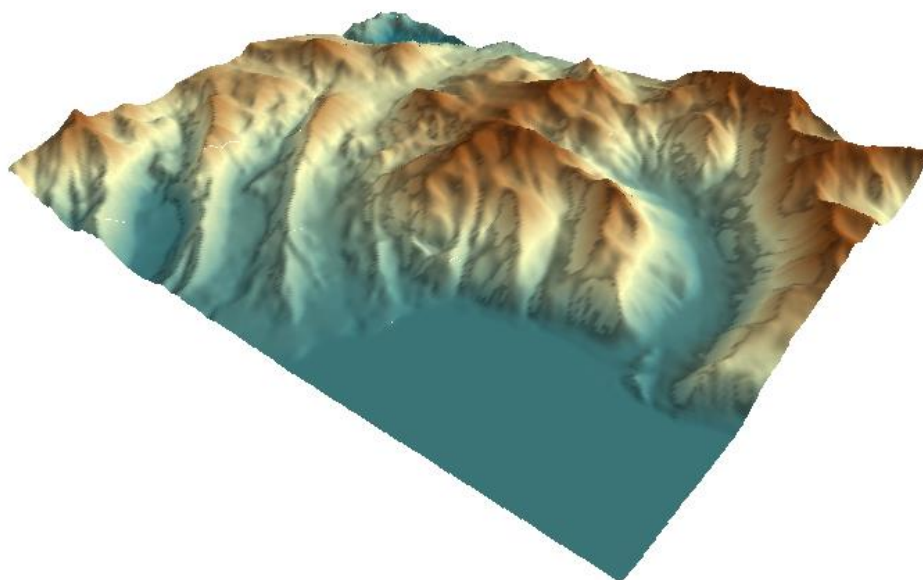




Πολυτεχνείο Κρήτης

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Ανάλυση Φυσικού Αναγλύφου του Νομού Χανίων με Χρήση
Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών



Χρυσάνθη Γεωργιοπούλου

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια : Ανδρονίκη Τσουχλαράκη

Τριμελής Επιτροπή: Ανδρονίκη Τσουχλαράκη

Νεκτάριος Κουργιαλάς

Γεώργιος Καρατζάς

Χανιά, Φεβρουάριος 2017

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	8
Περίληψη	9
Abstract.....	10
Εισαγωγή	11
1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.....	13
1.1 Ορισμός.....	13
1.2 Βασικές Λειτουργίες	14
1.3 Το ArcGIS.....	15
1.4 Ανάλυση Αναγλύφου	19
1.5 Χρησιμότητα Ανάλυσης Αναγλύφου	20
1.6 Εντολές του ArcGIS για Ανάλυση Αναγλύφου	22
2 Περιοχή Μελέτης.....	24
2.1 Διοικητικά Όρια	25
2.2 Γεωγραφία	33
2.3 Χλωρίδα και Πανίδα	34
2.4 Υψόμετρα.....	37
2.5 Το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων στην Περιοχή Μελέτης	37
3 Κλίσεις.....	56
3.1 Γενικά.....	56
3.2 Αλγόριθμοι για την Εξαγωγή Κλίσεων.....	58
3.3 Εφαρμογή στην Περιοχή Μελέτης.....	71
4 Εκθέσεις	76
4.1 Γενικά.....	76
4.2 Αλγόριθμοι για την Εξαγωγή Εκθέσεων	79
4.3 Εφαρμογή στην Περιοχή Μελέτης.....	82
5 Σκιάσεις.....	86
5.1 Γενικά.....	86
5.2 Αλγόριθμοι για την Εξαγωγή Σκιάσεων.....	87
5.3 Εφαρμογή στην Περιοχή Μελέτης.....	97
6 Ορατότητα	102
6.1 Γενικά.....	102
6.2 Αλγόριθμοι για την Εξαγωγή Ορατότητας.....	103
6.3 Εφαρμογή στην Περιοχή Μελέτης.....	121
7 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων-Συμπεράσματα	131

8	Θέματα για Επιπλέον Διερεύνηση.....	136
9	Βιβλιογραφία	137
9.1	Ελληνική Βιβλιογραφία	137
9.2	Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία.....	138
9.3	Νομοθεσία	146
9.4	Ηλεκτρονικές Πηγές	146
10	Παράρτημα	151

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1:	Εικόνα 1: Βασικές Λειτουργίες ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (http://www.enggpedia.com/ 2016)	14
Εικόνα 2:	Οι τρεις εκδόσεις του ArcGIS Desktop (http://www.marathondata.gr/ 2016)	17
Εικόνα 3:	Γεωμορφολογικός Χάρτης Χανίων (http://chania.orgfree.com/ 2016)	24
Εικόνα 4:	Δήμοι Νομού Χανίων (http://www.haniorama.gr/ 2016)	25
Εικόνα 5:	Διοικητικά Όρια Δήμου Χανίων (https://www.hc-crete.gr/ 2016)	26
Εικόνα 6:	Διοικητικά Όρια Δήμου Αποκορώνου (https://www.hc-crete.gr/ 2016)	27
Εικόνα 7:	Διοικητικά Όρια Δήμου Σφακίων (https://www.hc-crete.gr/ 2016)	28
Εικόνα 8:	Διοικητικά Όρια Δήμου Καντάνου-Σελίνου (https://www.hc-crete.gr/ 2016)	29
Εικόνα 9:	Διοικητικά Όρια Δήμου Γαύδου (https://www.hc-crete.gr/ 2016)	30
Εικόνα 10:	Διοικητικά Όρια Δήμου Κισσάμου (https://www.hc-crete.gr/ 2016)	31
Εικόνα 11:	Διοικητικά Όρια Δήμου Πλατανιά (https://www.hc-crete.gr/ 2016)	32
Εικόνα 12:	Μορφές Ψηφιακών Μοντέλων Υψομέτρων (Χαλκιάς 2016)	38
Εικόνα 13:	Παράδειγμα Μοντέλου Raster (http://webhelp.esri.com/ 2016)	39
Εικόνα 14:	Παράδειγμα Μοντέλου TIN (Van Kreveld 1997)	40
Εικόνα 15:	Ισοϋψείς Καμπύλες (Δημάδη)	41
Εικόνα 16:	Νέος Κενός Χάρτης στο ArcMap 10.2.2	42
Εικόνα 17:	Προσθήκη Δεδομένων	43
Εικόνα 18:	Διοικητικά Όρια Δήμων Νομού Χανίων	43
Εικόνα 19:	Ισοϋψείς Καμπύλες Νομού Χανίων	44
Εικόνα 20:	Διαβάθμιση Ισοϋψών Καμπυλών Νομού Χανίων	44
Εικόνα 21:	Διαβαθμισμένες Ισοϋψείς Καμπύλες Νομού Χανίων	45
Εικόνα 22:	Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου TIN	47
Εικόνα 23:	Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου TIN	48
Εικόνα 24:	Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN	49
Εικόνα 25:	Απενεργοποίηση Μπλε Καμπυλών	50
Εικόνα 26:	Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Νομού Χανίων	51
Εικόνα 27:	Μετατροπή αρχείου TIN σε Raster	52
Εικόνα 28:	Μετατροπή αρχείου TIN σε Raster	53
Εικόνα 29:	Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster	53
Εικόνα 30:	Αλλαγή Χρωματικής Διαβάθμισης	54

Εικόνα 31: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Νομού Χανίων	55
Εικόνα 32:Υπολογισμός Κλίσης (http://resources.arcgis.com/ 2016)	56
Εικόνα 33: Είδη κλίσεων (http://www.gradeamathhelp.com/ 2016)	57
Εικόνα 34: Αντιστοιχία μοιρών (°) με ποσοστό μεταβολής επί τις εκατό (%) (https://commons.wikimedia.org/ 2016)	57
Εικόνα 35: Παράδειγμα Εξαγωγής Χάρτη Κλίσεων (http://desktop.arcgis.com/ 2016)	58
Εικόνα 36: Δίκτυο Κελιών 3x3 για τον Υπολογισμό Κλίσεων (Weih και Mattson 2004)	59
Εικόνα 37: Δίκτυο Κελιών σε μια Περιοχή (http://www.colorado.edu/geography/ 2016)	60
Εικόνα 38: Αναπαράσταση των τεσσάρων επιφανειών για τον υπολογισμό της κλίσης στον αλγόριθμο 6 (Weih και Mattson 2004)	67
Εικόνα 39: Δημιουργία Χάρτη Κλίσεων	71
Εικόνα 40: Χάρτης Κλίσεων Νομού Χανίων	72
Εικόνα 41: Αλλαγή Χρωματικής Διαβάθμισης	72
Εικόνα 42: Χάρτης Κλίσεων Νομού Χανίων	73
Εικόνα 43: Σχηματική Αναπαράσταση των Παραμέτρων της Έκθεσης και της Κλίσης σε μια Περιοχή (Blaga 2012)	76
Εικόνα 44: Ηλιοφάνεια στη Βόρεια και Νότια Πλευρά μιας Πλαγιάς στο Βόρειο Ημισφαίριο (http://www.fsavalanche.org/ 2016)	77
Εικόνα 45: Ηλιοφάνεια στην Ανατολική και Δυτική Πλευρά μιας Πλαγιάς στο Βόρειο Ημισφαίριο (http://www.fsavalanche.org/ 2016)	77
Εικόνα 46: Τιμές Έκθεσης σε μια Περιοχή (http://desktop.arcgis.com/ 2016)	78
Εικόνα 47: Κατηγορίες με Βάση την Τιμή της Έκθεσης (http://desktop.arcgis.com/ 2016)	78
Εικόνα 48: Παράδειγμα Εξαγωγής Χάρτη Εκθέσεων (http://desktop.arcgis.com/ 2016)	79
Εικόνα 49: Σχηματική Αναπαράσταση Γωνίας θ (https://en.wikipedia.org/ 2016)	80
Εικόνα 50: Δημιουργία Χάρτη Εκθέσεων	82
Εικόνα 51: Χάρτης Εκθέσεων Νομού Χανίων	83
Εικόνα 52: Προεπιλεγμένη Τιμή για το Αζιμούθιο (http://pro.arcgis.com/ 2016)	88
Εικόνα 53: Προεπιλεγμένη Τιμή για το Υψόμετρο (http://pro.arcgis.com/ 2016)	88
Εικόνα 54: Μοντέλο της Εξίσωσης Σκιάσεων (Serebryakova 2014)	89
Εικόνα 55: Τρόποι Προσδιορισμού Τοπικού Προσανατολισμού Μιας Επιφάνειας (Τζελέτης και Νάκος 1995)	93
Εικόνα 56: Δημιουργία Χάρτη Σκιάσεων	98
Εικόνα 57: Χάρτης Σκιάσεων Νομού Χανίων	99
Εικόνα 58: Παράδειγμα Εξαγωγής Χάρτη Ορατότητας (http://desktop.arcgis.com/ 2016)	103
Εικόνα 59: Παράδειγμα Υπολογισμού Ορατότητας (Fisher 1991)	104
Εικόνα 60: Γραμμές Ορατότητας για τον Υπολογισμό Ορατότητας (https://hub.qgis.org/wiki/ 2016)	104
Εικόνα 61: Γραμμές Ορατότητας από τη Θέση Παρατήρησης προς όλα τα Κελιά της Περιοχής Μελέτης (Johansson και Lundberg 2016)	105
Εικόνα 62: Παράμετροι για τον Έλεγχο της Ορατότητας (http://desktop.arcgis.com/ 2016)	105
Εικόνα 63: Γραφική Αναπαράσταση «OffsetA» και «OffsetB» (http://desktop.arcgis.com/ 2016)	106
Εικόνα 64: Αζιμούθιο (http://desktop.arcgis.com/ 2016)	107
Εικόνα 65: Γραφική Αναπαράσταση «Vert1» και «Vert2» (http://desktop.arcgis.com/ 2016)	107
Εικόνα 66: Γραφική Αναπαράσταση «Radius1»,«Radius2», «Azimuth1» και «Azimuth2» (http://desktop.arcgis.com/ 2016)	108

Εικόνα 67: Γραμμή Ορατότητας (LoS) από το (0,0) στο (4,2) (Johansson και Lundberg 2016)	110
Εικόνα 68: Η Περιοχή Μελέτης Χωρισμένη σε 8 Ίσα Μέρη (Johansson και Lundberg 2016)	111
Εικόνα 69: Γραμμές Ορατότητας (LoS) (Franklin et al. 1994)	111
Εικόνα 70: Γραφική Αναπαράσταση Αλγόριθμου R3 (Johansson και Lundberg 2016)	112
Εικόνα 71: Γραμμή Σάρωσης Αλγόριθμου Van Kreveld (Johansson και Lundberg 2016)	113
Εικόνα 72: Παράδειγμα Δυαδικού Δέντρου Αναζήτησης (Binary Search Tree, BST) (Johansson και Lundberg 2016)	113
Εικόνα 73: Ενέργειες Κατά τη Διαδικασία της Σάρωσης (Johansson και Lundberg 2016)	114
Εικόνα 74: Γραφική Αναπαράσταση της Περιοχής σε Μία Διάσταση (Franklin et al. 1994)	115
Εικόνα 75: Γραφική Αναπαράσταση της Περιοχής σε Δύο Διαστάσεις (Franklin et al. 1994)	117
Εικόνα 76: Τεχνική της «Κύριας Ακτίνας» (Achilleos και Tsouchlaraki 2004)	118
Εικόνα 77: Γραφική Αναπαράσταση Αλγόριθμου Ορατότητας 7 (Achilleos και Tsouchlaraki 2004)	119
Εικόνα 78: Γραφική Αναπαράσταση Αλγόριθμου Ορατότητας 8 (Achilleos και Tsouchlaraki 2004)	120
Εικόνα 79: Δημιουργία Σημείου Παρατήρησης Μέσω του ArcCatalog 10.2.2	121
Εικόνα 80: Σημεία Παρατήρησης για το Νομό Χανίων	122
Εικόνα 81: Σημεία Παρατήρησης για το Νομό Χανίων	122
Εικόνα 82: Σημεία Παρατήρησης για το Νομό Χανίων	123
Εικόνα 83: Δημιουργία Χάρτη Ορατότητας	124
Εικόνα 84: Χάρτης Ορατότητας με Θέση Παρατήρησης σε Μεγάλο Υψόμετρο	125
Εικόνα 85: Χάρτης Ορατότητας με Θέση Παρατήρησης σε Μεσαίο Υψόμετρο	126
Εικόνα 86: Χάρτης Ορατότητας με Θέση Παρατήρησης σε Χαμηλό Υψόμετρο	127
Εικόνα 87: Χάρτης Ορατότητας με Θέση Παρατήρησης στη Γαύδο	128
Εικόνα 88: Χάρτης Ορατότητας με Θέση Παρατήρησης σε Μεγάλη Κλίση	129
Εικόνα 89: Χάρτης Ορατότητας με Θέση Παρατήρησης σε Μικρή Κλίση	130
Εικόνα 90: Υπολογισμός Ορατότητας-Γραμμές Ορατότητας (Heywood et al. 2006)	133
Εικόνα 91: Χάρτης Ορατότητας με 6 Θέσεις Παρατήρησης	135
Εικόνα 92: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Χανίων	151
Εικόνα 93: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Αποκορώνου	152
Εικόνα 94: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Σφακίων	153
Εικόνα 95: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Καντάνου-Σελίνου	154
Εικόνα 96: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Γαύδου	155
Εικόνα 97: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Κισσάμου	156
Εικόνα 98: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Πλατανιά	157
Εικόνα 99: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Χανίων	158
Εικόνα 100: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Αποκορώνου	159
Εικόνα 101: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Σφακίων	160
Εικόνα 102: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Καντάνου-Σελίνου	161
Εικόνα 103: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Γαύδου	162
Εικόνα 104: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Κισσάμου	163
Εικόνα 105: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Πλατανιά	164
Εικόνα 106: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Χανίων	165
Εικόνα 107: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Αποκορώνου	166
Εικόνα 108: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Σφακίων	167

Εικόνα 109: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Καντάνου-Σελίνου	168
Εικόνα 110: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Γαύδου	169
Εικόνα 111: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Κισσάμου	170
Εικόνα 112: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Πλατανιά	171
Εικόνα 113: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Χανίων	172
Εικόνα 114: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Αποκορώνου	173
Εικόνα 115: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Σφακίων	174
Εικόνα 116: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Καντάνου-Σελίνου	175
Εικόνα 117: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Γαύδου	176
Εικόνα 118: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Κισσάμου	177
Εικόνα 119: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Πλατανιά	178
Εικόνα 120: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Χανίων	179
Εικόνα 121: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Αποκορώνου	180
Εικόνα 122: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Σφακίων	181
Εικόνα 123: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Καντάνου-Σελίνου	182
Εικόνα 124: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Γαύδου	183
Εικόνα 125: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Κισσάμου	184
Εικόνα 126: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Πλατανιά	185
Εικόνα 127: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Χανίων	186
Εικόνα 128: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Αποκορώνου	187
Εικόνα 129: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Σφακίων	188
Εικόνα 130: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Καντάνου-Σελίνου	189
Εικόνα 131: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Γαύδου	190
Εικόνα 132: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Κισσάμου	191
Εικόνα 133: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Πλατανιά	192

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Δήμοι και Έδρες Νομού Χανίων (http://www.kallikratis.eu/ 2016)	25
Πίνακας 2: Προεπιλεγμένες Τιμές για τον Υπολογισμό της Ορατότητας (http://desktop.arcgis.com/ 2016)	109

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Ισοϋψείς Καμπύλες Νομού Χανίων	46
Διάγραμμα 2: Κατανομή Ισοϋψών Καμπυλών στο Νομό Χανίων (%)	46
Διάγραμμα 3: Κατανομή Κλίσεων στο Νομό Χανίων (km ²)	74
Διάγραμμα 4: Κατανομή Κλίσεων στο Νομό Χανίων (%)	74
Διάγραμμα 5: Κατανομή Εκθέσεων στο Νομό Χανίων (km ²)	84
Διάγραμμα 6: Κατανομή Εκθέσεων στο Νομό Χανίων (%)	84
Διάγραμμα 7: Κατανομή Εκθέσεων στο Νομό Χανίων (km ²)	85
Διάγραμμα 8: Κατανομή Εκθέσεων στο Νομό Χανίων (%)	85
Διάγραμμα 9: Κατανομή Σκίασης στο Νομό Χανίων (km ²)	100
Διάγραμμα 10: Κατανομή Σκίασης στο Νομό Χανίων (km ²)	100
Διάγραμμα 11: Κατανομή Σκίασης στο Νομό Χανίων (χωρίς την τιμή 180)	101

Διάγραμμα 12: Ορατότητα με Θέση Παρατήρησης σε Μεγάλο Υψόμετρο _____	125
Διάγραμμα 13: Ορατότητα με Θέση Παρατήρησης σε Μεσαίο Υψόμετρο _____	126
Διάγραμμα 14: Ορατότητα με Θέση Παρατήρησης σε Χαμηλό Υψόμετρο _____	127
Διάγραμμα 15: Ορατότητα με Θέση Παρατήρησης στη Γαύδο _____	128
Διάγραμμα 16: Ορατότητα με Θέση Παρατήρησης σε Μεγάλη Κλίση _____	129
Διάγραμμα 17: Ορατότητα με Θέση Παρατήρησης σε Μικρή Κλίση _____	130

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτριά μου κυρία Τσουχλαράκη Ανδρονίκη για την πολύτιμη βοήθειά της και την καθοδήγησή της καθ' όλη την διάρκεια της διπλωματικής.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κυρίους Νεκτάριο Κουργιαλά και Γεώργιο Καρατζά για τον χρόνο τους και τις συμβουλές τους.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους στάθηκαν δίπλα μου και ιδιαιτέρως την αδερφή μου, Πραξία.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα «Ανάλυση Φυσικού Αναγλύφου του Νομού Χανίων με Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών» έχει ως σκοπό την ανάλυση των υψομέτρων, των κλίσεων, των εκθέσεων και των σκιάσεων στο νομό Χανίων, καθώς και της ορατότητα από συγκεκριμένες θέσεις παρατήρησης.

Αρχικά γίνεται αναφορά στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και πιο συγκεκριμένα στο ArcGIS το οποίο χρησιμοποιήθηκε, τις λειτουργίες τους και τη συμβολή τους στην ανάλυση αναγλύφου. Έπειτα οριοθετείται η περιοχή μελέτης και δίνονται γενικές πληροφορίες για τη γεωγραφία, την χλωρίδα και την πανίδα της. Με βάση τις ισοϋψείς καμπύλες (γραμμές του εδάφους που όλα τα σημεία της κάθε μιας έχουν το ίδιο υψόμετρο) δημιουργείται το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε μορφή TIN αλλά και raster. Στη συνέχεια αφού γίνει μελέτη και καταγραφή των αλγορίθμων για την εξαγωγή των κλίσεων, των εκθέσεων, των σκιάσεων και της ορατότητας γίνεται εφαρμογή στο νομό Χανίων. Τέλος παρουσιάζονται οι τελικοί χάρτες για κάθε δήμο που προέκυψαν από την εφαρμογή και τα συμπεράσματα για το ανάγλυφο του νομού καθώς και για το πώς επηρεάζεται η ορατότητα.

Abstract

This thesis entitled “Analysis of Relief of Chania Using Geographic Information Systems” aims to analyze elevation, slope, aspect and hillshade of Chania and the visibility of specific observation points.

Initially referring to Geographic Information Systems, and more specifically in ArcGIS that was used, their functions and their contribution to the relief analysis. After defined the study area and given general information about the geography, flora and fauna. Based on the contour lines (land lines all the points of each have the same elevation) created the Digital Elevation Model in TIN and raster format. Then presents the algorithms used to export slopes, aspects, hillshade and visibility in Chania. Finally presents the final maps for each municipality, and conclusions on the relief and how the visibility is affected.

Εισαγωγή

Η γη παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία γεωμορφολογικών στοιχείων, με οροσειρές, πεδιάδες, λίμνες, ποτάμια, νησιά, χερσονήσους, θαλάσσιες λεκάνες και άλλα. Αυτό οφείλεται σε ενδογενείς δυνάμεις, όπως ηφαίστεια ή σεισμοί, αλλά και σε εξωγενείς δυνάμεις, όπως ο άνεμος η θερμοκρασία ή οι ανθρώπινες παρεμβάσεις. Το ανάγλυφο διακρίνεται σε ηπειρωτικό το οποίο είναι το ανάγλυφο της στεριάς, και σε υποθαλάσσιο το οποίο είναι το ανάγλυφο του βυθού. Η παρούσα διπλωματική ασχολείται με το ηπειρωτικό ανάγλυφο του νομού Χανίων.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, οι βασικές τους λειτουργίες και το ArcGIS με τις εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση του αναγλύφου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση της περιοχής μελέτης. Πιο συγκεκριμένα φαίνονται τα διοικητικά όρια του κάθε δήμου του νομού Χανίων καθώς και πληροφορίες για την γεωγραφία, την χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής. Ακόμα αναλύονται οι βασικές δομές ενός Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων και ο τρόπος κατασκευής τους, και με τη βοήθεια του ArcMap 10.2.2 και των ισοϋψών καμπυλών, με ισοδιάσταση 10 μέτρων, προκύπτει το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων του νομού Χανίων.

Στο τρίτο κεφάλαιο δίνεται ο ορισμός και ο υπολογισμός της κλίσης καθώς και γενικές πληροφορίες γι' αυτήν. Έπειτα φαίνονται οι αλγόριθμοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή ενός χάρτη κλίσεων και γίνεται εφαρμογή για το νομό Χανίων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η έννοια της έκθεσης ή διεύθυνσης μέγιστης κλίσης, καθώς και οι αλγόριθμοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν

για να δημιουργηθεί ένας χάρτης εκθέσεων. Ακόμα γίνεται εφαρμογή στην περιοχή μελέτης και φαίνονται οι χάρτες έκθεσης για κάθε δήμο.

Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στις σκιάσεις και στους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζονται. Όπως και στα προηγούμενα κεφάλαια έτσι κι εδώ παρουσιάζονται οι αλγόριθμοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και γίνεται εφαρμογή με το ArcMap 10.2.2. Ακόμα φαίνονται οι χάρτες σκίασης για κάθε δήμο της περιοχής μελέτης.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ορατότητα και παρουσιάζονται οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται. Αρχικά δημιουργήθηκαν έξι θέσεις παρατήρησης, σε διαφορετικά υψόμετρα και κλίσεις, και έπειτα παρουσιάζονται οι χάρτες ορατότητας, οι οποίοι είναι χρήσιμοι σε περιπτώσεις σχεδιασμού παρατηρητηρίων.

Στο έβδομο κεφάλαιο σχολιάζονται τα αποτελέσματα των χαρτών και ακόμα βγαίνουν συμπεράσματα για το ανάγλυφο του νομού Χανίων.

Και τέλος στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται θέματα τα οποία θα μπορούσαν να διερευνηθούν και να μελετηθούν εκτενέστερα.

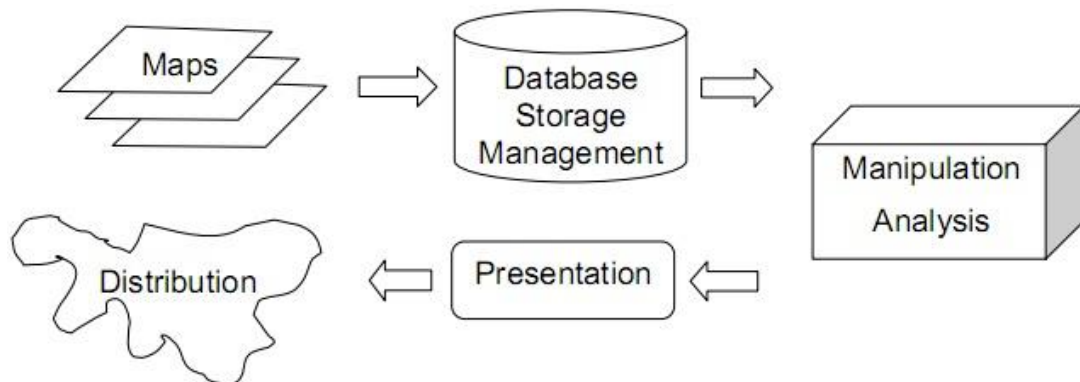
1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) έχουν καθιερωθεί παγκοσμίως ως το καταλληλότερο και ικανότερο μέσο και εργαλείο για την επίλυση χωρικών προβλημάτων. Τα πεδία εφαρμογών τους είναι εκατοντάδες και συνεχώς προστίθενται καινούρια.

1.1 Ορισμός

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ) ή κατά την ξένη ορολογία Geographic Information System (GIS) είναι ένα σύστημα, όπως αναφέρει και το όνομά του, βασιζόμενο σε υπολογιστικό εξοπλισμό (computer) το οποίο χαρτογραφεί και αναλύει «αντικείμενα»/οντότητες που υφίστανται στην επιφάνεια της γης (και όχι μόνο) καθώς και γεγονότα που συμβαίνουν σε δεδομένη χρονική πραγματικότητα στον γεωγραφικό της χώρο (Burrough P. A. 1986, Demers M. 2000, Κουτσόπουλος Κ. 2002) Η ικανότητα των συστημάτων αυτών (ΓΣΠ) να συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των βάσεων δεδομένων με τη δυνατότητα ρεαλιστικής οπτικοποίησης και την καταγεγραμμένη χωρική πληροφορία που παρέχουν οι «χάρτες» (σε κάθε τους μορφή, αναλογική, ψηφιακή), τα καθιστούν μοναδικά εργαλεία στην χωρική ανάλυση και τα διαφοροποιούν από άλλα παρεμφερή συστήματα τα οποία διαχειρίζονται πληροφορίες (CAD, Databases και λοιπά) (Burrough P. A. 1986, Longley et al. 2005)

1.2 Βασικές Λειτουργίες



Εικόνα 1: Εικόνα 1: Βασικές Λειτουργίες ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (<http://www.enggpedia.com/> 2016)

Οι διαδικασίες που πρέπει να καλύπτονται από ένα Γεωγραφικό Σύστημα πληροφοριών αφορούν όλες τις διαδικασίες διαχείρισης και σχεδιασμού του χώρου. Πιο συγκεκριμένα το λογισμικό παρέχει τις τέσσερις παρακάτω βασικές λειτουργίες για χωρικά δεδομένα:

- Συλλογή και εισαγωγή των δεδομένων

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών προέρχονται κυρίως από ψηφιοποίηση ή από τη σάρωση αεροφωτογραφιών και χαρτών ή από ήδη υπάρχοντα στοιχεία σε γεωγραφικές βάσεις δεδομένων.

- Διαχείριση και αποθήκευση δεδομένων

Η αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση ειδικών προγραμμάτων Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (DBMS: Data Base Managment Systems), τα οποία μεταξύ άλλων προσφέρουν στους χρήστες αποτελεσματική αποθήκευση, ανάκτηση και

ενημέρωση των δεδομένων τους, καθώς και αποφυγή πολλαπλών καταγραφών όμοιων στοιχείων.

- Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων

Η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα εργασιών, μερικές από τις οποίες είναι οι αναταξινομήσεις και ομαδοποιήσεις ποιοτικών στοιχείων, γεωμετρικές επεξεργασίες, π.χ. μετατροπές κλίμακας, στερεογραφικής προβολής και μετρήσεις αποστάσεων.

- Παρουσίαση των δεδομένων-Γραφική απεικόνιση

Τέλος, όσον αφορά την απεικόνιση των δεδομένων αυτή γίνεται είτε με χάρτες είτε με τρισδιάστατες εικόνες.

(Huisman και By, Murayama και Estoque 2010, <http://free-gis-data.blogspot.gr/> 2016, <http://dasodata.gr/> 2016)

1.3 Το ArcGIS

Το ArcGIS Desktop είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή από προϊόντα λογισμικού, τα οποία μπορούν να εγκατασταθούν σε έναν μεμονωμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή ή να διατίθεται σε ένα ετερογενές δίκτυο προσωπικών ηλεκτρονικών υπολογιστών (desktops) ή σταθμών εργασίας (workstations) ή εξυπηρετητών (servers) ή ακόμα και σε κινητά τηλέφωνα. Το ArcGIS είναι επεκτάσιμο και μπορεί να ενσωματωθεί σε ήδη υπάρχοντα συστήματα επιχειρησιακών διαδικασιών όπως work order management, business intelligence και executive dashboards.

Το ArcGIS Desktop, είναι προϊόν της αμερικάνικης εταιρείας ESRI (Environmental Systems Research Institute), και σήμερα κατέχει μια εξέχουσα θέση στην παγκόσμια αγορά των GIS. Έχει ξεκινήσει να κυκλοφορεί ως

λογισμικό χωρικής ανάλυσης και διαχείρισης δεδομένων, εδώ και πάρα πολλά χρόνια. Πρωτοεμφανίστηκε το 1981 με την ονομασία ArcInfo και ήταν σχεδιασμένα για μικροϋπολογιστές (Longley et al. 2005).

Η ενοποιημένη αξιοποίηση των εφαρμογών ArcGIS Desktop επιτρέπει στους χρήστες της τεχνολογίας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών να υλοποιήσουν οποιαδήποτε εργασία με επίκεντρο το χώρο, από την πιο απλή έως την πιο πολύπλοκη, όπως είναι η χαρτογραφία, η γεωγραφική ανάλυση, η επεξεργασία των γεωγραφικών δεδομένων, η μετατροπή μεταξύ διαφορετικών μορφότυπων δεδομένων, η απεικόνιση, η διαχείριση των δεδομένων κ.α.

Η δομή του ArcGIS Desktop είναι κλιμακούμενη ως προς τις δυνατότητές της προκειμένου να εκπληρώσει τις απαιτήσεις των διαφορετικών τύπων χρηστών. Έτσι, έχουν διαμορφωθεί τρία διακριτά επίπεδα δυνατοτήτων του λογισμικού ArcGIS Desktop που έχουν ως εξής:

- ArcView (Basic)

Η πιο απλή έκδοση η οποία επιτρέπει την προβολή, ανάλυση και χαρτογράφηση των δεδομένων

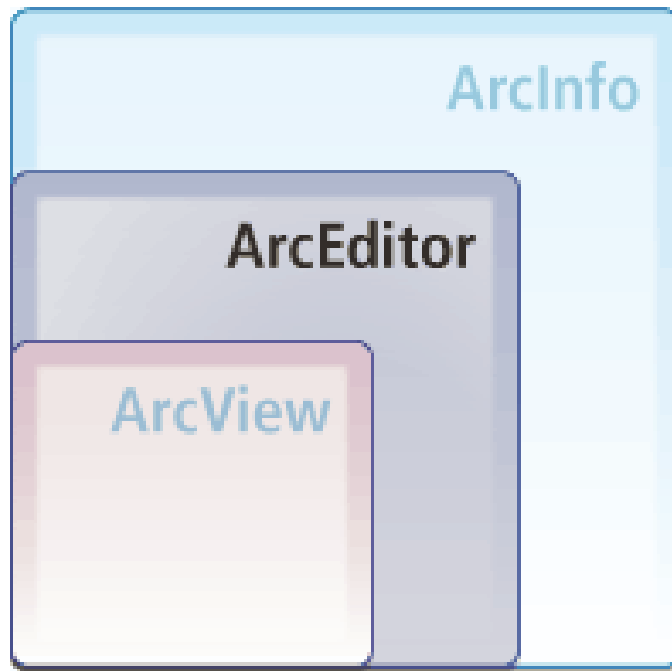
- ArcEditor (Standard)

Περιλαμβάνει εκτός από τις λειτουργικές δυνατότητες του ArcView και προηγμένα εργαλεία για την δημιουργία διόρθωση και επεξεργασία γεωγραφικών δεδομένων.

- ArcInfo (Advanced)

Περιλαμβάνει τις λειτουργικές δυνατότητες του ArcView και του ArcEditor και προσφέρει επιπλέον τεχνικές προχωρημένων χωρικών αναλύσεων, διαχείρισης χωρικών δεδομένων και υψηλής χαρτογραφικής απόδοσης.

(Longley et al. 2005, <http://www.marathondata.gr/> 2016)



Εικόνα 2: Οι τρεις εκδόσεις του ArcGIS Desktop (<http://www.marathondata.gr/> 2016)

Κάθε μια από τις εκδόσεις του ArcGIS περιέχει τρεις βασικές εφαρμογές:

- ArcMap

Αποτελεί την κεντρική εφαρμογή του ArcGIS Desktop και έχει τις δυνατότητες δημιουργίας και επεξεργασίας χαρτών, εμφάνισης και ανάλυσης γεωγραφικών δεδομένων, αναζήτησης και επιλογής χωρικών δεδομένων, δημιουργίας γραφημάτων, και διαμόρφωσης χαρτών για εκτύπωση. Τα αρχεία που δημιουργεί έχουν επέκταση «.mxd». (ESRI Inc. 2006a, 2006b)

- ArcCatalog

Επιτρέπει στο χρήστη να έχει πρόσβαση και να διαχειρίζεται εύκολα τα γεωγραφικά δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στους τοπικούς δίσκους και σε προσβάσιμες βάσεις δεδομένων από το χρήστη. Τα δεδομένα μπορούν να αντιγραφούν, να διαγραφούν, να εμφανιστούν, να μεταβληθούν, εκτελούν δηλαδή λειτουργίες παρόμοιες με αυτές του Windows Explorer. Ακόμη δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας νέων αρχείων δεδομένων. (ESRI Inc. 2006a, 2006b)

- ArcToolBox

Είναι η τρίτη εφαρμογή του ArcGIS και έχει διάφορα εργαλεία γεωεπεξεργασίας. Με την εφαρμογή αυτή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μετατρέψει χωρικά δεδομένα από μια μορφή σε μια άλλη, και να αλλάξει το προβολικό σύστημα των δεδομένων του.

Οι επεκτάσεις (extensions) του περιβάλλοντος του ArcGIS, αποτελούν ξεχωριστά προϊόντα τα οποία προσθέτουν επιπλέον λειτουργικότητα στο λογισμικό πακέτο, επιτρέποντας στο χρήστη να ασχοληθεί με προχωρημένα θέματα, όπως τρισδιάστατη οπτικοποίηση, χωρική ανάλυση, γεωστατιστική, ανάλυση δικτύων, και πολλά ακόμα. Μερικές από αυτές είναι:

- Spatial Analyst
- 3D Analyst
- Geostatistical Analyst
- Network Analyst
- Schematics
- Tracking Analyst
- Data Interoperability
- Publisher
- Explorer

(<http://www.marathondata.gr/> 2016)

Τα βασικά αρχεία που υποστηρίζει το ArcGIS είναι:

- Shapefile
- Coverage
- CAD (dwg, dxf)

- DBF
- Ψηφιδωτά
- Εικόνες (Images)
- TIN
- Layer
- DAT

Πέραν αυτών των τύπων χρησιμοποιούνται και αρχεία δεδομένων τα οποία εμπεριέχονται σε μεγάλες βάσεις δεδομένων σε δίκτυα υπολογιστών και τα οποία είναι προσπελάσιμα μέσω του ArcSDE (Arc Spatial Data Engine). Επίσης υπάρχουν και δεδομένα τα οποία είναι διαθέσιμα μέσω διαδικτύου και καθίστανται προσπελάσιμα μέσω του ArcIMS. (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως 2010)

1.4 Ανάλυση Αναγλύφου

Η ανάλυση του αναγλύφου είναι μια διαδικασία κατά την οποία με τη χρήση τοπογραφικών δεδομένων αποκομίζουμε τα χαρακτηριστικά του εδάφους που περιγράφουν τη μορφολογία της επιφάνειας και την επιρροή του εδάφους σε περιβαλλοντικές διαδικασίες. (Zhu 2016)

Η ανάλυση αναγλύφου περιλαμβάνει τις λειτουργίες χωρικής ανάλυσης που προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά του τοπογραφικού αναγλύφου όπως ο υπολογισμός της κλίσης, του προσανατολισμού (έκθεση), του σκιασμένου αναγλύφου και η ανάλυση της ορατότητας σε σημεία του τοπογραφικού ανάγλυφου. Ακόμα περιλαμβάνεται η οπτικοποίηση του αναγλύφου σε δισδιάστατη και τρισδιάστατη μορφή (2D, 3D).

Εκτός όμως από τις παραπάνω διαδικασίες η ανάλυση αναγλύφου περιλαμβάνει και άλλες όπως υπολογισμοί καμπυλότητας και κλασματικής

διάστασης, αναγνώριση της μορφής του δικτύου απορροής, υδρολογική ανάλυση, διεύθυνση ροής, γεωμορφές, εύρεση υψομέτρου με παρεμβολή, δημιουργία χαρτών εκσκαφών και επιχώσεων (cut and fill), υπολογισμός πραγματικών αποστάσεων, επιφανειών (2D, 3D) και όγκων που όμως χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις εφαρμογών.

Συνδυάζοντας χάρτες που έχουν προκύψει από την ανάλυση αναγλύφου μπορούμε να έχουμε μια πιο ρεαλιστική εικόνα της εκάστοτε περιοχής σε περίπτωση ανέγερσης κάποιου έργου όπως ένας δρόμος, ένα σχολείο ή ένα εργοστάσιο.

(Κάβουρας et al. 2015, Giridhar et al., <http://courses.umass.edu/> 2016, Χαλκιάς)

1.5 Χρησιμότητα Ανάλυσης Αναγλύφου

Η γεωγραφική πληροφορία είναι σημαντικό χαρακτηριστικό για διάφορες δραστηριότητες, στρατηγικές ή μελλοντικά σχέδια. Το ανάγλυφο του εδάφους παίζει σημαντικό ρόλο σε αρκετές περιβαλλοντικές διεργασίες. Για παράδειγμα επηρεάζει την ροή και συσσώρευση του νερού και τη μεταφορά και συσσώρευση ιζημάτων, όπως άμμο, λάσπη, άργιλο, και άλλων ουσιών στην επιφάνεια της γης. Ακόμα επηρεάζει τα κλιματολογικά και μετεωρολογικά χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του εδάφους και έχει μια ισχυρή επίδραση στις χωρικές και χρονικές κατανομές του φωτός, του νερού, της θερμότητας και των θρεπτικών συστατικών που απαιτούνται από τα φυτά και τα ζώα. (Willson και Gallant 2000)

Η ανάλυση του αναγλύφου έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών στην επιστήμη του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα έχει χρησιμοποιηθεί για να αναλύσει τις σχέσεις του αναγλύφου με το τοπίο και να συμπεράνει τις ιδιότητες του εδάφους με βάση τις τοπογραφικές συνθήκες. (Park et al. 2001, MacMillan 2008), για να

αντλεί υδρολογικά, γεωμορφολογικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους και να τα μοντελοποιεί. (Moore et al. 1991) Ακόμα έχει χρησιμοποιηθεί για να μελετήσει τις σχέσεις διαφόρων ειδών με το περιβάλλον και να προβλέψει τη διανομή των ειδών αυτών, (Franklin 1998) και για να αξιολογήσει την πιθανότητα κατολίσθησης (Manzo et al. 2013)

Η κλίση του εδάφους καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ροή του νερού επομένως με τη βοήθεια ενός χάρτη κλίσεων θα μπορούσαμε να προβλέψουμε πιθανές πλημμύρες σε κάποιες περιοχές.

Με τη βοήθεια ενός χάρτη εκθέσεων μπορούμε να μελετήσουμε το κλίμα μιας περιοχής αφού όπως θα δούμε στο κεφάλαιο 4.1 λόγω της γωνίας του ήλιου στο βόρειο και νότιο ημισφαίριο επηρεάζεται αρκετά η θερμοκρασία.

Συνδυάζοντας τον χάρτη κλίσεων και εκθέσεων μπορούμε να αξιολογήσουμε πιθανή εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων και να μελετήσουμε την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία καθώς και την ανάκλαση της. (<http://geography.colorado.edu/> 2016, Manzo et al. 2013, Barry 1992) Ακόμα μπορούμε να μελετήσουμε την απορροή του νερού καθώς και τη διάβρωση. (Moore et al. 1993) Η κλίση και η έκθεση είναι σημαντικοί παράμετροι σε βιολογικές και γεωμορφολογικές διαδικασίες, έχουν επιρροή στην βιοποικιλότητα (Kumar και Skidmore 2000), στο ύψος των δέντρων (Kirckpatrick και Nunez 1980) καθώς και στους ανθρώπινους οικισμούς. Επίσης επηρεάζουν την διανομή της πανίδας (Stefanovic και Wiersema 1985) αλλά και τις κλιματολογικές συνθήκες. (Barry 1992)

Ο χάρτης σκιασμένου αναγλύφου είναι χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις μελέτης της ηλιοφάνειας και της διαχρονικής μεταβολής της οπότε είναι αρκετά σημαντικός σε περιπτώσεις επιλογής θέσης ενός φωτοβολταϊκού πάρκου όπου θέλουμε να έχουμε την μέγιστη ηλιοφάνεια για το μεγαλύτερο μέρος της μέρας.

Είναι ακόμα χρήσιμος σε περιπτώσεις που θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα μοντέλο για το λιώσιμο των πάγων, τα ποσοστά της φωτοσύνθεσης αλλά και της καταλληλότητας μιας περιοχής για ορισμένα είδη καλλιεργειών.

Ένας χάρτης ορατότητας είναι χρήσιμος κυρίως σε περιπτώσεις που πρέπει να έχουμε οπτική επαφή με μια περιοχή ή ένα αντικείμενο, χρησιμοποιείται για τον αστικό σχεδιασμό και την αξιολόγηση του αστικού περιβάλλοντος (Lake et al. 1998), την προστασία απειλούμενων ειδών (Camp et al. 1997), την ανάλυση αρχαιολογικών θέσεων (Lake et al. 1998) αλλά και για στρατιωτικούς σκοπούς (VanHorn και Mosurinjohn 2010) και το σχεδιασμό βέλτιστης διαδρομής (Lee και Stucky 1998). Πιο συγκεκριμένα είναι σημαντικός σε περιπτώσεις σχεδιασμού σταθμών παρατήρησης πυρκαγιών ή όταν σε μια εγκατάσταση, όπως ένα αιολικό πάρκο (Kidner et al. 1999), θέλουμε να έχουμε αμοιβαία ορατότητα όλων των μηχανημάτων με σκοπό την καλύτερη διαχείριση. Σε περιπτώσεις χώρων αστικού πρασίνου ή πάρκων στόχος είναι να είναι ορατά από το μεγαλύτερο μέρος της πόλης αλλά μεγάλες εγκαταστάσεις, όπως μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, ή εργοστάσια προτιμάμε να μην είναι ορατά από το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού έτσι ώστε να μην αλλοιώνεται η αισθητική του τοπίου, επομένως με ένα χάρτη ορατότητας θα είχαμε μια εκτίμηση.

Η ανάλυση αναγλύφου είναι απαραίτητη για τη δημιουργία μοντέλου κινδύνου εκδήλωσης πυρκαγιάς. Με βάση το μοντέλο των Chuvieco E. και Congalton R. οι παράγοντες που εμπλέκονται με τον κίνδυνο πυρκαγιάς είναι το υψόμετρο, οι κλίσεις, οι εκθέσεις, η απόσταση από τους δρόμους και τα είδη βλάστησης.

1.6 Εντολές του ArcGIS για Ανάλυση Αναγλύφου

Για την ανάλυση του αναγλύφου του νομού Χανίων χρησιμοποιήθηκαν από το μενού του «3D Analyst» οι εντολές:

- «*Slope*»

Για το χάρτη κλίσεων χρησιμοποιήθηκε η εντολή «*Slope*».

- «*Aspect*»

Για το χάρτη εκθέσεων χρησιμοποιήθηκε η εντολή «*Aspect*»

- «*Hillshade*»

Για το χάρτη σκιάσεων χρησιμοποιήθηκε η εντολή «*Hillshade*»

- «*Viewshed*»

Για το χάρτη ορατότητας χρησιμοποιήθηκε η εντολή «*Viewshed*»

2 Περιοχή Μελέτης



Εικόνα 3: Γεωμορφολογικός Χάρτης Χανίων (<http://chania.orgfree.com/> 2016)

Ο νομός Χανίων είναι ένας από τους 51 νομούς της Ελλάδας και συγκεκριμένα ένας από τους 4 νομούς της περιφέρειας Κρήτης. Πρωτεύουσα του νομού είναι τα Χανιά και δεύτερη μεγαλύτερη πόλη η Σούδα. Ο πληθυσμός του νομού με βάση την απογραφή του 2011 ανέρχεται σε 156.585 κατοίκους (<http://www.statistics.gr/> 2016). Καταλαμβάνει μια έκταση 2.376 τετραγωνικών χιλιομέτρων (6,3% της συνολικής έκτασης της Ελληνικής επικράτειας) ενώ έχει ακτογραμμή πάνω από 250 χιλιόμετρα. (<http://www.chania-info.gr/> 2016, <http://www.crete.gov.gr/> 2016)

2.1 Διοικητικά Όρια



Εικόνα 4: Δήμοι Νομού Χανίων (<http://www.haniorama.gr/> 2016)

Ο νομός Χανίων από τον Ιανουάριο του 2011 με την εφαρμογή του προγράμματος «Καλλικράτης» αποτελείται από τους δήμους Χανίων, Αποκορώνου, Πλατανιά, Κισσάμου, Καντάνου-Σελίνου, Γαύδου και Σφακίων. (<http://www.kallikratis.eu/> 2016)

Δήμος	Έδρα
Χανίων	Χανιά
Αποκορώνου	Βρύσες Αποκορώνου
Σφακίων	Σφακιά
Καντάνου-Σελίνου	Παλαιόχωρα
Γαύδου	Γαύδος
Κισσάμου	Κίσσαμο
Πλατανιά	Γεράνι

Πίνακας 1: Δήμοι και Έδρες Νομού Χανίων (<http://www.kallikratis.eu/> 2016)

Ο Δήμος Χανίων με έδρα τα Χανιά και έκταση 356,12 τετραγωνικά χιλιόμετρα, αποτελείται από τους πρώην δήμους:

- Χανίων
- Ελευθερίου Βενιζέλου
- Θερύσσου
- Νέας Κυδωνιάς
- Σούδας
- Ακρωτηρίου
- Κεραμίων

οι οποίοι καταργούνται.



Εικόνα 5: Διοικητικά Όρια Δήμου Χανίων (<https://www.hc-crete.gr/> 2016)

Ο Δήμος Αποκορώνου με έδρα τις Βρύσες Αποκορώνου, ιστορική έδρα το Βάμο και έκταση 323,13 τετραγωνικά χιλιόμετρα, αποτελείται από τους πρώην δήμους:

- Φρε
- Βάμου
- Γεωργιουπόλεως
- Κρυονέριδας
- Αρμενων
- την κοινότητα Ασή Γωνιάς

οι οποίοι καταργούνται.



Εικόνα 6: Διοικητικά Όρια Δήμου Αποκορώνου (<https://www.hc-crete.gr/> 2016)

Στο δήμο Σφακίων, ο οποίος έχει έκταση 469,582 τετραγωνικά χιλιόμετρα, δεν επέρχεται καμία μεταβολή.



Εικόνα 7: Διοικητικά Όρια Δήμου Σφακίων (<https://www.hc-crete.gr/> 2016)

Ο Δήμος Καντάνου – Σελίνου με έδρα την Παλαιόχωρα, ιστορική έδρα την Κάντανο και έκταση 369,06 τετραγωνικά χιλιόμετρα, αποτελείται από τους πρώην δήμους:

- Καντάνου
- Ανατολικού Σελίνου
- Πελεκάνου

οι οποίοι καταργούνται.



Εικόνα 8: Διοικητικά Όρια Δήμου Καντάνου-Σελίνου (<https://www.hc-crete.gr/> 2016)

Η κοινότητα Γαύδου αναγνωρίζεται σε δήμο, με όνομα, έδρα και εδαφική περιφέρεια αυτά της τέως κοινότητας. Η έκτασή της είναι 27 τετραγωνικά χιλιόμετρα.

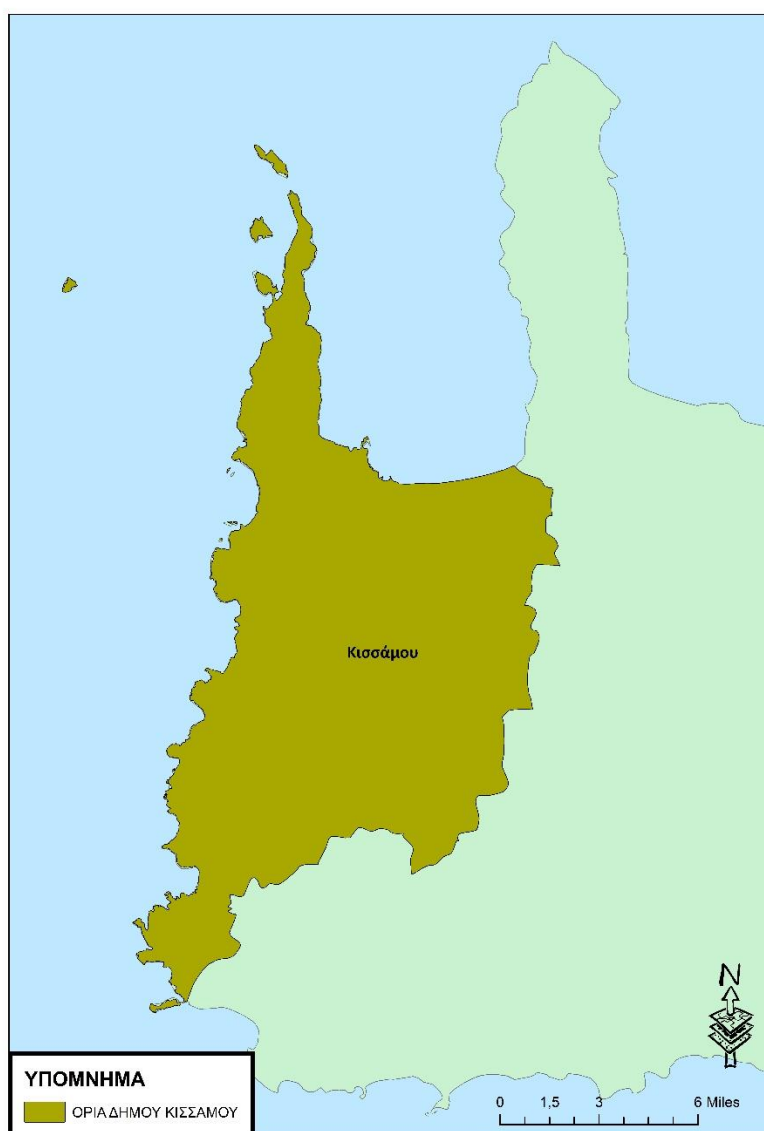


Εικόνα 9: Διοικητικά Όρια Δήμου Γαύδου (<https://www.hc-crete.gr/> 2016)

Ο Δήμος Κισσάμου με έδρα τον Κίσσαμο και έκταση 334,18 τετραγωνικά χιλιόμετρα, αποτελείται από τους πρώην δήμους:

- Κισσάμου
- Μυθήμνης
- Ινναχωρίου

οι οποίοι καταργούνται.

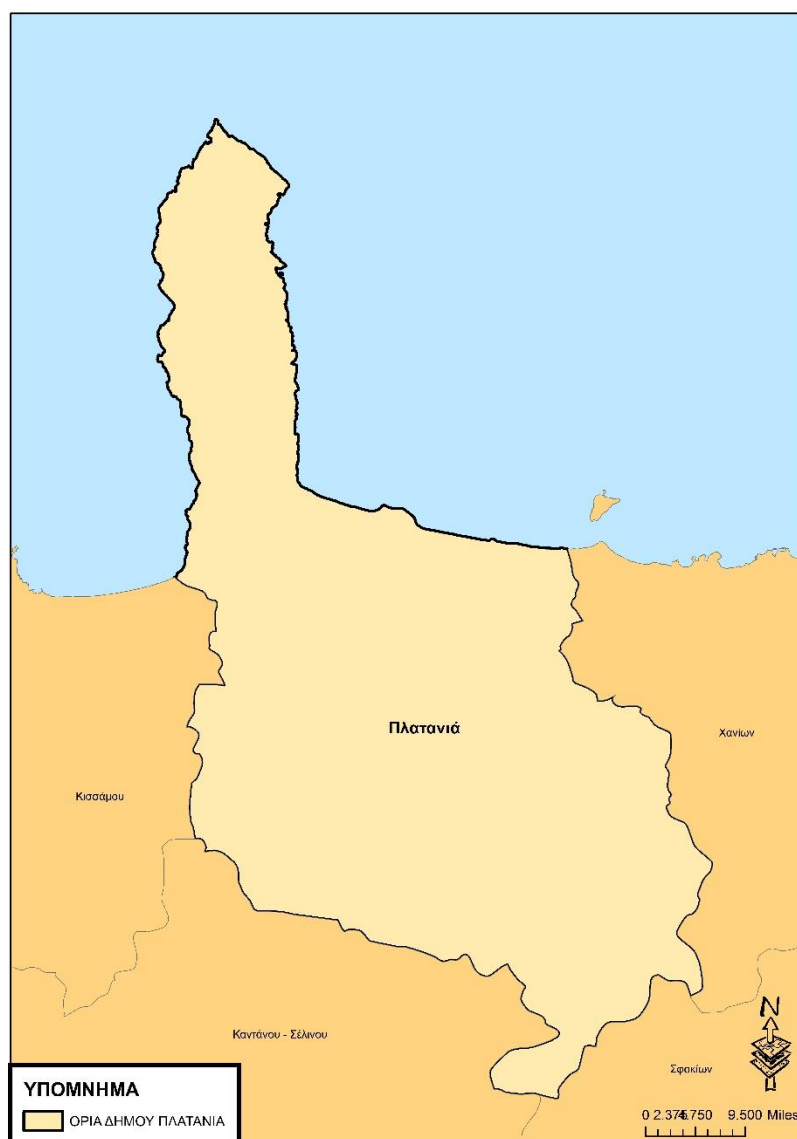


Εικόνα 10: Διοικητικά Όρια Δήμου Κισσάμου (<https://www.hc-crete.gr/> 2016)

Ο Δήμος Πλατανιά με έδρα το Γεράνι και έκταση 495,43 τετραγωνικά χιλιόμετρα, αποτελείται από τους πρώην δήμους:

- Κολυμβαρίου
- Μουσούρων
- Βουκολιών
- Πλατανιά

οι οποίοι καταργούνται.



Εικόνα 11: Διοικητικά Όρια Δήμου Πλατανιά (<https://www.hc-crete.gr/> 2016)

Οι δήμοι Σφακίων και Καντάνου – Σελίνου χαρακτηρίζονται ως ορεινοί. (Ν. 3852/2010 (ΦΕΚ 87 Α'/7.6.2010))

2.2 Γεωγραφία

Ο νομός Χανίων τοποθετείται γεωγραφικά μεταξύ του νομού Ρεθύμνου προς τα ανατολικά, του Κρητικού πελάγους προς τα δυτικά και βόρεια, και του Λιβυκού πελάγους προς τα νότια. Το έδαφος είναι κατά το 1/5 σχεδόν πεδινό (πεδιάδες Χανίων, Κισσάμου, Αποκορώνου), κατά το 1/5 σχεδόν ημιορεινό και κατά τα 3/5 σχεδόν ορεινό. Μεγάλα υδάτινα ρεύματα δεν υπάρχουν στο νομό, υπάρχουν όμως πολλές πηγές, συνδεδεμένες με την τεράστια λεκάνη απορροής των Λευκών Ορέων (800 τετραγωνικά χιλιόμετρα), ενώ η λίμνη Κουρνά, στο βορειοδυτικό άκρο του νομού, αποτελεί εμφάνιση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Στο ανάγλυφο του δεσπόζουν τα Λευκά Όρη (ή Μαδάρες), με ψηλότερη κορυφή τις Πάχνες (2.454 μέτρα). Στα Λευκά Όρη βρίσκεται και το φαράγγι της Σαμαριάς, που εκτείνεται από τα βόρεια προς τα νότια, ανατολικά του Βολακιά, και καταλήγει στο χωριό Αγία Ρουμέλη. Δυτικότερα σχηματίζεται το δεύτερο μεγάλο φαράγγι της Κρήτης, του Νίμπρου ή Ίμπρου. Στα ημιορεινά υπάρχουν μικρά οροπέδια και κοιλάδες, όπως το οροπέδιο του Ομαλού (1.100 μέτρα), βορειοδυτικά των Λευκών Ορέων, το οροπέδιο του Ασκύφου στα ανατολικά, η κοιλάδα της Καντάνου και το παράκτιο υψίπεδο της Χώρας Σφακίων. Στις βόρειες ακτές του νομού υπάρχουν δύο κόλποι (Κισσάμου και Χανίων), καθώς και ο βαθύς όρμος της Σούδας.

Τα Λευκά Όρη χωρίζουν το νομό σε δύο εντελώς διαφορετικά τμήματα. Το τμήμα της παραλιακής ζώνης, με 415 χιλιόμετρα ακτών, είναι πεδινό ή σχεδόν πεδινό, πλουσιότερο και πιο πυκνοκατοικημένο, ενώ η αραιοκατοικημένη κατά κανόνα ορεινή ενδοχώρα αποτελεί μία από τις πιο αυθεντικές περιοχές της Κρήτης.

Οι περισσότερες παραλίες, τόσο κοντά στην πόλη των Χανίων όσο και στα υπόλοιπα παράλια, είναι εξαιρετικές με πεντακάθαρα νερά (πολλές έχουν βραβευτεί με γαλάζιες σημαίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης), ενώ οι περισσότερες είναι οργανωμένες. Εκτός από τις μαγευτικές παραλίες, ο νομός Χανίων διαθέτει μοναδικές λίμνες, όπως αυτή του Κουρνά και της Αγιάς και σπήλαια, χερσαία και θαλάσσια.

Η μορφολογία του εδάφους και η θέση της Κρήτης στο κέντρο της Μεσογείου έχουν άμεση απήχηση στο κλίμα του νομού Χανίων, που χαρακτηρίζεται εύκρατο μεσογειακό και ιδιαίτερα ξηροθερμικό, με την ηλιοφάνεια να καλύπτει το 70% των ημερών του έτους. Ο Νομός Χανίων θεωρείται η πιο πράσινη περιοχή στην Κρήτη, καθώς τα Λευκά Όρη αιχμαλωτίζουν τα υγρά ρεύματα από το Ιόνιο Πέλαγος και έτσι οι βροχοπτώσεις είναι αυξημένες.

(<https://el.wikipedia.org/> 2016, <http://www.chania-cci.gr/> 2016)

2.3 Χλωρίδα και Πανίδα

Η γεωγραφική απομόνωση της Κρήτης και η μακροχρόνια εξέλιξη των απομονωμένων ειδών σε συνδυασμό με τις διαφορετικές καταστάσεις που δημιουργεί το έντονο ανάγλυφο, η σύσταση του εδάφους καθώς και το κλίμα είχαν ως αποτέλεσμα την ύπαρξη πολλών διαφορετικών ενδιαιτημάτων και μεγάλο πλούτο σε ενδημικά είδη χλωρίδας και πανίδας.

Η χλωρίδα, άμεσα συνδεδεμένη με το κλίμα και τη γεωμορφολογία, εμφανίζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Στην Κρήτη υπάρχουν περίπου 1750 είδη φυτών εκ των οποίων περίπου 160 είναι ενδημικά. Ωστόσο το ανάγλυφο της περιοχής, δύσβατες ορεινές περιοχές και φαράγγια που ακόμα δεν έχουν ερευνηθεί, ανατρέπουν συνεχώς τα δεδομένα για τον αριθμό και την κατανομή των φυτικών ειδών στο νησί.

Στο αγροτικό τοπίο κυρίαρχη θέση κατέχουν οι αμπελώνες, οι ελαιώνες και οι πορτοκαλεώνες. Στα ημιορεινά επικρατεί χαμηλή βλάστηση κυρίως φρύγανων και αρωματικών φυτών, αλλά και ενδημικών φυτών και λουλουδιών, ορισμένα από τα οποία απειλούνται σημαντικά. Από το σύνολο των ενδημικών φυτών της Κρήτης, τα 100 περίπου βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή των Λευκών Ορέων. Πολλά από τα ενδημικά και σπάνια φυτά της Κρήτης υπάρχουν στα φαράγγια στα νότια του νομού Χανίων, ενώ μοναδικά είδη απαντούν στις κορυφές των Λευκών Ορέων. Τα Κρινάκια της θάλασσας (*Pancratium maritimum*), ο κρητικός Έβενος (*Ebenus cretica*), η Λαδανιά (*Cistus creticus*), τα Κυκλάμινα (*Cyclamen persicum*), οι κρητικές Τουλίπες (*Tulipa cretica*), η κρητική Καμπανούλα (*Campanula cretica*), σπάνιο και πολύ όμορφο φυτό που συναντάται μόνο στα Χανιά, και κυρίως τα αρωματικά φυτά, που αναπτύσσονται συνήθως στις απότομες πλαγιές των φαραγγιών, Δίκταμος (*Origanum dictamnus*), Μαλοτύρα (*Sideritis syriaca* spp. *syriaca*), Θυμάρι (*Corridothymus capitatus*), το Φασκόμηλο (*Salvia fruticosa*) και η Αγριομαντζουράνα (*Origanum microphyllum*) είναι λίγα από τα είδη της χλωρίδας που αφθονούν στο νομό. Στο οροπέδιο του Ομαλού συναντάται το Σταμναγκάθι (*Cichorium spinosum*).

Οι δασικές εκτάσεις συναντώνται πιο σπάνια και αναπτύσσονται κυρίως στα ορεινά. Από τα δασικά είδη, αυτά που κυριαρχούν στο νησί είναι το Πεύκο (*Pinus* spp) και το Κυπαρίσσι (*Cupressus sempervirens*), κωνοφόρα είδη με μεγάλη προσαρμοστικότητα στα ακραία περιβάλλοντα αλλά και το αειθαλές Σφενδάμι (*Acer sempervirens*). Επιπλέον, συναντούμε την Αμπελιτσιά (*Zelkova abeliceae*) ή «ανέγνωρο δένδρο», ένα από τα σπανιότερα δέντρα στον κόσμο, που φύεται σχεδόν αποκλειστικά στα Λευκά Όρη σε μικρούς πληθυσμούς.

Λόγω της απουσίας των μεγάλων θηλαστικών και άγριων σαρκοβόρων ζώων η πανίδα φαίνεται εκ πρώτης όψης φτωχή, έχει όμως εξαιρετικά πλούσια ορνιθοπανίδα. Ειδικότερα για την ορνιθοπανίδα στα Χανιά έχουν καταγραφεί

μέχρι σήμερα 114 είδη πτηνών, 37 από τα οποία είναι μόνιμοι κάτοικοι της περιοχής και 27 καλοκαιρινοί επισκέπτες που θεωρείται ότι αναπαράγονται σε αυτήν. Μεγαλύτερη συγκέντρωση ενδημικών ειδών εντοπίζεται σε ορεινούς όγκους και φαράγγια, όπου επικρατούν ιδανικές κλιματολογικές συνθήκες ενώ η ανθρώπινη παρουσία είναι σαφώς περιορισμένη. Ενδημικά είδη εντοπίζονται σε όλες τις ομάδες (θηλαστικά, τρωκτικά, αμφίβια, ερπετά, ασπόνδυλα και σπονδυλόζωα). Σε ολόκληρη την Κρήτη δεν υπάρχουν σαρκοφάγα θηλαστικά (λύκος, τσακάλι κλπ.).

Τα Λευκά Όρη ως επί το πλείστον φιλοξενούν τα μοναδικά είδη της Κρήτης. Στο φαράγγι της Σαμαριάς ζει ελεύθερο το κρητικό αγριοκάτσικο ή κρητικός αίγαγρος, γνωστό ως κρι-κρι ή αγρίμι. Ακόμη, άλλα ζώα είναι ο Ακανθοπόντικας, ο κρητικός ασβός (*Meles*), το κρητικό κουνάβι (*Marten*) και η κρητική νυφίτσα (*Mustela naevalis*). Επίσης, τα Λευκά Όρη είναι σημαντική περιοχή για τα αρπακτικά Σπιζαετός (*Hieraaetus fasciatus*), Γυπαετός (*Gypaetus barbatus*), Όρνιο (*Gyps fulvus*), Χρυσαιτός (*Aquila chrysaetos*), Πετρίτης (*Falco peregrinus*). Το όρος Κουτρούλης και η χερσόνησος Ροδωπού, εξάλλου, είναι σημαντικοί βιότοποι για την ορνιθοπανίδα. Τέλος, οι δύο λίμνες του νομού, η λίμνη Κουρνά και η λίμνη Αγιάς, φιλοξενούν είδη της ορνιθοπανίδας. Αργυροτσικνιάδες (*Egretta alba*), Πορφυροτσικνιάδες (*Ardea purpurea*), Χαλκόκοτες (*Plegadis falcinellus*), Μικροπουλάδες (*Porzana parva*) και ορισμένα αρπακτικά συναντάμε στη λίμνη Κουρνά, ενώ η λίμνη Αγιάς φιλοξενεί μεταναστευτικά πουλιά, όπως Ερωδιούς (*Ardea*), Χαλκόκοτες (*Plegadis falcinellus*), Καλαμοκανάδες (*Himantopus himantopus*) κ.α.

Μεγάλο τμήμα του φυσικού περιβάλλοντος των Χανίων έχει χαρακτηριστεί προστατευόμενο, λόγω της πλούσιας και σπάνιας πανίδας και χλωρίδας του. Το φαράγγι της Σαμαριάς έχει ανακηρυχθεί εθνικός δρυμός. Η λίμνη Αγιάς, η λίμνη Κουρνά, οι νήσοι Γαύδος και Γαυδοπούλα, το Ελαφονήσι και άλλες περιοχές προστατεύονται από το πρόγραμμα "Natura 2000". (<https://el.wikipedia.org/> 2016, <https://www.incrediblecrete.gr/> 2016,

<http://www.chania-info.gr/> 2016, <http://www.destinationcrete.gr/> 2016, <http://www.ornithologiki.gr/> 2016)

2.4 Υψόμετρα

Το υψόμετρο (elevation) είναι η κάθετη απόσταση της επιφάνειας στην οποία βρίσκεται ένα αντικείμενο με ένα καθορισμένο επίπεδο αναφοράς. Συνήθως το υψόμετρο μετριέται ως η κάθετη απόσταση (υψομετρική διαφορά) ενός σημείου από το επίπεδο της θάλασσας (Μέση Στάθμη Θάλασσας), ενώ για πιο ακριβείς μετρήσεις χρησιμοποιείται το γεωειδές. Στις ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο και την αεροναυτιλία το υψόμετρο αποδίδεται αριθμητικά σε πόδια, ενώ σε όλες τις άλλες περιπτώσεις σε μέτρα.

Όταν το υψόμετρο αναφέρεται κάτω από το επίπεδο αναφοράς (ΜΣΘ), στον ηπειρωτικό γεωφλοιό τότε εκφράζεται με αρνητικό πρόσημο, αν αντίθετα αναφέρεται στον ωκεάνιο γεωφλοιό ονομάζεται βάθος. Ενώ για σημεία πάνω από την επιφάνεια της Γης (π.χ. αεροπλάνα, πύραυλοι, διαστημόπλοια κ.λπ.), χρησιμοποιείται ο όρος ύψος ή γεωδυναμικό ύψος.

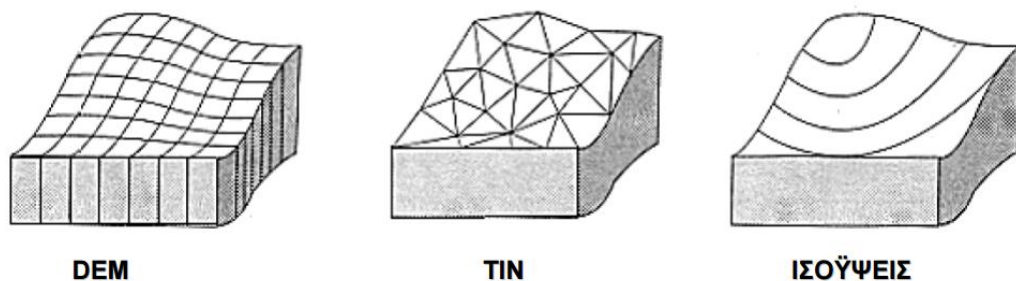
Στην Ελλάδα το μεγαλύτερο υψόμετρο κατέχει η Βίγλα Φλώρινας (1.550 μ.) και το χαμηλότερο η Κεραμωτή Καβάλας (1 μ.). Γενικά τα παράλια χωριά και οι λιμένες πόλεις έχουν μέσο υψόμετρο 2 - 7 μ. (<https://el.wikipedia.org/> 2016)

2.5 Το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων στην Περιοχή Μελέτης

Όταν οι σύγχρονες αεροφωτογραφίες και η δορυφορική τηλεπισκόπηση άρχισε να παρέχει συνεχείς πληροφορίες για την επιφάνεια του εδάφους μέσω οπτικών μέσων, ραντάρ ή λέιζερ η τοπογραφία απέκτησε νέο νόημα στις χωρικές μελέτες. Η ικανότητά μας να αντιλαμβανόμαστε και να αναλύουμε το

φυσικό, βιολογικό και χημικό χαρακτήρα της επιφάνειας της γης έχει σε μεγάλο βαθμό επεκταθεί. (Sulebak 2000)

Σήμερα οι πληροφορίες σχετικά με το υψόμετρο παρουσιάζονται ως υψομετρικά δεδομένα σε ψηφιακή μορφή. Αυτή η μορφή ονομάζεται Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων ΨΜΥ (Digital Elevation Model, DEM). Το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων είναι μια διατεταγμένη σειρά αριθμών, που αναπαριστά την χωρική κατανομή των υψομέτρων, τα οποία αναφέρονται σε ένα σύστημα αναφοράς. Γενικότερα, αποτελεί ένα υποσύνολο των ψηφιακών μοντέλων εδάφους, στα οποία αναπαρίσταται, τα χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας. Υπάρχουν διαφορετικές μορφές που μπορεί να το συναντήσει κανείς, οι πιο συνηθισμένες είναι το μοντέλο δεδομένων raster (ή grid), το μοντέλο δεδομένων Triangular Irregular Network(TIN) και οι ισοϋψείς καμπύλες. (Sulebak 2000, Moore et al. 1991)



Εικόνα 12: Μορφές Ψηφιακών Μοντέλων Υψομέτρων (Χαλκιάς 2016)

- Μοντέλο Δεδομένων Raster (ή Grid)

Το μοντέλο δεδομένων τύπου Raster είναι η απλούστερη μορφή αναπαράστασης της τρίτης διάστασης. Αποτελείται από σημεία, κανονικά δομημένα πάνω στις κορυφές ενός καννάβου των οποίων σημείων είναι γνωστό το υψόμετρο και η οριζοντιογραφική του θέση λόγω της δομής τους. Η

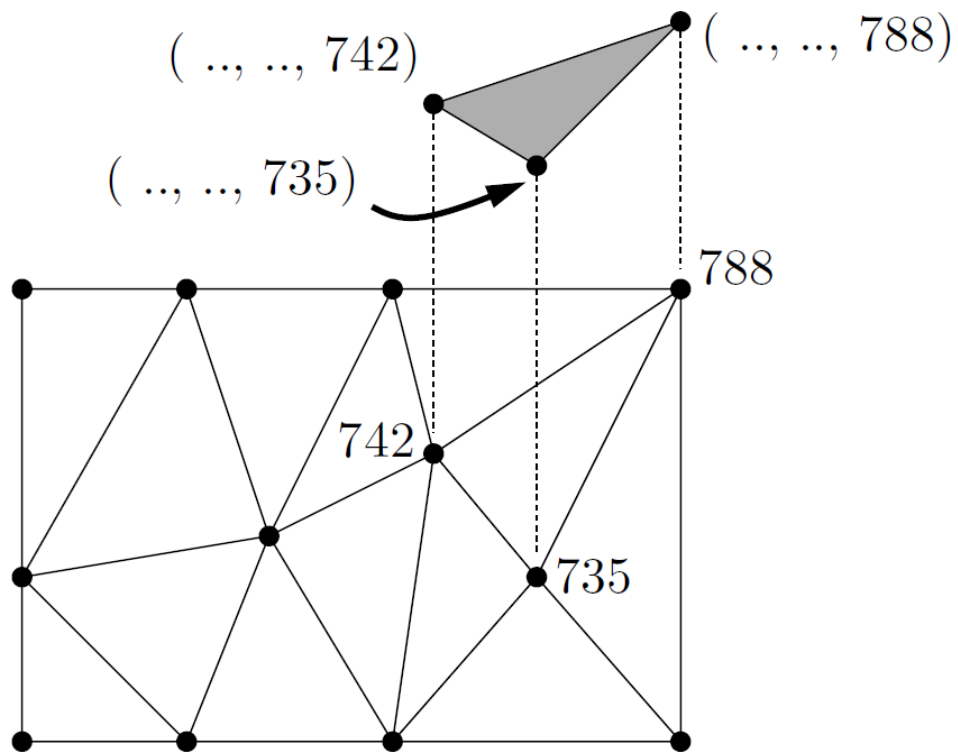
μορφή του καννάβου αυτού σε κάτοψη είναι συνήθως τετραγωνική. Η δημιουργία τους στηρίζεται συνήθως στην παρεμβολή υψομέτρων στα σημεία-κορυφές του καννάβου, κάνοντας χρήση των διαθέσιμων δεδομένων στη μορφή που υπάρχουν (τυχαία υψόμετρα, ισοϋψείς καμπύλες, συστηματικά κατανεμημένα υψόμετρα και λοιπά) (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως 2010)

80	74	62	45	45	34	39	56
80	74	74	62	45	34	39	56
74	74	62	62	45	34	39	39
62	62	45	45	34	34	34	39
45	45	45	34	34	30	34	39

Εικόνα 13: Παράδειγμα Μοντέλου Raster (<http://webhelp.esri.com/> 2016)

- Μοντέλο Δεδομένων Triangular Irregular Network (TIN)

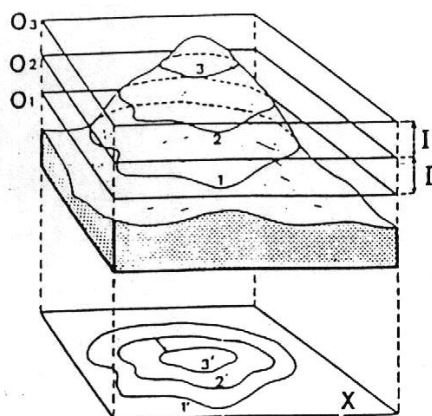
Το μοντέλο TIN αποτελείται από δύο βασικά στοιχεία: από σημεία των οποίων είναι γνωστή η θέση τους στον τρισδιάστατο χώρο (x,y,H) και από μια σειρά ακμών οι οποίες συνδέουν τα σημεία μεταξύ τους έτσι ώστε να υλοποιείται ένα δίκτυο από τρίγωνα. Το μοντέλο TIN μπορεί να δημιουργηθεί από τα αρχικά δεδομένα ως έχουν ή και ελαττωμένα στις περιπτώσεις που υπάρχει πληθώρα σημείων. Το γεγονός αυτό επιτρέπει την περιγραφή του αναγλύφου με χρήση της ελάχιστης ικανής πληροφορίας. Έχει την ικανότητα να περιγράφει με πολύ καλή ακρίβεια απότομες μεταβολές του αναγλύφου ακόμα και ασυνέχειές του όπως γεωλογικά ρήγματα ή τομές τεχνικών έργων. (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως 2010)



Εικόνα 14: Παράδειγμα Μοντέλου TIN (Van Kreveld 1997)

- Ισοϋψείς Καμπύλες

Είναι οι κλειστές καμπύλες γραμμές που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση του αναγλύφου του εδάφους. Κάθε ισοϋψής είναι η τομή της επιφάνειας του εδάφους μ' ένα οριζόντιο επίπεδο. Επομένως η ισοϋψής είναι ο γεωμετρικός τόπος των σημείων που έχουν το ίδιο υψόμετρο. (Δημάδη)



- O₁, O₂, O₃ : Οριζόντια επίπεδα
 1, 2, 3 : Ισοϋψείς
 I : Ισοδιάσταση
 X : επίπεδο χάρτη
 1', 2', 3' : Ισοϋψείς χάρτη

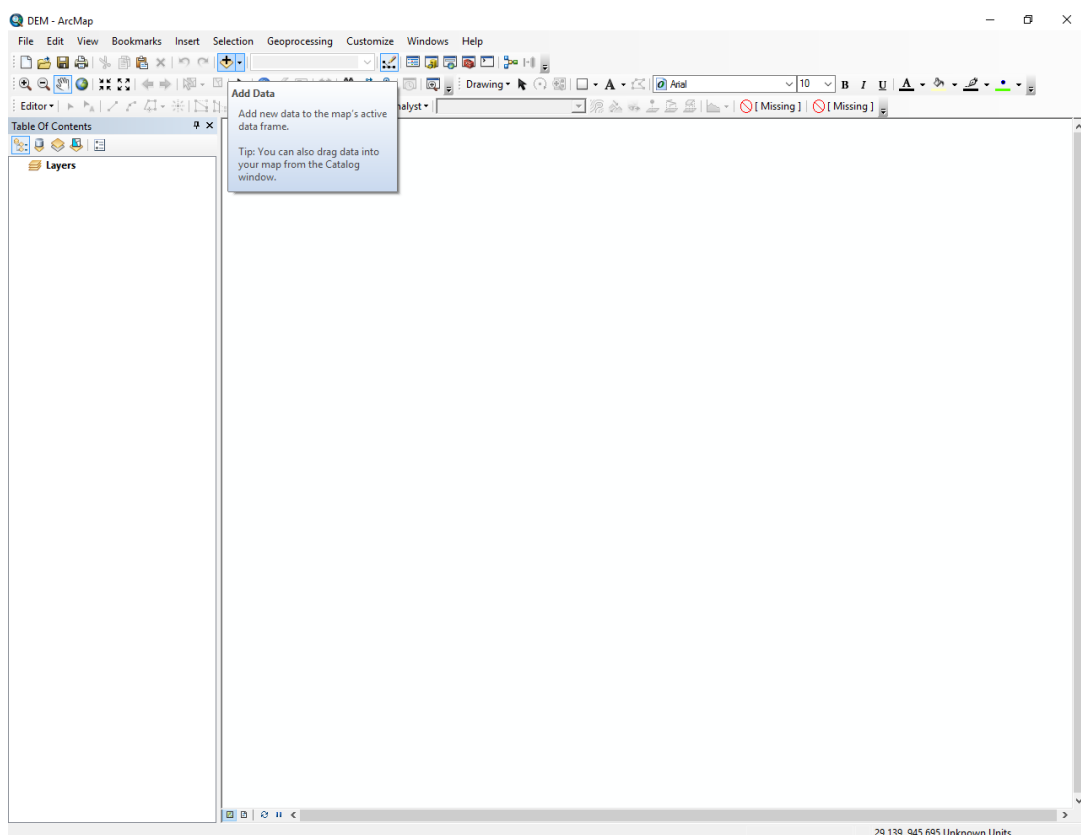
Εικόνα 15: Ισοϋψείς Καμπύλες (Δημάδη)

Τα Ψηφιακά Μοντέλα Υψομέτρων αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Πιο συχνά χρησιμοποιούνται στην υδρολογική μοντελοποίηση, στην προσομοίωσης πλημμυρών, στην οριοθέτηση και ανάλυση των λεκανών απορροής και των δικτύων αποχέτευσης. Ακόμα χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της διάβρωσης του εδάφους και της μεταφοράς ιζημάτων καθώς και για την γεωμορφολογική αξιολόγηση μιας περιοχής. Αναγκαία είναι επίσης και σε περιπτώσεις σχεδιασμού τεχνικών έργων, σε περιπτώσεις χωματουργικών έργων, στον υπολογισμό των χωματισμών και του κόστους μεταφοράς τους, στην ανάλυση αναγλύφου και στη δημιουργία μοντέλων υπολογισμού απορροής. (Peckam και Jordan 2007)

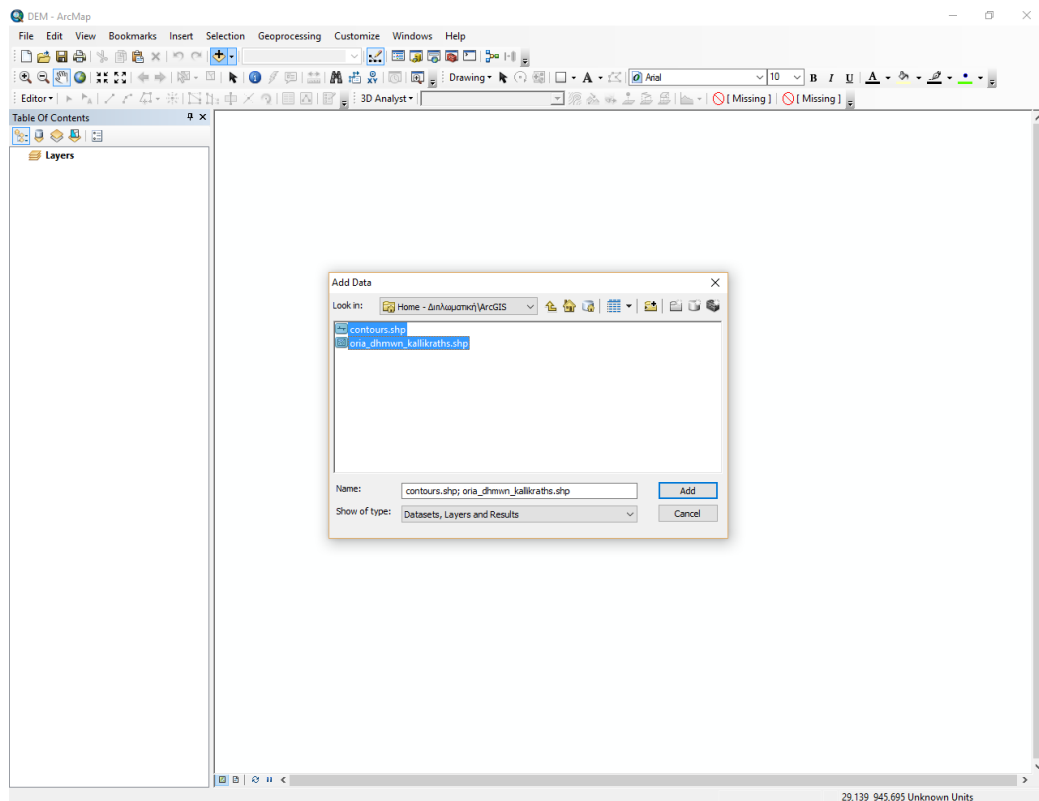
Ο όρος Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων χρησιμοποιείται συχνά για να αναφερθεί σε οποιαδήποτε ψηφιακή αναπαράσταση της τοπογραφικής επιφάνειας, ωστόσο τις περισσότερες φορές χρησιμοποιείται για να αναφερθεί συγκεκριμένα σε ένα raster αρχείο. (<http://www.geogra.uah.es/> 2016)

Παρακάτω φαίνεται η διαδικασία για την εξαγωγή του Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων σε μορφή TIN, raster και οι ισοϋψείς καμπύλες για το νομό Χανίων έτσι όπως προέκυψαν από το ArcMap.

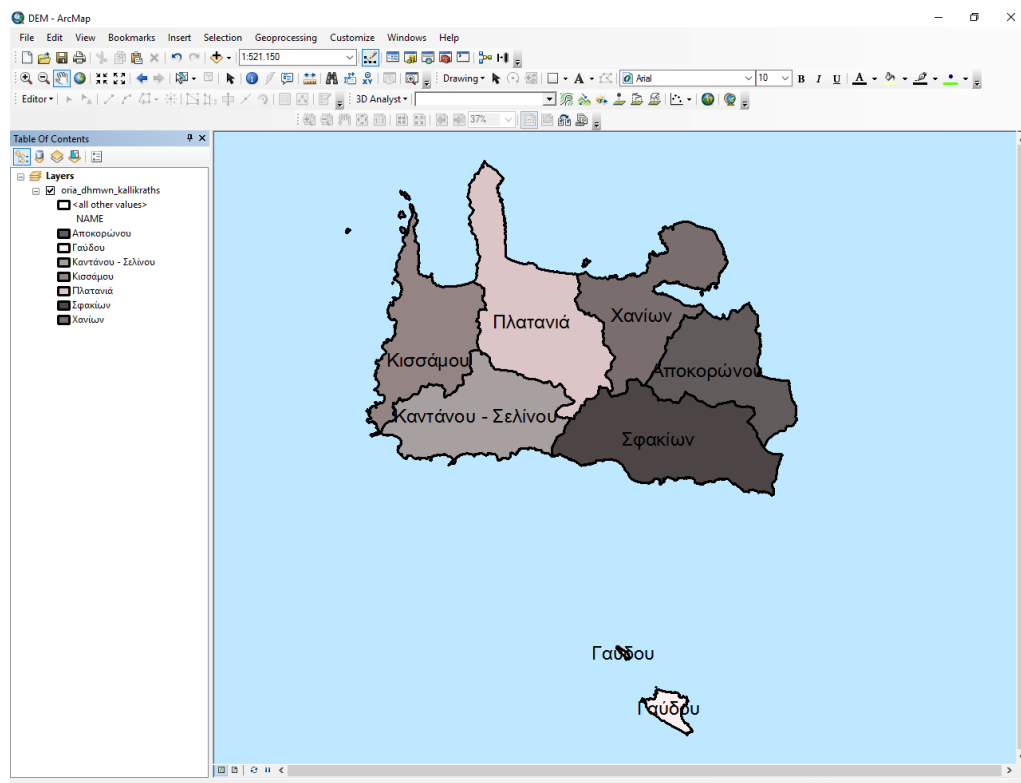
Αρχικά ανοίγουμε ένα νέο χάρτη και από την επιλογή «*Add Data*» προσθέτουμε τις ισοϋψείς (contours) ισοδιάστασης 10 μέτρων, καθώς και τα όρια των δήμων για το νομό Χανίων (oria_dhmwn_kallikraths). (<http://geodata.gov.gr/> 2016)



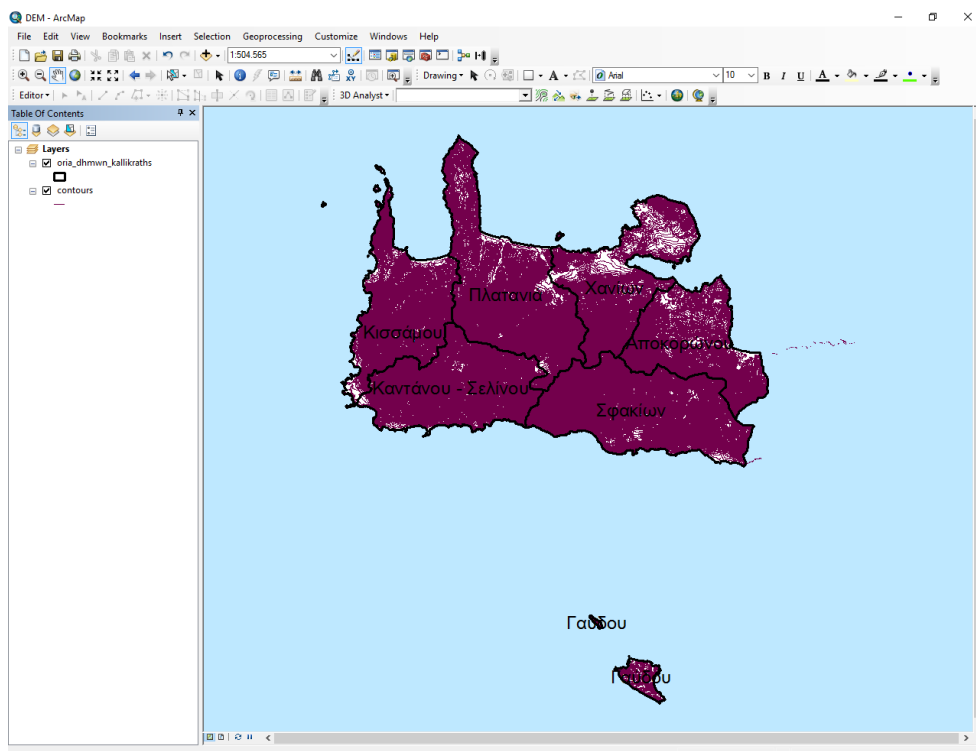
Εικόνα 16: Νέος Κενός Χάρτης στο ArcMap 10.2.2



Εικόνα 17: Προσθήκη Δεδομένων

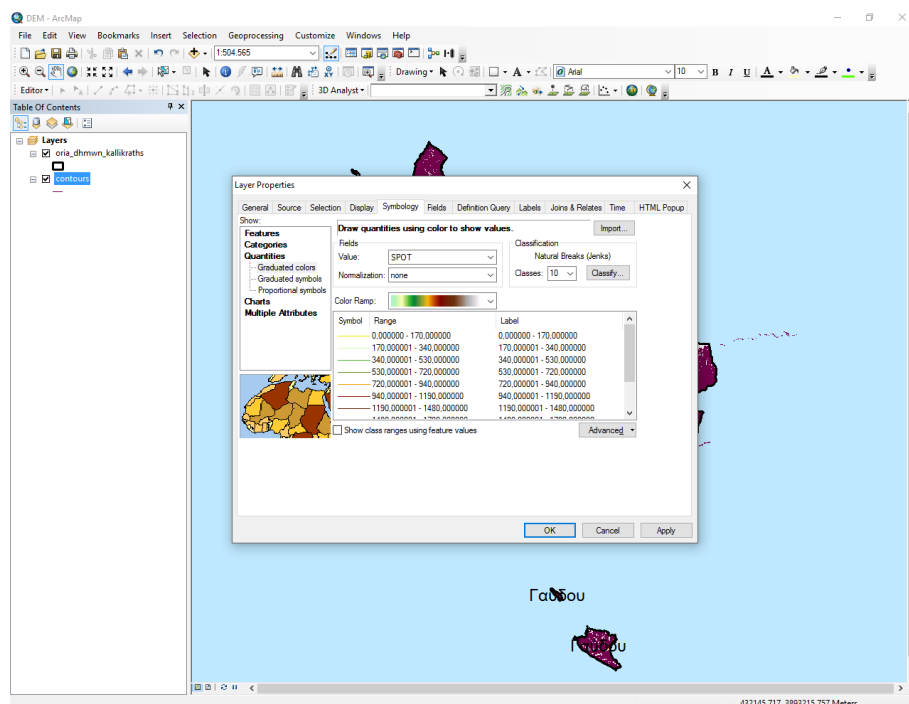


Εικόνα 18: Διοικητικά Όρια Δήμων Νομού Χανίων



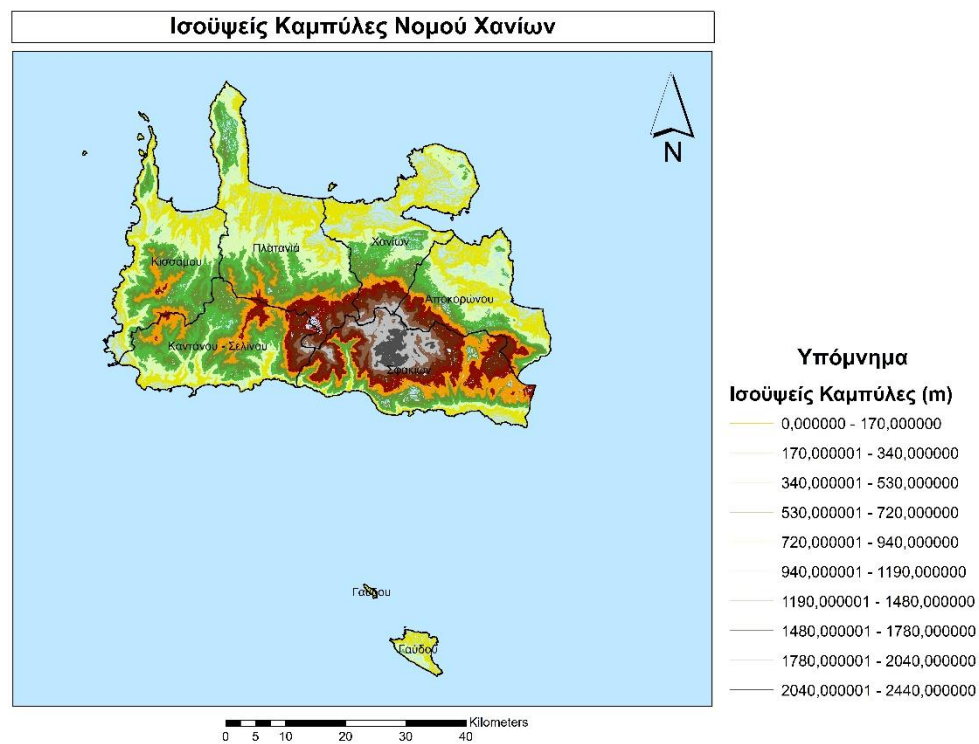
Εικόνα 19: ΙσοΨείς Καμπύλες Νομού Χανίων

Από το «*Layer Properties*» εμφανίζουμε τις ισοΨείς διαβαθμισμένες βάσει του χρώματος σε δέκα κατηγορίες.



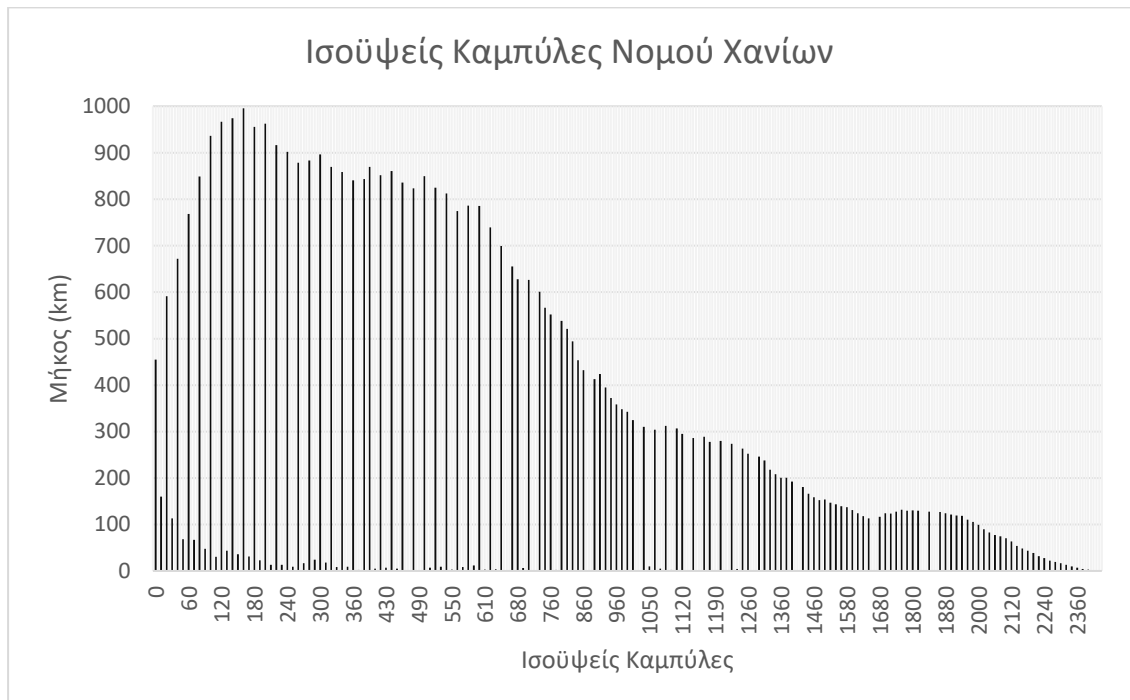
Εικόνα 20: Διαβάθμιση ΙσοΨών Καμπυλών Νομού Χανίων

Παρακάτω βλέπουμε το χάρτη ισοϋψών καμπυλών του νομού Χανίων.

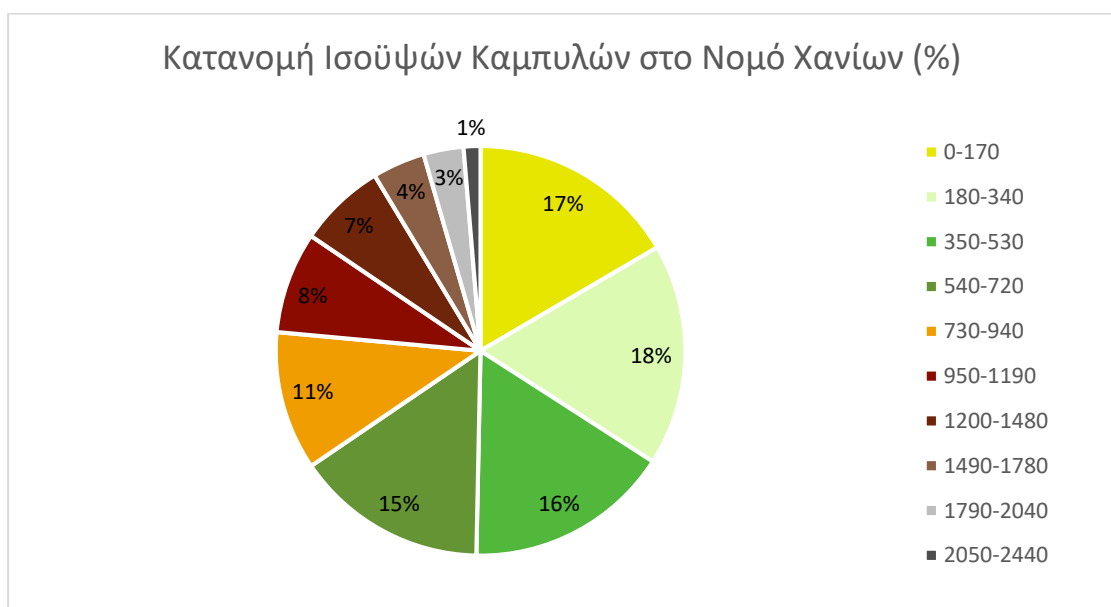


Εικόνα 21: Διαβαθμισμένες Ισοϋψείς Καμπύλες Νομού Χανίων

Παρακάτω φαίνονται δύο διαγράμματα που αφορούν την κατανομή των ισοϋψών καμπυλών στο νομό Χανίων και το μήκος κάθε ισοϋψής καμπύλης.

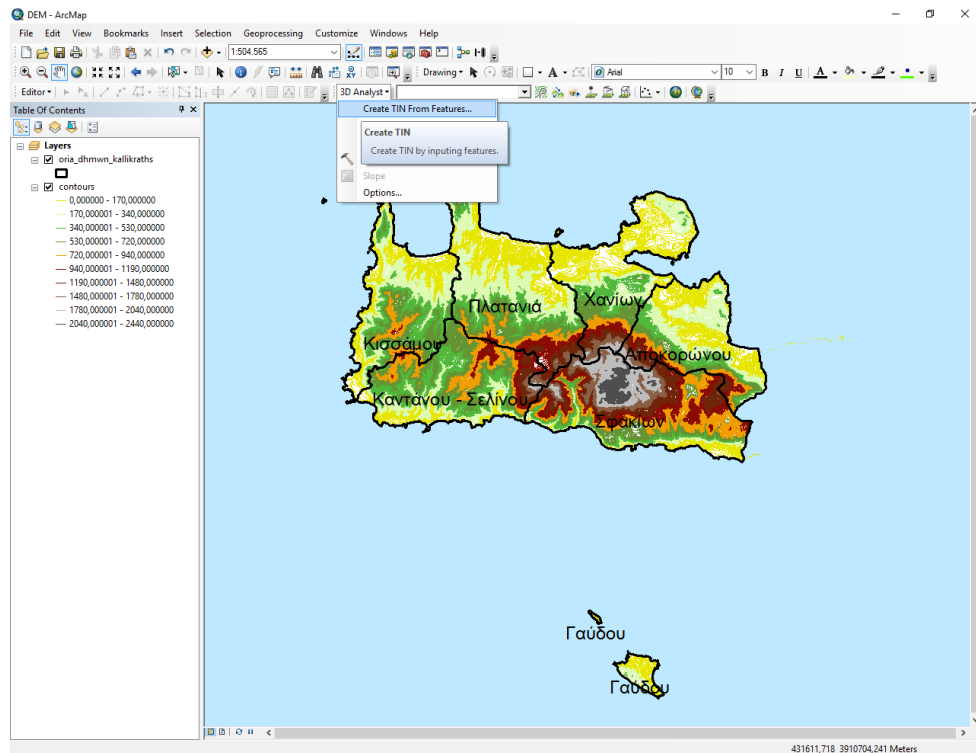


Διάγραμμα 1: Ισοϋψείς Καμπύλες Νομού Χανίων



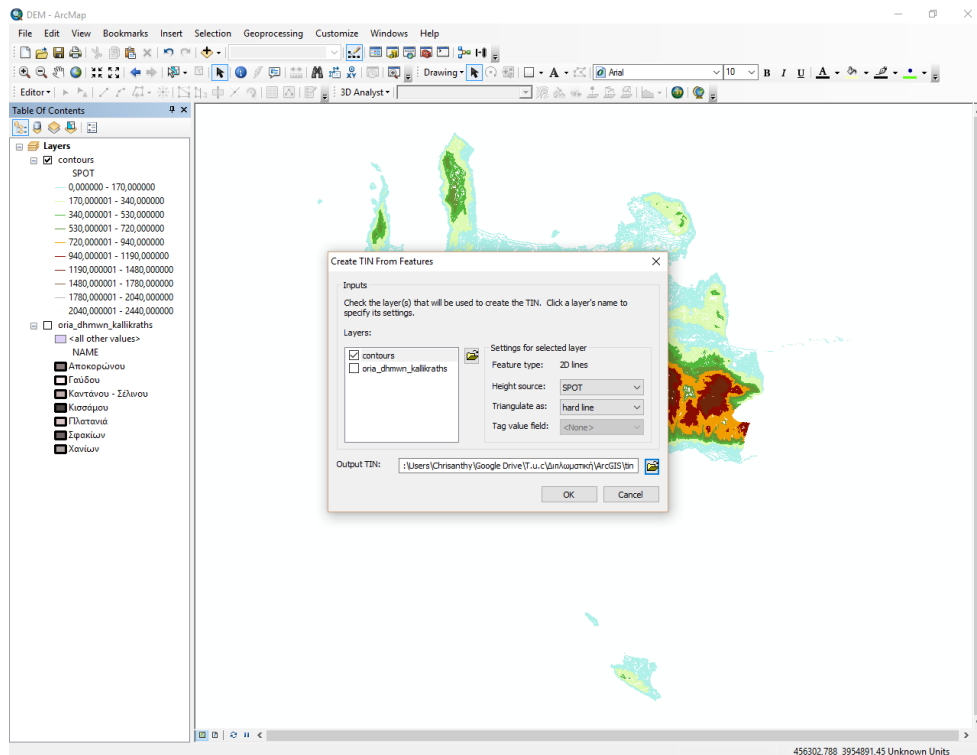
Διάγραμμα 2: Κατανομή Ισοϋψών Καμπυλών στο Νομό Χανίων (%)

Αυτό που θέλουμε να κάνουμε στη συνέχεια είναι να δημιουργήσουμε το ψηφιακό μοντέλο με την τρισδιάστατη πληροφορία. Από το μενού του «3D Analyst» επιλέγουμε «Create TIN From Features».



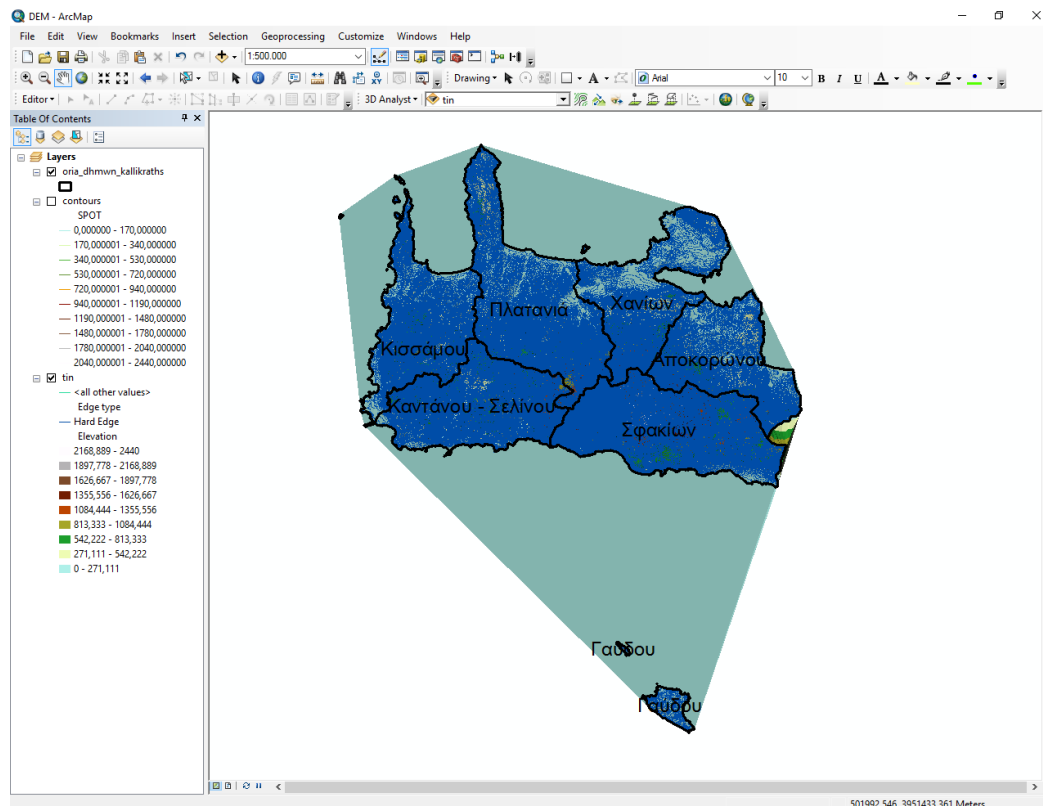
Εικόνα 22: Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου TIN

Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται επιλέγουμε το επίπεδο «*contours*» το οποίο αναφέρεται στις ισοϋψείς και ως πηγή των υψομετρικών τιμών το πεδίο «*SPOT*».



Εικόνα 23: Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου TIN

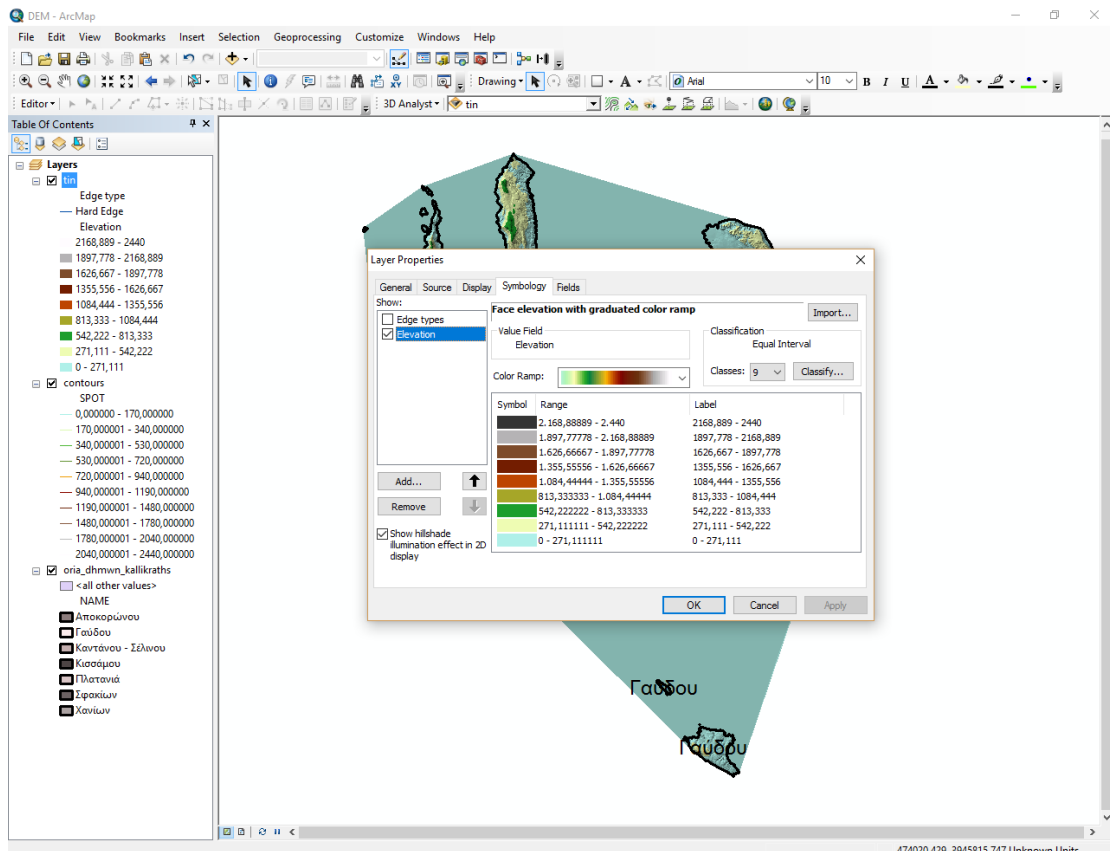
Το ψηφιακό μοντέλο TIN έχει δημιουργηθεί.



Εικόνα 24: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN

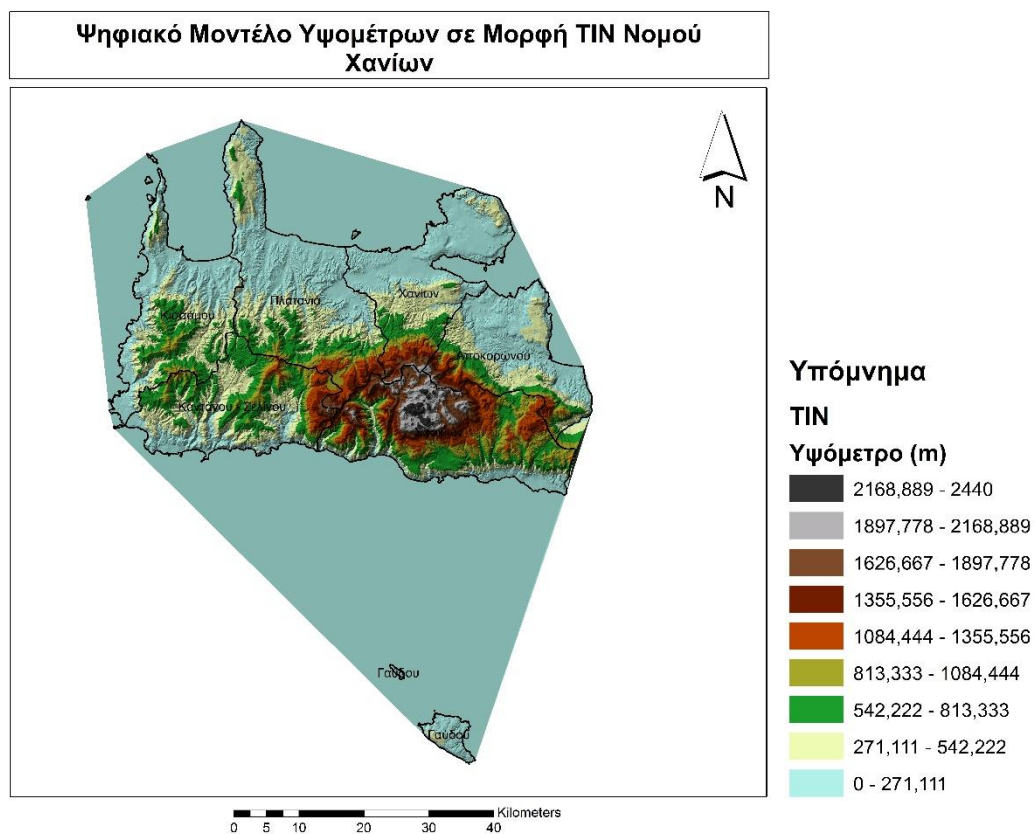
Αν και η περιοχή μελέτης μας είναι περίπου μια έκταση ορθογωνικού σχήματος το μοντέλο έχει ένα ακανόνιστο σχήμα. Αυτό συμβαίνει γιατί το σύστημα εξετάζει τα διαθέσιμα υψομετρικά δεδομένα που θα χρησιμοποιήσει και υλοποιεί γύρω τους ένα ιδεατό σχήμα το οποίο τα περιβάλλει.

Οι μπλε καμπύλες οι οποίες μοιάζουν με ισουψείς είναι οι γραμμές που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα για να δημιουργήσει το TIN. Από το «*Layer Properties*» μπορούμε να τις απενεργοποιήσουμε.



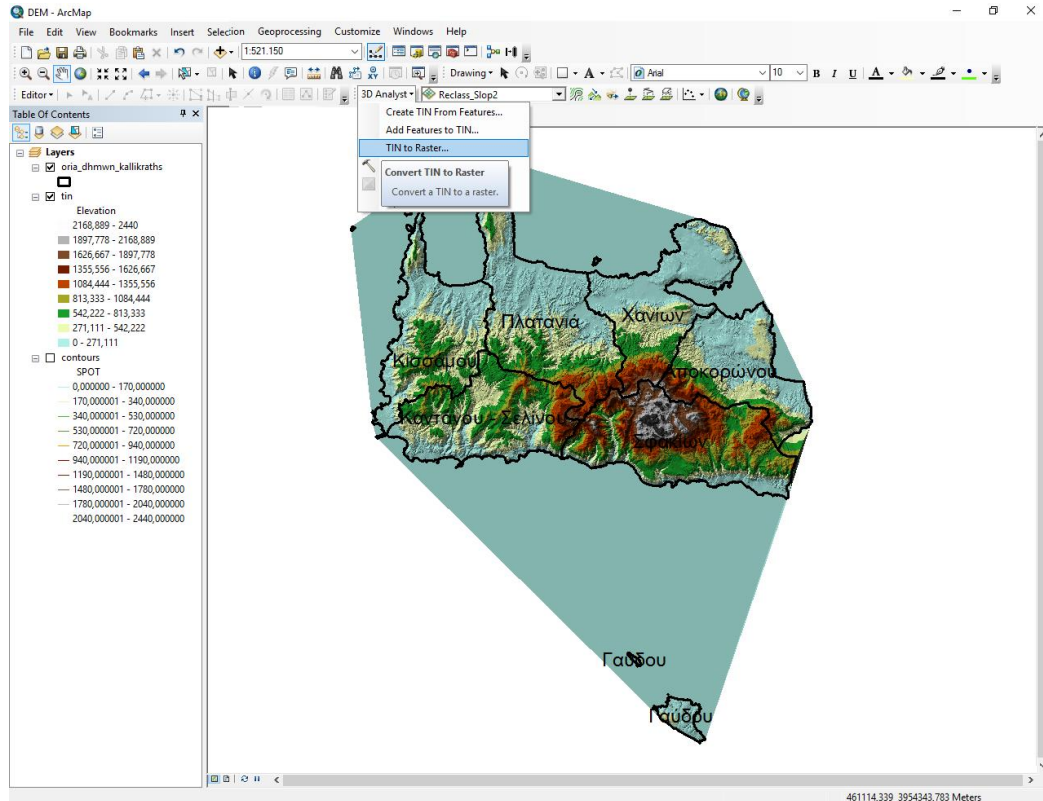
Εικόνα 25: Απενεργοποίηση Μπλε Καμπυλών

Παρακάτω φαίνεται το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε μορφή TIN για το νομό Χανίων.



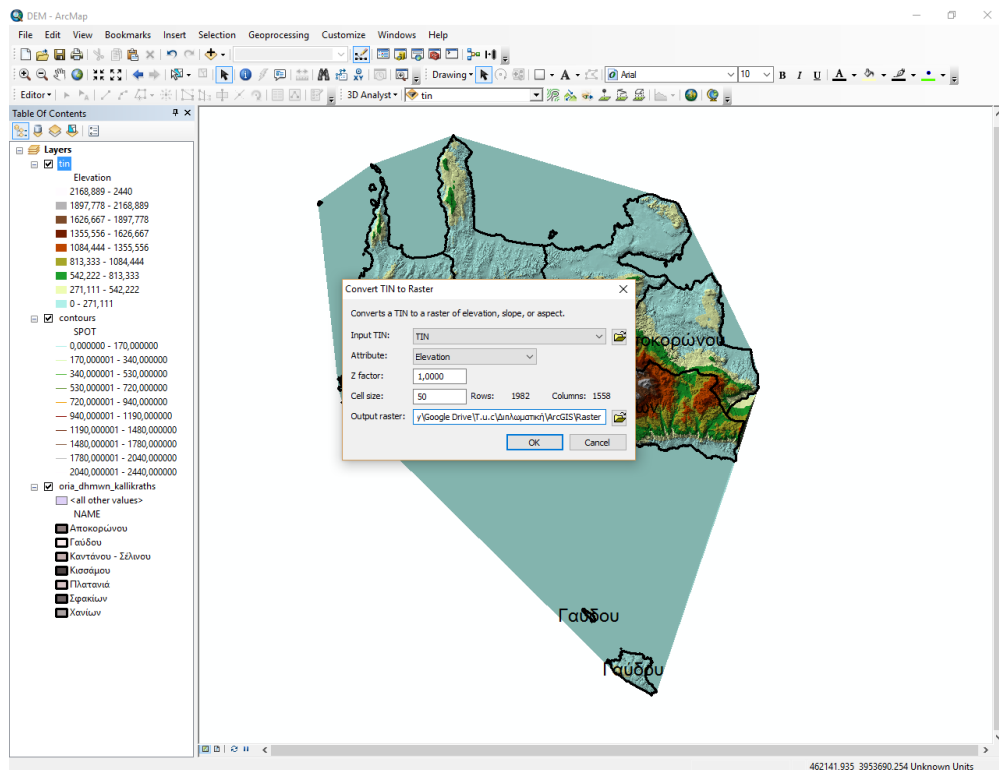
Εικόνα 26: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Νομού Χανίων

Το ψηφιακό αρχείο TIN μπορούμε να το μετατρέψουμε σε μορφή raster. Από το μενού του «3D Analyst» επιλέγουμε «Tin to Raster».



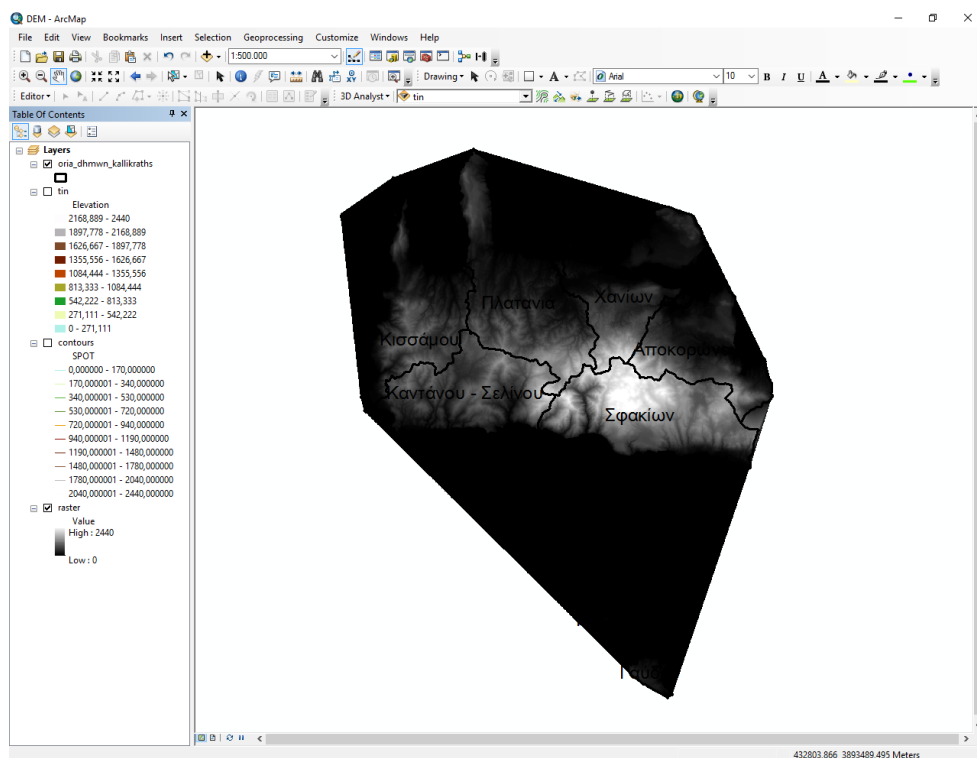
Εικόνα 27: Μετατροπή αρχείου TIN σε Raster

Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται επιλέγουμε το μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί το οποίο είναι το «tin» και το υψόμετρο το οποίο περιέχεται στο περιγραφικό χαρακτηριστικό «Elevation». Το «z factor» μας δίνει τη δυνατότητα για μεγέθυνση των υψομέτρων κάτι που δεν μας ενδιαφέρει. Το «cell size» αναφέρεται στο μέγεθος που θα έχει η ψηφίδα του raster αρχείου. Το μέγεθος αυτό καθορίζεται από την ακρίβεια των δεδομένων που χρησιμοποιούνται. Το μέγεθος αυτό αυξάνει το πλήθος των ψηφίδων του αρχείου στο τετράγωνο. Για το μοντέλο αυτό θα χρησιμοποιήσουμε μέγεθος ψηφίδας 50 μέτρα.



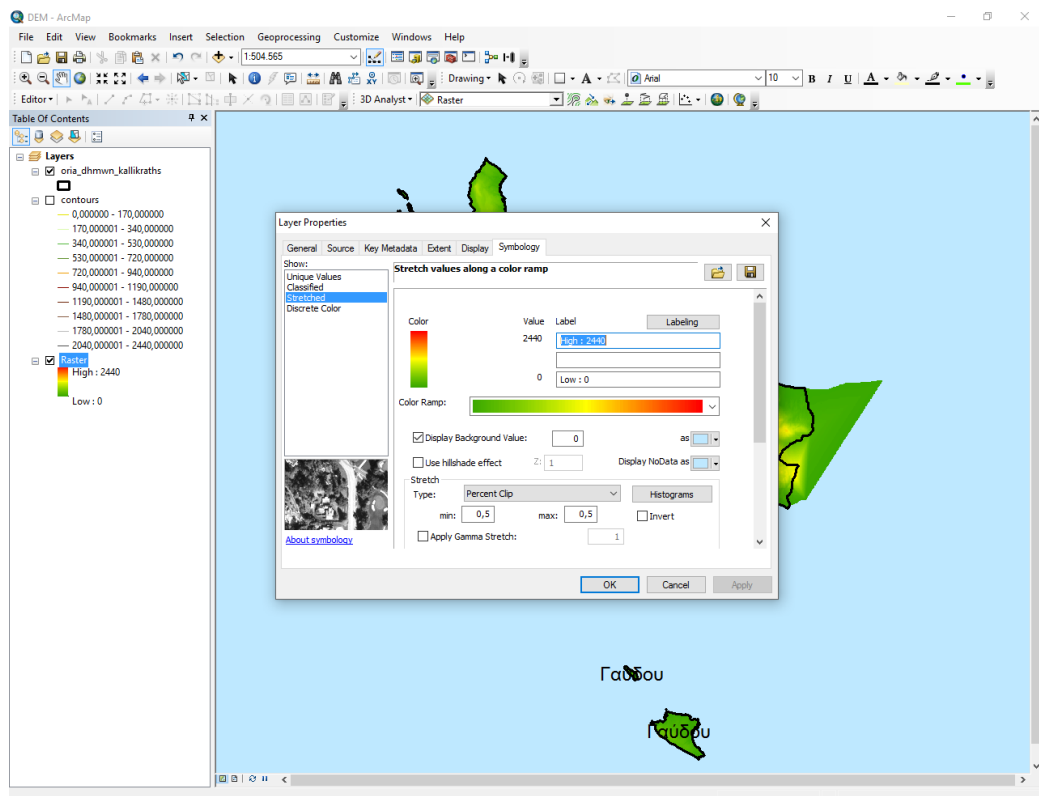
Εικόνα 28 Μετατροπή αρχείου TIN σε Raster

Το μοντέλο raster έχει δημιουργηθεί.



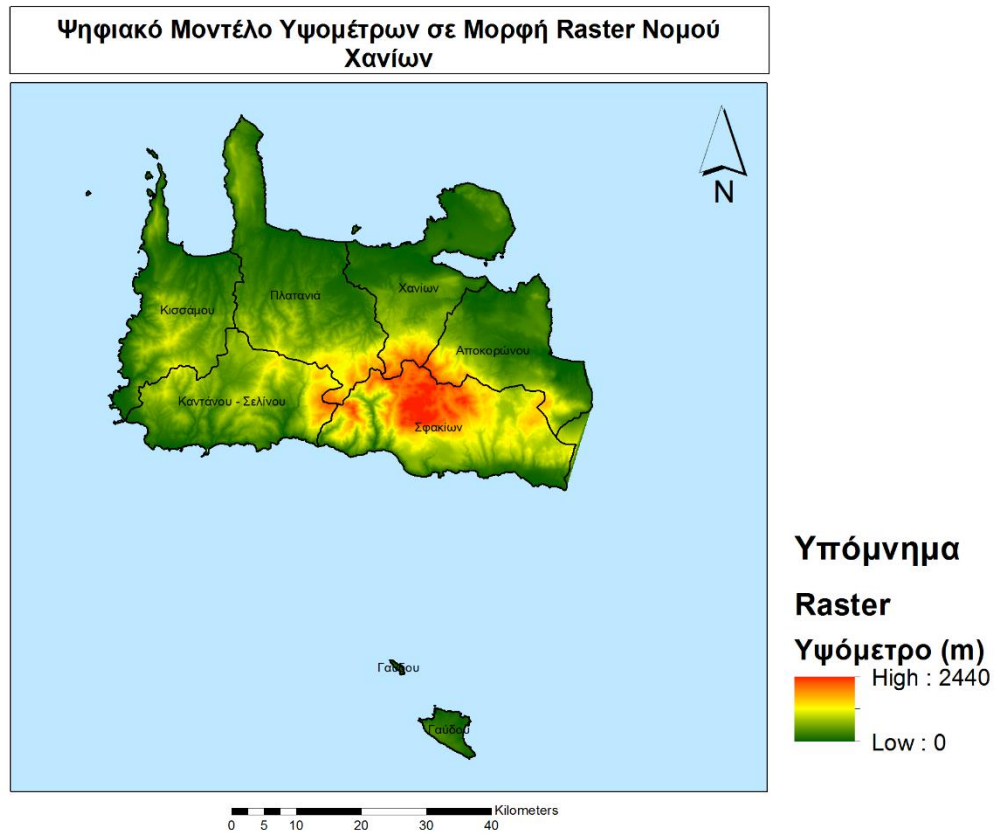
Εικόνα 29: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster

Το μοντέλο παρουσιάζεται σε μια συνεχή κλίμακα του γκρι. Για να είναι πιο ευανάγνωστο και ευπαρουσίαστο από το «*Layer Properties*» επιλέγουμε τις τιμές 0 και No Data να εμφανίζονται με το χρώμα της θάλασσας.



Εικόνα 30: Αλλαγή Χρωματικής Διαβάθμισης

Παρακάτω φαίνεται το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε μορφή raster για το νομό Χανίων.



Εικόνα 31: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Νομού Χανίων

3 Κλίσεις

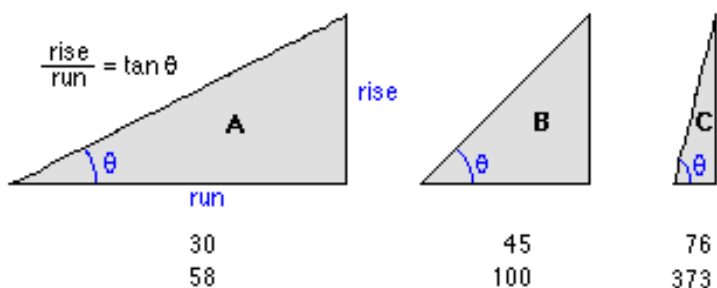
3.1 Γενικά

Η κλίση της επιφάνειας του εδάφους σε κάθε θέση του φυσικού γήινου αναγλύφου, είναι ο ρυθμός μεταβολής του υψομέτρου του στην περιοχή αυτή. Μετριέται σε μοίρες ($^{\circ}$) ή σε ποσοστό μεταβολής επί τις εκατό (%). (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως 2010) Αποτελεί ένα χαρακτηριστικό ιδιαίτερης σημασίας, τόσο στην γεωμορφολογία, όσο και στην υδρολογία. Διαμορφώνεται από την βαρύτητα και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ροή του νερού και άλλων υλικών στο έδαφος, ελέγχοντας το ρυθμό που δαπανάται η ενέργεια κατά τη ροή, καθώς και την ισχύ των διαθέσιμων ρεμάτων που την καθοδηγούν. Επιπλέον, επηρεάζει την ταχύτητα της επιφανειακής και υπεδάφιας ροής, τον ρυθμό απορροής και κατά συνέπεια την περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό και την πιθανότητα διάβρωσης, αντίστοιχα. Ακόμα βοηθά στην περιγραφή γεωμορφών και στο χαρακτηρισμό και στην ταξινόμηση των εδαφών.

Για τον υπολογισμό της κλίσης ενός μεμονωμένου σημείου ισχύει:


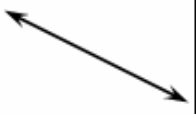


Degree of slope = θ





Percent of slope = $\frac{\text{rise}}{\text{run}} * 100$



Εικόνα 32:Υπολογισμός Κλίσης (<http://resources.arcgis.com/> 2016)

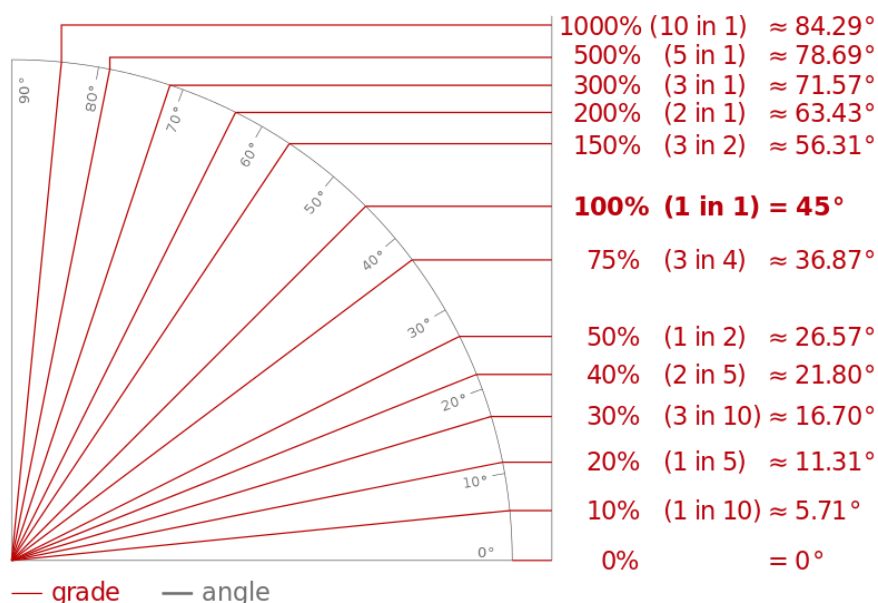
Η κλίση μπορεί να είναι θετική, αρνητική, μηδενική ή απροσδιόριστη.

The Four Different Types of Slopes for Directions			
			
Positive Slope	Negative Slope	Zero Slope	Undefined Slope
Increasing	Decreasing	Horizontal Line	Vertical Line

Examples of Slopes for Steepness			
			
Not Steep	A Little Steeper	Even Steeper	Very Steep
Slope = 0.1	Slope = 1	Slope = 2	Slope = 4

Εικόνα 33: Είδη κλίσεων (<http://www.gradeamathhelp.com/> 2016)

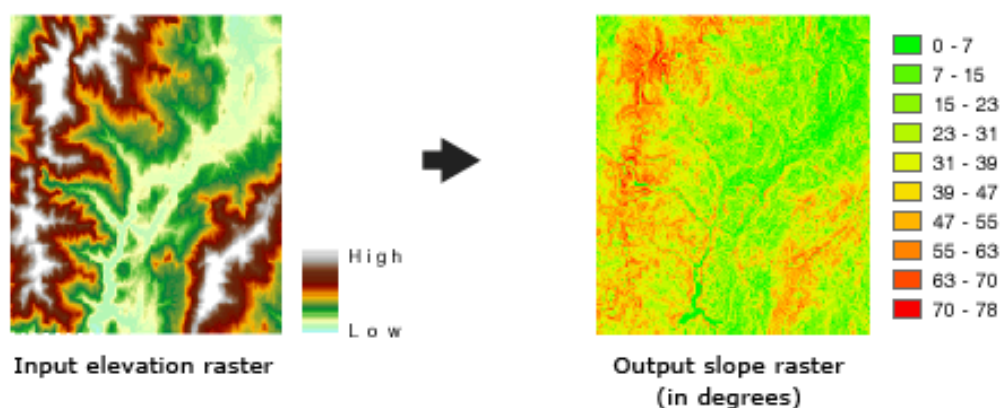
Οι τιμές της κλίσης σε μοίρες κυμαίνονται από $0^\circ - 90^\circ$ ενώ σε ποσοστό μεταβολής επί τις εκατό από 0% έως το άπειρο θεωρητικά. Οι 45° για παράδειγμα αντιστοιχούν σε 100% μεταβολή και όσο η επιφάνεια τείνει προς το να γίνει κάθετη το ποσοστό μεγαλώνει όλο και περισσότερο.



Εικόνα 34: Αντιστοιχία μοιρών ($^\circ$) με ποσοστό μεταβολής επί τις εκατό (%) (<https://commons.wikimedia.org/> 2016)

Ο υπολογισμός κλίσεων προϋποθέτει την ύπαρξη ενός Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρου, δηλαδή τη γνώση των υψομέτρων σε κάθε ψηφίδα. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένας νέος ψηφιδωτός χάρτης που αντιστοιχεί στην κάθε ψηφίδα την τιμή της κλίσης (είτε σε μονάδες γωνίας είτε σε ποσοστά). (Τσουχλαράκη 2000)

3.2 Αλγόριθμοι για την Εξαγωγή Κλίσεων



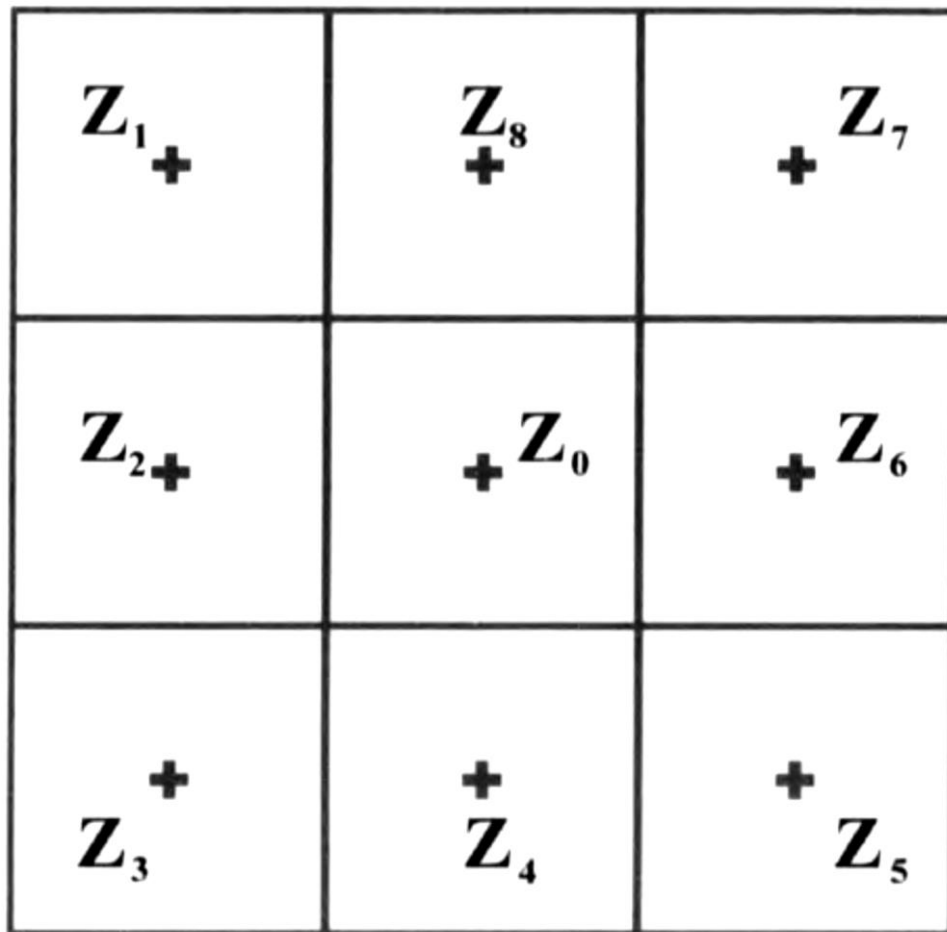
Εικόνα 35: Παράδειγμα Εξαγωγής Χάρτη Κλίσεων (<http://desktop.arcgis.com/> 2016)

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών μπορεί να εξάγει τον χάρτη κλίσεων μιας περιοχής από το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων, χρησιμοποιώντας αλγόριθμους κλίσης. Στους αλγόριθμους που παρουσιάζονται παρακάτω διακρίνουμε δύο κατηγορίες, αυτούς που υπολογίζουν την κλίση στο κεντρικό κελί χρησιμοποιώντας το υψόμετρο 4-9 κελιών από ένα κινούμενο δίκτυο κελιών 3×3 , και σε αυτούς που υπολογίζουν την κλίση με βάση το κεντρικό κελί και ένα από τα οχτώ γειτονικά. Η κύρια διαφορά μεταξύ των περισσότερων αλγορίθμων είναι ο αριθμός των κελιών που χρησιμοποιούν και η βαρύτητα που δίνεται στο κάθε ένα.

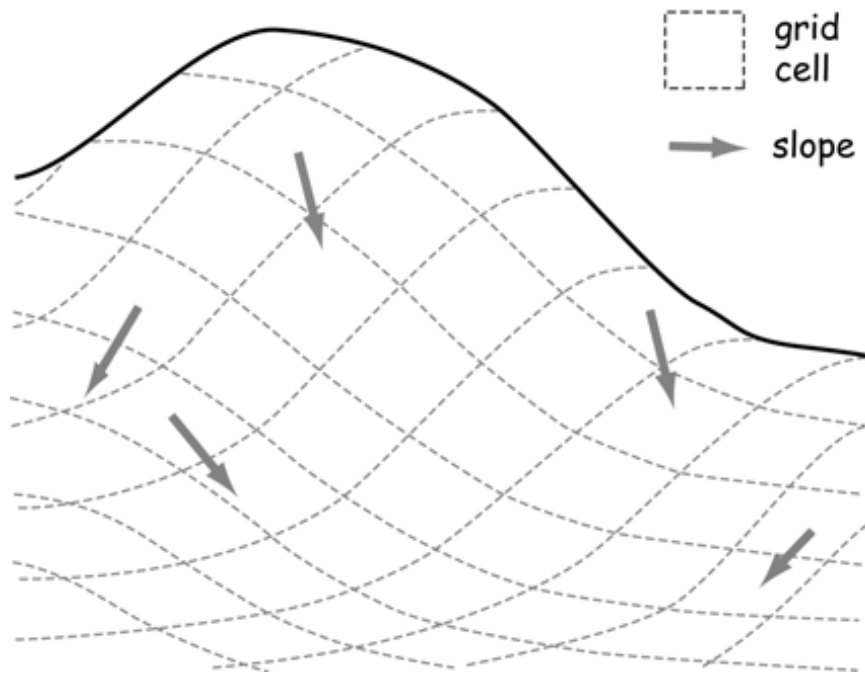
Αλγόριθμος Κλίσης 1:

Υπάρχουν αρκετοί μαθηματικοί αλγόριθμοι για τον υπολογισμό των κλίσεων, αυτός που χρησιμοποιεί το ArcGIS είναι ο αλγόριθμος που πρότείνει ο Horn

(1981) η οποία βασίζεται στη μέθοδο της γειννίασης. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιώντας ένα κινούμενο δίκτυο κελιών 3×3 (Εικόνα 36) το οποίο περνά πάνω από κάθε κελί ενός Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων υπολογίζει την κλίση του κεντρικού κελιού με βάση το υψόμετρο των 8 γειτονικών του κελιών. (Dunn και Hickey 1998)



Εικόνα 36: Δίκτυο Κελιών 3×3 για τον Υπολογισμό Κλίσεων (Weih και Mattson 2004)



Εικόνα 37: Δίκτυο Κελιών σε μια Περιοχή (<http://www.colorado.edu/geography/> 2016)

Η εξίσωση για τον υπολογισμό της κλίσης του κεντρικού κελιού σε ποσοστό μεταβολής επί τις εκατό (%) είναι:

$$Slope = \left(\sqrt{\left(\frac{dz}{dx} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dy} \right)^2} \right) \cdot 100\%$$

$$\frac{dz}{dx} = \frac{(z_7 + 2z_6 + z_5) - (z_1 + 2z_2 + z_3)}{8 \cdot d}$$

$$\frac{dz}{dy} = \frac{(z_1 + 2z_8 + z_7) - (z_3 + 2z_4 + z_5)}{8 \cdot d}$$

z: κλίση κελιού

d: ακμή κελιού

Η εξίσωση για τον υπολογισμό της κλίσης του κεντρικού κελιού σε μοίρες (°) είναι:

$$Slope = \text{atan} \left(\sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \right)$$

$$\frac{dz}{dx} = \frac{(z_7 + 2z_6 + z_5) - (z_1 + 2z_2 + z_3)}{8 \cdot d}$$

$$\frac{dz}{dy} = \frac{(z_1 + 2z_8 + z_7) - (z_3 + 2z_4 + z_5)}{8 \cdot d}$$

z: υψόμετρο κελιού

d: ακμή κελιού

Αυτή η μέθοδος δεν λαμβάνει υπόψη το υψόμετρο στο κεντρικό κελί γεγονός που οδηγεί σε ανακριβείς εκτιμήσεις της κλίσης σε περίπτωση που έχουμε μικρά φρεάτια ή κορυφές ή εάν το δίκτυο κελιών είναι κεντραρισμένο κατά μήκος μια κορυφογραμμής ή μιας κοιλάδας. Γι' αυτό και συνήθως πριν τον υπολογισμό των κλίσεων εφαρμόζεται ένα φίλτρο εξομάλυνσης για να εξαλειφθούν μικρές κοιλότητες αλλά και κορυφές. (Srinivasan and Engel, 1991) Ακόμα όμως και αν δεν ήταν αρχικά εξομαλυσμένα ή έξοδος από αυτόν τον αλγόριθμο λειαιίνει αποτελεσματικά την επιφάνεια του πρανούς. Και ενώ αυτό οδηγεί σε απώλεια της τοπικής μεταβλητότητας στο χάρτη κλίσης, μπορεί να είναι επιθυμητή σε περιπτώσεις όπου το αρχικό Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων είναι ανακριβές. Ακόμα, τυχόν σημαντικές μεταβολές στην κατεύθυνση της ροής σε ένα κελί μπορεί να δώσουν παραπλανητικές τιμές κλίσεις κυρίως επειδή μια τέτοια επιφάνεια δεν μπορεί πλέον να καταγραφεί επαρκώς από ένα

αεροπλάνο. Για παράδειγμα αν η ροή μέσα στο κεντρικό κελί είναι από τα δυτικά, και η ροή από το κεντρικό κελί είναι προς το νότο, ο αλγόριθμος μπορεί να παράγει ασυμβίβαστα αποτελέσματα (Dunn και Hickey 1998)

Αλγόριθμος Κλίσης 2:

Η μέθοδος των 4 κελιών χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο κελιών 3×3 υπολογίζει την κλίση του κεντρικού κελιού με βάση τα 4 κελιά που βρίσκονται περιμετρικά του. Αυτή είναι η πιο κοινή μέθοδος υπολογισμού κλίσης. Η εξίσωση για τον υπολογισμό της κλίσης του κεντρικού κελιού σε ποσοστό μεταβολής επί τις εκατό (%) είναι:

$$Slope = \left(\sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \right) \cdot 100\%$$

$$\frac{dz}{dx} = \frac{z_2 - z_6}{2 \cdot d}$$

$$\frac{dz}{dy} = \frac{z_4 - z_8}{2 \cdot d}$$

z : υψόμετρο κελιού

d : ακμή κελιού

Η εξίσωση για τον υπολογισμό της κλίσης του κεντρικού κελιού σε μοίρες (°) είναι:

$$Slope = \text{atan} \left(\sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \right)$$

$$\frac{dz}{dx} = \frac{z_2 - z_6}{2 \cdot d}$$

$$\frac{dz}{dy} = \frac{z_4 - z_8}{2 \cdot d}$$

z : υψόμετρο κελιού

d : ακμή κελιού

Αυτή η μέθοδος λαμβάνει υπόψη μόνο τα 4 από τα 8 γειτονικά κελιά, έτσι δεν υπάρχει καλή εικόνα της διακύμανσης γύρω από το κέντρο.

(Fleming και Hoffer 1979, Zevenbergen και Thorne 1987)

Αλγόριθμος Κλίσης 3:

Χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο κελιών 3×3 και εδώ, η κλίση του κεντρικού κελιού σε ποσοστό μεταβολής επί τις εκατό (%) μπορεί να υπολογιστεί με τον παρακάτω τρόπο.

$$Slope = \left(\sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \right) \cdot 100\%$$

$$\frac{dz}{dx} = \frac{z_0 - z_6}{2 \cdot d}$$

$$\frac{dz}{dy} = \frac{z_0 - z_8}{2 \cdot d}$$

z: υψόμετρο κελιού

d: ακμή κελιού

Η εξίσωση για τον υπολογισμό της κλίσης του κεντρικού κελιού σε μοίρες (°) είναι:

$$Slope = \text{atan} \left(\sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \right)$$

$$\frac{dz}{dx} = \frac{z_0 - z_6}{2 \cdot d}$$

$$\frac{dz}{dy} = \frac{z_0 - z_8}{2 \cdot d}$$

z: υψόμετρο κελιού

d: ακμή κελιού

(O' Neil and Mark 1985, 1987)

Αλγόριθμος Κλίσης 4:

Η μέθοδος των Sharpnack και Akin (Sharpnack & Akin 1969, Evans 1979, Florinsky 1998b) υπολογίζει την κλίση βασιζόμενη σε όλες τις στήλες και τις γραμμές στο δίκτυο κελιών εκτός από τις κεντρικές. Αυτή η μέθοδος είναι παρόμοια με τη μέθοδο του αλγορίθμου 1, με την μόνη διαφορά ότι αλλάζουν οι συντελεστές βαρύτητας για τα κελιά. Η εξίσωση για τον υπολογισμό της κλίσης του κεντρικού κελιού σε ποσοστό μεταβολής επί τις εκατό (%) είναι:

$$Slope = \left(\sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \right) \cdot 100\%$$

$$\frac{dz}{dx} = \frac{(z_7 + z_6 + z_5) - (z_1 + z_2 + z_3)}{6 \cdot d}$$

$$\frac{dz}{dy} = \frac{(z_1 + z_8 + z_7) - (z_3 + z_4 + z_5)}{6 \cdot d}$$

z: υψόμετρο κελιού

d: ακμή κελιού

Η εξίσωση για τον υπολογισμό της κλίσης του κεντρικού κελιού σε μοίρες (°) είναι:

$$Slope = \text{atan} \left(\sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \right)$$

$$\frac{dz}{dx} = \frac{(z_7 + z_6 + z_5) - (z_1 + z_2 + z_3)}{6 \cdot d}$$

$$\frac{dz}{dy} = \frac{(z_1 + z_8 + z_7) - (z_3 + z_4 + z_5)}{6 \cdot d}$$

z: υψόμετρο κελιού

d: ακμή κελιού

Αλγόριθμος Κλίσης 5:

Ο Struve (1977) χρησιμοποίησε αυτή τη μέθοδο στην οποία τα οχτώ γειτονικά κελιά του z_0 χρησιμοποιούνται για να υπολογιστεί η μέγιστη κλίση δύο τρισδιάστατων επιφανειών, S και S'. Η επιφάνεια S χρησιμοποιεί τα τέσσερα πιο κοντινά κελιά, z_2, z_4, z_6 και z_8 για να υπολογίσει την μερική παράγωγο για την x και την y κατεύθυνση. Τα υπόλοιπα κελιά z_1, z_3, z_5 και z_7 χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν την μερική παράγωγο για την x' και y' κατεύθυνση της επιφάνειας S'.

$$\frac{dz}{dx} = \frac{z_2 - z_6}{2 \cdot d}$$

$$\frac{dz}{dy} = \frac{z_4 - z_8}{2 \cdot d}$$

$$\frac{dz}{dx'} = \frac{z_3 - z_7}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot d}$$

$$\frac{dz}{dy'} = \frac{z_5 - z_1}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot d}$$

z: υψόμετρο κελιού

d: ακμή κελιού

Η μέγιστη απόλυτη τιμή που προέρχεται αντικαθίσταται στην εξίσωση (1) για να βρούμε την κλίση σε ποσοστό επί τοις εκατό (%) ή στην εξίσωση (2) για να υπολογιστεί η κλίση σε μοίρες (°). Οι μερικές παράγωγοι που θα

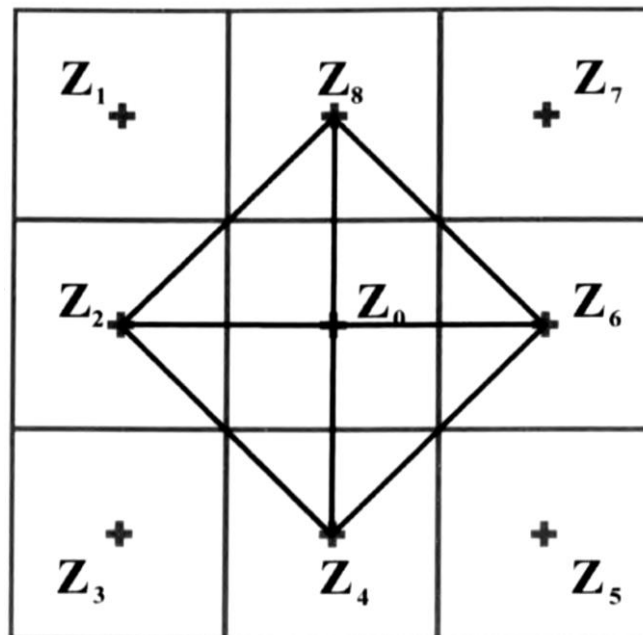
χρησιμοποιηθούν στην τελική εξίσωση δεν είναι απαραίτητο να ανήκουν και στην ίδια επιφάνεια.

$$Slope = \left(\sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

$$Slope = \text{atan} \left(\sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \right) \quad (2)$$

Αλγόριθμος Κλίσης 6:

Αυτή η μέθοδος υπολογίζει την κλίση των τεσσάρων επιφανειών που έχουν κοινό σημείο το z_0 (Εικόνα 38), η μέγιστη κλίση από τις 4 είναι και αυτή που αντιστοιχεί στο κεντρικό κελί. Η κλίση κάθε επιφάνειας υπολογίζεται όπως στον αλγόριθμο 3. (Struve 1977)



Εικόνα 38: Αναπαράσταση των τεσσάρων επιφανειών για τον υπολογισμό της κλίσης στον αλγόριθμο 6 (Weih και Mattson 2004)

Αυτού του είδους οι αλγόριθμοι είναι γνωστοί ως «αλγόριθμοι μέσης τιμής» αφού χρησιμοποιούν 4 ή περισσότερα κελιά σε ένα δίκτυο για να υπολογίσουν την κλίση στο κεντρικό κελί. (Rodríguez και Suárez 2010)

Αλγόριθμος 7:

Αυτός ο αλγόριθμος, σε αντίθεση με όσους παρουσιάστηκαν, για την εκτίμηση της κλίσης λαμβάνει υπόψη και το υψόμετρο του κεντρικού κελιού. Οι Shanholtz et al. (1990) πρότειναν ότι η μέγιστη κλίση μεταξύ το κεντρικού κελιού και των οχτώ γειτονικών του θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εκτίμηση για την κλίση του κεντρικού σε ένα δίκτυο κελιών 3×3 .

Η εξίσωση για τον υπολογισμό της κλίσης του κεντρικού κελιού σε ποσοστό μεταβολής επί τις εκατό (%) είναι:

$$Slope = \max \frac{|z_9 - z_i|}{L} \cdot 100\%$$

$$L = \begin{cases} \sqrt{2} \cdot d, & \text{για τα διαγώνια γειτονικά κελιά } z_1, z_3, z_5 \text{ και } z_7 \\ d, & \text{για τα κελιά } z_2, z_4, z_6 \text{ και } z_8 \end{cases}$$

z : υψόμετρο κελιού

d : ακμή κελιού

$i = 1, 2, 3 \dots 8$

Η εξίσωση για τον υπολογισμό της κλίσης του κεντρικού κελιού σε μοίρες (°) είναι:

$$Slope = atan\left(\max \frac{|z_9 - z_i|}{L}\right)$$

$$L = \begin{cases} \sqrt{2} \cdot d, \text{για τα διαγώνια γειτονικά κελιά } z_1, z_3, z_5 \text{ και } z_7 \\ d, \text{για τα κελιά } z_2, z_4, z_6 \text{ και } z_8 \end{cases}$$

z : υψόμετρο κελιού

d : ακμή κελιού

$i = 1, 2, 3 \dots 8$

(Dunn και Hickey 1998, Travis et al. 1975)

Αλγόριθμος 8:

Αυτός ο αλγόριθμος είναι παρόμοιος με τον 7 αλλά δεν χρησιμοποιεί την απόλυτη τιμή της διαφοράς του κεντρικού κελιού και των γειτονικών. Η εξίσωση για τον υπολογισμό της κλίσης του κεντρικού κελιού σε ποσοστό μεταβολής επί τις εκατό (%) είναι:

$$Slope = \max \frac{(z_9 - z_i)}{L} \cdot 100\%$$

$$L = \begin{cases} \sqrt{2} \cdot d, \text{για τα διαγώνια γειτονικά κελιά } z_1, z_3, z_5 \text{ και } z_7 \\ d, \text{για τα κελιά } z_2, z_4, z_6 \text{ και } z_8 \end{cases}$$

z : υψόμετρο κελιού

d : ακμή κελιού

$i = 1, 2, 3 \dots 8$

Η εξίσωση για τον υπολογισμό της κλίσης του κεντρικού κελιού σε μοίρες (°) είναι:

$$Slope = \operatorname{atan}\left(\max \frac{(z_9 - z_i)}{L}\right)$$

$$L = \begin{cases} \sqrt{2} \cdot d, \text{ για τα διαγώνια γειτονικά κελιά } z_1, z_3, z_5 \text{ και } z_7 \\ d, \text{ για τα κελιά } z_2, z_4, z_6 \text{ και } z_8 \end{cases}$$

z : υψόμετρο κελιού

d : ακμή κελιού

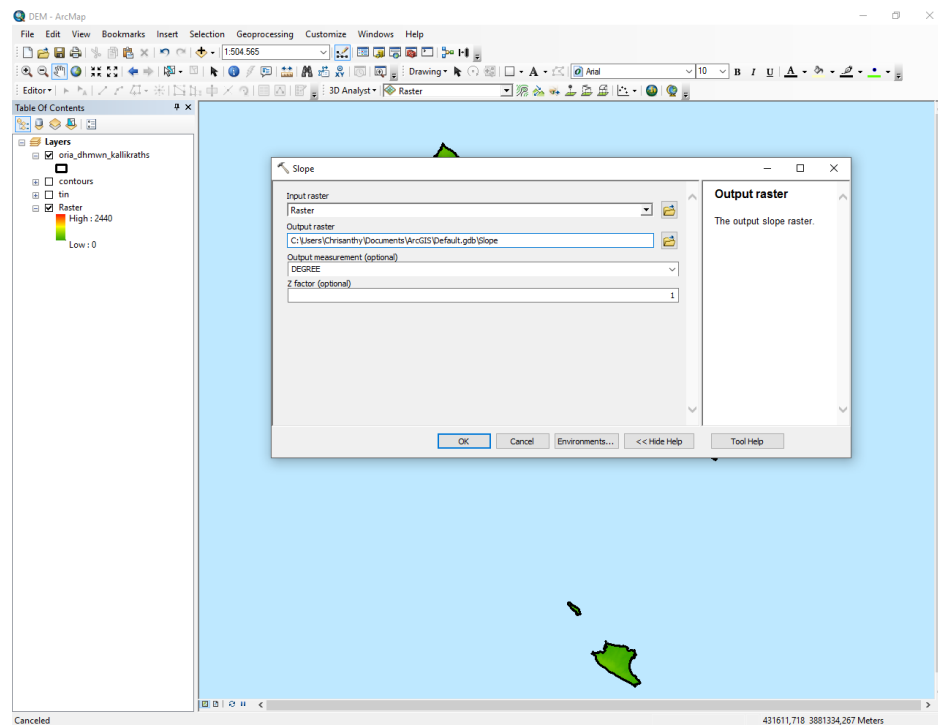
$i = 1, 2, 3 \dots 8$

(Dunn και Hickey 1998)

Οι παραπάνω αλγόριθμοι είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται συνήθως για τον υπολογισμό της κλίσης. Κάθε ένας έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και είναι κατάλληλος για διαφορετικές περιπτώσεις. Οι «αλγόριθμοι μέσης τιμής» για παράδειγμα δεν αποτυπώνουν καλά την τοπική διακύμανση, στους περισσότερους δεν λαμβάνεται υπόψη το κεντρικό κελί οπότε δεν έχουμε ακριβείς εκτιμήσεις της κλίσης και παρουσιάζονται προβλήματα στην ακρίβεια σε περιπτώσεις που έχουμε κορυφές, κοιλάδες, κορυφογραμμές και κοιλάδες. Ο αλγόριθμος 7, αντιθέτως διατηρούν την τοπική διακύμανση αλλά υπερεκτιμούν δραματικά τις πλαγιές. Τέλος ο αλγόριθμος 8 διατηρεί και αυτός την τοπική διακύμανση χωρίς όμως να υπερεκτιμά τις πλαγιές. (Dunn και Hickey 1998)

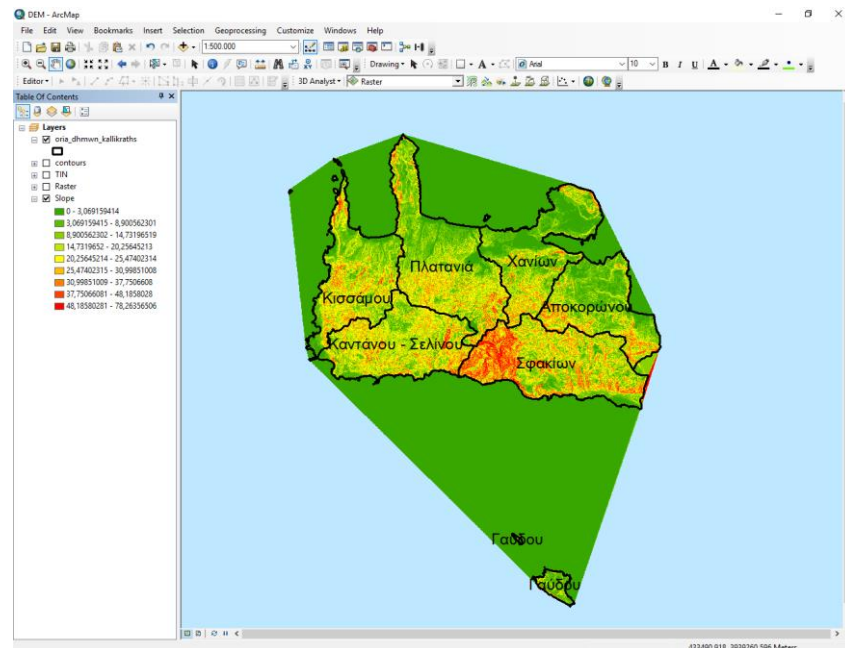
3.3 Εφαρμογή στην Περιοχή Μελέτης

Για την εξαγωγή του χάρτη κλίσεων από το μενού του «*3D Analyst*» επιλέγουμε «*Slope*». Επιλέγουμε το μοντέλο raster και ότι ο χάρτης θα απεικονίζει τις κλίσεις σε μοίρες (°).



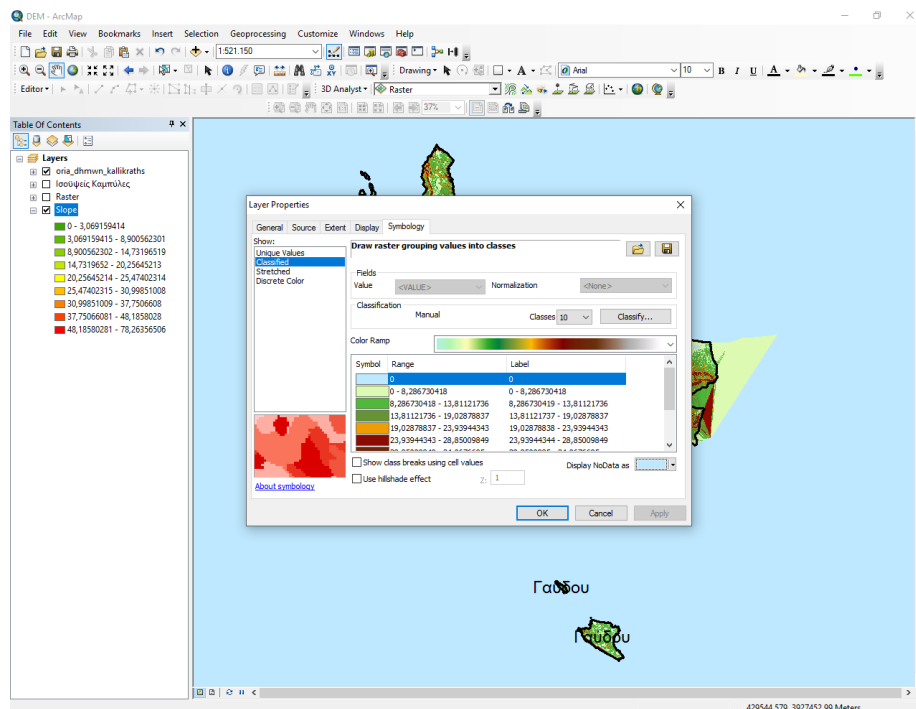
Εικόνα 39: Δημιουργία Χάρτη Κλίσεων

Ο χάρτης κλίσεων έχει δημιουργηθεί.



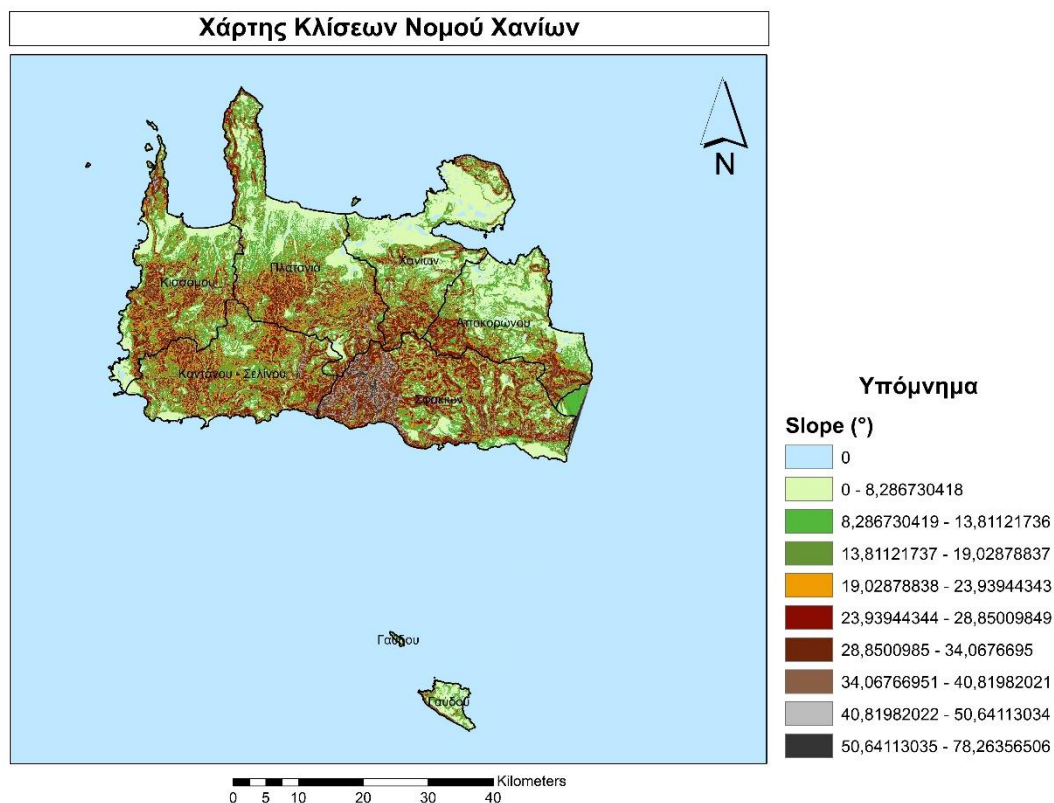
Εικόνα 40: Χάρτης Κλίσεων Νομού Χανίων

Από το «*Layer Properties*» επεξεργαζόμαστε τα διαστήματα και αλλάζουμε την χρωματική διαβάθμιση.



Εικόνα 41: Αλλαγή Χρωματικής Διαβάθμισης

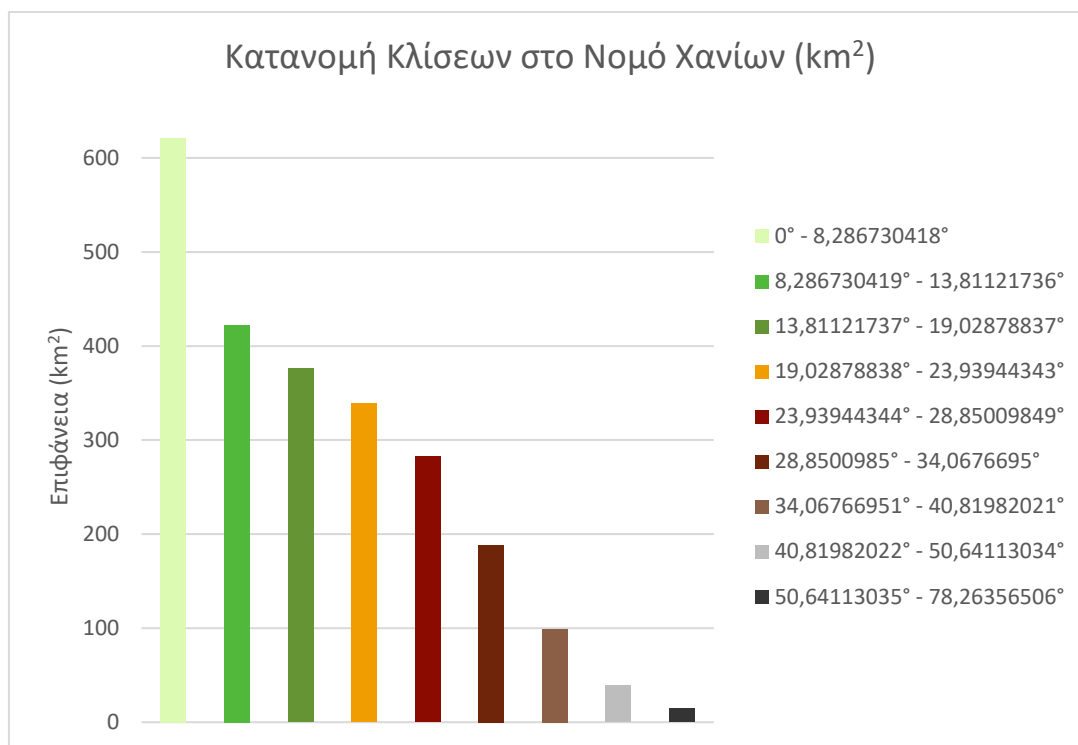
Παρακάτω φαίνεται ο χάρτης κλίσεων για το νομό Χανίων.



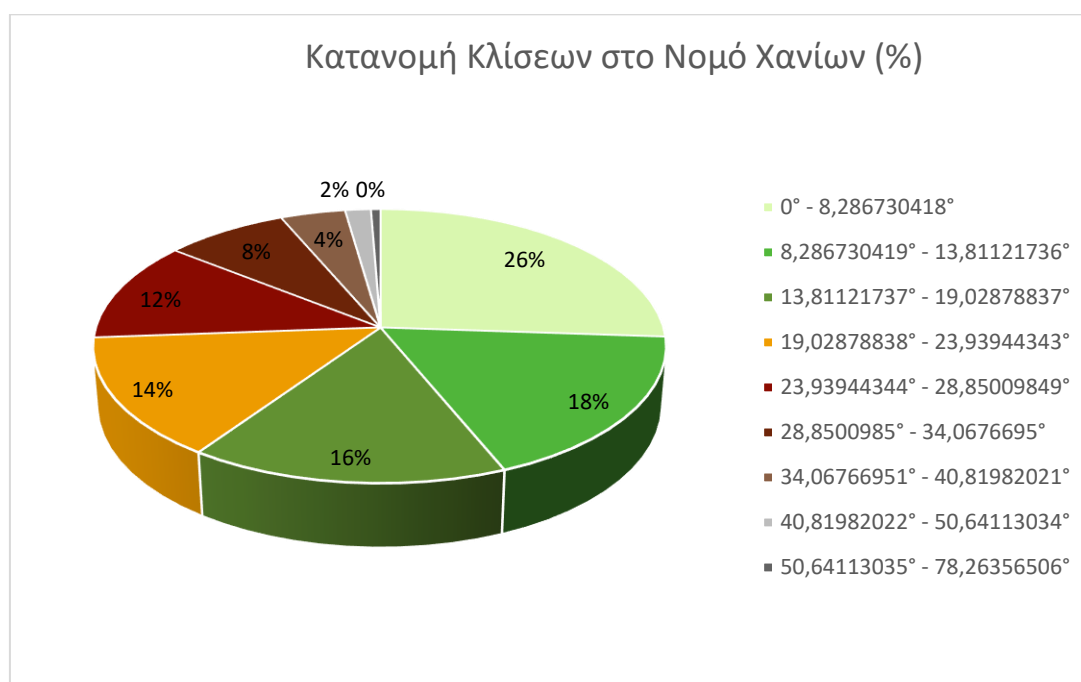
Εικόνα 42: Χάρτης Κλίσεων Νομού Χανίων

Στο χάρτη υπάρχουν περιοχές εκτός της θάλασσας οι οποίες έχουν πάρει χρώμα γαλάζιο, δηλαδή η τιμή της κλίσης είναι 0. Αυτό δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα και οφείλεται στην έλλειψη επαρκών δεδομένων υψομέτρου σε αυτές τις περιοχές.

Παρακάτω φαίνεται με μορφή διαγραμμάτων η κατανομή των κλίσεων στο νομό.



Διάγραμμα 3: Κατανομή Κλίσεων στο Νομό Χανίων (km²)

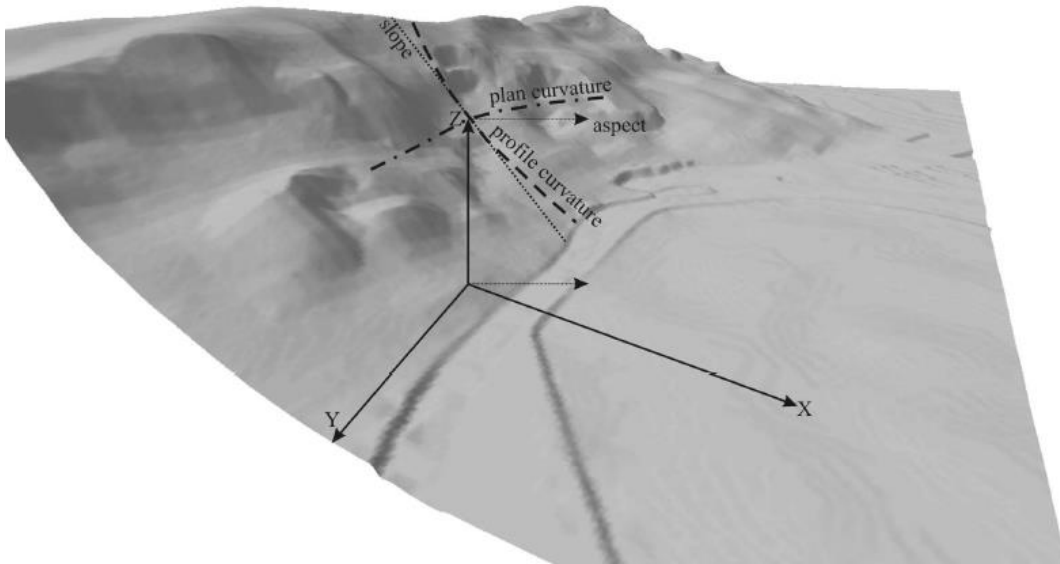


Διάγραμμα 4: Κατανομή Κλίσεων στο Νομό Χανίων (%)

Αν και υπάρχει μια περιοχή 15 km^2 η οποία έχει τη μέγιστη κλίση δηλαδή από $50^\circ - 78^\circ$ αυτό είναι μικρότερο της τάξης του 1% γι' αυτό και δεν παρουσιάζεται στο διάγραμμα.

4 Εκθέσεις

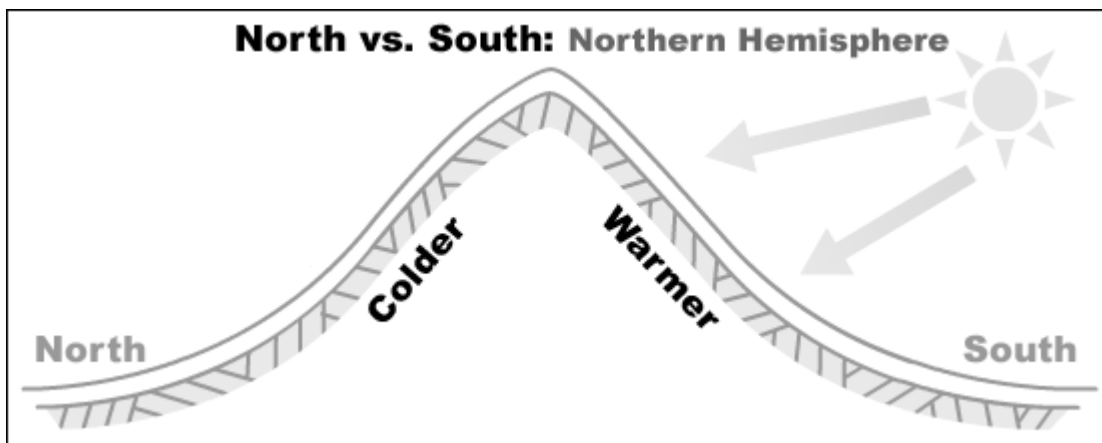
4.1 Γενικά



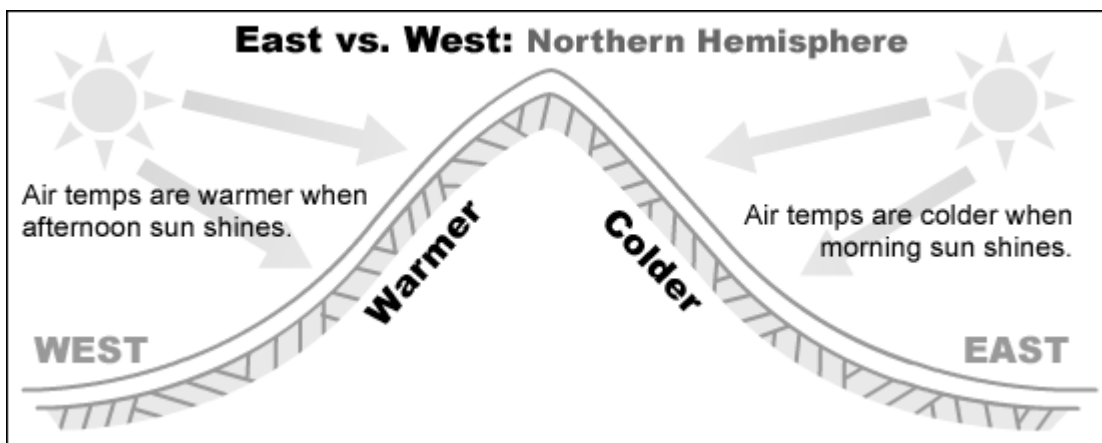
Εικόνα 43: Σχηματική Αναπαράσταση των Παραμέτρων της Έκθεσης και της Κλίσης σε μια Περιοχή (Blaga 2012)

Έκθεση ή και διεύθυνση μέγιστης κλίσης όπως μπορεί να το συναντήσει κανείς, είναι το μέγεθος το οποίο καταγράφει το αζιμούθιο (γωνία διεύθυνσης ως προς το βορρά του συστήματος αναφοράς) της μέγιστης κλίσης του εδάφους σε κάθε σημείο του αναγλύφου. Η έκθεση μετριέται σε μοίρες ($0^\circ - 360^\circ$), δεξιόστροφα από την διεύθυνση του βορρά. (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως 2010). Αποτελεί ένδειξη της κατεύθυνσης της ροής του ύδατος και η γνώση της μεταβολής της σε όλη την έκταση της λεκάνης απορροής, παρέχει για κάθε σημείο της λεκάνης την πληροφορία που αφορά στη συγκέντρωση της ροής, που προέρχεται από την ανάντη περιοχή. Συνδυαστικά με την κλίση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη της ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και την αξιολόγηση της πιθανής εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων. (<http://geography.colorado.edu/> 2016)

Η έκθεση ακόμα μπορεί να έχει ισχυρή επιρροή στην θερμοκρασία και κατ' επέκταση στο κλίμα μιας περιοχής. Αυτό συμβαίνει λόγω της γωνίας του ήλιου στο βόρειο και νότιο ημισφαίριο που είναι μικρότερη από 90° ή ακριβώς κάθετη στην επιφάνεια. Στο βόρειο ημισφαίριο η βόρεια πλευρά ενός βουνού είναι συχνά σκιασμένη, ενώ η νότια λαμβάνει περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία. Όσο πιο βόρεια ή νότια βρίσκεται κάποιος και κοντά στο χειμερινό ηλιοστάσιο τα φαινόμενα είναι πιο έντονα. (Barbour et al. 1999)

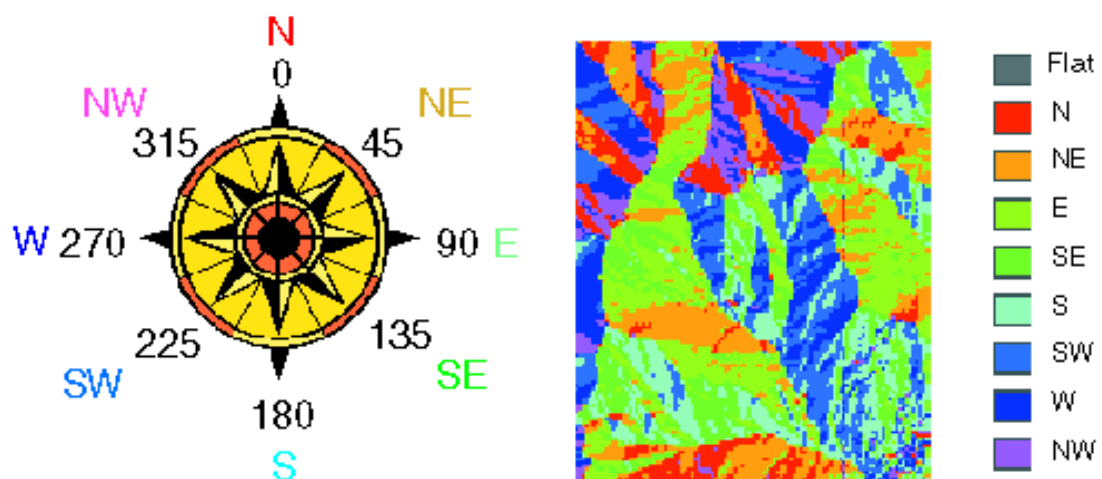


Εικόνα 44: Ηλιοφάνεια στη Βόρεια και Νότια Πλευρά μιας Πλαγιάς στο Βόρειο Ημισφαίριο (<http://www.fsavalanche.org/> 2016)



Εικόνα 45: Ηλιοφάνεια στην Ανατολική και Δυτική Πλευρά μιας Πλαγιάς στο Βόρειο Ημισφαίριο (<http://www.fsavalanche.org/> 2016)

Οι τιμές της έκθεσης μπορεί να είναι από 0°, όπου αντιστοιχεί στο βορρά, έως 360°, το οποίο αντιστοιχεί και αυτό στο βορρά αφού έχει κάνει ένα πλήρη κύκλο. Το επίπεδο των εκθέσεων εμφανίζεται σε 9 κατηγορίες, μια για τα εντελώς επίπεδα τμήματα της περιοχής μελέτης και 8 κατηγορίες σύμφωνα με τις οκτώ κύριες διευθύνσεις του ορίζοντα. Επίπεδες περιοχές παίρνουν την τιμή -1. (<http://desktop.arcgis.com/> 2016)



Εικόνα 46: Τιμές Έκθεσης σε μια Περιοχή (<http://desktop.arcgis.com/> 2016)

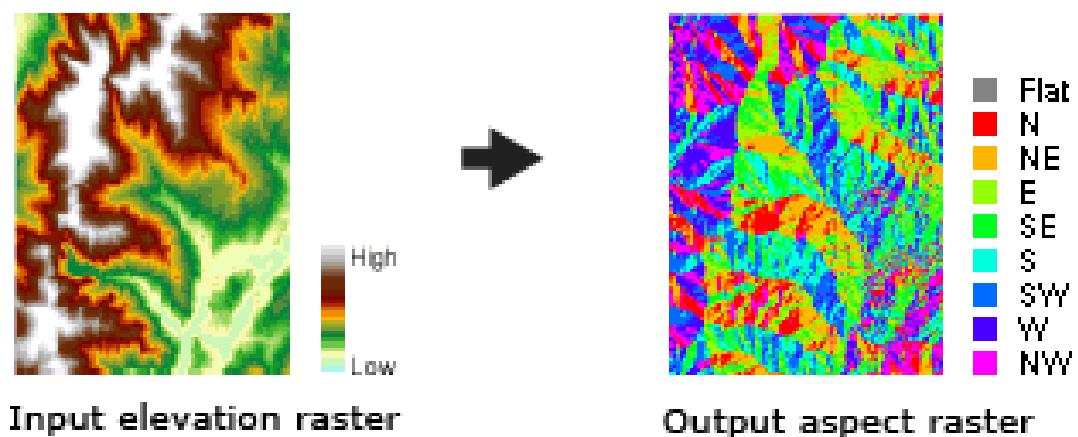
Aspect of elevation

- Flat (-1)
- North (0-22.5)
- Northeast (22.5-67.5)
- East (67.5-112.5)
- Southeast (112.5-157.5)
- South (157.5-202.5)
- Southwest (202.5-247.5)
- West (247.5-292.5)
- Northwest (292.5-337.5)
- North (337.5-360)

Εικόνα 47: Κατηγορίες με Βάση την Τιμή της Έκθεσης (<http://desktop.arcgis.com/> 2016)

Ο υπολογισμός εκθέσεων, όπως και των κλίσεων, προϋποθέτει την ύπαρξη ενός Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρου, δηλαδή τη γνώση των υψομέτρων σε κάθε ψηφίδα. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένας νέος ψηφιδωτός χάρτης που αντιστοιχεί στην κάθε ψηφίδα τη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης σε μονάδες γωνίας. (Τσουχλαράκη 2000)

4.2 Αλγόριθμοι για την Εξαγωγή Εκθέσεων



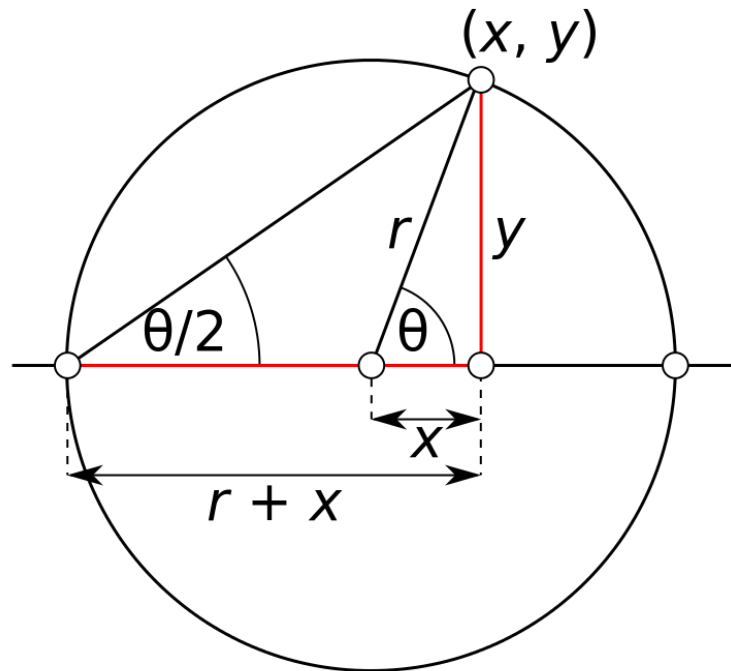
Εικόνα 48: Παράδειγμα Εξαγωγής Χάρτη Εκθέσεων (<http://desktop.arcgis.com/> 2016)

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών μπορεί να εξάγει τον χάρτη κλίσεων μιας περιοχής από το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων, χρησιμοποιώντας αλγόριθμους έκθεσης. Η επιλογή ενός αλγορίθμου έκθεσης παρουσιάζει λιγότερες επιλογές από εκείνη ενός αλγορίθμου κλίσης. (Guth 2003) Όπως και για τον υπολογισμό των κλίσεων έτσι για των εκθέσεων χρησιμοποιώντας ένα κινούμενο δίκτυο κελιών 3×3 (Εικόνα 36) το οποίο περνά πάνω από κάθε κελί ενός Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων υπολογίζει την έκθεση του κεντρικού κελιού με βάση την έκθεση των 8 γειτονικών κελιών.

Η εξίσωση για τον υπολογισμό της έκθεσης του κεντρικού κελιού είναι:

$$Aspect = \text{atan2}\left(\left(\frac{dz}{dy}\right), -\left(\frac{dz}{dx}\right)\right)$$

Για κάθε πραγματικό αριθμό και για $x \neq 0$ και $y \neq 0$ $\text{atan}(y, x)$ είναι η γωνία θ σε rad που σχηματίζει ο θετικός άξονας x και το σημείο το οποίο δίνεται από τις συντεταγμένες (x, y) .



Εικόνα 49: Σχηματική Αναπαράσταση Γωνίας θ (<https://en.wikipedia.org/> 2016)

$$\text{atan2}(y, x) = \begin{cases} \text{atan}\left(\frac{y}{x}\right), & x > 0 \\ \text{atan}\left(\frac{y}{x}\right) + \pi, & x < 0 \text{ and } y \geq 0 \\ \text{atan}\left(\frac{y}{x}\right) - \pi, & x < 0 \text{ and } y < 0 \\ +\frac{\pi}{2}, & x = 0 \text{ and } y > 0 \\ -\frac{\pi}{2}, & x = 0 \text{ and } y < 0 \\ \text{απροσδιόριστο}, & x = 0 \text{ and } y = 0 \end{cases}$$

(<https://en.wikipedia.org/> 2016)

Ο υπολογισμός της συνάρτησης *atan* πρέπει να γίνει σε ($^{\circ}$), σε περίπτωση που είναι σε rad πρέπει να πολλαπλασιάσουμε το αποτέλεσμα με $\frac{180}{\pi}$.

Οι όροι $\frac{dz}{dy}$ και $\frac{dz}{dx}$ της εξίσωσης μπορούν να υπολογιστούν με βάση τους αλγόριθμους 1, 2 και 4 που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 3.2. (Jenness 2013, Prodanović et al. 2009, Burrough and McDonell 1998, Jones 1998) Ίσως θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και οι υπόλοιποι αλγόριθμοι που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 3.2 όμως δεν υπάρχουν πληροφορίες για την αποτελεσματικότητά τους.

Η τιμή της έκθεσης στη συνέχεια μετατρέπεται σε μονάδες πυξίδας ($0^{\circ} - 360^{\circ}$) βάσει του παρακάτω αλγορίθμου:

if aspect < 0

cell = 90.0 – aspect

else if aspect > 90.0

cell = 360.0 - aspect + 90.0

else

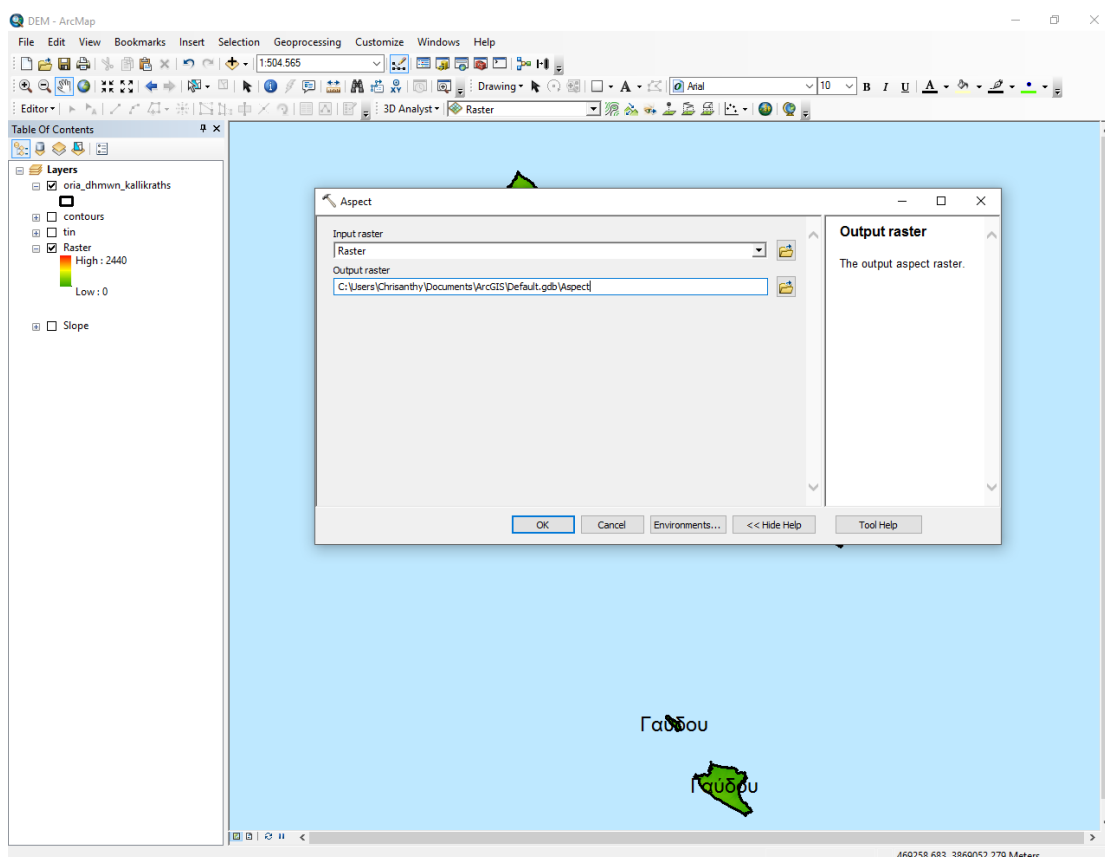
cell = 90.0 – aspect

(Burrough and McDonell 1998, Jenness 2013)

Οι αλγόριθμοι έκθεσης ποτέ δεν λειτουργούν καλά σε πολύ χαμηλές κλίσεις. Η κλίση στην οποία αρχίζουν να παράγουν ομοιόμορφα αποτελέσματα φαίνεται να σχετίζεται με το λόγο της κάθετης ανάλυσης προς την οριζόντια σε ένα Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων. Συνήθως ο αλγόριθμος φαίνεται να παράγει αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα όταν η κλίση υπερβαίνει το 30%. (Guth 2003)

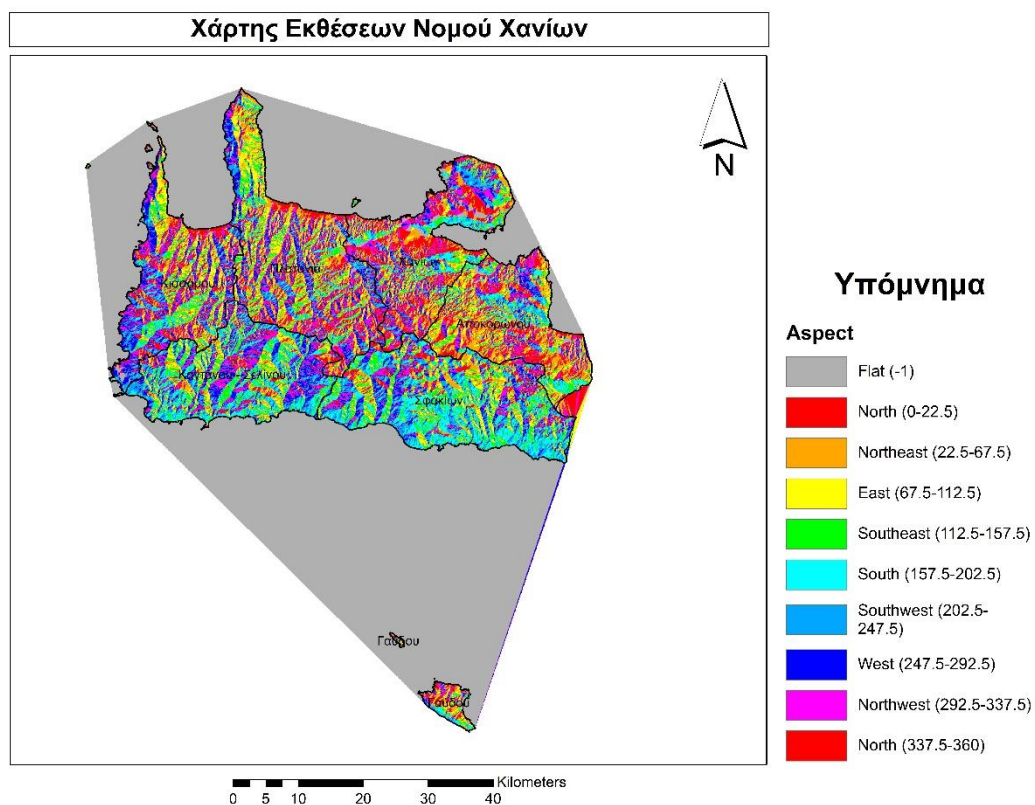
4.3 Εφαρμογή στην Περιοχή Μελέτης

Για την εξαγωγή του χάρτη εκθέσεων από το μενού του «*3D Analyst*» επιλέγουμε «*Aspect*».



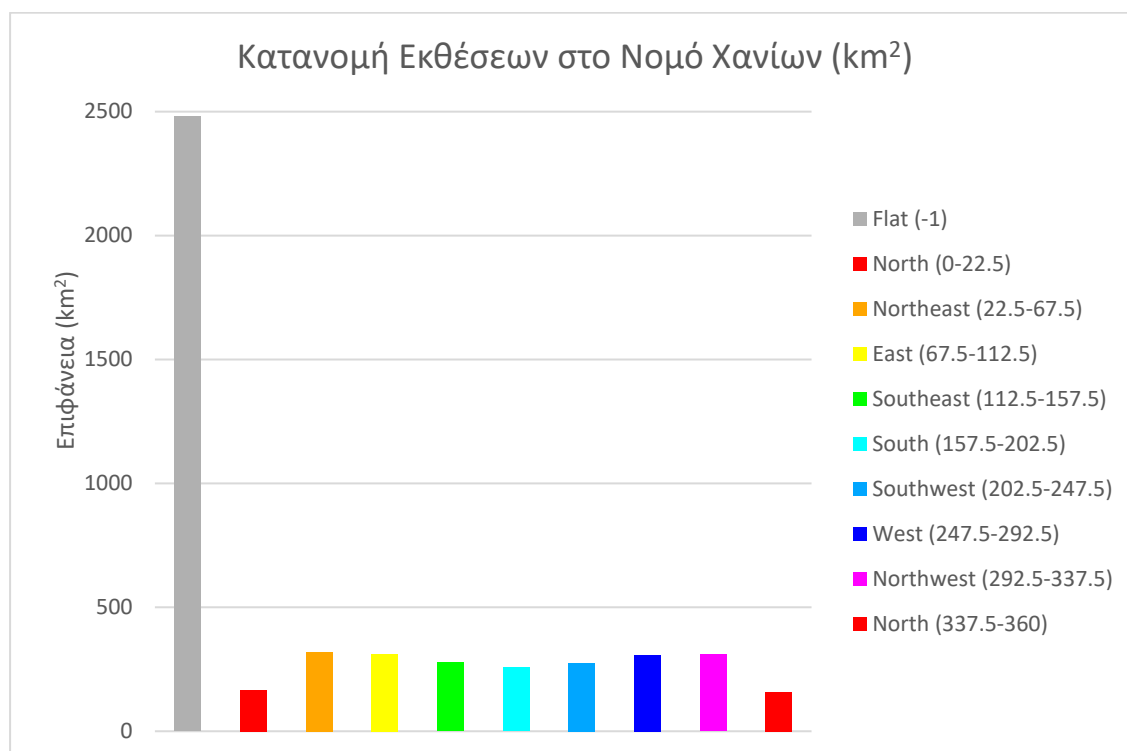
Εικόνα 50: Δημιουργία Χάρτη Εκθέσεων

Ο χάρτης εκθέσεων για το νομό Χανίων έχει δημιουργηθεί και φαίνεται παρακάτω.

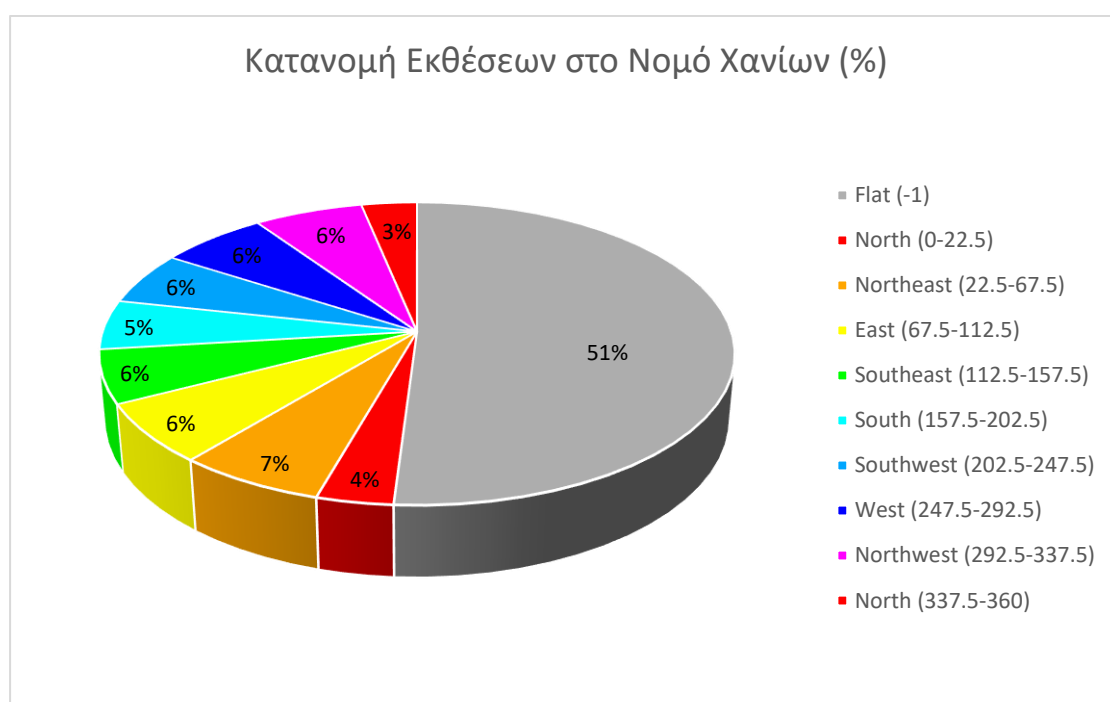


Εικόνα 51: Χάρτης Εκθέσεων Νομού Χανίων

Παρακάτω φαίνεται η κατανομή των εκθέσεων για το νομό Χανίων.

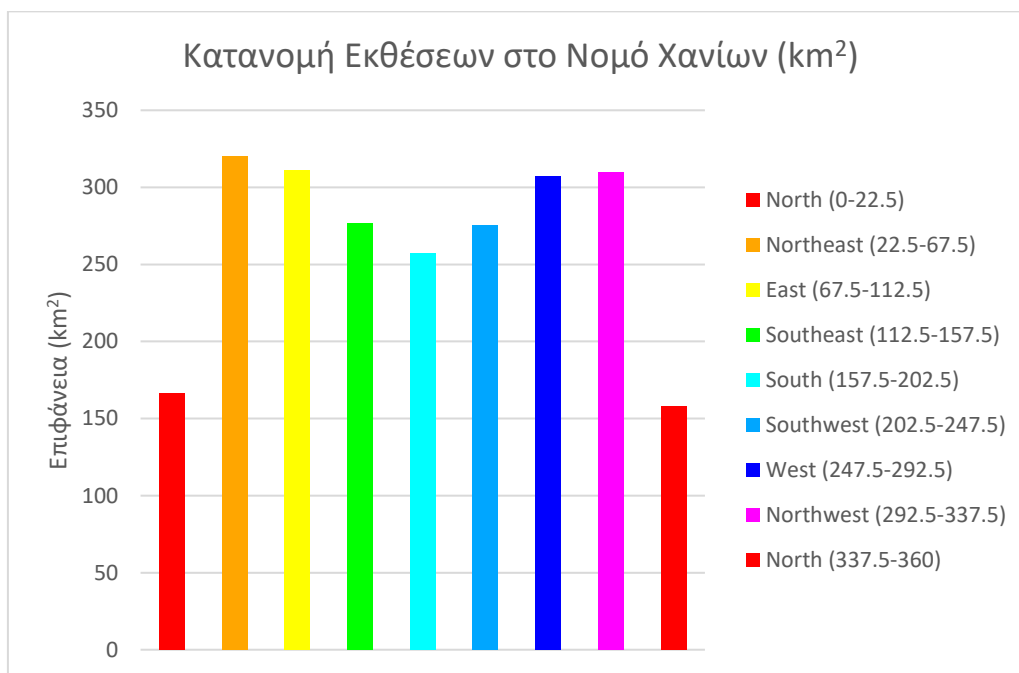


Διάγραμμα 5: Κατανομή Εκθέσεων στο Νομό Χανίων (km²)

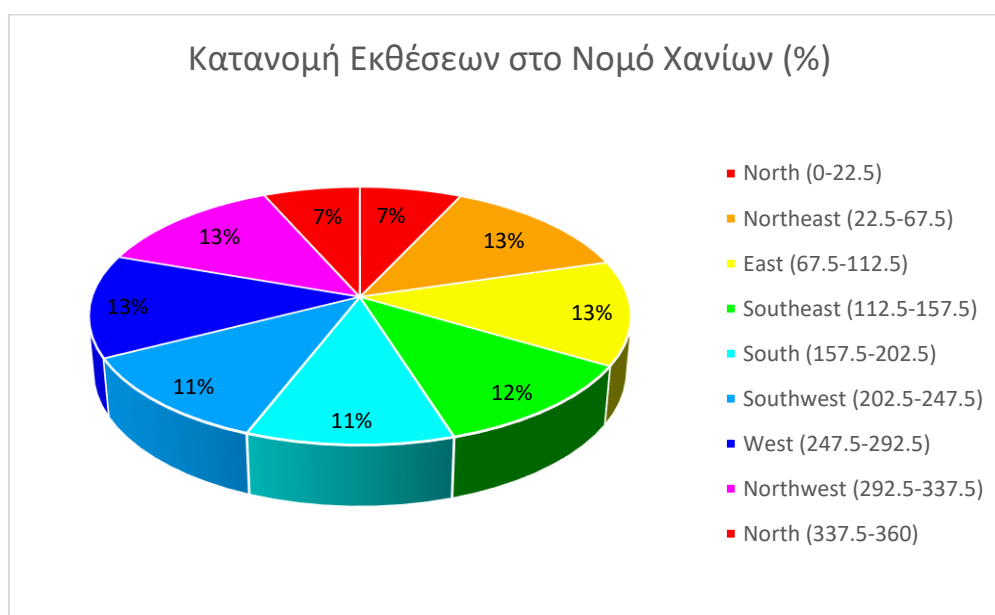


Διάγραμμα 6: Κατανομή Εκθέσεων στο Νομό Χανίων (%)

Παρακάτω φαίνονται τα ίδια διαγράμματα αλλά χωρίς τις περιοχές που έχουν πάρει την τιμή «Flat (-1)» αφού το μεγαλύτερο μέρος τους είναι η περιοχή της θάλασσας αλλά και περιοχές που λόγω μη επάρκειας υψομετρικών δεδομένων έχουν θεωρηθεί με μηδενική κλίση.



Διάγραμμα 7: Κατανομή Εκθέσεων στο Νομό Χανίων (km²)



Διάγραμμα 8: Κατανομή Εκθέσεων στο Νομό Χανίων (%)

5 Σκιάσεις

5.1 Γενικά

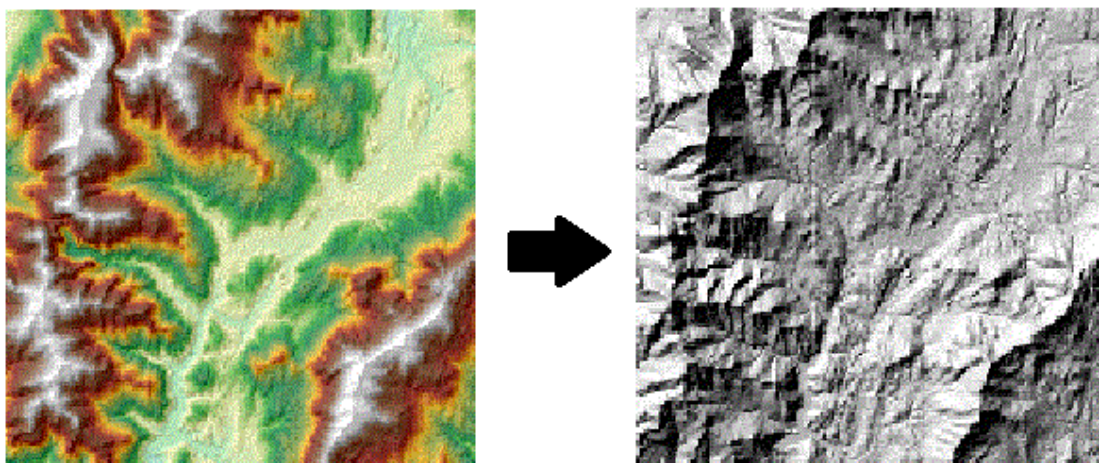
Ο χάρτης σκιασμένου αναγλύφου είναι ένα παράγωγο προϊόν το οποίο υπολογίζεται με βάση την θέση του ήλιου. Ο ήλιος θεωρείται μια πηγή φωτός η οποία προέρχεται από το άπειρο (κατά συνέπεια όχι σημειακή και άρα προσπίπτει σε κάθε θέση με σταθερή κατεύθυνση για συγκεκριμένη χρονική στιγμή) και βάσει μια συγκεκριμένης θέσης του υπολογίζεται από το πρόγραμμα ποιες περιοχές στο φυσικό γήινο ανάγλυφο σκιάζονται και πόσο, και ποιες δεν σκιάζονται. Ο χάρτης σκιασμένου αναγλύφου είναι πολύ χρήσιμος σε περιπτώσεις οπτικής παρατήρησης της περιοχής μελέτης, καθώς μας παρέχει την ευχέρεια να έχουμε σε κάτοψη μια τρισδιάστατη άποψη του χώρου μας (προσομοίωση). Είναι επίσης χρήσιμος σε περιπτώσεις μελέτης της ηλιοφάνειας και της διαχρονικής μεταβολής της. (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως 2010)

Οι εικόνες σκίασης αναγλύφου για χαρτογραφική χρήση δημιουργούνται κατά κανόνα με φως που έχει βορειοδυτική διεύθυνση, καθώς έχει αποδειχθεί ότι αυτό βοηθά όλους τους χρήστες χαρτών, έμπειρους και μη, να αντιληφθούν τους σχηματισμούς του ανάγλυφου της γήινης επιφάνειας άμεσα και με ακρίβεια. (Loisios and Tzelepis and Nakos 2007)

Η σκίαση παίρνει τιμές από 0 – 254. Στο 0 αντιστοιχεί το μαύρο χρώμα και αντιπροσωπεύει τις εντελώς σκιασμένες περιοχές, το 254 είναι λευκό και αντιπροσωπεύει τις φωτισμένες περιοχές. Όλες οι ενδιάμεσες τιμές είναι αποχρώσεις του γκρι και αντιπροσωπεύουν διαφορετικά επίπεδα φωτισμού από τον ήλιο. (<http://www.coloss.org/> 2016)

Ο υπολογισμός των σκιάσεων προϋποθέτει την ύπαρξη ενός Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρου και αποδίδει στην κάθε ψηφίδα μία τιμή που αντιστοιχεί σε τόνους του γκρι (σκίαση). Για τον υπολογισμό αυτό δίνονται εκ των προτέρων στοιχεία για την επιθυμητή οριζοντιογραφική και υψομετρική θέση του ήλιου. (Τσουχλαράκη 2000)

5.2 Αλγόριθμοι για την Εξαγωγή Σκιάσεων

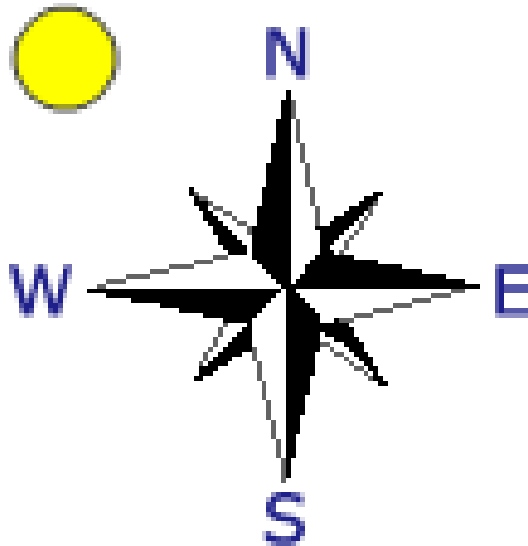


Εικόνα 21: Παράδειγμα Εξαγωγής Χάρτη Σκιάσεων (<http://desktop.arcgis.com/> 2016)

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών μπορεί να εξάγει τον χάρτη σκιάσεων μιας περιοχής από το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων, χρησιμοποιώντας αλγόριθμους σκίασης.

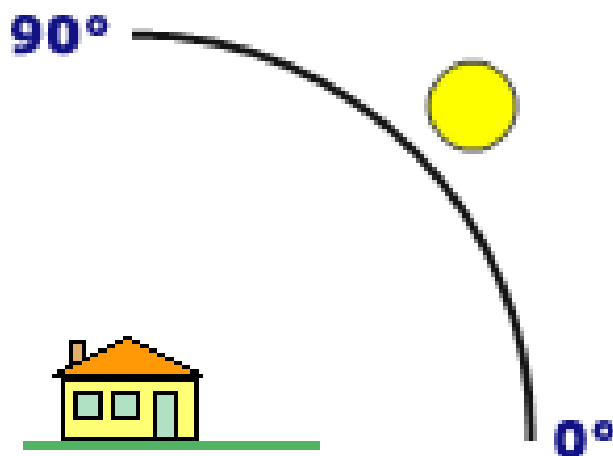
Ο πρωταρχικός παράγοντας όταν δημιουργούμε ένα χάρτη σκιάσεων για οποιαδήποτε τοποθεσία είναι η θέση του ήλιου. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να γνωρίζουμε το αζιμούθιο και τη γωνία ύψους του ήλιου. Οι τιμές αυτές σε συνδυασμό με τον υπολογισμό της κλίσης και της διεύθυνσης της κλίσης δίνουν την τελική τιμή φωτεινότητας για κάθε pixel.

Το αζιμούθιο (azimuth) είναι η γωνιακή κατεύθυνση του ήλιου, που μετράται από το βορρά δεξιόστροφα σε μοίρες και παίρνει τιμές από 0° – 360° . Ένα αζιμούθιο 0° είναι βόρεια, 90° είναι ανατολικά, 180° είναι νότια και 270° είναι δυτικά. Η προεπιλογή για το αζιμούθιο είναι 315° δηλαδή βορειοδυτικά.



Εικόνα 52: Προεπιλεγμένη Τιμή για το Αζιμούθιο (<http://pro.arcgis.com/> 2016)

Η γωνία κλίσης του ήλιου (altitude) είναι η κλίση ή γωνία της πηγής φωτισμού πάνω από τον ορίζοντα. Οι μονάδες είναι σε μοίρες, από 0° (στον ορίζοντα) έως 90° (εναέρια) Η προεπιλογή για το υψόμετρο είναι 45° .

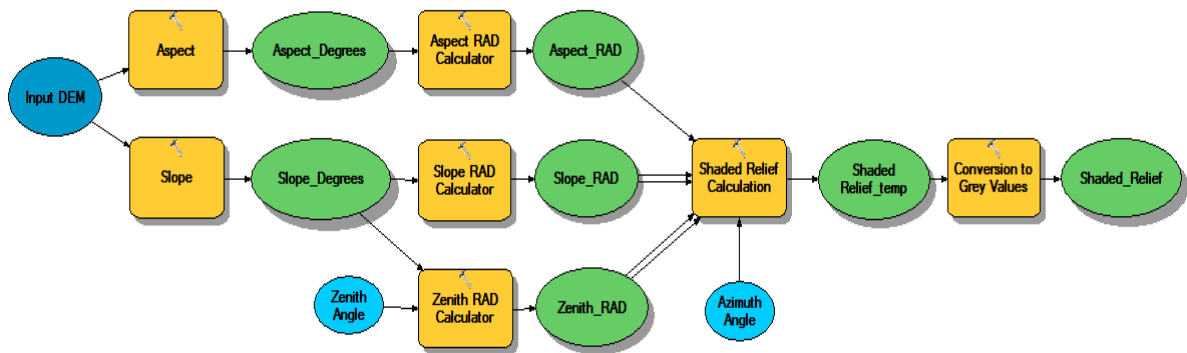


Εικόνα 53: Προεπιλεγμένη Τιμή για το Υψόμετρο (<http://pro.arcgis.com/> 2016)

Αλγόριθμος Σκίασης 1:

Η εξίσωση για τον υπολογισμό της σκίασης με βάση το ArcGIS είναι:

$$\begin{aligned} Hillshading = 225,0 \\ \cdot ((\cos(Zenith) \cdot \cos(Slope)) \\ + (\sin(Zenith) \cdot \sin(Slope) \cdot \cos(Azimuth - Aspect))) (rad) \end{aligned}$$



Εικόνα 54: Μοντέλο της Εξίσωσης Σκιάσεων (Serebryakova 2014)

Πολλαπλασιάζοντας με το 255,0 το σκιασμένο ανάγλυφο μετατρέπεται σε εικόνα με διαβαθμισμένη κλίμακα του γκρι.

Η τιμή για το «*Zenith*» σε rad είναι:

$$Zenith = (90^\circ - Altitude) \cdot \frac{\pi}{180^\circ} \rightarrow$$

$$Zenith = 45^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$$

Για την τιμή του «*Azimuth*» αρχικά έχουμε:

$$Azimuth_{math} = 360^{\circ} - Azimuth + 90^{\circ} \rightarrow$$

$$Azimuth_{math} = 450^{\circ} - 315^{\circ}$$

$$Azimuth_{math} = 135^{\circ}$$

Σε περίπτωση που ισχύει:

$$Azimuth_{math} \geq 360,0^{\circ}$$

Τότε

$$Azimuth_{math} = Azimuth_{math} - 360,0^{\circ}$$

Η τιμή για το «*Azimuth*» σε rad είναι:

$$Azimuth = Azimuth_{math} \cdot \frac{\pi}{180^{\circ}} \rightarrow$$

$$Azimuth = 135^{\circ} \cdot \frac{\pi}{180^{\circ}}$$

Η τιμή για το «*Slope*» σε rad είναι:

$$Slope = \left(atan \left(z_factor \cdot \sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \right) \right)$$

Το *z_factor* χρησιμοποιείται για να μετατρέψει τις μονάδες του Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων στις μονάδες που χρησιμοποιεί το ψηφιδωτό αρχείο. Εάν για παράδειγμα οι μονάδες για το z (υψόμετρο) είναι ίδιες με αυτές των x,y τότε *z_factor* = 1. Εάν το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων είναι σε πόδια και το ψηφιδωτό αρχείο σε μέτρα τότε *z_factor* = 0,3048. (<http://desktop.arcgis.com/2016>)

Η τιμή για το «Aspect» σε rad υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω αλγόριθμο:

$$Aspect = atan2 \left(\left(\frac{dz}{dy} \right), - \left(\frac{dz}{dx} \right) \right)$$

If [dz/dx] is non-zero:

Aspect = atan2 ([dz/dy], -[dz/dx])

if Aspect < 0 then

*Aspect= 2 * pi + Aspect*

If [dz/dx] is zero:

if [dz/dy] > 0 then

Aspect= pi / 2

else if [dz/dy] < 0 then

*Aspect= 2 * pi - pi / 2*

else

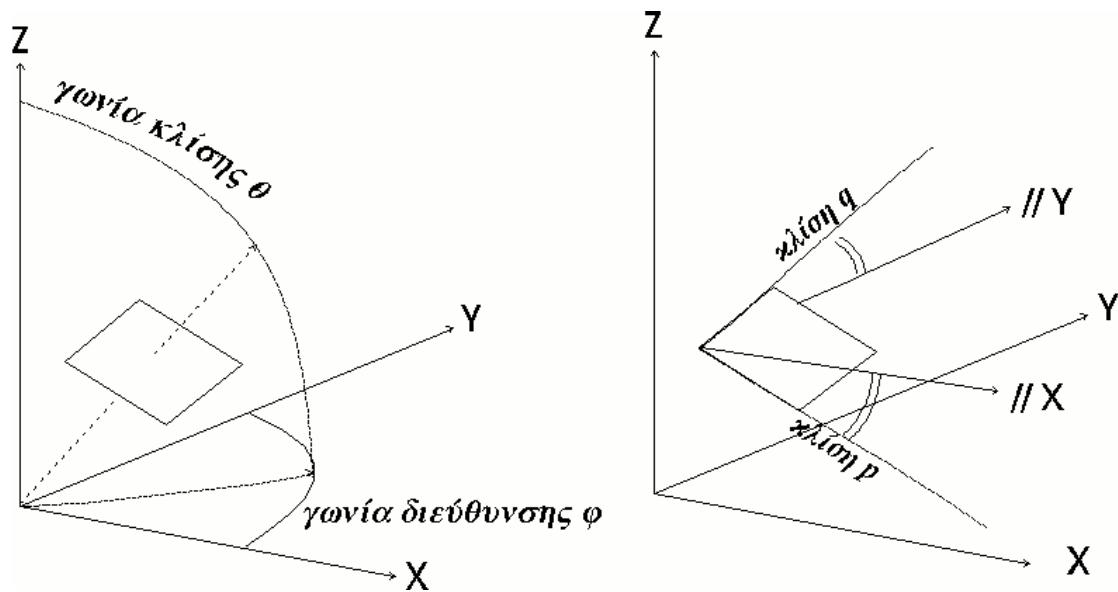
Aspect= Aspect

Οι όροι $\frac{dz}{dy}$ και $\frac{dz}{dx}$ που χρειάζονται για τον υπολογισμό της κλίσης και της έκθεσης υπολογίζονται με βάση τα κεφάλαια 3.2 και 4.2 αντίστοιχα.

(Serebryakova 2014, Burrough and McDonell 1998, Jenness 2013)

Οι παρακάτω αλγόριθμοι για τον υπολογισμό της σκίασης χρησιμοποιούν την έννοια ανακλαστικότητα. Πιο αναλυτικά, το φως που υποθετικά αντανακλάται επάνω στην επιφάνεια του ανάγλυφου μεταβάλλεται κατά ένα ποσοστό που ποικίλει, από μηδενική αντανάκλαση ως 100% (καθολική). Αυτό εξαρτάται από τον προσανατολισμό της επιφάνειας του εδάφους, τη διεύθυνση του ιδεατού φωτός, και το μοντέλο φωτισμού που έχει υιοθετηθεί. Το τελικά καταγραφόμενο ποσοστό φωτεινότητας περιγράφεται από το μέγεθος της φαινόμενης λαμπρότητας ή ανακλαστικότητας R . (Horn 1982)

Ο τοπικός προσανατολισμός υλοποιείται με το διάνυσμα της τοπικής καθέτου και μπορεί να εκφραστεί με δύο τρόπους. (Snyder 1980) Με τον πρώτο τρόπο ο τοπικός προσανατολισμός εκφράζεται δια μέσου των γωνιών του διανύσματος προσανατολισμού της καθέτου, που είναι η γωνία αζιμούθιου φ με αφετηρία το θετικό άξονα x και αριστερόστροφη φορά, και τη ζενίθια γωνία θ . Με το δεύτερο τρόπο εκφράζεται δια μέσου των μερικών κλίσεων της επιφάνειας p κατά το άξονα x με φορά από δύση προς ανατολή και q κατά τον άξονα y με φορά από νότο προς βορρά. Ο προσανατολισμός της φωτεινής πηγής εκφράζεται από τα ανάλογα ζεύγη παραμέτρων ως προς τους δύο τρόπους προσανατολισμού που προαναφέρθηκαν $(\varphi_0, \theta_0, p_0, q_0)$.



Εικόνα 55: Τρόποι Προσδιορισμού Τοπικού Προσανατολισμού Μιας Επιφάνειας (Τζελέπης και Νάκος 1995)

Αλγόριθμος Σκίασης 2 (Αλγόριθμος ιδανικής αντανάκλασης με τμηματική γραμμική προσέγγιση του Peucker):

Οι περισσότεροι αλγόριθμοι προσδιορισμού της σκίασης υιοθετούν ένα μοντέλο φωτισμού που ανταποκρίνεται σε ιδεατές, ιδανικές επιφάνειες με ιδιότητες που έχουν ως αποτέλεσμα την τέλεια διάχυση του φωτός.

Η σκίαση εξαρτάται από την κλίση της επιφάνειας σε σχέση με τη γωνία του ήλιου. Το ποσοστό του εμβαδού του στοιχείου που φαίνεται από τη φωτεινή πηγή και άρα δέχεται και αντανακλά το φως ισούται με το γινόμενο του πραγματικού εμβαδού με το συνημίτονο της προσπίπτουσας γωνίας I (η γωνία που σχηματίζει η κάθετος στην επιφάνεια του εδάφους και οι φωτεινές ακτίνες). Επομένως η ανακλαστικότητα R θα δίνεται από τη σχέση:

$$R = \cos i = \frac{1 + p_0 \cdot p + q_0 \cdot q}{\sqrt{(1 + p^2 + q^2) \cdot (1 + p_0^2 + q_0^2)}}$$

Συνήθως χρησιμοποιούμε βορειοδυτική κατεύθυνση επομένως η ανακλαστικότητα είναι:

$$R = 0,4285 \cdot (p - q) - 0.0844 \cdot |p + q| + 0,6599$$

(Horn 1982, Τζελέπης και Νάκος 1995)

Αλγόριθμος Σκίασης 3 (Αλγόριθμος ιδανικής αντανάκλασης με προσαρμογή της φωτεινής πηγής του Brassel):

Με τον αλγόριθμο του Brassel επιχειρείται να επιλυθούν προβλήματα του προηγούμενου έτσι εφαρμόζονται διορθώσεις στη διεύθυνση και στην κλίση της φωτεινής δέσμης.

$$\delta\theta = \alpha \cdot (\theta - \theta_0)$$

$$\delta\varphi = \arcsin\left(\frac{\beta}{2} \cdot \sin 2(\varphi - \varphi_0)\right)$$

Οι διορθώσεις ρυθμίζονται από δύο συντελεστές α και β . Τα διορθωμένα στοιχεία προσανατολισμού εφαρμόζονται στην εξίσωση:

$$R = \cos i = \frac{1 + p_0 \cdot p + q_0 \cdot q}{\sqrt{(1 + p^2 + q^2) \cdot (1 + p_0^2 + q_0^2)}}$$

(Brassel 1973, Τζελέπης και Νάκος 1995)

Αλγόριθμος Σκίασης 4:

Η ανακλαστικότητα εδώ υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο

$$R = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{s' + a}{\beta}\right)$$

s': η κλίση της επιφάνειας στη διεύθυνση των φωτεινών ακτινών

α και β: παράμετροι που εκφράζουν αντίστοιχα το γκρίζο τόνο για τις οριζόντιες περιοχές και το ρυθμό μεταβολής των τόνων ως προς την κλίση

(Horn 1982, Τζελέπης και Νάκος 1995)

Αλγόριθμος Σκίασης 5 (Κατοπτρικής Αντανάκλασης-Σχέσεις Bui-Tuong, Blinn):

Αυτή η μέθοδος βασίζεται σε ένα υποθετικό οπτικό φαινόμενο κατά το οποίο οι φωτεινές ακτίνες ανακλώνται στη φωτιζόμενη επιφάνεια και αντικατοπτρίζονται επάνω στον παρατηρητή.

$$R = ((1 - a) + a \cdot P) \cdot \frac{\cos i}{\cos \frac{\theta_0}{2}}$$

P: κατανομή λαμπρότητας της επιφάνειας εξαρτώμενη από την υφή της

i: γωνία πρόσπτωσης

θ_0 : γωνία κλίσης του φωτός

(Horn 1982, Τζελέπης και Νάκος 1995)

Αλγόριθμος Σκίασης 6 (Κεκλιμένων Καμπυλών του Tanaka):

Μια επιφάνεια που καλύπτεται από παράλληλες διαδοχικές γραμμές πάχους b και με ενδιάμεση απόσταση w, έχει τιμή ανακλαστικότητας που εξαρτάται από τα μεγέθη αυτά καθώς και από τις αποχρώσεις των γραμμών και του μεταξύ τους χώρου στο χάρτη. Αν οι γραμμές είναι σχεδιασμένες με μαύρο χρώμα σε λευκό χαρτί, τότε η ανακλαστικότητα των γραμμών είναι μηδέν και του υπόλοιπου χώρου του χάρτη είναι 100 μονάδες. Η σχέση που προσδιορίζει την ανακλαστικότητα κάθε στοιχειώδους επιφάνειας του χάρτη είναι:

$$R = r_w - \frac{b}{w + b} \cdot (r_w - r_b)$$

r_b : η ανακλαστικότητα των γραμμών

r_w : η ανακλαστικότητα του υπόλοιπου χώρου του χάρτη

Αυτή η εξίσωση εφαρμόζεται όταν η επιφάνεια καλύπτεται από ισοϋψείς καμπύλες. Επειδή όμως η πυκνότητα των γραμμών εξαρτάται μόνο από την κλίση του εδάφους για να έχουμε διαβάθμιση της ανακλαστικότητας με βάση και την έκθεση υποθέτουμε διαδοχικές τομές της επιφάνειας με ισαπέχοντα κεκλιμένα επίπεδα με προσανατολισμό κάθετο στις φωτεινές ακτίνες. Τότε η ανακλαστικότητα υπολογίζεται ως εξής:

$$R = r_w - \frac{b}{k \cdot d} \cdot (r_w - r_b) \cdot \sqrt{\frac{(p - p_0)^2 + (q - q_0)^2}{1 + p_0^2 + q_0^2}}$$

d: μέγεθος της ισοδιάστασης

b: το πάχος της γραμμής σχεδίασης

k: η κλίμακα του χάρτη

(Tanaka 1930, Τζελέπης και Νάκος 1995)

Αλγόριθμος Σκίασης 7 (Μη Ιδανικής Αντανάκλασης με Μεταβαλλόμενη Λαμπρότητα του Wiechel):

Η ιδανική αντανάκλαση είναι κάτι που δεν συμβαίνει πραγματικά. Η αντανάκλαση μεταβάλλεται γι' αυτό και έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι που λαμβάνουν υπόψη και άλλες παραμέτρους εκτός της γωνίας πρόσπτωσης. Ο παρακάτω τύπος χρησιμοποιεί την παράμετρο θ που είναι η γωνία μεταξύ της τοπικής καθέτου και του διανύσματος θέσης του παρατηρητή.

$$R = \frac{\cos i \cdot \cos e}{\frac{1}{2} \cdot (1 + \cos e)}$$

(Horn 1982, Τζελέπης και Νάκος 1995)

Αλγόριθμος Σκίασης 8 (Μη Ιδανικής Αντανάκλασης με Αυτόματη Απόδοση της Σκίασης του Marsik):

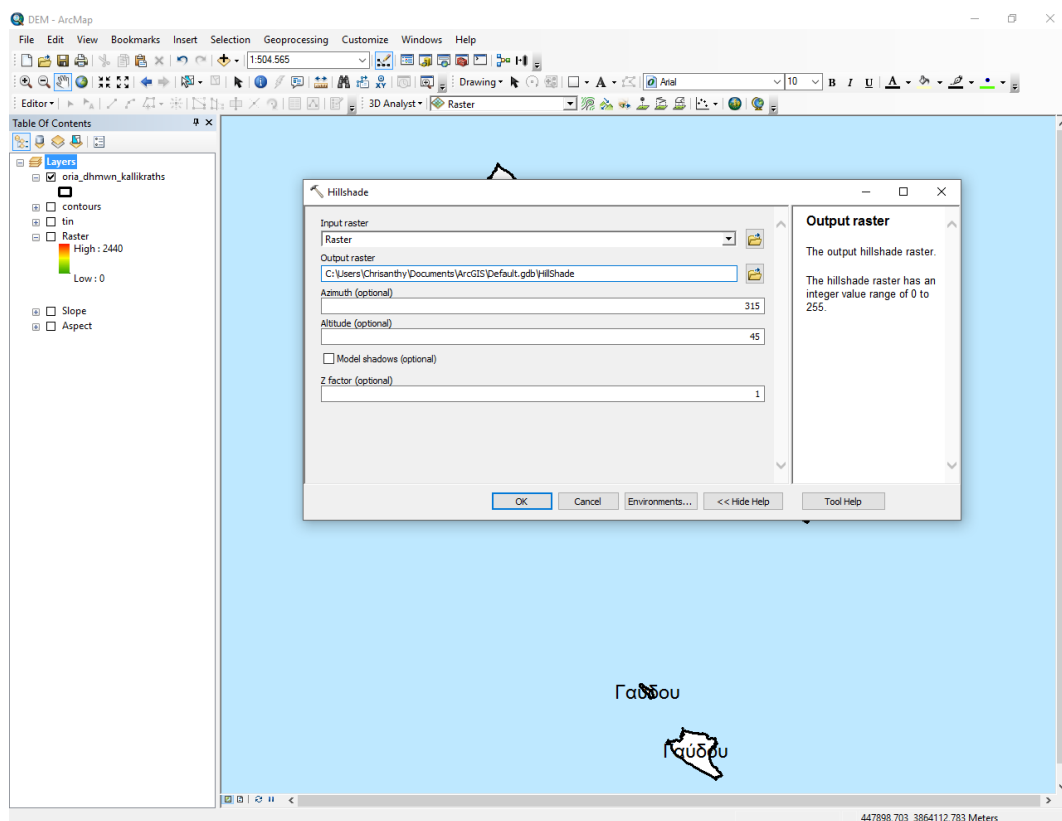
Ο παρακάτω αλγόριθμος δεν χρησιμοποιεί ούτε αυτός την έννοια της ιδανικής αντανάκλασης.

$$R = 10^{\frac{p_0 \cdot p + q_0 \cdot q}{\sqrt{p_0^2 + q_0^2}}}$$

(Horn 1982, Τζελέπης και Νάκος 1995)

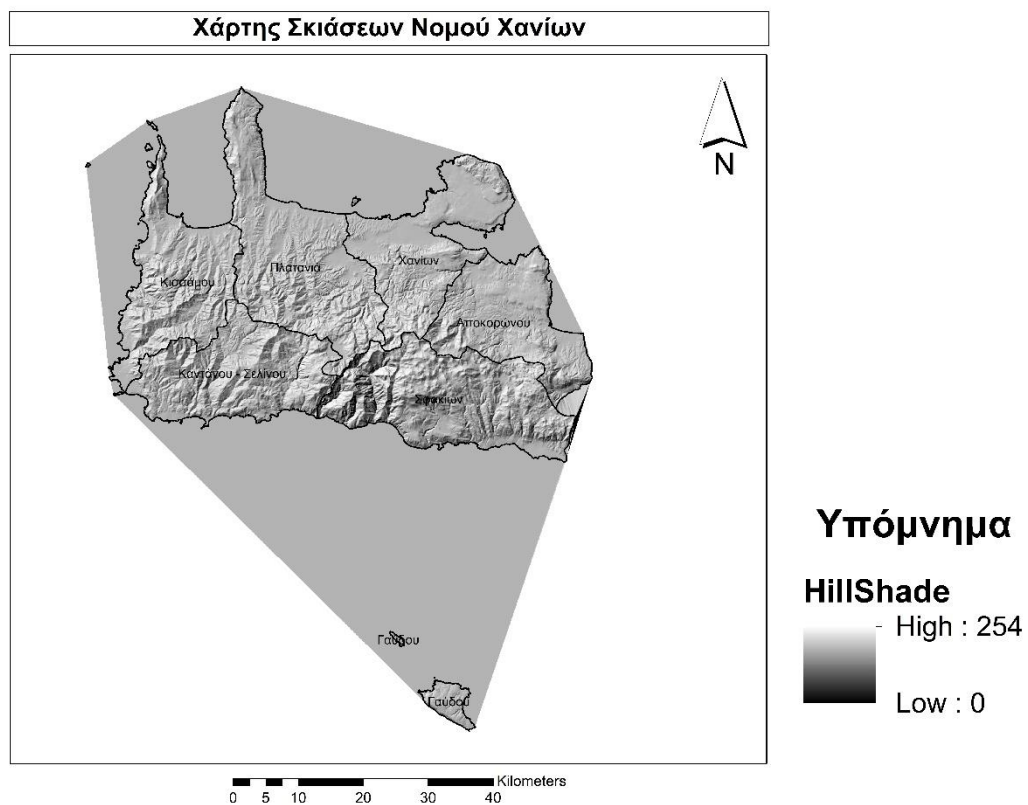
5.3 Εφαρμογή στην Περιοχή Μελέτης

Για την εξαγωγή του χάρτη σκιάσεων από το μενού του «3D Analyst» επιλέγουμε «Hillshade». Επιλέγουμε το αρχείο raster, ως γωνία αζιμούθιου του ήλιου 315° και ως γωνία ύψους του ήλιου 45°.



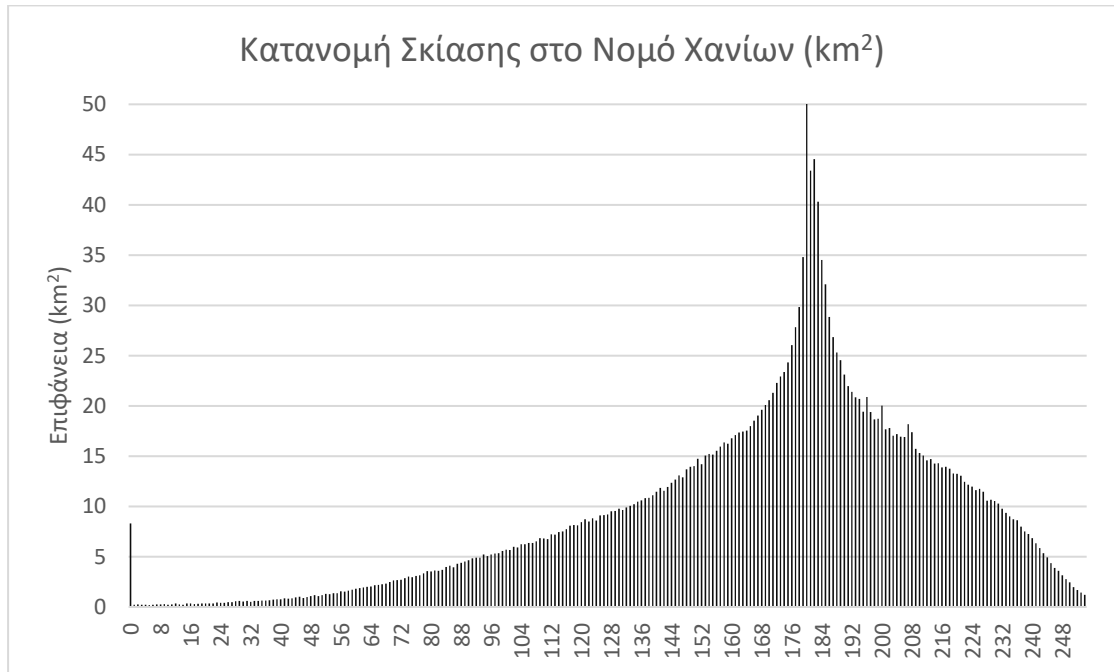
Εικόνα 56: Δημιουργία Χάρτη Σκιάσεων

Ο χάρτης σκιασμένου αναγλύφου έχει δημιουργηθεί και φαίνεται παρακάτω.

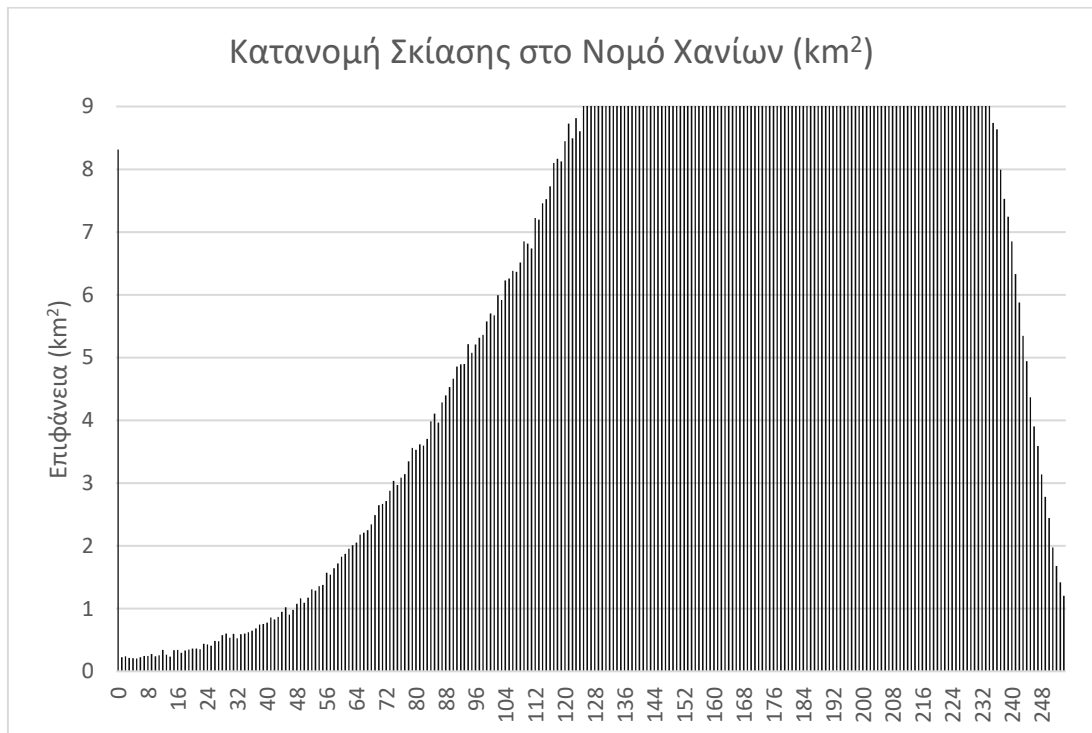


Εικόνα 57: Χάρτης Σκιάσεων Νομού Χανίων

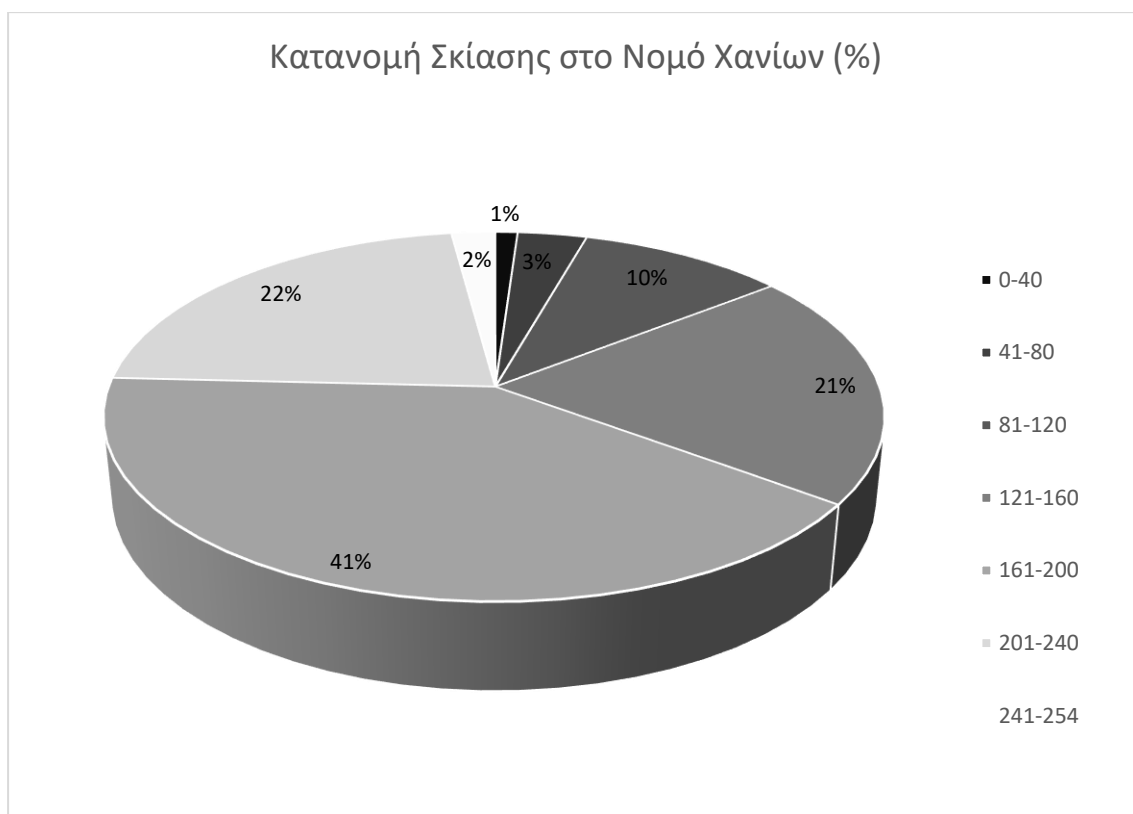
Παρακάτω φαίνεται με μορφή διαγραμμάτων η κατανομή των σκιάσεων στο νομό.



Διάγραμμα 9: Κατανομή Σκίασης στο Νομό Χανίων (km²)



Διάγραμμα 10: Κατανομή Σκίασης στο Νομό Χανίων (km²)



Διάγραμμα 11: Κατανομή Σκίασης στο Νομό Χανίων (χωρίς την τιμή 180)

Την τιμή 180 έχει πάρει η περιοχή της θάλασσας και γι' αυτό δεν φαίνεται στα διαγράμματα.

6 Ορατότητα

6.1 Γενικά

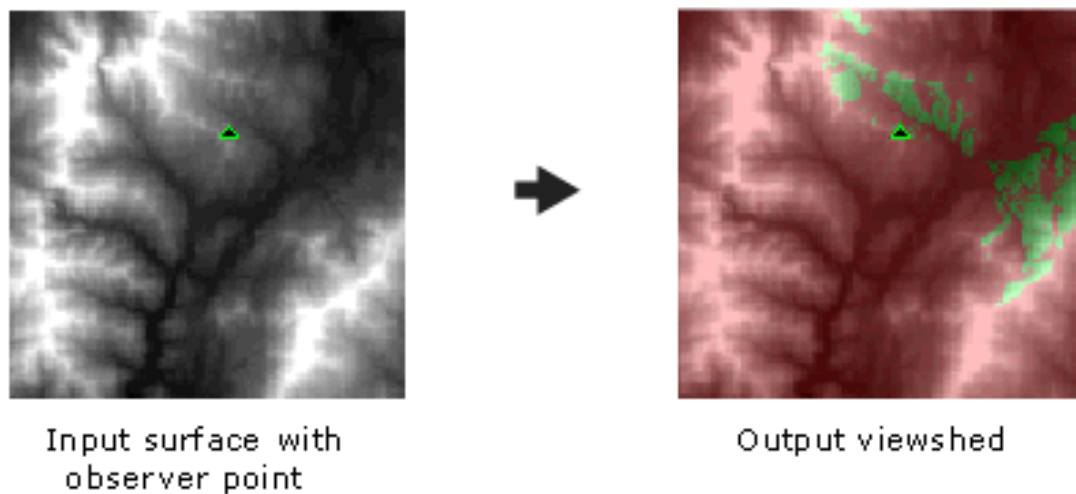
Ο χάρτης ορατότητας προϋποθέτει την ύπαρξη κάποιας ή κάποιων θέσεων παρατήρησης. Αυτό που μας δίνεται ως αποτέλεσμα της διαδικασίας υπολογισμού της ορατότητας, είναι ένας χάρτης ο οποίος μας δείχνει σε ποια τμήματα της περιοχής μελέτης ένας παρατηρητής που βρίσκεται στην θέση παρατήρησης θα μπορεί να βλέπει και σε ποια τμήματα όχι. Η παρουσία βλάστησης και ειδικότερα δάσους μπορεί να διαφοροποιήσει τις ορατές περιοχές, καθώς και το ύψος από το οποίο ο παρατηρητής παρατηρεί την επιφάνεια του εδάφους, αλλά και η καμπυλότητα της γης παίζει σημαντικό ρόλο στην ορατότητα. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένας χάρτης όπου σε όλες τις ορατές ψηφίδες αντιστοιχείται μία συγκεκριμένη τιμή και στις υπόλοιπες μια άλλη. Προϋποτίθεται η ύπαρξη ενός Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρου. (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως 2010)

Ο υπολογισμός της ορατότητας είναι σημαντικός σε περιπτώσεις σχεδιασμού παρατηρητηρίων (παρατηρητήρια πυρκαγιών, τουριστικά κιόσκια), για στρατιωτικούς σκοπούς, για σκοπούς αμοιβαίας ορατότητας κεραιών τηλεπικοινωνίας, σχεδιασμού αεροδρομίων, για τη λειτουργία radar, μετάδοση ραδιοφωνικών κυμάτων. Στα raster γραφικά, με τη σύγκριση των υψομέτρων του εδάφους και τη θέση του παρατηρητή, προκύπτει ένα νέο επίπεδο, όπου οι νέες τιμές των εικονοστοιχείων μπορεί να είναι:

- 0, εάν το εικονοστοιχείο είναι αόρατο
- 1, εάν το εικονοστοιχείο είναι ορατό

(Καπαγερίδης 2006)

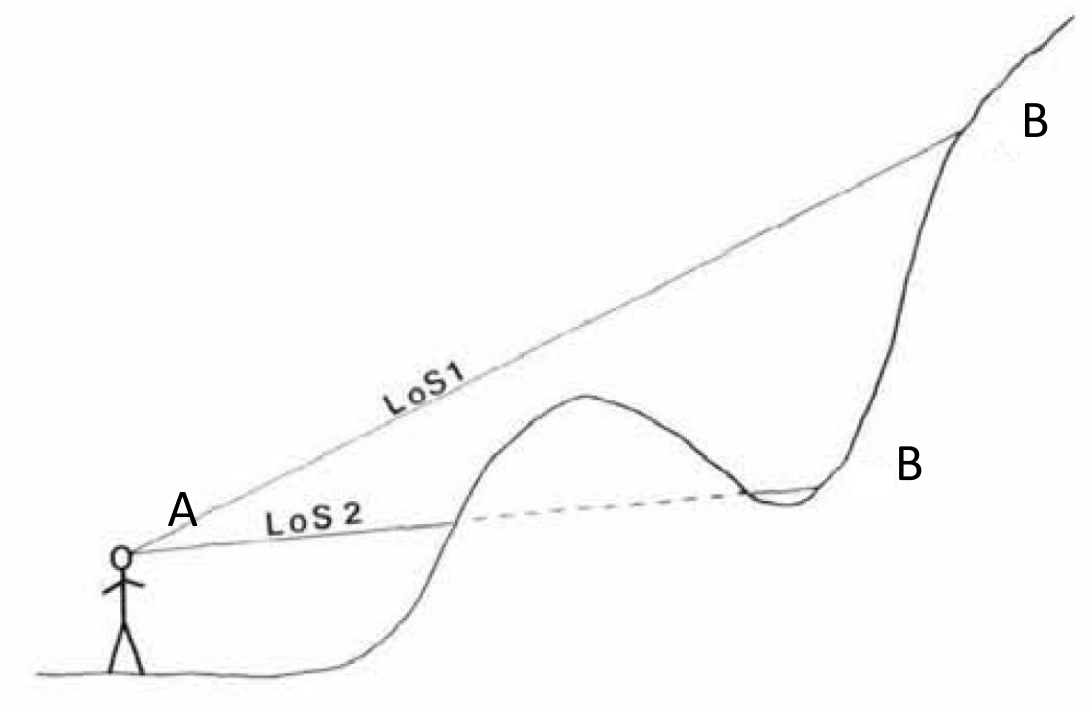
6.2 Αλγόριθμοι για την Εξαγωγή Ορατότητας



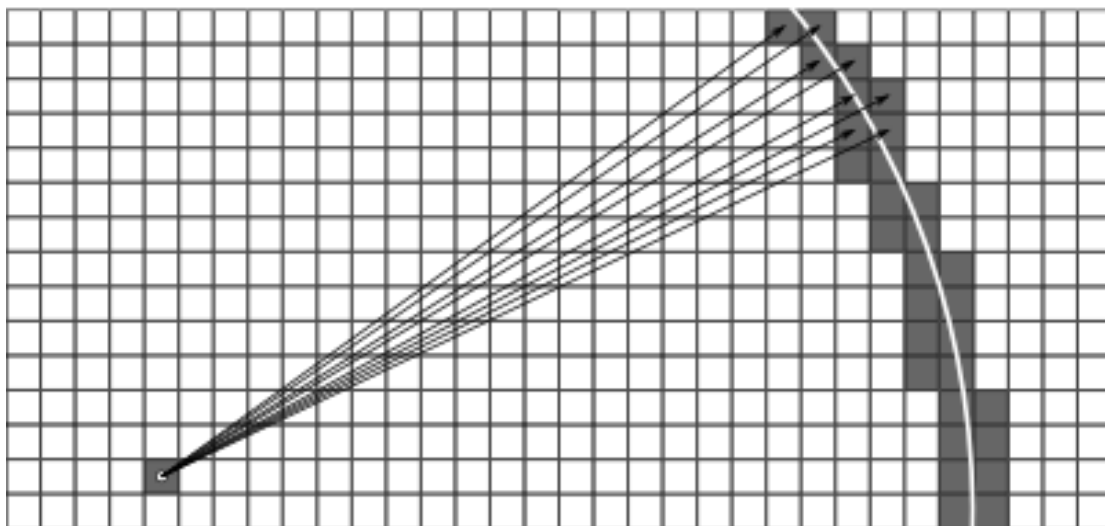
Εικόνα 58: Παράδειγμα Εξαγωγής Χάρτη Ορατότητας (<http://desktop.arcgis.com/> 2016)

Αλγόριθμος Ορατότητας 1:

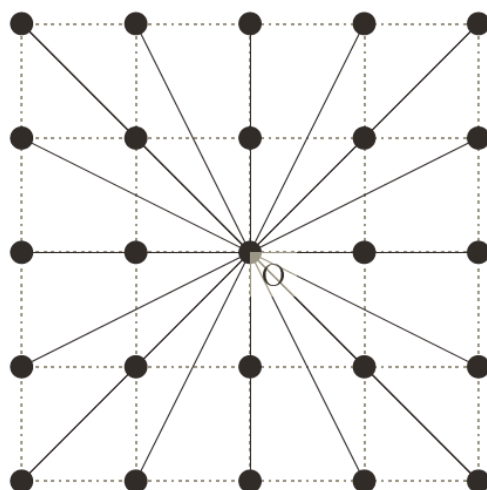
Ο αλγόριθμος για τον υπολογισμό της ορατότητας εξετάζει κάθε κελί και προσδιορίζει εάν είναι ορατό από τη θέση παρατήρησης ή όχι. Ξεκινώντας από τη θέση παρατήρησης A ορίζεται μια νοητή γραμμή (γραμμή ορατότητας-Line of Sight, LoS) η οποία ενώνει το A με ένα σημείο B στην περιοχή μελέτης, στη συνέχεια εξετάζει το υψόμετρο του κάθε κελιού από το οποίο περνά η γραμμή. Εάν το υψόμετρο κάποιου κελιού ξεπερνά το υψόμετρο της γραμμής ορατότητας τότε το κελί B παίρνει την τιμή 0 και δεν είναι ορατό από τη θέση παρατήρησης αλλιώς το B παίρνει την τιμή 1 και είναι ορατό από τη θέση παρατήρησης. Αυτό γίνεται για όλα τα κελιά της περιοχής μελέτης. (Kim 1994, Burrough and McDonnel 1998, Coasts 2013)



Εικόνα 59: Παράδειγμα Υπολογισμού Ορατότητας (Fisher 1991)

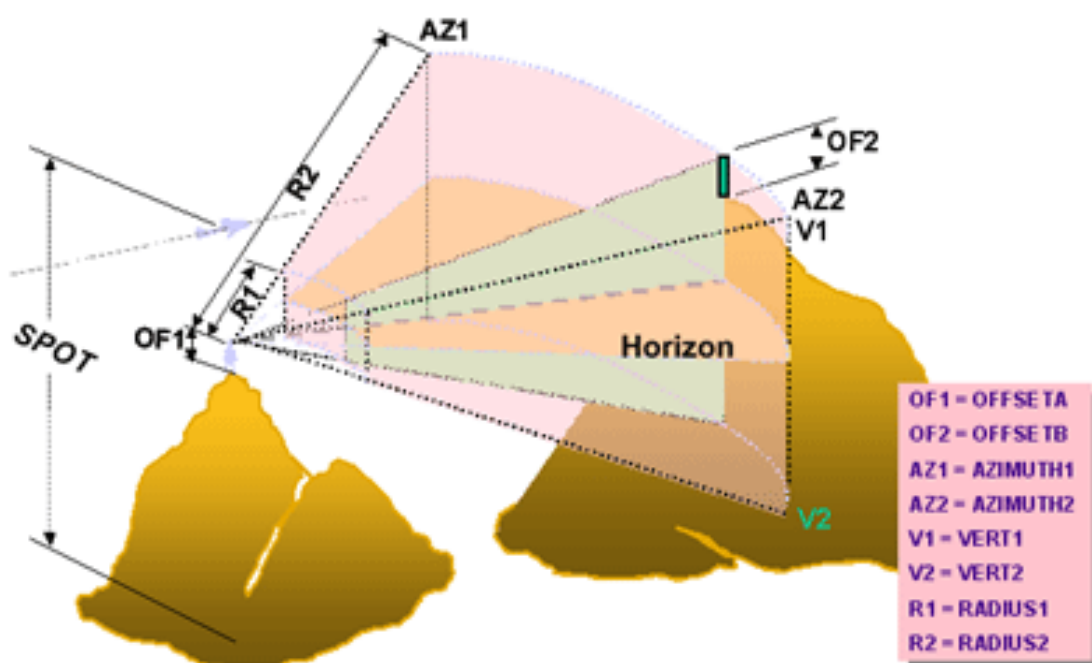


Εικόνα 60: Γραμμές Ορατότητας για τον Υπολογισμό Ορατότητας (<https://hub.qgis.org/wiki/> 2016)



Εικόνα 61: Γραμμές Ορατότητας από τη Θέση Παρατήρησης προς όλα τα Κελιά της Περιοχής Μελέτης (Johansson και Lundberg 2016)

Για τον υπολογισμό της ορατότητας το ArcGIS περιλαμβάνει μια σειρά προαιρετικών παραμέτρων (Εικόνα 62) οι οποίοι είναι απαραίτητοι για να μοντελοποιηθεί με ακρίβεια ένα σύνθετο σενάριο ορατότητας.



Εικόνα 62: Παράμετροι για τον Έλεγχο της Ορατότητας (<http://desktop.arcgis.com/> 2016)

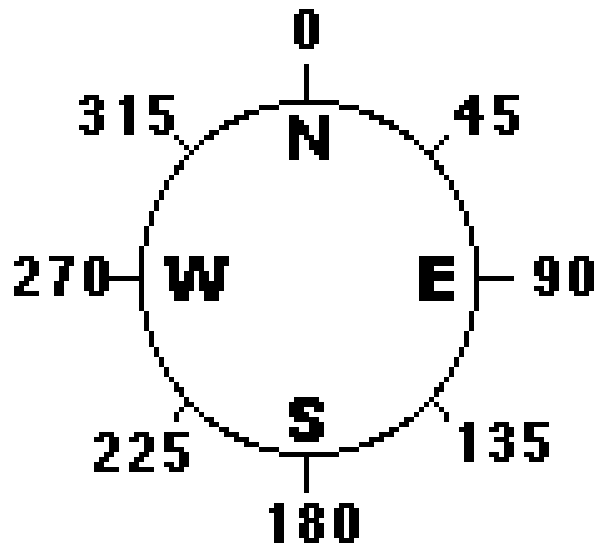
Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψιν και μπορούν να επεξεργαστούν από το χρήστη είναι:

- «Spot»: χρησιμοποιείται για να καθορίσει τις επιφανειακές αυξήσεις για τα σημεία παρατήρησης.
- «OffsetA»: η κάθετη απόσταση σε μονάδες επιφάνειας που πρόκειται να προστεθεί στην τιμή z του σημείου παρατήρησης.
- «OffsetB»: η κάθετη απόσταση σε μονάδες επιφάνειας που πρόκειται να προστεθεί στην τιμή z του κάθε κελιού.



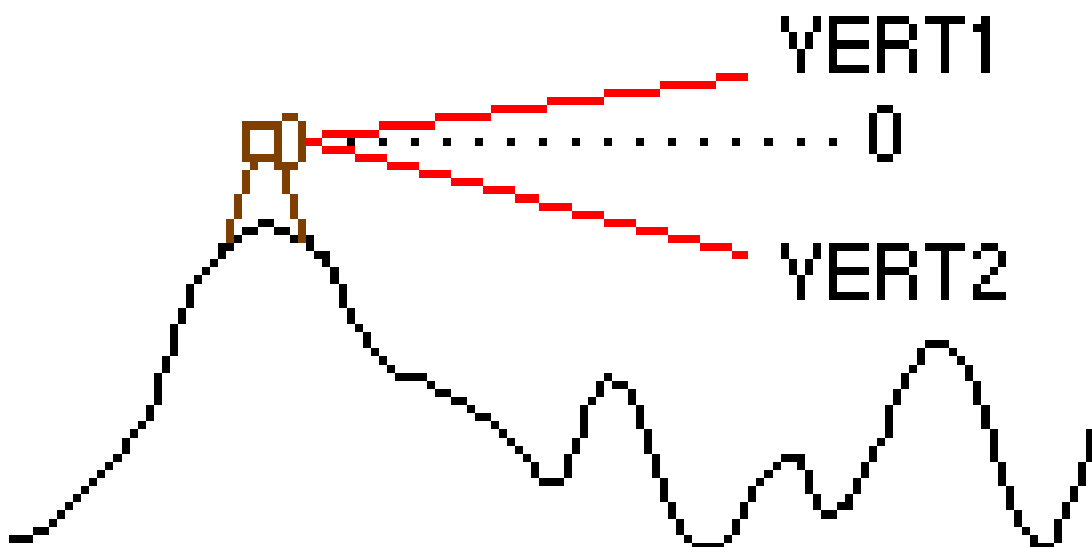
Εικόνα 63: Γραφική Αναπαράσταση «OffsetA» και «OffsetB» (<http://desktop.arcgis.com/> 2016)

- «Azimuth1» και «Azimuth2»: ορίζουν την γωνία ώστε να περιοριστεί η σάρωση.



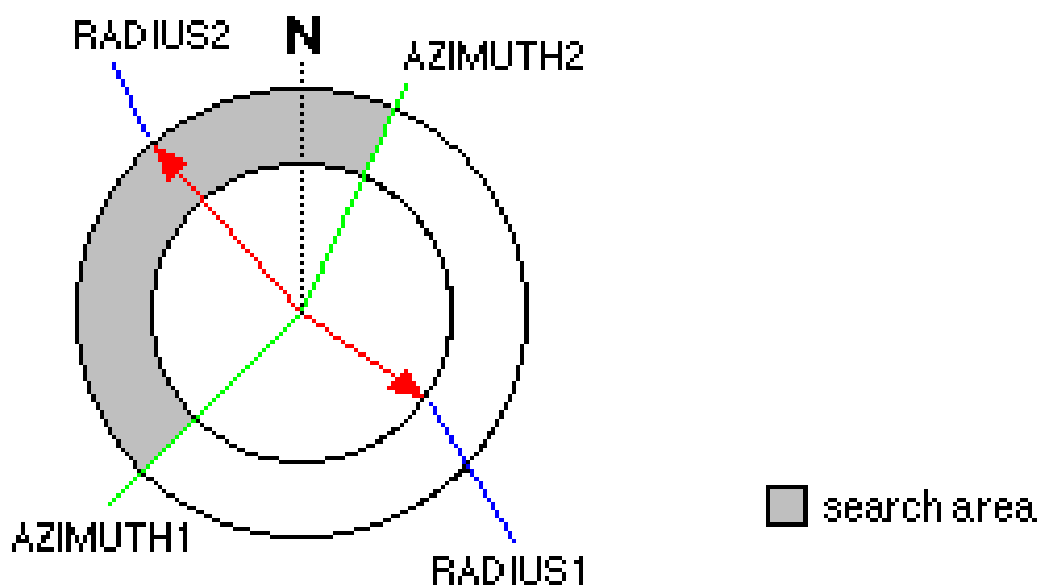
Εικόνα 64: Αζιμούθιο (<http://desktop.arcgis.com/> 2016)

- «Vert1»: η πάνω πλευρά της κατακόρυφης γωνίας η οποία περιορίζει τη σάρωση.
- «Vert2»: η πάνω πλευρά της κατακόρυφης γωνίας η οποία περιορίζει τη σάρωση.



Εικόνα 65: Γραφική Αναπαράσταση «Vert1» και «Vert2» (<http://desktop.arcgis.com/> 2016)

- «*Radius1*»: η εσωτερική ακτίνα η οποία περιορίζει την απόσταση αναζήτησης κατά τον προσδιορισμό των περιοχών ως ορατές ή όχι από τη θέση παρατήρησης.
- «*Radius2*»: η εξωτερική ακτίνα η οποία περιορίζει την απόσταση αναζήτησης κατά τον προσδιορισμό των περιοχών ως ορατές ή όχι από τη θέση παρατήρησης.



Εικόνα 66: Γραφική Αναπαράσταση «*Radius1*», «*Radius2*», «*Azimuth1*» και «*Azimuth2*»

(<http://desktop.arcgis.com/> 2016)

Οι προεπιλεγμένες τιμές για τις παραπάνω παραμέτρους φαίνονται στο πίνακα 2.

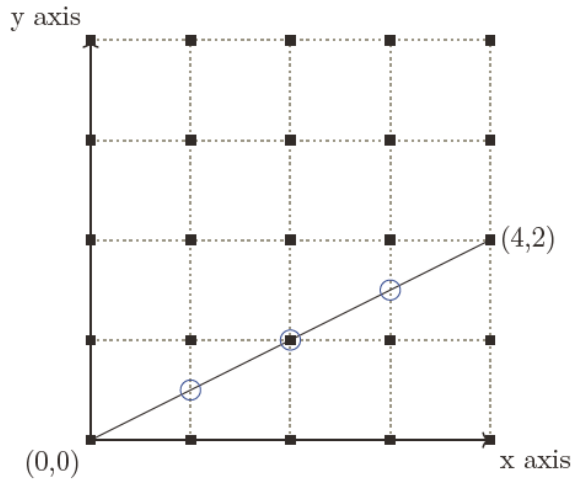
Παράμετρος	Τιμή
------------	------

Spot	Υπολογίζεται με τη χρήση διγραμμικής παρεμβολής
OffsetA	1
OffsetB	0
Azimuth1	0°
Azimuth2	360°
Vert1	90°
Vert2	−90°
Radius1	1
Radius2	∞

Πίνακας 2: Προεπιλεγμένες Τιμές για τον Υπολογισμό της Ορατότητας (<http://desktop.arcgis.com/> 2016)

Αλγόριθμος Ορατότητας 2 (R3):

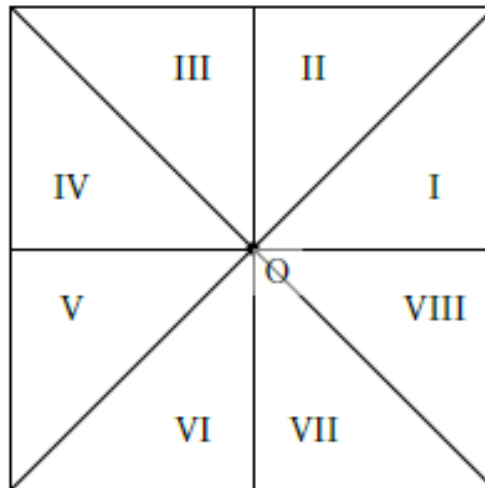
Ο αλγόριθμος R3, που περιγράφηκε από τους Franklin et al. (1994), είναι απλός και ακριβής με σχετικά χαμηλή απόδοση. Η ιδέα του αλγορίθμου είναι και εδώ να υπολογιστεί μια γραμμή ορατότητας (LoS) από το σημείο παρατήρησης προς κάθε άλλο σημείο της περιοχής μελέτης. (Εικόνα 66)



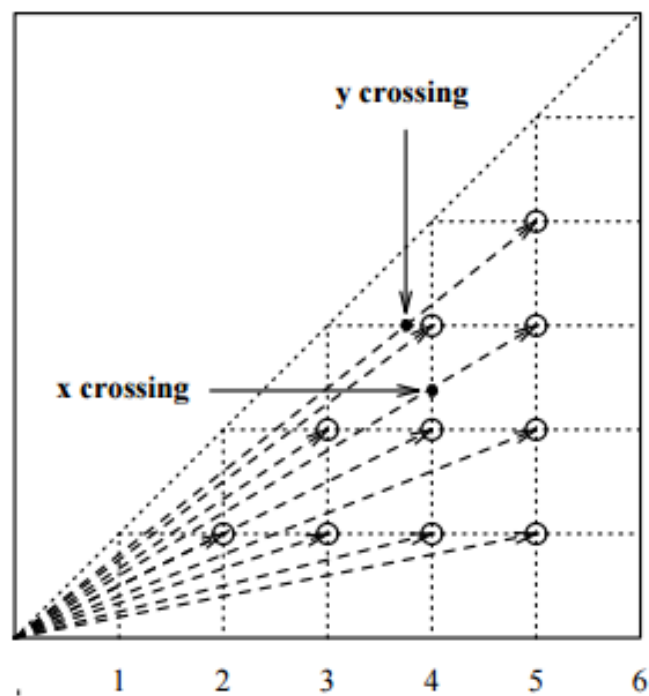
Εικόνα 67: Γραμμή Ορατότητας (LoS) από το (0,0) στο (4,2) (Johansson και Lundberg 2016)

Προχωρώντας κατά μήκος μιας γραμμής η οποία ενώνει το σημείο παρατήρησης με το σημείο στόχο υπολογίζεται η κλίση της γραμμής που συνδέει το σημείο παρατήρησης με το κάθε σημείο και η μέγιστη κλίση που προκύπτει συγκρίνεται με την κλίση της γραμμής ορατότητας. Το σημείο είναι ορατό από τη θέση παρατήρησης εάν ισχύει $Slope_{LoS} > S_{max}$.

Τα σημεία τα οποία χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της κλίσης εξαρτώνται από τη θέση του σημείου παρατήρησης σε σχέση με το σημείο του στόχου. Πιο αναλυτικά, θεωρούμε πως η περιοχή χωρίζεται σε 8 ίσα μέρη (Εικόνα 67), εάν το σημείο στόχος είναι σε μια από τις περιοχές I, IV, V ή VIII τότε λαμβάνεται η τιμή του υψομέτρου στο σημείο που η γραμμή ορατότητας τέμνει τον άξονα y (x-crossing), ενώ εάν το σημείο στόχος ανήκει σε μια από τις υπόλοιπες περιοχές τότε λαμβάνεται η τιμή του υψομέτρου στο σημείο που η γραμμή ορατότητας τέμνει τον άξονα x (y-crossing).



Εικόνα 68: Η Περιοχή Μελέτης Χωρισμένη σε 8ΐσα Μέρη (Johansson και Lundberg 2016)

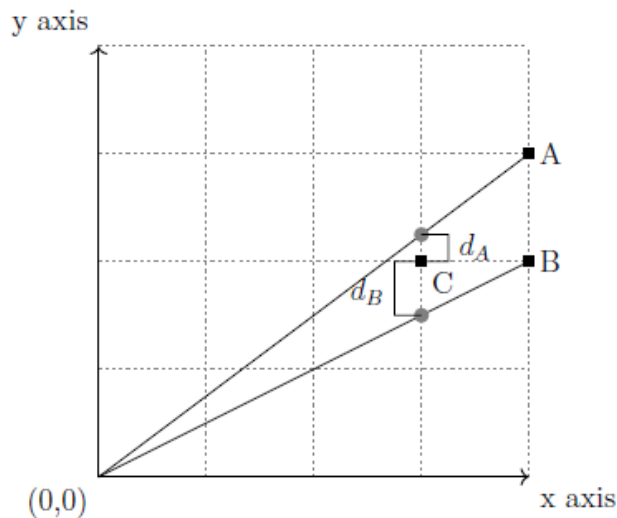


Εικόνα 69: Γραμμές Ορατότητας (LoS) (Franklin et al. 1994)

Αλγόριθμος Ορατότητας 3 (R2):

Σε μια προσπάθεια να μειωθεί η πολυπλοκότητα του αλγόριθμου R3 οι Franklin et al. (1994) ανέπτυξαν έναν άλλο αλγόριθμο τον R2. Ο συγκεκριμένος

αλγόριθμος υπολογίζει τις γραμμές ορατότητας που ενώνουν το σημείο παρατήρησης με τα άκρα της περιοχής μελέτης, δηλαδή τα σημεία A και B της Εικόνας 70.

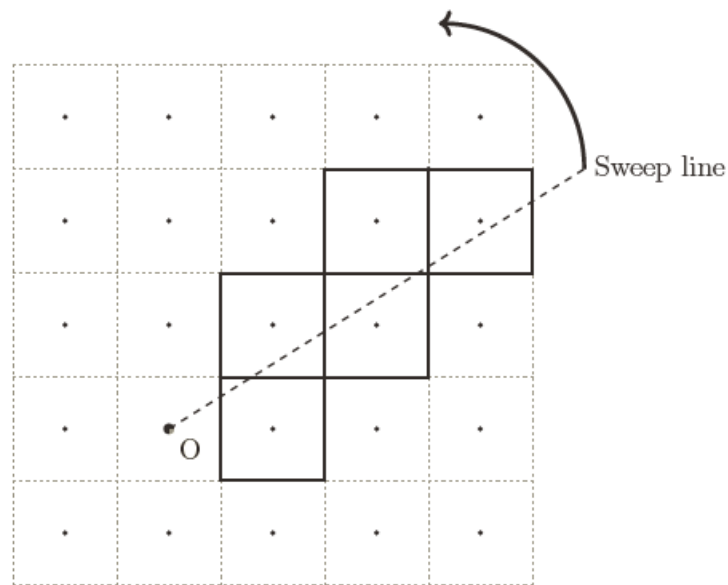


Εικόνα 70: Γραφική Αναπαράσταση Αλγόριθμου R3 (Johansson και Lundberg 2016)

Επίσης υπολογίζεται το ύψος της γραμμής ορατότητας για κάθε σημείο που τέμνεται με τον άξονα x ή τον y ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκεται. Για να υπολογιστεί η ορατότητα των ενδιάμεσων σημείων, δηλαδή στο σημείο C στην προκειμένη περίπτωση, λαμβάνουμε υπόψη την υψομετρική πληροφορία στο σημείο που βρίσκεται πιο κοντά σε αυτό. Σε περίπτωση που δυο σημεία ισαπέχουν από το ενδιάμεσο τότε θα ληφθούν και τα δύο υπόψη για τον υπολογισμό της ορατότητας.

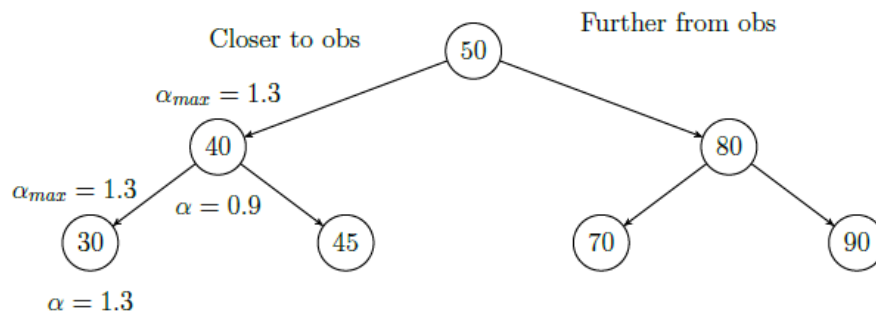
Αλγόριθμος Ορατότητας 4 (Van Kreveld):

Ο αλγόριθμος ο οποίος παρουσιάστηκε από τον Van Kreveld (1996) χρησιμοποιεί μια γραμμή η οποία σαρώνει την περιοχή όπου θέλουμε να υπολογίσουμε την ορατότητα (Εικόνα 70)



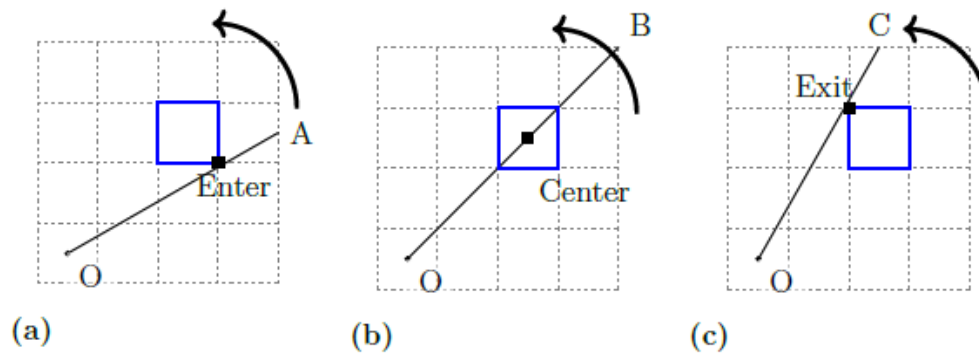
Εικόνα 71: Γραμμή Σάρωσης Αλγόριθμου Van Kreveld (Johansson και Lundberg 2016)

Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί ακόμα ένα Δυαδικό Δέντρο Αναζήτησης (Binary Search Tree, BST) για να παρακολουθεί τα κελιά τα οποία τέμνει η γραμμή. Ένα παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 72. Το φύλλο που βρίσκεται αριστερά αντιπροσωπεύει το κελί που έχει την μικρότερη απόσταση από τη θέση παρατήρησης και αυτό δεξιά αυτό που έχει την μεγαλύτερη απόσταση.



Εικόνα 72: Παράδειγμα Δυαδικού Δέντρου Αναζήτησης (Binary Search Tree, BST) (Johansson και Lundberg 2016)

Σε κάθε κελί της περιοχής μελέτης αντιστοιχούν τρεις ενέργειες, μία όταν η γραμμή σάρωσης εισέρχεται στο κελί, μία όταν περνά από το κέντρο του και μία όταν εξέρχεται από αυτό.



Εικόνα 73: Ενέργειες Κατά τη Διαδικασία της Σάρωσης (Johansson και Lundberg 2016)

Όταν η γραμμή σάρωσης εισέρχεται στο κελί εισάγει την τιμή του στο Δυαδικό Δέντρο Αναζήτησης, ενώ όταν η γραμμή εξέρχεται από το κελί τότε η τιμή του διαγράφεται από το Δυαδικό Δέντρο Αναζήτησης. Στην περίπτωση που η γραμμή σάρωσης διέρχεται από το κέντρο του κελιού τότε είναι που γίνεται και ο υπολογισμός της ορατότητας. Κάθε κόμβος αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με τη μέγιστη γωνία που έχει υπολογιστεί. Η γωνία του κελιού εκάστοτε κελιού θα υπολογίζεται και θα συγκρίνεται με την μέγιστη, εάν αυτή είναι η μέγιστη τότε το κελί είναι ορατό από τον παρατηρητή σε κάθε άλλη περίπτωση δεν είναι ορατό. Όταν το κελί δεν είναι ορατό υπολογίζεται πόσο ψηλότερα θα έπρεπε να ήταν το κελί για να ήταν ορατό

```
// Calculate angle for enter/center/exit-events
```

```
// For all points add events to priorityQueue
```

```
While (pQ not empty ) :
```

```
    take head o f queue
```

```
    check event :
```

Enter : add point to t r e e

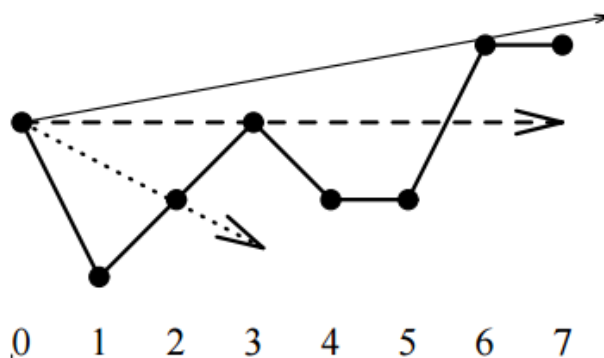
Exit : remove point from t r e e

Center : Check i f point i s v i s i b l e

(Van Kreveld 1996, Johansson και Lundberg 2016)

Αλγόριθμος Ορατότητας 5 (DEM/Xdraw):

Στην πρώτη περίπτωση η θέση παρατήρησης βρίσκεται στο σημείο 0, το σημείο 1 είναι πάντα ορατό. Σχεδιάζουμε μια γραμμή ορατότητας από τη θέση παρατήρησης προς το σημείο 1, αφού βρίσκεται κάτω από το 2 το σημείο 2 είναι ορατό. Μετακινώντας τη γραμμή ορατότητας προς το 2 βλέπουμε πως το σημείο 3 είναι πιο ψηλά άρα είναι ορατό. Μετακινώντας τώρα τη γραμμή προς το 3 βλέπουμε πως τα σημεία 4 και 5 είναι κάτω από αυτό οπότε δεν είναι ορατά. Αυτή η διαδικασία ακολουθείται για όλα τα σημεία της περιοχής μελέτης. Για να υπολογιστεί η ορατότητα ενός σημείου αρκεί να έχουμε πληροφορίες για το προηγούμενο σημείο και όχι για όλα τα προηγούμενα. Αυτός ο αλγόριθμος εκτός από το εάν ένα σημείο είναι ορατό ή όχι υπολογίζει το ύψος που θα έπρεπε να είχε για να ήταν ορατό.



Εικόνα 74: Γραφική Αναπαράσταση της Περιοχής σε Μία Διάσταση (Franklin et al. 1994)

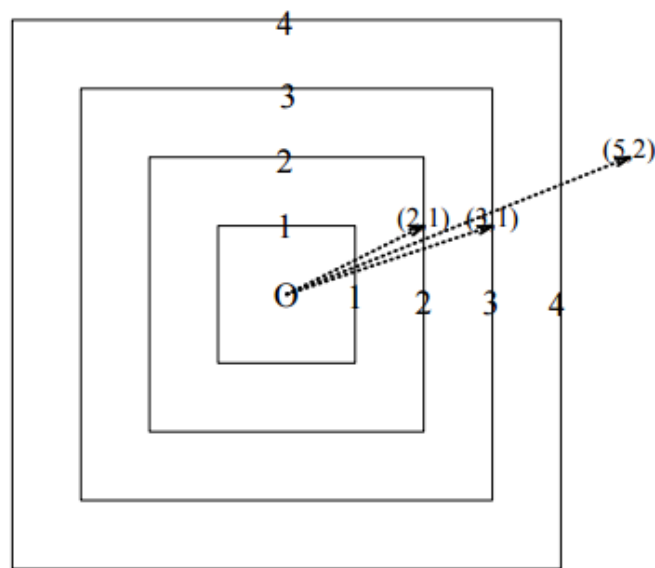
Σε αυτή την περίπτωση που έχουμε δύο διαστάσεις η μέθοδος αυτή θεωρεί ένα τετράγωνο «δαχτυλίδι» γύρω από το σημείο παρατήρησης. Κατά την εξέταση ενός σημείου λαμβάνουμε υπόψη μας μόνο τα σημεία μέσα στο επόμενο εσωτερικό «δαχτυλίδι» και εάν το σημείο δεν είναι ορατό προσδιορίζουμε την ανύψωση της γραμμής ορατότητας πάνω από αυτό το σημείο. Εάν ένα σημείο είναι στην ίδια ευθεία με το επόμενο σημείο στο επόμενο εσωτερικό «δαχτυλίδι» τότε το πρόβλημα είναι μιας διάστασης και εργαζόμαστε όπως στην προηγούμενη περίπτωση.

Αυτή η διαδικασία ακολουθείται μόνο για τα σημεία κατά μήκος των οχτώ κύριων κατευθύνσεων. Για τα υπόλοιπα σημεία παρεμβάλλουμε μια γραμμή ορατότητας. Για παράδειγμα για το σημείο (2,1) η γραμμή ορατότητας από τη θέση παρατήρησης στο σημείο περνά ανάμεσα από τα σημεία (1,0) και (1,1) οπότε υπολογίζουμε κατά προσέγγιση τη γραμμή ορατότητας με βάση τα υψόμετρα των δύο αυτών σημείων. Υπάρχουν 4 πιθανότητες:

- Να χρησιμοποιηθεί το μέγιστο από τα δύο υψόμετρα. Αυτό θα κάνει τη γραμμή ορατότητας ψηλότερη από ότι είναι στην πραγματικότητα, έτσι εάν το σημείο είναι ορατό με αυτή την προσέγγιση τότε είναι σχεδόν σίγουρο πως είναι όντως ορατό.
- Να χρησιμοποιηθεί το ελάχιστο υψόμετρο. Αυτό θα κάνει τη γραμμή ορατότητας χαμηλότερη από ότι είναι, έτσι εάν το σημείο δεν είναι ορατό με αυτή την προσέγγιση τότε σίγουρα δεν είναι ορατό.
- Να χρησιμοποιηθεί η μέση τιμή, το οποίο είναι ενδιάμεσα στις δύο προηγούμενες προσεγγίσεις και ίσως πιο κοντά στην πραγματικότητα.

- Να γίνει γραμμική παρεμβολή μεταξύ των υψομέτρων. Αυτό θα καθυστερήσει τον αλγόριθμο αλλά είναι ακριβέστερο εάν το έδαφος είναι ομαλό.

Το πρόβλημα με αυτό τον αλγόριθμο είναι ότι η ορατότητα ενός σημείου εξαρτάται από την προσέγγιση αρκετών σημείων μερικά από τα οποία δεν βρίσκονται κοντά στην γραμμή ορατότητας. Για παράδειγμα η ορατότητα του σημείου (5,2) εξαρτάται από τα σημεία (4,1) και (4,2) τα οποία εξαρτώνται από τα σημεία (3,0), (3,1) και (3,2) τα οποία με τη σειρά τους εξαρτώνται από τα (2,0), (2,1) και (2,2) το οποίο σημείο (2,2) δεν βρίσκεται κοντά στη γραμμή ορατότητας που εξετάζουμε.

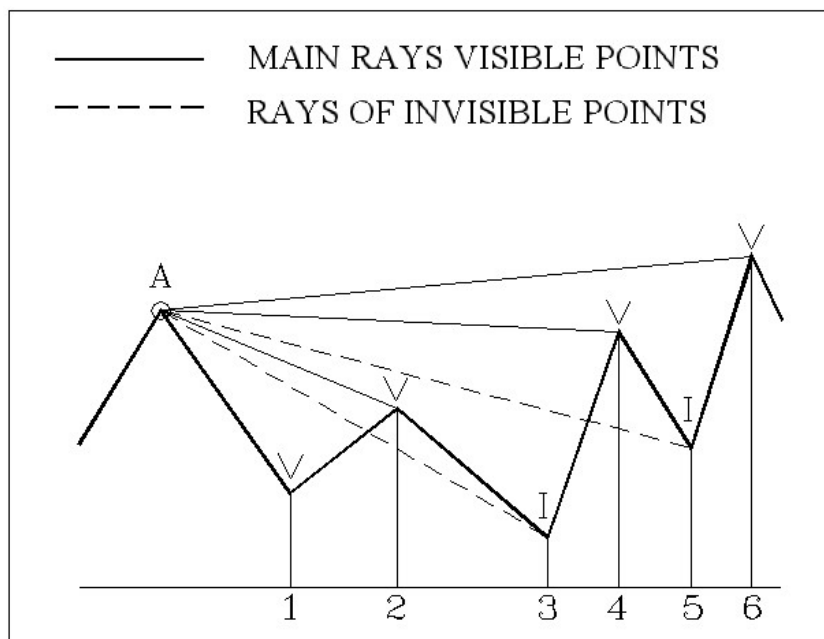


Εικόνα 75: Γραφική Αναπαράσταση της Περιοχής σε Δύο Διαστάσεις (Franklin et al. 1994)

(Franklin et al. 1994, Flanklin και Ray 1994)

Αλγόριθμος Ορατότητας 6 (Αλγόριθμος «Κύριας Ακτίνας»):

Ένας άλλος αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ορατότητας είναι αυτός που βασίζεται στην τεχνική της «Κύριας Ακτίνας». Πιο συγκεκριμένα, το σημείο παρατήρησης ενώνεται με όλα τα σημεία που εξετάζουμε την ορατότητά τους και αφού υπολογιστεί η γωνία που σχηματίζει η πρώτη ακτίνα με την κάθετη προς τα κάτω στη θέση παρατήρησης αυτή θεωρείται η κύρια ακτίνα. Έπειτα υπολογίζεται η γωνία που σχηματίζει η δεύτερη ακτίνα με την κάθετη ευθεία και συγκρίνεται με την κύρια ακτίνα, εάν είναι μικρότερη τότε το σημείο δεν είναι ορατό, ενώ εάν είναι μεγαλύτερη τότε το σημείο είναι ορατό και ορίζεται αυτή ως κύρια ακτίνα. Με αυτή τη μέθοδο για να υπολογίσουμε την ορατότητα ενός σημείου δεν χρειάζεται να ξέρουμε την ορατότητα όλων των προηγούμενων αλλά μόνο του ακριβώς προηγούμενου.

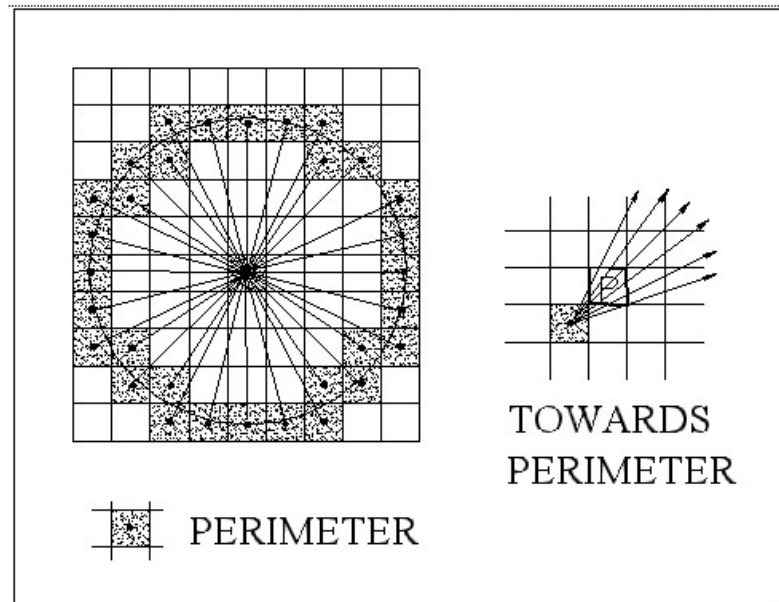


Εικόνα 76: Τεχνική της «Κύριας Ακτίνας» (Achilleos και Tsouchlaraki 2004)

(Franklin και Ray 1994, Achilleos και Tsouchlaraki 2004)

Αλγόριθμος Ορατότητας 7:

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος χρησιμοποιεί και αυτός την τεχνική της «Κύριας Ακτίνας» με την μόνη διαφορά ότι η περιοχή μελέτης περικλείεται σε έναν κύκλο, με τη θέση παρατήρησης να βρίσκεται στο κέντρο του.



Εικόνα 77: Γραφική Αναπαράσταση Αλγόριθμου Ορατότητας 7 (Achilleos και Tsouchlaraki 2004)

(Franklin και Ray 1994, Achilleos και Tsouchlaraki 2004)

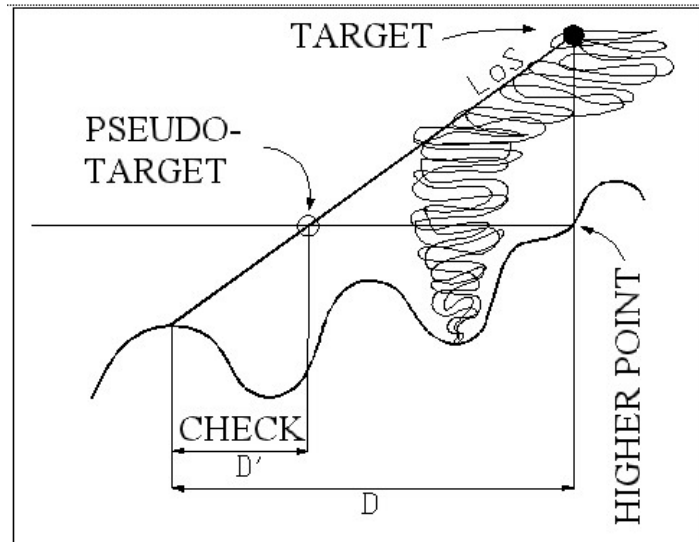
Αλγόριθμος Ορατότητας 8:

Προκειμένου να προσδιοριστεί εάν ένα σημείο είναι ορατό η όχι από τη θέση παρατήρησης ο αλγόριθμος κάνει χρήση της παρακάτω ιδιότητας.

«Ένα σημείο είναι σίγουρα ορατό από το σημείο τομής της γραμμής ορατότητας με το οριζόντιο επίπεδο στο ψηλότερο υψόμετρο.» (Kim 1994)

Με βάση αυτή την ιδιότητα ο αλγόριθμος αντικαθιστά το σημείο στόχο με έναν ψευδοστόχο. Έτσι εξετάζεται η ορατότητα από τη θέση παρατήρησης στον

ψευδοστόχο, με αυτόν τον τρόπο περιοριζόμαστε αρκετά στο χώρο και αυτό υπο κατάλληλες συνθήκες θα επιταχύνει και τον υπολογισμό της ορατότητας.



Εικόνα 78: Γραφική Αναπαράσταση Αλγόριθμου Ορατότητας 8 (Achilleos και Tsouchlaraki 2004)

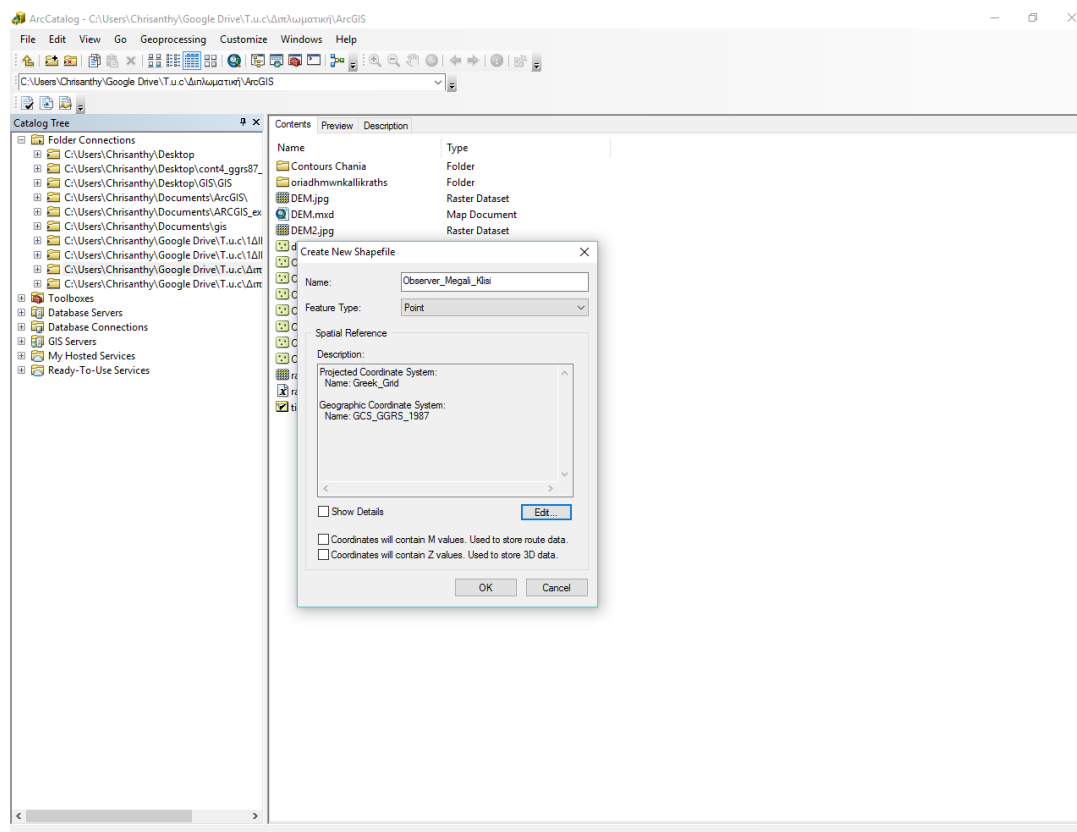
Αυτός ο αλγόριθμος είναι αρκετά χρήσιμος για τον υπολογισμό της ορατότητας σε περιπτώσεις παρακολούθησης δασών και του δικτύου πυροπροστασίας, τον προγραμματισμό των πτήσεων καθώς και τον προσδιορισμό των θέσεων αυτοάμυνας.

(Achilleos και Tsouchlaraki 2004)

Η ορατότητα εξαρτάται άμεσα από το υψόμετρο του σημείου παρατήρησης. Συνήθως μια αύξηση του υψομέτρου του σημείου παρατήρησης συνεπάγεται και με αύξηση της επιφάνειας που είναι ορατή από αυτό. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ορατότητα είναι πολλοί όπως η ακρίβεια του Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων, η ακρίβεια του αλγόριθμου που χρησιμοποιείται, η διαδικασία της λήψης αποφάσεων σχετικά με το εάν η θέση είναι ορατή ή όχι. (Achilleos and Tsouchlaraki 2004)

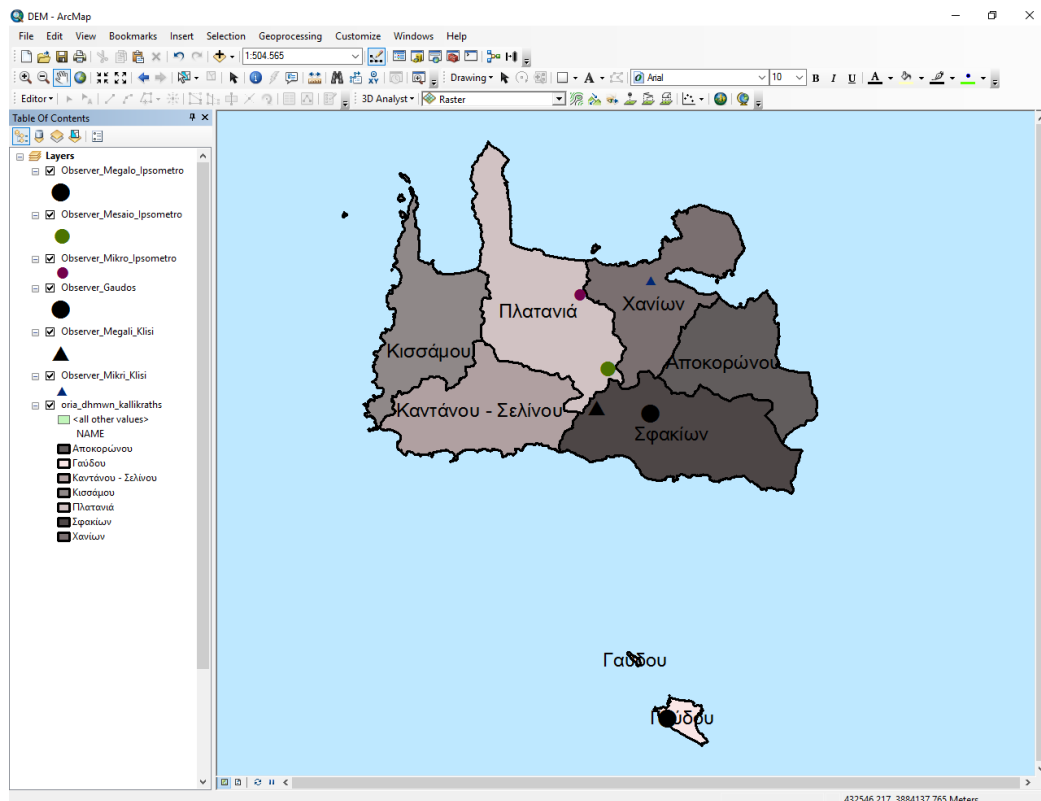
6.3 Εφαρμογή στην Περιοχή Μελέτης

Για το χάρτη ορατότητας χρειάζεται να δημιουργήσουμε κάποιες θέσεις παρατήρησης. Από το ArcCatalog δημιουργούμε ένα νέο σημειακό αρχείο Shapefile και επιλέγουμε το σύστημα συντεταγμένων.

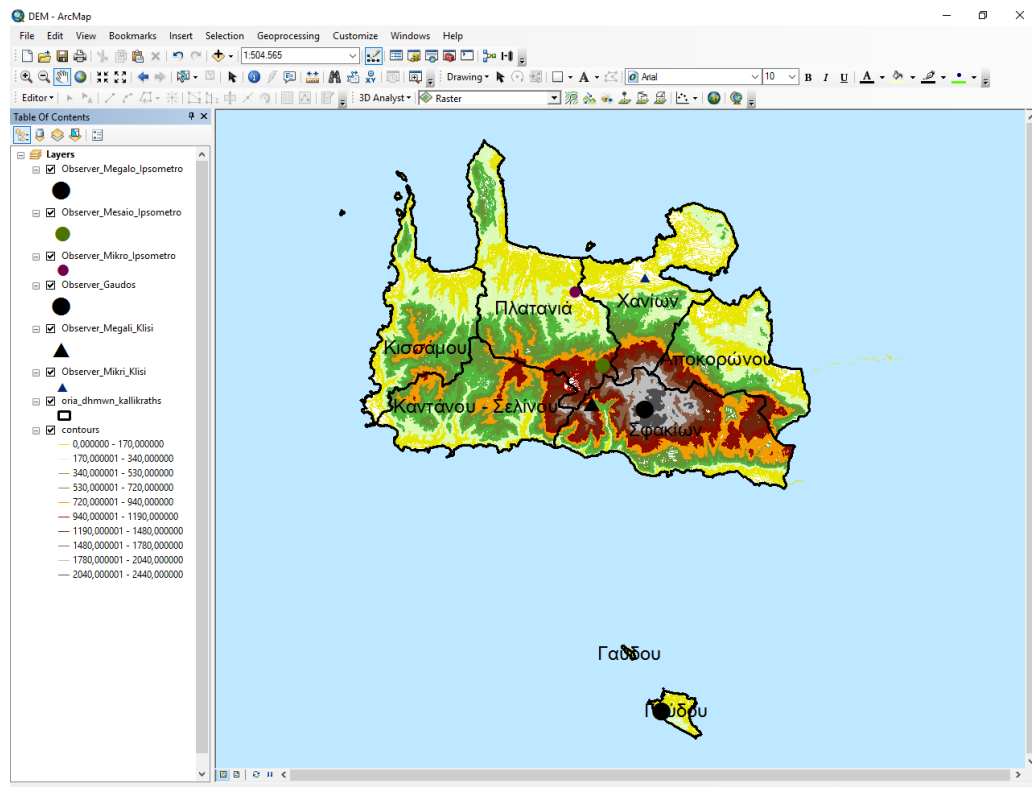


Εικόνα 79: Δημιουργία Σημείου Παρατήρησης Μέσω του ArcCatalog 10.2.2

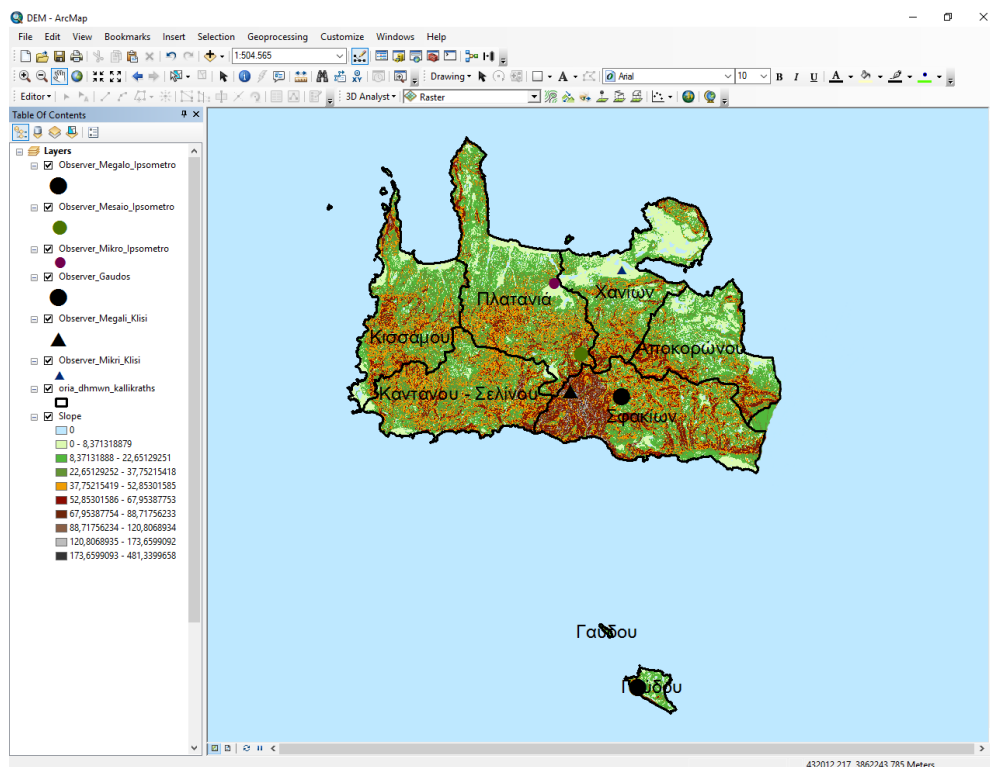
Οι θέσεις παρατήρησης που ψηφιοποιήσαμε για να μελετήσουμε την ορατότητα είναι 6. Μία σε μεγάλο υψόμετρο (2.440 μέτρα) στο δήμο Σφακίων, μία σε μεσαίο υψόμετρο (1.220 μέτρα) στο δήμο Πλατανιά, μία σε χαμηλό υψόμετρο (50 μέτρα) στο δήμο Πλατανιά, μία σε μεγάλο υψόμετρο (360 μέτρα) στην Γαύδο, μία σε μεγάλη κλίση στο δήμο Σφακίων και μία σε μικρή κλίση στο δήμο Χανίων. Οι θέσεις παρατήρησης φαίνονται παρακάτω.



Εικόνα 80: Σημεία Παρατήρησης για το Νομό Χανίων

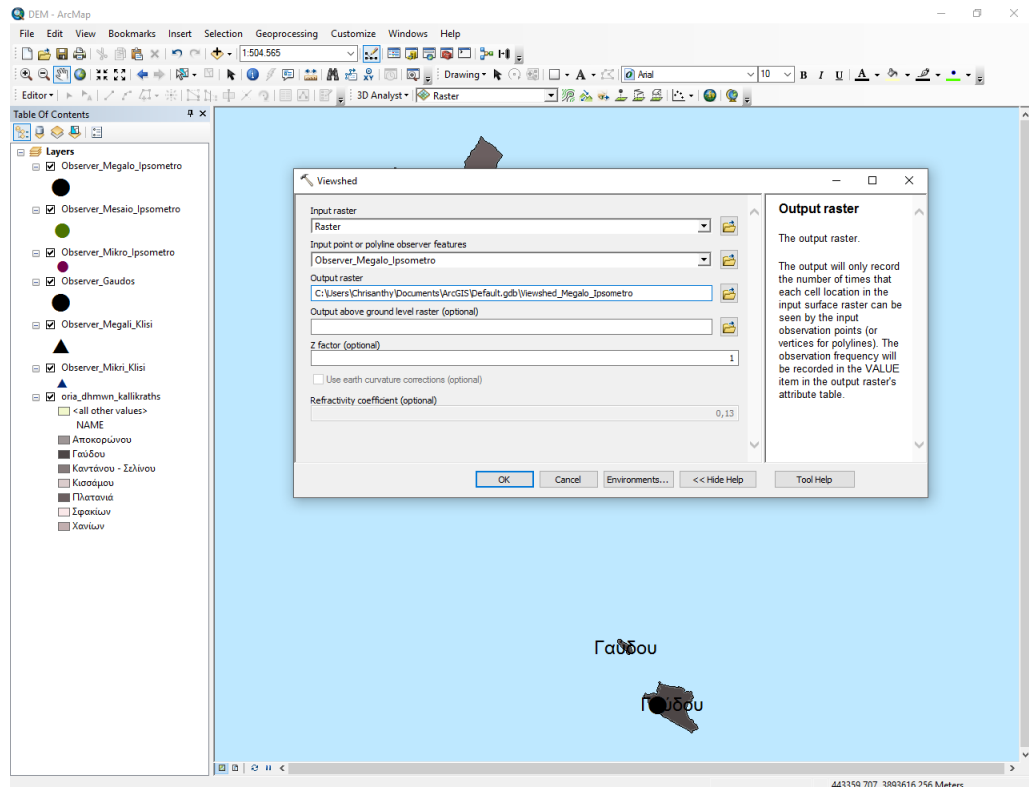


Εικόνα 81: Σημεία Παρατήρησης για το Νομό Χανίων



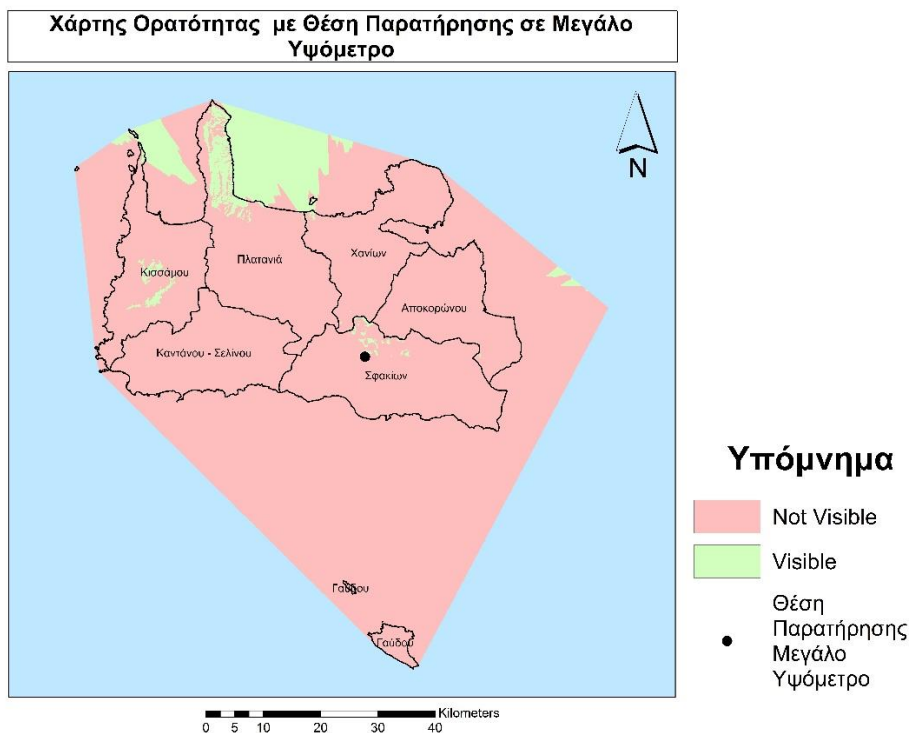
Εικόνα 82: Σημεία Παρατήρησης για το Νομό Χανίων

Για την εξαγωγή του χάρτη ορατότητας από το μενού του «3D Analyst» επιλέγουμε «Viewshed».

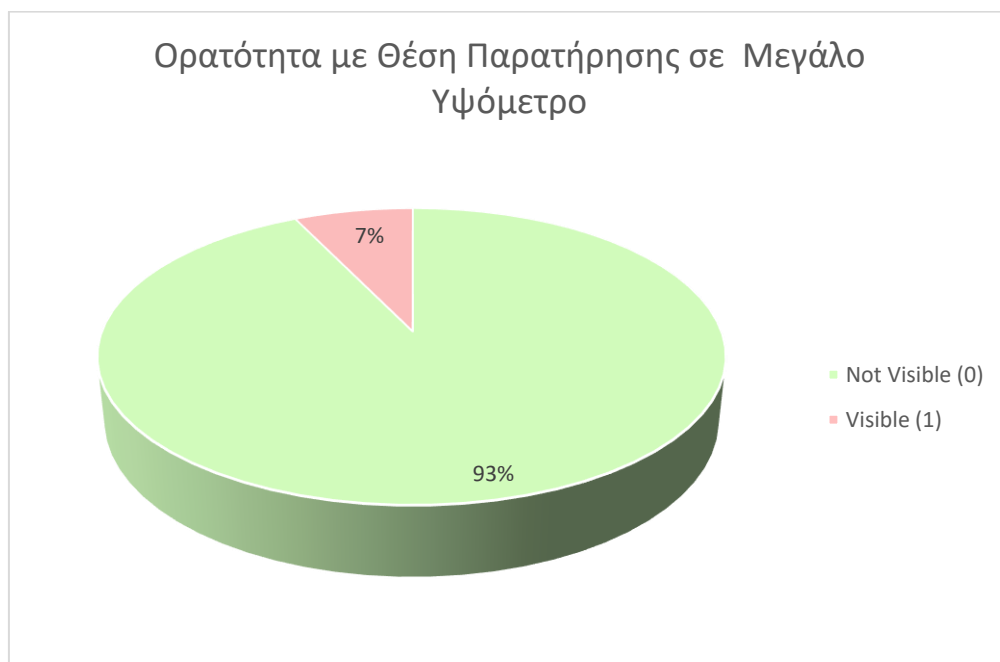


Εικόνα 83: Δημιουργία Χάρτη Ορατότητας

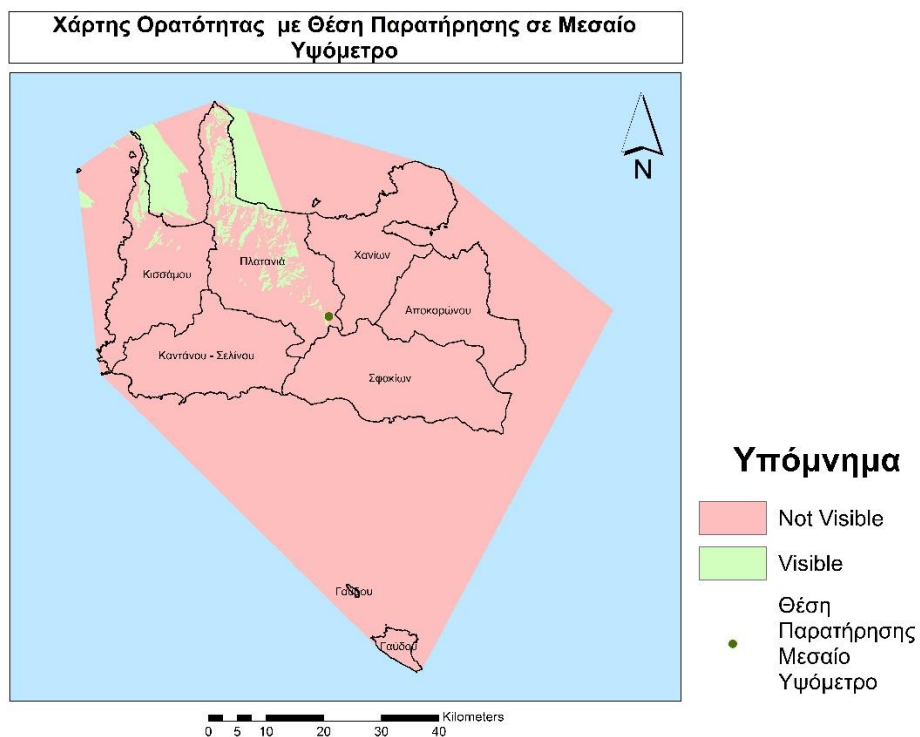
Ο χάρτης ορατότητας για κάθε ένα από τα 6 σημεία παρατήρησης έχει δημιουργηθεί και φαίνονται παρακάτω.



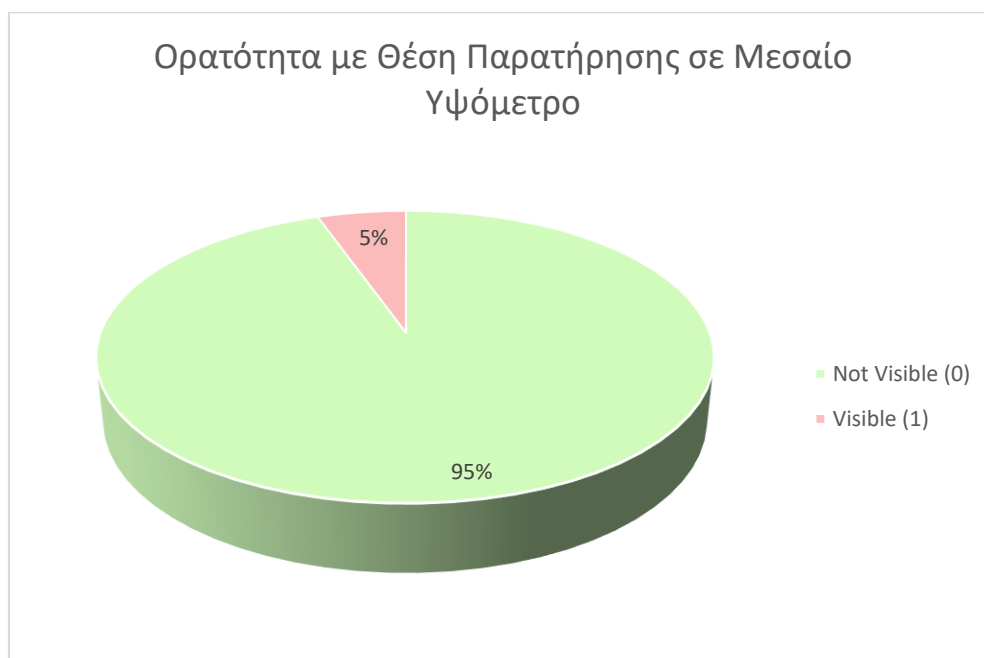
Εικόνα 84: Χάρτης Ορατότητας με Θέση Παρατήρησης σε Μεγάλο Υψόμετρο



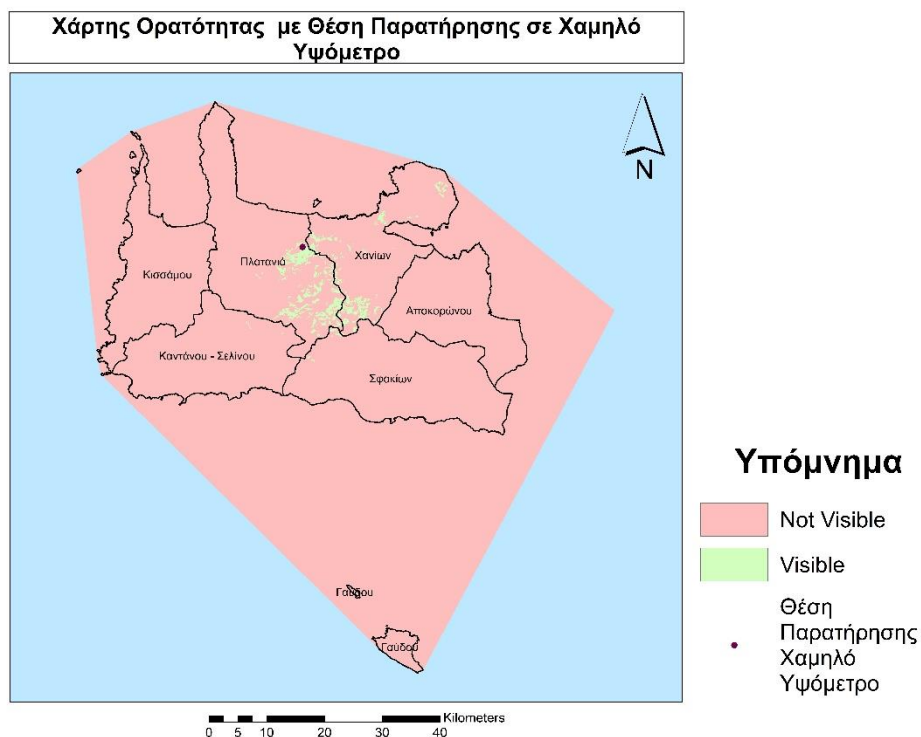
Διάγραμμα 12: Ορατότητα με Θέση Παρατήρησης σε Μεγάλο Υψόμετρο



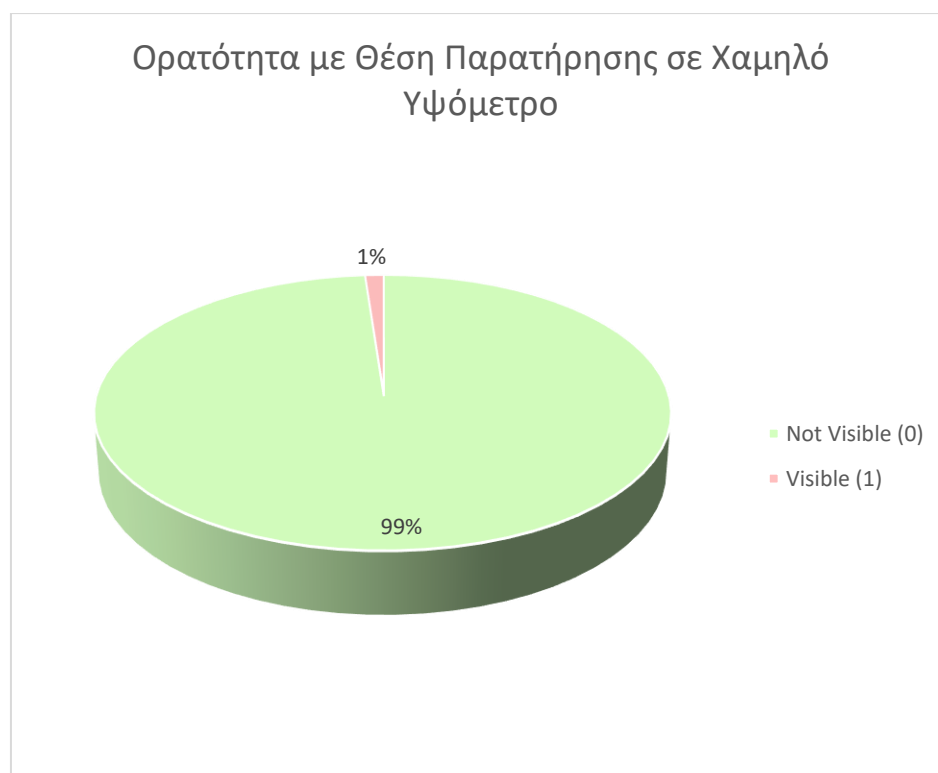
Εικόνα 85: Χάρτης Ορατότητας με Θέση Παρατήρησης σε Μεσαίο Υψόμετρο



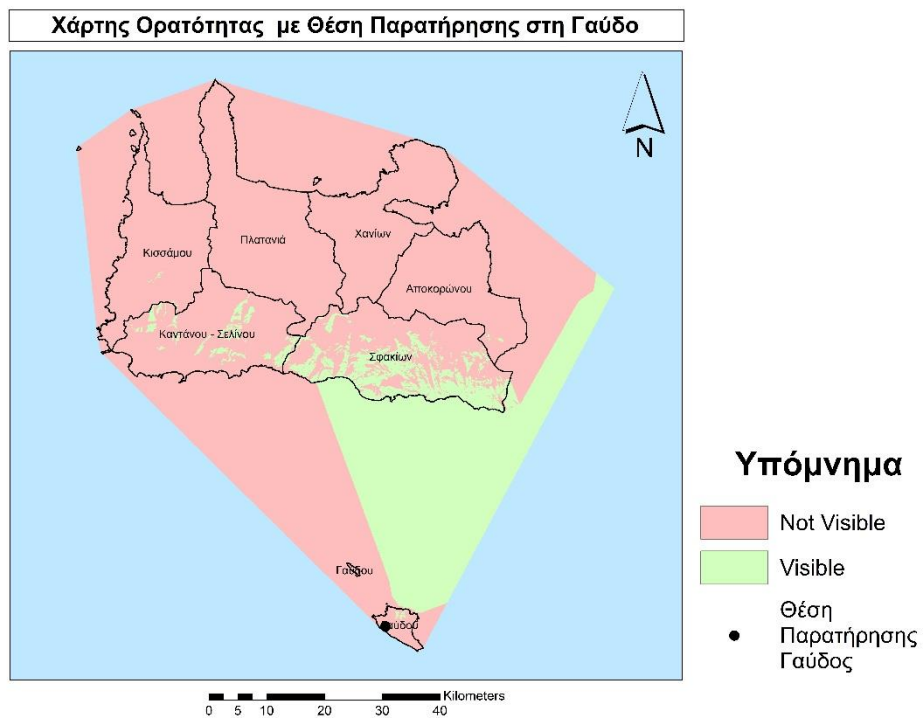
Διάγραμμα 13: Ορατότητα με Θέση Παρατήρησης σε Μεσαίο Υψόμετρο



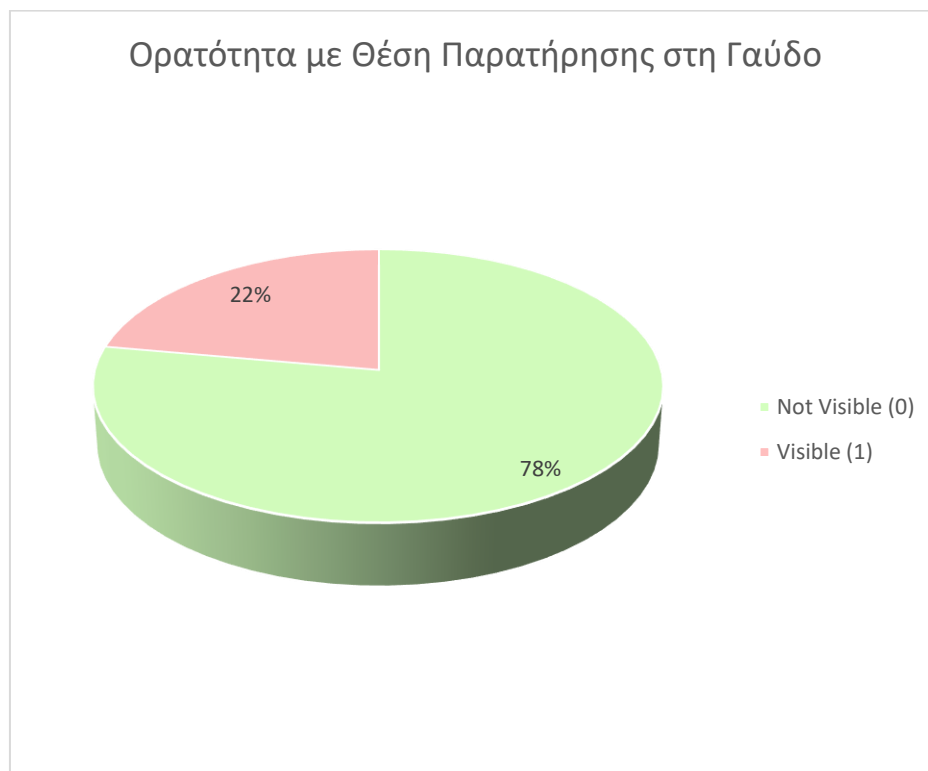
Εικόνα 86: Χάρτης Ορατότητας με Θέση Παρατήρησης σε Χαμηλό Υψόμετρο



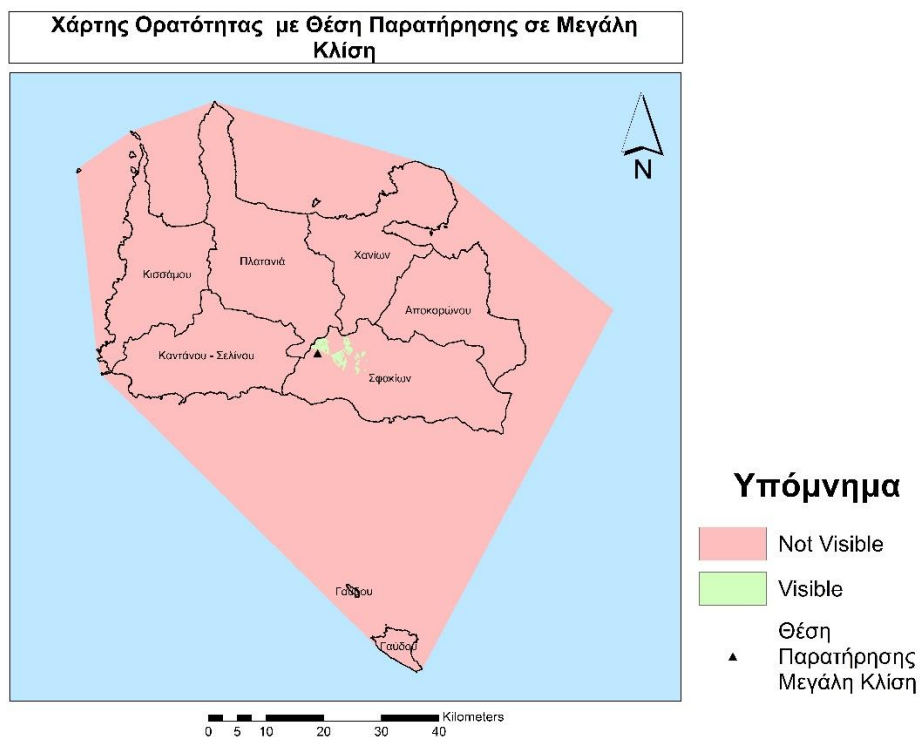
Διάγραμμα 14: Ορατότητα με Θέση Παρατήρησης σε Χαμηλό Υψόμετρο



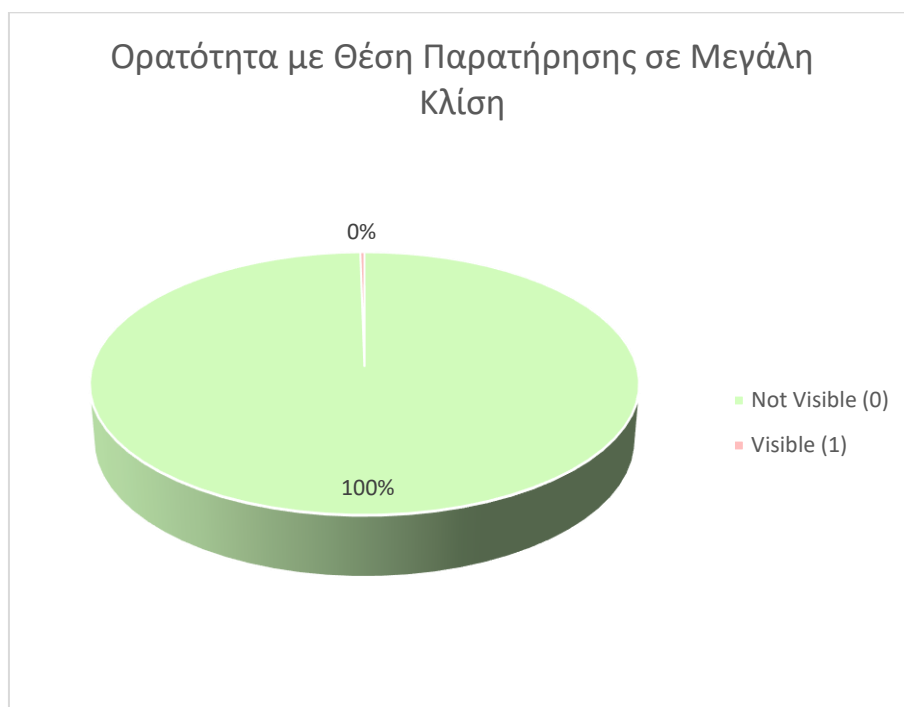
Εικόνα 87: Χάρτης Ορατότητας με Θέση Παρατήρησης στη Γαύδο



Διάγραμμα 15: Ορατότητα με Θέση Παρατήρησης στη Γαύδο

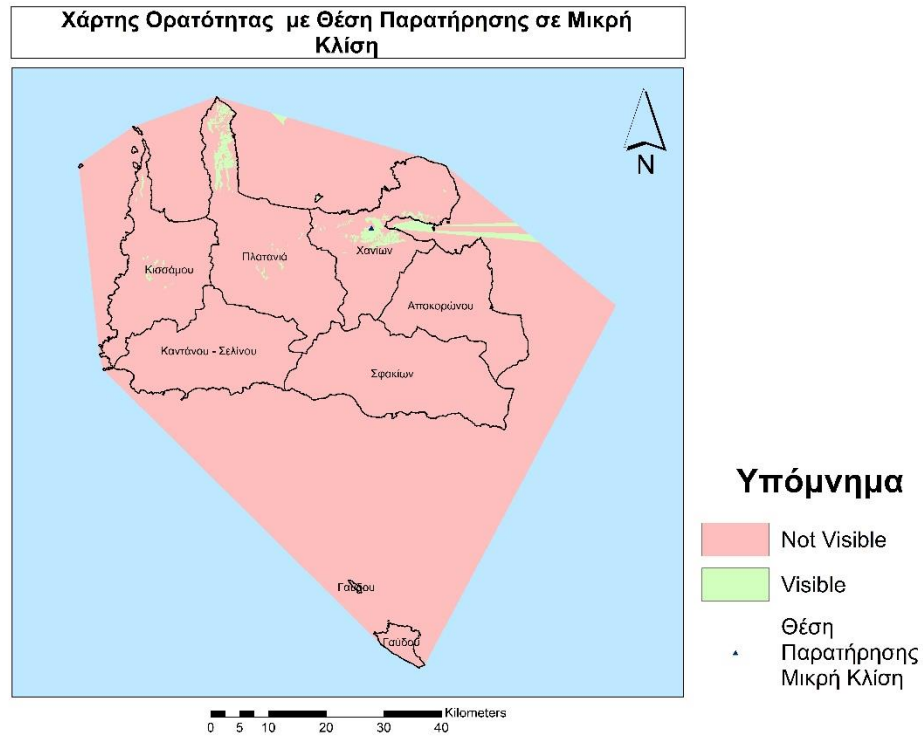


Εικόνα 88: Χάρτης Ορατότητας με Θέση Παρατήρησης σε Μεγάλη Κλίση

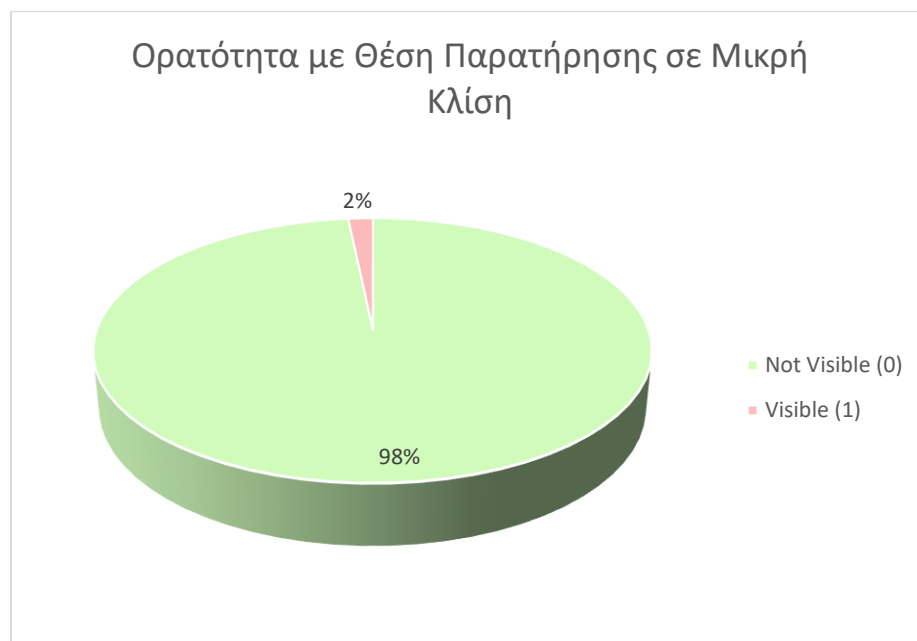


Διάγραμμα 16: Ορατότητα με Θέση Παρατήρησης σε Μεγάλη Κλίση

Αν και υπάρχει ένα μέρος το οποίο είναι ορατό αυτό είναι μικρότερο της τάξης του 1% γι' αυτό και δεν παρουσιάζεται στο διάγραμμα.



Εικόνα 89: Χάρτης Ορατότητας με Θέση Παρατήρησης σε Μικρή Κλίση



Διάγραμμα 17: Ορατότητα με Θέση Παρατήρησης σε Μικρή Κλίση

7 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων-Συμπεράσματα

Όπως βλέπουμε από το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων ο νομός Χανίων διαθέτει έντονο ανάγλυφο, παρουσιάζει τόσο βραχώδεις όσο και πεδινές εκτάσεις, με το υψόμετρο να ξεκινά από τα 0 μέτρα στην επιφάνεια της θάλασσας και να φτάνει τα 2.454 μέτρα στην κορυφή Πάχνες, ενώ οι κλίσεις φτάνουν μέχρι $78,3^\circ$, δηλαδή 481,34%.

Ο δήμος Χανίων παρουσιάζει έντονο ανάγλυφο με τα υψόμετρα να ποικίλουν από 0 – 2.100 μέτρα. Η κλίση στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής φτάνει μέχρι τις 19° ενώ υπάρχουν και σημεία κυρίως στο κέντρο του δήμου που η κλίση κυμαίνεται από 23° – 34° , και ελάχιστα μέρη από 34° – 40° .

Ο δήμος Αποκορώνου παρουσιάζει και αυτός έντονο ανάγλυφο με μέγιστο υψόμετρο 2.200 μέτρα στα σύνορα με το δήμο Σφακίων. Η κλίση στα περισσότερα σημεία όπως και στο δήμο Χανίων είναι χαμηλή έως 19° , ενώ κοντά στα σύνορα με το δήμο Σφακίων και Χανίων η κλίση αρχίζει να μεγαλώνει και φτάνει έως 40° .

Στο δήμο Σφακίων μπορείς να συναντήσεις ποικιλία υψομέτρων, όπου το μεγαλύτερο μέρος του καταλαμβάνουν υψόμετρα μεγαλύτερα των 1.000 μέτρων και αυτό γιατί περιλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της οροσειράς Λευκά Όρη. Το μέγιστο υψόμετρο του δήμου αλλά και ολόκληρου του νομού είναι στα 2.454 μέτρα στην κορυφή Πάχνες. Οι κλίσεις στο μεγαλύτερο μέρος του δήμου είναι έως 34° όσο προχωράμε προς τα Λευκά Όρη οι κλίσεις αυξάνονται ξεκινώντας από 34° και φτάνουν σε κάποια σημεία το τις $78,3^\circ$.

Ο δήμος Καντάνου-Σελίνου αντιθέτως στο μεγαλύτερο μέρος του το υψόμετρο δεν ξεπερνά τα 700 μέτρα ενώ το μέγιστο είναι 1.980 μέτρα στα όρια με το δήμο

Πλατανιά. Οι κλίσεις είναι ως επί το πλείστον έως 23° αλλά υπάρχουν και σημεία διάσπαρτα που η κλίση φτάνει και το 34° . Κοντά στα όρια με το δήμο Σφακίων η κλίση κυμαίνεται από $40^{\circ} - 50^{\circ}$ και σε μερικά σημεία ξεπερνά τις 50° .

Ο δήμος Γαύδου είναι αυτός με το πιο «φτωχό» ανάγλυφο. Τα υψόμετά του είναι κυρίως μικρά κάτω των 300 μέτρων και το μέγιστο είναι 360 μέτρα. Σχεδόν σε όλο το δήμο η κλίση είναι μέχρι 13° ενώ στην νοτιοδυτική ακτή του νησιού η κλίση είναι από $34^{\circ} - 60^{\circ}$. Αν και δεν υπάρχει κάποιο σημείο στον δήμο που να είναι τελείως σκιασμένο

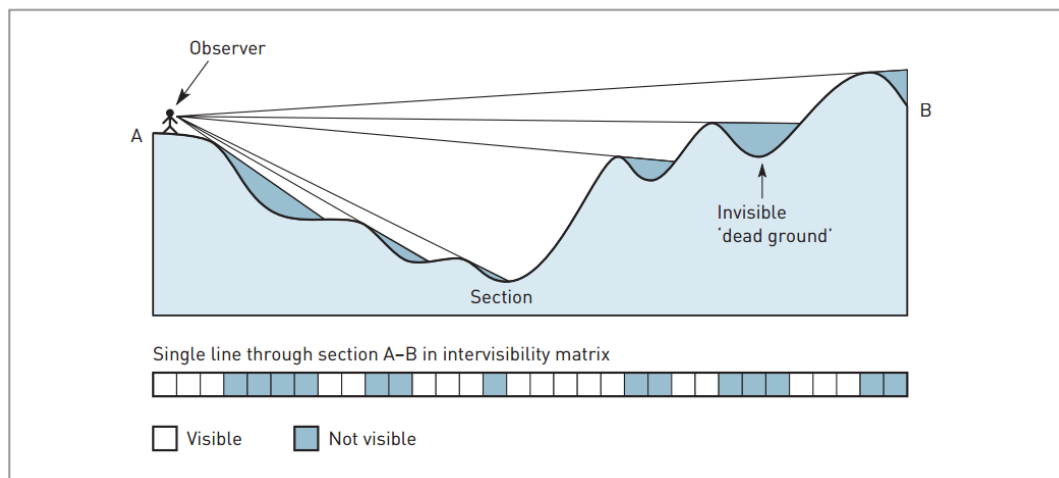
Ο δήμος Κισσάμου έχει ως επί το πλείστον υψόμετρα έως 700 μέτρα και μόνο σε δύο περιοχές τα ξεπερνά με μεγαλύτερο στα 1.180 μέτρα. Οι κλίσεις και εδώ είναι κυρίως έως 34° και σε κάποια σημεία από $34^{\circ} - 50^{\circ}$. Ακόμα υπάρχουν μερικά σημεία που η κλίση φτάνει μέχρι 60° .

Ο δήμος Πλατανιά παρουσιάζει πλούσιο ανάγλυφο με υψόμετρα από 0 – 1.940 μέτρα, στο μεγαλύτερο μέρος του δήμου όμως το υψόμετρο δεν ξεπερνά τα 700 μέτρα. Οι κλίσεις είναι κυρίως έως 23° και προς τη μέση του δήμου αυξάνονται και φτάνουν έως 50° . Στα σύνορα με το δήμο Χανίων και Σφακίων αλλά και στο δυτικό κομμάτι του δήμου που βρέχεται από θάλασσα υπάρχουν σημεία που η κλίση είναι από $50^{\circ} - 60^{\circ}$.

Όσον αφορά το χάρτη σκιασμένου αναγλύφου μπορούμε να δούμε πως οι περιοχές οι οποίες είναι τελείως σκιασμένες είναι ελάχιστες με εξαίρεση στο δήμο Σφακίων κοντά στα Λευκά Όρη όπου έχουμε κάποια σημεία τελείως σκιασμένα. Υπάρχουν όμως περιοχές που η ηλιοφάνεια είναι περιορισμένη αυτό συμβαίνει όταν η διεύθυνση μέγιστης κλίσης είναι βορειοανατολική, ανατολική, νοτιοανατολική, νότια ή νοτιοδυτική αυτό είναι κάτι αναμενόμενο αφού το φως έχει βορειοδυτική κατεύθυνση. Όταν η διεύθυνση μέγιστης κλίσης

πάρει κάποια από της παραπάνω τιμές και η κλίση γίνει αρκετά απότομη από 80% και πάνω τότε η περιοχή μάλλον θα είναι τελείως σκιασμένη όπως συνέβη στο δήμο Σφακίων.

Από τους χάρτες ορατότητας που δημιουργήθηκαν βλέπουμε πως η ορατότητα είναι περιορισμένη και από τα 6 σημεία παρατήρησης. Πιο συγκεκριμένα η πρώτη θέση παρατήρησης βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο του νομού και παρ' όλο που κανείς θα περίμενε να βλέπει σχεδόν όλες τις περιοχές κάτι τέτοιο δεν ισχύει. Το συγκεκριμένο σημείο έχει ορατότητα σε ένα μικρό μέρος του νομού αυτό συμβαίνει γιατί έχουν δημιουργηθεί καμπύλες στο ανάγλυφο που την εμποδίζουν. Εάν για παράδειγμα μετά από μια κορυφή η κλίση είναι έντονη τότε ένα μεγάλο μέρος δεν θα είναι ορατό, ενώ εάν η κλίση ήταν πιο ομαλή τότε το μέρος που δεν θα ήταν ορατό θα ήταν μικρότερο. (Εικόνα 72)



Εικόνα 90: Υπολογισμός Ορατότητας-Γραμμές Ορατότητας (Heywood et al. 2006)

Η δεύτερη θέση παρατήρησης βρίσκεται σε μεσαίο υψόμετρο και έχει ορατότητα σε ένα μέρος του δήμου Πλατανιά και σε ένα μικρότερο μέρος του δήμου Κισσάμου. Στους υπόλοιπους δήμους δεν έχει ορατότητα γιατί υπάρχουν μεγαλύτερα υψόμετρα που την περιορίζουν.

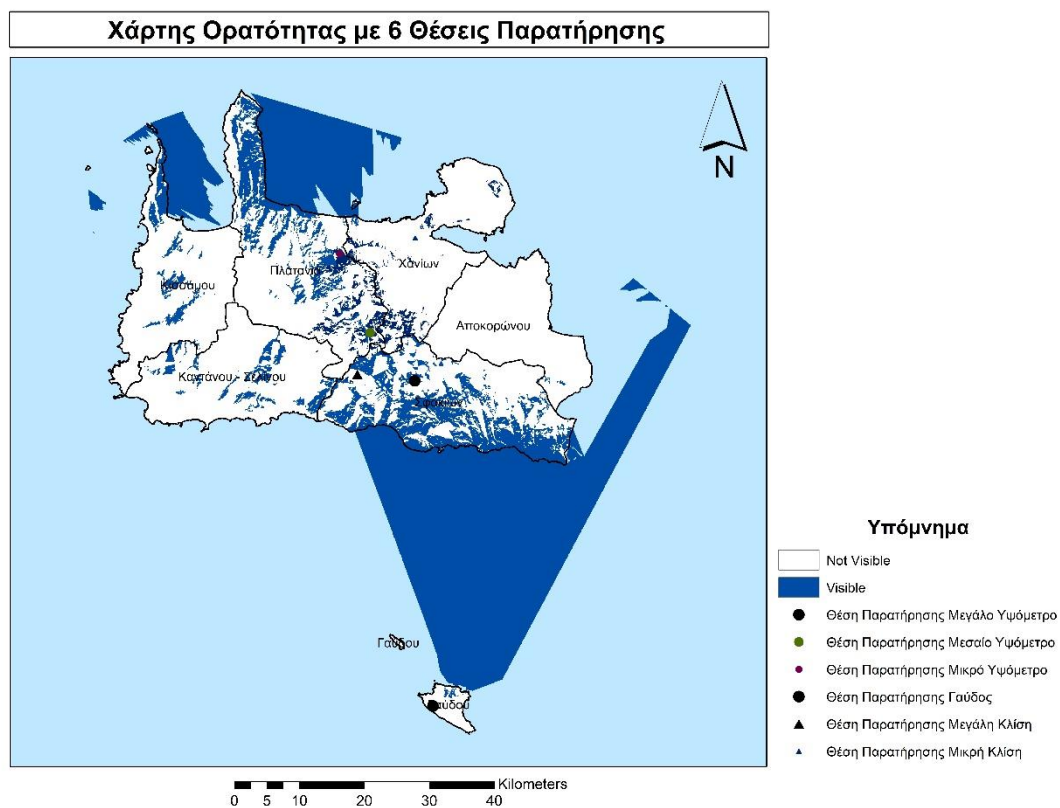
Η τρίτη θέση παρατήρησης είναι σε χαμηλό υψόμετρο και έχει ορατότητα κυρίως στους δήμους Πλατανιά και Χανίων. Η ορατότητα αυτού του σημείου δεν περιορίζεται μόνο σε μικρότερα υψόμετρα αλλά και σε μεγαλύτερα αφού «βλέπει» και περιοχές μέχρι 2.000 μέτρα αυτό συμβαίνει γιατί δεν υπάρχουν πολύ μεγάλα υψόμετρα ενδιάμεσα που να εμποδίζουν την ορατότητα αλλά και οι κλίσεις αυξάνονται σταδιακά χωρίς στη συνέχεια να μειώνονται απότομα κάτι που θα μείωνε την ορατότητα.

Η τέταρτη θέση παρατήρησης είναι στην ψηλότερη κορυφή της Γαύδου και έχει ορατότητα σε ένα μεγάλο μέρος του δήμου Σφακίων και σε ένα μέρος του δήμου Καντάνου-Σελίνου. Στο δήμο Γαύδου υπάρχουν και άλλες κορυφές με υψόμετρο 360 μέτρα και η ορατότητα είναι αρκετά περιορισμένη.

Η πέμπτη θέση παρατήρησης βρίσκεται σε σημείο με μεγάλη κλίση και έχει ορατότητα μόνο στο δήμο Σφακίων σε μια μικρή περιοχή. Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχουν μεγαλύτερα υψόμετρα που εμποδίζουν την γραμμή ορατότητας.

Η έκτη θέση παρατήρησης είναι σε σημείο με μικρή κλίση και έχει ορατότητα μόνο στο βόριο τμήμα του νομού. Αυτό οφείλεται στα μεγάλα υψόμετρα που περιβάλλουν το σημείο παρατήρησης καθώς και στις απότομες κλίσεις.

Με βάση τους χάρτες ορατότητας που δημιουργήθηκαν από τις θέσεις παρατήρησης που ορίστηκαν μπορούμε να πούμε πως κανένα από τα 6 σημεία δεν είναι κατάλληλο ώστε να δημιουργηθεί κάποιο παρατηρητήριο το οποίο θα χρειάζεται να έχει ορατότητα σε όλο το νομό ή έστω σε ένα μεγάλο μέρος του. Η ορατότητα μπορεί να βελτιωθεί σε περίπτωση που λειτουργούν ταυτόχρονα και τα 6 σημεία παρατήρησης. (Εικόνα 113).



Εικόνα 91: Χάρτης Ορατότητας με 6 Θέσεις Παρατήρησης

Επομένως εάν θέλουμε να έχουμε ορατότητα σε μεγάλες εκτάσεις τότε θα πρέπει να έχουμε περισσότερες από μία θέσεις παρατήρησης.

8 Θέματα για Επιπλέον Διερεύνηση

Ένα θέμα που επιδέχεται επιπλέον διερεύνηση αφορά τους αλγόριθμους για την ανάλυση αναγλύφου και πιο συγκεκριμένα τη σύγκρισή τους. Θα μπορούσαν να αναφερθούν πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα αλλά και ποιος είναι πιο γρήγορος και ποιος είναι αυτός με τα πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα.

Επίσης θα μπορούσε να γίνει μια πιο εκτεταμένη μελέτη του φυσικού αναγλύφου. Στο κεφάλαιο 1.4 αναφέρονται περεταίρω διαδικασίες που αφορούν την ανάλυση αναγλύφου όπως υπολογισμοί καμπυλότητας, κλασματικής διάστασης, μελέτη του δικτύου απορροής κ.α.

Στη συγκεκριμένη εργασία έγινε ανάλυση του αναγλύφου μόνο για το νομό Χανίων, θα μπορούσε μελλοντικά να γίνει για όλη την Κρήτη.

Ακόμα θα μπορούσε να μελετηθεί κατά πόσο επηρεάζει το ανάγλυφο μιας περιοχής το κλίμα, την χλωρίδα και την πανίδα και το αντίστροφο. Δηλαδή θα μπορούσε μια αλλαγή στην χλωρίδα ή στην πανίδα να οφείλεται σε κάποια αλλαγή του αναγλύφου του εδάφους. Επίσης θα μπορούσαν να αναλυθούν οι προοπτικές που έχει μια περιοχή για ανάπτυξη με βάση το φυσικό ανάγλυφο που διαθέτει.

Ακόμα θα μπορούσε να βρεθεί το καταλληλότερο μέρος του νομού για την τοποθέτηση ενός αιολικού ή φωτοβολταϊκού πάρκου ή οποιουδήποτε μεγάλου περιβαλλοντικού έργου.

9 Βιβλιογραφία

9.1 Ελληνική Βιβλιογραφία

Δημάδη, Α. Ερμηνεία Τοπογραφικού Υποβάθρου στη Σύνταξη και Χρήση Γεωλογικών Χαρτών. ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ.

Καπαγερίδης, Ι., 2006. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ.

Κάβουρας Μ., Δάρρα, Α., Κονταξάκη, Σ. και Τομαή, Ε., 2015. ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ Αρχές και Τεχνολογίες.

Κουτσόπουλος, Κ., 2002. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση του Χώρου. Αθήνα: Παπασωτηρίου.

Τζελέπης, Ν. και Νάκος, Β., 1995. Διερεύνηση Μεθόδων Αναπαράστασης της σκιάς του Αναγλύφου στους Χάρτες. Πρακτικά 2ου Εθνικού Συνεδρίου Χαρτογραφίας, Χαρτογραφική Επιστημονική Εταιρία Ελλάδος.

Τσουχλαράκη, Α. και Αχιλλέως, Γ., 2010. Μαθαίνοντας τα GIS στην πράξη-To ArcGIS 9.3. Θεσσαλονίκη: Δίσιγμα.

Τσουχλαράκη, Α., 2000. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ Διδακτικές Σημειώσεις, Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης.

Χαλκιάς, Χ. Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους Διδακτικές Σημειώσεις (https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/GEO151/%CE%94%CE%99%CE%91%CE%9B%CE%95%CE%9E%CE%95%CE%99%CE%A3/DEM_G_R_FINAL.pdf)

9.2 Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Achilleos, G. A., 2008. POSITIONING AND MAPPING LOCATIONS AND ROUTES OF EXTENDED VISIBILITY THROUGH GIS DIGITAL ELEVATION DATA. International Journal of Sustainable Development and Planning, v. 3, no. 3, pp. 223–241.

Achilleos, G. and Tsouchlaraki, A., 2004. Visibility and viewshed algorithms in an information system for environmental management. pp. 109-121.

Barbour M. G., Burk, J. H., Pitts, W. D., Gilliam, F. S. and Schwartz, M. W., 1999. Terrestrial Plant Ecology (3rd edn). Benjamin/Cummings. pp. 390-391.

Barry, R. G., 1992. Mountain Weather and Climate London: Routledge.

Bлага, L., 2012. ASPECTS REGARDING THE SIGNIFIANCE OF THE CURVATURE TYPES AND VALUES IN THE STUDIES OF GEOMORPHOMETRY ASSISTED BY GIS. Analele Universitatii din Orada - Seria Geografie, pp. 327-337.

Burrough, P. A., and McDonell, R. A., 1998. Principles of Geographical Information Systems. New York: Oxford University Press.

Burrough, P.A., 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. New York: Oxford Science Publication.

Camp, R. J., Sinton, D. T. and Knight, R. L., 1997. Viewsheds: A complementary management approach to buffer zones, Wildlife Society Bulletin, 25, 612-615.

Coasts, H., 2013. GIS Viewshed Analysis to Identify Zones of Potential Visual Impact on Protected Landscapes.

Demers, M., 2000. Fundamentals of Geographic Information Systems (2nd edn). USA: John Wiley & Sons Inc.

Dunn, M. and Hickey, R., 1998. The Effect of Slope Algorithms on Slope Estimates within a GIS. Cartography, v. 27, no. 1, pp. 9 – 15.

Evans, I. S., 1979. An integrated system of terrain analysis and slope mapping. Final report on grant DA-ERO-591-73-G0040. England : University of Durham.

Fisher, P., 1991. First Experiments in Viewshed Uncertainty: The Accuracy of the viewshed Area. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v. 57, no. 10, pp. 1321-1327.

Fleming, M.D. and Hoffer, R. M., 1979. Machine processing of landsat MSS data and DMA topographic data for forest cover type mapping. LARS Technical Report 062879. Laboratory for Applications of Remote Sensing, Purdue University, West Lafayette, Indiana.

Florinsky, I. V., 1998b. Accuracy of local topographic variables derived from digital elevation models. *International Journal of Geographical Information Science*, pp. 47 – 61.

Franklin, W. M. and Ray, C. K., 1994. Higher Isn't Necessarily Better: Visibility Algorithms and Experiments, pp. 751-770.

Franklin, W. R., Ray, C. K. and Mehta, S., 1994. Geometric algorithms for siting of air defense missile batteries, A Research Project for Battle, no. 2756.

Franklin, J., 1998. Predicting the distribution of shrub species in southern California from climate and terrain-derived variables. *Journal of Vegetation Science*.

Giridhar M. V. S. S., Viswanadh, G.K. and Acharyulu, S. K. C., SURFACE ANALYSIS USING GIS.

Guth, P. L., 2003 Eigenvector Analysis of Digital Elevation Models in a GIS: Geomorphometry and Quality Control. pp. 199-220.

Heywood I., Cornelius, S. and Carver, S., 2006. AN INTRODUCTION TO GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (3rd edn). England: Pearson

Horn, B. K. P., 1981. Hill shading and the reflectance map. *Proceedings of the IEEE* 69(1).

Huisman, O. and By, R. Principles of Geographic Information Systems An introductory textbook.

Jenness, J., 2013. DEM Surface Tools for ArcGIS (surface_area.exe). Jenness Enterprises, v. 2.1.292. Available at: http://www.jennessent.com/arcgis/surface_area.htm.

Jones, K. H., 1998. A COMPARISON OF ALGORITHMS USED TO COMPUTE HILL SLOPE AS A PROPERTY OF THE DEM. v. 24, no. 4, pp. 315-323.

Johansson, E. and Lundberg, J., 2016. Distributed Viewshed Analysis An Evaluation of Distribution Frameworks for Geospatial Information Systems.

Kidner, D., Sparkes, A. and Dorey, M., 1999. GIS and Wind Farm Planning. In Stillwell, J., Geertman, S., and Openshaw, S. (Eds.), Geographical Information and Planning, London : Springer. pp. 203-223.

Kim, J. J., 1994. High Target Visibility Analysis, ASPRS / ACSM, Annual Convention & Exposition Technical Papers, Nevada, pp. 301-306.

Kirckpatrick, J. B. and Nunez, M., 1980. Vegetation-radiation relationships in mountainous terrain: eucalyptus dominated vegetation in the Ridson Hill, Tasmania. Journal of Biogeography, 7, 197–208.

Kumar, L. and Skidmore, A. K., 2000. Radiation-vegetation relationships in a eucalyptus forest. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66, 193–204.

Lake, I. R., Lovett, A. A., Bateman, I. J. and Langford, I. H., 1998. Modelling environmental influences on property prices in an urban environment, *Computers, Environment and Urban Systems*, 22 (2), pp. 121-136.

Lake, M. W., Woodman, P. E. and Mithen, S. J., 1998. Tailoring GIS software for Archaeological Applications: An Example Concerning Viewshed Analysis, *Journal of Archaeological Science*, 25, pp. 27-38.

Lee, J. and Stucky, D., 1998. On applying viewshed analysis for determining least-cost paths on Digital Elevation Models, *International Journal of Geographical Information Science*, 12 (8), pp. 891-905.

Loisios, D., Tzelepis, N. and Nakos, B., 2007. A METHODOLOGY FOR CREATING ANALYTICAL HILL-SHADING BY COMBINING DIFFERENT LIGHTING DIRECTIONS. *Proceedings of the International Cartographic Conference, ICC, Moscow*.

Longley, P. A., Goodchild, M. A., Maguire, D. J. and Rhind, D. W., 2005. *Geographical Information Systems* (2nd edn). New York: John Wiley & Sons Inc.

MacMillan, R. A., 2008. Experiences with applied DSM: Protocol, availability, quality and capacity building. In 'Digital soil mapping with limited data'. (Eds A Hartemink, A McBratney, ML Mendonça-Santos).

Manzo, G., Tofani, V., Segoni, S., Battistini, A., and Catani, F., 2013. GIS techniques for regional-scale landslide susceptibility assessment: the Sicily (Italy) case study, *Int. J. Geograph. Inf. Sci.*, 27.

Moore, I.D., Guerra, L. and Kalma, J.D., 1993. Modelling the spatial variability of hydrological processes using GIS. In HydroGIS 93: Applications of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management (Proceedings of the Vienna Conference, April 1993) (Wallingford: IAMS), IAHS Publication no. 211, pp. 161–169.

Moore, I. D., Graycon, R. B. and Lanson, A. R., 1991. Digital Terrain Modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications, Hydrological Processes.

Murayama, Y. and Estoque, R. 2010. Fundamentals of Geographic Information System.

O' Neill M. P. and Mark, D. M., 1987. On the Frequency Distribution of Land Slope. Earth Surf. Proc. Landforms.

O' Neill M. P. and Mark, D. M., 1985. The Use of Digital Elevation Models in Slope Frequency Analysis. Modeling and Simulation: Proceedings of the Annual Pittsburgh Conference. University of Pittsburgh School of Engineering. Instrument Society of America.

Park, S. J., McSweetney, K. and Lowery, B., 2001. Identification of spatial distribution of soils using a processbased terrain characterization.

Pecham, R. J. and Jordan, G., 2007. Digital Terrain Modelling Development and Applications in a Policy Support Environment. Springer Berlin Heidelberg. pp. 1-43.

Prodanovic, D., Stanic, M., Milivojevic, V., Simic, Z. and Arsic, M., 2009. DEM-Based GIS Algorithms for Automatic Creation of Hydrological Models Data. v. 3, no. 1, pp. 64-85.

Rodríguez, J., and Suárez, M., 2010. COMPARISON OF MATHEMATICAL ALGORITHMS FOR DETERMINING THE SLOPE ANGLE IN GIS ENVIRONMENT. Aqua-LAC, v. 2, no. 2, pp. 78-82.

Serebryakova, M., 2014. Automatic Adjustment of Image Sharpness in Relief Shading.

Shanoltz, V. O., Desai, C. J., Zhang, N., Kleene, J. W. and Metz, C. D., 1990. Hydrological/Water Quality Modeling in a GIS Environment, ASAE Paper 90-3033, St Joseph, MI: ASAE.

Sharpnack, D. A. and Akin, G., 1969. An Algorithm for Computing Slope and Aspect from Elevations. Photogram. Engin. Remote Sens. pp. 247-248.

Snyder M.W. "A comparison of four techniques for the calculation of slope and aspect from digital terrain matrices". M.Sc.Thesis, University of Illinois, 1980, pp. 56.

Stefanovic, P. and Wiersema, G., 1985. Insolation from digital elevation models for mountain habitat evaluation. ITC Journal, 3, 177–186.

Struve, H., 1977. An Automated Procedure for Slope Map Construction. Technical Report M-77-3. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station.

Sulebak, J. R., 2000. Applications of Digital Elevation Models. DYNAMAP Project Oslo, pp. 1-11.

Tanaka K., 1930. The orthographical relief method of representing hill features on a topographical map". The Geographical Journal, 79, pp. 232-233.

Travis, M. R., Elsner, W. D., Iverson, W. D. and Johnshon, C. G., 1975. VIEWIT: Computation of Seen Areas, Slopes, and Aspect for Land-Use Planning. General Technical Report PSW-11. U.S. Forest Service.

Tsouchlaraki, A. and Achilleos, G., 2004. Managing visual impacts through a GIS: viewshed analysis for designing a sanitary landfill site. Second International Conference on Waste Management and the Environment «WASTE MANAGEMENT 2004», pp.439-448.

Van Horn, J. E., and Mosurinjohn, N. A. (2010). Urban 3D GIS Modeling of Terrorism Sniper Hazards. Social Science Computer Review, 28(4), pp. 482–496.

Van Kreveld, M., 1996. Variations on sweep algorithms: Efficient computation of extended viewsheds and classifications, in Proceedings of 7th International Symposium on Spatial Data Handling, v. 13.

Van Kreveld, M., 1997. Algorithms for Triangulated Terrains. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), pp. 19-36.

Weih, R. C. and Mattson, T. L., 2004. Modeling Slope in a Geographic Information System.

Wilson, J. and Gallant J., 2000. Terrain Analysis: Principles and Applications. USA: John Wiley & Sons Inc.

Zevenbergen, L.W. and Thorne, C.R., 1987. Quantitative analysis of land surface topography. Earth Surface Processes and Landforms 12.

9.3 Νομοθεσία

N. 3852/2010 (ΦΕΚ 87 Α'/7.6.2010) Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης – Πρόγραμμα Καλλικράτης.

9.4 Ηλεκτρονικές Πηγές

http://chania.orgfree.com/useful_maps.html

http://courses.umass.edu/nrc592g-cschweik/pdfs/GIS_Analysis_overview.pdf

<http://dasodata.gr/index.php/gis>

http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/hillshade-function.htm#ESRI_SECTION1_A75659C084A54F50976BD8E9EADD99C1

<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-slope-works.htm>

<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-aspect-works.htm>

<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/using-viewshed-and-observer-points-for-visibility.htm#GUID-62B1B980-B71D-4D46-B255-E813D979A070>

http://free-gis-data.blogspot.gr/2009/01/principal-functions-of-gis_16.html

<http://geodata.gov.gr/dataset/oria-demon-kallikrates>

<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/3d-analyst/how-hillshade-works.htm>

<http://users.ntua.gr/bnakos/Hillshading.html>

http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=What_is_raster_data%3F

<http://www.chania-cci.gr/website/el/chania/morfologia-gewgrafia>

http://www.chania-info.gr/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=33&Itemid=134

http://www.chania-info.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=369&Itemid=133

http://www.chania-info.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=370&Itemid=133

http://www.colorado.edu/geography/class_homepages/geog_4203_s08/class6_TerrainAspect.pdf

<http://www.coloss.org/beebook/l/gis/6/6/2/3>

http://www.crete.gov.gr/?option=com_content&view=article&id=1890&Itemid=188&lang=el

<http://www.destinationcrete.gr/el/chlorida-a-panida?jij=1479125756431>

<http://www.enggpedia.com/civil-engineering-encyclopedia/79-geographic-information-system-gis/1581-what-is-gis>

<http://www.fsavalanche.org/aspect/>

<http://www.geogra.uah.es/patxi/gisweb/DEMModule/DEMTheory.pdf>

<http://www.gradeamathhelp.com/understanding-slope.html>

<http://www.haniorama.gr/chania/chania-info.html>

<http://www.kallikratis.eu/dimoi-systasi-dimon-nomos-chanion/>

http://www.marathondata.gr/english/pdfs/arcgis_desktop_products.pdf

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

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

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grades_degrees.svg

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%A7%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CF%89%CE%BD

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CF%88%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Atan2>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Slope>

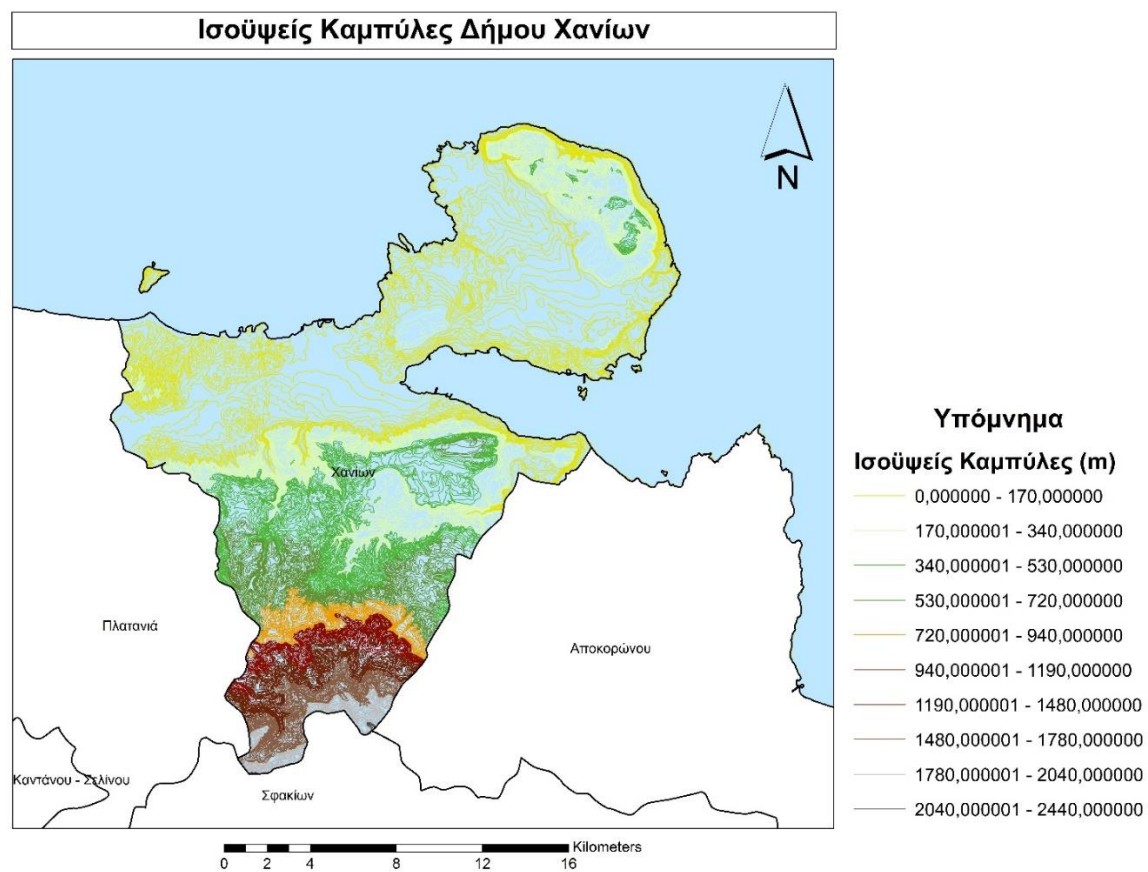
<https://hub.qgis.org/wiki/192/Algorithm?version=24>

<https://www.hc-crete.gr/7%CE%B7-%CF%85%CF%80%CE%B5/%CE%B7-%CE%BA%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%B7-%CE%BC%CE%B1%CF%82-%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%B1-%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CE%B9>

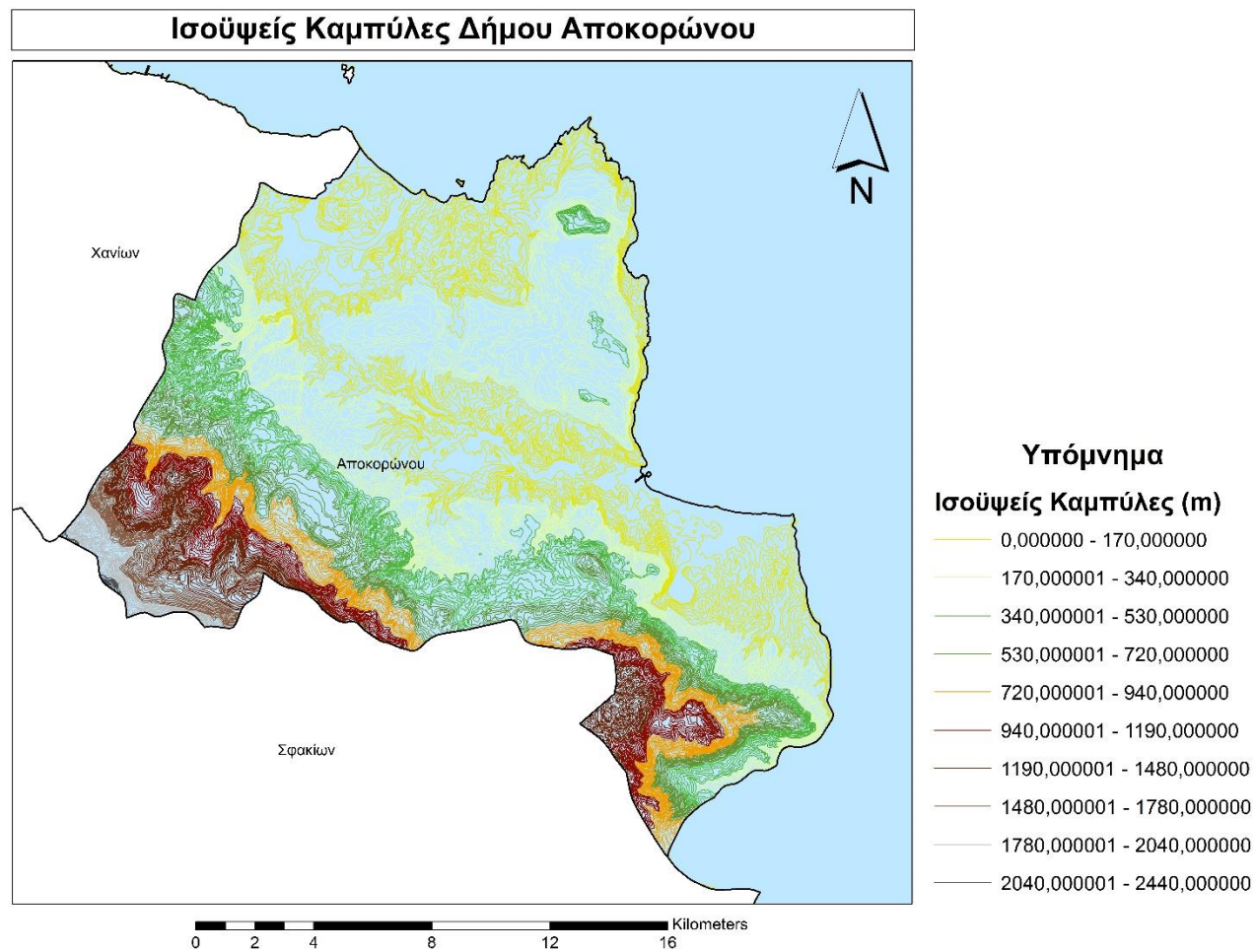
<https://www.incrediblecrete.gr/el/cretan-flora/>

<https://www.e-education.psu.edu/geog486/node/1874>

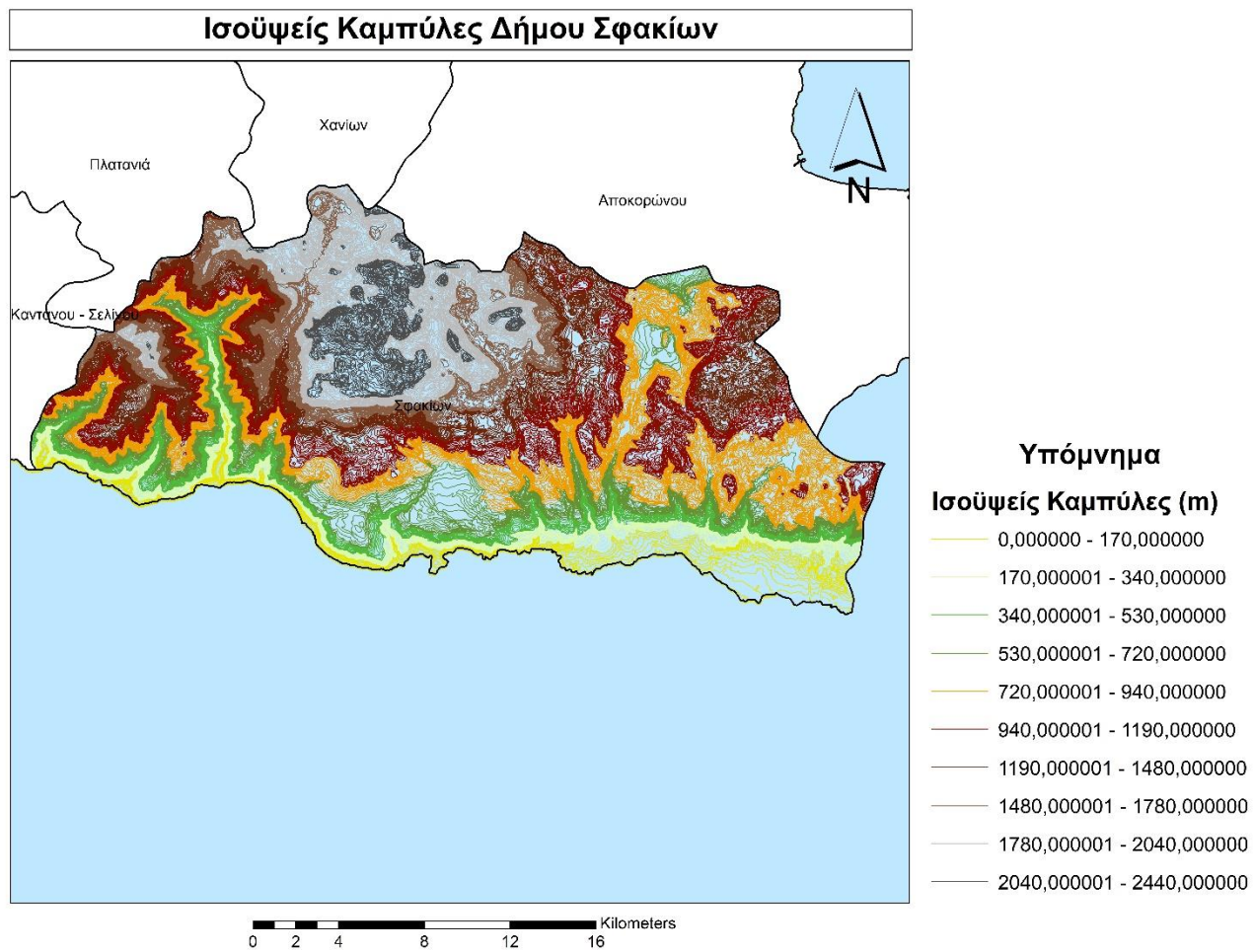
10 Παράρτημα



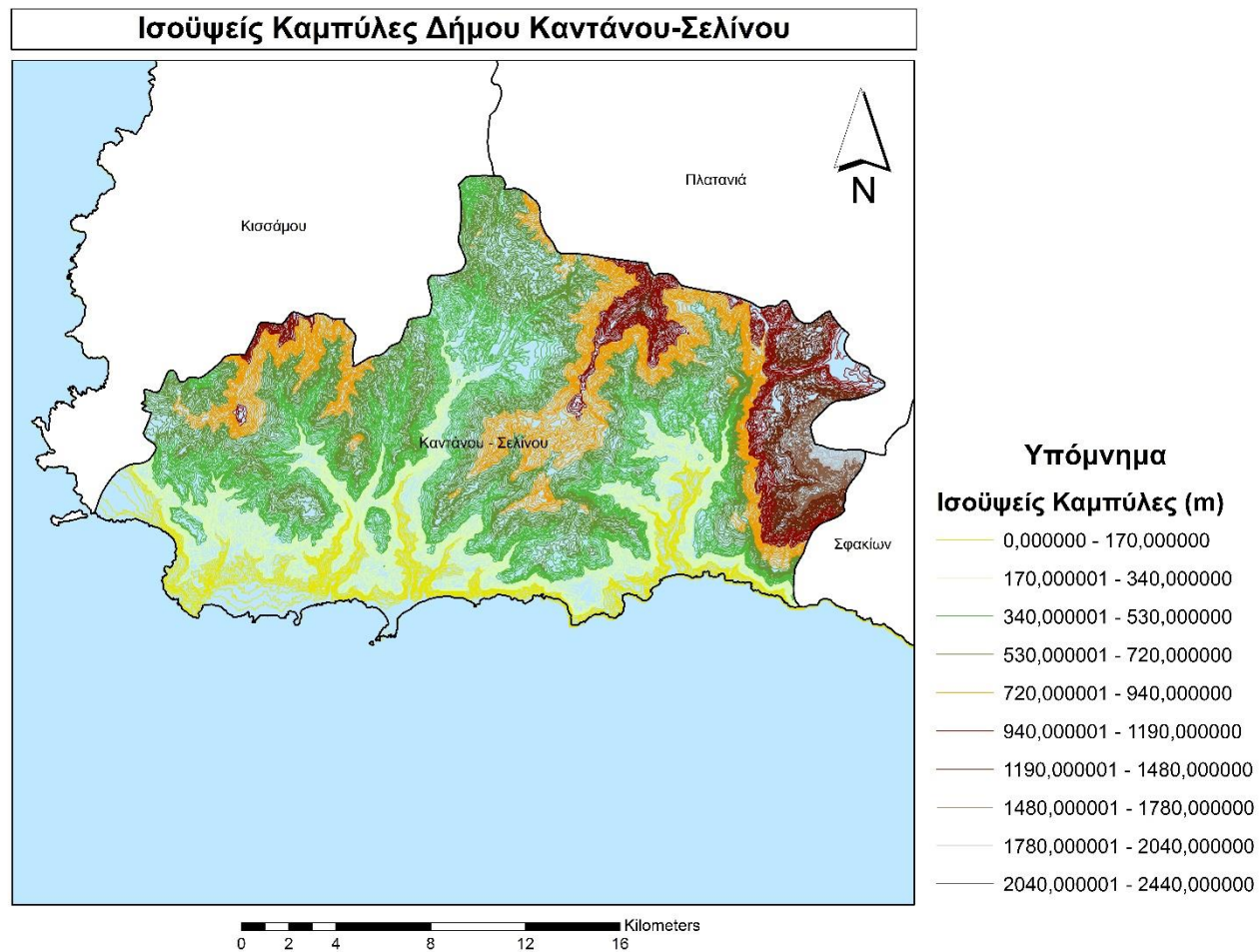
Εικόνα 92: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Χανίων



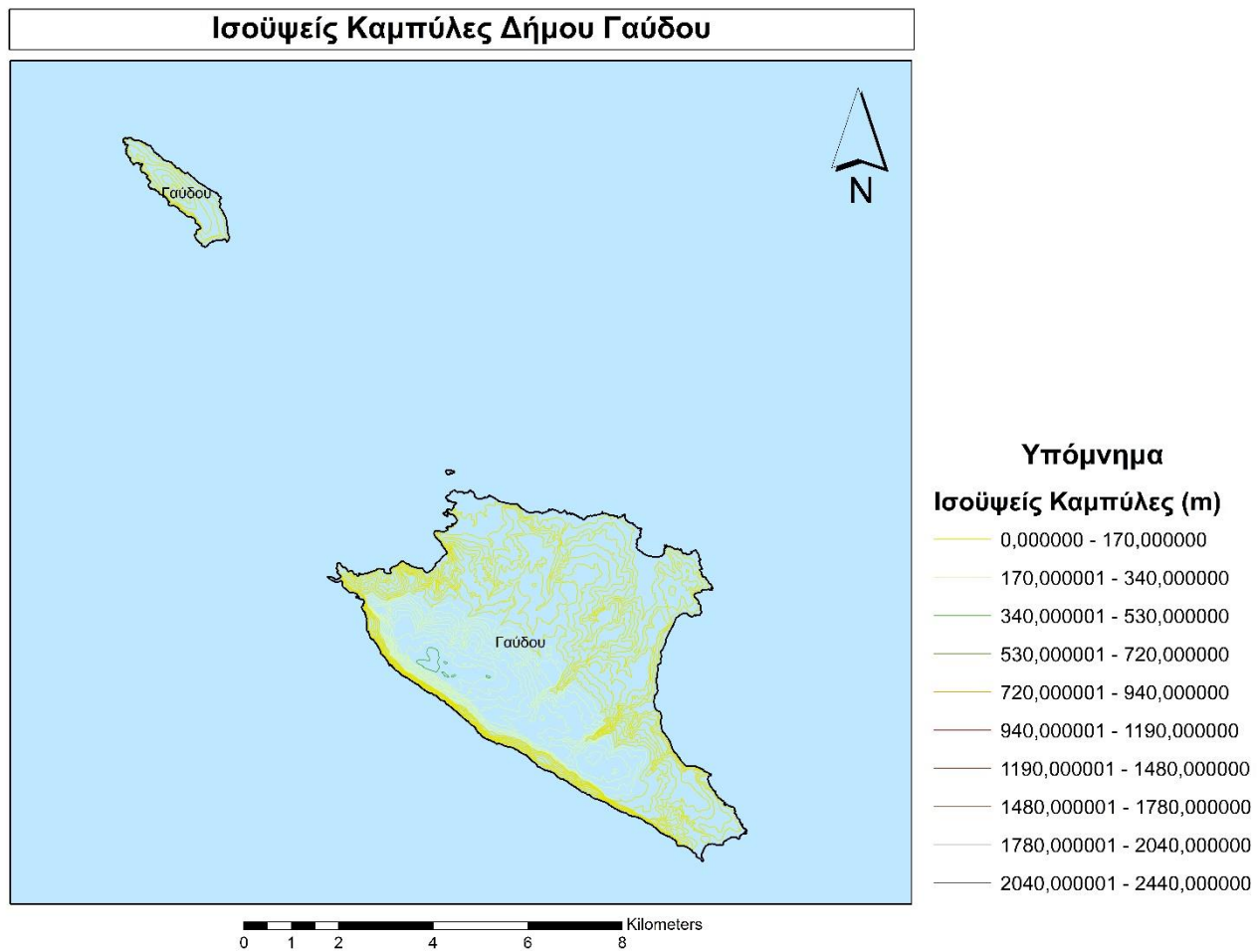
Εικόνα 93: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Αποκορώνου



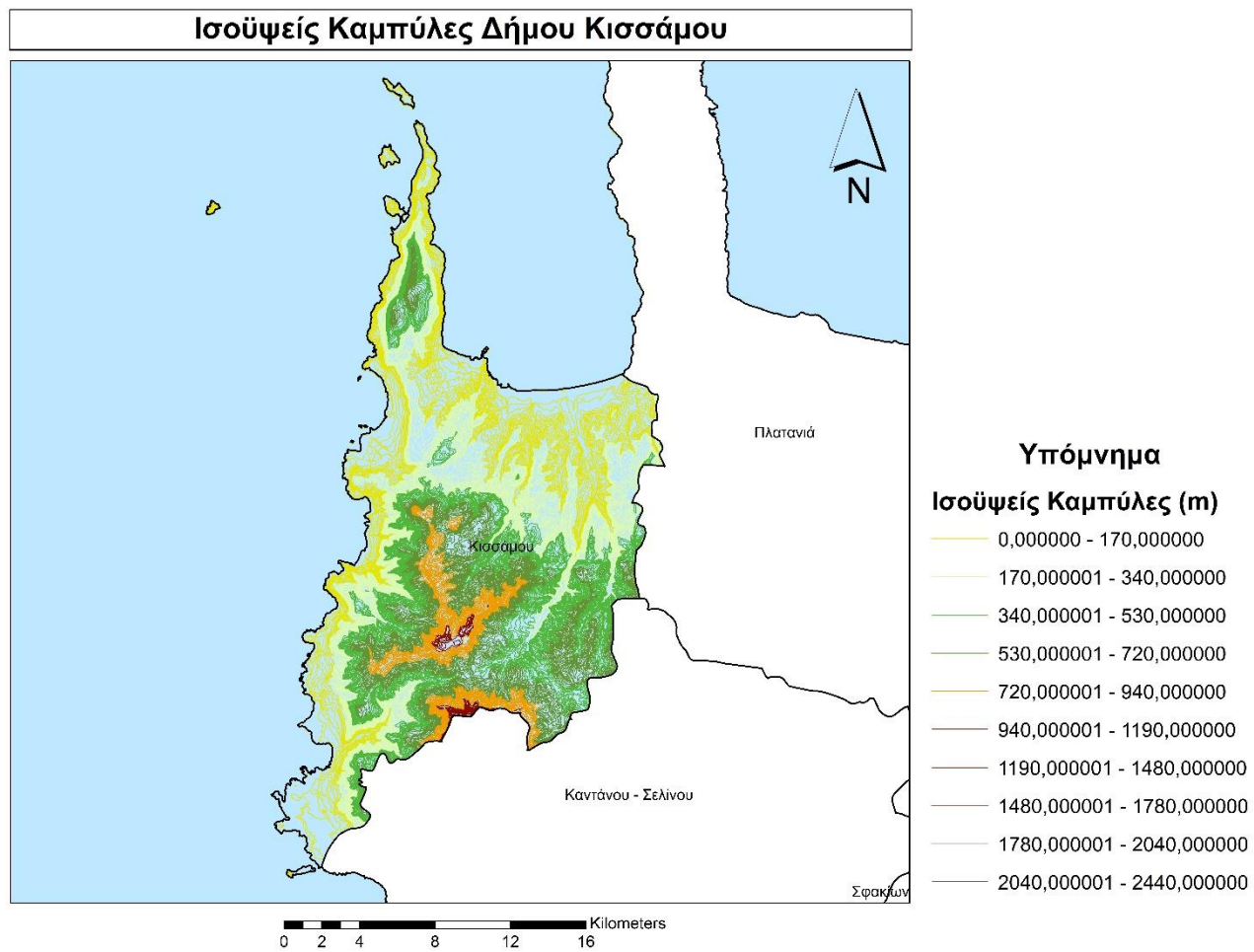
Εικόνα 94: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Σφακίων



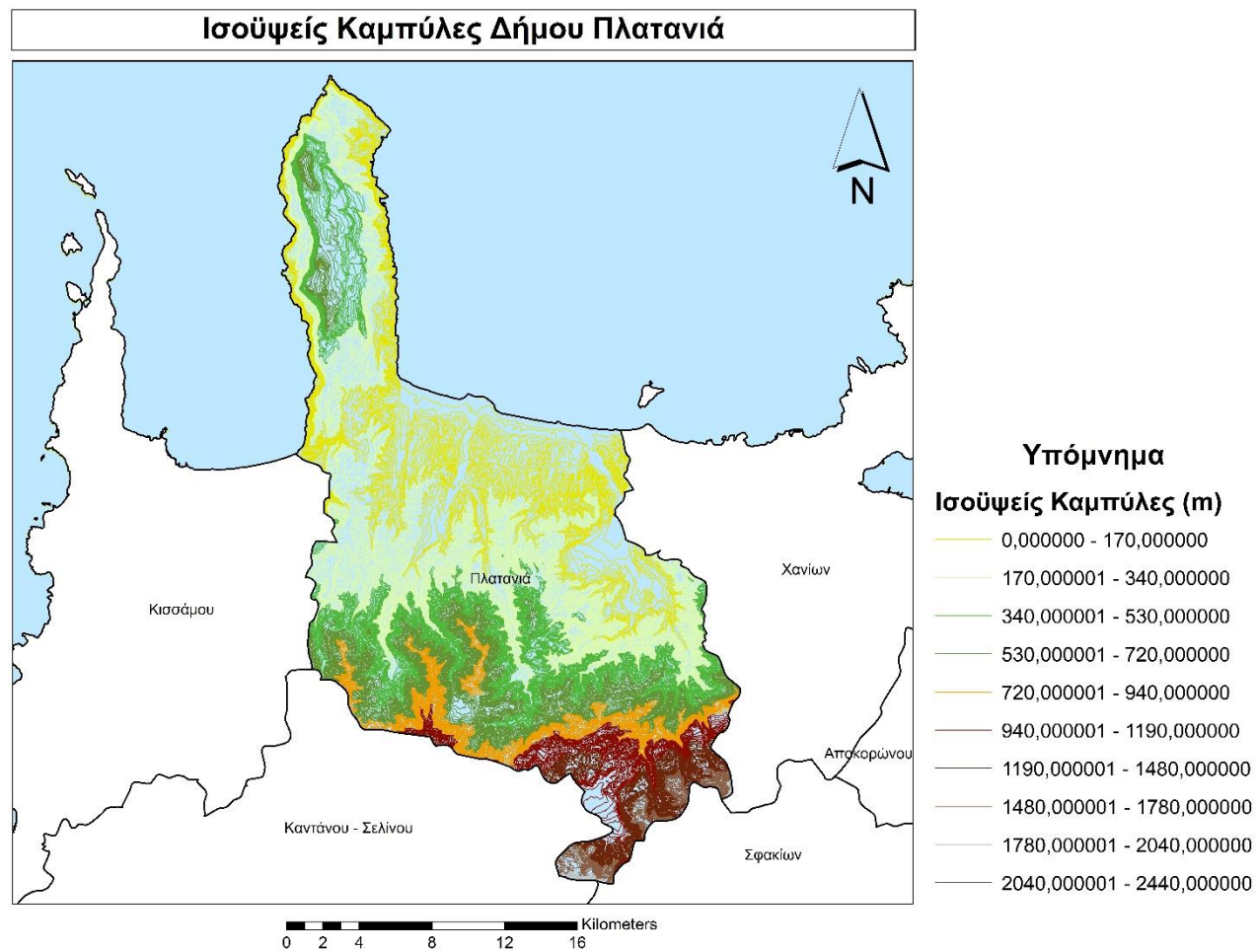
Εικόνα 95: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Καντάνου-Σελίνου



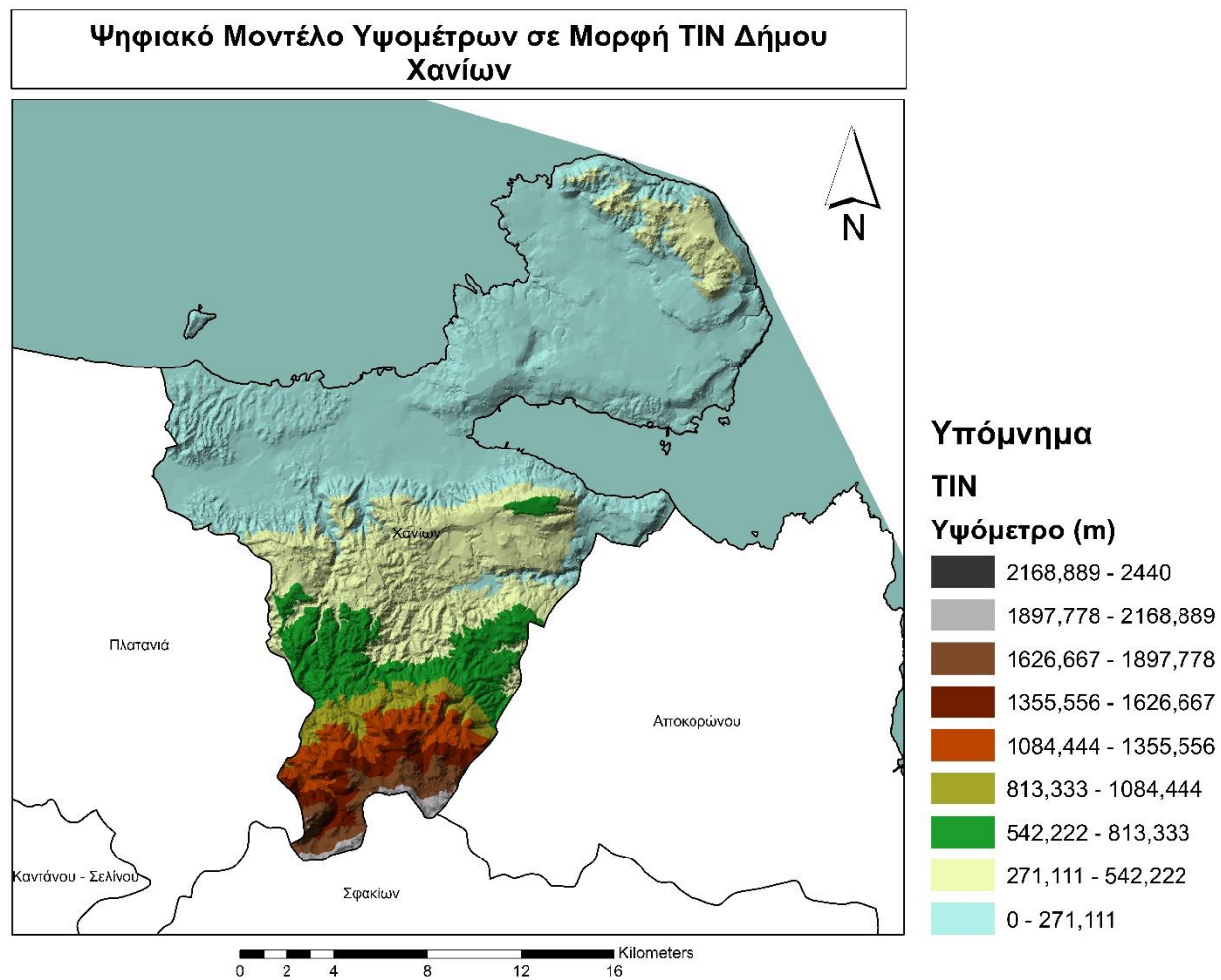
Εικόνα 96: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Γαύδου



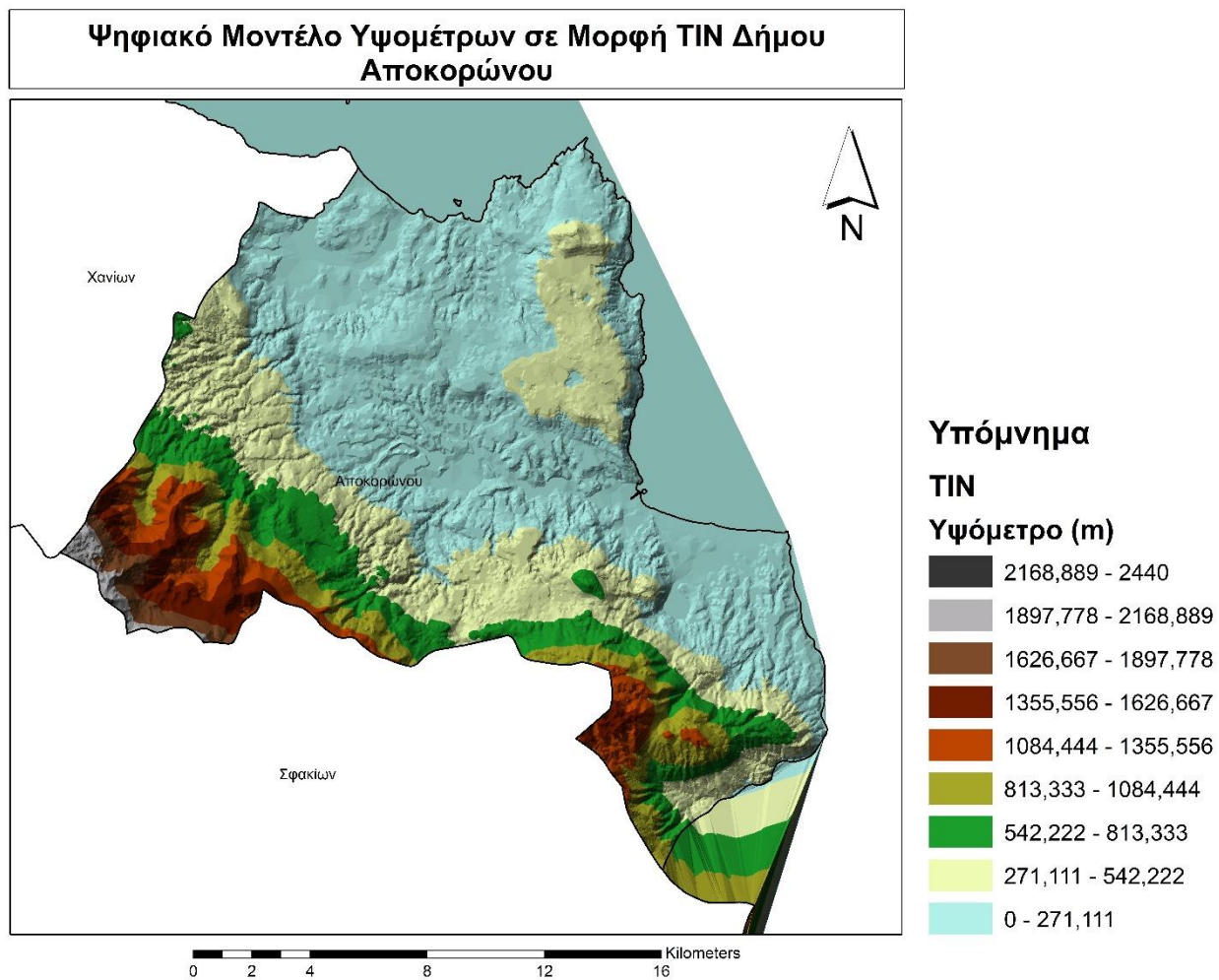
Εικόνα 97: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Κισσάμου



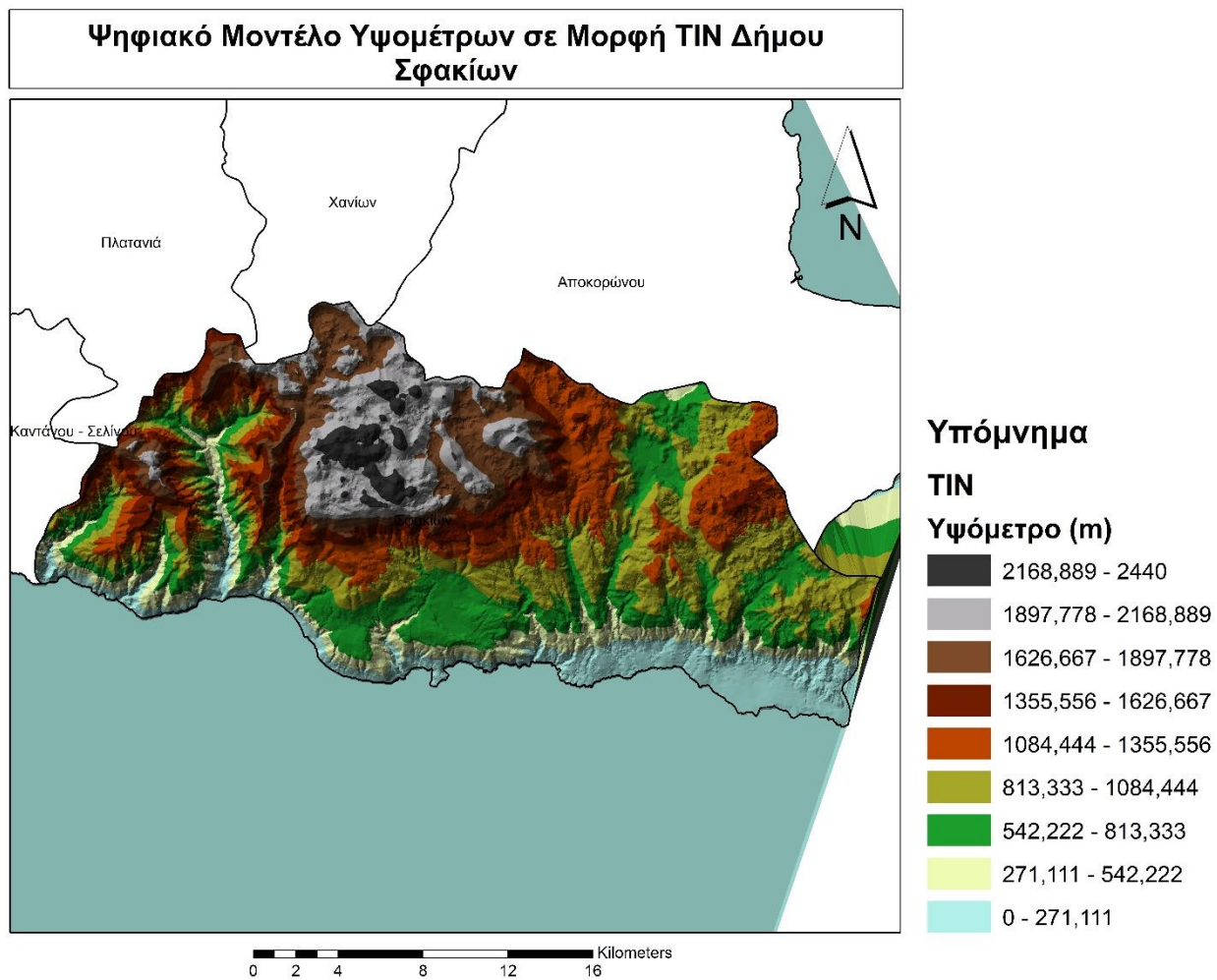
Εικόνα 98: Ισοϋψείς Καμπύλες Δήμου Πλατανιά



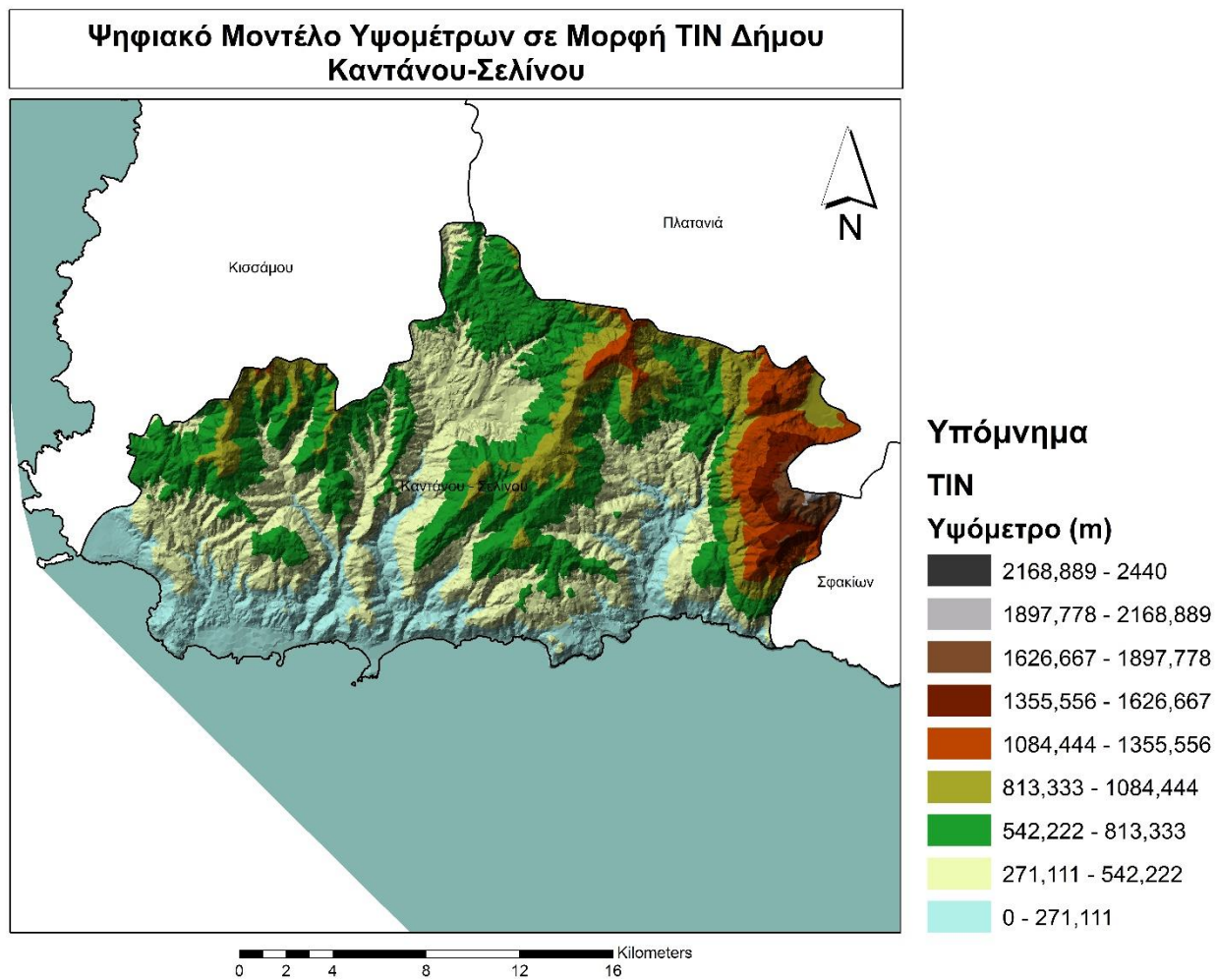
Εικόνα 99: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Χανίων



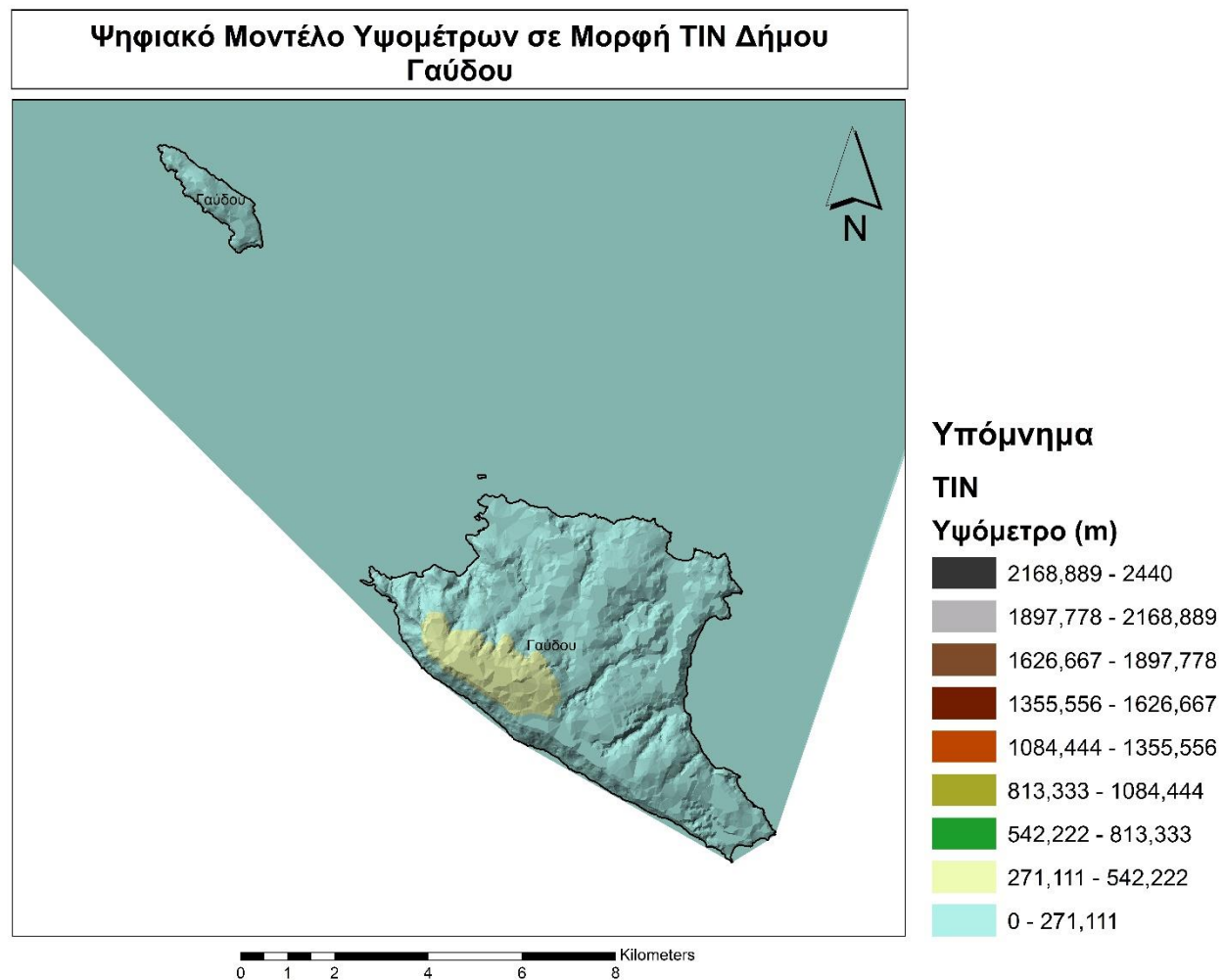
Εικόνα 100: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Αποκορώνου



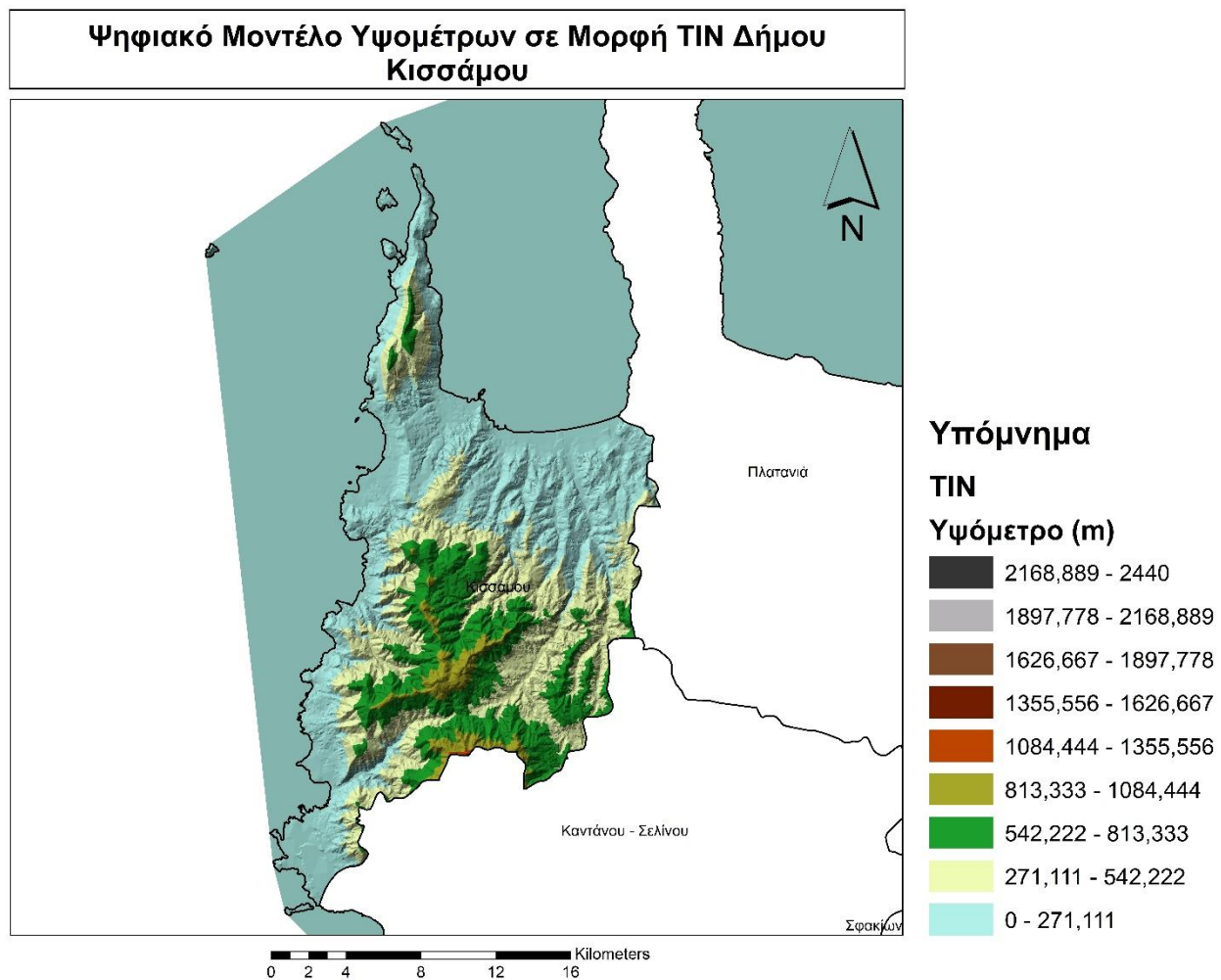
Εικόνα 101: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Σφακίων



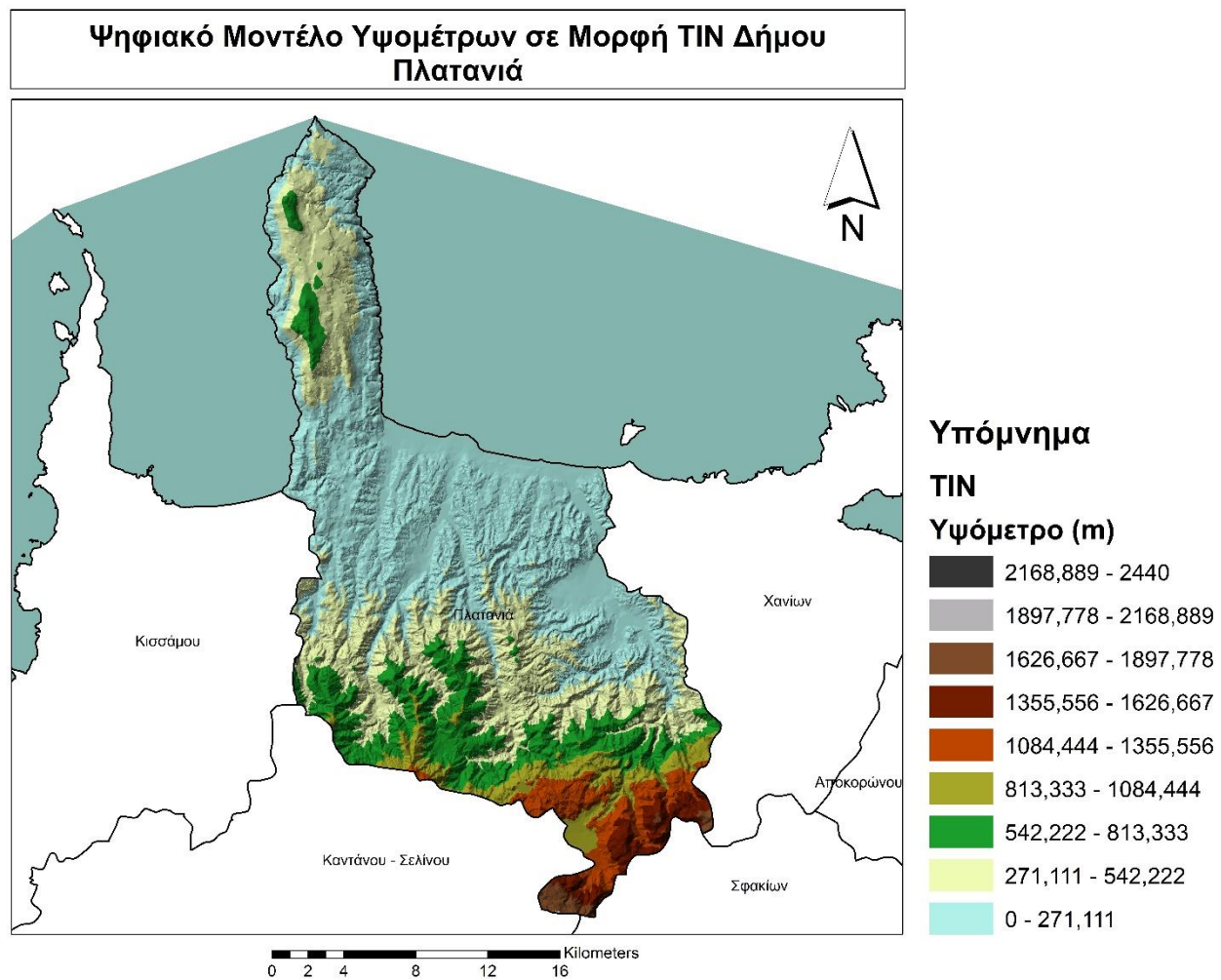
Εικόνα 102: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Καντάνου-Σελίνου



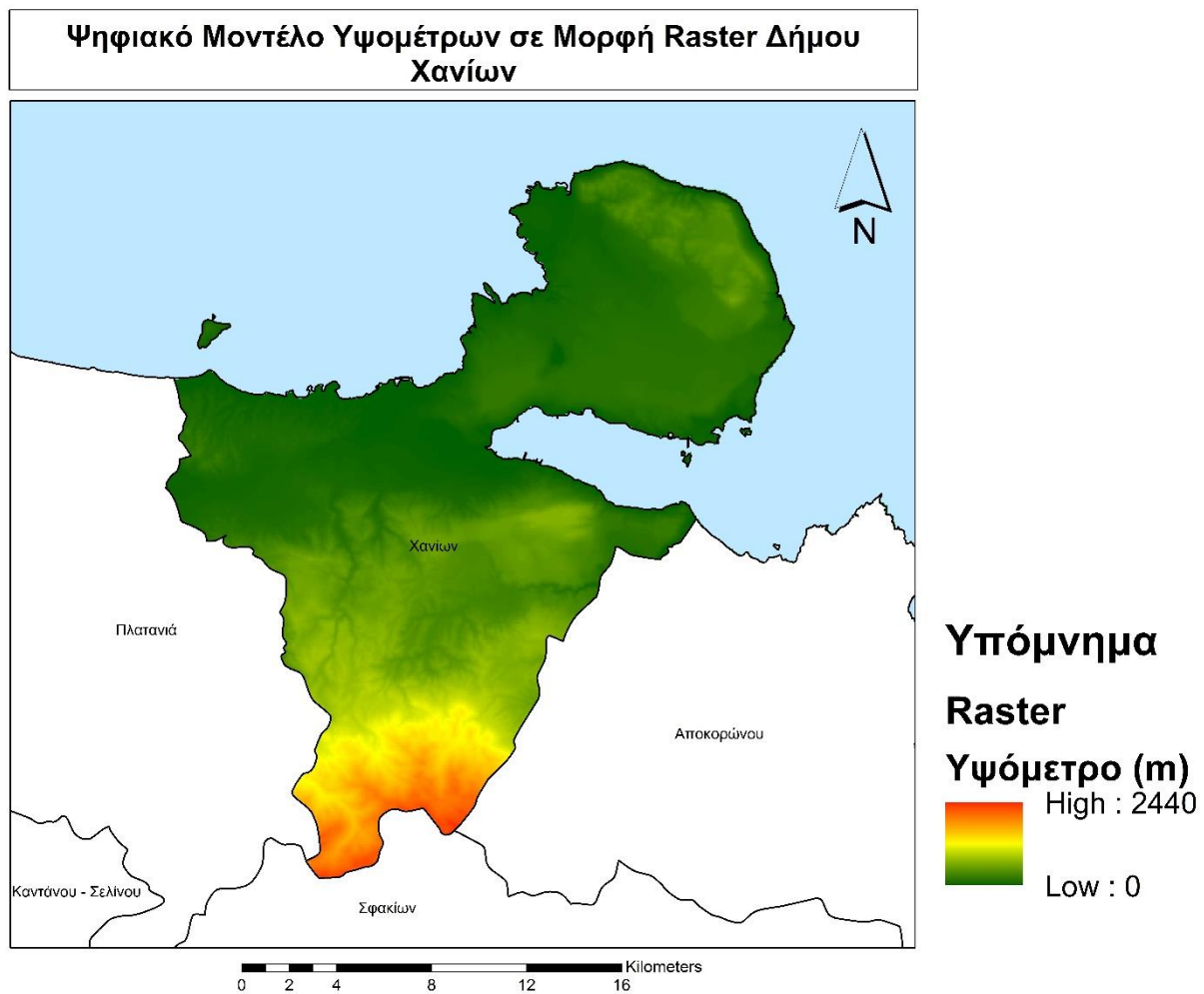
Εικόνα 103: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Γαύδου



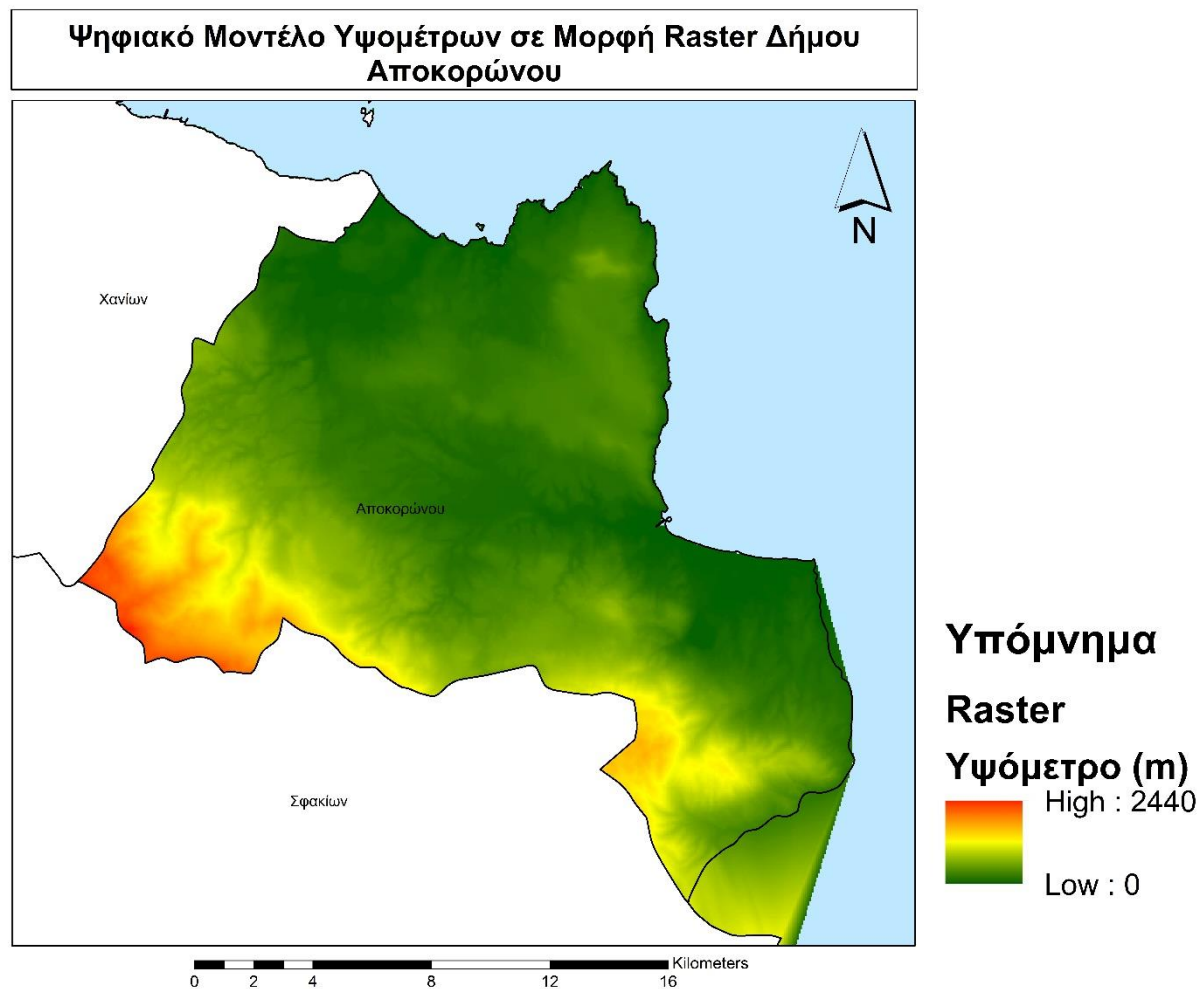
Εικόνα 104: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Κισσάμου



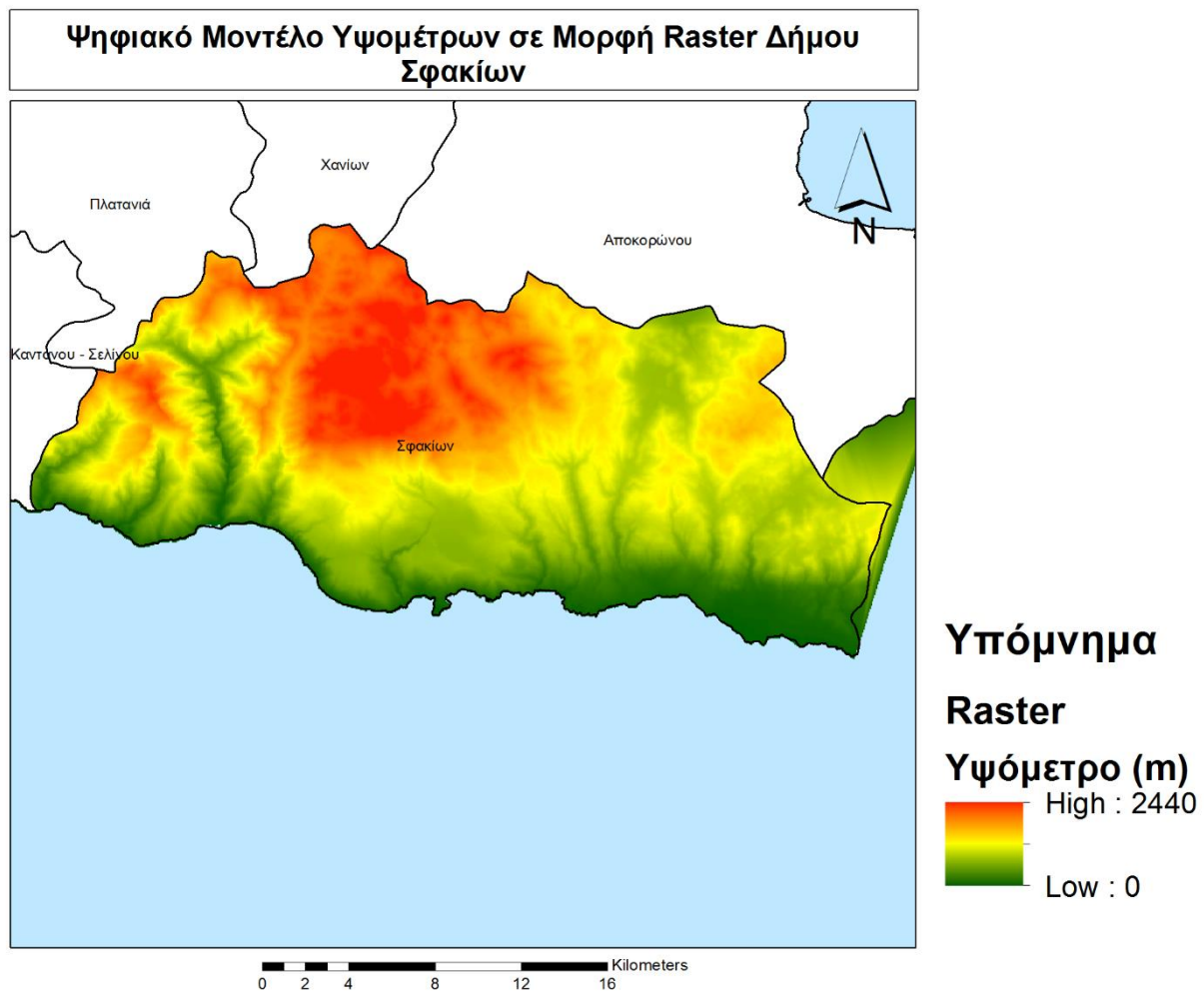
Εικόνα 105: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή TIN Δήμου Πλατανιά



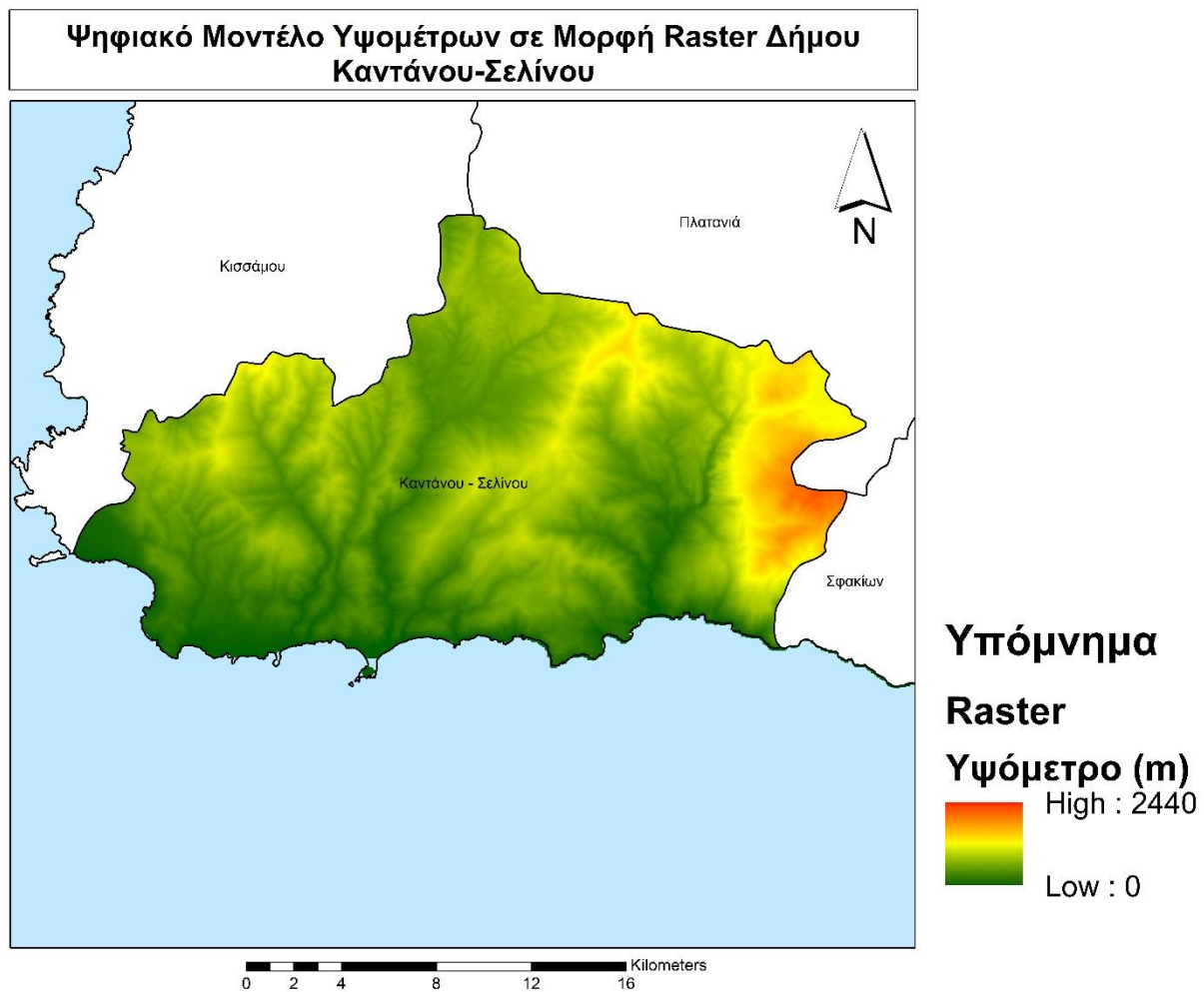
Εικόνα 106: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Χανίων



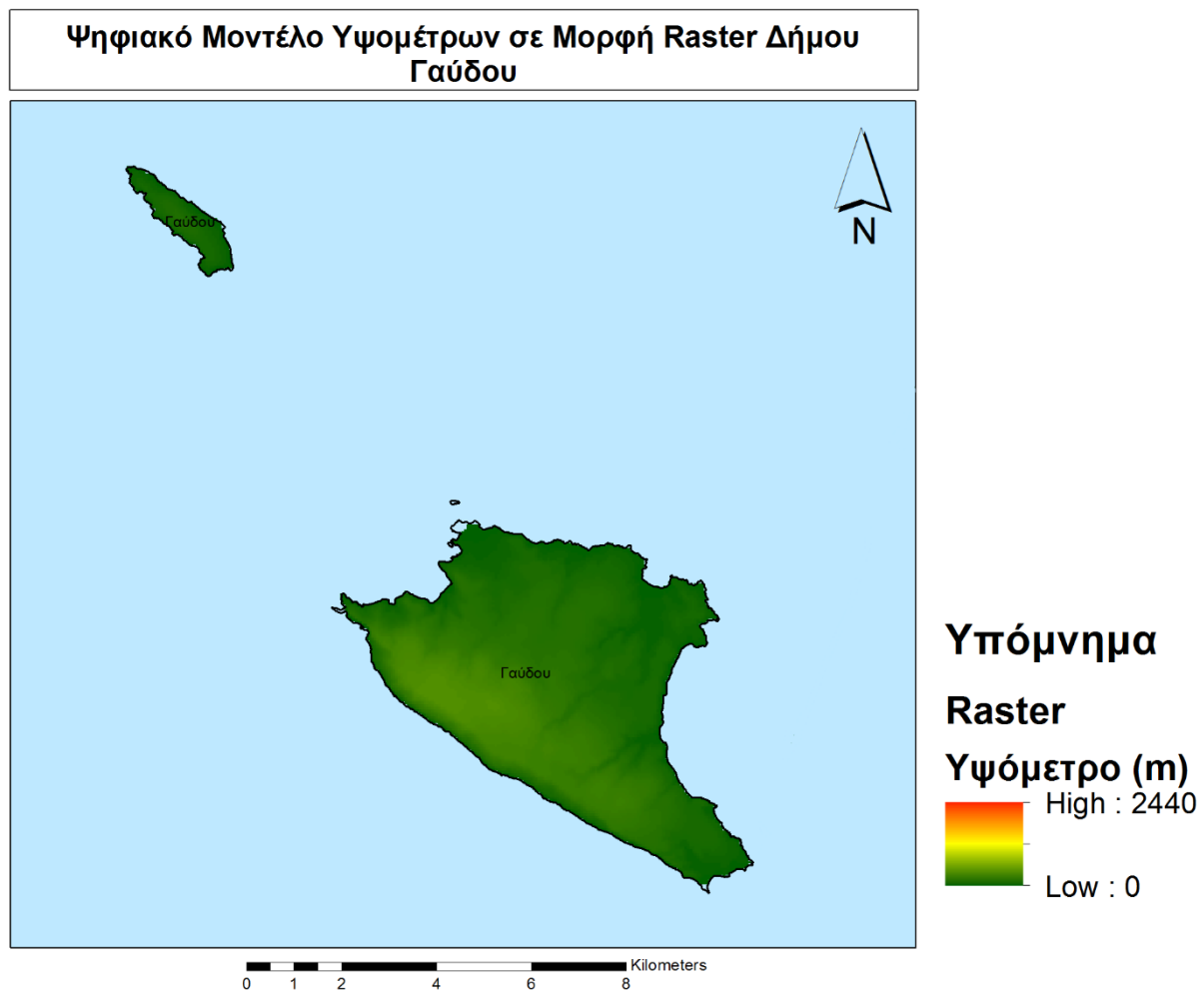
Εικόνα 107: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Αποκορώνου



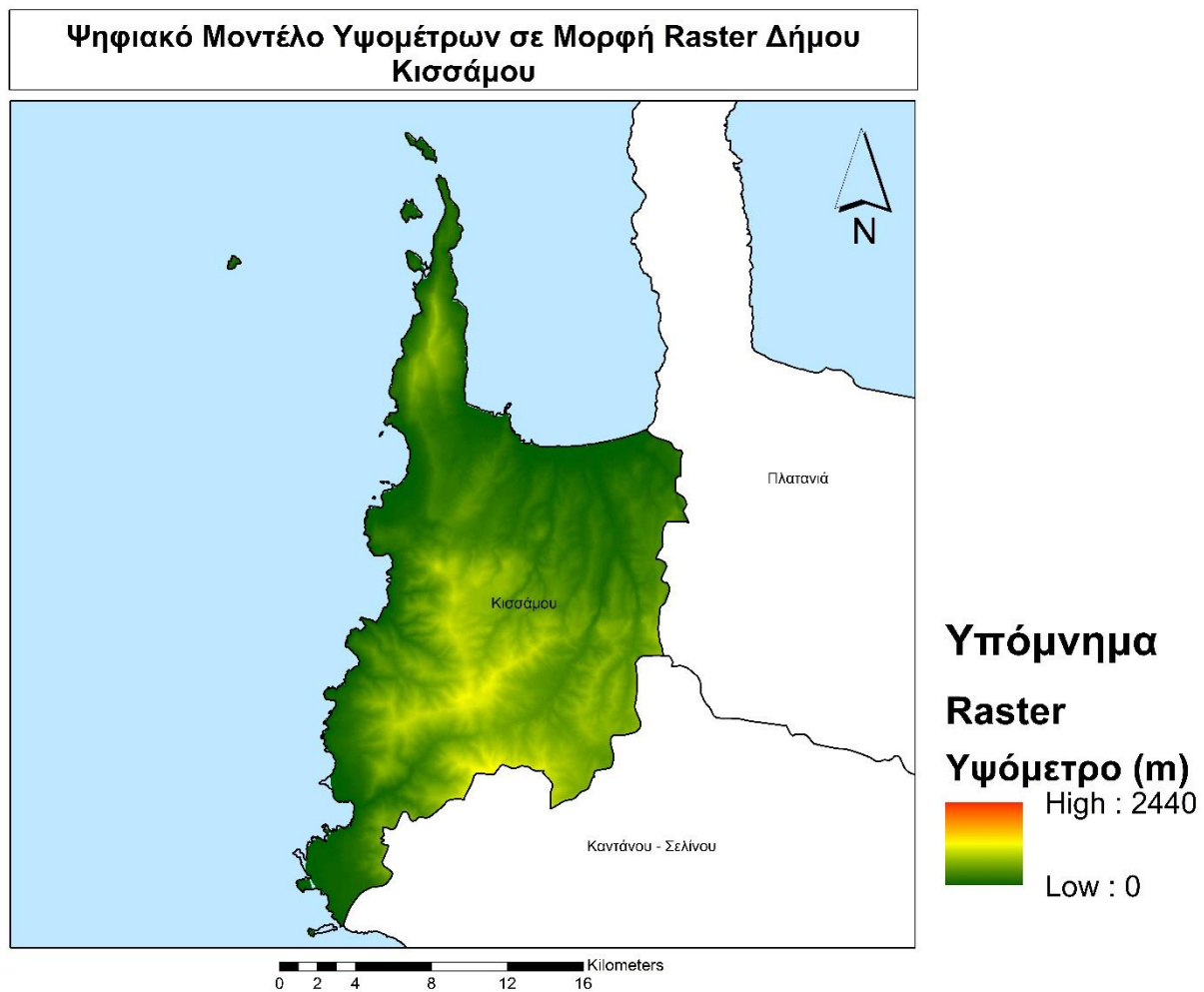
Εικόνα 108: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Σφακίων



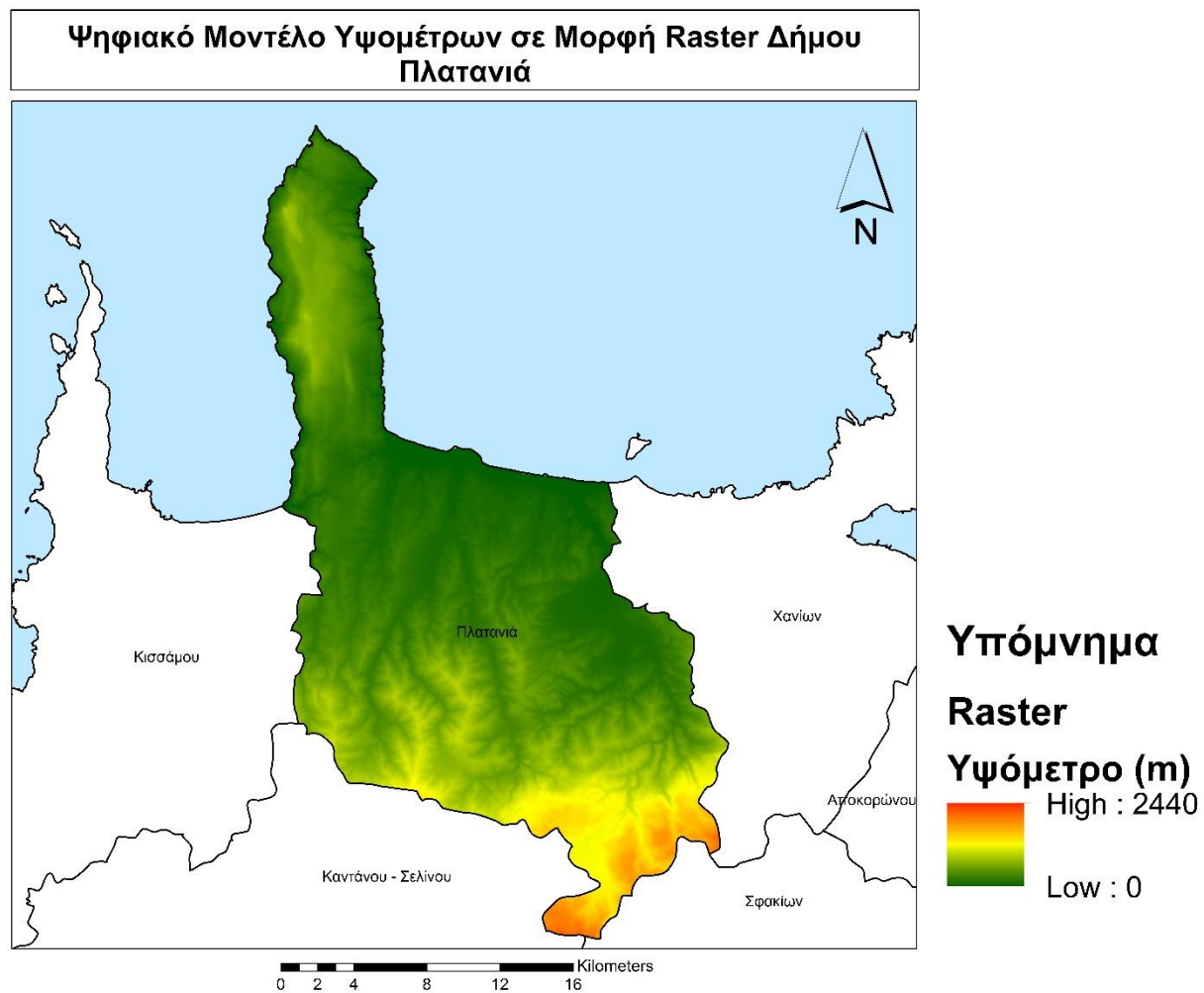
Εικόνα 109: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Καντάνου-Σελίνου



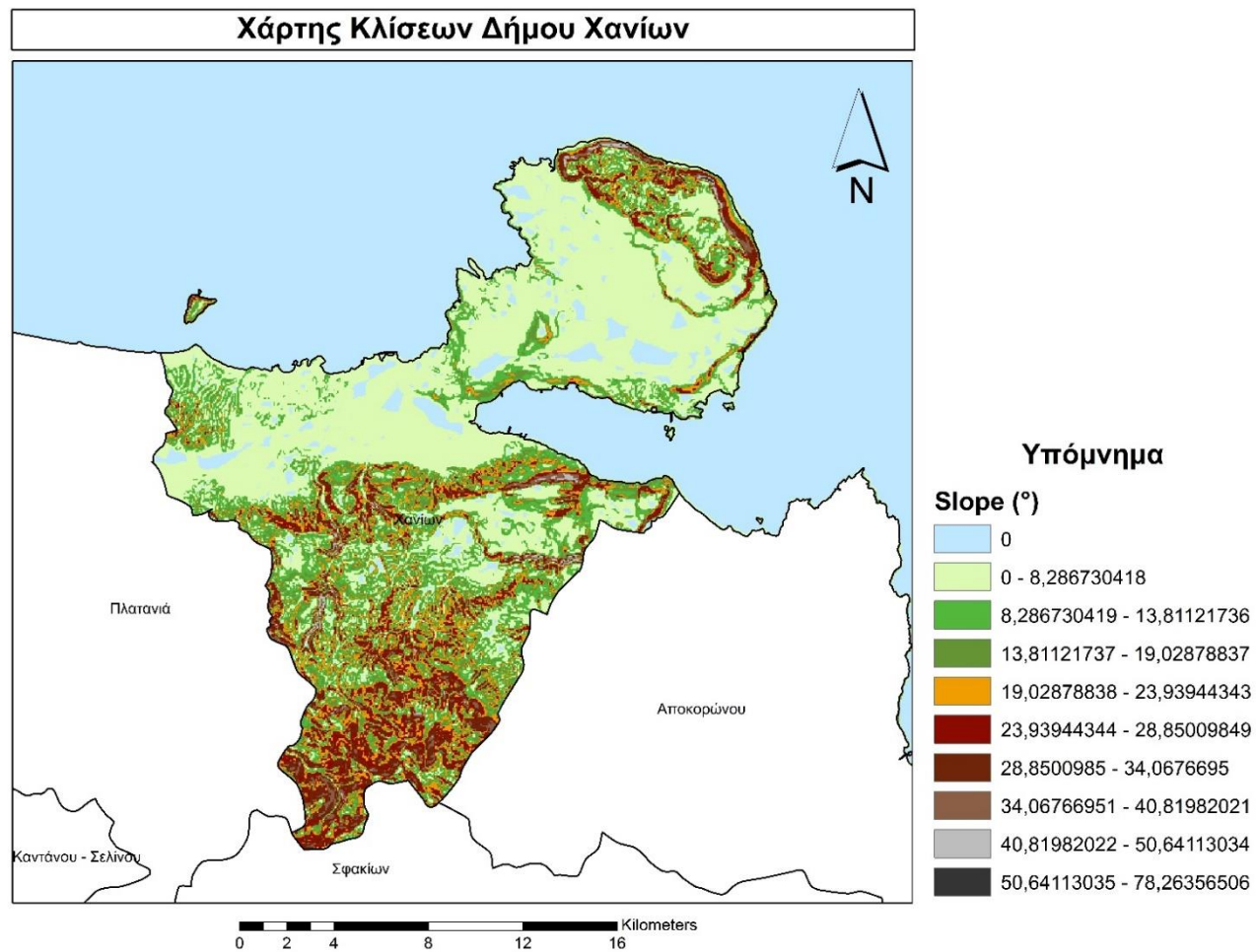
Εικόνα 110: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Γαύδου



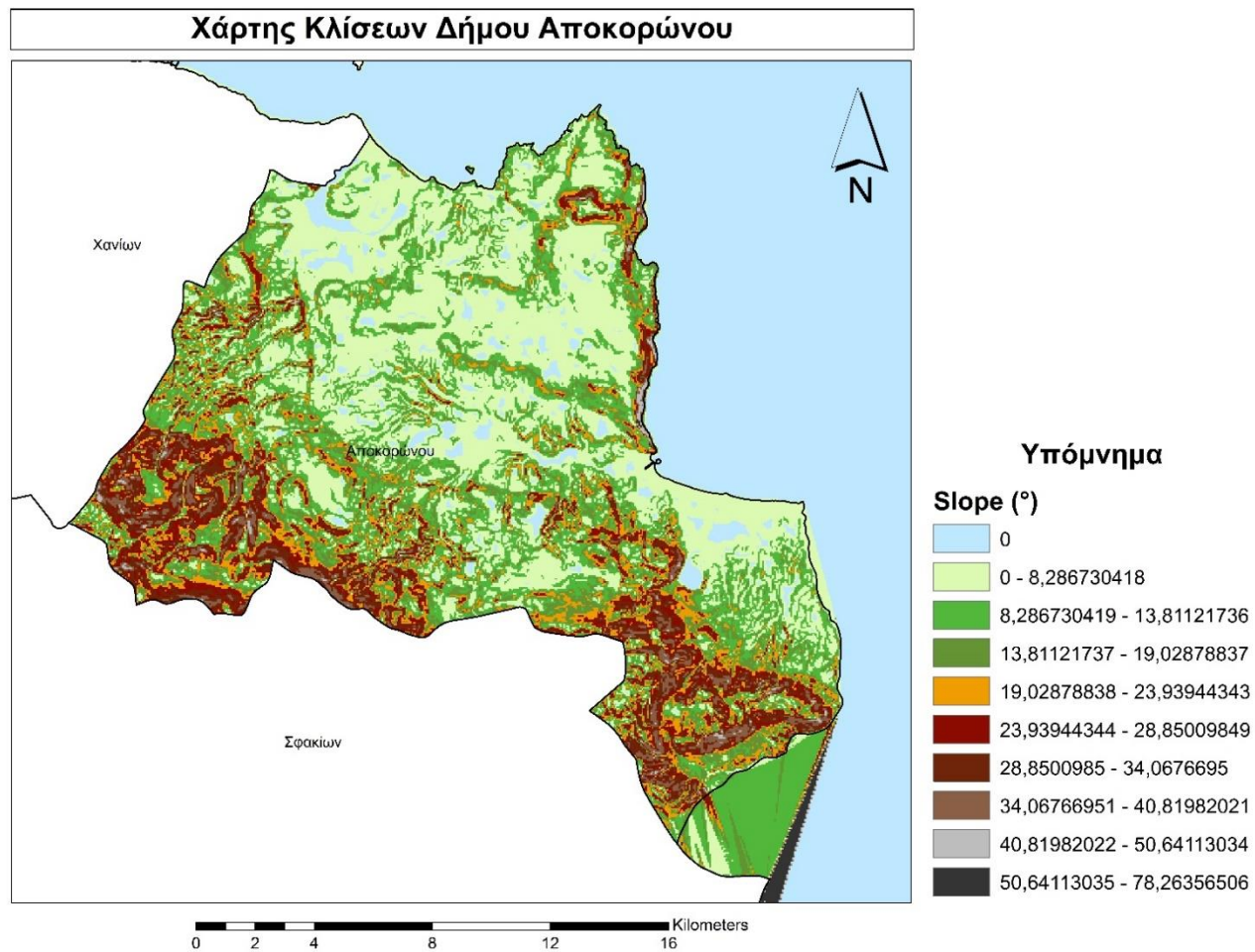
Εικόνα 111: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Κισσάμου



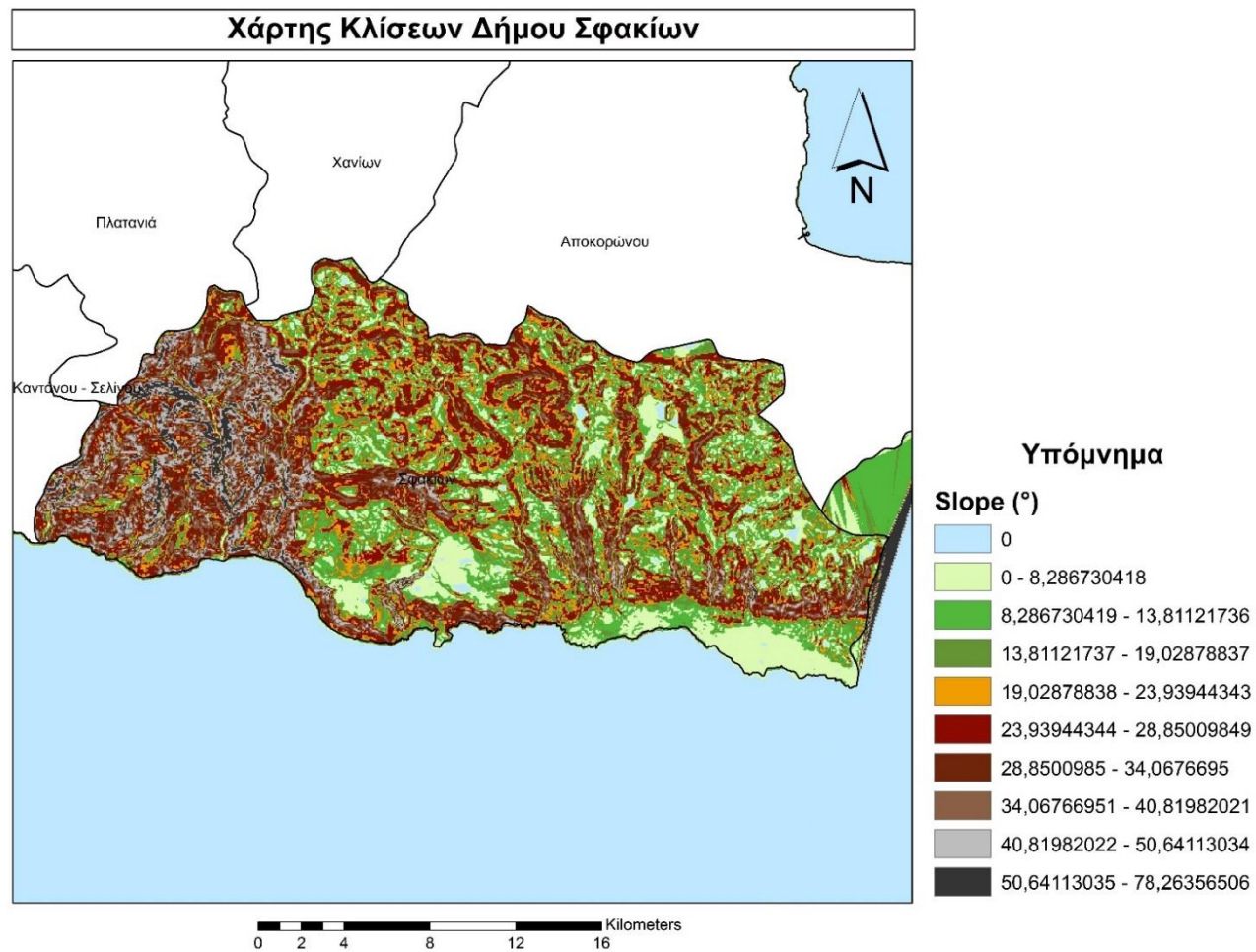
Εικόνα 112: Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων σε Μορφή Raster Δήμου Πλατανιά



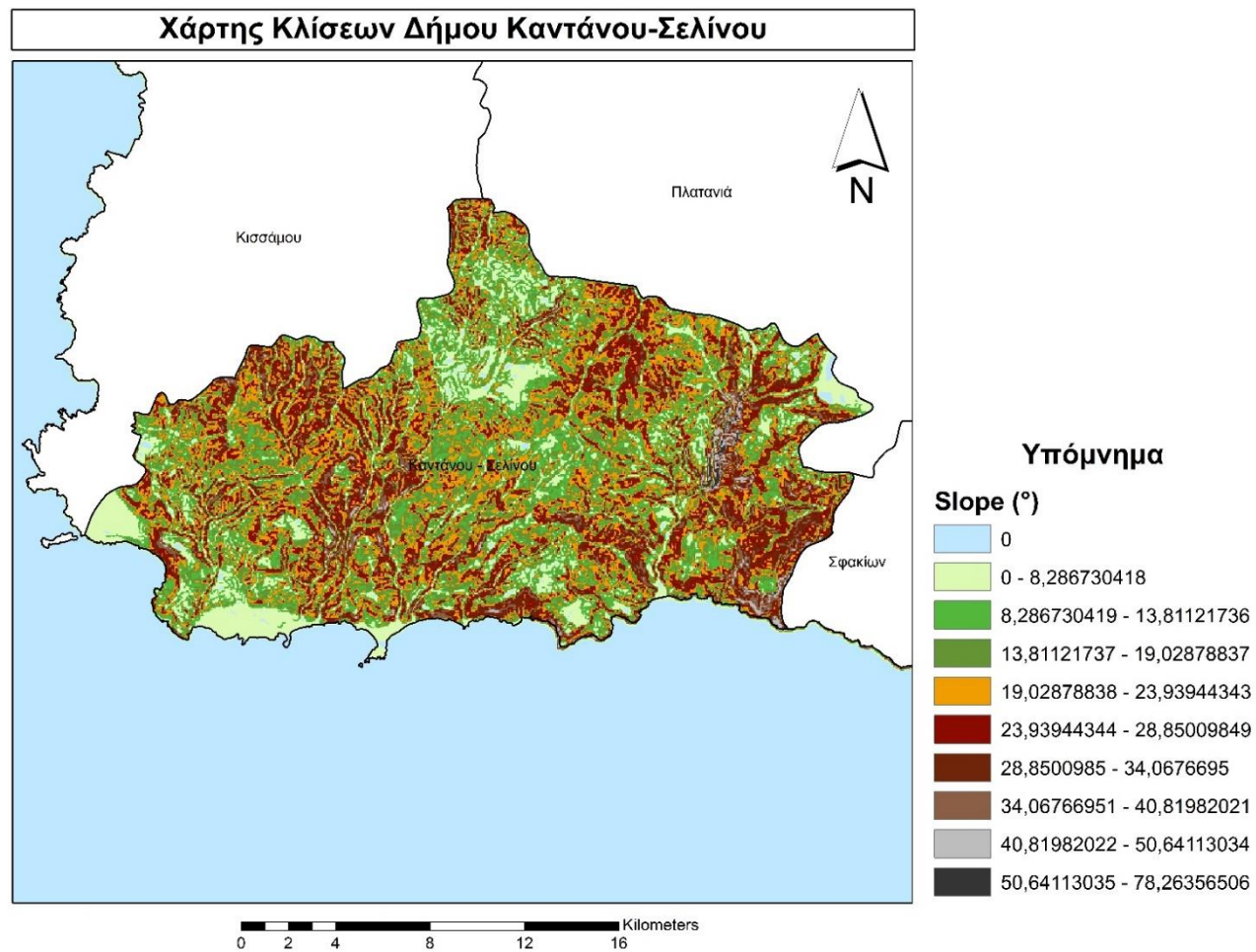
Εικόνα 113: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Χανίων



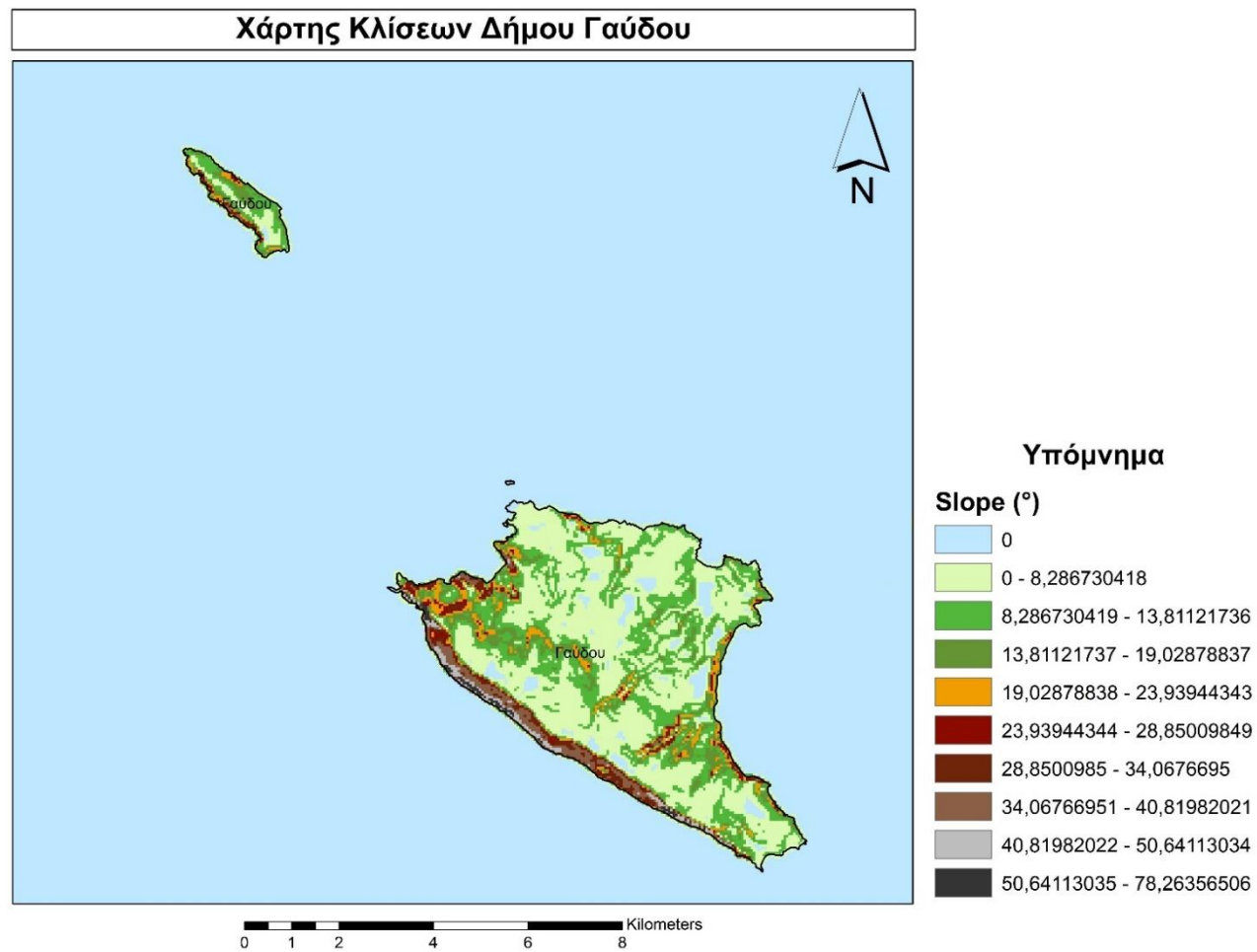
Εικόνα 114: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Αποκορώνου



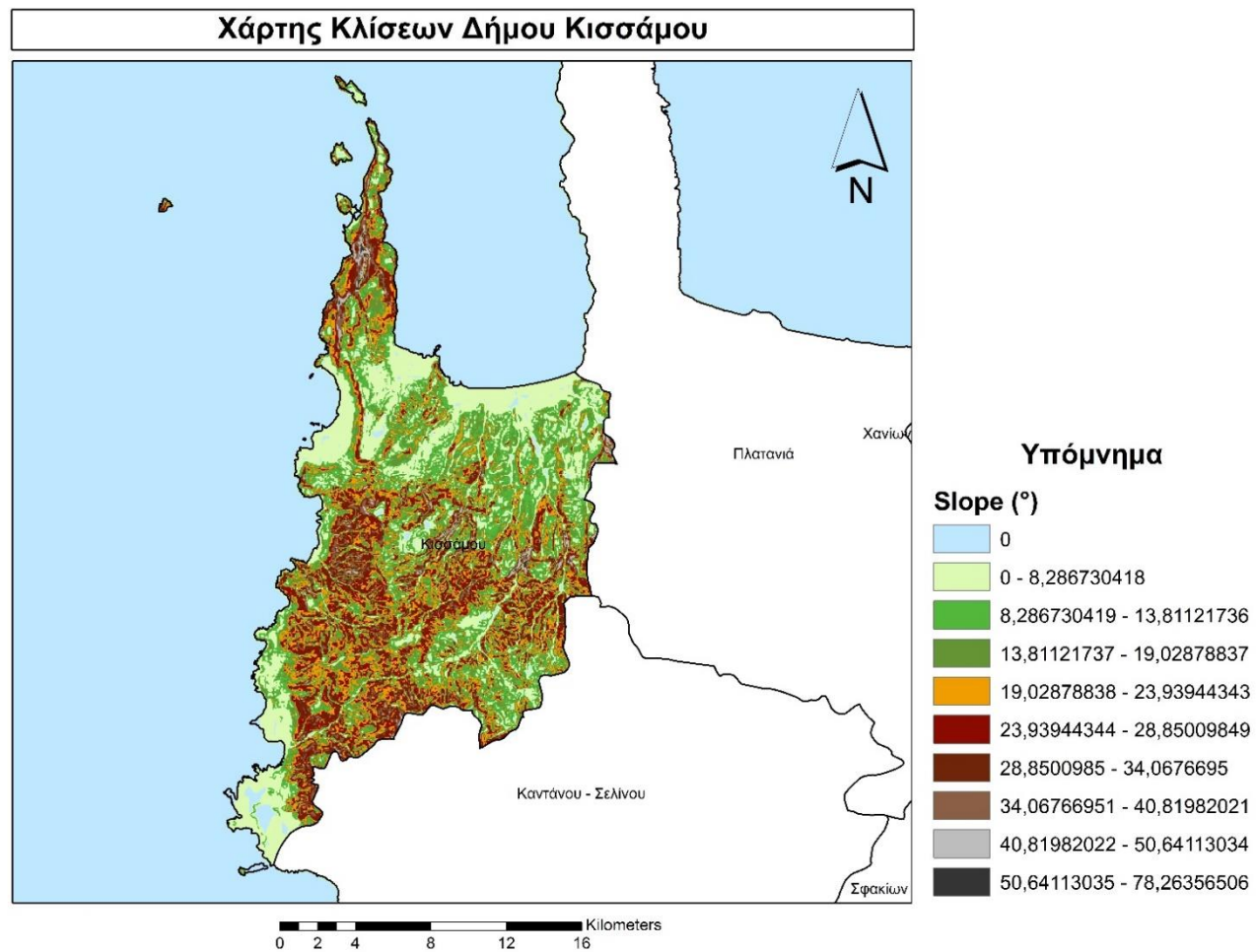
Εικόνα 115: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Σφακίων



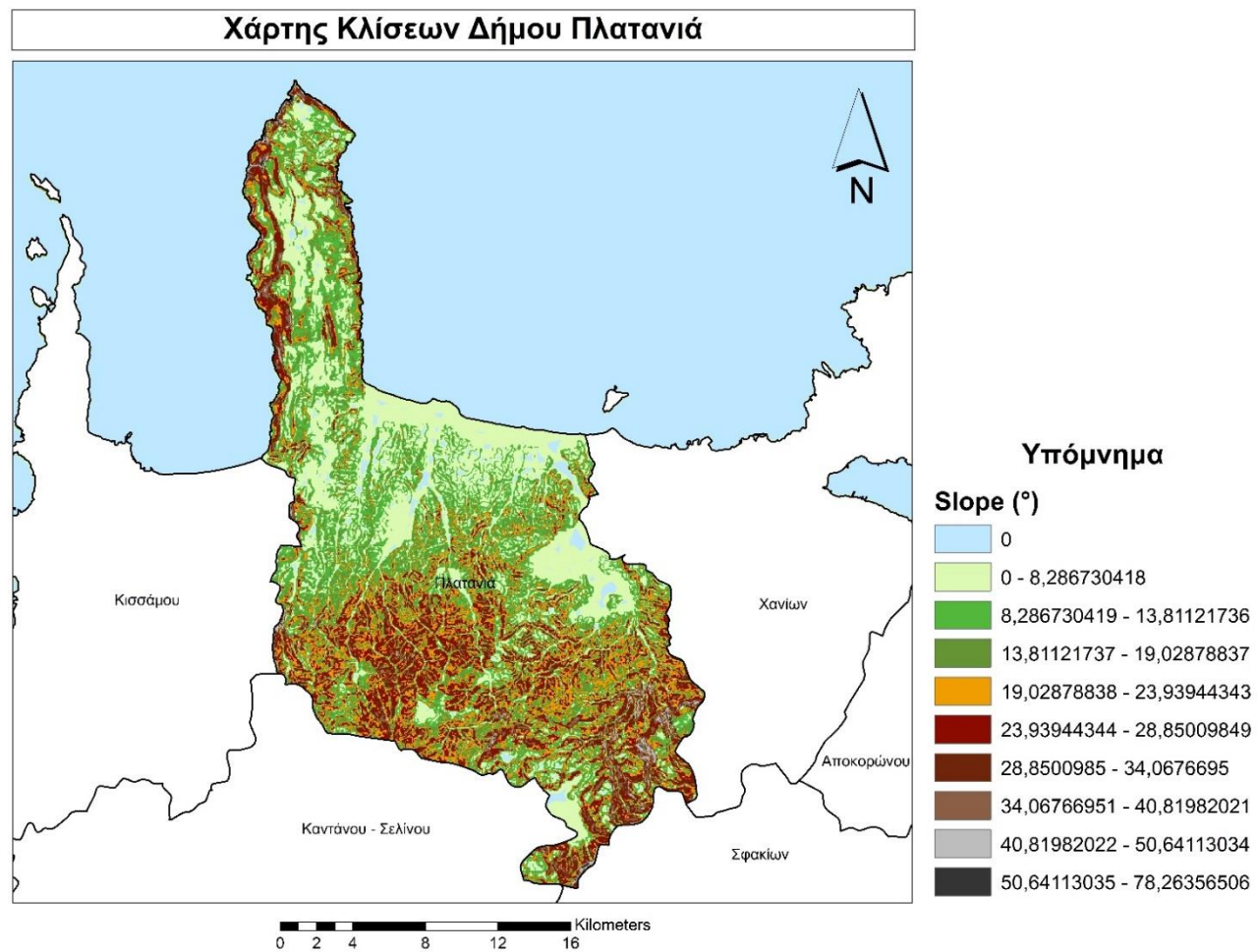
Εικόνα 116: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Καντάνου-Σελίνου



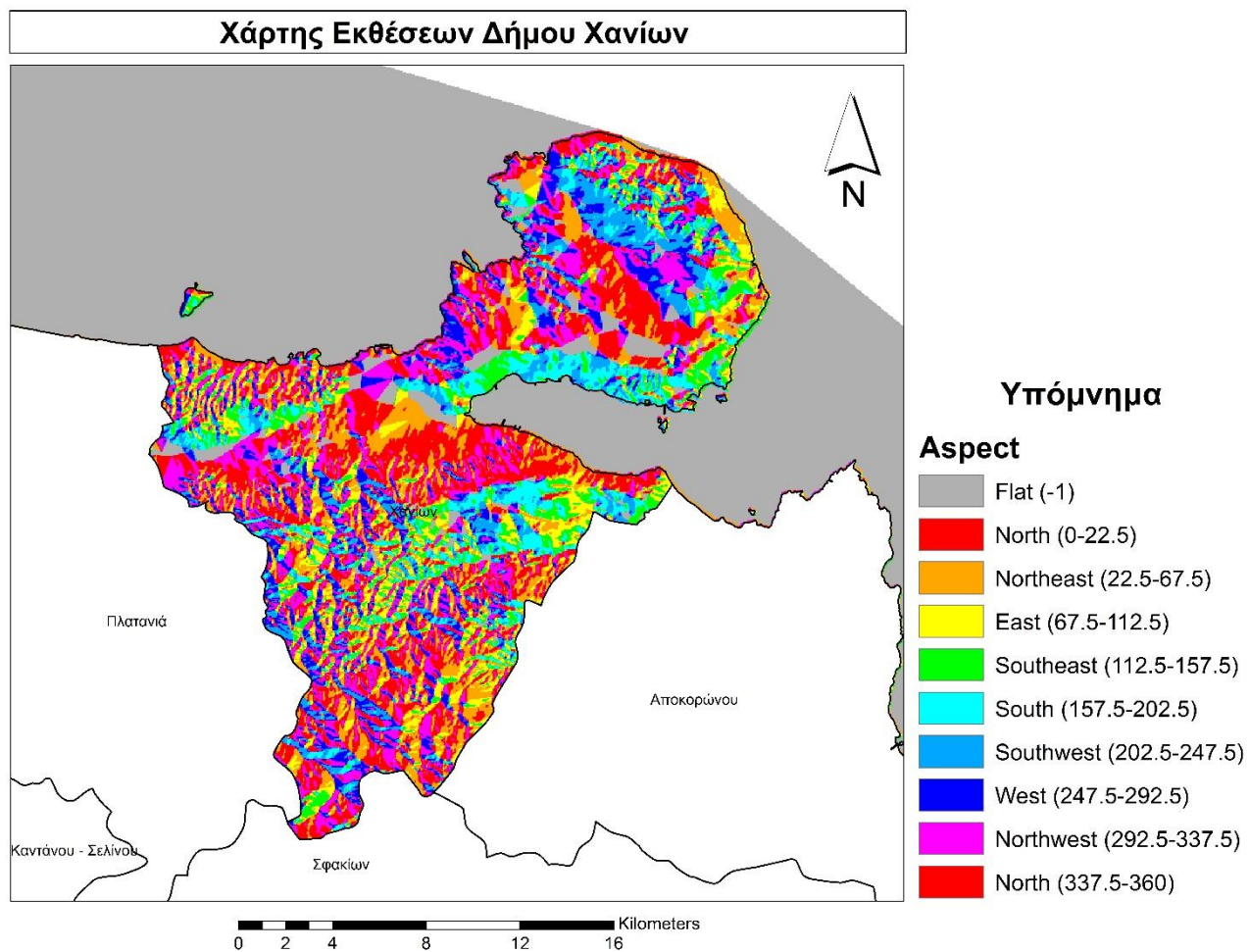
Εικόνα 117: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Γαύδου



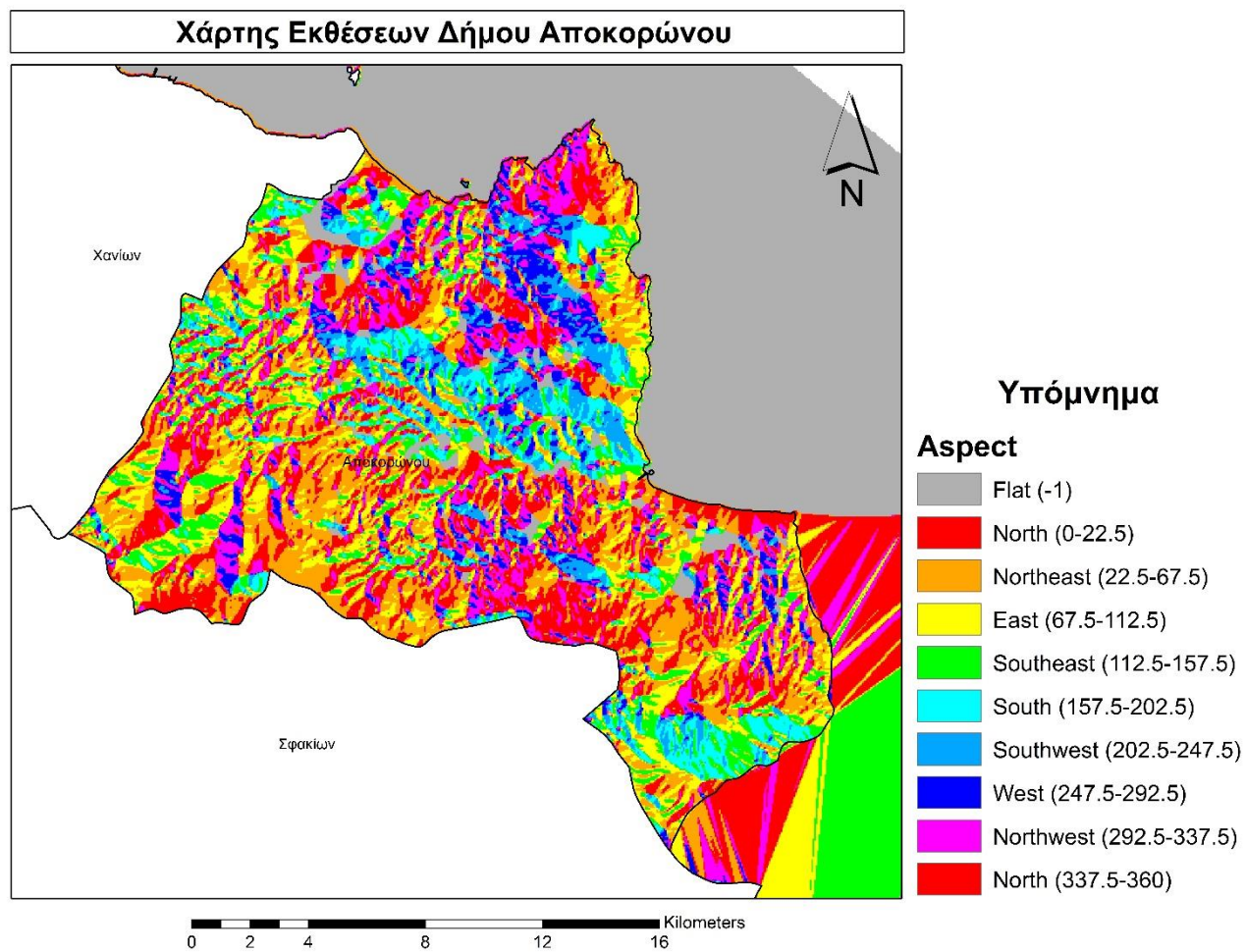
Εικόνα 118: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Κισσάμου



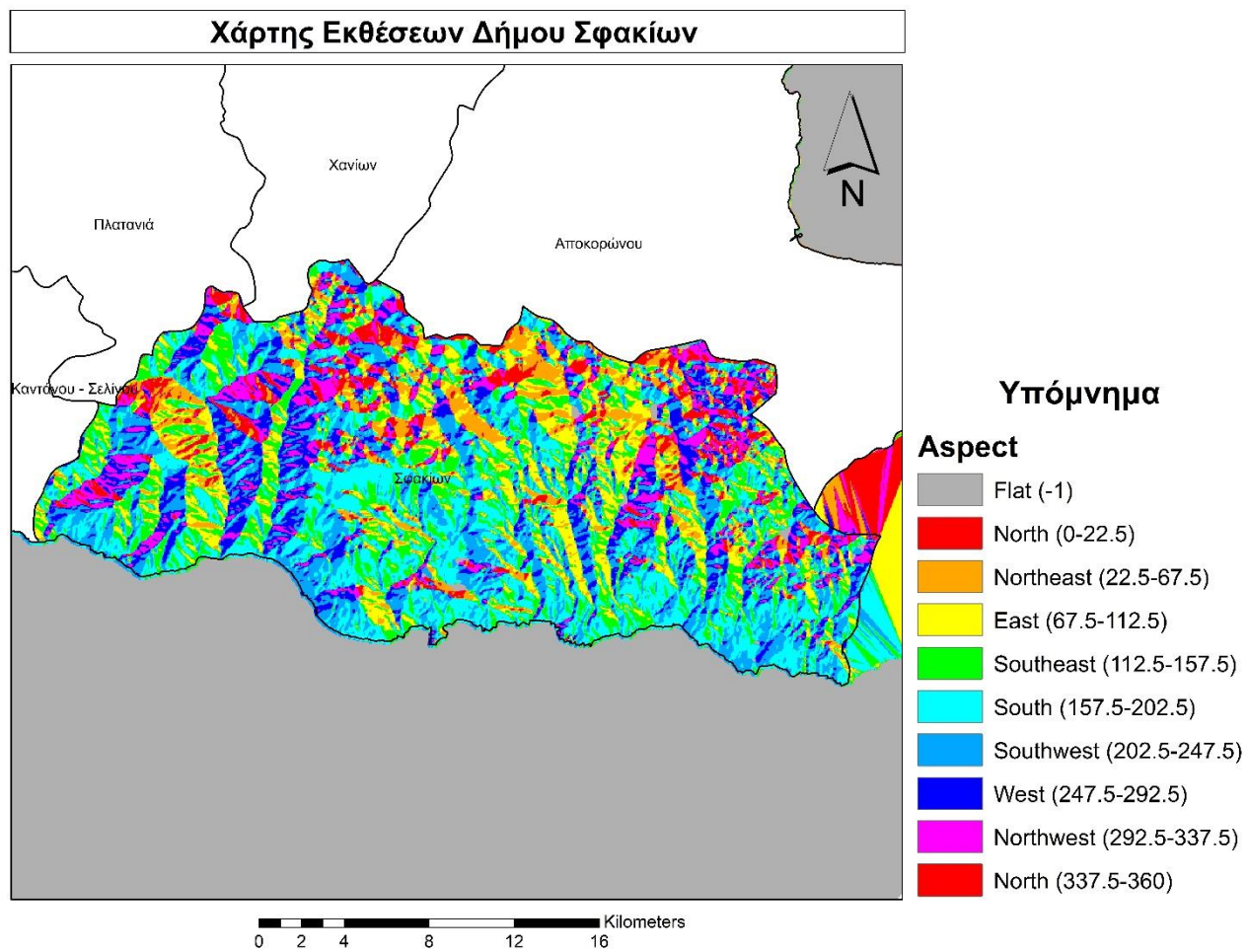
Εικόνα 119: Χάρτης Κλίσεων Δήμου Πλατανιά



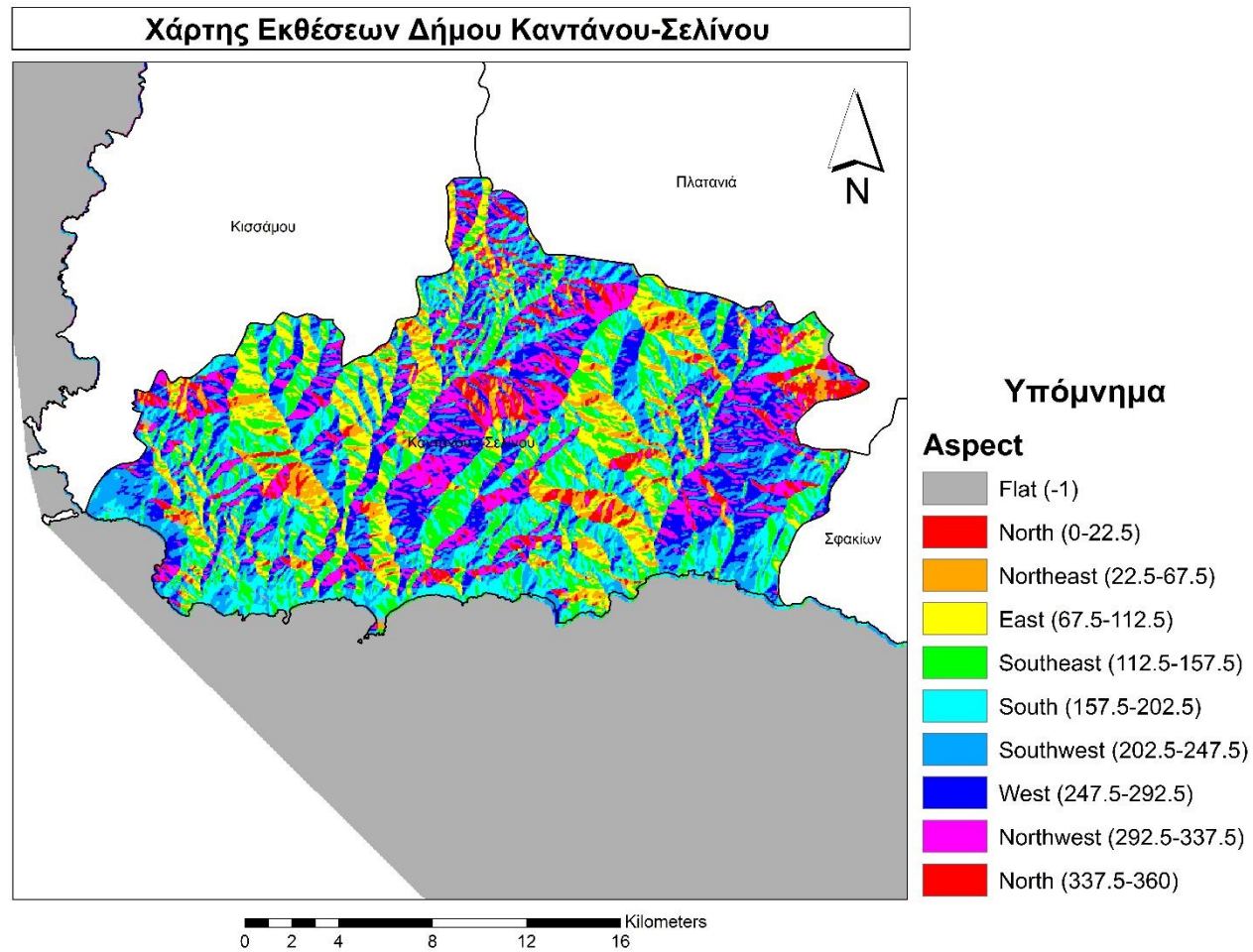
Εικόνα 120: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Χανίων



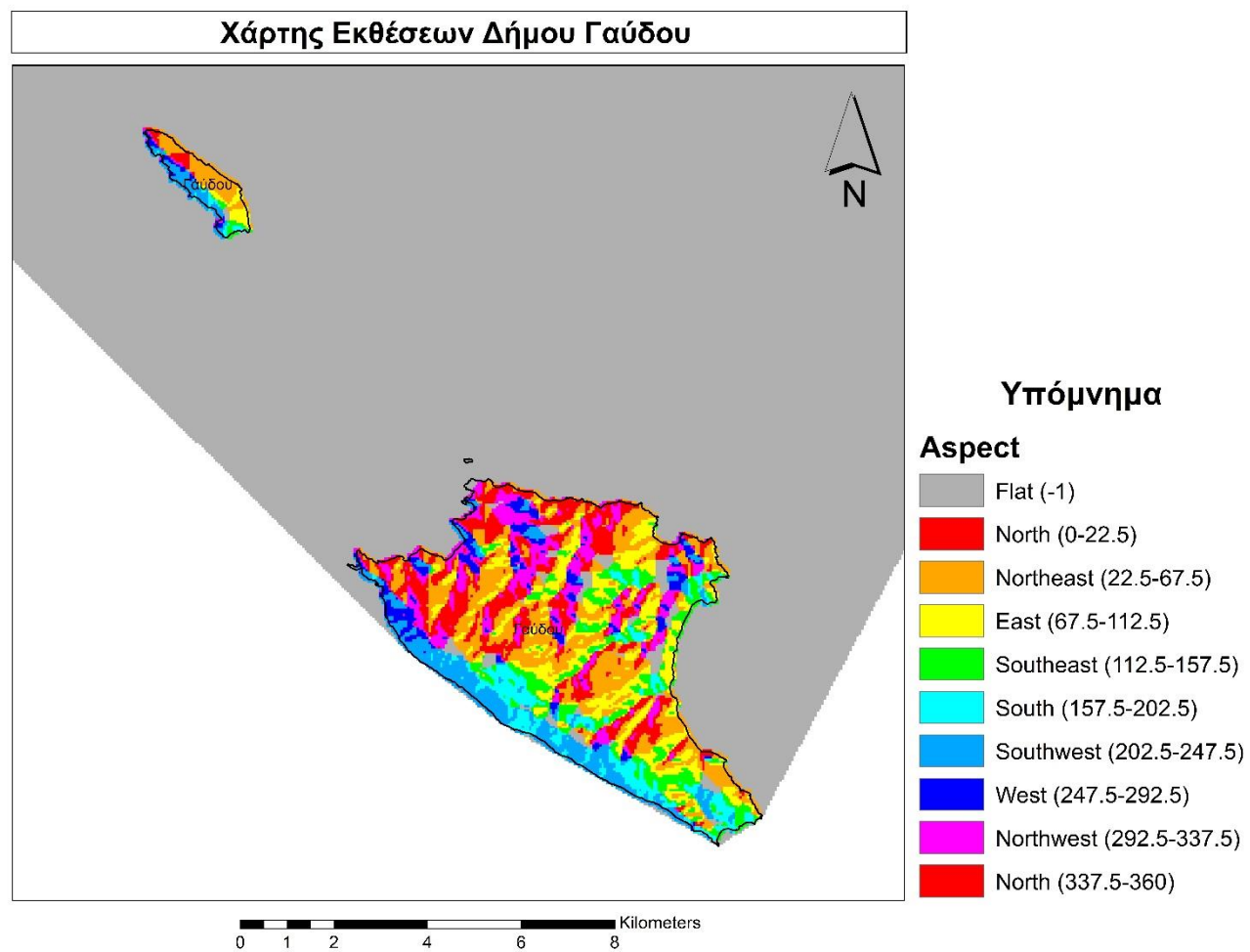
Εικόνα 121: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Αποκορώνου



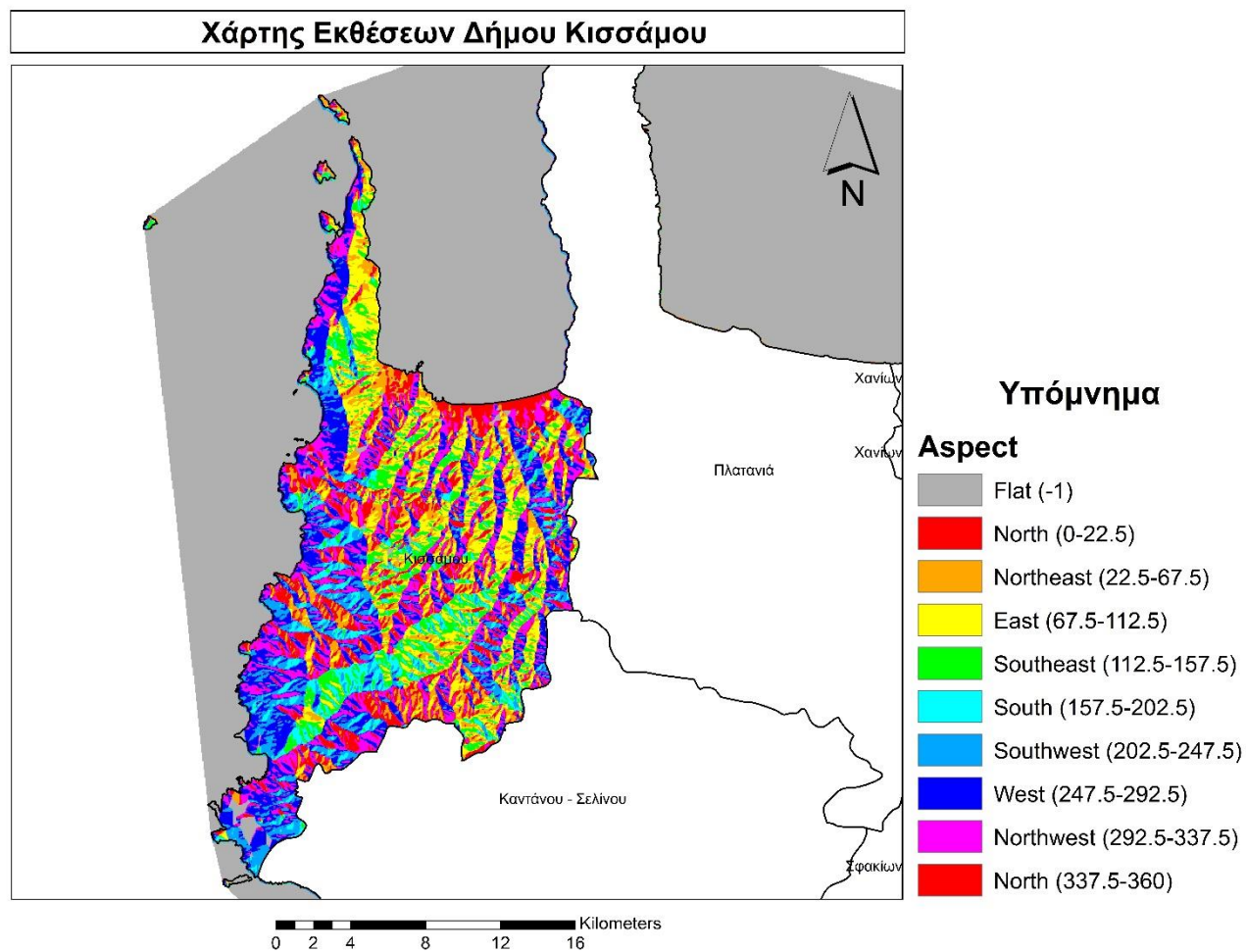
Εικόνα 122: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Σφακίων



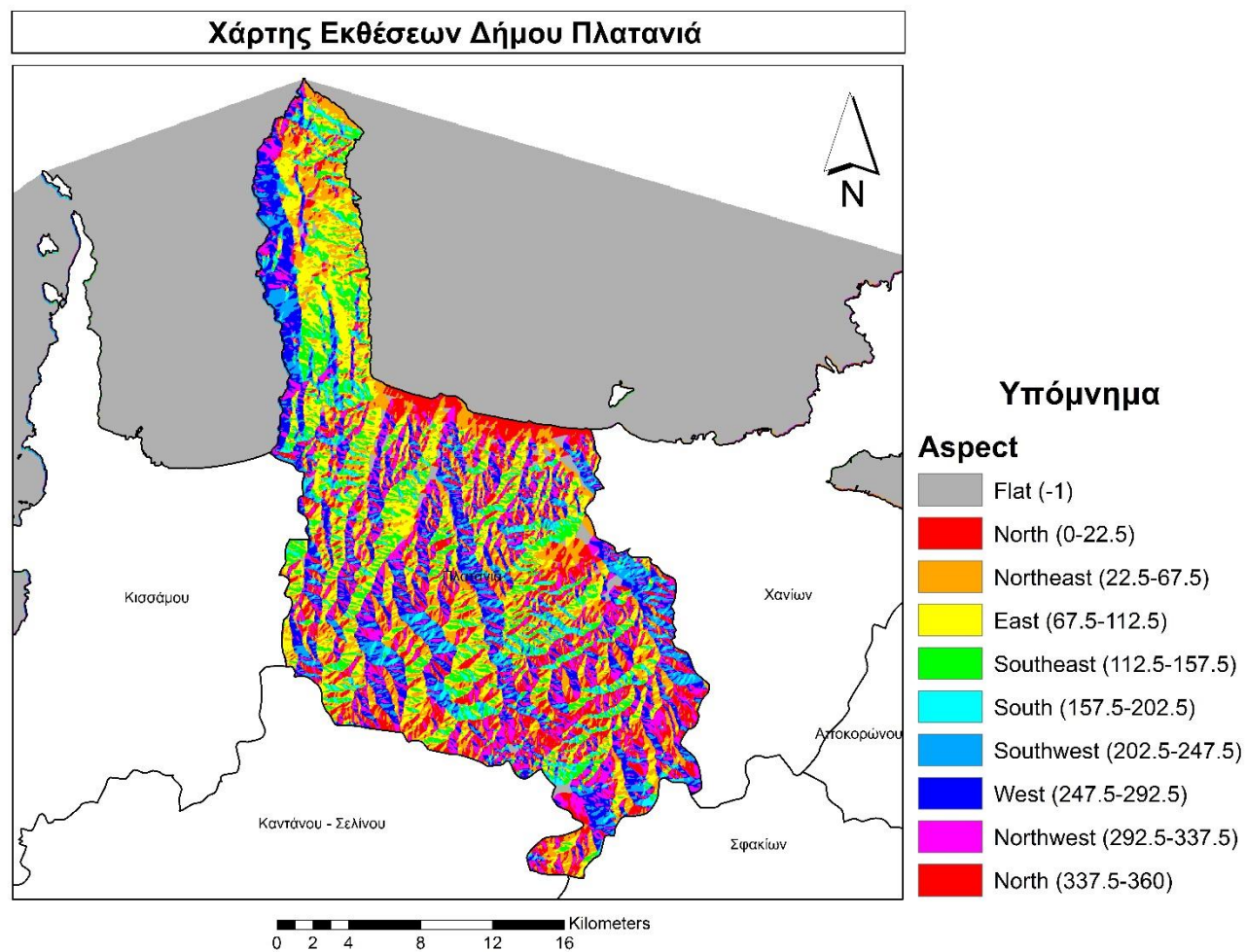
Εικόνα 123: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Καντάνου-Σελίνου



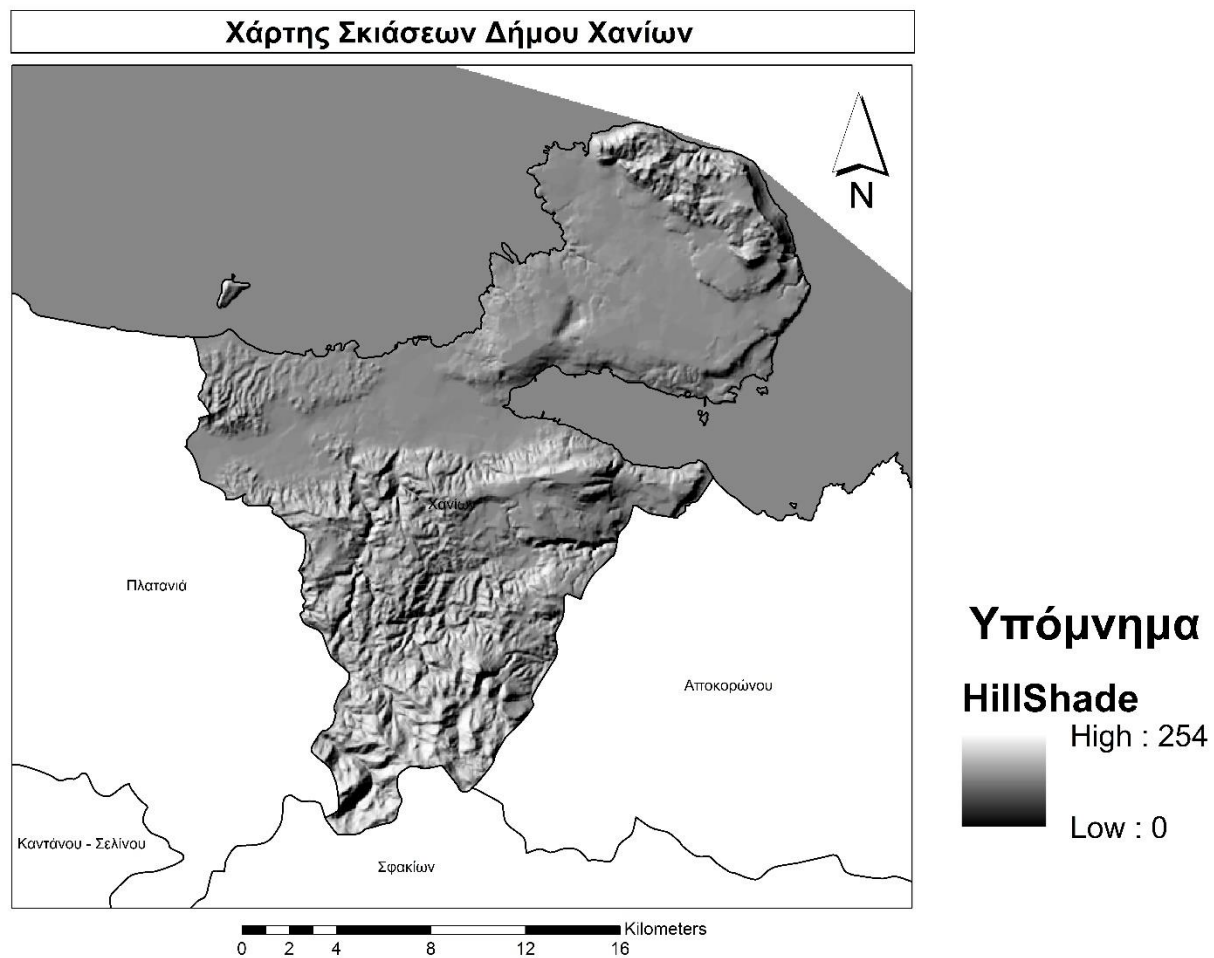
Εικόνα 124: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Γαύδου



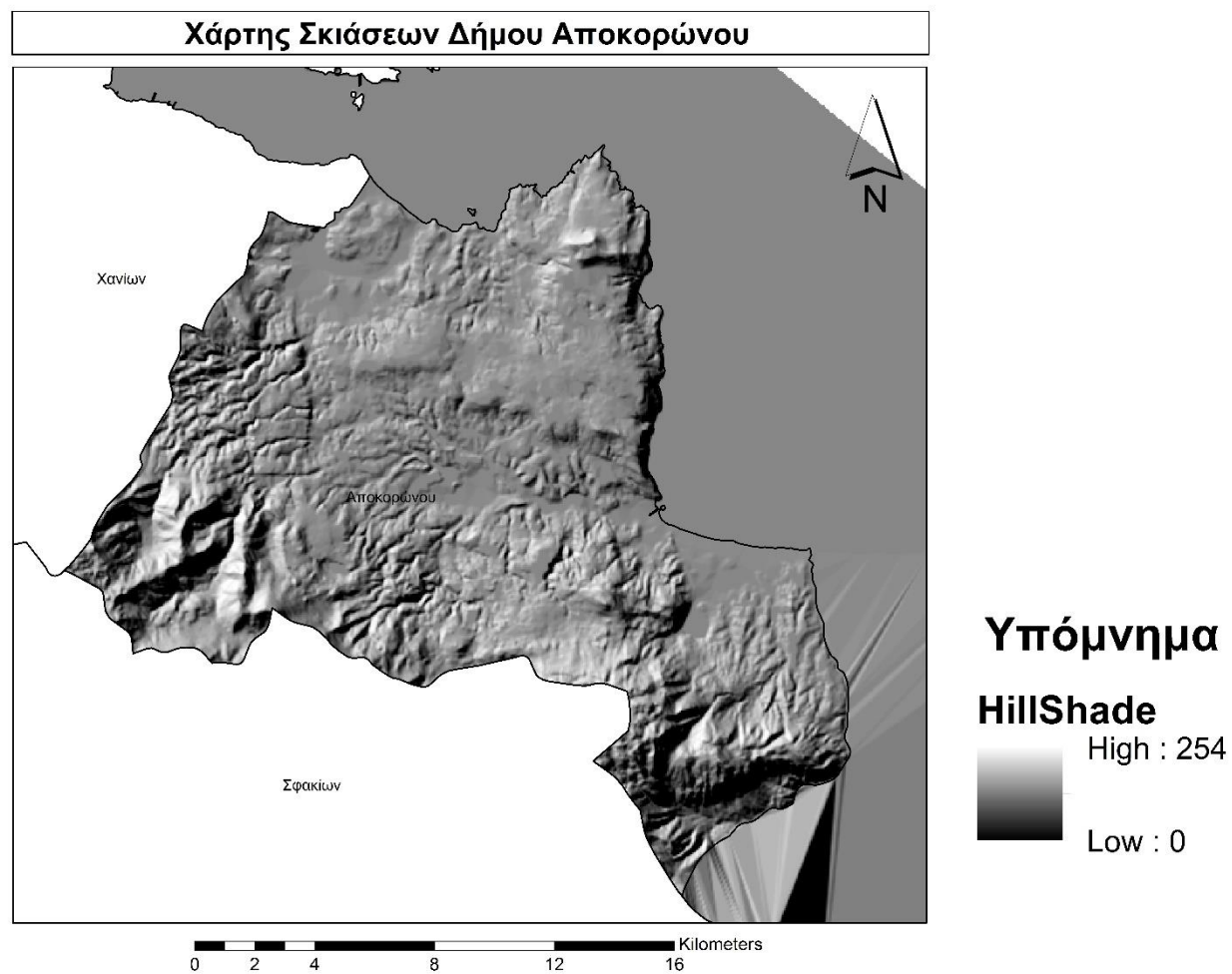
Εικόνα 125: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Κισσάμου



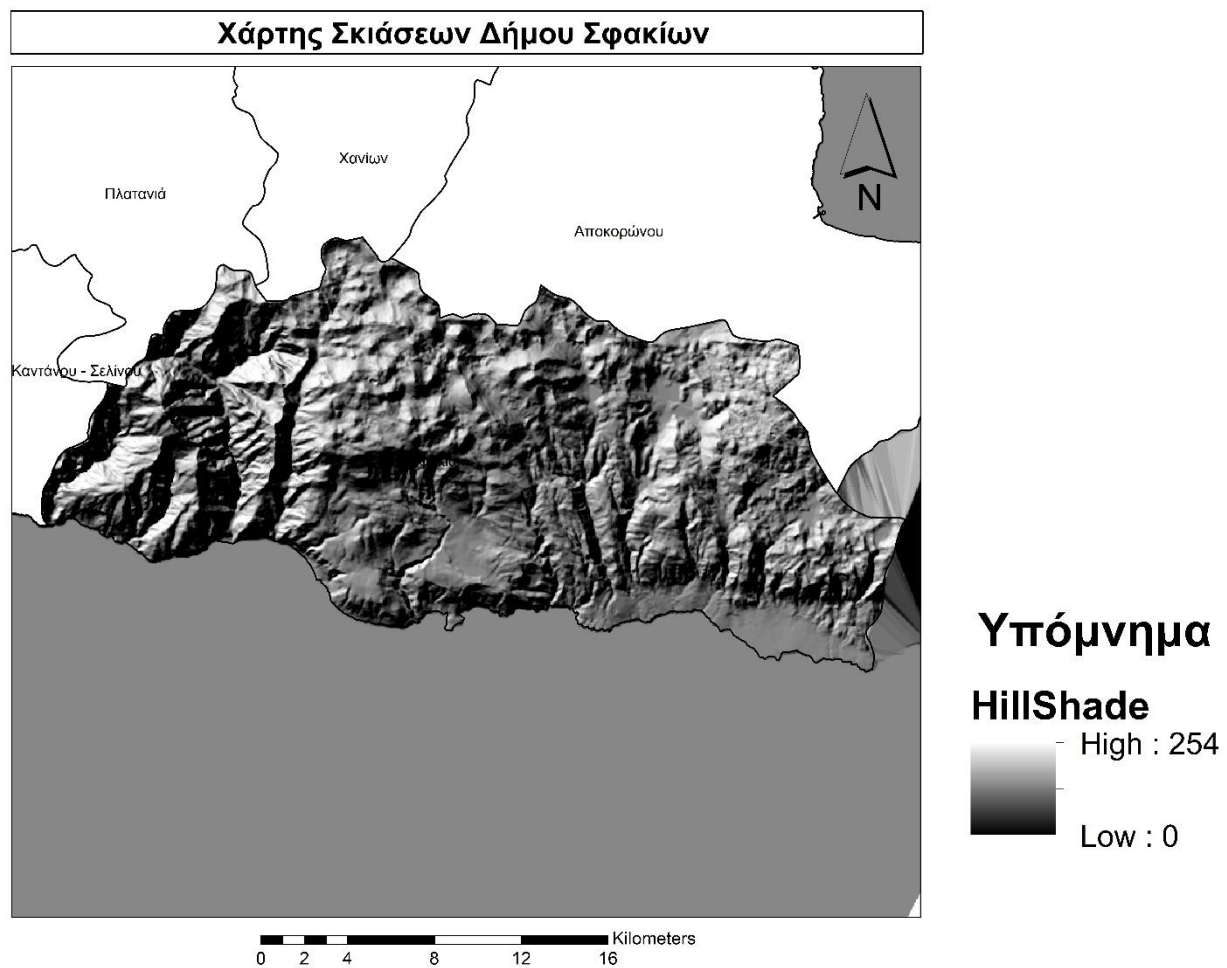
Εικόνα 126: Χάρτης Εκθέσεων Δήμου Πλατανιά



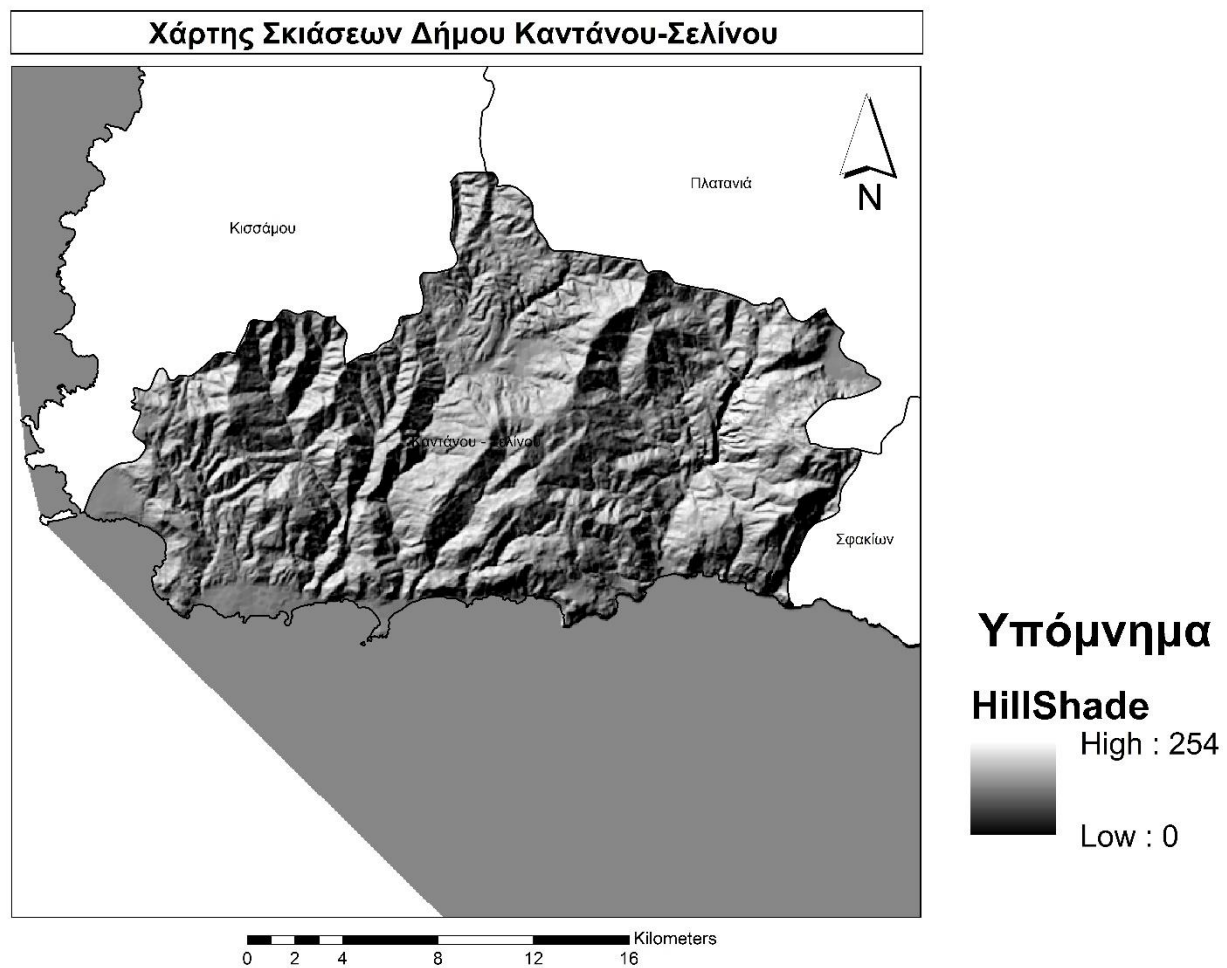
Εικόνα 127: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Χανίων



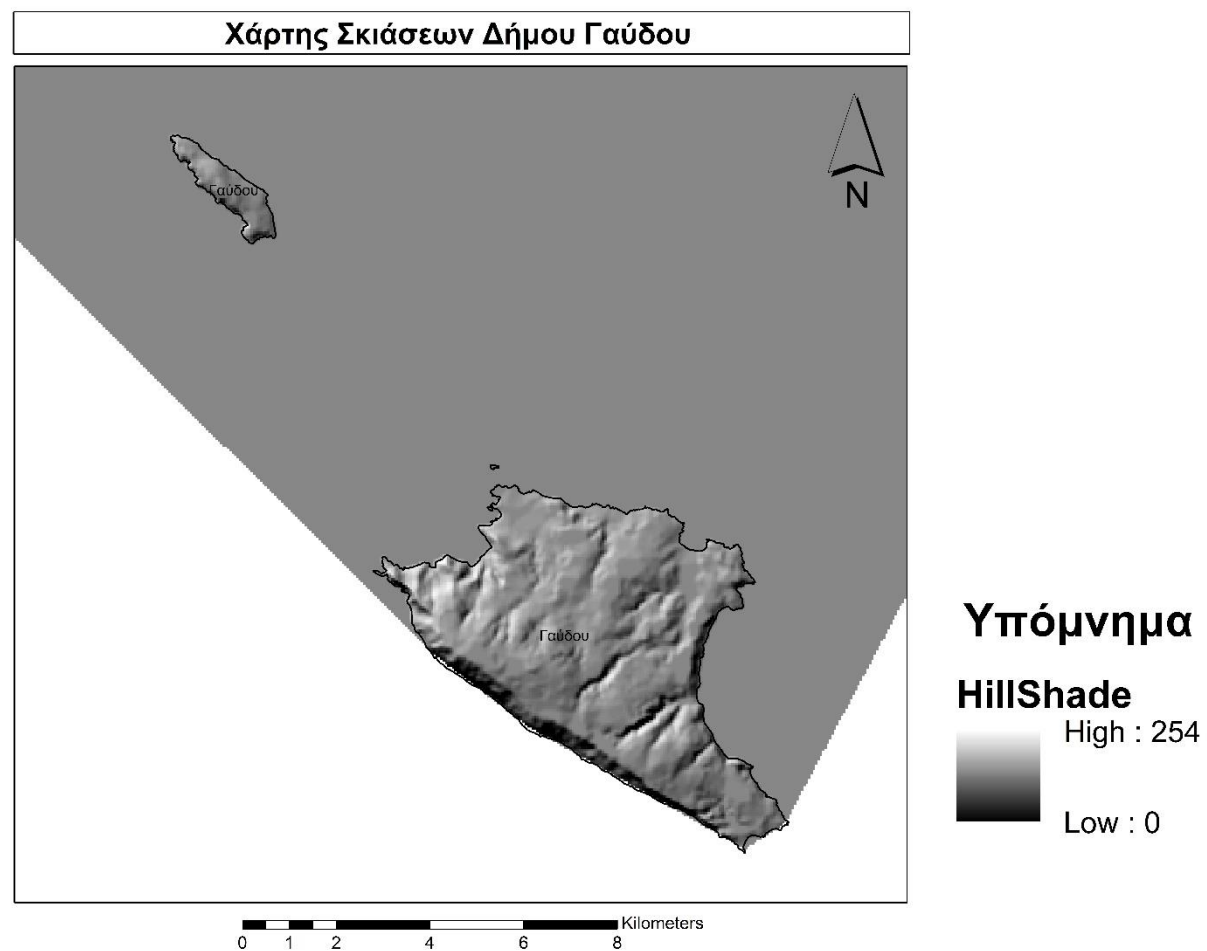
Εικόνα 128: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Αποκορώνου



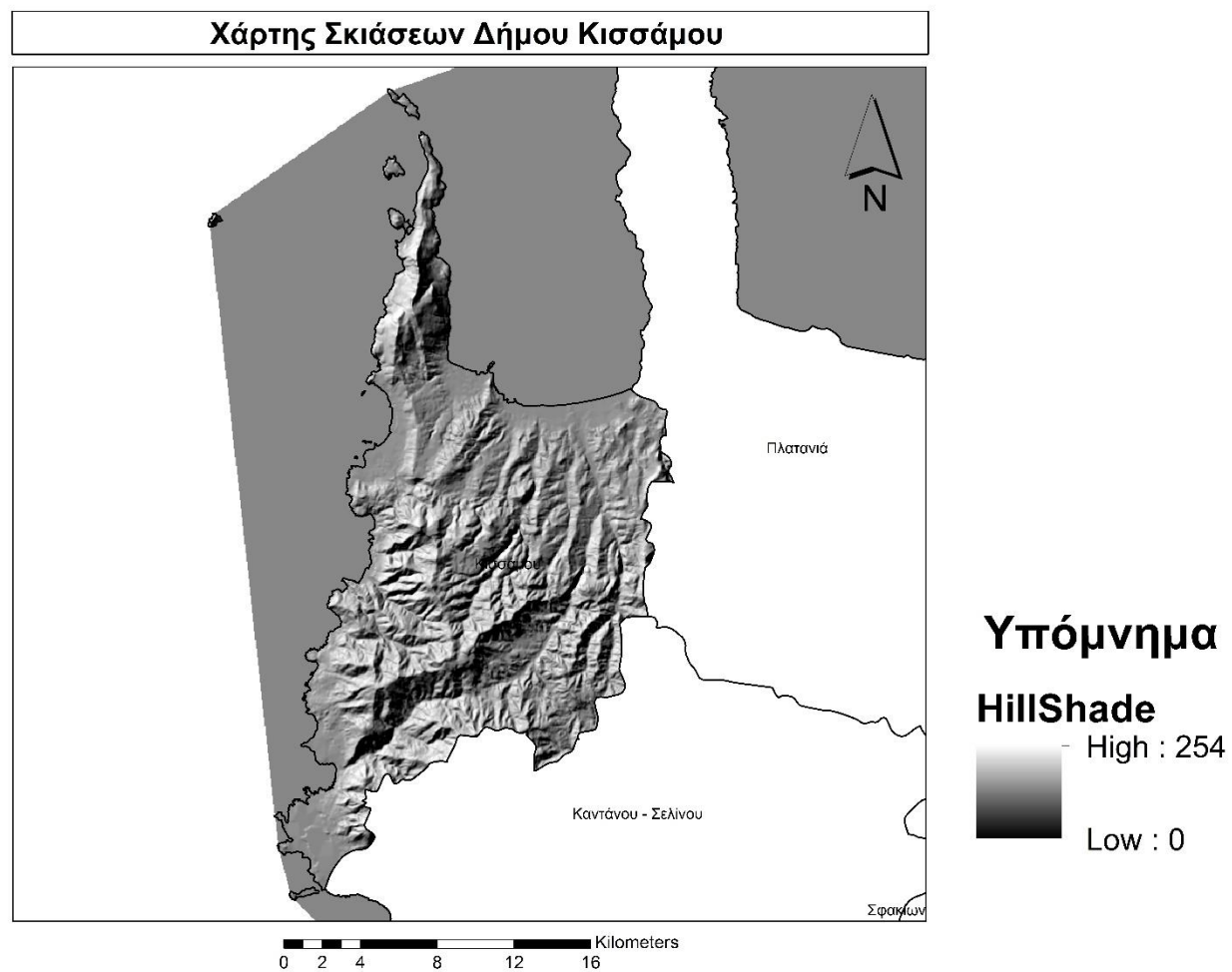
Εικόνα 129: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Σφακίων



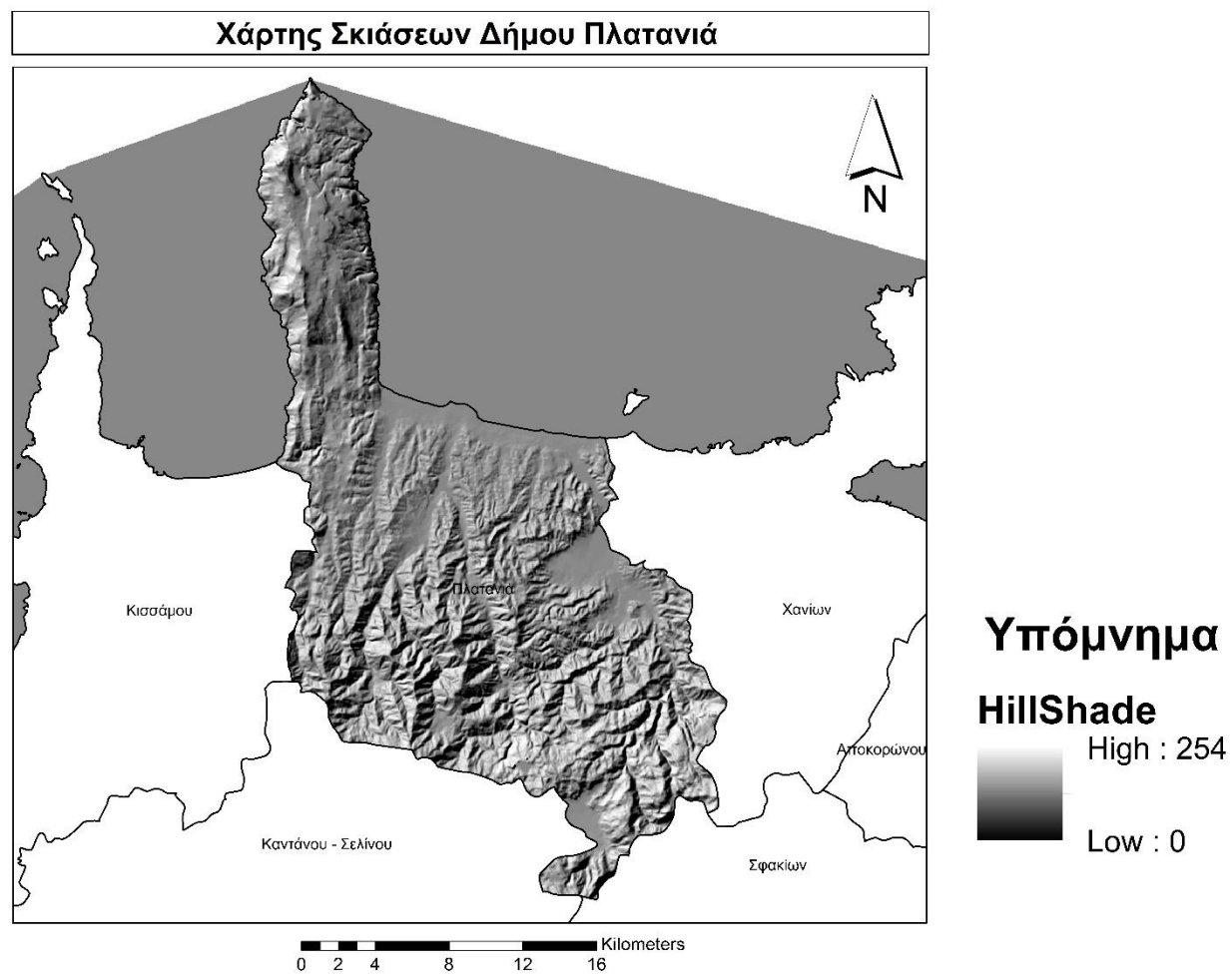
Εικόνα 130: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Καντάνου-Σελίνου



Εικόνα 131: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Γαύδου



Εικόνα 132: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Κισσάμου



Εικόνα 133: Χάρτης Σκιάσεων Δήμου Πλατανιά