο που υποστηρίζει μία συγκεκριμένη υπόθεση. Συμβολίζεται με m και παίρνει τιμές στο διάστημα (0,1). Είναι μία γενίκευση της παραδοσιακής συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας του Bayes. Αναφέρεται σε κάθε υποσύνολο του δειγματοχώρου Ω όλων των υποσυνόλων του

πλαίσιου διακρίσεων. Η βασική πιθανότητα προσάρτησης m αντιστοιχεί σε κάθε στοιχείο του Ω , έτσι ώστε όλες οι τιμές του m να αθροίζονται στη μονάδα (Μερτίκας 2000).

$$\sum_{i=1}^{2^v-1} m(\Omega_i) = 1, \quad \forall \Omega_i \subset \Omega$$

Οι ιδιότητες της Β.Π.Π. είναι:

- Η Β.Π.Π. του Ω_i αντιστοιχεί μόνο στο Ω_i . Το $m(\Omega_i)$ δηλαδή δεν μπορεί να υποδιαιρεθεί μεταξύ των υποσυνόλων του Ω_i . Το $m(A, B)$ δηλαδή δεν υποδιαιρείται σε $m(A)$ και $m(B)$.
- Αν $m(\Omega_i)$ είναι η μάζα του ενδεχομένου Ω_i και δεν υπάρχει Β.Π.Π. για τα υπόλοιπα υποσύνολα του πλαισίου Ω , τότε η υπολειπόμενη της μονάδας πιθανότητα προσδίδεται σε όλο το πλαίσιο Ω . Δηλαδή $m(\Omega) = 1 - (\Omega_i)$. Σύμφωνα με το διάγραμμα ροής αν $m(A) = 0,3$ και $m = 0$ για τα υπόλοιπα υποσύνολα τότε $m(A, B, \Gamma, \Delta) = 1 - m(A) = 0,7$.
- Η μάζα m παίρνει τιμές διάφορες του μηδενός ($m \neq 0$), μόνον όταν υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία. Σε αντίθετη περίπτωση $m = 0$.
- Εξ' ορισμού το κενό σύνολο έχει μηδενική Β.Π.Π., δηλαδή $m(\emptyset) = 0$.

β. Άγνοια (Ignorance)

Η άγνοια ορίζεται ως η Β.Π.Π. του μεγαλύτερου δυνατού υποσυνόλου του δειγματικού χώρου Ω , δηλαδή η $m(A, B, \Gamma, \Delta)$ και ισούται με το υπόλοιπο εάν αφαιρεθεί από τη μονάδα, το άθροισμα των βασικών πιθανοτήτων προσάρτησης όλων των υπόλοιπων υποσυνόλων. Μέσω του καθορισμού της μέγιστης τιμής των τιμών της Β.Π.Π. ορίζεται και έμμεσα ο βαθμός άγνοιας ως το υπόλοιπο της διαφοράς της από τη μονάδα.

$$m(A, B, \Gamma, \Delta) = 1 - \left[\begin{array}{l} m(A) + m(B) + m(\Gamma) + m(\Delta) + m(A, B) + m(A, \Gamma) + m(A, \Delta) + \\ + m(B, \Gamma) + m(B, \Delta) + m(\Gamma, \Delta) + m(A, B, \Gamma) + m(A, B, \Delta) + \\ + m(A, B, \Delta) + m(B, \Gamma, \Delta) \end{array} \right]$$

γ. Πεποίθηση (Belief)

Η πεποίθηση ή η αξιοπιστία είναι το άθροισμα όλων των τιμών της Β.Π.Π. που αντιστοιχούν στο Ω_i αλλά και σε κάθε υποσύνολό του. Συμβολίζεται με $Bel(\Omega_i)$. Δηλαδή, στο συγκεκριμένο παράδειγμα $Bel(A, B) = m(A) + m(B) + m(A, B)$. Είναι προφανές ότι η πεποίθηση όλου του πλαισίου διακρίσεων Ω ισούται με τη μονάδα.

$$Bel(\Omega) = \sum_{i=1}^{2^v-1} m(\Omega_i) = 1 \quad \text{όπου } \Omega_i \subseteq \Omega$$

Επίσης η πεποίθηση ενός βασικού αποδεικτικού στοιχείου (που δεν έχει υποσύνολα) ισούται με τη βασική πιθανότητα προσάρτησής του $Bel(A) = m(A)$.

Η πεποίθηση δηλαδή εκφράζει την ολική αξιοπιστία για μία δεδομένη υπόθεση με τιμές πιθανότητας. Με άλλα λόγια είναι η ελάχιστη πιθανότητα (κάτω όριο πιθανότητας) ώστε η εξεταζόμενη υπόθεση να ισχύει, όπως προκύπτει από τα αντίστοιχα αποδεικτικά στοιχεία.

Οι τιμές της πεποίθησης υπολογίζονται κατά τη διαδικασία της δημιουργίας των συνδυασμών των μοναδιαίων αποδεικτικών στοιχείων του πλαισίου διακρίσεων Ω .

δ. Δυσπιστία (Disbelief)

Η δυσπιστία είναι ο βαθμός στον οποίο τα αποδεικτικά στοιχεία στηρίζουν τις αντίθετες, από την εξεταζόμενη, υποθέσεις.

$$\text{Δηλαδή } DisBel(A) = Bel(-A).$$

Στην περίπτωση που έχουμε μόνο δύο αποδεικτικά στοιχεία A και B η πεποίθηση του A ισούται με την δυσπιστία του B και το αντίστροφο.

Αποδεικτικά στοιχεία που δεν επιβεβαιώνουν την υπόθεση A ισοδυναμούν με επιβεβαίωση της υπόθεσης όχι A (-A).

Ισχύει ότι $Bel(\Omega_i) + Bel(-\Omega_i) \leq 1$ διότι υπάρχει και το ενδεχόμενο της άγνοιας.

ε. Ευλογοφάνεια (Plausibility)

Η ευλογοφάνεια είναι η διαφορά της δυσπιστίας από τη μονάδα για την ισχύ της υπόθεσης του ενδεχομένου Ω_i . Συμβολίζεται με $Pl(\Omega_i)$.

$$Pl(\Omega_i) = 1 - Bel(-\Omega_i) \quad \text{όπου} \quad -\Omega_i = not\Omega_i$$

$$Pl(\Omega) = \sum_{i=1}^{2^V-1} m(\Omega_i) = 1 \quad \text{όταν} \quad \Omega_i \cap \Omega = \emptyset$$

Εκφράζει τον βαθμό στον οποίο η υπόθεση δεν μπορεί να είναι μη αληθινή, δηλαδή την μέγιστη πιθανότητα να είναι η υπόθεση αληθινή. Το εύλογο δηλαδή προκύπτει όταν η προσάρτηση της υπόθεσης στο ενδεχόμενο Ω_i δεν μπορεί να διαψευστεί και επομένως είναι πιθανή και εύλογη (Μερτίκας 2000).

Σημειώνεται ότι $Pl(\Omega_i) = Bel(\Omega_i)$ όταν και μόνο όταν δεν υπάρχει άγνοια.

Η ευλογοφάνεια θεωρεί ότι όλα τα στοιχεία που δεν στηρίζουν την υπόθεση $-\Omega_i$ στηρίζουν την υπόθεση Ω_i . Με άλλα λόγια είναι η μέγιστη πιθανότητα (άνω όριο πιθανότητας) η εξεταζόμενη υπόθεση να είναι αληθής.

Η ευλογοφάνεια, όπως η πεποίθηση και η δυσπιστία, είναι τα μέτρα της Θεωρίας των Αποδεικτικών Στοιχείων και υπολογίζονται για κάθε βασική υπόθεση ξεχωριστά.

ζ. Διάστημα Πεποίθησης (Belief Interval)

Το διάστημα πεποίθησης είναι ένα μέτρο της ολικής άγνοιας όπως υπολογίζεται από τον συνδυασμό των αποδεικτικών στοιχείων. Ορίζεται ως η διαφορά της τιμής της ευλογοφάνειας από αυτήν της πεποίθησης.

$$BelInt = Pl(\Omega_i) - Bel(\Omega_i)$$

Τα αποτελέσματα της Θεωρίας των Αποδεικτικών Στοιχείων θεωρούνται αξιόπιστα σε περιοχές που το διάστημα πεποίθησης παίρνει χαμηλές τιμές, ενώ σε αντίθετη περίπτωση θεωρείται ότι δεν υπάρχουν επαρκή αποδεικτικά στοιχεία για να στηριχθεί μία υπόθεση.

η. Δομή των Αποδεικτικών Στοιχείων και λειτουργία της μεθοδολογίας

Η δόμηση και η εφαρμογή της θεωρίας των Αποδεικτικών Στοιχείων ακολουθεί τα παρακάτω στάδια :

1. Ορίζεται ένας συγκεκριμένος αριθμός βασικών υποθέσεων. Οι πιθανότητες των βασικών υποθέσεων δεν είναι συμπληρωματικές (με άθροισμα 1 όπως στην Μπαεζιανή Θεωρία) και άρα δεν έχουν άθροισμα αναγκαστικά 1.
2. Ορίζεται μία συγκεκριμένη συμπληρωματική υπόθεση όλων των πιθανών γεγονότων είτε αυτά είναι τα βασικά είτε συγκεκριμένοι (ή όλοι οι) συνδυασμοί αυτών της επιλογής του ερευνητή.
3. Ορίζονται όλα τα αποδεικτικά στοιχεία και στην περίπτωση της γεωεπιστήμης οι χωρικές μεταβλητές που στηρίζουν ή όχι τις βασικές υποθέσεις. Παραδείγματος χάρη το υδρογραφικό δίκτυο, οι υψομετρικές καμπύλες, οι κλίσεις κ.λπ.
4. Το κάθε αποδεικτικό στοιχείο – χωρική μεταβλητή, υποστηρίζει μία από τις βασικές υποθέσεις. Έτσι κάθε χωρική μονάδα (στην περίπτωση των δορυφορικών εικόνων το εικονοστοιχείο) μετά τη μετατροπή του συγκεκριμένου υποβάθρου σε πιθανοτικό χάρτη, λαμβάνει μία τιμή έως 1. Όταν δεν υπάρχει άγνοια η μέγιστη τιμή της είναι 1. Όμως επειδή στη «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» υπάρχει άγνοια η μέγιστη τιμή της είναι πάντα μικρότερη από (ή το πολύ ίση με) 1.
5. Η διαφορά της πιθανοτικής τιμής κάθε εικονοστοιχείου από την απόλυτη πιθανότητα (=1) μας δίνει τη πιθανότητα της άγνοιας. Έτσι, δημιουργείται ένας πιθανοτικός χάρτης για κάθε χωρική μεταβλητή με εικονοστοιχεία που έχουν τιμές από 0 έως 1 και υποστηρίζει μία από τις βασικές υποθέσεις. Η υπόθεση της άγνοιας είναι συμπληρωματική των βασικών υποθέσεων.
6. Το σύνολο των πιθανοτικών χαρτών που δημιουργούνται είναι αριθμητικά ίσο με το σύνολο των αποδεικτικών στοιχείων – χωρικών μεταβλητών. Η δημιουργία ενός τελικού πιθανοτικού χάρτη που περιέχει τις βέλτιστες

πιθανότητες υποστήριξης μίας υπόθεσης υλοποιείται με μία συγκεκριμένη πιθανοτική πράξη η οποία ονομάζεται ορθογώνιο άθροισμα.

7.3.2. Ο συνδυασμός των αποδεικτικών στοιχείων: «Το Ορθογώνιο Άθροισμα»

Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» χρησιμοποιεί μία σύνθετη πράξη συνδυασμού των αποδεικτικών στοιχείων, η οποία είναι γνωστή ως ορθογώνιο άθροισμα ή κανόνας του Dempster. Η πράξη αυτή συνδυάζει αποδεικτικά στοιχεία τα οποία είναι μεταξύ τους στατιστικά ασυσχέτιστα.

Έστω ότι $Bel1$ και $Bel2$ δύο συναρτήσεις πεποίθησης (Belief) και $m1$ και $m2$ οι αντίστοιχες βασικές πιθανότητες προσάρτησης σε ένα πλαίσιο διακρίσεων Ω . Ο κανόνας του Dempster υπολογίζει μια νέα βασική πιθανότητα προσάρτησης που συμβολίζεται με $m1 \oplus m2$ και υπολογίζει την τιμή του συνδυασμού των επιδράσεων των $m1$ και $m2$ σύμφωνα με το ορθογώνιο άθροισμα. Η αντίστοιχη συνάρτηση αξιοπιστίας $Bel1 \oplus Bel2$ υπολογίζεται απλώς από τα $m1 \oplus m2$ και σύμφωνα με τον ορισμό της συνάρτησης αξιοπιστίας (Μερτίκας 2000).

Για δύο μάζες $m1$ και $m2$ των αποδεικτικών στοιχείων που αντιστοιχούν στα ενδεχόμενα A_i και B_j η βασική πιθανότητα προσάρτησης υπολογίζεται με το ορθογώνιο άθροισμα ως εξής :

$$m1 \oplus m2(C_i) = \frac{\sum m_1(A_i) * m_2(B_j)}{1 - \sum m_1(A_i) * m_2(B_j)} \quad \frac{\text{όταν } (A_i \cap B_j) = C_i}{\text{όταν } (A_i \cap B_j) = \emptyset}$$

$$\text{Αν } \sum m_1(A_i) * m_2(B_j) = 0 \quad \text{για } A_i \cap B_j = \emptyset$$

$$\text{τότε } m1 \oplus m2(C_i) = \sum m_1(A_i) * m_2(B_j) \quad \text{για } A_i \cap B_j = C_i$$

Παρατηρούμε ότι ο αριθμητής αποτελείται από το άθροισμα των γινομένων των μαζών των στοιχείων που η τομή τους δεν είναι το κενό σύνολο (άρα γεγονότα μη ξένα μεταξύ τους), ενώ ο παρανομαστής από το άθροισμα των γινομένων των ποσοστών των

στοιχείων που η τιμή τους είναι το κενό σύνολο $\emptyset$ (άρα γεγονότα που είναι ξένα μεταξύ τους).

Όπως αναφέρθηκε τα αποδεικτικά στοιχεία στην περίπτωση εφαρμογής στις γεωεπιστήμες αποτελούν ψηφιακά πιθανοτικά υπόβαθρα τα οποία έχουν δημιουργηθεί από χωρικές μεταβλητές, οι οποίες αποτελούν και τα πρωταρχικά αποδεικτικά στοιχεία, όπως το υδρογραφικό δίκτυο, το υπόβαθρο των υψομετρικών καμπυλών κ.ά. Με αυτόν τον τρόπο και στην παρούσα έρευνα, η πράξη του ορθογώνιου αθροίσματος εφαρμόζεται μεταξύ των αντίστοιχων πιθανοτικών τιμών (μαζών), διαφορετικών αποδεικτικών στοιχείων (χωρικών μεταβλητών). Προφανώς αντίστοιχες πιθανοτικές τιμές (μάζες) είναι οι τιμές των πιθανοτήτων που έχουν τα εικονοστοιχεία που βρίσκονται ακριβώς στην ίδια θέση (κατά κολόνα και γραμμή).

Συνήθως υπάρχουν περισσότερα από δύο αποδεικτικά στοιχεία (υπόβαθρα) και τότε η πράξη εφαρμογής του ορθογώνιου αθροίσματος εφαρμόζεται μεταξύ όλων των αποδεικτικών στοιχείων ανά δύο, π.χ. για τέσσερα υπόβαθρα πρώτα εφαρμόζεται μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου, κατόπιν το πιθανοτικό υπόβαθρο-αποτέλεσμα συνδυάζεται (με ορθογώνιο άθροισμα) με το τρίτο και το αποτέλεσμα με το τέταρτο. Ένα αρκετά σημαντικό πλεονέκτημα της εφαρμογής του ορθογώνιου αθροίσματος είναι ότι η σειρά επιλογής των αποδεικτικών στοιχείων-υποβάθρων ανά δύο δεν επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα. Δηλαδή για περισσότερα από δύο αποδεικτικά στοιχεία το ορθογώνιο άθροισμα μπορεί να εφαρμοστεί διαδοχικά και ανεξαρτήτου σειράς, επειδή η πράξη αυτή είναι (Perakis and Moysiadis 2011) και

- προσεταιριστική (associative) (μπορεί να εφαρμοστεί για οποιοδήποτε ζευγάρι αποδεικτικών στοιχείων και κατόπιν σε ένα τρίτο ή ισοδύναμα να εφαρμοστεί σε διαφορετικό ζευγάρι και κάποιο άλλο τρίτο) καθώς και
- αντιμεταθετική (commutative) (η διάταξη των αποδεικτικών στοιχείων με την οποία τοποθετούνται για την εφαρμογή στο ορθογώνιο άθροισμα δεν μεταβάλλει το αποτέλεσμα).

7.4. Οι χωρικές - πιθανοτικές μεταβλητές και η δημιουργία πιθανοτικών χαρτών για τη Μαγνησία

Όπως αναφέρθηκε, στην παρούσα έρευνα αναλύονται δύο υποθέσεις για την πρόβλεψη αρχαιολογικών θέσεων στην περιοχή της Μαγνησίας. Αυτές είναι:

- «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης»
- «μη ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης»

και επιπλέον για την κάλυψη της αβεβαιότητας πιθανοτικά η:

- «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης - μη ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης»,

η οποία εκφράζει την άγνοια του χρήστη για κάθε αποδεικτικό στοιχείο χωρική μεταβλητή που εξετάζεται. Για τη δημιουργία των πιθανοτικών χαρτών πρέπει να γίνει μετατροπή των τιμών των χωρικών μεταβλητών που εκφράζουν κάθε αποδεικτικό στοιχείο σε πιθανοτική κλίμακα, από 0 ως 1 μέσω γνωστών συναρτήσεων ασάφειας. Οι τιμές ασάφειας των συναρτήσεων αυτών είναι χωρίς αυστηρά όρια και χαρακτηρίζονται από μια πιθανότητα (0 έως 1). Υλοποιούν δηλαδή την μετατροπή των θεματικών σε πιθανοτικά επίπεδα. Σύμφωνα μ' αυτήν τη μεθοδολογία η χωρική θεματική πληροφορία μετατρέπεται σε πιθανοτικούς θεματικούς χάρτες και επιπλέον παρουσιάζει το πλεονέκτημα της ποσοτικοποίησης της άγνοιας στην παραγωγή των τελικών πιθανοτικών χαρτών για κάθε υπόθεση. Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» χρησιμοποιεί ως πράξη το «ορθογώνιο άθροισμα» για την εύρεση της τελικής πιθανότητας από όλους τους δυνατούς συνδυασμούς ανά δύο των διαφορετικών πηγών των αποδεικτικών στοιχείων (πριν τον υπολογισμό της πεποίθησης, ευλογοφάνειας και διαστήματος πεποίθησης) για κάθε υπόθεση.

Πολλές φορές δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός ποιά υπόθεση στηρίζει κάθε χωρική μεταβλητή.

Η υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» υποστηρίζεται από τα αποδεικτικά στοιχεία που συνεισφέρουν στην υπόθεση αυτή. Οι χωρικές μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στην υπόθεση αυτή και σε σχέση με τις υπάρχουσες αρχαιολογικές θέσεις των υποπεριόδων (AN, MN και NN) της Νεολιθικής περιόδου, είναι οι παρακάτω:

Υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης»/(site)

1. Αρχαιολογικές θέσεις (αποστάσεις μεταξύ τους ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου).
2. Οδικό δίκτυο

Οι υπάρχουσες αρχαιολογικές θέσεις της Νεολιθικής περιόδου αποτελούν ένα θεμελιώδες αποδεικτικό στοιχείο για την πρόβλεψη αγνώστων θέσεων. Οι γνωστές θέσεις στηρίζουν την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» διότι πλησίον αυτών, είναι πιθανόν να υπάρχουν και άλλοι. Το υπάρχον οδικό δίκτυο αν και θεωρείται μία χωρική μεταβλητή που δεν υιοθετείται από τους περισσότερους ερευνητές στην πρόβλεψη νέων αρχαιολογικών θέσεων, ωστόσο αυτό έχει συμπεριληφθεί στην παρούσα έρευνα εξαιτίας του υψηλού ποσοστού γειτνίασης του με τις ήδη υπάρχουσες αρχαιολογικές θέσεις. Σύμφωνα με την χωρική αυτή κατανομή, όσο πλησιέστερα βρισκόμαστε στο οδικό δίκτυο, τόσο περισσότερο ενισχύεται η πιθανότητα ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων.

Η υπόθεση «μη ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» υποστηρίζεται από τα αποδεικτικά στοιχεία που συνεισφέρουν στην υπόθεση αυτή. Οι χωρικές μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στην υπόθεση αυτή και σε σχέση με τις υπάρχουσες αρχαιολογικές θέσεις των υποπεριοδών (AN, MN και NN) της Νεολιθικής περιόδου, είναι οι παρακάτω:

Υπόθεση «μη ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης»/(non-site)

1. Πηγές
2. Υδρογραφικό δίκτυο
3. Υψόμετρο
4. Κλίσεις

Οι υπάρχουσες πηγές για την περιοχή της Μαγνησίας επιλέχθηκαν βάσει των γεωλογικών κριτηρίων όπως αυτά αναλύθηκαν στο 5ο κεφάλαιο. Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μαζί με τις πηγές πάντα αποτελούσαν στοιχεία ζωτικής σημασίας

στην ανθρώπινη ύπαρξη. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από την χωρική κατανομή των υπαρχουσών αρχαιολογικών θέσεων οι οποίες εντοπίστηκαν σε κοντινή απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο και από τις πηγές. Αυτό σημαίνει ότι όσο απομακρυνόμαστε από τα στοιχεία αυτά, τόσο μειώνεται η πιθανότητα ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων. Ωστόσο εξαιτίας των αλλαγών που έχουν περιέλθει στο υδρογραφικό τοπίο και την ύπαρξη υπόγειων υδάτων όπως και τη μη βέβαιη χωρική κατανομή των πηγών από τη Νεολιθική περίοδο έως σήμερα, στην παρούσα έρευνα, εκφράστηκαν μέσω της υψηλότερης άγνοιας που ορίστηκε μετά την μετατροπή τους σε πιθανοτική κλίμακα. Η μελέτη του υψομέτρου και των κλίσεων της περιοχής σε σχέση με τις υπάρχουσες αρχαιολογικές Νεολιθικές θέσεις αποδεικνύει ότι τα χαμηλά υψόμετρα και οι ήπιες κλίσεις είναι οι βέλτιστες για την επιλογή κατοίκησης. Συνεπώς, όσο απομακρυνόμαστε από τις χαμηλές κλίσεις και αντίστοιχα το χαμηλό υψόμετρο, τόσο μικραίνει η πιθανότητα ύπαρξης και άλλων αρχαιολογικών θέσεων.

Εκτός των παραπάνω χωρικών μεταβλητών εισήχθησαν και μελετήθηκαν και άλλες σημαντικές χωρικές μεταβλητές όπως αναφέρθηκε στο 5ο και 6ο κεφάλαιο και οι οποίες τελικά δεν ελήφθησαν υπόψη στη δόμηση του πιθανοτικού μοντέλου πρόβλεψης διότι αποτελούν τοπικά φαινόμενα και όχι εκτεταμένη ένδειξη της κατανομής των αρχαιολογικών θέσεων στο σύνολό τους. Αυτές είναι οι παρακάτω:

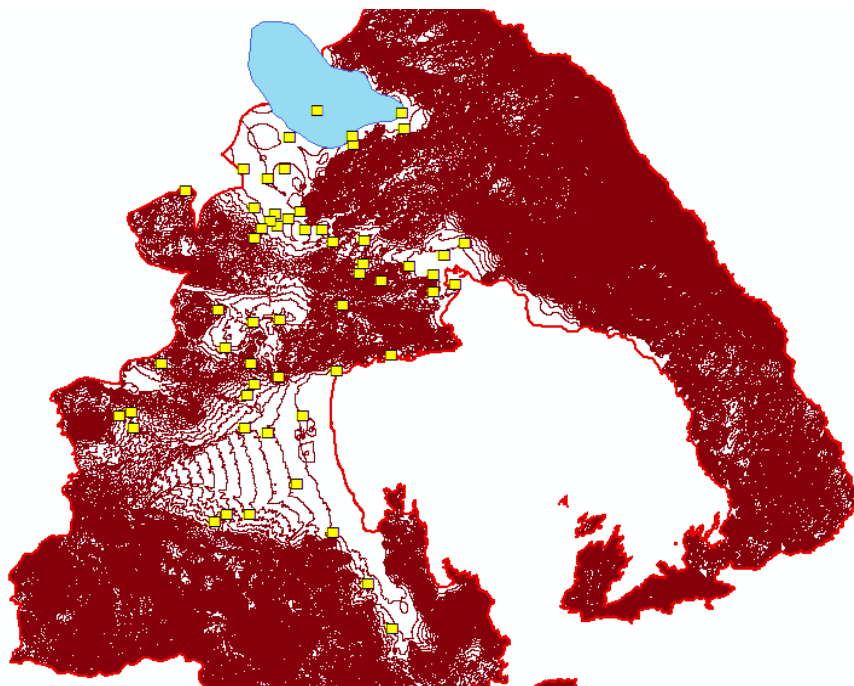
1. Ο Προσανατολισμός
2. Η Ακτογραμμή
3. Η Λίμνη Κάρλα

Ο προσανατολισμός των αρχαιολογικών θέσεων είναι ένα σχετικό φαινόμενο και ένας ενδεδειγμένος έλεγχος για οποιαδήποτε σχέση των αρχαιολογικών θέσεων με συγκεκριμένους προσανατολισμούς δεν εντοπίστηκε. Η θεώρηση των προσανατολισμών ως αποδεικτικό στοιχείο θεωρήθηκε ανεπαρκής.

Αν και υπάρχει ένας έστω και περιορισμένος αριθμός αρχαιολογικών θέσεων πλησίον της ακτογραμμής στην πεδιάδα του Αλμυρού και με κατεύθυνση προς τον Παγασητικό κόλπο, πραγματοποιήθηκε ανασύσταση της ακτογραμμής των περιοχών αυτών. Οι θέσεις αυτές ανήκουν σε μικρό ποσοστό της συνολικής χωρικής κατανομής

των αρχαιολογικών θέσεων ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής και δεν συμπεριελήφθησαν στις υποθέσεις και στη δόμηση του μοντέλου. Ωστόσο η ανασύσταση του τοπίου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου όσον αφορά την ακτογραμμή επηρέασε και άλλες χωρικές μεταβλητές όπως το υψόμετρο και τις κλίσεις.

Αναφορικά με τα όρια της λίμνης Κάρλας υπήρξε ιδιαίτερη δυσκολία στον χωρικό προσδιορισμό τους με ακρίβεια κατά τη Νεολιθική περίοδο. Αν και υλοποιήθηκε ανασύσταση της λίμνης κατά την Νεολιθική περίοδο όπως αυτή θεμελιώθηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο, τα στοιχεία δεν ήταν αρκετά σαφή για τις αλλαγές της στάθμης της ανά υποπερίοδο της περιόδου αυτής. Επιπλέον η συγκεκριμένη λίμνη αποτελεί ένα φυσιογραφικό φαινόμενο τοπικά και δεν αποτελεί ένδειξη της κατανομής των αρχαιολογικών θέσεων στο σύνολό τους για την περιοχή μελέτης. Για τον λόγο αυτόν δεν έχει συμπεριληφθεί στη δόμηση του μοντέλου.



Εικόνα 7.1 Η χωρική κατανομή των αρχαιολογικών θέσεων της Νεολιθικής περιόδου (ΑΝ, ΜΝ και ΝΝ) σε σχέση με την ακτογραμμή και τη λίμνη Κάρλα.

Σε γενική μορφή τα βήματα βαθμονόμησης των πιθανοτικών μεταβλητών και η δημιουργία των πιθανοτικών χαρτών περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια.

1. Οπτική ανάλυση των αρχαιολογικών θέσεων σε σχέση με την υπό εξέταση χωρική μεταβλητή.
2. Δημιουργία ψηφιακού θεματικού χάρτη αποστάσεων ή στοιχείων που χαρακτηρίζουν τη μελετώμενη χωρική μεταβλητή (π.χ. πολύγωνα στις κλίσεις).
3. Εύρεση σχέσεων των ανωτέρων χωρικών μεταβλητών μέσω χωρικών ερωτημάτων και χωρικών αναλυτικών διαδικασιών.
4. Παραγωγή ιστογραμμάτων που δίνουν την συχνότητα των αρχαιολογικών θέσεων κάθε υποπεριόδου για κάθε τιμή της αντίστοιχης χωρικής μεταβλητής.
5. Μετατροπή των θεματικών χαρτών που εκφράζουν τις χωρικές μεταβλητές που αντιστοιχούν σε κάθε ένα αποδεικτικό στοιχείο σε πιθανοτικούς χάρτες (τιμές 0-1) με την επιλογή της κατάλληλης ασαφούς συνάρτησης και των χαρακτηριστικών τιμών της ως σημείων ελέγχου.
6. Εφαρμογή λογικών πράξεων εικόνων για την παραγωγή πιθανοτικού υποβάθρου για κάθε μεταβλητή στα όρια της περιοχής μελέτης (μάσκες).
7. Μετατροπή της πιθανοτικής κλίμακας από το εύρος τιμών 0 έως 1 σε εύρος τιμών από το 0 έως μικρότερο του 1 με σκοπό την ενσωμάτωση της άγνοιας, η οποία καθορίστηκε βάσει της ισχύος του κάθε αποδεικτικού στοιχείου.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα προσεγγιστικής μετατροπής των χωρικών αριθμητικών δεδομένων σε χωρικά πιθανοτικά δεδομένα ανά εικονοστοιχείο σε παράθυρο εικόνας 6 x 6.

25	240	225	0.3	0.9	0.9
30	210	250	0.3	0.8	0.9
35	150	187	0.4	0.8	0.8
50	80	87	0.5	0.6	0.6

Σχήμα 7.2 Μετατροπή χωρικών αριθμητικών δεδομένων (0-255) σε πιθανοτικά (0-1).

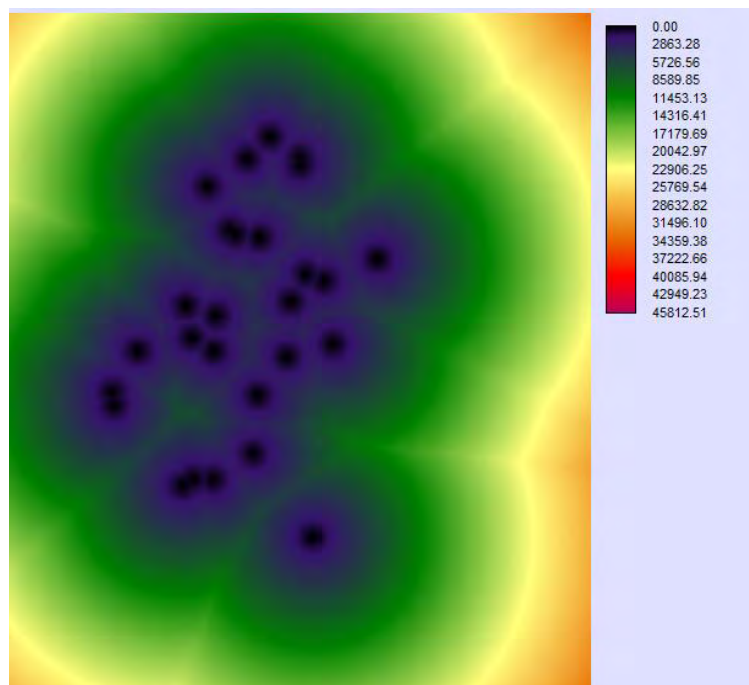
Για κάθε αποδεικτικό στοιχείο παρουσιάζονται στη συνέχεια οι πιθανοτικοί χάρτες υποστήριξης της κάθε μίας από τις υποθέσεις με ενσωματωμένη τη πιθανότητα άγνοιας που καταλήγει να προσαρτά πιθανοτική κλίμακα στους χάρτες με μέγιστη τιμή σαφώς μικρότερη του 1 (μέγιστη πιθανοτική τιμή = 1 - άγνοια).

7.4.1. Οι «αρχαιολογικές θέσεις»

Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδος

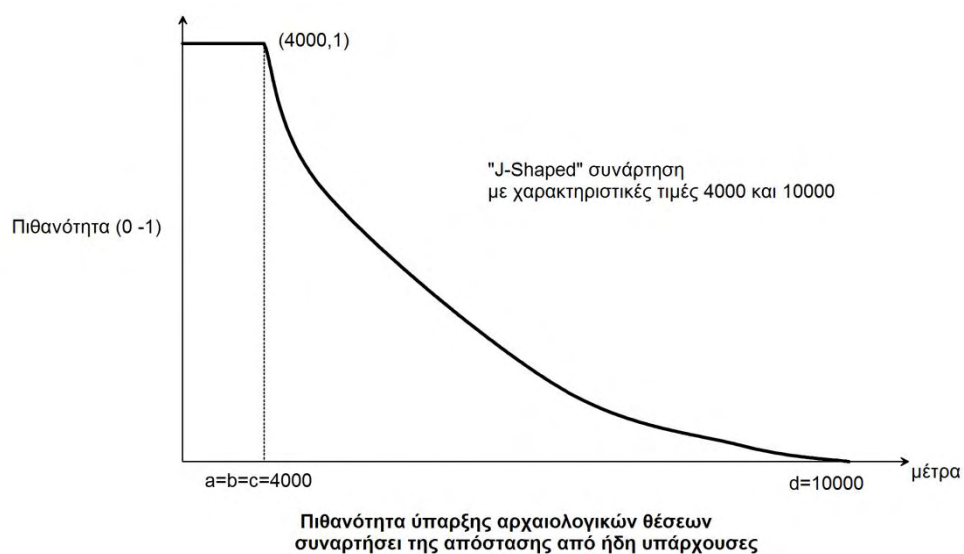
Μετά από πολλαπλές δοκιμές επιλέχθηκε η συνάρτηση J-shaped γιατί ταιριάζει στην κατανομή των αρχαιολογικών θέσεων της ΑΝ περιόδου. Η φθίνουσα J-shaped συνάρτηση δίνει πιθανότητα 1 για την ύπαρξη αρχαιολογικών θέσεων σε ορισμένη απόσταση μεταξύ τους και είναι φθίνουσα για μεγαλύτερες από αυτήν την απόσταση. Μελετώντας το αρχείο κανάβου των αποστάσεων μεταξύ των αρχαιολογικών θέσεων διαπιστώθηκε ότι η βέλτιστη απόσταση μεταξύ δύο αρχαιολογικών θέσεων είναι 4000μ.

(διότι στο αρχείο των αποστάσεων η απόσταση μετράται και από τη μία και από την άλλη θέση και έτσι η απόσταση αυτή είναι $2 \times 4000 = 8000\mu$.).



Εικόνα 7.2 Αποστάσεις μεταξύ των αρχαιολογικών θέσεων της ΑΝ περιόδου.

Συνεπώς, στη J-shaped καμπύλη τα σημεία ελέγχου του «πλατώ» a,b,c, πιθανότητας 1 ορίστηκαν ως αυτά που αντιστοιχούν στην απόσταση 4000μ. Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο αρχαιολογικών θέσεων διαπιστώθηκε ότι είναι περίπου 10000μ. Ως σημείο d επιλέχθηκε αυτό που αντιστοιχεί στην απόσταση των 10000μ. μεταξύ των δύο αρχαιολογικών θέσεων.



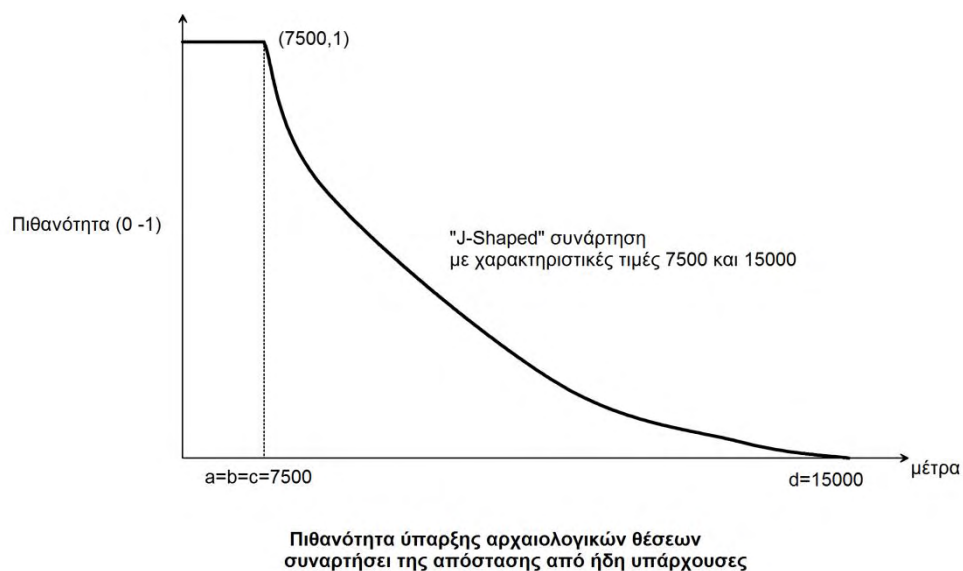
Σχήμα 7.3 Η φθίνουσα “J-shaped” συνάρτηση της μεταβλητής AN «αρχαιολογικές θέσεις» με χαρακτηριστικές τιμές $a=b=c=4000\mu$. και $d=10000\mu$.



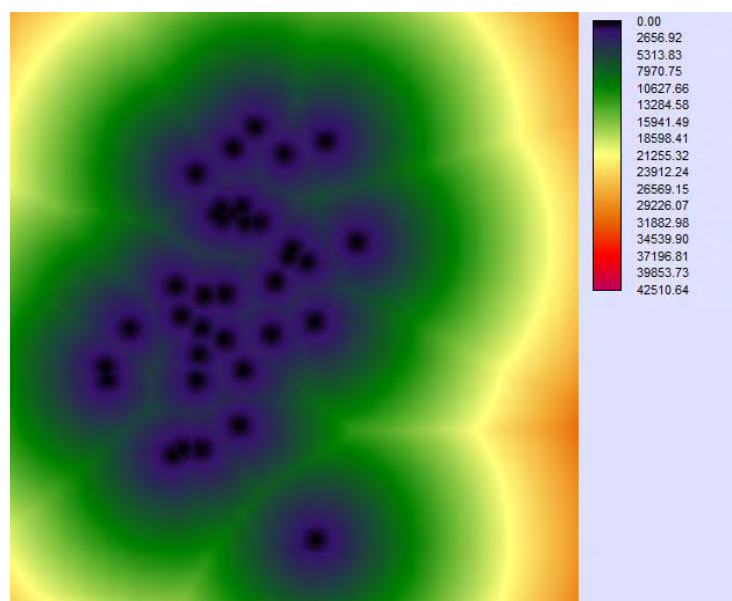
Εικόνα 7.3 Πιθανοτική μετατροπή της μεταβλητής AN «αρχαιολογικές θέσεις» χρησιμοποιώντας φθίνουσα “J-shaped” συνάρτηση, με χαρακτηριστικές τιμές $a=b=c=4000\mu$. και $d=10000\mu$.

Μέση Νεολιθική περίοδος

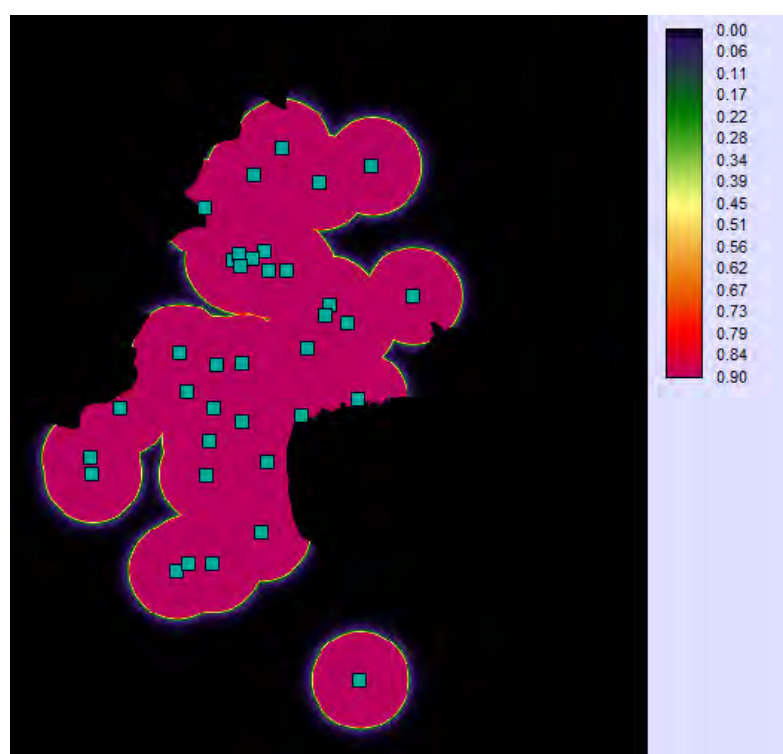
Αντιστοίχως διαπιστώθηκε ότι η βέλτιστη απόσταση μεταξύ δύο αρχαιολογικών θέσεων είναι 7500μ. Επιλέχθηκε επίσης η J-shaped καμπύλη τα σημεία ελέγχου του «πλατώ» a,b,c, πιθανότητας 1 ορίστηκαν ως αυτά που αντιστοιχούν στην απόσταση 7500μ. Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο αρχαιολογικών θέσεων διαπιστώθηκε ότι είναι περίπου 15000μ. Ως σημείο d της συνάρτησης επιλέχθηκε αυτό που αντιστοιχεί στην απόσταση των 15000μ. μεταξύ των δύο αρχαιολογικών θέσεων.



Σχήμα 7.4 Η φθίνουσα "J-shaped" συνάρτηση της μεταβλητής MN «αρχαιολογικές θέσεις» με χαρακτηριστικές τιμές $a=b=c=7500\mu$. και $d=15000\mu$.



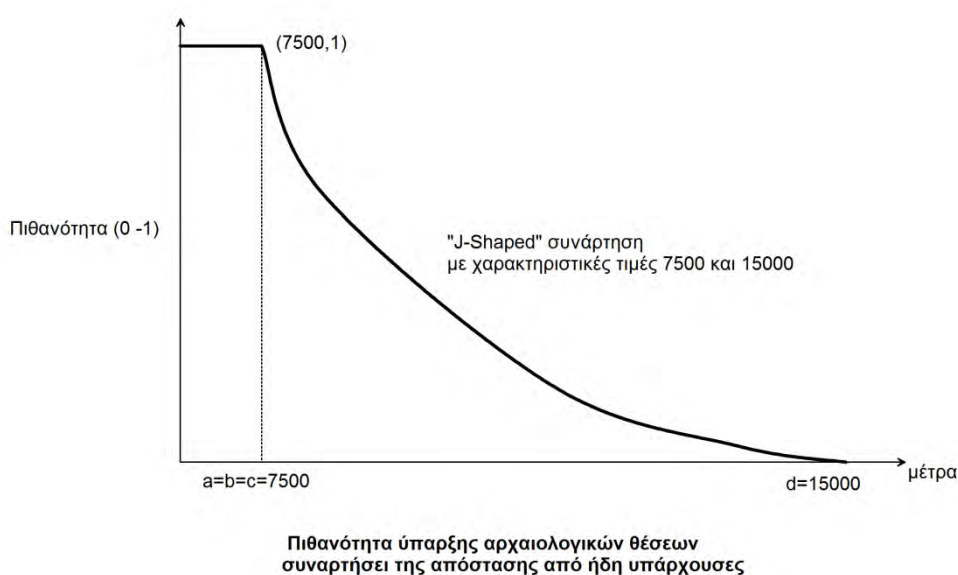
Εικόνα 7.4 Αποστάσεις μεταξύ των αρχαιολογικών θέσεων της ΜΝ περιόδου.



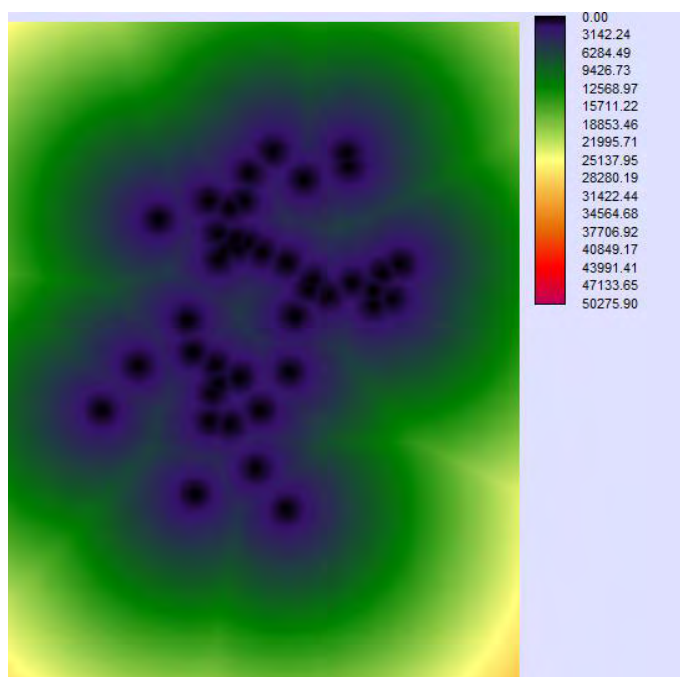
Εικόνα 7.5 Πιθανοτική μετατροπή της μεταβλητής ΜΝ «αρχαιολογικές θέσεις» χρησιμοποιώντας φθίνουσα “J-shaped” συνάρτηση, με χαρακτηριστικές τιμές $a=b=c=7500\mu$. και $d=10000\mu$.

Νεότερη Νεολιθική περίοδος

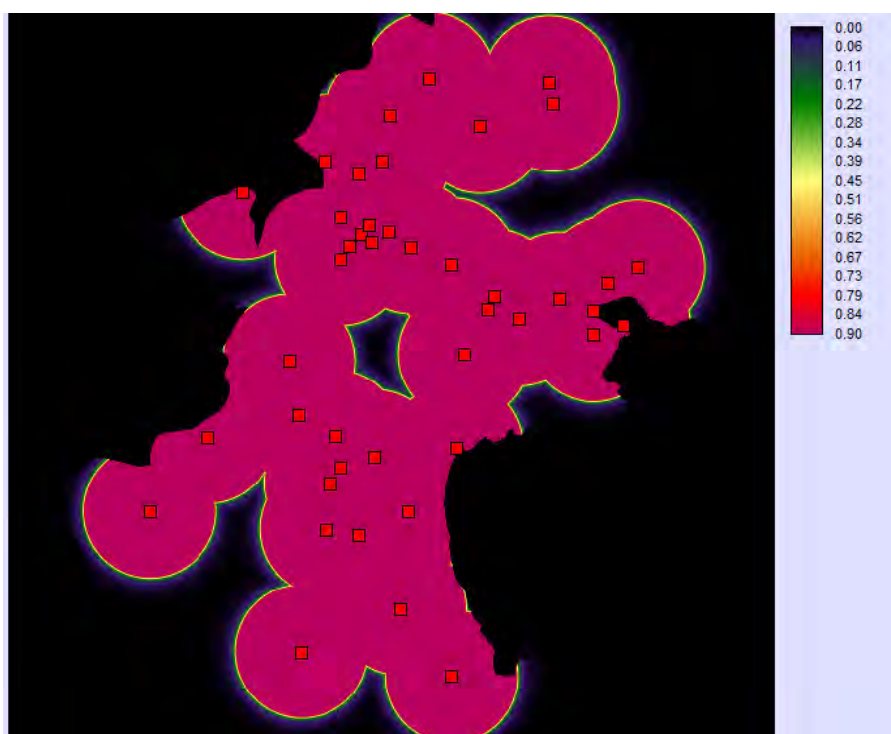
Αντιστοίχως διαπιστώθηκε ότι η βέλτιστη απόσταση μεταξύ δύο αρχαιολογικών θέσεων είναι 7500μ. Επιλέχθηκε επίσης η J-shaped καμπύλη και τα σημεία ελέγχου του «πλατώ» a,b,c, πιθανότητας 1 ορίστηκαν ως αυτά που αντιστοιχούν στην απόσταση 7500μ. Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο αρχαιολογικών θέσεων διαπιστώθηκε ότι είναι περίπου 15000μ. Ως σημείο d επιλέχθηκε αυτό που αντιστοιχεί στην απόσταση των 15000μ. μεταξύ των δύο αρχαιολογικών θέσεων.



Σχήμα 7.5 Η φθίνουσα "J-shaped" συνάρτηση της μεταβλητής NN «αρχαιολογικές θέσεις» με χαρακτηριστικές τιμές $a=b=c= 7500\mu$. και $d= 15000\mu$.



Εικόνα 7.6 Αποστάσεις μεταξύ των αρχαιολογικών θέσεων της NN περιόδου.

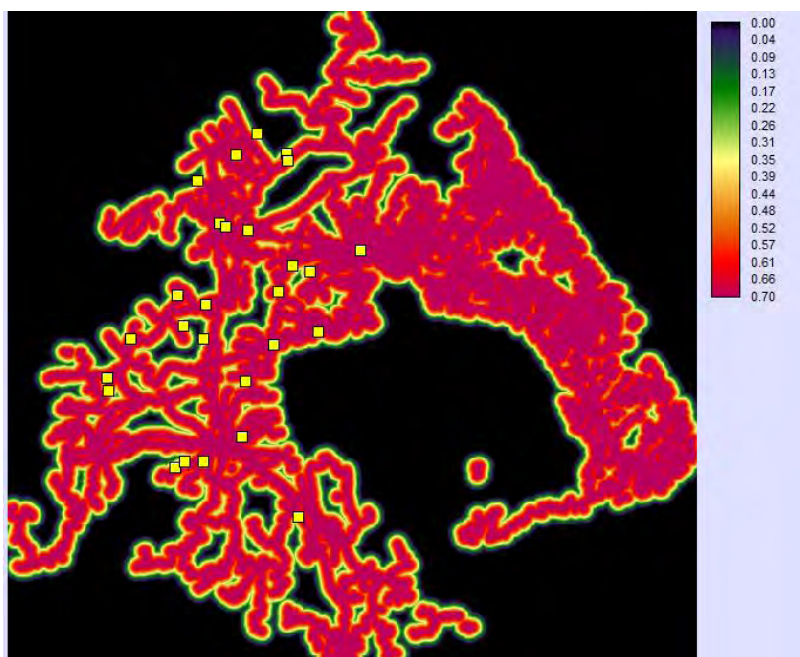


Εικόνα 7.7 Πιθανοτική μετατροπή της μεταβλητής NN «αρχαιολογικές θέσεις» χρησιμοποιώντας φθίνουσα “J-shaped” συνάρτηση, με χαρακτηριστικές τιμές $a=b=c= 7500\mu$. και $d= 10000\mu$.

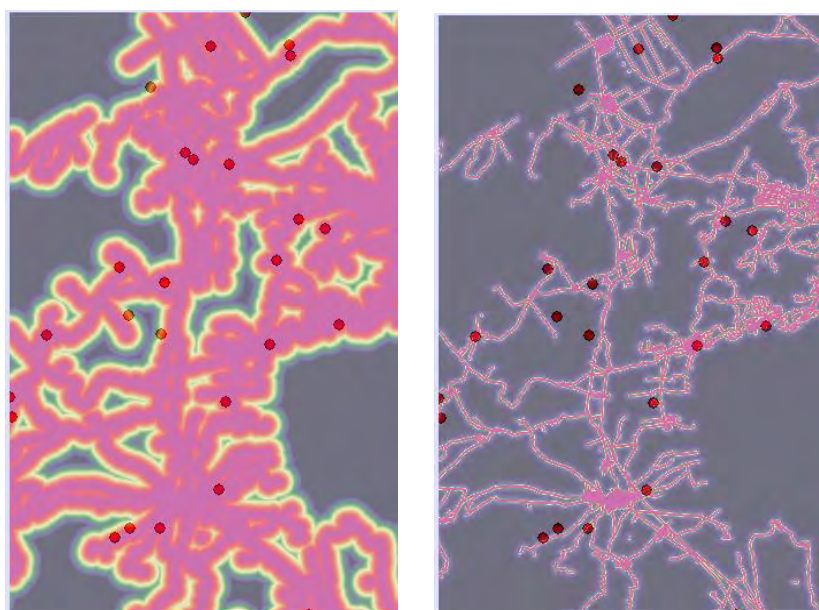
7.4.2. Το «οδικό δίκτυο»

Δημιουργήθηκε ένας πιθανοτικός χάρτης βάσει του σημερινού οδικού δικτύου ελλείπει πληροφοριών για τη συγκεκριμένη περίοδο. Το σύστημα είναι δυναμικό διότι αν κάποιος ερευνητής διαθέτει πληροφορίες του τότε οδικού δικτύου σε συγκεκριμένο σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων μπορεί να τις χρησιμοποιήσει στη θέση του σημερινού δικτύου που έχει συμπεριληφθεί στην παρούσα έρευνα. Ωστόσο, επειδή οι συσχετίσεις του σημερινού οδικού δικτύου με το αντίστοιχο της περιόδου αυτής θεωρούνται σχετικές, στη συνέχεια της έρευνας και στο συγκεκριμένο αποδεικτικό στοιχείο (χωρική μεταβλητή) θα εισαχθεί ισχυρή πιθανότητα άγνοιας.

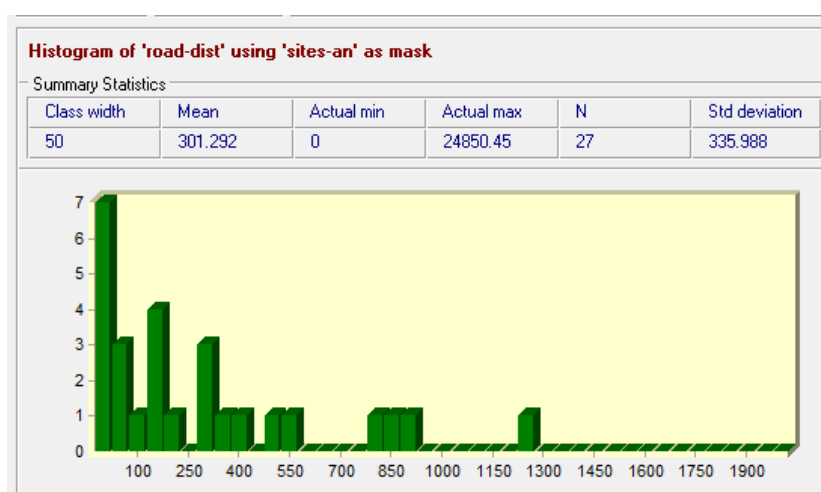
Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδος



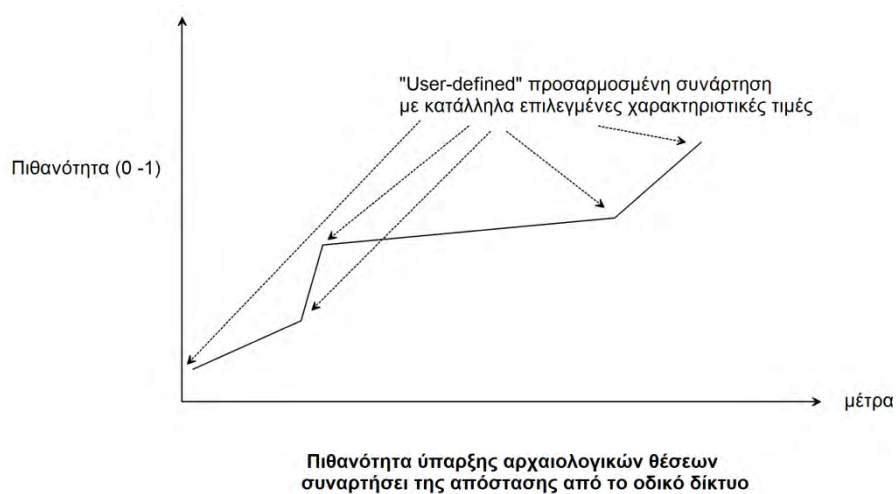
Εικόνα 7.8 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του οδικού δικτύου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της ΑΝ περιόδου χρησιμοποιώντας τη σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου από τα 50μ στα 1700μ.



Εικόνα 7.9 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του οδικού δικτύου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της ΑΝ περιόδου χρησιμοποιώντας τη σιγμοειδή συνάρτηση (αριστερά) και τη J-Shaped (δεξιά) με σημεία ελέγχου από τα 50μ στα 1700μ.

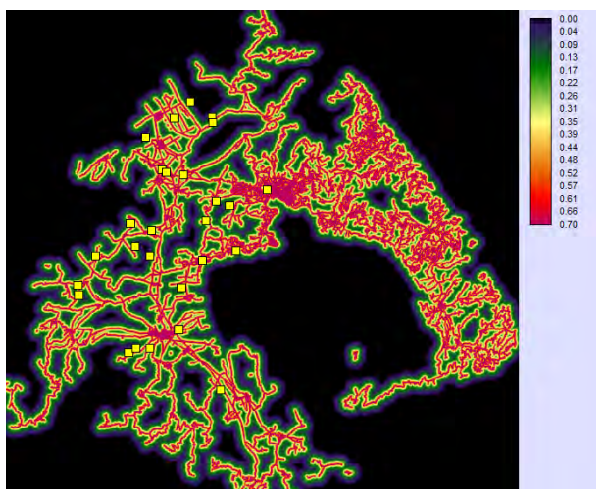


Σχήμα 7.6 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της ΑΝ περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από το οδικό δίκτυο.

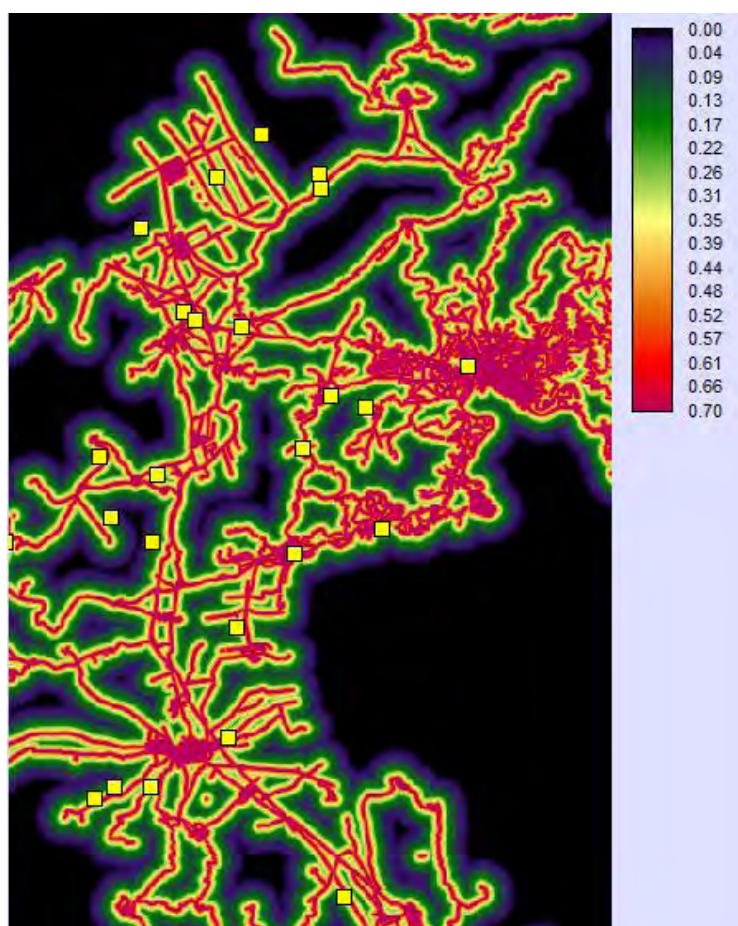


Σχήμα 7.7 Υπόδειγμα πιθανοτικής μετατροπής της απόστασης από το οδικό δίκτυο των αρχαιολογικών θέσεων των τριών υποπεριόδων (AN, MN, NN) με τη χρήση της «προσαρμοσμένης» “user defined” συνάρτησης με πολλαπλά σημεία ελέγχου.

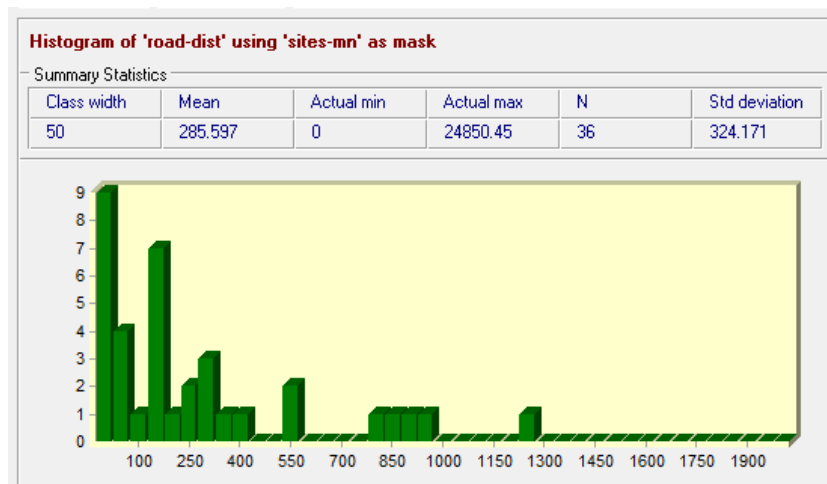
Α. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.



Β. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.

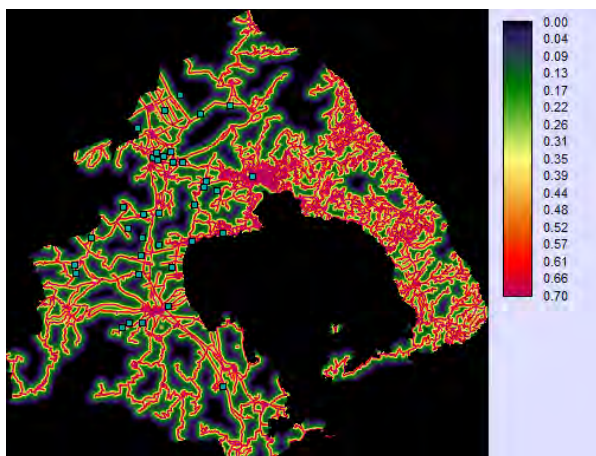


Μέση Νεολιθική περίοδος

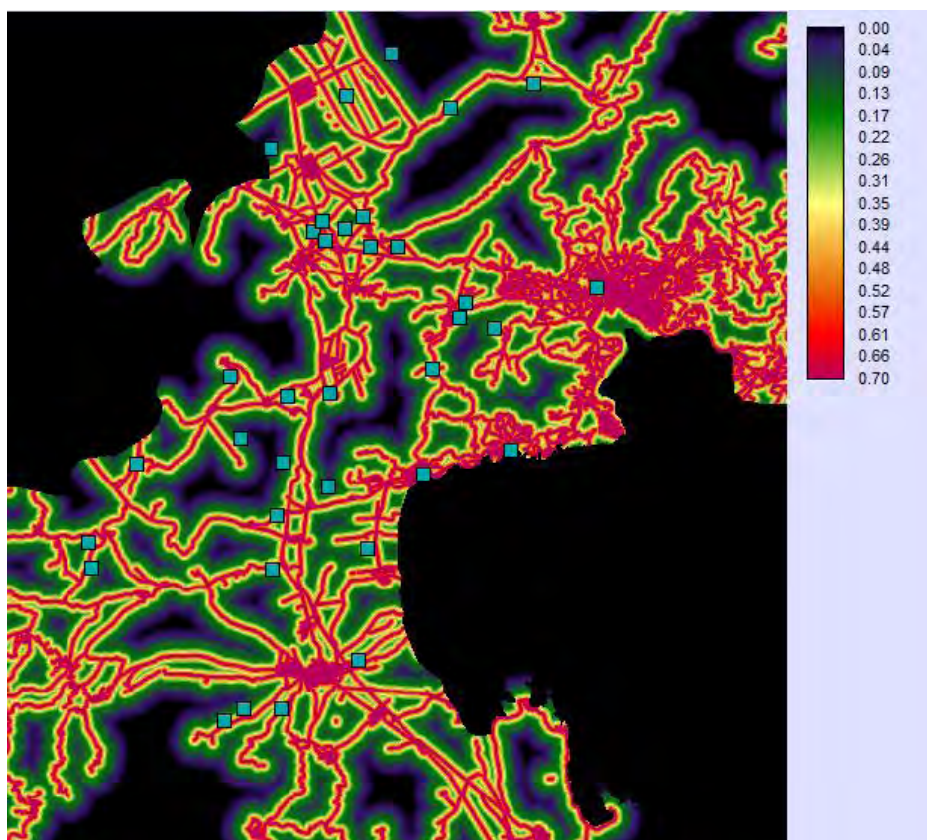


Σχήμα 7.8 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της ΜΝ περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από το οδικό δίκτυο.

A. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

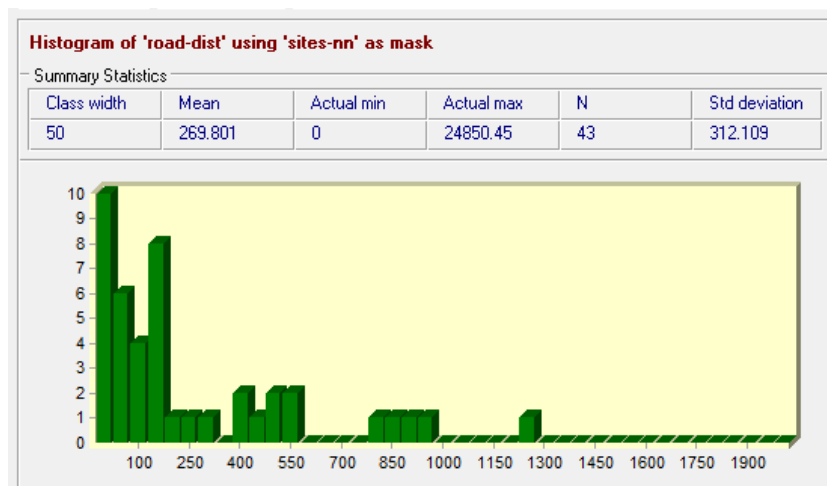


B. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.



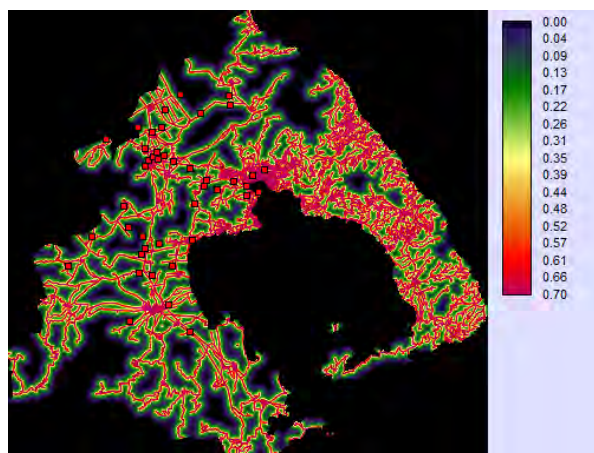
Εικόνα 7.10 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του οδικού δικτύου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της ΜΝ περιόδου χρησιμοποιώντας τη 'user defined' συνάρτηση με πολλαπλά σημεία ελέγχου.

Νεότερη Νεολιθική περίοδος

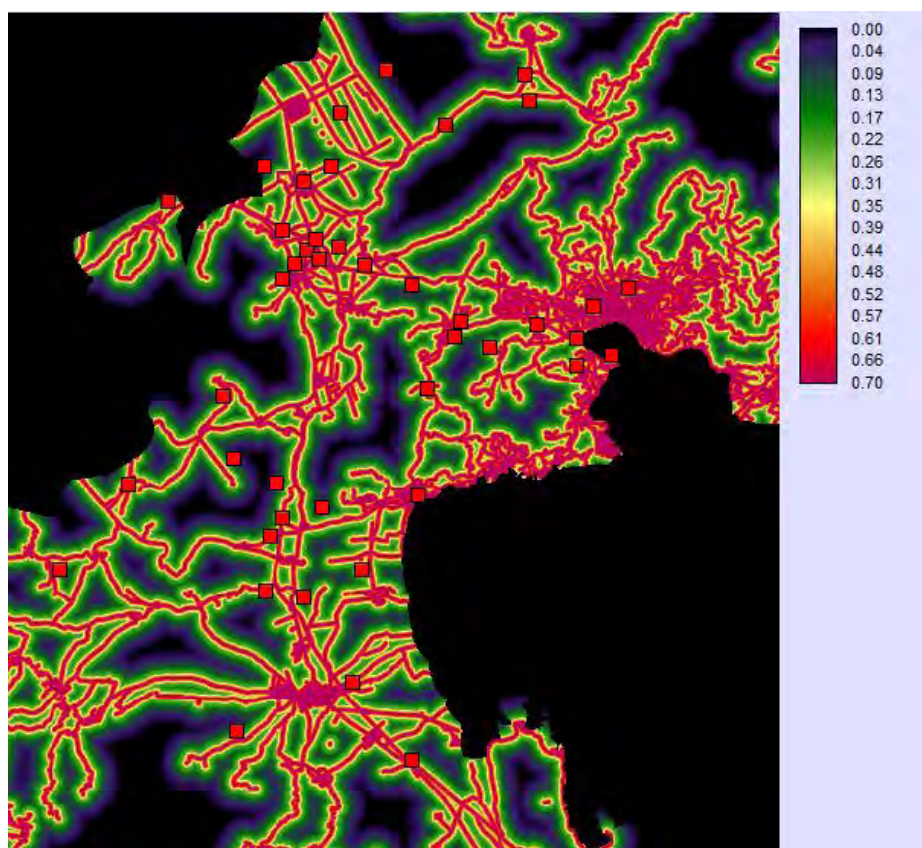


Σχήμα 7.9 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της NN περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από το οδικό δίκτυο.

A. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

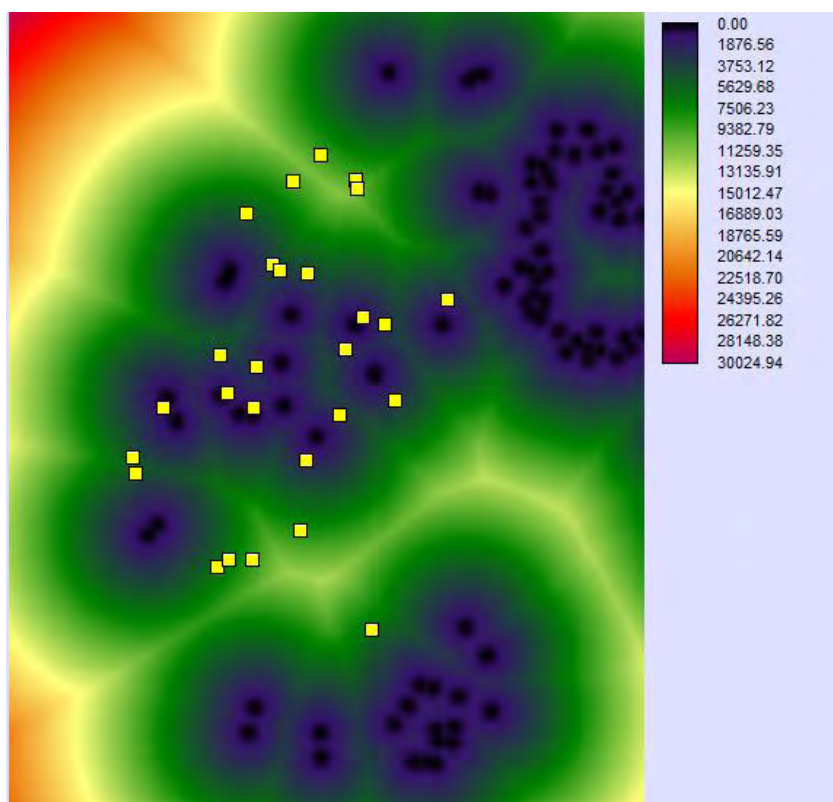


B. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.



Εικόνα 7.11 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του οδικού δικτύου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της NN περιόδου χρησιμοποιώντας τη ‘user defined’ συνάρτηση με πολλαπλά σημεία ελέγχου.

7.4.3. Οι «πηγές»

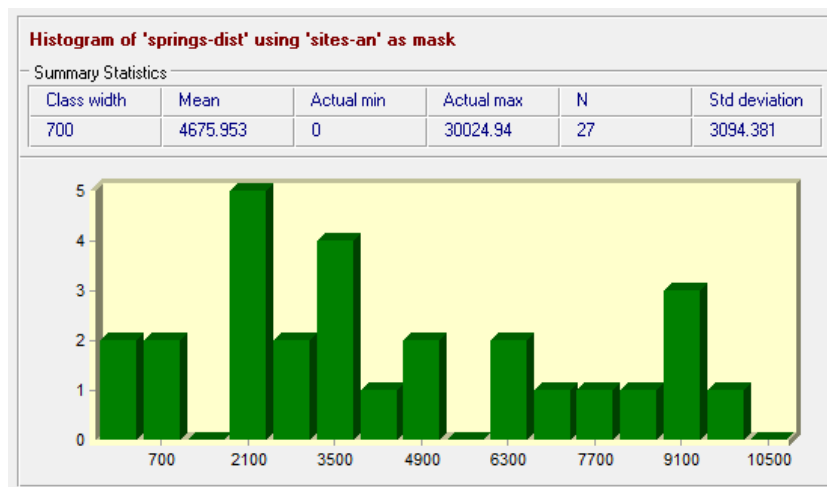


Εικόνα 7.12 Εικόνα των αποστάσεων των πηγών σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της AN περιόδου.

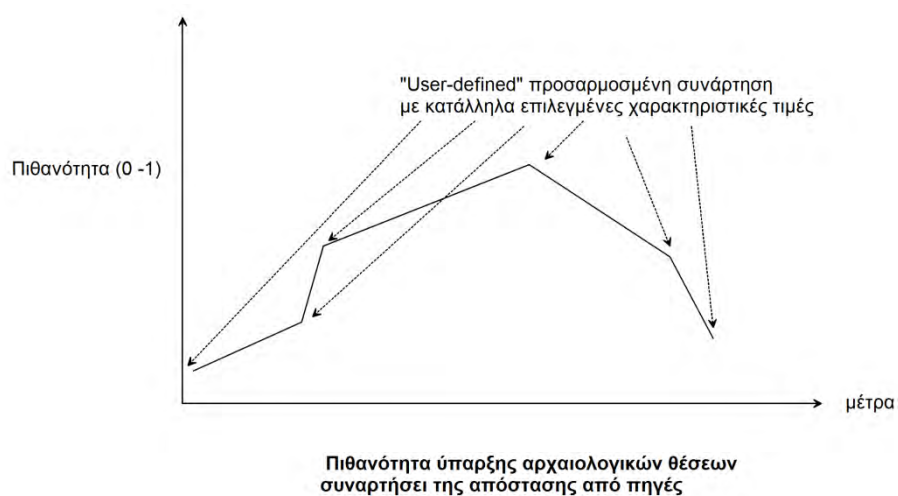
Επειδή η χωρική μεταβλητή «πηγές» υποστηρίζει την υπόθεση μη ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης(non-site) στο πιθανοτικό υπόβαθρο που αντιστοιχεί σ' αυτές, οι μεγαλύτερες τιμές της πιθανότητας βρίσκονται στα εικονοστοιχεία τα οποία βρίσκονται στις μεγαλύτερες αποστάσεις από τις πηγές.

Πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές δοκιμές και επειδή ο αριθμός των πηγών εμφανίστηκε πολύ διεσπαρμένος σε σχέση με τις αποστάσεις τους από τις υπάρχουσες αρχαιολογικές θέσεις όλων των υποπεριόδων επιλέχθηκε η ασαφής συνάρτηση με σημεία ελέγχου από τον χρήστη ανά απόσταση 700μ.

Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδος

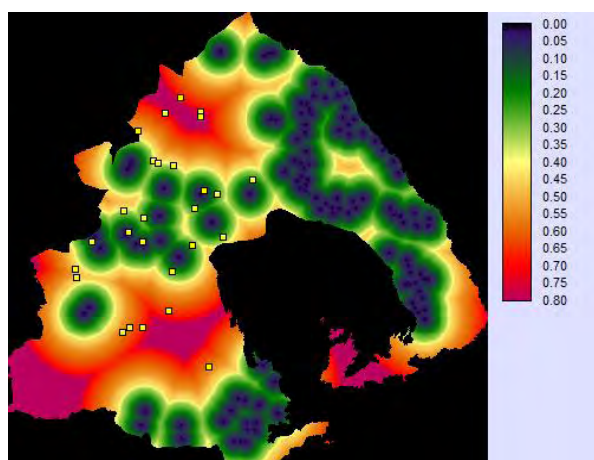


Σχήμα 7.10 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της ΑΝ περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από τις πηγές.

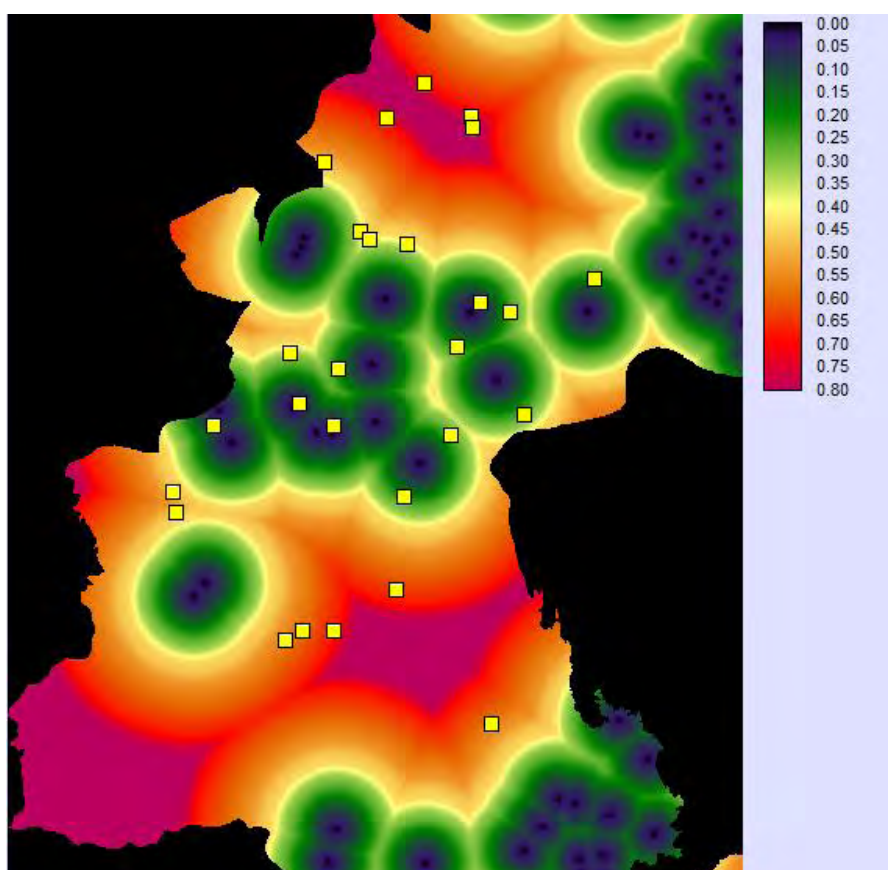


Σχήμα 7.11 Υπόδειγμα πιθανοτικής μετατροπής της απόστασης από τις πηγές των αρχαιολογικών θέσεων των τριών υποπεριοδών (ΑΝ, ΜΝ, ΝΝ) με τη χρήση της «προσαρμοσμένης» “user defined” συνάρτησης με πολλαπλά σημεία ελέγχου.

Α. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

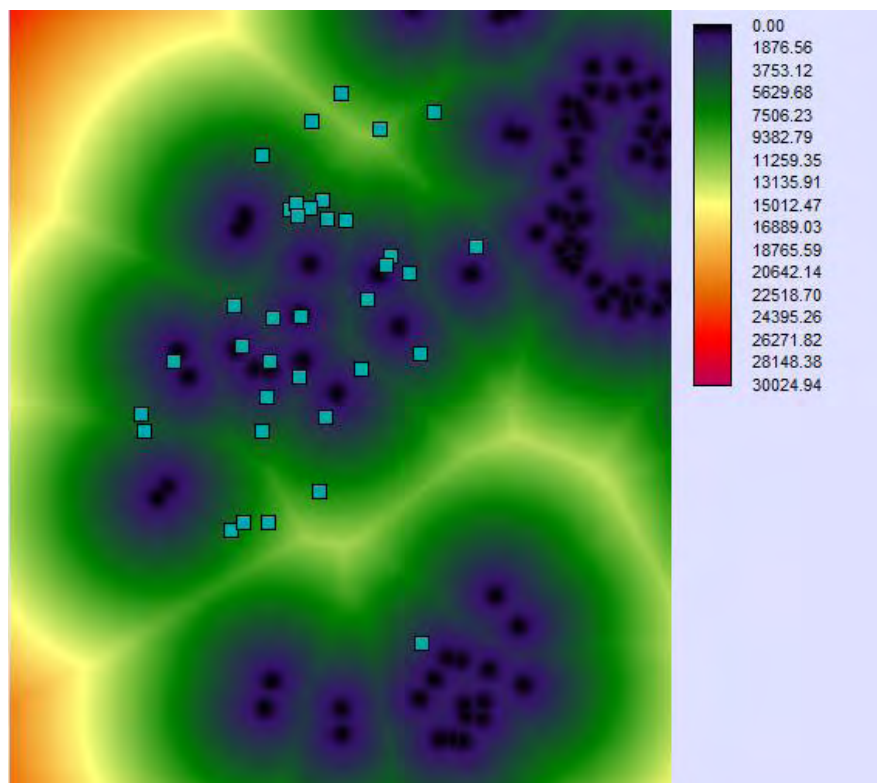


Β. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.

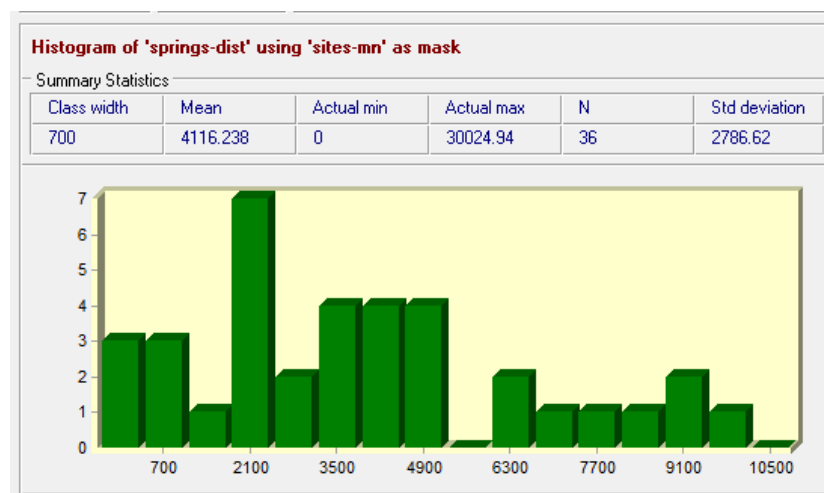


Εικόνα 7.13 Πιθανοτική μετατροπή της απόστασης από τις πηγές των ΑΝ αρχαιολογικών θέσεων με χρήση της «προσαρμοσμένης» “user defined” συνάρτησης με πολλαπλά σημεία ελέγχου.

Μέση Νεολιθική περίοδος

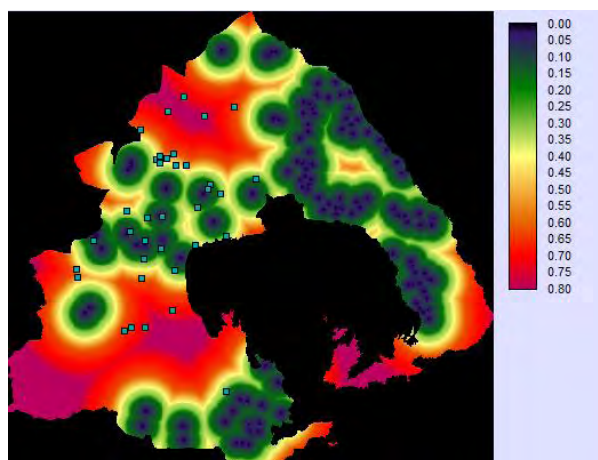


Εικόνα 7.14 Εικόνα των αποστάσεων των πηγών σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της ΜΝ περιόδου.

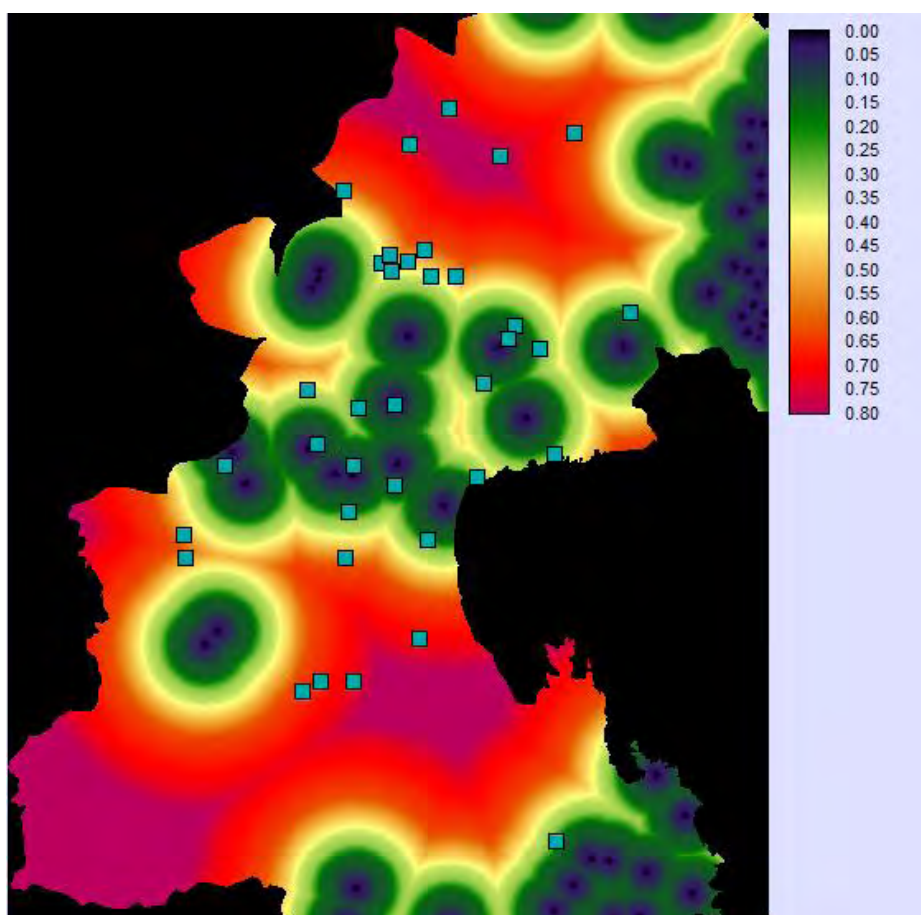


Σχήμα 7.12 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της ΜΝ περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από τις πηγές.

A. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

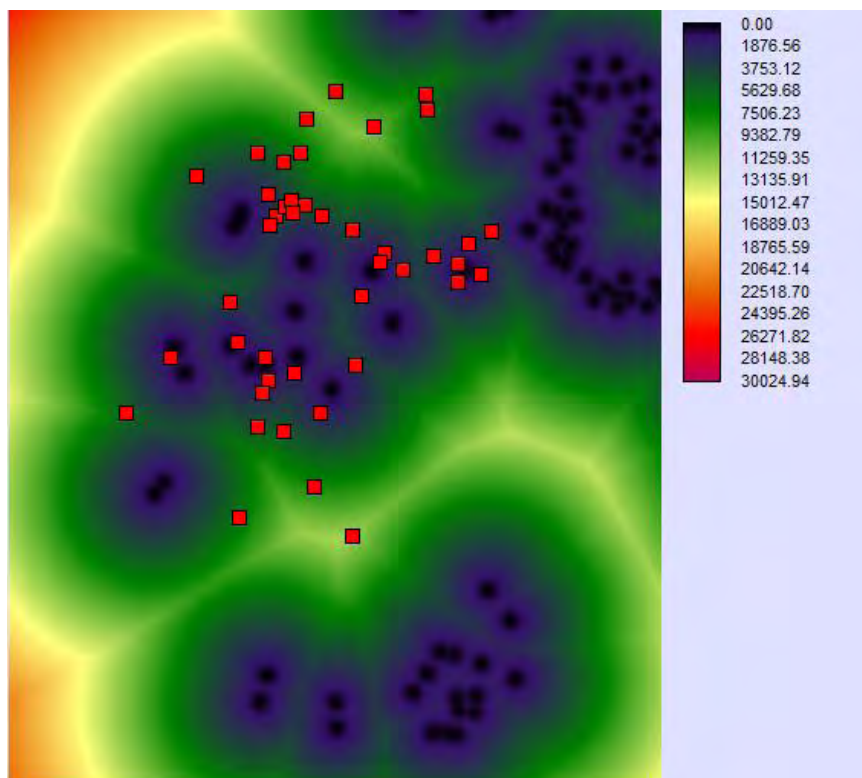


B. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.

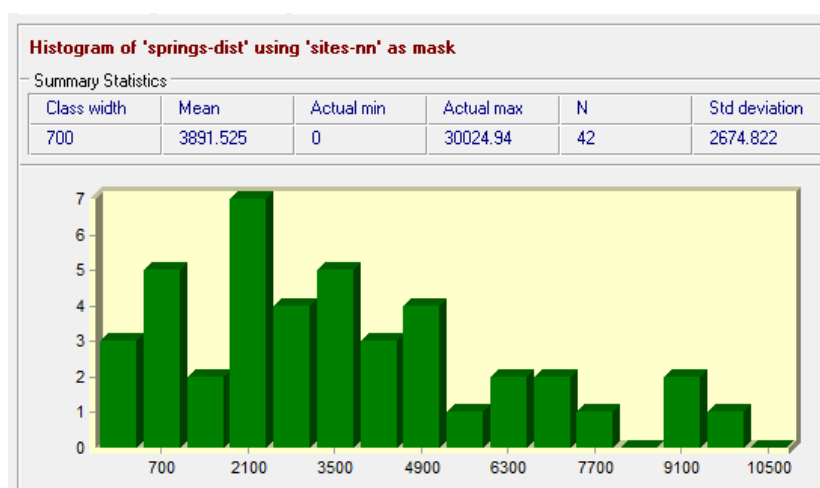


Εικόνα 7.15 Πιθανοτική μετατροπή της απόστασης από τις πηγές των MN αρχαιολογικών θέσεων με χρήση της «προσαρμοσμένης» “user defined” συνάρτησης με πολλαπλά σημεία ελέγχου.

Νεότερη Νεολιθική περίοδος

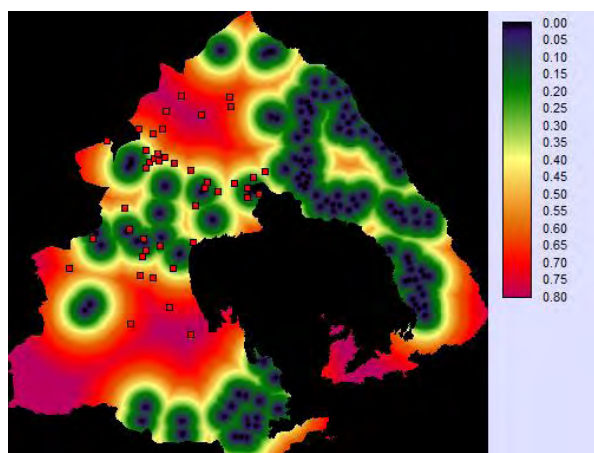


Εικόνα 7.16 Εικόνα των αποστάσεων των πηγών σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της NN περιόδου.

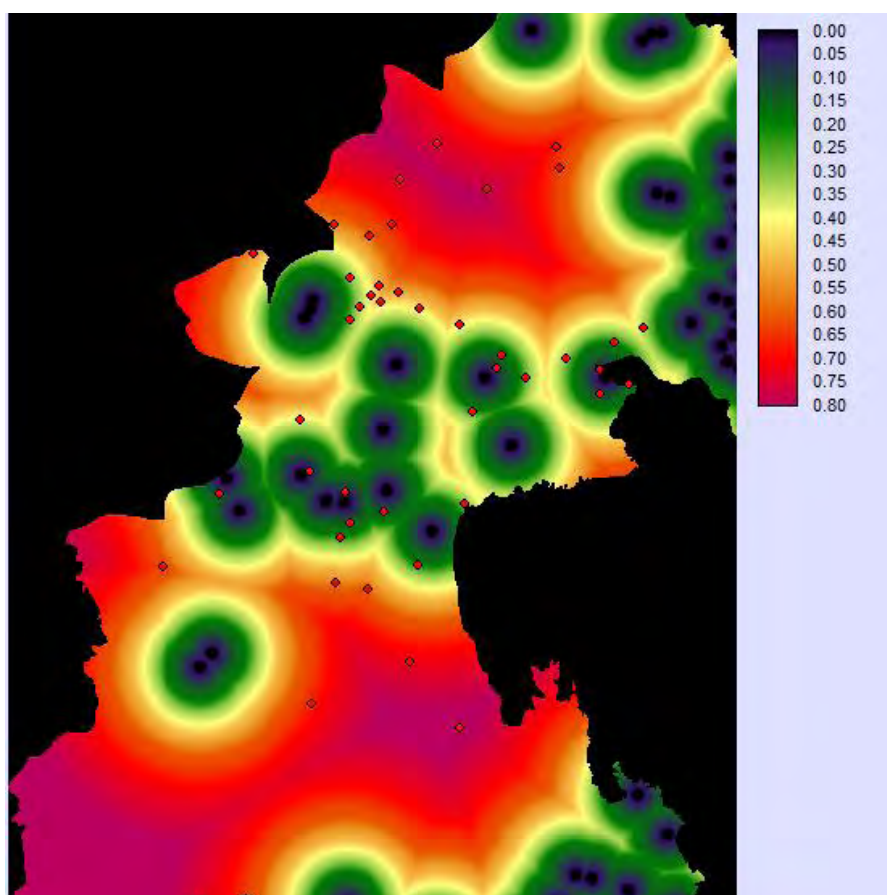


Σχήμα 7.13 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της NN περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από τις πηγές.

Α. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

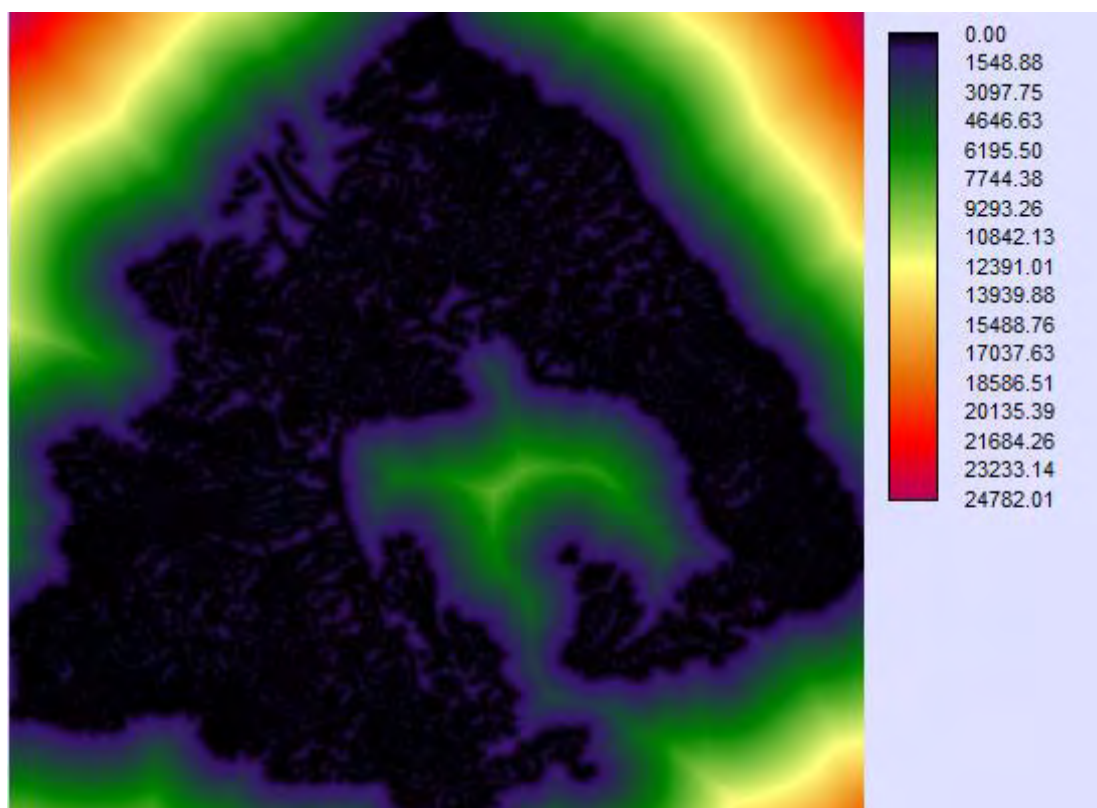


Β. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.

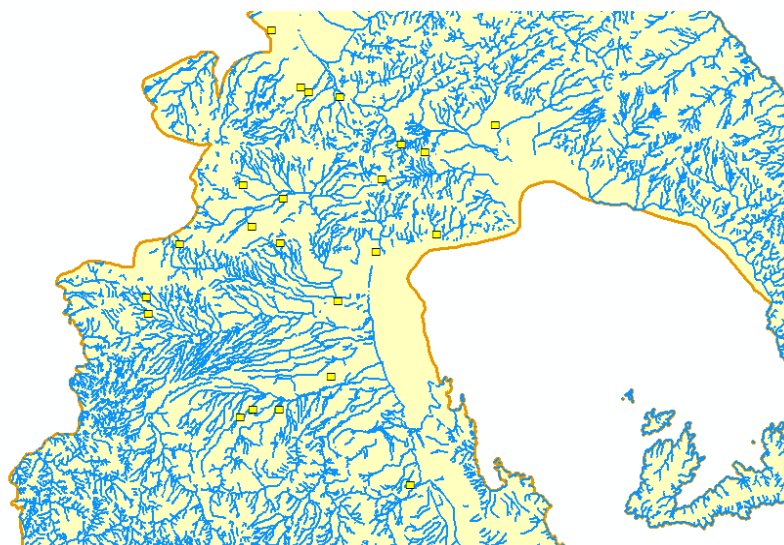


Εικόνα 7.17 Πιθανοτική μετατροπή της απόστασης από τις πηγές των NN αρχαιολογικών θέσεων με χρήση της «προσαρμοσμένης» “user defined” συνάρτησης με πολλαπλά σημεία ελέγχου.

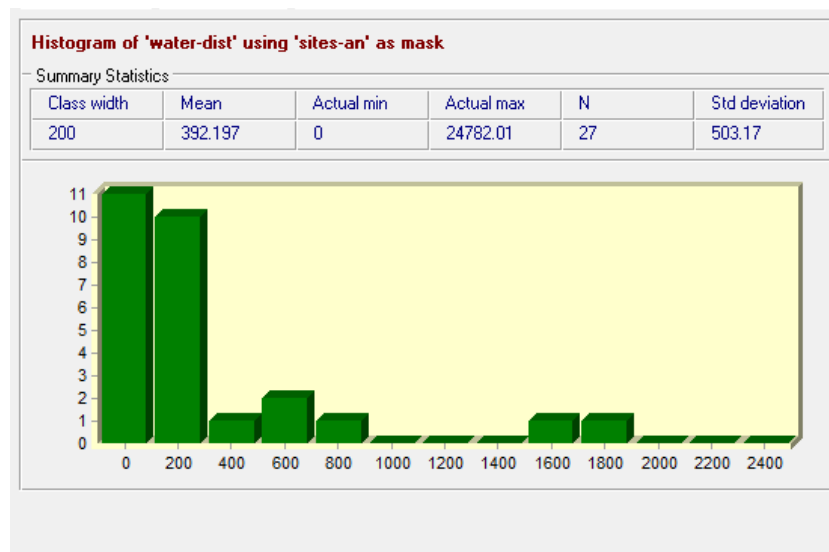
7.4.4. Το «υδρογραφικό δίκτυο»



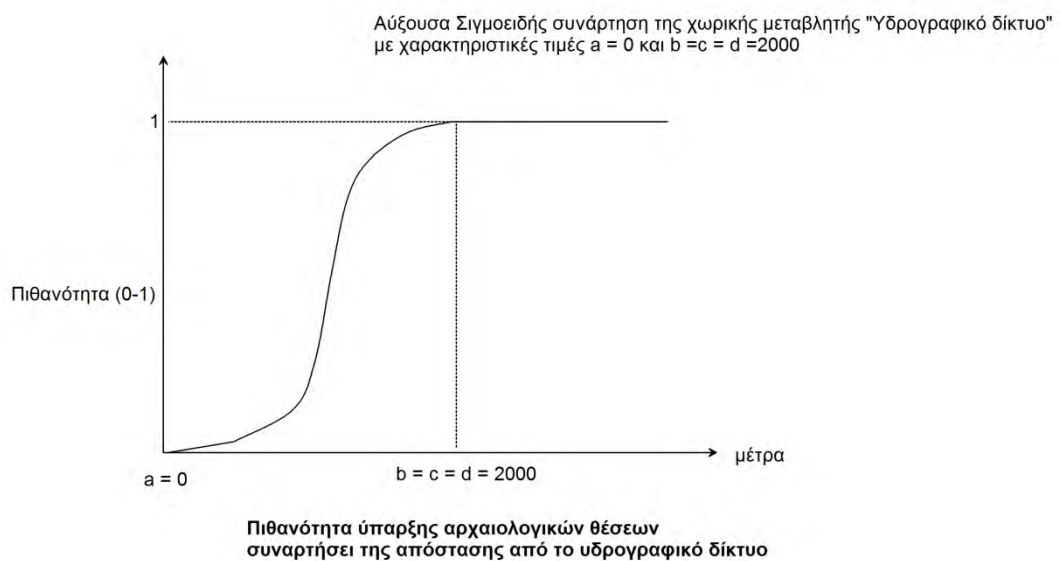
Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδος



Εικόνα 7.18 Το υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της ΑΝ περιόδου.



Σχήμα 7.14 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της ΑΝ περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από το υδρογραφικό δίκτυο.

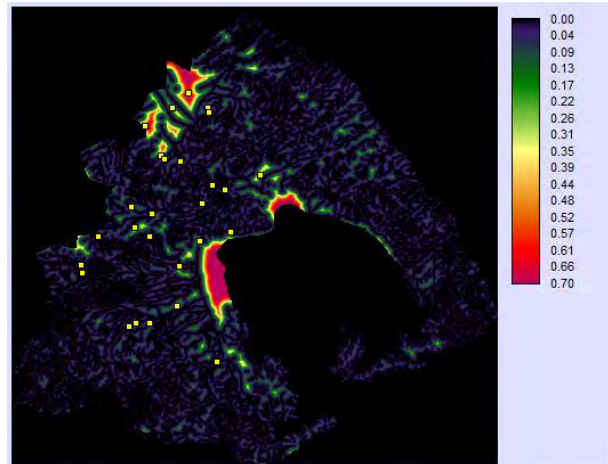


Σχήμα 7.15 Η αύξουσα σιγμοειδής συνάρτηση της μεταβλητής «υδρογραφικό δίκτυο» με χαρακτηριστικές τιμές $a=0\mu.$ και $b=c=d=2000\mu.$

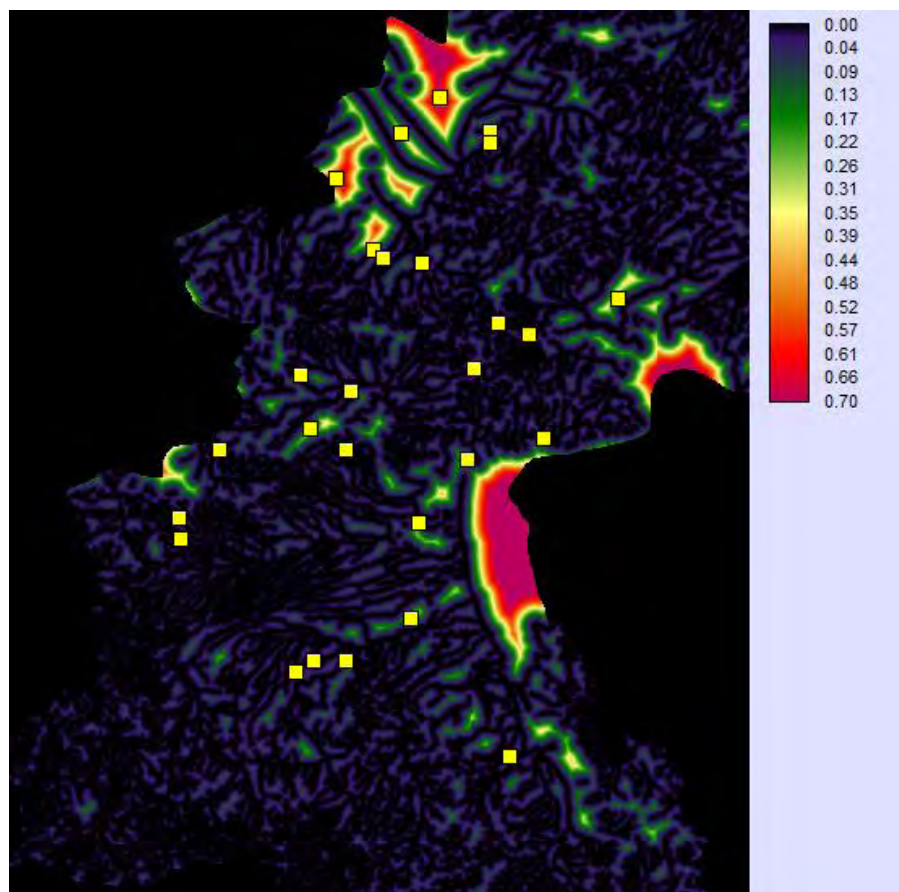
Αλληπάλληλες δοκιμές έδειξαν ότι η καλύτερη προσαρμογή στα δεδομένα επιτυγχάνεται με την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση η οποία και χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία της πιθανοτικής εικόνας.

Στη συνέχεια εμφανίζεται η πιθανοτική εικόνα που προήλθε από τον μετασχηματισμό της χωρικής μεταβλητής «υδρογραφικό δίκτυο». Παρόλο που οπτικά είναι εντυπωσιακή δείχνοντας πολύ χαμηλές πιθανότητες σε ένα πυκνό δίκτυο και σε μεγάλη έκταση της περιοχής, παρουσιάζεται ως λογική συνέπεια του πυκνού χωρικά υδρογραφικού δικτύου. Πραγματικά εάν παρατηρήσουμε το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής θα διαπιστώσουμε μία μεγάλη χωρική ομοιότητα με την πιθανοτική εικόνα.

Α. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

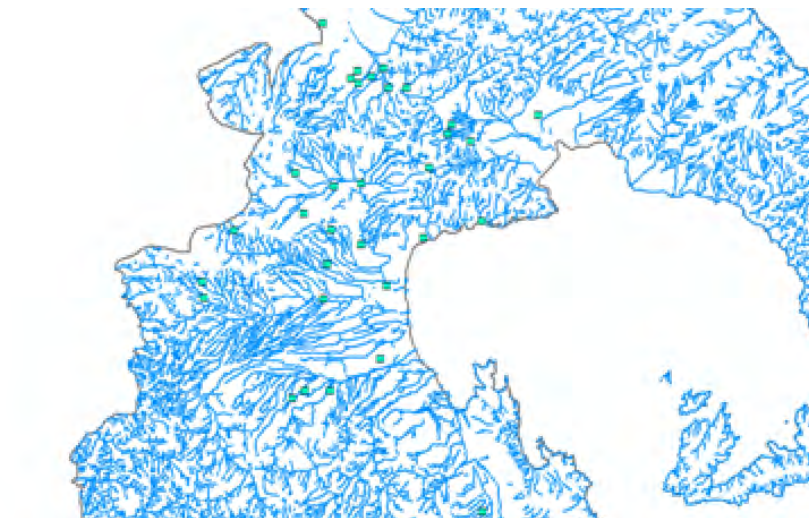


Β. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.

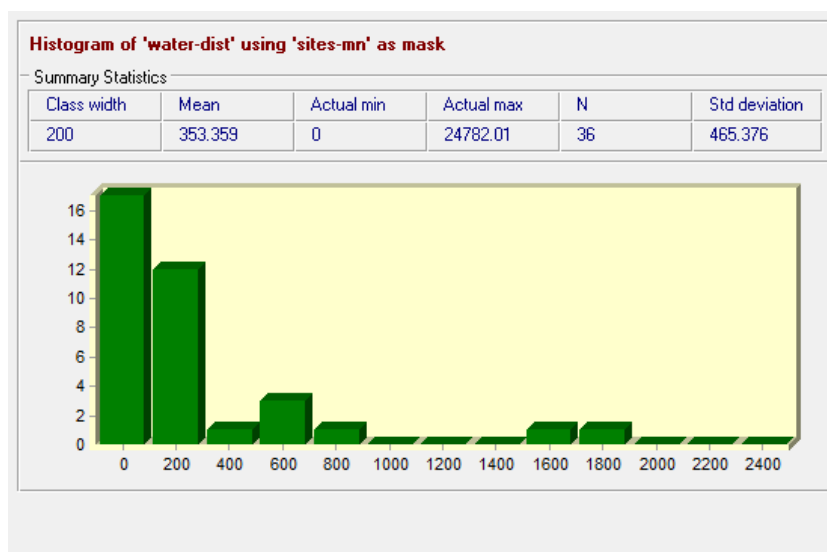


Εικόνα 7.19 Υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις ΑΝ.

Μέση Νεολιθική περίοδος

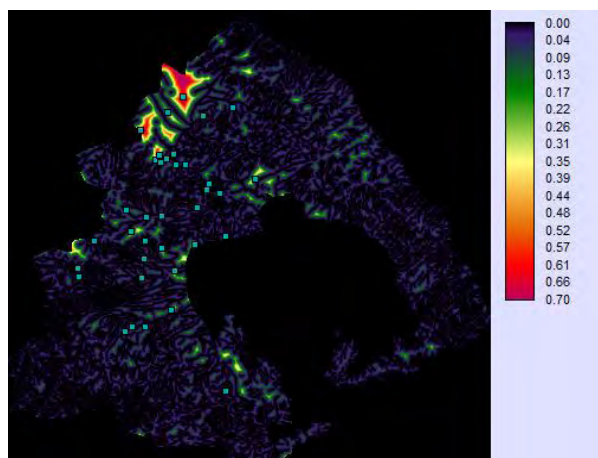


Εικόνα 7.20 Το υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της ΜΝ περιόδου.

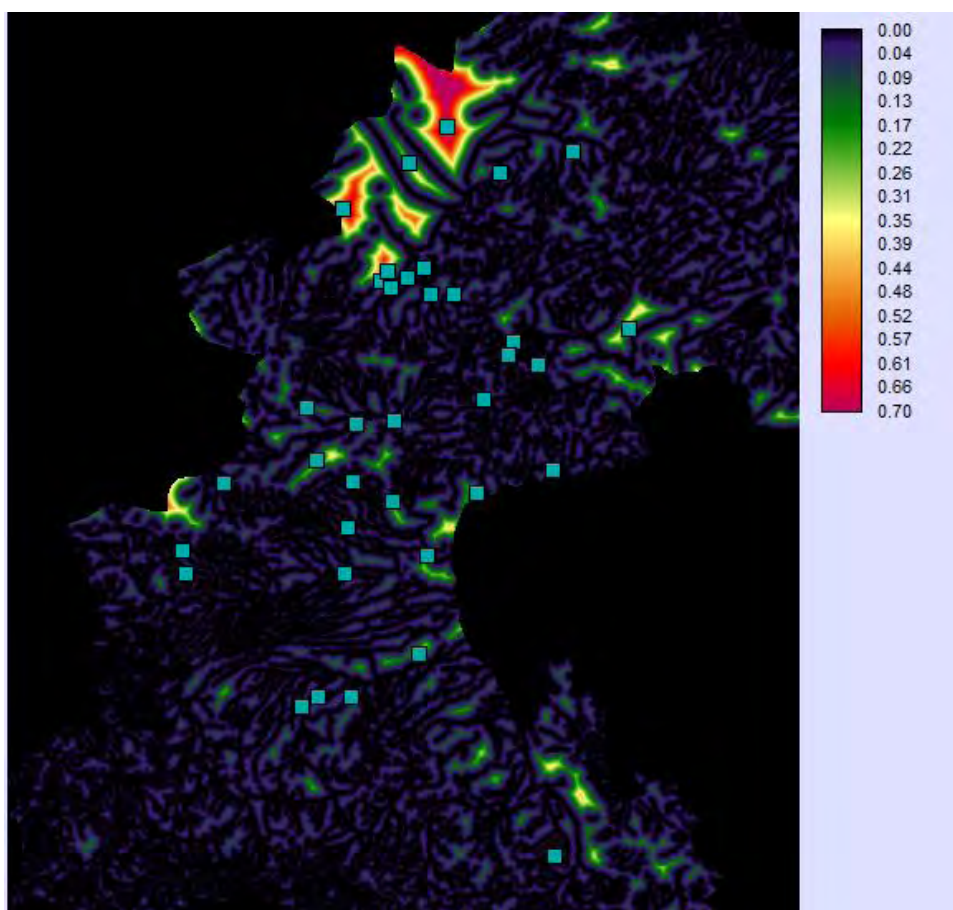


Σχήμα 7.16 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της ΜΝ περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από το υδρογραφικό δίκτυο.

Α. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

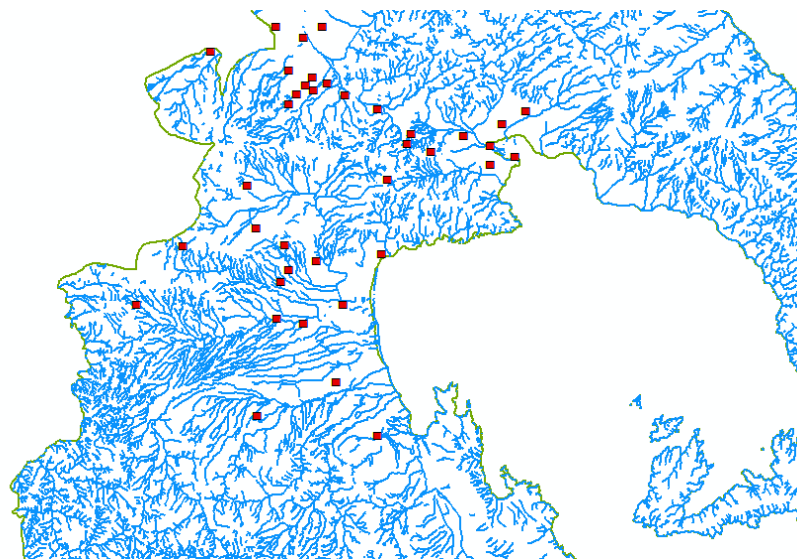


Β. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.

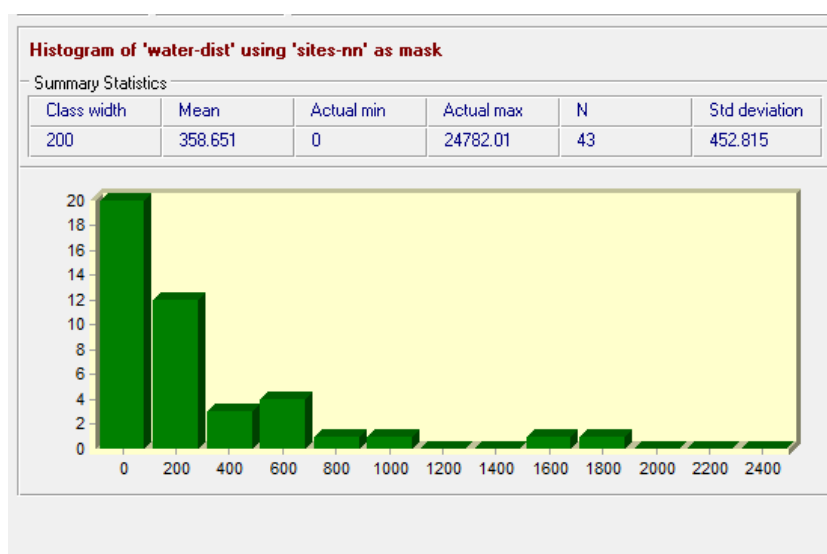


Εικόνα 7.21 Υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις θέσεις ΜΝ.

Νεότερη Νεολιθική περίοδος

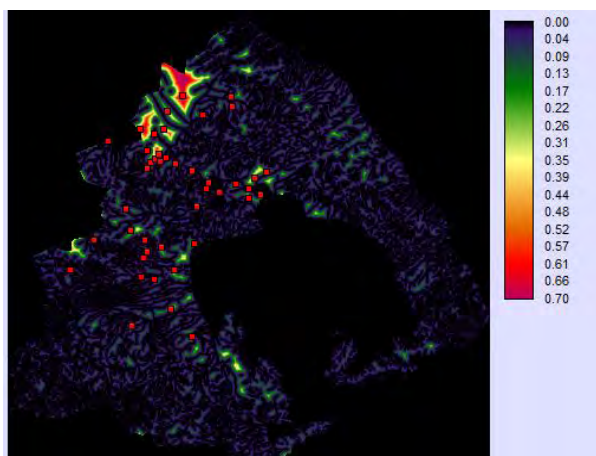


Εικόνα 7.22 Το υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της NN περιόδου.

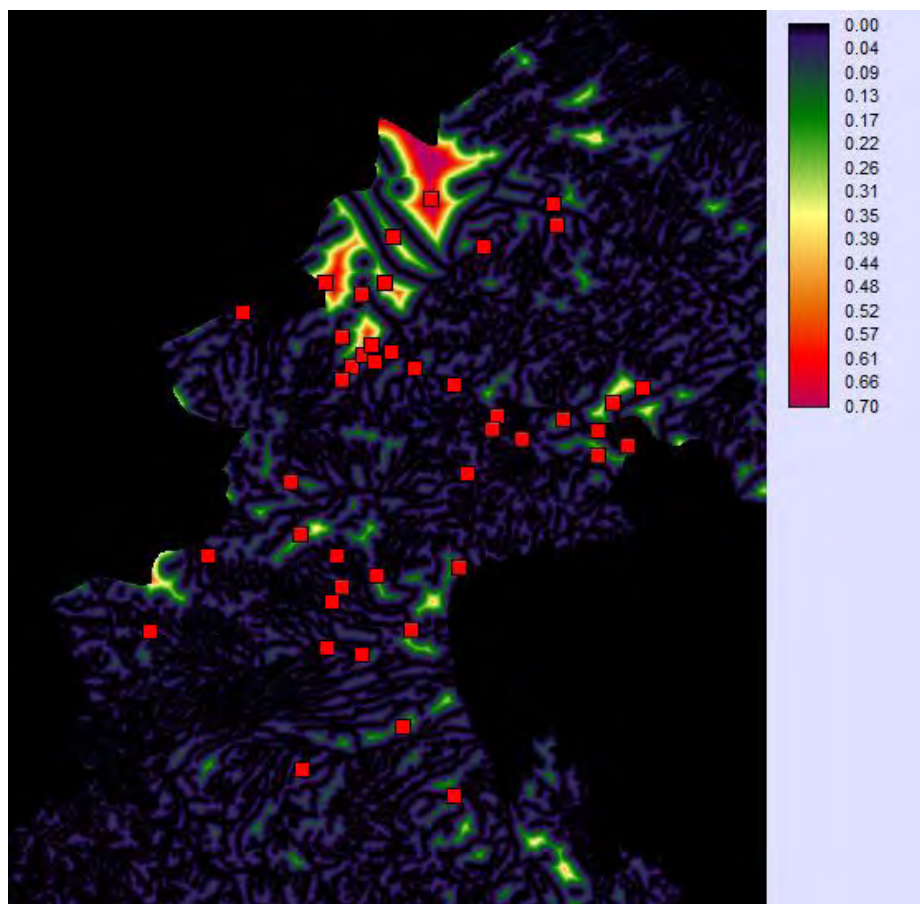


Σχήμα 7.17 Το πλήθος των αρχαιολογικών θέσεων της NN περιόδου και οι αντίστοιχες αποστάσεις τους από το υδρογραφικό δίκτυο.

Α. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.



Β. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.

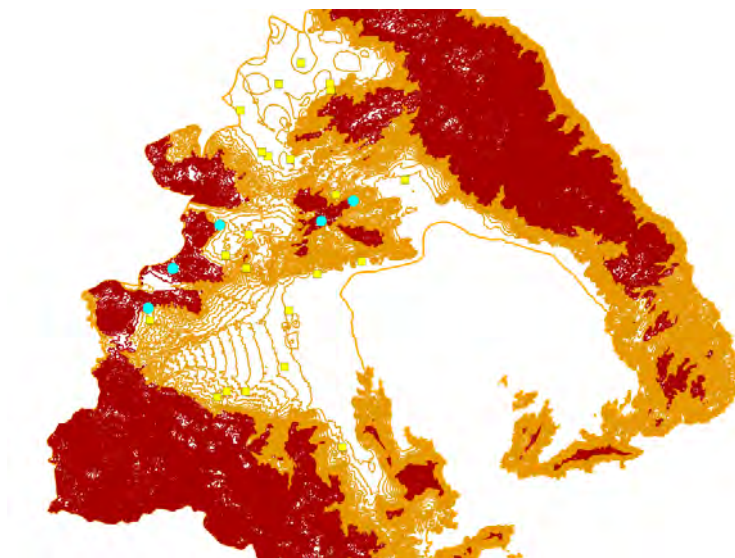


Εικόνα 7.23 Υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις θέσεις NN.

7.4.5. Το «υψόμετρο»

Σε μεγάλα υψόμετρα είναι σίγουρο ότι δεν υπάρχουν οικισμοί. Έχουμε πεποίθηση/belief. Άρα χρησιμοποιείται ως αποδεικτικό στοιχείο της υπόθεσης μη ύπαρξης αρχαιολογικών χώρων (non site)

Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδος

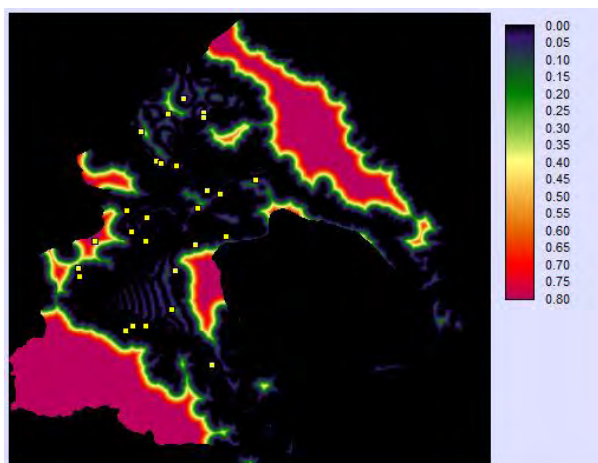


Εικόνα 7.24 Σε υψόμετρο κάτω από 290μ. περιλαμβάνονται 23 από τις 28 αρχαιολογικές θέσεις της ΑΝ περιόδου.

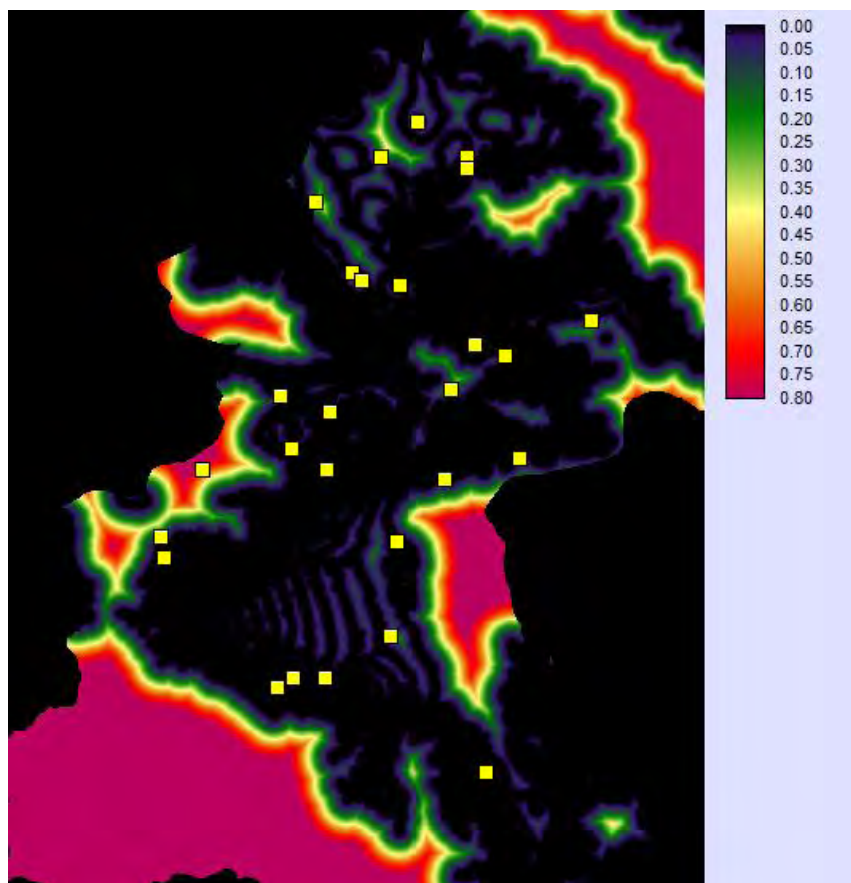


Σχήμα 7.18 Η αύξουσα σιγμοειδής συνάρτηση της μεταβλητής «υψόμετρο» με χαρακτηριστικές τιμές $a=100\mu.$ και $b=c=d=3000\mu.$

Α. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

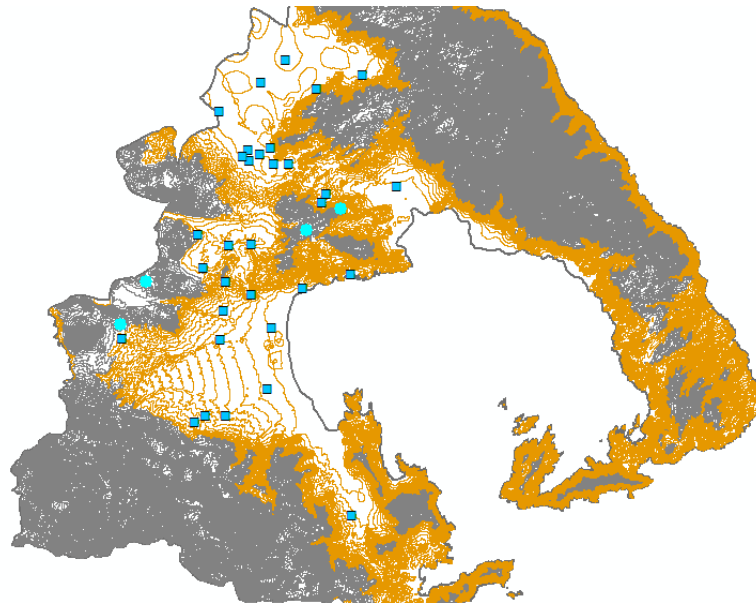


Β. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.



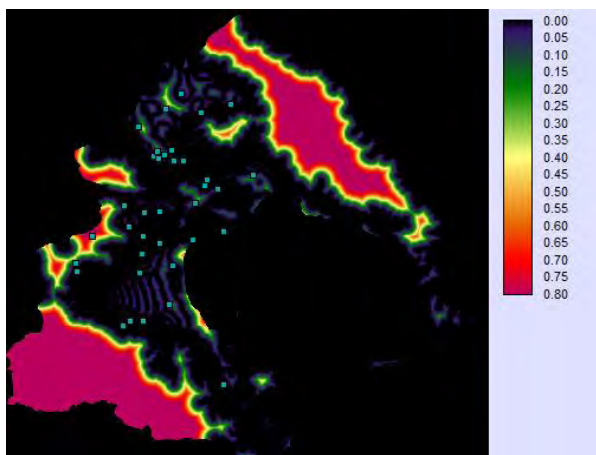
Εικόνα 7.25 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του υψομέτρου της ΑΝ περιόδου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της ΑΝ περιόδου χρησιμοποιώντας την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου a: 100μ. και b:3000μ.

Μέση Νεολιθική περίοδος

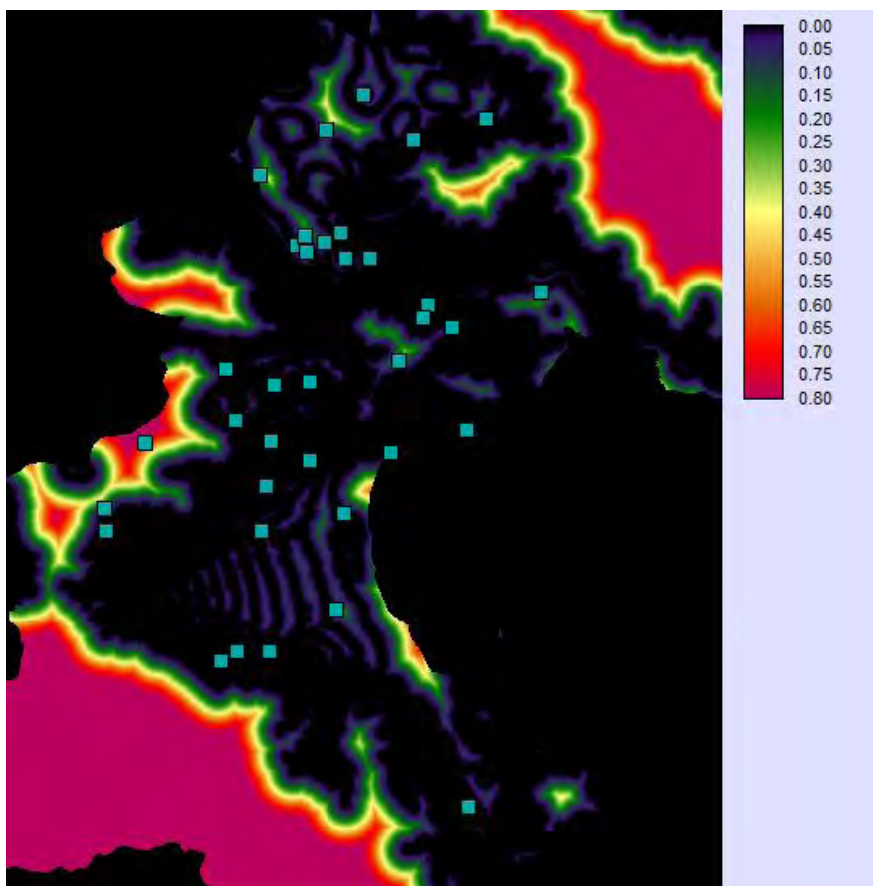


Εικόνα 7.26 Σε υψόμετρο κάτω από 260μ. περιλαμβάνονται 33 από τις 37 αρχαιολογικές θέσεις της ΜΝ περιόδου.

Α. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

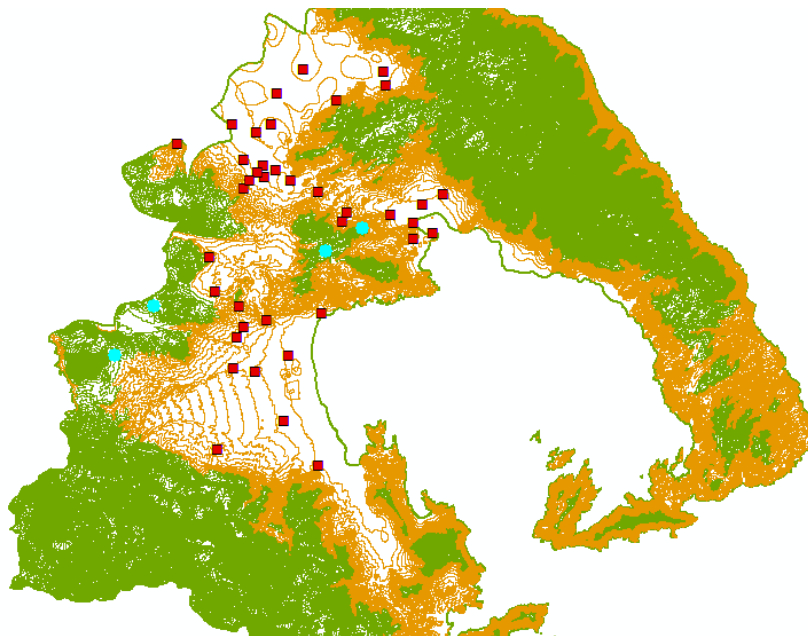


Β. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.



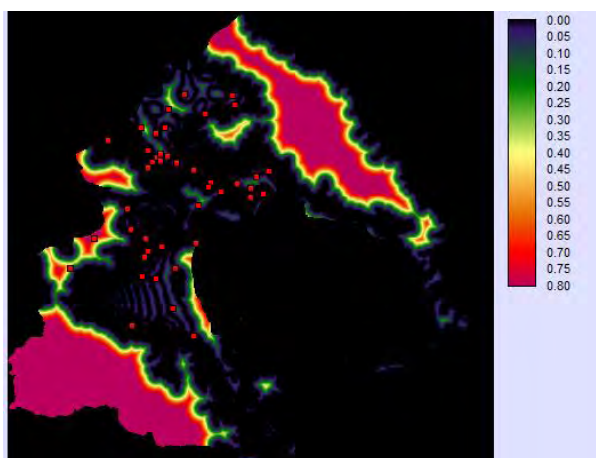
Εικόνα 7.27 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του υψομέτρου της MN περιόδου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της MN περιόδου χρησιμοποιώντας την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου a: 100μ. και b:3000μ.

Νεότερη Νεολιθική περίοδος

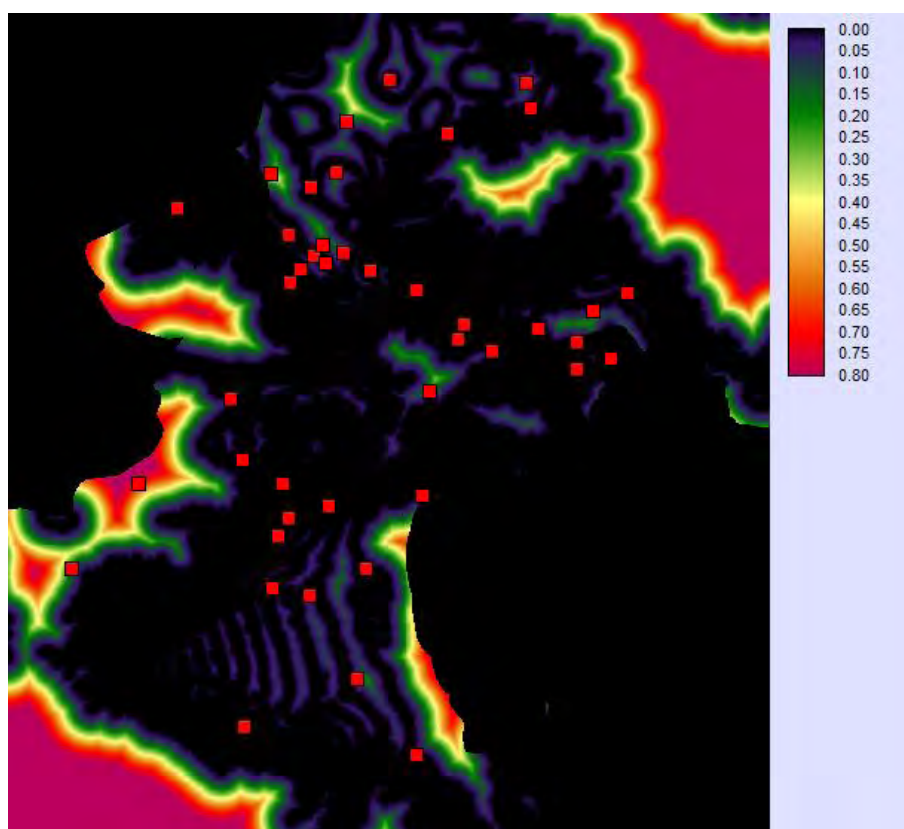


Εικόνα 7.28 Σε υψόμετρο κάτω από 260μ. περιλαμβάνονται 39 από τις 43 αρχαιολογικές θέσεις της ΝΝ περιόδου.

Α. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.



Β. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.



Εικόνα 7.29 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου του υψομέτρου της NN περιόδου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της NN περιόδου χρησιμοποιώντας την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου $a=100\mu$. και $b=3000\mu$.

7.4.6. Οι «κλίσεις»

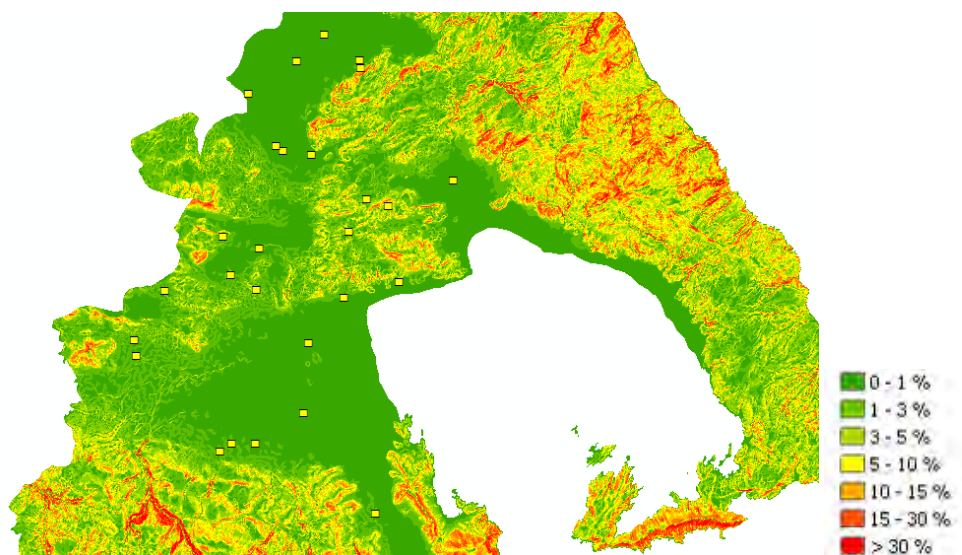
Η θεωρία των DS βασίζεται σε έμμεσα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν με ικανοποιητική πιθανοφάνεια την ύπαρξη ενός αρχαιολογικού χώρου.

Σε μικρές κλίσεις έχουμε μόνο ευλογοφάνεια (plausibility) για την ύπαρξη sites και όχι πεποίθηση (belief). Για απότομες μεγάλες κλίσεις είμαστε σίγουροι ότι δεν υπάρχουν αρχαιολογικοί χώροι. Άρα έχουμε πεποίθηση (belief) για την υπόθεση non-site. Γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκε οι κλίσεις να υποστηρίζουν την υπόθεση μη ύπαρξης αρχαιολογικών χώρων.

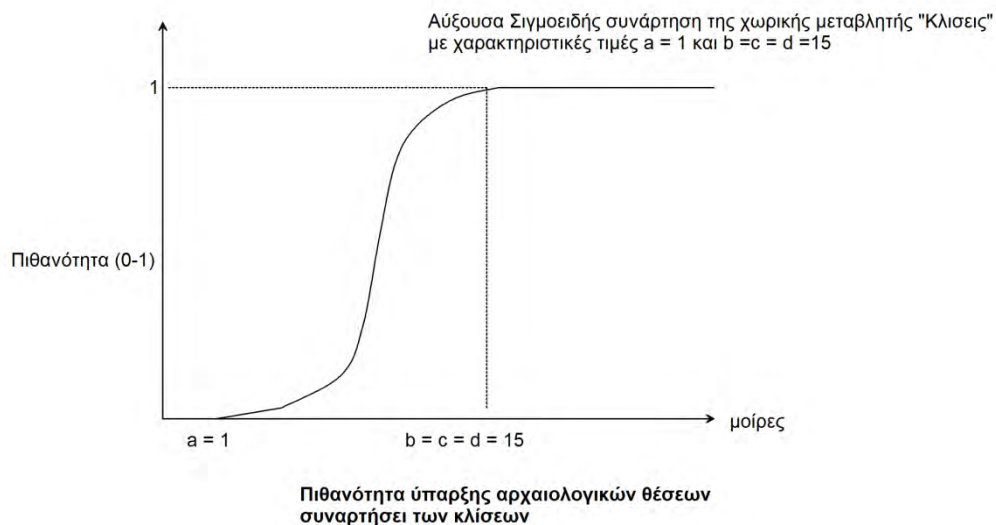
Επειδή λοιπόν, η χωρική μεταβλητή των κλίσεων υποστηρίζει την υπόθεση (non-site) μη ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης, στο πιθανοτικό υπόβαθρο που αντιστοιχεί σ' αυτές, οι μεγαλύτερες τιμές της πιθανότητας βρίσκονται στα εικονοστοιχεία τα οποία έχουν τις μεγαλύτερες κλίσεις.

Σε μεγάλες κλίσεις σίγουρα δεν υπάρχουν αρχαιολογικές θέσεις. Έχουμε πεποίθηση/belief.

Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδος

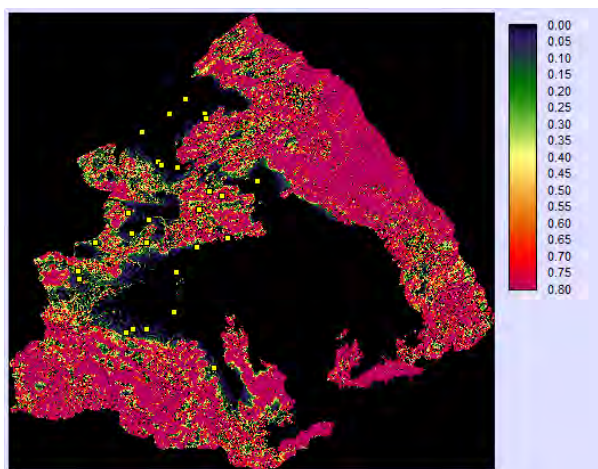


Εικόνα 7.30 Κλίσεις σε σχέση με τις ΑΝ αρχαιολογικές θέσεις.

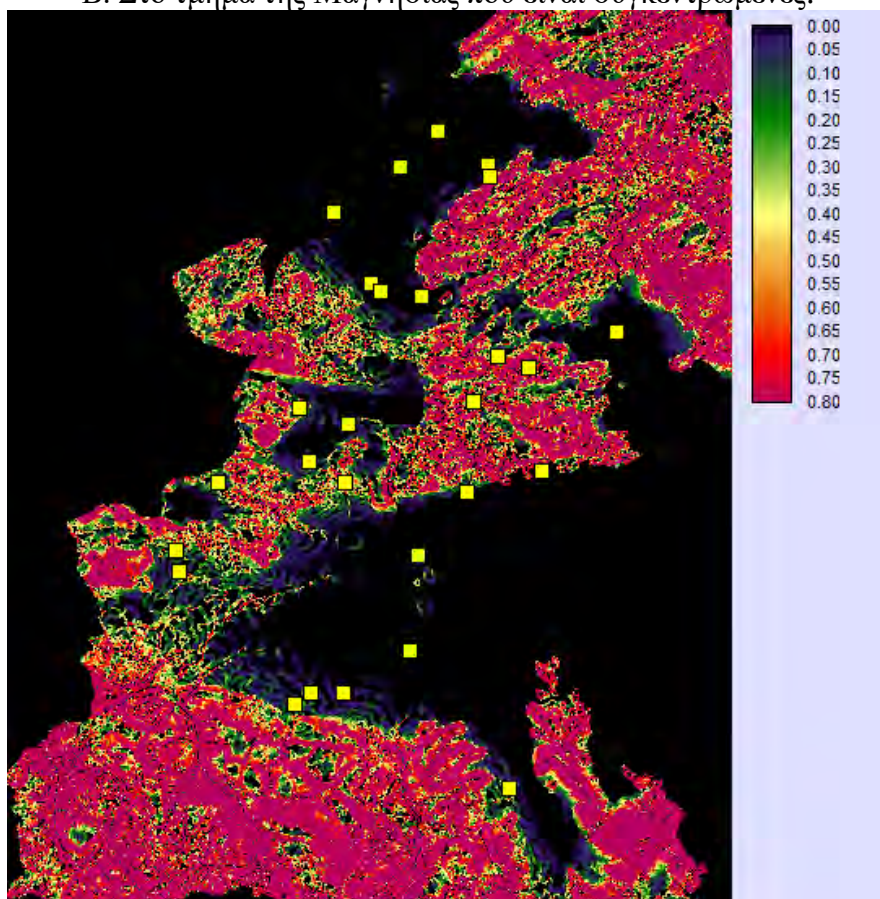


Σχήμα 7.19 Υπόδειγμα πιθανοτικής μετατροπής των κλίσεων για κάθε περίοδο σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις των τριών υποπεριοδών (AN, MN, NN) με τη χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης με σημεία ελέγχου που καθορίζονται από τον χρήστη.

Α. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

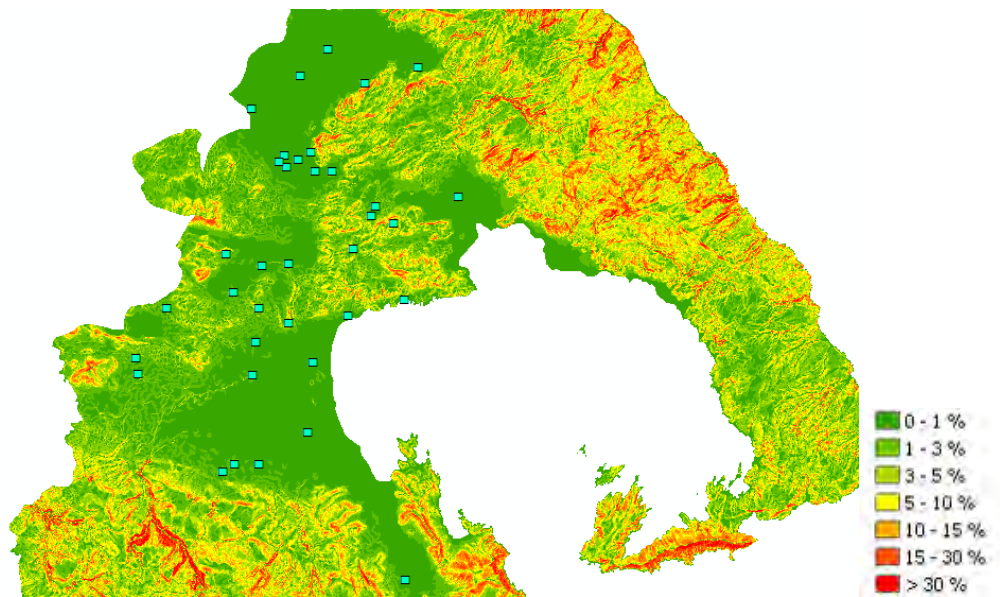


Β. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.



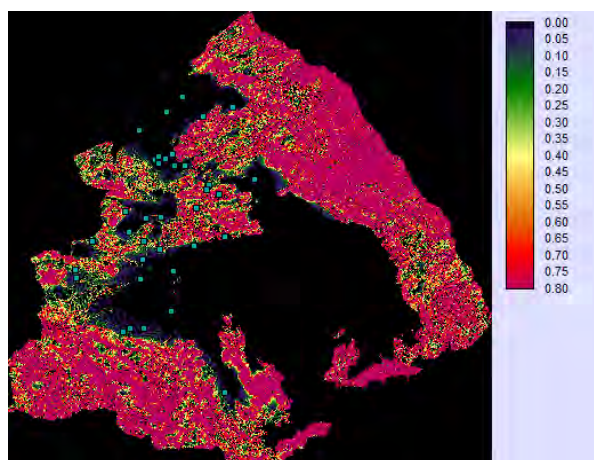
Εικόνα 7.31 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου των κλίσεων της ΑΝ περιόδου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της ΑΝ περιόδου χρησιμοποιώντας την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου $a=1$ και $b=15$.

Μέση Νεολιθική περίοδος

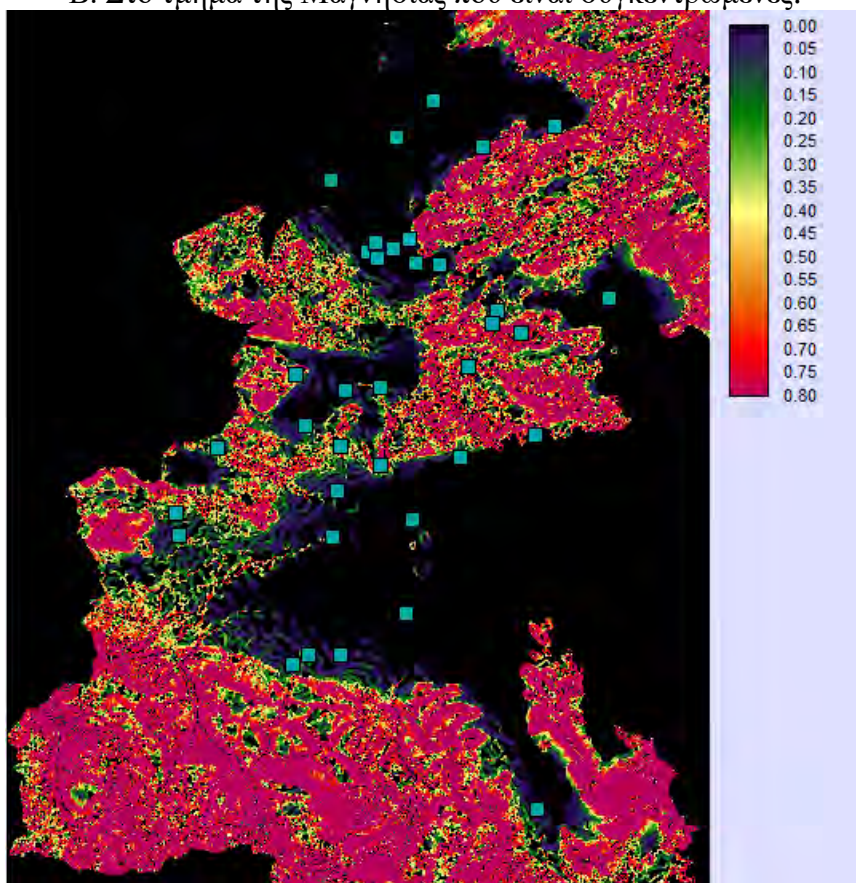


Εικόνα 7.32 Κλίσεις σε σχέση με τις ΜΝ αρχαιολογικές θέσεις.

Α. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

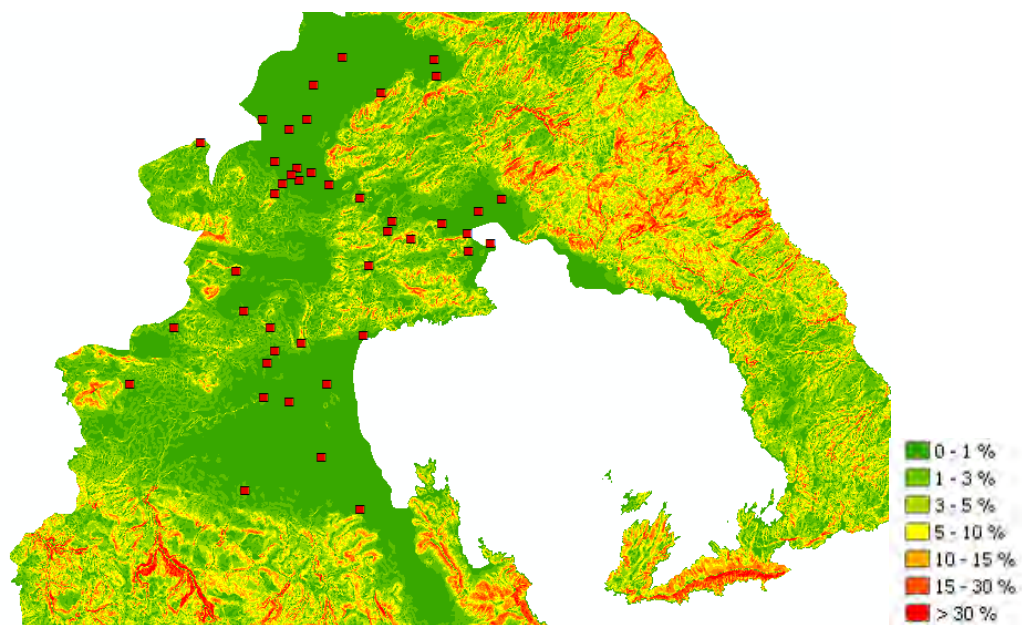


Β. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.



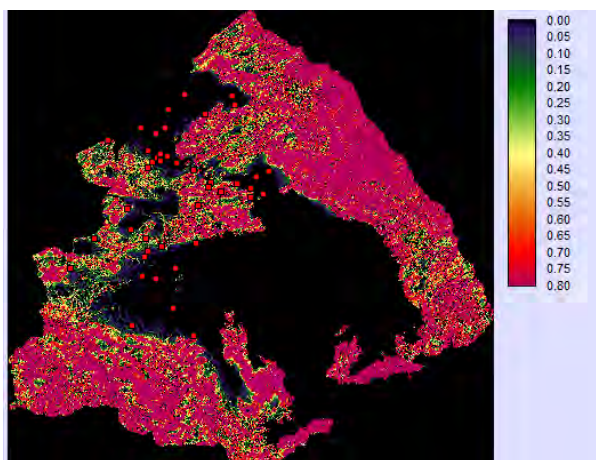
Εικόνα 7.33 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου των κλίσεων της MN περιόδου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της MN περιόδου χρησιμοποιώντας την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου $a=1$ και $b=15$.

Νεότερη Νεολιθική περίοδος

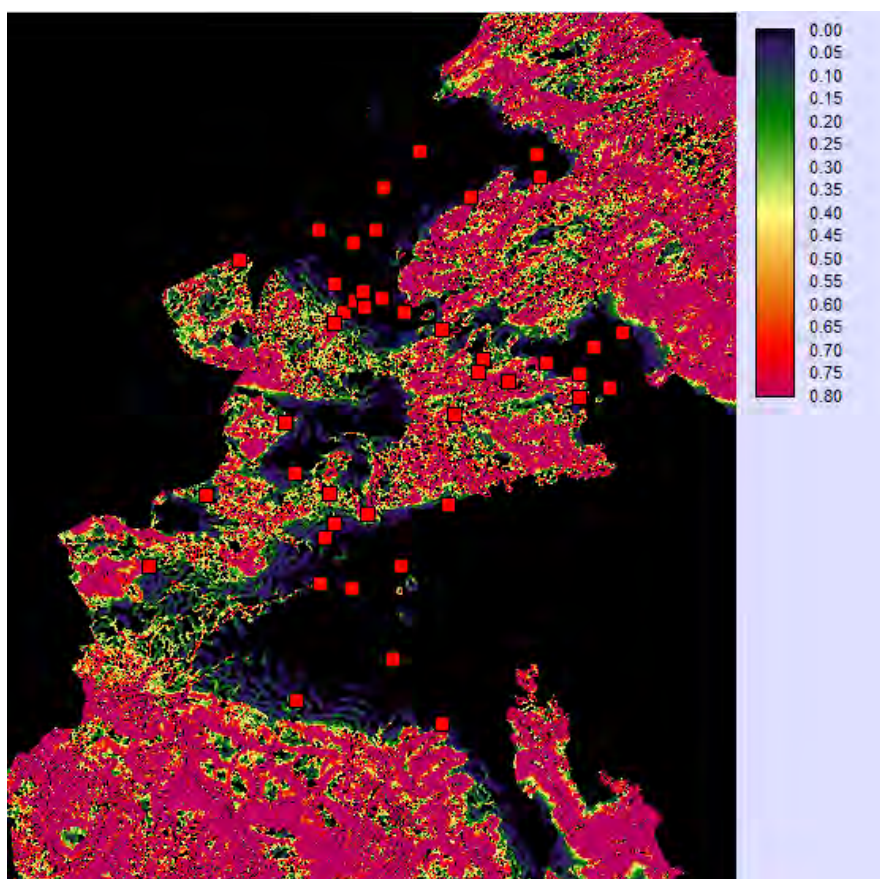


Εικόνα 7.34 Κλίσεις σε σχέση με τις ΝΝ αρχαιολογικές θέσεις.

Α. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης.



Β. Στο τμήμα της Μαγνησίας που είναι συγκεντρωμένες.



Εικόνα 7.35 Πιθανοτική μετατροπή του υποβάθρου των κλίσεων της NN περιόδου σε σχέση με τις αρχαιολογικές θέσεις της NN περιόδου χρησιμοποιώντας την αύξουσα σιγμοειδή συνάρτηση με σημεία ελέγχου $a=1$ και $b=15$.

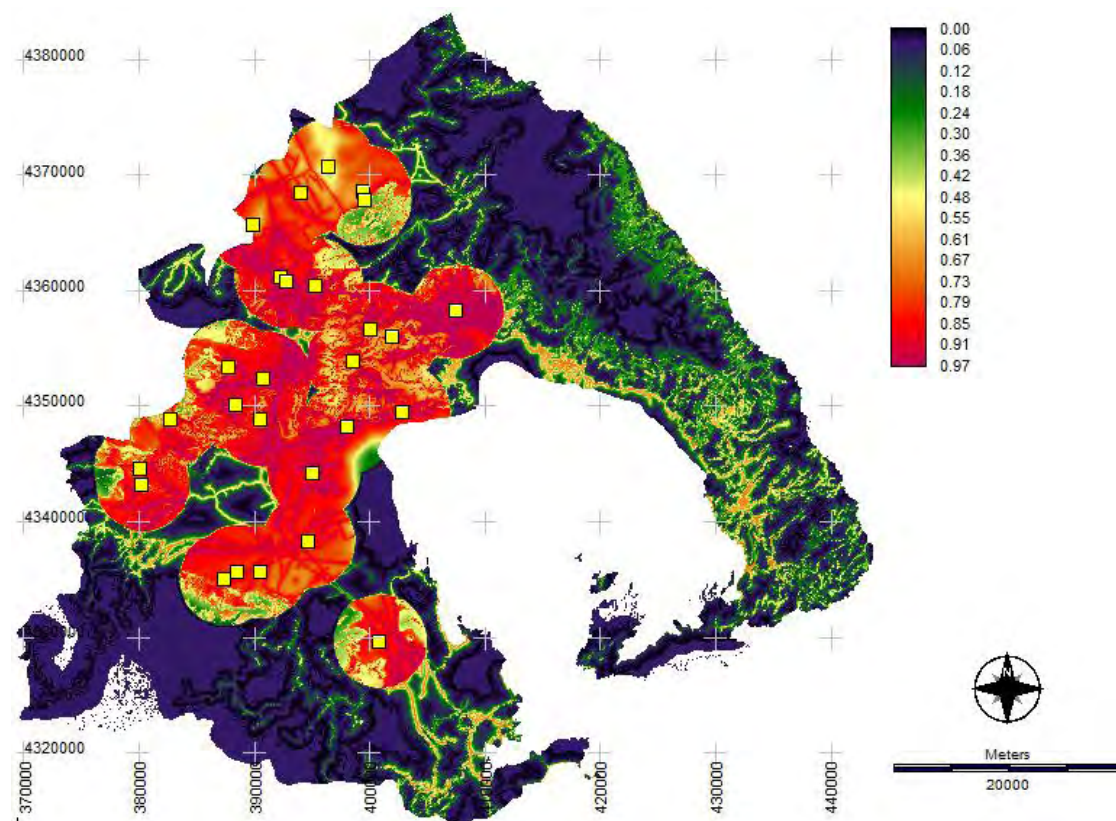
7.5. Οι αθροιστικοί πιθανοτικοί χάρτες στις τρεις υποπεριόδους της Νεολιθικής περιόδου στη Μαγνησία

Ο συγκερασμός όλων των αποδεικτικών στοιχείων με τη χρήση πιθανοτικής πράξης συντελείται βάσει του λεγόμενου «ορθογωνίου αθροίσματος». Η πράξη αυτή εκτός του βασικού πλεονεκτήματος ότι ενσωματώνει την άγνοια του χρήστη υπό τη μορφή πιθανότητας έχει το μαθηματικό πλεονέκτημα της ιδιότητας της αντιμεταθετικότητας που της προσδίδει τη δυναμική ενσωμάτωση νέων πιθανοτικών υποβάθρων. Πράγματι, η σειρά εφαρμογής του ορθογωνίου αθροίσματος στα πιθανοτικά υπόβαθρα ανά δύο δεν παίζει κανένα ρόλο. Άρα η διαδικασία του ορθογωνίου αθροίσματος επαναλαμβάνεται για κάθε πιθανοτικό χάρτη που προκύπτει από τον συνδυασμό δύο πιθανοτικών υποβάθρων με το επόμενο πιθανοτικό υπόβαθρο ανεξαρτήτου σειράς. Στη συνέχεια παρατίθενται τα τρία αποτελέσματα της εφαρμογής του ορθογωνίου αθροίσματος, ήτοι οι χάρτες πεποίθησης και ευλογοφάνειας και το διάστημα πεποίθησης με σύστημα αναφοράς το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987/ ΕΓΣΑ 87.

7.5.1. Χάρτες «πεποίθησης»

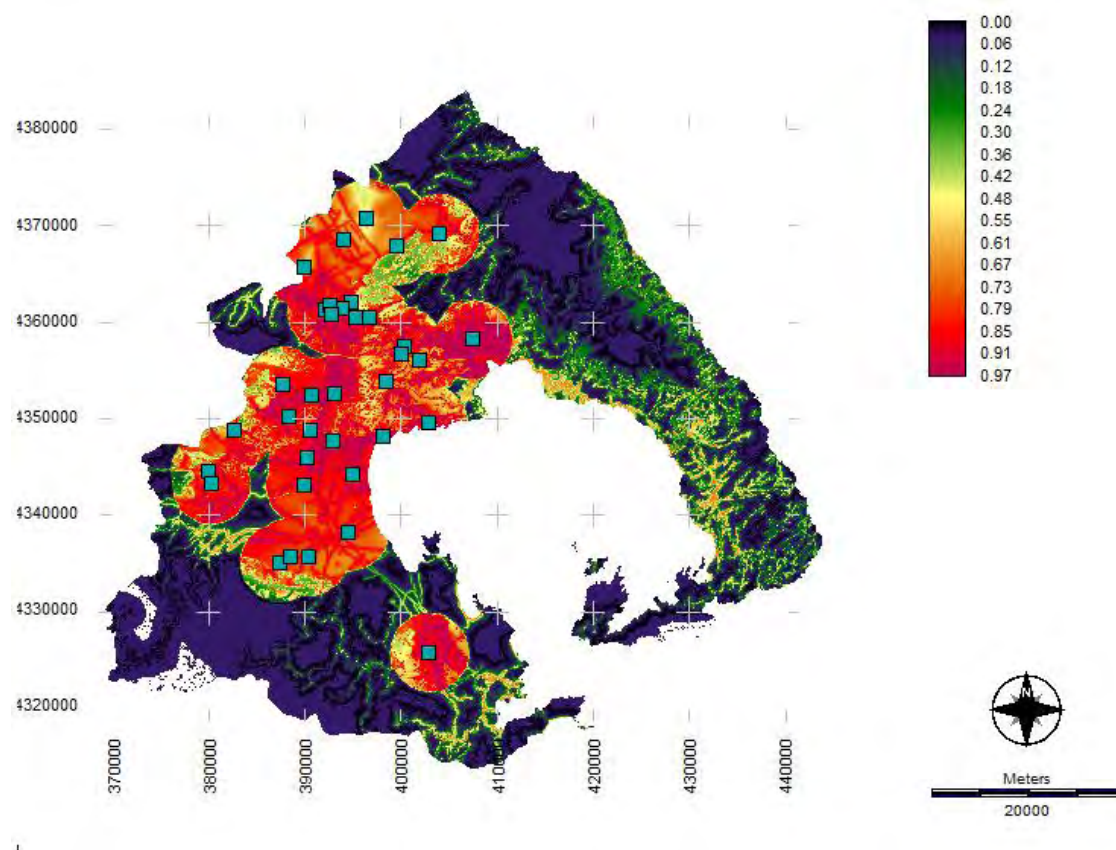
Ο παραγόμενος πιθανοτικός χάρτης δείχνει το σύνολο των πιθανοτήτων που υποστηρίζουν την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης». Είναι η συντηρητική εκτίμηση της πιθανότητας και συνεπώς η μικρότερη τιμή της πιθανότητας που υποστηρίζει την υπόθεση αυτή.

Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδος



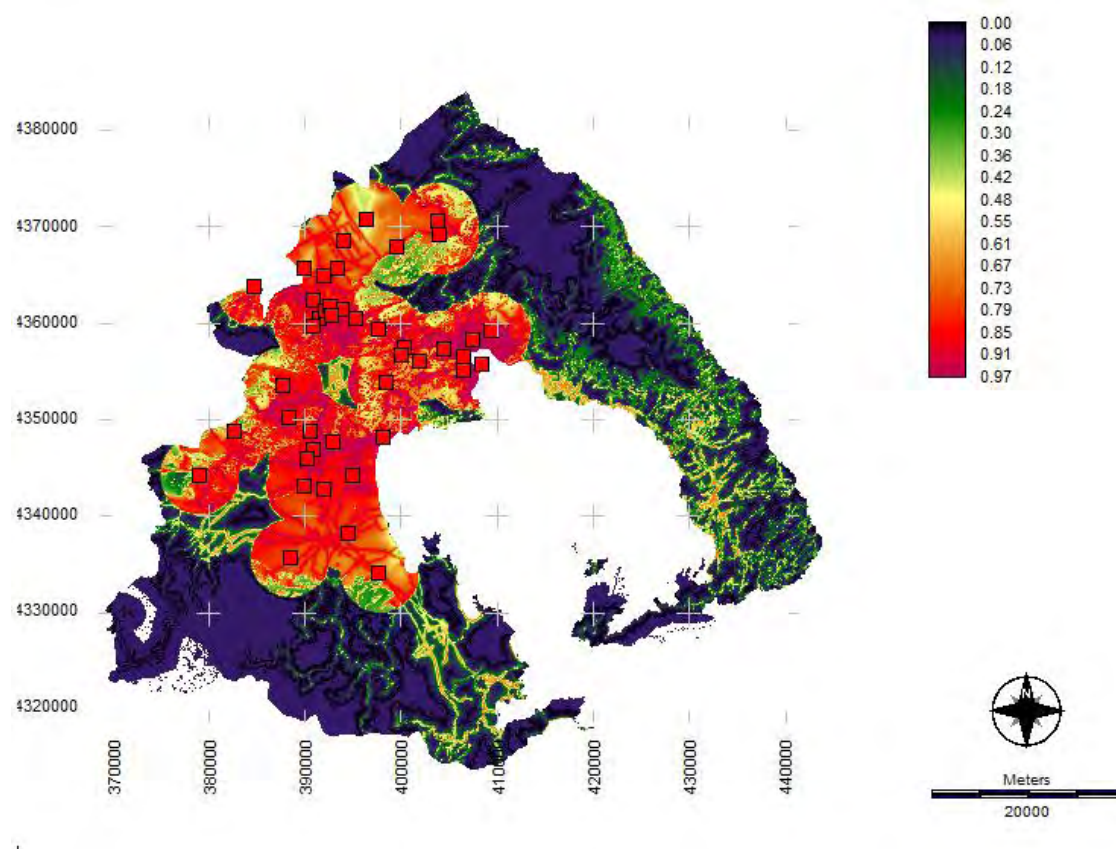
Εικόνα 7.36 Πιθανοτικός χάρτης της πεποίθησης για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για την ΑΝ περίοδο.

Μέση Νεολιθική περίοδος



Εικόνα 7.37 Πιθανοτικός χάρτης της πεποίθησης για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για τη ΜΝ περίοδο.

Νεότερη Νεολιθική περίοδος

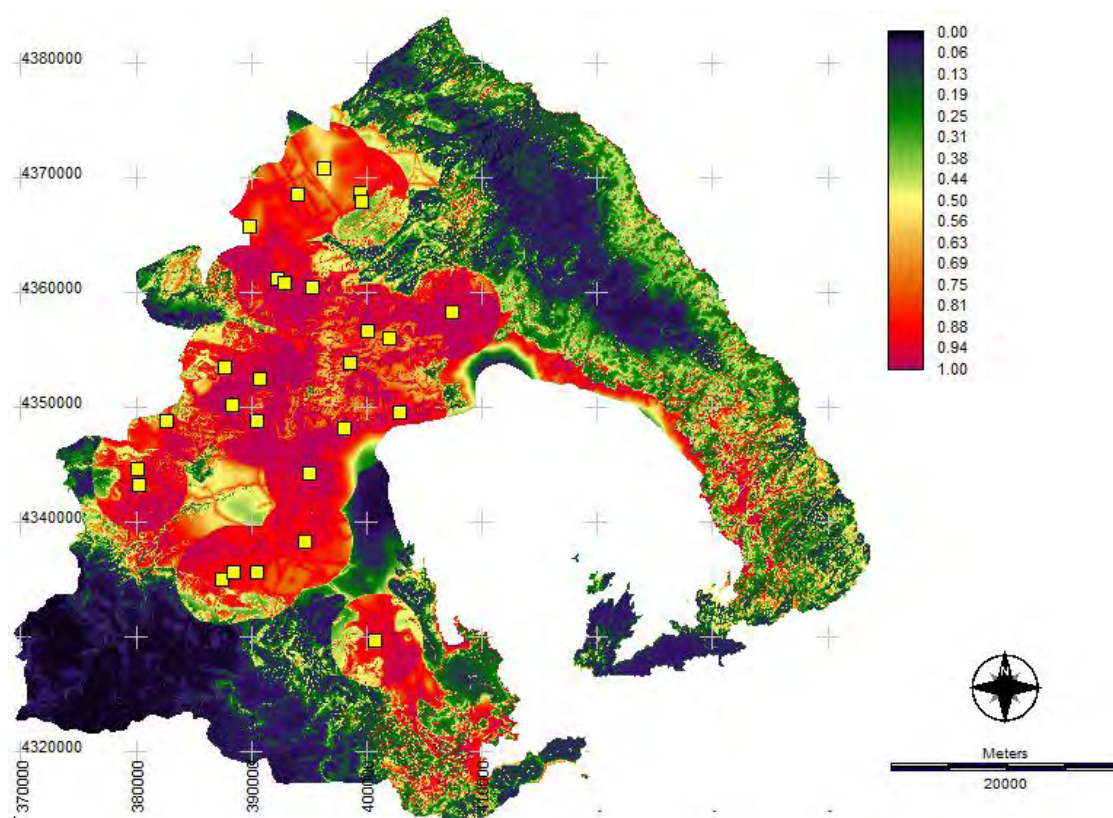


Εικόνα 7.38 Πιθανοτικός χάρτης της πεποίθησης για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για τη ΝΝ περίοδο.

7.5.2. Χάρτες «ευλογοφάνειας»

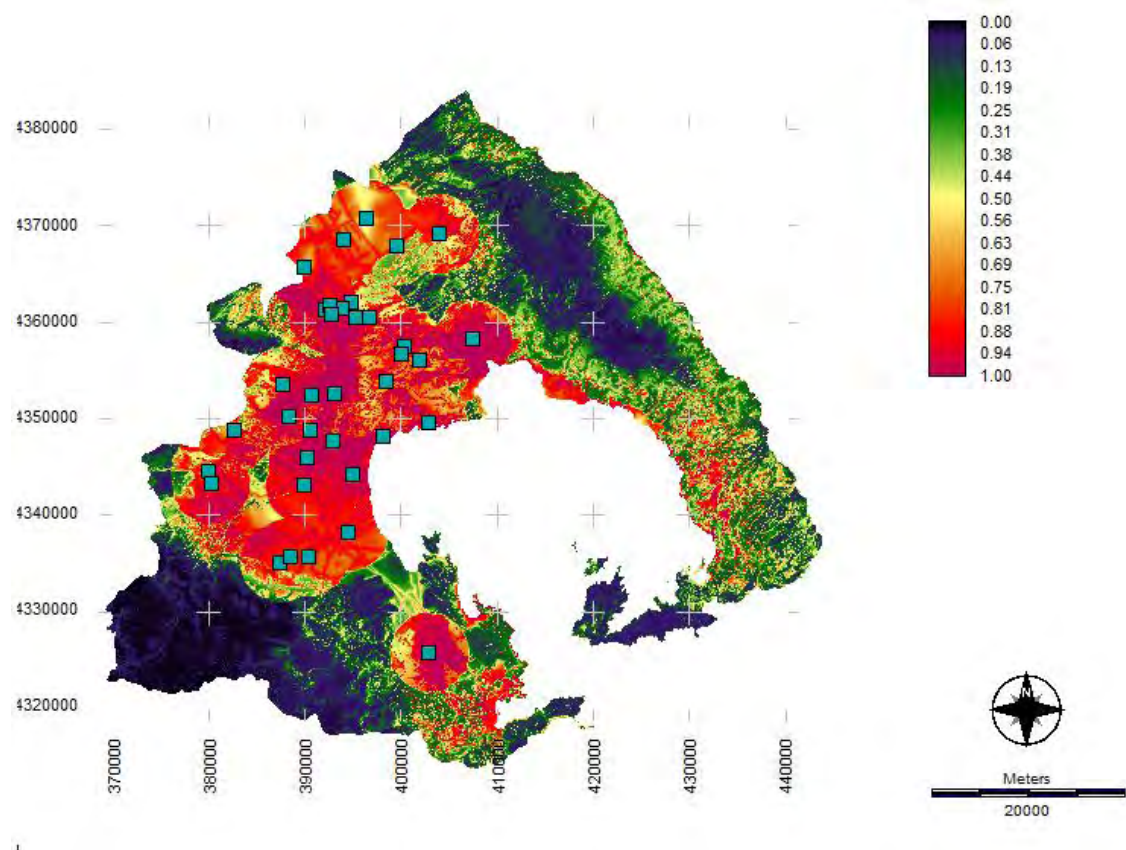
Ο παραγόμενος πιθανοτικός χάρτης δείχνει το σύνολο των εκτιμώμενων ευνοϊκών πιθανοτήτων που υποστηρίζουν την υπόθεση «*ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης*». Είναι η εκτίμηση της ευνοϊκότερης πιθανότητας και συνεπώς η μέγιστη τιμή της πιθανότητας που υποστηρίζει την υπόθεση αυτή.

Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδος



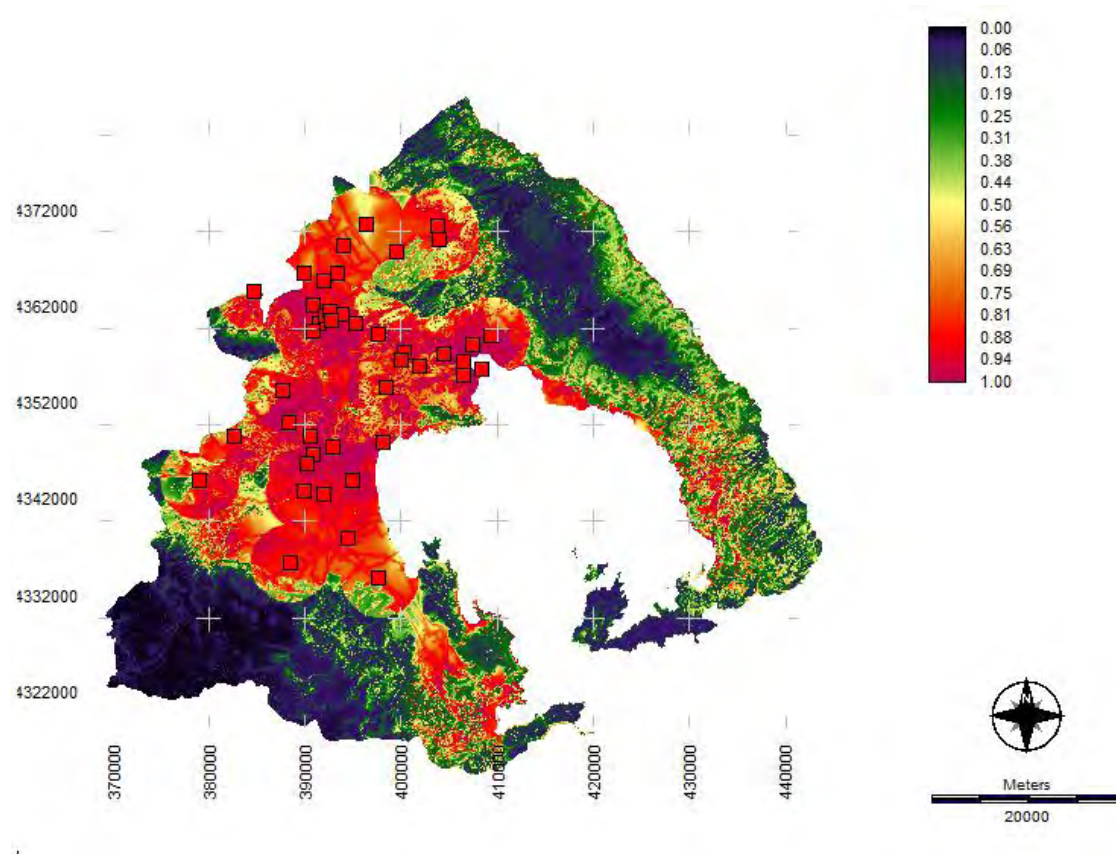
Εικόνα 7.39 Πιθανοτικός χάρτης της ευλογοφάνειας για την υπόθεση «*ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης*» για την ΑΝ περίοδο.

Μέση Νεολιθική περίοδος



Εικόνα 7.40 Πιθανοτικός χάρτης της ευλογοφάνειας για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για τη ΜΝ περίοδο.

Νεότερη Νεολιθική περίοδος

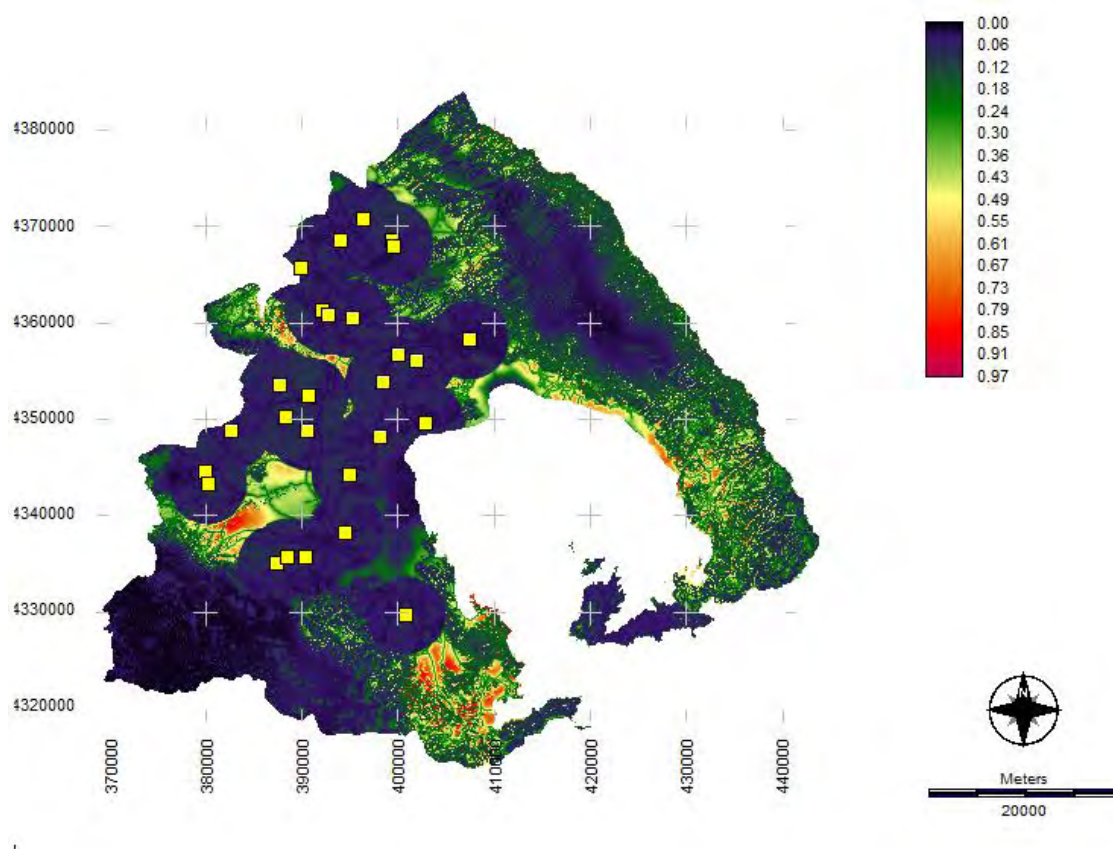


Εικόνα 7.41 Πιθανοτικός χάρτης της ευλογοφάνειας για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για τη ΝΝ περίοδο.

7.5.3. Χάρτες του «διαστήματος πεποίθησης»

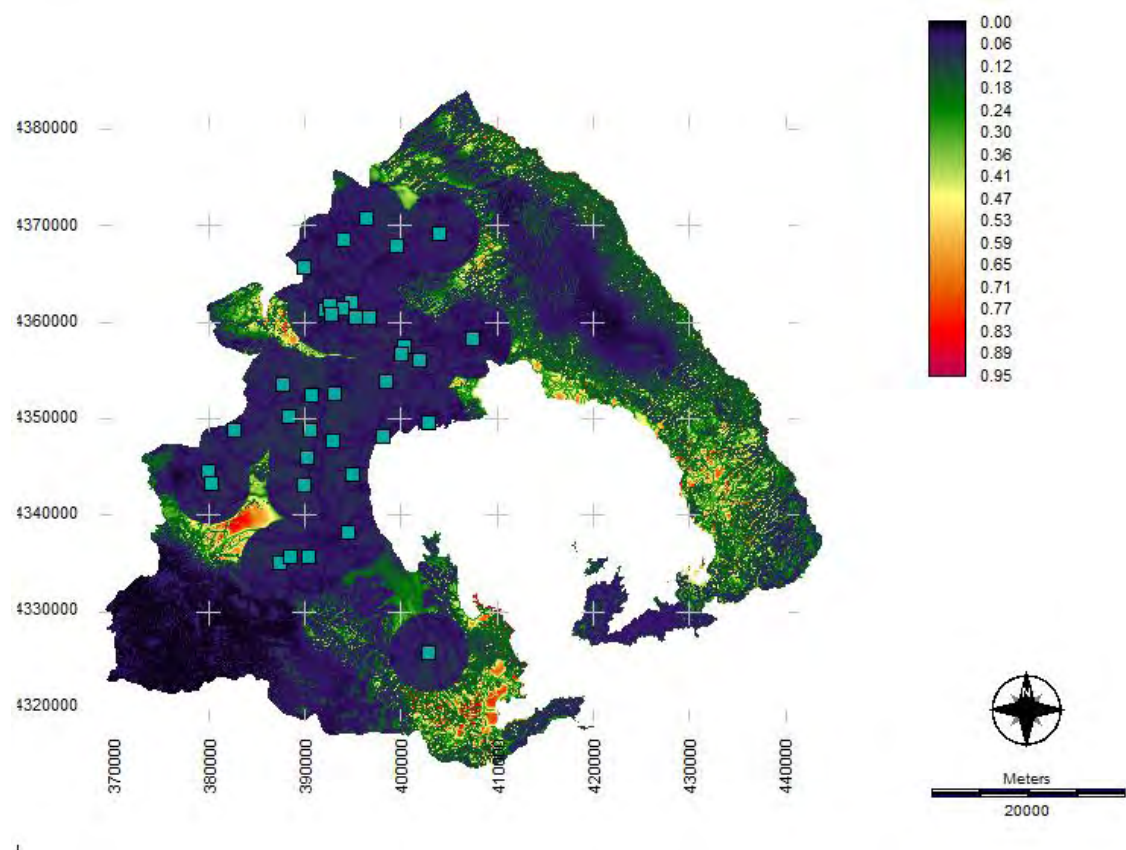
Ο παραγόμενος πιθανοτικός χάρτης δείχνει το πιθανοτικό διάστημα απόστασης της ελάχιστης από την ευνοϊκότερη εκτίμηση για την ισχύ της υπόθεσης «*ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης*». Ουσιαστικά πρόκειται για τη διαφορά μεταξύ πιθανότητας πεποίθησης και πιθανότητας ευλογοφάνειας. Είναι φανερό ότι όσο είναι μικρότερο το διάστημα αυτό, δηλαδή όσο πλησιέστερα βρίσκονται η πεποίθηση με την ευλογοφάνεια, τόσο καλύτερη είναι η εκτίμησή μας.

Αρχαιότερη Νεολιθική περίοδος



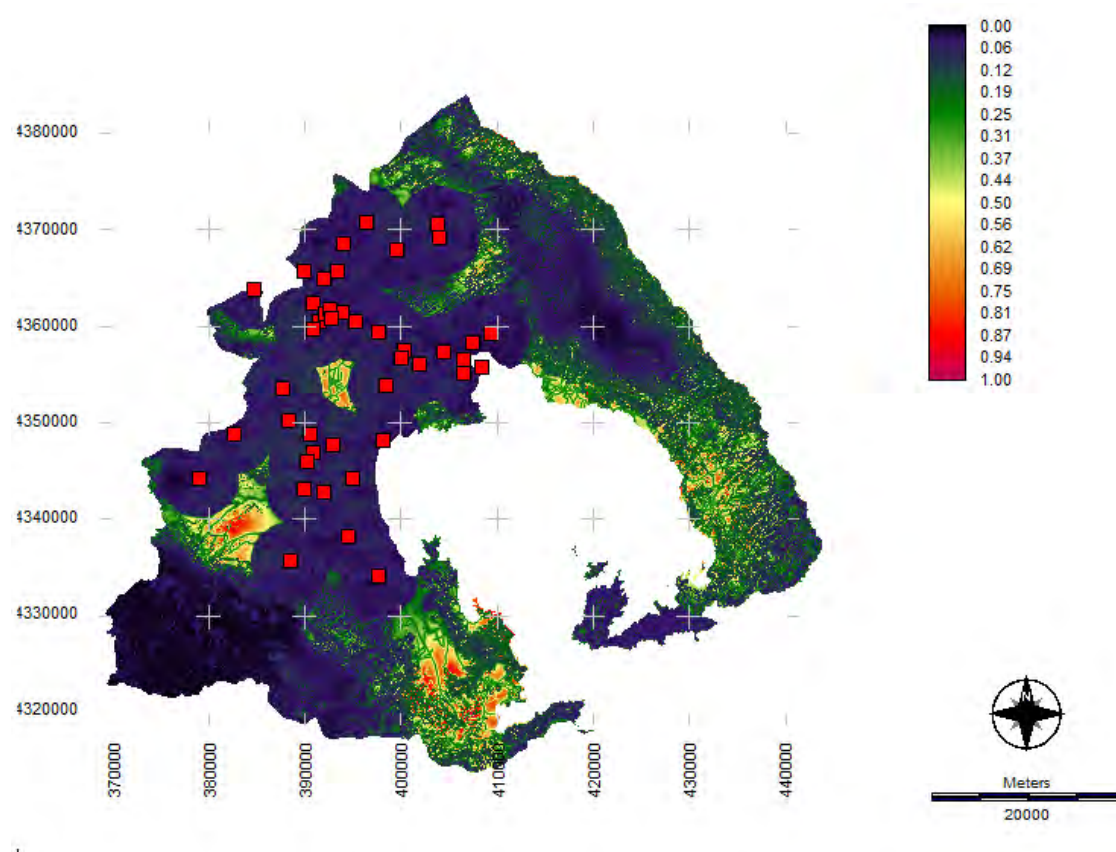
Εικόνα 7.42 Πιθανοτικός χάρτης του διαστήματος πεποίθησης για την υπόθεση «*ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης*» για την ΑΝ περίοδο.

Μέση Νεολιθική περίοδος



Εικόνα 7.43 Πιθανοτικός χάρτης του διαστήματος πεποίθησης για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για τη MN περίοδο.

Νεότερη Νεολιθική περίοδος



Εικόνα 7.44 Πιθανοτικός χάρτης του διαστήματος πεποίθησης για την υπόθεση «ύπαρξη αρχαιολογικής θέσης» για τη ΝΝ περίοδο.

7.6. Χαρτογραφική απεικόνιση πιθανών αρχαιολογικών θέσεων στη Μαγνησία - Μελέτες περίπτωσης

Από τους αθροιστικούς πιθανοτικούς χάρτες προκύπτουν και παρατίθενται οι χαρτογραφικές απεικονίσεις στοχευμένων περιοχών στη Μαγνησία ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου, οι οποίες αποτελούν μελέτες περίπτωσης για την ύπαρξη αρχαιολογικών θέσεων στην περιοχή. Στην ακόλουθη εικόνα οριοθετούνται με κόκκινο πλαίσιο οι τρεις μελέτες περίπτωσης.

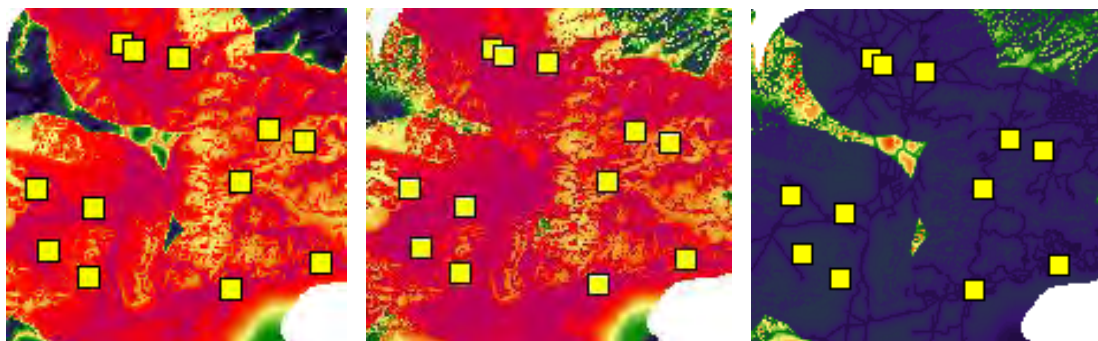


Εικόνα 7.45 Οι περιοχές που αναφέρονται στις μελέτες περίπτωσης.

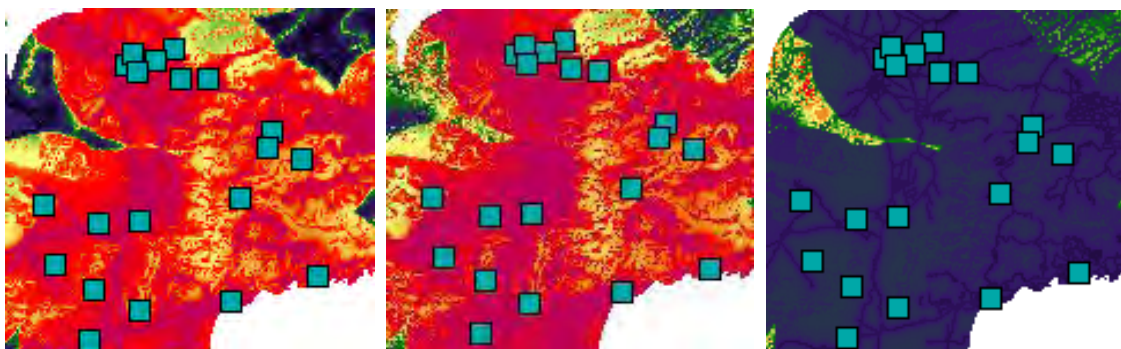
1η μελέτη περίπτωσης

Κεντρικά της Μαγνησίας και δυτικά από τη σημερινή πόλη του Βόλου η περιοχή που περικλείεται από τις αρχαιολογικές θέσεις «*Βελεστινο 7*», «*Άγιος Δημήτριος*», «*Πύρασος*», «*Λόφος στη θέση Σουβάλα νότια Σέσκλου*» και «*Σέσκλο Α (Καστράκι)*» και οι οποίες απεικονίζεται με κόκκινες και μωβ αποχρώσεις, στους χάρτες της πεποίθησης και της ευλογοφάνειας, παρουσιάζει υψηλές πιθανότητες ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων. Αντιστοίχως, ο χάρτης του διαστήματος πεποίθησης της περιοχής αυτής (μπλε αποχρώσεις) καταδεικνύει την επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων ώστε η συγκεκριμένη περιοχή να υποστηρίξει την υπόθεση της ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων.

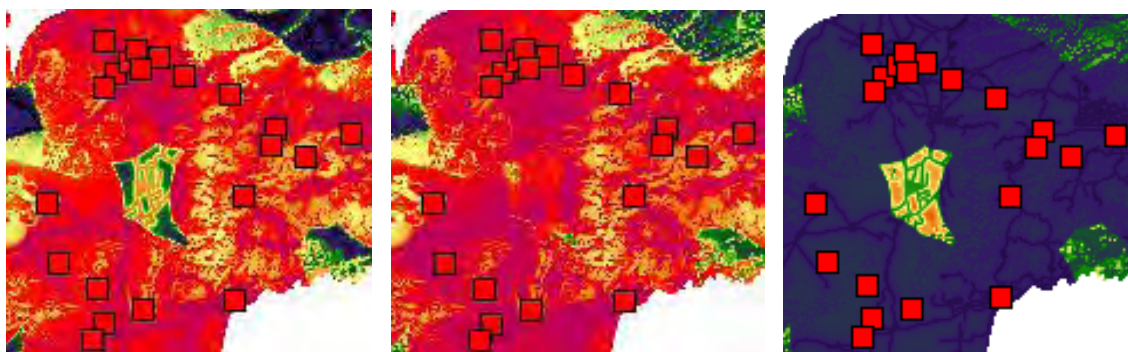
Το εσωτερικό της περιοχής αυτής και ειδικότερα ένα μικρό κεντρικό τμήμα με διεύθυνση από ΒΔ προς ΝΑ που περικλείεται περιμετρικά από τις παραπάνω αρχαιολογικές θέσεις παρουσιάζει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον. Ενώ στην ΑΝ και στη ΜΝ οι πιθανότητες ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων είναι αρκετά υψηλές (μωβ αποχρώσεις) στη ΝΝ για την ίδια περιοχή ο χάρτης του διαστήματος πεποίθησης εμφανίζεται με κόκκινες και πράσινες αποχρώσεις. Προτείνεται να γίνει ενδελεχής έρευνα στην περιοχή αυτή, με την ενσωμάτωση νέων αποδεικτικών στοιχείων στο μοντέλο για την περίοδο αυτή.



Εικόνα 7.46 Τμήμα χαρτών της πεποίθησης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης της AN περιόδου, κεντρικά και δυτικά της Μαγνησίας.



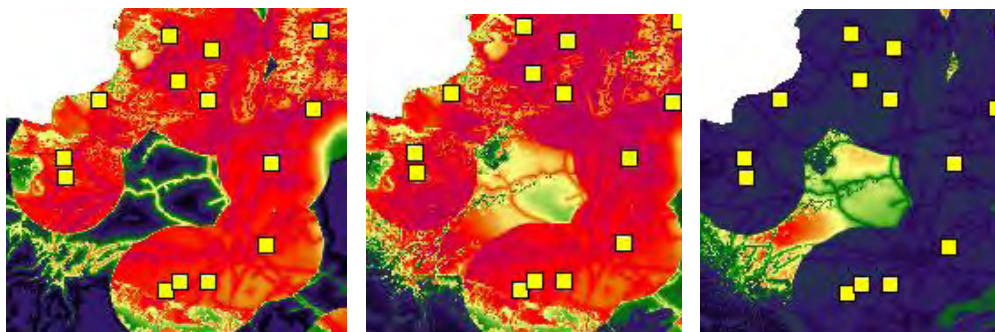
Εικόνα 7.47 Τμήμα χαρτών της πεποίθησης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης της MN περιόδου, κεντρικά και δυτικά της Μαγνησίας.



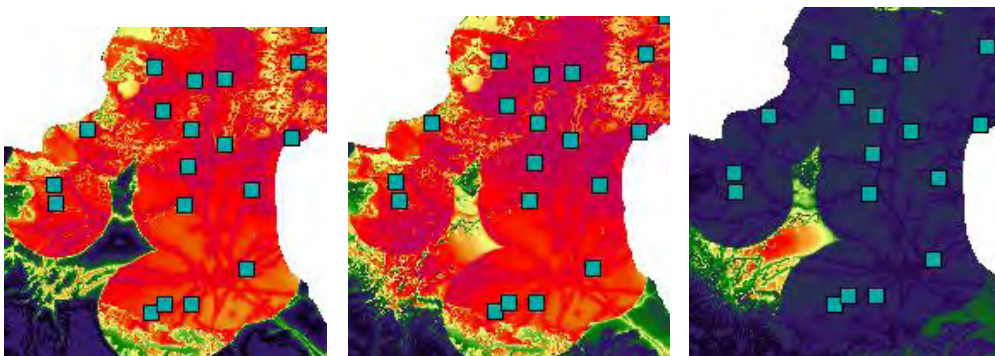
Εικόνα 7.48 Τμήμα χαρτών της πεποίθησης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης της NN περιόδου, κεντρικά και δυτικά της Μαγνησίας.

2η μελέτη περίπτωσης

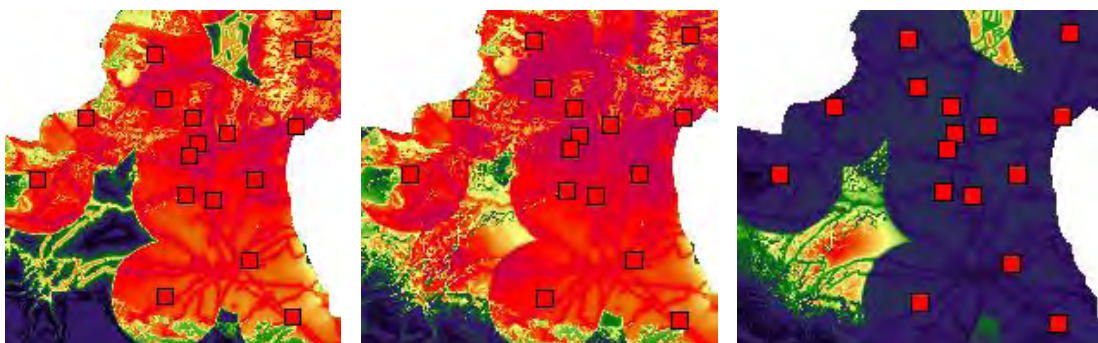
Δυτικά της πεδιάδας του Αλμυρού οι περιοχές περιμετρικά των αρχαιολογικών θέσεων της AN, MN και NN περιόδου που απεικονίζονται με κόκκινες και μωβ αποχρώσεις, στους χάρτες της πεποίθησης και της ευλογοφάνειας, παρουσιάζουν υψηλές πιθανότητες ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων. Αντιστοίχως ο χάρτης του διαστήματος πεποίθησης στις αντίστοιχες περιοχές (μπλε αποχρώσεις) καταδεικνύει την επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων ώστε οι περιοχές αυτές να υποστηρίξουν την υπόθεση της ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων. Και στις τρεις υποπεριόδους (AN, MN, και NN) στην περιοχή μεταξύ των αρχαιολογικών θέσεων «Καρατζάνταγλι» και «Πέρδικα Ι», ενώ ο χάρτης της πεποίθησης παρουσιάζει χαμηλές πιθανότητες ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων (μπλε αποχρώσεις), ο χάρτης της ευλογοφάνειας δείχνει αρκετά υψηλότερες πιθανότητες αντίστοιχης ύπαρξης (κόκκινες και μωβ αποχρώσεις). Προτείνεται να γίνει ενδελεχής έρευνα στην περιοχή αυτή, όπως καταδεικνύεται και από τον χάρτη του διαστήματος πεποίθησης (κόκκινες αποχρώσεις). Αυτό επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση νέων αποδεικτικών στοιχείων στο μοντέλο.



Εικόνα 7.49 Τμήμα χαρτών της πεποιθήσης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποιθήσης της AN περιόδου, δυτικά της πεδιάδας του Αλμυρού.



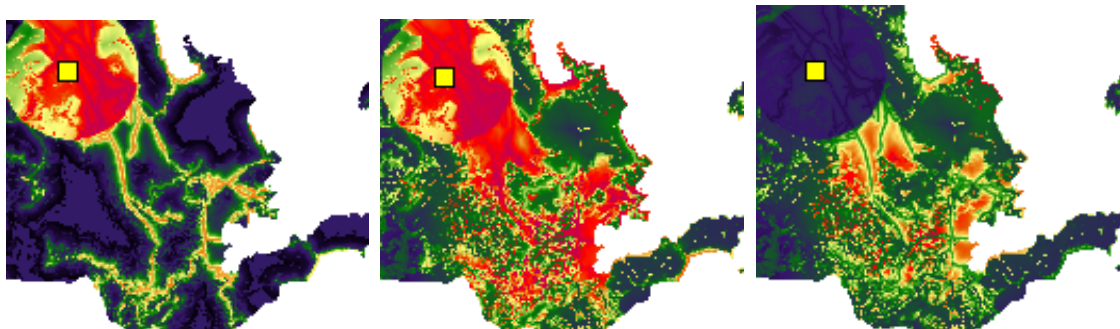
Εικόνα 7.50 Τμήμα χαρτών της πεποιθήσης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποιθήσης της MN περιόδου, δυτικά της πεδιάδας του Αλμυρού.



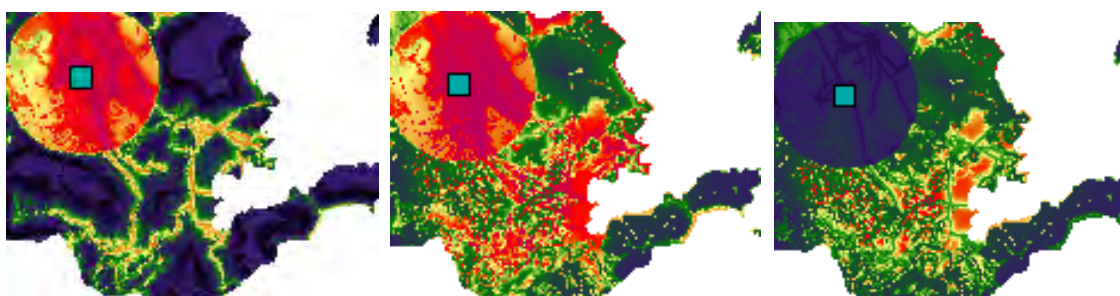
Εικόνα 7.51 Τμήμα χαρτών της πεποιθήσης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποιθήσης της NN περιόδου, δυτικά της πεδιάδας του Αλμυρού.

3η μελέτη περίπτωσης

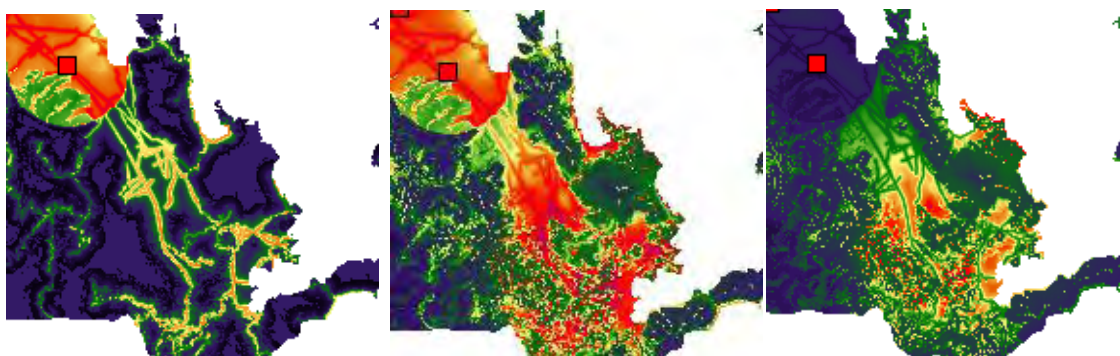
Κατά μήκος της ΠΑΘΕ στο νότιο τμήμα της Μαγνησίας οι περιοχές περιμετρικά των αρχαιολογικών θέσεων «Πουρναρόλακα» και «Καμάρα» που απεικονίζονται με κόκκινες και μωβ αποχρώσεις, στους χάρτες της πεποίθησης και της ευλογοφάνειας, παρουσιάζουν υψηλές πιθανότητες ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων. Αντιστοίχως, ο χάρτης του διαστήματος πεποίθησης στις αντίστοιχες περιοχές (μπλε αποχρώσεις) παρουσιάζει ότι τα αποδεικτικά στοιχεία είναι επαρκή ώστε οι περιοχές αυτές να υποστηρίξουν την υπόθεση της ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων. Νοτίως όμως των αρχαιολογικών θέσεων «Πουρναρόλακα» και «Καμάρα» στη διεύθυνση της ΠΑΘΕ και εκατέρωθεν αυτής, ενώ ο χάρτης της πεποίθησης παρουσιάζει χαμηλές πιθανότητες ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων (μπλε αποχρώσεις), ο χάρτης της ευλογοφάνειας δείχνει αρκετά υψηλότερες πιθανότητες ύπαρξης (κόκκινες και μωβ αποχρώσεις). Όπως και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις προτείνεται να γίνει μία πλέον εμπειριστατωμένη αρχαιολογική έρευνα στην περιοχή αυτή, όπως φαίνεται και από τον χάρτη του διαστήματος πεποίθησης (κόκκινες αποχρώσεις). Αυτό επιτυγχάνεται όπως και στις δύο προηγούμενες μελέτες περίπτωσης, με την ενσωμάτωση νέων αποδεικτικών στοιχείων στο μοντέλο.



Εικόνα 7.52 Τμήμα χαρτών της πεποιθήσης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποιθήσης της AN περιόδου, νότια της Μαγνησίας, στην ευρύτερη περιοχή της ΠΑΘΕ.

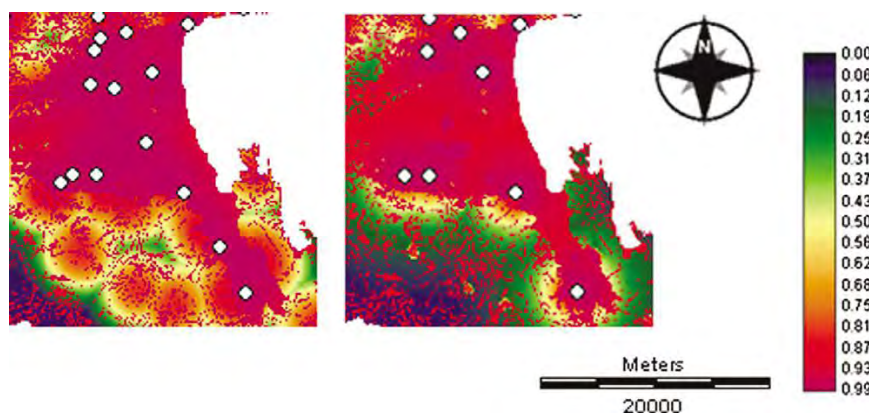


Εικόνα 7.53 Τμήμα χαρτών της πεποιθήσης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποιθήσης της MN περιόδου, νότια της Μαγνησίας, στην ευρύτερη περιοχή της ΠΑΘΕ.



Εικόνα 7.54 Τμήμα χαρτών της πεποιθήσης, της ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποιθήσης της NN περιόδου, νότια της Μαγνησίας, στην ευρύτερη περιοχή της ΠΑΘΕ.

Τα αποτελέσματα αυτά στην πιο γενική χωρική τους μορφή έχουν βρεθεί και δημοσιευθεί σε έγκυρο επιστημονικό περιοδικό (Perakis and Moysiadis 2011) όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 7.55 Περιοχές με ισχυρές πιθανότητες ύπαρξης αρχαιολογικών χώρων εκατέρωθεν και κατά μήκος της ΠΑΘΕ (Perakis and Moysiadis 2011).

Στην δορυφορική εικόνα Landsat φαίνεται αυτή η γραμμική σχέση των αρχαιολογικών θέσεων κατά μήκος της ΠΑΘΕ. Αυτό δεν αποκλείει την ύπαρξη και άλλων αρχαιολογικών θέσεων κατά μήκος και εκατέρωθεν του οδικού δικτύου.



Εικόνα 7.56 Αρχαιολογικές θέσεις κατά μήκος της ΠΑΘΕ όπως εμφανίζονται στην εικόνα του δορυφόρου Landsat.

7.7. Αποτίμηση των αποτελεσμάτων

Από τη θεωρητική πλευρά των πιθανοτικών θεωριών η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων» έτυχε κριτικής με τη θεμελίωση της λανθασμένης απόφασης στην περίπτωση ακραίων και αντιθέτων πεποιθήσεων για μια υπόθεση (Pearl 1988a, Pearl 1988b, Pearl 1990, Kłopotek and Wierzchoń). Ωστόσο υπήρξε η θεωρία αυτή εφαρμόστηκε ευρέως σε διάφορους τομείς των θετικών επιστημών όπως η επεξεργασία εικόνας (Jøsang and Simon), η Τηλεπισκόπηση (Yager and Liping), η τεχνητή ευφυΐα (Zadeh), ακόμη και σε θέματα διοίκησης (Srivastava and Mock) κ.ά. Η κυρίως όμως εφαρμογή της Θεωρίας των Αποδεικτικών Στοιχείων θεωρείται η συγχώνευση δεδομένων για πιθανοτική ανάλυση και η παρούσα έρευνα ανήκει στον τομέα αυτό, διότι εξετάζει ετερογενή χωρικά δεδομένα.

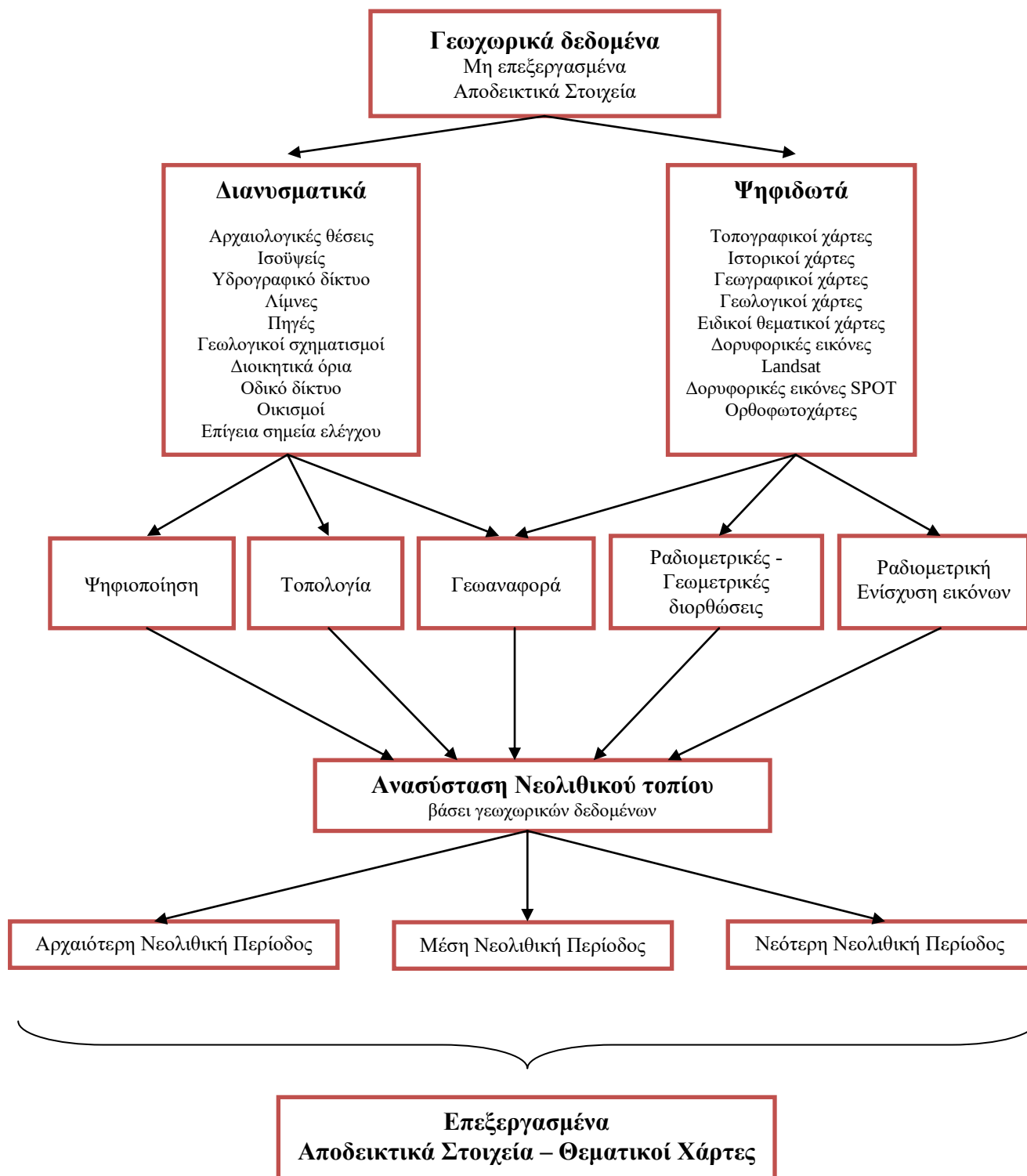
Η αποτιμώμενη ακρίβεια της παρούσης έρευνας, σχετίζεται τόσο σε χωρικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο αξιοπιστίας των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν. Ευελπιστώντας ότι δεν παρελήφθησαν δεδομένα που αφορούν τις αρχαιολογικές θέσεις στη Μαγνησία και έχουν άμεση σχέση με το θέμα που αναλύεται, χρησιμοποιήθηκαν χωρικά υπόβαθρα διάφορων τύπων (δορυφορικές εικόνες, τοπογραφικοί, γεωλογικοί και υδρογραφικοί χάρτες, χάρτες οδικού δικτύου και αρχαιολογικών θέσεων τόσο σε διανυσματική – που μετετράπηκε σε μορφή κανάβου – όσο και σε μορφή κανάβου), μαρτυρίες και δεδομένα χειρόγραφα και σκαριφήματα που αφορούν την περιοχή σε παρελθούσες χρονικές περιόδους.

Ως συνέπεια των παραπάνω, η χωρική ακρίβεια των αποτελεσμάτων δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη της χωρικής διακριτικής ικανότητας των ψηφιακών υποβάθρων που χρησιμοποιήθηκαν και δεν μπορεί να ξεπερνά την κλίμακα 1:50000. Οι πηγές των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν δεν μπορούν παρά να θεωρηθούν αξιόπιστες αφού προέρχονται είτε από έγκυρα επιστημονικά περιοδικά είτε από αντίστοιχα έγκυρα επιστημονικά συγγράμματα (μονογραφίες, διδακτορικές διατριβές κ.ά.). Προφανώς ο γράφων θεωρεί ότι θα μπορούσε μία τέτοια διατριβή να παράσχει πλέον ακριβή αποτελέσματα αλλά με την προϋπόθεση της ύπαρξης πλέον αξιόπιστων δεδομένων από αυτά που χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης, είναι γνώμη του γράφοντος ότι οι κλασικές

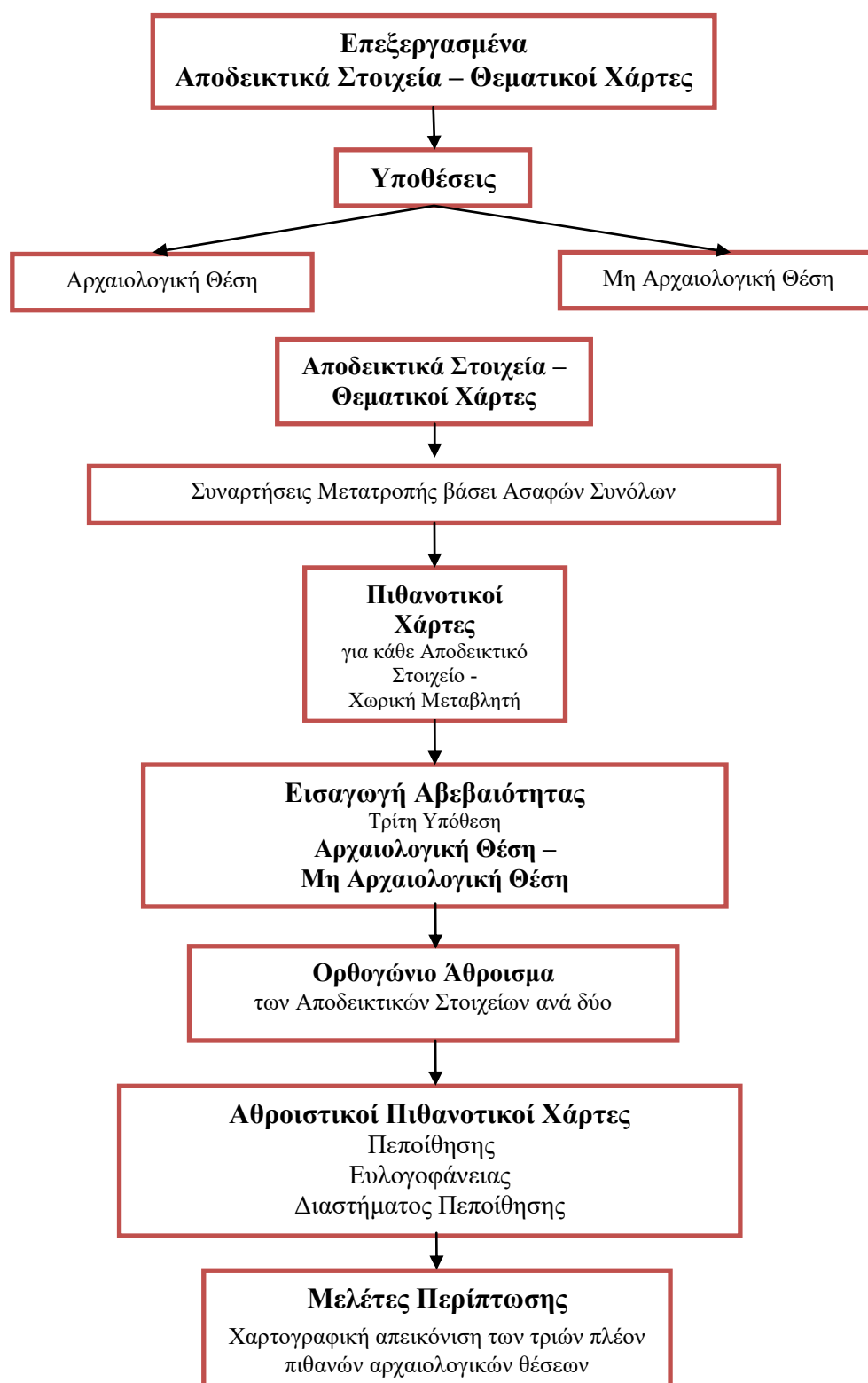
αρχαιολογικές έρευνες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε πλέον σίγουρα αποτελέσματα αλλά πάλι με την προϋπόθεση σημαντικής χρηματοδότησης, ειδικής αδειοδότησης από τις αρμόδιες υπηρεσίες και άλλων προϋποθέσεων (όπως εξεύρεση κατάλληλου ανθρώπινου δυναμικού, υλικοτεχνικής υποδομής, απαιτούμενου χρόνου κ.ά.).

Οι αναλύσεις των μελετών περίπτωσης, έτσι πως παρουσιάζονται στο προηγούμενο κεφάλαιο αποτελούν και οδηγό για άλλες περιοχές και καλύπτουν τα ποσοτικά και χωρικά αποτελέσματα που βρέθηκαν στην παρούσα έρευνα. Πλέον σημαντικές και εκτεταμένες έρευνες εκτιμάται ότι είναι εκτός του πεδίου μιας τέτοιας, κυρίως τεχνικής, διατριβής.

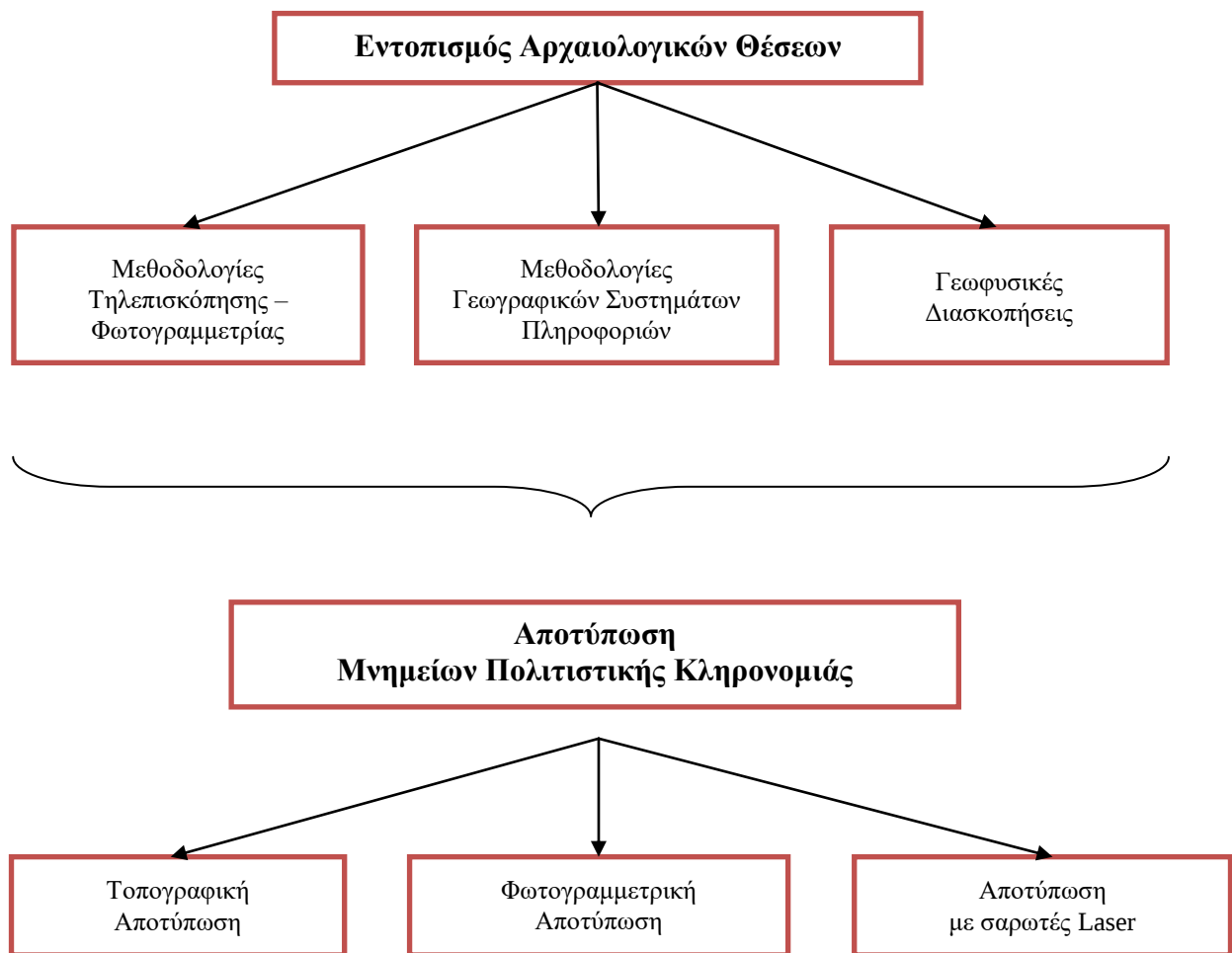
Τέλος, στα διαγράμματα ροής που ακολουθούν παρουσιάζεται η ολοκληρωμένη μεθοδολογική αλυσίδα για τη χαρτογράφηση, την πρόβλεψη, τον εντοπισμό και την αποτύπωση αρχαιολογικών χώρων.



Σχήμα 7.20 Προεπεξεργασία γεωχωρικών δεδομένων.



Σχήμα 7.21 Πιθανοτική επεξεργασία για την πρόβλεψη αρχαιολογικών θέσεων.



Σχήμα 7.22 Εντοπισμός και αποτύπωση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η πολιτιστική κληρονομιά, από τεχνολογικής πλευράς, είναι ένας όρος πολυδιάστατος και συνιστά ένα σημαντικό πεδίο έρευνας εδώ και δεκαετίες. Χαρακτηρίζεται από διεπιστημονικότητα, η οποία είναι αναγκαία για την χρήση θεματικών γνώσεων, όπως της ιστορίας, της αρχαιολογίας, της γεωγραφίας κ.λπ. μέσω των μεθοδολογιών των αμιγώς τεχνολογικών και εφαρμοσμένων επιστημών, όπως της τοπογραφίας και της γεωματικής, η εφαρμογή των οποίων αποτέλεσε αντικείμενο της διατριβής αυτής.

Αν και ο εντοπισμός και η χαρτογράφηση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς έχουν μελετηθεί σε υψηλό βαθμό εδώ και δεκαετίες, ωστόσο ένα σημαντικό μέρος του τομέα αυτού παραμένει ακόμη προς έρευνα και μελέτη εξαιτίας της διαρκώς εξελισσόμενης τεχνολογίας. Η πρόβλεψη αρχαιολογικών θέσεων αποτελεί το δυσκολότερο, το πλέον αβέβαιο και ενδεχομένως το σημαντικότερο μέρος της αρχαιολογικής έρευνας.

Ετερογενή γεωχωρικά δεδομένα, όπως το υψόμετρο, οι κλίσεις, η γεωλογία, οι πηγές, το υδρογραφικό δίκτυο, το οδικό δίκτυο, ο προσανατολισμός και οι υπάρχουσες Νεολιθικές αρχαιολογικές θέσεις της Μαγνησίας, χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή για τη γεωχωρική πιθανοτική μοντελοποίηση η οποία κατέδειξε τη μέγιστη πιθανότητα της ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων. Η «Θεωρία των Αποδεικτικών Στοιχείων/[Evidential Reasoning (ER)]», γνωστή και ως «Θεωρία των Dempster-Shafer», χρησιμοποιήθηκε βάσει φυσιογραφικών και ιστορικών χαρακτηριστικών με σκοπό τη σύνθεση πιθανοτικών χαρτών των περιοχών αρχαιολογικού ενδιαφέροντος. Για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή του μοντέλου πραγματοποιήθηκε η ανασύσταση του τοπίου ανά υποπερίοδο της Νεολιθικής περιόδου. Το πλεονέκτημα της Θεωρίας των Αποδεικτικών Στοιχείων είναι η δυνατότητα ποσοτικοποίησης της αβεβαιότητας του χρήστη, η οποία χρησιμοποιείται στο πιθανοτικό μοντέλο για τη σύνθεση πιθανοτικών χαρτών της ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων (και το οποίο

παρέχει τελικά πιθανοτικούς χάρτες πεποίθησης, ευλογοφάνειας και του διαστήματος πεποίθησης).

Οι τελικοί αθροιστικοί ψηφιακοί πιθανοτικοί χάρτες, έδειξαν τις περιοχές υψηλής πιθανότητας ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων για τις τρεις υποπεριόδους της Νεολιθικής περιόδου (AN, MN και NN). Περιοχές για περαιτέρω έρευνα αποτελούν αυτές των τριών μελετών περίπτωσης οι οποίες αναλύονται εκτενώς στην παρούσα διατριβή. Η πρώτη περιοχή αφορά το κεντρικό τμήμα της Μαγνησίας προς τα δυτικά του πολεοδομικού συγκροτήματος του Βόλου και πιο συγκεκριμένα την εσωτερική περιοχή που έχει περιμετρικά τις αρχαιολογικές θέσεις «Βελεστινο 7», «Άγιος Δημήτριος», «Πύρασος», «Λόφος στη θέση Σουβάλα νότια Σέσκλου» και «Σέσκλο Α (Καστράκι)». Η δεύτερη περιοχή οριοθετείται μεταξύ των αρχαιολογικών θέσεων «Καρατζάνταγλι» και «Πέρδικα Ι». Η τρίτη περιοχή οριοθετείται στο νότιο τμήμα της Μαγνησίας κατά μήκος της διεύθυνσης της ΠΑΘΕ και εκατέρωθεν αυτής νοτίως των αρχαιολογικών θέσεων «Πουρναρόλακα» και «Καμάρα». Περαιτέρω και εμπειριστατωμένη έρευνα στις περιοχές αυτές μπορεί να επιτευχθεί με την ενσωμάτωση νέων αποδεικτικών στοιχείων στο γεωχωρικό πιθανοτικό μοντέλο πρόβλεψης αρχαιολογικών θέσεων.

Παρόλο που υπήρξαν κριτικές στην θεωρία των Dempster-Shafer, η πιθανοτική αυτή θεωρία εφαρμόζεται σε διάφορους επιστημονικούς τομείς σε μεγάλο βαθμό. Ειδικότερα, στην παρούσα έρευνα και με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και της Τηλεπισκόπησης η εφαρμογή της θεωρίας αυτής υπήρξε ιδιαίτερα αποτελεσματική διότι κατέδειξε περιοχές υψηλής πιθανότητας ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων.

Η μεθοδολογική αλυσίδα που εφαρμόστηκε, βασισμένη στην θεωρία των Αποδεικτικών στοιχείων έδειξε ότι τα δύο βασικά πλεονεκτήματά της δηλαδή η πιθανοτική εισαγωγή της «άγνοιας» του χρήστη, και δυνατότητα «δυναμικής» εισαγωγής νέων αποδεικτικών στοιχείων ανεξαρτήτου σειράς, την καθιστούν αποτελεσματικότερη έναντι πολλών κλασσικών πιθανοτικών θεωριών.

Ειδικότερα, στις περιοχές των μελετών περίπτωσης που εμφανίζουν μεγάλες πιθανότητες ύπαρξης αρχαιολογικών θέσεων, και οι οποίες αναλύονται στην παρούσα διατριβή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παράδειγμα έρευνας όχι μόνον για την

ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας αλλά και σε άλλες περιοχές της χώρας που παρουσιάζουν αρχαιολογικό ενδιαφέρον.

Τα συγκριτικά αποτελέσματα της μεθοδολογίας της παρούσας διατριβής εστιάζονται στο γεγονός ότι οι πιθανοτικοί χάρτες πρόβλεψης αρχαιολογικών θέσεων αποτελούν τη βάση για τον ορθολογικό σχεδιασμό τεχνικών έργων. Στο πλαίσιο της υλοποίησης τεχνικών έργων παρατηρείται συχνά η εύρεση αρχαιολογικών θέσεων, οι οποίες αντιμετωπίζονται ως «τυχαία» συμβάντα. Αυτό οδηγεί μοιραία σε σημαντικές καθυστερήσεις και επιβάρυνση στον προϋπολογισμό του έργου. Σύμφωνα με την προτεινόμενη έρευνα, τέτοια σημαντικά προβλήματα μπορούν να αποφευχθούν, όχι μόνον στην περιοχή της Μαγνησίας και την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας αλλά και σε ολόκληρη τη χώρα, όπου συντελούνται αρχαιολογικές έρευνες.

Συμπερασματικά, οι απώτεροι στόχοι της διατριβής αυτής είναι:

- Η δημιουργία ενός θεματικού άτλαντα πιθανών αρχαιολογικών θέσεων για τη Μαγνησία.
- Η δημιουργία ενός ενιαίου και γενικού πιθανοτικού άτλαντα για το σύνολο της Θεσσαλίας με την ενσωμάτωση του προαναφερθέντος άτλαντα της Μαγνησίας.
- Η ενημέρωση και η συνεργασία μεταξύ των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης και των Εφορειών Αρχαιοτήτων για τον ορθολογικό προγραμματισμό τεχνικών έργων λαμβάνοντας υπόψη την πιθανή ύπαρξη αρχαιολογικών θέσεων.

Προφανώς η θεωρητική και μεθοδολογική αυτή προσέγγιση πρέπει να συνδυασθεί με κλασικές αρχαιολογικές έρευνες και σε άλλες περιοχές της χώρας, ώστε το αποτέλεσμα να καταστεί βέλτιστο.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

9.1. Ελληνική βιβλιογραφία

- [1] Αλεξιάκης, Δ., 2009. *Η συμβολή της Γεωμορφολογίας με τη βοήθεια της τηλεπισκόπησης και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών στη χαρτογράφηση αρχαιολογικών θέσεων*, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- [2] Αρβανιτόπουλος, Α., 1907. *Ανασκαφαί και Έρευναι εν Θεσσαλία*. ΠΑΕ.
- [3] Βέργος, Γ. και Κατσουγιαννόπουλος, Σ. 2004, *Εφαρμογές παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος εντοπισμού θέσης (GPS)*, Διδακτικές σημειώσεις διάλεξης που διανεμήθηκαν στο Τμήμα Γεωπληροφορικής & Τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Σερρών, στις Σέρρες, Σεπτέμβριος 2004.
- [4] Βουζαξάκης, Κ., 2008. *Γεωγραφικά πρότυπα και θεωρίες του διακοινοτικού χώρου στη νεολιθική Θεσσαλία*. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- [5] Γαλλής, Κ., 1992. *Ατλας Προϊστορικών οικισμών της ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας*. Λάρισα: Εταιρεία Ιστορικών Ερευνών Θεσσαλίας.
- [6] Δελλαπόρτας, Π. και Τσιαμυρτζής, Π., 2004. *Στατιστική κατά Bayes*, Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος που διανεμήθηκαν στο Τμήμα Στατιστικής του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών, στην Αθήνα, Οκτώβριος 2004.
- [7] Θεοχάρης, Δ.Ρ., 1973. *Νεολιθική Ελλάς*. Αθήνα: Εθνική Τράπεζα της Ελλάδος.
- [8] Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών/ΙΓΜΕ, 1983. *Γενικευμένος γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:500.000*. ΙΓΜΕ.
- [9] Καμπούρογλου, Μ.Ε., 1994. Η Γεωμορφολογική εξέλιξη του κόλπου του Βόλου από τη Νεολιθική Εποχή μέχρι σήμερα. Στο *La Thessalie, Actes du Colloque International*, Lyon 17-22 Avril 1990. Vol. A., 41-52. Ministère Grec de la Culture. Athènes.
- [10] Κιάκου, Α., 2011. *Η πεδιάδα του Αλμυρού κατά τη Θεσσαλική προϊστορία: οικισμοί, χωρικές αναλύσεις και τοπικές ιδιαιτερότητες*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- [11] Λυριτζής, Ι., 2005. *Φυσικές Επιστήμες στην Αρχαιολογία*. 2η εκδ. Αθήνα: Τυπωθήτω – Γιώργος Δαρδανός.
- [12] Μερτίκας, Σ.Π., 2000. Θεωρία των αποδείξεων στην ταξινόμηση εικόνων τηλεπισκόπησης. Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, Ι (2), 73–80.
- [13] Μηλιαρέσης, Γ.Χ., 2003. *Φωτοερμηνεία-Τηλεπισκόπηση*, Αθήνα: Ίων.
- [14] Μουνδρέα-Αγραφιώτη Α. Το ερευνητικό πρόγραμμα στη Μαγούλα Ζερέλια, Αλμυρού, (Μαγνησία). *Δ' Συνέδριο Αλμυριωτικών Σπουδών*. Αλμυρός. Υπό έκδοση.
- [15] Μωυσιάδης, Α. 2010, *Σύγχρονες τεχνικές αποτύπωσης*, Διδακτικές σημειώσεις διάλεξης που διανεμήθηκαν στο Τμήμα Ανακαίνισης & Αποκατάστασης Κτιρίων του Τ.Ε.Ι. Λάρισας, στα Τρίκαλα, Οκτώβριος 2010.

-
- [16]Μωϋσιάδης, Α., 2002. *Αποτύπωση Βυζαντινού Ι.Ν. Πόρτας Παναγιάς μέσω κλασσικής τοπογραφίας, κλασσικής και ψηφιακής φωτογραμμετρίας - Ανάδειξη ιερών τόπων νομού Τρικάλων με τη χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS)*. Πτυχιακή Εργασία. Τ.Ε.Ι. Αθήνας.
- [17]Παπαγεωργίου, Σ., Στείρος Σ. και Χουρμουζιάδης Γ., 1994. Σχέσεις φυσικού περιβάλλοντος/γεωμορφολογικών μεταβολών και ιστορίας της κατοίκησης στην αρχαία Θεσσαλία. Στο La Thessalie, Actes du Colloque International, Lyon 17-22 Avril 1990. Vol. Α., 21-28. Ministère Grec de la Culture. Athènes.
- [18]Περάκης, Κ., 2015. Δορυφόροι και αισθητήρες. Στο: Κ. Περάκης Ι., Φαρασλής και Α. Μωυσιάδης., επιμ. *Η Τηλεπισκόπηση σε 13 Ενόητες*. Θεσσαλονίκη: Κάλλιπος, 978-960-603-295-0.
- [19]Σαρρής, Α., 2008. Επίγειες και δορυφορικές τεχνικές τηλεπισκόπησης και χαρτογράφησης αρχαιολογικών θέσεων. Στο: Ι. Λυριτζής, επιμ. *Νέες τεχνολογίες στις Αρχαιολογικές επιστήμες*. Αθήνα: Gutenberg, 177-196.
- [20]Σπυρόπουλος, Ν., 2010. *Αποκατάσταση ορυχείων-Ανοιχτών λατομείων με χρήση Τηλεπισκόπησης*, Διδακτορική Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- [21]Τσουντας, Χ., 1908. *Αι Προϊστορικάί Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου*. Αθήνα: Αρχαιολογική Εταιρεία Αθηνών.
- [22]Χουρμουζιάδης, Γ., 1979. *Το νεολιθικό Διμήνι*. Βόλος: Εταιρεία Θεσσαλικών Ερευνών.

9.2. Ξένη βιβλιογραφία

- [23]Adams, D., 1995. Thermal infra-red linescan and its application to aerial archaeology, Thesis (MSc). University of East Anglia.
- [24]Adams, R.E.W., Brown, W.E. and Culbert T.P., 1981. Radar mapping, archaeology and ancient Maya land use. *Science*, 213 (4515), 1457-1463.
- [25]Albertz, J., 2001. Albrecht Meydenbauer - pioneer of photogrammetric documentation of the cultural heritage, In: J. Albertz, ed. XVIII CIPA Symposium: 18-21 September 2001. Potsdam, Germany, 19-25.
- [26]Alexakis, D., Astaras, T., Sarris, A., Vouzaxakis K. and Karimali, L., 2007. Reconstructing the Neolithic landscape of Thessaly through a GIS and geological approach, In: A. Posluschn, K. Lambers & I. Herzog, eds. *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*. 2-6 April 2007 Berlin, Germany: Kolloquien zur Vor und Frühgeschichte, 1-8.
- [27]Alexakis, D., Sarris, A., Astaras, T. and Albanakis, K., 2009. Detection of Neolithic settlements in Thessaly (Greece) through multispectral and hyperspectral satellite imagery. *Sensors*, 9 (2), 1167-1187.
- [28]Alexakis, D., Sarris, A., Astaras, T. and Albanakis, K., 2011. Integrated GIS, remote sensing and geomorphologic approaches for the reconstruction of the landscape

-
- habitation of Thessaly during the Neolithic period. *Journal of Archaeological Science*, (38), 89–100.
- [29]Andreou, S., Fotiadis, M., Kotsakis, K., 1996. Review of Aegean Prehistory V: The Neolithic and Bronze Age of Northern Greece. *American Journal of Archaeology*, 100, 537-597.
- [30]Ardissone, P. and Rinaudo, F., 2005. A GIS for the management of historical and archaeological data, *In*: S. Dequal ed. CIPA XX International Symposium: 26 September - 01 October, 2005. Torino, Italy.
- [31]Aschmann, H.H., Bowden, L.W., Lyons, T.R. and Solecki, R.S., 1975. People: past and present, *In* R.G. Reeves, ed. *Manual of remote sensing*. Falls Church, Virginia, USA: 1000-1060.
- [32]Auboin, J., 1959. Contribution à l'étude géologique de la Thessalie. *Annales Géologiques des Pays Héliéniques*, 10, Athènes.
- [33]Baltsavias, E. and Gruen, A., 2006. Automated and semi-automated object extraction (satellite, aerial and terrestrial sensors), *Conference Paper*, The Aristotle University of Thessaloniki, Department of Rural and Surveying Engineering.
- [34]Baltsavias, E., Gruen, A., van Gool, L. and Pateraki, M., ed., 2006. *Recording, modelling and visualization of cultural heritage*. Taylor & Francis, London.
- [35]Baltsavias, E., Remondino, F., Weckerle, R., Ohlmann, J., Al-Hanbali, N., Al Bayari, O., Saleh, B., Almasri, H. and Al Azizi, J., 2006. Image-based virtual reconstruction of complex architectures using sophisticated automated matching procedures: the Artemis temple in Jerash, Jordan, *In*: H.-G. Maas and D. Schneider, ed. *Proceedings of the ISPRS Commission V Symposium, 'Image Engineering and Vision Metrology*, Dresden, Germany, 1-6.
- [36]Barrett, J.C., 1999. The mythical landscapes of the British Iron Age. *In*: A. Ashmore, and A.B. Knapp, eds., *Archaeologies of Landscape*, Oxford: Blackwell, 253-265.
- [37]Barlinhaug, S., Holm-Olsen, I. and Tømmervik, H., 2007. Monitoring Archaeological Sites in a Changing Landscape-Using Multitemporal Satellite Remote Sensing as an 'Early Warning' Method for Detecting Regrowth Processes. *Archaeological Prospection*, 14 (4), 231-244.
- [38]Besl, P.J. and McKay, H.D., 1992. A method for registration of 3D shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 14 (2), 239-256.
- [39]Bewley, R.H., 2003. Aerial survey for archaeology, *The Photogrammetric Record*, (18) 104, 273-292.
- [40]Boehler, W. and Marbs, A., 2003. 3D scanning instruments (White paper), Institute for Spatial Information and Surveying Technology, FH Mainz, University of Applied Sciences.
- [41]Boehler, W., Bordas Vicent, M. and Marbs, A., 2003. Investigating laser scanning accuracy, *In*: O. Altan ed. *XIX CIPA Symposium, working group 6*: 30 September - 4 October 2003. Antalya, Turkey: 696-701.
- [42]Bonham-Carter, G.F. 1994. *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. Oxford: Pergamon Press.
-

-
- [43]Bottema, S., 1979. Pollenanalytical investigations in Thessaly (Greece). *Palaeohistoria*, 21, 19-40.
- [44]Bottema, S., 1982. Palynological investigations in Greece with special reference to pollen as an indicator of human activity. *Palaeohistoria*, 24, 257-289.
- [45]Bottema, S., 1988. A reconstruction of the Halos environment on the basis of palynological information. In: R. Reinders, ed. *New Halos*, 216-226.
- [46]Bottema, S., 1994. The prehistoric environment of Greece: A review of the palynological record. In: P.N. Kardulias, ed. *Beyond the site: Regional studies in the Aegean Area*. University Press of America, 45-68.
- [47]Bradley, R., 1998. Ruined buildings, ruined stones, enclosures, tombs and natural places in the Neolithic south-west England. *World Archaeology*, 30 13-22.
- [48]Brivio, P., Pepe, M. and Tomasoni, R., 2000. Multispectral and multiscale remote sensing data for archaeological prospecting in an alpine alluvial plain. *Journal of Cultural Heritage*, 1 (2), 155-164.
- [49]Bruckner, H., 2005. Holocene shoreline displacements and their consequences for human societies: the example of Ephesus in western Turkey. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 137 (Suppl.), 11-22.
- [50]Burrough, P.A., 1986. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. New York: Oxford Science Publication.
- [51]Caputo, R., 1990. Geological and structural study of the recent and active brittle deformation of the neogene-quaternary basins of Thessaly (central Greece). *Scientific Annals of the Geological Department*, 12, pp. 252.
- [52]Chase, A., Chase, D., Weishampel, J., Drake, J., Shrestha, R., Slatton, K., Awe, J. and Carter, W. 2011. Airborne LiDAR, archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize. *Journal of Archaeological Science*, 38 (2), 387-389.
- [53]Chen, Y. and Medioni, G., 1991. Object modeling by registration of multiple range images, In: *Proceedings of IEEE Conference on Robotics and Automation*: 21-26 May 1991. Sacramento, California: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2724-2729.
- [54]Chitham, R., 1980. *Measured drawing for architects*. London: Architectural Press.
- [55]Chikatsu, H., and Yokoyama, H., 2003. *Robust filtering for topographic surveying by terrestrial laser scanner*, In: 6th Conference Optical 3-D Measurement Techniques, Vol. I: 22-25 September 2003. Zurich, Switzerland, 338-345.
- [56]Clark, J.G.D. 1952. *Prehistoric Europe. The Economic Basis*. London: Methuen.
- [57]Clark, A.J. 1990. *Seeing beneath the Soil. Prospecting Methods in Archaeology*. London: B.T. Batsford Ltd.
- [58]Clarke, D., 1977. *Spatial Archaeology*. London: Academic Press Inc.
- [59]Clarke, T.A., Cooper, M.A.R., Chen, J. and Robson, S., 1995. Automatic three dimensional measurement using multiple CCD camera views. *The Photogrammetric Record*, 15 (85), 27-42.
-

-
- [60]Comfort, A., 1997. Satellite remote sensing and archaeological survey on the Euphrates. *Aerial Archaeology Research Group (AARG) News*, 14, 39-46.
- [61]Contreras, D., 2009. Reconstructing landscape at Chavín de Huántar, Perú: A GIS-based approach. *Journal of Archaeological Science*, 36 (4), 1006-1017.
- [62]Conyers, L.B. and Goodman, D. 1997. *Ground Penetrating Radar: An Introduction for Archaeologists*. California: AltaMira Press.
- [63]Cooper, M.A.R. and Robson S. 2001. Theory of close range photogrammetry. In K.B. Atkinson, ed. *Close range photogrammetry and machine vision*. Scotland: Whittles Publishing, 52-77.
- [64]Conyers, L., 2004. *Ground penetrating radar for archaeology*. California: Altamira Press.
- [65]Costa, B., Fiori, F., Garau, E. and Rovina, D., 2005. GIS for archaeological data management: the case of Ssanta Filittica, Sorso (ss), Sardinia, In: S. Dequal ed. *CIPA XX International Symposium*: 26 September - 01 October, 2005. Torino, Italy.
- [66]Crawford, O.G.S., 1929. Air Photography for Archaeologists. In: Ordnance Survey Professional Papers, New Series, 12, HMSO, Southampton.
- [67]Dallas, R.W.A., 1980. Architectural and archaeological recording. In K.B. Atkinson, ed. *Developments in close range photogrammetry*. London: Applied Science, 81-116.
- [68]Demir, N. and Baltsavias, E., 2012. Automated modeling of 3D building roofs using LIDAR and image data, In: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume I-4, XXII ISPRS Congress*: 25 August – 1 September 2012. Melbourne, Australia, pp. 35-40.
- [69]Demitrack, A., 1986. *The Late quaternary geologic history of the Larissa plain, Thessaly, Greece: tectonic, climatic and human impact on the landscape*, Thesis (PhD). Stanford University.
- [70]Dempster, A.P., 1968. A generalization of Bayesian inference. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 30, 205-247.
- [71]Devereux, B.J., Amable, G.S., Crow, P. and Cliff, A.D., 2005. The potential of airborne lidar for detection of archaeological features under woodland canopies. *Antiquity Journal*, 79 (305), 648-650.
- [72]Devillers, B., Excoffon, P., Morhange, C., Bonnet, S. and Bertoncello, F., 2007. Relative sealevel changes and coastal evolution at Forum Julii (Fréjus, Provence). *Comptes Rendus Geoscience*, 339, 329-336.
- [73]Doolittle, J. And Bellantoni, N., 2010. The search for graves with ground-penetrating radar in Connecticut. *Journal of Archaeological Science*, 37 (5) 941-949.
- [74]Dowman, I.J., 2001. Fundamentals of digital photogrammetry. In K.B. Atkinson, ed. *Close range photogrammetry and machine vision*. Scotland: Whittles Publishing, 52-77.
- [75]Duncan, R.B. and Beckman, A., 2000. Site location in Pennsylvania and West Virginia. In K.L. Westcott and R.J. Brandon, eds. *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modeling Kit*. London: Taylor & Francis, 33-58.
-

-
- [76]Eastman, J.R., 1997. *IDRISI for Windows Version 2.0: User's guide*. Clark Labs, Clark University, Worcester, Maine, USA.
- [77]Eastman, J.R., 2012. *IDRISI Selva Manual: Manual Version 17*. Clark Labs, Clark University, Worcester, Maine, USA.
- [78]Ebert, J.I., 1997. Remote sensing applications in archaeology. *Adv Arch. Methods & Theory*, 7, 293-362.
- [79]Emmolo, D., Franco, V., Lo Brutto, M., Orlando, P., Villa, B., 2004. Hyperspectral Techniques and GIS for Archaeological Investigation, *XXth ISPRS congress on Geoimagery Bridging Continents, Istanbul, Turkey*.
- [80]Finke, E.A.W., 1984. *Die Entwicklung der Bucht von Volos im Holozän, Stratigraphie, Entwicklung der Küstenlinie, Isotopenuntersuchungen, Geologische Kartierung*. Diplomarbeit am Fachbereich Mathematik- Naturwissenschaften der Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- [81]Floras, S. and Sgouras, I., 2004. Reconnaissance survey of the geology and soils, In Reinders, R. (ed), *Prehistoric sites at the Almiros and Sourpi Plains (Thessaly, Greece)*. Koninklijke van Gorcum, Royal van Gorcum, Assen.
- [82]Fouache, E., 1999. *BCH. L'Alluvionnement historique en Grece occidentale et au Peloponnese: geomorphologie, archeologie et histoire*, vol. 35. Editions De Boccard.
- [83]Fouache, E., 2003. *The Mediteranean World: Environment and History, Actes du Colloque Environmental Dynamics and History in Mediterraneans Areas*.
- [84]Fouache, E., Dalongeville, R., Kunesch, S., Suc, J.P., Subally, D., Prieur, A. and Lozouet, P., 2005. The environmental setting of the harbour of the classical site of Oeniades (Archanania, Acheloos Delta, Greece). *Geoarchaeology*, 20 (3), 285-302.
- [85]Fowler, M.J.F., 1991. *Satellite Archaeology. Spaceflight* 33, 281-283.
- [86]Fowler, M.J.F., 1996. High-resolution satellite imagery in archaeological application: a Russian satellite photograph of the Stonehenge region. *Antiquity*, 70 (269), 667-671.
- [87]Fowler, M.J.F., 2001. A high-resolution satellite image of archaeological features to the south of Stonehenge. *International Journal of Remote Sensing*, 22 (7), 1167-1171.
- [88]Fowler, M.J. F., 2002. Satellite Remote Sensing and Archaeology: a Comparative Study of Satellite Imagery of the Environs of Figsbury Ring, Wiltshir. *Archaeological Prospection*, 9 (2), 55-69.
- [89]Frank, J. and Krist, Jr., 2006. Multicriteria/Multiobjective Predictive Modeling: A Tool for Simulating Hunter-Gatherer Decision Making and Behavior. In: M.W. Mehrer and K.L. Westcott, eds. *GIS and Archaeological Site Location Modeling*. Florida: CRC Press, Taylor & Francis, 335-353.
- [90]Gaffney, V. and van Leusen, P.M., 1995. Postscript: GIS, environmental determinism and archaeology. A parallel text. In G.R. Lock and Z. Stančič, eds. *Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective*. London: Taylor & Francis, 367-382.
- [91]Gaffney, C. and Gater, J., 2003. *Revealing the Buried Past: Geophysics for Archaeologists*. Stroud: Tempus.
-

-
- [92]Gallagher, J. and Josephs, R., 2008. Using LiDAR to Detect Cultural Resources in a Forested Environment: an Example from Isle Royale National Park, Michigan, USA. *Archaeological Prospection*, 15 (3), 187-206.
- [93]Georgoula, O., Kaimaris, D., Tsakiri, M. and Patias, P., 2003. From the aerial photo to high resolution satellite image. Tools for the archaeological research, ISPRS 2003 Conference Commission 7.
- [94]Ghilardi, M., Genç, A., Syrides, G., Bloemendal, J., Psomiadis, D., Paraschou, T., Kunesch, S. and Fouache, E., 2010. Reconstruction of the landscape history around the remnant arch of the Klidhi Roman Bridge, Thessaloniki Plain, North Central Greece. *Journal of Archaeological Science*, 37 (1), 178-191.
- [95]Gibbons, A., 1991. A “new look” for archaeology. *Science*, 252, 918-920.
- [96]Goodman, D., 1994. Ground-penetrating radar simulation in engineering and archaeology. *Geophysic*, 59 (2), 224-232.
- [97]Goiran, J.P. and Morhange, C., 2003. Geoarch ologie des ports antiques de mediterranee. *Topoi*, 11, 645-667.
- [98]Grundman, K., 1937a. Magoula Hadzimisiotiki. *Athenische Mittheilungen*, 62, 5-69.
- [99]Grundman, K., 1937b. Donauländischer Import im Steinzeitlichen Thessalien, *Athenische Mittheilungen*, 59, 123-136.
- [100]Guochang, Xu, 2007. *GPS, theory, algorithms and applications*, Berlin: Springer.
- [101]Halstead, P.L.J. 1977. *Prehistoric Thessaly. The submergence of civilization in Mycenaean Geography*. Cambridge: Bintliff, pp. 23-29.
- [102]Halstead, P.L.J., 1984. *Strategies for Survival: An ecological approach to social and economic change in the early farming communities of Thessaly, Northern Greece*. Thesis (PhD). Cambridge University.
- [103]Hansen, D.H., 1933. *Early civilization in Thessaly*, Baltimore: Hopkins.
- [104]Helly, B., 1975. La Thessalie: actes de la Table – ronde, Lyon.
- [105]Helton, J.C. 1997. Uncertainty and Sensitivity Analysis in the Presence of Stochastic and Subjective Uncertainty. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 57 (1–4), 3-76.
- [106]Higgs, E.S., 1975. *Palaeoeconomy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [107]Hosseininaveh, A., Serpico, M., Robson, S., Hess, M., Boehm, J., Pridden, I. and Amati, G., 2012. Automatic image selection in photogrammetric multi-view stereo methods, *13th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST (2012)*, ed. D. Arnold, J. Kaminski, F. Niccolucci, and A. Stork. Διαθέσιμο από: Eurographics Digital Library, [24 Φεβρουαρίου 2010].
- [108]Humme A., Lindenbergh, R. and Sueur, C., 2003. Revealing Celtic fields from Lidar data using kriging based filtering, *In: H.G. Maas, D. Schneider eds. ISPRS Commission V Symposium Image Engineering and Vision Metrology*, 25-27 September, 2006, Dresden, Germany.
-

-
- [109]Hess, M., and Robson, S., 2010. 3D colour imaging for cultural heritage artefacts. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII, (5), 288-292.
- [110]Hogg, A.H., 1980. *Surveying for archaeologists and other fieldworkers*. London: Croom Helm.
- [111]Hanke, K., 2004. Restitution and visualization of the medieval fortress Kufstein, In: *Proceedings of the International Workshop on Vision Techniques applied to Rehabilitation of City Centres*: 25-27 October 2004. Lisbon, Portugal: Georgia Institute of Technology, CIPA, 1-5.
- [112]Ingold, T., 1993. The temporality of the landscape. *World Archaeology*, 25, 152-174.
- [113]Johnson, K., and Ouimet, W.B., 2014. Rediscovering the Lost Archaeological Landscape of Southern New England Using Airborne Light Detection and Ranging (LiDAR). *Journal of Archaeological Science*, 43, 9-20.
- [114]Jones, I., 1655. *The Most Notable Antiquity of Great Britain, Vulgarly Called Stone-Heng, on Salisbury Plain*, Restored, London.
- [115]Jøsang, A., and Simon, P., 2012. Dempster's Rule as Seen by Little Colored Balls. *Computational Intelligence*. 28 (4), 453-474.
- [116]Joyce, C., 1992. Archaeology takes to the skies. *New Scientist*, 133, 42-46.
- [117]Judge, W.J. and Sebastian, L., eds.1988. *Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method and Application of Archaeological Predictive Modeling*. Washington, DC, US Bureau of Land Management, Department of Interior, US Government Printing Office.
- [118]Kaimaris, D., Georgoula, O., Karadedos, G. and Patias, P., 2009. Aerial and Remote Sensing Archaeology in Eastern Macedonia, Greece. In: Yukata Takase ed. *22nd CIPA Symposium*, 11-15 October 2009. Kyoto, Japan.
- [119]Kakiuchi, T., Chikatsub, H. and Sato, H., 2007. Documentation and visualization of ancient burial mounds by helicopter laser surveying, In: F. Remondino and S. El-Hakim eds. *3D-ARCH 2007: Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, Commission V, WG V/2 V/4*: 12-13 July 2007, Zurich, Switzerland.
- [120]Karara, H.M., ed., 1989. *Non-topographic photogrammetry*. 2nd ed., Virginia, USA: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Science and Engineering Series.
- [121]Kłopotek, M.A. and Wierzchoń, S.T., 1998. A New Qualitative Rough-Set Approach to Modeling Belief Functions. In L. Polkowski, A. Skowron eds: *Rough Sets And Current Trends In Computing. Proc. 1st International Conference RSCTC'98*, 22-26 June 1998, Warsaw, Lecture Notes in Artificial Intelligence 1424, Springer-Verlag, pp. 346–353.
- [122]Kraft, J.C., Aschenbrenner, S.E., and Rapp, G., 1977. Palaeogeographic reconstructions of coastal Aegean Archaeological sites. *Science*, 195, 941-947.
- [123]Kraus, K., 1997. *Photogrammetry Vol. 1*, Bonn: Dummler.
- [124]Kvamme, K.L., 1983. Computer processing techniques for regional modeling of archaeological site locations. *Advances in Computer Archaeology*, 1, 26-52.
-

-
- [125] Kvamme, K.L., 1985. Determining relationships between the natural environment and prehistoric site locations: a hunter gatherer example. In: C. Carr, ed. *For Concordance in Archaeological Analysis: Bridging Data Structure, Quantitative Technique and Theory*. Kansas City, KS.: Westport, 208-238.
- [126] Kvamme, K.L., 1990. The fundamental principles and practice of predictive archaeological modeling. In: A. Voorrips, ed. *Mathematics and Information Science in Archaeology: A Flexible Framework, Studies in Modern Archaeology*. Bonn: Holos-Verlag, 257-295.
- [127] Kuznetsov, V.P., 1991. *Interval Statistical Models, (In Russian)*, Moscow: Radio and Sviaz.
- [128] Lasaponara, R. and Masini, N., 2006. On the potential of QuickBird data for archaeological prospection. *International Journal of Remote Sensing*, 27 (16), 3607-3614.
- [129] Lasaponara, R. and Masini, N., 2007. Detection of archaeological crop marks by using satellite QuickBird multispectral imagery. *Journal of Archaeological Science*, 34 (2), 214-221.
- [130] Lasaponara, P. and Masini, N., eds., 2011. Satellite remote sensing in archaeology: past, present and future perspectives. *Journal of Archaeological Science*, 38 (9), 1995-2002.
- [131] Leake, W., 1835. *Travels in northern Greece*. Elibron Classics.
- [132] Leica Geosystems, AG., 2002. *Axyz, mathematics for users*, Leica.
- [133] Lertlum S., and Mamoru S., 2009. Application of Geo-Informatics to the Study of the Royal Road from Angkor to Phimai. *Southeast Asian Studies*, 46 (4), 547-563.
- [134] Linford, N., 2006. The Application of Geophysical Methods to Archaeological Prospection. *Reports on Progress in Physics*, 69, 2205-2257.
- [135] Lolling, H., 1884. Mittheilungen aus Thessalien. *Mittheilungen des Deutschen Archäologischen Instituts Athenische Mittheilungen* 9, 97-116.
- [136] Lira, J., López, P. and Rodriguez, A., 2005. Detection of Maya's archaeological sites using high resolution radar images. *International Journal of Remote Sensing*, 26 (6), 1245-1260.
- [137] Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S. and Harley, I., 2006. *Close range photogrammetry: principles, techniques and applications: principles, methods and applications*, Scotland: Whittles Publishing.
- [138] Madry, S., Cole, M., Gould, S., Resnick, B., Seibel, S. and Wilkerson, M., 2006. A GIS-Based Archaeological Predictive Model and Decision Support System for the North Carolina Department of Transportation. In: M.W. Mehrer and K.L. Westcott, eds. *GIS and Archaeological Site Location Modeling*. Florida: CRC Press, Taylor & Francis, 317-334.
- [139] Marriner, N., Morhange, C., Boudagher-Fadel, M., Bourcier, M. and Carbonel, P., 2005. Geoarchaeology of Tyre's ancient northern harbour, Phoenicia. *Journal of Archaeological Science*, 32, 1302-1327.
- [140] Marriner, N. and Morhange, C., 2007. Geoscience of Mediterranean harbours. *Earth Science Reviews*, 80 (3-4), 137-194.
-

-
- [141]Marriner, N., Morhange, C. and Doumet-Serhal, C., 2007. Geoarchaeology of Sidon's ancient harbours, Phoenicia. *Journal of Archaeological Science*, 33, 1524-1535.
- [142]Marriner, N., Morhange, C. and Saghie-Beydoun, M., 2008. Geoarchaeology of Beirut's ancient harbour, Phoenicia. *Journal of Archaeological Science*, 35, 2495-2516.
- [143]Mehrer, M.W. and Westcott, K.L., 2006. *GIS and Archaeological site location modeling*, Florida: Taylor and Francis.
- [144]Merlo, S., Colin, A., 2005. Developing a multidimensional GIS framework for archaeological excavations, In: S. Dequal ed. *XX CIPA International symposium*, 26 September – 01 October, 2005, Torino, Italy.
- [145]Mikhail, E.M., Bethel J.M. and McGlone J.C., 2001. *Introduction to modern photogrammetry*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [146]Moundea-Agrafioti, A.E., 2006. First systematic research excavation at the magoula Zerelia of the Municipality of Almiros. In: *2nd archaeological project of Thessaly and central Greece*, 16-19 March 2006 Volos, Greece.
- [147]Moysiadis, A., 2004. *Accuracy assessment of photogrammetry with laser scanning in monument documentation*. Thesis (MSc). University College London (UCL) - University of London.
- [148]Moysiadis, A. and Perakis, K., 2011. The potential of conventional surveying, photogrammetry and laser scanning in monuments of cultural heritage documentation, In: A. Kungolos, A. Karagiannidis, K. Aravossis, P. Samaras, K.W. Schramm, eds. *3rd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2011) & SECOTOX Conference*: 19-24 June 2011. Skiathos, Greece, 1291-1296.
- [149]Moysiadis, A., 2010. The satellite navigation system principles and its integration to photogrammetry and other related disciplines. *ISPRS-SC Newsletter*, 4 (3), 1-8.
- [150]Müller, H., 2005. Spatial information technology for the archaeological research area of the ancient city Tavium, central Anatolia, In: S. Dequal ed. *XX CIPA International symposium*, 26 September - 01 October, 2005, Torino, Italy.
- [151]Ogleby, C., Papadaki, H., Robson, S. and Shortis, M.R., 1999. Comparative camera calibrations of some 'off the shelf' digital cameras suited to archaeological purposes. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32 (5W11), 69-75.
- [152]Ogleby, C. and Rivett, L., 1985. *Handbook of heritage photogrammetry*. Canberra: Australian Heritage Commission, Special Australian Heritage Publication Series No.4, Australian Government Pub. Service.
- [153]Palmer, R., 1993. Remote sensing and archaeology. *Aerial Archaeology Research Group (AARG) News*, 7, 18-19.
- [154]Patias, P., Stylianidis, E. and Terzitanos, K., 1998. Comparison of simple off-the-self and of-wide-use 3D modelling software to strict photogrammetric procedures for close-range applications. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32 (5), 628-632.
- [155]Pearl, J., 1988a. *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems*, San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
-

-
- [156]Pearl, J., 1988b. On Probability Intervals". *International Journal of Approximate Reasoning*. 2 (3), 211-216.
- [157]Pearl, J., 1990. Reasoning with Belief Functions: An Analysis of Compatibility. *The International Journal of Approximate Reasoning*. 4 (5/6), 363-389.
- [158]Perlès, C., 2001. *The Early Neolithic in Greece: The first farming communities in Europe*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [159]Petrie, G. and Toth, C.K., 2009. Airborne and spaceborne laser profilers and scanners. In J. Shan and C.K. Toth eds. *Topographic laser ranging and scanning: principles and processing*. CRC Press, 29-88.
- [160]Petrie, G. and Toth, C.K., 2009. Terrestrial laser scanners. In J. Shan and C.K. Toth, eds. *Topographic laser ranging and scanning: principles and processing*. CRC Press, 87-128.
- [161]Porsani, J., Renato, G., 2010. Use of Ground Penetrating Radar to map subsurface features at Lapa do Santo archaeological site (Brazil). *Ground Penetrating Radar (GPR), 2010 13th International Conference*, p.1-6.
- [162]Reinders, R. 1988. *New Halos: a Hellenistic Town in Thessalia, Greece*, Utrecht: Hes publishers.
- [163]Renfrew, C., 1996. *Archaeology: Theories, Methods and Practice*, 2nd ed. London: Thames & Hudson.
- [164]Richards, J.A. and Xiuping, J., 1998. *Remote sensing digital image analysis*, 3rd ed. Berlin: Springer.
- [165]Riley, D., 1979. Factors in the development of crop marks. *Aerial Archaeology*, 4, 28-32.
- [166]Robson, S., 2004. *Principles on photogrammetry*, Διδακτικές σημειώσεις διάλεξης που διανεμήθηκαν στο Τμήμα Γεωματικής Μηχανικής (Department of Geomatic Engineering) του Πανεπιστημίου του Λονδίνου (University College London/UCL), στο Λονδίνο Νοέμβριος 2004.
- [167]Robson, S. and Shortis M.R., 2010. VMS. (Version 8.4). [Software].
- [168]Rusinkiewicz, S. and Levoy, M., 2001. Efficient variants of the ICP algorithm, In: *Proceedings of the 3rd International Conference on 3D Digital Imaging and Modeling (3DIM)*: 28 May - 1 June 2001. Quebec City, Canada: IEEE Computer Society, 145-152.
- [169]Sarris, A. and Jones, R., 2000. Geophysical and related techniques applied to archaeological survey in the Mediterranean: A review. *Journal of Mediterranean Archaeology*, 13 (1), 3-75.
- [170]Savage, L.J. 1972. *The Foundations of Statistics*. 2nd ed. New York: Dover Publications.
- [171]Sear, D., 2011. Cartographic, Geophysical and Diver Surveys of the Medieval Town Site at Dunwich, Suffolk, England. *International Journal of Nautical Archaeology*, 40 (1), 113-132.
- [172]Scollar, I., Tabbagh, A., Hesse, A. and Herzog, I. 1990. *Archaeological Prospection and Remote Sensing*. Cambridge: Cambridge University Press.
-

-
- [173] Siart, C., Hecht, S., Holzhauer, I., Altherr, R., Meyer, H.P., Schukraft, G., Eitel, B., Bubenzer, O. and Panagiotopoulos, D., 2010. Landscape Evolution and Geoarchaeology, Karst depressions as geoarchaeological archives: The palaeoenvironmental reconstruction of Zominthos (Central Crete), based on geophysical prospection, sedimentological investigations and GIS. *Quaternary International*, 216 (1-2), 75-92.
- [174] Sivignon, M., 1992. *Θεσσαλία: Γεωγραφική ανάλυση μιας ελληνικής περιφέρειας*. (Μτφρ. Αναστοπούλου, Γ.). Μορφωτικό Ινστιτούτο Αγροτικής Τράπεζας.
- [175] Shafer, G., 1976. *A mathematical theory of evidence*. New Jersey: Princeton University Press.
- [176] Sogreah Grenoble, 1974. Groundwater development study for the Thessalian plain, *Technical Report R11971*, commissioned by the Greek Ministry of Agriculture, unpublished.
- [177] Shafer, G. and Pearl, J., eds., 1990. *Readings in Uncertain Reasoning*. San Mateo, California: Morgan Kaufmann.
- [178] Smets, P. 1994. What is Dempster-Shafer's model? In R.R. Yager, J. Kacprzyk and M. Fedrizzi, ed. *Advances in the Dempster-Shafer theory of evidence*. New York: John Wiley & Sons, 5-34.
- [179] Srinivasan, A. and Richards J.A., 1990. Knowledge based techniques for multi-source classification, *International Journal of Remote Sensing*, 11 (3), 505-525.
- [180] Srivastava, R.J. and Mock, T.J., 2002. *Belief Functions in Business Decision: Studies in Fuzziness and Soft Computing*, Physica-Verlag Heidelberg: New York.
- [181] Stählin, F., 1924. *Das Hellenische Thessalien*. Stuttgart: J. Engelhorn.
- [182] Stassopoulou, A., Petrou, M. and Kittler, J., 1998. Application of a Bayesian network in a GIS based decision making system. *International Journal of Geographical Information Science*, 12 (1), 23-46.
- [183] Sternberg, B., McGill, J. 1995. Archaeology studies in southern Arizona using ground penetrating radar. *Journal of Applied Geophysics*, 33 (1-3), 209-225.
- [184] Stiros, S. and Papageorgiou, S., 1994. Post Mesolithic evolution of the Thessalian landscape. Στο *Θεσσαλία. Δεκαπέντε χρόνια αρχαιολογικής έρευνας 1975-1990. Αποτελέσματα και Προοπτικές. Μέρος Α*, Υπουργείο Πολιτισμού, 21-28.
- [185] van Straaten, L.M.J.U., 1988. Mollusc shell assemblages in core samples from ancient Halos (Greece). In R.Reinders, ed. *New Halos*, 227-235.
- [186] Streilein, A., Beyer, H. and Kersten, T., 1992. *Digital photogrammetric techniques for architectural design*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 29 (B5), 825-831.
- [187] Sugita, S., Parshall, T., Calcote, T. and Walker, K., 2010. Testing the Landscape Reconstruction Algorithm for spatially explicit reconstruction of vegetation in northern Michigan and Wisconsin. *Quaternary Research*, 74 (2), 289-300.
- [188] Tilley, C., 1994. *A Phenomenology of Landscape: Paths, Places and Monuments*. Oxford: Berg.

-
- [189]Tilley, C., 1996. The powers or rocks: topography and monument construction on Bodmin Moor. *World Archaeology*, 28, 161-176.
- [190]Tilley, C. and Bennet, W., 2001. An archaeology of super-natural places. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 7, 335-362.
- [191]UNESCO 1996. Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention.WHC/2/Revised. 1996:68.
- [192]Vaughn, S. and Crawford, T., 2009. A predictive model of archaeological potential: An example from northwestern Belize. *Applied Geography*, 29 (4), 542-555.
- [193]Veljanovski, T. and Stančič, Z., 2006. Predictive Modeling in a Homogeneous Environment: An Example from the Charleston Naval Weapons Station, South Carolina. In: M.W. Mehrer and K.L. Westcott, eds. *GIS and Archaeological Site Location Modeling*. Florida: CRC Press, Taylor & Francis, 393-411.
- [194]Vosselman, G. and Maas, H., 2010. *Airborne and terrestrial laser scanning*, Scotland: Whittles Publishing.
- [195]Vött, A., 2007. Silting up Oiniadai's harbours (Archelooos River delta, NW Greece). Geoarchaeological implications of late Holocene landscapes changes. *Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement*, 1, 19-36.
- [196]Wace, A.J.B., and Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [197]Walley, P. and Fine T.L., 1982. Towards a Frequentist Theory of Upper and Lower Probability. *The Annals of Statistics*, 10 (3), 741-761.
- [198]Warren, R.E. and Asch, D.L., 2000. Site location in the Eastern Prairie Peninsula. In: K.L. Westcott and R.J. Brandon, eds. *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modeling Kit*. London: Taylor & Francis, 5-32.
- [199]Watanabe, N., 1999. Extracting ruins in Angkor region using satellite image data, In: *XVII CIPA Symposium, working group 5: 3 - 6 October 1999*. Olinda, Brazil.
- [200]Werbrouck, I., Antrop, M., Van Eetvelde, V. Stal, C., De Maeyer, Ph., Bats, M., Bourgeois, J., Court-Picon, M., Crombé, Ph., De Reu, J., De Smedt, Ph., Finke, P.A., Van Meirvenne, M., Verniers, J. and Zwertvaegher, A., 2011. Digital Elevation Model generation for historical landscape analysis based on LiDAR data, a case study in Flanders (Belgium). *Expert Systems with Applications*, 38 (7), 8178-8185.
- [201]Westcott, K.L. and Brandon, R.J., eds. 2000. *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modeling Kit*. London: Taylor & Francis.
- [202]Weymouth, J.W., 1986. Geophysical methods of archaeological site surveying. In: M.B. Schiffer, ed. *Advances in Archaeological Methods and Theory*. 5, 311-395, New York: Academic Press.
- [203]Weymouth, J.W. and Huggins, R. 1986. Geophysical surveying of archaeological sites. In: G. Rapp, Jr. and J.A. Gifford, eds. *Archaeological Geology*. 191-235.
- [204]Wilson, D.R., 1987. *Air photo interpretation for archaeologists*, The History Press.
- [205]Woodman, P.E., 2000. A predictive model for Mesolithic site location on Islay using logistic regression and GIS. In: S. Mithen. ed. *Hunter-Gatherer Landscape Archaeology*:

-
- The Southern Hebrides Mesolithic Project 1988-98, Vol. 2, Archaeological Fieldwork on Colonsay, Computer, Modelling, Experimental Archaeology and Final Interpretations.* Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research: 445-464.
- [206]Wright, D.F. and Bonham-Carter, G.F., 1996, VHMS favourability mapping with GIS-based integration models, Chisel Lake-Anderson Lake area: *In* G.F. Bonham-Carter, A.G. Galley and G.E.M. Hall, eds. *EXTECH I: A Multidisciplinary Approach to Massive Sulphide Research in the Rusty Lake-Snow Lake Greenstone Belts*, Manitoba, Geological Survey of Canada, Bulletin 426, 339-376, 387-401.
- [207]Wynn, J.C., 1986. Archaeological prospection: an introduction to the special issue. *Geophysics*, 35 (3), 533-537.
- [208]Xiaoye, L., 2008. Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues. *Progress in Physical Geography*, 32 (1), 31-49.
- [209]Yager, R., Fedrizzi, M. and Kacprzyk, J., 1994. *Advances in the Dempster-Shafer theory of evidence*. New York: Wiley.
- [210]Yager, R. and Liu, L., 2008. *Classic works of the Dempster-Shafer theory of belief functions*. Berlin: Springer.
- [211]Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3), 338-353.
- [212]Zadeh, L.A., 1986. A Simple View of the Dempster-Shafer Theory of Evidence and its Implication for the Rule of Combination. *AI Magazine*, 7 (2), 85-90.
- [213]Zangger, E., 1991. Prehistoric Coastal Environments in Greece: The vanished landscapes of Dimini bay and Lake Lerna. *Journal of Field Archaeology*, 18, 1-7.
- [214]Ziemann, H. and El Hakim, S.F., 1982. On the definition of lens distortion reference data with odd power polynomials. *The International Archives of Photogrammetry*, 24 (1), 123-130.

9.3. Πηγές διαδικτύου

- [215]Αρχαιολογική ανασκαφή στη Μαγούλα Ζερέλια 2015. Διαθέσιμο στο: <http://extras.ha.uth.gr/zerelia> [Πρόσβαση 21 Αυγούστου 2015].
- [216]Αρχαιολογικό Ινστιτούτο Θεσσαλικών Σπουδών, 2016. Άτλας Προϊστορικών Οικισμών Νομού Μαγνησίας. Διαθέσιμο στο: <http://atlasthessalias.culture.gr> [Πρόσβαση 21 Ιανουαρίου 2016].
- [217]Αστρολάβος ΤΕΧΝΙΚΗ Ο.Ε., 2012. Διαθέσιμο στο: <http://www.astrolabe.gr> [Πρόσβαση 21 Μαρτίου 2012].
- [218]Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού/ΓΥΣ, 2009. Διαθέσιμο στο: www.gys.gr [Πρόσβαση 20 Ιουνίου 2009].
- [219]Εθνική Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών/ΕΥΓΕΠ, 2011. Διαθέσιμο στο: www.geodata.gov.gr [Πρόσβαση 27 Ιουνίου 2011].
- [220]Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε., 2010. Διαθέσιμο στο: <http://www.ktimatologio.gr> [Πρόσβαση 30 Ιουνίου 2010].

-
- [221]Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών/Ι.Γ.Μ.Ε., 2009. Διαθέσιμο στο: <http://www.igme.gr> [Πρόσβαση 20 Ιουνίου 2009].
- [222]Μεσογειακό Ινστιτούτο για τη φύση και τον άνθρωπο, 2015. Διαθέσιμο στο: <http://www.med-ina.org/PUBLICATIONS.aspx> [Πρόσβαση 30 Ιουνίου 2015].
- [223]Πανδέκτης: Ψηφιακός Θησαυρός Πρωτογενών Τεκμηρίων Ελληνικής Ιστορίας και Πολιτισμού, 2015. Διαθέσιμο στο: <http://pandektis.ekt.gr> [Πρόσβαση 20 Ιουνίου 2012].
- [224]ArcGIS Server Help Topology in ArcGIS, 2011. Διαθέσιμο στο: http://webhelp.esri.com/arcgisserver/9.3/java/index.htm#geodatabases/topology_in_arcgis.htm [Πρόσβαση 30 Ιουνίου 2011].
- [225]ArcGIS Resources, 2014. Διαθέσιμο στο: http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisengine/java/gp_toolref/geoprocessing/surface_creation_and_analysis.htm [Πρόσβαση 30 Ιουνίου 2014].
- [226]Doneus, M., 2000. Διαθέσιμο στο: The Aerial Archive: Introduction to Aerial Archeology. http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/intro/aa_aaint.htm [Πρόσβαση 20 Ιουνίου 2013].
- [227]Ε-Κτηματολόγιο Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες, 2010. Διαθέσιμο στο: <https://www.ktimanet.gr> [Πρόσβαση 30 Ιουνίου 2010].
- [228]Earth Explorer - USGS, 2010. Διαθέσιμο στο: <http://earthexplorer.usgs.gov> [Πρόσβαση 30 Ιουνίου 2010].
- [229]English Heritage, 2015. Διαθέσιμο στο: www.english-heritage.org.uk [Πρόσβαση 25 Ιανουαρίου 2015].
- [230]Essex County Council, 2015. Διαθέσιμο στο: https://www.essex.gov.uk/Activities/Heritage/Documents/planning_stour_valley_crop_marks.pdf [Πρόσβαση 25 Ιανουαρίου 2015].
- [231]Galileo, European Space Agency (ESA), 2015. Διαθέσιμο στο: <http://www.esa.int/esaNA/galileo.html> [Πρόσβαση 25 Ιανουαρίου 2015].
- [232]Global Positioning System, US Department of Defense, 2015. Διαθέσιμο στο: <http://www.gps.gov> [Πρόσβαση 25 Ιανουαρίου 2015].
- [233]Glonass, Russian Federal Space Agency, 2015. Διαθέσιμο στο: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru> [Πρόσβαση 25 Ιανουαρίου 2015].
- [234]GPR-survey 2015. Διαθέσιμο στο: <http://www.gpr-survey.com> [Πρόσβαση 25 Ιανουαρίου 2015].
- [235]IGEAN ερευνητικό πρόγραμμα – Καινοτόμες γεωφυσικές προσεγγίσεις για τη μελέτη των πρώιμων αγροτικών εγκαταστάσεων της Νεολιθικής Θεσσαλίας, 2016. Διαθέσιμο στο: <http://igean.ims.forth.gr/?q=el/archaeological-sites> [Πρόσβαση 21 Ιανουαρίου 2016].
- [236]Institute of Archaeology, University of Oxford, 2013. Διαθέσιμο στο: <http://www.arch.ox.ac.uk/institute.html> [Πρόσβαση 20 Ιουνίου 2013].
- [237]International Committee for Documentation of Cultural Heritage (CIPA), 2014. Διαθέσιμο στο: <http://cipa.icomos.org> [Πρόσβαση 21 Ιανουαρίου 2014].

-
- [238]International Council on Monuments and Sites, (ICOMOS), 2014. Διαθέσιμο στο: <http://www.icomos.org> [Πρόσβαση 21 Ιανουαρίου 2014].
- [239]International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), 2014. Διαθέσιμο στο: <http://www.isprs.org> [Πρόσβαση 21 Ιανουαρίου 2014].
- [240]National Space Science and Technology Center 2015. Διαθέσιμο στο: http://nsssc.uah.edu/ats/tomsever/proj_peten.html [Πρόσβαση 20 Μαρτίου 2014].
- [241]Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Wales, 2015. Διαθέσιμο στο <http://www.rcahmw.gov.uk> [Πρόσβαση 25 Ιανουαρίου 2015].
- [242]Society of Antiquaries of London, 2013. Διαθέσιμο στο: <https://www.sal.org.uk> [Πρόσβαση 20 Ιουνίου 2013].
- [243]UNESCO's World Heritage Convention, 2014. Διαθέσιμο στο: <http://whc.unesco.org/en/conventiontext> [Πρόσβαση 20 Ιανουαρίου 2014].
- [244]United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation, (UNESCO), 2014. Διαθέσιμο στο: <http://www.unesco.org> [Πρόσβαση 20 Ιανουαρίου 2014].
- [245]Wheatley, D., 2004. Making space for an archaeology of place. *Internet Archaeology*, 15. Διαθέσιμο στο: <http://intarch.ac.uk/journal/issue15/10/toc.html> [Πρόσβαση 21 Αυγούστου 2013].

10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Α. Βιβλιογραφία Νεολιθικών οικισμών της Μαγνησίας

(Μετά από Αρχαιολογικό Ινστιτούτο Θεσσαλικών Σπουδών - Άτλας Προϊστορικών Οικισμών Μαγνησίας 2016, IGEAN 2016).

1. Άγιος Γεώργιος Φερών 1, Μαγούλα Ταμπούρι, Στήθωμα, Μαμτζή
 - Θεοχάρης, Δ.Ρ., 1965. *Αρχαιότητες και μνημεία Θεσσαλίας Αρχαιολογικό Δελτίο 20, Β* (σελ. 320).
 - Αποστολοπούλου – Κακαβογιάννη Ο., 1986. *Τοπογραφία της περιοχής των Φερών Θεσσαλίας κατά την προϊστορική περίοδο Αρχαιολογικό Δελτίο 34* (1979).
 - Γαλλής, Κ., 1992. *Άτλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας* (σελ. 93).
2. Άγιος Γεώργιος Φερών 2, μαγούλα Γκιούπμερη, θέση Μαγούλα
 - Θεοχάρης, Δ.Ρ., 1973. *Νεολιθική Ελλάς*.
 - Wijnen, M., 1982. *The early neolithic I settlement at Sesklo. An early farming community in Thessaly, Greece*.
 - Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece*. (σελ. 242).
 - Γαλλής, Κ., 1992. *Άτλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας* (σελ. 93).
3. Άγιος Δημήτριος Αερινού
 - Βουζαζάκης, Κ., 2009. *Νεολιθικές θέσεις στη Μαγνησία. Ανασκόπηση – Ανασύνθεση δεδομένων Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας 2* (2006) (σελ. 61-74).

4. Αέρινο (Περσουφλί μαγούλα)

- Τσουντας, Χ., 1908. *Αι Νεολιθικαί Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου* (σελ. 7).
- Wace, A.J.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 9).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 233).

5. Αγ. Νικόλαος Κανάλια

- Θεοχάρης, Δ.Ρ., 1973. *Νεολιθική Ελλάδα* (σελ. Χάρτης 4, αρ. 84).
- Γαλλής, Κ., 1992. *Άτλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας* (σελ. 128).
- Βουζαζάκης, Κ., 2009. *Νεολιθικές Θέσεις στη Μαγνησία. Ανασκόπηση - Ανασύνθεση Δεδομένων Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας 2* (σελ. 66 (αρ. 31)).

6. Αλμυριώτικη μαγούλα

- Wace, A.J.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 10).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 234).
- Μαλακασιώτη, Ζ., 1997. *Αρχαιολογικές και τοπογραφικές έρευνες στην τετράδα της Αχαΐας Φθιώτιδας: περιοχή Αλμυρού ΔΑΦΕΟ περίοδος Β' τ. 1* (σελ. 29-53).
- Βουζαζάκης, Κ., 2008. *Γεωγραφικά πρότυπα και θεωρίες του διακοινοτικού χώρου στη Νεολιθική Θεσσαλία. Διδακτορική Διατριβή.*
- Βουζαζάκης, Κ., 2008. *Η νεολιθική κατοίκηση στην περιοχή της επαρχίας Αλμυρού. Πρακτικά Δ Συνεδρίου Αλμυριώτικων Σπουδών. Υπό δημοσίευση.*
- Βουζαζάκης, Κ., 2009. *Νεολιθικές θέσεις στη Μαγνησία. Ανασκόπηση - Ανασύνθεση δεδομένων Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας 2* (2006)(σελ. 61-74).

7. Αλμυρός 2 Αμπέλια Αλμυρού

- Wace, A.j.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 10).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 234).
- Wijnen, M., Rondiri, V., 2004. *Magoula Ampelia Almirou, site 1994/16 Prehistoric sites at the Almiros and Sourpi Plains (thessaly Greece)* (σελ. 24-73).

8. Αμυγδαλιές

- Ερευνητής: Αδρύμη - Σισμάνη Βασιλική - Οικισμός Τελικής Νεολιθικής στη θέση Αμυγδαλιές.

9. Αϊδινιώτικη Μαγούλα

- Wace, A.j.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 10, 169).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 234).

10. Βαϊτση Μύλος

- Wace, A.j.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 10).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 234).

11. Βελανιδιά

- Θεοχάρης, Δ.Ρ., 1958. *Νεολιθικά εκ της περιοχής της Ιωλκού Θεσσαλικά, τ. 1* (σελ. 3-15).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 242).

-
- Βουζαζάκης, Κ., 2006. Προσδιορίζοντας το τοπίο στην περιοχή της Αρχαιολογικό έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας, 1 (πρακτικά επιστημονικής συνάντησης 2003) (σελ. 297-313).

12. Βελεστίνο 2, Άγιος Γεώργιος Φερών 4

- Τσούντας, Χ., 1908. Αι Νεολιθικά Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου (σελ. 4).
- Αρβανιτόπουλος, Α., 1910. Ανασκαφαί και έρευναι εν Θεσσαλία Πρακτικά Αρχαιολογικής Εταιρείας (1910).
- Wace, A.J.B & Thompson, M.S., 1912. Prehistoric Thessaly (σελ. 8).
- Grundmann, K., 1937. Magula Hadzimisiotiki Attenische Mitteilungen 62 (σελ. 123-136).
- Halstead, P., 1984. Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.
- Αποστολοπούλου – Κακαβογιάννη, Ο., 1986. Τοπογραφία της περιοχής των Φερών Θεσσαλίας κατά την προϊστορική περίοδο Αρχαιολογικό Δελτίο 34 (1979).
- Γαλλής, Κ., 1992. Άτλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας (σελ. 94-95).

13. Βελεστίνο 3 (Μαγούλα Μάτι)

- Τσούντας, Χ., 1908. Αι Νεολιθικά Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου (σελ. 4).
- Wace, A.J.B & Thompson, M.S., 1912. Prehistoric Thessaly (σελ. 8).
- Halstead, P., 1984. Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece. (σελ. 232).
- Γαλλής, Κ., 1992. Άτλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας (σελ. 103-104).

14. Βελεστίνο 4 (Μαγούλα Βισβίκη), Άγιος Γεώργιος Φερών 3 (Μικρό Στήθωμα ή Μικρό Ταμπούρι)

- Τσούντας, Χ., 1908. Αι Νεολιθικά Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου (σελ. 4).
- Wace, A.J.B. – Thompson, M.S., 1912. Prehistoric Thessaly (σελ. 8).

-
- Grundmann, K., 1937. *Magula Hadzimisiotiki Attenische Mitteilungen* 62 (σελ. 123-136).
 - Benecke, J., 1942. *Steinzeitdorfer in den Ebenen am Olymp Volkischer Beobachter* (σελ. 6).
 - Θεοχάρης, Δ.Ρ., 1973. *Νεολιθική Ελλάδα*.
 - Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece*. (σελ. 232).
 - Αποστολοπούλου – Κακαβογιάννη, Ο., 1986. *Τοπογραφία της περιοχής των Φερών Θεσσαλίας κατά την προϊστορική περίοδο Αρχαιολογικό Δελτίο* 34 (1979).
 - Γαλλής, Κ., 1992. *Ατλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας* (σελ. 93).
 - Hiller von Gaertringen J. Freihau, 1995. *Deutsche archäologische Unternehmungen im besetzten Griechenland* (σελ. 461-490).
 - Hänsel, B., 2001. *Ausgrabungen im thessalischen Velesino während des zweiten Weltkrieges Lux Orientis. Archäologie zwischen Asien und Europa. Festschrift für Harald Hauptmann zum 65. Geburtstag* (σελ. 173-179).
 - Perlès, C., 2001. *The Early Neolithic in Greece*.
 - Ντούζουγλη, & Alram-Stern E., 2009. *Ο Υστερονεολιθικός οικισμός της Μαγούλας Βισβίκη στη Νότια Θεσσαλία Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας* 2 (2006) (σελ. 75-84).
 - Βουζαζάκης, Κ., 2009. *Νεολιθικές θέσεις στη Μαγνησία. Ανασκόπηση – Ανασύνθεση δεδομένων Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας* 2 (2006) (σελ. 61-74).
 - *Εφημερίδα ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ* 27-10-2012. *Γερμανικές Ανασκαφές Βισβίκη*.
15. Βελεστίνο 5 - 6 (Υπέρεια, Μάτι, Μπακάλη, Βελεστίνο 1)
- Τσούντας, Χ., 1908. *Αι Νεολιθικαί Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου* (σελ. 16).
-

-
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 234).
 - Γαλλής, Κ., 1992. *Ατλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας* (σελ. 102).
16. Βελεστίνο, Ναός Θαυλίου Διός
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 237).
17. Βουλοκαλύβα, θέση 1990/75
-
18. Γρίτσα Πτελέου
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 241).
19. Διμήνι
- Τσούντας, Χ., 1908. *Αι Νεολιθικαί Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου* (σελ. 4, 27 κ.εξ.).
 - Wace, A.J.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 8, 58ff).
 - Χουρμουζιάδης, Γ., 1979. *Το Νεολιθικό Διμήνι*.
 - Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 232).
 - 1992. *Ο Mykenaikos Oikismos sto Dimini Praktika Diethnous Synedriou gia ten Archaia Thessalia, ste Mneme tou D. R. Theochari* (σελ. 271-278).
 - 1994. *Ο Mykenaikos Oikismos Diminiou Dekapende chronia archeologikes ereunas, 1975-1990. Apotelesmata kai Prooptikes, Praktika Diethnous Synedriou Lyon, 17-22 Apriliou 1990, Vol. 1.*

-
- Adrymi-Sismani, V., 1996. *The Mycenaean town at Dimini: new data about Ancient Iolkos Incunabula Graeca XCVIII3 (in Greek)* (σελ. 1295-1309).
 - 1999. *Mykenaikos Keramikos Klivanos sro Dimini [Mycenaean Pottery Kiln at Dimini] E Perifereia tou Mykenaikou Kosmou, A` Diethnes Diepistemoniko Symposio, Lamia, 25-29 Septemvriou 1994* (σελ. 131-142).

20. Ελευθεροχώρι (Κοκκινόβραχος)

- Ιντζεσίλογλου, Α., 1995. *Ελληνοϊταλικό πρόγραμμα Επιφανειακών Ερευνών Αρχαιολογικό Δελτίο 44 (1989), Χρονικά* (σελ. 228 - 229).

21. Ζερέλια

- Vollgraff, 1907-1910. *Notes on Topography of Phthiotis BSA 16* (σελ. 224).
- Τσουντας, Χ. 1908. *Αι Νεολιθικαί Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου* (σελ. 11).
- Wace, A.J.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 10 & 150-166).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 234).
- Haagssma, J.B. – Malakasioti, Z. – Rondiri, V. – Reinders, R., 1993. *Between Karatsadagli and Baklali Pharos 1.*
- Reinders, H.R., 2004. *Prehistoric Sites at the Almiros and Sourpi Plains (Thessaly Greece).*
- Wijnen, M. Rondiri, V., 2004. *Ceramics from Magoula Zerelia Prehistoric Sites at the Almiros and Sourpi Plains (Thessaly Greece).*
- Μουνδρέα-Αγραφιώτη, Α., 2008. *Το ερευνητικό πρόγραμμα στη Μαγούλα Ζερέλια, Αλμυρού, (Μαγνησία). Δ' Συνέδριο Αλμυριωτικών Σπουδών. Αλμυρός. Υπό έκδοση.*
- Βουζαζάκης, Κ., 2008. *Γεωγραφικά πρότυπα και θεωρίες του διακοινοτικού χώρου στη Νεολιθική Θεσσαλία. Διδακτορική Διατριβή.*
- Βουζαζάκης, Κ., 2008. *Η νεολιθική κατοίκηση στην περιοχή της επαρχίας Αλμυρού. Πρακτικά Δ Συνεδρίου Αλμυριώτικων Σπουδών. Υπό δημοσίευση.*

-
- Βουζαζάκης, Κ., 2009. Νεολιθικές θέσεις στη Μαγνησία. Ανασκόπηση – Ανασύνθεση δεδομένων Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας 2 (2006) (σελ. 61-74).
 - Σαρρής, Α. & Παπαδόπουλος, Ν., 2010. Τεχνική Έκθεση της Γεωφυσικής Διασκόπησης στη Προϊστορική Θέση Μαγούλα Ζερέλια του Δήμου Αλμυρού (2010).
 - Σαρρής, Απ., 2011. Μαγούλα Ζερέλια, Αλμυρός – Θεσσαλία Αρχαιο-τηλεσκοπικά Νέα τ. 10 (σελ. 13-14).
 - Μουνδρέα-Αγραφιώτη, Α., <http://extras.ha.uth.gr/zerelia/gr>.

22. Κάστρο Κοκκίνας

- Ιντζεσίλογλου, Α., 1995. Ελληνοϊταλικό πρόγραμμα Επιφανειακών Ερευνών Αρχαιολογικό Δελτίο 44 (1989), Χρονικά (σελ. 228 - 229).

23. Καμάρα

- Ροντήρη, Β., 2004. Έργα Εθνικής Οδού ΠΑΘΕ. Τμήμα Άγιοι Θεόδωροι – Αλμυρός. Χ.Θ. 271.300 Αρχαιολογικό Δελτίο 53, (1998) Χρονικά Β2 (σελ. 403-404).
- Ροντήρη, Β., 2005. Σούρπη Αρχαιολογικό Δελτίο 54, (1999) Χρονικά (σελ. 427-429).
- Καλογιάννη, Αιμ., Καλατζής, Δ., Νικολάου, Ε., Παππά, Ελ., Ροντήρη, Β., Στουρνάρας, Γρ., 2007. Νεότερες νεολιθικές έρευνες στην περιοχή Αλμυρού (σελ. 59-76).
- Βουζαζάκης Κ., 2008. Γεωγραφικά πρότυπα και θεωρίες του διακοινοτικού χώρου στη Νεολιθική Θεσσαλία. Διδακτορική Διατριβή (σελ. 284).
- Βουζαζάκης, Κ., 2009. Νεολιθικές θέσεις στη Μαγνησία. Ανασκόπηση - Ανασύνθεση Δεδομένων Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας 2 (2006) (σελ. 67).

24. Κανάλια 2 – «Θερμοκήπια»

- Αδρύμη, Β., 2013. ΑΓΡΟΤΕΣ ΚΑΙ ΨΑΡΑΔΕΣ «ΠΑΡΑ ΚΑΛΜΙΝΑΟΝ ΒΟΙΒΙΑΝ ΛΙΜΝΑΝ» ΑΝΑΣΚΑΜΜΑ (σελ. 49 - 62).

25. Καρατσάνταγλι

- Τσουντας, Χ., 1908. *Αι Νεολιθικαί Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου* (σελ. 12).
- Wace, A.J.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 10).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 234).
- Haagssma, J.B., Malakasioti, Z., Rondiri, V. & Reinders, R., 1993. *Between Karatsadagli and Baklali Pharos 1.*
- Reinders, H.R., Floras, S., Karimali, L., Malakasioti, Z., Prummel, W., Rondiri, V., Sgouras, I., Wijnen, M., 1997. *Gieben Karatsandagli, a Neolithic site in the Almiros Plain (Thessaly, Greece) Pharos 5* (σελ. 85-143).
- Reinders, H.R., 2004. *Prehistoric Sites at the Almiros and Sourpi Plains Thessaly Greece.*
- Μουνδρέα-Αγραφιώτη, Α., 2008. *Το ερευνητικό πρόγραμμα στη Μαγούλα Ζερέλια, Αλμυρού, (Μαγνησία). Δ' Συνέδριο Αλμυριωτικών Σπουδών. Αλμυρός. Υπό έκδοση.*
- Μουνδρέα-Αγραφιώτη, Α. <http://extras.ha.uth.gr/zerelia/gr/>.
- Βουζαζάκης, Κ., 2008. *Γεωγραφικά πρότυπα και θεωρίες του διακοινοτικού χώρου στη Νεολιθική Θεσσαλία. Διδακτορική Διατριβή.*
- Βουζαζάκης, Κ., 2008. *Η νεολιθική κατοίκηση στην περιοχή της επαρχίας Αλμυρού. Πρακτικά Δ Συνεδρίου Αλμυριωτικών Σπουδών. Υπό δημοσίευση.*
- Βουζαζάκης, Κ., 2009. *Νεολιθικές θέσεις στη Μαγνησία. Ανασκόπηση – Ανασύνθεση δεδομένων Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας 2 (2006) (σελ. 61-74).*

26. Καρατσαγκλιού Μαγούλα

- Βουζαζάκης, Κ., 2008. *Γεωγραφικά πρότυπα και θεωρίες του διακοινοτικού χώρου στη Νεολιθική Θεσσαλία. Διδακτορική Διατριβή.*

-
- Βουζαζάκης, Κ., 2009. Νεολιθικές θέσεις στη Μαγνησία. Ανασκόπηση – Ανασύνθεση δεδομένων Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας 2 (2006) (σελ. 61-74).
 - Βουζαζάκης, Κ., 2008. Η νεολιθική κατοίκηση στην περιοχή της επαρχίας Αλμυρού. Πρακτικά Δ Συνεδρίου Αλμυριώτικων Σπουδών. Υπό δημοσίευση.

27. Κουφόβουνο, Νέα Ιωνία Βόλου

- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 237).

28. Λατομείο

–

29. Λόφος στη θέση Σουβάλα νότια Σέσκλου

- Ιντζεσίλογλου, Α., 1995. Ελληνοϊταλικό πρόγραμμα Επιφανειακών Ερευνών Αρχαιολογικό Δελτίο 45 (1990), Χρονικά (σελ. 210 - 211).

30. Μαγούλα Μπελίτσι

- Vouzaxakis, K., 2001. A new Neolithic site in Thessaly (Greece): The Belitsi magoula Antiquity, vol. 75, no 287, March 2001 (σελ. 15-16).
- Βουζαζάκης, Κ., 2007. Νεολιθικός Οικισμός Μπελίτσι στον κόμβο Μικροθηβών Πρακτικά Γ Συνεδρίου Αλμυριώτικων Σπουδών.
- Βουζαζάκης, Κ., 2008. Η νεολιθική κατοίκηση στην περιοχή της επαρχίας Αλμυρού. Πρακτικά Δ Συνεδρίου Αλμυριώτικων Σπουδών. Υπό δημοσίευση.
- Βουζαζάκης, Κ., 2008. Γεωγραφικά πρότυπα και θεωρίες του διακοινοτικού χώρου στη Νεολιθική Θεσσαλία. Διδακτορική Διατριβή.
- Βουζαζάκης, Κ., 2009. Νεολιθικές θέσεις στη Μαγνησία. Ανασκόπηση – Ανασύνθεση δεδομένων Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας 2 (2006) (σελ. 61-74).
- Βουζαζάκης, Κ., 2009. Περιφέρεια Θεσσαλίας Μαγούλα Μπελίτσι: Μια νεολιθική θέση στην περιοχή των Μικροθηβών Πρακτικά Ιου Διεθνούς Συνεδρίου Ιστορίας και Πολιτισμού της Θεσσαλίας.

31. Μικρό Περιβολάκι 1 (θέση Άγιος Αθανάσιος)

- Τσούντας, Χ., 1908. *Αι Νεολιθικαί Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου* (σελ. 4).
- Wace, A.J.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 8).
- Γαλλής, Κ., 1992. *Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας* (σελ. 153).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 232).

32. Πέρδικα 2

- Βουζαζάκης, Κ., 2008. *Γεωγραφικά πρότυπα και θεωρίες του διακοινοτικού χώρου στη Νεολιθική Θεσσαλία. Διδακτορική Διατριβή.*
- Βουζαζάκης, Κ., 2009. *Νεολιθικές θέσεις στη Μαγνησία. Ανασκόπηση – Ανασύνθεση δεδομένων. Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας 2 (2006) (σελ. 61-74).*

33. Πέρδικα, Νταουντζά (Παλαιοχώρι, Γιουζλάρ, Χατζίδη)

- Wace, A.J.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 10, 169).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 234).

34. Παγασαί (Λόφος Ηρώου)

- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 237).

35. Παλιούρι Διμηνίου ύψωμα Αγ. Νικολάου

–

36. Περίβλεπτο, Καστράκι 2

- Ιντζεσίλογλου, Α., 1995. *Ελληνοϊταλικό πρόγραμμα Επιφανειακών Ερευνών Αρχαιολογικό Δελτίο 44 (1989), Χρονικά (σελ. 228 - 229).*

37. Πετρομαγούλα

- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 242).
- Χατζηαγγελάκης, Α., 1984. Ο Προϊστορικός οικισμός της Πετρομαγούλας *Ανθρωπολογικά*, 5 (σελ. 75-85).

38. Πευκάκια, Νήλεια

- Τσούντας, Χ., 1908. *Αι Νεολιθικαί Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου* (σελ. 3-4).
- Wace, A.j.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 8).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 232).

39. Πουρναρόλακκα

- Καλογιάννη, Αιμ., Καλατζής, Δ., Νικολάου, Ε., Παππά, Ελ., Ροντήρη, Β., Στουρνάρας, Γρ. *Νεότερες νεολιθικές έρευνες στην περιοχή Αλμυρού Πρακτικά Γ' Συνεδρίου Αλμυριωτικών Σπουδών. Υπό Έκδοση.*

40. Πύρασος

- Τσούντας, Χ., 1908. *Αι Νεολιθικαί Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου* (σελ. 3-4).
- Wace, A.j.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 8).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 232).

41. Πύργος Σέσκλου

- Τσούντας, Χ., 1908. *Αι Νεολιθικαί Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου* (σελ. 4).
- Wace, A.j.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 8).
- Μπάτζιου, Α. 1981. Πύργος. Ένας δορυφορικός προϊστορικός οικισμός *Ανθρωπολογικά*, 2 (σελ. 108 - 120).

-
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 232).
 - Βουζαζάκης, Κ., 2008. *Γεωγραφικά πρότυπα και θεωρίες του διακοινοτικού χώρου στη Νεολιθική Θεσσαλία.*
 - Βουζαζάκης, Κ., 2009. *Νεολιθικές θέσεις στη Μαγνησία. Ανασκόπηση – Ανασύνθεση δεδομένων Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας 2 (2006) (σελ. 61-74).*
 - Αδρύμη, Β., 2011. *Ανασκαφικές εργασίες. Σέσκλο, Θέση Πύργος Αρχαιολογικό Δελτίο 56-59, (2001 - 2004) Χρονικά Β2 (σελ. 479 - 484).*

42. Ριζόμυλος 1 (Μαγούλα Υδραγωγείου Ριζομύλου)

- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 237).
- Γαλλής, Κ., 1992. *Άτλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας (σελ. 176).*

43. Ριζόμυλος 2, Πλατομαγούλα, Κιμπόμπασι (θέση Παλιομαγούλες ή Πλατομαγούλες)

- Αρβανιτόπουλος, Α., 1910. *Ανασκαφαί και έρευναι εν Θεσσαλία Πρακτικά Αρχαιολογικής Εταιρείας (1910).*
- Grundmann, K., 1937. *Magula Hadzimisiotiki Attenische Mitteilungen 62 (σελ. 123-136).*
- Θεοχάρης, Δ.Ρ., 1973. *Νεολιθική Ελλάς.*
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 237).
- Αποστολοπούλου – Κακαβογιάννη, Ο., 1986. *Τοπογραφία της περιοχής των Φερών Θεσσαλίας κατά την προϊστορική περίοδο Αρχαιολογικό Δελτίο 34 (1979).*

-
- Γαλλής, Κ., 1992. Άτλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας.
44. Σέσκλο Α (Καστράκι)
- Τσουντας, Χ., 1908. *Αι Νεολιθικαί Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου* (σελ. 3 & 68 κ. εξ.).
 - Wace, A.j.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 8).
 - Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 232).
45. Σέσκλο Β
- Θεοχάρης, Δ.Ρ., 1973. *Νεολιθική Ελλάδα*.
46. Σέσκλο Γ
- Θεοχάρης, Δ.Ρ., 1973. *Νεολιθική Ελλάδα*.
 - Wijnen, M., 1982. *The early neolithic I settlement at Sesklo. An early farming community in Thessaly, Greece.*
47. Σέσκλο Δ
- Θεοχάρης, Δ.Ρ., 1973. *Νεολιθική Ελλάδα*.
48. Σέσκλο Παλιόκαστρο
- Τσουντας, Χ., 1908. *Αι Νεολιθικαί Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου* (σελ. 4).
 - Wace, A.j.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 8).
 - Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 232).
49. Σέσκλο Σπαρτίας (Λατομείο)
- Αρβανιτόπουλος, Α., 1912. *Ανασκαφαί και έρευναι εν Θεσσαλία ΠΑΕ (1911).*
 - Grundmann, K., 1937. *Magula Hadzimisiotiki Attenische Mitteilungen* 62 (σελ. 123-136).
 - Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.*
-

(σελ. 237).

50. Σαμάρι λίμνης Κάρλας

- *Ερευνητής: Θεοχάρης.*

51. Στεφανοβίκειο 1 (Άγιος Αθανάσιος Βοΐβη)

- *Halstead, P., 1984. Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece. (σελ. 242).*
- *Γαλλής, Κ., 1992. Άτλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας (σελ. 179).*

52. Στεφανοβίκειο 2 (Μαγούλα Καραμουρλάρ, θέση Αλμύρες)

- *Halstead, P., 1984. Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece. (σελ. 242).*
- *Γαλλής, Κ., 1992. Άτλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας (σελ. 180).*

53. Στεφανοβίκειο 4 (Μαγούλα Κοπριά, θέση Καραπατιάς)

- *Γαλλής, Κ., 1992. Άτλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας (σελ. 180).*

54. Στεφανοβίκειο 5 (Μαγούλα Χατζημησιώτικη, θέση Μαγούλα)

- *Halstead, P., 1984. Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece. (σελ. 242).*
- *Γαλλής, Κ., 1992. Άτλας Προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας (σελ. 180).*

55. Φθιώτιδες Θήβες (Ακρόπολη)

- *Αρβανιτόπουλος, Α., 1907. Πρακτικά Αρχαιολογικής Εταιρείας (1907).*
- *Αρβανιτόπουλος, Α., 1908. Πρακτικά Αρχαιολογικής Εταιρείας (1908).*

-
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 234).
 - Βουζαζάκης, Κ.. 1997. *Ο Νεολιθικός οικισμός στην Ακρόπολη των Φθιωτίδων Θηβών Αχαιοφθιωτικά. Πρακτικά του Α Συνεδρίου Αλμυριώτικων Σπουδών* (σελ. 225-246).

56. Φυλάκη (Κιτίκ)

- Wace, A.j.B & Thompson, M.S., 1912. *Prehistoric Thessaly* (σελ. 10).
- Halstead, P., 1984. *Strategies for Survival: An Ecological Approach to Social and Economic Change in Early Farming Communities in Thessaly, N. Greece.* (σελ. 234).

57. Χλόη

-

Β. Πίνακας βασικών γεωχωρικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην ερευνητική μεθοδολογία.

Κατηγορίες ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων	
Διανυσματικά / vector	Ψηφιδωτά / raster
Αρχαιολογικές θέσεις	Τοπογραφικοί χάρτες
Ισοϋψείς	Ιστορικοί χάρτες
Υδρογραφικό δίκτυο	Γεωγραφικοί χάρτες
Λίμνες	Γεωλογικοί χάρτες
Πηγές	Ειδικό θεματικό χάρτες
Γεωλογικοί σχηματισμοί	Δορυφορικές εικόνες Landsat
Διοικητικά όρια	Δορυφορικές εικόνες SPOT
Δήμοι	Ορθοφωτοχάρτες
Οδικό δίκτυο	
Οικισμοί	
Επίγεια σημεία ελέγχου	
