



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ**
Σχολή κοινωνικών
επιστημών
Τμήμα Γεωγραφίας

Πτυχιακή εργασία:

**3D Χαρτογράφηση
μεταβολών οικισμού
Βρίσας με μεθόδους
γεωπληροφορικής**

Ατζαράκη Άννα

**Επιβλέπουσα καθηγήτρια:
Ρούσσου Όλγα**
**Μέλη επιτροπής:
Σουλακέλλης Νικόλαος
Καβρουδάκης Δημήτριος**

Μυτιλήνη, Οκτώβριος 2019

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	7
Abstract.....	8
Σκοπός της εργασίας	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών	10
1.2. Γεωπληροφορική.....	13
1.3. Ψηφιακή χαρτογραφία.....	15
1.4. Τρισδιάστατη απεικόνιση.....	16
1.4.1. Τα πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης απεικόνισης.....	17
1.4.2. Ορολογίες της τρισδιάστατης απεικόνισης.....	18
1.4.3. Αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου σε 3D.....	21
1.5. Φυσικές καταστροφές	23
1.5.1. Σεισμοί.....	25
1.5.2. Χώρος-Χρόνος-Σεισμός.....	28
1.5.3. Μέθοδοι εκτίμησης ζημιών μετά από σεισμό	29
1.6. Μέθοδοι καταγραφής ζημιών	41
1.7. Τρισδιάστατη χαρτογράφηση και φυσικές καταστροφές.....	42
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	44
2.1. Γεωγραφικά χαρακτηριστικά Βρίσας.....	44
2.2. Γεωλογία και γεωμορφολογία της περιοχής μελέτης	44
2.3. Ο σεισμός της 12 ^{ης} Ιουνίου 2017.....	46
3. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ	48
4. ΔΕΔΟΜΕΝΑ	50
4.1. Λήψη δεδομένων.....	50
4.2. Ψηφιακό μοντέλο επιφανείας	50
4.3. Διανυσματικό αρχείο.....	50
4.4. Πυκνό νέφος σημείων	51
4.5. Ορθοφωτοχάρτης	51
4.6. Βίντεο	51
4.6.1. Α' Βίντεο.....	52
4.6.2. Β' Βίντεο.....	52
5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	53
5.1. Αποτύπωση βλαβών	53

5.2.	Εξαγωγή εικόνων	56
5.2.1.	Οπτικός έλεγχος	56
5.2.2.	Ποιοτικός έλεγχος εικόνων	56
5.2.3.	Ευθυγράμμιση φωτογραφιών.....	59
5.2.4.	Προετοιμασία & Εισαγωγή των σημείων ελέγχου εδάφους (Γεωαναφορά) 61	
5.2.5.	Βελτιστοποίηση ευθυγράμμισης	63
5.2.6.	Δημιουργία πυκνού νέφους σημείων.....	65
5.2.7.	Εξαγωγή ψηφιακού μοντέλου επιφανείας & ορθοφωτοχάρτη	66
5.2.8.	Ταξινόμηση πυκνού νέφους σημείων	68
5.2.9.	Δημιουργία & Εξαγωγή ταξινομημένου ψηφιακού μοντέλου επιφανείας	71
5.3.	Αφαίρεση μεταξύ των ψηφιακών μοντέλων επιφανείας.....	72
5.4.	Ταξινόμηση με φίλτρο προσομοίωσης υφάσματος	74
6.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	76
7.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	97
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	99
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	100
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	111

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Λειτουργίες του ΓΣΠ. (Πηγή: Shunji Murai, 1998).....	13
Εικόνα 2: Χαρτογραφικό σύστημα επικοινωνίας.(Πηγή: Χατζόπουλος, 2012).....	16
Εικόνα 3: Το παγκόσμιο μοτίβο των αερολιμένων και των διασυνδεδεμένων διαδρομών εναέριας κυκλοφορίας χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του openflights.org. (Πηγή: Harder, 2015)	19
Εικόνα 4: 3D αναπαράσταση του Dealey Plaza στο Ντάλλας. (Πηγή: Harder, 2015)	19
Εικόνα 5: Αυτή η σκηνή παρουσιάζει επιφάνειες ενδιαφέρουσες τοποθεσίες στον πλανήτη μας, που περιλαμβάνουν το βασικό σχέδιο Imagery World μαζί με τα 3D Terrain layers. (Πηγή: Harder, 2015).....	20
Εικόνα 6: Ο παρών σεισμικός χάρτης της Νότιας Καλιφόρνια διαθέτει σύμβολα μεγέθους οθόνης που παραμένουν στο ίδιο μέγεθος ανεξάρτητα από το πόσο μακριά ή από το σημείο στο οποίο πραγματοποιείται μεγέθυνση ή σμίκρυνση. (Πηγή: Harder, 2015).....	21
Εικόνα 7: Φωτορεαλιστική προβολή της πόλης Μόντρεαλ, στο Καναδά. (Πηγή: Harder, 2015)	22
Εικόνα 8: 3D Χαρτογράφηση της πόλης Πασαντίνα, στη Καλιφόρνια. (Πηγή: https://learn.arcgis.com/en/arcgis-book/chapter6/)	22
Εικόνα 9: Εικονική πραγματικότητα της πόλης Φιλαδέλφεια, στη Πενσυλβάνια. (Πηγή: https://learn.arcgis.com/en/arcgis-book/chapter6/)	23
Εικόνα 10: Ελαστική συμπεριφορά κατά την διάρκεια μιας σεισμικής διάρρηξης.(Πηγή: Δούτσος, 2000).....	26
Εικόνα 11: Επιφάνεια διάρρηξης ενός σεισμικού ρήγματος. (Πηγή: Keller & Pinter, 1998).....	26
Εικόνα 12: Τύποι σεισμικών κυμάτων. (Πηγή: Bolt, 1993).....	27
Εικόνα 13: Διάδοση σεισμικών κυμάτων. (Πηγή: Keller & Pinter, 1986)	28
Εικόνα 14: Εισαγωγή διανυσματικού αρχείου και ορθοφωτοχάρτη.	54
Εικόνα 15: Προσδιορισμός κατάλληλου πεδίου.....	54
Εικόνα 16: Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με το πεδίο DAM_f2 & επιλογή κατάλληλης χρωματικής παλέτας.....	55
Εικόνα 17: Απεικόνιση σύμφωνα με τις χρωματικές παλέτες.....	55
Εικόνα 18: Μετατροπή βίντεο σε εικόνες.	56
Εικόνα 19: Εισαγωγή των εικόνων στο Agisoft Metashape Professional.....	57
Εικόνα 20: Χρήση “Estimate Image Quality”	58
Εικόνα 21: Υπολογισμός ποιότητας εικόνας.	58
Εικόνα 22: Αποκλεισμός εικόνων με ακατάλληλη ποιότητα.	59
Εικόνα 23: Χρήση “Align Photos”.....	60
Εικόνα 24: Ορισμός της παραμέτρου ακρίβειας.....	60
Εικόνα 25: Αποτέλεσμα ευθυγράμμισης φωτογραφιών.....	61
Εικόνα 26: Εντοπισμός σημείων ελέγχου στο έδαφος.....	62
Εικόνα 27: Χρήση "Add Marker".	62
Εικόνα 28: Τοποθέτηση σημείων ελέγχου στο μοντέλο.	63
Εικόνα 29: Χρήση "Optimize Cameras".	63
Εικόνα 30: Προκαθορισμένες επιλογές λογισμικού.	64

Εικόνα 31: Υπολογισμός σφάλματος.....	64
Εικόνα 32: Χρήση "Build Dense Cloud".....	65
Εικόνα 33: Ορισμός της παραμέτρου ποιότητας.....	66
Εικόνα 34: Δημιουργία πυκνού νέφους σημείων για τη Βρίσα.....	66
Εικόνα 35: Εξαγωγή Ορθοφωτοχάρτη.....	67
Εικόνα 36: Εξαγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Επιφανείας.....	67
Εικόνα 37: Χρήση "Classify Points".....	68
Εικόνα 38: Επιλογή όλων των πιθανών κλάσεων.....	69
Εικόνα 39: Χρήση εργαλείου για την χειροκίνητη ταξινόμηση.....	69
Εικόνα 40: Χρήση εργαλείου για την χειροκίνητη ταξινόμηση.....	70
Εικόνα 41: Δημιουργία τεσσάρων κλάσεων.....	70
Εικόνα 42: Δημιουργία ταξινομημένου ψηφιακού μοντέλου επιφανείας.....	71
Εικόνα 43: Επιλογή ταξινόμησης σύμφωνα με τα κτίρια.....	71
Εικόνα 44: Δημιουργία ταξινομημένου ψηφιακού μοντέλου επιφανείας.....	72
Εικόνα 45: Χρήση "Minus".....	73
Εικόνα 46: Δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με τους ορόφους των κτιρίων.....	73
Εικόνα 47: Αναπαράσταση αλγόριθμου CSF.....	74
Εικόνα 48: Χρήση "CSF".....	75
Εικόνα 49: Απεικόνιση ταξινομημένου πυκνού νέφους στο λογισμικό ArcMap.....	75

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Στάδια καθορισμού της τρωτότητας κτιρίων σύμφωνα με FEMA. (Πηγή: Μανίκας, 2018)	30
Πίνακας 2: Στάδια καθορισμού της τρωτότητας κτιρίων σύμφωνα με ΟΑΣΠ. (Πηγή: Μανίκας, 2018)	31
Πίνακας 3: Στάδια καθορισμού της τρωτότητας κτιρίων σύμφωνα με NZSEE-Rapid Evaluation. (Πηγή: Καπετανά, χ.χ)	32
Πίνακας 4: Στάδια καθορισμού της τρωτότητας κτιρίων σύμφωνα με NZSEE-Initial Evaluation Process. (Πηγή: Καπετανά, χ.χ)	33
Πίνακας 5: Σύγκριση μεθόδων υπολογισμού της τρωτότητας των κτιρίων. (Πηγή: Καπετανά, χ.χ)	34
Πίνακας 6: Κατάταξης κατασκευών σε κατηγορίες τρωτότητας. (Πηγή: Musson et al., 1998).....	35
Πίνακας 7: Κατηγορίες βλαβών σε κτήρια από τοιχοποιία. (Πηγή: Musson et al., 1998).....	36
Πίνακας 8: Κατηγορίες αστοχιών σε κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα. (Πηγή: Musson et al., 1998)	37
Πίνακας 9: Περιγραφή των καταστροφών ανάλογα με την ένταση της σεισμικής δόνησης, σύμφωνα με τη EMS. (Πηγή: Musson et al., 1998).....	40
Πίνακας 10: Μεταδεδομένα ψηφιακού μοντέλου επιφανείας (DSM).	50
Πίνακας 11: Μεταδεδομένα διανυσματικού αρχείου.....	50
Πίνακας 12: Μεταδεδομένα πυκνού νέφους σημείων.	51
Πίνακας 13: Μεταδεδομένα Ορθοφωτοχάρτη.....	51
Πίνακας 14: Μεταδεδομένα Α' πτήσης βίντεο	52
Πίνακας 15: Μεταδεδομένα Β' πτήσης βίντεο.....	52
Πίνακας 16: Μεταβολές κατεδαφισμένων και νεόκτιστων κτιρίων Βρίσας.	96

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Περιοχή μελέτης Βρίσα.	44
Χάρτης 2: Τα κύρια ρήγματα στη περιοχή της Λέσβου. (Πηγή: Eqgeogr, 2017).....	46
Χάρτης 3: Σεισμική απεικόνιση Λέσβου - Ιούνιος 2017. (Πηγή: ΕΚΠΑ, 2017).....	48
Χάρτης 4: Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας 03-02-2019.....	78
Χάρτης 5: Ορθοφωτοχάρτης 03-02-2019.....	79
Χάρτης 6: Αποτύπωση βλαβών Βρίσας Α'.....	80
Χάρτης 7: Αποτύπωση βλαβών Βρίσας Β'.....	81
Χάρτης 8: Αποτύπωση βλαβών Βρίσας Γ'.....	82
Χάρτης 9: Αποτύπωση βλαβών Βρίσας Δ'.....	83
Χάρτης 10: Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας 26-03-2019.....	84
Χάρτης 11: Ορθοφωτοχάρτης 26-03-2019.....	85
Χάρτης 12: Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας σύμφωνα με τη ταξινόμηση του Agisoft για τις 26-03-2019.....	86
Χάρτης 13: Διαφορά Ψηφιακών Μοντέλων Επιφανείας.....	87
Χάρτης 14: Διαφορά DSM με δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με το ύψος των ορόφων των κτιρίων αποτυπωμένο στον ορθοφωτοχάρτη 03/02/2019..	88
Χάρτης 15: Διαφορά DSM με δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με το ύψος των ορόφων των κτιρίων αποτυπωμένο στον ορθοφωτοχάρτη 26/03/2019.....	89
Χάρτης 16: Απόσπασμα διαφοράς DSM με δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με το ύψος των ορόφων των κτιρίων αποτυπωμένο στον ορθοφωτοχάρτη 26/03/2019.....	90
Χάρτης 17: Απόσπασμα διαφοράς DSM με δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με το ύψος των ορόφων των κτιρίων αποτυπωμένο στον ορθοφωτοχάρτη 26/03/2019.....	91
Χάρτης 18: Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όλα τα όρια σύμφωνα με επίπεδα χρωμάτων.....	92
Χάρτης 19: Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όλα τα όρια σύμφωνα με επίπεδα χρωμάτων.....	93
Χάρτης 20: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όλα τα όρια σύμφωνα με επίπεδα χρωμάτων.....	94
Χάρτης 21: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όλα τα όρια σύμφωνα με επίπεδα χρωμάτων.....	95
Χάρτης 22: Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όριο "1".....	101
Χάρτης 23: Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όριο "2".....	102
Χάρτης 24: Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όριο "3".....	103
Χάρτης 25: Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όριο "3.5".....	104
Χάρτης 26 Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όλα τα όρια.....	105
Χάρτης 27: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όριο "1".....	106
Χάρτης 28: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όριο "2".....	107
Χάρτης 29: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όριο "3".....	108
Χάρτης 30: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όριο "3.5".....	109
Χάρτης 31: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όλα τα όρια.....	110

Περίληψη

Οι σεισμοί ως φυσικές καταστροφές, μπορούν να επηρεάσουν τόσο την περιβαλλοντική όσο και την κοινωνικό-οικονομική δομή στα χαρακτηριστικά και την εξέλιξη μιας περιοχής. Η χρήση σύγχρονων μεθόδων γεωπληροφορικής διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στην αποτελεσματική αντιμετώπιση των επιπτώσεων των σεισμών, αλλά και στην εξασφάλιση της συνεχούς και ομαλής έκβασης της όλης πορείας, μέχρι και το τελικό στάδιο ανασυγκρότησης μιας περιοχής. Η παρούσα εργασία διακρίνεται σε έξι ενότητες. Στη πρώτη ενότητα πραγματοποιείται η ανάλυση του θεωρητικού υπόβαθρου των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών και της διαχείρισης κινδύνου στα πλαίσια των φυσικών καταστροφών και κυρίως του σεισμού. Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζεται η περιοχή της Βρίσας μέσα από την παρουσίαση της επίδρασης του καταστροφικού σεισμού, του 2017. Η γεωλογία και η γεωγραφία της Λέσβου συνδέονται με το παρόν και την υφιστάμενη κατάσταση του χωριού. Οι επόμενες τρεις ενότητες, προβάλλουν τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν, τα δεδομένα αλλά και την επεξεργασία τους. Η εργασία ολοκληρώνεται με τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της μελέτης.

Abstract

Earthquakes perceivable as natural disasters may affect the environmental, societal and structural characteristics of an area. The use of modern methods of geoinformatic not only play a cardinal role in the efficient confrontation of their outcome but they can also ensure the perpetual and smooth transition to the final reconstruction of the area. This thesis is divided into six chapters. The first chapter consists of the theoretical framework of geographical information systems (G.I.S.) and risk management in the context of natural disasters and special earthquakes. In the second chapter, a depiction of the area of Vrisas is achieved through the description of the severe disasters occurred by an earthquake in 2017. Geology and geography of Lesvos are linked with the current situation of Vrisas. The next three chapters consist of the methods that were used, data and data processing. In the conclusion of this thesis, there is a thorough description of the results and outcomes that emerged through this research.

Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρατιθέμενης εργασίας, είναι η απεικόνιση των μεταβολών που υπέστη ο οικισμός της Βρίσας μεταξύ 3 Φεβρουαρίου 2019 και 26 Μαρτίου 2019 από το σεισμό της 12^{ης} Ιουνίου 2017. Στόχος είναι η δημιουργία δισδιάστατων και τρισδιάστατων χαρτογραφικών συνθέσεων και η κατηγοριοποίηση του πυκνού νέφους σημείων σύμφωνα με τα κατεδαφισμένα και μη κτίσματα της περιοχής. Η πτυχιακή βασίζεται κυρίως σε χώρους κύριας χρήσης δηλαδή στα κτίρια κατοικίας του οικισμού της Βρίσας και όχι τόσο σε βοηθητικούς όπως αποθήκες, χώροι στέγασης ζώων κλπ.

Για την διεκπεραίωση της εργασίας, εφαρμόστηκαν μέθοδοι Γεωπληροφορικής ενώ απώτερος στόχος ήταν η δημιουργία μιας μεθοδολογίας χαρτογράφησης, σύμφωνα με την οποία θα διαχωρίζονται τα κατεδαφισμένα κτίσματα της περιοχής.

Η κατηγοριοποίηση των κατοικιών της Βρίσας, πραγματοποιήθηκε με αυτόματη ταξινόμηση μέσω ενός φίλτρου προσομοίωσης υφάσματος για τις 3 Φεβρουαρίου 2019 μέσω του πυκνού νέφους σημείων. Έπειτα για τις 26 Μαρτίου 2019, αφού δημιουργήθηκε το πυκνό νέφος σημείων, εφαρμόστηκε η ταξινόμηση του χειροκίνητα.

Αφότου ταξινομήθηκαν τα κτίρια κατοικίας για τις δύο ημερομηνίες, έγινε η σύγκριση αυτών μεταξύ τους, έτσι ώστε να αποτυπωθούν οι μεταβολές στο διάστημα που μεσολάβησε. Οι παραπάνω διαδικασίες είχαν ως αποτέλεσμα δισδιάστατες και τρισδιάστατες οπτικοποιήσεις.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

Η ανάγκη του ανθρώπου για συστηματική καταγραφή και ταξινόμηση των ιδιαίτερων στοιχείων της γήινης επιφάνειας, καθώς και η αναγκαιότητα διάθεσης ειδικών πληροφοριών που αφορούσαν στη γήινη επιφάνεια ήταν οι αιτίες που οδήγησαν κατασκευή των πρώτων χαρτών, που απετέλεσαν την πρόδρομη μορφή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S) (Χαλκιάς, 2006).

Η Επιστήμη της Γεωγραφικής Πληροφορίας (Geographic Information Science – GIScience) ασχολείται με τη συστηματοποίηση της κατανόησης και αναπαράστασης του γεωγραφικού χώρου, και με τη συλλογή, επεξεργασία, ανάλυση, ερμηνεία, παρουσίαση και διαχείριση των στοιχείων του τα οποία καλούνται γεωχωρικά δεδομένα (geospatial data). Η τεχνολογική έκφανση της νέας αυτής επιστήμης είναι επίσης ευρέως γνωστή και ως Γεωπληροφορική (Geoinformatics), η οποία προσφέρει το πλαίσιο συσχέτισης πολλών επιστημονικών αντικειμένων και γεωχωρικών τεχνολογιών (geospatial technologies) που εστιάζουν στην καταγραφή, ανάλυση και παρουσίαση στοιχείων του γεωγραφικού χώρου, όπως είναι η Γεωδαισία με τον εντοπισμό και την πλοήγηση, η Φωτογραμμετρία, η Τηλεπισκόπηση, η Χαρτογραφία, το Κτηματολόγιο, η Γεωγραφία και ο Περιφερειακός Σχεδιασμός (Κάβουρας κ.ά., 2016).

Το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών(ΓΣΠ) ορίζεται σαν «Η επιστήμη, η τέχνη και η τεχνολογία για τη διαχείριση γεωχωρικών δεδομένων και πληροφοριών». Τα ΓΣΠ ουσιαστικά δημιουργούν ένα γεωμετρικό σκελετό με βάση τα χαρακτηριστικά του γεωγραφικού χώρου και πάνω στα χαρακτηριστικά αυτά τοποθετούν τις αντίστοιχες γεωχωρικές πληροφορίες (Χατζόπουλος, 2012). Ως επεξεργασία νοείται ένα ευρύ πλαίσιο διαχείρισης των χωρικών πληροφοριών που περιλαμβάνει τη δημιουργία, συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση, διόρθωση, μετασχηματισμό, ανάλυση, οπτικοποίηση, διανομή και κάθε άλλη λειτουργία εκτελέσιμη σε ψηφιακό περιβάλλον (Burrough, 1986 - Burrough & McDonnell, 1998).

Η Επιστήμη της Γεωγραφικής Πληροφορίας, ως όρος και στόχος προσδιορίστηκε στην αρχή της δεκαετίας του 1990. Έκτοτε έχει διανύσει μια σημαντική απόσταση ωθούμενη και από τις τεχνολογικές εξελίξεις. Η Επιστήμη αυτή με τις τεχνολογικές εκφάνσεις της βρίσκει εφαρμογή σε όλα πεδία που χρησιμοποιούν πληροφορία με γεωχωρική αναφορά, αλλά οι απαιτήσεις σε δυνατότητες μοντελοποίησης, προσομοίωσης και ανάλυσης ποικίλουν σημαντικά. Πλέον όμως, το αντικείμενο αυτό δεν απευθύνεται όπως παλαιότερα σε ειδικούς (experts) για επιστημονική χρήση, αλλά έχει διεισδύσει μαζικά στην κοινωνία σε πλήθος καθημερινών εφαρμογών, όπου το κοινό (πλήθος) όχι απλά τις αξιοποιεί αλλά συμβάλει μαζικά (εκούσια ή ακούσια) στην τροφοδότησή τους με δεδομένα μέσω του πληθοπορισμού (crowdsourcing) (Κάβουρας κ.ά., 2016).

Η χρήση της πληροφορικής, αλλά και εξελιγμένων υπολογιστικών συστημάτων, στη συλλογή, διαχείριση και ανάλυση των χωρικών δεδομένων, οδήγησε σε μια νέα επιστημονική περιοχή που ονομάζεται “Γεωπληροφορική”. Η Γεωπληροφορική (Geoinformatics), είναι η επιστήμη η οποία χρησιμοποιεί τεχνολογίες και τεχνικές πληροφορικής, σε συνδυασμό με θεωρίες και μεθόδους από την Γεωδαισία, τη

Φωτογραμμετρία, την Τηλεπισκόπηση και την ανάλυση χώρου, με σκοπό να επιλύσει προβλήματα συλλογής, διαχείρισης, επεξεργασίας, ανάλυσης και χαρτογράφησης ψηφιακών χωρικών δεδομένων (Γραϊκούσης και Λαγός, 2015).

Από τα κυριότερα εργαλεία που κάνει χρήση η επιστήμη της Γεωπληροφορικής είναι τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, γνωστά και ως G.I.S. (Geographic Information Systems), οι τεχνολογίες ανάλυσης και επεξεργασίας αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων καθώς και η τεχνολογία δορυφορικού εντοπισμού θέσης, γνωστή και ως GPS (Global Position System). Ο συνδυασμός των παραπάνω τεχνολογιών μαζί με άλλες, αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύνολο χωρικής και περιγραφικής πληροφορίας το οποίο παρέχει την “Γεωπληροφορία” (Τζωρτζιάκης, 2016).

Ο Χαλκιάς (2014) αναφέρει επιγραμματικά πως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν ένα πολυδιάστατο επιστημονικό πεδίο όπου μπορεί να έχει παράλληλη εφαρμογή σε πολλούς «παραδοσιακούς» κλάδους της επιστήμης όπως:

- **Γεωγραφία:** Η Γεωγραφία ασχολείται σε γενικές γραμμές με την κατανόηση του κόσμου και τη θέση του ανθρώπου πάνω σε αυτόν. Έχοντας μακρά παράδοση και ισχυρό θεωρητικό υπόβαθρο σε θέματα ανάλυσης του χώρου, συνεισφέρει άμεσα στα ΓΠΣ, ιδιαίτερα σε θέματα σχεδιασμού, ανάλυσης και εφαρμογών.
- **Χαρτογραφία:** Ασχολείται με την απόδοση - εμφάνιση χωρικών πληροφοριών. Στις μέρες μας η πιο σημαντική πηγή τροφοδοσίας δεδομένων σε ένα ΓΠΣ είναι τα προϊόντα της Χαρτογραφίας (χάρτες). Η γνώση των αρχών της βοηθά στο σχεδιασμό των εξαγομένων από ένα ΓΠΣ. Ακόμη, η ψηφιακή ή αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία παρέχει μεθόδους ψηφιακής αναπαράστασης και μεθόδους οπτικοποίησης των χαρτογραφικών οντοτήτων.
- **Τηλεπισκόπηση:** Η Τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει τεχνικές απόκτησης και επεξεργασίας εικόνων οι οποίες λαμβάνονται από απόσταση (δορυφορικές εικόνες, εικόνες από αεροπλάνα κλπ). Το πλεονέκτημα των δεδομένων αυτών είναι ότι είναι ενημερωμένα (αφού λαμβάνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα), είναι αρκετά λεπτομερή (στις μέρες μας έχει βελτιωθεί σημαντικά η διακριτική ικανότητα των δορυφόρων) και σχετικά φθηνά. Έτσι συνήθως επεξεργασμένα δεδομένα Τηλεανίχνευσης ενσωματώνονται στις χωρικές πληροφορίες ενός ΓΠΣ.
- **Συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS):** Παρέχουν ακριβή εντοπισμό της θέσης πάνω στη γήινη επιφάνεια, μέσω σημάτων που εκπέμπονται από δορυφόρους και λαμβάνονται από ειδικές ηλεκτρονικές συσκευές (δέκτες GPS). Ακόμα και οι απλοί δέκτες παρέχουν δεδομένα σημαντικής ακρίβειας, όντας επίσης οικονομικά προσιτοί και εύχρηστοι. Τα δεδομένα των GPS μπορούν να εισαχθούν σε ένα ΓΠΣ, παρέχοντας άμεσα πληροφορίες θέσης.
- **Τοπογραφία:** Παρέχει δεδομένα υψηλής ακρίβειας σχετικά με τη θέση γεωγραφικών αντικειμένων (γεωτεμαχίων, κτιρίων, ιδιοκτησιών, κλπ).
- **Πληροφορική:** Η επιστήμη της πληροφορικής παρέχει το υλικό, το λογισμικό καθώς και τις τεχνικές για την εισαγωγή την επεξεργασία και την αναπαράσταση των πληροφοριών ενός ΓΠΣ. Το λογισμικό διαχείρισης και οπτικοποίησης γραφικών αντικειμένων, και τα συστήματα διαχείρισης

βάσεων δεδομένων (DBMS), είναι χαρακτηριστικά πεδία της πληροφορικής με άμεση εφαρμογή στα ΓΠΣ.

- **Μαθηματικά – Στατιστική:** Πολλοί κλάδοι των μαθηματικών, ειδικά η γεωμετρία, η στατιστική και η θεωρία των γράφων χρησιμοποιούνται στα ΓΠΣ στο σχεδιασμό του συστήματος καθώς και στην ανάλυση των χωρικών δεδομένων. Η στατιστική ειδικότερα, βρίσκει ιδιαίτερη εφαρμογή στα ΓΠΣ τόσο στις τεχνικές ανάλυσης, όσο και στην εκτίμηση σφαλμάτων και αβεβαιότητας στα δεδομένα.

Ως αντικείμενο, η Επιστήμη της Γεωγραφικής Πληροφορίας, με την τεχνολογική της διάσταση δηλαδή τη Γεωπληροφορική και τα ΣΓΠ, μπορεί να προσεγγιστεί από τρεις πλευρές(Κάβουρας κ.ά., 2016):

1. Αυτή της οπτικής του χρήστη (user perspective)
2. Αυτή της κατανόησης της ιδιαιτερότητας της γεωγραφικής πληροφορίας και της μεθοδολογικής σχεδίασης συστήματος και εφαρμογών (modelling perspective)
3. Αυτή της υλοποίησης συστημάτων – εφαρμογών σε φυσικό επίπεδο (computing perspective).

Οι γεωγραφικές αναλύσεις που παρέχει ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι (Σταθοπούλου & Λιάπη, 2003):

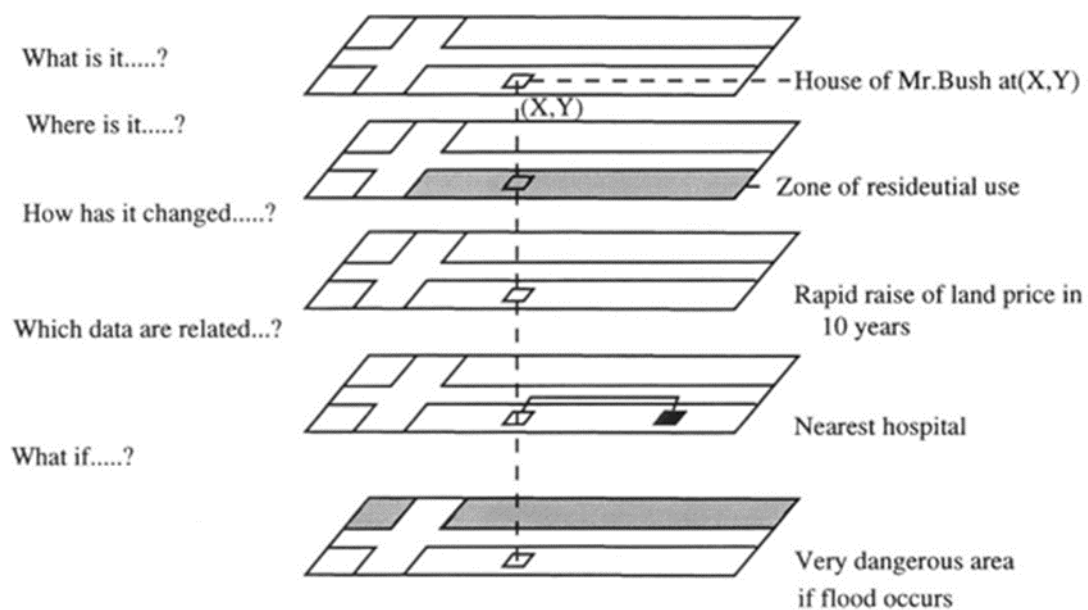
1. **Μέτρηση εμβαδών:** Είναι η δυνατότητα μέτρησης των εμβαδών διάφορων περιοχών με ποικίλα χαρακτηριστικά.
2. **Σύνθετη απεικόνιση:** Πρόκειται 'μα τη χρησιμοποίηση ενός ή περισσότερων επιπέδων πληροφορίας έτσι ώστε να είναι δυνατή η δημιουργία ενός σύνθετου χάρτη.
3. **Μετατροπές κλιμάκων:** Πρόκειται για την ικανότητα του συστήματος να μετατρέπει γρήγορα και με ακρίβεια την κλίμακα των χαρτογραφικών αποτελεσμάτων του, έτσι ώστε να μπορούν να μελετηθούν τα μάκρο και μικρο χαρακτηριστικά μιας περιοχής, χωρίς να είναι απαραίτητη η εισαγωγή νέων δεδομένων.
4. **Μετατροπές της ικανότητας ανάλυσης:** Πρόκειται για τη δυνατότητα συνοπτικής παρουσίασης κάποιων αναλυτικών μορφών και το αντίστροφο (εφόσον 20 βέβαια υπάρχουν τα δεδομένα). Ένα παράδειγμα είναι η γενίκευση ενός σεισμολογικού χάρτη, έτσι ώστε αντί να παρουσιάζει σεισμούς μικρού, μέσου και μεγάλου βάθους να παρουσιάζει γενικώς τους σεισμούς.
5. **Διερεύνηση:** Είναι η δυνατότητα εύρεσης των χαρακτηριστικών ενός ή περισσότερων καθορισμένων αντικειμένων που υπακούουν σε ένα σύνολο προϋποθέσεων και κανόνων που υπαγορεύει ο χρήστης.
6. **Απλές αναλύσεις κύριας τάσης:** Εδώ αναφέρονται ερωτήσεις που απαιτούν την απάντηση και των δυο πρώτων ερωτήσεων, καθώς και στατιστικές εκτιμήσεις που αφορούν την πορεία εξέλιξης μιας περιοχής. Η ερώτηση προσανατολίζεται στις αλλαγές που έχουν γίνει διαχρονικά σε μια περιοχή (π.χ. ανοικοδόμηση ή κτίσιμο νέας κατοικίας κ.λ.π.).

7. **Τι χωρικές επαναλήψεις υπάρχουν:** Στις συγκεκριμένες περιπτώσεις, αναζητούνται συσχετισμοί και νόμοι που διέπουν φαινόμενα που συμβαίνουν ταυτόχρονα, (ή είναι το ένα συνέπεια του άλλου) και αφορούν ένα συγκεκριμένο χώρο.
8. **Προσομοίωση και μοντελοποίηση:** Αφορά στην ανάπτυξη μοντέλων τα οποία περιγράφουν τις συνθήκες λειτουργίας, που διέπουν ένα σύστημα, άλλοτε με μαθηματικό και άλλοτε με περιγραφικό τρόπο.

Σύμφωνα με το Χατζόπουλο (2012), τα ΓΣΠ στα πλαίσια της διαχείρισης που κάνει πρέπει να έχει συγκεκριμένες λειτουργίες οι οποίες θα πρέπει να δίνουν απαντήσεις στα εξής ερωτήματα:

- Τι βρίσκεται σε συγκεκριμένη θέση;
- Ποιες τοποθεσίες ικανοποιούν την ερώτηση «που βρίσκεται το τάδε χαρακτηριστικό»;
- Πόσο έχει αλλάξει το τάδε χαρακτηριστικό;
- Τι θα γίνει αν λάβει χώρα το τάδε χαρακτηριστικό;

Στην Εικόνα 1, δίνεται σχηματικό διάγραμμα για τα ερωτήματα αυτά.



Εικόνα 1: Λειτουργίες του ΓΣΠ. (Πηγή: Shunji Murai, 1998)

1.2. Γεωπληροφορική

Γεωπληροφορική (Geoinformatics), είναι η επιστήμη η οποία αξιοποιεί τη γεωγραφική πληροφορία και τις σύγχρονες τεχνολογίες που αναπτύσσει ο τομέας της πληροφορικής, έτσι ώστε να συγκεντρώνει, να αποθηκεύσει, να ενημερώσει, να διαχειριστεί, να επεξεργαστεί, να αναλύσει, να οπτικοποιήσει και να παρουσιάσει προτάσεις σε προβλήματα που αφορούν τις επιστήμες του χώρου και συναφών κλάδων (Τζωρτζάκης Ι., 2016).

Σήμερα πλέον, που η Γεωπληροφορική βρίσκει εφαρμογή σε όλα πρακτικά πεδία που χρησιμοποιούν πληροφορία με γεωχωρική αναφορά, οι απαιτήσεις σε δυνατότητες μοντελοποίησης, προσομοίωσης και ανάλυσης ποικίλουν σημαντικά. Χαρακτηριστικά πεδία αποτελούν οι γεωεπιστήμες (γεωλογία, γεωμορφολογία, υδρογεωλογία, γεωθερμία, μεταλλειολογία, υδρολογία, εδαφολογία, δασολογία, μετεωρολογία, ωκεανογραφία, κλπ.), οι μεταφορές, η διαχείριση του περιβάλλοντος, των ακτών και του θαλάσσιου χώρου, η αντιμετώπιση κρίσεων, η ανάλυση δημογραφικών στατιστικών δεδομένων, κλπ. (Κάβουρας κ.ά., 2016).

Ορισμένα από τα βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στη Γεωπληροφορική είναι τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, γνωστά και ως GIS (Geographic Information Systems), η Τεχνολογία Δορυφορικού Εντοπισμού Θέσης γνωστή και ως GPS (Global Position System), οι Τεχνολογίες Ανάλυσης και Επεξεργασίας Αεροφωτογραφιών και Δορυφορικών Εικόνων. Ο συνδυασμός των προαναφερθεισών τεχνολογιών και όχι μόνο, μας παρουσιάζει ένα ολοκληρωμένο σύνολο χωρικής και περιγραφικής πληροφορίας, πιο απλά μας παρέχει την «γεωπληροφορία» με τη χρήση της οποίας έχουμε την δυνατότητα:

- Να εκτελέσουμε χωρικά ερωτήματα
- Να αναλύσουμε δεδομένα
- Να δημιουργήσουμε χάρτες και μοντέλα
- Να λαμβάνουμε καλύτερες αποφάσεις και να επιλέγουμε τις καλύτερες λύσεις

Δημιουργείται λοιπόν, ένα εργαλείο «έξυπνου χάρτη», το οποίο επιτρέπει στους χρήστες του να αποτυπώσουν μια περίληψη του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν διαδραστικές ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα, να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα, να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά μέσα (εκτυπώσεις χαρτών και διαγραμμάτων) ή σε ψηφιακά μέσα (αρχεία χωρικών δεδομένων, διαδραστικοί χάρτες στο διαδίκτυο). Η χαρακτηριστική δυνατότητα που παρέχει η Γεωπληροφορική (σύνδεση χωρική με περιγραφική πληροφορία), την καθιστά ως ένα μοναδικό εργαλείο συλλογής, επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων, εισάγοντάς την και σε επιχειρηματικούς τομείς, όπως το κτηματολόγιο, την πολεοδομία, εφαρμογές διαχείρισης υδάτων, χωροθέτησης λειτουργιών, διαχείρισης δικτύων ΟΤΕ-ΔΕΗ-ΕΥΔΑΠ, κινητής τηλεφωνίας, αναλύσεις οικονομικών μεγεθών και δημογραφικών δεδομένων, στρατιωτικές εφαρμογές κλπ. Διαθέτοντας όλα αυτά τα σημαντικά και έξυπνα εργαλεία διαχείρισης χωρικών και περιγραφικών δεδομένων και ταυτόχρονα με τον φιλικό προς τον χρήστη σχεδιασμό τους, η Γεωπληροφορική μας παρέχει ποιοτικές λύσεις σε χωρικά προβλήματα, με τρόπο τάχιστο, κατανοητό και εύκολα προσβάσιμο από το ευρύ κοινό (Τζωρτζάκης, 2016).

Έτσι, χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας, το επιστημονικό πεδίο της Γεωπληροφορικής καλείται να επιλύσει πιο σύνθετα και δύσκολα προβλήματα, όπως είναι η διαχείριση και απεικόνιση γεωγραφικών δεδομένων σε δύο και τρεις διαστάσεις, η ανάλυση δορυφορικών εικόνων και η λήψη αεροφωτογραφιών (Γραικούσης & Λαγός, 2015).

1.3. Ψηφιακή χαρτογραφία

Τα γεωχωρικά δεδομένα αναπαρίστανται ιστορικά με τη μορφή αναλογικών χαρτών, σε «χάρτινα» κυρίως μέσα. Με την είσοδο των ψηφιακών μορφών παρουσίασης των πληροφοριών, οι συμβατικοί χάρτες οροθετούνται ως «αναλογικά μοντέλα» παρουσίασης του γεωγραφικού χώρου (Moellering, 1980).

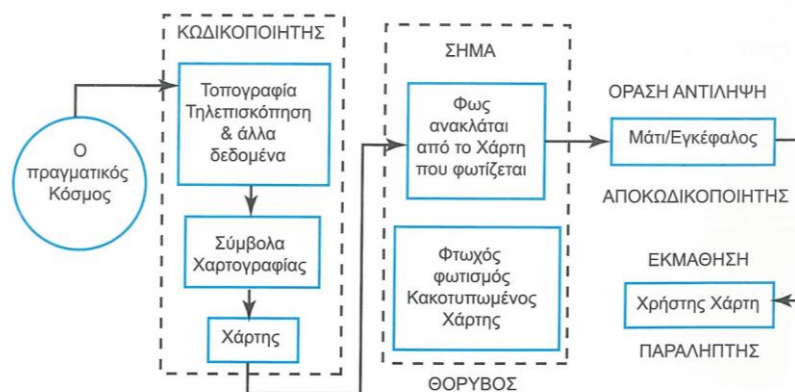
Για την απεικόνιση των γεωχωρικών δεδομένων στους αναλογικούς χάρτες, χρησιμοποιούνται σύνολα, γραμμές και χρώματα. Με αυτόν τον τρόπο ανομοιογενή δεδομένα υπερτίθενται σε κοινό σύστημα συντεταγμένων χωρίς να δίδεται η δυνατότητα ανάλυσης και στατικής επεξεργασίας των γεωγραφικών δεδομένων. Η αποθηκευμένη πληροφορία επεξεργάζεται και παρουσιάζεται κάθε φορά με ένα συγκεκριμένο τρόπο. Ένας χάρτης π.χ αποδίδει μια σταθερή, στατική εικόνα της γεωγραφίας του χώρου (Καρτάλης & Φείδας, 2013).

Ο πυρήνας της πληροφορίας είναι τα γεωγραφικά δεδομένα (geographic data), η επεξεργασία των οποίων περιλαμβάνει τη συλλογή, αποθήκευση, οργάνωση, ανάκτηση, ενημέρωση, ανάλυση, ερμηνεία και απόδοση τους με κάποιο συγκεκριμένο τρόπο (Καρτάλης & Φείδας, 2013).

Σύμφωνα με τον Κουτσόπουλο (2002), ενώ για την ανάπτυξη των χαρτών και γραφημάτων χρειάστηκαν χιλιάδες χρόνια, οι εξελίξεις της τεχνολογίας για τη διαχείριση των χωρικών στοιχείων εμπλουτίζεται συνεχώς. Στα τελευταία λίγα χρόνια έχουν επέλθει μεγάλες αλλαγές στον τρόπο που τα εργαλεία διαχείρισης χωρικών στοιχείων αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται. Μια από τις σημαντικότερες αλλαγές είναι αυτή που έχει οδηγήσει από τους κλασσικούς «χειροποίητους» χάρτες στη χρήση των ψηφιακών αυτοματοποιημένων χαρτών. Ουσιαστικά, καθώς το κόστος των Η/Υ ελαττώνεται και το μέγεθος της μνήμης τους αυξάνεται, καθώς η τηλεπισκόπιση παρέχει περισσότερα και καλύτερα γεωγραφικά στοιχεία και η είσοδος τους στον Η/Υ γίνεται ευκολότερη, η χρήση των αυτοματοποιημένων χαρτών εξαπλώνεται.

Οι αναλογικοί χάρτες (χάρτινοι χάρτες) που μέχρι πρόσφατα ήταν η κύρια πηγή χαρτογραφικού υλικού σιγά-σιγά μετατρέπονται σε ψηφιακή μορφή.

Η χρήση του Η/Υ στη χαρτογραφία προϋποθέτει ότι το χαρτογραφικό υλικό είναι κωδικοποιημένο κατά τέτοιο τρόπο που να μπορεί να το διαχειρισθεί και να το επεξεργαστεί ο Η/Υ. Στην Εικόνα 2 δίνεται παραστατικά ο κωδικοποιητής ο οποίος λαμβάνει με διάφορους τρόπους την πληροφορία από τον πραγματικό κόσμο και την μετατρέπει μέσω κωδίκων σε χαρτογραφική πληροφορία. Οι κώδικες σε Η/Υ είναι αριθμοί (ψηφία) και για το λόγο αυτό ο χάρτης που όλα του τα στοιχεία είναι κωδικοποιημένα στη μνήμη Η/Υ ονομάζεται ψηφιακός χάρτης (Χατζόπουλος, 2012).



Εικόνα 2: Χαρτογραφικό σύστημα επικοινωνίας. (Πηγή: Χατζόπουλος, 2012)

Η γεωγραφική ταξινόμηση των αντικειμένων στους αναλογικούς χάρτες, ακολουθεί ένα σχήμα σύμφωνα με το οποίο ο άνθρωπος από πολύ νεαρή ηλικία, έχοντας ένα μολύβι και ένα χαρτί έχει δύο επιλογές: τελείες και γραμμές.

Κατά τον Unwin (1989), στα υπολογιστικά συστήματα η αντιστοιχία αυτή μετατρέπεται με απλό τρόπο σε αδιάστατες, μονοδιάστατες και δισδιάστες οντότητες, ή άλλως, σε σημειακά, γραμμικά και πολυγωνικά δεδομένα. Μία πρόσθετη κατηγορία είναι εκείνη των τρισδιάστατων δεδομένων. Σε ένα σημαντικό βαθμό και κυρίως σε πρακτικό επίπεδο, αυτή η οργανωτική αντίληψη αναπαράστασης των χωρικών φαινομένων έχει αποδειχθεί χρήσιμη και επαρκής, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν τάσεις στη θεωρία του χώρου που απαξιώνουν ορισμένες φορές την αντίληψη αυτή ως «ρηχή».

1.4. Τρισδιάστατη απεικόνιση

Καθώς ο πραγματικός κόσμος δεν αποτελείται από δύο διαστάσεις, παρατηρούνται συνεχείς αλλαγές και βελτιώσεις στα Συστήματα Γεωγραφικών Συστημάτων τα τελευταία 20 χρόνια, γεγονός που επέτρεψε την απεικόνιση ενός πραγματικού τρισδιάστατου περιβάλλοντος. Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, λοιπόν δεν είναι πλέον δισδιάστατα, αλλά τρισδιάστατα με αποτέλεσμα πολλές λειτουργίες και εφαρμογές να ευνοηθούν και να μπορέσουν να αναπτυχθούν με τέτοιο τρόπο που θα είναι όσο το δυνατόν πιο η ρεαλιστικός και κοντά στην πραγματικές τους διαστάσεις (Elwannas, 2011).

Οι εξελίξεις όσον αφορά την 3D απεικόνιση και τα 3D μοντέλα, είναι ραγδαίες και το ενδιαφέρον των ειδικών διαρκώς αυξανόμενο. Οι τεχνικές απεικόνισης 3D μοντέλων αναπτύσσονται με γοργούς ρυθμούς, ενώ τα 3D χωρικά δεδομένα βρίσκουν χρησιμότητα σε πολλές εφαρμογές, ειδικά στις πόλεις, όταν για παράδειγμα είναι επιθυμητή η οπτική αναπαράσταση της φυσικής γήινης πραγματικότητας για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του περιβάλλοντα χώρου (Τράνακα, 2014).

Για τη θέση και τη χωρική περιγραφή των γεωγραφικών φαινομένων και των οντοτήτων τους στο περιβάλλον συστημάτων ΣΓΠ χρησιμοποιούνται χωρικά συστήματα αναφοράς συντεταγμένων. Ο όρος «τρειςδιάστατο» εν προκειμένω

αναφέρεται στις τρεις χωρικές διαστάσεις ενός συστήματος: (x, y ή φ, λ) για την οριζοντιογραφία και (h) για το υψόμετρο. Από τεχνικής πλευράς θα μπορούσε κάλλιστα το σύστημα αναφοράς να ήταν γεωκεντρικό (X, Y, Z) όπως παραδείγματος χάρη συμβαίνει στην πλοήγηση στο διάστημα. Εν τούτοις, για λόγους καλύτερης κατανόησης, χρησιμοποιείται η γήινη επιφάνεια ως επιφάνεια αναφοράς της οριζοντιογραφίας και εκκίνησης μέτρησης των υψομέτρων (Κάβουρας κ.ά., 2016).

Μέσω της ταχύτατης εξέλιξης της τεχνολογίας στους τομείς της πληροφορίας και πιο συγκεκριμένα των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, τα τρισδιάστατα μοντέλα χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα ως εργαλεία για την σχεδίαση και την προσομοίωση διαφόρων περιπτώσεων όπως αυτή των οικισμών ενώ μπορούν να προωθήσουν νέες μορφές απεικόνισης και ανάκτησης πληροφοριών για την βέλτιστη λειτουργία τους. Ένα εύρος κατοικημένων περιοχών αποτυπώνονται καθημερινά σε τρισδιάστατη μορφή ενώ πολλά είναι τα προβλήματα που επιλύονται λόγω της προσομοίωσης δύσκολων συνθηκών.

Κλασσική εφαρμογή που εμπλέκει την τρίτη διάσταση (του υψομέτρου) αποτελεί η μοντελοποίηση του ανάγλυφου της γήινης επιφάνειας γνωστή και ως terrain modeling. Τέτοιου τύπου εφαρμογές εμπλέκουν τον υπολογισμό διατομών, ζωνών υψομέτρων, κλίσεων και προσανατολισμού, ορατότητας, θέασης τοπίου, υπολογισμό λεκανών απορροής, ασφάλεια πλοήγησης στη θάλασσα ή τον αέρα από φυσικά εμπόδια, κλπ. Αυτές οι κλασσικές εφαρμογές και οι οπτικοποιήσεις τους έχουν αντιμετωπιστεί εδώ και χρόνια από την τεχνολογία και δεν παρουσιάζουν κάποια ιδιαίτερη δυσκολία (Κάβουρας κ.ά., 2016).

Κατηγορίες εφαρμογών που όντως απαιτούν αυξημένες δυνατότητες τρισδιάστατης αναπαράστασης είναι οι αρκετές όπως (Κάβουρας κ.ά., 2016):

- γεω-επιστημονικές εφαρμογές (geoscientific applications) στην ξηρά και τη θάλασσα για την αναπαράσταση της πολύπλοκης δομής του υπεδάφους, για την ανάλυσή του, τον προγραμματισμό και την παρακολούθηση διαδικασίας μεταλλευτικής εξόρυξης (mining), τα υπόγεια έργα, κλπ.,
- μοντελοποίηση σύνθετου εσωτερικού χώρου, δικτύων υποδομών, κλπ.,
- τρισδιάστατο κτηματολόγιο, που εμπλέκει τεχνικά αλλά και νομικά θέματα στις τρισδιάστατες ιδιοκτησίες,
- τρισδιάστατα γεωπαιχνίδια (Minecraft, Synthetic World, Second Life, Terraria, κλπ.) που αναφέρονται σε εικονικό ή και πραγματικό χώρο και υποστηρίζουν την κατασκευή του, την κίνηση, και τη δράση μέσα σε αυτόν όχι από ένα χρήστη αλλά και από ομάδες χρηστών στο διαδίκτυο.

1.4.1. Τα πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης απεικόνισης

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση των συστημάτων 3D GIS είναι αρκετά, ειδικά στην ανάλυση των μοτίβων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Από τότε που τα ΣΓΠ απέκτησαν τη δυνατότητα ενσωμάτωσης μεγάλου αριθμού δεδομένων διάφορων μορφών και διαφορετικών πηγών σε μια ενιαία βάση δεδομένων, δόθηκε η δυνατότητα μιας πιο περίπλοκης και ρεαλιστικής αναπαράστασης του αστικού περιβάλλοντος. Το χωρικό πλαίσιο που παρέχουν τα 3D

GIS διευκολύνουν την ανάλυση των χωρικών δεδομένων, αλλά και τον εντοπισμό των χωρικών σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων. Επιπλέον, με την τρισδιάστατη γεωαπεικόνιση αυτών των συστημάτων παρέχεται ένα δυναμικό και διαδραστικό περιβάλλον, που θεωρείται πιο ευέλικτο. Αυτό το περιβάλλον βοηθάει το χρήστη να μπορεί να διαχειριστεί τα στοιχεία ενός σκηνικού, να αλλάξει την προβολή, να τροποποιήσει τις παραμέτρους, να επεξεργαστεί τα δεδομένα και να δει εύκολα τα αποτελέσματα αυτών των αλλαγών. Σε αντίθεση με τις ποσοτικές μεθόδους που τείνουν να μειώνουν τη διαστασιολογία των δεδομένων στη διαδικασία της ανάλυσης, η απεικόνιση στα 3D GIS έχει τη δυνατότητα να κρατήσει την πολυπλοκότητα των αρχικών δεδομένων στο σημείο που είναι η δυνατή η οπτική τους επεξεργασία από το χρήστη. Τέλος με τις πολλές χρήσιμες περιηγητικές ικανότητες τους, όπως και οι δυνατότητες χρήσης πολυμέσων στη δημιουργία ενός χάρτη, μπορεί να δημιουργηθεί εύκολα ένας εικονικός κόσμος. (Kwan και Lee, 2003)

Ένα 3D σύστημα πρέπει να έχει την ικανότητα να διατηρεί και να αναλύει τις χωρικές και θεματικές ιδιότητες των πραγματικών γεωγραφικών αντικειμένων, να ενσωματώνει τα απαραίτητα στοιχεία σε ένα τρισδιάστατο χωρικό υπόδειγμα και να παρέχει λειτουργίες αποτελεσματικές για τη δημιουργία και αξιοποίηση ενός τρισδιάστατου υποδείγματος. Με την υλοποίηση αυτών των λειτουργιών, θα μπορεί να αναδομηθεί ένα μοντέλο υψηλής ποιότητας και μεγάλης ακρίβειας, το οποίο θα αναπαριστά όλες τις πλευρές της πραγματικότητας. Η πολυπλοκότητα του χωρικού μοντέλου καθορίζει και τη λειτουργικότητά του, που αποτελεί και τη θεμέλια βάση όλου του συστήματος (Pilouk, 1996).

1.4.2. Ορολογίες της τρισδιάστατης απεικόνισης

Ο Harder (2015), αναφέρει χαρακτηριστικά τις τέσσερις σημαντικότερες ορολογίες της τρισδιάστατης απεικόνισης στα πλαίσια των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών:

- **Χάρτες και εικόνες:** Με την εξέλιξη των ΣΓΠ είναι δυνατή η αναπαράσταση του περιεχομένου των δεδομένων τους τόσο σε δισδιάστατη όσο και σε τρισδιάστατη μορφή. Στους δύο αυτούς τρόπους απεικόνισης παρατηρούνται αρκετές ομοιότητες. Αρχικά, διαθέτουν επίπεδα (layers), δεύτερον, διαθέτουν χωρικές αναφορές (spatial references) και τρίτον, υποστηρίζουν λειτουργίες GIS (Geographic Information System), όπως επιλογή (selection), ανάλυση (analysis) και επεξεργασία (editing). Ωστόσο κατά την προβολή τους παρουσιάζουν και αρκετές διαφορές. Σε θεματικό επίπεδο, για παράδειγμα κατά την δισδιάστατη απεικόνιση ενός κτιρίου θα προβάλλεται ως ένα πολύγωνο σε δισδιάστατη μορφή, ενώ στην τρισδιάστατη μορφή του θα αναπαρίσταται ως ογκομετρικό μοντέλο, που έχει τοποθετηθεί και περιστραφεί αναλόγως, στην ακριβή του θέση. Στο επίπεδο της εικόνας, υπάρχουν ιδιότητες που δεν θα είχαν νόημα για ένα δισδιάστατο χάρτη, όπως η ανάγκη για επιφανειακό πλέγμα εδάφους, η ύπαρξη μιας πηγής φωτός και ατμοσφαιρικά φαινόμενα, όπως η ομίχλη.
- **Τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο:** Η απεικόνιση του τρισδιάστατου περιεχομένου πραγματοποιείται σε δύο διαφορετικά περιβάλλοντα σκηνικών, στο παγκόσμιο και στο τοπικό επίπεδο. Ο πιο διαδεδομένος τρόπος προβολής,

σε παγκόσμιο επίπεδο, για το τρισδιάστατο περιεχόμενο αποτελεί, η απεικόνιση του σε ένα παγκόσμιο προβολικό σύστημα με τη μορφή μιας υδρόγειου σφαίρας. Ο παγκόσμιος καμβάς είναι κατάλληλος για δεδομένα που εκτείνονται σε μεγάλες αποστάσεις και όπου πρέπει να υπολογίζεται η καμπυλότητα της γης, όπως για παράδειγμα οι παγκόσμιες διαδρομές αεροπορικής κυκλοφορίας ή οι λωρίδες μεταφοράς (βλ. Εικόνα 3). Τα σκηνικά καθώς προβάλλονται σε τοπικό επίπεδο, διαθέτουν αμετάβλητη την θέση τους σε μια οριοθετημένη περιοχή. Αυτή η μέθοδος είναι καταλληλότερη για μικρής έκτασης δεδομένα και επιπλέον, υποστηρίζουν την απεικόνιση σε προβολικά συστήματα που καθορίζονται σε επίπεδες δισδιάστατες επιφάνειες. Η προβολή σε τοπικό επίπεδο είναι επίσης αποτελεσματική για επιστημονική προβολή δεδομένων, όπου το σχετικό μέγεθος των χαρακτηριστικών αποτελεί πιο σημαντική προδιαγραφή απεικόνισης παρά η φυσική τοποθεσία των περιεχομένων ενός ελλειψοειδούς.

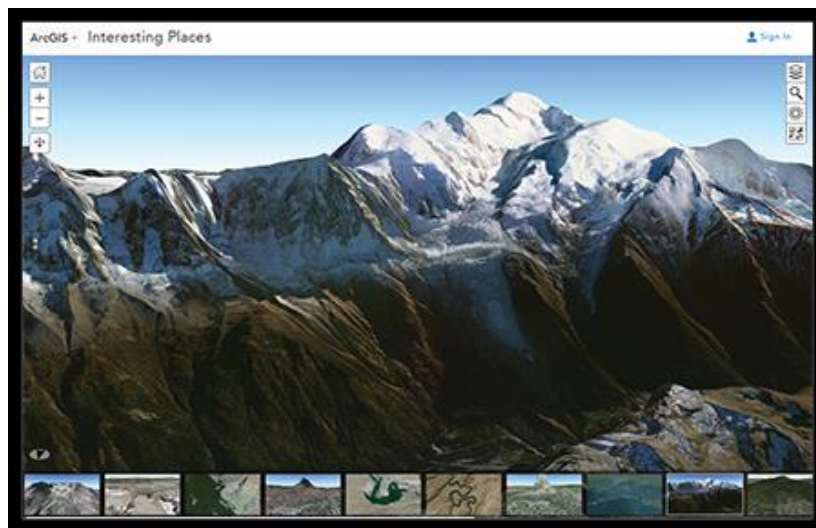


Εικόνα 3: Το παγκόσμιο μοτίβο των αερολιμένων και των διασυνδεδεμένων διαδρομών ενσέριας κυκλοφορίας χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του openflights.org. (Πηγή: Harder, 2015)



Εικόνα 4: 3D αναπαράσταση του Dealey Plaza στο Ντάλλας. (Πηγή: Harder, 2015)

- **Επιφάνειες:** Τα δεδομένα επιφανειών εξ ορισμού τους περιλαμβάνουν x,y,z τιμές για οποιοδήποτε σημείο. Μια επιφάνεια μπορεί να αποτελεί μία φυσική οντότητα που υφίστανται στην πραγματικότητα, όπως μια οροσειρά ή μπορεί να είναι μια ιδεατή επιφάνεια που μπορεί να υπάρχει στο μέλλον, όπως ένα σχέδιο ταξινόμησης δρόμων. Μπορεί ακόμη και να παρουσιάσει ένα θέμα που υπάρχει μόνο εννοιολογικά, όπως μια επιφάνεια πυκνότητας πληθυσμού. Η ακρίβεια των επιφανειών μπορεί να είναι είτε υψηλής, είτε χαμηλής ανάλυσης, δηλαδή από ακρίβεια μιας ίντσας μέχρι 90 μέτρα ή και περισσότερο. Οι επιφάνειες είναι θεμελιώδεις δομικές μονάδες για σχεδόν κάθε σκηνή που θα δημιουργηθεί, επειδή παρέχουν ένα υπόβαθρο πάνω στο οποίο μπορεί να εισαχθεί άλλο περιεχόμενο. Μερικές φορές η ίδια η επιφάνεια είναι το βασικότερο στοιχείο, όπως μια σκηνή του όρους Έβερεστ (βλ. Εικόνα 5). Ωστόσο, άλλες φορές η επιφάνεια εξυπηρετεί έναν πιο απλό ρόλο φιλοξενώντας άλλα σημαντικά δεδομένα σκηνής, όπως αεροφωτογραφίες ή διοικητικά όρια. Και οι επιφάνειες μπορούν επίσης να παρέχουν πληροφορίες ύψους βάσης για τρισδιάστατα διανυσματικά σύμβολα, όπως δέντρα, κτίρια και άλλα, που διαφορετικά δεν θα ήταν γνωστή την κατακόρυφη θέση τους μέσα στη σκηνή.



Εικόνα 5: Αυτή η σκηνή παρουσιάζει επιφάνειες ενδιαφέρουσες τοποθεσίες στον πλανήτη μας, που περιλαμβάνουν το βασικό σχέδιο Imagery World μαζί με τα 3D Terrain layers. (Πηγή: Harder, 2015)

- **Πραγματικό και εικονικό μέγεθος:** Ο συμβολισμός χαρακτηριστικών στο πραγματικό τους μέγεθος είναι εξαιρετικά συνηθισμένος στα τρισδιάστατα μοντέλα. Για παράδειγμα, αναμένεται ότι όλα τα κτίρια, τα δέντρα και λοιπά στοιχεία να εμφανίζονται στο ίδιο σχετικό μέγεθος στον εικονικό κόσμο, όπως υπάρχουν στην πραγματικότητα. Παρ' όλα αυτά, είναι επίσης χρήσιμο να υπάρχουν σύμβολα στη σκηνή που, αντιθέτως, θα έχουν το αντίστοιχο μέγεθος στην οθόνη, δηλαδή καθώς πραγματοποιείται μεγέθυνση και σμίκρυνση μέσα στο σκηνικό, το σύμβολο εμφανίζεται πάντα με τον ίδιο αριθμό εικονοστοιχείων στην οθόνη. Αυτό το φαινόμενο είναι ανάλογο με ένα επίπεδο ενός δισδιάστατου χάρτη του οποίου τα μεγέθη των συμβόλων δεν αλλάζουν καθώς μεταβάλλεται η κλίμακα (βλ.Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Ο παρών σεισμικός χάρτης της Νότιας Καλιφόρνια διαθέτει σύμβολα μεγέθους οθόνης που παραμένουν στο ίδιο μέγεθος ανεξάρτητα από το πόσο μακριά ή από το σημείο στο οποίο πραγματοποιείται μεγέθυνση ή σμίκρυνση. (Πηγή: Harder, 2015)

1.4.3. Αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου σε 3D

Ο Harder (2015), επιπλέον στο βιβλίο του κάνει λόγο για τις τρεις χρήσεις των τρισδιάστατων μοντέλων με σκοπό την αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου:

- **Φωτορεαλιστικές:** Οι φωτορεαλιστικές προβολές είναι ουσιαστικά προσπάθειες να αναδημιουργηθεί η πραγματικότητα με τη χρήση φωτογραφιών προσδίδοντας υφή στα χαρακτηριστικά. Αυτός είναι μακράν ο πιο συνηθισμένος τύπος απεικόνισης, με τεράστιες προσπάθειες να αναπαραστήσουμε τον εικονικό κόσμο έτσι ώστε να μοιάζει ακριβώς όπως είμαστε εκεί. Οι συντάκτες αυτού του περιεχομένου δημιουργούν εικονικούς κόσμους για προσομοίωση, προγραμματισμό και σχεδιασμό και για διαφημιστικά βίντεο. Σε ένα περιβάλλον GIS, οι φωτορεαλιστικές προβολές είναι εξαιρετικά κατάλληλες για να δείξουν στο κοινό πώς ένας χώρος έχει αλλάξει ή αναμένεται να αλλάξει μέσα στο χρόνο. Αυτό θα μπορούσε να σημάνει ποια θα είναι η εμφάνιση της πόλης μετά την κατασκευή ενός προτεινόμενου κτιρίου ή ποια περιοχή έμοιαζε όταν οι δεινόσαυροι υπήρχαν στη γη. Μια φωτορεαλιστική προβολή δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να φανταστεί τι πως θα μπορούσε να είναι ο κόσμος και απλά του το δείχνει.



Εικόνα 7: Φωτορεαλιστική προβολή της πόλης Μόντρεαλ, στο Καναδά. (Πηγή: Harder, 2015)

- **3D χαρτογραφικό:** Για περιπετειώδεις χαρτογράφους, χρησιμοποιώντας τρισδιάστατα (3D) στοιχεία που αντιπροσωπεύουν δεδομένα και άλλες μη φωτορεαλιστικές πληροφορίες είναι το επόμενο σύνορο. Η ιδέα είναι να ληφθούν δισδιάστατες (2D) θεματικές τεχνικές χαρτογράφησης και να μετατραπούν σε 3D. Αυτοί οι χάρτες μαγνητίζουν το βλέμμα και αποτελούν εντυπωσιακά προϊόντα πληροφόρησης.



Εικόνα 8: 3D Χαρτογράφηση της πόλης Πασαντίνα, στη Καλιφόρνια. (Πηγή: <https://learn.arcgis.com/en/arcgis-book/chapter6/>)

- **Εικονική πραγματικότητα:** Μια προβολή 3D αρχίζει γρήγορα να δίνει σαν εικονική πραγματικότητα όταν συνδυάζονται φωτορεαλιστικές και θεματικές τεχνικές. Τα φωτορεαλιστικά μέρη της σκηνής παρέχουν μια αίσθηση εξοικείωσης στο χρήστη και τα θεματικά μέρη μπορούν να μεταφέρουν τις απαραίτητες πληροφορίες.



Εικόνα 9: Εικονική πραγματικότητα της πόλης Φιλαδέλφεια, στη Πενσυλβάνια. (Πηγή: <https://learn.arcgis.com/en/arcgis-book/chapter6/>)

1.5. Φυσικές καταστροφές

Οι ανθρώπινες κοινωνίες πάντα δοκιμάζονταν από καταστροφές. Πόλεις, τόποι, χώρες, πληθυσμοί, κοινωνικές ομάδες, οικοσυστήματα, έργα τέχνης και πολιτισμού, όλα έχουν σημαδευτεί για πάντα από τις καταστροφές. Συνακόλουθα, ίχνη τους βρίσκονται στην ιστορία, στις θρησκείες, στις παραδόσεις, στις τέχνες, στη μουσική. Ο κατακλυσμός και η σωτηρία των ειδών από τον Νώε δεν συνιστά, αλήθεια, μια αφήγηση καταστροφής και της διαχείρισής της; Η καταστροφή της μυστηριώδους Ατλαντίδας επιβίωσε ως μύθος για χιλιάδες χρόνια, ενώ σήμερα εξετάζεται η υπόθεση ότι αφανίστηκε από τσουνάμι (Gutschler, 2005).

Τις τελευταίες δεκαετίες με όλο και αυξανόμενη συχνότητα η παγκόσμια κοινή γνώμη απασχολείται και παράλληλα ανησυχεί από τις καταστροφές που προκαλούνται από φυσικά φαινόμενα και τεχνολογικά ατυχήματα (Λέκκας, 2000). Σύμφωνα με το Λέκκα (2000), ο όρος «φυσική καταστροφή» έχει οριστεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους ως:

- Τα στοιχεία εκείνα του φυσικού περιβάλλοντος που είναι βλαβερά για τον άνθρωπο και προκαλούνται από δυνάμεις ξένες και άγνωστες σε αυτόν
- Η πιθανότητα εμφάνισης ενός δυνητικά καταστροφικού γεγονότος μέσα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή
- Μια φυσική ή ανθρωπογενής γεωλογική κατάσταση ή φαινόμενο κατά την οποία παρουσιάζεται πραγματικός ή δυνητικός κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή ή τις περιουσίες

Η φυσική καταστροφή μπορεί να αποτελεί μια ταχύτατη, στιγμιαία ή μεγάλη σύγκρουση του φυσικού περιβάλλοντος με το κοινωνικό – οικονομικό σύστημα. Πολλοί καθορίζουν το φαινόμενο πιο λεπτομερώς σαν «ένα γεγονός στο χώρο και στο χρόνο που απειλεί την κοινωνία ή κάποιο τμήμα της με σοβαρές ακούσιες επιπτώσεις που είναι αποτέλεσμα της ανεπάρκειας των προφυλάξεων οι οποίες μέχρι τότε θεωρούνταν ως «επαρκείς» (Λέκκας, 2000).

Με τον άλλο ορισμό η «καταστροφή» θεωρείται ως ένας μεμονωμένο γεγονός που προκαλεί ζημιές μεγαλύτερες από 1 εκατομμύριο δολάρια και θανάτους ή τραυματισμούς σε περισσότερους από 100 ανθρώπους. Η εκτίμηση όμως των ζημιών που προκαλούνται από κάποια καταστροφή ποικίλλει καθώς οι μικρές καταστροφές μπορεί να προκαλέσουν μικρές ζημιές εφόσον εκεί δεν υπάρχουν πολύτιμα αντικείμενα ή ακριβές κατασκευές. Συνήθως στις φτωχές χώρες τα καταστροφικά γεγονότα προκαλούν πολλά δυστυχήματα, ενώ στις πολύ αναπτυγμένες και πλούσιες χώρες μεγάλες υλικές ζημιές (Λέκκας, 2000).

Παρά τη χρησιμότητά τους ως ερευνητικού εργαλείου για την διαφωτισμό ως προς τη δομή της γης, οι σεισμοί θεωρούνται γενικά επιβλαβείς λόγω του δυναμικού τους να προκαλέσουν ανθρώπινες απώλειες και καταστροφές. Παρόλο που έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για την πρόβλεψη σεισμών, η αλήθεια είναι ότι αυτή τη στιγμή δεν είναι δυνατή η αξιόπιστη πρόβλεψη των καταστροφικών σεισμών σε οποιαδήποτε χρονική κλίμακα (Shearer, 2009).

Γενικότερα, τα φαινόμενα μπορεί να είναι μεγάλου μεγέθους και πολύ μεγάλης έντασης οπότε χαρακτηρίζονται σαν φαινόμενα εξαιρετικής έντασης δηλαδή φαινόμενα που συμβαίνουν στο φυσικό σύστημα (λιθόσφαιρα, υδρόσφαιρα ή ατμόσφαιρα) και τα οποία διαφέρουν σημαντικά από το μέσο όρο. Αν τα ανθρωπογενή κοινωνικο-οικονομικά συστήματα δεν έχουν την ικανότητα να αντιμετωπίσουν τις συνέπειες ενός τέτοιου γεγονότος όπως και τα φυσικά, τότε οι καταστροφές είναι μεγάλες (Λέκκας, 2000).

Οι πιο κοινοί τύποι καταστροφών είναι οι φυσικές (π.χ. π.χ. πλημμύρες, κατολισθήσεις, σεισμοί, τσουνάμι, και ηφαίστεια) και οι τεχνικές που δημιουργούνται με την ανθρώπινη παρέμβαση (π.χ. ατυχήματα, πυρκαγιές και τρομοκρατικές επιθέσεις).

Η καταστροφή επιπλέον μπορεί να οριστεί ως ο βαθμός απώλειας κάποιου αγαθού ή πολλών αγαθών που είναι αποτέλεσμα της δράσης ενός φυσικού φαινομένου δεδομένου μεγέθους και μετριέται σε μια κλίμακα από το 0 (καθόλου απώλεια) έως το 1 (μέγιστη απώλεια). Όταν ο κίνδυνος γίνει ορατός και επικείμενος τότε γίνεται σαφής διάκριση της απειλής. Έτσι λοιπόν η ακολουθία των καταστάσεων που

αναφέρονται σε μια καταστροφή έχει ως εξής (Λέκκας, 2000): **Καταστροφικό γεγονός**→ **Κίνδυνος**→ **Απειλή**→ **Επιπτώσεις**→ **Επακόλουθο**.

Οι καταστροφές ορίζονται ως «απειλές στους ανθρώπους και σε ό,τι έχει αξία» και οι κίνδυνοι ως οι «ποσοτικές και περιστασιακές πιθανότητες που καθιστούν τις συνέπειες των καταστροφών επιβλαβείς». Η έννοια του κινδύνου μπορεί να αποδοθεί με βάση τις τρεις παρακάτω συνιστώσες του (Λέκκας, 2000):

1. Τα στοιχεία που εκτίθενται στον κίνδυνο (**E**) δηλαδή ο πληθυσμός, οι περιουσίες, οι οικονομικές δραστηριότητες, οι δημόσιες υπηρεσίες, κλπ., στοιχεία τα οποία απειλούνται με καταστροφή σε μια συγκεκριμένη περιοχή.
2. Τον ειδικό κίνδυνο (**R_s**) ο οποίος είναι ο βαθμός των απωλειών που πιθανόν να προκληθούν από τη δράση ενός ειδικού φυσικού φαινομένου, μπορεί να εκφραστεί ως το προϊόν της φυσικής καταστροφής (**H**), επί τη τρωτότητα (**V**).
3. Τον ολικό κίνδυνο (**R_t**) ο οποίος εκφράζει τον αριθμό των ανθρώπινων ζώων που πιθανόν να χαθούν, τον αριθμό των τραυματιών, τις καταστροφές σε περιουσίες και το κόστος από τη διακοπή των διαφόρων δραστηριοτήτων που προκλήθηκαν από τη δράση ενός ειδικού φαινομένου. Είναι προϊόν του ειδικού κινδύνου (**R_s**) και των στοιχείων που εκτίθενται στον κίνδυνό (**E**)

Η εξίσωση έχει την εξής μορφή: **R_t = (E) (R_s) = (E) (H.V)**

1.5.1. Σεισμοί

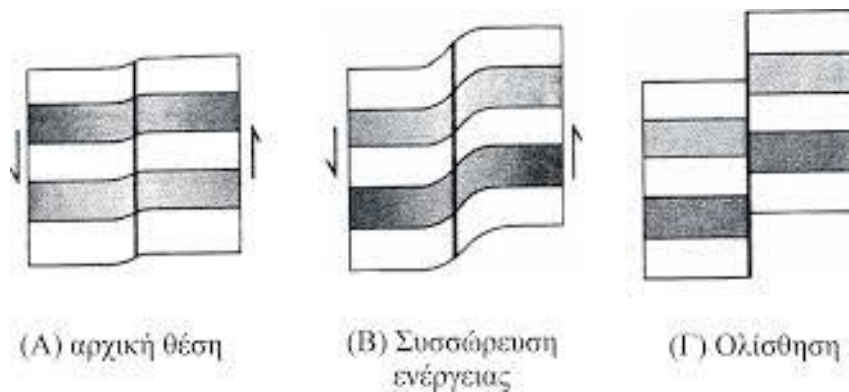
Στην Ελλάδα, η σημαντικότερη φυσική καταστροφή είναι οι σεισμοί, λόγω της σχετικά μεγάλης συχνότητας εμφάνισης μεγάλων σεισμικών μεγεθών σε πολλές περιοχές της χώρας (Παπαδόπουλος, 2000).

Οι σεισμοί, όπως και οι εκρήξεις των ηφαιστειών, είναι τα κατεξοχήν αντιληπτά από τον άνθρωπο γεωλογικά φαινόμενα, γιατί εξελίσσονται γρήγορα και συχνά με εξαιρετική βιαιότητα, προκαλώντας μεγάλες καταστροφές, μέχρι και αφανισμό ολόκληρων πολιτισμών. Ταυτόχρονα όμως αποτελούν αδιάψευστη μαρτυρία ότι ο πλανήτης μας είναι ένα γεωλογικά ζωντανό ουράνιο σώμα (Παπανικολάου & Σίδερης, 2005).

Με τον όρο σεισμός, ονομάζεται το φαινόμενο το οποίο εκδηλώνεται συνήθως χωρίς σαφή προειδοποίηση, δεν μπορεί να αποτραπεί και είναι αποτέλεσμα εδαφικών δονήσεων, οι οποίες γεννιούνται κατά τις διαταράξεις της μηχανικής ισορροπίας των γήινων πετρωμάτων από φυσικά αίτια που βρίσκονται στο εσωτερικό της γης (Παπαζάχος & Παπαζάχου, 1999).

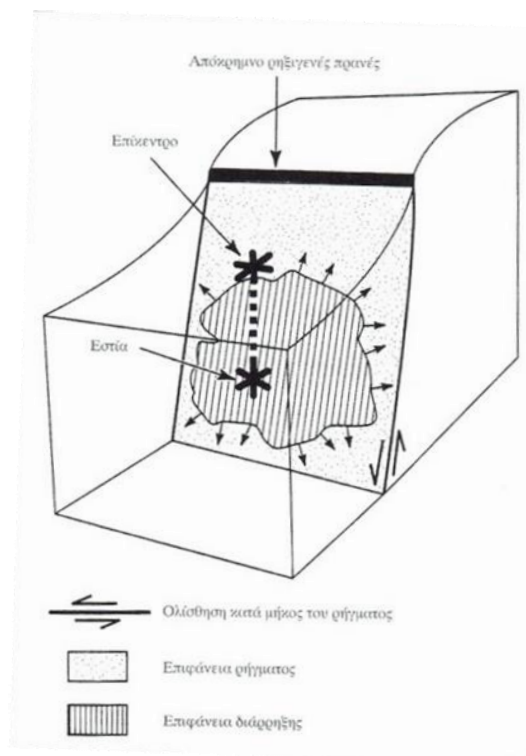
Κάτω από τη μακρόχρονη επίδραση των τεκτονικών δυνάμεων ένα πέτρωμα αρχικά κάμπτεται συσσωρεύοντας βαθμιαία όλο και περισσότερη ελαστική ενέργεια όπως ακριβώς αν καμφθεί ένα κλαδί δένδρου (βλ. Εικόνα 10). Όταν ξεπεραστεί το όριο αντοχής του πετρώματος σχηματίζεται ξαφνικά μια διάρρηξη και το πέτρωμα εκατέρωθεν αυτής αναπηδά προς τα πίσω στα πλαίσια της ελαστικής επαναφοράς. Απελευθερώνεται έτσι 18 ενέργεια η οποία ξοδεύεται για τη μετακίνηση των ρηξιγενών τεμαχών στη νέα θέση τους και για τη δημιουργία σεισμικών κυμάτων. Αυτά διαδίδονται ακτινωτά και προς όλες τις κατευθύνσεις από το χώρο που αρχίζει η διάρρηξη, την εστία του σεισμού (βλ. Εικόνα 11). Σε αυτή γίνεται η μεγαλύτερη

συνσεισμική μετατόπιση η οποία ελαττώνεται προς τα άκρα της ρηξιγενούς επιφάνειας. Ο χρόνος που απαιτείται για να γίνει μια διάρρηξη λέγεται χρόνος διάρρηξης η δε ταχύτητά της λέγεται ταχύτητα διάρρηξης (Δούτσος, 2000).



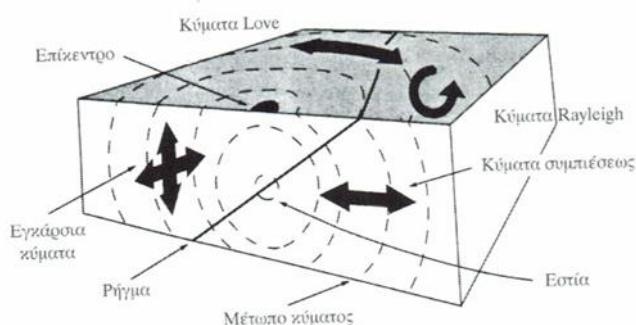
Εικόνα 10: Ελαστική συμπεριφορά κατά την διάρκεια μιας σεισμικής διάρρηξης. (Πηγή: Δούτσος, 2000)

Για παράδειγμα, ένα ρήγμα 30 χλμ. ο χρόνος διάρρηξης μπορεί να είναι 10 δευτερόλεπτα, οπότε η ταχύτητα διάρρηξης θα είναι 3 χλμ./δευτ. Μια σειρά από μικροδιαρρήξεις μπορεί να προηγηθούν του κυρίου σεισμού ενώ μια άλλη σειρά μπορεί να ακολουθήσει το σεισμό, αντιστοίχως παράγονται οι προσεισμοί και οι μετά-σεισμοί οι οποίοι μαζί με τον κύριο σεισμό αποτελούν τη σεισμική ακολουθία. Η προβολή της εστίας στην επιφάνεια της γης είναι το επίκεντρο του σεισμού (βλ. Εικόνα 11). Όλη η περιοχή που παραμορφώνεται γύρω από το ρήγμα πριν και μετά το σεισμό αποτελεί το σεισμογόνο χώρο (Δούτσος, 2000).



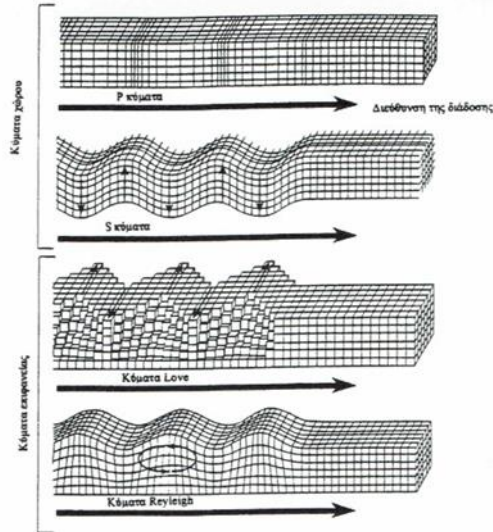
Εικόνα 11: Επιφάνεια διάρρηξης ενός σεισμικού ρήγματος. (Πηγή: Keller & Pinter, 1998)

Στην εστία του σεισμού παράγονται τα κύματα του χώρου που περιλαμβάνουν τα επιμήκη και τα εγκάρσια κύματα (βλ. Εικόνα 12). Τα επιμήκη κύματα διαδίδονται ταχύτερα από τα εγκάρσια κύματα και γι' αυτό φθάνουν και καταγράφονται στους σειсмоγράφους νωρίτερα. Η ονομασία τους ως Primary P και Secondary S κύματα προέρχεται από αυτή τη διαφορά ταχύτητας διάδοσης που έχουν. Στα P κύματα τα υλικά σημεία του πετρώματος ταλαντώνονται παράλληλα προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος σχηματίζοντας συμπιέσεις και αραιώσεις (βλ. Εικόνα 13).



Εικόνα 12: Τύποι σεισμικών κυμάτων. (Πηγή: Bolt, 1993)

Τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια όταν συμπιέζονται ανθίστανται στην αλλαγή του όγκου τους και γι' αυτό όταν σταματήσει η συμπίεση επανέρχονται ελαστικώς στην αρχική τους θέση. Έτσι τα P κύματα διαδίδονται δια μέσου κάθε υλικού. Στα S κύματα τα υλικά σημεία του πετρώματος ταλαντώνονται κάθετα προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος και αλλάζουν μόνο το σχήμα του πετρώματος. Επειδή, τα ρευστά δεν ανθίστανται στην αλλαγή του σχήματός τους γι' αυτό τα S κύματα διαδίδονται δια μέσου αυτών. Στην επιφάνεια της γης σχηματίζονται τα επιφανειακά κύματα, τα οποία είναι τα τελευταία κύματα που καταγράφονται στους σειсмоγράφους και είναι τα καταστρεπτικότερα και τα πιο σύνθετα. Αποτελούνται από τα κύματα Rayleigh, κατά τη διάδοση των οποίων τα σημεία του εδάφους διαγράφουν μια περιστροφική διαδρομή παράλληλη προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος και τα κύματα Love στα οποία η κίνηση των σημείων γίνεται κάθετα προς αυτήν. Στο συνδυασμό των κινήσεων που διαγράφουν τα αντικείμενα ως αποτέλεσμα της συμβολής των κυμάτων αυτών οφείλεται και η καταστρεπτικότητα πολλών σεισμών (Δούτσος, 2000).



Εικόνα 13: Διάδοση σεισμικών κυμάτων. (Πηγή: Keller & Pinter, 1986)

Αν και οι άνθρωποι μπορούν να κάνουν ελάχιστα ή τίποτα για να αλλάξουν τη συχνότητα ή την ένταση των περισσότερων φυσικών φαινομένων, μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο να διασφαλίσουν ότι οι φυσικοί κίνδυνοι δεν μετατρέπονται σε καταστροφές με τις δικές τους ενέργειες (Wisner & Adams, 2002). Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι η ανθρώπινη παρέμβαση μπορεί να αυξήσει τη συχνότητα και τη σοβαρότητα των φυσικών κινδύνων. Η ανθρώπινη παρέμβαση μπορεί επίσης να προκαλέσει φυσικούς κινδύνους όπου δεν υπήρχαν καθώς και να ελαττώσει την δράση μετριασμού των φυσικών οικοσυστημάτων (Burton et al., 1978).

1.5.2. Χώρος-Χρόνος-Σεισμός

Σαν γραμμική συνάρτηση, ο χρόνος αποτελεί την σπονδυλική στήλη για τα περισσότερα μοντέλα που εξετάζουν το μηχανισμό με τον οποίο λαμβάνουν χώρα οι καταστροφές ή τον τρόπο με τον οποίο αυτές μπορεί να ελεγχθούν. Ο χώρος είναι ένα άλλο σημαντικό στοιχείο για όλες τις καταστροφές και σχετίζεται με την τρωτότητα και την επιδεκτικότητα σε καταστροφές καθώς και τις συνέπειες από ένα γεγονός, ενώ αποτελεί άμεση συνάρτηση του χρόνου (Λέκκας, 2000).

Ο σεισμός αποτελεί μια από τις πιο καταστροφικές φυσικές καταστροφές και παρά τη μικρή χρονική διάρκεια του, μπορεί να προκαλέσει πλημμύρες, πυρκαγιές, τραυματισμούς και θύματα. Τα αποτελέσματα αυτά ποικίλλουν ανάλογα με τις συνθήκες, την αντοχή του υπέδαφους, τη ποιότητα των κατασκευών, τη πυκνότητα πληθυσμού, τις συνήθειες του πληθυσμού και τη τοπική ώρα.

Μετά από ένα σεισμό συχνά προκαλούνται βλάβες σε κτίρια όπως κατοικίες, ιστορικά μνημεία και κτίρια στα οποία συγκεντρώνεται το κοινό για κοινωνικές, οικονομικές, πολιτιστικές, θρησκευτικές, ψυχαγωγικές επιστημονικές και αθλητικές εκδηλώσεις και δραστηριότητες καθώς και για την αναμονή συγκοινωνιακών μέσων (εκκλησίες, σχολεία, γήπεδα, θέατρα, γυμναστήρια, δίκτυα μεταφορών κτλ.).

1.5.3. Μέθοδοι εκτίμησης ζημιών μετά από σεισμό

Με την απόκτηση αξιόπιστων πληροφοριών για το σεισμό μέσα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, είναι δυνατό να γίνει μια καλύτερη ταξινόμηση των απαραίτητων ενεργειών και να βρεθεί η σωστή προτεραιότητα για τις πιο κρίσιμες καταστάσεις, με βάση τις δυνατότητες που υπάρχουν στην περιοχή και τη σχετική θέση των διαφόρων υπηρεσιών από το επίκεντρο του σεισμού. (Κουτσόπουλος, 2017)

Ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα μετά από ένα σεισμό, είναι η αξιολόγηση της βλάβης των κτιρίων με σκοπό την ανάκτηση πληροφοριών για επιχειρήσεις διάσωσης, ανθρωπιστικής βοήθειας και ανασυγκρότησης στη καταστροφή περιοχή.

Η εκτίμηση σεισμικής διακινδύνευσης σε μια περιοχή, ως εργαλείο σχεδιασμού αντιμετώπισης των επιπτώσεων των σεισμικών φαινομένων σε κτίρια και ανθρώπους, βασίζεται όπως είναι λογικό, στην τρωτότητα της κτιριακής υποδομής. Η έννοια της τρωτότητας σε μια κατασκευή, μπορεί ερμηνευτεί ως ένας δείκτης, που προσδιορίζει με ποσοτικό και ποιοτικό τρόπο τα τρωτά σημεία της. Έτσι ως τρωτότητα V μιας τεχνικής κατασκευής ορίζεται ο αναμενόμενος τρόπος απόκρισης της κατασκευής αυτής στις σεισμικές κινήσεις. Ο υπολογισμός της τρωτότητας των κατασκευών, είναι ένα πολύ σύνθετο πρόβλημα, γιατί σε αυτή εισέρχονται μεταβλητές με πολλές αβεβαιότητες. Οι εδαφικές κινήσεις καθορίζονται από τους σεισμούς, αλλά αυτοί έχουν πολλά χαρακτηριστικά που πολύ δύσκολα μπορούν να προβλεφθούν (μέγεθος σεισμού, εστιακή απόσταση, είδος ρήγματος, συχνότητα κ.α.). Από την άλλη υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι κατασκευής των κτιρίων (αντισεισμικό κανονισμό: χωρίς, χαμηλού επιπέδου, μέσου επιπέδου, υψηλού επιπέδου), πολλά υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένα (ξύλο, πέτρα, οπλισμένο σκυρόδεμα, σίδηρο), καθώς και ποικίλα σχήματα στην κάτοψη τους και στην όψη τους. Είναι φανερό από τα παραπάνω ότι, ο καθορισμός της τρωτότητας των κατασκευών, απαιτεί πληροφορίες και γνώσεις από πολλούς επιστήμονες και φορείς, που δύσκολα υπάρχουν τόσο σε ποσότητα όσο και σε ακρίβεια (Μανίκας, 2018).

Οι βασικότερες μέθοδοι υπολογισμού της τρωτότητα στις μέρες είναι:

(α) Ημ εμπειρική μέθοδος . Βασίζεται στην στατιστική συσχέτιση των βλαβών και τις σεισμικής συμπεριφοράς, σε παρελθόντες σεισμούς, με τα δομικά χαρακτηριστικά των κατασκευών

(β) Αναλυτική μέθοδος. Βασίζεται στην ανάλυση της κατασκευής για εκτίμηση της αναμενόμενης αντοχής της κατά την διάρκεια ενός σεισμού (καμπύλες τρωτότητας) (Μανίκας, 2018) .

Η εκτίμηση των ζημιών μετά από ένα σεισμικό γεγονός θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις παρακάτω παραμέτρους (Παρχαρίδης, 2015):

1. Τη χωρική διακριτική ικανότητα των διαστημικών δεδομένων παρακολούθησης της γης, που χρησιμοποιούνται σε σχέση με τα χαρακτηριστικά των δομημένων περιοχών (πυκνή ή αραιή δόμηση κ.λπ.).
2. Την επαναληψιμότητα του συστήματος (δηλαδή την περίοδο κατά την οποία απεικονίζει την ίδια περιοχή ο δορυφόρος). Ένα σύστημα παρουσιάζει υψηλή επαναληψιμότητα, αλλά δεν μπορεί να γίνει η λήψη των δεδομένων από τους

ερευνητές σε χρόνο μικρότερο των 24 ωρών (απόκτηση των δεδομένων σε πραγματικό ή σχεδόν πραγματικό χρόνο).

3. Την ικανότητα ανίχνευσης και αναγνώρισης του συστήματος που χρησιμοποιούμε. Υψηλές ικανότητες ανίχνευσης και αναγνώρισης επιτυγχάνονται ειδικά σε περιοχή με αραιή οικοδόμηση

Σε διάφορες χώρες του κόσμου, έχουν αναπτυχθεί ημιεμπειρικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό της τρωτότητας, που έχουν ως στόχο την εκτίμηση των ζημιών στις κατασκευές και την αντιμετώπιση τετοιου είδους προβλημάτων.

Μερικές απο αυτές είναι:

➤ Μέθοδος της Αμερικάνικης FEMA

1. Κατάταξη κτιρίου	Σε αυτό το στάδιο γίνεται μια κατάταξη στα κτίρια, σε έναν από τους 12 βασικούς τύπους κτιρίων που ορίζει η μέθοδος, ανάλογα με το υλικό κατασκευής και την ζώνη σεισμικότητας, οπότε και παίρνει την «βασική βαθμολογία». Η «βασική βαθμολογία» κυμαίνεται από 1.0 για την άοπλη τοιχοποιία και υψηλή ζώνη επικινδυνότητας έως 8.5 για ξύλινο πλαίσιο και χαμηλή ζώνη επικινδυνότητας.
2. Καθορισμός αρνητικών στοιχείων των κτιρίων	Σε αυτό το στάδιο γίνεται μείωση της «βασική βαθμολογία» του κτιρίου ανάλογα με το ύψος, την μη κανονικότητα καθ' ύψος και σε κάτοψη, την ύπαρξη μαλακού ορόφου ή κοντά υποστυλώματα καθώς και το έδαφος θεμελίωσης.
3. Καθορισμός αντισεισμικού σχεδιασμού	Σε αυτό το στάδιο προσδιορίζεται αν έχει και με βάση ποιο αντισεισμικό σχεδιασμό έχει κατασκευαστεί το κτίριο. Αν έχει σχεδιαστεί με σύγχρονο κανονισμό η «βασική βαθμολογία» αυξάνεται κατά 2 βαθμούς.
4. Τελική βαθμολογία	Σε αυτό το στάδιο γίνεται η αξιολόγηση της τρωτότητας του κτιρίου με βάση την τελική βαθμολογία. Αν η Τελική βαθμολογία είναι μικρότερη του 2 τότε το κτίριο χρίζει περαιτέρω διερεύνησης.

Πίνακας 1: Στάδια καθορισμού της τρωτότητας κτιρίων σύμφωνα με FEMA. (Πηγή: Μανίκας, 2018)

➤ Ελληνική μέθοδος σύμφωνα με ΥΠΕΧΩΔΕ – ΟΑΣΠ

1.Συλλογή στοιχείων	Σε αυτό το στάδιο γίνεται συλλογή των απαραίτητων στοιχείων του κτιρίου: Γενικά (διεύθυνση, Χρήση, στοιχεία ιδιοκτήτη) Τεχνικά (αριθμός οροφών, επιφάνεια κάτοψης, έτος κατασκευής). Σεισμολογικά/γεωτεχνικά (ζώνη σεισμικότητας, είδος εδάφους κ.α.).
2.Κατατάξη κτιρίου	Σε αυτό το στάδιο (έντυπο τέταρτης ενότητας), γίνεται μια κατάταξη στα κτίρια, σε έναν από τους 18 βασικούς τύπους κτιρίων που ορίζει η μέθοδος, ανάλογα με το υλικό κατασκευής (σκυρόδεμα, χάλυβας, τοιχοποιία), ανάλογα με το είδος του δομικού συστήματος (πλαισιωτό, μεικτό), ανάλογα με το είδος της κατασκευής (συμβατική, προκατασκευασμένη, διαζωματική τοιχοποιία) και τέλος ανάλογα με κανονιστικό πλαίσιο σχεδιασμού του κτιρίου, οπότε και παίρνει την αρχική βαθμολογία ΑΒΣΚ.
3.Καθορισμός τρωτών στοιχείων των κτιρίων	Σε αυτό το στάδιο (έντυπο πέμπτης ενότητας) γίνεται καταγραφή των τρωτών σημείων του κτιρίου όπως: <ul style="list-style-type: none"> • Χρήση ή μη αντισεισμικού κανονισμού • Προηγούμενες σεισμικές επιβαρύνσεις • Μεγάλο ύψος • Κίνδυνος κρούσης με γειτονικά κτίρια • Μη κανονικότητα καθ' ύψος και οριζόντια • Ενδεχόμενο στρέψης • Εδαφικές συνθήκες • Κακή κατάσταση λόγω ελλείπουσ συντήρησης/κακοτεχνί. Μη κανονικότητα διάταξη των τοίχων πληρώσεως • Κοντά υποστυλώματα • Μαλακός όροφος
4.Τελική βαθμολογία	Σε αυτό το στάδιο γίνεται η αξιολόγηση βαθμολόγηση της τρωτότητας του κτιρίου με βάση την τελική βαθμολογία. Η τελική βαθμολογία υπολογίζεται από την αρχική (ΑΒΣΚ) μειώνοντας την, ανάλογα με τα τρωτά σημεία του κτιρίου και την σεισμική ζώνη της περιοχής.

Πίνακας 2: Στάδια καθορισμού της τρωτότητας κτιρίων σύμφωνα με ΟΑΣΠ. (Πηγή: Μανίκας, 2018)

➤ Νεοζηλανδική Μέθοδος της NZSEE

<u>Μέθοδος ταχείας αποτίμησης</u>	
1.Κατάταξη κτιρίου	Σε αυτό το στάδιο γίνεται μια κατάταξη στα κτίρια, σε έναν από τους 10 βασικούς τύπους κτιρίων που ορίζει η μέθοδος, ανάλογα με το υλικό κατασκευής και την ζώνη σεισμικότητας, οπότε και παίρνει την «βασική βαθμολογία».
2.Καθορισμός αρνητικών στοιχείων των κτιρίων	Σε αυτό το στάδιο γίνεται αύξηση της «βασική βαθμολογία» του κτιρίου ανάλογα με το ύψος, την μη κανονικότητα καθ' ύψος και σε κάτοψη, την ύπαρξη μαλακού ορόφου ή κοντά υποστυλώματα καθώς και το έδαφος θεμελίωσης, κτιρίων κατασκευή χωρίς αντισεισμικό κανονισμό λαμβάνοντας για αυτά θετική βαθμολογία
3.Καθορισμός αντισεισμικού σχεδιασμού	Σε αυτό το στάδιο προσδιορίζεται αν έχει και με βάση ποιο αντισεισμικό σχεδιασμό έχει κατασκευαστεί το κτίριο. Αν έχει σχεδιαστεί με σύγχρονο κανονισμό η «βασική βαθμολογία» λαμβάνοντας για αυτά αρνητική βαθμολογία.
4.Τελική βαθμολογία	Σύμφωνα με αυτή την μέθοδο, όσο πιο πολλά χαρακτηριστικά σεισμικής τρωτότητας έχει μια κατασκευή τόσο μεγαλύτερη βαθμολογία παίρνει. Δηλαδή η λογική της βαθμολόγησης των κατασκευών είναι να δίνει μικρούς βαθμούς στις κατασκευές που διαθέτουν καλή συμπεριφορά στους σεισμούς και μεγάλους στις τρωτές κατασκευές. Η απαίτηση για λεπτομερέστερη διεύρυνση ή όχι προκύπτει με την βοήθεια σχετικού διαγράμματος του εντύπου και είναι συνάρτηση της τελικής δομικής βαθμολογίας και της συνολικής επιφάνειας του κτιρίου.

Πίνακας 3: Στάδια καθορισμού της τρωτότητας κτιρίων σύμφωνα με NZSEE-Rapid Evaluation. (Πηγή: Καπετανά, χ.χ)

<u>Μέθοδος αργικής αποτίμησης</u>	
1. Συλλογή στοιχείων	Σε αυτό το στάδιο γίνεται μια επισκόπηση του κτιρίου που θέλουμε να ελέγξουμε και συλλέγουμε τα απαραίτητα στοιχεία και χαρακτηριστικά του, που είναι απαραίτητα για την εφαρμογή της μεθόδου
2. Καθορισμός του συντελεστή NBS	Σε αυτό το στάδιο γίνεται εκτίμηση της συμπεριφοράς των υφιστάμενων κτιρίων έναντι της απαιτούμενης για ένα νέο κτίριο, η οποία είναι το «ποσοστό επί της πρότυπης για ένα νέο κτίριο» (percentage new building standard, %NBS) για τη διαμήκη και εγκάρσια διεύθυνση. Ο συντελεστής αυτός εκφράζει την εκτιμώμενη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου σε σχέση με την πλαστιμότητα που το χαρακτηρίζει, την σεισμική ζώνη που βρίσκεται και την χρήση του.
3. Καθορισμός του συντελεστή PAR	Σε αυτό το στάδιο προσδιορίζεται ο λόγος επιτελεστικότητας PAR (Performance Achievement Ratio) για τη διαμήκη και εγκάρσια διεύθυνση. Για τον PAR προσδιορισμό του συντελεστή αυτού λαμβάνονται υπόψη στοιχεία τρωτότητας του κτιρίου, όπως την μη κανονικότητα καθ' ύψος και σε κάτοψη, την ύπαρξη μαλακού ορόφου ή κοντά υποστυλώματα, το έδαφος θεμελίωσης καθώς και την πιθανότητα κρούσης με γειτονικά κτίρια.
4. Υπολογισμός του βαθμού SPS	Το γινόμενο του συντελεστή NBS και του PAR μας δίνει το Βαθμό Δομικής Συμπεριφοράς ΒΔΣ (SPS Structural Performance Score) του κτιρίου.
5. Τελική αξιολόγηση	Αν ο Βαθμός Δομικής Συμπεριφοράς ΒΔΣ (SPS Structural Performance Score) του κτιρίου προκύψει ≤ 33 τότε εκτιμάμε ότι το ελεγχόμενο κτίριο δεν έχει την απαιτούμενη, με βάση τον κανονισμό, σεισμική συμπεριφορά, συνεπώς απαιτείται πιο λεπτομερέστερος έλεγχος. Ενώ αν ο ΒΔΣ > 33 τότε εκτιμάμε ότι το ελεγχόμενο κτίριο έχει την απαιτούμενη, με βάση τον κανονισμό, σεισμική συμπεριφορά, συνεπώς δεν απαιτείται από τον νόμο να ληφθούν για αυτό μέτρα.

Πίνακας 4: Στάδια καθορισμού της τρωτότητας κτιρίων σύμφωνα με NZSEE-Initial Evaluation Process. (Πηγή: Καπετανά, χ.χ)

Σύγκριση Μεθόδων			
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	FEMA	ΥΠΕΧΩΛΕ- ΟΑΣΠ	NZSEE
ΔΟΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	➤	➤	➤
ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΖΩΝΗ	➤	➤	
ΥΨΟΣ	➤	➤	➤
ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ	➤	➤	
ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΙΣ	➤	➤	
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	➤	➤	➤
ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΘ' ΥΨΟΣ & ΚΑΤΟΨΗΣ	➤	➤	➤
ΜΑΛΑΚΟΣ ΟΡΟΦΟΣ	➤	➤	➤
ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	➤	➤	➤
ΚΡΟΥΣΗ ΜΕ ΓΕΙΤΟΝΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ		➤	➤
ΒΑΡΕΙΕΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ			➤
ΚΟΝΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ		➤	➤
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ		➤	➤
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΡΗΓΜΑ			➤
ΕΙΔΙΚΟΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ			➤
ΌΓΚΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ			
ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ			➤

Πίνακας 5: Σύγκριση μεθόδων υπολογισμού της τρωτότητας των κτιρίων. (Πηγή: Καπετανά, χ.χ)

Συγκρίνοντας τις παραπάνω μεθόδους, παρατηρούμε ότι και οι τρεις μέθοδοι έχουν επηρεαστεί από τη μεθοδολογία της FEMA, ενώ η NZSEE είναι η μέθοδος που εξετάζει περισσότερες παραμέτρους. Άλλοι μέθοδοι, είναι η μέθοδος της Ιταλίας (GNDDT), η μέθοδος της Ιαπωνίας (JBDPA) κ.ά.

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Σεισμολογικό Κέντρο, η Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα (European Macroseismic Scale-EMS), είναι προσαρμοσμένη στα Ευρωπαϊκά πρότυπα, και αποτελεί εξέλιξη της κλίμακας Medvedev-Sponheuer-Karnik, MSK (1964).

Η κλίμακα EMS (European Macroseismic Scale) στηρίζεται κατά κύριο λόγο στη τρωτότητα των κτιρίων και σύμφωνα με αυτή ταξινομήθηκαν οι κατασκευές των κτιρίων σε κατηγορίες τρωτότητας και οι βλάβες των κατασκευών.

Οι εικόνες που ακολουθούν, έχουν ιδιαίτερη σημασία για την εκτίμηση των βλαβών μετά από ένα σεισμό.






Κατάταξης κατασκευών σε κατηγορίες τρωτότητας

	Τύπος κατασκευής	Κατηγορία τρωτότητας					
		A	B	C	D	E	F
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΜΕ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	Αργολιθοδομή Χαλαρή λιθοδομή	○					
	Πλινθοδομή	○—					
	Απλή λιθοδομή	...○					
	Λιθοδομή με μεγάλους λίθους		—○—				
	Άσπλη λιθοδομή / Τσιμεντόλιθος	...○—					
	Άσπλη λιθοδομή με πλάκες οπλ. σκυροδέματος		—○—				
	Οπλισμένη πλινθοδομή ή εγκιβωτισμένη τοιχοποιία			...○—			
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	Σκελετός χωρίς αντισεισμική σχεδίαση (ΑΣ)	...—○—					
	Σκελετός με μέτριο βαθμό ΑΣ		...—○—				
	Πλαίσιο με υψηλό βαθμό ΑΣ			...—○—			
	Τοιχεία χωρίς ΑΣ		...○—				
	Τοιχεία με μέτριο βαθμό ΑΣ			...○—			
	Τοιχεία με υψηλό βαθμό ΑΣ				...○—		
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ	Χαλύβδινες κατασκευές			...—○—			
ΞΥΛΙΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	Ξύλινες κατασκευές		...—○—				

○ πιθανότερη κατηγορία τρωτότητας — πιθανό εύρος
 λιγότερο πιθανό εύρος, ειδικές περιπτώσεις


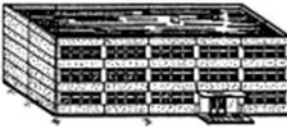



Πίνακας 6: Κατάταξης κατασκευών σε κατηγορίες τρωτότητας. (Πηγή: Musson et al., 1998)

Κατηγορίες βλαβών σε κτήρια από τοιχοποιία

	<p>Βαθμός 1: Αμελητέες έως ελαφρές βλάβες (καθόλου δομικές βλάβες, ελαφρές μη δομικές βλάβες) Τριχοειδείς ρωγμές σε λίγους τοίχους. Πτώση μόνο μικρών κομματιών επιχρίσματος. Πτώση χαλαρών λίθων από τα ανώτερα τμήματα του κτηρίου σε πολύ λίγες περιπτώσεις.</p>
	<p>Βαθμός 2: Μέτριες βλάβες (ελαφρές δομικές βλάβες, μέτριες μη δομικές βλάβες) Ρωγμές σε πολλούς τοίχους Πτώση αρκετά μεγάλων κομματιών επιχρίσματος. Μερική κατάρρευση καπνοδόχων.</p>
	<p>Βαθμός 3: Σημαντικές έως βαριές βλάβες (μέτριες δομικές βλάβες, βαριές μη δομικές βλάβες) Μεγάλες και εκτεταμένες ρωγμές στους περισσότερους τοίχους. Αποκόλληση κεραμιδιών. Θραύση σε καπνοδόχους κατά μήκος της γραμμής της οροφής. Βλάβες σε μεμονωμένα μη δομικά στοιχεία (χωρίσματα, αετώματα).</p>
	<p>Βαθμός 4: Πολύ βαριές βλάβες (βαριές δομικές βλάβες, πολύ βαριές μη δομικές βλάβες) Σοβαρές αστοχίες στους τοίχους. Μερική δομική αστοχία οροφών και δαπέδων.</p>
	<p>Βαθμός 5: Καταστροφή (πολύ βαριές δομικές βλάβες) Ολική ή σχεδόν ολική κατάρρευση</p>

Πίνακας 7: Κατηγορίες βλαβών σε κτήρια από τοιχοποιία. (Πηγή: Musson et al., 1998)

Κατηγορίες αστοχιών σε κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα

	<p>Βαθμός 1: Αμελητέες έως ελαφρές βλάβες (καθόλου δομικές βλάβες, ελαφρές μη δομικές βλάβες) Λεπτές ρωγμές στο επίχρισμα πάνω από στοιχεία του σκελετού ή σε τοίχους στη βάση. Λεπτές ρωγμές σε χωρίσματα και τοίχους πληρώσεως.</p>
	<p>Βαθμός 2: Μέτριες βλάβες (ελαφρές δομικές βλάβες, μέτριες μη δομικές βλάβες) Ρωγμές σε υποστυλώματα και δοκούς του φέροντος σκελετού και σε δομικούς τοίχους. Ρωγμές σε χωρίσματα και τοίχους πληρώσεως. Πτώση σαθρών επενδύσεων και επιχρισμάτων. Πτώση κονιάματος από τους αρμούς των πανέλων τοιχοποιίας.</p>
	<p>Βαθμός 3: Σημαντικές έως βαριές βλάβες (μέτριες δομικές βλάβες, βαριές μη δομικές βλάβες) Ρωγμές στα υποστυλώματα και στους κόμβους δοκών και υποστυλωμάτων των σκελετών στη βάση και στους αρμούς συνδεδεμένων τοιχείων. Θρυμματισμός επικάλυψης οπλισμού, παραμόρφωση ράβδων οπλισμού. Μεγάλες ρωγμές σε χωρίσματα και τοίχους πλήρωσης, αστοχία ανεξάρτητων πανέλων πλήρωσης</p>
	<p>Βαθμός 4: Πολύ βαριές βλάβες (βαριές δομικές βλάβες, πολύ βαριές μη δομικές βλάβες) Μεγάλες ρωγμές στα δομικά στοιχεία με αστοχία του σκυροδέματος σε θλίψη και θραύση των ράβδων οπλισμού. Αστοχία πρόσφυσης των οπλισμών των δοκών,, κλίση υποστυλωμάτων. Κατάρρευση λίγων υποστυλωμάτων ή ενός μεμονωμένου ανώτερου ορόφου.</p>
	<p>Βαθμός 5: Καταστροφή (πολύ βαριές δομικές βλάβες) Κατάρρευση ισογείου ή μέρους (π.χ. πτέρυγας) κτηρίων.</p>

Πίνακας 8: Κατηγορίες αστοχιών σε κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα. (Πηγή: Musson et al., 1998)

Επιπλέον, σημαντικό παράγοντα για την εκτίμηση των σεισμικών καταστροφών σε κατασκευές, αποτελεί η ένταση του σεισμού. Ανάλογα με το πόσο ισχυρός είναι ένας σεισμός, μπορεί να προκαλέσει τις σχετικές απώλειες τόσο σε ανθρώπινο επίπεδο, όσο και σε επίπεδο κτιριακών κατασκευών.

Η εικόνα που ακολουθεί περιλαμβάνει την περιγραφή των καταστροφών ανάλογα με την ένταση της σεισμικής δόνησης, σύμφωνα με τη EMS:

Ένταση	Περιγραφή καταστροφών
I. Μη αισθητός	α) Δεν γίνεται αισθητός από τους ανθρώπους, ακόμα και υπό τις ευνοϊκότερες συνθήκες.
II. Ανεπαίσθητος	α) Η δόνηση είναι αισθητή μόνο σε μεμονωμένες περιπτώσεις (<1%) ατόμων που αναπαύονται και σε ειδικές θέσεις μέσα στα κτήρια.
III. Ασθενής	α) Ο σεισμός είναι αισθητός μέσα σε κτήριο από λίγους. Όσοι αναπαύονται αισθάνονται μια ταλάντωση ή τρεμούλιασμα του φωτός. β) Ανηρητημένα αντικείμενα αιωρούνται ελαφρά.
IV. Ευρέως παρατηρητός	α) Ο σεισμός είναι αισθητός από πολλούς μέσα σε κτήρια και από λίγους έξω. Λίγοι ξυπνούν. Το επίπεδο της ταλάντωσης δεν προκαλεί φόβο. Η ταλάντωση είναι μέτρια. Οι παρατηρητές αισθάνονται ένα ελαφρό τρεμούλιασμα ή ταλάντωση του κτιρίου, δωματίου, κρεβατιού, καρέκλας, κλπ. β) Πιατικά, ποτήρια, παράθυρα και πόρτες κροτούν. Ανηρητημένα αντικείμενα αιωρούνται. Σε ορισμένες περιπτώσεις ελαφρά έπιπλα δονούνται εμφανώς. Σε ορισμένες περιπτώσεις ξύλινες κατασκευές τρίζουν.
V. Ισχυρός	α) Ο σεισμός είναι αισθητός από τους περισσότερους μέσα στα κτήρια και από λίγους έξω. Λίγοι φοβούνται και τρέχουν έξω. Πολλοί ξυπνούν. Οι παρατηρητές αισθάνονται μια δυνατή ταλάντωση ή τράνταγμα όλου του κτιρίου, δωματίου ή επίπλου. β) Ανηρητημένα αντικείμενα αιωρούνται αισθητά. Πιατικά, ποτήρια, παράθυρα και πόρτες χτυπούν μεταξύ τους. Μικρά ασταθή αντικείμενα μπορεί να μετακινηθούν ή να πέσουν. Πόρτες και παράθυρα ανοιγοκλείνουν. Υγρά ταλαντώνονται και μπορεί να χυθούν από γεμάτα δοχεία. Τα ζώα μέσα στο σπίτι μπορεί να είναι ανήσυχα. γ) Βλάβες βαθμού 1 σε λίγα κτήρια τάξης τρωτότητας Α και Β.
VI. Ελαφρά βλαβερός	α) Ο σεισμός είναι αισθητός από τους περισσότερους μέσα στα κτήρια και από πολλούς έξω. Λίγοι χάνουν την ισορροπία τους. Πολλοί φοβούνται και προσπαθούν να βγουν έξω. β) Μικρά αντικείμενα κανονικής σταθερότητας μπορεί να πέσουν και έπιπλα μπορεί να μετακινηθούν. Σε ορισμένες περιπτώσεις πιάτα και ποτήρια μπορεί να σπάσουν. Τα κατοικίδια ζώα (ακόμα και όταν είναι έξω) μπορεί να τρομάξουν. γ) Βλάβες βαθμού 1 σε πολλά κτήρια τάξης τρωτότητας Α και Β.

	<p>Βλάβες βαθμού 2 σε λίγα κτήρια τάξης Α και Β. Βλάβες βαθμού 1 σε λίγα τάξης C.</p>
VII. Βλαβερός	<p>α) Οι περισσότεροι φοβούνται και προσπαθούν να βγουν έξω. Πολλοί δεν μπορούν να σταθούν, κυρίως στους ανώτερους ορόφους. β) Έπιπλα μετακινούνται και ασταθή έπιπλα μπορεί να ανατραπούν. Μεγάλος αριθμός αντικειμένων πέφτουν από τα ράφια. Το νερό ξεχύνεται από δοχεία, δεξαμενές και λίμνες. γ) Βλάβες βαθμού 3 σε πολλά κτήρια τάξης τρωτότητας Α· σε 31 λίγα βαθμού 4. Βλάβες βαθμού 2 σε πολλά κτήρια τάξης Β· σε λίγα βαθμού 3. Βλάβες βαθμού 2 σε λίγα κτήρια τάξης C. Βλάβες βαθμού 1 σε λίγα κτήρια τάξης D.</p>
VIII. Βαριά βλαβερός	<p>α) Πολλοί δεν μπορούν να σταθούν όρθιοι, ακόμα και έξω. β) Έπιπλα μπορεί να ανατραπούν. Αντικείμενα όπως τηλεοράσεις, γραφομηχανές κλπ. πέφτουν στο έδαφος. Ταφόπλακες ενίοτε μετακινούνται, περιστρέφονται ή ανατρέπονται. Σε πολύ χαλαρό έδαφος μπορεί να παρατηρηθεί κυματισμός. γ) Βλάβες βαθμού 4 σε πολλά κτήρια τάξης τρωτότητας Α· σε λίγα βαθμού 5. Βλάβες βαθμού 3 σε πολλά κτήρια τάξης Β· σε λίγα βαθμού 4. Βλάβες βαθμού 2 σε πολλά κτήρια τάξης C· σε λίγα βαθμού 3. Βλάβες βαθμού 2 σε λίγα κτήρια τάξης D.</p>
IX. Καταστρεπτικός	<p>α) Γενικός πανικός. Άνθρωποι μπορεί να πέσουν στο έδαφος. β) Πολλά μνημεία και στύλοι ανατρέπονται ή περιστρέφονται. Παρατηρείται κυματισμός σε χαλαρό έδαφος. γ) Βλάβες βαθμού 5 σε πολλά κτήρια τάξης τρωτότητας Α. Βλάβες βαθμού 4 σε πολλά κτήρια τάξης Β· σε λίγα βαθμού 5. Βλάβες βαθμού 3 σε πολλά κτήρια τάξης C· σε λίγα βαθμού 4. Βλάβες βαθμού 2 σε πολλά κτήρια τάξης D· σε λίγα βαθμού 3. Βλάβες βαθμού 2 σε λίγα κτήρια τάξης E.</p>
X. Πολύ καταστρεπτικός	<p>γ) Βλάβες βαθμού 5 στα περισσότερα κτήρια τάξης τρωτότητας Α. Βλάβες βαθμού 5 σε πολλά κτήρια τάξης Β.</p>

	<p>Βλάβες βαθμού 4 σε πολλά κτήρια τάξης C· σε λίγα βαθμού 5.</p> <p>Βλάβες βαθμού 3 σε πολλά κτήρια τάξης D· σε λίγα βαθμού 4.</p> <p>Βλάβες βαθμού 2 σε πολλά κτήρια τάξης E· σε λίγα βαθμού 3.</p> <p>Βλάβες βαθμού 2 σε λίγα κτήρια τάξης F.</p>
XI. Συντριπτικός	<p>γ) Βλάβες βαθμού 5 στα περισσότερα κτήρια τάξης τρωτότητας B.</p> <p>Βλάβες βαθμού 4 στα περισσότερα κτήρια τάξης C· σε πολλά βαθμού 5.</p> <p>Βλάβες βαθμού 4 σε πολλά κτήρια τάξης D· σε λίγα βαθμού 5.</p> <p>Βλάβες βαθμού 3 σε πολλά κτήρια τάξης E· σε λίγα βαθμού 4.</p> <p>Βλάβες βαθμού 2 σε πολλά κτήρια τάξης F· σε λίγα βαθμού 3.</p>
XII. Ολοκληρωτικά συντριπτικός	<p>γ) Όλα τα κτήρια τάξης τρωτότητας A, B και σχεδόν όλα τάξης C καταστρέφονται. Τα περισσότερα κτήρια τάξης D, E και F καταστρέφονται. Οι επιπτώσεις του σεισμού έχουν προσεγγίσει τις μέγιστες δυνατές επιπτώσεις.</p>

Πίνακας 9: Περιγραφή των καταστροφών ανάλογα με την ένταση της σεισμικής δόνησης, σύμφωνα με τη EMS. (Πηγή: Musson et al., 1998)

Στον Ελλαδικό χώρο, ο αρμόδιος κρατικός φορέας για τον σχεδιασμό της αντισεισμικής πολιτικής στην χώρα και την παρακολούθηση της εφαρμογής της είναι ο ΟΑΣΠ. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας(ΟΑΣΠ), πραγματοποιείται πρωτοβάθμιος και δευτεροβάθμιος έλεγχος και έτσι τα κτίρια μετά απο σεισμό, χαρακτηρίζονται ως πράσινα, κίτρινα και κόκκινα. **Πράσινα** χαρακτηρίζονται τα κτίρια που είναι κατάλληλα για χρήση, **κίτρινα** τα κτίρια που είναι προσωρινά ακατάλληλα για χρήση και πρέπει να επισκευαστούν, ενώ με **κόκκινο** χρώμα χαρακτηρίζονται τα κτίρια που είναι επικινδύνως ετοιμόρροπα και πρέπει να κατεδαφιστούν άμεσα .

Σύμφωνα με τον Ο.Α.Σ.Π, ο **πρωτοβάθμιος** μετασεισμικός έλεγχος κτηρίων, κατηγοριοποιεί τα κτίρια στις τρεις παραπάνω κατηγορίες (I, II, III) και αποσκοπεί (Κούτας & Μόσχας, 2008):

1. Στο να επισημανθούν όσο το δυνατόν ταχύτερα οι δύο ακραίες κατηγορίες, δηλαδή τα κτήρια που η χρήση τους δεν εγκυμονεί κίνδυνο (Κατηγορία I) καθώς και για τα κτήρια για τα οποία υπάρχει μεγάλος και άμεσος κίνδυνος κατάρρευσης, και
2. Στο να ενταχθούν τα υπόλοιπα κτήρια σε μια μεγάλη κατηγορία προσωρινά ακατάλληλων κτηρίων που θα επανελεγχθούν λεπτομερέστερα κατά το δευτεροβάθμιο μετασεισμικό έλεγχο.

Ο **δευτεροβάθμιος** μετασεισμικός έλεγχος, αποσκοπεί:

1. Στο να επιθεωρείται το εξωτερικό του κτηρίου, καθώς και η κατάσταση του εδάφους γύρω από αυτό. Έπειτα γίνεται καταγραφή των βλαβών ή των αστοχιών που παρατηρούνται.
2. Στο να εξεταστούν το εσωτερικό του κτηρίου, εφόσον η είσοδος σε αυτό είναι απαλλαγμένη από κίνδυνο τραυματισμού (π.χ. κτήριο κατηγορίας III με εμφανή κίνδυνο κατάρρευσης που δεν έχει υποστυλωθεί)
3. Στο εσωτερικό του κτηρίου ελέγχονται όλα τα δομικά στοιχεία (φέροντα και μη φέροντα) για εύρεση πιθανών βλαβών ή αστοχιών. Η καταγραφή γίνεται ανα όροφο.
4. Το κτήριο κατατάσσεται εκ νέου σε μια από τις κατηγορίες I,II,III.

1.6. Μέθοδοι καταγραφής ζημιών

Μετά τη καταστροφή από σεισμό, αν και είναι δύσκολο να εξακριβωθεί ο βαθμός της ζημιάς η ταχεία αξιολόγηση των ζημιών αποσκοπεί στην άμεση αντιμετώπιση της κατάστασης, τη διάσωση και την ανασυγκρότηση. Τις τελευταίες δεκαετίες, διάφορα είδη δεδομένων τηλεπισκόπησης, όπως οι εναέριες ή δορυφορικές εικόνες, Lidar και SAR, έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για τον εντοπισμό, την ανίχνευση και την εκτίμηση των φυσικών καταστροφών(Dong L. και Shan J., 2013). Με τη χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής χωρικής ανάλυσης (VHR), μετά ένα σεισμό είναι εφικτό να γίνει μία γρήγορη και αξιόπιστη εκτίμηση καθώς παρέχουν μεγάλο αριθμό πληροφορίας.

Για να επιτευχθούν τα παραπάνω, δηλαδή η ανίχνευση και η εκτίμηση, έχουν διατυπωθεί τρεις τύποι δεδομένων: τα **οπτικά** δεδομένα, τα δεδομένα **SAR(Synthetic Aperture Radar)** και τα δεδομένα **LiDAR(Light detection and ranging)**.

- Τα οπτικά δεδομένα, αφορούν εικόνες με χωρική ανάλυση μικρότερη από ένα μέτρο μπορούν να αποκτηθούν από εναερία και δορυφορικά(π.χ. Airplane, UAV,QuickBird, Formosat-2, IKONOS) και παρέχουν λεπτομερείς φασματικές πληροφορίες χρήσιμες για τη διάκριση μεταξύ τύπων κάλυψης γης.
- Τα δεδομένα SAR, παρέχουν δεδομένα υψηλής ακρίβειας, μπορούν να αποκτηθούν εναερία και δορυφορικά (π.χ. Airplane, UAV, Cosmo-Skymed Radarsat-1) και είναι χρήσιμα για τη απικόνιση των κτιρίων με λεπτομέρεια, αλλά και των χρήσεων γής.
- Τα LiDAR επιτρέπουν τη λήψη υψομετρικών δεδομένων και μπορούν να αποκτηθούν επείγια και εναερία(π.χ. Van, Airplane, UAV). Χρησιμοποιούν υπεριώδη, ορατή ή κοντά στο υπέρυθρο ακτινοβολία για την απεικόνιση διάφορων αντικειμένων ή στόχων όπως, μη μεταλλικά αντικείμενα, πέτρες, αερολύματα, σύννεφα (Ιωακειμίδης,2012).

1.7. Τρισδιάστατη χαρτογράφηση και φυσικές καταστροφές

Το πρώτο ερώτημα που τίθεται κατά τη διάρκεια ενός συμβάν είναι «Πού είναι η καταστροφή; Πού είναι οι μονάδες διάσωσης; Πού είναι οι πηγές κινδύνου; Πού πρέπει όσοι βρίσκονται σε κίνδυνο να μετακινηθούν;» (Bandrova et al., 2012).

Χωρίς να το συνειδητοποιήσουμε, οι άνθρωποι συχνά δίνουν μια απάντηση που έχει ένα τρισδιάστατο στοιχείο, π.χ. «Η φωτιά είναι στον 6^ο όροφο», «Οι μονάδες διάσωσης είναι ακόμα κάτω στην κοιλάδα», «Το φράγμα του λόφου βρίσκεται σε κρίσιμη κατάσταση». Θα ήταν περισσότερο ενδεικτικό εάν οι απαντήσεις αυτές μπορούσαν να συνοδεύονται από 3D χάρτες. Ωστόσο, η επεξεργασία, η ανάλυση και η παρουσίαση, των 3D πληροφοριών στους ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης απαιτεί πολύ μεγαλύτερη προσοχή σε σύγκριση με τη μετάδοση δεδομένων 2D (Bandrova et al., 2012).

Οι χάρτες 3D δημιουργούν νέες προκλήσεις στους χαρτογράφους, και οι χαρτογράφοι θα πρέπει να εργαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχουν τον κατάλληλο χάρτη με τα απαραίτητα στοιχεία για τη διαχείριση κρίσεων. Οι 3D παρουσιάσεις θα πρέπει να είναι πολύ καλά προσαρμοσμένες στο πλαίσιο του χρήστη και να παρέχει κατανοητές και εύκολα αντιληπτές πληροφορίες και μηνύματα (Bandrova et al., 2012).

Αυτή η προσαρμογή θα επιταχύνει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των ζημιών και στην προστασία των ανθρώπινων ζώων (Kozel & Stampach, 2010).

Από μια άποψη, η προσαρμοστικότητα στο περιβάλλον (του χρήστη ή της εφαρμογής) είναι ένα είδος χαρτογραφικής γενίκευσης. Στην προσαρμοσμένη χαρτογραφία, η μεταβλητότητα των 3D απεικονίσεων και η μεταβλητότητα του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται πρέπει να ληφθούν υπόψη. Η σημασία των 3D απεικονίσεων είναι ο τρόπος στον οποίο ο χώρος αντιπροσωπεύεται λαμβάνοντας υπόψη το επίπεδο λεπτομέρειας. Το επίπεδο λεπτομέρειας αντανακλά επίσης στην απαραίτητη ποσότητα των πληροφοριών που απαιτούνται για τη λήψη απόφασης (Bandrova et al., 2012).

Η τρισδιάστατη χαρτογράφηση των φυσικών κινδύνων και καταστροφών είναι ένας τομέας μελέτης που έχει παρουσιάσει σημαντική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Εικονικά περιβάλλοντα όπως το Google Earth, η Virtual Earth και η Second Life συνέβαλαν στην ευρύτερη αποδοχή της τρίτης διάστασης σε πολλούς τομείς.

Αυτές οι νέες προσεγγίσεις στην απεικόνιση προσφέρουν νέες ευκαιρίες για τους διαχειριστές των καταστροφών, επιτρέποντας στους χρήστες να αποκτούν σαφέστερη αντίληψη για τα χαρακτηριστικά των καταστροφών, συμπεριλαμβάνοντας τη παροχή λεπτομερειών για το μέγεθος ενός γεγονότος και τη βελτίωση εκτιμήσεων των συνθηκών εκκένωσης (Bandrova et al., 2012).

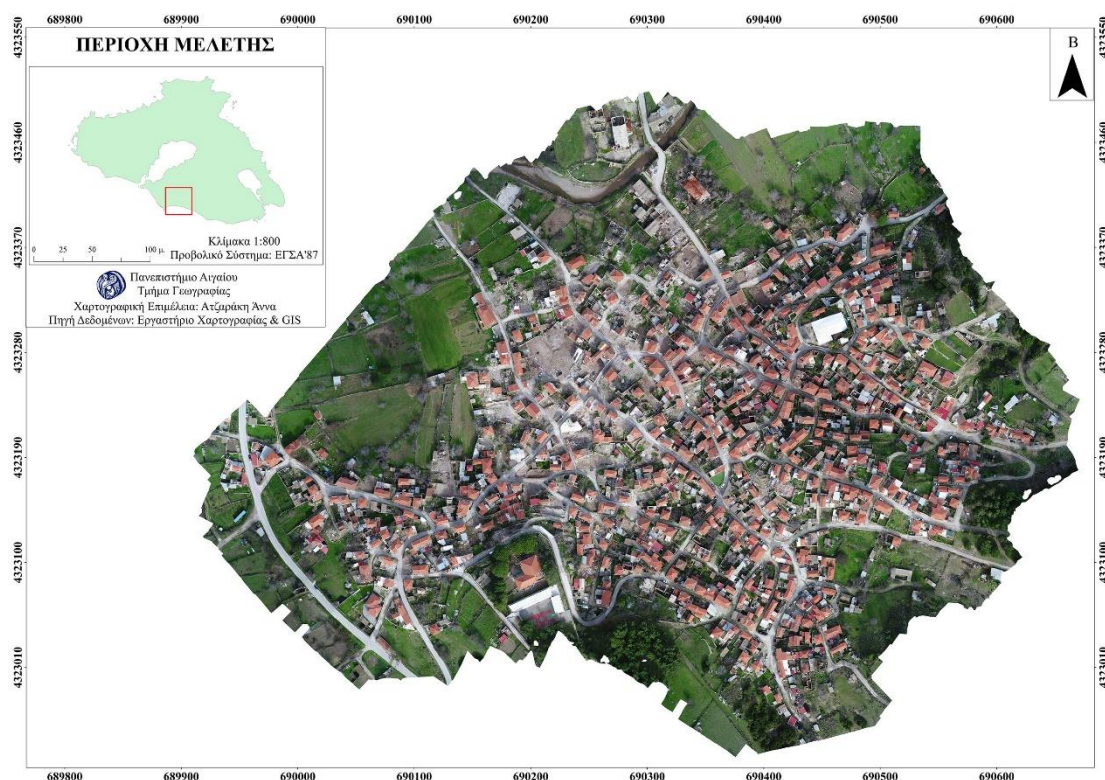
Γενικά, η απεικόνιση των πληροφοριών εξαρτάται όχι μόνο από τον τύπο των δεδομένων αλλά και τον τύπο του χρήστη, συμπεριλαμβανομένου το φύλο του / της, την ηλικία, την αναπηρία, τη συμπεριφορά, τις προτιμήσεις, τις συνήθειες, την εργασία, τις ευθύνες και άλλα χαρακτηριστικά. Πολλές τρέχουσες προϊόντα (π.χ. χάρτες, εικόνες, ιστότοποι και περιβάλλοντα 3D) για τη διαχείριση κρίσεων δανείζονται χρωματικά σχήματα, σύμβολα και περιεχόμενα χάρτη από υπάρχον λογισμικό, συστήματα, μοντέλα και οπτικοποιήσεις. Αυτές οι απεικονίσεις δεν είναι προσαρμοσμένες στις ιδιαιτερότητες της διαχείρισης καταστροφών και δεν

λαμβάνουν υπόψη το πλαίσιο του χρήστη ή τη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε επίπεδο έκτακτης ανάγκης (Fan & Zlatanova, 2008, Snoeren et al., 2006). Αυτές οι πτυχές είναι ακόμη μεγαλύτερες όταν λαμβάνεται υπόψη το περιβάλλον 3D (Bandrova et al., 2012).

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1. Γεωγραφικά χαρακτηριστικά Βρίσας

Η περιοχή της Βρίσας, η οποία εξετάζεται στη παρούσα εργασία, αποτελεί χωριό της νήσου Λέσβου. Διοικητικά ανήκει στον δήμο Λέσβου της Περιφερειακής Ενότητας Λέσβου ενώ αποτελεί έδρα του ομώνυμου δημοτικού διαμερίσματος του δήμου Πολιχνίτου. Βρίσκεται 50,8 χλμ. νοτιοανατολικά από τη πρωτεύουσα της Λέσβου τη Μυτιλήνη και έχει 617 κατοίκους. Έχει γεωγραφικό μήκος Ε 26° 12' 3" και γεωγραφικό πλάτος Ν 39° 2' 23", ενώ το υψόμετρο φτάνει τα 43 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας.



Χάρτης 1: Περιοχή μελέτης Βρίσα.

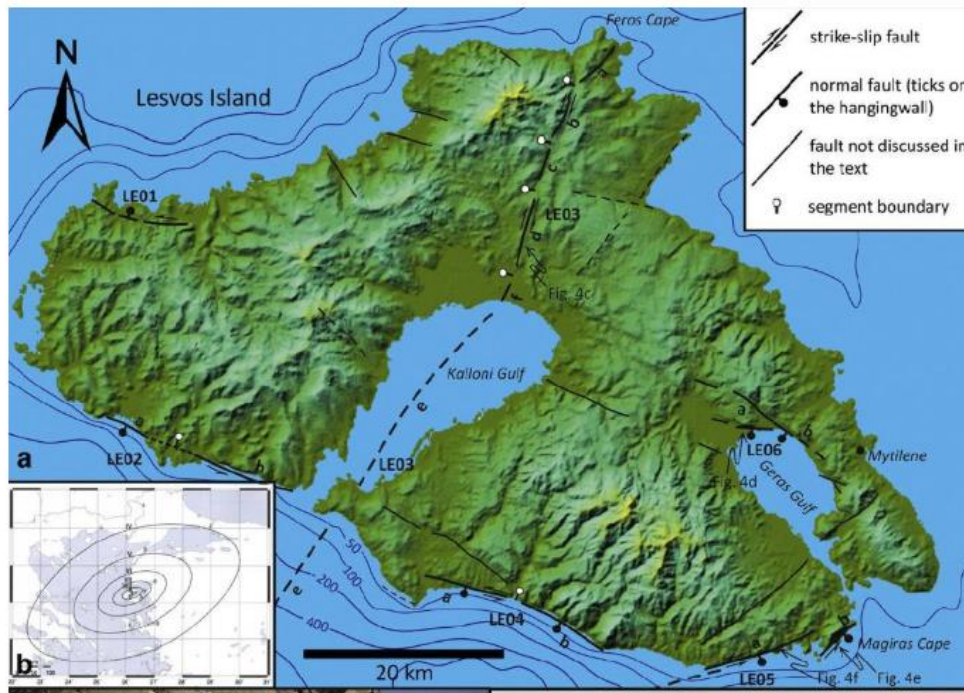
2.2. Γεωλογία και γεωμορφολογία της περιοχής μελέτης

Η περιοχή του Αιγαίου είναι μια από τις πιο ενεργές σεισμικά περιοχές της οροσειράς Άλπεων - Ιμαλαΐων. Η μικροπλάκα του Αιγαίου οριοθετείται στα βόρεια από την δυτική απόληξη του ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας και στα νότια από την Ελληνική Τάφρο (McKenzie, 1978, Mercier et al., 1979). Το Βορειοανατολικό Αιγαίο αποτελεί μια γνωστή ζώνη εφελκυσμού, που βρίσκεται νότια του δεξιόστροφου ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας και βόρεια της Ελληνικής τάφρου, στην οποία η ωκεάνια λιθόσφαιρα της Τιθύος υποβυθίζεται της ηπειρωτικής λιθόσφαιρας του Αιγαίου (e.g., Ketin, 1948, McKenzie, 1972, 1978, Dewey & Sengor, 1979, Le Pichon & Angelier, 1979, 1981, Sengor et al., 1985).

Οι μετρήσεις GPS και τα ανύσματα ολίσθησης των ρηγμάτων αποκάλυψαν ότι οι σχετικές κινήσεις των πλακών κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης της Βόρειας Ανατολίας (25 mm/yr δυτικά) και εγκάρσια στην Ελληνική Τάφρο (40-50 mm/ yr νοτιοδυτικά) προκαλούν εκτεταμένη παραμόρφωση στην περιοχή της οπισθοτάφρου (Dewey και Sengor , 1979, Barka and Reilinger, 1997). Η ανώμαλα μικρής κλίμακας ανύψωση που επικρατεί στο Αιγαίο επιτρέπει στην Ανατολία να κινείται με αυξανόμενη ταχύτητα προς τα ΔΝΔ, οδηγώντας στο άνοιγμα προς τα δυτικά του κόλπου της Σμύρνης, το οποίο οριοθετείται από κανονικά ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ (Masle & Martin, 1990).

Οι Hecht (1972), Pe-Piper (1978), Katsikatsos et al. (1982, 1986) και Pe-Piper & Piper (1993) περιέγραψαν τη γεωλογία της νήσου Λέσβου και δημιούργησαν τους αντίστοιχους γεωλογικούς χάρτες (χάρτης στα δεξιά). Η γεωλογία μπορεί να συνοψισθεί σε ένα υπόβαθρο που αποτελείται από αλπικά και προαλπικά μεταμορφωμένα πετρώματα, τα οποία στη συνέχεια καλύφθηκαν από μεταλλικούς σχηματισμούς, όπως τα ηφαιστειακά πετρώματα του Μειοκαίνου και οι θαλάσσιες και λιμναίες αποθέσεις του Νεογενούς (Migiros, 1992, Soulakellis et al., 2006). Ειδικότερα, η Λέσβος αποτελείται από μια αυτόχθονη και αλλόχθονη ενότητα, καθώς και από μεταλλικούς σχηματισμούς. Η αυτόχθονη ενότητα αποτελείται από μια σειρά σχηματισμών ηλικίας Άνω Παλαιζωϊκού έως Ανώτερου Τριαδικού. Αποτελείται επίσης από μετακλαστικούς σχηματισμούς, με φακούς και ενδιστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστόλιθων και δολομιτών. Οι αλλόχθονες ενότητες διαχωρίζονται κυρίως σε δύο τεκτονικά καλύμματα: (α) τους ηφαιστειακούς ιζηματογενείς σχηματισμούς του Κατώτερου Τριαδικού και (β) τα κατώτερα οφιολιθικά πετρώματα (ΕΚΠΑ,2017).

Η τεκτονική εξέλιξη της Λέσβου επηρεάζεται από τη γενικότερη νεοτεκτονική εξέλιξη του Αιγαίου, η οποία ξεκίνησε στο Ολιγόκαινο (15 εκατ. χρόνια). Η τεκτονική ανάλυση των ρηγμάτων και των μικροδιαρρήξεων της Λέσβου (Hecht, 1974, Katsikatsos et al., 1982) ανέδειξε τρία κύρια συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις B40°-60°Δ, B30°-60°Α και Α-Δ αντίστοιχα. Το σύστημα ρηγμάτων ΒΑ διεύθυνσης επικρατεί στο ΒΑ τμήμα του νησιού, ενώ τα άλλα δύο συστήματα είναι παράλληλα με τον προσανατολισμό της ακτογραμμής. Τα ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ φαίνεται να είναι οι παλαιότερες δομές στην περιοχή (ΕΚΠΑ,2017).



Χάρτης 2: Τα κύρια ρήγματα στη περιοχή της Λέσβου. (Πηγή: *Eggeogr*, 2017)

2.3. Ο σεισμός της 12^{ης} Ιουνίου 2017

Στις 12 Ιουνίου 2017 (12:28 GMT) έλαβε χώρα σεισμός μεγέθους M_w 6.3, εστιακού βάθους 13 χλμ. και επίκεντρο στο θαλάσσιο χώρο νότια της νοτιοανατολικής ακτής της Λέσβου. Προκλήθηκε από ένα κανονικό ρήγμα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ και κλίσης προς ΝΔ, που οριοθετεί προς Β την υποθαλάσσια λεκάνη της Λέσβου. Από τη μελέτη της μετασεισμικής ακολουθίας προέκυψε κατανομή των μετασεισμών σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, που συμφωνεί με τη διεύθυνση του σεισμογόνου ρήγματος, το μήκος του οποίου υπολογίζεται σε 25-30 km (Λέκκας κ.ά., 2017).

Ο σεισμός προκάλεσε 1 ανθρώπινη απώλεια και 15 τραυματίες (Λέκκας κ.ά., 2017). Πολύ σοβαρές δομικές ζημιές παρατηρήθηκαν στον οικισμό Βρίσα, οι οποίες αξιολογήθηκαν πολύ γρήγορα καθώς χρησιμοποιήθηκαν σύγχρονες και καινοτόμες τεχνολογίες και μεθοδολογίες, συμπεριλαμβανομένων των μη επανδρωμένων αεροσκαφών (drone) και των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) (ΕΚΠΑ, 2017).

Βλάβες σημειώθηκαν σε πολλούς οικισμούς του νοτιοανατολικού τμήματος της νήσου, όπου το κτιριακό απόθεμα περιλαμβάνει κυρίως παλαιές κατασκευές με φέρουσα τοιχοποιία από λιθοδομή με μεγάλη τρωτότητα, κατασκευές με φέρουσα τοιχοποιία από λιθοδομή με μεγάλη τρωτότητα, σύγχρονες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα με τοιχοποιίες πλήρωσης και μνημειακές κατασκευές (Λέκκας κ.ά., 2017).

Περίπου το 80% των κτιρίων του οικισμού, τα περισσότερα από τα οποία αποτελούσαν παραδοσιακές οικίες με πέτρινους τοίχους, κτισμένες στα τέλη του 19ου αιώνα ή στις αρχές του 20ου, καταστράφηκαν. Αρκετά κτίρια κατέρρευσαν, ενώ

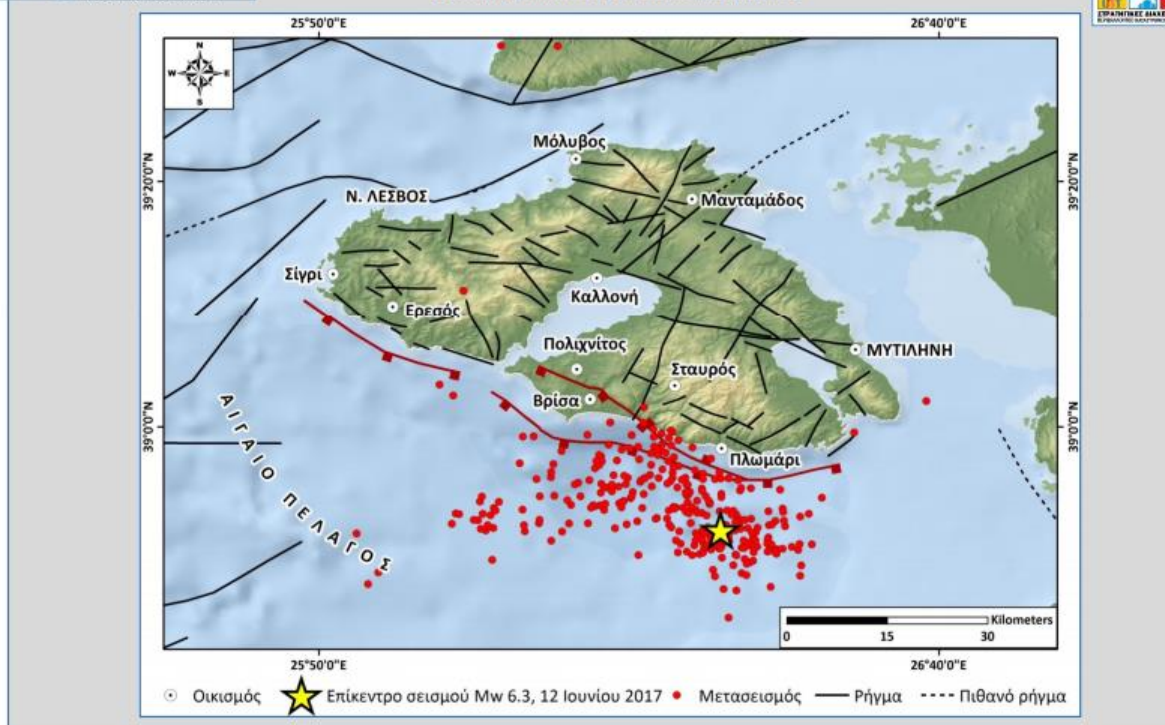
πολλά υπέστησαν πολύ σοβαρές ζημιές, και χαρακτηρίστηκαν ως επικίνδυνα με/ή χωρίς τη δυνατότητα ανακατασκευής (ΕΚΠΑ, 2017).

Σύμφωνα με τα δεδομένα, τα οποία παρέχονται από τη Διεύθυνση Αποκατάστασης Φυσικών Καταστροφών (2017), 1115 κτίρια σε 29 οικισμούς του νοτιοανατολικού τμήματος της Λέσβου χαρακτηρίστηκαν ως μη κατοικήσιμα, από τα οποία τα 976 ήταν κατοικίες, 41 εγκαταστάσεις επιχειρήσεων, 39 ναοί και δημόσια κτίρια και 59 αποθήκες. Πιο συγκεκριμένα, στη Βρίσα, 113 κτίρια χαρακτηρίστηκαν ως κατοικήσιμα, ενώ ως μη κατοικήσιμα χαρακτηρίστηκαν 472 κατασκευές από τις οποίες 408 ήταν κατοικίες, 25 ήταν εγκαταστάσεις επιχειρήσεων, 6 ήταν ναοί και δημόσια κτίρια, και 33 ήταν αποθήκες (ΕΚΠΑ, 2017).

Πολιτιστικά μνημεία, όπως για παράδειγμα μεταβυζαντινές εκκλησίες, εμφάνισαν σοβαρά στατικά προβλήματα. Ρωγμές στον φέροντα οργανισμό των κτιρίων παρατηρήθηκαν και σε παλιά κτίρια στο ιστορικό κέντρο της Μυτιλήνης, η οποία βρίσκεται περίπου 35 χλμ. βορειοανατολικά από το επίκεντρο, συμπεριλαμβανομένων των κτιρίων του Πανεπιστημίου Αιγαίου, όπως επίσης και του ιστορικού Δημαρχείου της πόλης. Μερικές καταρρεύσεις καταγράφηκαν σε παλιά βιομηχανικά κτίρια σε οικισμούς που βρίσκονται σε απόσταση έως και 35 χλμ. από το επίκεντρο. Περιορισμένες ζημιές παρατηρήθηκαν στον φέροντα οργανισμό παλιών κτιρίων στους οικισμούς Πλωμάρι, Πολιχνίτος, Λισβόρι, Σταυρός, Ακράσι, Παλαιοχώρι, Μεγαλοχώρι, Πλαγιά και Άγιος Ισίδωρος (ΕΚΠΑ, 2017).

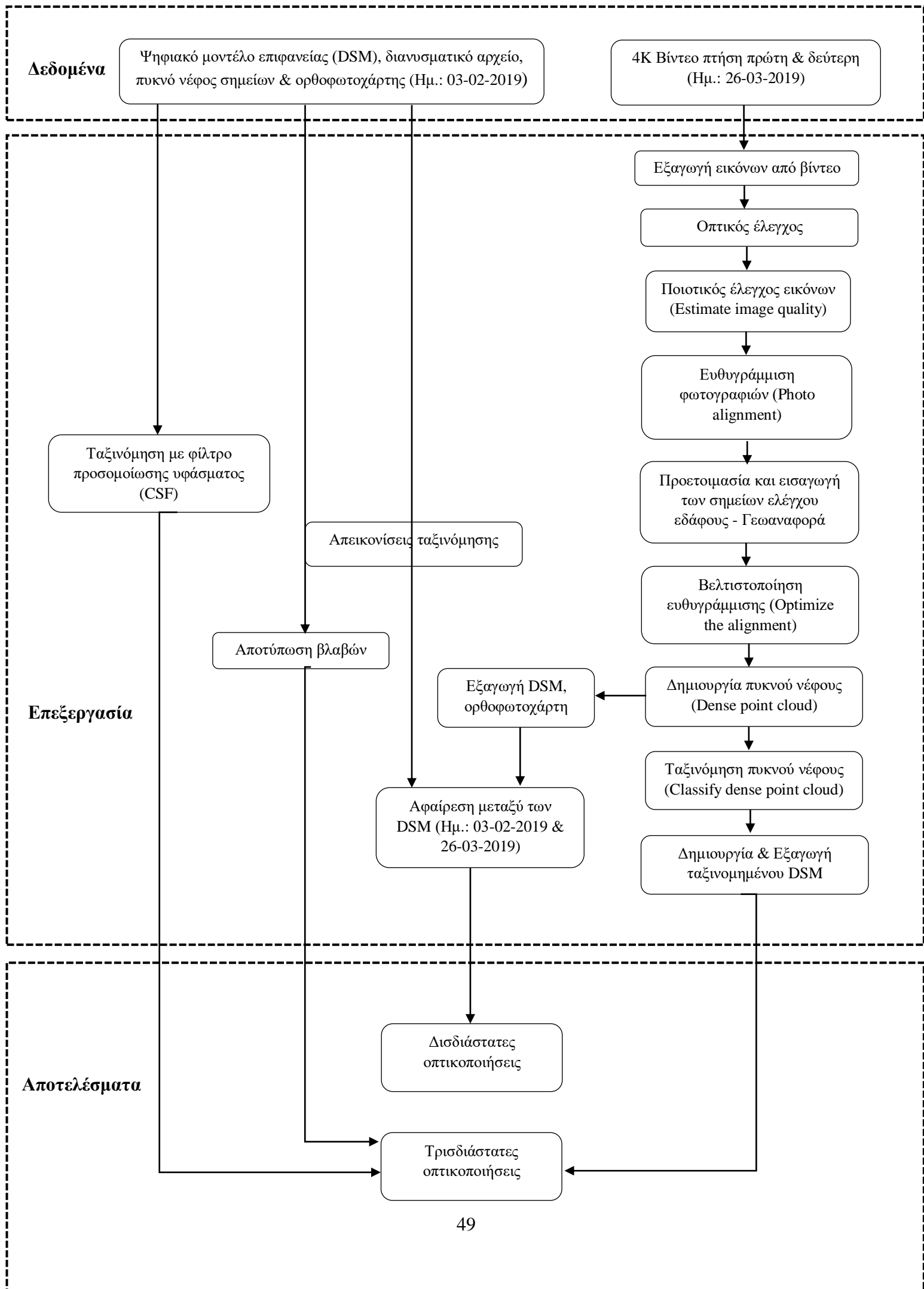
Επιπλέον, σημειώθηκαν συνοδα γεωδυναμικά φαινόμενα, όπως αστοχίες γεωλογικών σχηματισμών σε πρηνή και ειδικότερα κατολισθήσεις και καταπτώσεις προκαλώντας βλάβες σε τμήματα του οδικού δικτύου και καταστροφές τοιχιών, εδαφικές ρωγμές κατά μήκος του οδικού δικτύου και σεισμικά κύματα βαρύτητας (tsunamis), που έγιναν αντιληπτά στο λιμένα Πλωμαρίου (Λέκκας κ.ά., 2017).

Όσον αφορά στη διαχείριση της έκτακτης ανάγκης, από την πρώτη στιγμή μετά την εκδήλωση του φαινομένου κινητοποιήθηκαν όλοι οι αρμόδιοι φορείς σε κεντρικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο προκειμένου να διαπιστωθεί η έκταση της πληγείσας περιοχής και η σοβαρότητα των βλαβών και να παρασχεθεί άμεση βοήθεια στους πληγέντες κατοίκους. Εντός 2 ωρών μετά την εκδήλωση του καταστρεπτικού σεισμού κινητοποιήθηκαν το Υπουργείο Προστασίας του Πολίτη, η Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, το Πυροσβεστικό Σώμα και η Ελληνική Αστυνομία, ενώ κλιμάκιο της Ειδικής Μονάδας Αντιμετώπισης Καταστροφών αναπτύχθηκε στην πληγείσα περιοχή διεξάγοντας αποτελεσματικά υπηρεσίες έρευνας-διάσωσης και απεγκλωβισμού θυμάτων. Πραγματοποιήθηκε συντονισμός των δράσεων αυτών, άμεση παροχή οδηγιών προστασίας στους κατοίκους κατά τη μετασεισμική περίοδο και σύγκλιση του Συντονιστικού Τοπικού Οργάνου (ΣΤΟ) Πολιτικής Προστασίας. Άμεσες κρίσιμες αποφάσεις ελήφθησαν κατά την πραγματοποίηση του ΣΤΟ για την προστασία των πολιτών, την άρση επικινδυνοτήτων και το συντονισμό όλων των σχετικών δράσεων για την αποτελεσματικότερη διαχείριση της έκτακτης ανάγκης και της μείωσης των επιπτώσεων (Λέκκας κ.ά., 2017).



Χάρτης 3: Σεισμική απεικόνιση Λέσβου - Ιούνιος 2017. (Πηγή: ΕΚΠΑ, 2017)

3. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ



4. ΔΕΔΟΜΕΝΑ

4.1. Λήψη δεδομένων

Για την διεκπεραίωση της εργασίας, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ήταν ένα ψηφιακό μοντέλο επιφανείας, ένα διανυσματικό αρχείο, ένα πυκνό νέφος σημείων, ένας ορθοφωτοχάρτης και βίντεο. Τα δεδομένα αυτά, δόθηκαν από το Εργαστήριο Γεωπληροφορικής και Χαρτογραφίας του τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου της Μυτιλήνης.

4.2. Ψηφιακό μοντέλο επιφανείας

Το ψηφιακό μοντέλο επιφανείας (DSM) (Βλ. Χάρτης 4) που δόθηκε περιλαμβάνει τη περιοχή μελέτης, δηλαδή τη Βρίσα και είναι αποτέλεσμα της πτήσης drone που πραγματοποιήθηκε στις 03/02/2019. Το αρχείο αυτό είναι της μορφής TIF και βρίσκεται στο Ελληνικό Σύστημα Αναφοράς Συντεταγμένων. Ακολουθεί ο πίνακας μεταδεδομένων για το συγκεκριμένο αρχείο:

Τίτλος	Ψηφιακό μοντέλο επιφανείας (DSM)
Ημερομηνία δημιουργίας	06/02/2019
Ημερομηνία τροποποίησης	20/03/2019
Περιγραφή	Ψηφιακό μοντέλο επιφανείας της περιοχής Βρίσας που δημιουργήθηκε για τις 03/02/2019.
Τύπος αρχείου	Tagged Image Format (TIF)
Σύστημα αναφοράς συντεταγμένων	Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (GGRS87)
Πηγή	Εργαστήριο Γεωπληροφορικής και Χαρτογραφίας

Πίνακας 10: Μεταδεδομένα ψηφιακού μοντέλου επιφανείας (DSM).

4.3. Διανυσματικό αρχείο

Το αρχείο αυτό, είναι διανυσματικής μορφής τύπου shp στο Ελληνικό Σύστημα Αναφοράς Συντεταγμένων, και περιλαμβάνει γεωχωρικά δεδομένα για τις καταστροφές των κτιρίων της περιοχής μελέτης της Βρίσας. Ακολουθεί ο πίνακας μεταδεδομένων για το αρχείο αυτό:

Τίτλος	Διανυσματικό αρχείο
Ημερομηνία δημιουργίας	08/03/2019
Ημερομηνία τροποποίησης	20/03/2019
Περιγραφή	Διανυσματικό αρχείο γεωχωρικών δεδομένων με πολλαπλά πεδία καταγραφών των βλαβών των κτιρίων της Βρίσας.
Τύπος γεωμετρίας	Πολύγωνο
Τύπος αρχείου	Shapefile (shp)
Σύστημα αναφοράς συντεταγμένων	Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (GGRS87)
Πηγή	Εργαστήριο Γεωπληροφορικής και Χαρτογραφίας

Πίνακας 11: Μεταδεδομένα διανυσματικού αρχείου.

4.4. Πυκνό νέφος σημείων

Το πυκνό νέφος σημείων που δόθηκε περιλαμβάνει σημειακά δεδομένα που αναπαριστούν τη περιοχή μελέτης, δηλαδή τη Βρίσα και είναι αποτέλεσμα της πτήσης drone που πραγματοποιήθηκε στις 03/02/2019. Το αρχείο αυτό είναι της μορφής LAS και βρίσκεται στο Ελληνικό Σύστημα Αναφοράς Συντεταγμένων. Ακολουθεί ο πίνακας μεταδεδομένων για το συγκεκριμένο αρχείο:

Τίτλος	Πυκνό νέφος σημείων
Ημερομηνία δημιουργίας	27/03/2019
Ημερομηνία τροποποίησης	04/06/2019
Περιγραφή	Πυκνό νέφος σημείων της περιοχής Βρίσας που δημιουργήθηκε για τις 03/02/2019.
Τύπος αρχείου	LIDAR Data Exchange File (LAS)
Σύστημα αναφοράς συντεταγμένων	Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (GGRS87)
Πηγή	Εργαστήριο Γεωπληροφορικής και Χαρτογραφίας

Πίνακας 12: Μεταδεδομένα πυκνού νέφους σημείων.

4.5. Ορθοφωτοχάρτης

Ο ορθοφωτοχάρτης (βλ. Χάρτης 5), είναι εξίσου αποτέλεσμα της πτήσης drone που έγινε στη περιοχή της Βρίσας, στις 03/02/2019. Το αρχείο αυτό είναι της μορφής TIF και βρίσκεται στο Ελληνικό Σύστημα Αναφοράς Συντεταγμένων. Ακολουθεί ο πίνακας μεταδεδομένων για αυτό το αρχείο:

Τίτλος	Ορθοφωτοχάρτης
Ημερομηνία δημιουργίας	06/02/2019
Ημερομηνία τροποποίησης	20/03/2019
Περιγραφή	Ορθοφωτοχάρτης της περιοχής Βρίσας που δημιουργήθηκε για τις 03/02/2019.
Τύπος αρχείου	Tagged Image Format (TIF)
Σύστημα αναφοράς συντεταγμένων	Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (GGRS87)
Πηγή	Εργαστήριο Γεωπληροφορικής και Χαρτογραφίας

Πίνακας 13: Μεταδεδομένα Ορθοφωτοχάρτη.

4.6. Βίντεο

Επιπλέον, συλλέχθηκαν βίντεο ποιότητας 4K που ήταν αποτέλεσμα της πτήσης drone που πραγματοποιήθηκε στις 26/03/2019. Η πρώτη πτήση είχε τη κατεύθυνση Βορρά-Νότου ενώ η δεύτερη πτήση είχε κατεύθυνση Δύση-Ανατολή. Δηλαδή μια πτήση οριζόντιας πορείας του drone και μια κάθετης. Ακολουθεί ο πίνακας μεταδεδομένων για το κάθε βίντεο ξεχωριστά:

4.6.1. Α' Βίντεο

Τίτλος	Βίντεο Α' πτήσης
Ημερομηνία δημιουργίας	26/03/2019
Ημερομηνία τροποποίησης	27/03/2019
Περιγραφή	Βίντεο της πρώτης πτήσης drone που πραγματοποιήθηκε στις 26/03/2019 στη περιοχή της Βρίσας.
Τύπος αρχείου	MP4
Ποιότητα αρχείου	4K
Πηγή	Εργαστήριο Γεωπληροφορικής και Χαρτογραφίας

Πίνακας 14: Μεταδεδομένα Α' πτήσης βίντεο

4.6.2. Β' Βίντεο

Τίτλος	Βίντεο Β' πτήσης
Ημερομηνία δημιουργίας	26/03/2019
Ημερομηνία τροποποίησης	27/03/2019
Περιγραφή	Βίντεο της πρώτης πτήσης drone που πραγματοποιήθηκε στις 26/03/2019 στη περιοχή της Βρίσας.
Τύπος αρχείου	MP4
Ποιότητα αρχείου	4K
Πηγή	Εργαστήριο Γεωπληροφορικής και Χαρτογραφίας

Πίνακας 15: Μεταδεδομένα Β' πτήσης βίντεο

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

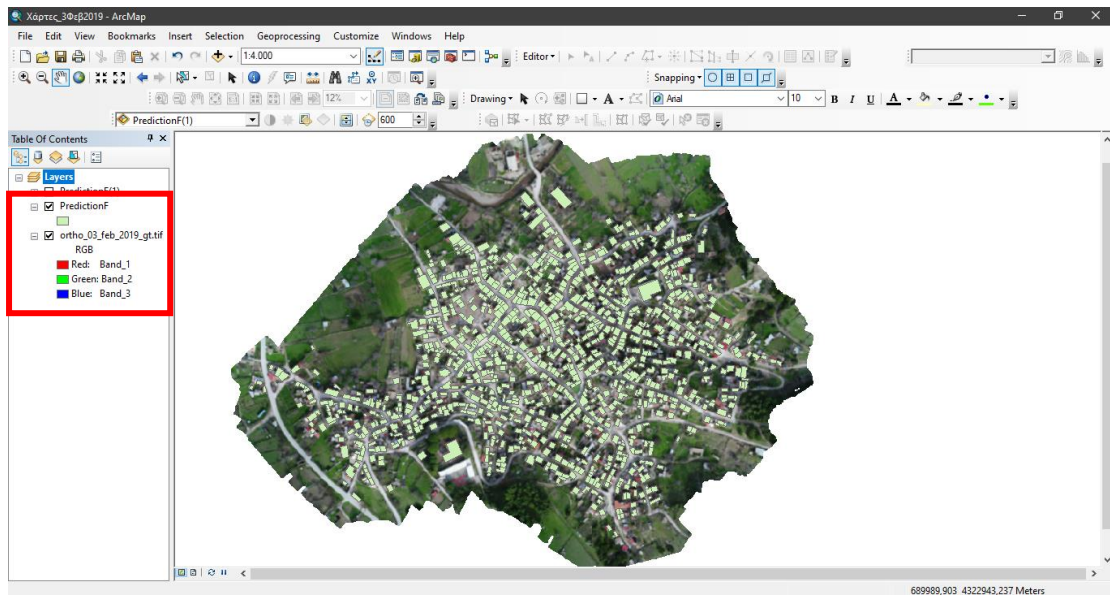
Όπως φαίνεται και στην Ενότητα 3, για τη διεκπεραίωση της εργασίας, εφαρμόστηκαν τέσσερεις διαδικασίες.

- Η πρώτη διαδικασία φαίνεται στην Ενότητα 5.1 και περιλάμβανε την αποτύπωση των βλαβών από τα πρώτα δεδομένα που είχαν συλλεχθεί (για τις 03/02/2019), με σκοπό να αναδειχθεί η κατάσταση των κτιρίων στον οικισμό της Βρίσας.
- Η δεύτερη διαδικασία φαίνεται στις Ενότητες 5.2 έως 5.2.9 και περιλάμβανε τη ταξινόμηση της περιοχής και τη δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου επιφανείας (για τις 26/03/2019).
- Στη τρίτη διαδικασία, η οποία φαίνεται στις Ενότητες 5.3, έγινε αφαίρεση μεταξύ των αποτελεσμάτων της δεύτερης διαδικασίας (δηλαδή του ψηφιακού μοντέλου επιφανείας για τις 26/03/2019) με το ψηφιακό μοντέλο που είχε συλλεχθεί για τις 03/02/2019.
- Η τέταρτη και τελευταία διαδικασία, φαίνεται στην Ενότητα 5.4 και περιλαμβάνει μια νέα μεθοδολογία ταξινόμησης. (Για τις 03/02/2019).

5.1. Αποτύπωση βλαβών

Αφού λήφθηκαν τα παραπάνω δεδομένα, πρώτο βήμα για την εκπόνηση της εργασίας ήταν η αποτύπωση των βλαβών των κτιρίων της Βρίσας. Έτσι, σε καμβά συγκεκριμένου λογισμικού (ArcMap) προστέθηκαν τα επίπεδα πληροφορίας που δόθηκαν δηλαδή το αρχείο διανυσματικής μορφής και ο ορθοφωτοχάρτης (βλ. Εικόνα 14).

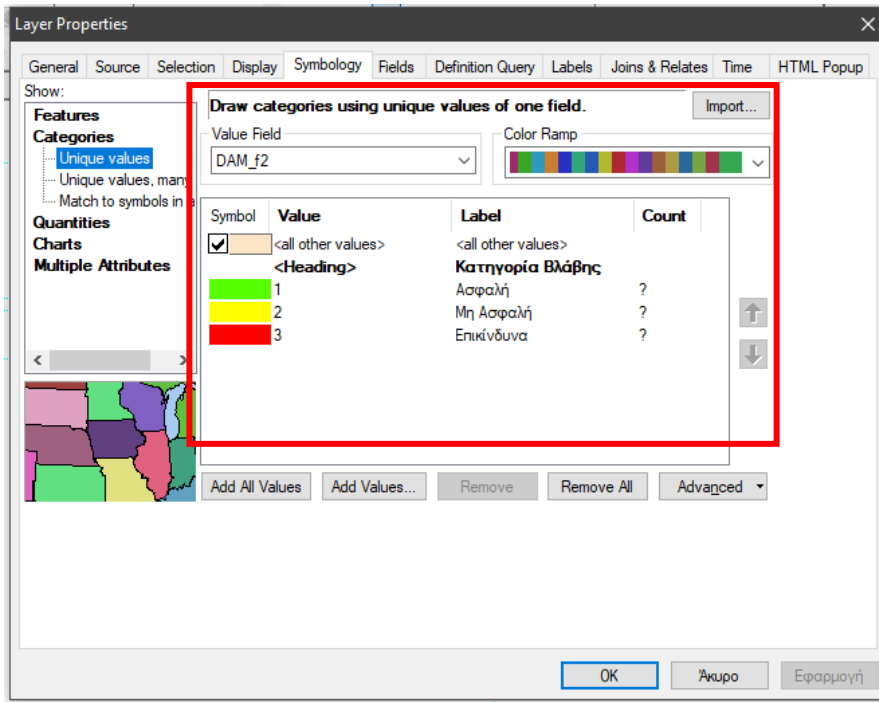
Από τον πίνακα χαρακτηριστικών, ο οποίος περιέχει γεωχωρικές πληροφορίες σχετικά με τα κτίρια της Βρίσας, προσδιορίστηκε ποιο πεδίο είναι κατάλληλο για την απεικόνιση των βλαβών. Για τον λόγο αυτό, επιλέχθηκε το πεδίο DAM_f2 του πίνακα χαρακτηριστικών το οποίο περιέχει τη κατηγορία βλάβης σε τρία στάδια (βλ. Εικόνα 15). Έπειτα, στις ιδιότητες του επιπέδου, στον συμβολισμό επιλέχθηκε η κατηγοριοποίηση του σύμφωνα με το κατάλληλο πεδίο (βλ. Εικόνα 16 & Εικόνα 17). Έτσι, με τις ανάλογες χρωματικές παλέτες κατηγοριοποιήθηκαν οι βλάβες σε Ασφαλή, Μη Ασφαλή και Επικίνδυνα και δημιουργήθηκαν τρεις απεικονίσεις 3D για τις 03/02/2019. Τα αποτελέσματα αυτής της μεθοδολογίας βρίσκονται στην Ενότητα 6 (βλ. Χάρτης 6 έως Χάρτης 9).



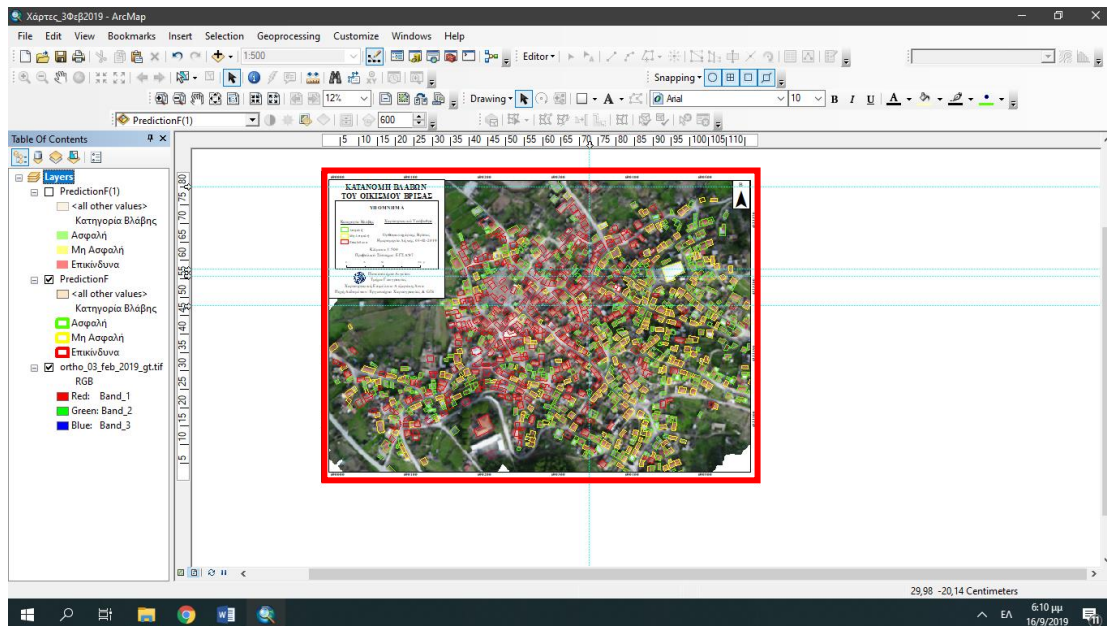
Εικόνα 14: Εισαγωγή διανυσματικού αρχείου και ορθοφωτοχάρτη.

FP	Shape	id	Material	Nr floor	SHAPE_Leng	SHAPE_Area	dmg	DAM IZ	NM CODE	DEMOLISHED	DOWN	AUG	STONE	BETON	MIXED	Arzika	Prediction	P0	P1
1	Polygon	1	Mixed	2	58,279683	180,631927	GREEN	1	73	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
2	Polygon	2	Beton	1	34,5756	74,632209	RED V	3	75	1	0	0	1	0	1	1	0	0,081081	0,918919
3	Polygon	3	Stone	2	39,668594	74,045683	RED	3	75	1	0	1	0	0	1	0	1	0,081081	0,918919
4	Polygon	4	Stone	2	31,458183	61,382023	RED	3	195	1	1	1	0	0	0	1	1	0,081081	0,918919
5	Polygon	5	Stone	2	30,591529	58,249951	RED	3	195	1	1	1	1	0	0	1	1	0,081081	0,918919
6	Polygon	6	Beton	2	30,639617	58,430346	GREEN	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0,991463	0,008537
7	Polygon	7	Stone	2	28,904081	40,863304	RED V	3	120	1	1	1	1	0	0	1	1	0,081081	0,918919
8	Polygon	8	Beton	2	27,409058	44,246481	VELLO	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,991463	0,008537
9	Polygon	9	Beton	1	33,969477	54,254636	VELLO	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,991463	0,008537
10	Polygon	10	Stone	2	29,596908	54,735705	RED V	3	51	1	1	1	1	0	0	1	1	0,081081	0,918919
11	Polygon	11	Stone	2	22,155538	31,06646	RED V	3	127	1	1	1	1	0	0	1	1	0,081081	0,918919
12	Polygon	12	Stone	1	33,63234	69,651104	RED V	3	74	1	0	1	0	0	0	1	1	0,081081	0,918919
13	Polygon	13	Beton	2	48,185223	124,641316	VELLO	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,991463	0,008537
14	Polygon	14	Stone Church	1	95,915903	496,813935	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
15	Polygon	15	Stone	2	15,107063	12,294497	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
16	Polygon	16	Stone	2	29,809991	51,644851	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
17	Polygon	17	Stone	2	28,756091	48,619249	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
18	Polygon	18	Stone	2	29,922679	51,548165	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
19	Polygon	19	Stone	2	23,665287	50,93224	RED	3	134	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
20	Polygon	20	Stone	2	29,274719	49,182492	RED V	3	58	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
21	Polygon	21	Stone	1	35,674364	76,633434	RED V	3	119	1	1	1	1	0	0	1	1	0,081081	0,918919
22	Polygon	22	Stone	1	24,112058	29,53648	RED V	3	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0,081081	0,918919
23	Polygon	23	Stone	2	34,709569	64,979558	RED V	3	34	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
24	Polygon	24	Stone	2	28,849401	47,396589	RED V	3	133	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
25	Polygon	25	STONE_1	1	28,93814	52,296027	GREEN	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
26	Polygon	26	Stone	2	29,952127	53,75433	GREEN	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
27	Polygon	27	Stone	2	16,939058	17,683039	GREEN	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
28	Polygon	28	Stone	2	25,939826	38,434769	GREEN	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
29	Polygon	29	Stone	2	32,513183	66,609521	GREEN	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
30	Polygon	30	Stone	2	18,092353	22,661135	GREEN	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
31	Polygon	31	Stone	1	25,843824	29,730301	GREEN	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
32	Polygon	32	Stone	2	35,709137	75,174268	RED V	3	331	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
33	Polygon	33	Stone	2	25,547967	40,952989	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
34	Polygon	34	Stone	2	24,291327	36,627049	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
35	Polygon	35	Stone	2	27,291141	41,592576	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
36	Polygon	36	Stone	1	23,923119	32,201246	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
37	Polygon	37	Stone	1	24,859935	37,536401	RED V	3	116	1	1	1	1	0	0	1	1	0,081081	0,918919
38	Polygon	38	STONE_1	1	22,818572	30,246901	GREEN	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
39	Polygon	39	Stone	1	30,546955	58,422247	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
40	Polygon	40	Stone	1	29,385558	53,811125	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
41	Polygon	41	Stone Church	1	26,186148	42,307275	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
42	Polygon	42	Stone	1	27,469132	40,894614	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
43	Polygon	43	Stone	1	29,059793	53,09183	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
44	Polygon	44	STONE_1	1	21,638469	25,661897	GREEN	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537
45	Polygon	45	Stone	1	27,20773	45,304909	VELLO	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,991463	0,008537

Εικόνα 15: Προσδιορισμός κατάλληλου πεδίου.



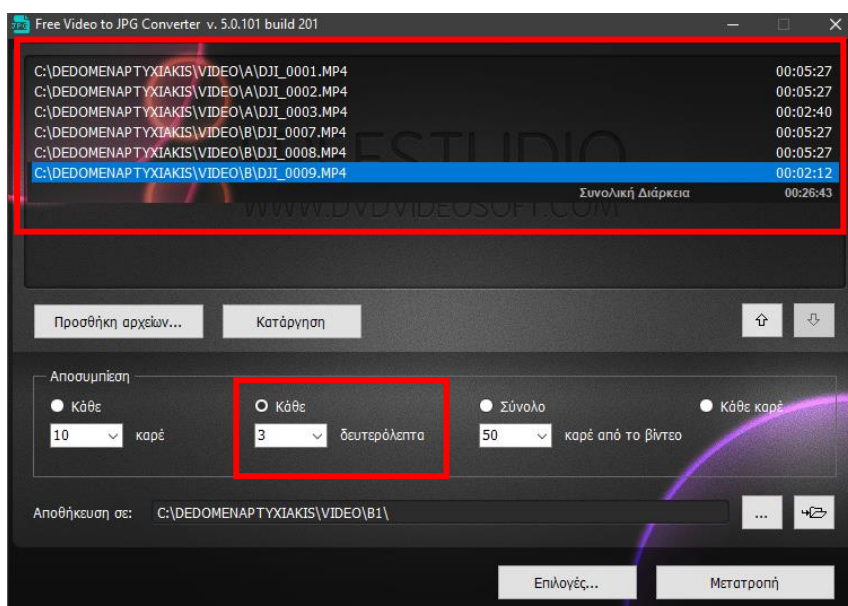
Εικόνα 16: Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με το πεδίο DAM_f2 & επιλογή κατάλληλης χρωματικής παλέτας



Εικόνα 17: Απεικόνιση σύμφωνα με τις χρωματικές παλέτες.

5.2. Εξαγωγή εικόνων

Έπειτα, στο λογισμικό Free Video to JPG Converter, προστέθηκαν τα βίντεο κάθετης και οριζόντιας κατεύθυνσης με σκοπό να μετατραπούν σε εικόνες-στιγμιότυπα και να ξεκινήσει η διαδικασία δημιουργίας του 3D μοντέλου για τις 26/03/2019 (βλ. Εικόνα 18). Έτσι, αφού εισήχθησαν τα βίντεο, απομονώθηκαν καρτέ ανά 3 δευτερόλεπτα για τη βέλτιστη εξαγωγή των εικόνων (JPG). Τα βίντεο ήταν 3 από κάθε κατεύθυνση δηλαδή συνολικά 6 βίντεο ενώ οι εικόνες που εξήχθησαν ήταν περίπου 300 από κάθε πτήση (περίπου 600 εικόνες).



Εικόνα 18: Μετατροπή βίντεο σε εικόνες.

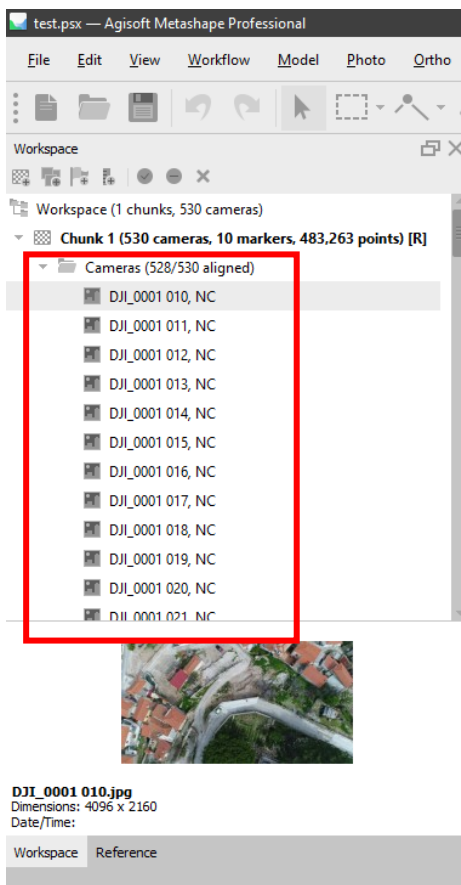
5.2.1. Οπτικός έλεγχος

Πρώτο στάδιο αφού εξήχθησαν οι εικόνες ήταν ο οπτικός έλεγχος. Η διαδικασία αυτή έγινε με σκοπό να επιλεγθούν σε πρώτη φάση οι κατάλληλες εικόνες και να απορριφθούν οι θολές και κακής ποιότητας εικόνες. Έτσι, χειροκίνητα, αφαιρέθηκαν όσες εικόνες δεν βοηθούσαν στη δημιουργία των μοντέλων και από 600 περίπου εικόνες έμειναν οι 530.

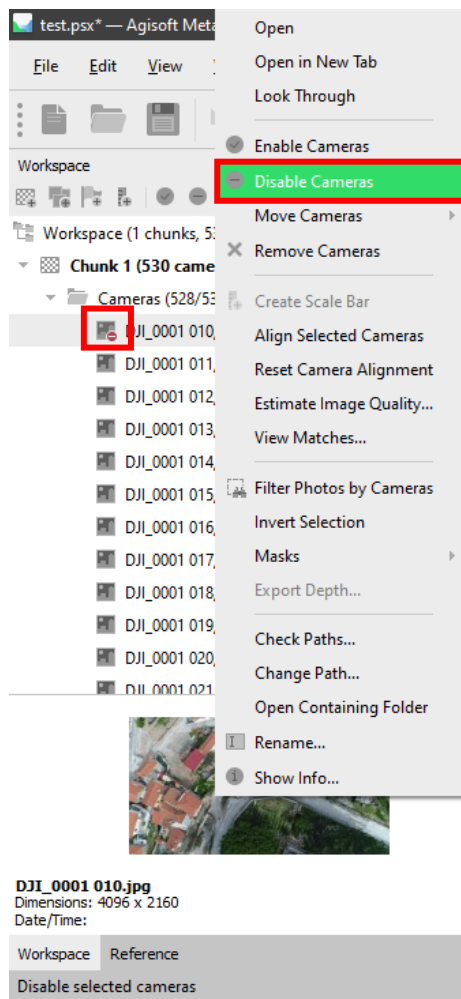
5.2.2. Ποιοτικός έλεγχος εικόνων

Έπειτα, με τη χρήση του λογισμικού Agisoft Metashape Professional πραγματοποιήθηκε ποιοτικός έλεγχος των εικόνων. Έτσι, αφού εισήχθησαν οι εικόνες στο λογισμικό (βλ. Εικόνα 19), χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία του ποιοτικού ελέγχου (Estimate Image Quality) (βλ. Εικόνα 20), το οποίο εξίσου βοηθάει στην επιλογή των κατάλληλων φωτογραφιών καθώς υπολογίζει τη ποιότητα της κάθε εικόνας από το 0 έως το 1 (βλ. Εικόνα 21). Προτείνεται οι εικόνες με ποιότητα κάτω από 0.5, να απορρίπτονται καθώς πρόκειται για εικόνες θολές ή με μη κατάλληλες πληροφορίες εικόνες. Επιπλέον, με τη χρήση όλων των φωτογραφιών υπάρχει

κίνδυνος λανθασμένων υπολογισμών και αποτελεσμάτων, ενώ ο αποκλεισμός κάποιων μπορεί να δημιουργήσει έλλειψη πληροφορίας. Με σωστή επικάλυψη, κατά τη διάρκεια λήψης των εικόνων, υπάρχουν αρκετές εικόνες, ώστε να καλύπτεται όλη η περιοχή μελέτης. Έτσι όσες εικόνες είχαν ποιότητα ίση ή κάτω από 0.5 αποκλείστηκαν (βλ. Εικόνα 22).



Εικόνα 19: Εισαγωγή των εικόνων στο Agisoft Metashape Professional.

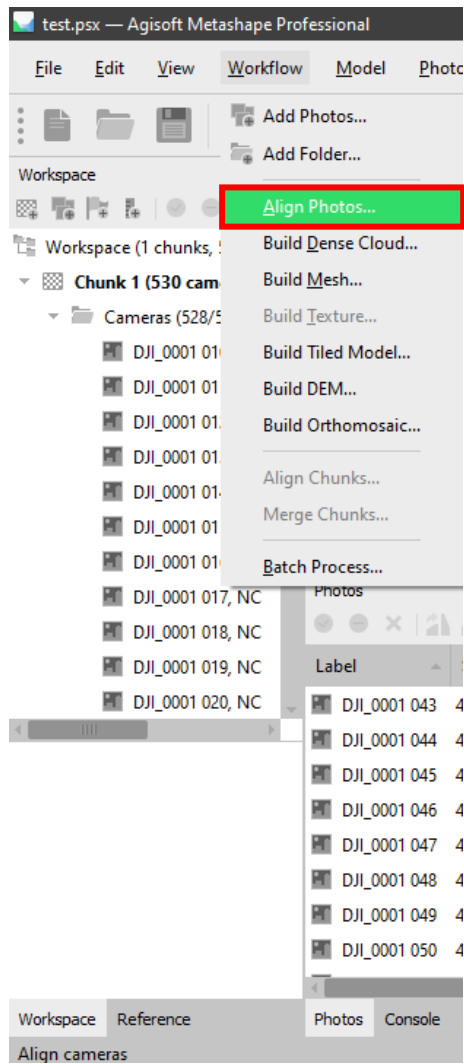


Εικόνα 22: Αποκλεισμός εικόνων με ακατάλληλη ποιότητα.

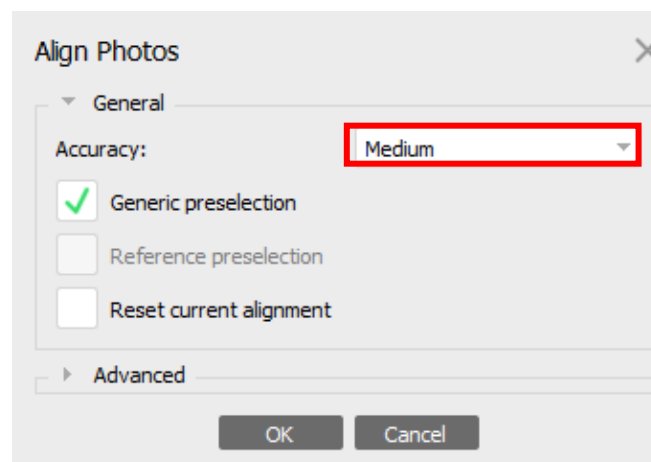
5.2.3. Ευθυγράμμιση φωτογραφιών

Σε αυτό το στάδιο, γίνεται ένας σχετικός προσανατολισμός όπου προσδιορίζονται τα σημεία σύνδεσης. Υπολογίζονται δηλαδή, τα κοινά σημεία μεταξύ των φωτογραφιών, ευθυγραμμίζει τις φωτογραφίες και δημιουργείται ένα αραιό νέφος σημείων (Sparse Cloud). Έτσι, αφού επιλέχθηκε η ευθυγράμμιση των φωτογραφιών (Align Photos) (βλ. Εικόνα 23), ορίστηκε η παράμετρο απαιτούμενης ακρίβειας του νέφους σημείων σε μέτρια (Medium) καθώς προτείνεται για τα μεγάλα σύνολα φωτογραφιών (βλ. Εικόνα 24).

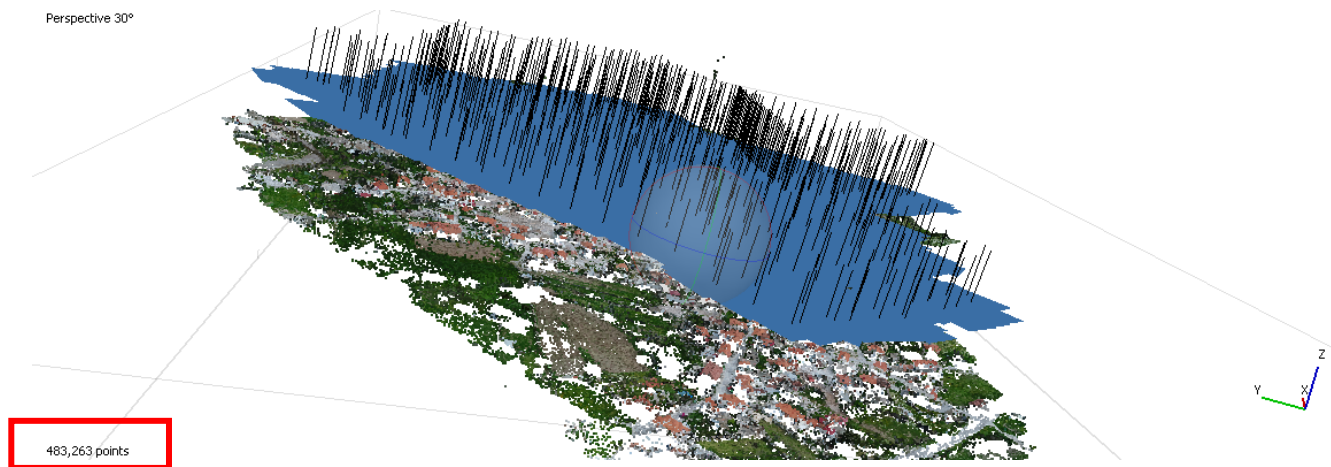
Όσο πιο μεγάλη είναι η απαιτούμενη ακρίβεια, τόσο πιο χρονοβόρα θα είναι η διαδικασία (Fayad, 2019). Το στάδιο αυτό είχε ως αποτέλεσμα ένα νέφος 483,263 σημείων (βλ. Εικόνα 25).



Εικόνα 23: Χρήση “Align Photos”.



Εικόνα 24: Ορισμός της παραμέτρου ακρίβειας.



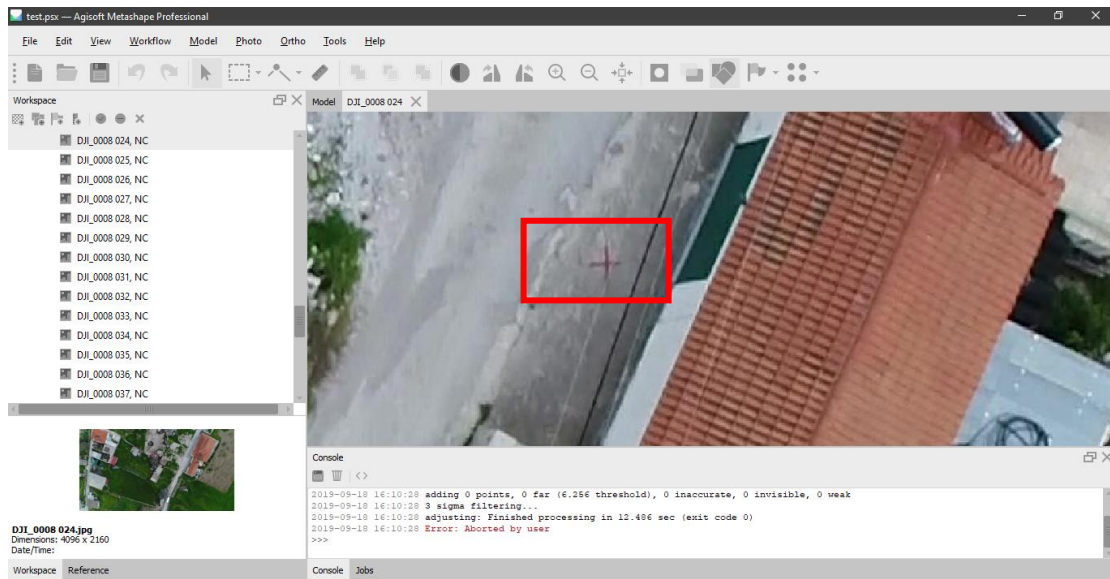
Εικόνα 25: Αποτέλεσμα ευθυγράμμισης φωτογραφιών.

5.2.4. Προετοιμασία & Εισαγωγή των σημείων ελέγχου εδάφους (Γεωαναφορά)

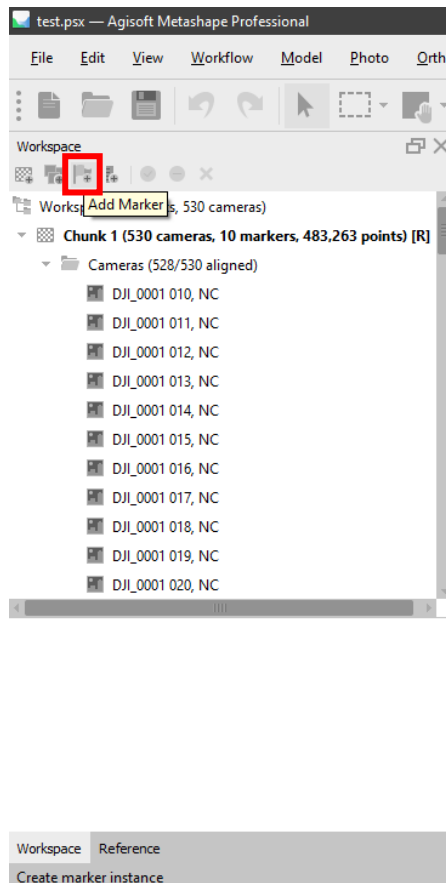
Η εισαγωγή των σημείων ελέγχου εδάφους (GSPs), είναι ένα στάδιο που απαιτείται για τη γεωαναφορά του ψηφιακού μοντέλου. Τα σημεία ελέγχου τοποθετούνται στην περιοχή μελέτης ως στόχοι με γνωστές συντεταγμένες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των θέσεων των υπόλοιπων σημείων. Ανάλογα με το μέγεθος της περιοχής ορίζεται και ο αριθμός των σημείων ελέγχου που απαιτούνται ενώ ο ιδανικός αριθμός σημείων ελέγχου στα περισσότερα λογισμικά είναι πέντε. Η διάσπαρτη τοποθέτηση πολλών σημείων ελέγχου κοντά σε σημεία με απότομες υψομετρικές διαφορές δίνει ακριβέστερα αποτελέσματα. Η σήμανση τους στο έδαφος μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους (καρφιά κτλ.) ενώ το μέγεθος των στόχων εξαρτάται από το ύψος της κάθε πτήσης ώστε να είναι εύκολα διακριτοί στις εικόνες επεξεργασίας.

Έτσι, σε διάφορες τοποθεσίες της Βρίσας, έγινε σήμανση (με κόκκινο σπρέι) 10 σημείων ελέγχου στο έδαφος με σκοπό να γίνει η διαδικασία της γεωαναφοράς ευκολότερη και ορθότερη.

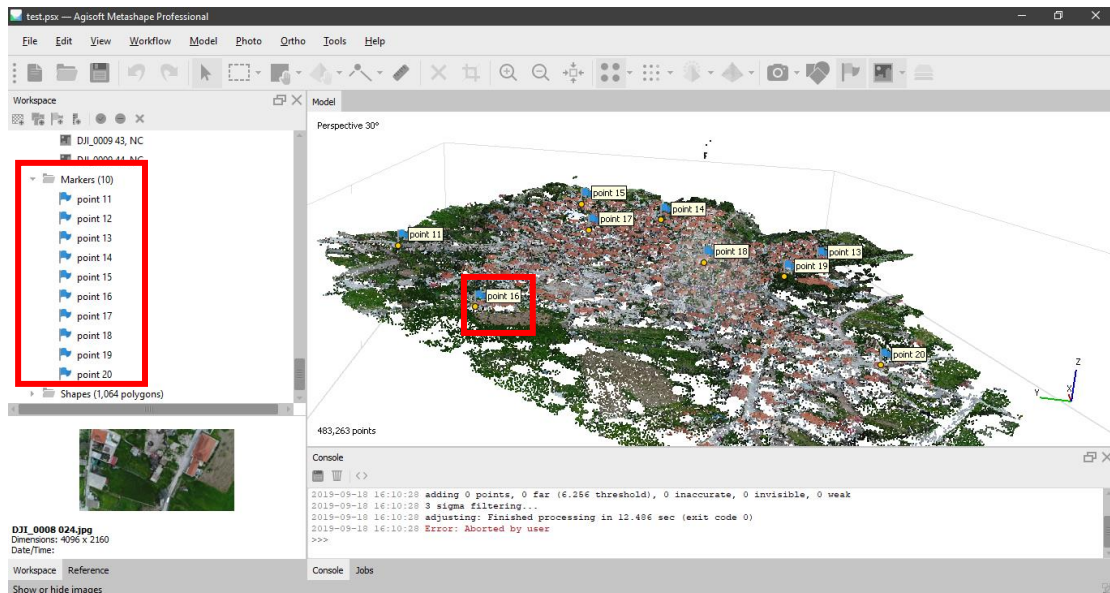
Έπειτα, αναζητήθηκε κάθε φωτογραφία που είχε σήμανση στο έδαφος (βλ. Εικόνα 26), και τοποθετήθηκε ένα σημείο ελέγχου (GSPs) (βλ. Εικόνα 27). Η διαδικασία αυτή είχε ως αποτέλεσμα να επισημανθούν 10 σημεία ελέγχου περιμετρικά και στο κέντρο της περιοχής μελέτης (βλ. Εικόνα 28).



Εικόνα 26: Εντοπισμός σημείων ελέγχου στο έδαφος



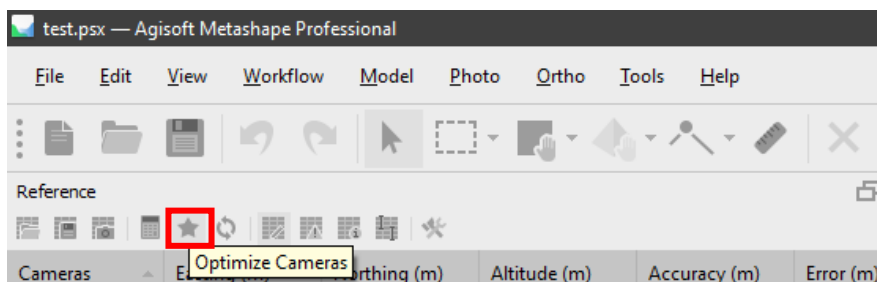
Εικόνα 27: Χρήση "Add Marker".



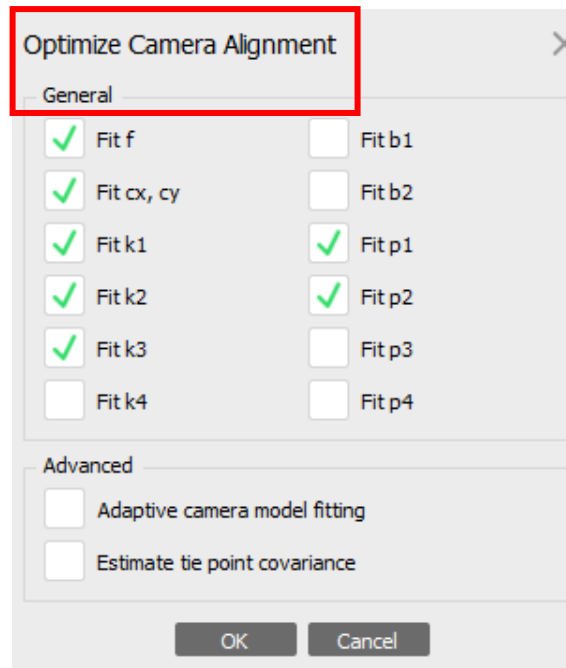
Εικόνα 28: Τοποθέτηση σημείων ελέγχου στο μοντέλο.

5.2.5. Βελτιστοποίηση ευθυγράμμισης

Ακολούθως, αφού τοποθετήθηκαν τα σημεία ελέγχου επόμενο στάδιο είναι η βελτιστοποίηση της ευθυγράμμισης (Optimize Camera ή αλλιώς Optimize the alignment) (βλ. Εικόνα 29). Έτσι, χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία αυτή με τις προκαθορισμένες επιλογές του λογισμικού (βλ. Εικόνα 30), η οποία παράγει μια βαθμονόμηση της κάμερας, βασισμένη στις θέσεις των σημείων ελέγχου. Αυτή η διαδικασία, έχει ως αποτέλεσμα την προβολή των X, Y, Z σφαλμάτων (βλ. Εικόνα 31). Έτσι, εάν υπάρχουν σημεία με μεγαλύτερα σφάλματα από τα επιθυμητά, μπορεί να αφαιρεθεί από τη διαδικασία της γεωαναφοράς.



Εικόνα 29: Χρήση "Optimize Cameras".



Εικόνα 30: Προκαθορισμένες επιλογές λογισμικού.

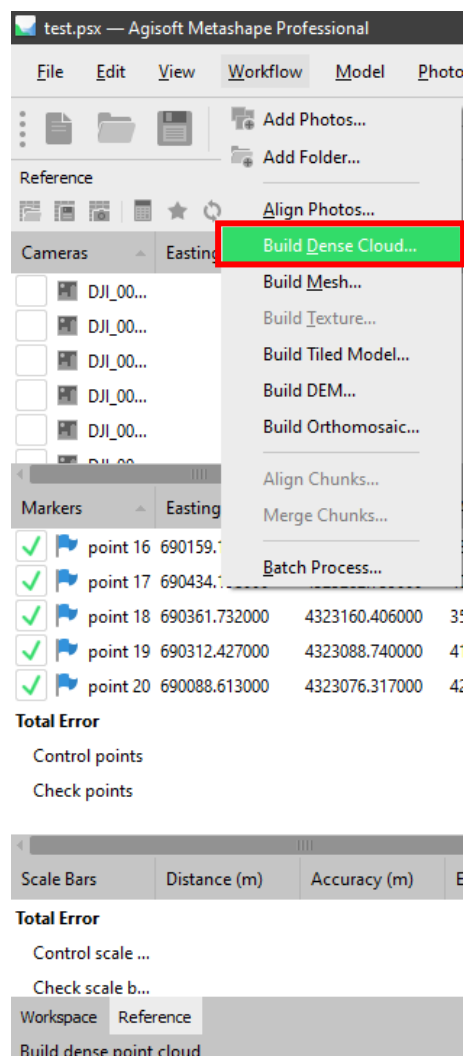
Easting (m)	Northing (m)	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)
690308.377000	4323433.023000	28.201000	0.005000	0.018075
689967.329000	4323160.778000	30.834000	0.005000	0.022329
690404.074000	4323032.069000	41.807000	0.005000	0.005109
690548.650000	4323202.701000	46.202000	0.005000	0.030477
690516.943000	4323301.311000	57.084000	0.005000	0.033986
690159.183000	4323327.839000	28.057000	0.005000	0.018599
690434.198000	4323282.739000	40.952000	0.005000	0.054343
690361.732000	4323160.406000	35.630000	0.005000	0.019116

Εικόνα 31: Υπολογισμός σφάλματος.

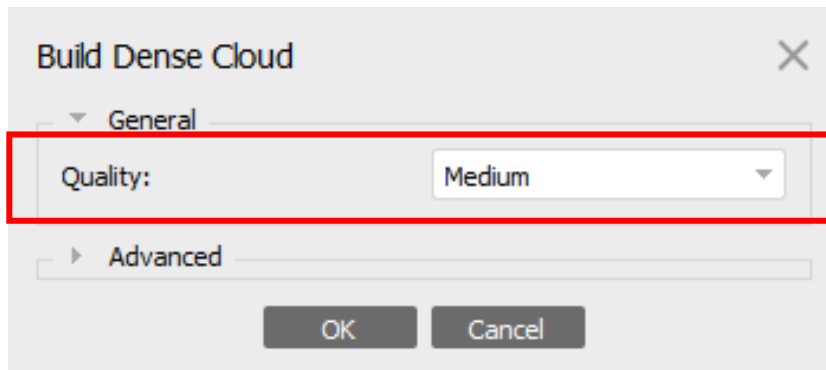
5.2.6. Δημιουργία πυκνού νέφους σημείων

Επόμενο στάδιο είναι η δημιουργία νέφους σημείων (Dense Point Cloud) όπου είναι το ένα στάδιο πριν τη δημιουργία του Ψηφιακού Μοντέλου Επιφανείας δηλαδή της τρισδιάστατης απεικόνισης. σύννεφο σημείων είναι ένα σύνολο σημείων δεδομένων στο διάστημα .

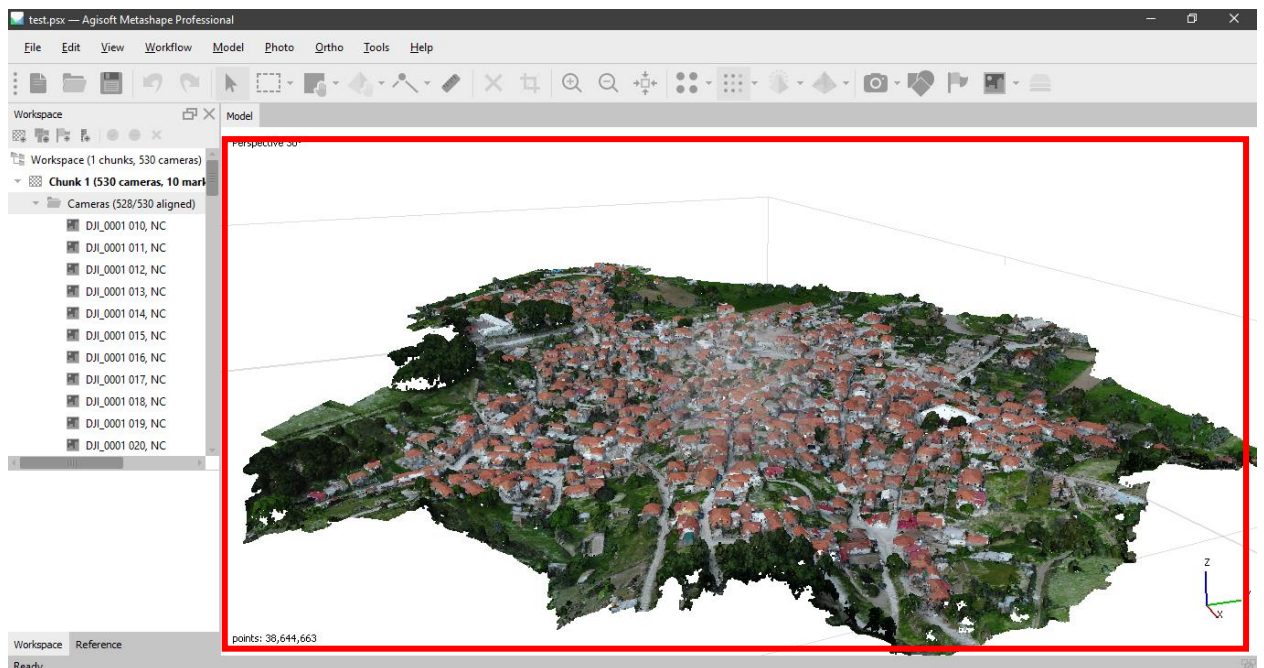
Έτσι, αφού επιλέχθηκε η διαδικασία αυτή (βλ. Εικόνα 32), ορίστηκε η ποιότητα του νέφους σε μέτρια (Medium) καθώς προτείνεται για μεγάλα σύνολα φωτογραφιών (βλ. Εικόνα 33) και αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πυκνού νέφους της περιοχής μελέτης (βλ. Εικόνα 34). Τα πυκνά νέφη σημείων, γενικά παράγονται με 3D σαρωτές , οι οποίοι μετρούν πολλά σημεία στις εξωτερικές επιφάνειες των αντικειμένων γύρω τους. Ως αποτέλεσμα των διεργασιών τρισδιάστατης σάρωσης, τα πυκνά νέφη σημείων χρησιμοποιούνται για πολλούς σκοπούς, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων και για πολλές εφαρμογές απεικόνισης, κινούμενης εικόνας, επεξεργασίας και προσαρμογής μαζικής παραγωγής .



Εικόνα 32: Χρήση "Build Dense Cloud".



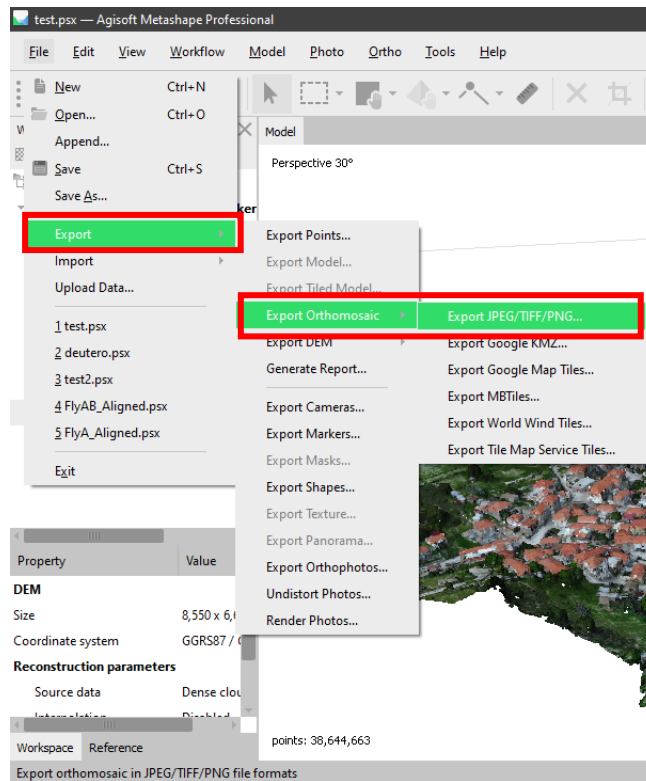
Εικόνα 33: Ορισμός της παραμέτρου ποιότητας.



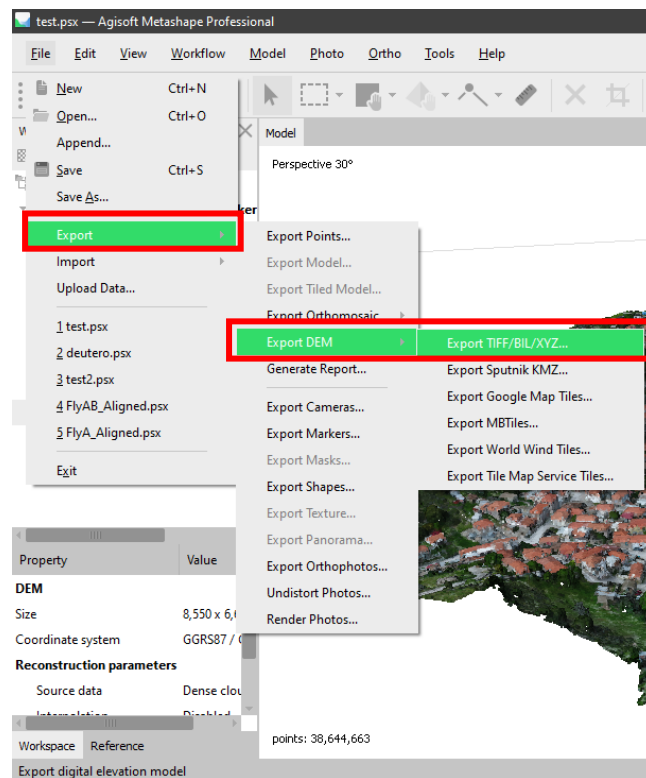
Εικόνα 34: Δημιουργία πυκνού νέφους σημείων για τη Βρίσα.

5.2.7. Εξαγωγή ψηφιακού μοντέλου επιφανείας & ορθοφωτοχάρτη

Αφού δημιουργήθηκε το πυκνό νέφος σημείων, τελευταία διαδικασία είναι η δημιουργία ψηφιακού μοντέλου επιφανείας (TIFF) και ορθοφωτοχάρτη (TIFF). Σε αυτό το στάδιο προσδιορίζεται μόνο η διαδικασία (βλ. Εικόνα 36 & Εικόνα 35). Τα αποτελέσματα της φαίνονται στην Ενότητα 6 (βλ. Χάρτης 10 & Χάρτης 11).



Εικόνα 35: Εξαγωγή Ορθοφωτοχάρτη.

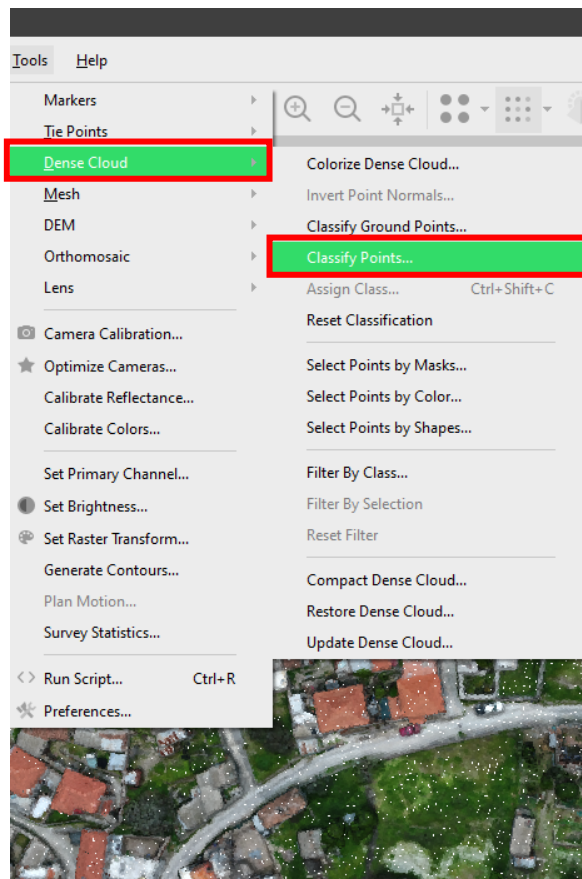


Εικόνα 36: Εξαγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Επιφανείας.

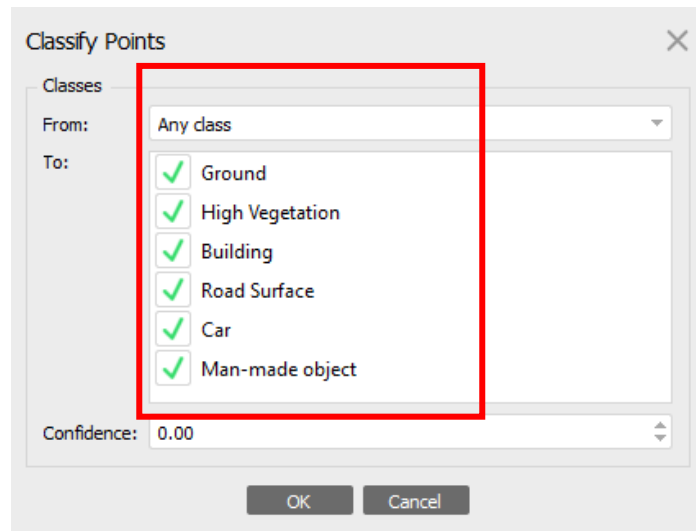
5.2.8. Ταξινόμηση πυκνού νέφους σημείων

Αφού εξήχθη το ψηφιακό μοντέλο επιφανείας (DSM), επόμενο στάδιο ήταν ταξινόμηση του πυκνού νέφους σημείων με σκοπό τη δημιουργία ενός ταξινομημένου ψηφιακού μοντέλου επιφανείας.

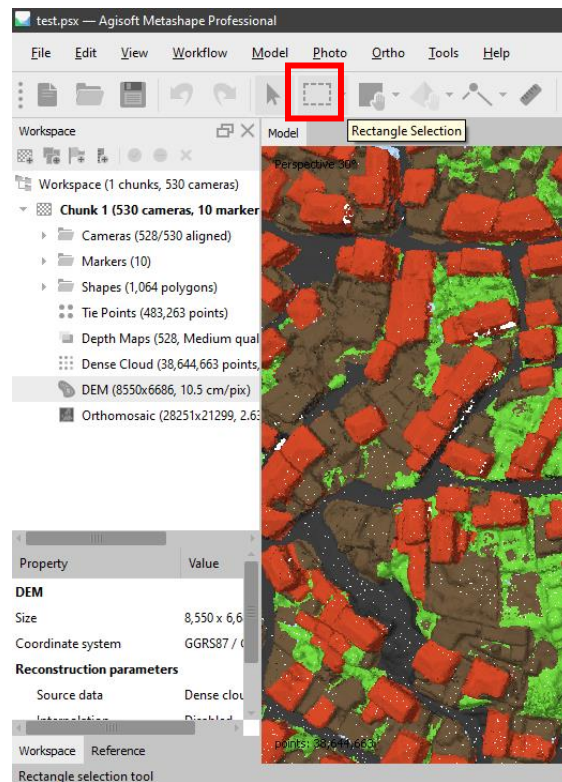
Τα πυκνά νέφη σημείων, μπορούν να ταξινομηθούν χειροκίνητα για τη περιοχή μελέτης και αυτή η διαδικασία επιτυγχάνεται με τη χρήση κλάσεων. Η κύρια κλάση ήταν τα κτίρια ενώ δευτερεύουσες κλάσεις ήταν το έδαφος, η βλάστηση κλπ. Αρχικά με την επιλογή της ταξινόμησης του πυκνού νέφους (βλ. Εικόνα 37), ταξινομήθηκε το μοντέλο σε περισσότερες κλάσεις βασισμένο κυρίως στη κλάση των κτιρίων (βλ. Εικόνα 38). Έπειτα, αφού το περισσότερο μέρος της ταξινόμησης ήταν λανθασμένο (πχ. είχε ταξινομηθεί σπίτι ενώ στο συγκεκριμένο σημείο ήταν δρόμος.), χειροκίνητα μετέτρεψα τις κλάσεις σε κτίρια, έδαφος, δρόμος και βλάστηση (βλ. Εικόνα 39, Εικόνα 40 & Εικόνα 41). Η διαδικασία αυτή είχε ως αποτέλεσμα την ομοιόμορφη ταξινόμηση του μοντέλου.



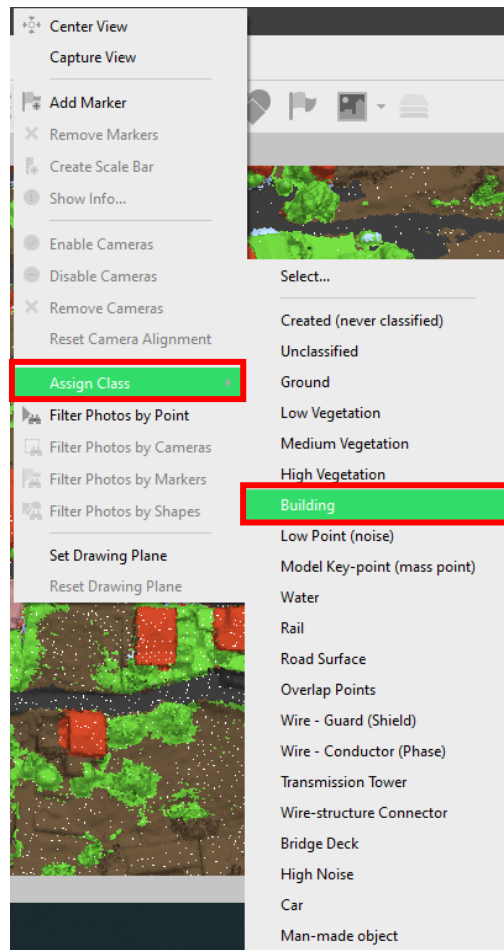
Εικόνα 37: Χρήση “Classify Points”.



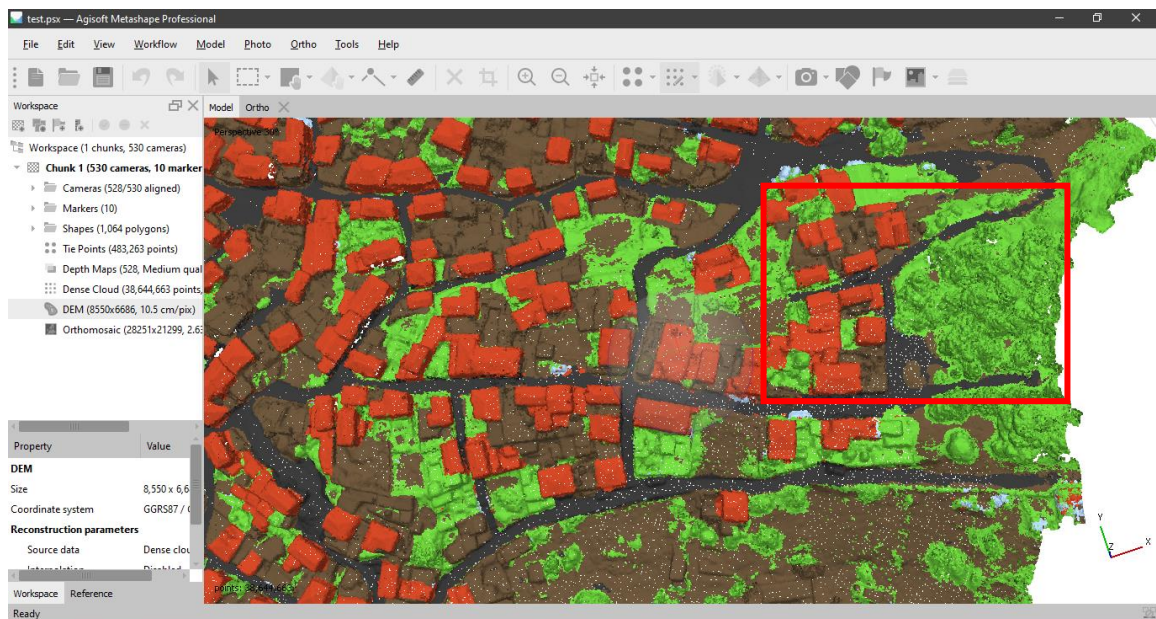
Εικόνα 38: Επιλογή όλων των πιθανών κλάσεων.



Εικόνα 39: Χρήση εργαλείου για την χειροκίνητη ταξινόμηση.



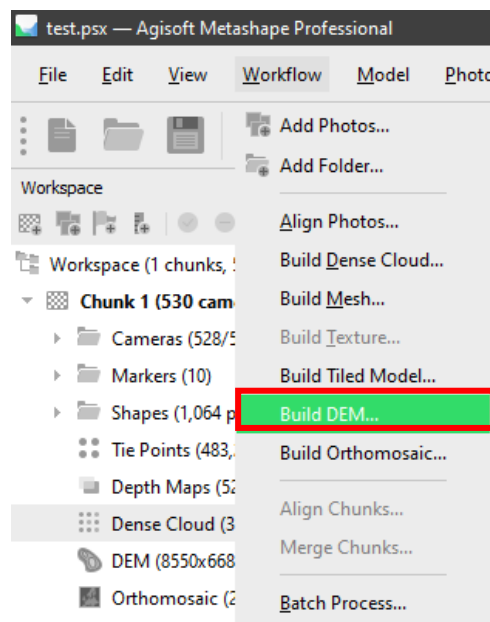
Εικόνα 40: Χρήση εργαλείου για την χειροκίνητη ταξινόμηση.



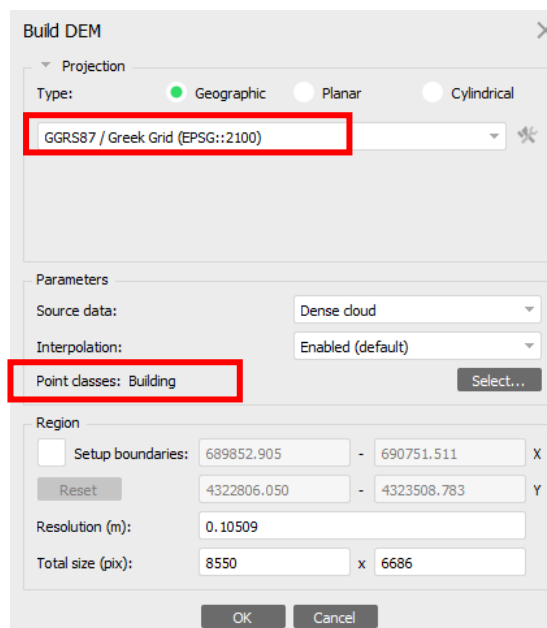
Εικόνα 41: Δημιουργία τεσσάρων κλάσεων.

5.2.9. Δημιουργία & Εξαγωγή ταξινομημένου ψηφιακού μοντέλου επιφανείας

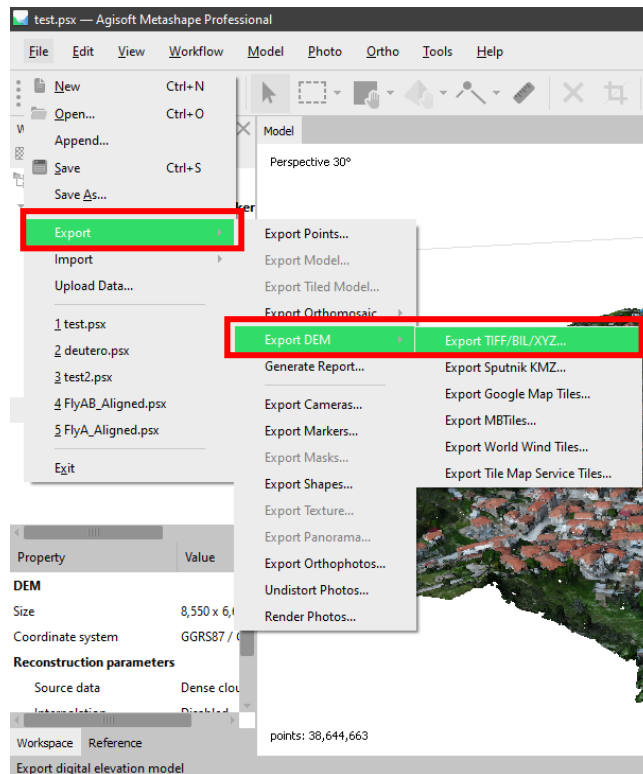
Σε αυτό το στάδιο, στόχος είναι η δημιουργία & η εξαγωγή του ταξινομημένου ψηφιακού μοντέλου επιφανείας (DSM) (βλ. Εικόνα 42 & Εικόνα 44) και πιο συγκεκριμένα η απομόνωση των κτιρίων της περιοχής μελέτης (βλ. Εικόνα 43). Έτσι, από την ταξινόμηση που προηγήθηκε του πυκνού νέφους σημείων, εξήχθη το ψηφιακό μοντέλο επιφανείας (TIF) στο Ελληνικό Σύστημα Αναφοράς Συντεταγμένων, με τα κτίρια της Βρίσας. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής φαίνονται στην Ενότητα 6 (βλ. Χάρτης 12).



Εικόνα 42: Δημιουργία ταξινομημένου ψηφιακού μοντέλου επιφανείας.



Εικόνα 43: Επιλογή ταξινόμησης σύμφωνα με τα κτίρια.



Εικόνα 44: Δημιουργία ταξινομημένου ψηφιακού μοντέλου επιφανείας.

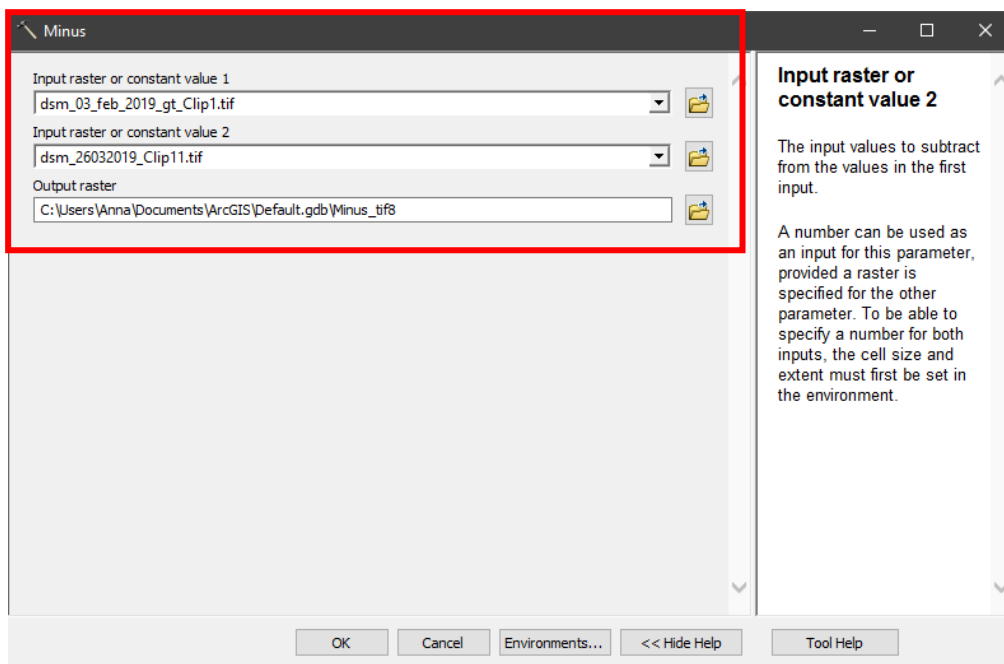
5.3. Αφαίρεση μεταξύ των ψηφιακών μοντέλων επιφανείας

Επόμενη διαδικασία είναι η αφαίρεση των ψηφιακών μοντέλων επιφανείας (DSM). Στόχος είναι, τα αποτελέσματα των διαδικασιών 5.2.7 και 5.2.9 να συγκριθούν μεταξύ τους και να βγουν τα ανάλογα συμπεράσματα. Έτσι, εισήχθησαν στο λογισμικό ArcMap τα υψομετρικά μοντέλα επιφανείας των δύο ημερομηνιών και με το εργαλείο αφαίρεσης (Minus) (βλ. *Εικόνα 45*) έγινε αφαίρεση των δύο μοντέλων ώστε να διευκολυνθεί η υψομετρική σύγκριση τους.

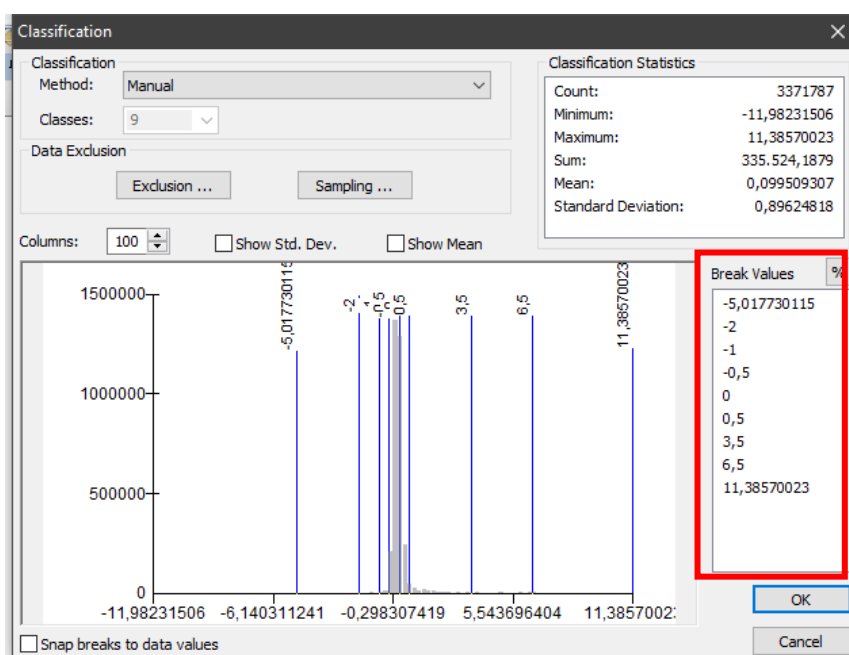
Το Minus ανήκει στην κατηγορία των εργαλείων χωρικής ανάλυσης και αφαιρεί την τιμή για κάθε pixel του δεύτερου αρχείου raster από το πρώτο raster. (στην περίπτωση μας αφαιρεί το DSM του Φεβρουαρίου από το DSM του Μαρτίου). Για την αποτύπωση των διαφορών και κατά συνέπεια των βλαβών των κτιρίων, δημιουργήθηκαν τέσσερις δισδιάστατες (TIF) απεικονίσεις. Η πρώτη περιλαμβάνει την αφαίρεση των δύο ψηφιακών μοντέλων επιφανείας. Οι δύο περιλαμβάνουν το αποτέλεσμα της αφαίρεσης με δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με το υψόμετρο των ορόφων των κτιρίων αποτυπωμένο στους ορθοφωτοχάρτες (03/02/2019 & 26/03/2019). Πιο συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν τέσσερις κλάσεις (βλ. *Εικόνα 46*):

- 0 – 0.5
- 0.5 – 3.5
- 3.5 – 6.5
- 6.5 – 11

Η τέταρτη και η πέμπτη απεικόνιση, αποτελούν αποσπάσματα της αφαίρεσης με δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με το υψόμετρο των ορόφων των κτιρίων αποτυπωμένο στον ορθοφωτοχάρτη για τις 26/03/2019. Τα αποτελέσματα βρίσκονται στην Ενότητα 6 (βλ. Χάρτης 13 έως Χάρτης 17) όπου απεικονίζονται δισδιάστατα (TIF) οι διαφορές.



Εικόνα 45: Χρήση “Minus”



Εικόνα 46: Δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με τους ορόφους των κτιρίων.

5.4. Ταξινόμηση με φίλτρο προσομοίωσης υφάσματος

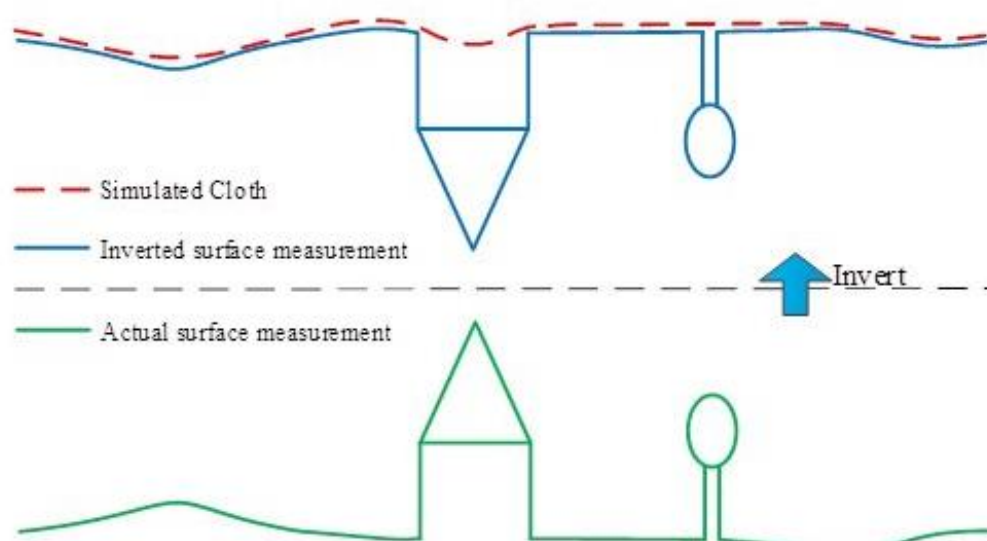
Έπειτα από τη ταξινόμηση που έγινε στο λογισμικό Agisoft Metashape Professional για τις 26/03/2019, ακολουθεί η ταξινόμηση στο λογισμικό CloudCompare για τις 03/02/2019.

Στο λογισμικό αυτό, υπάρχει ένα εργαλείο ταξινόμησης, το Cloth Simulation Filter (CSF). Το CSF, αποτελεί μια μέθοδο φιλτραρίσματος Lidar δεδομένων που βασίζεται σε προσομοίωση “υφάσματος”. Εξάγει σημεία εδάφους (ground points) σε διακριτά σημεία νέφους Lidar. Ουσιαστικά, διαχωρίζει τα σημεία νέφους σε σημεία εδάφους και μη μέσω των δεδομένων Lidar. Το νέφος σημείων αντιστρέφεται και με τη χρήση ενός άκαμπτου “υφάσματος” καλύπτεται η αναστρεφόμενη επιφάνεια (βλ. Εικόνα 47).

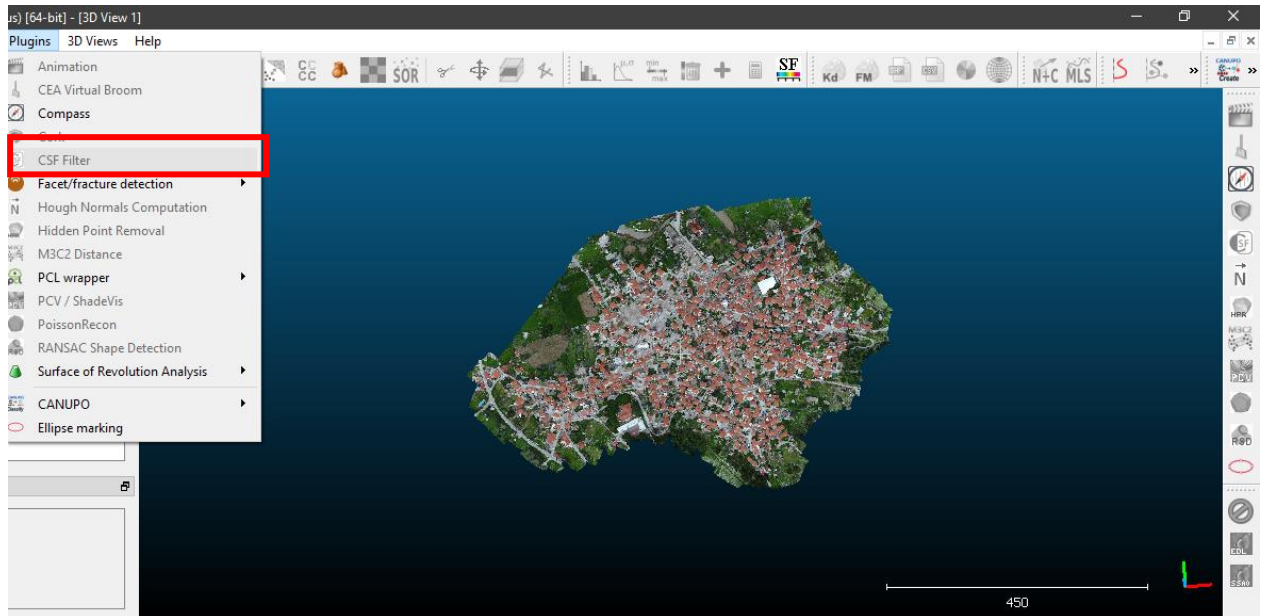
Έτσι, στο λογισμικό CloudCompare, αφού εισήχθη το πυκνό νέφος σημείων, με το εργαλείο CSF έγινε διαχωρισμός του εδάφους από τα κτίρια (βλ. Εικόνα 48). Το εργαλείο αυτό, χρησιμοποιεί παραμέτρους όπως το Cloth resolution grid size (μέγεθος του πλέγματος), Max resolutions (επαναλήψεις προσομοίωσης) και Classification threshold (όριο ταξινόμησης). Για τη δημιουργία της ταξινόμησης, δεν έγινε αλλαγή σε όλες τις παραμέτρους παρά μόνο στο Classification threshold. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν ως όρια οι παρακάτω τιμές οι οποίες αντιστοιχούν σε μέτρα από το έδαφος.:

- 1
- 2
- 3
- 3.5

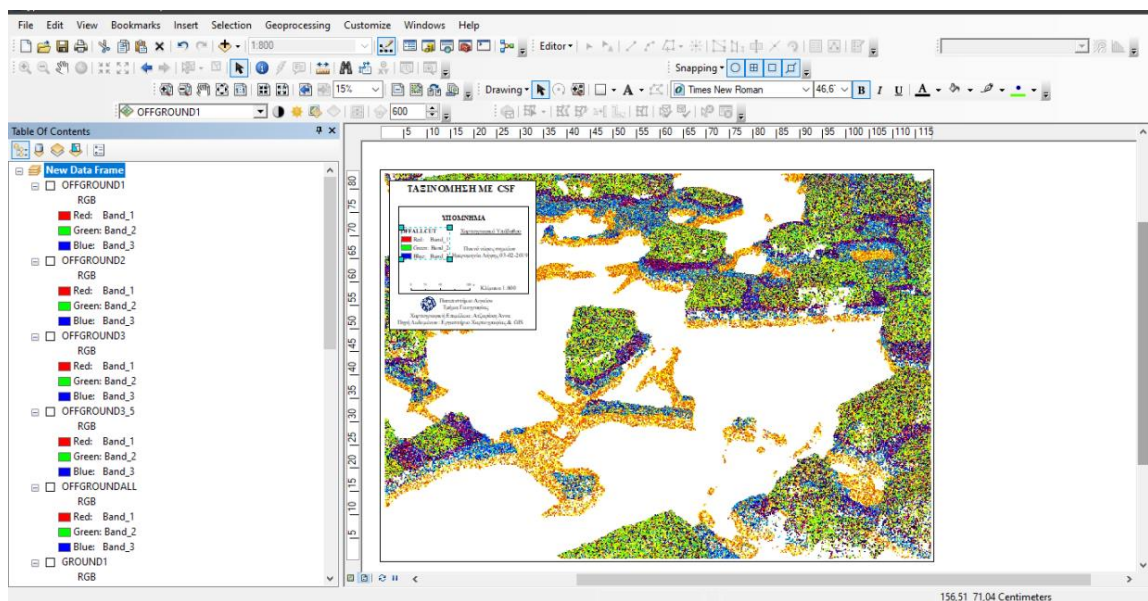
Ο λόγος που δοκιμάστηκαν οι παραπάνω τιμές είναι για να διαπιστωθεί πιο όριο είναι καταλληλότερο για αυτή τη χρήση. Η απεικόνιση της παραμέτρου έγινε στο λογισμικό ArcScene και ArcMap (βλ. Εικόνα 49) ενώ τα αποτελέσματα της ταξινόμησης φαίνονται στην Ενότητα 6 και στο (βλ. Χάρτης 22 έως Χάρτης 31).



Εικόνα 47: Αναπαράσταση αλγόριθμου CSF.



Εικόνα 48: Χρήση “CSF”.



Εικόνα 49: Απεικόνιση ταξινομημένου πυκνού νέφους στο λογισμικό ArcMap.

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τις παραπάνω διαδικασίες, ο Χάρτης 4 περιλαμβάνει το υψόμετρο της Βρίσας που περιγράφει τα αντικείμενα-κτίρια που είναι κατασκευασμένα σε αυτή. Παρατηρούμε ότι στις 03/02/2019, το υψόμετρο της περιοχής κυμάνθηκε από 19,3392 έως 83,0334 μέτρα. Ο συγκεκριμένος χάρτης δεν είναι αποτέλεσμα κάποιας διαδικασίας καθώς τα δεδομένα του είχαν δοθεί από το εργαστήριο χαρτογραφίας όπως και ο Χάρτης 5 όπου προβάλλει την ορθοφωτογραφία που δημιουργήθηκε από την επεξεργασία αεροφωτογραφιών, για τις 03/02/2019 από το εργαστήριο χαρτογραφίας.

Στον Χάρτη 6, αποτυπώνονται οι βλάβες του οικισμού της Βρίσας με χαρτογραφικό υπόβαθρο τον ορθοφωτοχάρτη για τις 03/02/2019. Η κατανομή των βλαβών έγινε με περίγραμμα πολυγώνου όπου τα κτίρια με κατηγορία βλάβης ασφαλή φαίνονται με πράσινο χρώμα, τα κτίρια με κατηγορία βλάβης μη ασφαλή με κίτρινο χρώμα ενώ τα επικίνδυνα με κόκκινο χρώμα. Ο Χάρτης 7, προβάλλει εξίσου τη κατανομή των βλαβών του οικισμού της Βρίσας με γέμισμα πολυγώνου όπου τα κτίρια με κατηγορία βλάβης ασφαλή φαίνονται με πράσινο χρώμα, τα κτίρια με κατηγορία βλάβης μη ασφαλή με κίτρινο χρώμα ενώ επικίνδυνα με κόκκινο χρώμα. Στον Χάρτη 8, φαίνεται το επίπεδο βλαβών σύμφωνα με το υψόμετρο του οικισμού της Βρίσας και κατανέμονται σε ήπιες, σοβαρές βλάβες και ετοιμόρροπα σπίτια. Επιπλέον ο Χάρτης 9, δείχνει τα κτίρια της Βρίσας όπου σύμφωνα με το ψηφιακό μοντέλο επιφανείας αποτυπώνονται οι βλάβες του οικισμού.

Ο Χάρτης 10, απεικονίζει το υψόμετρο της Βρίσας που περιγράφει τα αντικείμενα-κτίρια που είναι κατασκευασμένα σε αυτή. Παρατηρούμε ότι στις 26/03/2019, το υψόμετρο της περιοχής κυμάνθηκε από 20,6078 έως 83,5102 μέτρα. Αντίστοιχα για την ίδια ημερομηνία ο Χάρτης 11, προβάλλει την ορθοφωτογραφία. Οι χάρτες αυτοί είναι αποτέλεσμα του πυκνού νέφους σημείων που δημιουργήθηκε μέσω του λογισμικού Agisoft Metashape Professional.

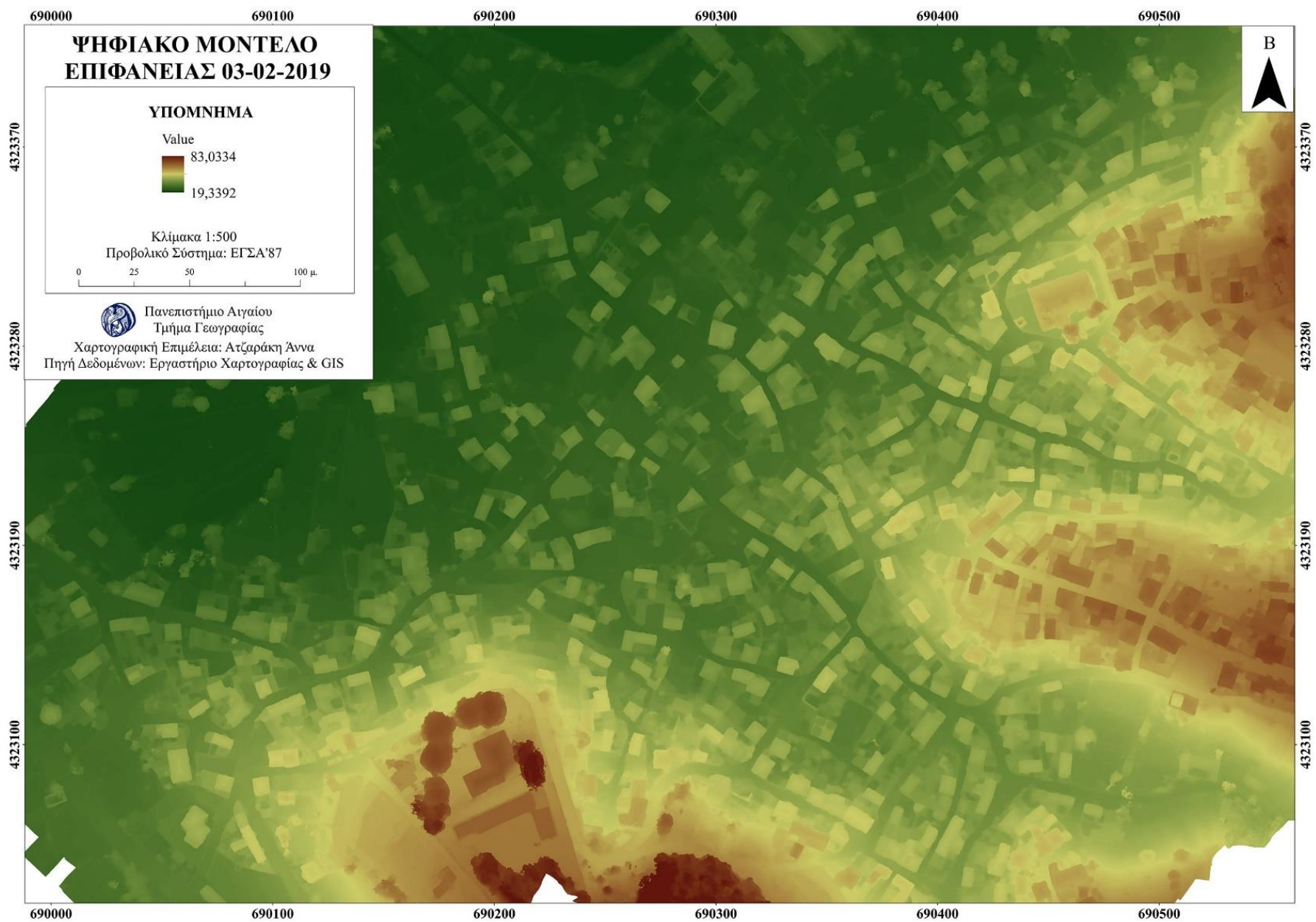
Τα κτίρια της Βρίσας αποτυπωμένα στο ψηφιακό μοντέλο επιφανείας που δημιουργήθηκε για τις 26/03/2019 φαίνονται στον Χάρτη 12 με χαρτογραφικό υπόβαθρο τον ορθοφωτοχάρτη της ίδιας ημερομηνίας.

Στον Χάρτη 13, προβάλλεται τη διαφορά των ψηφιακών μοντέλων επιφανείας όπου η τιμές κυμαίνονται από -18,1762 έως 17,9417. Ακολούθως, ο Χάρτης 14 περιλαμβάνει τη διαφορά των ψηφιακών μοντέλων επιφανείας με δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με το ύψος των ορόφων των κτιρίων. Πιο συγκεκριμένα, οι όροφοι των κτιρίων είναι από 0 έως 0,5, 0,5 έως 3,5, από 3,5 έως 6,5 και από 6,5 και πάνω μέτρα. Έτσι, με πράσινες αποχρώσεις αποτυπώνονται τα νεόκτιστα κτίρια της περιοχής ενώ με κόκκινες τα κατεδαφισμένα κτίρια της περιοχής. Το χαρτογραφικό υπόβαθρο του χάρτη είναι ο ορθοφωτοχάρτης για τις 03/02/2019. Αντίστοιχα, ο Χάρτης 15, περιλαμβάνει τις ίδιες γεωχωρικές πληροφορίες με τον χάρτη 15 σε άλλο χαρτογραφικό υπόβαθρο. Το υπόβαθρο του χάρτη αυτού είναι ο ορθοφωτοχάρτης για τις 26/03/2019.

Ο Χάρτης 18, περιλαμβάνει το έδαφος που διαχωρίστηκε από την προσομοίωση υφάσματος, με όλα τα όρια ταξινόμησης αποτυπωμένο με χρωματικές παλέτες. Με μπλε χρώμα είναι το όριο με τη τιμή “1”, με κίτρινο το όριο με τη τιμή “2”, με κίτρινο χρώμα το όριο με τη τιμή “3” και με πράσινο το όριο με τιμή “3.5”. Τα όρια δεν είναι

ευδιάκριτα στον χάρτη όμως το όριο με πράσινο χρώμα φαίνεται πως είναι ακατάλληλο καθώς προσθέτει και ένα τμήμα των κτιρίων. Το απόσπασμα του Χάρτη 18 φαίνεται στον Χάρτη 19 όπου τα αποτελέσματα είναι πιο ευδιάκριτα.

Ο Χάρτης 20 περιλαμβάνει τα κτίρια που διαχωρίστηκαν από την προσομοίωση υφάσματος, με όλα τα όρια ταξινόμησης αποτυπωμένα με χρωματικές παλέτες. Με πράσινο χρώμα είναι το όριο με τη τιμή “1”, με μωβ το όριο με τη τιμή “2”, με μπλε χρώμα το όριο με τη τιμή “3” και με πορτοκαλί το όριο με τιμή “3.5”. Τα όρια δεν είναι εξίσου ευδιάκριτα στον χάρτη όμως το όριο με πορτοκαλί χρώμα φαίνεται πως είναι ακατάλληλο καθώς προσθέτει-επιστρέφει και ένα τμήμα του εδάφους. Το απόσπασμα του Χάρτη 20 φαίνεται στον Χάρτη 21 όπου τα αποτελέσματα είναι πιο ευδιάκριτα.



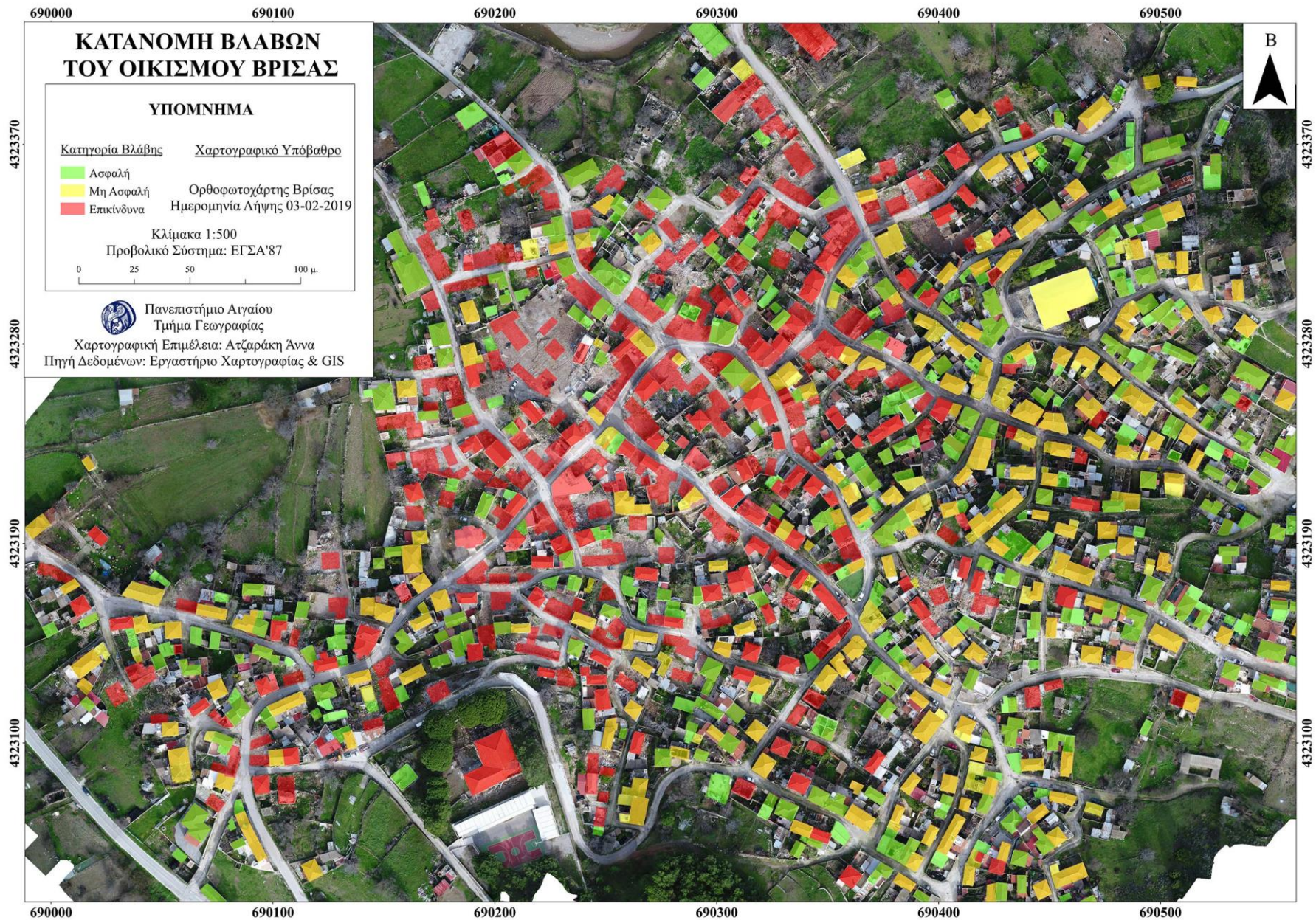
Χάρτης 4: Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας 03-02-2019.



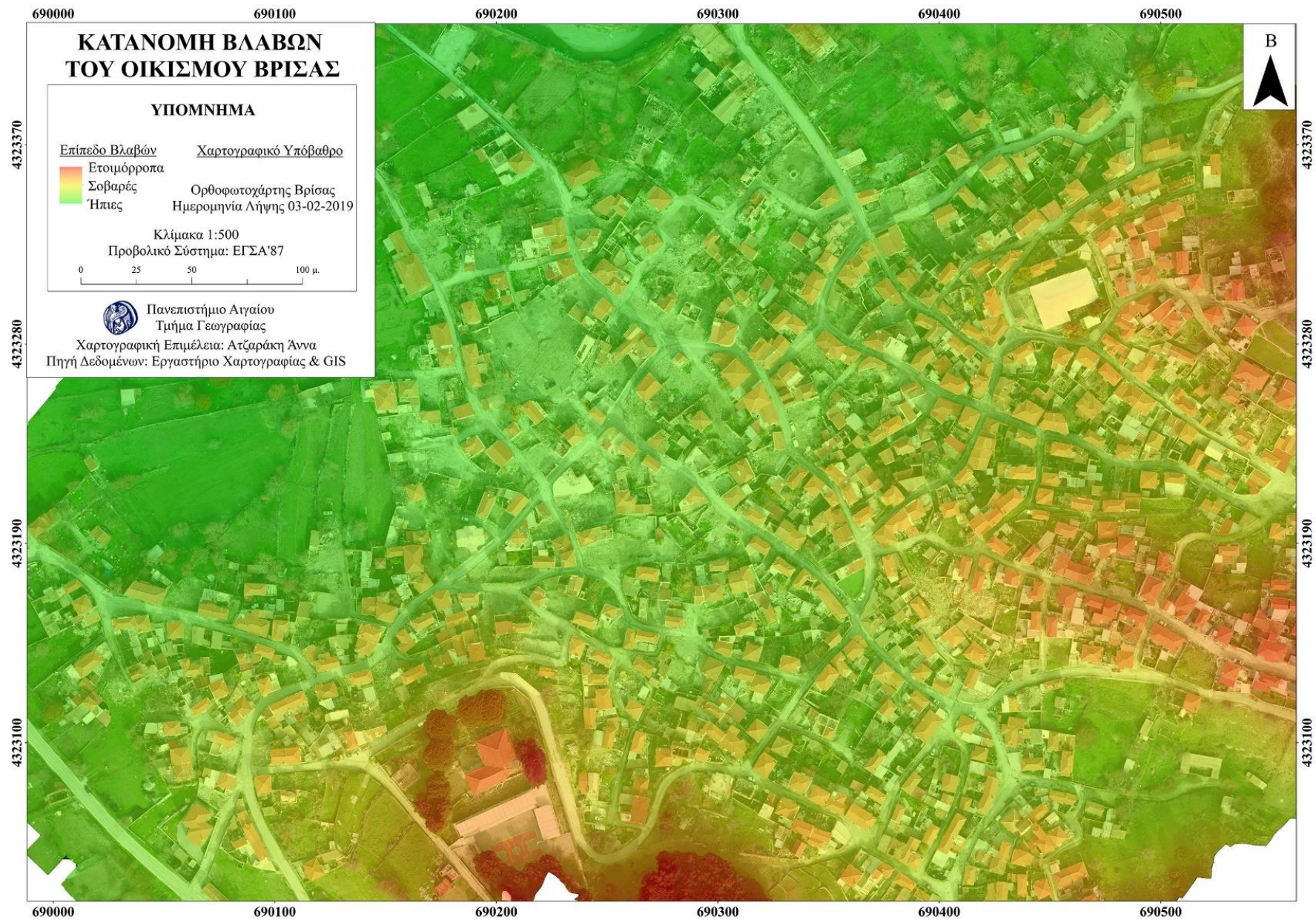
Χάρτης 5: Ορθοφωτοχάρτης 03-02-2019.



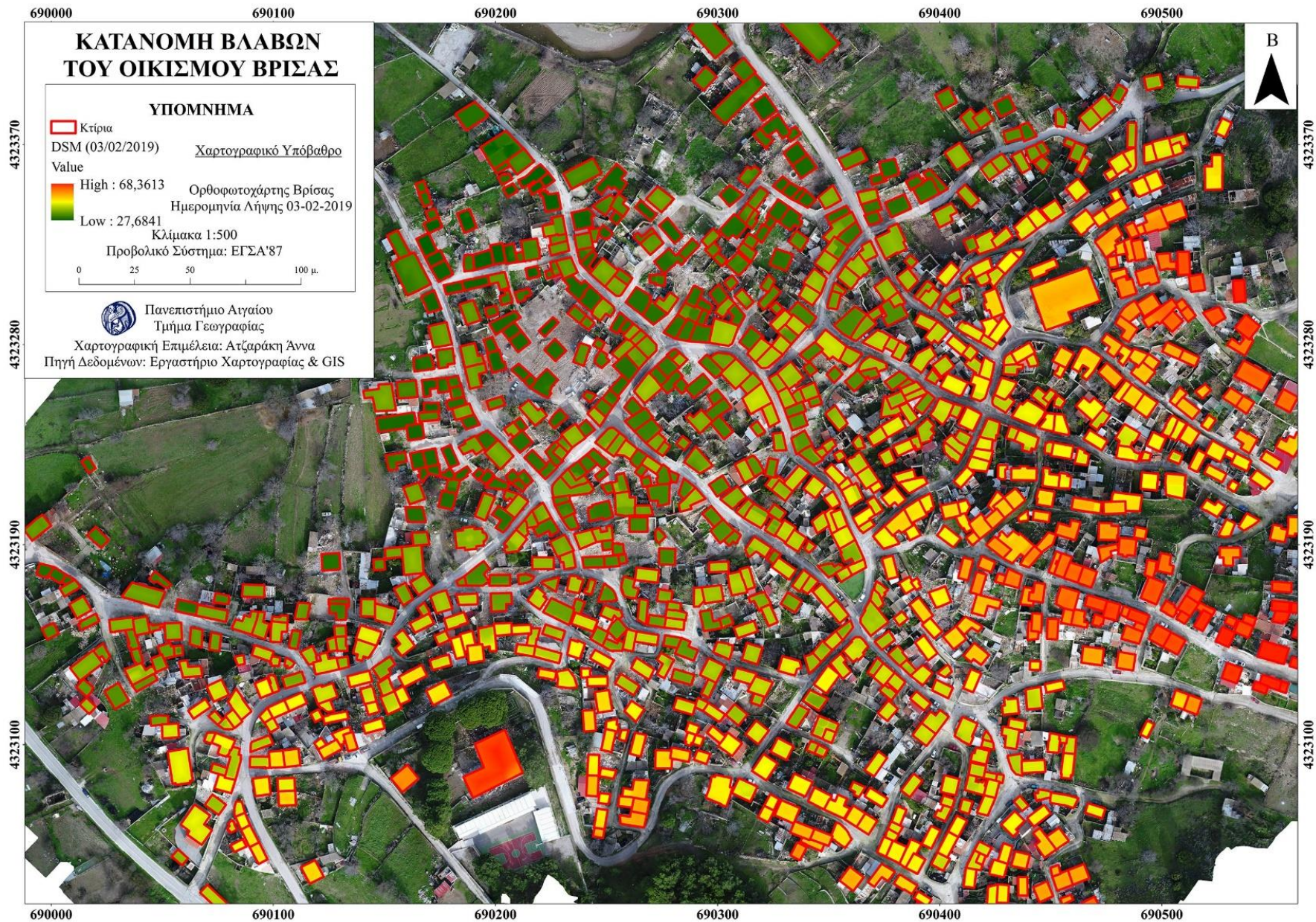
Χάρτης 6: Αποτύπωση βλαβών Βρίσας Α'.



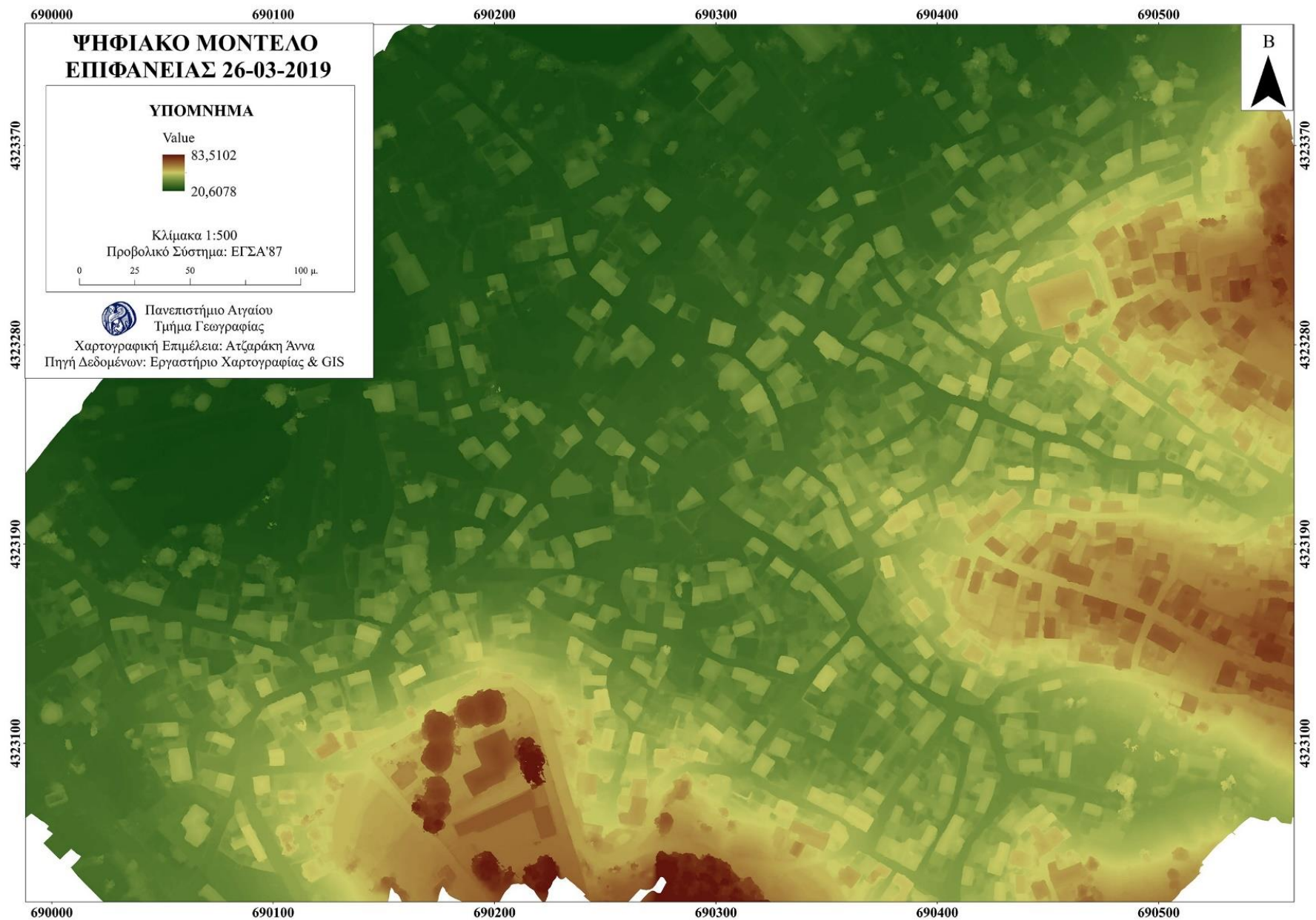
Χάρτης 7: Αποτύπωση βλαβών Βρίσας Β'.



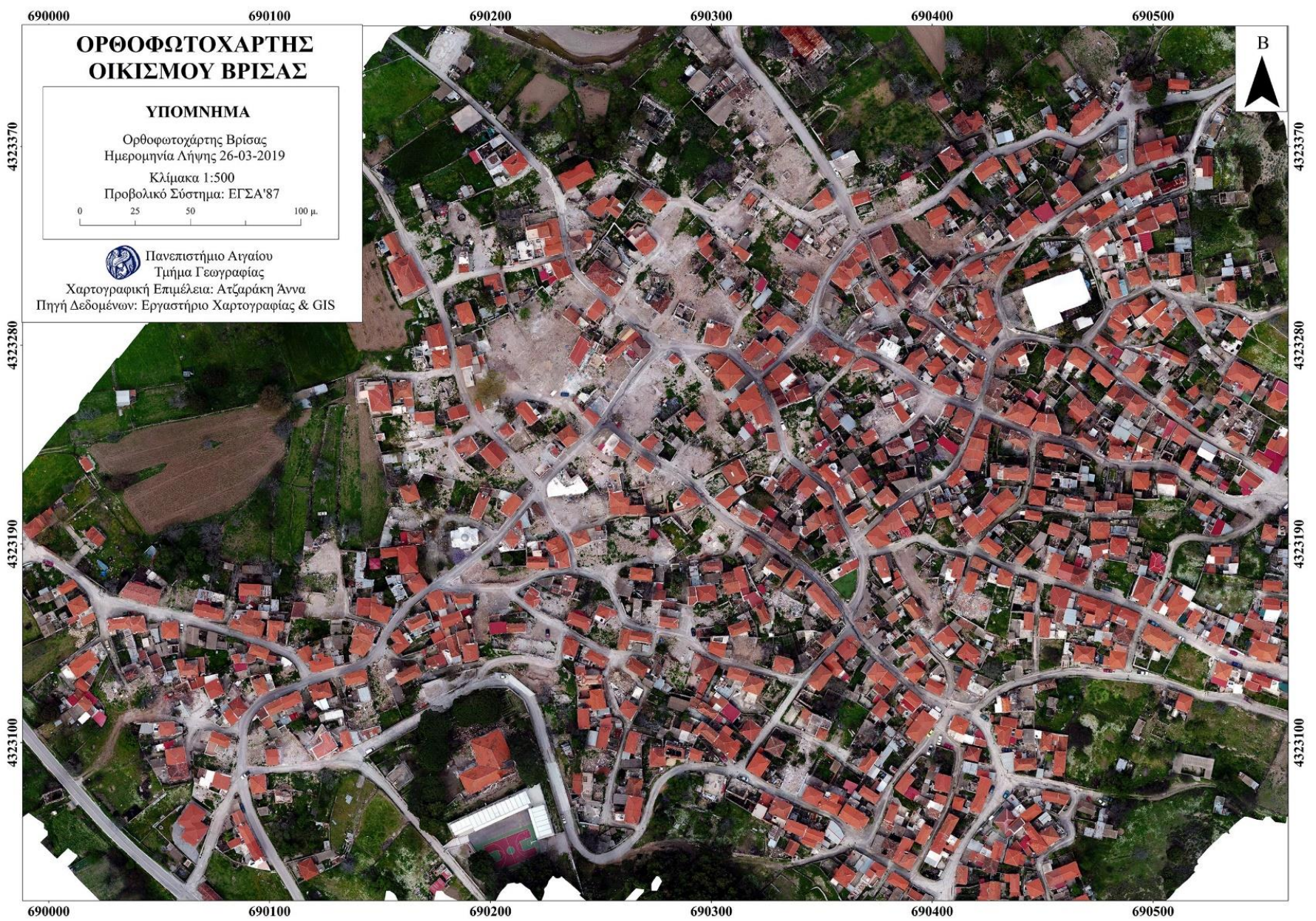
Χάρτης 8: Αποτύπωση βλαβών Βρίσας Γ'.



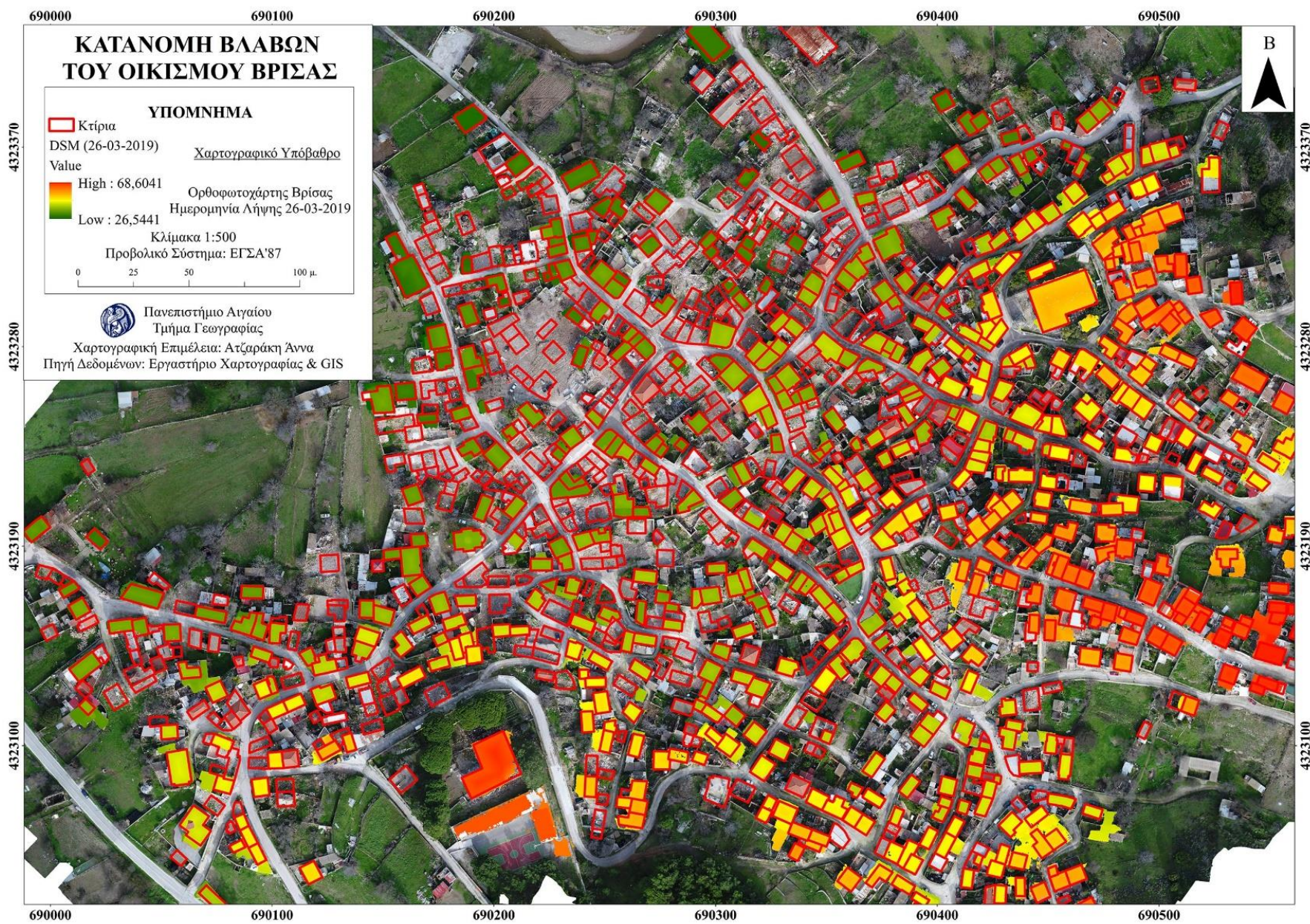
Χάρτης 9: Αποτύπωση βλαβών Βρίσας Δ'



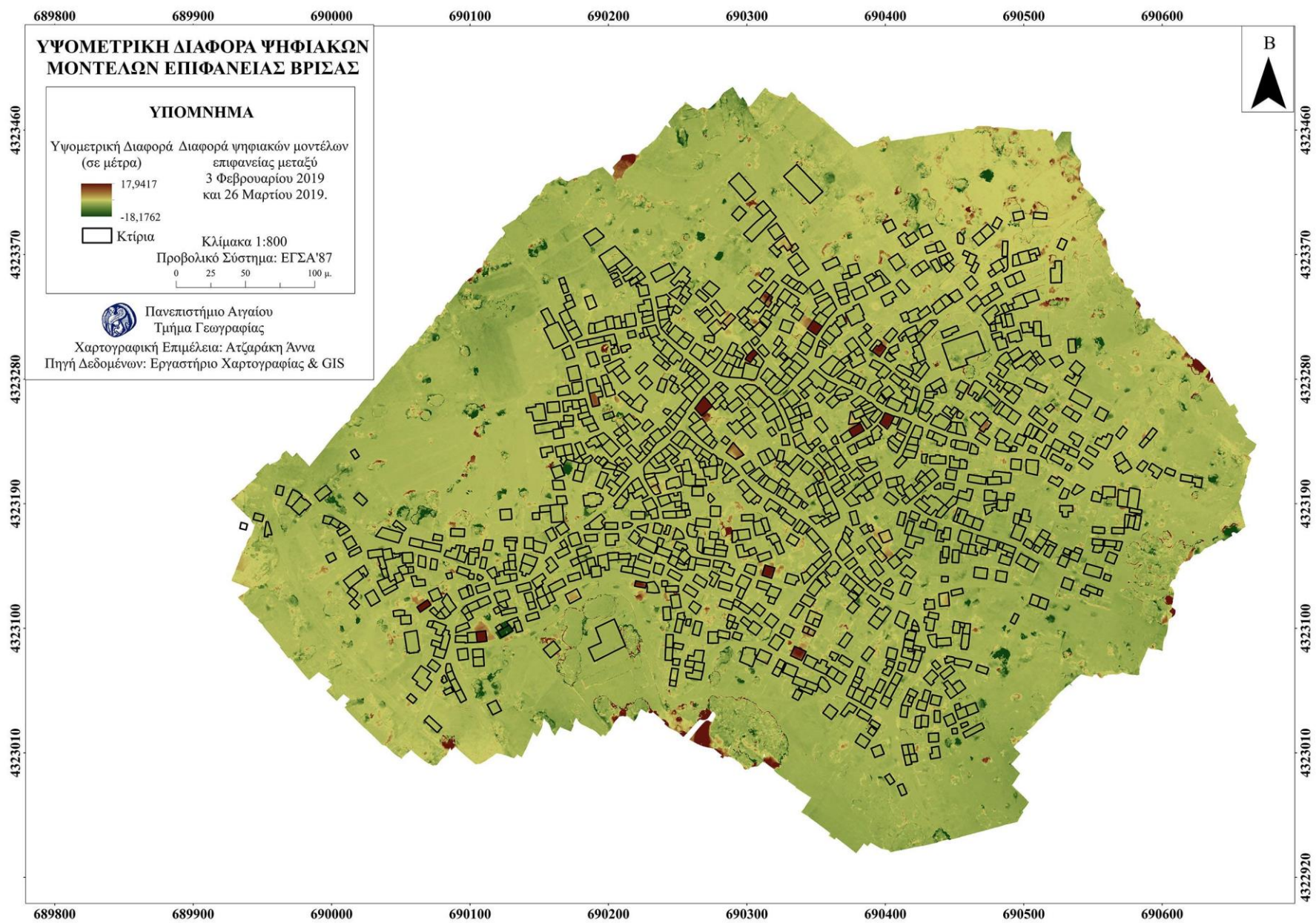
Χάρτης 10: Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας 26-03-2019.



Χάρτης 11: Ορθοφωτοχάρτης 26-03-2019.



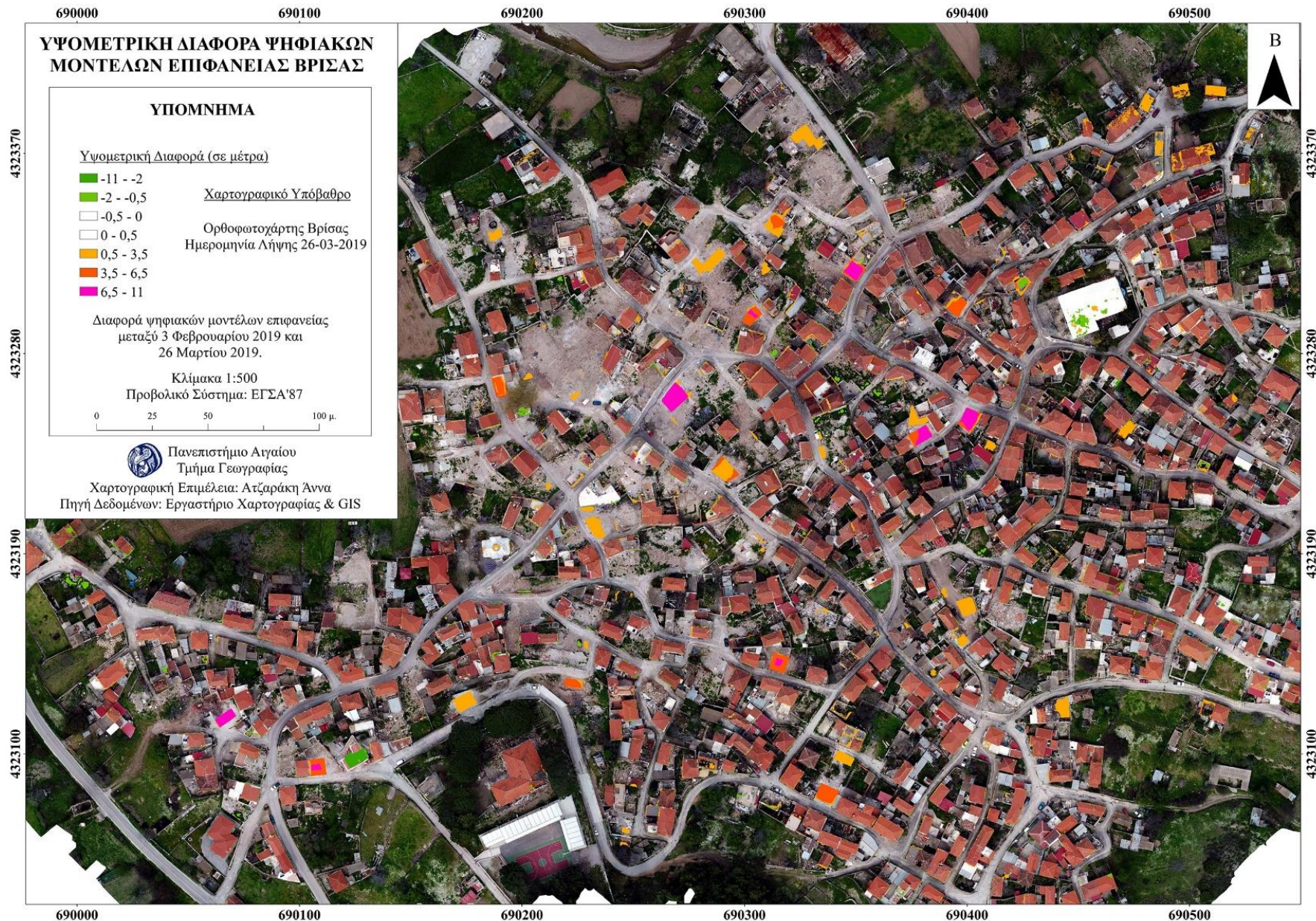
Χάρτης 12: Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας σύμφωνα με τη ταξινόμηση του Agisoft για τις 26-03-2019.



Χάρτης 13: Διαφορά Ψηφιακών Μοντέλων Επιφανείας.



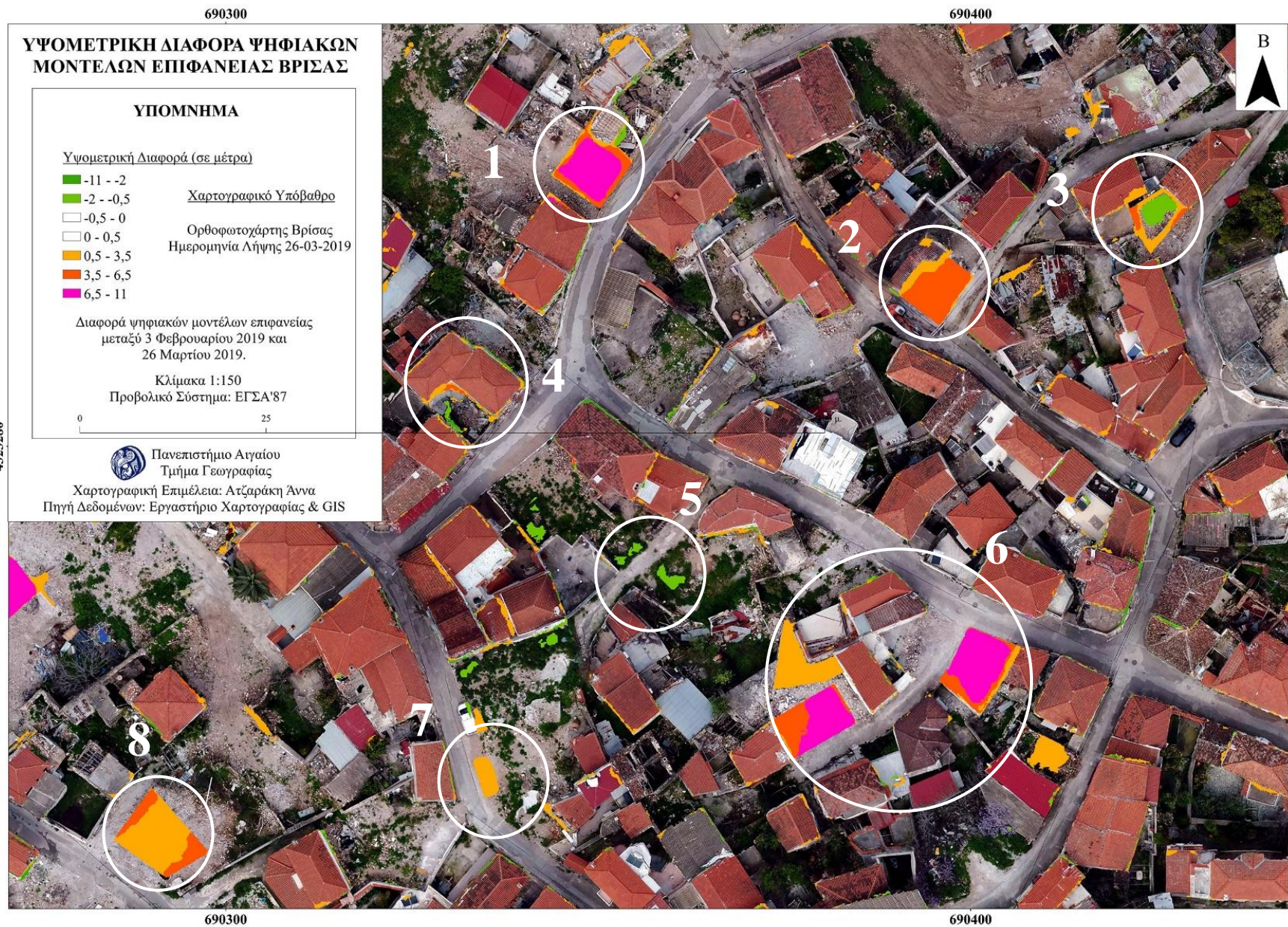
Χάρτης 14: Διαφορά DSM με δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με το ύψος των ορόφων των κτιρίων αποτυπωμένο στον ορθοφωτοχάρτη 03/02/2019..



Χάρτης 15: Διαφορά DSM με δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με το ύψος των ορόφων των κτιρίων αποτυπωμένο στον ορθοφωτοχάρτη 26/03/2019.



Χάρτης 16: Απόσπασμα διαφοράς DSM με δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με το ύψος των ορόφων των κτιρίων αποτυπωμένο στον ορθοφωτοχάρτη 26/03/2019.



Χάρτης 17: Απόσπασμα διαφοράς DSM με δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με το ύψος των ορόφων των κτιρίων αποτυπωμένο στον ορθοφωτοχάρτη 26/03/2019.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

GROUNDALL

Χαρτογραφικό Υπόβαθρο

Red: Band_1

Green: Band_2 Πυκνό νέφος σημείων

Blue: Band_3 Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

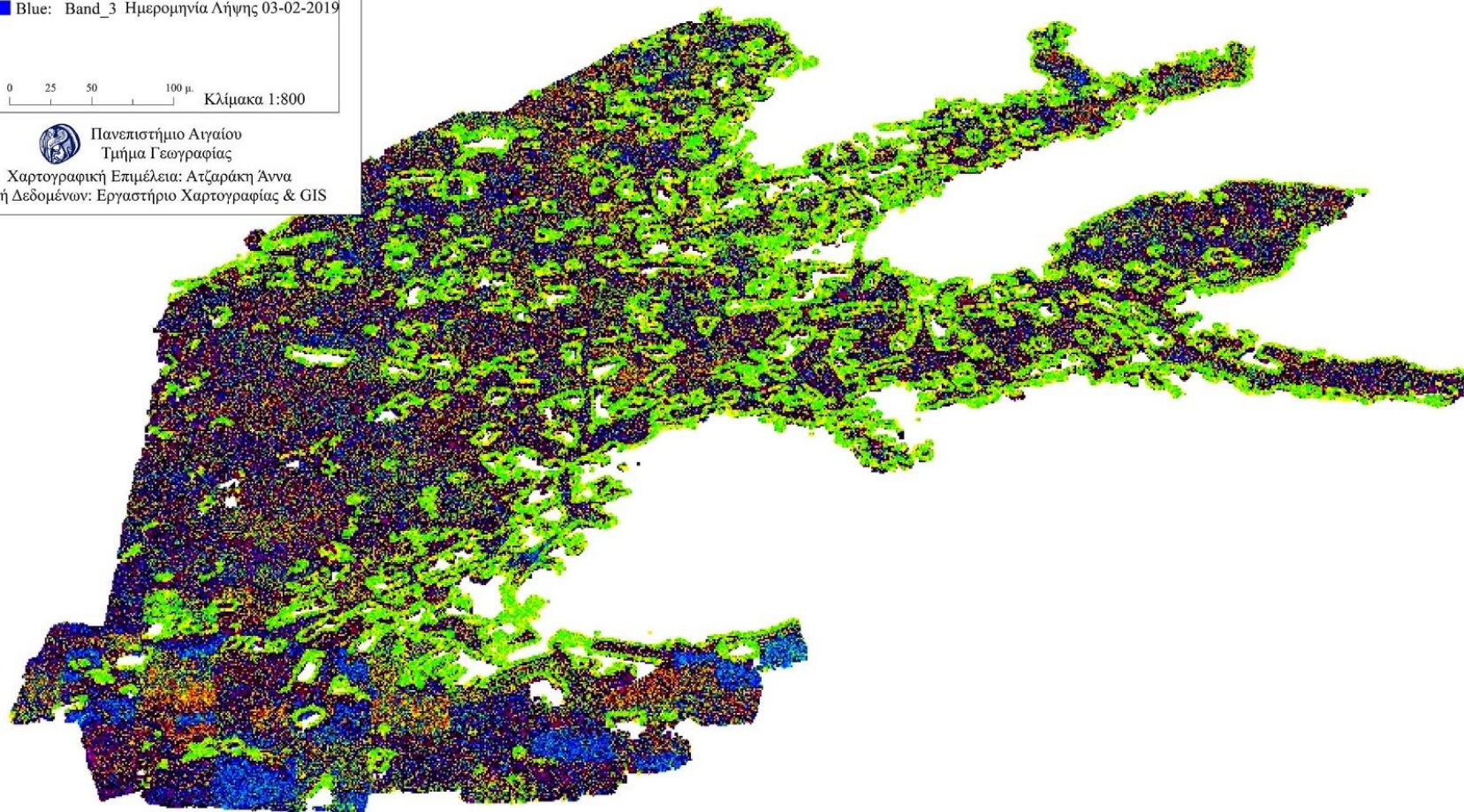
0 25 50 100 μ.

Κλίμακα 1:800



Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τμήμα Γεωγραφίας

Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS




Χάρτης 18: Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όλα τα όρια σύμφωνα με επίπεδα χρωμάτων.

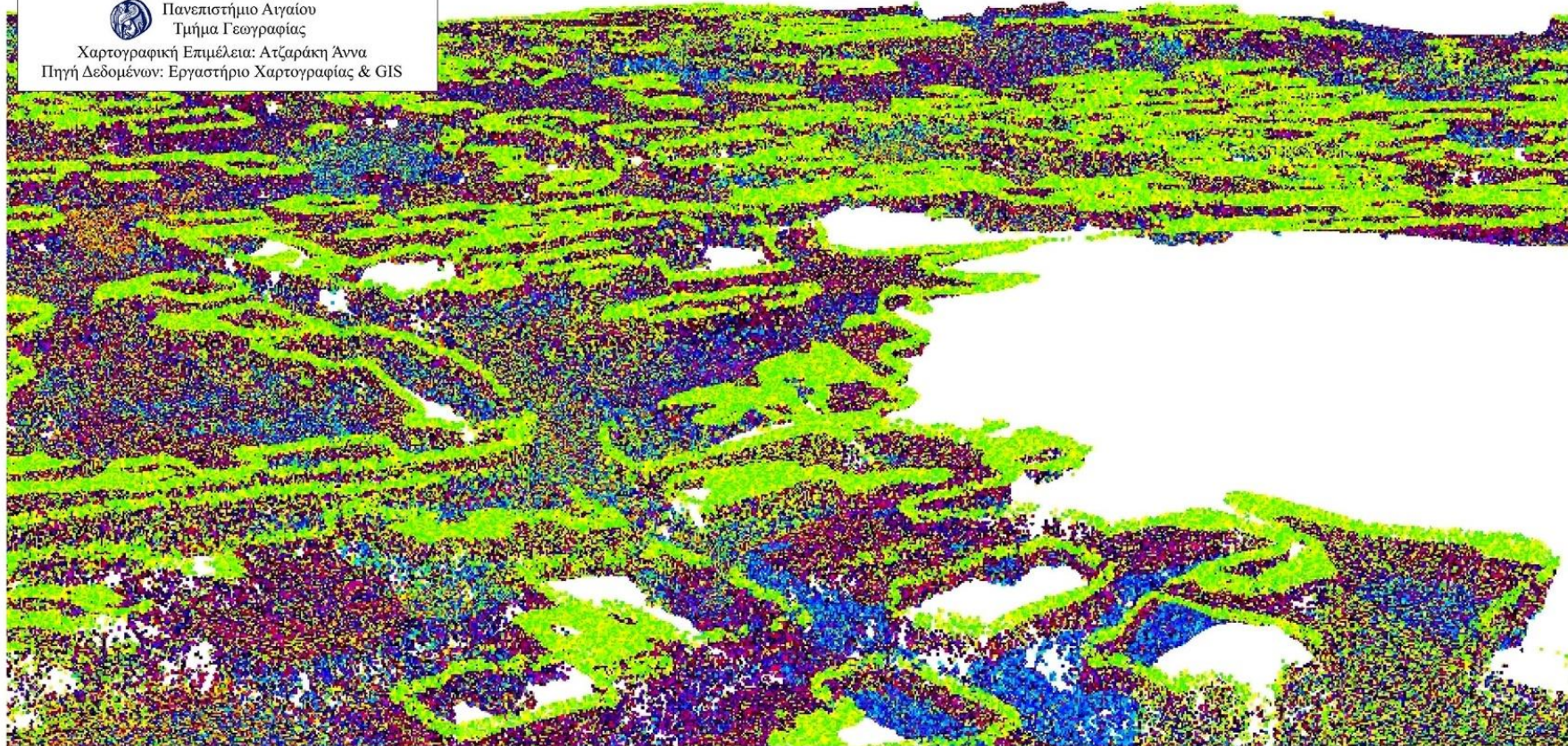
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

GROUNDALLCUT Χαρτογραφικό Υπόβαθρο
Red: Band_1
Green: Band_2 Πυκνό νέφος σημείων
Blue: Band_3 Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

0 25 50 100 μ. Κλίμακα 1:800

 Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τμήμα Γεωγραφίας
Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS



Χάρτης 19: Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όλα τα όρια σύμφωνα με επίπεδα χρωμάτων.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

OFFALL

Red: Band_1

Green: Band_2 Πυκνό νέφος σημείων

Blue: Band_3 Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

Χαρτογραφικό Υπόβαθρο

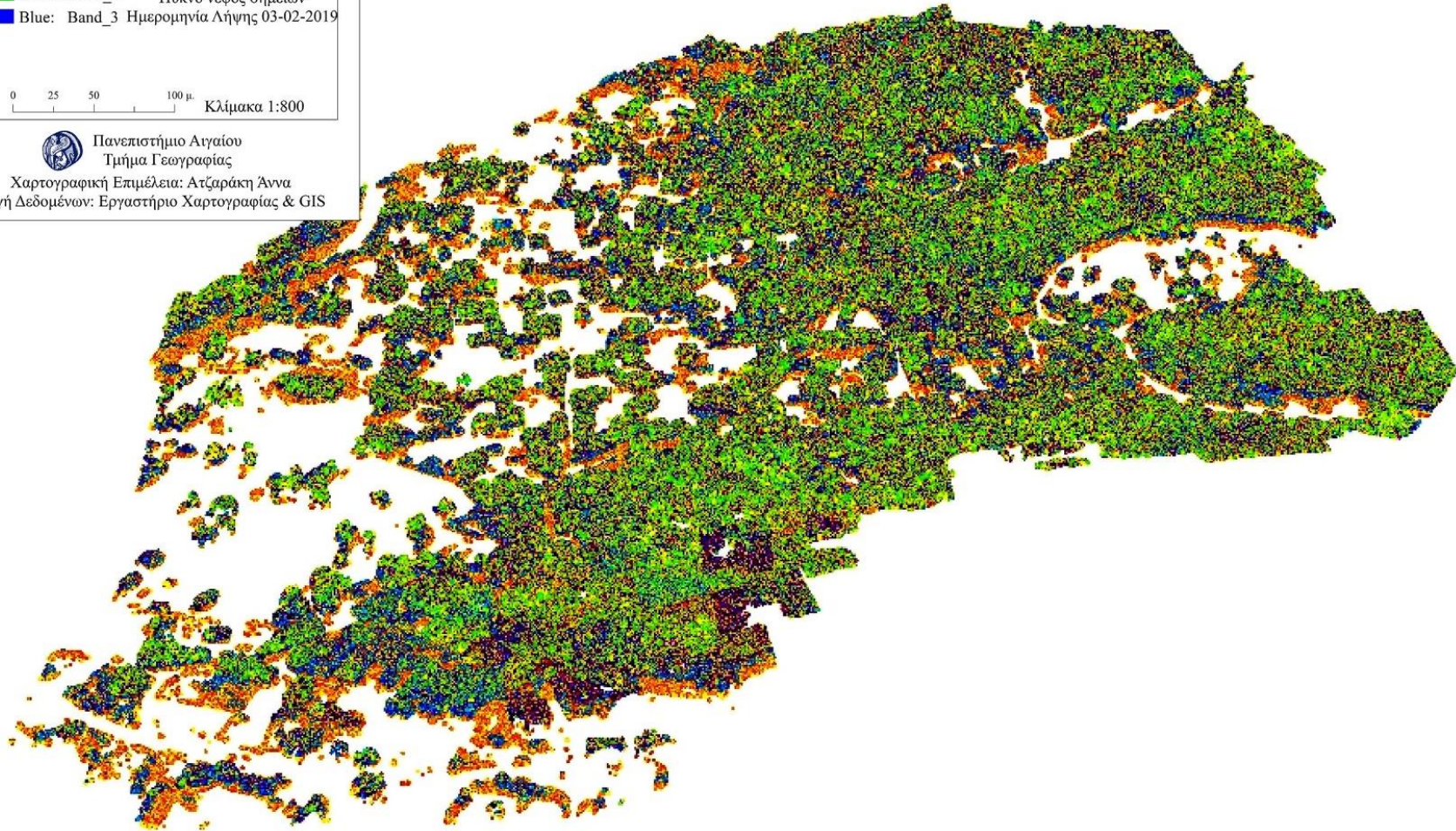
0 25 50 100 μ.

Κλίμακα 1:800

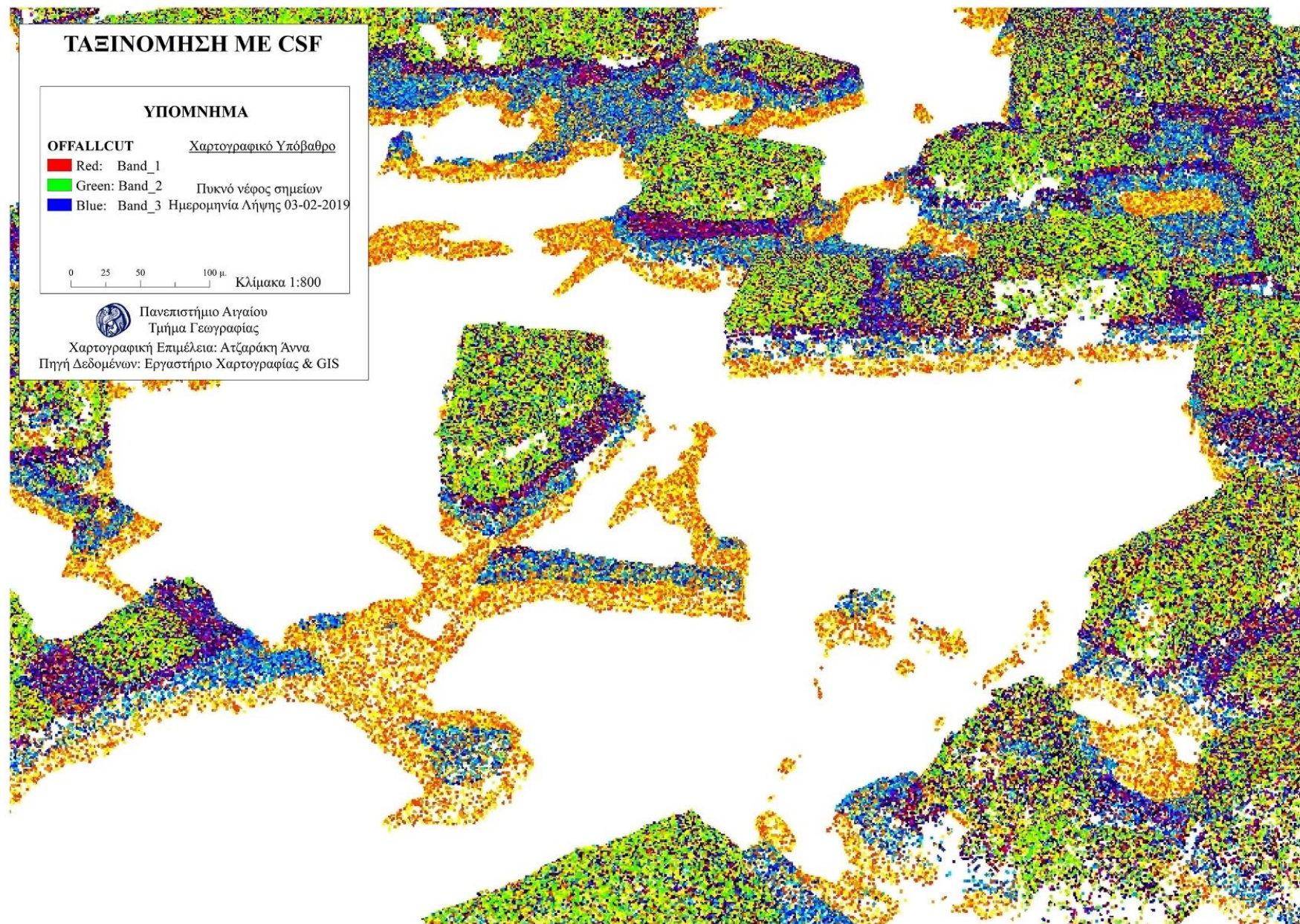


Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τμήμα Γεωγραφίας

Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS



Χάρτης 20: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όλα τα όρια σύμφωνα με επίπεδα χρωμάτων.



Χάρτης 21: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όλα τα όρια σύμφωνα με επίπεδα χρωμάτων.

	Από πριν τις 03/02/2019	26/03/2019
Κατεδαφισμένα κτίρια	243	265
Νεόκτιστα κτίρια	0	1

Πίνακας 16: Μεταβολές κατεδαφισμένων και νεόκτιστων κτιρίων Βρίσας.

Τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα είναι αποτέλεσμα των ορθοφωτοχαρτών και των ψηφιακών μοντέλων επιφανείας που δημιουργήθηκαν για τις 03/02/2019 και 26/03/2019. Προκύπτει ότι ο οικισμός της Βρίσας έως και τις 03/02/2019 παρουσίασε 243 κατεδαφισμένα κτίρια και κανένα κτίριο νεόκτιστο. Ακολούθως προκύπτει ότι στις 26/03/2019 καταγράφηκαν 265 κατεδαφισμένα κτίρια και ένα νεόκτιστο. Κατ' αυτό τον τρόπο, καθορίζονται οι μεταβολές που υπέστη ο οικισμός καθώς το διάστημα που μεσολάβησε κατεδαφίστηκαν 22 κτίρια της περιοχής.

Τα αποτελέσματα του Πίνακα 16 και επιβεβαιώνονται στην αφαίρεση των ψηφιακών μοντέλων επιφανείας (βλ. Χάρτης 13) όπου οι θετικές τιμές στην υψομετρική διαφορά δηλώνουν τα κτίρια που έχουν κατεδαφιστεί σε αυτό το διάστημα και οι αρνητικές τιμές δηλώνουν τα κτίρια που κατασκευάστηκαν.

Αντιστοίχως οι Χάρτης 14 και Χάρτης 15 επαληθεύουν τις μεταβολές αυτές με πιο εμφανή συμπεράσματα καθώς προβάλλουν τη διαφορά των ψηφιακών μοντέλων επιφανείας αλλά με κλάσεις. Οι κλάσεις αυτές δημιουργήθηκαν σύμφωνα με τους ορόφους των κτιρίων, έτσι κάθε θετική τιμή με χρώμα αντιστοιχεί σε κάποιο όροφο. Οι αρνητικές τιμές με χρώμα, ορίζουν τη τιμή από την οποία ξεκινάει να «υπάρχει» ένα αντικείμενο. Έτσι, επιβεβαιώνεται ότι τα κτίρια με ερυθρές αποχρώσεις είναι 22 και έχουν κατεδαφιστεί ενώ 1 κτίριο με πράσινη απόχρωση έχει κατασκευαστεί.

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η χρήση της γεωπληροφορικής και πιο συγκεκριμένα της τρισδιάστατης οπτικοποίησης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αποτύπωση των κτιριακών καταστροφών μιας περιοχής. Σε ανάλογο χρονικό διάστημα, υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής μοντέλων με σκοπό τη μελέτη και την αποκατάσταση τους.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προηγήθηκαν, παρατηρούμε ότι στην πρώτη μέθοδο που εφαρμόστηκε με σκοπό να αναδειχθεί η κατάσταση των κτιρίων στον οικισμό της Βρίσας, σε χαρτογραφικό πλαίσιο ο Χάρτης 6 είναι ο καταλληλότερος για την απεικόνιση των κτιριακών καταστροφών. Έχει πιο ευδιάκριτες παλέτες χρωμάτων και η γεωγραφική πληροφορία είναι εμφανέστερη. Έτσι, είναι ευκολότερο να αντιληφθεί κάποιος τα κατεδαφισμένα και μη κτίρια, αλλά και το επίπεδο βλάβης.

Στην δεύτερη μέθοδο, η οποία περιλάμβανε τη χειροκίνητη ταξινόμηση της περιοχής και τη δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου επιφανείας για τις 26/03/2019 στο λογισμικό Agisoft Metashape Professional, παρατηρούμε ότι είναι αποτελεσματική αλλά έχει αρκετές απώλειες. Όπως φαίνεται και στον Χάρτη 12 δεν υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή, δηλαδή υπάρχουν σημεία των κτιρίων που δεν έχουν ταξινομηθεί ενώ υπάρχουν άλλα σημεία π.χ, στο έδαφος που έχουν ταξινομηθεί ως σπίτια.

Στην τρίτη μέθοδο, όπου περιλάμβανε τις αφαιρέσεις μεταξύ του ψηφιακού μοντέλου επιφανείας για τις 26/03/2019 και του ψηφιακού μοντέλου επιφανείας για τις 03/02/2019, τα αποτελέσματα για το ποια κτίρια έχουν κατεδαφιστεί είναι εμφανέστατα. Οι Χάρτες 13 έως Χάρτης 17 απεικονίζουν τα κτίρια που έχουν κατεδαφιστεί. Στους Χάρτες 14 και Χάρτης 15 οι οποίοι περιλαμβάνουν τη διαφορά μεταξύ των ψηφιακών μοντέλων με δημιουργία κλάσεων σύμφωνα με το ύψος των ορόφων των κτιρίων στους ορθοφωτοχάρτες 03/02/2019 & 26/03/2019 αποτυπώνονται καλύτερα τα κτίρια τα οποία έχουν κατεδαφιστεί. Αυτό οφείλεται στις κλάσεις που δημιουργήθηκαν, καθώς η ανώτατη που έχει τιμή από 6 μέτρα και πάνω, μπορεί να καθορίσει ποια κτίρια έχουν κατεδαφιστεί.

Η τέταρτη και τελευταία διαδικασία περιλάμβανε την αυτοματοποιημένη μέθοδο ταξινόμησης με φίλτρο CSF για τις 03/02/2019 στο λογισμικό CloudCompare, παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται το όριο ταξινόμησης, τόσο αυξάνεται και ο διαχωρισμός εδάφους και μη, δηλαδή εδάφους και κτιρίων. Έτσι θέτοντας τα όρια "1", "2", "3" και "3.5" φαίνεται ότι το αποτελεσματικότερο όριο είναι αυτό με την τιμή "3". Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στον Χάρτη 25, με όριο ταξινόμησης "3.5", όπου το όριο αυξήθηκε κατά "0.5" γίνεται μεγαλύτερη αφαίρεση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα στον Χάρτη 25 σε σχέση με το Χάρτη 24 να έχει αυξηθεί το έδαφος και αντίστοιχα στον Χάρτη 30 σε σχέση με το Χάρτη 29 να έχει αφαιρεθεί μέρος των κτιρίων. Οι Χάρτες 18 έως Χάρτης 20 όπου απεικονίζουν τα όρια αυτά με επίπεδα χρωμάτων αποτυπώνουν καλύτερα αυτή τη σύγκριση μεταξύ των ορίων.

Συγκρίνοντας τις ταξινομήσεις, φαίνεται ότι δε μπορεί να προσδιοριστεί με βεβαιότητα ποια εφαρμογή είναι καλύτερη. Και αυτό γιατί, παρόλο που η διαδικασία με τη χειροκίνητη ταξινόμηση είναι πιο χρονοβόρα και έχει αρκετές αποκλείσεις, η διαδικασία με την αυτοματοποιημένη ταξινόμηση, που είναι σύντομη και αποτελεσματική, είναι υπό επεξεργασία. Επιπλέον, σε μικρές εκτάσεις όπως για παράδειγμα σε ένα οικοδομικό τετράγωνο, η χειροκίνητη ταξινόμηση είναι εύκολη,

όμως στη περίπτωση μας όπου έχουμε ένα ολόκληρο χωριό είναι πολύ χρονοβόρα διαδικασία. Επιπλέον, ο αλγόριθμος του φίλτρου προσομοίωσης υφάσματος χρησιμοποιεί λίγες παραμέτρους που είναι εύκολο να κατανοηθούν και να καθοριστούν από το χρήστη, επομένως μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα τοπία χωρίς να προσδιοριστούν περίπλοκες παράμετροι φιλτραρίσματος ενώ επιπλέον λειτουργεί σε ακατέργαστα δεδομένα LiDAR.

Οι ορθοφωτοχάρτες που δημιουργήθηκαν παρέχουν αξιόπιστες πληροφορίες διατηρώντας τα δεδομένα των αεροφωτογραφιών. Αποτελούν ένα σύγχρονο χαρτογραφικό προϊόν το οποίο συνδυάζει τη μετρική ποιότητα και ακρίβεια του χάρτη με εκείνη της γεωγραφικής πληροφορίας. Έτσι, προβάλλεται η απαραίτητη χαρτογραφική πληροφορία της περιοχής της Βρίσας και αποτυπώνονται ευδιάκριτα οι καταστροφές που υπέστη από το σεισμό της 12^{ης} Ιουνίου 2017.

Αντίστοιχα, η ανάγκη απεικόνισης όλων των κατασκευών στην περιοχή της Βρίσας, οδήγησε στη δημιουργία των παραπάνω Ψηφιακών Μοντέλων Επιφανείας (DSM) τα οποία αποδίδουν και περιγράφουν τόσο το ανάγλυφο του εδάφους όσο και τα κτίρια και τις κατασκευές κάθε είδους συνθέτοντας με τον τρόπο αυτό ένα τρισδιάστατο μοντέλο.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κύριος στόχος της πτυχιακής εργασίας ήταν η οπτικοποίηση των μεταβολών που υπέστη στον οικισμό της Βρίσας μεταξύ 3 Φεβρουαρίου 2019 και 26 Μαρτίου 2019 από το σεισμό της 12ης Ιουνίου 2017.

Έτσι, από την εν λόγω έρευνα, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- ❖ Υπάρχουν κτίρια τα οποία έχουν κατεδαφιστεί και γύρω από αυτά υπάρχουν μπάζα τα οποία αλλάζουν την τιμή της υψομετρικής διαφοράς.
- ❖ Παρατηρούνται κτίρια τα οποία έχουν κατεδαφιστεί εντελώς.
- ❖ Επιπλέον υπάρχουν κτίρια τα οποία έχουν συγκεντρωμένα σε διάφορα σημεία μπάζα με αποτέλεσμα να αλλάζει η διαφορά του υψομέτρου.
- ❖ Θετικές τιμές αποτυπώνονται και σε αντικείμενα τα οποία έχουν μετακινηθεί, όπως τα αυτοκίνητα.
- ❖ Γύρω από τις στέγες ορισμένων κτιρίων εμφανίζονται τιμές μεταβολών οι οποίες δεν είναι πραγματικές αλλά οφείλονται στον αλγόριθμο υπολογισμού του ύψους.
- ❖ Αρνητικές τιμές δίνουν στο κέντρο των κτιρίων εμφανίζονται λόγω της συγκέντρωσης όλων των μπαζών στη περιοχή αυτή.
- ❖ Μόνο ένα νεόκτιστο κτίριο εμφανίζεται τη περίοδο που μεσολάβησε και αυτό φαίνεται από την αρνητική υψομετρική διαφορά μεταξύ των ψηφιακών μοντέλων επιφανείας.
- ❖ Οι υπόλοιπες αρνητικές υψομετρικές διαφορές δεν οφείλονται σε κτίρια αλλά στη βλάστηση λόγω της εποχικότητας

Τα συμπεράσματα αυτά, δηλώνουν ότι η χρήση των ορθοφωτοχαρτών και των ψηφιακών μοντέλων εδάφους μπορούν να καθορίσουν οπτικά ποια κτίρια έχουν κατεδαφιστεί και ποια όχι.

Η εφαρμογή αφαίρεσης μεταξύ των ψηφιακών μοντέλων επιφανείας των δύο ημερομηνιών επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα που προέκυψαν ενώ προβάλλει με λεπτομέρεια τα κτίρια τα οποία έχουν κατεδαφιστεί καθώς και τους ορόφους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Οι Χάρτης 22 έως Χάρτης 26 περιλαμβάνουν το τμήμα του εδάφους από την ταξινόμηση με φίλτρο προσομοίωσης υφάσματος για τις 03/02/2019. Το όριο ταξινόμησης στον Χάρτης 22 αυτό είναι "1" που αντιστοιχεί σε μέτρα από το έδαφος. Φαίνεται ότι έχει αποχωρίσει ένα μικρό τμήμα από την συνολική επιφάνεια του οικισμού. Στον Χάρτης 23 όπου το όριο ταξινόμησης είναι "2" φαίνεται ότι έχει αποχωρίσει ένα τμήμα από την συνολική επιφάνεια του οικισμού αλλά δεν έχουμε το κατάλληλο αποτέλεσμα. Ακολούθως, στον Χάρτης 24 το όριο ταξινόμησης στον χάρτη αυτό είναι "3" και παρατηρούμε πως είναι το κατάλληλο στη συγκεκριμένη περίπτωση καθώς διαχώρισε το έδαφος με ελάχιστες αποκλίσεις.

Το όριο στον Χάρτης 25 εφαρμόστηκε δοκιμαστικά και φαίνεται να είναι ακατάλληλο στη συγκεκριμένη περίπτωση καθώς διαχώρισε το έδαφος με αρκετές αποκλίσεις. Η αύξηση του ορίου, πρόσθεσε και ένα τμήμα των κτιρίων της Βρίσας. Όλα τα όρια της ταξινόμησης του τμήματος του εδάφους φαίνονται στον Χάρτης 26.

Οι Χάρτης 27 έως Χάρτης 31 περιλαμβάνουν το τμήμα των κτιρίων από την ταξινόμηση με φίλτρο προσομοίωσης υφάσματος για τις 03/02/2019. Το όριο ταξινόμησης στον Χάρτης 27 αυτό είναι "1" που αντιστοιχεί σε μέτρα από το έδαφος. Φαίνεται ότι έχει αποχωρίσει ένα μικρό τμήμα από την συνολική επιφάνεια του εδάφους. Στον Χάρτης 28 όπου το όριο ταξινόμησης είναι "2" φαίνεται ότι έχει αποχωρίσει ένα τμήμα από την συνολική επιφάνεια του εδάφους αλλά δεν έχουμε το κατάλληλο αποτέλεσμα. Ακολούθως, στον Χάρτης 29 το όριο ταξινόμησης στον χάρτη αυτό είναι "3" και παρατηρούμε πως είναι το κατάλληλο στη συγκεκριμένη περίπτωση καθώς διαχώρισε τα κτίρια με ελάχιστες αποκλίσεις.


Το όριο στον Χάρτης 30 εφαρμόστηκε δοκιμαστικά και φαίνεται να είναι ακατάλληλο στη συγκεκριμένη περίπτωση καθώς διαχώρισε τα κτίρια με αρκετές αποκλίσεις. Η αύξηση του ορίου, αφαίρεσε και ένα τμήμα των κτιρίων της Βρίσας. Όλα τα όρια της ταξινόμησης του τμήματος των κτιρίων φαίνονται στον Χάρτης 31.

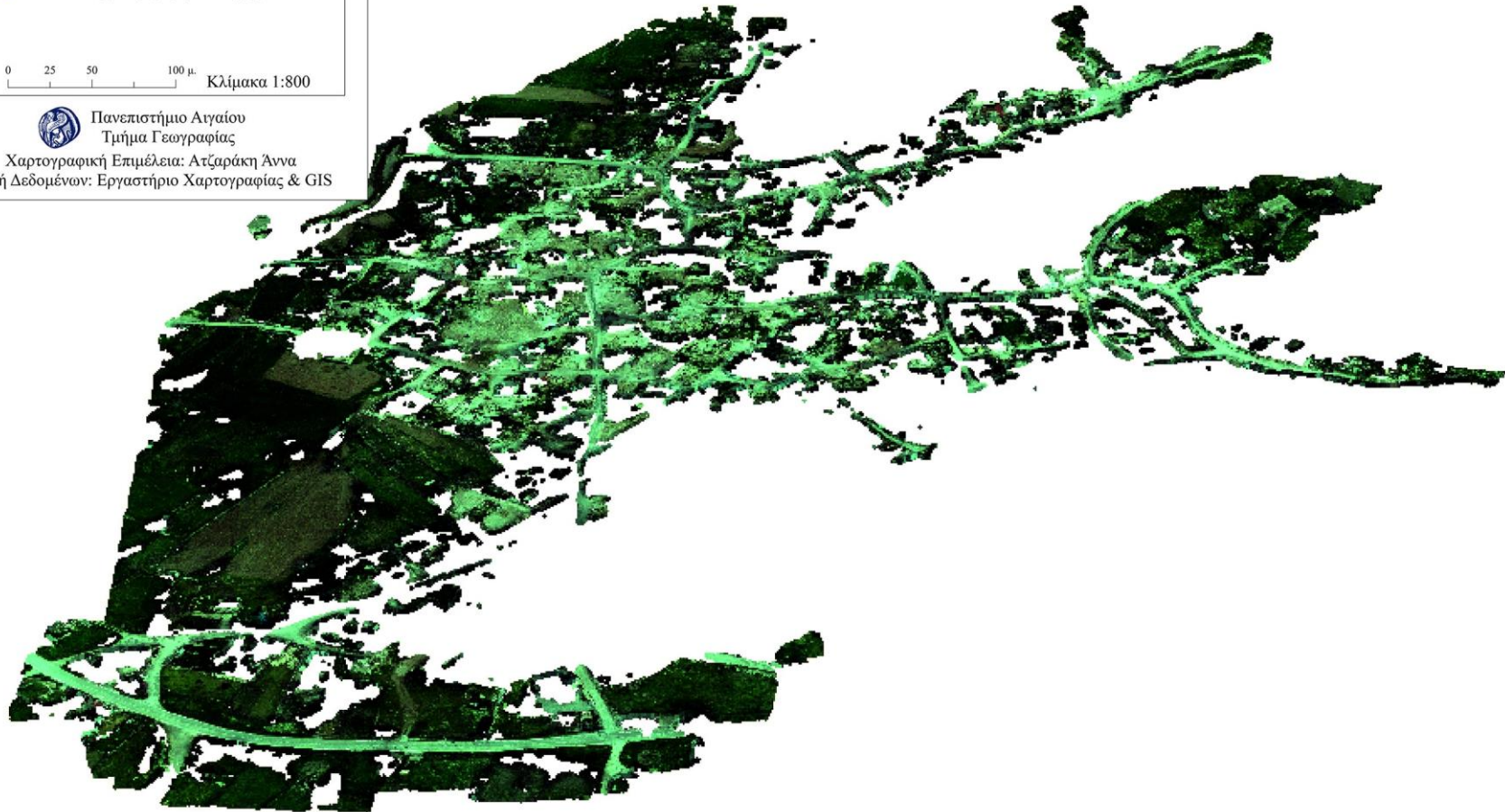
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

GROUND1 Χαρτογραφικό Υπόβαθρο
Red: Band_1
Green: Band_2 Πυκνό νέφος σημείων
Blue: Band_3 Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

0 25 50 100 μ. Κλίμακα 1:800

 Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τμήμα Γεωγραφίας
Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS



Χάρτης 22: Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όριο "1".

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

GROUND2

Χαρτογραφικό Υπόβαθρο

Red: Band_1

Green: Band_2

Blue: Band_3

Πυκνό νέφος σημείων

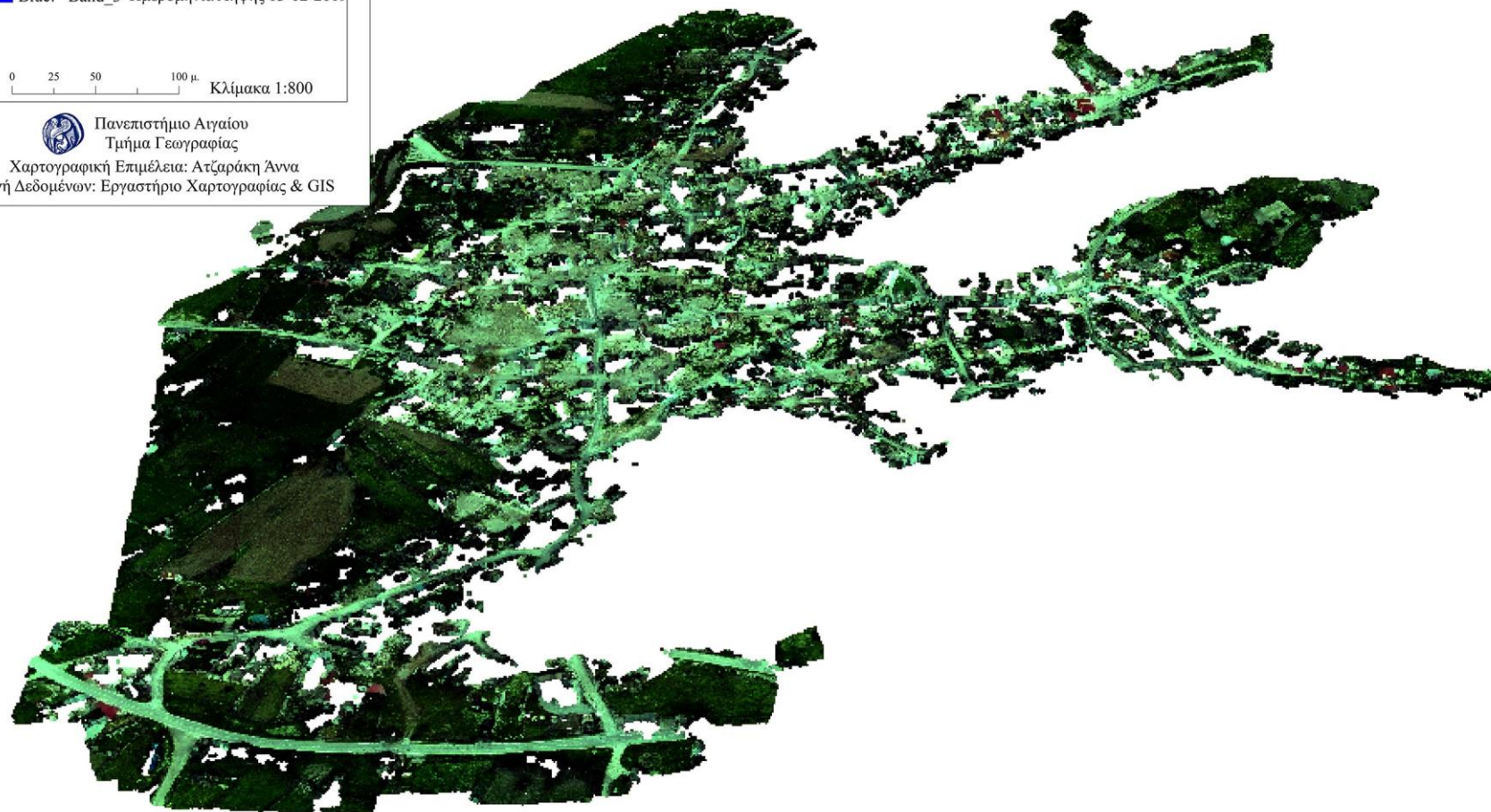
Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

0 25 50 100 μ. Κλίμακα 1:800



Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τμήμα Γεωγραφίας

Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS



Χάρτης 23: Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όριο "2".

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

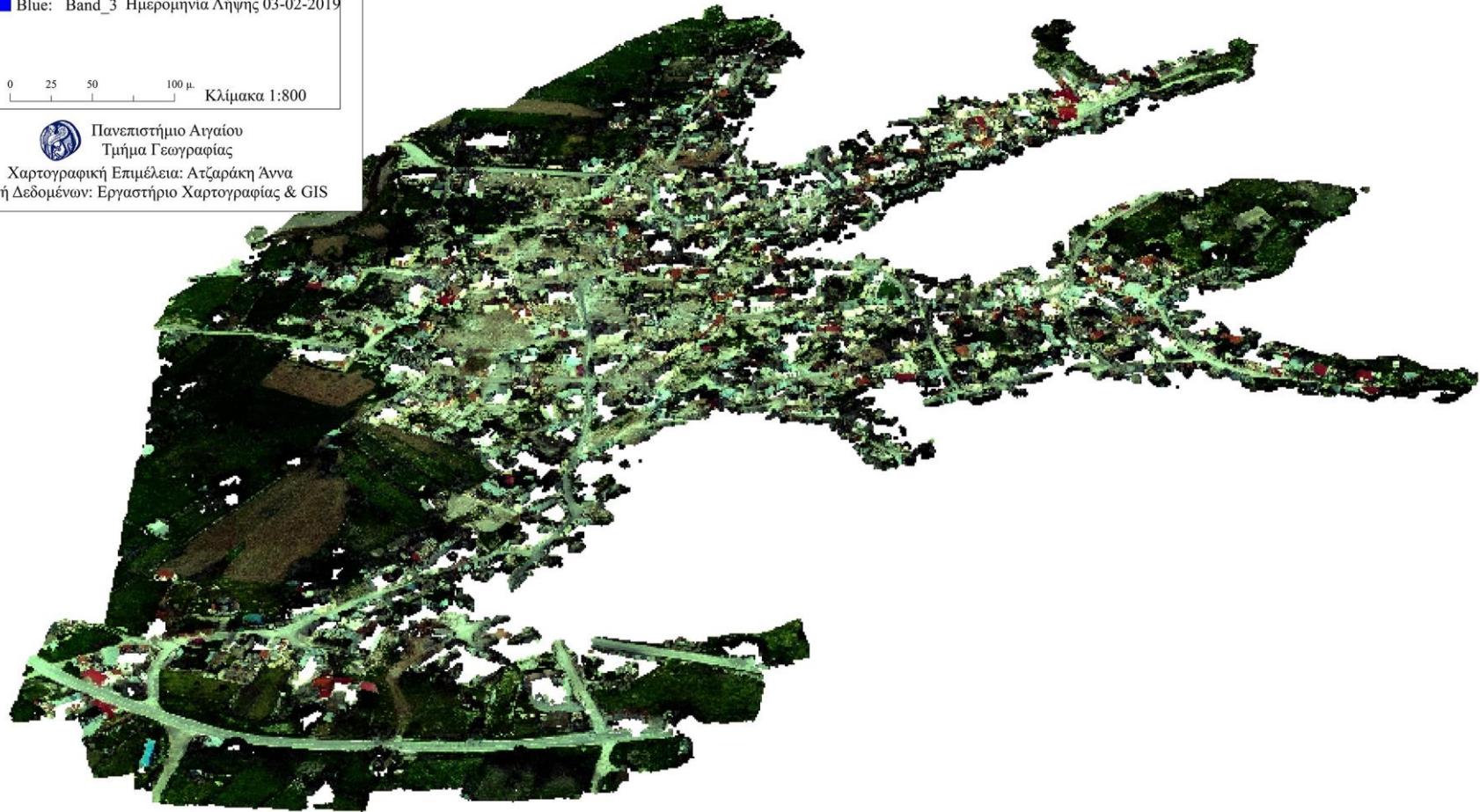
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

GROUND3 Χαρτογραφικό Υπόβαθρο
Red: Band_1
Green: Band_2 Πυκνό νέφος σημείων
Blue: Band_3 Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

0 25 50 100 μ. Κλίμακα 1:800



Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Γεωγραφίας
Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS



Χάρτης 24: Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όριο "3".

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

GROUND3_5

Χαρτογραφικό Υπόβαθρο

Red: Band_1

Green: Band_2 Πυκνό νέφος σημείων

Blue: Band_3 Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

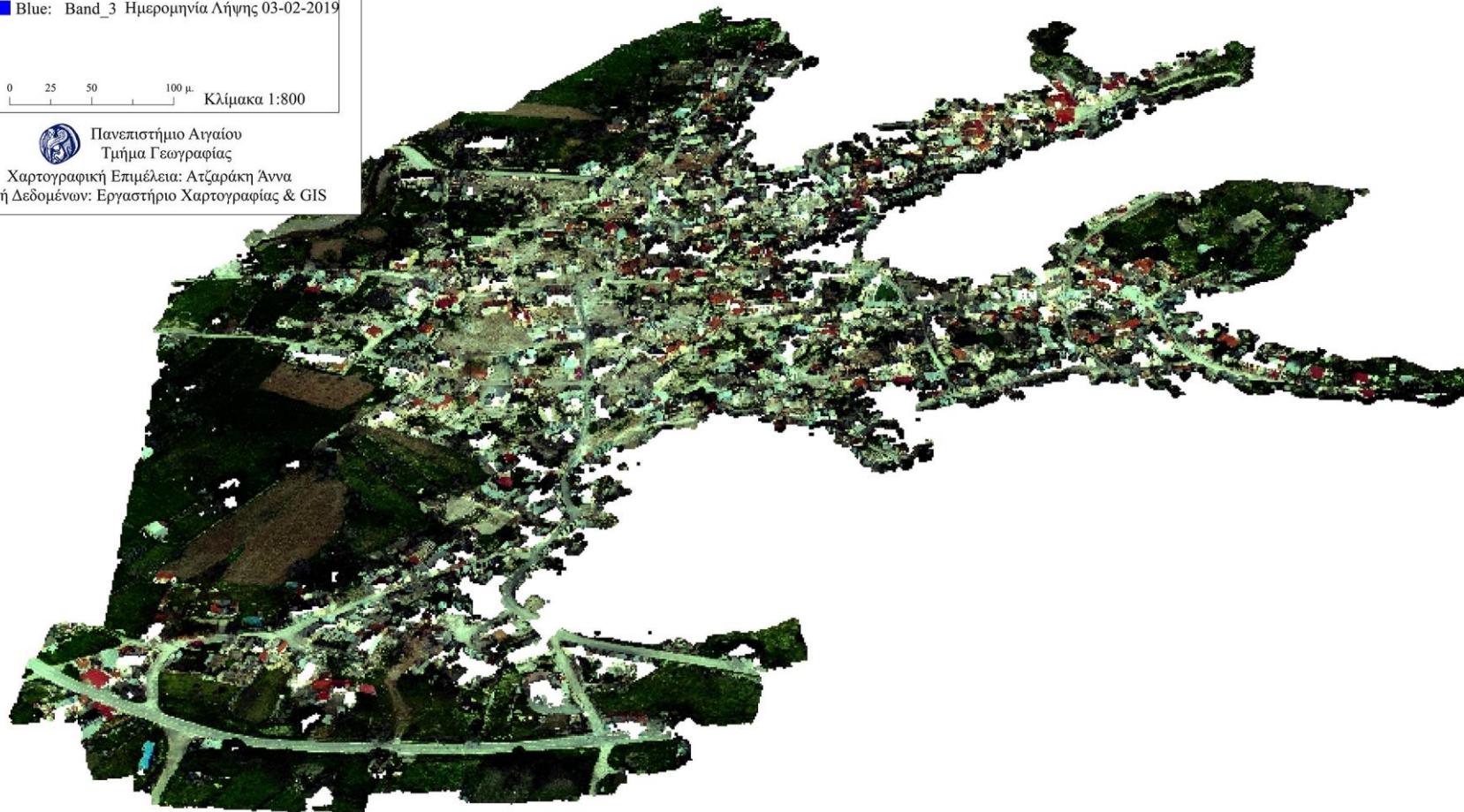
0 25 50 100 μ.

Κλίμακα 1:800



Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Τμήμα Γεωγραφίας

Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS



Χάρτης 25: Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όριο "3.5".

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

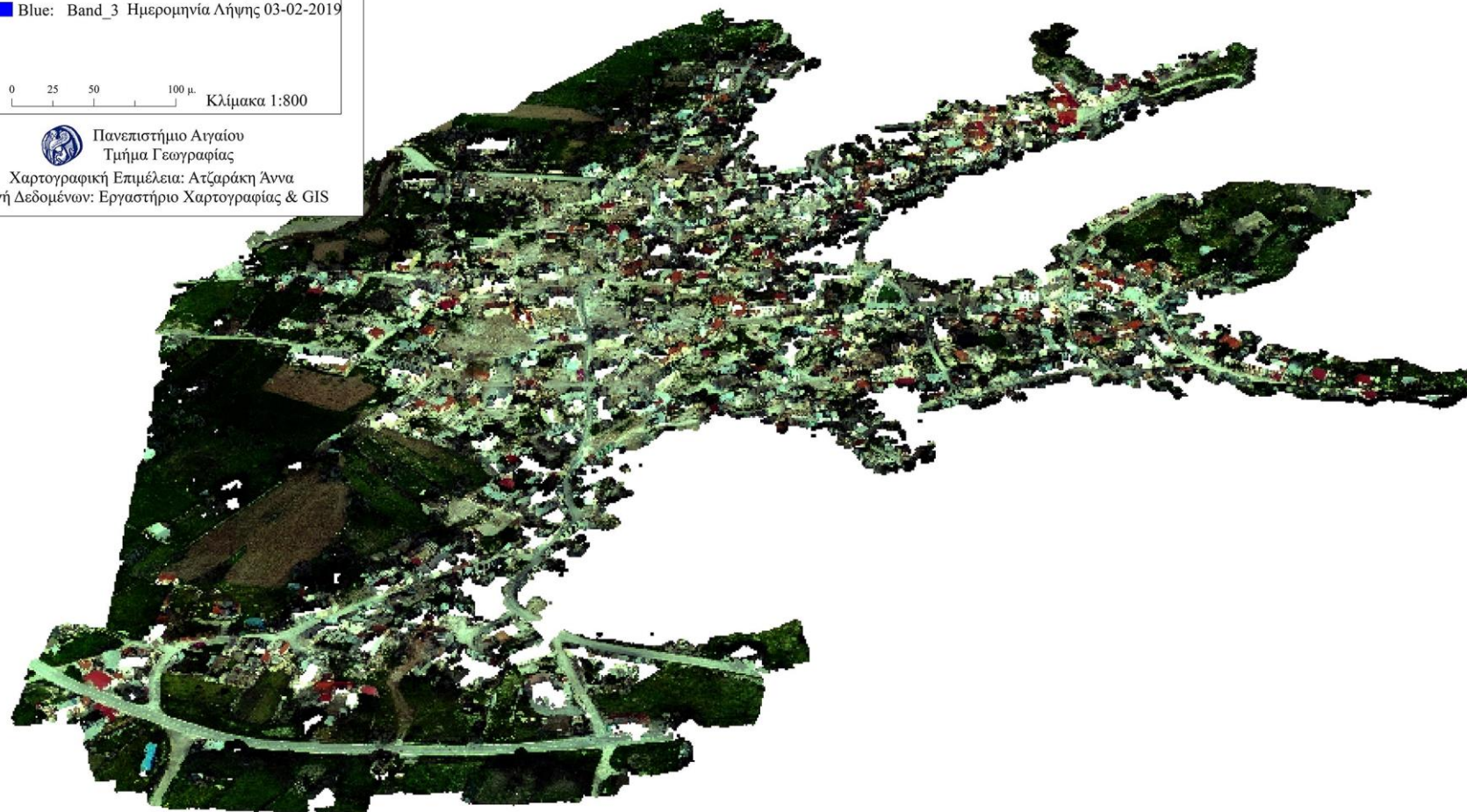
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

GROUNDALL Χαρτογραφικό Υπόβαθρο
Red: Band_1
Green: Band_2 Πυκνό νέφος σημείων
Blue: Band_3 Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

0 25 50 100 μ. Κλίμακα 1:800



Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Τμήμα Γεωγραφίας
Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS



Χάρτης 26 Έδαφος από την ταξινόμηση CSF με όλα τα όρια.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

OFFGROUND1

Red: Band_1

Green: Band_2

Blue: Band_3

Χαρτογραφικό Υπόβαθρο

Πυκνό νέφος σημείων

Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

0 25 50 100 μ.

Κλίμακα 1:800



Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τμήμα Γεωγραφίας

Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS



Χάρτης 27: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όριο "1".

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

OFFGROUND2 Χαρτογραφικό Υπόβαθρο
Red: Band_1
Green: Band_2 Πυκνό νέφος σημείων
Blue: Band_3 Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

0 25 50 100 μ. Κλίμακα 1:800



Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τμήμα Γεωγραφίας
Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS



Χάρτης 28: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όριο "2".

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

OFFGROUND3 Χαρτογραφικό Υπόβαθρο
Red: Band_1
Green: Band_2 Πυκνό νέφος σημείων
Blue: Band_3 Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

0 25 50 100 μ. Κλίμακα 1:800



Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Τμήμα Γεωγραφίας
Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS




Χάρτης 29: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όριο "3".

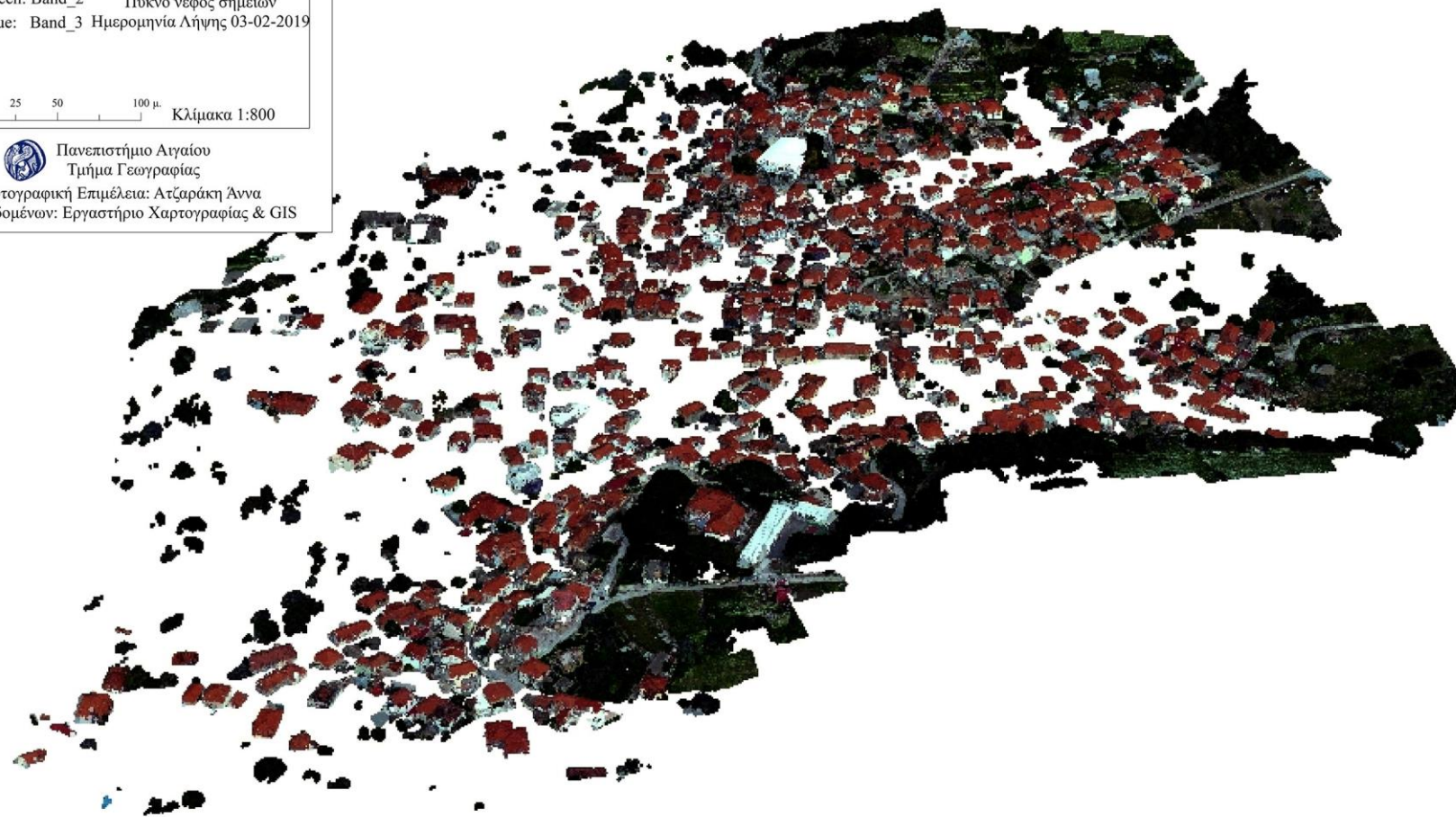
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

OFFGROUND3_5 Χαρτογραφικό Υπόβαθρο
Red: Band_1
Green: Band_2 Πυκνό νέφος σημείων
Blue: Band_3 Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

0 25 50 100 μ. Κλίμακα 1:800

 Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τμήμα Γεωγραφίας
Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS



Χάρτης 30: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όριο "3.5".

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ CSF

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

OFFGROUNDALL Χαρτογραφικό Υπόβαθρο
Red: Band_1
Green: Band_2 Πυκνό νέφος σημείων
Blue: Band_3 Ημερομηνία Λήψης 03-02-2019

0 25 50 100 μ Κλίμακα 1:800



Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τμήμα Γεωγραφίας
Χαρτογραφική Επιμέλεια: Ατζαράκη Άννα
Πηγή Δεδομένων: Εργαστήριο Χαρτογραφίας & GIS



Χάρτης 31: Κτίρια από την ταξινόμηση CSF με όλα τα όρια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Βαμβάτσικος, Δ., Χριστοδούλου, Σ., Γεωργίου, Χ., 2008. *Απεικόνιση Βλαβών, Κόστους και Χρονοδιαγράμματος Επισκευών για τη Μετασεισμική Αποκατάσταση Κτιρίων*. 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας. Διαθέσιμο στο: http://library.tee.gr/digital/m2368/m2368_vamvatsikos1.pdf (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

Βικιπαίδεια, 2019. *Βρίσα*. Διαθέσιμο στο: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CF%81%CE%AF%CF%83%CE%B1> (Πρόσβαση: Ιούλιος, 2019).

Γραϊκούσης, Γ. & Λαγός, Χ., 2011. *Αρχές τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής*. Αθήνα: Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική.

Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, χ.χ. *Περιγραφή Σεισμών*. Αθήνα. Διαθέσιμο στο: <https://www.civilprotection.gr/el/%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8E%CE%BD> (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

Διεύθυνση Κοινωνικής Αντισεισμικής Άμυνας, χ.χ. *Συμπεριφορά κτιριακών κατασκευών σε σεισμική δράση*, Αθήνα: Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.). Διαθέσιμο στο: <http://dide.kef.sch.gr/portal/images/xrisimoyliko/oaspsymperiforakataskevov.pdf> (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

Δούτσος, Θ., 2000. *Γεωλογία: Αρχές και Εφαρμογές*. Αθήνα: Εκδόσεις Liberal Books.

Δουκάρη, Μ., 2015. Διερεύνηση μεθόδων απεικόνισης τρισδιάστατης γεωχωρικής πληροφορίας, μικρής κλίμακας, με αξιοποίηση μεθόδων UAV και τεχνολογιών υπολογιστικής όρασης. Μεταπτυχιακή εργασία, Μυτιλήνη: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα γεωγραφίας. Διαθέσιμο στο: http://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/17052/msc_doukari_pdf.pdf?sequence=4&isAllowed=y (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2017. *Σεισμός Λέσβου Mw 6.3, 12/6/2017*. Διαθέσιμο στο: <https://www.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=5c7fa279f842492d9c86cd384679d74f> (Πρόσβαση: Ιούλιος, 2019).

Θωμά, Θ., 2012. *Άμεση και προσωρινή στέγαση πληγέντων*. Αθήνα: Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.). Διαθέσιμο στο:

http://www.oasp.gr/userfiles/file/Thoma_Thakla_Peiraias_28_05_2012.pdf

(Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

Ιωακειμίδης, Σ., 2012. *Χρήση Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών για την παρακολούθηση, πρόληψη και αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών*. Πτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Βέροια: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης. Διαθέσιμο στο: <http://ikee.lib.auth.gr/record/133375/files/IOAKEIMIDISee.pdf> (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

Κάβουρας, Μ. κ.ά., 2016. *Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας - Αρχές και Τεχνολογίες*.

Διαθέσιμο στο:

https://www.researchgate.net/publication/327797532_Episteme_Geographikes_Plerop_horias_-_Arches_kai_Technologies_ebook_in_Greek [Πρόσβαση, Ιούλιος 2019].

Κάβουρας, Μ. κ.ά., 2016. *Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας - Ολοκληρωμένη Προσέγγιση και Ειδικά Θέματα*.

Διαθέσιμο στο:

https://www.researchgate.net/publication/327797287_Episteme_Geographikes_Plerop_horias_-_Olokleromene_Prosengise_kai_Eidika_Themata_ebook_in_Greek [Πρόσβαση, Ιούλιος 2019].

Καρτάλης, Κ. & Φείδας, Χ., 2013. *Αρχές και Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

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

Κόντας, Λ., & Μόσχας, Θ., 2008. *Πρωτοβάθμιος και δευτεροβάθμιος μετασεισμικός έλεγχος*. Πάτρα: 14^ο φοιτητικό συνέδριο: επισκευές κατασκευών. Διαθέσιμο στο: <http://www.episkevesold.civil.upatras.gr/ergasies%202008/2%20CE%9A%CE%9F%CE%A5%CE%A4%CE%91%CE%A3%20CE%9C%CE%9F%CE%A3%CE%A7%CE%91%CE%A3.pdf> (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

Καραντώνη, Φ., 2018. *Αξιολόγηση και αποτίμηση βλαβών μετά από σεισμό*. Πάτρα: ΤΕΕ Τμήμα Δυτικής Ελλάδος. Διαθέσιμο στο: <https://www.spolmik.org/wp-content/uploads/2018/10/Parousiasi-Karantoni-4-6-2018.pdf> (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

Κανακάκη, Σ., 2012. *Μελέτη του σεισμού της 12^{ης} Ιανουαρίου στην Αϊτη (Ισπανιόλα) και των επιπτώσεων αυτού στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον*. Πτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωγραφίας. Διαθέσιμο στο: <http://estia.hua.gr/file/lib/default/data/9937/theFile> (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

Κουσκουνά Β., 2010. *Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα 1992*. Αθήνα: Σεισμολογίας Διευθύντρια Εργαστηρίου Σεισμολογίας, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Διαθέσιμο στο: https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/GEOL138/ems98_kouskouna_part1.pdf (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

- Καπετανά, Π., 2006. *Μέθοδοι προσεισμικού ελέγχου – Εγχώρια και διεθνής εμπειρία*. Διαθέσιμο στο: <http://www.episkevesold.civil.upatras.gr/ergasies%202006/1%20KAPETANA.pdf> (Πρόσβαση: Σεπτέμβριος, 2019).
- Λέκκας, Ε., Βούλγαρης, Ν., κ.ά., 2017. *Ο σεισμός της Λέσβου Mw 6.3, 12 Ιουνίου 2017*. Στρατηγικό Σχέδιο Αποκατάστασης & Αντισεισμικής Θωράκισης & Υποδομών Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου Στις Σεισμόπληκτες Περιοχές Νήσου Λέσβου, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών-Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Καταστροφών & Κρίσεων. Διαθέσιμο στο: https://edcm.edu.gr/images/RR_banners/ReportLesvos_20170627.pdf (Πρόσβαση: Ιούλιος, 2019).
- Μανίκας, Π., 2018. *Βλάβες σε δομικά και μη δομικά στοιχεία από σεισμό. Τύποι και παράγοντες που επηρεάζουν τα κτίρια*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος. Διαθέσιμο στο: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/2672649/theFile> (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).
- Πομόνης, Α., Κάππος, Α., κ.ά., 2008. *Σεισμική τρωτότητα και εκτιμήσεις πιθανότητας κατάρρευσης Ελληνικών κτιρίων – συγκρίσεις με το διεθνή χώρο*. 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας. Διαθέσιμο στο: http://library.tee.gr/digital/m2368/m2368_pomonis.pdf (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).
- Περάκη, Κ., Φαρασλής, Ι., Μουσιάδης, Α., 2015. *Η Τηλεπισκόπηση σε 13 ενότητες*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Διαθέσιμο στο: https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1840/1/164-Perakis_29-1-16.pdf (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).
- Παπανικολάου Δ., & Σίδερης Χ., 2005. *Γεωλογία, Η επιστήμη της Γης*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- Παπαζάχος, Β., & Παπαζάχου, Κ., 1999. *Οι σεισμοί της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.
- Παρχαρίδης, Ι., 2015. *Αρχές δορυφορικής τηλεπισκόπησης*. Διαθέσιμο στο: https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3960/1/helpdesk-master_doc.pdf (Πρόσβαση: Σεπτέμβριος, 2019).
- Παπαδόπουλος, Γ., 2000. *Η Πολιτική Προστασία στην Ελλάδα, Αντιμετώπιση Φυσικών και Τεχνολογικών Καταστροφών*, Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.
- Σταθοπούλου, Ε., & Λιάπη, Μ., 2003. *Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και οι εφαρμογές τους στους Ο.Τ.Α. Α' Βαθμού. Η περίπτωση του Δήμου Αθηναίων*, Τεχνολογικό Ίδρυμα Καλαμάτας. Διαθέσιμο στο: http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/16034/SDO_DMTA_00264_Medium.pdf?sequence=1 [Πρόσβαση, Σεπτέμβριος 2019].
- Τζωρτζάκης, Ι., 2016. *Εφαρμογές γεωπληροφορικής στα τεχνικά έργα*.

Διαθέσιμο στο:

http://iep.edu.gr/images/IEP/EPISTIMONIKI_YPIRESIA/Epist_Monades/B_Kyklos/Tee/2016/GEpal/2016_GEpal_Geopliroforiki_symp1_yliko.pdf

[Πρόσβαση, Ιούλιος 2019].

Τράνακα, Π. 2014. *3D Κανονιστική Μοντελοποίηση Κτιρίων της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας*. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα.

Διαθέσιμο στο: <http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/39808?show=full>

[Πρόσβαση, Αύγουστος 2019].

Χατζόπουλος, Ι., 2012. *Γεωχωροπληροφορική ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

Χαλκιάς, Χ., 2014. *Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (Geographical Information Systems – GIS)*. Διαθέσιμο στο: http://sociology.soc.uoc.gr/pegasoc/wp-content/uploads/2014/10/GIS_%CE%95%CE%99%CE%A3%CE%91%CE%93%CE%A9%CE%93%CE%97.pdf [Πρόσβαση, Αύγουστος 2019].

Χαλκιάς, Χ., 2006. *Όροι και έννοιες Επιστήμης Γεωγραφικών Πληροφοριών*. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ.

Χαράλαμπος, Γ., 2009. *Εκτίμηση ζημιών και υπολογισμός κόστους αποκατάστασης κατασκευών σε σεισμό*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Κύπρος: Πανεπιστήμιο Κύπρου. Διαθέσιμο στο:

http://users.ntua.gr/divamva/docs/StuMS/Georgiou_MSThesis2009.pdf (Πρόσβαση:

Αύγουστος, 2019).

Ξένη

Burrough, P.A., 1986. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources and Assessment*. Oxford: Oxford University Press.

Burrough, P.A., & McDonnell, R.A., 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: Oxford University Press.

Burton, I., Robert W., & Gilbert, F., 1978. *The Environment as Hazard*. Available at: <https://trove.nla.gov.au/version/45218033> (Πρόσβαση: Σεπτέμβριος, 2019).

Bandrova T., Zlatanovab S., & Konecnyc M., 2012. Three-Dimensional Maps For Disaster Management. Available at: <https://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/I-4/245/2012/isprsnals-I-4-245-2012.pdf> (Πρόσβαση:

Σεπτέμβριος, 2019).

Bolt, A., 1993. *Earthquakes and Geological discovery*.

CloudCompare, 2016. *CSF (plugin)*. Available at:

[https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php?title=CSF_\(plugin\)](https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php?title=CSF_(plugin)) (Πρόσβαση:

Οκτώβριος, 2019).

Dong L., & Shan, J., 2013. *A comprehensive review of earthquake-induced building damage detection with remote sensing techniques*. Διαθέσιμο στο: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271613001627> (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

Dewey, J., & Sengör, A., 1979. *Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone*. Available at: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article/90/1/84/190656/aegean-and-surrounding-regions-complex-multiplate> (Πρόσβαση: Ιούλιος, 2019).

Earthquake Geology in Greece (eqgeogr), 2017. *ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ της Ερευνητικής Ομάδας Γεωλογίας των Σεισμών Α.Π.Θ., 13/6/2017*. Διαθέσιμο στο: <http://eqgeogr.weebly.com/blog/june-14th-2017> (Πρόσβαση: Ιούλιος, 2019).

Elwannas, R., 2011. *3D GIS: It's a Brave New World*. Διαθέσιμο στο: http://www.gdmc.nl/3dcadastre/literature/3Dcad_2011_04.pdf [Πρόσβαση, Ιούλιος 2019].

Gutscher, M., 2005. *Destruction of Atlantis by a great earthquake and tsunami? A geological analysis of the Spartel Bank hypothesis*. Available at: <http://geology.gsapubs.org/content/33/8/685.abstract> (Πρόσβαση: Σεπτέμβριος, 2019).

Geomatics, 2012. *Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (DTM - DEM - DSM)*. Διαθέσιμο στο: http://www.geomatics.gr/el/%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CE%AC%CE%B4%CE%B5%CE%B4%CE%BF%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B1/%CF%88%CE%B7%CF%86%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AC%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%B1%CE%B5%CE%B4%CE%AC%CF%86%CE%BF%CF%85%CF%82_dtm_dem_dsm (Πρόσβαση: Οκτώβριος, 2019).

Hecht, J., 1974. *Geological Map of Greece (1:50.000)*, Lesvos Island, Sheet «Methymna», IGME. Available at: https://www.researchgate.net/figure/Simplified-geologic-map-of-Lesvos-Island-from-Hecht-1971-1974_fig3_258100061 (Πρόσβαση: Ιούλιος, 2019).

Harder, C., 2015. *The ArcGIS Book: 10 Big Ideas about Applying Geography to Your World*. California: Esri Press. Available at: <http://downloads.esri.com/LearnArcGIS/pdf/The-ArcGIS-Book.pdf> (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

Harder, C., 2017. *The ArcGIS Book: 10 Big Ideas about Applying The Science of Where*. California: Esri Press. Available at: <https://learn.arcgis.com/en/arcgis-book/chapter6/> (Πρόσβαση: Ιούλιος, 2019).

Kwan, M. P. & Lee, J., 2003. *Geovisualization of Human Activity Patterns Using 3D GIS: A Time-Geographic Approach*. Spatially Integrated Social Science: Examples in Best Practice. Oxford: Oxford University Press. Διαθέσιμο στο: http://meipokwan.org/Paper/Best_2003.pdf [Πρόσβαση, Ιούλιος 2019].

- Kozel, J. & R. Stampach, 2010, *Practical Experience with a Contextual Map Service. Geographic Information and Cartography for Risk and Crisis Management - Towards Better Solutions*. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, 1st Edition. Heidelberg Dordrecht London New York : Springer-Verlag. Available at: <https://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/I-4/245/2012/isprsannals-I-4-245-2012.pdf> (Πρόσβαση: Σεπτέμβριος, 2019).
- Katsikatsos, G., Mataragas, D., Migiros, G., & Triandafillou, E., 1982. *Geological study of Lesbos island*, Special Report, IGME.
- Ketin, I., 1948. *Über die tektonischmechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums*.
- Keller, E., & Pinter, N., 1996. *Active Tectonics*.
- Le Pichon, X., Angelier, J., 1979. *The Hellenic Arc and trench system: a key to the tectonic evolution of the eastern Mediterranean area*.
- Le Pichon, X., Angelier, J., 1981. *The Aegean Sea*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London.
- Migiros, G.P., 1992. *Introduction to the geology of Lesbos island*. 5th Meeting of IGCP Project 276. Chios - Lesbos. Athens Greece.
- McKenzie, D., 1978. *Active tectonics of the Mediterranean Region*, Geoph.
- McKenzie, D., 1978. *Active tectonics of the Alpine - Himalayan belt: the Aegean sea and surrounding regions*. Geophys.
- Mercier, J.L., Drlibassis, N., Gauthier, A., Jarrige, J.J., et al., 1979. *La neotectonique de l' Arc Wgeen*. Rev.
- Moellering, M., 1980. *Strategies of real-time cartography*, Department of Geography, Columbus. Διαθέσιμο στο: <https://cartogis.org/docs/proceedings/archive/auto-carto-4-vol-1/pdf/strategies-of-real-time-cartography.pdf> [Πρόσβαση, Αύγουστος 2019].
- Musson, W., Schwarz, J., & Stucchi, M., 1998. *European Macroseismic Scale 1998*. Available at: http://www.seisme.prd.fr/EMS98_Original_english.pdf (Πρόσβαση: Σεπτέμβριος, 2019).
- Pilouk, M., 1996. *Integrated Modelling for 3D GIS* , PhD Thesis, Netherlands: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Διαθέσιμο στο: <http://edepot.wur.nl/210498> [Πρόσβαση, Αύγουστος 2019].
- Philip, F., 2019. *Η Φωτογραμμετρική διαδικασία, χρησιμοποιώντας το Agisoft PhotoScan/MetaShape*. Διαθέσιμο στο: <https://medium.com/@philipfayad/%CE%B7-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1-%CF%87%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%B9%CF%8E%CE%BD%CF%84%CE%B1%CF%82->

[%CF%84%CE%BF-agisoft-photoscan-metashape-2ab2a4ca7ba6](#) (Πρόσβαση: Οκτώβριος, 2019).

Soulakellis, N., Novak, I., Zouros, N., Lowman, P. & Yates J. 2006. *Fusing Landsat-5/TM Imagery and Shaded Relief maps in Tectonic and Geomorphic Mapping: Lesvos Island, Greece*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Available at: https://www.researchgate.net/publication/258100061_Fusing_Landsat-5TM_Imagery_and_Shaded_Relief_Maps_in_Tectonic_and_Geomorphic_Mapping_Lesvos_Island_Greece (Πρόσβαση: Ιούλιος, 2019).

Şengör, C., Görür, N., Şaroğlu, F., 1985. *Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study*.

Shearer M., 2009. *Introduction to seismology*. Cambridge: Cambridge University Press. Available at: [http://www.scirp.org/\(S\(vtj3fa45qm1ean45vvffcz55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1043815](http://www.scirp.org/(S(vtj3fa45qm1ean45vvffcz55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1043815) (Πρόσβαση: Σεπτέμβριος, 2019).

Snoeren, G., Zlatanova, S., Crompvoets, J., & Scholten, H., 2007. *Spatial Data Infrastructure for emergency management: the view of the users. Proceedings of the 3rd International symposium on Gi4DM*. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.7213&rep=rep1&type=pdf> (Πρόσβαση: Σεπτέμβριος, 2019).

Shunji, M., 1998. *GIS Work Book*. Institute of Industrial Science, University of Tokyo. Japan: Japan Association of Surveyors (JAS).

Tong X., Hong Z., κ.ά., 2012. *Building-damage detection using pre- and post-seismic high-resolution satellite stereo imagery: A case study of the May 2008 Wenchuan earthquake*. Διαθέσιμο στο: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271611001584> (Πρόσβαση: Αύγουστος, 2019).

Unwin, D. 1989, *Curriculum for Teaching Geographical Information Systems*. Report to the Education Trust Fund of AUTOCARTO, Royal Institute of Chartered Surveyors. University of Leicester, Leicester, U.K.

Wisner, B., & Adams, J., 2002. *Environmental health in emergencies and disasters – a practical guide*. Available at: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42561/9241545410_ara.pdf (Πρόσβαση: Σεπτέμβριος, 2019).