

Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Σχολή Κοινωνικών Επιστημών
Τμήμα Πολιτιστικής Τεχνολογίας & Επικοινωνίας

**«Επεξεργασία δεδομένων ανακτημένων από τα Γεωγραφικά
Συστήματα Πληροφοριών για την εισαγωγή τους σε Προγράμματα
Τρισδιάστατης Απεικόνισης και την αξιοποίησή τους στην κατασκευή
τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους»**

Απόστολος Κων/νου Παπακωνσταντίνου

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Μυτιλήνη
Ιανουάριος 2005**

Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Σχολή Κοινωνικών Επιστημών
Τμήμα Πολιτιστικής Τεχνολογίας & Επικοινωνίας

**«Επεξεργασία δεδομένων ανακτημένων από τα Γεωγραφικά
Συστήματα Πληροφοριών για την εισαγωγή τους σε Προγράμματα
Τρισδιάστατης Απεικόνισης και την αξιοποίησή τους στην κατασκευή
τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους»**

Απόστολος Κων/νου Παπακωνσταντίνου

Μεταπτυχιακή Διατριβή

που υποβλήθηκε στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Πολιτισμική Πληροφορική και Επικοινωνία
του Τμήματος Πολιτισμικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας ως μέρος
των απαιτήσεων για την απόκτηση
Διπλώματος Ειδίκευσης
στην Πολιτισμική Πληροφορική και Επικοινωνία

**Μυτιλήνη
Ιανουάριος 2005**

ΑΦΙΕΡΩΣΗ

Στο χαμογέλακι

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου κύριο Παυλογεωργάτο για την εμπιστοσύνη με την οποία με περιέβαλλε, τη συνέπεια και την τυπικότητα που τον διέκρινε σε όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας, τις κατευθύνσεις που μου έδωσε και για την προσοχή και το ενδιαφέρον με το οποίο άκουσε κάθε είδους πρόβλημα που προέκυπτε κατά τη διάρκεια της εργασίας αλλά και για τον μοναδικό τρόπο που έχει να ενεργοποιεί σε κάθε του φοιτητή τον καλύτερο του εαυτό, προσόν μοναδικό για έναν δάσκαλο-ερευνητή.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κύριο Χριστοδούλου για τις πολύτιμες συμβουλές που μου παρείχε τις κατευθύνσεις που μου έδωσε αλλά και για τον χρόνο που αφιέρωσε συζητώντας μαζί μου προβλήματα σαφήνειας και ακρίβειας των δεδομένων και του τρόπου παρουσίασης τους και ιδιαίτερα αυτών που αφορούσαν τα τρισδιάστατα γραφικά. Θεωρώ χρέος μου να ευχαριστήσω τον κύριο Σιδηρόπουλο για τις πολύ ενδιαφέρουσες συζητήσεις που κάναμε κατά τη διάρκεια της προσπάθειας αυτής που τροφοδότησαν με πολλές ιδέες αυτήν την εργασία. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κύριο Σουλακέλλη και κύριο Αναγνωστόπουλο για τον τρόπο με τον οποίο αγκάλιασαν την εργασία αυτή βοηθώντας με τον τρόπο τους στην πραγματοποίηση και ολοκλήρωση της.

Ευχαριστώ ακόμη θερμά τους γονείς μου για την υποστήριξη τους και για την ηθική τους συμπαράσταση σε αρκετές δύσκολες στιγμές που συνάντησα κατά τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας.

Τέλος νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους όσους βοήθησαν και μου συμπαραστάθηκαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

«Επεξεργασία δεδομένων ανακτημένων από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών για την εισαγωγή τους σε Προγράμματα Τρισδιάστατης Απεικόνισης και την αξιοποίηση τους στην κατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους»

Ιανουάριος 2005

Στόχος της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας είναι η ενοποίηση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) και των Προγραμμάτων Τρισδιάστατης Απεικόνισης (ΠΤΑ) ώστε να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο κατασκευής τρισδιάστατων αναπαραστάσεων τοπίων.

Πιο συγκεκριμένα ο συνδυασμός της χωρικής πληροφορίας που μπορεί να ανακτηθεί με μεγάλη ακρίβεια για το ανάγλυφο μιας περιοχής από τα ΓΣΠ και η προσαρμογή της στα ΠΤΑ έχει ως σκοπό την κατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους. Μοντέλα τα οποία αποδίδουν με τον πιο λεπτομερή και ακριβή τρόπο τις διακυμάνσεις και τις αλλαγές του ανάγλυφου της γης.

Χρησιμοποιώντας ψηφιακά γεωγραφικά δεδομένα μέσα από προγράμματα ΓΣΠ έχουν κατασκευαστεί τρεις θεματικοί χάρτες, οι οποίοι στη συνέχεια μεταφέρονται με τις κατάλληλες μετατροπές και ακολουθώντας συγκεκριμένες μεθοδολογίες, στα προγράμματα κατασκευής τρισδιάστατων γραφικών. Θα μελετήσουμε την ανάκτηση γεωγραφικών στοιχείων αλλά και τη δημιουργία τρισδιάστατων αναπαραστάσεων χαρτών :

- I. μικρής κλίμακας
- II. μεσαίας κλίμακας
- III. μεγάλης κλίμακας

Οι διαδικασίες και η μεθοδολογία του συγκερασμού των δυο τεχνολογιών παρουσιάζονται και αναλύονται δίνοντας συμπεράσματα για τα μεγέθη, τα είδη (formats) και το επίπεδο λεπτομέρειας των χρησιμοποιούμενων αρχείων, αλλά και την απόδοση που αυτά έχουν στη βελτιστοποίηση του παραγόμενου αποτελέσματος. Δίνονται όλες οι πτυχές κατασκευής ΨΜΕ χρησιμοποιώντας τα πιο σύγχρονα χαρτογραφικά πρότυπα και τονίζοντας την καταλληλότητά τους ανάλογα με το σκοπό που θα εξυπηρετήσει η οπτικοποίησή τους, αλλά και τους πόρους τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς που τίθενται σε κάθε περίπτωση.

Τέλος γίνεται σχολιασμός των δυνατοτήτων που αποκτούν οι μελετητές από τη χρήση των τρισδιάστατων πλέον ΓΣΠ για την τεκμηρίωση και ανάδειξη των περιοχών αρχαιολογικού ενδιαφέροντος.

ABSTRACT

“Process of data acquired from the GIS for their inclusion in 3D Programs and their implementation in construction of 3d models of ground ”

January 2005

The aim of this thesis is the Integration of GIS and 3D programs in order to form a useful tool in the construction of 3D Landscape models.

More specifically the combination of space information that can be recovered in great detail for a landscape from GIS and its adaptation to 3D programs has the objective of the construction of 3D Landscape models. These models can reproduce in a very precise and detailed manner the morphology of the landscape.

Using digital geographical data through GIS programs, three thematic maps have been formed which after necessary adaptations and methodology have been transferred to 3D programs. We will study the recovery of geographical data and the construction of 3D maps:

- I. Small scale
- II. Medium scale
- III. Large scale

The processes and methodology of blending the two technologies are presented and analyzed reaching conclusions for sizes, formats but also the level of detail of the used files which aims at the optimization of the final result. All the details of the construction of digital landscape models are described using the latest cartographic models. Emphasis is given to their suitability according to the objective of their visualization but also the sources, demands and limitations that apply in each case.

Finally, comments are made on the abilities that researchers obtain from the use of 3D GIS for the documentation and description of sites of archaeological interest.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
ABSTRACT	iv
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	v
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	viii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	ix
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ	xi
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	12
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1.1 Θέμα της εργασίας	12
1.2 Η οργάνωση της εργασίας.....	14
1.3 Υλοποίηση	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	16
2 ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΑ ΤΟΠΙΑ	16
2.1 Αρχαιολογία, Πολιτισμική κληρονομιά & Αρχαιολογικά τοπία.....	16
2.2 Αρχαιολογία & Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.....	18
2.3 Αρχαιολογία & Προγράμματα Τρισδιάστατης Απεικόνισης	19
2.4 Τρισδιάστατα Γ.Σ.Π (3D-Gis). Ενοποίηση των τεχνολογιών	20
2.5 Σικελική Εκστρατεία	21
2.5.1 Η ιστορία	21
2.5.2 Ιδιομορφία και αποτελέσματα Σικελικής εκστρατείας.....	23
2.6 Επιλογή της περιοχής μελέτης	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	26
3 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Γ.Σ.Π.	26
3.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών	26
3.1.1 Συστήματα Συντεταγμένων.....	29
3.1.2 Συντεταγμένες Χαρτών.....	30
3.2 Συλλογή Γεωγραφικής Πληροφορίας	32
3.3 Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους.....	38

3.3.1	Προεπεξεργασία ψηφιακών δεδομένων.....	38
3.3.2	Δημιουργία του τρισδιάστατου εικονικού μοντέλου εδάφους.....	43
3.3.3	Η μεθοδολογία.....	48
3.3.3.1	Raster σε DEM.....	49
3.3.3.2	Raster σε VRML.....	50
3.4	Προβλήματα και δυσκολίες.....	51
3.4.1	Εύρεση δεδομένων.....	52
3.4.2	ΓΣΠ-Λογισμικό.....	52
3.5	Χρονοδιάγραμμα Εργασιών.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο.....		55
4	ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΤΑ ΠΤΑ.....	55
4.1	Προγράμματα Τρισδιάστατης Απεικόνισης.....	55
4.1.1	Ιστορία στη δημιουργία τρισδιάστατων ΨΜΕ.....	55
4.1.2	Τρισδιάστατα ΨΜΕ.....	57
4.2	Εισαγωγή αρχείων από τα ΓΣΠ η μεθοδολογία.....	58
4.2.1	Βελτιστοποίηση των ΨΜΕ.....	59
4.2.1.1	Optimization.....	61
4.2.1.2	Subdivision.....	62
4.2.1.3	Triangulation.....	63
4.2.1.4	Untriangulation.....	63
4.2.2	«Οικονομία» στην κατασκευή των μοντέλων.....	65
4.2.3	Χρήση και μορφές απεικόνισης.....	66
4.2.4	Επικάλυψη των ΨΜΕ με εικόνες.....	69
4.2.4.1	Πολύχρωμες εικόνες & έγχρωμες φωτογραφίες.....	70
4.2.4.2	Δισδιάστατες εικόνες χαρτών.....	70
4.2.4.3	Εικόνες με γεωαναφορά.....	72
4.2.5	Διαδικασία του rendering.....	74
4.2.5.1	Πορεία κάμερας.....	74
4.3	Εξειδικευμένο λογισμικό για τη δημιουργία και παρουσίαση ΨΜΕ.....	76
4.3.1	Ανάγκη εύρεσης.....	76
4.3.2	Το λογισμικό.....	76
4.3.2.1	Terragen.....	77
4.3.2.2	3DEM.....	77
4.3.2.3	Camera path editor.....	78
4.3.2.4	Terra4D.....	78
4.3.3	Μεθοδολογία δημιουργίας ΨΜΕ.....	79

4.4	Σύγκριση μεθοδολογιών.....	88
4.5	Χρονοδιάγραμμα Εργασιών.....	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο		91
5	Συμπεράσματα και Προοπτικές	91
5.1	Σύγκριση μεθοδολογιών.....	91
5.2	Η χρήση των ΨΜΕ.....	92
5.3	Μελλοντικές κατευθύνσεις	93
5.4	Χρονοδιάγραμμα Εργασιών.....	95
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		97
ΕΛΛΗΝΙΚΗ		97
ΑΓΓΛΙΚΗ		99
Παράρτημα Α		107
Εργασίες που έχουν Πραγματοποιηθεί		107
Παράρτημα Β		110
Στοιχεία για το Απολιθωμένο Δάσος Σιγρίου		110
ΨΜΕ Απολιθωμένου Δασούς Σιγρίου		111
Παράρτημα Γ		113
Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων TIN Triangulated Irregular Network.....		113
Παράρτημα Δ		117
Στοιχεία GTOPO30.....		117
Παράρτημα Ε		118
Cam path Editor Scripting		118
Terragen Scripting		120

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Χρονοδιάγραμμα πρώτης φάσης εργασιών υλοποίησης μεταπτυχιακής εργασίας	54
Πίνακας 2: Σύγκριση Αριθμού πολυγώνων ΨΜΕ κατά τη βελτιστοποίηση τους	64
Πίνακας 3: Σύγκριση των μεγεθών των αρχείων ArcGis 8.1 και 3DEM.....	84
Πίνακας 4: Σύγκριση μεγεθών αρχείων ΨΜΕ	88
Πίνακας 5: Χρονοδιάγραμμα Β φάσης εργασιών υλοποίησης μεταπτυχιακής εργασίας	90
Πίνακας 6: Χρονοδιάγραμμα εργασιών υλοποίησης μεταπτυχιακής εργασίας	95
Πίνακας 7: Πηγές και το % ποσοστό κάλυψης της γήινης επιφάνειας που προήλθε από τη χρήση τους	117

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1:Χαρτογραφική μετατροπή σφαιρικής προβολής σε επίπεδη προβολή (Ervin et al 2001).....	29
Εικόνα 2:Καρτεσιανό και πολικό σύστημα συντεταγμένων (Ervin et al 2001).....	30
Εικόνα 3:Χάρτης με εμφανή τα συστήματα συντεταγμένων που χρησιμοποιεί: Γεωγραφικό μήκος και πλάτος, UTM (Ervin et al 2001).....	31
Εικόνα 4:Γρουλανδία στα προβολικά συστήματα: Mercator, Geographic και Peters (Ervin et al 2001).....	32
Εικόνα 5: Η πόλη των Συρακουσών το 413 π.Χ.	36
Εικόνα 6: Τρισδιάστατη άποψη ισοϋψών με ισοδιάσταση 4m (Σίγρι Λέσβου).....	39
Εικόνα 7: Χάρτης μεσαίας κλίμακας με ισοϋψείς ισοδιάστασης 100m (Άποψη Σικελίας).....	40
Εικόνα 8: Χάρτης μικρής κλίμακας με ισοϋψείς ισοδιάστασης 100m (Άποψη Μεσογείου)...	40
Εικόνα 9: Χάρτης μεγάλης κλίμακας με ισοϋψείς ισοδιάστασης 4m (Σίγρι Λέσβου).....	41
Εικόνα 10:Ακτογραμμή της Σικελίας.....	41
Εικόνα 11: Πολυγωνική (μη ομαλή) μορφή ισοϋψών. Άποψη Αττικής.....	42
Εικόνα 12: Ψηφιδωτή επιφάνεια (raster) Τμήμα της Σικελίας.....	43
Εικόνα 13: Επιφάνεια TIN (Τριγωνικό Ακανόνιστο Δίκτυο της Σικελίας).....	44
Εικόνα 14:Ψηφιδωτές επιφάνειες με διαφορετική Ανάλυση (Zeiler 1999).....	44
Εικόνα 15: Ψηφιδωτή επιφάνεια σε τρισδιάστατη απεικόνιση (Zeiler 1999).....	45
Εικόνα 16: Δομική κατασκευή TIN (ανυψώσεις σημείων σε ένα συνεχές δίκτυο τριγώνων) (Zeiler 1999).....	46
Εικόνα 17:Δομική κατασκευή επιφάνειας TIN (συνεχές δίκτυο τριγώνων) (Zeiler 1999).....	47
Εικόνα 18:Τμήμα της Σικελίας σε μορφή TIN	48
Εικόνα 19: Παρουσίαση της Σικελίας σε VRML μορφή.....	51
Εικόνα 20: Τρισδιάστατη ψηφιακή απεικόνιση περιοχών της δεκαετίας του 70 (Ervin et al 2001).....	56
Εικόνα 21: Απεικόνιση ΨΜΕ με υπερκείμενα 3D αντικείμενα τα δέντρα του δάσους που το καλύπτουν (Ervin et al 2001)	56
Εικόνα 22: Άποψη Κυρτών Επιφανειών (Ervin et al 2001).....	58
Εικόνα 23: Εικόνα τμήματος της Σικελίας με 220.492 πολύγωνα (χωρίς βελτιστοποίηση)....	60
Εικόνα 24: Εικόνα τμήματος της Σικελίας με 3.012.683 πολύγωνα (βελτιστοποίηση).....	60
Εικόνα 25: Triangulation σε 3D μοντέλο ενός κύβου (Μετατροπή τετράγωνων σε τρίγωνα) 63	
Εικόνα 26: Απεικόνιση ΨΜΕ μικρής κλίμακας (τμήμα της Μεσογείου).....	67

Εικόνα 27: Απεικόνιση ΨΜΕ μεσαίας κλίμακας (Σικελία).....	68
Εικόνα 28 Απεικόνιση ΨΜΕ μεγάλης κλίμακας (Σίγρι).....	69
Εικόνα 29: Επικάλυψη ΨΜΕ με εικόνα (Ελαστικής επικάλυψης) (Ervin et al 2001).....	71
Εικόνα 30: Επικάλυψη ΨΜΕ με φωτογραφία τοπογραφικού χάρτη.....	71
Εικόνα 31: Επικάλυψη ΨΜΕ με γεωδιορθωμένη εικόνα (Ervin et al.2001).....	72
Εικόνα 32: Επικάλυψη ΨΜΕ Σικελίας με μη γεωδιορθωμένη εικόνα.....	73
Εικόνα 33: Περιπτώσεις πορείας κάμερας i) flyover (επάνω) ii) walk-through (κάτω) (Ervin et al 2001).....	75
Εικόνα 34: Χάρτης με τα 33 τμήματα που χωρίζεται το ανάγλυφο της γης (http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/dem_img.asp).....	80
Εικόνα 35: Σύνθεση των 4 χαρτών GTOPO30 DEM.....	81
Εικόνα 36: Η ΝΑ Μεσόγειος όπως παρουσιάζεται στο πρόγραμμα 3DEM.....	82
Εικόνα 37: Νότια Ιταλία & Σικελία. Επιλογή περιοχής Σικελίας (Κόκκινο).....	82
Εικόνα 38:Εικόνα από τρισδιάστατη παρουσίαση (animation) του λογισμικού 3DEM.....	83
Εικόνα 39 Αρχείο dem (Σικελία) κατα την εισαγωγή του σε ΠΤΑ.....	84
Εικόνα 40: Προεπισκόπηση της πορείας της κάμερας στο ΨΜΕ της Ελλάδος.....	85
Εικόνα 41: Δημιουργία της διαδρομής του animation. Η πορεία των Αθηναίων στην Ιταλία	86
Εικόνα 42: Πρόσθεση υπερκείμενων αντικειμένων στι ΨΜΕ του Σιγρίου.....	87
Εικόνα 42: Τριγωνοποίηση σημείων και δημιουργία τριγωνικής επιφάνειας.....	113
Εικόνα 43:Δομικά στοιχεία τριγώνου που αποτελεί τμήμα ενός TIN.....	114
Εικόνα 44: Τριγωνοποίηση που δεν πληρεί τον κανόνα Delaunay.....	114
Εικόνα 45: Τριγωνοποίηση κατά Delaunay.....	114
Εικόνα 46: Τοπολογία του TIN.....	115

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ

ΕΛΛΗΝΙΚΑ

ΓΣΠ: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
ΠΤΓ: Προγράμματα Τρισδιάστατων Γραφικών
ΠΤΑ: Προγράμματα Τρισδιάστατων Αναπαραστάσεων
ΤΓΣΠ: Τρισδιάστατα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
ΧΣΠ: Χωρικά Συστήματα Πληροφοριών
ΨΜΕ: Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους

ΑΓΓΛΙΚΑ

CAD: Computer Aided Design
DEM: Digital Elevation Model
DMA: Defense Mapping Agency
DCW: Digital Chart of the World
ESRI: Environmental Systems Research Institute, Inc
GIS: Geographic Information Systems
TIN: Triangulated Irregular Network
UTM: Universal Transverse Mercator
USGS: United States Geological Survey
VRML: Virtual Reality Language
3D: 3 Dimensional
2D: 2 Dimensional
3DGIS: 3 Dimensional Geographic Information Systems

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

«Ο φυσικός κόσμος στον οποίο ζούμε, εργαζόμαστε και χτίζουμε, περιέχει τα φυσικά οικοσυστήματα που περιλαμβάνουν τα δέντρα, το νερό, τη θάλασσα, καθώς και τα τεχνητά οικοσυστήματα τα οποία περιλαμβάνουν τις πόλεις αλλά και κάθε είδους ανθρώπινη κατασκευή» (Ervin et al 2001). Όλα τα παραπάνω αποτελούν αυτό που λέγεται τοπίο και που αποτελεί τμήμα του ανάγλυφου της γης. Οι λόγοι για τους οποίους ο άνθρωπος χρειάζεται να δημιουργήσει, τα πρότυπα των τοπίων καθώς και των στοιχείων που τα αποτελούν ποικίλουν. Οι ψηφιακές αναπαραστάσεις είναι ένας τρόπος απόδοσης της γήινης επιφάνειας και χρησιμοποιείται κυρίως από τους αρχιτέκτονες τοπίων, τους μηχανικούς, τους γεωγράφους, τους περιβαλλοντολόγους ενώ τα τελευταία χρόνια επεκτάθηκε η χρήση τους και στους αρχαιολόγους.

Ο όρος ψηφιακές αναπαραστάσεις τοπίων όπως αυτός χρησιμοποιείται στην παρούσα πτυχιακή εργασία, αναφέρεται στη δυνατόν καλύτερη και ακριβή αποτύπωση του ανάγλυφου της γης μέσω ψηφιακών μοντέλων εδάφους. Τα μοντέλα αυτά είναι «μια μαθηματικά καθορισμένη, τρισδιάστατη εικονική αναπαράσταση των δομών της επιφάνειας της γης, των στοιχείων και φαινομένων της φύσης και της κοινωνίας» (Bandrova 2001).

Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους χρησιμοποιούνται συνήθως ως το υπόβαθρο στην απεικόνιση των τοπίων, η οποία αποδίδεται με τρόπους όπως η φωτογραφία, το animation αλλά και τα εικονικά περιβάλλοντα για τα παιχνίδια υπολογιστών. Χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες για τη μελέτη των τοπίων ώστε να είναι σε θέση να τα κατανοήσουν, ερευνώντας και μετρώντας την όψη και τις αλλαγές των ποσοτικών προσομοιώσεων τους όπως την εδαφολογική διάβρωση, τη φυτική διαδοχή κ.α.

1.1 Θέμα της εργασίας

Θέμα της εργασίας αυτής που έγινε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Πολιτισμική Πληροφορική και Επικοινωνία» του Τμήματος Πολιτισμικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, είναι η χρήση δεδομένων που προέρχονται από ΓΣΠ και η προσαρμογή τους σε ΠΤΑ με σκοπό την πιστότερη μελέτη και ψηφιακή αναπαράσταση τοπίων και χώρων. Απώτερος στόχος είναι η ευκολία μελέτης των χώρων αυτών καθώς και η χρησιμοποίησή τους και σαν εργαλείο ανάδειξης της πολιτισμικής κληρονομιάς.

Βαθύτερος σκοπός της παρούσας εργασίας πέρα από τη μεθοδολογική προσέγγιση των τεχνικών θεμάτων, είναι να δείξει τον τρόπο με τον οποίο αυτές οι δύο τεχνολογίες μπορούν να

συγκεραστούν ώστε να μπορέσουν να συνδράμουν στο έργο ενός επιστήμονα ή ενός μελετητή, που έχει την ανάγκη μελέτης του εδάφους μίας περιοχής, όπως ενός γεωλόγου, αρχιτέκτονα, ιστορικού ή και αρχαιολόγου κλπ.

Η εργασία αυτή πραγματεύεται τη δημιουργία ΨΜΕ τοπίων με αρχαιολογική σημασία. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί υπολογιστές και κατάλληλο λογισμικό για την εύρεση και την οργάνωση της γεωγραφικής και χωρικής τους πληροφορίας, με στόχο αυτή να αποδοθεί από ένα τρισδιάστατο μοντέλο και να παρουσιασθεί ως εικόνα ή μια αλληλουχία εικόνων διαμορφώνοντας ένα animation. Παρακάτω θα δοθούν όλες οι πτυχές κατασκευής ΨΜΕ χρησιμοποιώντας τα πιο σύγχρονα χαρτογραφικά πρότυπα και θα τονιστεί η καταλληλότητά τους ανάλογα με το σκοπό που θα εξυπηρετήσει η οπτικοποίηση τους αλλά και τους πόρους τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς που τίθενται σε κάθε περίπτωση.

Πρέπει να σημειωθεί ότι για την ολοκλήρωση και εφαρμογή της μεθοδολογίας επιλέχθηκαν οι περιοχές τις οποίες διέσχισαν οι Αθηναίοι κατά τη Σικελική εκστρατεία καθώς και η περιοχή του απολιθωμένου δασούς του Σιγρίου έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η μελέτη και των τριών χαρτογραφικών κλιμάκων.

Η πρωτοτυπία της εργασίας αυτής έγκειται στο γεγονός ότι παρόμοια δουλειά συγκερασμού των δυο τεχνολογιών με σκοπό τη δημιουργία του κατάλληλου υπόβαθρου για τη μελλοντική κατασκευή μιας πλατφόρμας προσομοίωσης αρχαιολογικών χώρων, τοπίων και περιοχών πολιτιστικού ενδιαφέροντος δεν έχει γίνει ξανά στην Ελλάδα. Παρόμοιες έρευνες έχουν γίνει σε αρκετές περιπτώσεις τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκόσμια, αλλά σκοπός τους ήταν η ανάδειξη της χρήσης αποκλειστικά των ΓΣΠ ως μια πλατφόρμα προσομοίωσης και χωροθέτησης της πληροφορίας (Βλέπε Παράρτημα Α).

Η πρόκληση που αντιμετωπίζει η παρούσα εργασία είναι η εύρεση του βέλτιστου τρόπου ενοποίησης δυο τεχνολογιών αιχμής ώστε ενοποιημένες πια να εξυπηρετήσουν τον πολιτισμό. Τα εμπόδια που έπρεπε να ξεπεραστούν ήταν πολλά και αντιμετωπίστηκαν στα δυο τμήματα στα οποία χωρίστηκε η μεθοδολογία.

Στο πρώτο τμήμα της εύρεσης και τροποποίησης της πληροφορίας μέσα από τα ΓΣΠ αντιμετωπίστηκαν τα παρακάτω προβλήματα:

1. Εύρεση των απαιτούμενων χωρικών δεδομένων ώστε αυτά:
 - i. Να αποτυπώνουν τις περιοχές μελέτης (σελ.33).
 - ii. Να έχουν τη σωστή γεωγραφική κλίμακα (σελ.34).
 - iii. Να βρίσκονται στο κατάλληλο επίπεδο λεπτομέρειας (σελ.35-38).
2. Εύρεση της κατάλληλης και της πιο συμφέρουσας μορφής αρχείων για την εισαγωγή των ΨΜΕ στα ΠΤΑ (σελ.49).

3. Εκμάθηση εξειδικευμένου λογισμικού και των προσθέτων σε αυτό προγραμμάτων (σελ.53).

Στο δεύτερο τμήμα το οποίο πραγματευόταν την εισαγωγή και τροποποίηση των ΨΜΕ στα ΠΤΑ αντιμετωπίστηκαν τα εμπόδια που προέκυψαν κατά:

1. Την εισαγωγή των ψηφιακών μοντέλων εδάφους στα ΠΤΑ έχοντας:
 - i. το κατάλληλο Επίπεδο Λεπτομέρειας (σελ.60).
 - ii. τη σωστή σχέση λεπτομέρειας και μεγέθους αρχείων (σελ.66).
2. Την επεξεργασία των ψηφιακών μοντέλων εδάφους κατά την οποία έπρεπε:
 - i. να λάβουν την απαιτούμενη μορφή απεικόνισης σύμφωνα με τη χρήση τους (σελ.66).
 - ii. να γίνει πρόσθεση υπερκείμενων αντικειμένων (σελ.89).

1.2 Η οργάνωση της εργασίας

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η σχέση που έχει το τοπίο και γενικότερα το ανάγλυφο της γης με την πολιτιστική κληρονομιά, διακρίνοντας τις περιπτώσεις που αυτό περιέχει αρχαιολογικά ευρήματα, ή αποτελεί το ίδιο σημείο ανεκτίμητης πολιτιστικής αξίας. Επίσης δίνονται ιστορικά στοιχεία για τη Σικελική εκστρατεία τους λόγους που την προκάλεσαν καθώς και λεπτομέρειες για τη διαδρομή και το εκστρατευτικό σώμα που συμμετείχε σε αυτή ώστε να δοθεί το κατάλληλο ιστορικό υπόβαθρο που στηρίζει τη επιλογή της.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των ΓΣΠ και του τρόπου λειτουργίας τους. Αρχικά δίνονται γενικές πληροφορίες για τα συστήματα συντεταγμένων, τα συστήματα χαρτογραφικής αποτύπωσης και το μαθηματικά καθορισμένο τρόπο με τον οποίο αποτυπώνεται η επιφάνεια της γης. Ακολουθεί η μεθοδολογία της εύρεσης των πηγών αλλά και αναφορά αυτών από τις οποίες είναι δυνατόν να βρεθούν τα κατάλληλα γεωγραφικά δεδομένα ώστε να είναι δυνατή η χρήση τους από τα ΓΣΠ. Παρουσιάζονται με λεπτομέρεια οι μέθοδοι ανάκτησης της πληροφορίας για τις περιοχές ενδιαφέροντος στα προγράμματα ΓΣΠ. Επίσης δίνονται οι τρόποι υλοποίησης και κατασκευής του τρισδιάστατου εικονικού μοντέλου εδάφους όπως αυτό μπορεί να παραχθεί από τα ΓΣΠ αλλά και της λεπτομέρειας που μπορεί αυτό να έχει. Γίνεται προφανές ότι τα αναπαραστώμενα στις χαρτογραφικές αποτυπώσεις αντικείμενα ομαδοποιούνται σχεδιάζονται και παίρνουν μορφή ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο γίνεται η δημιουργία τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνεται η περιγραφή των ΠΤΑ και των λειτουργιών που αυτά έχουν. Αρχίζοντας το τεχνικό κομμάτι της μεταφοράς των δεδομένων από τα ΓΣΠ στα ΠΤΑ δίνονται τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν κατά την εισαγωγή τους. Έπειτα παρουσιάζεται η

μεθοδολογία επεξεργασίας τους στα ΠΤΑ ανάλογα με τα επίπεδα λεπτομέρειας και η παραγωγή των τρισδιάστατων ΨΜΕ. Τέλος δίνεται η τεχνική της δημιουργίας των βίντεο και των φωτορεαλιστικών εικόνων του αναπαριστώμενου ανάγλυφου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από την προσπάθεια αξιοποίησης δεδομένων ΓΣΠ και την προσαρμογή τους στα ΠΤΑ. Δίνεται ο στόχος της εργασίας αυτής και τίγονται ζητήματα συνεργασίας των δυο τεχνολογιών, μέθοδοι για να ξεπεραστούν τα διάφορα εμπόδια, καθώς και ζητήματα ευχρηστίας του προτεινομένου μοντέλου. Τέλος αναφέρονται οι δυνατοί τρόποι χρήσης των αποτελεσμάτων αυτής της μεθοδολογίας αλλά και η χρησιμότητα τους στον τομέα του πολιτισμού.

Πρέπει να αναφερθεί ότι κάθε κεφαλαίο που περιγράφει ένα τεχνικό κομμάτι της εργασίας στο τέλος του περιέχει και τον σχολιασμό των δυσκολιών και των εμποδίων που συναντήθηκαν κατά τη διαδικασία υλοποίησης του. Επίσης δίνεται χρονοδιάγραμμα των εργασιών που απαιτήθηκαν για την επίτευξη του τελικού αποτελέσματος.

1.3 Υλοποίηση

Η εύρεση και οργάνωση της γεωγραφικής πληροφορίας των υπό μελέτη περιοχών, έγινε με κύριο άξονα τη χρήση τους από τα προγράμματα ΓΣΠ της ESRI. Η επιλογή μας αυτή βασίσθηκε στο γεγονός πως αυτά είναι τα περισσότερο διαδεδομένα αλλά και ευρύτερα χρησιμοποιούμενα στην παγκόσμια πανεπιστημιακή κοινότητα.

Η πρόκληση της μεταφοράς ψηφιακών γεωγραφικών δεδομένων σε ΠΤΑ, στα πλαίσια αυτής της μελέτης, στηρίχθηκε κυρίως σε προγράμματα open source των οποίων υπόβαθρο αποτελεί η γλώσσα προγραμματισμού C++. Η επιλογή τους έγινε στηριζόμενη στην απλότητα της χρήσης και λειτουργίας αλλά και στην εύκολη απόκτηση τους μέσω του διαδικτύου. Η χρήση τους βασίσθηκε στη δυνατότητα που έχουν στο να αποδίδουν με τον καλύτερο τρόπο την «ατμόσφαιρα» που περιβάλλει αλλά ταυτόχρονα αποτελεί μέρος του τοπίου όπως είναι τα σύννεφα, η θάλασσα, και ο ουρανός.

Είναι σκόπιμο να αναφέρουμε ότι για την κατασκευή των ψηφιακών μοντέλων εδάφους πέρα από τα open source προγράμματα χρησιμοποιήθηκε λογισμικό και από

- i. Το τμήμα Τρισδιάστατων Γραφικών του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού
- ii. Το εργαστήριο Χαρτογραφίας του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού
- iii. Το εργαστήριο Υπολογιστών του Τμήματος Πολιτισμικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας
- iv. Το εργαστήριο Υπολογιστών του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2 ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΑ ΤΟΠΙΑ

2.1 Αρχαιολογία, Πολιτισμική κληρονομιά & Αρχαιολογικά τοπία

Οι αρχαιολογικοί χώροι αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι του φυσικού περιβάλλοντος και αποτελούν τη βάση της πολιτιστικής κληρονομιάς κάθε λαού. Με τον όρο αρχαιολογικός χώρος θεωρούμε «κάθε τοποθεσία στο ανάγλυφο της γης στην οποία κάποτε παρατηρήθηκαν οποιουδήποτε είδους κοινωνικές συμπεριφορές που είχαν ως αποτέλεσμα την τροποποίηση του φυσικού περιβάλλοντος» (Juan et al 2002). Έτσι μπορούμε να μιλάμε για περιοχές αρχαιολογικού ενδιαφέροντος μόνον όταν παρατηρούνται αλλαγές σε αυτό λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης.

Οι αρχαιολογικές περιοχές πρέπει να υπολογίζονται σαν ένα γεγονός και όχι σαν ένα αντικείμενο ή μια σειρά αντικειμένων επάνω στο ανάγλυφο της γης. Το γεγονός αυτό μπορούμε να το ονομάσουμε ως «αρχαιολογικό χρόνο» ο οποίος δεν είναι άλλο από την αλληλουχία αλλαγών του ανάγλυφου που προήλθαν από την ανθρώπινη παρέμβαση. Σε αυτή τη διαδοχή των αλλαγών παρατηρούμε ασυνέχειες οι οποίες και εμφανίζονται με ασυνέχειες στη δημιουργία των αρχαιολογικών κατασκευών αλλά και ως εγκατάλειψη αυτών και μετακίνηση σε νέες (Juan et al 2002).

Τα αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς είναι οι προκαλούμενες από τον άνθρωπο κατασκευές και μπορούν να γίνουν κατανοητά μόνον εάν το περιβάλλον τοπίο λαμβάνεται υπόψη. Έτσι η UNESCO στη συνθήκη της αναφέρει και εισάγει το τοπίο σε αυτά, («κτίρια λόγω της θέσης τους στο τοπίο...», «συνδυασμένες εργασίες της φύσης και του ανθρώπου») (Boehler et al 2001). Σε ορισμένες περιπτώσεις το τοπίο αποτελεί από μόνο του πολιτιστικό αντικείμενο, έτσι η UNESCO λαμβάνοντας υπόψη της αυτή την ιδιαιτερότητα προσέθεσε μια νέα κατηγορία στη λίστα της παγκόσμιας κληρονομιάς, αυτήν των «Πολιτιστικών τοπίων». Από το 1972 χρησιμοποιεί τον όρο "φυσική κληρονομιά" για τα φυσικά, βιολογικά, και γεωλογικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα, σχηματισμών και περιοχών σημαντικής αξίας από αισθητική ή επιστημονική πλευρά (Boehler et al 2001) (Παυλογεωργάτος 2003).

Αναγνωρίζοντας πως κανένα αντικείμενο πολιτιστικής κληρονομιάς δεν μπορεί να γίνει κατανοητό χωρίς να λάβουμε υπόψη το περιβάλλον τοπίο, αυτό γίνεται ακόμη πιο εμφανές από τη χρήση της επιφάνειας της γης από τον άνθρωπο στο πέρασμα του χρόνου, ανάλογα με τις

ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά της. Έτσι ανθρώπινες κατοικίες χρησιμοποίησαν θέσεις στο τοπίο όπου υπήρχε βέλτιστη προστασία από τις δυνάμεις της φύσης (καιρός, πλημμύρες). τις εχθρικές επιθέσεις, αλλά και εύκολος ανεφοδιασμός προϊόντων πρώτης ανάγκης (τρόφιμα, νερό). Παρατηρείται σε όλες τις θρησκείες ότι ως θέσεις λατρείας ή ως περιοχές για τη θέση των «θείων κτηρίων» να επιλέγονται τοποθεσίες με ειδικά τοπογραφικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Σημαντικοί ηγεμόνες και βασιλιάδες επέλεξαν ειδικές τοποθεσίες για να δημιουργήσουν τα παλάτια και τα μανσωλεία αλλάζοντας συχνά την τοπογραφία του περιβάλλοντος τοπίου. Πόλεις αναπτύχθηκαν κατά μήκος των εμπορικών δρόμων ή πιο γενικά κοντά στους δίαυλους επικοινωνίας (Constantinidis 2003). Καθίσταται σαφές ότι το ανάγλυφο της γης αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του αρχαίου πολιτισμού όχι μόνον γιατί επάνω σε αυτό βρίσκονται τα αρχαιολογικού ενδιαφέροντος ευρήματα αλλά κυρίως γιατί αυτό είναι που καθόρισε τη δημιουργία και την ύπαρξη τους σε συγκεκριμένα σημεία.

Ένας άλλος λόγος επιλογής τοποθεσιών κατοίκησης από τους ανθρώπους, είναι η δυνατότητα της θέσης τους να επιτρέπει την εύκολη επικοινωνία σε ένα μεγάλο εύρος περιοχών. Η διατήρηση των δικτύων επικοινωνίας είναι ένας σπάνια εξεταζόμενος λόγος για την καθιέρωση των πολιτιστικά συνδεδεμένων περιοχών πέρα από τα πλαίσια των γεωμορφολογικών τους περιορισμών. Εντούτοις είναι δυνατό οι τοποθεσίες αυτές έχοντας τη δυνατότητα να αναμεταδίδουν μηνύματα πέρα από ένα τοπίο να είχαν καθορίσει τον τρόπο που οι περιοχές ήταν διασυνδεδεμένες, και η θέση τους μπορεί να απεικονίσει πως είχαν στηθεί οι τότε διαθέσιμοι τρόποι επικοινωνίας (Georgoula et al 2003).

Υπάρχουν λοιπόν περιπτώσεις όπου τα φυσικά και πολιτιστικά στοιχεία ενός τοπίου δεν μπορούν να διαχωριστούν. Η αξία τέτοιων τοπίων, ήταν δύσκολο να καθοριστεί με τη συνθήκη της UNESCO του 1972, γι αυτό το 1992 αναθεώρησε τον ορισμό της και υιοθέτησε τρεις κατηγορίες "πολιτιστικών τοπίων":

- I. «εμφανώς καθορισμένα τοπία»: είναι τοπία που σχεδιάζονται σκόπιμα και που δημιουργούνται από τον άνθρωπο. Αυτά περιλαμβάνουν κήπους και πάρκα που κατασκευάζονται για αισθητικούς λόγους. Συχνά, αλλά όχι πάντα, τα κτήρια αποτελούν μέρος αυτών των τοπίων.
- II. «οργανικά εξελιγμένα τοπία»: είναι τοπία που προέρχονται από κοινωνικές, οικονομικές, διοικητικές, θρησκευτικές αλληλεπιδράσεις και έχουν αναπτύξει την παρούσα μορφή τους σε μια εξελικτική διαδικασία και στενή αλληλεξάρτηση με το φυσικό περιβάλλον. Αυτά διαχωρίζονται στα «τοπία απολιθώματα», των οποίων το υλικό απόθεμα μαρτυρά τη διακοπή της εξέλιξης και στα «ζωντανά τοπία», των

οποίων το υλικό απόθεμα και οι παραδοσιακοί ανθρώπινοι τρόποι ζωής συνδυάζονται με τη συνέχιση της εξελικτικής διαδικασίας.

- III. «συσχετιζόμενα πολιτιστικά τοπία»: είναι τοπία τα οποία δεν παρουσιάζουν κανένα προκαλούμενο από τον άνθρωπο στοιχείο, έτσι από υλιστική άποψη είναι φυσικά τοπία, αλλά οι ισχυρές θρησκευτικές, καλλιτεχνικές ή πολιτιστικές συνδέσεις του φυσικού στοιχείου αποδίδουν την ιδιαίτερη σημασία σε αυτά. Ενώ το υλικό απόθεμα σε αυτά μπορεί να μην είναι τόσο σημαντικό (Roessler 2000) (Παυλογεωργάτος 2003).

Γίνεται λοιπόν σαφές από τους ορισμούς της UNESCO ότι το ανάγλυφο της γης αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της πολιτιστικής κληρονομιάς ακόμη και όταν δεν έχει επάνω ή μέσα του αντικείμενα αρχαιολογικού ενδιαφέροντος. Παρατηρούμε λοιπόν την άμεση σχέση της πολιτισμικής κληρονομιάς με τα αρχαιολογικά τοπία καθώς και τη συσχέτιση κάθε αρχαιολογικής έρευνας με το χώρο που αυτά καταλαμβάνουν.

2.2 Αρχαιολογία & Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα ΓΣΠ έχουν χρησιμοποιηθεί στον τομέα της αρχαιολογίας από τη δεκαετία του '80 στα μέσα όμως της προηγούμενης δεκαετίας η χρήση τους επεκτάθηκε περισσότερο. Στοιχεία που έχουν συλλεχθεί από τα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται για την εξερεύνηση και την ανακάλυψη αρχαιολογικών ευρημάτων, ενώ έχουν υπάρξει πολυάριθμες επιτυχείς προσπάθειες για τον προσδιορισμό τους στο τοπίο (Παράρτημα Α). Τα στοιχεία και οι πληροφορίες αυτές είναι πολύτιμες ως βασικά συστατικά μοντέλων τρισδιάστατης αναπαράστασης αλλά και πρόβλεψης, με τα οποία επιδιώκουμε να ταξινομήσουμε τα τοπία ή άλλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα τους ως προς τις πιθανότητες ύπαρξης πολιτιστικών αντικειμένων (Kvamme 1999). Διαφαίνεται τα τελευταία χρόνια πως η χρήση των ΓΣΠ γίνεται όλο και πιο σημαντική για τους αρχαιολόγους και τη δουλειά τους μιας και τα αρχαιολογικά στοιχεία είναι εγγενώς χωρικά και ενδιαφέρονται για την κατανομή τους στις αρχαιολογικές περιοχές και τα αρχαιολογικά τοπία. Από αυτές τις κατανομές, που περιγράφονται από σχέδια χωροθέτησης τους, μπορούμε να συμπεράνουμε πολλά για την κοινωνική και πολιτική πολυπλοκότητα των αρχαίων ανθρώπων που μελετάμε, το μέγεθος των περιοχών τους, τις διάφορες πτυχές προμήθειας των πόρων τους κ.α. Τα ΓΣΠ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο διαμόρφωσης βάσεων δεδομένων με μεγάλη ευελιξία στη χωροθέτηση των δεδομένων (Zinglersen 2003). Οι νέες πληροφορίες που μπορούν να παραχθούν από αυτά, στη συνέχεια, είναι δυνατόν να υποβληθούν σε ποικίλες αναλυτικές μεθόδους επιδιώκοντας την ανακάλυψη συσχετίσεων μεταξύ τους έχοντας ως βάση τη θέση τους στο τοπίο (Ervin et al 2001). Τα μοντέλα ανάλυσης χωρικών στοιχείων που προέρχονται από τα

ΓΣΠ χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση του κόστους-επιφανειών, στην εύρεση δικτύων εμπορίου και πολιτιστικών αλληλεπιδράσεων, σε προβλέψεις θέσεων νέων αρχαιολογικών ευρημάτων (Hatzinikolaou et al 2002) στην εύρεση και ανάλυση των δρόμων επικοινωνίας μεταξύ των αρχαιολογικών περιοχών (Duke 2002) καθώς επίσης και διάφορα άλλα μοντέλα μελέτης που προέρχονται από τη γεωγραφία και τη χωρική ανάλυση. Τα ΓΣΠ έχουν αποδειχθεί ένα αποτελεσματικό «διοικητικό εργαλείο» για μεγάλο αριθμό αρχαιολόγων που εργάζονται για την οργάνωση και τεκμηρίωση των πολιτιστικών αντικειμένων (Zeeb-Lanz 2003). Χρησιμεύει επίσης ως μέσο με το οποίο οι κατά τόπους αρχαιολογικές υπηρεσίες μπορούν γρήγορα να προσδιορίσουν τις πιθανές απειλές από την τροποποίηση του εδάφους λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας και μπορούν να συντονίσουν ευκολότερα την προστασία τους (Ervin et al 2001).

2.3 Αρχαιολογία & Προγράμματα Τρισδιάστατης Απεικόνισης

Το ανάγλυφο της γης είναι ένα δυναμικό περιβάλλον που δημιουργήθηκε από διαφορετικούς μετασχηματισμούς (ιστορικούς, πολιτικούς, γεωμορφολογικούς, γεωγραφικούς, ανθρωπολογικούς) οι οποίοι είναι κατανοητοί μέσα από το πέρασμα του χρόνου. Η μελέτη και η ανάλυση αρχαιολογικών και ιστορικών περιοχών περιλαμβάνει πολυεπιστημονική προσέγγιση με σκοπό να ανακατασκευάσει πολιτισμούς, παλαιοπεριβάλλοντα και γεωμορφολογίες. Έτσι η διαχρονική και δυναμική ανακατασκευή της περιοχής ενδιαφέροντος είναι μια σύνθετη και πολύπλοκη διαδικασία που μπορεί να υποβοηθηθεί από τη χρήση διαφορετικών τεχνολογιών όπως είναι τα ΓΣΠ, τα συστήματα εικονικών αναπαραστάσεων και τα συστήματα τρισδιάστατης αναπαράστασης. Αυτά έχουν ως τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία τρισδιάστατης εικονικής αναπαράστασης και χωροθέτησης όλων των χρήσιμων πληροφοριών που δίνουν στον ερευνητή δυνατότητα μελέτης μέσα από νέους πιο σύγχρονους εικονικούς τρόπους έρευνας.

Η δυναμική του τοπίου και των αρχαιολογικών χωρών διαμορφώνεται και διαφοροποιείται ανάλογα με τη χωρική κλίμακα και τη χρονική βάση αναφοράς. Η οικολογία του τοπίου σε συνδυασμό με τα ΠΤΑ παρέχουν ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο μπορούμε να εξετάσουμε χωρικές και χρονικές διαφορές και μεταβολές στη δομή και τη δημιουργία των αρχαιολογικών χωρών και να συσχετίσουμε αυτές τις μεταβολές με τις αλλαγές χρήσεων γης καθώς και τις αλλαγές στο ανάγλυφο (Hove 2002).

Η ακριβής καταχώρηση και η τρισδιάστατη απεικόνιση των περιοχών ενός τοπίου επιτρέπει την κατανόηση και τη μελέτη των πολιτιστικών-αρχαιολογικών μνημείων με τρόπο πιο αποδοτικό, δίνοντας μια κατά προσέγγιση αίσθηση των πραγματικών συνθηκών του χώρου που καθόρισαν τις αποφάσεις ως προς τις προτιμώμενες θέσεις σ' αυτόν. Η θέση μιας περιοχής μέσα και σε σχέση με τα βουνά, τους ποταμούς, τις ακτές, τους εδαφολογικούς τύπους και άλλες

περιοχές, μπορεί να απεικονίσει αποφάσεις που βασίστηκαν στις στρατηγικές επιρροές. Έτσι παραδείγματος χάριν μπορούμε να έχουμε θεωρητικά τους λόγους ως προς το γιατί μια ομάδα ανθρώπων επέλεξε τη συγκεκριμένη θέση (Georgoula et al 2003).

Παρατηρούμε πως τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερο τα ΠΤΑ γίνονται εργαλεία στα χέρια των αρχαιολόγων (Machácek et al 2003). Χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς της έρευνας αλλά και της παρουσίασης και ανάδειξης αρχαιολογικών αντικειμένων και χώρων. Παράδειγμα τέτοιων εργασιών αποτελεί η ψηφιακή αναπαράσταση της αρχαίας Ολυμπίας που πραγματοποιήθηκε από το Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού (Χριστοδούλου 2004), η τρισδιάστατη απεικόνιση πλοίου της εποχής των Βίκινγκ που έγινε στα πλαίσια μελέτης του τύπου κατασκευής του (Indruszewski 2003) όπως και άλλα πολλά τέτοιου είδους προγράμματα και εργασίες που έχουν εκπονηθεί. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι αποτελούν ένα σημαντικό όπλο για τη διατήρηση, προώθηση αλλά και μελέτη της πολιτιστικής κληρονομιάς.

2.4 Τρισδιάστατα Γ.Σ.Π (3D-Gis). Ενοποίηση των τεχνολογιών

Παρόλο που η τεχνολογία στον τομέα των τρισδιάστατων γραφικών είναι πολύ αναπτυγμένη και άμεσα διαθέσιμη για τη χρήση τους από τα ΓΣΠ, οι περισσότερες απεικονίσεις των διάφορων χαρτογραφικών πακέτων αναπαριστούν τα γεωγραφικά δεδομένα σε δυο διαστάσεις. Αυτό έχει να κάνει σε πολλές περιπτώσεις με τη δομή των γεωγραφικών δεδομένων η οποία είναι δύο διαστάσεων (Turner 1992).

Στις μέρες μας η δυνατότητα δημιουργίας τρισδιάστατων χαρτών, βοηθά στην καλύτερη κατανόηση των τρισδιάστατων δομών και διαδικασιών της επιφάνειας της γης. Παρατηρείται ένας συνεχώς αναπτυσσόμενος τομέας των ΓΣΠ αυτός των τρισδιάστατων ΓΣΠ (3DGIS), που έχει ως αντικείμενο τη χρήση των δυο αυτών τεχνολογιών στην ανάλυση των χαρτογραφικών και γεωγραφικών δεδομένων. Αυτή πραγματοποιείται με μια σειρά γεωφυσικών τεχνικών στις οποίες συμπεριλαμβάνεται η χρήση ραντάρ που διεισδύουν στο έδαφος και αποτυπώνουν τα περιεχόμενα του. Τα ραντάρ αυτά μετράνε την ηλεκτρική ειδική αντίσταση του εδάφους με μεθόδους μαγνητομετρίας πρωτονίων, ραδιομετρίας καισίου και άλλες (Growe et al 1999). Αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για να πάρουν μια «εικόνα» από αυτά που μπορεί να υπάρχουν επάνω αλλά και κάτω από την επιφάνεια της γης (Barcelo & Vicente 2003). Έτσι είναι δυνατή πλέον η αναπαράσταση της γήινης επιφάνειας με σχετικά μεγάλη ακρίβεια και λεπτομέρεια. Η ενοποίηση των δύο αυτών τεχνολογιών τελευταία έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται και για προγράμματα και σκοπούς που άπτονται της αρχαιολογίας και της διατήρησης και τεκμηρίωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Με τη χρήση τους εξετάζονται ζητήματα όπως «η σχέση των

αρχαιολογικής άξιας αντικείμενων με τα πολιτιστικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των κατασκευών και ο τρόπος που αυτά κατανέμονται μέσα σε μια ενιαία περιοχή» (Merlo 2003).

Τα ΓΣΠ από μόνα τους θα είχαν περιορισμένη εφαρμογή σε αυτού του είδους μελέτες επειδή οι ανασκαφές γίνονται φυσικά στις τρεις διαστάσεις, ενώ η τρέχουσα τεχνολογία επιτρέπει μόνο την τρισδιάστατη απεικόνιση, αλλά όχι την τρισδιάστατη άντληση πληροφοριών. Εντούτοις η ανάπτυξη διάφορων προγραμμάτων, των νέων γενεών τρισδιάστατων ΓΣΠ (3D GIS), επιτρέπει την ανάλυση των τρισδιάστατων στοιχείων με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πιο αποδοτικές μέθοδοι έρευνας (Kvamme 1999). Ο συνδυασμός αυτός των προγραμμάτων τρισδιάστατων γραφικών με τα στοιχεία από τα ΓΣΠ σημαίνει ότι οι αρχαιολόγοι θα είναι σε θέση να απεικονίσουν τις περιοχές ενδιαφέροντος τους με τρόπους που έως τώρα δεν ήταν δυνατόν. Αυτό στη συνέχεια θα τους επιτρέψει να σκάψουν πιο αποδοτικά και αποτελεσματικά χρησιμοποιώντας λιγότερους πόρους, οικονομικούς αλλά και χρονικούς (Longhi & Mangani 2003).

Τα βήματα αυτά βοηθούν στην ανάπτυξη μιας πλατφόρμας προσομοιώσεων αρχαιολογικών χώρων, η οποία ανήκει στον τομέα των εφαρμογών γεωπληροφορικής (Geoinformation) που σχετίζονται με την τεκμηρίωση, τη διαχείριση, την προστασία και την προώθηση των αρχαιολογικών περιοχών. Η αξία αυτών των εφαρμογών σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο είναι προφανής, επειδή μπορούν να αποτελέσουν ουσιαστικά εργαλεία για τη συνέχιση και τη διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Τέλος φαίνεται πως θα επιτρέψει στους αρχαιολόγους να επισημάνουν και να απαντήσουν σε συγκεκριμένα ερευνητικά ερωτήματα που τώρα φαντάζονταν δισεπίλυτα.

2.5 Σικελική Εκστρατεία

Τα εδάφη τα οποία διέσχισαν οι Αθηναίοι και οι σύμμαχοι τους κατά την εκστρατεία τους στις Συρακούσες της Νότιας Ιταλίας το 415-413 πΧ, αποτελούν την περιοχή μελέτης και εφαρμογής των μεθοδολογικών προσεγγίσεων που έχουν ως σκοπό την ενοποίηση των τεχνολογιών των ΓΣΠ και των ΠΤΑ. Για να καταλάβουμε την επιλογή των συγκεκριμένων περιοχών πρέπει να δοθεί η ιστορία αλλά και η ιδιαιτερότητα αυτής της εκστρατείας.

2.5.1 Η ιστορία

Οι Αθηναίοι διατηρώντας και ελέγχοντας τις πόλεις κράτη που άνηκαν στην Αθηναϊκή συμμαχία εδραίωναν τον ηγεμονικό τους ρόλο στην αρχαία Ελλάδα. Βέβαια πάντοτε υπήρχαν βλέψεις για την επέκταση της κυριαρχίας στη Μεγάλη Ελλάδα. Ήδη από το 433 πΧ είχαν συνάψει συμμαχία με το Ρήγιο και τους Λεοντίνους, στην Κάτω Ιταλία. Οι συνθήκες αυτές από

τη μια εξυπηρετούσαν την επεκτατική εμπορική πολιτική των Αθηναίων και από την άλλη τις πολιτικές επιδιώξεις των πόλεων αυτών στην Ιταλία. Στην περιοχή αυτή αλλά και σε ολόκληρη τη Σικελία οι Συρακούσες σε συνεργασία με τις δωρικές πόλεις, σχεδίαζαν να επιβάλουν την κυριαρχία τους.

Οι Αθηναίοι δεν άργησαν να πεισθούν από αντιπροσωπεία των Λεοντίνων για τον κίνδυνο επικράτησης των Συρακουσίων και έτσι δέχθηκαν να τους βοηθήσουν. Έτσι πραγματοποιήθηκε η πρώτη εκστρατεία των Αθηναίων στη Σικελία (427-424 πΧ) η οποία ήταν μικρής κλίμακας, διότι δεν ήθελαν να αποδυναμώσουν στρατιωτικά τη περιοχή της Αττικής τη στιγμή που ο Πελοποννησιακός πόλεμος συνεχιζόταν. Η εμπειρία των Αθηναίων από αυτή την πρώτη Σικελική εκστρατεία ήταν πολύ πικρή γιατί ουσιαστικά ηττήθηκαν και επέτρεψαν στις Συρακούσες να διατηρήσουν τη δύναμη τους στην περιοχή.

Μετά την αποτυχία των φιλειρηνικών μεθόδων του Νικία κατά τη διάρκεια του Πελοποννησιακού πολέμου και αφού η ειρήνη συνομολογήθηκε αλλά δε απέδωσε, οι Αθηναίοι στράφηκαν σε νέες λύσεις πιο ριζοσπαστικές. Λύσεις τις οποίες πρότεινε ο Αλκιβιάδης που ήταν ο εκφραστής του ριζοσπαστικού δημοκρατικού κόμματος. Εκφράζοντας τις ιδέες του αυτές, έβαλε ως σκοπό να πείσει τους Αθηναίους να αναλάβουν μιας μεγάλης κλίμακας εκστρατεία στη Σικελία που θα είχε εμπορικά και πολιτικά οφέλη στην Αθήνα. (Romilly 1995 σ 92-95). Η αφορμή για τη Σικελική εκστρατεία ήταν η έκκληση βοήθειας που έστειλε το 415πΧ η πόλη της Σικελίας Εγέστα. Έτσι παρά τις αντιδράσεις κυρίως του Νικία, ο οποίος υποστήριζε ότι δεν έπρεπε να εγκαταλειφθεί η Αθήνα για μια τόσο μακρινή και πολυέξοδη εκστρατεία (Kagan 1981), οι Αθηναίοι αποφάσισαν να στείλουν στη Σικελία 60 τριήρεις ορίζοντας στρατηγούς με πλήρη δικαιοδοσία τους Αλκιβιάδη, Νικία και Λάμαχο (Θουκυδίδης Ζ8).

Ο αντικειμενικός σκοπός του εκστρατευτικού σώματος στη Σικελία ήταν να βοηθήσει τους Εγεσταίους και Λεοντίνους εναντίον των έχθρων τους αλλά και να πράξει ότι έπρεπε για τα Αθηναϊκά συμφέροντα, χωρίς αυτό να σημαίνει κατάληψη της Σικελίας. Ο Νικίας όμως προσπαθώντας να αναβάλει την εκστρατεία ζήτησε την ενίσχυση του εκστρατευτικού σώματος πράγμα το οποίο και έγινε πλουσιοπάροχα. Με το εκστρατευτικό σώμα μόνον των Αθηναίων τελικά να αποτελείται από 100 τριήρεις, 5000 οπλίτες σε μεταγωγικά πλοία, τοξότες και σφενδονίτες (Θουκυδίδης Ζ25), άρχισε η συγκέντρωση των δυνάμεων στο λιμάνι του Πειραιά. Κατά την αναχώρηση του στόλου είχαν συγκεντρωθεί εντυπωσιακές δυνάμεις που αποτελούνταν από:

- 134 τριήρεις
- 5100 οπλίτες
- 480 τοξότες

- 700 Ρόδιους σφενδονίτες
- 120 ελαφρά οπλισμένους
- Και 30 ιππείς

Επίσης ακολουθούσαν 30 μεταγωγικά πλοία και 100 μικρότερα σκάφη, με όλα τα αναγκαία υλικά και ανθρώπους για την παρασκευή τροφής και οχυρωματικών έργων (Θουκυδίδης Ζ 43-44). Πρέπει να αναφερθεί ότι τα πληρώματα του στόλου αριθμούσαν τουλάχιστον 26000 άνδρες, ενώ τα πλοία του Αθηναϊκού στόλου ακολουθούσε και πλήθος εμπορικών και ιδιωτικών πλοίων που είχαν σκοπό την πώληση εμπορευμάτων και διάφορων ειδών στους στρατιώτες (Λοίζος 2001).

Η πορεία των Αθηναίων των σύμμαχων αλλά και των μεταγωγικών συνοδευτικών πλοίων είχε καθοριστεί αρχικά να έχει ως πρώτο σταθμό συγκέντρωσης την Κέρκυρα, από όπου όλοι μαζί θα διέπλεαν το Ιόνιο με κατεύθυνση το ακρωτήριο της Ιαπυγίας στην Ιταλία. Από εκεί θα κατευθυνόταν στα παράλια της μεγάλης Ελλάδας όπως και έγινε, με τελικό προορισμό την πόλη του Ρηγίου (Λοίζος 2001).

Έτσι άρχισε η εκστρατεία και ο πόλεμος στη Σικελία ο οποίος συνεχίστηκε έως το 413 πΧ που είχε ως αποτέλεσμα την πανωλεθρία των Αθηναίων. Καθ όλη τη διάρκεια του πολέμου 18.000 άνδρες πέθαναν ενώ οι περισσότεροι από τους 7000 στρατιώτες πιάστηκαν αιχμάλωτοι και πουλήθηκαν ως δούλοι. Έτσι από το συνολικό στρατό των περίπου 55.000 ανδρών λιγοστοί κατάφεραν να επιστρέψουν στην Ελλάδα. Το αποτέλεσμα ήταν το Αθηναϊκό εκστρατευτικό σώμα να έχει τελείως αποδεκατισθεί και με το τέλος του πολέμου την Αθήνα να έχει υποστεί τη μεγαλύτερη στρατιωτική ήττα στην ιστορία της (Λοίζος 2001).

2.5.2 Ιδιομορφία και αποτελέσματα Σικελικής εκστρατείας

Η ιδιαιτερότητα της Σικελικής εκστρατείας αποτέλεσε τον πρωταρχικό λόγο για τον οποίο χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό τη ψηφιακή αναπαράσταση τους οι περιοχές που έλαβε αυτή χώρα. Ιδιαιτερότητα η οποία οφείλεται αρχικά στην ιδιομορφία της ως πόλεμος οικονομικών συμφερόντων, πόλεμος που πραγματοποιήθηκε γιατί το Αθηναϊκό συμφέρον επικεντρωνόταν στον πολιτικό και οικονομικό παραμερισμό των Συρακουσών και στην εμπορική διείσδυση της Αθήνας στη Σικελία. Επίσης αποτελεί την πρώτη γνωστή τέτοιου μεγέθους εκστρατεία για δυο πολύ σημαντικούς λόγους. Αρχικό σημείο αναφοράς αποτελεί το μέγεθος του εκστρατευτικού σώματος το οποίο ήταν πολυάριθμο τόσο σε οπλίτες όσο και σε πλοία για τα δεδομένα της εποχής εκείνης αλλά ακόμη και για τα σημερινά δεδομένα. Επίσης η απόσταση που διανύθηκε από όλο αυτό το στράτευμα ήταν και αποτελεί ακόμη, μεγάλη γεωγραφικά, αλλά και δύσκολη λόγω των αναγκών που δημιουργούνταν καθ όλη τη διάρκεια του ναυτικού ταξιδιού.

Γνωρίζοντας το αποτέλεσμα της, το οποίο θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι αποτέλεσε το «Βιετνάμ» των Αθηναίων στο τέλος του Ε πΧ αιώνα θα λέγαμε ότι ήταν σταθμός στη ιστορία της μεγάλης και παντοδύναμης Αθήνας και της Αθηναϊκής συμμαχίας. Είχε άμεσες συνέπειες στο να χάσει η Αθήνα τους καλύτερους οπλίτες και το μεγαλύτερο μέρος του στόλου της. Έχει υπολογιστεί ότι οι Αθηναίοι έχασαν το ¼ των οπλιτών τους, 9000 Θήτες και χιλιάδες άλλους βοηθητικούς μαζί με 160 τριήρεις και ότι στο ταμείο τους δεν έμειναν παρά περίπου 500 τάλαντα από τα 5000 που διέθεταν το 431 (Kagan 1987). Η Αθήνα μετά από αυτή την εκστρατεία απώλεσε την παντοδυναμία της στρατιωτική και οικονομική, και αναγκάστηκε να παλέψει όχι για την ηγεμονική της θέση πια, αλλά για την επιβίωση της.

Τα αποτελέσματα της Σικελικής εκστρατείας είχαν και απρόβλεπτες συνέπειες στις σχέσεις τους με τους σύμμαχους στην κυρίως Ελλάδα, γιατί πολύ σύντομα μέλη της Αθηναϊκής συμμαχίας αποστάτησαν ενώ οι Αθηναίοι υποχρεώθηκαν να μεταβάλουν το πολίτευμα τους για να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα τους.

2.6 Επιλογή της περιοχής μελέτης

Οι θεματικοί χάρτες που θα χρησιμοποιηθούν για την ενοποίηση των ΓΣΠ και των ΠΤΑ θα παρουσιάζουν τρεις διαφορετικές απόψεις της λεκάνης της Μεσογείου όπως αυτές χρειάζονται για να αποδοθεί η πορεία των Αθηναίων κατά την εκστρατεία τους στις Συρακούσες της Νότιας Ιταλίας το 415-413 πΧ (Καρύκας 2001). Οι απόψεις αυτές θα παρουσιάζουν τα παρακάτω τμήματα της (Μεσογείου).

- I. Τη νότια Ελλάδα και τη νότια Ιταλία
- II. Το νησί της Σικελίας
- III. Την πόλη των Συρακουσών

Η επιλογή της Σικελικής εκστρατείας έγινε λόγω της ιδιαιτερότητας της πορείας αλλά και των περιοχών που οι Αθηναίοι διέσχισαν δια θαλάσσης κατά τη διάρκεια της, καθώς και γιατί θεωρείται μια από τις μεγαλύτερες ναυτικές εκστρατείες των αρχαίων χρόνων. Σημαντικός λόγος για την επιλογή της αποτελεί και το αποτέλεσμα που είχε αυτή στη πόλη των Αθηνών και στην Αθηναϊκή συμμαχία. Οι περιοχές τις οποίες διέσχισαν οι Αθηναίοι και οι σύμμαχοι τους ξεκινώντας από την Ελλάδα και καταλήγοντας στη Σικελία αποτελούσαν τότε μια πολύ μεγάλη πρόκληση για τους ναυτικούς των αρχαίων χρόνων (Λοίζος 2001).

Πρέπει να συμπληρώσουμε πως με την επιλογή των περιοχών αυτών καλύπτουμε πλήρως το εύρος της λεπτομέρειας που είναι δυνατό να ανακτηθεί από τα ΓΣΠ. Έτσι χρησιμοποιώντας όλο

το φάσμα της ακρίβειας τους θα έχουμε τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα στην τρισδιάστατη αναπαράσταση της γεωμορφολογίας των τμημάτων που μας ενδιαφέρουν.

Κατά συνέπεια η όσο γίνεται πιο λεπτομερής απεικόνιση των περιοχών αυτών θα δώσει τη δυνατότητα παρουσίασης της Σικελικής εκστρατείας με τρόπο αλληλεπιδραστικό και πιο αποδοτικό για την κατανόηση και αφομοίωση των γεωγραφικών δυσκολιών αλλά και του μοναδικού στα ιστορικά χαρακτήρα της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Γ.Σ.Π

3.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Η ανάγκη για χωρικά στοιχεία και λεπτομερή δεδομένα για το ανάγλυφο της γης είναι γνωστή στους «επιστήμονες του χώρου» από την αρχαιότητα (Κουτσόπουλος 2002). Σήμερα όσοι ασχολούνται με το κτηματολόγιο χρειάζονται λεπτομερή στοιχεία για την κατανομή των χρήσεων γης στις πόλεις και την ύπαιθρο. Οι πολεοδόμοι και οι χωροτάκτες έχουν ανάγκη να σχεδιάσουν δρόμους, περιοχές κατοικιών και βιομηχανικές ζώνες και επομένως απαιτούν χωρικά στοιχεία. Δηλαδή, πολλοί και για πολλούς λόγους έχουν ανάγκη χωρικά στοιχεία και βέβαια για συστήματα διαχείρισης και ανάλυσης αυτών με στόχο πάντοτε τον σχεδιασμό, τέτοια συστήματα είναι τα ΓΣΠ (Κουτσόπουλος 2002).

Πριν προχωρήσουμε στη μεθοδολογία κατασκευής των ΨΜΕ από τα ΓΣΠ, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούμε με συντομία σε μερικούς βασικούς ορισμούς γύρω από αυτά. «Κατ' αρχήν, οφείλουμε να ξεχωρίσουμε τα συστήματα πληροφοριών από τα λειτουργικά-διοικητικά συστήματα που παρέχουν πληροφορίες. Ένα σύστημα για τακτικό και συνηθισμένο τρόπο επεξεργασίας δεδομένων και για απάντηση προκαθορισμένων και περιορισμένων ερωτημάτων, είναι ένα λειτουργικό σύστημα. Ένα πληροφοριακό σύστημα, σε αντίθεση, είναι ένα σύστημα στο οποίο η φύση των ερωτημάτων δεν είναι κατ' ανάγκη προκαθορισμένη με λεπτομέρειες. Ενώ εταιρείες και υπηρεσίες χρειάζονται λειτουργικά συστήματα για να αντιμετωπίσουν ερωτήσεις και διαχειριστικά προβλήματα ρουτίνας, αντίθετα για το σχεδιασμό χρειάζεται ένα πληροφοριακό σύστημα για να απαντά σε διαφορετικές, όχι εκ των προτέρων γνωστές, ερωτήσεις και να εκτελεί όχι προκαθορισμένες αναλύσεις» (Κουτσόπουλος 2002).

Ένα Χωρικό Σύστημα Πληροφοριών είναι μια ειδική περίπτωση πληροφοριακού συστήματος, όπου η πληροφοριακή βάση αποτελείται από παρατηρήσεις για χωρικά καταναμημένα χαρακτηριστικά, δραστηριότητες ή γεγονότα που καθορίζονται στο χώρο σαν σημεία, γραμμές, ή επιφάνειες. Έτσι ένα ΓΣΠ επεξεργάζεται στοιχεία για αυτά τα σημεία, γραμμές ή επιφάνειες, δημιουργώντας τις αναγκαίες πληροφορίες για την απάντηση μη προκαθορισμένων χωρικών ερωτημάτων και αναλύσεων. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι η χρήση του όρου Χωρικά ή του πιο συνηθισμένου Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών συζητήσεων και διαφωνιών μεταξύ των ειδικών και των χρηστών των συστημάτων αυτών. Η πληθώρα των όρων και των ορισμών πρέπει να αποδοθεί στο ότι τα ΓΣΠ.

είναι μια πολύ καινούργια επιστημονική περιοχή και επιπλέον αποτελεί αντικείμενο πολλών φυσικών και κοινωνικών επιστημών που ασχολούνται με τη διεκπεραίωση χωρικών στοιχείων. Πιο συγκεκριμένα, τα ΓΣΠ αντιπροσωπεύουν «ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου» (Burroughs 1983).

Έως τις αρχές του '90 τα Γ.Σ.Π αποτελούσαν ένα εξειδικευμένο εργαλείο μόνο για την ανάλυση και τη «συντήρηση» της χωρικής και σημασιολογικής πληροφορίας διαφόρων χωρικών αντικείμενων (Kluijver et al 2003). Η ανάγκη για οπτικοποίηση της χωρικής πληροφορίας στις τρεις διαστάσεις και αργότερα στις τέσσερις (εισαγωγή χρονικών μεταβλητών) αυξήθηκε γρήγορα, γιατί η δισδιάστατη ανάλυση της στα ΓΣΠ έχει παρουσιάσει πλήθος περιορισμών σε διάφορες περιπτώσεις. Παράδειγμα αποτελούν τα μοντέλα πρόβλεψης θορύβου (διάδοση θορύβου σε τρεις διαστάσεις) (Kluijver et al 2003), μοντέλα καταστροφών από πλημμύρες, μοντέλα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, γεωλογικά μοντέλα (Van Wees et al 2002). Άλλες περιπτώσεις που συνδέονται με την ανάγκη χρήσης τρισδιάστατων γεωπληροφοριών είναι: ο τρισδιάστατος αστικός προγραμματισμός, οι τηλεπικοινωνίες, οι δημόσιες διαδικασίες διάσωσης, ο προγραμματισμός τοπίων (Stoter et al 2003). Τα τελευταία χρόνια τα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται και από τους επιστήμονες στον τομέα της αρχαιολογίας και της μελέτης των αρχαιολογικών χώρων το οποίο φαίνεται από το πλήθος δημοσιευμένων ερευνών που παρουσιάστηκαν κατά τα δύο τελευταία συνέδρια της CAA το 2002 και 2003¹. Από αυτές τις εργασίες αλλά και παρακολουθώντας τα τελευταία βήματα της επιστημονικής κοινότητας στον τομέα της χρήσης των ΓΣΠ, αυτά αποτελούν ένα σημαντικό χρήσιμο εργαλείο για τους μελετητές της ανθρώπινης ιστορίας αλλά και της σχέσης που έχει αυτή με τη διαμόρφωση του εδάφους και γενικότερα του φυσικού περιβάλλοντος (Duke 2002).

Για τα εικονικά μοντέλα τοπίων μια κοινή πηγή στοιχείων και ο συνδυασμός τους με βάσεις δεδομένων είναι τα ΓΣΠ. Αυτά είναι συχνά η αρχική πηγή για πολλά δεδομένα όπως πληροφορίες για τη βλάστηση, τη φυτοκάλυψη (Hone 2002), τη δόμηση, την κάλυψη από νερό. Οργανώνουν την πληροφορία με έναν ευδιάκριτο διαχωρισμό μεταξύ των γεωμετρικών πληροφοριών, όπως οι θέσεις και τα υψόμετρα, και των άλλων ιδιοτήτων, όπως η βλάστηση, η ιδιοκτησία, κλπ (Turner 1991). Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενημερώσουν και να επεκτείνουν τα ψηφιακά εικονικά μοντέλα των τοπίων. Μερικές φορές, η παραγωγή των ιδιοτήτων ενός τοπίου, είναι τρόπος που αυξάνει την επικοινωνιακή δύναμη στις απεικονίσεις τους (Pescarin 2002).

¹ Proceedings of the 29th and 30th CAA conference (<http://www.caaconference.org>).

Τα περισσότερα λογισμικά ΓΣΠ χειρίζονται τη χωρική πληροφορία και τα τοπογραφικά στοιχεία μιας περιοχής, είτε ως ψηφιδωτά δεδομένα (Raster)², είτε ως διανυσματικά δεδομένα (Vector)³. Αρκετά από τα προγράμματα επεξεργασίας εικόνας, και παραγωγής γραφικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αλλάξουν και να τροποποιήσουν αυτά τα στοιχεία. Πρέπει όμως να ληφθεί προσοχή ώστε να μην επηρεασθούν οποιεσδήποτε σχέσεις στις βάσεις δεδομένων, ή την τοπολογική πληροφορία που εμπεριέχεται και αναγνωρίζεται μόνο από τα ΓΣΠ (Ervin et al 2001).

Πριν αναλυθεί ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν τα ΓΣΠ και γίνεται η τεχνική εξεργασία των δεδομένων πρέπει να δοθεί το κατάλληλο θεωρητικό υπόβαθρο στον αναγνώστη ώστε να μπορέσει να καταλάβει τις λειτουργίες τους. Έτσι είναι καλό να γίνει αναφορά στα:

I. Συστήματα συντεταγμένων και

II. Στις συντεταγμένες των χαρτών

τα οποία και αποτελούν τη θεωρητική βάση επάνω στην οποία βασίζονται όλες οι τροποποιήσεις των χαρτογραφικών δεδομένων για τη μετατροπή τους σε τρισδιάστατες αναπαραστάσεις.

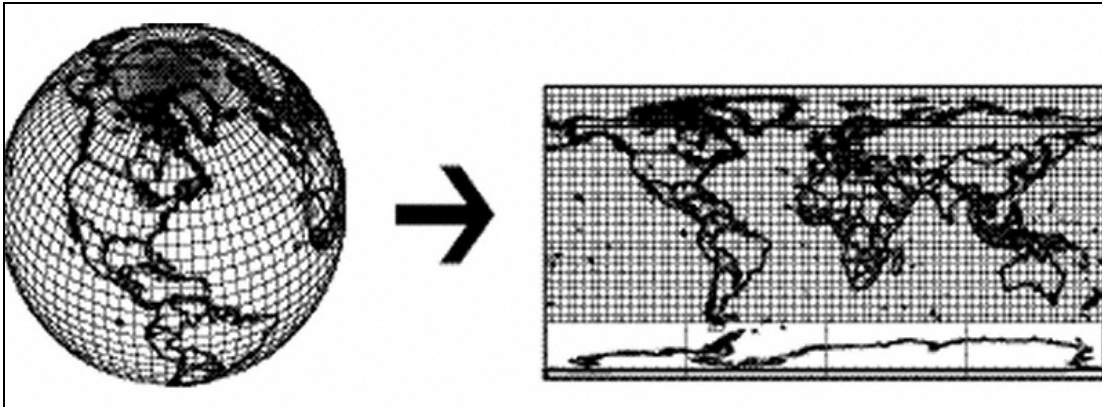
Εξετάζοντας τις ψηφιακές αναπαραστάσεις, τρισδιάστατα πρότυπα και προσομοιώσεις τοπίων αρχικά πρέπει να αναφερθούμε στις διαστάσεις και τη γεωμετρία του κόσμου που ζούμε και προσπαθούμε να αναπαραστήσουμε με ακρίβεια. Ο πραγματικός κόσμος, όπως σχεδιάζεται από τους αρχιτέκτονες τοπίων, αλλά και οι φανταστικοί κόσμοι που δημιουργούνται από τους σχεδιαστές παιχνιδιών υπολογιστών, θεωρούνται συνήθως ως τρισδιάστατοι (3D) καταλαμβάνοντας τις χωρικές συντεταγμένες: X για το πλάτος, Y για το μήκος, και Z για το ύψος, ή βάθος. Αυτό το σύστημα συντεταγμένων, που αποδίδεται στον Ευκλείδη και τον Καρτέσιο, επιτρέπει τις λεπτομερείς περιγραφές της στερεάς γεωμετρίας, και αποτελεί τη βάση για το σχεδιασμό σε υπολογιστές (CAD) αλλά και των ΓΣΠ (GIS) (Turner 1991). Βέβαια, οι πιο γνωστές αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούνται για αιώνες έως και σήμερα, είναι αυτές των δυο διαστάσεων (2D), όπως οι χάρτες, τα σχέδια και οι εικόνες σε επίπεδο χαρτί. Η τέχνη και η επιστήμη της προοπτικής της αναπαράστασης στο χώρο, όπου αποδίδει τις τρεις διαστάσεις μόνο σε δύο, έχει αναπτυχθεί από τους ζωγράφους, εδώ και τετρακόσια χρόνια, και πιο πρόσφατα από τους επιστήμονες υπολογιστών τα τελευταία τριάντα- σαράντα χρόνια (Ervin et al 2001).

Στη χαρτογραφία και την επιστήμη της γεωγραφίας, έχουν αναπτυχθεί νέες μαθηματικές μέθοδοι προβολής για τη μετατροπή της σφαιρικής πραγματικότητας της γης σε επίπεδες αναπαραστάσεις (χάρτες). Πολλά έχουν γραφεί για τις χαρτογραφικές προβολές, και το ρόλο

² Δορυφορικές εικόνες όπου τα εικονοστοιχεία (pixels). περιέχουν την πληροφορία του υψομέτρου).

³ Γραμμές και πολύγωνα

τους στη μετάβαση από σφαιρικές προβολές σε επίπεδες. Έχει παρατηρηθεί σε όλες τις προβολές χαρτών οι οποίες προέρχονται από τη μετατροπή σφαιρικών συντεταγμένων σε επίπεδες, ότι κάποια σημεία της προβολής διαστρεβλώνονται. Καμία σφαιρική προβολή δεν μπορεί να διατηρήσει ακριβώς τη μορφή της περιοχής. Παραδείγματος χάριν σε μια επίπεδη αναπαράσταση της γης οι πολικές περιοχές και η Γροιλανδία είναι διαστρεβλωμένες με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πολύ μεγαλύτερες από την πραγματικότητα.



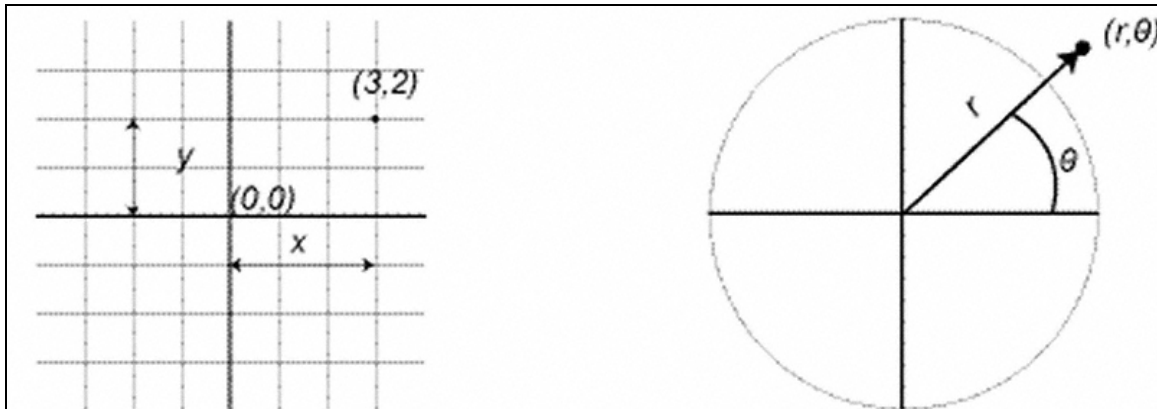
Εικόνα 1:Χαρτογραφική μετατροπή σφαιρικής προβολής σε επίπεδη προβολή (Ervin et al 2001).

Στη χαρτογραφία και τα ΓΣΠ υπάρχει μια γενικότερη αρχή για τα αποτελέσματα κάθε αναπαράστασης. Καμία δεν απολύτως αληθινή ή τέλεια, όλες περιέχουν λάθη, παραλείψεις, αφαιρέσεις, απλοποιήσεις, και υπερβολές,. Στα μοντέλα τοπίων, τόσο οι ζωγράφοι όσο και οι επιστήμονες, χαρτογράφοι ή μη, κάνουν τις επιλογές τους για τις οπτικοποιήσεις, βασισμένοι στους σκοπούς τους και τους πόρους τους (χρόνος, ταλέντο, μελάνι, δύναμη υπολογιστών, κλπ). Σε αυτή την εργασία θα δοθούν όλες οι πτυχές κατασκευής ΨΜΕ χρησιμοποιώντας τα πιο σύγχρονα χαρτογραφικά πρότυπα και θα τονιστούν η καταλληλότητά τους ανάλογα με το σκοπό που θα εξυπηρετήσει η απεικόνιση τους αλλά και τους πόρους τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς που τίθενται σε κάθε περίπτωση.

3.1.1 Συστήματα Συντεταγμένων

Οι θέσεις των αντικειμένων στο επίπεδο (πχ στο χαρτί, στην επιφάνεια της γης) μπορούν να περιγραφούν από ένα ζεύγος αριθμών, που αντιπροσωπεύουν την απόσταση κατά μήκος δύο ορθογώνιων αξόνων, των οποίων η συμβολή δίνει την αρχή τους και αποτελεί το σημείο μηδέν για κάθε ένα. Στο καρτεσιανό σύστημα, αυτές οι συντεταγμένες καλούνται X για τις οριζόντιες, ή αλλιώς τις διαστάσεις του πλάτους, και Y για την κατακόρυφο, ή αλλιώς τις διαστάσεις του ύψους. Σε μια σφαιρική επιφάνεια, όπως η γη, καλούνται γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό

πλάτος. Στο δισδιάστατο χώρο χρησιμοποιείται το πολικό σύστημα συντεταγμένων στο οποίο οποιαδήποτε θέση μπορεί να καθορισθεί από μια γωνία και μια απόσταση.



Εικόνα 2:Καρτεσιανό και πολικό σύστημα συντεταγμένων (Ervin et al 2001).

Οι τιμές των συντεταγμένων στην περίπτωση του απείρως υποδιαιρέσιμου διαστήματος, όπως είναι ο πραγματικός κόσμος μπορούν να είναι πραγματικοί αριθμοί⁴ ή μπορούν να είναι ακέραιοι αριθμοί⁵ στην περίπτωση των διακριτών διαστημάτων, όπως τα στοιχεία σε ένα πλέγμα ή μια σειρά. Στην τελευταία περίπτωση μπορούν επίσης να προσδιοριστούν ως σειρές (οριζόντια) και στήλες (κάθετα) (Burrough P.A.1991).

Οι τιμές των συντεταγμένων αυξάνονται σε μια κατεύθυνση και μειώνονται στην αντίθετη, έτσι ώστε οι θετικές τιμές του X να είναι προς τα δεξιά (Ανατολή), ενώ οι αρνητικές στο αριστερό (Δύση). Οι θετικές τιμές του Y είναι προς τα επάνω (Βορράς), σε ένα επίπεδο κομμάτι χαρτί, και οι αρνητικές είναι κάτω (Νότος). Δεν πρέπει να γίνεται σύγχυση με τα "επάνω" και "κάτω" που αναφέρονται στην τρίτη διάσταση Z.

Είναι επομένως σημαντικό κάθε φορά που χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα συντεταγμένων να γίνεται ακριβής καθορισμός των αξόνων καθώς και της θετικής φοράς μέτρησης σε κάθε ένα από αυτούς ώστε να αποφεύγονται λανθασμένα αποτελέσματα.

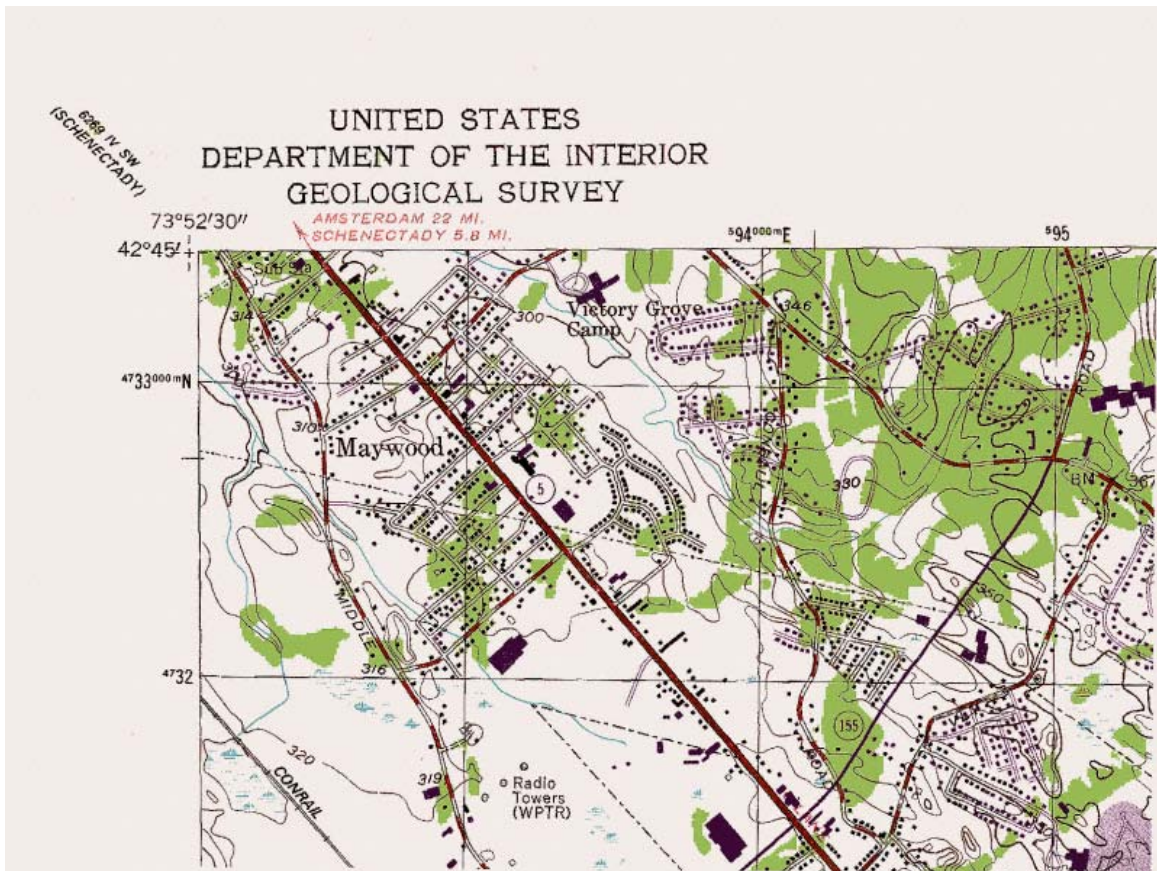
3.1.2 Συντεταγμένες Χαρτών

Στην περίπτωση των συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται στους χάρτες και που δείχνουν τις θέσεις στη γήινη επιφάνεια (ή οποιαδήποτε σφαίρα, όπως ένας πλανήτης) υπάρχουν δύο

⁴ τιμές με ένα δεκαδικό σημείο και κάποιο αριθμό δεκαδικών θέσεων, όπως 3.14159, οι οποίοι αποκαλούνται μερικές φορές αριθμοί κινητής υποδιαστολής

⁵ τιμές χωρίς το δεκαδικό σημείο, όπως 0, 1,2,3...

πρόσθετα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πέρα από το σύστημα συντεταγμένων είναι οι μονάδες και οι προβολές.



Εικόνα 3:Χάρτης με εμφανή τα συστήματα συντεταγμένων που χρησιμοποιεί: Γεωγραφικό μήκος και πλάτος, UTM (Ervin et al 2001).

Τα γεωγραφικά Πλάτη και Μήκη δεν παίρνουν αρνητικές τιμές, αλλά προσδιορίζονται από το ημισφαίριο: Βόρειο (θετικό γεωγραφικό πλάτος) ή νότιο (αρνητικό γεωγραφικό πλάτος), ανατολικό (θετικό γεωγραφικό μήκος) και δυτικό (αρνητικό γεωγραφικό μήκος). Επίσης, τα σφαιρικά συστήματα έχουν ως μονάδες τις μοίρες και τις υποδιαιρέσεις τους που είναι τα λεπτά (1/60 της μοίρας) και τα δευτερόλεπτα (1/60 του λεπτού).

Τέλος, οι συντεταγμένες σε μια σφαιρική επιφάνεια που μετριοούνται ως αποστάσεις και όχι σε μοίρες υπόκεινται σε διαδικασίες μετατροπής κατά τις οποίες η κυρτή επιφάνεια ισιώνεται και φαίνεται ελαφρώς διαστρεβλωμένη. Υπάρχουν πολλά μαθηματικά καθορισμένα προβολικά συστήματα, ποιο γνωστά από τα οποία είναι τα: UTM, Geographic & Peters (Zeiler 1999).



Εικόνα 4:Γροιλανδία στα προβολικά συστήματα: Mercator, Geographic και Peters (Ervin et al 2001).

Επομένως καταλαβαίνουμε πως το σημαντικότερο που πρέπει να γνωρίζουμε είναι ότι οι συντεταγμένες σε δύο διαφορετικά προβολικά συστήματα δεν θα ταιριάζουν η μία επάνω στην άλλη εάν οι αριθμητικές τους τιμές είναι ίδιες και αναφέρονται σε διαφορετικά σημεία επάνω στη γη. Επομένως για την κατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων τοπίων, όπου η πληροφορία είναι δυνατόν να προέρχεται από διαφορετικά δεδομένα και προβολικά συστήματα, είναι σημαντική η μετατροπή τους στο ίδιο ισότιμο σύστημα και την ίδια προβολή.

3.2 Συλλογή Γεωγραφικής Πληροφορίας

Η δημιουργία ΨΜΕ τα οποία είναι φανταστικά δηλαδή μη υπαρκτά, δεν υπόκειται σε περιορισμούς. Έτσι ανακαλύπτουμε πως η κατασκευή τους είναι σχετικά εύκολη. Εύκολη γιατί δεν έχουμε παρά να χρησιμοποιήσουμε τη φαντασία μας και τις τεχνικές μοντελοποίησης των ΠΤΑ. Όταν όμως αντιμετωπίζουμε τη δημιουργία ΨΜΕ τμήματος της επιφάνειας της γης (πραγματικός κόσμος) βρισκόμαστε μπροστά σε σημαντικούς περιορισμούς και ερωτήματα. Έτσι πρέπει να δοθούν:

- η περιοχή μελέτης με ακρίβεια ώστε να μπορέσει να εντοπιστεί γεωγραφικά επάνω στη γήινη επιφάνεια.
- η ακρίβεια του μοντέλου που θα δημιουργηθεί
- η κλίμακα του
- η φυτοκάλυψη και οι λεπτομέρειες των υπερκείμενων κατασκευών

Παρατηρούμε δηλαδή ότι είναι αναγκαίο να βρούμε πηγές δεδομένων που να δίνουν τη δυνατότητα ακριβούς αναπαράστασης του ΨΜΕ. Τα δεδομένα που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για αυτό το σκοπό μπορεί να είναι τοπογραφικοί χάρτες της περιοχής, δορυφορικές φωτογραφίες, αεροφωτογραφίες, ψηφιδωτά δεδομένα (raster), διανυσματικά (vector) δεδομένα κ.α..

Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι ένα πολύ σημαντικό βήμα για την απεικόνιση του πραγματικού κόσμου είναι η αναζήτηση και η διαχείριση των κατάλληλων δεδομένων.

Η Περιοχή Μελέτης

Η τρισδιάστατη απεικόνιση με την κατασκευή των ΨΜΕ των περιοχών που διέσχισαν οι Αθηναίοι και οι σύμμαχοι τους κατά την εκστρατεία τους στις Συρακούσες της Νότιας Ιταλίας αποτελούν τον βασικό άξονα της εργασίας. Είναι προφανές λοιπόν ότι έπρεπε να αναζητηθούν χαρτογραφικά δεδομένα που να αποδίδουν με την απαιτούμενη ακρίβεια τις περιοχές αυτές. Έτσι αποφασίσθηκε η πληροφορία να χωρισθεί σε τρεις θεματικούς χάρτες οι οποίοι θα παρουσιάζουν τις παρακάτω διαφορετικές απόψεις της λεκάνης της Μεσογείου: (Καρύκας 2001)

1. Τη νότια Ελλάδα και τη νότια Ιταλία
2. Το νησί της Σικελίας
3. Την πόλη των Συρακουσών

Λόγω του μεγέθους της απόστασης που διανύθηκε, γεωγραφικά έχουμε τη δυνατότητα μελέτης τριών διαφορετικών περιπτώσεων θεματικών χαρτών. Χαρτών με διαφορετικές κλίμακες που καλύπτουν όλο το φάσμα των χαρτογραφικών αποτυπώσεων και κλιμάκων (Rossi & Maggi 2003). Η πληροφορία για τη δημιουργία των χαρτών αυτών και κατά συνέπεια του τρισδιάστατου ανάγλυφου πρέπει να έχει διαφορετική ανάλυση στην ποιότητα και την ποσότητα της, μιας και οι περιοχές καλύπτουν χαρτογραφικά τρεις διαφορετικές κλίμακες. Έτσι με βάση αυτή την πορεία θα μελετήσουμε την ανάκτηση γεωγραφικών στοιχείων αλλά και τη δημιουργία τρισδιάστατων αναπαραστάσεων

1. μικρής κλίμακας
2. μεσαίας κλίμακας
3. μεγάλης κλίμακας

Παρατηρείται πως η επιλογή των περιοχών που έλαβε χώρα η Σικελική εκστρατεία καλύπτει πλήρως το εύρος της λεπτομέρειας που είναι δυνατό να ανακτηθεί από τα ΓΣΠ χρησιμοποιώντας όλο το φάσμα της ακρίβειας που μπορούν αυτά να έχουν.

Κατά την εκπόνηση της εργασίας το πρώτο και ίσως το μεγαλύτερο εμπόδιο που συναντήθηκε αποτελούσε την απάντηση στο ερώτημα: «Πού θα βρεθούν τα κατάλληλα χαρτογραφικά δεδομένα και σε ποια μορφή, ώστε να αποτελέσουν τη βάση για τη δημιουργία των ΨΜΕ». Η σωστή επιλογή τους αποτελεί το βασικότερο στοιχείο για την ακριβή τους αναπαράσταση. Ο κύριος περιορισμός ήταν να έχουν τέτοια μορφή ώστε να αναγνωρίζονται από τα ΓΣΠ και να περιέχουν με ικανοποιητική ακρίβεια τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά του ανάγλυφου. Τα

δεδομένα που πληρούσαν τις προϋποθέσεις που είχαν τεθεί διαχωρίζονται στις δυο παρακάτω μορφές:

1. Ψηφιακή και
2. Αναλογική

Ψηφιακή μορφή έχουν τα δεδομένα τα οποία έχουν υποστεί ήδη συγκεκριμένη ψηφιακή επεξεργασία ή που έχει ως αποτέλεσμα την άμεση χρήση τους από το λογισμικό των ΓΣΠ (Κουτσόπουλος κ.α. 2003). Τέτοια δεδομένα είναι :

- Σχηματικά Αρχεία (shape). Είναι γεωγραφικά και περιγραφικά δεδομένα που περιέχουν μόνο σημεία, ή μόνο γραμμές, ή τέλος μόνο πολύγωνα.
- Αρχεία Θεματικών Επιπέδων (coverage). Είναι μια βάση χωρικών δεδομένων που αποθηκεύει γεωγραφική και περιγραφική πληροφορία. Μπορεί να περιέχει γραμμές και πολύγωνα, σημεία και γραμμές αλλά όχι σημεία και πολύγωνα ταυτόχρονα.
- Ψηφιδωτά Αρχεία (grids). Είναι ψηφιδωτά δεδομένα (raster), κατάλληλα για να περιγράψουν γεωγραφικά φαινόμενα τα οποία διαφέρουν συνεχώς στο χώρο, όπως το ψηφιακό μοντέλο εδάφους κ.α.
- Ψηφιακές εικόνες (images). Είναι όλων των ειδών οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες.

Αναλογική μορφή δεδομένων αποτελούν οι παλιοί και γνωστοί σε όλους τοπογραφικοί χάρτες που περιέχουν γεωγραφική πληροφορία αλλά και περιγραφικά στοιχεία των περιοχών τις οποίες αναπαριστούν. Βέβαια οι χάρτες για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν από τα ΓΣΠ πρέπει να ψηφιοποιηθούν με συγκεκριμένες διαδικασίες που έχουν να κάνουν με τη γεωγραφική διόρθωση και τη ψηφιοποίηση των ισοϋψών τους (Κουτσόπουλος κ.α. 2003).

Η εύρεση των κατάλληλων δεδομένων ήταν το πρώτο βήμα για στη δημιουργία του υπόβαθρου για την κατασκευή των ΨΜΕ των υπό μελέτη περιοχών. Οι οργανισμοί από τους οποίους προσπαθήσαμε να αντλήσουμε τα δεδομένα μας, διαχωρίστηκαν με βάση τη λεπτομέρεια που θέλαμε αυτά να έχουν. Έτσι για τις περιοχές μικρής κλίμακας που περιελάμβαναν τη νότια Ελλάδα και τη νότια Ιταλία τα στοιχεία που χρησιμοποιήσαμε ήταν ψηφιδωτά δεδομένα με ανάλυση εικονοστοιχείου 100x100m τα οποία και ανακτήσαμε από:

- Το εργαστήριο Χαρτογραφίας του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού
- Το εργαστήριο Χαρτογραφίας του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου
- Την Αμερικάνικη Ομοσπονδιακή Γεωλογική Χαρτογραφική Υπηρεσία (USGS).

Τα δεδομένα που πήραμε από το εργαστήριο Χαρτογραφίας του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού αποτελούν κομμάτι αυτών που παρέχει το DCW (Digital Chart of the World) το οποίο είναι τμήμα της εταιρείας ESRI και που αρχικά παράχθηκαν για την αμερικάνικη χαρτογραφική υπηρεσία στρατού (DMA)⁶. Ένας από τους ψηφιακούς χάρτες του DCW αποτελούσε και τα δεδομένα τα οποία μας δόθηκαν και που ουσιαστικά ήταν ένα αρχείο ψηφιδωτών δεδομένων που απεικόνιζε την Ελλάδα και την Ιταλία..

Το εργαστήριο χαρτογραφίας του Τμήματος Γεωγραφίας μας παρείχε και αυτό με τη σειρά του αρχεία ψηφιδωτών δεδομένων τα οποία απεικόνιζαν τη νοτιοανατολική λεκάνη της Μεσόγειου. Αυτά προέρχονται από δορυφορικές εικόνες στις οποίες το μέγεθος των εικονοστοιχείων ήταν 100x100m.

Τέλος δεδομένα ανακτήθηκαν από τον Αμερικάνικο Ομοσπονδιακό Γεωλογικό Χαρτογραφικό Οργανισμό (USGS)⁷ ο οποίος είναι αρμόδιος για τη χαρτογράφηση του «αμερικανικού τοπίου», και έχει τεράστιο κατάλογο χαρτογραφικών στοιχείων συμπεριλαμβανομένων τοπογραφικών χαρτών με κλίμακα 1:25000, αεροφωτογραφιών, και θεματικών χαρτών χρήσεως γης.

Τα γεωγραφικά δεδομένα που ανακτήθηκαν από τις παραπάνω πηγές, λόγω της ακρίβειας τους ήταν κατάλληλα μόνον για την αναπαράσταση περιοχών μικρής και μεσαίας κλίμακας. Επομένως ήταν απαραίτητη η εύρεση νέων δεδομένων με μεγαλύτερη ακρίβεια στη χωρική πληροφορία για τη αναπαράσταση του ΨΜΕ μεγάλης κλίμακας. Λόγω της λεπτομέρειας που

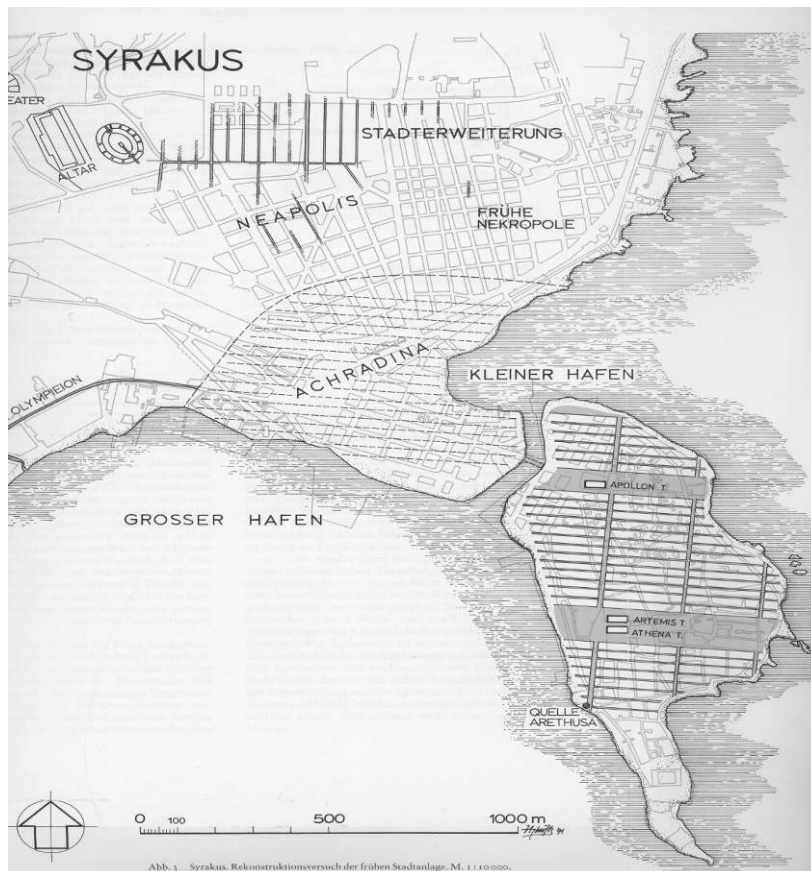
⁶ Είναι δεδομένα του DCW 1993 με κλίμακα 1:1.000.000 τα οποία για τη δημιουργία τους είχαν ως βάση στοιχεία της αμερικανικής χαρτογραφικής υπηρεσίας Στρατού που προοριζόταν για αεροναυτική χρήση. Προβλήματα που παρατηρούνται σε αυτά όπως μικρά νησιά και λίμνες να εμφανίζονται ως απροσδιόριστα σημεία η ESRI τα έλυσε τροποποιώντας και διαμορφώνοντας εκ νέου αυτά τα δεδομένα. Έτσι δημιούργησε ένα πλήθος θεματικών κατηγοριών που δίνουν χωρικές πληροφορίες για πολλά κομμάτια του πλανήτη. Το αρχικό format των αρχείων του DCW είχε 2094 κομμάτια (workspaces). Κάθε χώρος εργασίας ήταν καθορισμένος από το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος, με βήμα 5 βαθμών και περιείχε μέχρι και 25 διαφορετικά θεματικά στρώματα. Τέλος τα αρχικά τμήματα που αποτελούσαν την πληροφορία ενώθηκαν δίνοντας πλέον 340 (<http://edcdaac.usgs.gov>).

⁷ Από την αρχή της δεκαετίας του '90 ο USGS ήταν στην πρώτη γραμμή της ανάπτυξης των προτύπων και των μέσων για τους ψηφιακούς χάρτες. Ο δικτυακός τους τόπος⁷ προσφέρει σειρά επιλογών για τα ψηφιακά στοιχεία, αρκετά από τα οποία είναι δωρεάν. Πολλά από τα δεδομένα τους παράγονται από ψηφιοποίηση χαρτών κλίμακας 1:25.000 με αποτέλεσμα να μην είναι ιδιαίτερα αξιόπιστα για λεπτομερή ΨΜΕ. Τα ψηφιακά στοιχεία που είναι διαθέσιμα έχουν ακρίβεια 30 m για τις ΗΠΑ και 100m για τον υπόλοιπο κόσμο

απαιτείται για τη σωστή κατασκευή του συγκεκριμένου ΨΜΕ έγινε προσπάθεια να βρεθούν από τους παρακάτω φορείς:

- Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού της Ελλάδας (ΓΥΣ).
- Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού της Ιταλίας.
- Ιταλική Αρχαιολογική Σχολή Αθηνών.
- Ελληνική Αρχαιολογική Υπηρεσία.
- Πανεπιστήμια της Σικελίας.
- Και τέλος από οποιαδήποτε διαδικτυακή υπηρεσία ήταν διαθέσιμα τέτοιας ακρίβειας δεδομένα.

Τα μοναδικά στοιχεία που τελικά βρέθηκαν ήταν κάποιοι τοπογραφικοί χάρτες της πόλεως των Συρακουσών, από την Ιταλική Αρχαιολογική Σχολή Αθηνών (Εικ.5). Βέβαια αυτοί δεν ήταν γεωμετρικά διορθωμένοι και αποτελούσαν περισσότερο σχήματα για την περιοχή παρά τοπογραφικούς χάρτες, με αποτέλεσμα τελικά να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση γεωγραφικών δεδομένων και τη δημιουργία του ΨΜΕ.



Εικόνα 5: Η πόλη των Συρακουσών το 413 π.Χ.

Όλοι οι άλλοι φορείς είτε δεν απάντησαν στις αιτήσεις μας για απόκτηση αυτών των δεδομένων είτε δεν τα είχαν. Θα πρέπει να σημειωθεί η περίπτωση της εταιρείας East View Cartographic⁸ που εμπορεύεται ψηφιακά δεδομένα και τοπογραφικούς χάρτες στο διαδίκτυο, η οποία και είχε δεδομένα για τα οποία δεν έδινε λεπτομέρειες με αποτέλεσμα να μην είναι γνωστό το ακριβές περιεχόμενο της πληροφορίας τους. Αυτό τα καθιστούσε συνεπώς ως μη ενδεδειγμένη λύση.

Για να καταστεί δυνατή η μελέτη περιοχής με χαρτογραφικά δεδομένα μεγάλης ακρίβειας αποφασίσθηκε η περιοχή της πόλης των Συρακουσών να αντικατασταθεί με τη μελέτη του ψηφιακού μοντέλου εδάφους κάποιας άλλης. Πρέπει να σημειωθεί ότι η αλλαγή και η επιλογή της νέας περιοχής μελέτης βασίστηκε σε δυο άξονες που είχαν ως κύριο σκοπό

1. αυτή να αποτελεί σημαντικό πολιτιστικό «μνημείο» και ταυτόχρονα
2. να είναι δυνατή η εύρεση των κατάλληλων γεωγραφικών και χαρτογραφικών δεδομένων για τη σωστή αποτύπωση και μελέτη της.

Η περιοχή η οποία κάλυπτε και τις δύο αυτές προϋποθέσεις ήταν το Απολιθωμένο Δάσος στο Σίγρι της Μυτιλήνης⁹. Η επιλογή του πολιτιστικά και ιστορικά δεν ταυτίζεται με τη Σικελική εκστρατεία, βέβαια η αξία του ως ένας από τους σημαντικότερους γεώτοπους παγκοσμίως, ως ένα διεθνώς διατηρητέο μνημείο της φύσης ιδιαίτερης επιστημονικής αξίας αλλά και ως εθνική πολιτισμική κληρονομιά αιτιολογούσε την επιλογή για την τρισδιάστατη απεικόνιση του. Επομένως η μοναδικότητα του ως φυσικό γεωλογικό μνημείο (οργανικά εξελιγμένο τοπίο σύμφωνα με τον ορισμό της UNESCO) το καθιστά μέρος της πολιτιστικής κληρονομιάς, αλλά και η ύπαρξη γεωγραφικών στοιχείων με την απαιτούμενη λεπτομέρεια αποτέλεσαν τους κύριους λόγους επιλογής του.

Αξιολογώντας τη διαδικασία εύρεσης γεωγραφικών στοιχείων για τις υπό μελέτη περιοχές έγινε σαφές ότι για την Ελλάδα ήταν αρκετά εύκολο να βρεθούν δεδομένα, των οποίων όσο η απαιτούμενη ακρίβεια και λεπτομέρεια μεγάλωνε η εύρεση τους γινόταν όλο και πιο δύσκολη. Για τα τμήματα της Ιταλίας η χρήση των δεδομένων από το Digital Chart of the World έδωσε τη λύση με ικανοποιητική ακρίβεια, ενώ για την περιοχή των Συρακουσών η αναζήτηση των σωστών και ικανοποιητικής ακρίβειας δεδομένων δεν έδωσε τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Μέσα από τη διαδικασία εύρεσης δεδομένων καθίσταται σαφές ότι για αρκετές περιοχές του πλανήτη δεν υπάρχουν χαρτογραφικά δεδομένα καμίας κλίμακας ενώ κλίμακες με πολύ μεγάλη ανάλυση είναι σχεδόν αδύνατο να βρεθούν μιας και αποτελούν στρατιωτικές ή επιχειρηματικές

⁸ <http://www.cartographic.com>

⁹ Παράρτημα Β

πληροφορίες μη προσβάσιμες στο ευρύ κοινό. Υπάρχουν βέβαια περιπτώσεις ερευνητικών προγραμμάτων που έχουν ασχοληθεί με την περιοχή ενδιαφέροντος την οποία και ψάχνουμε να βρούμε, αλλά είναι πολύ δύσκολο να βρεθούν και να συμπίπτουν οι απαιτήσεις. Έτσι πολλές φορές υπάρχει ανάγκη νέων μετρήσεων με διάφορα μέσα, ακόμη και με επίσκεψη στο πεδίο έρευνας και αποτύπωση του εδάφους για την παραγωγή των απαιτούμενων χαρτογραφικών δεδομένων το οποίο δεν μπορούσε να γίνει στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Η περίπτωση μας είναι ακριβές παράδειγμα του τι μπορεί να συμβεί κατά την υλοποίηση ενός τέτοιου έργου ενοποίησης ΓΣΠ και ΠΤΑ.

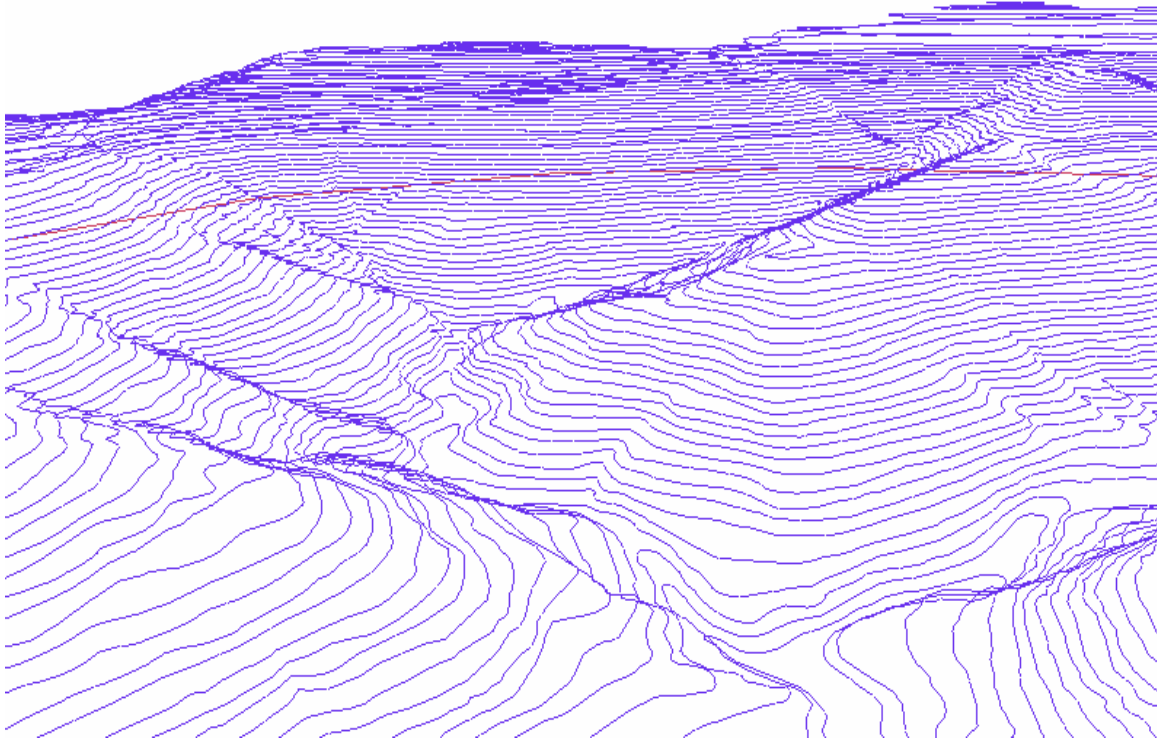
Αν η υπάρχουσα εργασία υποστηριζόταν οικονομικά και αποτελούσε κάποιο εμπορικό project θα ήμασταν αναγκασμένοι να πληρώσουμε ή να αποτυπώσουμε με επιτόπια έρευνα την περιοχή. Εξάλλου σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της ενοποίησης των δυο τεχνολογιών και η εύρεση και αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν.

3.3 Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

3.3.1 Προεπεξεργασία ψηφιακών δεδομένων

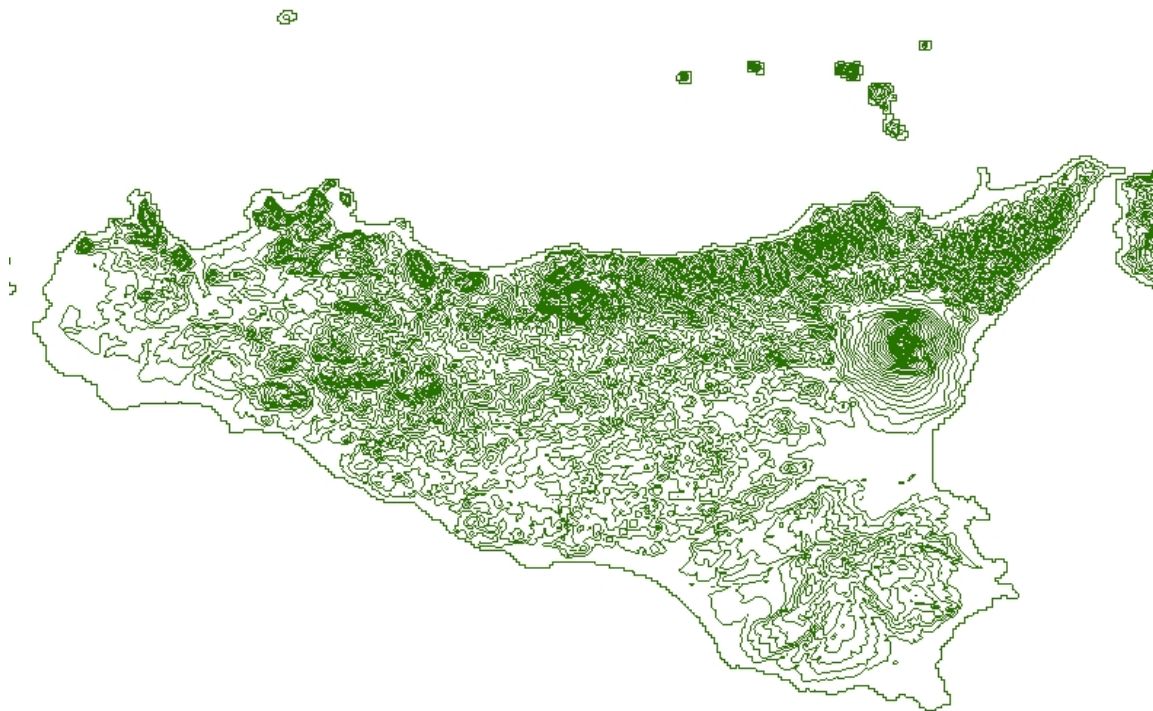
Για τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου ανάγλυφου των υπό μελέτη περιοχών χρειαζόμαστε τα κατάλληλα δεδομένα που να περιέχουν χωρικές πληροφορίες και το πιο σημαντικό την πληροφορία ανύψωσης του εδάφους (υψόμετρα) ώστε να μπορέσουμε να μετατρέψουμε τους δισδιάστατους θεματικούς χάρτες σε τρισδιάστατα μοντέλα.

Η πιο κοινή μορφή αντιπροσώπευσης περιοχών από τους επαγγελματίες είναι οι τοπογραφικοί χάρτες ισοϋψών. Οι ισοϋψείς είναι μια σειρά κυρτών γραμμών, κάθε μια από τις οποίες αντιπροσωπεύει τις περιοχές ίσης ανύψωσης (isolines) (Ervin et al 2001). Τα διαστήματα που απέχουν μεταξύ τους οι ισοϋψείς μπορεί να ποικίλουν από μερικά εκατοστά έως και δεκάδες μέτρα για τους χάρτες μικρότερης κλίμακας. Αν και είναι συμβατικές δυο διαστάσεων αναπαραστάσεις όταν προβάλλονται σε τρεις διαστάσεις (Εικ.6), τείνουν να παράγουν με ακρίβεια την ανύψωση του ανάγλυφου της γης το οποίο και αναπαριστούν.



Εικόνα 6: Τρισδιάστατη άποψη ισοϋψών με ισοδιάσταση 4m (Σίγρι Λέσβου)

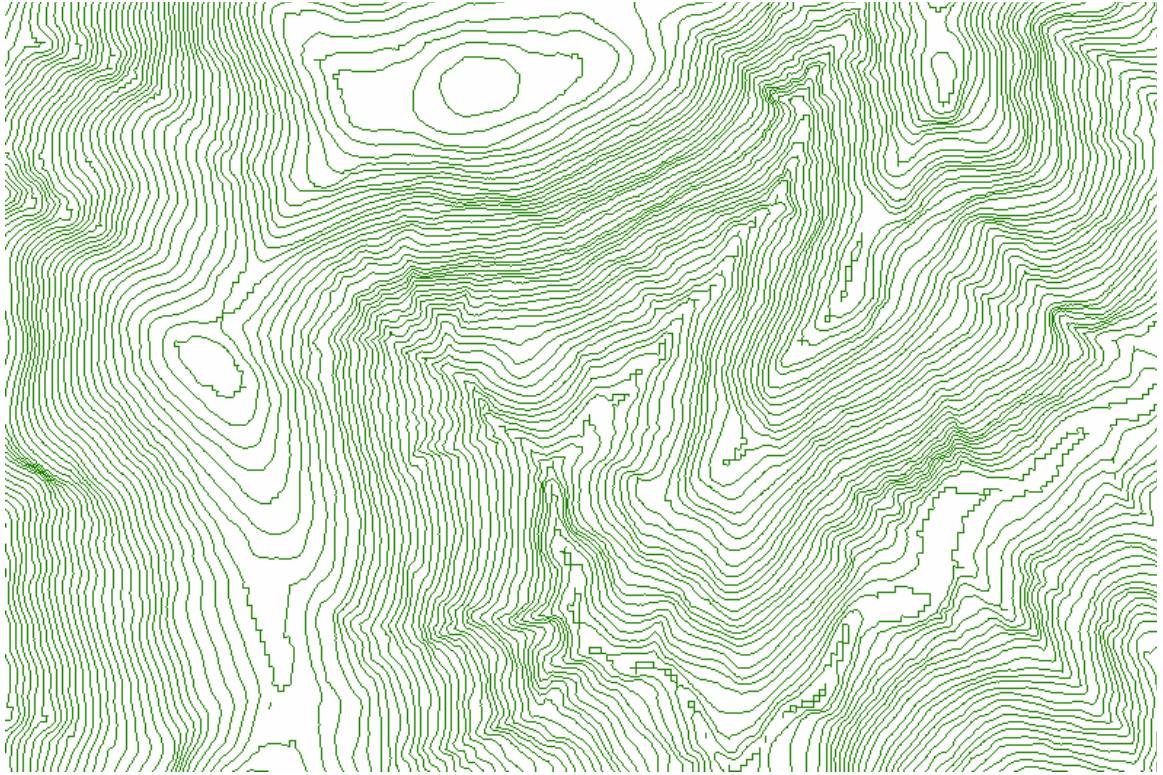
Χρησιμοποιώντας τα ψηφιδωτά δεδομένα (raster) που είχαμε στη διάθεση μας έγινε η δημιουργία του επιπέδου της πληροφορίας ως ισοϋψείς καμπύλες με ισοδιάσταση 100 μέτρων για τις περιοχές μικρής (Εικ.8) και μεσαίας (Εικ.7) κλίμακας και με ισοδιάσταση 4 μέτρων για τις περιοχές μεγάλης κλίμακας (Εικ.9)



Εικόνα 7: Χάρτης μεσαίας κλίμακας με ισοϋψείς ισοδιάστασης 100m (Αποψη Σικελίας)



Εικόνα 8: Χάρτης μικρής κλίμακας με ισοϋψείς ισοδιάστασης 100m (Αποψη Μεσογείου)



Εικόνα 9: Χάρτης μεγάλης κλίμακας με ισοϋψείς ισοδιάστασης 4m (Σίγρι Λέσβου)

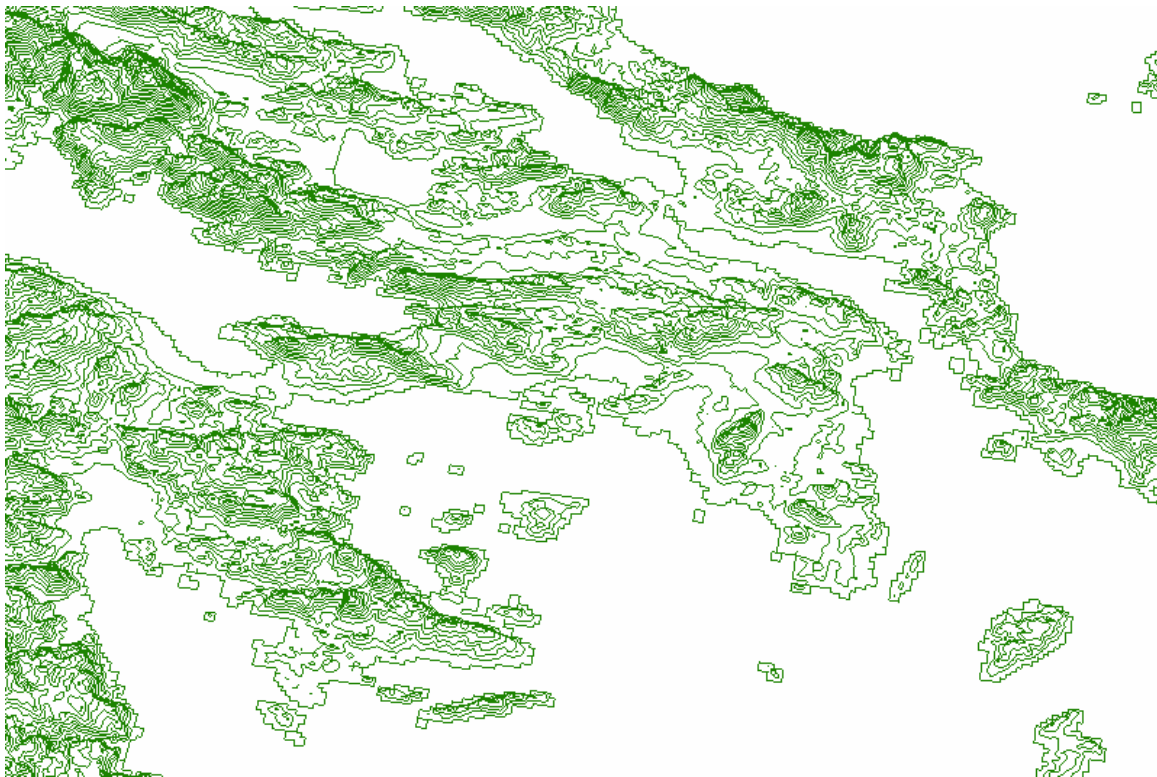
Ακολούθησε η δημιουργία της τοπολογίας του επιπέδου πληροφορίας ως γραμμές για τις ισοϋψείς καμπύλες και ως πολύγωνο για την ακτογραμμή στην οποία δόθηκε τιμή ανύψωσης 0 μέτρα.



Εικόνα 10: Ακτογραμμή της Σικελίας

Η κατασκευή των ισοϋψών καμπυλών θα μπορούσε να θεωρηθεί περιττή μιας και το ΨΜΕ μπορεί να κατασκευασθεί απευθείας από τα ψηφιδωτά δεδομένα (raster). Όμως με τη δημιουργία του επιπέδου της πληροφορίας ως γραμμές μπορεί να γίνει έλεγχος και λεπτομερής διόρθωση των χωρικών δεδομένων που θα αποτελέσουν το υπόβαθρο δημιουργίας του ΨΜΕ. Βέβαια είναι δυνατή η δημιουργία ισοϋψών καμπυλών με μεγαλύτερη ανάλυση από αυτή των αρχικών ψηφιδωτών δεδομένων, αυτό όμως γίνεται με παρεμβολή (interpolation) στα ήδη υπάρχοντα στοιχεία και δημιουργία νέων. Έτσι για παράδειγμα όταν τα αρχικά δεδομένα έχουν πληροφορία που ισοδυναμεί με ισοϋψείς 100 μέτρων για να δημιουργηθούν ισοϋψείς ανά 20 μέτρα το λογισμικό με τη μέθοδο που προαναφέραμε χωρίζει την περιοχή μεταξύ δυο ισοϋψών των 100 μέτρων σε 5 ίσα διαστήματα τοποθετώντας τις νέες.

Πρέπει να αναφέρουμε ένα πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε κατά τη δημιουργία των ισοϋψών από τα ψηφιδωτά δεδομένα που είχαμε στην κατοχή μας, αλλά και που αποτελεί ένα γενικό πρόβλημα των ΨΜΕ που δημιουργούνται από τέτοιου είδους δεδομένα. Παραδοσιακά, οι ισοϋψείς καμπύλες παράγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ομαλές ακόμη κι αν η πραγματική επιφάνεια δεν διαμορφώνεται με αυτό τον τρόπο. Σε πολλά συστήματα CAD (Computer Animated Design), ή όταν παράγονται αυτοματοποιημένα από τα λογισμικά, οι ισοϋψείς έχουν μια μη ομαλή μορφή.



Εικόνα 11: Πολυγωνική (μη ομαλή) μορφή ισοϋψών. Άποψη Αττικής

Δεν αποτελούν δηλαδή μια συνεχή κλειστή γραμμή αλλά έχουν γωνίες και σχηματίζουν πολύγωνα με διάφορες πλευρές (Εικ.11). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ΨΜΕ που δεν ανταποκρίνονται οπτικά στην πραγματική μορφή του εδάφους που είναι πιο ομαλή.

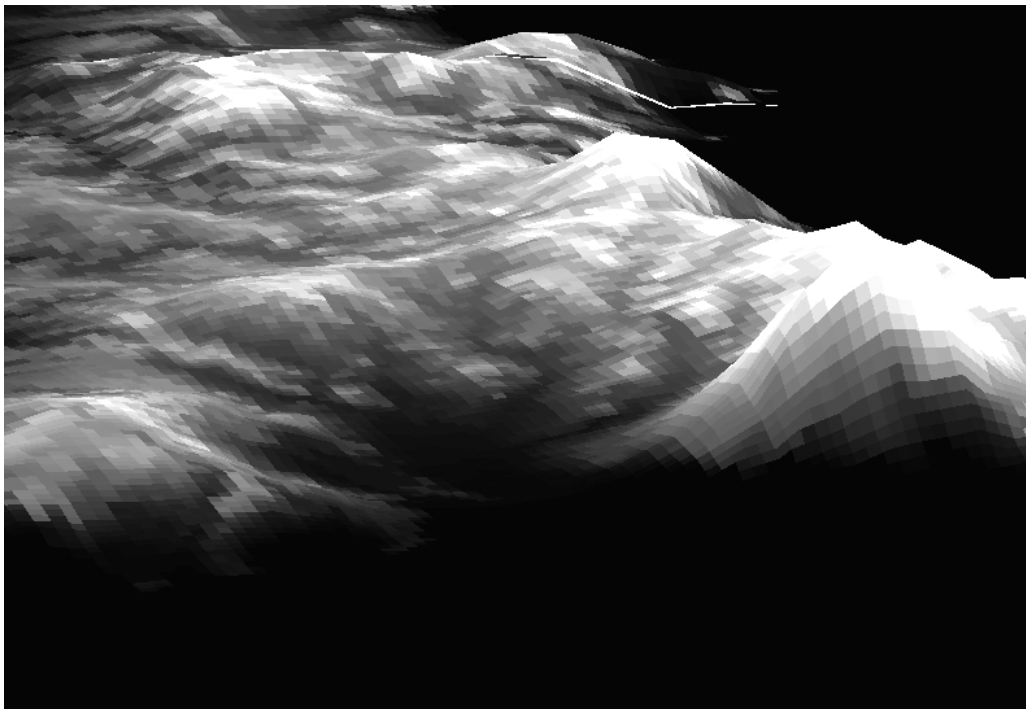
3.3.2 Δημιουργία του τρισδιάστατου εικονικού μοντέλου εδάφους

Ορίζοντας την τοπολογία των τρισδιάστατων επιφανειών, αυτές αντιπροσωπεύουν έναν συνεχή τομέα υψομετρικών τιμών που συνδέεται με έναν άπειρο αριθμό σημείων (Zeiler 1999). Τα ΓΣΠ και πιο ειδικά το λογισμικό της ESRI το οποίο και χρησιμοποιήσαμε, έχει τη δυνατότητα με τη βοήθεια επεκτάσεων (extensions) του να δημιουργήσει χρησιμοποιώντας τα δεδομένα χωρικής πληροφορίας που θα εισάγουμε σε αυτό, τρισδιάστατα μοντέλα εδάφους. Χρησιμοποιεί δύο μορφές δεδομένων για να διαμορφώσει τις επιφάνειες:

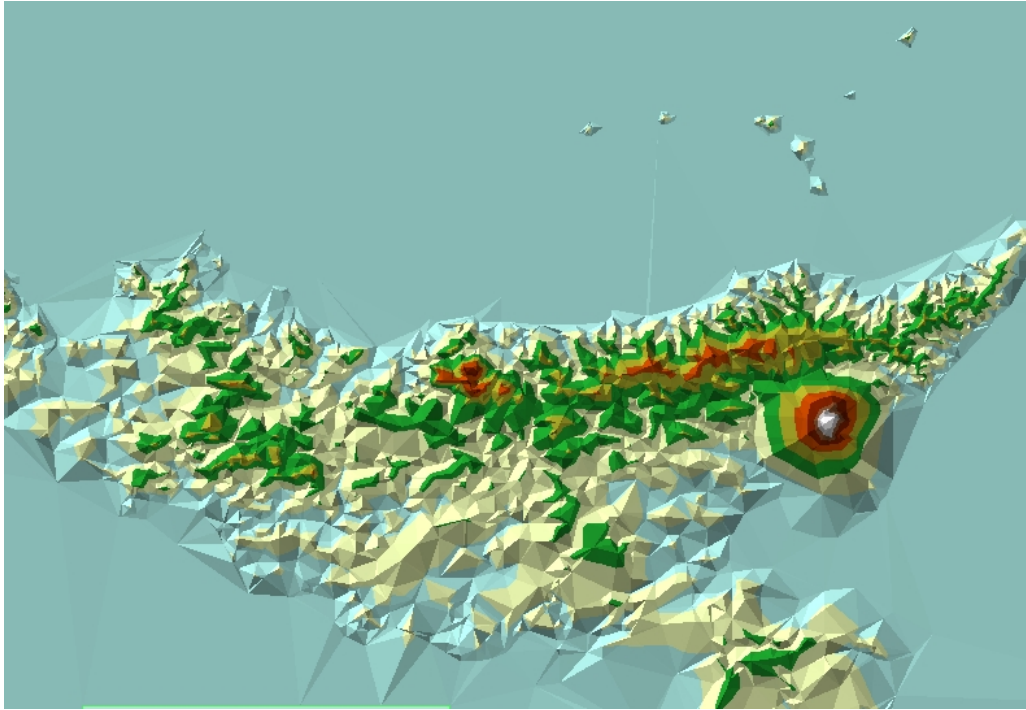
- i. τις ψηφιδωτές επιφάνειες (raster)
- ii. και τις επιφάνειες TIN (Τριγωνικό Ακανόνιστο Δίκτυο)

Και οι δυο αντιπροσωπεύσεις ράστερ (Εικ.12) και TIN (Εικ.13) έχουν αξία για τη διαμόρφωση επιφανειών ανάλογα με τη λεπτομέρεια των διαθέσιμων στοιχείων και από τη χρησιμοποιούμενη χαρτογραφική κλίμακα του πεδίου ανάλυσης που θέλουν να υποστηρίξουν.

Παρακάτω θα δοθεί μια γενική περιγραφή των δυο αυτών μορφών δημιουργίας ΨΜΕ και η εξήγηση της επιλογής των TIN ως προτιμώμενα μοντέλα χρήσης για τη μελέτη και την τρισδιάστατη αναπαράσταση των περιοχών μας μέσα από τα ΓΣΠ



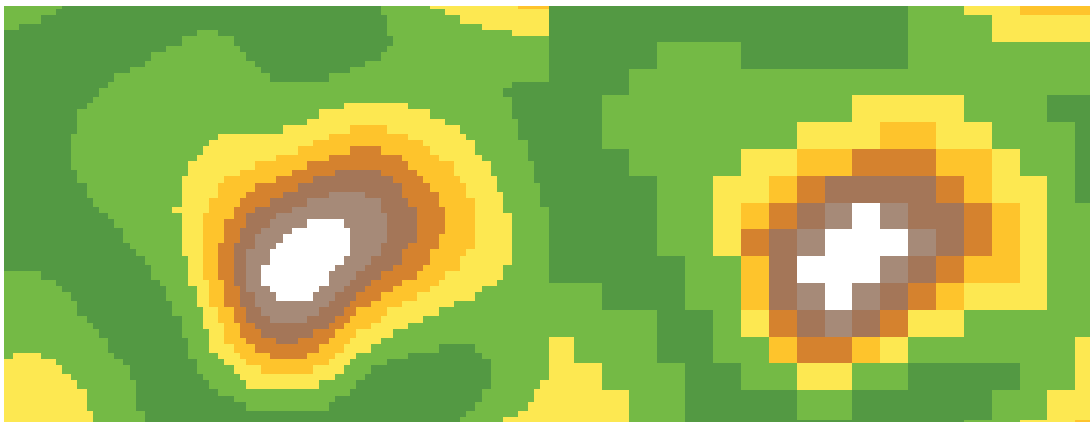
Εικόνα 12: Ψηφιδωτή επιφάνεια (raster) Τμήμα της Σικελίας



Εικόνα 13: Επιφάνεια TIN (Τριγωνικό Ακανόνιστο Δίκτυο της Σικελίας)

Ψηφιδωτές επιφάνειες (raster)

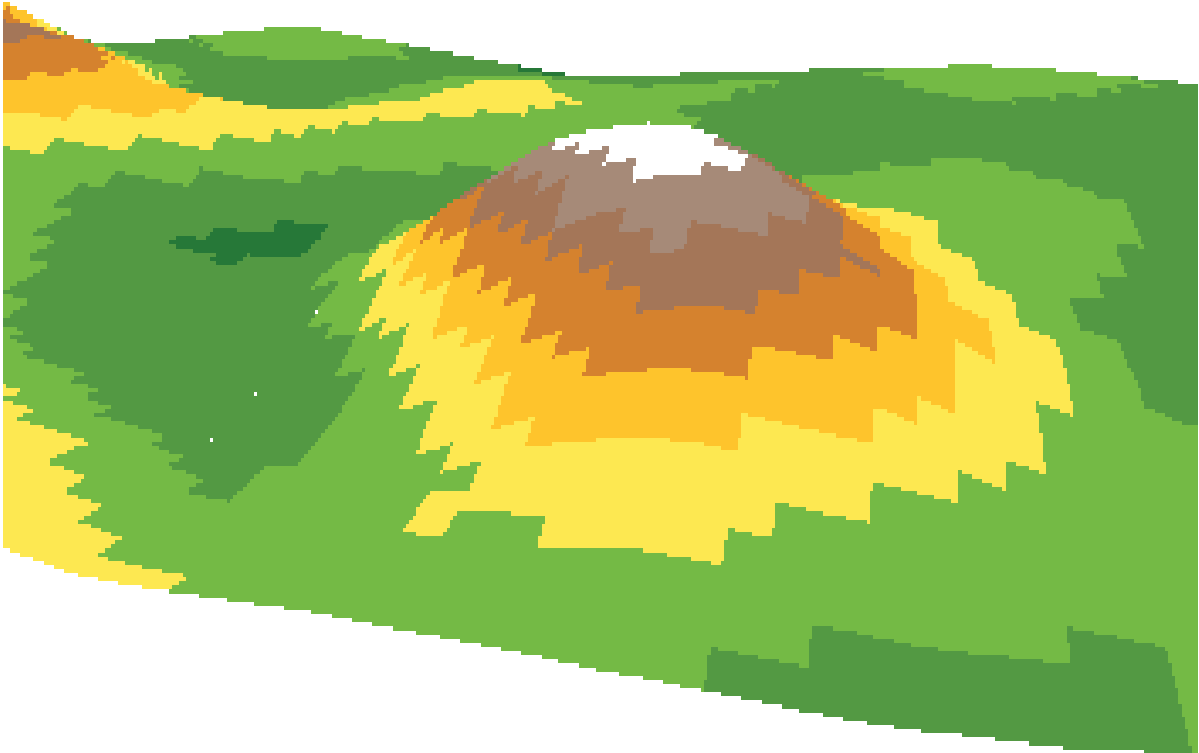
Τα ράστερ δεδομένα αντιπροσωπεύουν τις επιφάνειες ως κανονικό πλέγμα ομοιόμορφα χωρισμένων κατά διαστήματα θέσεων οι οποίες περιέχουν τιμές για το βαθμό ανύψωσης του ανάγλυφου (τιμές υψόμετρων). Το μέγεθος της ψηφίδας του πλέγματος που ορίζεται από το πλάτος της καθορίζει την ακρίβεια της επιφάνειας αντιπροσώπευσης (Zeiler 1999).



Εικόνα 14: Ψηφιδωτές επιφάνειες με διαφορετική Ανάλυση (Zeiler 1999)

Αποτελούν την πιο κοινή αντιπροσώπευση των επιφανειών επειδή τα στοιχεία ανύψωσης είναι ευρέως διαθέσιμα με αυτήν τη μορφή με χαμηλότερο κόστος. Ένα παράδειγμα στοιχείων επιφάνειας ράστερ είναι τα ψηφιακά πρότυπα ανύψωσης (DEM) της USGS.

Μειονεκτήματα των ράστερ είναι ότι οι ασυνέχειες μιας επιφάνειας δεν αντιπροσωπεύονται σωστά και οι ακριβείς θέσεις για τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του ανάγλυφου όπως πχ κορυφές χάνονται κατά τη δημιουργία των ΨΜΕ.



Εικόνα 15: Ψηφιδωτή επιφάνεια σε τρισδιάστατη απεικόνιση (Zeiler 1999)

Συμπεραίνουμε λοιπόν πως είναι κατάλληλα για τις μικρής κλίμακας εφαρμογές χαρτογράφησης όπου η ακρίβεια δεν είναι κυρίαρχη και όπου τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της επιφάνειας δεν πρέπει να αποδοθούν με μεγάλη λεπτομέρεια (Turne 1999).

Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων TIN¹⁰

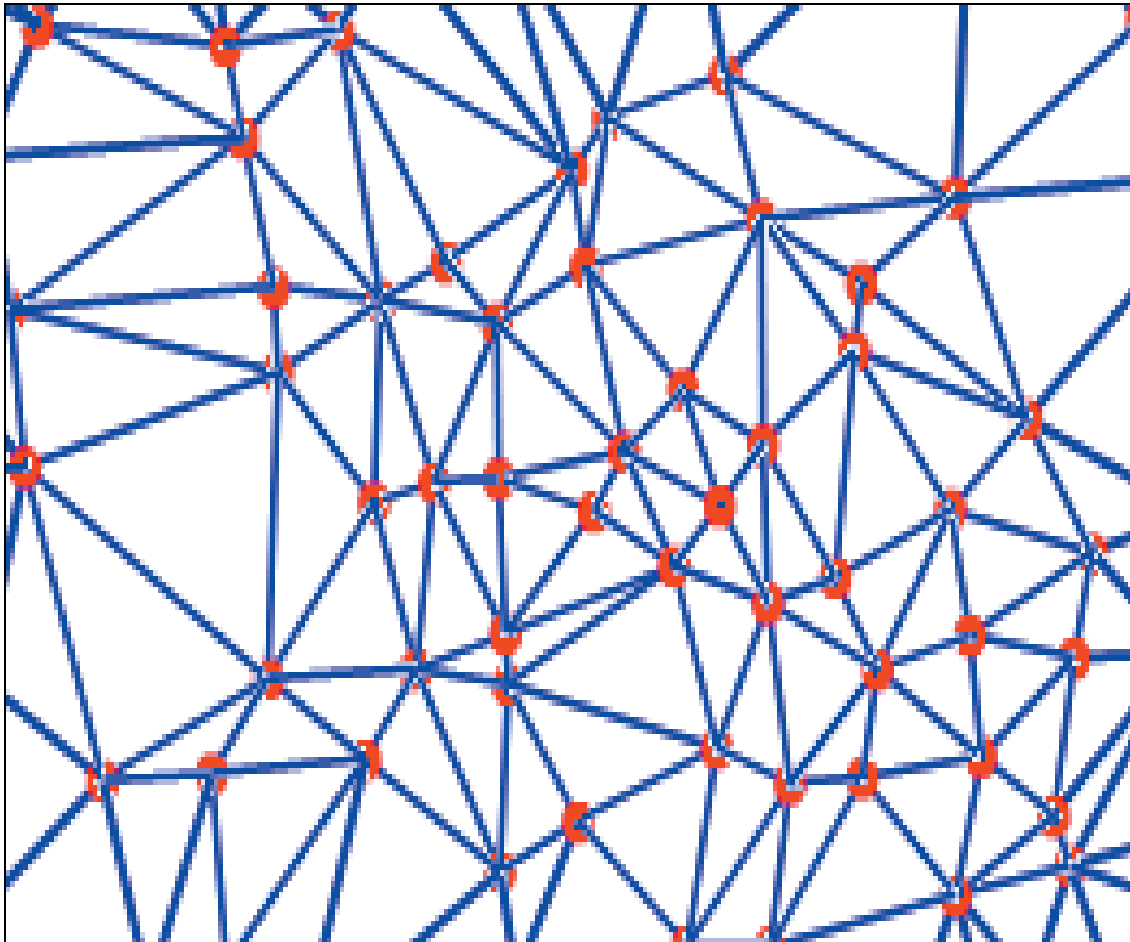
Σε ένα TIN, οι ακανόνιστα χωρισμένες και τοποθετημένες ανυψώσεις σημείων ενώνονται σε ένα συνεχές δίκτυο τριγώνων. Κάθε σημείο συνδέεται με τις γραμμές (ή τις άκρες) με

¹⁰ Triangulated Irregular Network

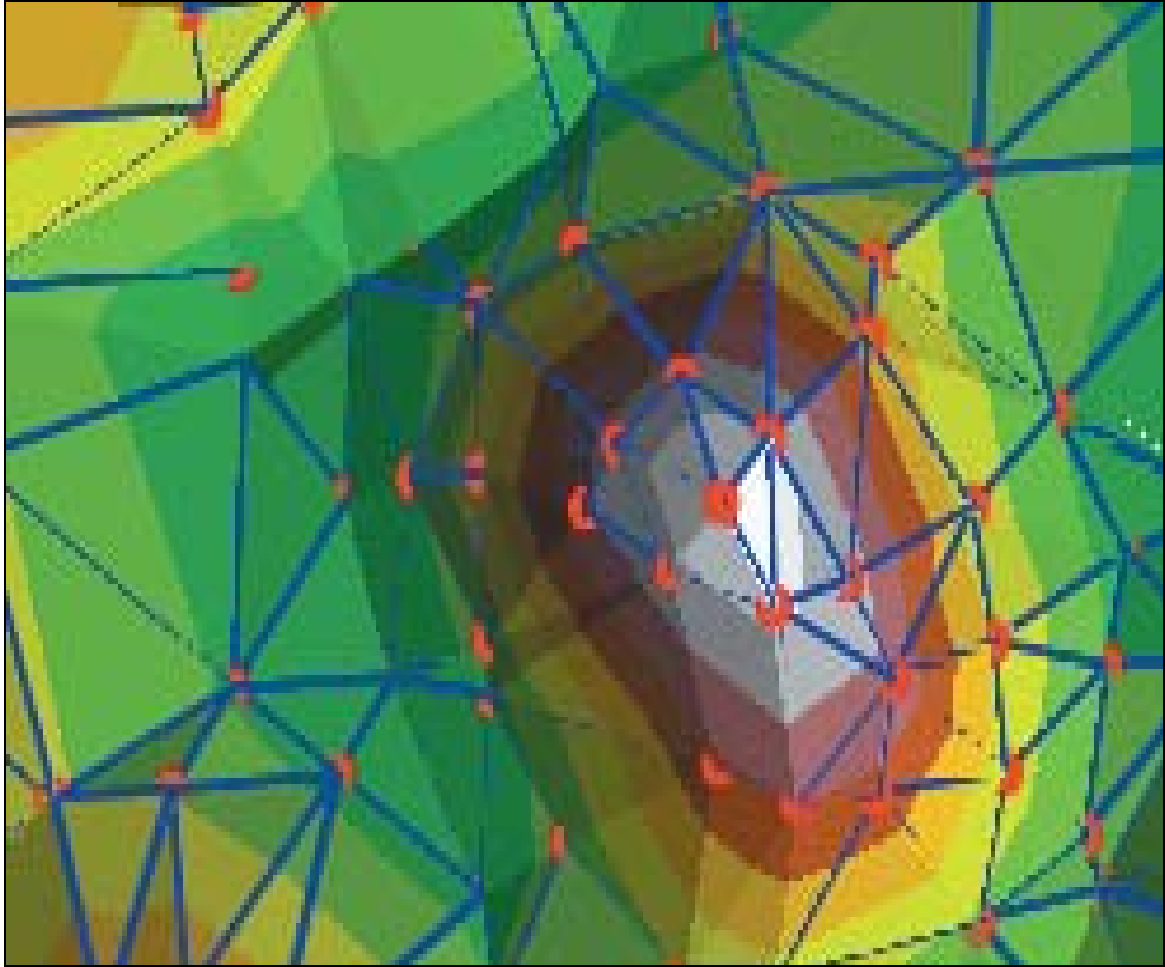
τουλάχιστον τρία άλλα σημεία. Επομένως η επιφάνεια αντιπροσωπεύεται ως ένα σύνολο μη αλληλοεπικαλυπτόμενων, ακανόνιστα χωροθετημένων τριγώνων (Zeiler 1999).

Στην αντιπροσώπευση αυτή, οι περιοχές του εδάφους με έντονο ανάγλυφο αντιπροσωπεύονται με μεγάλης πυκνότητας και μικρού μεγέθους τρίγωνα, ενώ οι ομαλές περιοχές αντιπροσωπεύονται με μεγάλα τρίγωνα μικρής πυκνότητας (Σουλακέλης 2002).

Υπάρχει η δυνατότητα μεταβολής της πυκνότητας των σημείων που το παράγουν αλλάζοντας αισθητά το αποτέλεσμα, παράγοντας πιο ακριβή πρότυπα επιφάνειας (Παράρτημα Γ).

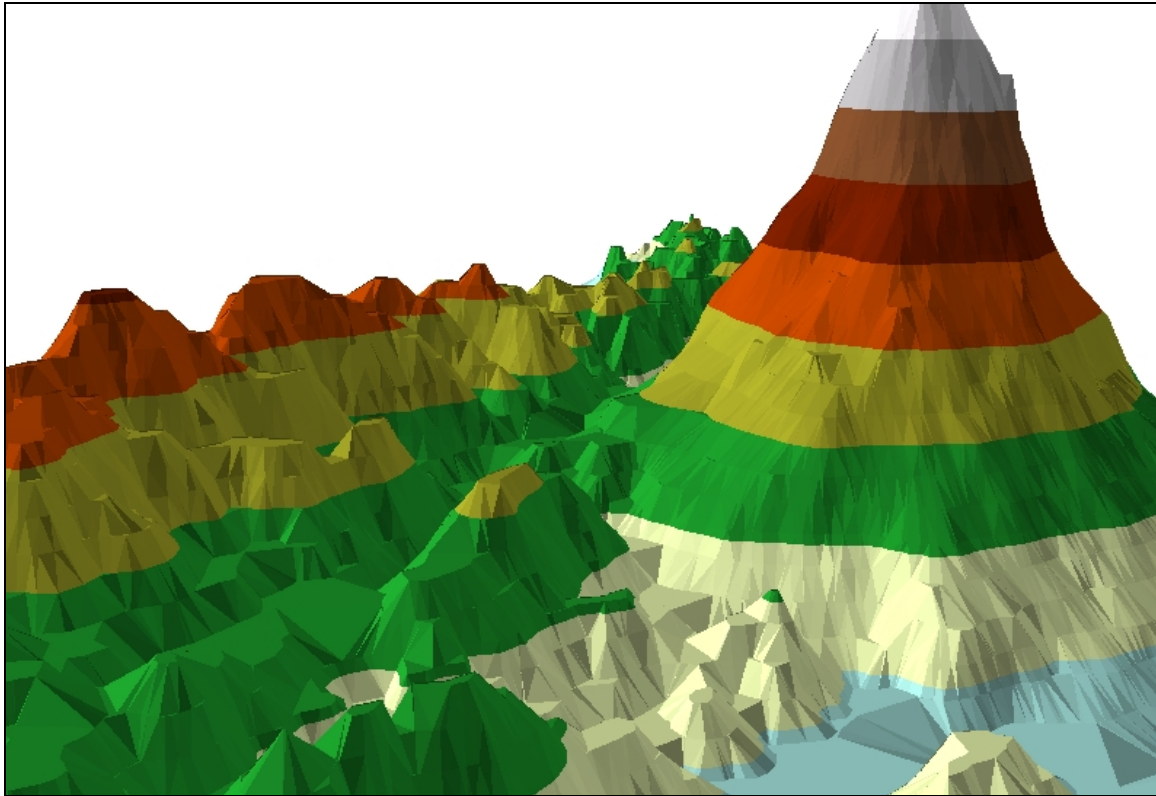


Εικόνα 16: Δομική κατασκευή TIN (ανυψώσεις σημείων σε ένα συνεχές δίκτυο τριγώνων) (Zeiler 1999)



Εικόνα 17: Δομική κατασκευή επιφάνειας TIN (συνεχές δίκτυο τριγώνων) (Zeiler 1999)

Σημαντικό πλεονέκτημα των TIN αποτελεί το γεγονός ότι διατηρεί τις ακριβείς θέσεις και μορφές των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων της επιφάνειας που αναπαριστά. Έτσι η απόδοση των επιφανειών σε αυτές τις μορφές από τα ΓΣΠ γίνονται για τις μεγάλης κλίμακας εφαρμογές χαρτογράφησης όπου η ακρίβεια των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων της επιφάνειας είναι σημαντική. Μοναδικό μειονέκτημα τους αποτελεί το γεγονός ότι δεν είναι εύκολα διαθέσιμα. Η μεγαλύτερη δυσκολία που συναντάται στη χρήση τους είναι η απαίτηση συλλογής πολλών δεδομένων για την κατασκευή τους.



Εικόνα 18: Τμήμα της Σικελίας σε μορφή TIN

Είναι λοιπόν φανερό ότι και τα προγράμματα ΓΣΠ έχουν τη δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης του εδάφους με τις μορφές TIN και Raster. Από τις δυο αυτές μορφές προτιμότερη είναι η μορφή TIN μιας και όπως αναφέρθηκε πιο πριν διατηρεί τις ακριβείς θέσεις και χαρακτηριστικά γνωρισμάτων της επιφάνειας (Εικ.18) που αναπαριστά με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, σε σχέση πάντα με τη ράστερ μορφή απεικόνισης.

3.3.3 Η μεθοδολογία

Η δημιουργία των ΨΜΕ έγινε με τη χρήση του λογισμικού ArcGis 8.1 έχοντας ως βασική προϋπόθεση ότι αυτά θα έπρεπε να έχουν το κατάλληλο format με σκοπό την εισαγωγή τους στα ΠΤΑ. Γνωρίζοντας ότι θα χρησιμοποιούσαμε το παρακάτω λογισμικό

- 3d Studio MAX της εταιρείας Discreet
- Cinema 4D της εταιρείας MAXON

έγινε προσπάθεια να βρεθεί ο κοινός άξονας στον οποίο οι δυο κατηγορίες προγραμμάτων θα συνεργαζόταν πιο εύκολα. Έτσι ο κυρίως περιορισμός που ήταν η συμβατότητα των αρχείων μεταξύ των λογισμικών έγινε το αρχικό αντικείμενο μελέτης της σύγκλισης των δυο

τεχνολογιών. Μετά από μελέτη των μορφών (format) των αρχείων με τα οποία το ArcGis 8.1 απέδιδε τα γεωγραφικά δεδομένα¹¹ σε μορφές αρχείων που αναγνωρίζουν τα Προγράμματα Τρισδιάστατων Γραφικών καταλήξαμε στο συμπέρασμα «Ότι μόνον τα αρχεία με προεκτάσεις wrl και dem (USGS) είναι αυτά που μπορούν να αποτελέσουν κοινή βάση και για τα δυο λογισμικά». Επομένως οι προσπάθειες μας είχαν ως σκοπό το τελικό αρχείο που θα πρόκυπτε από το ArcGis 8.1 να έχει αυτές τις προεκτάσεις (.dem ή .wrl). Η μετατροπή των ψηφιδωτών γεωγραφικών δεδομένων σε αρχεία με μορφή αναγνωρίσιμη από τα ΠΤΑ έγινε με την ακόλουθη μεθοδολογία.

3.3.3.1 Raster σε DEM

Χρησιμοποιήθηκαν τα ψηφιδωτά δεδομένα που προήλθαν από το DCW της ESRI ως η βάση για τη δημιουργία των ΨΜΕ σε μορφή αρχείων DEM. Τα βήματα μετατροπής τους είναι τα ακόλουθα:

1. Εισαγωγή των ψηφιδωτών δεδομένων στο Arc Scene του προγράμματος ArcGis 8.1 με σκοπό τον έλεγχο τους ώστε να περιέχουν την υπό μελέτη περιοχή.
2. Χρήση της εφαρμογής Arc toolbox και των εντολών της
 - a. Export from raster
 - b. Grid to DEM

Με την παραπάνω διαδικασία είναι δυνατή η μετατροπή των ψηφιδωτών αρχείων σε αρχεία DEM της USGS τα οποία είναι αρχεία λειτουργικών συστημάτων ASCII με μεταβλητού μήκους καταχωρήσεις (Zeiler 1999). Πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα στοιχεία που περιέχει το ψηφιδωτό αρχείο και έχουν τιμές «no data» ορίζονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές της USGS και λαμβάνουν τιμές -32767 στο DEM που παράγεται. Εξ ορισμού, το εργαλείο μετατροπής αποθηκεύει μια υπολογισμένη από το πρόγραμμα χωρική τιμή ανάλυσης¹² για να διατηρήσει το πιο υψηλό επίπεδο ακρίβειας. Αυτή η τιμή χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των τιμών του Z (υψόμετρα), εκτός από την αξία Nodata, η οποία ποτέ δεν υπολογίζεται. Όλες οι πληροφορίες των μονάδων και των προβολών μεταφέρονται και στη νέα μορφή αρχείου και τοποθετούνται κατά αντιστοιχία με τα παλιά δεδομένα. Τέλος η τιμή -9999 δίνεται σε όλα τα στοιχεία των οποίων οι παράμετροι παραμένουν απροσδιόριστες.

¹¹ Χωρίς αυτά να χάσουν την ακρίβεια και την τρισδιάστατη πληροφορία τους,

¹² Data Element 14 in Logical Record Type A

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα αρχεία USGS DEM δεν υποστηρίζουν όλες τις μονάδες και όλα τα συστήματα συντεταγμένων. Αποδεκτές μονάδες για τη μέτρηση των επιφανειών είναι τα:

- i. Ακτίνια (Radians)
- ii. Πόδια (Feet)
- iii. Μέτρα (Meters)
- iv. Arc-seconds

Ενώ για τις μονάδες μέτρησης των υψομετρικών στοιχείων της επιφανείας είναι:

- i. Πόδια (Feet) και
- ii. Μέτρα (Meters)

Αυτό βέβαια αποτελεί σημαντικό περιορισμό στην έκφραση των μονάδων μέτρησης του ΨΜΕ και είναι σημαντικό να προσεχθεί πριν τη μετατροπή και κατασκευή του.

Θα πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι τα αρχεία DEM της USGS εισάγονται απευθείας και είναι άμεσα αναγνωρίσιμα και από τα δυο προγράμματα τρισδιάστατων γραφικών¹³, ιδιότητα η οποία αποτελεί και το σημαντικότερο στοιχείο για την επιλογή χρήσης τους.

3.3.3.2 Raster σε VRML

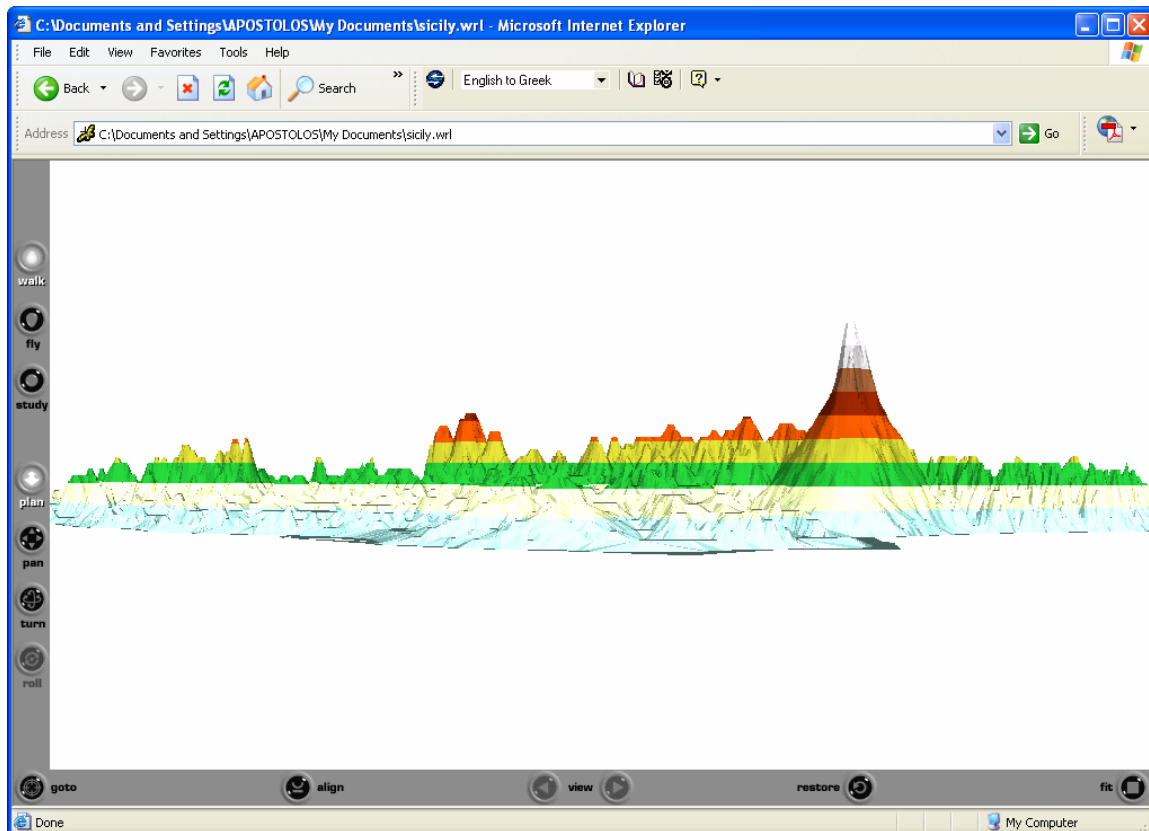
Αρχικά δεδομένα και σε αυτή την περίπτωση μετατροπής αποτέλεσαν στοιχεία προερχόμενα από το DCW της ESRI. Η διαδικασία μετατροπής των δεδομένων σε μορφή VRML είναι η:

1. Εισαγωγή των ψηφιδωτών δεδομένων στο Arc Scene του προγράμματος ArcGis 8.1 με σκοπό τον έλεγχο τους ώστε να περιέχουν την υπό μελέτη περιοχή.
2. Επιλογή της περιοχής και χρήση της εφαρμογής 3D analyst και των εντολών της
 - a. Convert
 - i. Raster to TIN
3. Export scene to VRML (.wrl)

Η παραπάνω διαδικασία μετατρέπει τα γεωγραφικά δεδομένα (αυτά που έχουν μορφή raster) σε αντικείμενα VRML τα οποία είναι μια μορφή αρχείων ASCII για την περιγραφή τρισδιάστατων αλληλεπιδραστικών μοντέλων (Εικ.19). Κατά τη μετατροπή υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης σε GeoVRML το οποίο και υποστηρίζει διπλής ακρίβειας μετατροπές προβολικών συστημάτων UTE¹⁴ και GCS σε γεωκεντρικά συστήματα συντεταγμένων για απεικόνιση μεγάλων συνόλων δεδομένων (Rule 1996).

¹³ 3ds MAX & Cinema 4D

¹⁴ Universal Transverse Mercado. Προβολικό σύστημα στο οποίο ο κόσμος χωρίζεται σε 60 ζώνες πάχους έξι μοιρών, από τον Βορρά ως το Νότο



Εικόνα 19: Παρουσίαση της Σικελίας σε VRML μορφή

Σε αυτού του είδους τη μετατροπή αλλάζει η δομή των δομικών στοιχείων της επιφάνειας και μετατρέπονται σε πολύγωνα. Τα εξαγόμενα πολύγωνα βελτιστοποιούνται και ενώνονται αυτόματα για την παραγωγή ενός αρχείου. Κατά τη διάρκεια της βελτιστοποίησης αφαιρούνται όλες οι περιττές συντεταγμένες και δημιουργούνται vertex normal. Κατά συνέπεια η εξαγόμενη γεωμετρία είναι σε συμπαγή μορφή για τη χρήση της στα ΠΤΓ και πιο συγκεκριμένα γίνεται άμεση εισαγωγή τους και στα δυο λογισμικά που χρησιμοποιούμε (Bell et al.1996b).

Συμπεραίνουμε λοιπόν πως το πρότυπο VRML (Virtual Reality Model Language) περιέχει σαφείς προδιαγραφές και σύνταξη για την κωδικοποίηση της τοπολογίας των γεωγραφικών χαρακτηριστικών του εδάφους και μπορεί να είναι ένα πολύ καλό σχήμα για τη μεταφορά ΨΜΕ μεταξύ των προγραμμάτων (Bell et al 1996a).

3.4 Προβλήματα και δυσκολίες

Με την ολοκλήρωση της μεθοδολογίας κατασκευής ΨΜΕ και την τρισδιάστατη αναπαράστασή τους από τα ΓΣΠ με τη χρήση του λογισμικού Arc GIS 8.1 πρέπει να αναφερθούμε στις δυσκολίες που συναντήσαμε.

3.4.1 Εύρεση δεδομένων

Η χρήση των ΓΣΠ στα πλαίσια της παρούσας εργασίας οφείλεται στο γεγονός ότι αυτά μπορούν με πιστότητα και πολύ μεγάλη ακρίβεια να μας δώσουν στοιχεία για το ανάγλυφο μιας περιοχής. Το πιο σημαντικό κομμάτι για τη σωστή αποτύπωση και πιο συγκεκριμένα για τη δημιουργία του ψηφιακού του μοντέλου αποτελεί η εύρεση της γεωγραφικής πληροφορίας σε κατάλληλη μορφή και με την κατάλληλη κλίμακα και λεπτομέρεια. Λανθασμένη εκτίμηση ή χρήση μη κατάλληλων στοιχείων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία των επιφανειών με τρόπο τέτοιο ώστε να μην ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, απέχοντας πολύ από την ακρίβεια την οποία θέλουμε να αποδώσουμε.

Η πιο σημαντική αλλά και χρονοβόρα διαδικασία ήταν η εύρεση των κατάλληλων στοιχείων για τις τρεις περιοχές ενδιαφέροντος. Εμπόδια κατά τη διαδικασία αυτή αποτέλεσαν:

- i. Η έκταση της περιοχής μελέτης
- ii. Τα απαιτούμενα επίπεδα λεπτομέρειας των περιοχών

Σύμφωνα με τις αρχαιολογικές πηγές η πορεία των Αθηναίων και των σύμμαχων τους κάλυπτε την ευρύτερη περιοχή της Νοτιοανατολικής Λεκάνης της Μεσόγειου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τα γεωγραφικά δεδομένα να βρίσκονται στην κατοχή διάφορων οργανισμών ή και εταιρειών σε χώρες εκτός της Ελλάδας, με άμεση συνέπεια να είναι αδύνατη η εύρεση τους. Η αδυναμία εύρεσης δεδομένων για τη συγκεκριμένη περιοχή δεν ήταν μόνο για τα ψηφιακά δεδομένα αλλά και η προσπάθεια μας να συγκεντρώσουμε στοιχεία από την αρχαιολογική έρευνα (τοπογραφικοί χάρτες αρχαιολογικής ανασκαφής) δεν απέδωσε. Σε οποιαδήποτε περίπτωση υπήρχαν ορισμένα (Χάρτες της Ιταλικής Αρχαιολογικής Σχολής Αθηνών), αυτά δεν είχαν το κατάλληλο επίπεδο λεπτομέρειας ώστε να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν. Η έλλειψη στοιχείων για την περιοχή μελέτης μικρής κλίμακας (Συρακούσες) μας οδήγησε να εξετάσουμε¹⁵ το ΨΜΕ του Απολιθωμένου Δασούς του Σιγρίου ώστε να ολοκληρωθεί η τρισδιάστατη αναπαράσταση και των τριών θεματικών περιοχών με τη σωστή γεωγραφική λεπτομέρεια.

3.4.2 ΓΣΠ-Λογισμικό

Η ενασχόληση μας με τα ΓΣΠ απαιτούσε τη γνώση των λειτουργιών και δυνατοτήτων που αυτά έχουν, ταυτόχρονα με τη σε βάθος γνώση και χρήση του λογισμικού Arc GIS 8.1. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την εκμάθηση του, αλλά και τη λεπτομερή μελέτη των δυνατοτήτων του για την εύρεση των συγκεκριμένων λειτουργιών που αυτό έχει είτε ως βασικές είτε ως προσθετές ώστε

¹⁵ Παράρτημα Β

να καταστεί δυνατή η σωστή και τεκμηριωμένη σύνδεση τους με τα ΠΤΓ. Λόγω του μεγέθους των λειτουργιών του συγκεκριμένου προγράμματος αλλά και της φύσης του ως λειτουργικό σύστημα¹⁶ ήταν δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία.

Γίνεται σαφές από τις δυσκολίες που συναντήσαμε κατά την ολοκλήρωση του πρώτου τμήματος της εργασίας που ήταν η εύρεση των κατάλληλων γεωγραφικών και χωρικών στοιχείων για τα ΓΣΠ, αλλά και η σωστή και ακριβής τρισδιάστατη απεικόνιση ΨΜΕ μέσα από αυτά, ότι αποτελεί μια δύσκολη και επίπονη διαδικασία. Απαιτεί δεδομένα δυσεύρετα και πολύ δύσκολα προσβάσιμα αλλά και γνώσεις χειρισμού πολύ εξειδικευμένων προγραμμάτων των οποίων λίγοι είναι σε θέση να γνωρίζουν καλά τις δομές και λειτουργίες τους. Στο χρονοδιάγραμμα των εργασιών που παρατίθεται πιο κάτω διαφαίνεται με ευκολία το χρονικό κόστος της πρώτης φάσης των εργασιών.

3.5 Χρονοδιάγραμμα Εργασιών

Η εργασία χωρίστηκε σε τρία τμήματα υλοποίησης. Η πρώτη φάση των εργασιών περιελάμβανε την αρχική ανάλυση, τη συλλογή του υλικού και την αποτίμηση της κατάστασης.

Οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν χωρίστηκαν σε τρεις θεματικές ενότητες όπου αυτές ήταν

1. A1: Συλλογή υλικού και Βιβλιογραφική Ερευνά
2. A2: Εκμάθηση Λογισμικού Arc GIS 8.1 & ανάλυση συμβατότητας ΓΣΠ με τα ΠΤΑ
3. A3: Χωρική Ανάλυση, Χαρτογραφική αποτύπωση & δημιουργία ΨΜΕ

¹⁶ Σύστημα για τακτικό και συνηθισμένο τρόπο επεξεργασίας δεδομένων, για απάντηση προκαθορισμένων και περιορισμένων ερωτημάτων όχι εκ των προτέρων γνωστών, ερωτήσεις και να εκτελεί όχι προκαθορισμένες αναλύσεις (Κ.Κουτσόπουλος,2002).

Πίνακας 1: Χρονοδιάγραμμα πρώτης φάσης εργασιών υλοποίησης μεταπτυχιακής εργασίας

Τίτλος φάσης		Μήνες						
		Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
A. Αρχική ανάλυση, συλλογή υλικού & αποτίμηση κατάστασης								
A1	Εύρεση & Συλλογή υλικού		↔	↔	↔	↔	↔	
	Βιβλιογραφική έρευνα	↔	↔	↔		↔	↔	
A2	Εκμάθηση Λογισμικού Arc GIS 8.1		↔	↔	↔			
	Ανάλυση συμβατότητας ΓΣΠ με τα ΠΤΑ				↔			
A3	Χωρική ανάλυση					↔		
	Χαρτογραφική αποτύπωση & Ανάλυση τοπίου				↔	↔		↔

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΤΑ ΠΤΑ

4.1 Προγράμματα Τρισδιάστατης Απεικόνισης

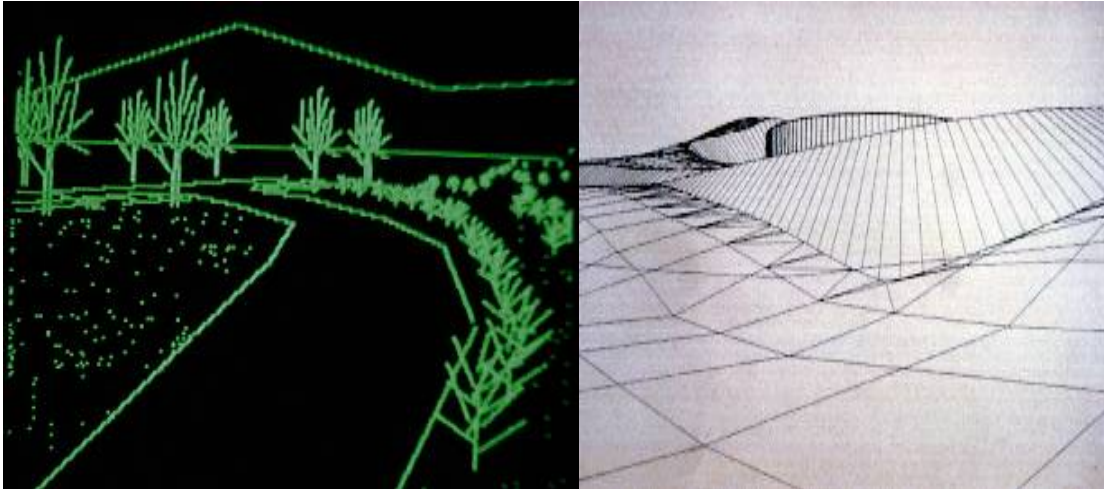
Σε αυτό το κεφάλαιο αρχικά θα αναφερθούμε στον τρόπο κατασκευής και αντιμετώπισης των επιφανειών και της στερεάς γεωμετρίας τους από τα ΠΤΑ, με σκοπό τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους. Στη συνέχεια θα δοθεί η μεθοδολογία και ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η εισαγωγή των ΨΜΕ που παράχθηκαν από τα ΓΣΠ, στα ΠΤΑ. Παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν αλλά και όλες οι τεχνικές επεξεργασίας για την καλύτερη, αποδοτικότερη, εύκολη και πιο ρεαλιστική απεικόνιση των ΨΜΕ περιοχών μικρής, μεσαίας και μεγάλης κλίμακας. Δίνονται συμπεράσματα για τα αποτελέσματα της χρήσης των ΠΤΑ και του τρόπου με τον οποίο απεικονίζεται από αυτά ένα ΨΜΕ. Τέλος αναφέρονται τα προβλήματα και οι δυσκολίες που εμφανίστηκαν στο συγκεκριμένο κομμάτι της εργασίας αλλά και η προτεινόμενη μεθοδολογία για την ενοποίηση των δυο τεχνολογιών και την κατασκευή φωτορεαλιστικών απεικονίσεων ΨΜΕ.

4.1.1 Ιστορία στη δημιουργία τρισδιάστατων ΨΜΕ

Η ψηφιακή κατασκευή τοπίων, όπως όλες οι ψηφιακές τεχνικές, αναπτύσσονται εδώ και 40 χρόνια, ενώ η έννοια του εικονικού περιβάλλοντος που συνδέεται άμεσα με την κατασκευή των ΨΜΕ αποτελεί αντικείμενο μελέτης των τελευταίων 15 χρόνων (O'Rourke 1998) (Ervin et al 2001). Συχνά η έννοια εικονικό περιβάλλον συγγέεται με την εικονική πραγματικότητα, δίνοντας όμως τον ορισμό του θα λέγαμε ότι είναι «ένα τριών διαστάσεων περιβάλλον στο οποίο ένας ή περισσότεροι χρήστες μπορούν να επέμβουν και να το τροποποιήσουν κατά βούληση διαθέτοντας την κατάλληλη υποδομή» (Hedley 2001). Πολλές από τις τεχνικές κατασκευής ΨΜΕ έχουν αναπτυχθεί από επιστήμονες και προγραμματιστές στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων που είχαν ως σκοπό τη χρήση τους αρχικά από τον ακαδημαϊκό κόσμο, την πληροφορική, και τους αρχιτέκτονες τοπίων. Τελευταία συναντάται και ως εργαλείο των αρχαιολόγων αλλά και ανθρώπων που ασχολούνται με την πολιτισμική κληρονομιά και την ανάδειξη της (Nebiker 2003).

Η πρώτη επίσημη προσπάθεια κατασκευής ΨΜΕ βρίσκεται στη δεκαετία του '60 και στην εργασία του Ivan Sutherland στο MIT, η οποία ανέδειξε τη δυνατότητα και την αξία ενός

γραφικού περιβάλλοντος δημιουργίας CAD (Computer Aided Design). Η δεκαετία του '60 και οι αρχές της δεκαετίας του '70 ήταν ο χρόνος όπου δημιουργήθηκαν και αναπτύχθηκαν και τα ΓΣΠ στο Πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ. Έτσι προς το τέλος της δεκαετίας του '70 συναντάται και η πρώτη τρισδιάστατη ψηφιακή απεικόνιση περιοχών μεγάλης κλίμακας (Ervin et al 2001).



Εικόνα 20: Τρισδιάστατη ψηφιακή απεικόνιση περιοχών της δεκαετίας του 70 (Ervin et al 2001)



Εικόνα 21: Απεικόνιση ΨΜΕ με υπερκείμενα 3D αντικείμενα τα δέντρα του δάσους που το καλύπτουν (Ervin et al 2001)

Η ανάπτυξη της πληροφορικής αλλά και κυρίως η τεράστια ανάπτυξη των μικροϋπολογιστικών συστημάτων και των δυνατοτήτων τους, δημιούργησε τις προϋποθέσεις για την αλματώδη εξέλιξη και χρήση της «ηλεκτρονικής γραφιστικής». Έτσι κατά τις δεκαετίες 80

και 90 αναπτύχθηκαν και εξελίχθηκαν νέοι τρόποι δημιουργίας τρισδιάστατων ΨΜΕ αλλά και απεικόνισης τους, καθώς έγινε δυνατή η κατασκευή εξειδικευμένων προγραμμάτων αναπαράστασης του ανάγλυφου της γης αλλά και η εύρεση νέων τεχνικών φωτορεαλιστικής απεικόνισης του.

4.1.2 Τρισδιάστατα ΨΜΕ

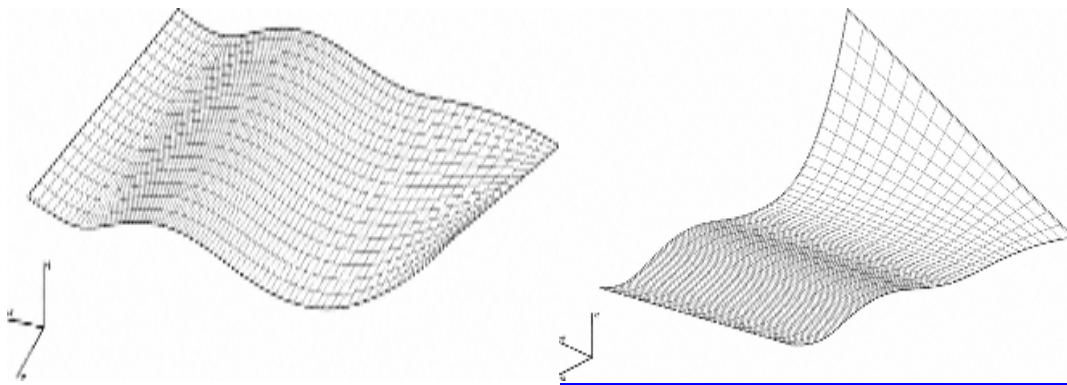
Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο οι απεικονίσεις γεωγραφικών δεδομένων των ΓΣΠ έχουν ως κύριο σκοπό το μετασχηματισμό τους από μαθηματικά και γεωμετρικά στοιχεία, σε δισδιάστατες αναλογικές απεικονίσεις. Βέβαια τα τελευταία χρόνια έγινε εφικτή η αντιπροσώπευση των στοιχείων αυτών σε τρισδιάστατη μορφή η οποία στηρίζεται στις αρχές λειτουργίας, προγραμματισμού και δυνατοτήτων των ΠΤΑ (Turner 1992).

Έχοντας λοιπόν το ψηφιακό πρότυπο μιας επιφάνειας είναι δυνατό σήμερα να την απεικονίσουμε στην τρισδιάστατη μορφή της και να παραχθεί είτε σε δισδιάστατες είτε σε τρισδιάστατες οπτικές αντιπροσωπεύσεις.

Στη συνέχεια δίνονται οι τρόποι με τους οποίους πραγματεύονται τα ΠΤΑ τις δομές πληροφοριών περιγραφής του χώρου, ώστε να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου ΨΜΕ. Τα στοιχεία που χρειάζονται για την αναπαράσταση των χαρακτηριστικών του ανάγλυφου της γης είναι στοιχεία που περιγράφουν την τοπολογία του (Πχ όγκος, ύψος, βάθος και πλήθος άλλων γεωμετρικών στοιχείων).

Τα ΠΤΑ αντιμετωπίζουν τη δημιουργία του εδάφους ως τη δημιουργία μιας ή πολλών επιφανειών. Ορίζοντας την επιφάνεια, αυτή είναι ένα μαθηματικά απείρως λεπτό αντικείμενο έτσι ώστε κατά την τρισδιάστατη άποψη του να είναι δυνατή η παρουσίαση και των δυο πλευρών του. Από μαθηματική άποψη, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα σύνολο σημείων (X, Y, Z) έτσι ώστε η μεταβλητή Z να είναι συνάρτηση των X και Y ($z=f(x,y)$). Αυτό σημαίνει ότι για κάθε θέση (X,Y) στο επίπεδο που ορίζει η επιφάνεια υπάρχει μόνο μία τιμή για το Z (ανύψωση) (O'Rourke 1998).

Οι επιφάνειες μπορούν να είναι απλές ή σύνθετες, επίπεδες ή κυρτές, ομαλές ή απότομες ανάλογα με τη μορφή του εδάφους που αναπαριστούν.



Εικόνα 22: Άποψη Κυρτών Επιφανειών (Ervin et al 2001)

Στο πραγματικό κόσμο η μορφή και η κλίση ενός τοπίου εξαρτάται από φυσικές μεταβλητές όπως το γεωλογικό υπόβαθρο, το κλίμα, τη φυτική κάλυψη κ.α. Κατά τη δημιουργία ΨΜΕ αυτοί οι περιορισμοί δεν ισχύουν αυτόματα, αλλά πρέπει να εξεταστεί εάν η επιφάνεια που πρόκειται να κατασκευαστεί θα περιλαμβάνει τα γνωρίσματα αυτά που φανερώνουν τις επιρροές τους (Turner 1992).

Η απλούστερη επιφάνεια από όλες είναι το οριζόντιο επίπεδο ενώ η αμέσως πιο σύνθετη επιφάνεια είναι το κεκλιμένο επίπεδο. Ένα τέτοιο επίπεδο αποτελεί το ελάχιστο υπόβαθρο για τη διαμόρφωση ενός τοπίου, και παρέχει την επιφάνεια επάνω στην οποία μπορούν να τοποθετηθούν τα άλλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του όπως πχ τα δέντρα, τα κτήρια (O'Rourke 2003). Συχνά, για να φαίνεται ότι τα αντικείμενα εφαρμόζουν σωστά επάνω της τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε η βάση τους να βρίσκεται ελάχιστα κάτω από την επιφάνεια που αναπαριστά το έδαφος.

4.2 Εισαγωγή αρχείων από τα ΓΣΠ η μεθοδολογία

Στο προηγούμενο κεφάλαιο δόθηκε η μεθοδολογία δημιουργίας των ΨΜΕ από τα ΓΣΠ και η αποθήκευση της πληροφορίας τους σε μορφές δεδομένων που είναι άμεσα αναγνωρίσιμες από τα ΠΤΑ¹⁷. Γνωρίζοντας τα format των αρχείων που είναι κοινά μεταξύ των δύο κατηγοριών προγραμμάτων¹⁸ έπρεπε η εργασία να προσανατολιστεί στους περιορισμούς που έχουν σχέση με

¹⁷ Αρχεία με προεκτάσεις wrl και dem (USGS). είναι αυτά που αναγνωρίζονται και από τα δυο λογισμικά. Επομένως οι προσπάθειες μας είχαν ως σκοπό το τελικό αρχείο που θα πρόκυπτε από τα ΓΣΠ α έχουν αυτές τις προεκτάσεις.

¹⁸ Τα ΓΣΠ έπρεπε να αποθηκεύουν την τοπολογία των ΨΜΕ σε αρχεία τα οποία να μπορούν να εισαχθούν στα ΠΤΑ ως έχουν.

την τροποποίηση των ΨΜΕ, τα επίπεδα λεπτομέρειας της απεικόνισης, και το βαθμό αληθοφάνειας που θέλουμε αυτά να έχουν.

Η μεθοδολογία εισαγωγής τους είχε να αντιμετωπίσει προβλήματα και περιορισμούς που είχαν ως κύριους άξονες:

1. τη βελτιστοποίηση των ΨΜΕ¹⁹
2. την «οικονομία» στην κατασκευή των μοντέλων²⁰
3. τη χρήση και τις μορφές απεικόνισης
4. την επικάλυψη των ΨΜΕ με εικόνες²¹
5. τη διαδικασία του rendering
6. και τέλος την τελική μορφή της απεικόνισης (animation, φωτογραφία)

Στη συνέχεια αναλύονται οι περιορισμοί που εμφανίσθηκαν κατά την μεταφορά των αρχείων που παράχθηκαν από τα ΓΣΠ στα ΠΤΑ, και κατά την προσπάθεια απεικόνισης τους σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εργασίας για την οπτικοποίηση της γεωγραφικής πληροφορίας με συγκεκριμένους τρόπους και κλίμακες.

4.2.1 Βελτιστοποίηση των ΨΜΕ

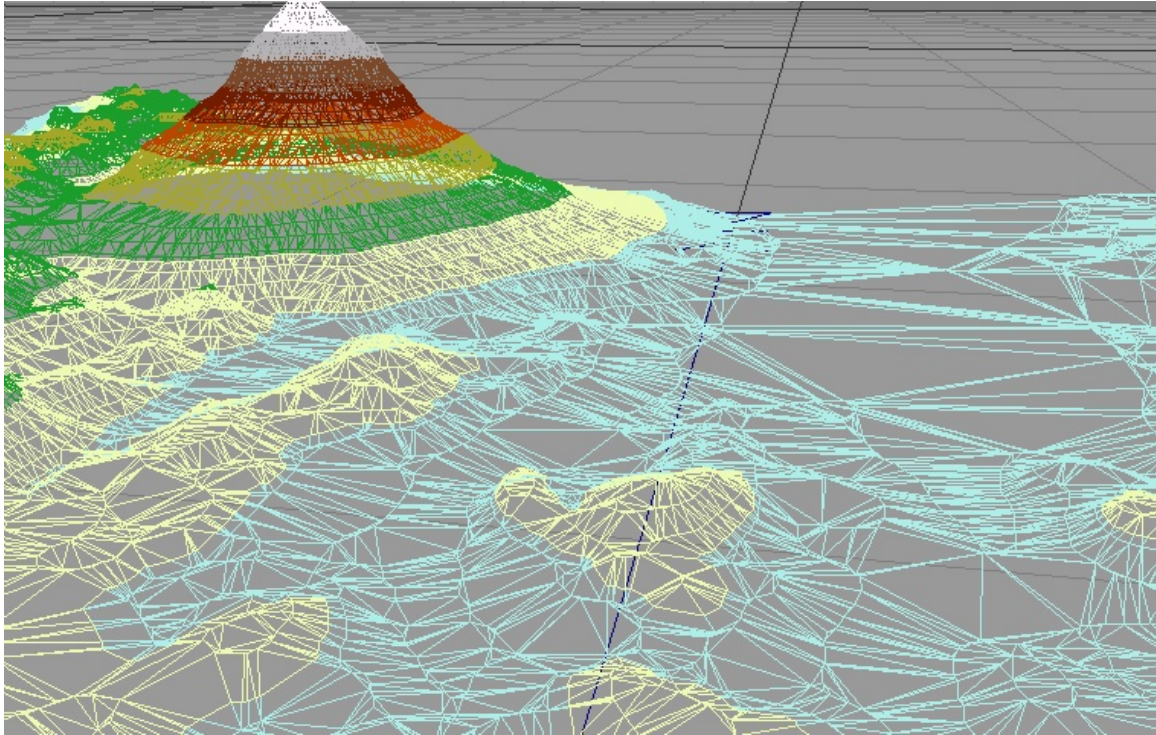
Είναι γνωστό ότι η κατασκευή των αντικειμένων από το λογισμικό των ΠΤΑ γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε αυτά να αποτελούνται από ένα σύνολο πολύγωνων ενωμένων μεταξύ τους. Με την ένωση αυτή αποδίδεται η γεωμετρία και η τοπολογία των υπό απεικόνιση αντικειμένων. (Watt 2000). Η πολυπλοκότητα των μοντέλων εξαρτάται από τον αριθμό των πολύγωνων και των σημείων που τα δημιουργούν. Τα ΠΤΑ για να δημιουργήσουν ένα τρισδιάστατο αντικείμενο υπολογίζουν τον αριθμό των δομικών επιφανειών (τρίγωνα) που θα το συνθέσουν και τα ενώνουν σαν ένα μεγάλο τρισδιάστατο πάζλ.

Ένα από το πιο σημαντικά προβλήματα που συναντάται στην τρισδιάστατη μοντελοποίηση είναι η συσχέτιση του επιπέδου λεπτομέρειας ενός υπό κατασκευή αντικειμένου με τον αριθμό των πολύγωνων που το αποτελούν. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο αριθμός, δηλαδή όσα περισσότερα πολύγωνα αποτελούν ένα τρισδιάστατο αντικείμενο, τόσο καλύτερη και με μεγαλύτερη λεπτομέρεια είναι η αναπαράσταση του.

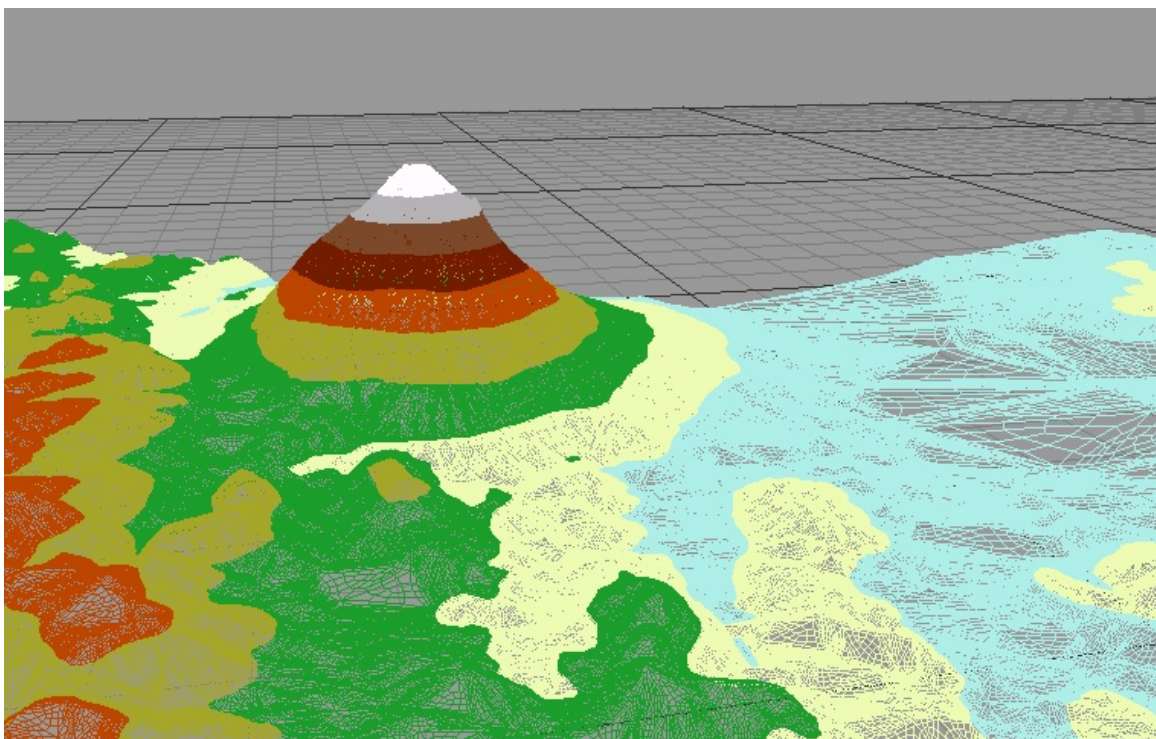
¹⁹ Επίπεδα λεπτομέρειας της απεικόνισης

²⁰ Πλήθος πολυγώνων σε συνάρτηση με τα μέγεθος των αρχείων

²¹ Πχ εικόνα που να αποδίδει τη φυτοκάλυψη



Εικόνα 23: Εικόνα τμήματος της Σικελίας με 220.492 πολύγωνα (χωρίς βελτιστοποίηση)



Εικόνα 24: Εικόνα τμήματος της Σικελίας με 3.012.683 πολύγωνα (βελτιστοποίηση)

Με την αύξηση λοιπόν των πολυγώνων ο βαθμός αληθοφάνειας του οπτικού αποτελέσματος μεγαλώνει (Εικ.24), σε αντίθεση με την ελάττωση του αριθμού τους, όπου αυτό έχει ως συνέπεια ο βαθμός λεπτομέρειας του αντικειμένου να ελαττώνεται με άσχημα αποτελέσματα στο υπό απεικόνιση μοντέλο (Εικ.23) (Watt 2000).

Τα αρχεία των ΨΜΕ όπως αυτά παράγονται από τα ΓΣΠ περιέχουν τη γεωγραφική πληροφορία, αλλά το πλήθος των πολυγώνων που τα αποτελούν είναι τα άκρως αναγκαία και απαραίτητα ώστε να δώσουν την υπό επιθυμητή κλίμακα μορφή της επιφάνειας των περιοχών ενδιαφέροντος. Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι το επιθυμητό για να καλύψει τις ανάγκες απεικόνισης στα ΓΣΠ, ενώ στα ΠΤΑ συνήθως αντιστοιχεί σε ένα απλώς αποδεκτό ΨΜΕ (Χριστοδούλου 2004).

Έπρεπε λοιπόν να βρεθεί τρόπος να αυξηθεί ο αριθμός των πολυγώνων των ΨΜΕ ώστε η μορφολογία των επιφανειών που αντιπροσωπεύουν να αποδίδεται με περισσότερο ομαλές διακυμάνσεις. Σύμφωνα με τη θεωρία των τρισδιάστατων γραφικών πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των ΠΤΑ υπάρχουν τεχνικές οι οποίες βελτιστοποιούν τα ΨΜΕ αλλάζοντας την τοπολογία τους. Με την εφαρμογή τους είναι δυνατή η αύξηση του αριθμού των πολυγώνων ενός μοντέλου αλλά και η επεξεργασία της δομής του. Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα το ΨΜΕ αλλά και κάθε τρισδιάστατο μοντέλο να αποκτά τα επιθυμητά για κάθε περίπτωση επίπεδα λεπτομέρειας.

Παρακάτω αναλύονται διεξοδικά οι διεργασίες οι οποίες κατά περίπτωση ακολουθούνται για τη βελτιστοποίηση των μοντέλων.

4.2.1.1 Optimization

Κατά την κατασκευή αντικείμενων που έχουν ως δομικά στοιχεία πολλά μεμονωμένα τρίγωνα και τετράπλευρα πολύ συχνά μερικά σημεία ή επιφάνειες τους αναπαράγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι διπλά. Για παράδειγμα διάφορα «βασικά αντικείμενα»²² μπορεί να περιέχουν διπλά σημεία που προήλθαν κατά τη διάρκεια παραμετροποίησης της δομής τους, με σκοπό να πάρουν το επιθυμητό σχήμα.

Η διεργασία του Optimization έχει ως σκοπό να αποβάλλονται όλα τα διπλά σημεία χωρίς να αλλάζει το σχήμα και η τοπολογία του αντικειμένου. Προσοχή απαιτείται όταν τα διπλά αυτά στοιχεία είναι σκόπιμα τοποθετημένα ώστε να χρησιμοποιούνται για την κατασκευή συγκεκριμένων ιδιοτήτων ενός μοντέλου.

²² Primitives: Αντικείμενα που κατασκευάζονται απευθείας από τα ΠΤΑ

Τα στοιχεία τα οποία μπορούν να επιλεγθούν και να βελτιστοποιηθούν είναι σημεία, ακμές ή πολύγωνα ενώ η διαδικασία αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί και στις καμπύλες (splines). Σε αυτή την περίπτωση βελτιστοποιούνται μόνον τα σημεία που τις συνθέτουν.

Κατά την εφαρμογή της διεργασίας Optimization υπάρχουν και άλλες προσθετές παράμετροι οι οποίες είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν (Becker 2001). Έτσι είναι δυνατό να εξαφανισθούν επιφάνειες που ορίζονται από ένα ή δυο σημεία μόνον. Επίσης βελτιστοποιούνται επιφάνειες διαγράφοντας σημεία που δεν χρησιμοποιούνται ή που είναι διπλά. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει η δυνατότητα ορισμού ενός διαστήματος ανοχής το οποίο καθορίζει τη μέγιστη απόσταση που πρέπει να έχουν μεταξύ τους δύο σημεία ώστε να εξαλειφθούν κατά τη βελτιστοποίηση. Έτσι εάν αυτά είναι πιο κοντά το ένα στο άλλο από το διάστημα ανοχής, συγχωνεύονται σε ένα. Με αυτό τον τρόπο εάν διάφορα πολύγωνα γίνουν περιττά (π.χ. εάν τα τρία σημεία ενός πολυγώνου καταλάβουν την ίδια θέση) τότε αυτά διαγράφονται αυτόματα.

Καταλαβαίνουμε πως με αυτή τη διεργασία χωρίς να αλλάξει η δομή και η τοπολογία ενός αντικειμένου είναι δυνατή η βελτιστοποίηση του.

4.2.1.2 Subdivision

Κατά τη διεργασία αυτή γίνεται ο διαχωρισμός των πολυγωνικών αντικειμένων και των γραμμών. Είναι δυνατή η επιλογή μεμονωμένων πολυγώνων ή και ομάδων αυτών για διαχωρισμό, αλλά και διαχωρισμού ολόκληρου του αντικειμένου.

Όπως στη διεργασία του optimization έτσι και εδώ υπάρχει η δυνατότητα παραπάνω παραμετροποίησης (Becker 2001) σύμφωνα με την οποία είναι δυνατό να καθοριστεί ο αριθμός των βημάτων υποδιαίρεσης που θα εφαρμοσθεί. Έτσι όσο μεγαλύτερος είναι, αυξάνεται ο αριθμός των πολυγώνων στον οποίο θα διαχωριστεί η μοναδιαία επιφάνεια (πολύγωνο). Αυτό έχει ως άμεσο αποτέλεσμα τη δραματική αύξηση των δομικών στοιχείων που αποτελούν τη βελτιστοποιημένη επιφάνεια. Για παράδειγμα ένα αντικείμενο που αποτελείται από τρεις επιφάνειες μπορεί να μετατραπεί σε αντικείμενο που αποτελείται από 12, ή ακόμα περισσότερο από 48, 192 επιφάνειες και ούτω καθ' εξής.

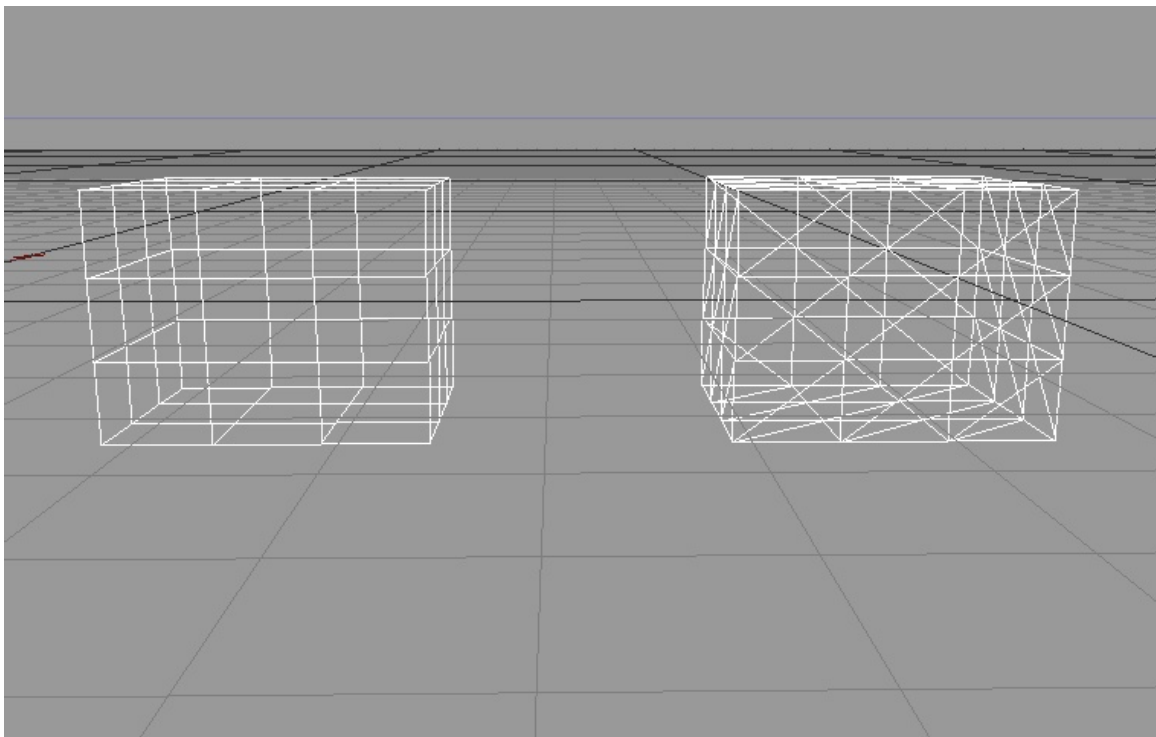
Υπάρχει η δυνατότητα σύνθετου διαχωρισμού των επιφανειών κατά τον οποίο τα τρίγωνα που σχηματίζουν μια επιφάνεια διαχωρίζονται το κάθε ένα σε τρία τετράγωνα. Το αποτέλεσμα στη εμφάνιση της επιφάνειας συγκρινόμενο με αυτό του απλού διαχωρισμού διαφέρει και είναι καλύτερο γιατί τα σημεία που υπάρχουν επάνω σε μια επιφάνεια επανατοποθετούνται σε αυτή με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνεται πιο ομαλή.

Τέλος είναι δυνατός ο διαχωρισμός μιας επιφάνειας με σκοπό τον εξευγενισμό της καθορίζοντας τη μέγιστη γωνία έως την οποία θα πραγματοποιηθεί αυτός.

Η διεργασία subdivision αποτελεί μια σύνθετη και πολύπλοκη μέθοδο κατά την οποία αλλάζει η τοπολογία του αντικειμένου με σκοπό την αύξηση των δομικών του στοιχείων (πολυγώνων) και κατά συνέπεια την απόκτηση ομαλότερων επιφανειών.

4.2.1.3 Triangulation

Με τη διεργασία αυτή πετυχαίνουμε τη μετατροπή των τετράγωνων που αποτελούν τα δομικά στοιχεία μιας επιφάνειας σε τρίγωνα. (Becker 2001). Η εφαρμογή της γίνεται στο σύνολο των πολυγώνων μιας επιφάνειας αυξάνοντας τον αριθμό των δομικών στοιχείων της (Εικόνα.25). Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτού του είδους η μετατροπή αυξάνει το χρόνο της διαδικασίας του rendering και για τον λόγο αυτό δεν χρησιμοποιείται συχνά.



Εικόνα 25: Triangulation σε 3D μοντέλο ενός κύβου (Μετατροπή τετράγωνων σε τρίγωνα)

4.2.1.4 Untriangulation

Τέλος η λειτουργία αυτή δίνει τη δυνατότητα μετατροπής της τοπολογίας των 3D μοντέλων που έχουν δημιουργηθεί και αποτελούνται μόνον από τρίγωνα²³, σε τετράγωνα. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι η μετατροπή αυτή γίνεται μόνον στα τρίγωνα τα οποία με την ένωση τους έχουν ως αποτέλεσμα το σχηματισμό τετράγωνων επιφανειών (Becker 2001).

²³ Όπως είναι τα ΨΜΕ που παράγονται από τα ΓΣΠ και αποθηκεύονται στη μορφή TIN

Παρατηρούμε λοιπόν ένα πλήθος τεχνικών βελτιστοποίησης με αρκετές δυνατότητες παραμετροποίησης σε κάθε μια. Βέβαια τίθεται το ερώτημα πια από αυτές τις λειτουργίες είναι η καλύτερη, ή ποιος συνδυασμός αυτών δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα. Η απάντηση στο ερώτημα αυτό είναι πολύπλοκη γιατί έχει άμεση σχέση με όλους τους περιορισμούς που υπάρχουν κατά τη δημιουργία ενός project τρισδιάστατων γραφικών.²⁴

Συνδυασμός των παραπάνω διαδικασιών ακολουθήθηκε για όλα τα ΨΜΕ που προερχόταν από τα ΓΣΠ καθώς κατά την επεξεργασία τους και τις δόκιμες παρουσίασης τους, τα αρχικά αποτελέσματα δεν ήταν τα αναμενόμενα. Πρέπει να αναφερθεί ότι κατά τη βελτιστοποίηση των ΨΜΕ με σκοπό την καλύτερη δυνατή προσέγγιση των υπό μελέτη επιφανειών παρατηρήθηκε μια δραματική αύξηση σε αποθηκευτικό χώρο αλλά και στον χρόνο που χρειάζονταν για την τροποποίηση τους. Αυτό οφειλόταν στο μέγεθος της πληροφορίας που είχαν τα τρισδιάστατα ΨΜΕ επειδή είχε αυξηθεί δραματικά ο αριθμός των πολυγώνων που τα αποτελούσαν. Χαρακτηριστικά είναι τα αποτελέσματα και η σύγκριση των ΨΜΕ της Μεσογείου και της Σικελίας πριν και μετά τη διαδικασία.

Πίνακας 2: Σύγκριση Αριθμού πολυγώνων ΨΜΕ κατά τη βελτιστοποίηση τους

ΨΜΕ Μεσογείου	Πριν τη Βελτιστοποίηση	Μετά τη Βελτιστοποίηση	Μεταβολή
Αριθμός πολυγώνων	517.073	1.035.933	200,3%
Αριθμός σημείων	1.646.082	11.224.127	681,87%
Μέγεθος Αρχείου Στο λογισμικό ΠΤΑ Cinema4d	27.373 kb	293.401 kb	1.071,9%
ΨΜΕ Σικελίας	Πριν τη Βελτιστοποίηση	Μετά τη Βελτιστοποίηση	Μεταβολή
Αριθμός πολυγώνων	220.492	3.012.683	1.366%
Αριθμός σημείων	692.050	3.144.617	454%
Μέγεθος Αρχείου Στο λογισμικό ΠΤΑ Cinema4d	11.559 kb	83.928 kb	726%

Έτσι δημιουργούνται νέα ερωτήματα που έχουν σχέση με την οικονομία στην κατασκευή και λεπτομέρεια των ΨΜΕ σε συσχέτιση πάντα με το οπτικό αποτέλεσμα και το βαθμό αληθοφάνειας που θέλουμε να έχει αυτό.

²⁴ Βλέπε παράγραφο 4.2

4.2.2 «Οικονομία» στην κατασκευή των μοντέλων

Η βελτιστοποίηση των τρισδιάστατων μοντέλων γίνεται με διάφορους τρόπους που έχουν συνήθως ως αποτέλεσμα την αύξηση των πολύγωνων που αποτελούν ένα αντικείμενο. Βέβαια σε περιπτώσεις απλών και μικρών αντικειμένων ή μικρών σε λεπτομέρεια απαιτήσεων, αυτό δεν αποτελεί εμπόδιο μιας και είναι εύκολη και γρήγορη η επεξεργασία και η απεικόνιση τους. Όταν όμως περνάμε σε αντικείμενα που αποτελούνται από χιλιάδες πολύγωνα, παρατηρείται μια πολύ σημαντική αύξηση των απαιτήσεων σε πόρους και υπολογιστική ισχύ για την επεξεργασία και την απεικόνιση τους (O'Rourke 1998). Έτσι είναι πολύ σημαντικό να βρεθεί ο κατάλληλος τρόπος απεικόνισης των ΨΜΕ που είναι μοντέλα με τεράστιο αριθμό πολύγωνων, ώστε η λεπτομέρεια απεικόνισης τους να βρίσκεται στον απαιτούμενο βαθμό και ταυτόχρονα η επεξεργασία τους να γίνεται εύκολα και γρήγορα (Turner 1992).

Αυτή η σχέση μεταξύ λεπτομέρειας, και ευχρηστίας ενός μοντέλου αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα αλλά και αντικείμενα μελέτης στον χώρο των τρισδιάστατων γραφικών. Οι διαδικασίες που χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες για τη δημιουργία «οικονομικών μοντέλων» είναι οι ακόλουθες:

- Απλοποίηση. Ελαττώνεται το πλήθος των πολύγωνων που αποτελούν ένα αντικείμενο μέχρι το βαθμό που δεν επηρεάζεται η απαιτούμενη λεπτομέρεια στην απεικόνιση του
- Προσέγγιση. Το επίπεδο της λεπτομέρειας που διατηρείται είναι αυτό που δίνει το κατάλληλο αποτέλεσμα ανάλογα με την απόσταση που θα «φαίνεται» το αντικείμενο κατά την οπτικοποίηση του²⁵.
- Συμπύεση. Η πληροφορία και το μέγεθος της λεπτομέρειας συμπιέζονται όπως και στις δυο διαστάσεων εικόνες με τη δημιουργία πυραμίδων. Έτσι δεν ελαττώνονται μόνο τα πολύγωνα αλλά και ο χώρος της προσέγγισης του επιπέδου λεπτομέρειας. Αυτή η μείωση είναι σημαντική γιατί η ιεραρχία του επιπέδου λεπτομέρειας απαιτεί περισσότερο χώρο από ότι ένα μοντέλο με όλη τη λεπτομέρεια του στο υψηλότερο βαθμό.
- Επιλεκτικό «ραφινάρισμα» (Selective Refinement). Το επίπεδο λεπτομέρειας που παρουσιάζεται είναι βελτιστοποιημένο μόνον στα αντικείμενα τα οποία εμφανίζονται-απεικονίζονται κάθε φορά²⁶ (Watt 2000).

²⁵ Αντικείμενα που παρουσιάζονται από κοντά πρέπει να έχουν μεγάλη λεπτομέρεια και αντίθετα αντικείμενα που παρουσιάζονται από μακριά μπορούν να έχουν μικρότερο βαθμό λεπτομέρειας.

²⁶ Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται στους εξομοιωτές πτήσης όπου μόνον οι λεπτομερείς του εδάφους που εμφανίζεται απεικονίζονται και όχι όλο το ανάγλυφο.

Συνδυασμός των παραπάνω τεχνικών δίνει το καλύτερο οπτικό αποτέλεσμα στην παρουσίαση των ΨΜΕ επιτρέποντας το μεγαλύτερο δυνατό επίπεδο λεπτομέρειας με την οικονομικότερη κατασκευή των μοντέλων (O'Rourke 1998) (Watt 2000).

Στην παρούσα εργασία όπου οι περιοχές μελέτης περιελάμβαναν διάφορες κλίμακες λεπτομέρειας αλλά και μεγέθους ΨΜΕ, εφαρμόστηκε συνδυασμός των τεχνικών της προσέγγισης με αυτή του επιλεκτικού ραφινάρισματος της λεπτομέρειας. Αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία ΨΜΕ και για τις τρεις περιοχές, των οποίων τα επίπεδα απεικόνισης τους βρισκόταν σε αποδεκτά επίπεδα. Βέβαια συνέχιζαν να εξαρτώνται από τη μορφή την οποία θέλαμε να έχει η απεικόνιση καθώς και από τις κάθε είδους παραμέτρους που καθόριζαν την όσο γίνεται πιο ρεαλιστική αναπαράσταση τους

4.2.3 Χρήση και μορφές απεικόνισης

Σημαντικό στοιχείο για την κατασκευή τρισδιάστατων ΨΜΕ αποτελεί η χρήση και ο σκοπός που θα επιτελέσει η απεικόνιση τους. Έτσι σε κάθε εργασία που παράγονται ΨΜΕ καθορίζονται εξ αρχής οι λεπτομέρειες υλοποίησης τους. Παρατηρείται ότι υπάρχουν σημαντικές διάφορες για όλες τις παραμέτρους που αποτελούν το «επίπεδο λεπτομέρειας».

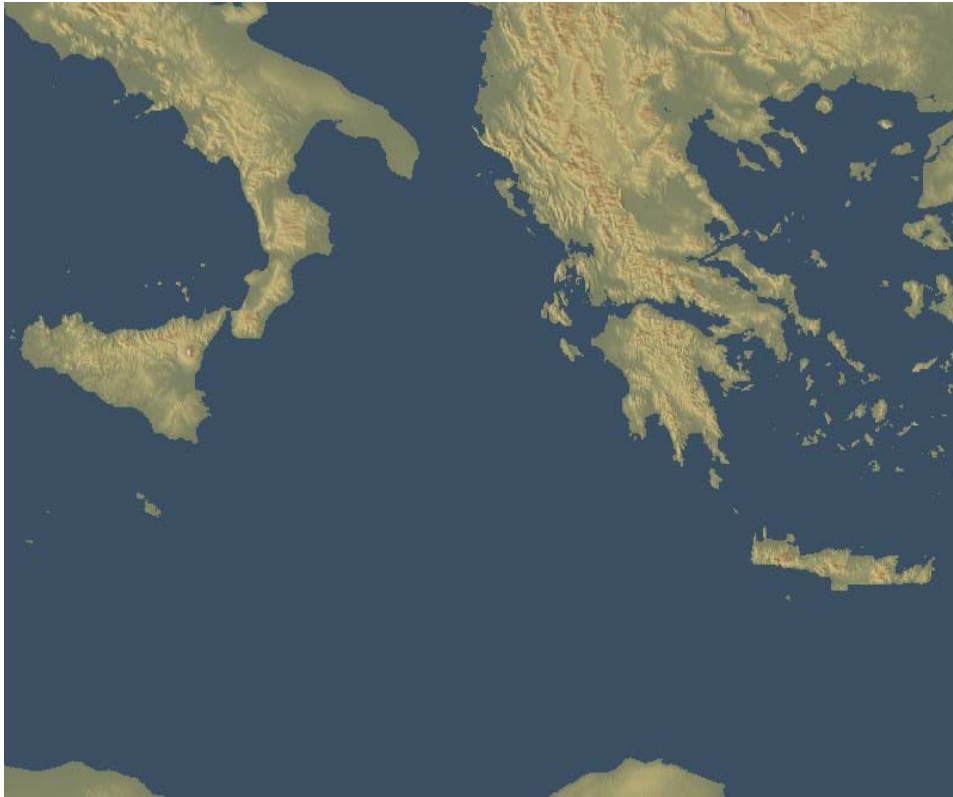
Αυτές περιλαμβάνουν:

1. την κλίμακα των μοντέλων
2. το πλήθος και μέγεθος των υπερκείμενων αντικειμένων που προστίθενται επάνω στο ΨΜΕ (Πχ Δέντρα, σπίτια)
3. τον τρόπο παρουσίασης
4. τη χρήση της παρουσίασης
5. τον τρόπο απεικόνισης

Όπως έχει προαναφερθεί οι περιοχές μελέτης και κατασκευής ΨΜΕ έχουν επιλεγεί ώστε να καλύπτουν όλο το φάσμα της δυνατής λεπτομέρειας που μπορεί να απεικονισθεί από τα ΓΣΠ. Έτσι μπορούμε να αναφερθούμε για κάθε τμήμα των ΨΜΕ εξηγώντας συνολικά της απαιτήσεις και τις παραμέτρους που λάβαμε υπόψη.

Περιοχή απεικόνισης ΨΜΕ μικρής κλίμακας αποτελούσε η λεκάνη της Νοτιοανατολικής Μεσογείου. Η περιοχή μελέτης ήταν πολύ μεγάλη με αποτέλεσμα το παραγόμενο από τα ΓΣΠ μοντέλο να αποτελείται από σημαντικό αριθμό πολύγωνων (517.073) και η λεπτομέρεια με την οποία απέδιδαν στην απεικόνιση της συγκεκριμένης περιοχής ήταν ικανοποιητική για την παρουσίαση της από μακριά. Δηλαδή σε αποστάσεις οι οποίες στον πραγματικό κόσμο θα

αντιστοιχούσαν με τις αποστάσεις τις οποίες παρατηρεί και βγάζει φωτογραφίες ένας δορυφόρος²⁷ (Εικ.26)

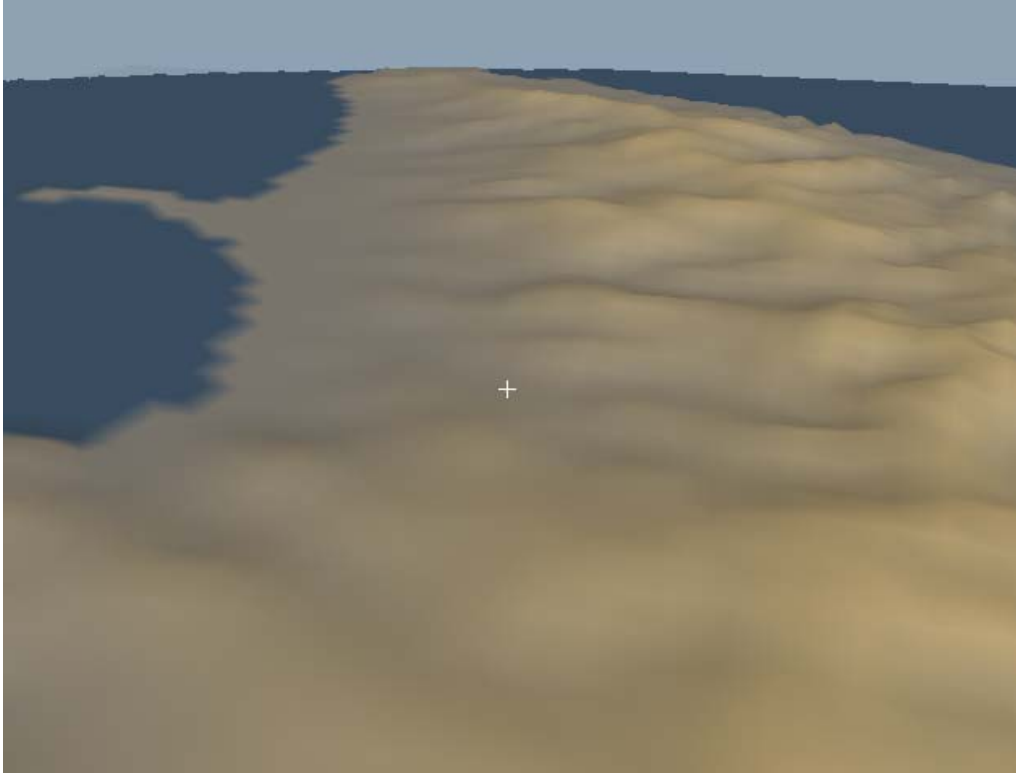


Εικόνα 26: Απεικόνιση ΨΜΕ μικρής κλίμακας (τμήμα της Μεσογείου)

Η μεσαίας κλίμακας απεικόνιση είχε ως σκοπό την παρουσίαση του νησιού της Σικελίας σε αποστάσεις που παρομοιάζονται με αυτές των αεροπλάνων που πετούν πάνω από το ανάγλυφο της γης²⁸(Εικ.27) Όπως είναι φυσικό η λεπτομέρεια του ΨΜΕ έπρεπε να είναι πολύ καλύτερη από την προηγούμενη με σημαντικούς περιορισμούς στα μεγέθη των παραγόμενων αρχείων τα οποία άρχισαν να αυξάνονται πολύ.

²⁷ Η σύγκριση αυτή γίνεται ώστε να αντιλαμβάνεται ο αναγνώστης την τάξη μεγέθους των αντικειμένων και της παρουσιαζόμενης λεπτομέρειας.

²⁸ Θα μπορούσε να παρομοιασθεί με τη λεπτομέρεια που δίνουν οι εξομοιωτές πτήσης στο ανάγλυφο της γης.



Εικόνα 27: Απεικόνιση ΨΜΕ μεσαίας κλίμακας (Σικελία)

Τέλος η μεγάλη κλίμακας απεικόνιση ενώ αρχικά είχε σχεδιασθεί να απεικονίζει το ανάγλυφο της πόλης των Συρακουσών, λόγω των προβλημάτων που αντιμετωπίστηκαν κατά την εύρεση των συγκεκριμένων χωρικών δεδομένων για τα ΓΣΠ, αυτό κατέστη αδύνατο. Έτσι η περιοχή αυτή αντικαταστάθηκε από το πάρκο του Απολιθωμένου Δασούς του Σιγρίου²⁹ με σκοπό να καταστεί δυνατή η μεθοδολογική προσέγγιση της κατασκευής ΨΜΕ μεγάλης κλίμακας.

Όπως ήταν αναμενόμενο τα επίπεδα λεπτομέρειας παρουσίασης του ανάγλυφου ήταν τεράστια γιατί πλέον η απεικόνιση του γινόταν με τέτοιο τρόπο ώστε η εμφανιζόμενη λεπτομέρεια προσέγγιζε αυτή που μπορεί να παρατηρήσει ένας άνθρωπος κατά το βήδισμα του³⁰(Εικ.28).

Σε αυτή την περίπτωση τα παραγόμενα αρχεία ήταν πολύ μεγάλα και καθιστούσαν σχεδόν αδύνατη την τροποποίηση του ΨΜΕ με ταυτόχρονη ελάττωση του πλήθους των πολύγωνων που το αποτελούσαν. Αντίθετα τα επίπεδα λεπτομέρειας τους ήταν φτωχά για το αποτέλεσμα που

²⁹ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

³⁰ Η λεπτομέρεια έπρεπε να φαίνεται με τέτοιο τρόπο όπως παρατηρούμε στην πραγματική μας ζωή τα αντικείμενα του χώρου-τοπίου που μας περιβάλλει.

έπρεπε να φανεί. Έτσι επιλέχθηκε η βελτιστοποίηση των ΨΜΕ με αύξηση των πολύγωνων τους, ώστε να είναι δυνατή η χρήση τους για τη συγκεκριμένη μορφή απεικόνισης.



Εικόνα 28 Απεικόνιση ΨΜΕ μεγάλης κλίμακας (Σίγρι)

Βέβαια σημαντικά προβλήματα προέκυψαν κατά την προσπάθεια προσθήκης υπερκείμενων αντικειμένων και φωτογραφιών επικάλυψης, μιας και η επεξεργασία αλλά και η ανάγκη σε αποθηκευτικό χώρο και μνήμη ήταν απαγορευτικές για τη χρήση τους από τους Η/Υ που είχαμε στη διάθεση μας.

Φάνταζε αδύνατο να απεικονισθούν με το σωστό τρόπο τα ΨΜΕ των περιοχών μεγάλης κλίμακας, έπρεπε λοιπόν να βρεθεί τρόπος για τη σωστή παρουσίαση τους. Έτσι κρίθηκε αναγκαία η εύρεση και χρήση νέου λογισμικού που να συμπεριλαμβάνει όλες τις δυνατότητες των ΠΤΑ δίνοντας τα ίδια αποτελέσματα, συνεργαζόμενο άμεσα με τα δεδομένα των ΓΣΠ. Αυτό λόγω της ιδιαιτερότητας του, να περιέχει δηλαδή λειτουργίες που συνδυάζουν χαρτογραφικά δεδομένα και δυνατότητες τρισδιάστατης οπτικοποίησης τους, παρουσιάζεται στην παράγραφο 4.3.

4.2.4 Επικάλυψη των ΨΜΕ με εικόνες

Μετά τη δημιουργία ενός ΨΜΕ που αναπαριστά το ανάγλυφο της γης, αυτό πρέπει να επικαλυφθεί με κάποια εικόνα, ώστε να μπορεί να αποδώσει τα χρώματα αλλά και να προσδώσει τη ρεαλιστική απεικόνιση του πραγματικού εδάφους. Πολλοί τρόποι χρησιμοποιούνται για να

αποδοθεί η χρωματική ποικιλία που απαιτείται. Υπάρχει όμως ένας σημαντικός διαχωρισμός στη χρήση εικόνων που γίνεται με βάση το κριτήριο της ύπαρξης ή μη του κόσμου τον οποίο θέλουμε να αναπαραστήσουμε, γνωρίζοντας πως έχουμε δύο περιπτώσεις ΨΜΕ:

- i) αυτού που αποτελεί μέρος ενός φανταστικού και μη υπαρκτού περιβάλλοντος και
- ii) αυτού που αποτελεί «αποτύπωση» του πραγματικού κόσμου και είναι ακριβές αντίγραφο κάποιου πραγματικού τοπίου.

Στη πρώτη περίπτωση δεν υπάρχει κανένας περιορισμός χρήσης χρωμάτων και εικόνων παρά μόνο η φαντασία του δημιουργού. Στη δεύτερη, οι περιορισμοί είναι πολλοί και έχουν ως κύριους άξονες το βαθμό του ρεαλισμού της παραγόμενης απεικόνισης και το βαθμό λεπτομέρειας σε αυτή (Watt 2000). Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να αποδώσουν το ρεαλισμό στην εμφάνιση ενός ΨΜΕ (Ervin et al 2001) είναι οι παρακάτω:

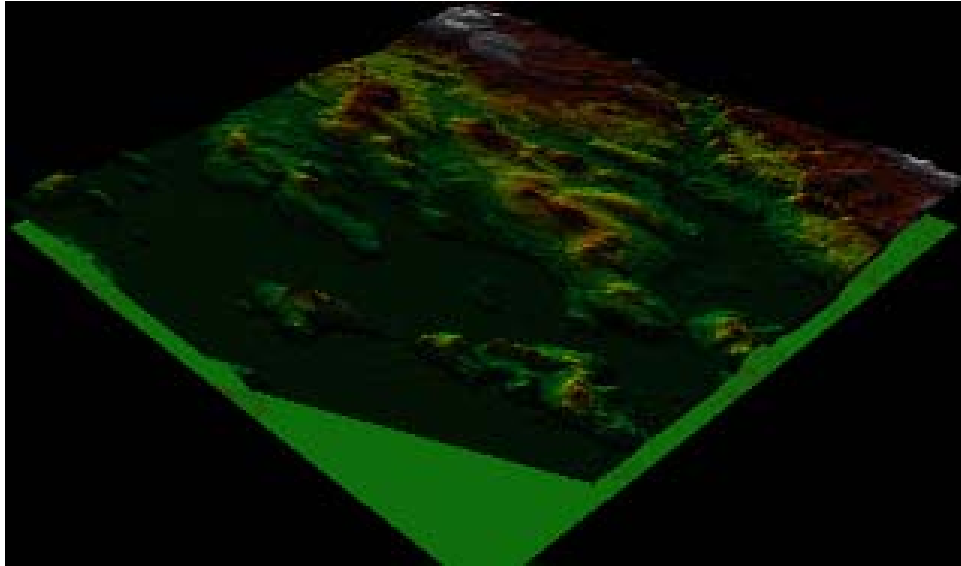
4.2.4.1 Πολύχρωμες εικόνες & έγχρωμες φωτογραφίες

Αρκετές φορές η χρήση απλών πολύχρωμων εικόνων ή και έγχρωμων φωτογραφιών είναι η πιο κατάλληλη μορφή συνδυασμού χρωμάτων με την οποία πρέπει να καλυφθεί ένα αντικείμενο ή μοντέλο ώστε να αποδώσει ρεαλιστικά την πραγματική του μορφή. Παράδειγμα αποτελεί η απεικόνιση των χόρτων (γρασίδι) που βρίσκεται και χαρακτηρίζει την επιφάνεια κάποιου ΨΜΕ.

Άλλη περίπτωση στην οποία χρησιμοποιούνται τέτοιου είδους εικόνες είναι η αναπαράσταση των πέτρινων τοίχων ενός σπιτιού που αποτελεί τμήμα ενός τοπίου. Επομένως αρκετά απλά χαρακτηριστικά μπορούν να αποδοθούν με τη χρήση απλών εικόνων δίνοντας πολύ ρεαλιστικά αποτελέσματα.

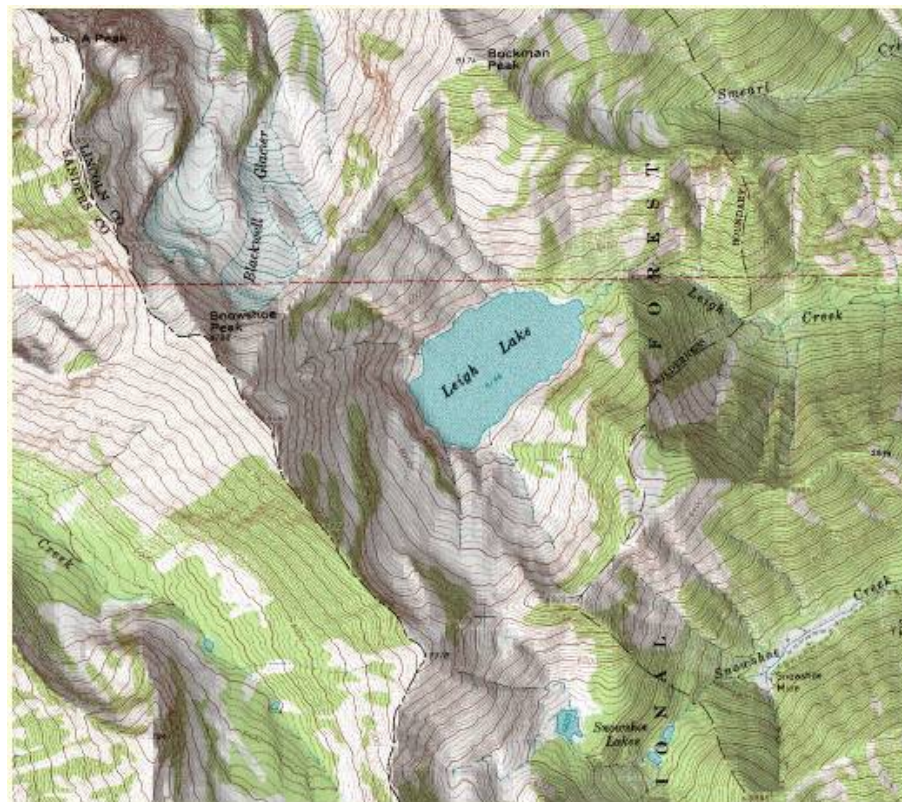
4.2.4.2 Δισδιάστατες εικόνες χαρτών

Αρκετές φορές είναι αναγκαία η πλήρης επικάλυψη ενός ΨΜΕ από δισδιάστατες εικόνες χαρτών οι οποίες όμως πριν να τοποθετηθούν επάνω σε αυτό υπόκεινται σε συγκεκριμένες διαδικασίες που τις καθιστούν ορθό-αποκατεστημένες. Αυτές οι διεργασίες έχουν ως σκοπό τη διόρθωση (rectification) ή αλλιώς ελαστική επικάλυψη (rubber sheeting) της εικόνας ώστε αυτή να διαστρεβλωθεί σαν να ήταν λαστιχένια με σκοπό να εφαρμόσει όσο το δυνατόν πιο τέλεια γίνεται στο ΨΜΕ (Εικ.29). Λογισμικά που ανήκουν στην κατηγορία των ΓΣΠ ή της τηλεπισκόπισης έχουν αυτές τις λειτουργίες. Βέβαια για να χρησιμοποιηθεί μια εικόνα με τον παραπάνω τρόπο πρέπει να ορισθούν οι συντεταγμένες των τεσσάρων σημείων-ακρών της (Ervin et al 2001)



Εικόνα 29: Επικάλυψη ΨΜΕ με εικόνα (Ελαστικής επικάλυξης) (Ervin et al 2001)

Μερικές φορές, μια φωτογραφία μπορεί να επικαλύψει ή αλλιώς να ντύσει, την επιφάνεια ενός ΨΜΕ. Παράδειγμα αποτελούν η χρήση τοπογραφικών χαρτών ή αρχιτεκτονικών σχεδίων ως εικόνες επικάλυξης ενός τρισδιάστατου χάρτη (Εικ.30).

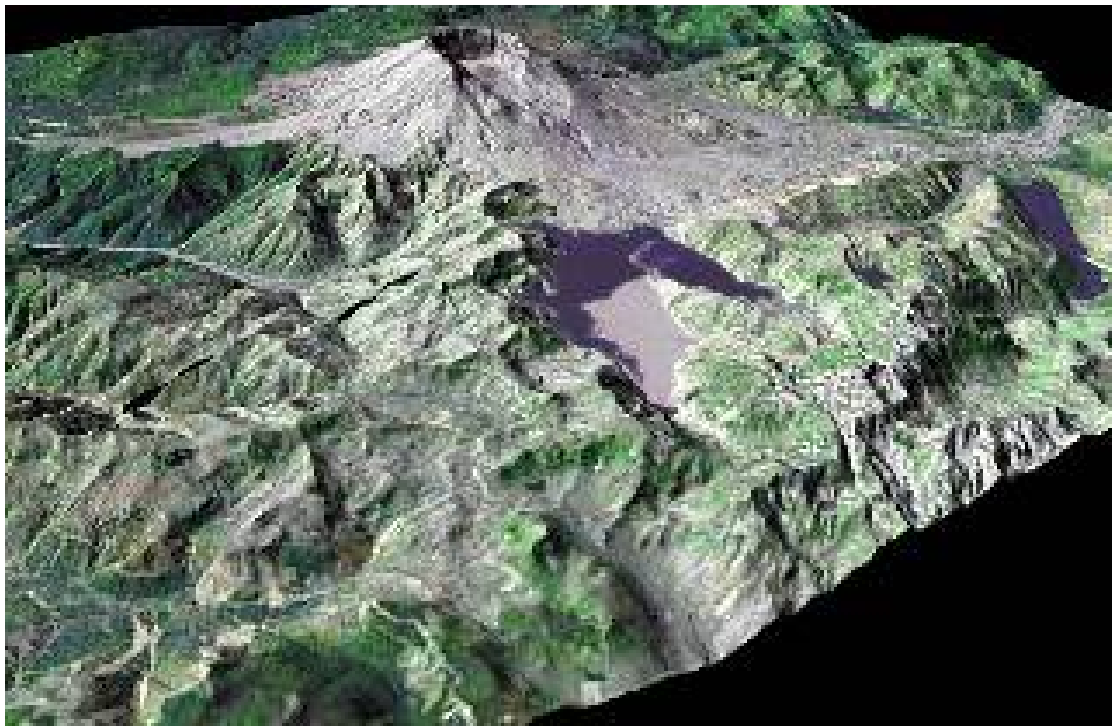


Εικόνα 30: Επικάλυψη ΨΜΕ με φωτογραφία τοπογραφικού χάρτη

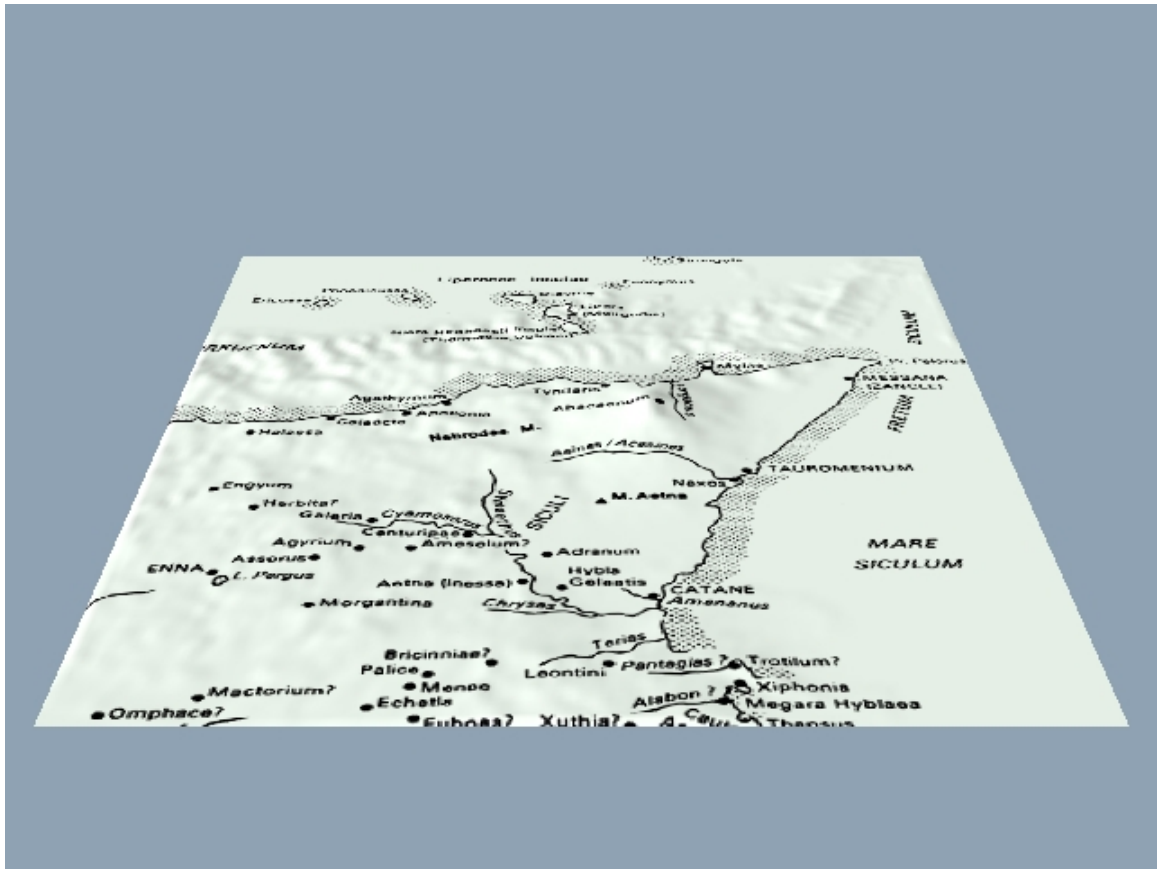
Τα αποτελέσματα τους δεν έχουν μεγάλο βαθμό ρεαλισμού αλλά αποτελούν σε πολλές περιπτώσεις ένα πολύ καλό εργαλείο για αρκετούς επαγγελματίες. Σε αρκετές περιπτώσεις, είναι χρήσιμο η εικόνα που θα χρησιμοποιηθεί να έχει αναλογίες ίδιες με το ορθογώνιο κιβώτιο του προτύπου της επιφάνειας έτσι ώστε να αποφευχθεί κάθε είδους στρέβλωση της.

4.2.4.3 Εικόνες με γεωαναφορά

Εάν είναι διαθέσιμες εικόνες γεωδιορθωμένες και με την κατάλληλη κλίμακα, αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επικάλυψη του ΨΜΕ το οποίο απεικονίζουν παράγοντας ένα τοπίο με τα προφανή χαρακτηριστικά του γνωρίσματα στη σωστή θέση. Αυτού του είδους οι εικόνες ονομάζονται geospecific textures.



Εικόνα 31: Επικάλυψη ΨΜΕ με γεωδιορθωμένη εικόνα (Ervin et al.2001)



Εικόνα 32: Επικάλυψη ΨΜΕ Σικελίας με μη γεωδιορθωμένη εικόνα

Προέρχονται συνήθως από αεροφωτογραφίες³¹ ή από δορυφορικές φωτογραφίες³² που παρέχονται από κυβερνητικούς οργανισμούς και περιέχουν την απαιτούμενη γεωγραφική πληροφορία (Ervin et al 2001). Παράδειγμα τέτοιων φωτογραφιών αποτελούν οι Geotiff εικόνες. Πρέπει να σημειωθεί ότι τέτοιου είδους ψηφιακές ορθοφωτογραφίες (Digital ortho photos)³³ και ψηφιακά ορθό-τετράγωνα (Digital ortho-quads) παρέχει σε κλίμακες 1:25000 η USGS.

³¹ Κλίμακες 1:500 έως 1:25000

³² Ανάλυσης από 30 m/pixel έως 1 m/pixel

³³ Η διαδικασία κατά την οποία βρίσκονται οι συντεταγμένες των γωνιών μιας φωτογραφίας, και διορθώνεται από οποιεσδήποτε διαστρεβλώσεις που προέρχονται από τον φακό, η την κλίση των φωτογραφικών μηχανών, κ.λπ καλείται ορθό-διόρθωση, και το αποτέλεσμα είναι μια ορθό-αποκατεστημένη εικόνα (Ervin & Hasbrouck 2001).

4.2.5 Διαδικασία του rendering

Όταν πια το ΨΜΕ έχει κατασκευασθεί με τη σωστή λεπτομέρεια και έχει ενσωματωθεί επάνω του η κατάλληλη εικόνα, έχοντας ξεπεράσει όλους τους περιορισμούς που τίθενται από την ιδιαιτερότητα του έργου τότε απομένει μόνο η απεικόνιση του. Αυτή γίνεται με τη διαδικασία του rendering με την οποία αποδίδεται η ρεαλιστική οπτικοποίηση του. Θέλοντας να ορίσουμε το rendering θα λέγαμε ότι αποτελεί τη διαδικασία κατά την οποία μια δισδιάστατη εικόνα παράγεται από ένα τρισδιάστατο πρότυπο. Σε όλες τις περιπτώσεις το λογισμικό που χρησιμοποιείται οπτικοποιεί την πληροφορία με τέτοιο τρόπο σαν μια εικονική φωτογραφική μηχανή να βρίσκεται κάπου στο τρισδιάστατο διάστημα επάνω από το ΨΜΕ και να το αποτυπώνει παίρνοντας φωτογραφίες (Watt 2000).

Πολλές δυνατότητες δίνονται στον τρόπο με τον οποίο κινείται αλλά και αποτυπώνει η εικονική αυτή φωτογραφική μηχανή (κάμερα). Έτσι η προβολή της εικόνας μπορεί να είναι προοπτική, ή μπορεί να είναι μια από τις ορθογραφικές προβολές,. Επίσης δίνεται η δυνατότητα επέμβασης στα χαρακτηριστικά των φακών, όπως πχ το εστιακό μήκος. Για την απόδοση της απεικόνισης υπάρχει μεγάλος αριθμός αλγορίθμων φωτοσκιασμού η δημιουργία και η μελέτη των οποίων αποτελεί ένα σημαντικό τομέα έρευνας της ηλεκτρονικής γραφιστικής³⁴ (Watt 2000).

4.2.5.1 Πορεία κάμερας

Τα τρισδιάστατα ΨΜΕ ενώ αναπαριστούν με μεγάλη ακρίβεια σε πολλές περιπτώσεις το ανάγλυφο της γης η απεικόνιση τους σε δισδιάστατες μορφές αποτυγχάνει να αποδώσει τη δυναμική που αυτό έχει. Η δυναμική του εμφανίζεται με τη συνεχή αλλαγή που παρατηρείται καθώς κινούμαστε μέσα σε αυτό. Έτσι λοιπόν οι στατικές φωτογραφίες δεν αποδίδουν το ρεαλισμό με τον οποίο θέλουμε να το αναπαραστήσουμε.

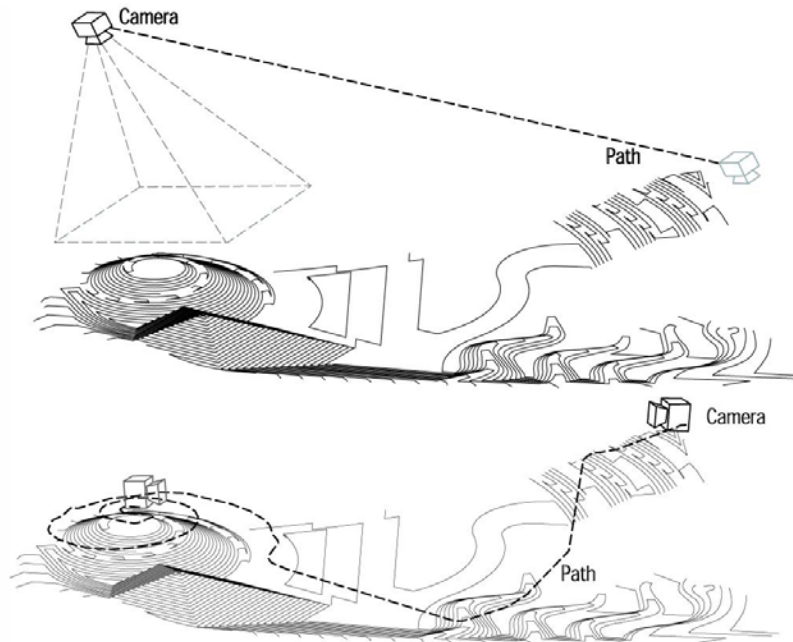
Το απλούστερο είδος δυναμικού αποτελέσματος που μπορεί να παραχθεί από τα ΠΤΑ είναι το animation, το οποίο αποτελεί την παραγωγή μιας σειράς εικόνων που απεικονίζουν το ίδιο αντικείμενο αλλά με ελαφρώς αλλαγμένη τη θέση του. Αυτή η εναλλαγή των θέσεων του αντικειμένου δημιουργεί τη δυναμική της κίνησης όπως αυτή παρατηρείται στον κινηματογράφο όπου η γρήγορη εναλλαγή μιας σειράς διαδοχικών φωτογραφιών-εικόνων δημιουργεί την ψευδαίσθηση της κίνησης.

Για τη δημιουργία animation σε ΨΜΕ χρησιμοποιούνται οι τεχνικές

- fly-by (flyover) και
- walk-through

³⁴ Computer Graphics

οι οποίες μιμούνται καλύτερα την πτήση επάνω από ένα τοπίο, και την πορεία μέσα από αυτό αντίστοιχα (Watt 2000).



Εικόνα 33: Περιπτώσεις πορείας κάμερας i) flyover (επάνω) ii) walk-through (κάτω) (Ervin et al 2001)

Η δημιουργία ενός αποτελεσματικού animation απαιτεί τρισδιάστατα πρότυπα που έχουν αρκετή λεπτομέρεια ώστε να υποστηρίξουν έναν περίπατο μέσα σε αυτά³⁵. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι κινήσεις αυτές καθορίζονται με τη δημιουργία μιας γραμμής που αποτελεί το μονοπάτι επάνω στο οποίο θα κινηθεί η «κάμερα».

Βέβαια υπάρχουν πολλές δυνατότητες παραμετροποίησης της πορείας της, της ταχύτητας κίνησης της αλλά και του αντικειμένου το οποίο θα σκοπεύει. Θα λέγαμε ότι η διαδικασία του animation είναι η σκηνοθεσία της παρουσίασης των αντικειμένων που έχουμε δημιουργήσει. Έτσι στην περίπτωση της εργασίας μας έχουν δημιουργηθεί πολλά animation που έχουν ως σκοπό τη σωστή απεικόνιση των υπό μελέτη περιοχών.

Πρέπει να αναφερθεί ότι για τη δημιουργία ενός σωστού animation απαιτούνται από 15 έως 30 καρρέ/δευτερόλεπτο³⁶ πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή εξαιρετικά μεγάλων αρχείων. Βέβαια υπάρχουν πολλές τεχνικές συμπίεσης έτσι ώστε να είναι δυνατή η παραγωγή πολύ καλών σε ανάλυση και λεπτομέρεια οπτικοποιήσεων.

³⁵ Περίπτωση μοντέλου μεγάλης κλίμακας

³⁶ Frames per second

4.3 Εξειδικευμένο λογισμικό για τη δημιουργία και παρουσίαση ΨΜΕ

4.3.1 Ανάγκη εύρεσης

Μέσα από την προσπάθεια ενοποίησης των ΓΣΠ και των ΠΤΑ ανακαλύψαμε μια νέα μεθοδολογική προσέγγιση που έχει ως σκοπό την αξιοποίηση χωρικών και γεωγραφικών δεδομένων για τη δημιουργία ΨΜΕ και τη ρεαλιστική απεικόνιση τους. Βέβαια σε αυτή την πορεία σημαντικές δυσκολίες ξεπεράστηκαν αλλά παρέμειναν κάποια κενά στα αποτελέσματα των απεικονίσεων. Όπως έχει αναφερθεί³⁷ σημαντικά προβλήματα προέκυψαν κατά την προσπάθεια ρεαλιστικής αναπαράστασης ΨΜΕ μεγάλης κλίμακας. Προβλήματα που είχαν να κάνουν κυρίως με:

1. τα μεγέθη των αρχείων των ΨΜΕ
2. τα απαιτούμενα όρια λεπτομέρειας για ρεαλιστικές απεικονίσεις
3. την προσθήκη υπερκείμενων αντικειμένων
4. και τέλος την εύκολη μετατροπή των χωρικών και γεωγραφικών δεδομένων σε τρισδιάστατα μοντέλα εδάφους³⁸

Κρίθηκε λοιπόν αναγκαία η εύρεση και χρήση νέου λογισμικού που να συμπεριλαμβάνει δυνατότητες των ΠΤΑ δίνοντας τα ίδια αποτελέσματα, συνεργαζόμενο άμεσα με τα δεδομένα των ΓΣΠ. Έπειτα από μελέτη των διαθέσιμων προγραμμάτων και θέτοντας ως περιορισμό τη λύση και αντιμετώπιση των παραπάνω τεσσάρων προβλημάτων αλλά και την άμεση συνεργασία του με τα ΠΤΑ επιλέχθηκε το λογισμικό Terragen. Αυτό έχει τη δυνατότητα με τη χρήση των κατάλληλων προσθέτων προγραμμάτων (plugins) να συνδυάσει και να απεικονίσει χαρτογραφικά δεδομένα δημιουργώντας μεγάλης ακρίβειας ΨΜΕ.

4.3.2 Το λογισμικό

Η επιλογή και η χρήση του λογισμικού Terragen συνδυάστηκε και με τη χρήση τριών ακόμη προσθέτων σε αυτό προγραμμάτων (plugins) καθώς και ενός για το λογισμικό Cinema4D της εταιρίας Maxon³⁹. Πρέπει να αναφερθεί ότι και τα τέσσερα είναι προγράμματα ανοιχτού κώδικα (open source) και διατίθενται δωρεάν στο διαδίκτυο και είναι τα:

1. Terragen⁴⁰ της εταιρείας PlanetSide Software

³⁷ Παράγραφος 4.2.3

³⁸ Ενοποίηση ΓΣΠ και ΠΤΑ

³⁹ <http://www.maxon.net>

⁴⁰ <http://www.planetside.co.uk/terrigen/>

2. 3DEM⁴¹ της εταιρείας Visualization Software LLC by Richard Horne
3. Camera path editor⁴² του Sean O'Malley
4. Terra4D⁴³ της ομάδας προγραμματιστών Future Bytes

Τα παραπάνω προγράμματα παρουσιάζονται παρακάτω επεξηγώντας τη χρήση τις δυνατότητες αλλά και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιήθηκαν.

4.3.2.1 Terragen

Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί μια γεννήτρια τοπίων, που δημιουργούνται με στόχο την απεικόνιση τους με φωτορεαλιστικές εικόνες και animation. Είναι διαθέσιμο ελεύθερα για προσωπική και μη εμπορική χρήση ενώ βρίσκεται ακόμη στη φάση της ανάπτυξής του. Οι δυνατότητες που έχει στη δημιουργία φανταστικών απεικονίσεων περιοχών είναι πολύ μεγάλες, μα το πιο σημαντικό είναι ότι μπορεί να δώσει πολύ καλά αποτελέσματα στην απεικόνιση ΨΜΕ περιοχών της επιφάνειας της γης.

4.3.2.2 3DEM

Είναι πρόγραμμα το οποίο αναγνωρίζει μια σειρά από αρχεία γεωγραφικών δεδομένων του ανάγλυφου της γης και τα εισάγει στο Terragen, με σκοπό τη δημιουργία ΨΜΕ και την παρουσίαση τους με φωτορεαλιστικές εικόνες και animation. Τα αρχεία τα οποία αναγνωρίζει διαβάζει και μετατρέπει σε αρχεία που εισάγονται στο Terragen (αρχεία .ter) είναι τα παρακάτω:

- USGS EROS GTOPO30 DEM
- NOAA NGDC GLOBE 1 KM DEM
- USGS 1 Degree DEM
- USGS 7.5 Minute SDTS DEM (30 Meter & 10 Meter)
- NASA Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) EGDR
 - MEGDR (1/128° per pixel) Coverage: Mars global
 - MEGDR (1/64° per pixel) Coverage: Mars global
 - IEGDR (1/32° per pixel) Coverage: Mars global
 - IEGDR (1/16° per pixel) Coverage: Mars global
 - IEGDR (1/8° per pixel) Coverage: Mars global
 - IEGDR (1/4° per pixel) Coverage: Mars global

⁴¹ <http://www.visualizationsoftware.com/3dem.html>

⁴² <http://www2.cs.uh.edu/~somalley/campath.html>

⁴³ <http://www.future-bytes.com>

- NASA Mars DTM

Πρέπει να συμπληρώσουμε ότι το συγκεκριμένο λογισμικό πέρα από τη δυνατότητα αναγνώρισης μεγάλου αριθμού γεωγραφικών δεδομένων, έχει τη δυνατότητα να ενώνει διάφορα κομμάτια ίδιου τύπου αρχείων σε ένα, ώστε να δημιουργείται μία επιφάνεια. Αυτή του η δυνατότητα αποτέλεσε πολύ σημαντικό εργαλείο για τη δημιουργία του θεματικού χάρτη που απεικόνιζε τη Νοτιοανατολική λεκάνη της Μεσογείου. Είναι χρήσιμο να αναφέρουμε πως στο σύνολο τους τα παραπάνω χαρτογραφικά δεδομένα διατίθενται δωρεάν στο διαδίκτυο.

4.3.2.3 Camera path editor

Μετά την αναγνώριση και τη μετατροπή των γεωγραφικών δεδομένων σε μορφή συμβατή του Terragen με τη χρήση του 3Dem και κατά συνέπεια, τη δημιουργία των ΨΜΕ, έπρεπε να βρεθεί τρόπος για την παραγωγή animation μέσα σε αυτό. Δηλαδή έπρεπε να βρεθεί τρόπος πλοήγησης στα κατασκευασμένα ΨΜΕ που να αποδίδει τη δυναμική της κίνησης. Τη λύση σε αυτή την περίπτωση έδωσε το Camera path editor. Αυτό αποτελεί πρόγραμμα που κατασκευάζει μικρά αρχεία τα οποία περιέχουν τη διαδρομή της κάμερας⁴⁴, δημιουργώντας φωτορεαλιστικά animation στο Terragen με τη χρήση σύνθετων τεχνικών κίνησης. Έτσι γίνεται δυνατή η πλοήγηση μέσα στο τρισδιάστατο διάστημα που ορίζει το ΨΜΕ παράγοντας κάθε είδους πορεία⁴⁵, είτε ως αυτοκίνητο κινούμενο επάνω στην επιφάνεια είτε ως αεροπλάνο πετώντας επάνω από αυτή.

Οι δυνατότητες απεικόνισης που προσθέτει αυτό στο κυρίως πρόγραμμα (Terragen) είναι πολύ μεγάλες καθώς προσθέτει απεριόριστους τρόπους κίνησης και κατά συνέπεια κινηματογραφικής απεικόνισης των ΨΜΕ.

4.3.2.4 Terra4D

Τέλος αυτό το μικρό πρόγραμμα κατά την εγκατάσταση του στο λογισμικό Cinema4D δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής και επεξεργασίας όλων των αρχείων που δημιουργεί το Terragen. Πρέπει να αναφερθεί ότι γίνεται ταυτόχρονη εισαγωγή των αρχείων που καθορίζουν τον τρόπο πλοήγησης στα κατασκευασμένα ΨΜΕ και έχουν κατασκευασθεί στο Camera path editor. Έτσι με τη χρήση του πετυχαίνουμε την εισαγωγή και επεξεργασία ΨΜΕ στα ΠΤΑ.

⁴⁴ Παράρτημα Δ

⁴⁵ Fly-by (Flyover). & Walk-through

Γίνεται σαφές ότι με τη συνδυασμένη χρήση των τεσσάρων παραπάνω προγραμμάτων πετυχαίνουμε με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα τη δημιουργία επεξεργασία και απεικόνιση ΨΜΕ που απεικονίζουν πραγματικά τμήματα της επιφάνειας της γης.

4.3.3 Μεθοδολογία δημιουργίας ΨΜΕ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο δόθηκε η μεθοδολογία εισαγωγής των ΨΜΕ στα ΠΤΑ και η επεξεργασία τους με στόχο την όσο δυνατό ρεαλιστικότερη απεικόνιση σύμφωνα με τα επίπεδα λεπτομέρειας, που καθορίζονται από τις κλίμακες των περιοχών που προσομοιώνουν. Με τη χρήση των νέων προγραμμάτων που είχαν ως σκοπό την αντιμετώπιση των αδυναμιών της προηγούμενης μεθοδολογικής προσπάθειας η μελέτη προσανατολίζεται στους νέους περιορισμούς που ίσως εμφανισθούν με τη χρήση τους.

Επειδή η δομή και η κατασκευή των προγραμμάτων αυτών ήταν βασισμένες εξ αρχής στην κοινή και συμπληρωματική λειτουργία τους με το πρόγραμμα βάση Terragen, δεν υπήρχαν προβλήματα ασυμβατότητας των παραγόμενων αρχείων αλλά και δυσλειτουργίας των προγραμμάτων μεταξύ τους.

Η νέα μεθοδολογία που προέκυψε από τη συνδυασμένη χρήση των παραπάνω προγραμμάτων αναλύεται στα παρακάτω βήματα

1. Εύρεση των κατάλληλων δεδομένων.
2. Επεξεργασία με το 3DEM.
3. Δημιουργία animation με το Camera path editor.
4. Εισαγωγή δεδομένων και αρχείου animation⁴⁶ στο Terragen.
5. Εισαγωγή όλων των στοιχείων και του ΨΜΕ στα ΠΤΑ⁴⁷.

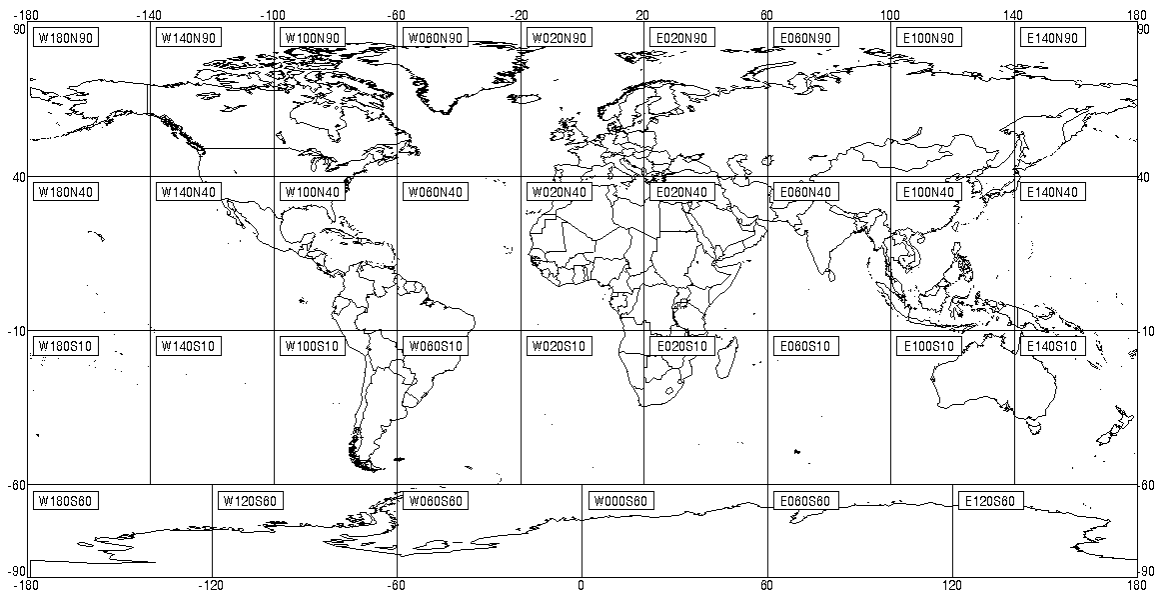
Το πρόγραμμα 3DEM με το οποίο θα «διαβάζαμε» και θα τροποποιούσαμε τη γεωγραφική πληροφορία είχε ένα μεγάλο εύρος διαθέσιμων μορφών αρχείων που αναγνώριζε. Σημαντικό πλεονέκτημα του αποτελούσε και η δωρεάν διάθεση αυτών στο διαδίκτυο.

⁴⁶ Δεν εισάγεται όλη η ακολουθία εικόνων που αποτελούν το animation αλλά μόνο το αρχείο που περιέχει όλα τα στοιχεία γι αυτό, ώστε να δημιουργηθεί κατά τη διάρκεια του rendering στο Terragen

⁴⁷ Είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως με την εισαγωγή του ΨΜΕ στο Cinema4D είναι δυνατή η αποθήκευση του σε μεγάλο αριθμό format 3D αρχείων, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα την η εισαγωγή του στον μεγαλύτερο αριθμό ΠΤΑ. Θεωρείται λοιπόν στα πλαίσια αυτής της εργασίας πως η εισαγωγή τους σε ένα από τα δυο αυτά ΠΤΑ αποτελεί τον κυριότερο στόχο, μιας και υπάρχει πλήθος προγραμμάτων που εκτελεί την μετατροπή τους από format σε format.

Μετά από εντατική έρευνα βρέθηκαν τα απαιτούμενα γεωγραφικά δεδομένα που ήταν κατάλληλα για τη δημιουργία των ΨΜΕ των περιοχών μελέτης.

GTOP030 tiles



Εικόνα 34: Χάρτης με τα 33 τμήματα που χωρίζεται το ανάγλυφο της γης
(http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/dem_img.asp)

Αυτά αποτελούσαν τμήμα των USGS EROS GTOPO30 DEM⁴⁸ που ήταν διαθέσιμα από το δικτυακό τόπο⁴⁹ του Αμερικάνικου Ομοσπονδιακού Γεωλογικού Χαρτογραφικού Οργανισμού (USGS). Όπως παρατηρούμε στον χάρτη της Εικόνας 34 τα αρχεία που χρειαζόταν για την πλήρη απεικόνιση των υπό μελέτη περιοχών ήταν τέσσερα, και τα αποτελούσαν τα παρακάτω:

1. W020N90 (ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΥΡΩΠΗ)
2. E0200N90 (ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΥΡΩΠΗ)
3. W020N40 (ΔΥΤΙΚΗ ΑΦΡΙΚΗ)
4. E020N40 (ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΑΦΡΙΚΗ)

⁴⁸ Παράρτημα Γ

⁴⁹ http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/dem_img.asp



Εικόνα 35: Σύνθεση των 4 χαρτών GTOPO30 DEM

Η εισαγωγή των παραπάνω δεδομένων και η επεξεργασία τους στο 3DEM μας δίνει τη δυνατότητα αρχικά της προεπισκόπησης τους για την επιλογή του κατάλληλου τμήματος. Έτσι με τη βοήθεια αυτής της δυνατότητας δημιουργήθηκαν οι τρεις θεματικοί χάρτες των περιοχών ενδιαφέροντος:

1. τη νότια Ελλάδα και τη νότια Ιταλία
2. το νησί της Σικελίας,
3. της πόλης των Συρακουσών⁵⁰

⁵⁰ Λόγω έλλειψης δεδομένων με την κατάλληλη ακρίβεια αντικαταστάθηκε με την περιοχή του Σιγρίου ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της εργασίας και η παρουσίαση ΨΜΕ μεγάλης κλίμακας.

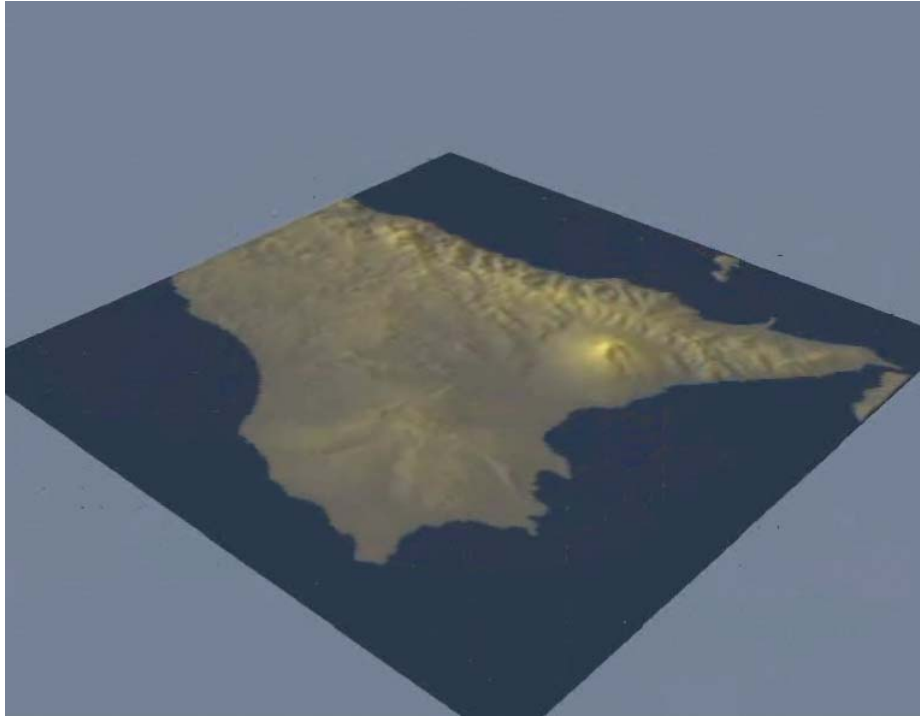


Εικόνα 36: Η ΝΑ Μεσόγειος όπως παρουσιάζεται στο πρόγραμμα 3DEM



Εικόνα 37: Νότια Ιταλία & Σικελία. Επιλογή περιοχής Σικελίας (Κόκκινο)

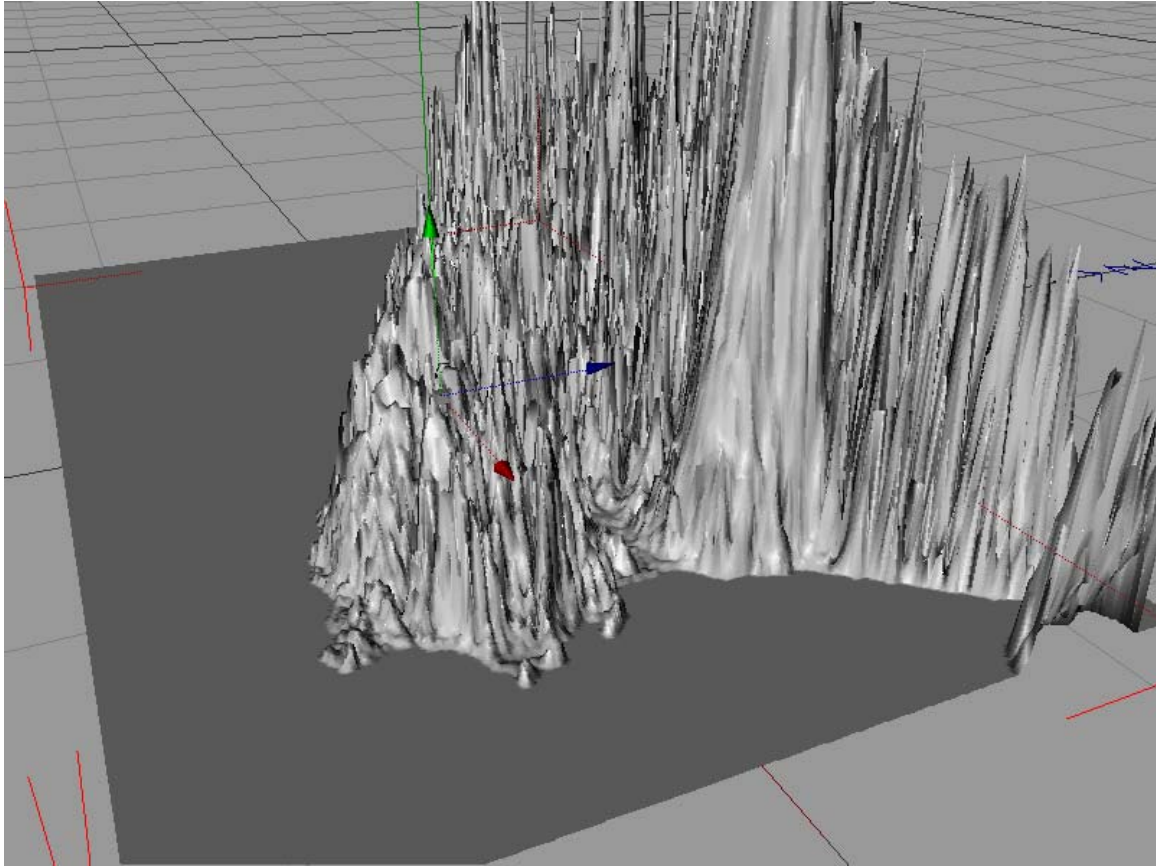
Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι με το συγκεκριμένο λογισμικό υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής μικρών animation των περιοχών που εισάγονται και επεξεργάζονται.



Εικόνα 38:Εικόνα από τρισδιάστατη παρουσίαση (animation) του λογισμικού 3DEM

Βέβαια η πιο σημαντική λειτουργία του που αποτέλεσε και το κυρίως κριτήριο χρήσης του αποτελεί η δυνατότητα που έχει να μετατρέπει αυτόματα τα γεωγραφικά αυτά δεδομένα σε αρχεία ΨΜΕ που αναγνωρίζονται από το Terragen, και είναι αρχεία με κατάληξη ter. Τα αρχεία αυτά που περιέχουν τα γεωγραφικά και χωρικά δεδομένα του ΨΜΕ και σε αντίθεση με αυτά που προέρχονται από τα ΓΣΠ είναι πολύ μικρά σε μέγεθος χωρίς να χάνουν την πληροφορία τους. Σύγκριση των μεγεθών των αρχείων που εξάγονται από το ArcGis 8.1 (Λογισμικό ΓΣΠ) για εισαγωγή τους στα ΠΤΑ και των αρχείων που εξάγονται από το 3DEM γίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3).

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι τα αρχεία dem όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα έχουν σημαντικά μικρό μέγεθος σχεδόν ίδιο με τα αρχεία ter, εντούτοις η χρήση τους παρουσιάζει ένα σημαντικό μειονέκτημα. Κατά την εισαγωγή τους στα ΠΤΑ ο βαθμός ανύψωσης του ανάγλυφου της γης δεν διατηρείται με αποτέλεσμα τα παραγόμενα τρισδιάστατα μοντέλα να έχουν ασυνήθιστα μεγάλες τιμές στη συντεταγμένη του άξονα Z με αποτέλεσμα την παραμόρφωση του μοντέλου (Εικ 39). Η παραμόρφωση αυτή δεν είναι δυνατόν να διορθωθεί γιατί ο λόγος της λανθασμένης ανύψωσης σε σχέση με την πραγματική δεν είναι γνωστός.



Εικόνα 39 Αρχείο dem (Σικελία) κατά την εισαγωγή του σε ΠΤΑ

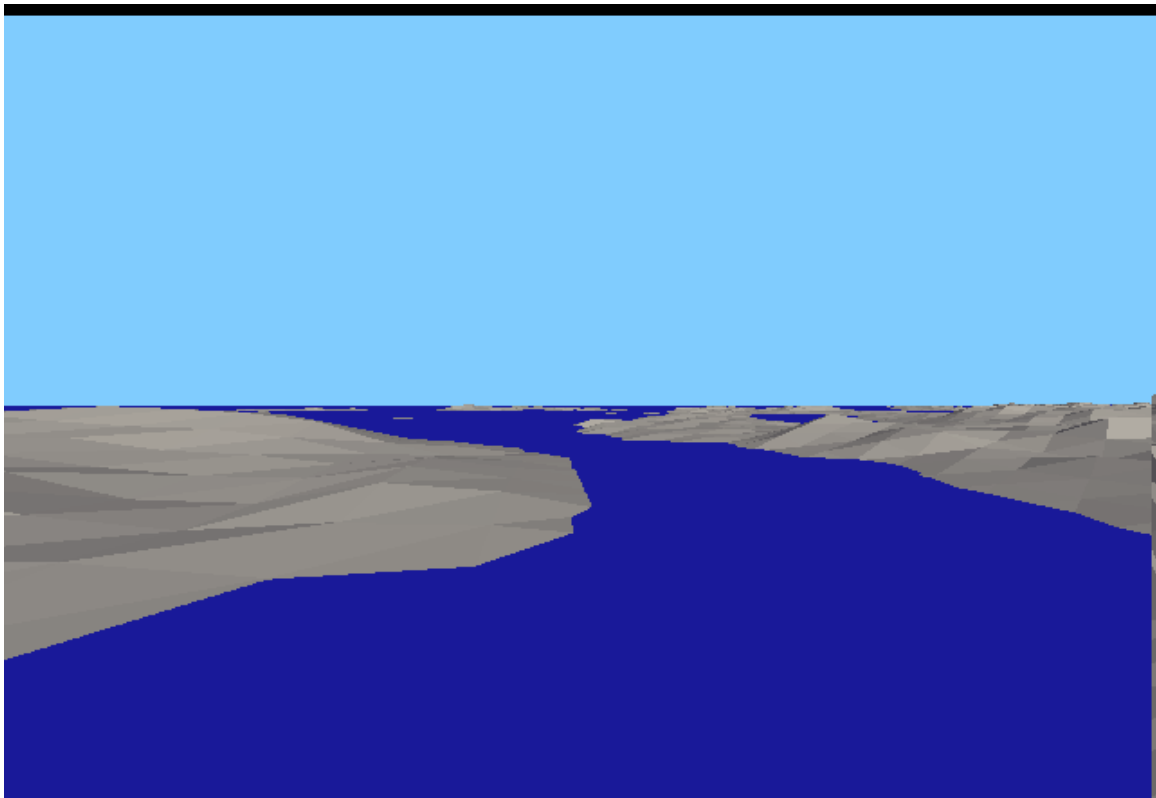
Πίνακας 3: Σύγκριση των μεγεθών των αρχείων ArcGis 8.1 και 3DEM

ΨΜΕ περιοχής	Μέγεθος Αρχείου VRML από ArcGis 8.1	Μέγεθος Αρχείου DEM από ArcGis 8.1	Μέγεθος Αρχείου από 3DEM
Νότια Ελλάδα & Νότια Ιταλία	95.955 kb	22.612 kb	8.120 kb
Νησί της Σικελίας	35.586 kb	860 kb	515 kb
Απολιθωμένο Δάσος Σιγρίου	6.280 kb	498 kb	130 kb

Επόμενο βήμα ήταν η χρήση του Camera path editor για τη δημιουργία του αρχείου που καθορίζει τον τρόπο πλοήγησης στα ΨΜΕ που προορίζονται για το Terragen. Το πρόγραμμα αυτό αναγνωρίζει μόνο αρχεία ter και έχει τη δυνατότητα να τα εμφανίζει με δισδιάστατο τρόπο ώστε να είναι εύκολη η δημιουργία της διαδρομής. Τα μεγέθη των αρχείων που περιέχουν την

κίνηση της κάμερας που για τη δημιουργία του animation είναι πολύ μικρά σε μέγεθος. Για παράδειγμα το αρχείο της κίνησης της κάμερας στο ΨΜΕ της Μεσογείου που αποδίδει την πορεία των Αθηναίων στην Ιταλία είναι 230 kbytes.

Σημαντική δυνατότητα του συγκεκριμένου λογισμικού είναι η δημιουργία προεπισκόπησης της πορείας της κάμερας μέσα και επάνω στο ΨΜΕ με πολύ μικρή ανάλυση στην απόδοση της⁵¹ ώστε να είναι δυνατή η διόρθωση τυχών λαθών.

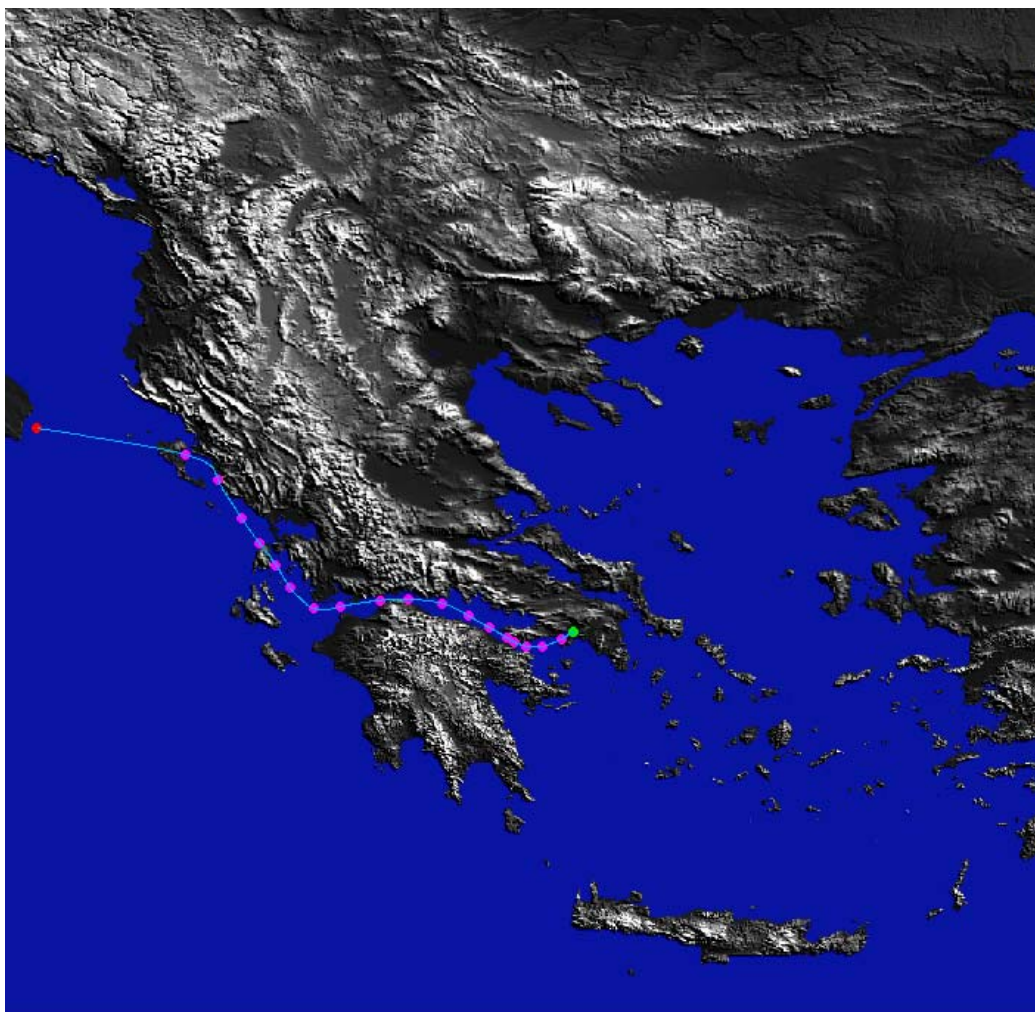


Εικόνα 40: Προεπισκόπηση της πορείας της κάμερας στο ΨΜΕ της Ελλάδος

Τη διαδρομή αυτή θα ακολουθήσει η κάμερα δημιουργώντας το animation που έχει ως σκοπό την εικονική παρουσίαση του ΨΜΕ. Υπάρχει πλήθος δυνατοτήτων και παραμετροποιήσεων της διαδρομής αλλά και της κίνησης, τέτοιες που μπορούν να συγκριθούν με τις δυνατότητες των ΠΤΑ σε αυτό τον τομέα⁵².

⁵¹ Ελάττωση του χρόνου rendering της προεπισκόπησης

⁵² Είναι δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων για την πορεία, το ύψος κίνησης, την ταχύτητα κίνησης, της κάμερας, αλλά και του αντικειμένου στο οποίο θα «κοιτά» αυτή κατά τη διαδρομή της. Υπάρχει η δυνατότητα ρυθμίσεων για κίνηση της κάμερας με συγκεκριμένο τρόπο επάνω στο ανάγλυφο (πχ σαν αυτοκίνητο-Vehicle cam) αλλά και μερικών ρυθμίσεων κίνησης του ήλιου αλλά και των νεφών που θα βρίσκονται επάνω από το ΨΜΕ.



Εικόνα 41: Δημιουργία της διαδρομής του animation. Η πορεία των Αθηναίων στην Ιταλία

Είναι εμφανές, ότι οι δυνατότητες που προσθέτει το συγκεκριμένο λογισμικό στην όσο γίνεται πιο ρεαλιστική απεικόνιση του ΨΜΕ είναι σημαντικές, διευρύνοντας ταυτόχρονα τα περιθώρια των δυνατοτήτων των ΠΤΓ. Με το τέλος των παραπάνω εργασιών και την εισαγωγή των ΨΜΕ στο βασικό πρόγραμμα φωτορεαλιστικής απεικόνισης (Terragen) έπρεπε να καθορισθούν συγκεκριμένες παράμετροι για τη σωστή απεικόνιση του.

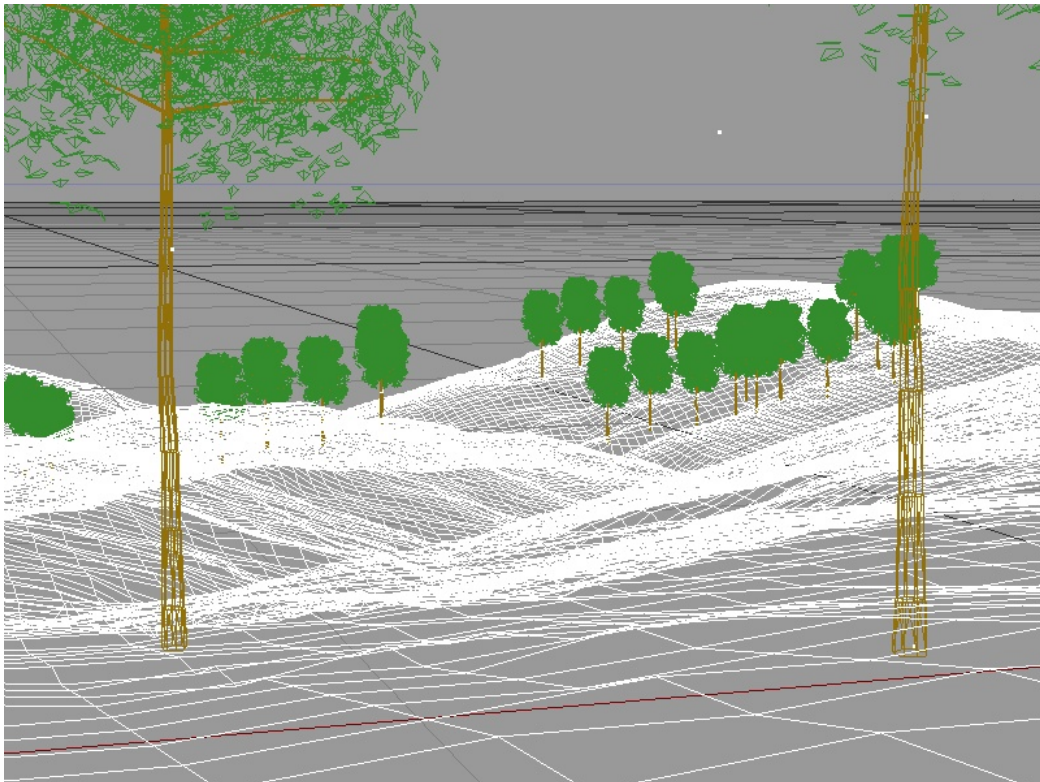
Σημαντική ήταν η ρύθμιση του επιπέδου της επιφάνειας της θάλασσας, του ύψους και της θέσης του ήλιου⁵³ και τέλος το «ντύσιμο» (επικάλυψη) του εδάφους με την κατάλληλη φυτοκάλυψη⁵⁴. Έπειτα και εφόσον έχουν οριστεί όλες οι αιτούμενες ρυθμίσεις γίνεται δυνατή η

⁵³ Επηρεάζει τη φωτεινότητα του ΨΜΕ κατά τη διαδικασία του rendering

⁵⁴ Τα στοιχεία της φυτοκάλυψης χρησιμοποιήθηκαν κατά αντιστοιχία και προσέγγιση (καθώς η μελέτη και η εύρεση δορυφορικών εικόνων μεγάλης ακρίβειας και εξαγωγή δεδομένων φυτοκάλυψης ήταν εκτός

δημιουργία του animation εκτελώντας το script του Camera path editor ώστε με τη διαδικασία του φωτοσκιασμού να αποδοθεί ρεαλιστικά το ΨΜΕ. Πρέπει να τονισθεί ότι όλες αυτές οι παράμετροι αποθηκεύονται σε ένα μικρό αρχείο⁵⁵ (tgw) το οποίο περιλαμβάνει όλες τις ρυθμίσεις του «κόσμου» που αναπαριστά και αποδίδεται από το ΨΜΕ χωρίς όμως να περιλαμβάνει το ίδιο.

Τέλος είναι πολύ εύκολη η εισαγωγή του ΨΜΕ που έχει δημιουργηθεί με όλες της ρυθμίσεις και την πορεία της κάμερας που θα το παρουσιάσει στα ΠΤΑ. Στη συγκεκριμένη περίπτωση στο λογισμικό Cinema4D με τη χρήση του προσθέτου προγράμματος Terra4D. Το συνολικό μέγεθος των αρχείων που εισάγονται στα ΠΤΑ με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία είναι πολύ μικρό (Πίνακας 4) με αποτέλεσμα την πολύ εύκολη επεξεργασία και διαμόρφωση του, είτε με την πρόσθεση νέων αντικειμένων (Εικ. 42) ή με την αλλαγή της διαδρομής πλοήγησης της απεικόνισης.



Εικόνα 42: Πρόσθεση υπερκείμενων αντικειμένων στι ΨΜΕ του Σιγρίου

του σκοπού της εργασίας). με κάποιο ελληνικό νησί καθώς θεωρήθηκε πως δεν έχουν σημαντική διάφορα. Έτσι χρησιμοποιήθηκε «υλικό» που αναπαριστούσε τις αποχρώσεις των δέντρων (πράσινου). και του εδάφους (καφέ).

⁵⁵ Το αρχείο TGW που περιλαμβάνει τις ρυθμίσεις rendering για τη Σικελία είναι 4 kbyte

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό της εισαγωγής του ΨΜΕ με το Terra4D είναι η δυνατότητα ταυτόχρονης εισαγωγής και των φωτορεαλιστικών ιδιοτήτων του εδάφους όπως αυτές παράγονται από το Terragen.

Πίνακας 4: Σύγκριση μεγεθών αρχείων ΨΜΕ

ΨΜΕ περιοχής	Μέγεθος Αρχείου VRML από ArcGis 8.1	Μέγεθος Αρχείου DEM από ArcGis 8.1	Μέγεθος Αρχείου TER από Terragen
Νότια Ελλάδα & Νότια Ιταλία	95.955 kb	22.612 kb	8.201 kb
Νησί της Σικελίας	35.586 kb	860 kb	515 kb
Απολιθωμένο Δάσος Σιγρίου	6.280 kb	498 kb	130 kb

Η σύγκριση των δυο μεθοδολογιών και η εξαγωγή των συμπερασμάτων γίνεται στην επόμενη παράγραφο.

4.4 Σύγκριση μεθοδολογιών

Μέσα από την προσπάθεια ενοποίησης των ΓΣΠ και των ΠΤΑ ανακαλύψαμε προβλήματα και δυσκολίες στην πρώτη μεθοδολογική προσέγγιση που είχε ως σκοπό την αξιοποίηση χωρικών και γεωγραφικών δεδομένων για τη δημιουργία ΨΜΕ και τη ρεαλιστική απεικόνισή τους. Τα προβλήματα που προέκυψαν ήταν αυτά που είχαν σχέση με:

1. τα μεγέθη των αρχείων των ΨΜΕ
2. τα απαιτούμενα όρια λεπτομέρειας για ρεαλιστικές απεικονίσεις
3. την προσθήκη υπερκείμενων αντικειμένων
4. και τέλος την εύκολη μετατροπή των χωρικών και γεωγραφικών δεδομένων σε τρισδιάστατα μοντέλα εδάφους⁵⁶

Με τη δεύτερη προσέγγιση που είχε ως βάση της τη χρήση του λογισμικού Terragen και των προσθέτων σε αυτό προγραμμάτων ξεπεράστηκαν όλα τα παραπάνω προβλήματα. Αυτό έγινε εφικτό αρχικά από το γεγονός ότι όλα τα προσθετά προγράμματα κατασκευάστηκαν για την άμεση συνεργασία τους με το κυρίως πρόγραμμα, πράγμα που είχε ως αποτέλεσμα τη σωστή

⁵⁶ Ενοποίηση ΓΣΠ και ΠΤΑ

λειτουργία και εύκολη χωρίς προβλήματα συνεργασία τους. Άλλος λόγος αποτελεί η λειτουργία του ίδιου του προγράμματος φωτορεαλιστικής απόδοσης και του τρόπου με τον οποίο παράγει τέτοιες απεικονίσεις. Η ουσιαστική διάφορα του με τα αλλά ΠΤΑ είναι ότι δεν χρειάζεται το σύνολο της πληροφορίας για να απεικονίσει ένα ΨΜΕ αλλά μόνο τους μαθηματικούς αλγόριθμους με τους οποίους θα το αναπαράγει. Η αναπαραγωγή του γίνεται κάθε φορά μόνο για τα σημεία-στοιχεία και περιοχές που είναι ορατά στην απεικόνιση. Έτσι καθίσταται δυνατή η χρήση μικρών σε μέγεθος αρχείων που να περιγράφουν με μεγάλη λεπτομέρεια το ΨΜΕ.

Βέβαια υπάρχει ένα μικρό μειονέκτημα στη μεθοδολογία αυτή μιας και η χρήση του συγκεκριμένου προγράμματος απαιτεί αρκετή υπολογιστική δύναμη για να δημιουργήσει τη φωτορεαλιστική απεικόνιση του ΨΜΕ. Είναι όμως ένα εμπόδιο που συναντήσαμε και κατά την προηγούμενη μεθοδολογία. Επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η δεύτερη μεθοδολογία πλεονεκτεί έναντι της πρώτης καθώς ξεπερνά τα βασικά και σημαντικά προβλήματα που είχε αυτή.

4.5 Χρονοδιάγραμμα Εργασιών

Η ενοποίηση των δυο τεχνολογιών δηλαδή η εισαγωγή των κατάλληλα διαμορφωμένων από τα ΓΣΠ αρχείων στα ΠΤΑ αποτελούσε τη δεύτερη φάση των εργασιών. Περιελάμβανε την ανάπτυξη των μεθοδολογικών εργαλείων και χωρίστηκε σε τρεις θεματικές ενότητες:

1. B1 Επεξεργασία ΨΜΕ και Αξιολόγηση Α Μεθοδολογίας
2. B2 Εύρεση-Εκμάθηση νέου λογισμικού και Δημιουργία ΨΜΕ
3. B3 Αξιολόγηση Β μεθοδολογίας και Κατασκευή τελικών ΨΜΕ

Παρατηρώντας τον παρακάτω πίνακα βλέπουμε ότι η μετάβαση στο καινούριο πρόγραμμα φωτορεαλιστικής απόδοσης των ΨΜΕ δεν αποτέλεσε χρονοβόρα διαδικασία μιας και είχε προηγηθεί μελέτη των απαιτήσεων και των περιορισμών αλλά και επανακαθορισμός του προσδοκούμενου αποτελέσματος. Η μόνη χρονοβόρα διαδικασία ήταν η κατασκευή των ΨΜΕ και πιο συγκεκριμένα η διαδικασία του rendering η οποία απαιτούσε σε μερικές περιπτώσεις μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Πίνακας 5: Χρονοδιάγραμμα Β φάσης εργασιών υλοποίησης μεταπτυχιακής εργασίας

Τίτλος φάσης		Μήνες						
		Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Β. Ανάπτυξη των μεθοδολογικών Εργαλείων								
B1	Επεξεργασία ΨΜΕ					↔		
	Αξιολόγηση Α Μεθοδολογίας					↔		
B2	Εύρεση-Εκμάθηση νέου λογισμικού						↔	
	Δημιουργία ΨΜΕ						↔	
B3	Αξιολόγηση Β μεθοδολογίας						↔	
	Κατασκευή τελικών ΨΜΕ						↔	↔

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

5 Συμπεράσματα και Προοπτικές

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε η διαδικασία της ενοποίησης των ΓΣΠ και των ΠΤΑ για την πιστότερη αναπαράσταση τοπίων με πολιτισμικό περιεχόμενο. Έμφαση δόθηκε στον τρόπο εύρεσης και ανάκτησης της αναγκαίας πληροφορίας χρησιμοποιώντας την ακρίβεια των γεωγραφικών δεδομένων που προέρχονται από τα ΓΣΠ. Βαθύτερος στόχος της παρούσας εργασίας είναι να δείξει τον τρόπο με τον οποίο αυτές οι δύο τεχνολογίες μπορούν να συγκεραστούν για ώστε να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο αναπαράστασης και μελέτης των αρχαιολογικών τοπίων στον μελετητή της αρχαίας ιστορίας.

5.1 Σύγκριση μεθοδολογιών

Στις περισσότερες περιπτώσεις κατασκευής τρισδιάστατων ΨΜΕ απαιτείται διαφορετική απεικόνιση σε πολλά σημεία της «παρουσίασης» με στόχο τη ρεαλιστικότερη απεικόνιση τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάγκη δημιουργίας διαφορετικών επιπέδων λεπτομέρειας ο καθορισμός των οποίων, αποτέλεσε τον κύριο κορμό εύρεσης και σύγκρισης των μεθοδολογικών προσεγγίσεων στα πλαίσια αυτής της εργασίας.

Αρχικό βήμα και στις δυο περιπτώσεις αποτέλεσε η εύρεση των κατάλληλων γεωγραφικών χωρικών δεδομένων για τις περιοχές μελέτης. Πρέπει να αναφερθεί ότι η επιλογή τους έγινε με κριτήριο τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς που προερχόταν από το μέγεθος της έκτασης που αντιπροσώπευαν. Έγινε η μελέτη τριών διαφορετικών περιπτώσεων περιοχών με διαφορετικές κλίμακες (μικρή μεσαία και μεγάλη). Με την επιλογή αυτή καλύφθηκε πλήρως το εύρος της λεπτομέρειας που είναι δυνατό να ανακτηθεί από τα ΓΣΠ χρησιμοποιώντας όλο το φάσμα της ακρίβειας τους.

Η πρώτη μεθοδολογική προσέγγιση με την αποθήκευση της γεωγραφικής πληροφορίας από τα ΓΣΠ στο πρότυπο VRML και USGS DEM και την απευθείας εισαγωγή τους στα ΠΤΑ εμφάνισε σημαντικά μειονεκτήματα στη σωστή απόδοση του επιπέδου λεπτομέρειας των απεικονίσεων ΨΜΕ.

Μειονέκτημα κατά τη χρήση των VRML δεδομένων ήταν η δημιουργία σχετικά μεγάλων σε μέγεθος αρχείων με μικρά επίπεδα λεπτομέρειας. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η βελτιστοποίηση τους για την προσέγγιση των προσδοκούμενων στην απεικόνιση αποτελεσμάτων. Η βελτιστοποίηση προκάλούσε τη δραματική αύξηση των στοιχείων που περιγράφουν την

τοπολογία των ΨΜΕ αλλά και του μεγέθους των αρχείων που αυτή αποθηκεύεται, χωρίς το τελικό αποτέλεσμα να προσεγγίζει τα επίπεδα λεπτομέρειας που είχαν τεθεί για κάθε κλίμακα.

Αντίστοιχα η χρήση των USGS DEM δεδομένων είχε σημαντικά μειονεκτήματα σε αντίθεση με το μικρό μέγεθος που είχαν. Τα δεδομένα αυτά κατά την εισαγωγή τους στα ΠΤΑ δεν κρατούσαν τη γεωγραφική πληροφορία της ανύψωσης του εδάφους με αποτέλεσμα τα παραγόμενα από αυτά ΨΜΕ να παρουσιάζονται παραμορφωμένα. Έτσι αποτελούσαν και αυτά μη ενδεδειγμένη μεθοδολογία ενοποίησης των δυο τεχνολογιών.

Η δεύτερη μεθοδολογική προσέγγιση σύμφωνα με την οποία έγινε η χρήση του λογισμικού Terragen και των προσθέτων σε αυτό προγραμμάτων απέδωσε τα επιθυμητά αποτελέσματα για κάθε επίπεδο λεπτομέρειας με σημαντικά μικρότερα τα μεγέθη των αρχείων που περιείχαν την πληροφορία των ΨΜΕ. Μοναδικό της μειονέκτημα αποτελούν οι μεγαλύτεροι χρόνοι υπολογισμού των φωτορεαλιστικών απεικονίσεων (rendering) των περιοχών μελέτης. Συγκριτικά όμως με την προηγούμενη μεθοδολογία αποτελεί σίγουρα ευκολότερη (λόγω χρήσης εύκολων σε χρήση προγραμμάτων), φθηνότερη (υλοποίηση εργασιών με χρήση δωρεάν προγραμμάτων) αλλά και «οικονομικότερη» (δημιουργία αρχείων μικρών σε μέγεθος και απαιτήσεις αποθηκευτικού χώρου).

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι είναι δυνατή η ενοποίηση των τεχνολογιών των ΓΣΠ και των ΠΤΑ δημιουργώντας μια νέα κατηγορία απεικόνισης αρχαιολογικών περιοχών, αυτή της ρεαλιστικής απεικόνισης τους έχοντας ως βάση ακριβή χωρικά δεδομένα.

5.2 Η χρήση των ΨΜΕ

Η χρήση απεικονίσεων ΨΜΕ που κατασκευάζονται από χωρικά δεδομένα μεγάλης ακρίβειας, μπορούν να είναι σημαντικές στις διαδικασίες της αρχαιολογικής έρευνας και της ανάδειξης πολιτιστικών περιοχών.

Πιο συγκεκριμένα η εφαρμογή τους στη Σικελική εκστρατεία μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην εκπαιδευτική διαδικασία όπου τα τρισδιάστατα μοντέλα και οι απεικονίσεις, υιοθετούνται ως διδακτικό εργαλείο για τη διάδοση και προβολή της πολιτιστικής κληρονομιάς (Roussou 2002). Η εικονική τρισδιάστατη αναπαράσταση του πραγματικού περιβάλλοντος χώρου στον οποίο πραγματοποιήθηκε η πορεία των Αθηναίων και των συμμάχων τους, μπορεί να προσδώσει μεγαλύτερα επίπεδα αληθοφάνειας στην προβολή του. Έτσι ο αισθητικός αντίκτυπος της εικονικής παρουσίασης θα αποτελεί ξεχωριστή εμπειρία, με αποτέλεσμα να ενδυναμώνει την κατανόηση της σπουδαιότητας της εκστρατείας αυτής, τόσο σε μέγεθος χωρικής και γεωγραφικής απόστασης, όσο και σε επίπεδο σπουδαιότητας της έκβασης και του αποτελέσματος

της. Επομένως θεωρούμε πως η δημιουργία του τρισδιάστατου χάρτη θα αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο στη διαδικασία της «μάθησης» και της παρουσίας της.

Η χρήση των τρισδιάστατων απεικονίσεων μπορεί να αποτελέσει ένα νέο εργαλείο για τη σύγχρονη αρχαιολογική έρευνα της εκστρατείας. Τα ΨΜΕ είναι η ψηφιακή πλατφόρμα επάνω στην οποία μπορούν να απεικονιστούν με λεπτομέρεια όλα τα αρχαιολογικά ευρήματα στην τωρινή τους κατάσταση, αλλά και όπως ήταν την εποχή του 5^{ου} αιώνα π.Χ.

Η εικονική αναπαραγωγή με τη χρήση των τρισδιάστατων ΨΜΕ που περιέχουν την ακριβή γεωγραφική πληροφορία της περιοχής μελέτης βοηθά στην κατανόηση της πολυπλοκότητας των αρχαιολογικών ευρημάτων καθ' όλη τη διαδικασία της ανασκαφικής δραστηριότητας. Δίνει επίσης τη δυνατότητα στους αρχαιολόγους να μελετήσουν εκ νέου την περιοχή βγάζοντας ίσως καινούρια συμπεράσματα.

Στην περίπτωση της εικονικής αντιπροσώπευσης των περιοχών της Σικελικής εκστρατείας κατά τη διάρκεια όλων των διαφορετικών φάσεων της όπως αυτή μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση των ΨΜΕ καθιστά την ερμηνεία της πιο εύκολη. Η εικονική απεικόνιση τοπίων στα οποία έλαβε χώρα δίνει τη δυνατότητα στο μελετητή-αρχαιολόγο να βελτιώσει τη διαδικασία ερμηνείας και να συνεχίσει με καλύτερο και ίσως πιο αποδοτικό τρόπο την ανασκαφική του δραστηριότητα σε αυτά. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η χρήση των τεχνικών αυτών στην απεικόνιση των αρχαιολογικών τοπίων βοηθά στην ανάπτυξη νέων επιστημολογικών προσεγγίσεων στον τομέα της αρχαιολογικής έρευνας.

Η «ποιότητα» των αρχαιολογικών πληροφοριών και η ανάγκη χωρικής ταξινόμησής τους στο μέλλον θα δημιουργήσει τις βάσεις μιας νέας μορφής παρουσίασης που θα περνά μέσα από την ενοποίηση των ΠΤΑ και των ΓΣΠ και που εμείς ονομάζουμε «τρειςδιάστατη γεωγραφική παρουσίαση».

5.3 Μελλοντικές κατευθύνσεις

Η μελέτη της δυνατότητας ανάπτυξης μιας ενοποιημένης πλατφόρμας λογισμικών προσομοιώσεων αρχαιολογικών χώρων, η οποία να ανήκει στον τομέα των εφαρμογών γεωπληροφορικής που συσχετίζονται με την τεκμηρίωση, τη διαχείριση, την προστασία και την προώθηση των αρχαιολογικών περιοχών αποτελεί ίσως το επόμενο βήμα της ενοποίησης των δυο αυτών τεχνολογιών.

Τα τρισδιάστατα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών θα αποτελέσουν ένα από τα βασικά εργαλεία σε αυτόν τον τομέα των εφαρμογών τα οποία σε σύγκριση με άλλες τεχνικές όπως π.χ. την τοπογραφική έρευνα, προσφέρουν τα περισσότερα πλεονεκτήματα για τον προσδιορισμό, την

κατανόηση, την ερμηνεία και την παρουσίαση μιας αρχαιολογικής περιοχής ή μιας προκαλούμενης από τον άνθρωπο κατασκευής.

Τα πλεονεκτήματα χρήσης των 3D-GIS είναι:

- ταυτόχρονη απόκτηση και παραγωγή των ποσοτικών και θεματικών στοιχείων
- εξαιρετικά ακριβή τρισδιάστατα στοιχεία
- δυνατότητα να παραχθεί ένα ακριβές τρισδιάστατο πρότυπο μιας αρχαιολογικού ενδιαφέροντος περιοχής ή ενός αντικειμένου

Με τη χρήση των συστημάτων αυτών εκτός από τον αντίκτυπο των ανθρώπινων παρεμβάσεων σε μια περιοχή, η κατανομή και η χωροθέτηση των αρχαίων κατασκευών σε αυτή, μπορούν επίσης να μελετηθούν.

Ένα θεμελιώδες ζήτημα που κρύβεται κάτω από οποιοδήποτε ανάλυση τοπίου είναι η τεκμηρίωση των αρχαιολογικών περιοχών που αυτό μπορεί να περιέχει. Η τεκμηρίωση αποτελεί την απάντηση στην ερώτηση «Γιατί είναι οι αρχαιολογικές περιοχές τοποθετημένες εκεί όπου είναι;». Η ακριβής καταχώρηση και η τρισδιάστατη απεικόνιση τους, επιτρέπει να καταλάβουμε τις ιδέες ως προς τις προτιμώμενες θέσεις σ' αυτές.

Για την ανάλυση των παραπάνω είναι αναγκαία η ανάλυση των τοπίων με αποτέλεσμα η χρήση των ΤΓΣΠ θα βοηθήσει στην αποτελεσματική ερμηνεία, την ανακατασκευή των αρχαιολογικών πεδίων αλλά και την μελέτη των αρχαίων δομών και περιβαλλόντων. Θα γίνει δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων από «αυτά που έχουν απομείνει» από τους αρχαίους πολιτισμούς.

Θεωρείται λοιπόν ότι τα ΤΓΣΠ θα βοηθήσουν:

1. Στη τεκμηρίωση μιας αρχαιολογικής περιοχής.
2. Στη θέση των θαμμένων αρχαιολογικών υπολειμμάτων.
3. Στην εφαρμογή των τεχνικών εικονικής πραγματικότητας που στοχεύουν στη μελέτη και την ανάλυση του αρχαιολογικού τοπίου και των προκαλούμενων από τον άνθρωπο κατασκευών.
4. Στη δημιουργία μιας τρισδιάστατης βάσεως δεδομένων των αρχαιολογικών μνημείων και τοποθεσιών με σκοπό την μελέτη αλλά και τη διαχείριση τους ως πολιτιστικής κληρονομιάς.

Με την καταγραφή της γεωμετρικής σχέσης μεταξύ των αρχαιολογικών σημείων στοιχείων, θα γίνουν μεγάλα βήματα στην τεκμηρίωση την μελέτη αλλά και την επίδειξη, και ανάδειξη τους. Αναμένεται πως η εισαγωγή της «αλληλεπίδρασης» στα χωρικά πρότυπα με τη χρήση της

τριδιάστατης απεικόνισης, και την εισαγωγή του χρόνου (πχ της μεταβολής των κτισμάτων) να μας δώσει καλύτερη και πιο ρεαλιστική εικόνα της αρχαιολογικής περιοχής που μας ενδιαφέρει.

Αναπτύσσοντας μια θεματική χαρτογραφία που να συνδυάζει τα επιστημονικά αποτελέσματα των κοινωνικών επιστήμων, με μια γραφική 3D παρουσίαση και προσαρμοσμένη στη χωρική ανάλυση των ΓΣΠ, ίσως επιτρέψει να επιβεβαιωθεί ότι η χαρτογραφία γίνεται ένα αναπόφευκτο εργαλείο για τους αρχαιολόγους. Εργαλείο για συλλάβουν και να επεξεργαστούν πληροφορίες στους τομείς της πολιτιστικής κληρονομιάς.

5.4 Χρονοδιάγραμμα Εργασιών

Πίνακας 6: Χρονοδιάγραμμα εργασιών υλοποίησης μεταπτυχιακής εργασίας

Τίτλος φάσης		Μήνες						
		Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Α. Αρχική ανάλυση, συλλογή υλικού & αποτίμηση κατάστασης								
A1	Εύρεση & Συλλογή υλικού		↔	↔	↔	↔	↔	
	Βιβλιογραφική έρευνα	↔	↔	↔		↔	↔	
A2	Εκμάθηση Λογισμικού Arc GIS 8.1		↔	↔	↔			
	Ανάλυση συμβατότητας ΓΣΠ με τα ΠΤΑ				↔			
A3	Χωρική ανάλυση					↔		
	Χαρτογραφική αποτύπωση & Ανάλυση τοπίου				↔	↔		↔

B. Ανάπτυξη των μεθοδολογικών Εργαλείων								
B1	Επεξεργασία ΨΜΕ					↔		
	Αξιολόγηση Α Μεθοδολογίας					↔		
B2	Εύρεση-Εκμάθηση νέου λογισμικού						↔	
	Δημιουργία ΨΜΕ						↔	
B3	Αξιολόγηση Β μεθοδολογίας						↔	
	Κατασκευή τελικών ΨΜΕ						↔	↔
Γ1	Αξιολόγηση & Σύγκριση μεθοδολογιών							↔
	Συγγραφή κ Διορθώσεις							↔

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Βελιτζέλος Ε, 1998. «Το Απολιθωμένο Δάσος της Λέσβου. Ένα σπάνιο Γεωλογικό μνημείο της Φύσης» «1^ο Επιστημονικό Συμπόσιο, Απολιθωμένο Δάσος, Διατηρητέο Μνημείο της Φύσης», Μυτιλήνη / Σίγρι 26-27 Απριλίου 1996, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου, υπό την Αιγίδα των Υπουργείων Αιγαίου και Πολιτισμού

Ζούρος Ν.1998. «Το Μουσείο και το Απολιθωμένο Δάσος της Λέσβου. Ανάδειξη και Προστασία», «1^ο Επιστημονικό Συμπόσιο, Απολιθωμένο Δάσος, Διατηρητέο Μνημείο της Φύσης», Μυτιλήνη / Σίγρι 26-27 Απριλίου 1996, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου, υπό την Αιγίδα των Υπουργείων Αιγαίου και Πολιτισμού

Ιστορία του Ελληνικού Έθνους. 15 τομ Αθήνα Εκδοτική Αθηνών, 1970-1978. Τομ 3^α: *Κλασικός Ελληνισμός*

Καρύκας Παντελής.2001 *ΣΙΚΕΛΙΚΗ ΕΚΣΤΡΑΤΕΙΑ Τεύχος 7*. Επικοινωνίες Α.Ε. Αθήνα

Κασιούμης Κ,1998. «Η Διαχείριση του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου ως Προστατευόμενη Περιοχή»,«1^ο Επιστημονικό Συμπόσιο, Απολιθωμένο Δάσος, Διατηρητέο Μνημείο της Φύσης», Μυτιλήνη / Σίγρι 26-27 Απριλίου 1996, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου, υπό την Αιγίδα των Υπουργείων Αιγαίου και Πολιτισμού, Μυτιλήνη

Κουτσόπουλος Κ, Ν. Ανδρουλακάκης. 2003 *Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με χρήση του Λογισμικού ArcGis*.Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Κουτσόπουλος Κ.2002 *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου*, Αθήνα. Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Λιβιεράτος Ε. 1998 *Γενική Χαρτογραφία και εισαγωγή στη Θεματική Χαρτογραφία*, Θεσσαλονίκη

Λοΐζος Δ. 2001 *Η Μεγάλη Σύγκρουση των Ελλήνων*. σελ 278-280.
URL:http://users.hol.gr/~dilos/ellada/8pelopo_pdf.pdf. (Τελευταία επίσκεψη 13-9-04)

Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου, Οδηγός Πάρκου Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου, «Ένα Μοναδικό Μνημείο της Φύσης», Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου, Λέσβος 2000.

Παππάς Βασίλης. 1997 *Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος

Παυλογεωργάτος Γεράσιμος. 2003 *Διατήρηση της υλικής Πολιτισμικής κληρονομιάς*, Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη

Σουλακέλης Νικόλαος, 1999 *Σημειώσεις Μαθήματος Εξειδικευμένες Λειτουργίες των ΓΣΠ*. Θερινό σχολείο Περιβαλλοντικής Χαρτογραφίας, Μυτιλήνη 28 Ιουνίου-2 Ιουλίου 1999

Χριστοδούλου Ευάγγελος. 2004. Προσωπική Επικοινωνία, Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού, Αθήνα 20-8-2004

Χριστοδούλου Ευάγγελος. 2004. «Ολυμπία μια διαδρομή σε τρεις διαστάσεις», Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού, Αθήνα 2004

ΑΓΓΛΙΚΗ

Barcelo Juan.A, Oriol Vicente, 2003. «Some Problems in Archaeological Excavation 3D Modelling». *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April*

Barcelo Juan.A. 2000. ‘Visualizing what might be: an introduction to virtual reality techniques in archaeology’. *Virtual reality in Archaeology*. BAR S843. pp. 9-36, CD ROM, Archaeopress. Oxford. p. 29.

Barcelo Juan.A, Forte, M. and Sanders, D.H., 2000. The diversity of Archaeological virtual worlds.http://www.learningsites.com/Support_pages/BFS_VRinA_intro.html. Ημερομηνία Πρόσβασης 15-9-04

Bandrova T. Designing of Symbol System for 3D City Maps. Icc2001 , Beijing , 2001

Bell Gavin, 1996a. Rikk Carey and Chris Marrin. *The Virtual Reality Modeling Language :Version 2.0 Specification*,[Http://vrmf.sgi.com/moving-wolds/index.html](http://vrmf.sgi.com/moving-wolds/index.html) Ημερομηνία Πρόσβασης 15-9-04

Bell Gavin, Antony Parisi and Mark Pesce,1996b. *The Virtual Reality Modeling Language :Version 2.0 Specification*. [Http://vag.vrml.org/vrml110c.html](http://vag.vrml.org/vrml110c.html) Ημερομηνία Πρόσβασης 15-9-04

Becker Oliver, Arndt von Koenigsmarck, David Link, Stephen Marriott, Matthew O’Neill, David O’Reilly, Janine Pauke, Perry Stacy, Jeff Walker, 2001. *3D for real world CINEMA 4D release 8 Tutorials*.. Maxon

Boehler W. Scherer Y., Siebold M., Mainz, 2001. «Topographic information in cultural and natural heritage visualization and animation», www.GISdevelopment.net. Ημερομηνία Πρόσβασης 15-9-04

- Burrough, P.A, 1983. «Multi-scale Sources of spatial Variation in Soil». *Journal of Soil Science*, Vol.34pp.577.620
- Burrough, P.A, 1991. «Soil Information systems». *In Maguire JD et. al. (Eds), Geographical Information Systems: Principles and Applications*. London: Longman, ppl53-69,
- Bliss N.B. and Olsen, L.M., 1996. «Development of a 30-arc-second digital elevation model of South America.» *In: Pecora Thirteen, Human Interactions with the Environment - Perspectives from Space*, Sioux Falls, South Dakota, August 20-22
- Clark T Jeffrew., Brian M. Slator, Aaron Bergstrom, Shawn Fisher, Justin Hawley, Eunice Johnston, James E. Landrum, III and Melissa Zuroff. 2002 «Virtual Archaeology as a Teaching Tool» *Proceedings of the 29th CAA conference held in Heraklion, Greece, April 2002*
- Constantinidi D, 2003 «The Interconnectivity of cultural sites: sights and sounds across a landscape». *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April 2003*
- Danielson, J.J., 1996. «Delineation of drainage basins from 1 km African digital elevation data». *In: Pecora Thirteen, Human Interactions with the Environment - Perspectives from Space*, Sioux Falls, South Dakota, August 20-22
<http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/papers/danielson.asp>. Ημερομηνία Πρόσβασης 15-10-2004
- Danko, D.M., 1992. The digital chart of the world. *GeoInfo Systems*, 2:29-36.
- De berg Mark and Dorbrindt Katrin, 1998. «On Levels of detail In Terrains». *Graphical Models and Image Processing Vol 60, No 1 January, pp1-12*
- Defense Mapping Agency, 1986. «Defense Mapping Agency product specifications for digital terrain elevation data (DTED) (2d ed.)». Defense Mapping Agency Aerospace Center, St. Louis, Missouri, 26 p.

- Duke Christophe, 2002. Quantifying Paleolithic Landscapes: Computer Approaches to Terrain Analysis and Visualization. *Proceedings of the 29th CAA conference held in Heraklion, Greece, April*
- ESRI, 2000. «Terrain Modeling with Arcview GIS», ArcUser magazine. www.ESRI.com
 Ημερομηνία Πρόσβασης 15-9-2004
- Ervin M. Stephen, Hope H. Hasbrouck, 2001. *Landscape modeling: Digital Techniques for Landscape Visualization* .McGraw-Hill Professional Publishing
- Ervin M. Stephen, 1997. «Virtual Lanscapes». www.gsd.harvard.edu/~servin/vrlandscape
 Ημερομηνία Πρόσβασης 15-9-2004
- Farinetti E. K. Sbonias, 2003: «Fields of wheat back to the land. A GIS environment for the study of medieval village history in central Greece». *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April*
- Faithclough Matt, 2004. «Terragen The Official Guide». www.planetsite.co.uk/terrigen/guide
 Ημερομηνία Πρόσβασης 5-10-2004
- Farjas M., M. Alonso, 2003. «Mapping our Heritage». *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April*
- Franke, R., 1982. «Smooth interpolation of scattered data by local thin plate splines». *Computing & Mathematics with Applications*, 8:273-281.
- Gary Lock, 2001. *On the theory and practice of archaeological computing*. David Brown Book Co
- Georgoula Olga, Dimitrios Kaimaris, Georgios Karadedos, Petros Patias, 2003. «Photogrammetry and Archaeology: A Case Study in the archaeological site of Phillipoi in N. Greece», *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April*

- Gesch, D.B., and Larson, K.S., 1996. «Techniques for development of global 1-kilometer digital elevation models. In: Pecora Thirteen», *Human Interactions with the Environment-Perspectives from Space, Sioux Falls, South Dakota, August 20-22, 1996.*
- Growe St. P.Schulze R.Tonjes. «3D Visualization and Evaluation of Remote Sensing Data» <http://www.tnt.uni-hannover.de/js/soft/tnt/aida/papers/CGI98-SGPSRT-abstract.html>
 Ημερομηνία Πρόσβασης 5-10-2004
- Hatzinikolaou Eugenia, Thomas Hatzichristos, Angelos Siolas and Eleni Mantzourani,2002. «Predicting Archaeological Site Locations Using G.I.S. and Fuzzy Logic». *Proceedings of the 29th CAA conference held in Heraklion, Greece, April 2002*
- Hedley,N.R. 2001. Virtual and Augmented Reality Interfaces: Empirical Findings and Implications for Spatial Visualization. In Proceedings of The 20th International Cartographic Conference, pp. 2606-2613
- Hutchinson, M.F., 1989. «A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits.» *Journal of Hydrology*
- Hutchinson, M.F., 1996. «A locally adaptive approach to the interpolation of digital elevation models. In: *Proceedings, Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, Santa Fe, New Mexico, January 21-26*, National Center for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara, California.
- Indruszewski G, G. Farin, A. Razdan, A. Simon, D. Van Alfen, J. Rowe, 2003: «Application of 3D Modeling in Ship Reconstruction and Analysis: Tools and Techniques». *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April 2003*
- Indruszewski George 2003. «GIS-analysis in the reconstruction of an early medieval landscape. The UpperLusatian case-study». *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April 2003*
- Kagan Donald, 1981. «The peace of *Nicias and the Sicilian Expedition*». Ithaca: Cornell Univ Pres., pp165-190

- Kagan Donald, 1987. «*The Fall of the Athenian Empire*». Ithaca: Cornell Univ Pres
- Keith Rule, 1996. «*3D File Formats: A Programmers Reference*».
- Kvamme Kenneth L, 1999. «Recent Directions and Developments in Geographical Information Systems». *Journal of Archaeological Research*, Vol. 7, No. 2, Plenum Publishing Corporation
- Lange Echart, 2000. «The Limits of realism: Perceptions of virtual landscapes». *Landscape and Urban Planning*.54 (2001)163-162.
- Larson, K.S., 1996. «Error detection and correction of hypsography layers». In: *Proceedings, Sixteenth Annual ESRI User Conference, May 20-24. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, California*.
- Levy Thomas, Anderson James, Waggoner Mark, Smith Neil, Muniz Adolfo, Adams Russel, 2001 «Interface : Archaeology and Technology. Digital Archaeology 2001: GIS based excavation recording in Jordan». *THE SAA Archaeological Record*, May 2001
- Longhi Cristina Claudia Mangani,2003. «GIS spatial analysis in the etruscan trading centre of Bagnolo S.Vito (Mantova, Italy)». *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April 2003*
- Macháček Jirí, Michal Kucera, 2003. «GIS and the excavation of the early medieval centre in Polansko, Czech Republic.» *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April*
- Meder Jo, 2002. «Terragen Surface map Guide». www.planetside.co.uk Ημερομηνία Πρόσβασης 15-9-2004
- Merlo Stefania, 2003. *The «Contemporary mind. 3D GIS as a challenge in excavation practice».* *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April*

- Muhar Andreas, 2000. «Tree-dimensional modeling and visualization of vegetation for landscape simulation». *Landscape and urban planning*. 54 (2001) 5-17.
- Nebiker Stephan, 2003. «Support for visualization and animation in a scalable 3D GIS environment-motivation, concepts and implementation». *International Archives of the photogrammetry, Remote Sensing and spatial Information Sciences. VOL XXXIV-5/W10*.
- O'Rourke Michael, 1998. *PRINCIPLES OF THREE DIMENSIONAL COMPUTER ANIMATION. MODELING RENDERING & ANIMATING WITH 3D COMPUTER GRAPHICS*. W.W.Norton & Company
- O'Malley Sean, 1999. «Camera Path Editor for Terragen». www2.cs.uh.edu/~somalley/
 Ημερομηνία Πρόσβασης 25-9-2004
- Parmegiani N. Poscolieri M., 2002. «DEM Data Processing for a landscape archaeology analysis (Lake SEVAN-ARMENIA)». *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Vol XXXIV, Part 5/W12*
- Patterson Tom, 2004. «DEM manipulation and 3D Terrain Visualization: Techniques used by U.S. National Park Service». www.shadedrelief.com/dem/dem.html Ημερομηνία Πρόσβασης 15-9-2004
- Pescarin S, 2002. «From GIS to Virtual Reality: DVR Systems and the Access to Cultural Heritage». *Proceedings of the 29th CAA conference held in Heraklion, Greece, April*
- Price Mike, 2004. «Finding data for 3D terrain Modeling», ESRI Mining Industry Solutions. www.ESRI.com Ημερομηνία Πρόσβασης 25-9-2004
- Romilly J, 1995. *Αλκιβιάδης*. Εκδ. Γεωργιάδης
- Rossi Stefano Roberto Maggi, 2003 «Managing different scales in intra site and micro regional analyses using GIS. *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April*

- Roussou, M., 2002. Virtual Heritage: From the research Lab to the broad public. In Niccolucci, F. (ed.) *Virtual Archaeology: Proceedings of the Vast Euroconference*, Arezzo, Italy, November 2000. BAR Int Series 1075:93-100
- Roessler M, Wold Heritage Cultural landscapes. Identification, Conservation, Monitoring. *ISPRS Proceedings, UNESCO-ICOMOS-CIPA-ISPRS*. Wold Heritage Session, Amsterdam 2000
- Row L.W., Hastings D.A., and Dunbar P.K., 1995. Terrain Base Worldwide Digital Terrain Data - Documentation Manual, CD-ROM Release 1.0. National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado.
- Sauerbier M. Lambers K, 2003: From vectors to objects: modeling the Nasca Lines at Palpa, Peru. *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April*
- Skousen Henrik, 2003. Between soil and computer-Digital registration on a Danish excavation project. *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April*
- Smith Michael «DEM Tutorial version 1.2». www.visualizationsoftware.com Ημερομηνία Πρόσβασης 15-9-2004
- Shih, T.Y., and Chiu, Y.C., 1996. On the quality of DCW hypsographic data, a study for Taiwan. *In: Technical Papers, ASPRS/ACSM Annual Convention and Exhibition, April 22-25, 1996*, Baltimore, Maryland. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, Maryland, Volume III, p. 248-257.
- Turner A. Keith. *Three-Dimensional Modeling with Geoscientific Information Systems*. Kluwer Academic Publishers. 1992. ISBN: 0-7923-1550-2
- U.S. Geological Survey, 1993. Digital elevation models, data user guide 5. Reston, Virginia, 50 p.
- Van Hove Doortje, 2002. Agency and GIS: the Neolithic Land Use Hypothesis within Southern Italy *Proceedings of the 29th CAA conference held in Heraklion, Greece, April*

- Van Leusen M,2003. Visibility and the landscape: An exploration of GIS modelling techniques?
Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April 2003
- Van Raalte S., R. Källman, T. Wikström,2003. A Cultural Heritage Dialogue. It support for Reflections on the Present and the Future. *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April 2003*
- Verdin, K.L., and Greenlee, S.K., 1996. Development of continental scale digital elevation models and extraction of hydrographic features. *In: Proceedings, Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, Santa Fe, New Mexico, January 21-26, 1996.* National Center for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara, California.
- Viti Sabina 2003 Between reconstruction and reproduction. The role of virtual models in archaeological research. *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April 2003*
- Watt Alan, 2000. *3D Computer Graphic* . Addison-Wesley. Third Edition.
- Wescott Konnie & R. Joe Brandon, 2000. Practical applications of GIS for archaeologists: a predictive modeling toolkit, London
- Wheatley David and Mark Gillings,2002. Spatial technology and archaeology: the archaeological applications of GIS, London–New York.
- Zeiler M, 1999. *Modeling our World. The ESRI Guide to Geodatabase Design.*.ESRI
- Zeeb-Lanz A.,2003. Effective - easy to use - economical: PGIS, the database for archaeological monuments in Speyer (Pfalz), Germany. *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April*
- Zinglensen Karl Brix, 2003. «Odense ByGIS Odense Urban Archaeological GIS» *Proceedings of the 30th CAA conference held in Vienna, Austria, April 2003*

Παράρτημα Α

Εργασίες που έχουν Πραγματοποιηθεί

Οι ψηφιακές μορφές επικοινωνίας και απεικόνισης όταν χρησιμοποιούνται σωστά οδηγούν τους ερευνητές σε νέους τρόπους και συμπεράσματα για τη χρήση το περιεχόμενο και τη σημασία της πολιτισμικής κληρονομιάς (Van Raalte et al 2003).

Παρακολουθώντας τις εξελίξεις και τις νέες δημοσιεύσεις σε παγκόσμιο επίπεδο διαπιστώνεται η όλο και πιο συχνή χρήση των ΓΣΠ και των ΠΤΑ για τη μελέτη και έρευνα της πολιτιστικής κληρονομιάς. Παρακάτω θα δοθούν μερικά παραδείγματα χρήσης των ΓΣΠ και των ΠΤΑ στην αρχαιολογική έρευνα.

Χρήση ΓΣΠ για τη μελέτη και αναδημιουργία τοπίου

«Λογισμικό ΓΣΠ χρησιμοποιήθηκε ως κύριο εργαλείο στην αναδημιουργία μεσαιωνικού τοπίου της περιοχής Upper Lusatia στη Σαξονία, της Γερμανίας. Χαρτογραφικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για να παράγουν δισδιάστατους χάρτες των φυσικών και προκαλούμενων από τον άνθρωπο χαρακτηριστικών γνωρισμάτων του τοπίου, τα οποία συνδέθηκαν κατόπιν με μια σχεσιακή βάση δεδομένων των μη-χωρικών ιδιοτήτων που περιέχουν τα αρχαιολογικά, ιστορικά, και γλωσσικά στοιχεία. Η προκαταρκτική εργασία σε αυτή την έρευνα περιελάμβανε επίσης την επεξεργασία ενός ΨΜΕ στα προγράμματα (ArcView, ArcInfo, ArcGIS) το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην αναδημιουργία και ανάλυση των τοπίων. Το GIS λειτούργησε ως πλατφόρμα επάνω στην οποία η χωρική στατιστική ανάλυση ή αλλιώς χωρική ανάλυση βασισμένη στα ΓΣΠ (πχ. οπτική επαφή, απόσταση, εγγύτητα, κλπ...) ενσωματώθηκε με δορυφορικές εικόνες και άλλες φωτογραφίες.

Τα μέχρι τώρα αποτελέσματα, αυτής της έρευνας είναι ενθαρρυντικά για τα επιστημονικά οφέλη και τις δυνατότητες της βασισμένης στα ΓΣΠ ανάλυσης και αναδημιουργίας των μεσαιωνικών και γενικότερα άλλων αρχαιολογικών τοπίων». (Indruszewski 2003).

Χρήση ΓΣΠ για τη χωροθέτηση και τη μελέτη αρχαιολογικών στοιχείων.

«Στην αρχαιολογία τα ΓΣΠ αναφέρεται συνήθως ως «περιβάλλον» μέσα στο οποίο είναι δυνατή η επεξεργασία πληροφοριών σχετικών με περιβαλλοντικούς και φυσικούς παράγοντες,

με στόχο τη μελέτη και την ανάλυση ιστορικών και πολιτιστικών φαινομένων. Σε μερικές περιπτώσεις εν τούτοις, τα ιστορικά στοιχεία έχουν χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητές στη δημιουργία γεωγραφικών και ιστορικών μοντέλων βασισμένων στα ΓΣΠ (βλ. παραδείγματος χάριν Doorn το 1993).

Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να διευρύνει την ενσωμάτωση και τη χρήση στην αρχαιολογία των ΓΣΠ, και εφαρμογών που εστιάζουν στη δυνατότητα επεξεργασίας και ανάλυσης των ιστορικών στοιχείων μέσα από ένα περιβάλλον ΓΣΠ.

Έτσι εξετάστηκαν τα οθωμανικά αυτοκρατορικά αρχεία της επαρχίας Boeotia στην κεντρική Ελλάδα, τα οποία μελετήθηκαν από το Machiel Kiel για το πρόγραμμα ερευνών Boeotia. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούσαν πληροφορίες για το σύνολο των φορολογικών εσόδων ανά χωριό, τον αριθμό των οικογενειών και στην περίπτωση λεπτομερών στοιχείων, το φορολογικό μερίδιο κάθε προϊόντος κα.

Αυτά τα διαφορετικά σύνολα στοιχείων ενσωματώθηκαν σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων που περιείχε πληροφορίες για όλα τα στοιχεία της αγροτικής και κτηνοτροφικής παραγωγής των περιοχών μελέτης αλλά και τα οικονομικά στοιχεία τους. Βάσει αυτών των πληροφοριών που περιείχε η βάση δεδομένων ήταν δυνατή η εξαγωγή στοιχείων, εφαρμόζοντας συγκεκριμένους αλγόριθμους και επερωτήσεις, τα οποία έδιναν την ευκαιρία στον ερευνητή να μελετήσει αυτές τις παραμέτρους χωροθετημένες στο τοπίο. Παρατηρούμε δηλαδή ότι τα ΓΣΠ δίνουν την ευκαιρία στον αρχαιολόγο μελετητή να εξάγει συμπεράσματα για παλαιότερους πολιτισμούς χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα τους για χωροθέτηση των αρχαιολογικών στοιχείων» (Farinetti et al 2003).

Χρήση ΓΣΠ για την κατανόηση των αρχαιολογικών τοπίων

«Στην έρευνα που διεξήχθη για τη μελέτη των Nasca Lines στη Plara του Περού χρησιμοποιήθηκαν ΓΣΠ για τη δημιουργία μιας χωρικής βάσης δεδομένων που περιείχε πληροφορίες σχετικά με τα αρχαιολογικά αντικείμενα που είχαν βρεθεί εκεί και ήταν:

1. χωρικά στοιχεία (που καθορίζουν τη θέση αντικείμενων) και
2. περιγραφικά στοιχεία (που περιγράφουν τα χαρακτηριστικά του)

Ο κυρίως σκοπός της χρήσης των ΓΣΠ ήταν η ανάλυση της σχέσης μεταξύ των geoglyphs και των περιχώρων τους προκειμένου να γίνουν κατανοητά καλύτερα τα κριτήρια που καθοδήγησαν τη δημιουργία των επίγειων σχεδίων. Έτσι με την καταγραφή των στοιχείων (χωρικών και περιγραφικών) και τον συνδυασμό τους μέσα από τα ΓΣΠ έγινε δυνατή η μελέτη του συνόλου των geoglyphs και η εξήγηση τους με βάση τον περιβάλλον χώρο» (Sauerbier 2003).

Παρατηρούμε πλήθος ερευνών που έχουν γίνει και χρησιμοποιούν τα ΓΣΠ και τις δυνατότητες που αυτά παρέχουν, στη μελέτη αρχαιολογικών περιοχών.

Παράρτημα Β

Στοιχεία για το Απολιθωμένο Δάσος Σιγρίου

Στα 4.5 δισεκατομμύρια χρόνια της ιστορίας της γης διάφορα γεωλογικά φαινόμενα όπως ηφαιστειακές εκρήξεις, σεισμοί, ορογενέσεις, διάβρωση άλλαξαν δραματικά τη μορφή του γήινου τοπίου. Η ιστορία αυτών των αλλαγών απεικονίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές (γεώτοπους) παρέχοντας σημαντικές πληροφορίες για το παρελθόν.

Η παγκόσμια γεωλογική και γεωμορφολογική κληρονομιά αποτελείται από το σύνολο των τεκμηρίων που πιστοποιούν τη δράση των φαινομένων αυτών και τα αποτελέσματα τους πάνω στο στερεό φλοιό της γης. Αποτέλεσμα της δράσης της λιθόσφαιρας αποτελεί η περιοχή του απολιθωμένου δάσους και το ευρύτερο γεωπάρκο της Δυτικής Λέσβου παρέχοντας πληροφορίες για τη γεωλογική ιστορία της περιοχής, το κλίμα και τις αλλαγές του, την πανίδα και τη χλωρίδα, τα πετρώματα και τις τεκτονικές μεταβολές του παρελθόντος.

Η δημιουργία του οφείλεται στην έντονη ηφαιστειακή και σεισμική δραστηριότητα που εκδηλώθηκε στην ευρύτερη περιοχή του Βορειοανατολικού Αιγαίου πριν από 20 εκατομμύρια χρόνια. Οι σύγχρονες γεωλογικές προσεγγίσεις για τη γεωϊστορική εξέλιξη του Απολιθωμένου Δάσους της Λέσβου αποδίδουν τη δραστηριότητα αυτή στη βύθιση της Αφρικανικής λιθοσφαιρικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική.

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ

Το Απολιθωμένο Δάσος της Λέσβου απλώνεται στο Βορειοδυτικό τμήμα της Λέσβου, σε μια περιοχή που καλύπτεται σχεδόν αποκλειστικά από πετρώματα ηφαιστειακής προέλευσης. Η έκταση του υπερβαίνει την έκταση της δυτικής χερσονήσου της Λέσβου, ωστόσο η προστατευόμενη περιοχή που είναι ευρύτερα γνωστή αποτελεί το δυτικό άκρο της χερσονήσου και σχηματίζει ένα πεντάγωνο 150.000 στρεμμάτων, με κορυφές τα χωριά Σίγρι, Σκάλα Ερεσού, Ερεσός, Αντισσα και Γαβαθάς. Σημαντικές εμφανίσεις απολιθωμένων κορμών καταγράφονται στις περιοχές Άντισσας, Σαρακήνας, Ερεσού, Χαμανδρούλας, Μεσοτόπου και Χιδήρων, ενώ μεμονωμένες εμφανίσεις αναφέρονται στις περιοχές Πολυχίτου, Μολύβου, Ρουγγάδας Πλωμαρίου (Βελιτζέλος 1998, σελ. 38).

ΣΗΜΑΣΙΑ & ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ

Το Απολιθωμένο Δάσος Σιγρίου αποτελεί μέρος των πολιτιστικών τοπίων όπως αυτά ορίζονται και στοιχειοθετούνται από τον ορισμό της UNESCO.

Η Πολιτεία αναγνωρίζοντας τη μεγάλη περιβαλλοντική, γεωλογική και παλαιοντολογική αξία του, έχει κηρύξει το απολιθωμένο δάσος της Λέσβου (Π.Δ. 443/85) διατηρητέο μνημείο φύσης (Κασιούμης 1998 σελ. 139).

Πολλοί επιστήμονες έχουν αναφερθεί στη μοναδικότητα, στη σπανιότητα και στην ιδιαίτερη αξία του Απολιθωμένου Δάσους της Λέσβου. Η αξία του Απολιθωμένου Δάσους ως μοναδικού φυσικού μνημείου συνδέεται με:

- το μεγάλο αριθμό και την άριστη κατάσταση διατήρησης των απολιθωμάτων
- την ποικιλία της απολιθωμένης χλωρίδας
- τον αυτόχθονο χαρακτήρα του Απολιθωμένου Δάσους
- τη σύνθεση της απολιθωμένης χλωρίδας, που αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό δείκτη των κλιματικών συνθηκών και του περιβάλλοντος του παρελθόντος
- τη σημασία της απολιθωμένης χλωρίδας για τη γενετική και ιστορική απεικόνιση της εξέλιξης των δασικών ειδών (Ζούρος 1998, σελ. 180)

ΨΜΕ Απολιθωμένου Δασούς Σιγρίου

Για την τρισδιάστατη παρουσίαση του απολιθωμένου δασούς του Σιγρίου ήταν αναγκαία η χρήση του ΨΜΕ του ανάγλυφου της περιοχής με μεγάλη ακρίβεια. Η ακρίβεια του έπρεπε να είναι τέτοια, ώστε το αποτέλεσμα της τελικής απεικόνισης να έχει το μεγαλύτερο βαθμό ρεαλισμού.

Ήταν αναγκαία η χρήση ΨΜΕ με πολύ μεγάλη ακρίβεια και πυκνότητα στη χωρική κ γεωγραφική πληροφορία. Επιλέχθηκε λοιπόν η ψηφιοποίηση του ανάγλυφου της περιοχής με ισοΰψεις ανά 4 μέτρα, για την κατασκευή της οποίας του ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

1. Γεωμετρική διόρθωση του ψηφιοποιημένου⁵⁷ χάρτη
2. Δημιουργία του επιπέδου της πληροφορίας και ψηφιοποίηση των ισοΰψών καμπυλών με ισοδιάσταση 4 μέτρα.
3. Δημιουργία της τοπολογίας του επιπέδου της πληροφορίας ως γραμμές για τις ισοΰψεις καμπύλες και ως πολύγωνο για τα όρια του πάρκου.

⁵⁷ Ψηφιοποίηση: Σάρωση και μετατροπή του χάρτη σε ψηφιακή εικόνα μεγάλης ανάλυσης

4. Διόρθωση τυχών λαθών που προέκυψαν από την ψηφιοποίηση.

Έτσι έχοντας τα απαιτούμενα στοιχεία τα οποία πληρούσαν όλες τις προϋπόθεσης για τη δημιουργία του κατάλληλου ΨΜΕ η κατασκευή του έγινε με τη χρήση του λογισμικού Arcgis 8.1 με τις παρακάτω διαδικασίες:

1. Ενεργοποίηση του ArcMap
2. Εισαγωγή του επιπέδου πληροφορίας που περιέχει τις ισοϋψείς καμπύλες όπου η βάση δεδομένων τους έχει ενημερωθεί με τις τιμές ανύψωσης του ανάγλυφου.
3. Προσδιορισμός των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν ως βάση για τη δημιουργία του ΨΜΕ επιλέγοντας αυτά που περιέχουν τα υψόμετρα.
4. Δημιουργία του ψηφιδωτού αρχείου (raster) που απεικονίζει την πληροφορία.
5. και τέλος με τη χρήση του Arc Toolbox μετατροπή του σε μορφή αναγνωρίσιμη από τα ΠΤΑ⁵⁸.

Ως αποτέλεσμα των εργασιών αυτών έχουμε τη δημιουργία του ΨΜΕ του απολιθωμένου δάσους το οποίο έχει τέτοιο βαθμό λεπτομέρειας ώστε να επιτρέπει τη χρήση του ως περιοχή μεγάλης κλίμακας και τη ρεαλιστική απεικόνιση του.

Σημείωση: Πρέπει να ευχαριστήσουμε τον Α. Μακαρατζή για την πολύτιμη συνεισφορά του με την παραχώρηση του ψηφιδωτού αρχείου του απολιθωμένου δάσους, το οποίο αποτελούσε μέρος της πτυχιακής του εργασίας και έκανε δυνατή την μελέτη και απεικόνιση περιοχών μεγάλης κλίμακας.

⁵⁸ Αρχείο μορφής (.dem). που αποτελεί USGS DEM

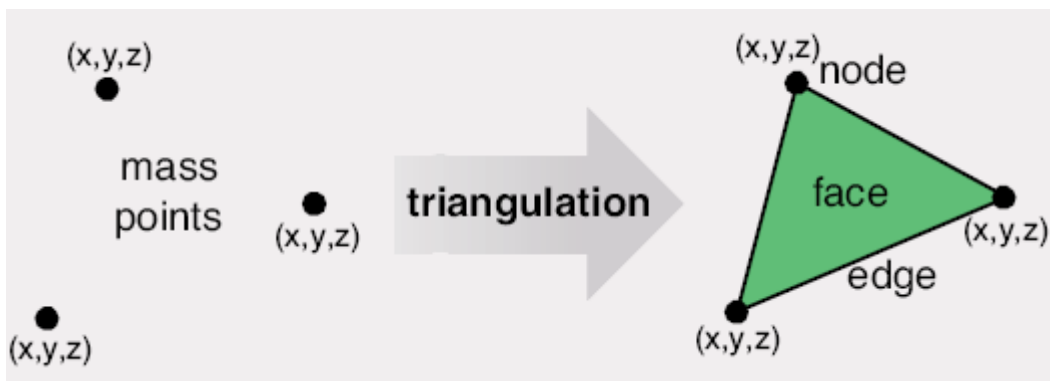
Παράρτημα Γ

Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων TIN Triangulated Irregular Network

Η πιο συνηθισμένη μορφή τρισδιάστατης απεικόνισης στα ΓΣΠ γίνεται με την μετατροπή των χωρικών δεδομένων σε αρχεία TIN τα οποία δημιουργούν ένα συνεχές δίκτυο τριγώνων για να αποδώσουν το τρισδιάστατο μοντέλο μιας περιοχής.

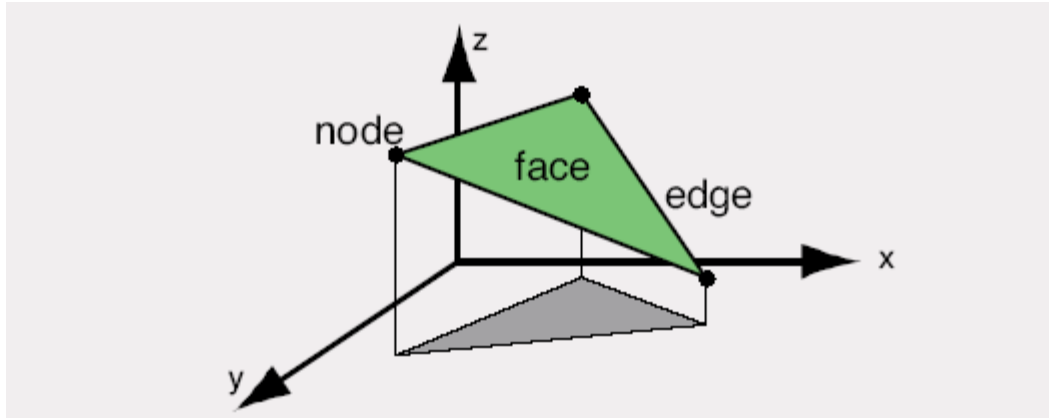
Η δομή των επιφανειών TIN αποτελείται από ένα πλήθος τριγώνων τα οποία δημιουργούνται με συγκεκριμένο τρόπο από τα χωρικά στοιχεία. Έτσι γίνεται η χρήση των σημείων που αποτελούν την επιφάνεια, τα οποία περιέχουν τη χωρική πληροφορία της ανύψωσης του εδάφους. Αυτά ενώνονται ανά τρία, με τέτοιο τρόπο ώστε να ορίζουν ένα τρίγωνο που στον τρισδιάστατο χώρο μετατρέπεται σε μια τριγωνική επιφάνεια, αποδίδοντας το ανάγλυφο μιας περιοχής σαν ένα συνεχές δίκτυο από αυτά.

Στην επιφάνεια TIN τα τρίγωνα ονομάζονται faces, τα σημεία nodes και οι γραμμές edges.



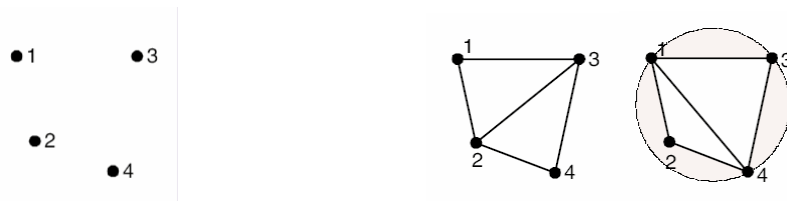
Εικόνα 43: Τριγωνοποίηση σημείων και δημιουργία τριγωνικής επιφάνειας

Κάθε τρίγωνο σε ένα TIN αποτελεί τμήμα ενός επιπέδου στον τρισδιάστατο χώρο. Όλα τα τρίγωνα ενώνονται μεταξύ τους ακουμπώντας τα σημεία τους κατά μήκος των γραμμών τους. Κατά την ένωση αυτή δεν είναι δυνατή η επικάλυψη ενός τριγώνου από άλλο.

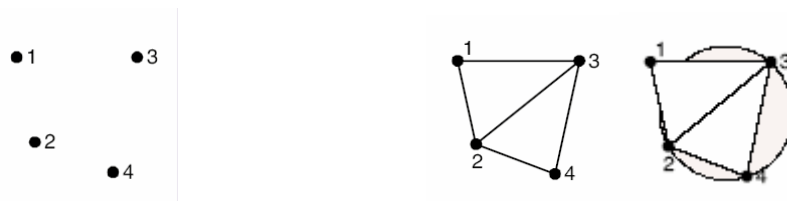


Εικόνα 44: Δομικά στοιχεία τριγώνου που αποτελεί τμήμα ενός TIN

Επειδή όμως από ένα σύνολο σημείων υπάρχουν αρκετές μορφές απόδοσης των επιφανειών ως TIN, συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος Delaunay triangulation. Σύμφωνα με αυτή γίνεται προσπάθεια χρήσης της αποδοτικότερης δημιουργίας τριγώνων που συνδέουν κάθε σημείο με τους κοντινότερους γείτονες του. Τεχνικά, θα πρέπει τα τρία σημεία που ορίζουν ένα τρίγωνο, να καθορίζουν και έναν κύκλο ο οποίος θα περιέχει μόνον αυτά και όχι οποιαδήποτε άλλα.

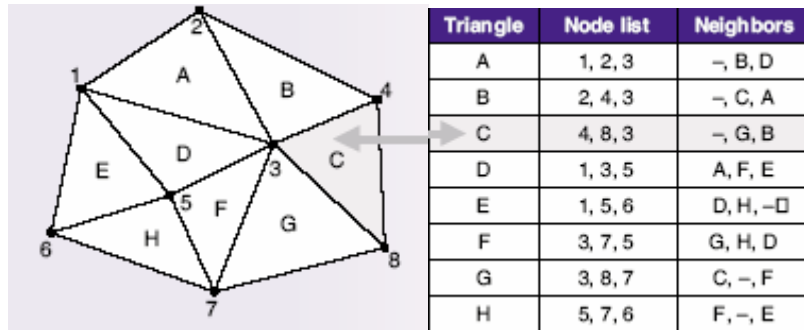


Εικόνα 45: Τριγωνοποίηση που δεν πληρεί τον κανόνα Delaunay



Εικόνα 46: Τριγωνοποίηση κατά Delaunay

Η τριγωνοποίηση ακολουθεί συγκεκριμένη σειρά και ξεκινά με τα σημεία, ακολουθούν οι γραμμές και τέλος οι επιφάνειες.



Εικόνα 47: Τοπολογία του TIN

Ένα TIN μπορεί να δημιουργηθεί άμεσα από τις ισοϋψείς γραμμές μετατρέποντας αυτές σε σύνολα σημείων με γνωστή την τιμή ανύψωσης τους. Έτσι το TIN που προκύπτει περιέχει όλες τις ισοϋψείς με ζώνες τριγώνων να υπάρχουν ανάμεσα τους.

Άλλος τρόπος δημιουργίας ενός TIN είναι από αρχεία γεωγραφικών δεδομένων που περιέχουν σημεία. Σε αυτή την περίπτωση μια επιφάνεια δημιουργείται αρχικά από τα σημεία, και έπειτα από τα τρίγωνα των οποίων η κατασκευή ακολουθεί τους παρακάτω περιορισμούς

1. Ένα συγκεκριμένο όριο για το συνολικό αριθμό τριγώνων.
2. Και Ένα συγκεκριμένο όριο για το μέγεθος του μικρότερου τριγώνου.

Τα ΨΜΕ που κατασκευάζονται ως TIN έχουν μειονεκτήματα. Ειδικότερα, η δομή των δεδομένων που απαιτείται για να περιγράψει την τριγωνοποίηση είναι σχετικά σύνθετη. Δημιουργούνται ξεχωριστοί πίνακες στοιχείων για τα σημεία, τις γραμμές, και τις δομικές επιφάνειες, αλλά και ένα σύνθετο σύστημα δεικτών σύμφωνα με τους οποίους γίνεται η σύνδεση των σημείων σε γραμμές, και των γραμμών σε τρίγωνα. Μειονέκτημα επίσης αποτελεί και ο χρόνος που απαιτείται για τη διαδικασία της τριγωνοποίησης ο οποίος είναι μεγάλος, για πολλά σημεία.

Άλλο σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί η δημιουργία της νέας τους τοπολογίας κατά τη μεταφορά τους σε αλλά προγράμματα. Έτσι όταν ένα TIN μεταφέρεται, η σύνθετη τοπολογική σχέση μεταξύ των σημείων του είναι δυνατόν να χαθεί, και κάθε τριγωνική επιφάνεια να σωθεί ως ξεχωριστή οντότητα. Αυτό βέβαια αποτελεί πρόβλημα, γιατί κάθε πλευρά τρίγωνου (εκτός από αυτές που αποτελούν την περιφέρεια του ΨΜΕ) θα μεταφερθεί δύο φορές, μια φορά για κάθε τρίγωνο της οποίας αποτελεί τμήμα. Μερικές φορές αυτό το φαινόμενο είναι αποδεκτό μόνον όταν το επόμενο βήμα επεξεργασίας τους αποτελεί η διαδικασία του rendering. Εάν όμως χρειάζεται να γίνει περαιτέρω τριγωνοποίηση αυτή πρέπει να γίνει προσεκτικά, μιας και η

αλλαγή ενός μόνο σημείου ή γραμμής μπορεί να επηρεάσει κατά πολύ το παραγόμενο ΨΜΕ (ένα μεγάλο αριθμό τριγώνων που συνθέτουν το ΨΜΕ).

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των TIN, εκτός από τη σύνθετη δομή τους, είναι η απλή γεωμετρία τους και η αντιπροσώπευση των επιφανειών τους από σύνολο τριγώνων (Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων). Έτσι ομαλές επιφάνειες δεν μπορούν να απεικονισθούν, παρά μόνο με προσέγγιση. Μέθοδοι προσέγγισης στην τρισδιάστατη μοντελοποίηση, αποτελούν όλες οι διαδικασίες βελτιστοποίησης που πρέπει να γίνουν σε κάθε μοντέλο που έχουν ως στόχο τη λείανση της επιφάνειας⁵⁹.

⁵⁹ Βλέπε κεφάλαιο 4 διαδικασίες βελτιστοποίησης

Παράρτημα Δ

Στοιχεία GTOPO30

Τα GTOPO30 είναι ψηφιακά μοντέλα εδάφους (DEM) για όλο τον κόσμο που έχουν προέλθει από την USGS EROS Data Center στο Sioux Falls. Τα υψομετρικά στοιχεία σε αυτά τα δεδομένα συνήθως είναι ανά 30-arc seconds (περίπου 1 kilometer). Δημιουργήθηκαν για καλύψουν τις ανάγκες των απαιτήσεων για παγκόσμια γεωγραφικά-χωρικά δεδομένα καθώς και παγκόσμια τοπογραφικά στοιχεία. Καλύπτουν την επιφάνεια της γης από γεωγραφικό μήκος 90 Βόρεια έως 90 Νότια και γεωγραφικό πλάτος από 180 Δυτικά έως 180 Ανατολικά. Το οριζόντιο πλέγμα συντεταγμένων χωρίζεται σε 30-arc seconds (0.0083333333333333 degrees) δημιουργώντας ένα DEM διαστάσεων 21,600 σειρών και 43,200 στοιχείων. Το οριζόντιο σύστημα συντεταγμένων είναι σε δέκατα της μοίρας και καθορίζεται σύμφωνα με το WGS84. Ενώ τα σημεία που αναπαριστούν τα υψόμετρα δίνονται σε μέτρα και παίρνουν τιμές από -407 έως 8,752 ενώ οι περιοχές που καλύπτονται από θάλασσα ονομάζονται "no data και δίνεται σε αυτά η τιμή -9999. Οι περιοχές που αποτελούν την ακτογραμμή έχουν τιμές για το υψόμετρο τους τουλάχιστον 1 μέτρο. Οι περιοχές από γεωγραφικό μήκος 60 Βόρεια έως 90 Νότια και γεωγραφικό πλάτος από 180 Δυτικά έως 180 Ανατολικά καλύπτονται από 27 κομμάτια που συμπληρώνονται από 6 ακόμη που παρουσιάζουν την Ανταρκτική. Η δημιουργία των γεωγραφικών αυτών δεδομένων βασίστηκε στις πηγές που παρουσιάζονται παρακάτω μαζί με το % ποσοστό κάλυψης της γήινης επιφάνειας που προήλθε από τη χρήση τους

Πίνακας 7: Πηγές και το % ποσοστό κάλυψης της γήινης επιφάνειας που προήλθε από τη χρήση τους

Source	% of global land area
-----	-----
Digital Terrain Elevation Data	50.0
Digital Chart of the World	29.9
USGS 1-degree DEM	6.7
Army Map Service 1:1,000,000-scale maps	1.1
International Map of the World 1:1,000,000-scale maps	3.7
Peru 1:1,000,000-scale map	0.1
New Zealand DEM	0.2
Antarctic Digital Database	8.3

Παράρτημα Ε

Cam path Editor Scripting

Στο πρόγραμμα αυτό δίνεται η κίνηση της κάμερας αλλά και οι παράμετροι και οι ρυθμίσεις του «κόσμου» που θα απεικονισθεί στο Terragen. Το πλήθος αυτό των στοιχείων δίνεται με τη μορφή αρχείων που περιέχουν μόνο τις αριθμητικές εκείνες τιμές που χρειάζεται το πρόγραμμα ώστε να μπορεί να υπολογίσει και να απεικονίσει το ΨΜΕ. Παρατηρούμε ότι δίνονται τιμές για

1. Κίνηση νεφών
2. κίνηση ήλιου
3. κίνηση κάμερας
 - a. ταχύτητα
 - b. πορεία
 - c. σημεία στόχοι κάμερας

Παράδειγμα αρχείου που περιέχει την κίνηση της κάμερας. που ακολουθεί κατά προσέγγιση την πορεία των Αθηναίων και των συμμάχων τους από την Αθήνα στη Νότια Ιταλία.

Camera Path Editor File (CPF)

Modify at your own risk!

CAMPATH3FILE

Version

3.21

IsAutoBank

0

IsLookAtPath

0

IsClouds

1

CloudSpeed

50

CloudDir

121

IsSun

1
SunStartHead
0
SunStartAlt
0
SunEndHead
265
SunEndAlt
90
IsSunOppositeMovement
0
WaterLevel
-0,4
IsATVEnabled
0
TotalCameraPoints
20
TotalLookatPoints
0
CameraPointsFollow
568,412,1.50003051757813,21,1.414,0
557,405,1.52200317382813,21,1.414,0
539,398,1.50003051757813,21,1.414,0
523,398,1.50003051757813,21,1.414,0
512,402,1.5323486328125,21,1.414,0
505,406,1.50003051757813,21,1.414,0
488,416,1.50003051757813,21,1.414,0
468,427,1.50003051757813,21,1.414,0
443,439,1.50003051757813,21,1.414,0
410,443,1.50003051757813,21,1.414,0
383,442,1.50003051757813,21,1.414,0
345,436,1.50003051757813,21,1.414,0
320,434,1.50003051757813,21,1.414,0
297,454,1.50003051757813,21,1.414,0

283,476,1.53097534179688,21,1.414,0
 267,497,1.50003051757813,21,1.414,0
 250,521,1.50003051757813,21,1.414,0
 228,557,1.7593994140625,21,1.414,0
 197,581,1.50003051757813,21,1.414,0
 54,607,1.50003051757813,21,1.414,0
 IsLoopingAnimation
 0
 # End of Camera Path File

Terragen Scripting

Ο παρακάτω «κώδικας» αποτελεί το script αρχείο που δίνει στο Terragen την ακολουθία «φωτογραφιών» που θα παράγει με σκοπό την απεικόνιση του ΨΜΕ που θέλουμε να αποδώσουμε φωτορεαλιστικά. Στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι η πορεία της κάμερας που αποδίδει την πορεία των Αθηναίων και των συμμάχων τους από την Αθήνα στη Νότια Ιταλία.

; This Terragen script created by the Camera Path Editor, v3.21

; <http://www.geocities.com/ffrog.geo>

; Base filename for images followed by starting frame number.

initanim "D:\arcgis_files\terrigen_files\ATHENS-CORFY-IT\bmps\1401frames\full-detail\frame", 1

; Cloud movement activated. Format: 'CloudVel speed,direction'

CloudVel 2.0, 121

; Sun movement activated. Format: 'SunDir heading,altitude'

; This script was created for a water level of: -.4

; Individual frames follow. Total: 1436

; Frame #1

CamPos 567.708937,411.788173,1.501135

TarPos 567.417484,411.576263,1.502236

CamB 0.0

Zoom 1.414

SunDir 0.18454,0.062674

FRend

; Frame #2

CamPos 567.417484,411.576263,1.502236

TarPos 567.125247,411.364185,1.503333

CamB 0.0

Zoom 1.414

SunDir 0.369081,0.125348

FRend

; Frame #3

CamPos 567.125247,411.364185,1.503333

TarPos 566.831838,411.151858,1.504422

CamB 0.0

Zoom 1.414

SunDir 0.553621,0.188022

FRend

; Frame #4

CamPos 566.831838,411.151858,1.504422

TarPos 566.536864,410.939196,1.505502

CamB 0.0

Zoom 1.414

SunDir 0.738162,0.250696

FRend

; Frame #5

CamPos 566.536864,410.939196,1.505502

TarPos 566.239934,410.726118,1.506569

CamB 0.0

Zoom 1.414

SunDir 0.922702,0.313371

FRend

; Frame #6

CamPos 566.239934,410.726118,1.506569

TarPos 565.940657,410.512538,1.507621

CamB 0.0
 Zoom 1.414
 SunDir 1.107242,0.376045
 FRend
; Frame #7
 CamPos 565.940657,410.512538,1.507621
 TarPos 565.638643,410.298375,1.508656
 CamB 0.0
 Zoom 1.414
 SunDir 1.291783,0.438719
 FRend
 .
 .
 .
 .
 .
 .
 .
 .
; Frame #1435
 CamPos 55.47431,606.763947,1.499078
 TarPos 54.975972,606.843737,1.4994
 CamB 0.0
 Zoom 1.414
 SunDir 264.8155,89.93732
 FRend
; Frame #1436
 CamPos 54.975972,606.843737,1.4994
 TarPos 54.477955,606.923475,1.499722
 CamB 0.0
 Zoom 1.414
 SunDir 265.0,90.0
 FRend