



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ  
ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Διπλωματική Εργασία**  
**Εφαρμογές τεχνικών καταγραφής και ανάλυσης κινήσεων κέρσορα στη μελέτη μεθόδων**  
**απεικόνισης υψομετρικών πληροφοριών**

Λαμπροπούλου Φωτεινή  
Α.Μ: 16037

Επιβλέπων Καθηγητής:  
Βασίλειος Κρασανάκης  
Επίκουρος Καθηγητής ΠΑΔΑ

Αθήνα, 2024



UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
SCHOOL OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF SURVEYING  
AND GEOINFORMATICS ENGINEERING

**Application of mouse tracking techniques in the examination of different elevation  
visualization methods**

**Foteini Lampropoulou**  
**Registration Number:16037**

**Supervisor:**  
Vassilios Krassanakis  
Assistant Professor UNIWA

Athens, 2024

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

<b>α/α</b>	<b>ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ</b>	<b>ΒΑΘΜΙΑ /ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b>
<b>1</b>	Βασίλειος Κρασανάκης (Επιβλέπων)	Επίκουρος Καθηγητής ΠΑΔΑ	
<b>2</b>	Αναστάσιος Κεσίδης	Καθηγητής ΠΑΔΑ	
<b>3</b>	Ιωάννης Κάτσιος	Αναπληρωτής Καθηγητής ΠΑΔΑ	

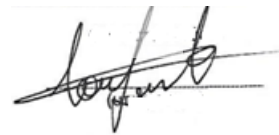
## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Λαμπροπούλου Φωτεινή του Ευαγγέλου, με αριθμό μητρώου 16037 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



\* Λαμπροπούλου Φωτεινή / Φοιτήτρια

**Copyright© Λαμπροπούλου Φωτεινή**

**Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Οι απόψεις και θέσεις που περιέχονται σε αυτήν την εργασία εκφράζουν την συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Επιβλέποντος, της Εξεταστικής Επιτροπής, του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής ή του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

## **Ευχαριστίες**

Με το πέρας της παρούσας μελέτης θα ήθελα να ευχαριστήσω το καθηγητή μου κ. Β. Κρασανάκη για την βοήθεια την καθοδήγηση καθώς και τις καίριες διορθώσεις του καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής μου. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους και συμφοιτητές μου, που συμμετείχαν στη πειραματική διαδικασία και με στήριξαν έμπρακτα με τη βοήθεια τους.

## Πίνακας Περιεχομένων

Παράρτημα Εικόνων.....	9
Παράρτημα Πινάκων .....	11
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	12
ABSTRACT.....	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ.....	16
1.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ .....	16
1.2 ΠΗΓΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ-ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ 17	
1.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....	20
1.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....	22
1.4.1 ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΣΕ ΣΓΠ.....	22
1.4.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΑΠΟ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΛΕΤΕΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΣΤΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ .....	27
2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	27
2.1.1 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ.....	27
2.1.2 ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ.....	31
2.1.3 ΟΙ ΑΝΤΙΛΗΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΤΗΣ ΠΡΟ-ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΧΗ .....	32
2.1.4 ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ.....	32
2.1.5 ΧΡΗΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ .....	33
2.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ.....	33
2.2.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ .....	33
2.2.2 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΟΦΘΑΛΜΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ .....	34
2.2.3 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΕΡΣΟΡΑ (Mouse tracking).....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ .....	37
3.1 ΣΚΟΠΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	37
3.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗΣ ΜΑΤΜOUSE .....	37
3.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ .....	38
3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	39
3.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΩΝ.....	40

3.4.1	ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....	40
3.4.2	ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ -ΣΤΟΧΟΙ .....	45
3.4	ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ .....	46
3.5	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ-ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ .....	48
3.6	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	49
3.6.1	ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ .....	49
3.6.2	ΒΗΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	50
3.7	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .....		54
4.1	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ .....	54
4.2	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΑΝΑ ΤΕΤΑΡΤΗΜΟΡΙΟ ΕΙΚΟΝΑΣ.....	56
4.3	ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ -ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΘΕΡΜΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ.....	59
4.4	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ .....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....		62
5.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	62
5.2	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ .....	63
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....		64



## Παράρτημα Εικόνων

Εικόνα 1-1 Ιστότοπος υπηρεσίας (OpenDEM).....	18
Εικόνα 1-2 Επιλογή δεδομένων (OpenDEM).....	19
Εικόνα 1-3 Ιστότοπος ανοιχτής γεωπύλης ( <a href="https://www.copernicus.eu/">https://www.copernicus.eu/</a> ) .....	19
Εικόνα 1-4 Παραδείγματα δεδομένων υψομετρικών μοντέλων υπηρεσίας ( <a href="https://www.copernicus.eu/">https://www.copernicus.eu/</a> ).....	20
Εικόνα 1-5 Υψομετρικό μοντέλο υπηρεσίας USGS- (EarthExplorer (usgs.gov)) .....	20
Εικόνα 1-6 DSM βασισμένο σε δεδομένα lidar (Kartor USA Team, 2020) .....	22
Εικόνα 1-7 Δημιουργία TIN μοντέλου (Mitas & Mitasova,, 1999). .....	23
Εικόνα 1-8 Εντός του κόκκινου πλαισίου υπάρχει πληθώρα καμπυλών που συνεπάγεται με υψηλό υψόμετρο σε αντίθεση με το κίτρινο πλαίσιο που εντός του υπάρχουν λίγες καμπύλες άρα και χαμηλό υψόμετρο-(υπόβαθρο-ΓΥΣ). .....	24
Εικόνα 1-9 Απεικόνιση κλάσεων υψομετρικού μοντέλου (DEM) (NC State University Libraries, 2023). .....	25
Εικόνα 1-10 Μοντέλο φωτοσκίασης (Staridas Geography, 2023). .....	25
Εικόνα 1-11 Χάρτης κλίσεων (Rewat et al., 2015).....	26
Εικόνα 1-12 Χάρτης ορατότητας- (ESRI, 2023) .....	26
Εικόνα 1-13 Τρισδιάστατη απεικόνιση (Stack Exchange, 2023) .....	26
Εικόνα 2-1 Οπτικές Μεταβλητές χαρτογραφικού σχεδιασμού (Halik, 2012).....	28
Εικόνα 2-2 Παράδειγμα της ιδιότητας κοινή πορεία (Graha, 2008) .....	29
Εικόνα 2-3 Παράδειγμα κλειστότητας (Graha, 2008) .....	30
Εικόνα 2-4 Παράδειγμα ομοιότητας (Graham, 2008) .....	30
Εικόνα 2-5 Παράδειγμα καλή συνέχεια (Graham, 2008) .....	30
Εικόνα 2-6 Αποτύπωση οφθαλμικών κινήσεων σε στατιστικούς θερμικούς χάρτες- (Tzelepis et al., 2020) .....	35
Εικόνα 2-7 Μοντελοποίηση οπτικού ίχνους-Προσηλώσεις και Σακκαδικές κινήσεις (Tzelepis et al., 2020) .....	36
Εικόνα 3-1: Παράδειγμα στατιστικού θερμικού χάρτη (Krassanakis & Kesidis, 2020).....	38
Εικόνα 3-2 Αφαιρετική σχηματική αναπαράσταση του μεθοδολογικού πλαισίου που ακολουθήθηκε για την πρακτική υλοποίηση της έρευνας (Krassanakis et al., 2021). .....	39
Εικόνα 3-3: Περιοχή μελέτης του Ελλαδικού χώρου. ....	40
Εικόνα 3-4 Υψομετρικό μοντέλο περιοχής μελέτης. ....	40
Εικόνα 3-5 Ισοϋψείς ισοδιάστασης 100 και 200 μέτρων. ....	41
Εικόνα 3-6 Ισοϋψείς ισοδιάστασης 1200 και 1600 μέτρων. ....	42
Εικόνα 3-7 Παράδειγμα απεικόνισης ισοϋψών ισοδιάστασης 800m. ....	43
Εικόνα 3-8 Παράδειγμα απεικόνισης ισοϋψών- ισοδιάστασης 400m. ....	43
Εικόνα 3-9 Παράδειγμα απεικόνισης με υψομετρικές ζώνες. ....	44
Εικόνα 3-10 Παράδειγμα απεικόνισης φωτορεαλιστικού μοντέλου με υψομετρικές ζώνες.....	44
Εικόνα 3-11 Τρισδιάστατη απεικόνιση. ....	45
Εικόνα 3-12 Παράδειγμα κατανομής σημείων. ....	46
Εικόνα 3-13 Φόρμα στοιχείων συμμετεχόντων.....	47

Εικόνα 3-14 Διάγραμμα για το ποσοστό του φύλου των συμμετεχόντων. ....	47
Εικόνα 3-15 Διάγραμμα για το ποσοστό του εμπειρία των συμμετεχόντων .....	47
Εικόνα 3-16 Διάγραμμα για την ηλικία των συμμετεχόντων. ....	48
Εικόνα 3-17 Διάγραμμά για τις αναλύσεις των οθονών των συμμετεχόντων. ....	48
Εικόνα 3-18 Παράδειγμα μετρήσεων. ....	50
Εικόνα 3-19 Παράδειγμα εξαγωγής χρόνων.....	51
Εικόνα 3-20 Στατιστικός θερμικός χάρτες τόνου του γκρι για το ερώτημα εύρεσης μικρότερου υψομετρικού σημείου. ....	52
Εικόνα 3-21 Στατιστικός θερμικός χάρτες τόνου του γκρι για το ερώτημα εύρεσης μικρότερου υψομετρικού σημείο. ....	52
Εικόνα 4-1 Κατανομή των διάμεσων τιμών των χρόνων αντίδρασης για κάθε μέθοδο απόδοσης και για τις δύο εργασίες. ....	55
Εικόνα 4-2 Ποσοστό επιτυχίας ανά κατηγορία απεικόνισης και ερευνητικό ερώτημα. ....	56
Εικόνα 4-3 Κατανομή των διάμεσων τιμών των χρόνων αντίδρασης (για κάθε μέθοδο για το ερώτημα εύρεσης χαμηλότερου σημείου, ανά τεταρτημόριο (Q1: πάνω αριστερά, Q2: πάνω δεξιά, Q3: κάτω δεξιά, & Q4: κάτω αριστερά)). ....	58
Εικόνα 4-4 Κατανομή των διάμεσων τιμών των χρόνων αντίδρασης (για κάθε μέθοδο απόδοσης για το ερώτημα εύρεσης υψηλότερου σημείου, ανά τεταρτημόριο (Q1: πάνω αριστερά, Q2: πάνω δεξιά, & Q4: κάτω αριστερά). ....	58
Εικόνα 4-5 Κατανομή των ποσοστών επιτυχίας των απαντήσεων (για κάθε μέθοδο για το ερώτημα εύρεσης χαμηλότερου σημείου, ανά τεταρτημόριο (Q1: πάνω αριστερά, Q2: πάνω δεξιά, Q3: κάτω δεξιά, & Q4: κάτω αριστερά)). ....	59
Εικόνα 4-6 Κατανομή των ποσοστών επιτυχίας των απαντήσεων (για κάθε μέθοδο για το ερώτημα εύρεσης υψηλότερου σημείου, ανά τεταρτημόριο (Q1: πάνω αριστερά, Q2: πάνω δεξιά & Q4: κάτω αριστερά). ....	59
Εικόνα 4-7 Δείκτης διάμεσου για τα ποσοστά των στατιστικών θερμικών χαρτών .....	62

## **Παράρτημα Πινάκων**

Πίνακας 1-1 Ενδεικτικές πηγές διάθεσης υψομετρικών δεδομένων. ....	17
Πίνακας 2-1 Αρχές Gestalt. ....	29
Πίνακας 4-1 Αριθμητικές τιμές στατιστικών δεικτών Μέσου Όρου, Διάμεσου, Ελάχιστης και Μέγιστης τιμής, Εύρους, Τυπικής απόκλισης καθώς και ποσοστό ορθότητας απαντήσεων. ....	54
Πίνακας 4-2 Αριθμητικές τιμές στατιστικών δεικτών μέσου όρου, διάμεσου, ελάχιστης και μέγιστης τιμής, εύρους, και τυπικής απόκλισης καθώς και ποσοστό ορθότητας απαντήσεων ανά τεταρτημόριο.....	56
Πίνακας 4-3 Βασικοί στατιστικοί δείκτες κατανομής δραστηριότητας του κέρσορα για κάθε μία από τις εναλλακτικές μεθόδους και για κάθε μία από τις δύο εργασίες.....	61

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στη μελέτη χρηστικότητας χαρτογραφικών απεικονίσεων με τη χρήση της μεθόδου καταγραφής κινήσεων κέρσορα. Αντικείμενο της συγκεκριμένης μελέτης αποτελεί η σύγκριση χαρτογραφικών υποβάθρων, τα οποία αποδίδουν την υψομετρική πληροφορία μέσω απεικονίσεων δύο ή τριών διαστάσεων. Πιο συγκεκριμένα, ο βασικός στόχος αφορά στη διερεύνηση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας εναλλακτικών μεθόδων απεικόνισης υψομετρικών πληροφοριών. Στο πλαίσιο της εργασίας εκπονήθηκε πειραματική μελέτη η οποία βασίστηκε σε πέντε τύπους απεικόνισης της υψομετρικής πληροφορίας καθώς και σε σημεία στόχους τα οποία αξιοποιήθηκαν στα ερευνητικά ερωτήματα εύρεσης σημείων με το υψηλότερο ή χαμηλότερο υψόμετρο. Τα χαρτογραφικά υπόβαθρα της μελέτης αποτελούνταν από ισοϋψείς καμπύλες με 400m και 800m ισοδιάσταση, υψομετρικά μοντέλα σκίασης και ζωνών καθώς και από μία τρισδιάστατη απεικόνιση. Για κάθε υπόβαθρο υπήρχε συνδυασμός σημείων για τα οποία τέθηκαν τα δύο ερευνητικά ερωτήματα. Το πλήθος των απεικονίσεων που αξιοποιήθηκαν ήταν 160 χάρτες, 80 αναφερόμενοι στο ερώτημα εύρεσης για το χαμηλότερο σημείο και 80 για το υψηλότερο, ενώ το δείγμα των συμμετεχόντων που πραγματοποίησε την εξ αποστάσεως υλοποίηση του πειράματος αποτελούνταν από 30 άτομα.

Το παραπάνω πείραμα, υλοποιήθηκε με τη χρήση της εργαλειοθήκης MatMouse (Krassanakis & Kesidis, 2020) η οποία λειτουργεί σε περιβάλλον MATLAB. Για κάθε συμμετέχοντα, δημιουργήθηκε διαφορετική λίστα εικόνων στην οποία υποβλήθηκε στο πείραμα προκειμένου να διασφαλιστεί η τυχαιότητα. Επιπλέον, για κάθε έναν από τους συμμετέχοντες του πειράματος καταγράφηκαν οι χώρο χρονικές συντεταγμένες των σημείων της κίνησης του κέρσορα τους καθώς και του τελικού στόχου κατά την επεξεργασία των 160 εικόνων. Οι μετρήσεις αυτές επεξεργάστηκαν και απομονώθηκαν μόνο οι ωφέλιμες που αφορούσαν δηλαδή τα 160 χαρτογραφικά υπόβαθρα. Επιπρόσθετα, έγινε έλεγχος της ορθότητας των απαντήσεων με κριτήριο απόστασης της τελικής στόχευσης από τους πραγματικούς στόχους με ακρίβεια στα 30 pixels. Τελικά, οι καταγεγραμμένοι χρόνοι των ορθών απαντήσεων αναλύθηκαν και έδωσαν στατιστικούς δείκτες καθώς και στατιστικούς θερμικούς χάρτες τόνων του γκρι.

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα των χρόνων αντίδρασης έδωσαν το συμπέρασμα ότι η αποδοτικότερη απεικόνιση αντιστοιχεί στις υψομετρικές ζώνες που δημιουργούνται με τη χρήση χρωματικής διαβαθμισμένης παλέτας και για τις δύο ερευνητικές εργασίες. Αντίθετα, οι απεικονίσεις των ισοϋψών καμπυλών φάνηκε ότι ήταν οι λιγότερο αποδοτικές. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνεται και από τους στατιστικούς θερμικούς χάρτες τόνων του γκρι. Τέλος, η εύρεση σημείων με το χαμηλότερο υψόμετρο συνοδεύονται από αποκρίσεις με μεγαλύτερα ποσοστά ορθότητας.

**Λέξεις κλειδιά:** Σύγκριση 2D & 3D απεικονίσεων, καταγραφή κινήσεων κέρσορα, οπτική προσοχή, οπτική αναζήτηση, χρηστικότητα χαρτών, υψομετρική πληροφορία, στατιστικοί θερμικοί χάρτες.

## ABSTRACT

The present diploma thesis is related to the study of the usability of cartographic representations using the mouse tracking method. The subject of this study involves the comparison of cartographic backgrounds, which represent elevation information through two or three-dimensional visualizations. More specifically, the main objective is to explore the efficiency and effectiveness of alternative methods for representing elevation information. Within the scope of the work, an experimental study was conducted based on five types of elevation representations as well as target points used in the research questions concerning the identification of points with the highest or lowest elevation. The cartographic backgrounds of the study consisted of contour lines with 400 m and 800 m elevation, shaded relief and contour models, as well as a three-dimensional representation. For each background, a combination of points was selected for the two research questions. A total of 160 maps were utilized, 80 referring to the question of finding the lowest point and 80 for the highest point, while the sample of participants who remotely conducted the experiment consisted of 30 individuals.

The experiment was conducted using the MatMouse toolbox (Krassanakis & Kesidis, 2020), which operates in the MATLAB environment. For each participant, a different image list was created and submitted to the experiment to ensure randomization. Additionally, for each participant in the experiment, the spatial-temporal coordinates of cursor movement points and the final target were recorded during the processing of the 160 images. These measurements were processed, isolating only the relevant ones concerning the 160 cartographic backgrounds. Furthermore, the correctness of the responses was verified based on the distance criterion of the final target from the actual targets with an accuracy of 30 pixels. Finally, the recorded response times of correct answers were analyzed, providing statistical indicators as well as statistical heat maps of grayscale values.

In summary, the results of the reaction times concluded that the most efficient representation corresponds to the elevation zones created using a color gradient palette for both research tasks. Conversely, representations of contour lines appeared to be less efficient. This result is confirmed by the statistical heat maps of gray tones. Finally, the identification of points with the lowest elevation is accompanied by responses with higher accuracy rates.

**Key-words:** Comparison of 2D & 3D visualizations, mouse tracking, visual perception, visual search, map usability, elevation information, statistical heatmaps.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χαρτογραφία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τον σχεδιασμό, την παραγωγή, τη διάδοση και τη μελέτη των χαρτών. Ο χαρτογράφος δημιουργεί ένα χάρτη που αναπαριστά οπτικά δεδομένα με χωρικό συσχετισμό διατηρώντας τη διαρρύθμιση τους στο χώρο τηρώντας τις αρχές του χαρτογραφικού σχεδιασμού (Lapaine et al., 2021). Οι αναπαραστάσεις αυτές πλέον ποικίλουν τόσο στο τι παρουσιάζουν όσο και στα μέσα και τις μεθόδους απεικόνισης που εφαρμόζονται. Συγκεκριμένα, με την εξέλιξη των μεθόδων απεικόνισης της πληροφορίας οι χάρτες δημιουργούνται με χρήση ποικίλου συμβολισμού ο οποίος παίζει καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα και τη μετάδοσης της πληροφορίας. Σήμερα στη ψηφιακή χαρτογραφία οι απεικονίσεις εμπλουτίζονται με προοπτικές προβολές που δημιουργούνται μέσω των υπολογιστών και δίνουν τη δυνατότητα 3D απεικονίσεων. Τα τρισδιάστατα προϊόντα πλέον είναι δυνατό να γίνονται πιο επεξηγηματικά για άπειρους χρήστες και να βρίσκουν εφαρμογές σε καθημερινές πτυχές της ζωής όπως η πλοήγηση, η θεματική χαρτογραφία οικονομικών δεικτών, περιβαλλοντολογικών δεδομένων και ορόσημων κάθε περιοχής. Τέλος, σύμφωνα με τους Roth & MacEachren (2012), οι χωρικές απεικονίσεις εξελίσσονται ραγδαία και αναζητούν τις πιθανές επιπτώσεις στην ευρύτερη επιστημονική και χαρτογραφική κοινότητα. Φυσικά όλο αυτό με την βοήθεια και ταυτόχρονη εξέλιξη των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών μαζί με το συνδυασμό μελετών γνωσιακής ψυχολογίας μπορεί να δώσει νέα συμπεράσματα και προοπτικές στο τομέα της χαρτογραφίας.

Η σχέση της χαρτογραφίας και της γνωσιακής ψυχολογίας παρουσιάζεται στις πειραματικές μεθόδους που πραγματοποιούνται για τη πρώτη και βασίζονται σε μελέτες οπτικής προσοχής. Η μελέτες παρακολούθησης των αντιδράσεων των παρατηρητών σχετίζονται άμεσα με την οπτική αντίληψη και προσοχή που είναι γνωσιακές διαδικασίες. Αρχικά, ως οπτική αντίληψη θεωρείται η ικανότητα του ατόμου για παρακολούθηση και κατανόηση των οπτικών ερεθισμάτων (Buktenica, 1968), ενώ ως οπτική προσοχή περιγράφεται η διαδικασία επιλογής της πληροφορίας που παρατηρείται σε μία οπτική σκηνή. Στο αρχικό στάδιο όρασης η πληροφορία που αντιλαμβάνεται και επεξεργάζεται ο αναγνώστης πριν την προσοχή (δηλαδή σε στάδιο της προ-προσοχής) χρησιμοποιείται για να καθοδηγήσει την αναζήτηση κατά το στάδιο της προσοχής (Λέλλη, 2013).

Με την εξελικτική πορεία λοιπόν, της έρευνας στη χαρτογραφία οι χαρτογράφοι εμβαθύνουν σε μελέτες που έχουν να κάνουν με τις αισθήσεις των παρατηρητών που εκδηλώνονται κατά τη παρακολούθηση χαρτογραφικών οπτικών ερεθισμάτων. Η καταγραφή κινήσεων κέρσορα και οφθαλμών είναι βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη της αντίδρασης των χρηστών. Η εφαρμογή των ερευνητικών μεθόδων εκτιμάται ότι πιθανώς ξεκίνησε με τη μελέτη παρακολούθησης οφθαλμών για την αξιολόγηση χαρτογραφικών προϊόντων του Epoch (1959, αναφέρεται σε Herman et al., (2017)), ο οποίος χρησιμοποίησε ως ερεθίσματα απλούς χάρτες που σχεδιάστηκαν σε φόντο αεροφωτογραφιών. Με τα συμπεράσματα των μελετών αυτών και το πως αναπτύσσεται η οπτική αντίληψη των συμμετεχόντων σε τέτοιες μελέτες μπορεί να βγει συμπέρασμα για την ευχρηστία των χαρτών.

Αναφορικά με την ερευνητική μέθοδο καταγραφής κινήσεων κέρσορα, εντοπίζονται κοινά χαρακτηριστικά με τη καταγραφή της κίνησης οφθαλμικών κινήσεων και χρησιμοποιείται ευρέως σε μελέτες ευχρηστίας και συνεπώς μπορεί να αξιοποιηθεί για την μελέτη αντιληπτικών και γνωσιακών διεργασιών (Krassanakis & Místhos, 2023). Η μέθοδος αυτή σχετίζεται με τη συλλογή δεδομένων της τροχιάς κίνησης που χαράζει ο χρήστης με το κέρσορα του. Οι μετρήσεις που λαμβάνει μία τέτοια μέθοδος αφορούν κυρίως χωροχρονικές συντεταγμένες της κίνησης και της στόχευσης του κάθε χρήστη. Συνήθως τέτοιες μελέτες πραγματοποιούνται σε πειραματικές διαδικασίες που συνδυάζουν ερευνητικά ερωτήματα αναφερόμενα σε συγκεκριμένες χαρτογραφικές απεικονίσεις με τη χρήση ποικίλων μεταβλητών σχεδιασμού και στόχου.

Στη παρούσα μελέτη αντικείμενο αποτελεί η σύγκριση 2D και 3D απεικονίσεων της υψομετρικής πληροφορίας. Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη εστιάζει στο πώς διαφορετικές απεικονίσεις της πληροφορίας αυτής επηρεάζουν τη διαδικασία ανάγνωσης χάρτη και πώς τελικά διαμορφώνεται η αποτελεσματικότητα κάθε κατηγορίας απεικονίσεων. Η εργασία χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια, των οποίων το περιεχόμενο περιγράφεται συνοπτικά παρακάτω.

**Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>:** Γίνεται περιγραφή και αναφορά στην έννοια της υψομετρικής πληροφορίας, στις μεθόδους συλλογής και απεικόνισης ενώ παρουσιάζονται παραδείγματα διαδικτυακών πηγών συλλογής υψομετρικών πληροφοριών.

**Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>:** Αναλύονται οι έννοιες οπτικής προσοχής και αντίληψης καθώς και οι αρχές του χαρτογραφικού συμβολισμού. Επιπλέον, γίνεται αναφορά σε ερευνητικές μεθόδους στη χαρτογραφία.

**Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>:** Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε και βασίζεται στην εργαλειοθήκη MatMouse. Αναλύονται τόσο η συλλογή των δεδομένων του πειράματος όσο και τα βήματα της επεξεργασίας και διεργασιών που υλοποιήθηκαν για τη παραγωγή των αποτελεσμάτων.

**Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>:** Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται οι στατιστικοί δείκτες των αποτελεσμάτων του πειράματος καθώς και οι στατιστικοί θερμικοί χάρτες που αποτελούν βασικό παραγόμενο της έρευνας αυτής.

**Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>:** Αναπτύσσονται τα συμπεράσματα της εργασίας καθώς και προτεινόμενες μελέτες ως προέκταση της παρούσας μελέτης.

Η διπλωματική εργασία περιλαμβάνει επιπλέον από την ενότητα της Βιβλιογραφίας όπου αναφέρονται οι βιβλιογραφικές και δικτυακές πηγές, το Παράρτημα πηγαίου κώδικα που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της εργασίας καθώς και το παράρτημα παραγόμενων στατιστικών θερμικών χαρτών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ

Στην τοπογραφία αποτελεί άμεσο στόχο η περιγραφή της γήινης επιφάνειας καθώς αυτή παίζει σημαντικό ρόλο στη μελέτη και την αποτύπωση του χώρου. Ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η μελέτη αυτή, είναι η συλλογή της τοπογραφικής πληροφορίας δηλαδή μετρήσεις των σημείων επιφάνειας και συγκεκριμένα οριζοντιογραφική θέση και η υψομετρική πληροφορία αυτών. Εστιάζοντας λοιπόν, στην υψομετρική πληροφορία είναι φανερό πως αποτελεί ένα πολύ βασικό μετρούμενο μέγεθος για την χαρτογραφική αποτύπωση. Η υψομετρία αναφέρεται στον υπολογισμό των υψομέτρων ενός σημαντικού αριθμού σημείων για την περιοχή αποτύπωσης, με γνωστές οριζοντιογραφικές συντεταγμένες (X,Y) οι οποίες είναι ορισμένες στο επίπεδο αναφοράς (Τσούλης, 2005). Η διαδικασία προσδιορισμού της προηγούμενης είναι απαραίτητη για τη δημιουργία ανάγλυφου χάρτη με στόχο τη μελέτη της γήινης επιφάνειας. Επομένως, ανάλογα με το είδος της μελέτης και τη χρήση της περιοχής υπό αποτύπωση, η υψομετρική πληροφορία μπορεί να αποτελεί τόσο ένα πρωτογενές δεδομένο όσο και παράγωγο και αυτό οδηγεί στο τρόπο, τη μορφή και τη διάσταση με την οποία θα χαρτογραφηθεί.

Πιο αναλυτικά, η υψομετρία σημείων της επιφάνειας ως πρωτογενής πληροφορία προκύπτει από τις άμεσες μετρήσεις που πραγματοποιούνται στο πεδίο. Με τα κατάλληλα όργανα και μεθόδους μπορούν να προσδιοριστούν τα υψόμετρα των σημείων της γήινης επιφάνειας απευθείας με τις εργασίες πεδίου. Επιπρόσθετα, η υψομετρική πληροφορία μετά από ανάλυση μπορεί να δημιουργήσει ψηφιακά μοντέλα είτε με φωτογραμμετρικές και τηλεπισκοπικές μεθόδους, είτε με τη χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών. Με αυτόν το τρόπο αποτελεί παράγωγη πληροφορία απεικονίζοντας την επιφάνεια με διαφορετικές και πιο εξειδικευμένες μεθόδους.

### 1.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Η υψομετρική πληροφορία, σύμφωνα με τους Σκιανής κ.α., (2012), είναι ένα ιδιαίτερο μέγεθος που παρουσιάζει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά κατά τη μέτρηση της και αυτά είναι η ακρίβεια, η πυκνότητα λήψης μετρήσεων και η θέση λήψης μέτρησης. Ειδικότερα, η πρώτη αφορά τη μέτρηση της πρωτογενούς πληροφορίας και συνήθως συνδυάζεται με τα σφάλματα που προκύπτουν από τη χρήση οργάνων και την ικανότητα του χειριστή τους κυρίως σε εργασίες πεδίου. Η ακρίβεια είναι σημαντικός μετρητικός παράγοντας για τα τελικά προϊόντα που προκύπτουν από τις μετρήσεις και ποικίλει ανάλογα με τη μέθοδο και τα μέσα. Βασικό παράδειγμα αποτελεί η διαφορά ακρίβειας που μπορεί να παρουσιάσει η συλλογή στο πεδίο με τα κλασικά τοπογραφικά όργανα της τάξεως εκατοστού σε σχέση με τις μετρήσεις από δέκτη GNSS (Global Navigation Satellite System) γνωστό και ως GPS (Global Position System). Επομένως, το χαρακτηριστικό αυτό είναι απαραίτητο να περιγράφει τα υψομετρικά δεδομένα και να αναγράφεται στο τελικό προϊόν.

Επιπρόσθετα, βασικό γνώρισμα αποτελεί και η πυκνότητα των υψομετρικών μετρήσεων δηλαδή η απόσταση μεταξύ της μίας από την άλλη μέτρηση. Αυτό καθορίζεται από το ανάγλυφο της περιοχής και πόσο έντονες διακυμάνσεις παρουσιάζει, οι οποίες πρέπει να αποτυπωθούν υψομετρικά. Επιπλέον, η πυκνότητα είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο βοηθά στο προσδιορισμό και τη διόρθωση της ακρίβειας.



Τέλος, κύριο χαρακτηριστικό αποτελεί η θέση λήψης της μέτρησης των υψομετρικών δεδομένων στο χώρο. Η υψομετρική πληροφορία μπορεί να συλλεχθεί ακανόνιστα στη περιοχή αποτύπωσης ή ακολουθώντας ένα κανονικοποιημένο κানাβο. Ο τρόπος της λήψης μέτρησης μπορεί να καθορίζεται από το ανάγλυφο της περιοχής και παίζει σημαντικό ρόλο και στην ακρίβεια αλλά και στην ολοκληρωμένη απόδοση. Σύμφωνα με τους Σκιανής κ.α., (2012) τα βασικά χωρικά πρότυπα βάσει των οποίων μπορεί να ληφθεί η μέτρηση είναι οι ισοϋψείς καμπύλες, ο κানাβος, η τυχαία διασπορά έντονων μεταβολών και οι γραμμές απότομης μεταβολής.

## 1.2 ΠΗΓΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ-ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΛΛΑΦΟΥΣ

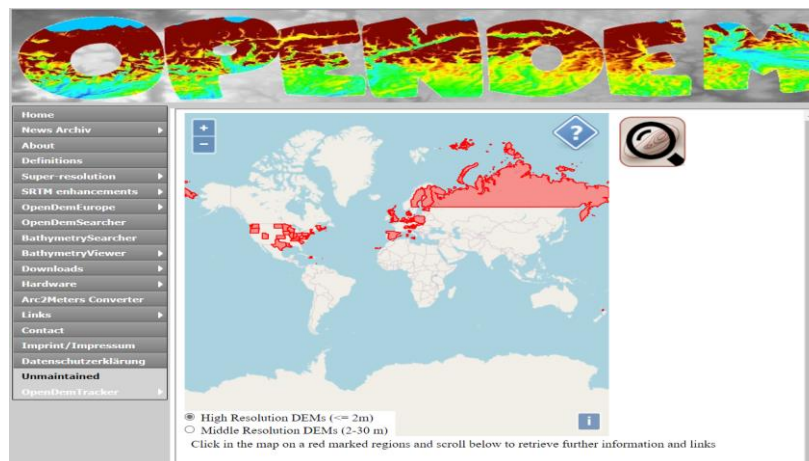
Εστιάζοντας στη χρήση των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών η υψομετρική πληροφορία σήμερα μπορεί να απεικονιστεί με ποικίλους τρόπους. Ένας από αυτούς είναι τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους. Τα υψομετρικά μοντέλα θεωρούνται ως η αναπαράσταση της γήινης επιφάνειας σε σχέση με ένα σύστημα αναφοράς. Επιπλέον, τα μοντέλα αυτά θεωρούνται ως παράγωγα δεδομένα καθώς προκύπτουν από επεξεργασία υψομετρικών σημείων του εδάφους, είτε με ανάλυση δορυφορικών εικόνων, είτε στερεοσκοπικών εικόνων. Τα συγκεκριμένα πλεγματικά δεδομένα τύπου DEM ή διανυσματικά τύπου TIN πλέον διατίθεται από οργανισμούς και γεωπύλες ανοιχτά και δωρεάν διαθέσιμα και η αναζήτηση αυτών αποτελεί ένα βασικό κομμάτι για τη παρούσα έρευνα. Παρακάτω στον Πίνακα 1-1 παρουσιάζονται κάποια ενδεικτικά παραδείγματα πηγών οι οποίες διαθέτουν σε χρήστες και μελετητές δεδομένα υψομετρικών μοντέλων.

Πίνακας 1-1 Ενδεικτικές πηγές διάθεσης υψομετρικών δεδομένων.

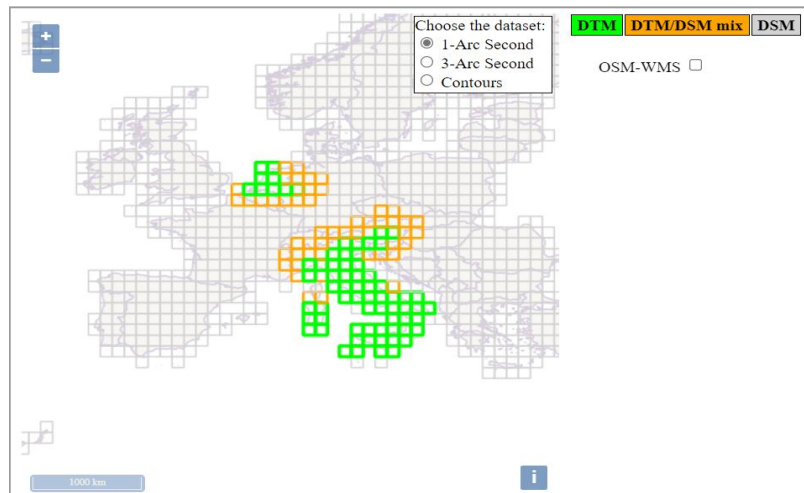
ΠΗΓΗ	ΠΡΟΙΟΝΤΑ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΤΗΤΑ	ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ
<b>Open Dem</b>	Dem data, isolines	Ελεύθερη διανομή	<a href="https://www.opendem.info/">https://www.opendem.info/</a>
<b>Copernicus</b>	Dem data	Ελεύθερη διανομή-δημιουργία λογαριασμού	<a href="https://www.copernicus.eu/el">https://www.copernicus.eu/el</a>
<b>USGS</b>	Satellite data, Dem data Srtm, Gtopo 30, aster dem	Ελεύθερη διανομή-δημιουργία λογαριασμού	<a href="https://www.usgs.gov/">https://www.usgs.gov/</a>
<b>Cloudeo</b>	Satellite data, Dem data	Επί πληρωμή	<a href="https://www.cloudeo.group/el-GR">https://www.cloudeo.group/el-GR</a>

<b>Open topography</b>	Srtm	Ελεύθερη διανομή- δημιουργία λογαριασμού	<a href="https://opentopography.org/">https://opentopography.org/</a>
<b>Esa</b>	Satellite data	Ελεύθερη διανομή- δημιουργία λογαριασμού	<a href="https://www.esa.int/">https://www.esa.int/</a>

Πιο συγκεκριμένα, παραθέτοντας κάποια βασικά παραδείγματα των πηγών η αναζήτηση επεκτάθηκε σε τρεις από τις παραπάνω. Ειδικότερα, η διαδικτυακή γεωπύλη Open dem Εικόνα 1-1 παρέχει ένα μεγάλο αριθμό δεδομένων σε χρήστες δωρεάν. Τα δεδομένα που παρέχει αφορούν ποικίλες περιοχές της γήινης επιφάνειας εστιάζοντας κυρίως σε εδάφη της Ευρωπαϊκής Ηπείρου. Στη πύλη αυτή βρίσκονται τόσο υψομετρικά μοντέλα εδάφους όσο και επιφανείας σε διαφορετικές ακρίβειες. Αρχικά, η σελίδα προσφέρει έναν χάρτη ο οποίος δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να βρει ακριβώς τη περιοχή για την οποία επιθυμεί τη πληροφορία μαζί με τη συνοδευόμενη ακρίβεια. Η πηγή αυτή οδηγεί σε μία πληθώρα δεδομένων σε άλλες γεωπύλες και οργανισμούς. Βασικά παράδειγμα δεδομένων που εμπεριέχει σε διάφορες ακρίβειες παρουσιάζονται στην Εικόνα 1-2. Τέλος, οι χρήστες της γεωπύλης είναι δυνατόν να οδηγηθούν σε εθνικές πηγές δεδομένων.



Εικόνα 1-1 Ιστότοπος υπηρεσίας (OpenDEM).



Εικόνα 1-2 Επιλογή δεδομένων (OpenDEM)

Επόμενη πηγή αναζήτησης αποτελεί η υπηρεσία Copernicus Εικόνα 1-3. Η συγκεκριμένη υπηρεσία είναι ευρωπαϊκή και ασχολείται κυρίως με τη χαρτογράφηση και τη χορήγηση δεδομένων επιφανείας. Επιπλέον, παρέχει δεδομένα για τη κλιματική αλλαγή, φυσικές καταστροφές και για την ατμόσφαιρα. Εστιάζοντας στα δεδομένα επιφανείας, η υπηρεσία αυτή παρέχει μεγάλο αριθμό διαθέσιμων υψομετρικών μοντέλων εδάφους όπως αυτά που παρουσιάζονται στην Εικόνα 1-4. Η πλειοψηφία των δεδομένων που χρησιμοποιεί η υπηρεσία προέρχεται από μία σειρά δορυφόρων καθώς και επίγειων αισθητήρων. Τα δεδομένα διατίθενται δωρεάν σε πολίτες και οργανισμούς.

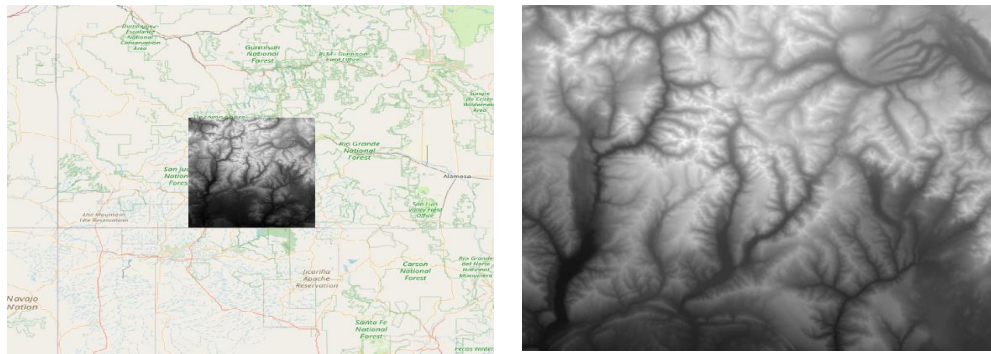


Εικόνα 1-3 Ιστότοπος ανοιχτής γεωπύλης (<https://www.copernicus.eu/>)

Show <input type="text" value="20"/> entries		Search:	
Name	Resolution	Size	
EU-DEM Full European Coverage Colour Shaded (RGB)	25m	12.0 GB	
EU-DEM 25000-55000	25m	128.1 MB	
EU-DEM 45000-15000	25m	750.0 MB	
EU-DEM 45000-25000	25m	6.0 GB	
EU-DEM 55000-25000	25m	5.9 GB	

Εικόνα 1-4 Παραδείγματα δεδομένων υψομετρικών μοντέλων υπηρεσίας (<https://www.copernicus.eu/>)

Επόμενη γεωπύλη είναι η NASA που παρέχει δεδομένα μέσω της υπηρεσίας USGS. Στη συγκεκριμένη πηγή είναι απαραίτητη η δημιουργία λογαριασμού για την είσοδο του χρήστη και έπειτα για την προμήθεια της πληροφορίας. Τα δύο βασικά υψομετρικά μοντέλα που διανέμονται μέσω αυτής, είναι το SRTM και GTOPO30. Η χωρική ακρίβεια των μοντέλων αυτών είναι αντιστοίχως 23 και 30 μέτρα. Η υπηρεσία αυτή προσφέρει υψομετρικά μοντέλα εδάφους για όλη τη γήινη επιφάνεια και ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να προμηθευτεί σε πινακίδες ανάλογα με την επιλογή του όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 1-5.



Εικόνα 1-5 Υψομετρικό μοντέλο υπηρεσίας USGS- (EarthExplorer (usgs.gov))

### 1.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

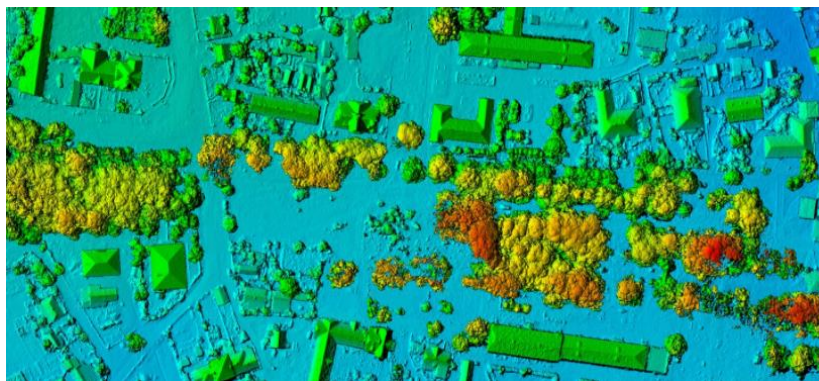
Η ανάγκη για αποτύπωση της υψομετρικής πληροφορίας οδήγησε στην ανάπτυξη μεθόδων και μέσων συλλογής της. Η κλασικότερη τοπογραφική μέθοδος είναι η χωροστάθμηση δηλαδή ο υπολογισμός της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ σημείων μιας επιφάνειας αναφοράς με τη χρήση του τοπογραφικού οργάνου του χωροβάτη (Βλάχος, 2012).

Ακόμα, μία διαδεδομένη μέθοδος συλλογής υψομετρικής πληροφορίας αναφέρεται στη χρήση δεκτών GNSS. Το GPS αποτελεί το πιο διαδεδομένο σύστημα, σχεδιάστηκε το 1970, αναπτύχθηκε το 1980 και έγινε πλήρως λειτουργικό το 1990 όπου και χρησιμοποιήθηκε σχεδόν αποκλειστικά από το στρατό των ΗΠΑ (Φωτίου, 2012). Η χρήση του συστήματος για πολιτικές εργασίες όπως η τοπογραφία έδωσε τη δυνατότητα ευκολίας των τοπογραφικών μετρήσεων χωρίς να χρειάζεται

οπτική επαφή των σημείων ή κατάλληλες καιρικές συνθήκες. Με την ακρίβεια που εξασφαλίζεται πλέον παρατηρούνται εφαρμογές μεταξύ διεθνών συστημάτων συντεταγμένων χωρίς αυτό να προκαλεί πρόβλημα ενώ αντίστοιχα τα δεδομένα που συλλέγουν μπορούν εύκολα να αποτελούν μέρος ενός GIS έργου (Φωτίου, 2012). Οι δύο μέθοδοι αυτές αποτελούν κλασικές τοπογραφικές εργασίες συλλογής πρωτογενούς υψομετρικής πληροφορίας, ωστόσο μεταξύ τους υπάρχουν αρκετές διαφορές που οδηγούν στη χρήση της κάθε μίας. Συγκριτικά, οι μέθοδοι πεδίου παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της υψηλής ακρίβειας. Οι μετρήσεις με τη μέθοδο της χωροστάθμηση τα αποτελέσματα φτάνουν ακρίβεια των mm, ενώ με χρήση δεκτών GPS η αντίστοιχη ακρίβεια είναι σε επίπεδο cm. Από την άλλη, οι εργασίες πεδίου παρουσιάζουν αδυναμία λήψης μέτρησης πολλών σημείων ανά ημέρα και εξαρτάται κυρίως από το ανάγλυφο της περιοχής. Επιπλέον, υπάρχει αδυναμία πρόσβασης σε όλες τις περιοχές καθώς πολλά σημεία μπορεί να είναι δύσβατα. Τέλος, χρειάζεται για περιοχές όπου τα σημεία μέτρησης είναι περιορισμένα να πραγματοποιηθεί χωρική παρεμβολή για τη διαμόρφωση της συνολικής υψομετρίας της περιοχής.

Άλλες μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί σήμερα είναι κυρίως συνυφασμένες με την εξ αποστάσεως λήψη μέτρησης και πληροφορίας με αποτέλεσμα την επεξεργασία της προκειμένου να δημιουργηθεί ένα υψομετρικό μοντέλο. Σύμφωνα με τους Κάτσιο & Τσάτσαρη (2014) τέτοιες μέθοδοι προέρχονται από τη λήψη αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων καθώς και με τη χρήση αισθητήρων radar και lidar.

Βασιζόμενη λοιπόν στις κλασικές τοπογραφικές μεθόδους και στο τι πληροφορία είναι χρήσιμο να συλλεχθεί για την απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου η φωτογραμμετρία έρχεται να εισάγει νέες μεθόδους και τεχνικές. Βασικός στόχος των μεθόδων αυτών είναι η απόδοση της γήινης επιφάνειας και των αντικειμένων σε ένα τρισδιάστατο μετρητικό προϊόν. Η λήψη των αεροφωτογραφιών πραγματοποιείται από ειδικά επανδρωμένα ή μη, πτητικά μέσα με τη χρήση ειδικών καμερών. Οι ψηφιακές πλέον αεροφωτογραφίες μπορούν να δώσουν είτε με φωτογραμμετρική επεξεργασία τρισδιάστατα μετρητικά υψομετρικά προϊόντα είτε μπορούν άμεσα να εισαχθούν σε λογισμικά GIS. Στη συνέχεια, βασική μέθοδο πλέον αποτελεί η χρήση δορυφορικών εικόνων που βασίζεται στη πληροφορία που μεταφέρεται από το στόχο -πομπό στο δέκτη -όργανο και είναι ουσιαστικά η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπουν τα αντικείμενα και τα συστατικά της γήινης επιφάνειας. Σήμερα, όλες οι δορυφορικές εικόνες είναι ψηφιακές και ανάλογα με το τρόπο συλλογής τους η πληροφορία μπορεί να παρουσιάζεται σε διαφορετικές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και να αναλύεται με την επεξεργασία σε πολλά κανάλια της εικόνας με ειδικά λογισμικά. Επιπροσθέτως, η χρήση αισθητήρων radar και lidar είναι μία από τις πιο καινοτόμες μεθόδους καθώς οι αισθητήρες radar μπορούν να πάρουν μετρήσεις αποστάσεων και υψών ακόμα και σε σημεία ή συνθήκες όπου οι δορυφόροι δεν είναι ικανοί καθώς χρησιμοποιούν τα ηλεκτρομαγνητικά μικροκύματα. Τέλος οι αισθητήρες lidar οι οποίοι αναπτύσσονται τη τελευταία εικοσαετία βασίζονται στις μετρήσεις απόστασης μέσω παλμικού laser και διακρίνονται για τις μαζικές μετρήσεις του σαρώνοντας το χώρο. Όλες οι μέθοδοι που περιγράφονται παραπάνω, σύμφωνα με τους Κάτσιο & Τσάτσαρη (2014) έχουν ως σκοπό τη δημιουργία ενιαίων μοντέλων απεικόνισης της επιφάνειας Εικόνα 1-6.



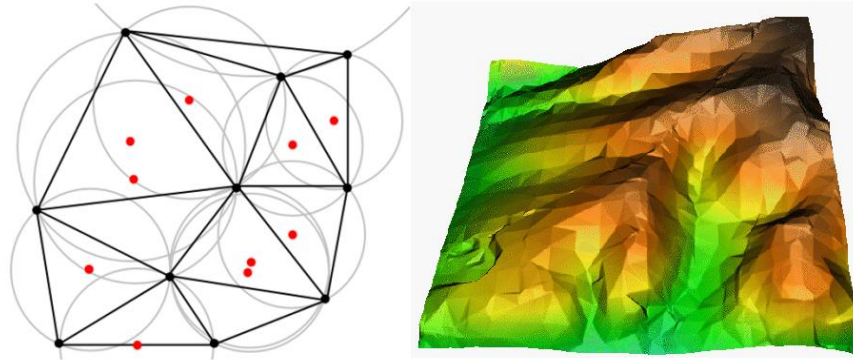
Εικόνα 1-6 DSM βασισμένο σε δεδομένα lidar (Kartor USA Team, 2020)

## 1.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Σήμερα με τη ψηφιακή απεικόνιση των δεδομένων, η χαρτογράφηση της υψομετρικής πληροφορίας αλλά και η ανάλυση των υψομετρικών δεδομένων πραγματοποιείται στα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών. Μέσω πολλών αλγορίθμων και δυνατοτήτων των συστημάτων αυτών η χαρτογράφηση του ανάγλυφου πραγματοποιείται με πολλές μεθόδους και παρουσιάζεται με πολλές διαφορετικές μορφές απεικονίσεων.

### 1.4.1 ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΣΕ ΣΓΠ

Τα υψομετρικά μοντέλα που μπορούν να παραχθούν με τη χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών είναι τα TIN δίκτυα ακανόνιστων τριγώνων Εικόνα 1-7, τα οποία αποτελούν διανυσματικά δεδομένα. Αρχικά, τα δίκτυα αυτά δημιουργούνται με τη παραγωγή τριγωνικών επιφανειών των οποίων οι κορυφές των τριγώνων που αποτελούν το πλέγμα έχουν γνωστές συντεταγμένες. Τα γνωστά αυτά σημεία είναι μετρημένα και αποτελούν πρωτογενή υψομετρική πληροφορία. Η διαδικασία δημιουργίας ενός TIN πραγματοποιείται με την ένωση των γνωστών σημείων του χώρου, με γραμμές δημιουργώντας τρίγωνα αυτά με προσανατολισμό και κλίση που τελικά η σύνδεση όλων θα αποτελεί την αναπαράσταση του αναγλύφου. Για τη δημιουργία του δικτύου χρησιμοποιούνται τα γνωστά σημεία και αλγόριθμοι χωρικής παρεμβολής εξετάζοντας την κοντινότερες αποστάσεις των σημείων μεταξύ τους. Ανάλογα με τη πολυπλοκότητα της επιφάνειας μπορεί να δημιουργηθεί από πολλά μικρά τρίγωνα ή μεγαλύτερα αν η συμπεριφορά του ανάγλυφου είναι συνεχής στη περιοχή. Τέλος, τα δίκτυα αυτά μπορούν να απεικονιστούν και άλλα στοιχεία του περιβάλλοντος όπως ποτάμια ή λίμνες, ενώ μπορούν να εισαχθούν και διανυσματικά μεγέθη όπως το οδικό δίκτυο περιοχής, για το οποίο απουσιάζει η υψομετρική πληροφορία και περιγράφεται μόνο η οριζοντιογραφική με αποτέλεσμα το TIN να του τη δώσει (Ζήσου, 2010),



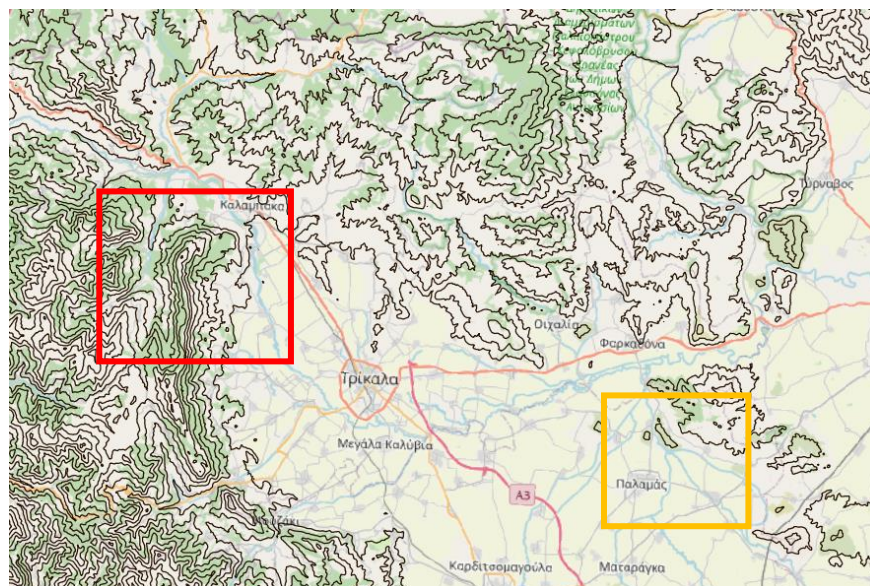
Εικόνα 1-7 Δημιουργία TIN μοντέλου (Mitas & Mitasova., 1999).

Ακόμα ένας τύπος απεικόνισης γεωχωρικών δεδομένων αποτελεί το μοντέλο των πεδίων ή πλεγματοειδές το οποίο βασίζεται σε έναν ορθοκανονικό κάναβο που αποτελείται από γνωστά μετρημένα σημεία που το ένα ισπαέχει από το άλλο. Συμπερασματικά, οι δύο παραπάνω τύποι μοντέλων είναι ευρέως γνωστοί για την αναπαράσταση της υψομετρικής πληροφορίας. Η συνεισφορά τους στη κατανόηση του ανάγλυφου είναι μεγάλη, ωστόσο οι διαφορές τους είναι αυτές που καθορίζουν τη χρήση και τη δημιουργία τους ανάλογα με την έκταση, τα μέσα για την εκάστοτε απεικόνιση.

#### 1.4.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΑΠΟ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Με τη χρήση των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών η υψομετρική πληροφορία μπορεί να απεικονιστεί με πολλές μεθόδους και προσεγγίσεις. Αρχικά, η απεικόνιση της υψομετρικής πληροφορίας αφορά πρωτογενή δεδομένα υψομετρικών σημείων σε χάρτη κουκίδων. Ειδικότερα, οι μετρήσεις αφορούν σημεία με γνωστές συντεταγμένες είναι εύκολο να απεικονιστούν και ως σημεία σε χάρτη κουκίδων εντός των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών.

Επιπλέον, περίπτωση απεικόνισης είναι ισαριθμικές (ισοπληθείς) καμπύλες Εικόνα 1-8 οι οποίες στη περίπτωση απεικόνισης υψομετρικής πληροφορίας ονομάζονται ισοϋψείς και περιγράφουν το ανάγλυφο με τη μορφή διανυσματικών δεδομένων τις γραμμές. Η πληροφορία που δίνουν θεωρείται 2D καθώς περιγράφεται από συντρεγμένες ΧΥ.



Εικόνα 1-8 Εντός του κόκκινου πλαισίου υπάρχει πληθώρα καμπυλών που συνεπάγεται με υψηλό υψόμετρο σε αντίθεση με το κίτρινο πλαίσιο που εντός του υπάρχουν λίγες καμπύλες άρα και χαμηλό υψόμετρο-(υπόβαθρο-ΓΥΣ).

Επιπρόσθετη μέθοδο απεικόνισης αποτελούν τα υψομετρικά ή βαθυμετρικά μοντέλα, τα οποία είναι ενιαίες επιφάνειες που δίνουν τρισδιάστατη πληροφορία. Οι κατηγορίες μοντέλων που μπορούν να προκύψουν από την ανάλυση υψομετρικών μοντέλων σε περιβάλλον συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών είναι οι ακόλουθες:

- DEM/DTM(Digital Elevation Model & Digital Terrain Model): Ένα τρισδιάστατο γεωχωρικό δεδομένο, το οποίο είναι ψηφιακό Εικόνα 1-9, δηλαδή κάθε εικονοστοιχείο αποτελεί τη τιμή του υψομέτρου του αντίστοιχου σημείου του εδάφους. Είναι καθαρά η αναπαράσταση ανάγλυφου και υψομετρίας του εδάφους. Η διαφορά ότι μπορεί να έχει προσαρμοστεί σε ένα τοπικό σύστημα αναφοράς αλλά και αυτό φέρει αποκλειστικά πληροφορία για την υψομετρία του εδάφους.
- DSM( Digital Surface Model): Το ψηφιακό αυτό μοντέλο αναπαριστά το ανάγλυφο της επιφάνειας μαζί με τα αντικείμενα που φέρει αυτή. Πιο συγκεκριμένα, ένα τέτοιο ψηφιακό μοντέλο θα έχει σαν υψομετρική πληροφορία επάνω του για δέντρα, κτίρια και φυσικά για έδαφος.



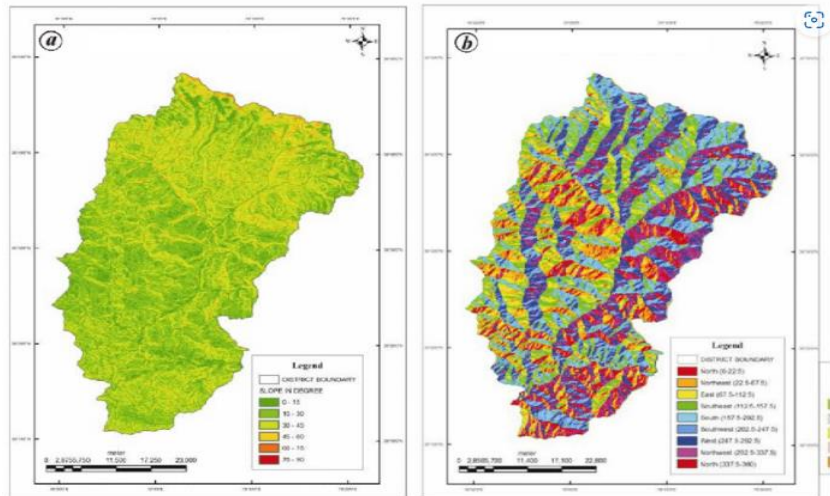


Εικόνα 1-9 Απεικόνιση κλάσεων υψομετρικού μοντέλου (DEM) (NC State University Libraries, 2023).

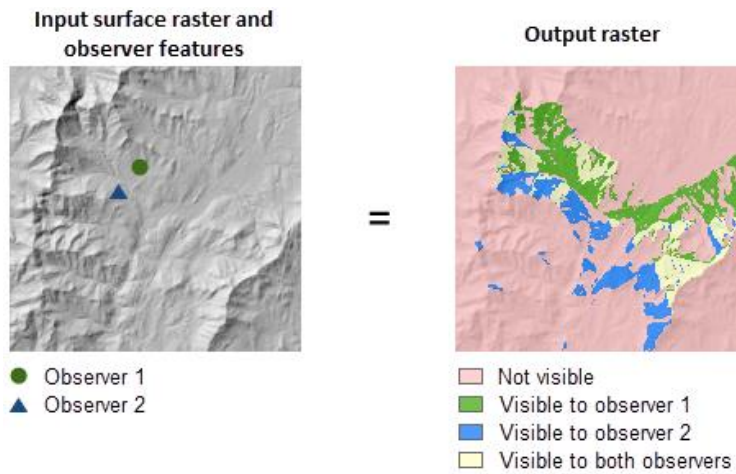
Τα βασικότερα παραδείγματα μεθόδων απεικόνισης που προκύπτουν από την επεξεργασία DEM δεδομένων είναι τα μοντέλα φωτοσκίασης Εικόνα 1-10, κλίσεων Εικόνα 1-11 και ορατότητας Εικόνα 1-12. Οι μέθοδοι αυτές απεικόνισης αποτελούν κάποιες προσεγγίσεις της ρεαλιστικής παρουσίαση του ανάγλυφου και χρησιμοποιούνται κατά κόρον για την ανάλυση και απεικόνιση υψομετρικών δεδομένων. Τέλος τα τρισδιάστατα πλέον μοντέλα δημιουργούνται και σε περιβάλλοντα GIS και αποτελούν ακόμα μία μέθοδο απεικόνισης όπως στην Εικόνα 1-13.



Εικόνα 1-10 Μοντέλο φωτοσκίασης (Staridas Geography, 2023).



Εικόνα 1-11 Χάρτης κλίσεων (Rewat et al., 2015)



Εικόνα 1-12 Χάρτης ορατότητας- (ESRI, 2023)



Εικόνα 1-13 Τρισδιάστατη απεικόνιση (Stack Exchange, 2023)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΛΕΤΕΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΣΤΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ**

### **2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ**

#### **2.1.1 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ**

Το έργο του Bertin αναδεικνύει τη σημασία του χαρτογραφικού συμβολισμού στην αποτύπωση των γεωγραφικών πληροφοριών με τρόπο που επιτρέπει στον αναγνώστη να αντλήσει γρήγορα και αποτελεσματικά δεδομένα. Το έργο αυτό εστιάζει στη χρήση διάφορων γραφικών στοιχείων, όπως χρώματα, σχήματα και μεγέθη, για την αναπαράσταση πληροφοριών σε χάρτες. Στην ουσία, ο Bertin προτείνει ένα σύστημα κωδικοποίησης που επιτρέπει στον χρήστη να ερμηνεύει γρήγορα τις πληροφορίες που περιέχονται σε έναν χάρτη.

Σε σχέση με τις μελέτες οπτικής προσοχής και οπτικής αντίληψης, ο χαρτογραφικός συμβολισμός συνδέεται στενά με τις αρχές αυτών. Η αναγνώριση του πώς οι άνθρωποι επεξεργάζονται οπτικά τις πληροφορίες και πώς επιλέγουν να εστιάσουν την προσοχή τους σε συγκεκριμένα στοιχεία είναι ζωτικής σημασίας για το σχεδιασμό αποτελεσματικών χαρτογραφικών αναπαραστάσεων. Οι αρχές της οπτικής προσοχής και αντίληψης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιωθεί ο σχεδιασμός των γραφικών στοιχείων και να καταστήσει τον χάρτη πιο ευανάγνωστο και εύκολα κατανοητό για τον χρήστη. Μελέτες στον τομέα αυτό επισημαίνουν τη σημασία της διάταξης, του χρώματος και του μεγέθους στην αποτελεσματική αναπαράσταση πληροφοριών σε χάρτες, προσφέροντας έτσι ένα βαθύτερο και πιο εύκολο κατανοητό χαρτογραφικό περιβάλλον.

##### **2.1.1.1 ΟΠΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΥ**

Η θεωρία συμβόλων Bertin, επίσης γνωστή ως Σημειολογία των γραφικών, είναι ένα σημαντικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε από τον Jacques Bertin, 1967-1977 έναν διακεκριμένο Γάλλο χαρτογράφο και θεωρητικό. Η θεωρία επικεντρώνεται στην οπτική αναπαράσταση των δεδομένων και αποσκοπεί στην ενίσχυση της αποτελεσματικότητας και της σαφήνειας των πληροφοριών που μεταδίδονται μέσω γραφικών στοιχείων (Almeida, 2011) επιπλέον, τονίζει τη σημασία της επιλογής κατάλληλων οπτικών μεταβλητών, όπως το σχήμα, το μέγεθος, το χρώμα, ο προσανατολισμός και η υφή. Με την κατανόηση και την εφαρμογή της θεωρίας συμβόλων Bertin, οι χαρτογράφοι και οι αναλυτές δεδομένων μπορούν να δημιουργήσουν οπτικοποιήσεις που βελτιστοποιούν την κατανόηση και την ερμηνεία πολύπλοκων πληροφοριών. Ο Bertin το 1967 πρότεινε μία λίστα χαρακτηριστικών που ιεραρχικά εμφανίζονται ή και ακόμα καθορίζουν την απεικόνιση χωρικών αντικειμένων και κάποια παραδείγματα παρουσιάζονται στην Εικόνα 2-1. Οι βασικές αυτές μεταβλητές είναι θέση, μέγεθος, ένταση, υφή, απόχρωση, προσανατολισμός και σχήμα.

Visual Variable	Author	Example
<b>Size</b>	Bertin (1967/83), Morrison (1974), MacEachren (1995), Kraak & Ormeling (2003), Krygier & Wood (2005), Dent et al. (2009), Slocum et al. (2010), Tyner (2010).	
<b>Shape</b>	Bertin (1967/83), Morrison (1974), MacEachren (1995), Kraak & Ormeling (2003), Krygier & Wood (2005), Dent et al. (2009), Slocum et al. (2010), Tyner (2010).	
<b>Lightness/ value</b>	Bertin (1967/83), Morrison (1974), MacEachren (1995), Kraak & Ormeling (2003), Krygier & Wood (2005), Dent et al. (2009), Slocum et al. (2010), Tyner (2010).	
<b>Color (hue+saturation)</b>	Bertin (1967/83).	
<b>Orientation</b>	Bertin (1967/83), Morrison (1974), MacEachren (1995), Kraak & Ormeling (2003), Dent et al. (2009), Slocum et al. (2010), Tyner (2010).	
<b>Texture</b>	Bertin (1967/83), Morrison (1974), MacEachren (1995), Kraak & Ormeling (2003), Krygier & Wood (2005), Dent et al. (2009), Tyner (2010).	
<b>Location</b>	Bertin (1967/83), MacEachren (1995), Kraak & Ormeling (2003), Krygier & Wood (2005), Dent et al. (2009), Slocum et al. (2010), Tyner (2010).	
<b>Hue</b>	Morrison (1974), MacEachren (1995), Kraak & Ormeling (2003), Krygier & Wood (2005), Dent et al. (2009), Slocum et al. (2010), Tyner (2010).	
<b>Saturation/ intensity</b>	Morrison (1974), MacEachren (1995), Krygier & Wood (2005), Dent et al. (2009), Slocum et al. (2010), Tyner (2010).	
<b>Arrangement</b>	Morrison (1974), MacEachren (1995), Dent et al. (2009), Slocum et al. (2010), Tyner (2010).	
<b>Focus/ crispness</b>	MacEachren (1995).	
<b>Resolution</b>	MacEachren (1995).	
<b>Transparency</b>	MacEachren (1995).	
<b>Spacing</b>	Slocum et al (2010).	
<b>Perspective Height</b>	Slocum et al (2010).	

Εικόνα 2-1 Οπτικές Μεταβλητές χαρτογραφικού σχεδιασμού (Halik, 2012)

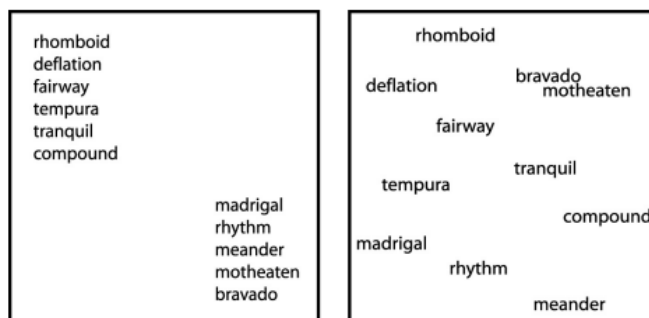
### 2.1.1.2 ΘΕΩΡΙΑ GESTALT

Η θεωρία εισάγει την έννοια της αντιληπτικής ομαδοποίησης και τη σύνδεσή της με την οπτική αντίληψη. Σύμφωνα με τον Carvalho (2009), η θεωρία Gestalt που δημιουργήθηκε και διαμορφώθηκε από τους Wertheimer (1880/1943), Kohler (1887/1967) και Koffka (1886/1941) υποστηρίζει πως οι σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων χωρικά αναπαρίστανται μέσω διαδικασιών ομαδοποίησης.

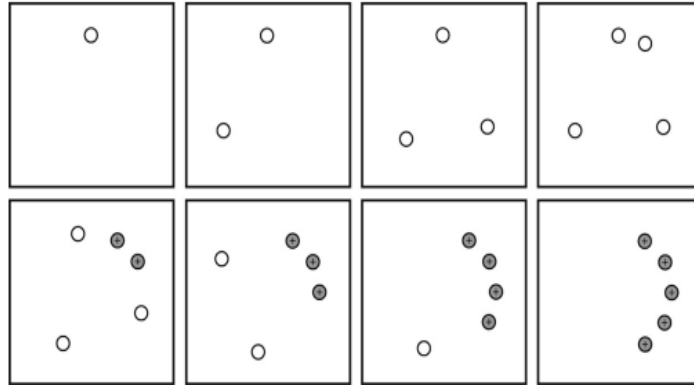
Η αντιληπτική ομαδοποίηση αναφέρεται σε μια έννοια που είναι άμεσα συνδεδεμένη με το πώς αντιλαμβανόμαστε οπτικές σκηνές των αντικειμένων και όλες οι αρχές που περιγράφονται υπογραμμίζοντας την ανάγκη εφαρμογής τους για τη βελτίωση της σαφήνειας και της αποτελεσματικότητας των χαρτογραφικών αναπαραστάσεων. Στον Πίνακα 2-1 παρουσιάζονται οι αρχές ομαδοποίησης οι οποίες όταν χαρακτηρίζουν τα αντικείμενα του χάρτη ο αναγνώστης τότε τείνει στο να τα αντιληφθεί τα αντικείμενα αυτά ως σύνολο. Συγκεκριμένα, στην Εικόνα 2-2 παρουσιάζεται παράδειγμα της ιδιότητας της κοινής πορείας, στην Εικόνα 2-3 της κλειστότητας, στην Εικόνα 2-4 της ομοιότητας και στην Εικόνα 2-5 της καλής συνέχειας.

Πίνακας 2-1 Αρχές Gestalt.

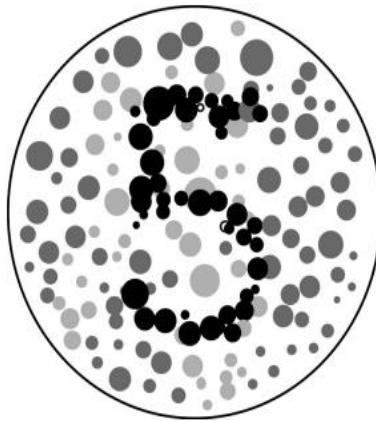
ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ
ΟΜΟΙΟΤΗΤΑ
ΚΟΙΝΗ ΠΟΡΕΙΑ
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ
ΚΑΛΗ ΣΥΝΕΧΕΙΑ
ΚΛΕΙΣΤΟΤΗΤΑ ΠΛΟΤΗΤΑ
ΕΜΠΕΙΡΙΑ Η' ΣΥΝΗΘΕΙΑ



Εικόνα 2-2 Παράδειγμα της ιδιότητας κοινή πορεία (Graham, 2008)



Εικόνα 2-3 Παράδειγμα κλειστότητας (Graham, 2008)



Εικόνα 2-4 Παράδειγμα ομοιότητας (Graham, 2008)



Εικόνα 2-5 Παράδειγμα καλή συνέχεια (Graham, 2008)

## 2.1.2 ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ

Η έννοια της οπτικής αντίληψης αφορά στον τρόπο με τον οποίο οι παρατηρητές μπορούν να κατανοήσουν τη πληροφορία που τους μεταδίδεται μέσω των χαρτογραφικών απεικονίσεων. Σύμφωνα με τους Sternberg & Sternberg (2011, αναφέρεται σε Κρασανάκης & Φιλιπακοπούλου (2023)), η οπτική αντίληψη εμπεριέχει σαν έννοια όλες εκείνες τις διεργασίες που είναι απαραίτητες προκειμένου ο άνθρωπος να είναι ικανός να κατανοεί, να οργανώνει και αναγνωρίζει το κόσμο γύρω του μέσα από τη διέγερση των αισθητήριων οργάνων του. Ο όρος αυτός αφορά στο πόσο εύκολα είναι κατανοητό το οπτικό ερέθισμα που διεγείρει την αισθητήρια λειτουργία της όρασης. Τη λειτουργία αυτή μελετούν επιστήμες όπως η νευρολογία, βιολογία η ψυχολογία και η χαρτογραφία χρησιμοποιώντας ως μέσο μετάδοσης της πληροφορίας τα χαρτογραφικά υπόβαθρα. Οι θεωρίες που αναπτύχθηκαν και επικράτησαν ξεκινούν από το 1979 με το Gibson και συνεχίζονται το 1982 με του Marr (Κρασανάκης & Φιλιπακοπούλου, 2023).

### 2.1.2.1 Οικολογική προσέγγιση Για την Οπτική Αντίληψη

Η οπτική αντίληψη είναι μία έμφυτη διαδικασία που ενεργοποιείται καθώς ξεκινά η αλληλεπίδραση του ατόμου με το περιβάλλον σύμφωνα με τον Gibson (1950, αναφέρεται σε Montello (2005)) με μέσο παρατήρησης τους οφθαλμούς. Στη περίπτωση αυτή αναπτύχθηκε ως θεωρία ότι η διαδικασία παρακολούθησης του ερεθίσματος εκτελείται από κάτω προς τα πάνω και ακολουθείται ασυνείδητα από τον παρατηρητή. Η θεωρία ανέδειξε αδύναμα σημεία όταν σε μελέτες παρατηρήθηκαν επιρροές στη διαδικασία οπτικής αντίληψης με τη δομή της παρακολούθησης του ερεθίσματος με διαδικασίες σάρωσης του από πάνω προς τα κάτω (Κρασανάκης & Φιλιπακοπούλου, 2023).

### 2.1.2.2 Θεωρία Marr

Η συγκεκριμένη θεωρία στηρίζεται ότι η οπτική αντίληψη βασίζεται σε ένα ευρύτερο πλαίσιο κατανόησης του τι συμβαίνει στο περιβάλλοντα χώρο του παρατηρητή. Ο Marr συνδυάζει τόσο τις γνώσεις για τη λειτουργία της όρασης από την επιστήμη της βιολογίας όσο και της γνωσιακής ψυχολογίας. Η σημαντική διαφορά της θεωρίας αυτής με τη προηγούμενη είναι ότι ο Marr υποστηρίζει πως για να υπάρξει η αποτελεσματική αντίληψη της πληροφορίας η επεξεργασία πρέπει να υλοποιείται σε στάδια παρατήρησης και όχι αμιγώς στο στάδιο που διεγείρεται οργανικά η όραση (Κρασανάκης & Φιλιπακοπούλου, 2023).

Συνοπτικά, η οπτική αντίληψη αποτελεί μία διαδικασία που εμπεριέχει όλα εκείνα τα στάδια ανάλυσης της πληροφορίας που δέχεται ο παρατηρητής μέσω των αισθητήριων οργάνων των οφθαλμών. Η έννοια αυτή συνδέεται άμεσα με την οπτική προσοχή και οπτική αναζήτηση μέτρα τα οποία μελετώνται σε χαρτογραφικά πειράματα για την ευχρηστία των χαρτογραφικών απεικονίσεων.

### **2.1.3 ΟΙ ΑΝΤΙΛΗΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΤΗΣ ΠΡΟ-ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΧΗ**

Η προ-προσοχή ως προκαταρκτική αντιληπτική διαδικασία αφορά στο στάδιο αυτό της παρατήρησης όπου ο παρατηρητής έχει διαθέσιμες όλες τις πληροφορίες σε μία ευρεία εικόνα που επεξεργάζονται ταυτόχρονα προτού προβεί σε αναζήτηση συγκεκριμένου χαρακτηριστικού του οπτικού ερεθίσματος (Wolfe, 2000). Η πρώτη αναφορά της έννοιας του σταδίου της προ-προσοχής γίνεται σύμφωνα με Neisser (1967, αναφέρεται από το Wolfe (2000)). Ο διαχωρισμός της οπτικής προσοχής από τη προ-προσοχή έχει να κάνει με τις διαδικασίες τις οποίες ο παρατηρητής μπορεί να διαβάσει και να επεξεργαστεί ένα οπτικό ερέθισμα. Πιο ειδικά, η οπτική προσοχή αποτελεί μία γνωσιακή διαδικασία μαζί με την οπτική αναζήτηση και εκδηλώνεται με μηχανισμό ανάγνωσης από πάνω προς τα κάτω. Αντίθετα σαν αντιληπτική διαδικασία μπορεί να αναπτυχθεί ως μηχανισμός από κάτω προς τα πάνω εστιάζοντας σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του ερεθίσματος.

### **2.1.4 ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ**

Η οπτική αναζήτηση στη χαρτογραφία αναφέρεται στη διαδικασία εντοπισμού και αναγνώρισης συγκεκριμένων αντικειμένων ή χαρακτηριστικών σε έναν χάρτη, υποκινούμενη από την οπτική αντίληψη. Σύμφωνα με τους Treisman & Gelade, (1980) και Dunkan & Humphreys (1989), όπως αναφέρονται από τη Μπαργιώτα (2013), πραγματοποιήθηκε ο πρώτος διαχωρισμός του όρου σε σειριακή και παράλληλη. Η έννοια περιλαμβάνει την ενεργή σάρωση και εξερεύνηση του χάρτη για τον εντοπισμό σχετικών πληροφοριών με βάση συγκεκριμένα κριτήρια ή στόχους.

Για την κατανόηση της διαδικασίας της οπτικής αναζήτησης μοντελοποιήθηκαν διάφορα γνωρίσματα της συμπεριφοράς του αναγνώστη της οπτικής σκηνής και συνοψίζονται στα παρακάτω είδη (Κρασανάκης, 2021):

- Σειριακή αυτό-τερματιζόμενη αναζήτηση: Ο παρατηρητής αναζητά το σύμβολο-στόχο και αφού το βρει τερματίζει την εύρεση σε ακαριαίο χρόνο.
- Παράλληλη αναζήτηση: τα σύμβολα του χάρτη σαρώνονται όλα ταυτόχρονα και σας αποτέλεσμα ο παρατηρητής επιλέγει το στόχο αφού εξετάσει τα σύμβολα.
- Σειριακή εξαντλητική αναζήτηση: Κάθε σύμβολο αξιολογείται ξεχωριστά και έπειτα ο παρατηρητής τα εξετάζει και συνολικά.

Η οπτική αναζήτηση ως διαδικασία υλοποιείται συνήθως κατά την αναζήτηση συγκεκριμένων στόχων μεταξύ σημείων περισπαστών. Εκείνη τότε, εκδηλώνεται με τρόπο που επηρεάζεται από στοιχεία του ερεθίσματος και ανάλογα με το αντικείμενο αναζήτησης. Οι περισσότερες θεωρήσεις του ελέγχου της προσοχής έχουν προτείνει τουλάχιστον δύο μέσα τα οποία εκφράζονται μέσω της διαδικασίας της οπτικής αναζήτησης για να κατευθύνουν την προσοχή: παράγοντες που βασίζονται στο ερέθισμα, που ονομάζονται επίσης έλεγχος από κάτω προς τα πάνω, και παράγοντες με γνώμονα τον στόχο, που ονομάζονται επίσης έλεγχος από πάνω προς τα κάτω (Vecera et al., 2014). Συνοψίζοντας, κατά τη παρατήρηση μίας σκηνής και οι δύο διαδικασίες



εκτελούνται ταυτόχρονα ενώ μπορούν να επιδρούν και στοιχεία της μνήμης του παρατηρητή και διαδικασίες ομαδοποίησης κοινών χαρακτηριστικών των στόχων.

## **2.1.5 ΧΡΗΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ**

Η ευχρηστία ως όρος προκύπτει προκειμένου να περιγράψει πόσο αποτελεσματικά οι απεικονίσεις ανταποκρίνονται στις ανάγκες των χρηστών και διευκολύνουν την ολοκλήρωση των εργασιών μεταδίδοντας την πληροφορία αποτελεσματικά (Slocum et al., 2011). Αυτό περιλαμβάνει την εξέταση των γνωστικών διαδικασιών και των ατομικών διαφορών των χρηστών καθώς και τις αλληλεπιδράσεις που μπορεί να έχει ο χρήστης με τις απεικονίσεις. Η ευχρηστία, σε αυτό το πλαίσιο, συνδέεται στενά με την πρακτική χρηστικότητα και αποτελεσματικότητα των εργαλείων γεωαπεικόνισης σε πραγματικές εφαρμογές. Για τη μελέτη χρηστικότητας είναι εμφανής η ανάγκη δημιουργίας ερευνητικών μεθόδων καταγραφής αισθήσεων και γνωστικών διαδικασιών του χρήστη. Η χρήση πειραματικών διαδικασιών όπως η καταγραφή κινήσεων κέρσορα ή καταγραφή οφθαλμικών κινήσεων με εφαρμογή σε ποικίλες χαρτογραφικές απεικονίσεις με διαφορετικά υπόβαθρα και συμβολισμό οδηγεί σε συμπεράσματα για την ευχρηστία τους.

Ειδικότερα, λόγω της μαζικής αύξησης της παραγωγής 3D χαρτών τα τελευταία χρόνια, είναι σημαντικό να επικεντρωθούμε στην έρευνα χρηστικότητας των συγκεκριμένων προϊόντων. Οι χάρτες μπορούν να τροποποιηθούν και να βελτιστοποιηθούν για την καλύτερη εξυπηρέτηση των χρηστών. Συμπερασματικά, η κύρια κατεύθυνση της γνωσιακής έρευνας στη χαρτογραφία οδηγεί σε μελέτες για το πώς γίνονται αντιληπτοί οι χάρτες, για να αυξήσουν την αποτελεσματικότητά τους και να προσαρμόσουν το σχεδιασμό τους στις ανάγκες των χρηστών (Herman et al., 2017).

## **2.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ**

Οι μέθοδοι λοιπόν στην έρευνα που εκτελείται για τη μελέτη όλων των παραπάνω έρχονται να αναλύσουν και να ανακαλύψουν το τρόπο αντίδρασης του χρήστη στα οπτικά ερεθίσματα του χάρτη. Οι βασικές πειραματικές τεχνικές είναι η δημιουργία ερωτηματολογίου, καταγραφή οφθαλμικών κινήσεων και καταγραφή κινήσεων κέρσορα μετρώντας τους χρόνους απόκρισης του χρήστη. Σε κάθε μέθοδο ανεξαιρέτως αυτό που παίζει σημαντικό ρόλο είναι οι τρεις βασικοί παράγοντες, χάρτης, χρήστης και συνθήκες παρατήρησης και φυσικά ο σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας.

### **2.2.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ**

Στις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια στην έρευνα στη χαρτογραφία αφορούν την εύρεση των προτιμήσεων των χρηστών, βασιζόμενη κυρίως σε ερωτηματολόγια (Popelka, & Brychtova, 2012). Το ερωτηματολόγιο είναι μία κλασική ερευνητική μέθοδος που αποφέρει στατιστικά στοιχεία για μία μελέτη. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στη χαρτογραφία τα ερωτηματολόγια δομούνται με τέτοιο τρόπο από τον ερευνητή ώστε να εξετάζουν συγκεκριμένα ζητήματα σχετικά με την αντίληψη χωρικών απεικονίσεων. Τα

ερωτηματολόγια είναι μία μέθοδος για την εκτέλεση της οποίας είναι απαραίτητη η εύρεση δείγματος συμμετεχόντων που αποτελείται από φυσικά πρόσωπα. Η δημιουργία τους χρειάζεται οργάνωση με συγκεκριμένη δομή καθώς και εξειδικευμένα ερωτήματα τα οποία πρέπει να δημιουργήσει ο ερευνητής με σκοπό την ακριβή εξέταση του αντικειμένου της μελέτης του.

Πιο συγκεκριμένα, τα απαραίτητα μέρη ενός ερωτηματολογίου σύμφωνα με τον Κρασανάκη (2021) είναι τα εξής:

- Εισαγωγή προς ενημέρωση των συμμετεχόντων για το σκοπό της έρευνας και το αντικείμενο της μελέτης και των ερωτήσεων που ακολουθούν.
- Ο σχεδιασμός εισαγωγικών και κύριων ερωτήσεων που αφορούν το αντικείμενο μελέτης.
- Ερωτήσεις για τα δημογραφικά στοιχεία οι οποίες θα αφορούν τον χρήστη και τη συλλογή στατιστικών όπως το φύλο, ηλικία, το επίπεδο σπουδών ή η εμπειρία με το εξεταζόμενο αντικείμενο κ.ο.κ.

Βασικό οργανωτικό στοιχείο μίας ερευνητικής διαδικασίας με τη μέθοδο ερωτηματολογίου είναι η επιλογή του τύπου των ερωτημάτων. Ειδικότερα ανοιχτού τύπου ερωτήματα θεωρούνται εκείνα τα οποία δεν έχουν προκαθορισμένες απαντήσεις και ο χρήστης έχει δικαίωμα να δώσει οποιαδήποτε απάντηση επιθυμεί και σε όποια έκταση επιθυμεί, αντίθετα κλειστού τύπου ερωτήματα δίνουν τη δυνατότητα στον ερωτηθέντα να δώσει απάντηση μέσα από ένα κύκλο προκαθορισμένων απαντήσεων (Krosnick & Presser, 2018). Τέλος, ένα ερωτηματολόγιο μπορεί να περιλαμβάνει και τους δύο τύπους ερωτημάτων.

Για να είναι επιτυχημένη μία μελέτη με ερωτηματολόγιο χρειάζεται να τηρεί κάποιες βασικές αρχές όπως ο συγκεκριμένος αριθμός και έκταση ερωτημάτων καθώς τα ζητούμενα να είναι περιεκτικά ώστε ο εξεταζόμενος να μη χάσει τη συγκέντρωσή του και να απαντήσει με ακρίβεια. Επιπλέον, χρόνος εκτέλεσης τους πρέπει να είναι περιορισμένος προκειμένου να μείνει αμείωτο το ενδιαφέρον του χρήστη και να απαντάει στοχευμένα στις ερωτήσεις (Morrison et al., 2010). Παράδειγμα ενός χρονικού ορίου που μπορεί να τεθεί για τη περάτωση ενός ερωτηματολογίου είναι μίση ώρα και αυτό για να αποφευχθεί η κόπωση και η σύγχυση του συμμετέχοντα. Στη χαρτογραφία, είναι σύνηθες μία μελέτη ερωτηματολογίου να συνοδεύει και κάποια άλλη πειραματική μέθοδο όπως η καταγραφή οφθαλμικών κινήσεων. Ο σκοπός της μελέτης σε ένα χαρτογραφικό πείραμα με χρήση ερωτηματολογίου είναι να αντιληφθεί ο ερευνητής την άποψη του χρήστη για τη διαδικασία, την εμπειρία και άλλα δημογραφικά στοιχεία.

## **2.2.2 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΟΦΘΑΛΜΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ**

Η όραση είναι η αίσθηση που έχει άμεση σχέση με την αντίληψη του περιβάλλοντος. Για τη χαρτογραφία αποτελεί μέσο οπτικής επικοινωνίας ενεργοποιώντας την οπτική προσοχή και αναζήτηση και τέλος αντίληψη δηλαδή τις βασικές διαδικασίες που οδηγούν τη χαρτογραφία στο να ερευνά τη χρηστικότητα απεικονίσεων.

Πιο συγκεκριμένα λοιπόν, οι οφθαλμικές κινήσεις για την έρευνα στο κλάδο της χαρτογραφίας μπορεί να εξεταστεί και να δώσει στοιχεία για την οπτική αντίδραση του παρατηρητή. Μέσω των οφθαλμών πραγματοποιείται η πρώτη επαφή του χρήστη με το οπτικό ερέθισμα που τον ωθεί σε

όλες αυτές τις αντιληπτικές και γνωστικές διαδικασίες και για το λόγο αυτό η καταγραφή οφθαλμικών κινήσεων αποτελεί κατεξοχήν ερευνητική μέθοδο.

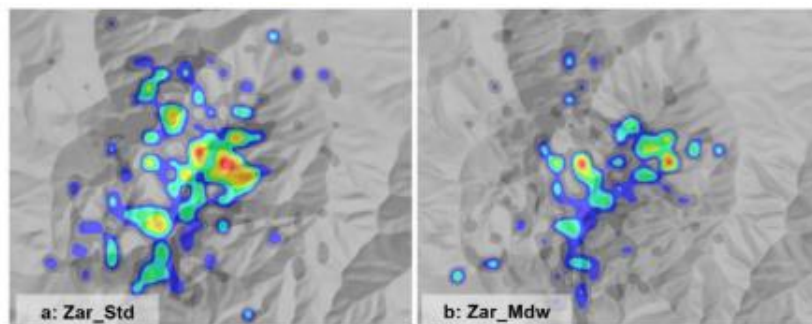
Σύμφωνα με τους Πλαΐνη κ.α. (2007), εν συντομία, η όραση εκτελείται σε τρία στάδια:

- Στο πρώτο στάδιο, πραγματοποιείται είσοδος της πληροφορίας μιας οπτικής σκηνής και λαμβάνεται από τους υποδοχείς της ακτινοβολίας του αμφιβληστροειδούς χιτώνα (retina).
- Σε δεύτερο στάδιο, η πληροφορία κωδικοποιείται και μεταβαίνει στο οπτικό τμήμα του εγκεφάλου δια μέσω του νευρικού συστήματος.
- Στο τρίτο στάδιο, το σήμα αποκωδικοποιείται.

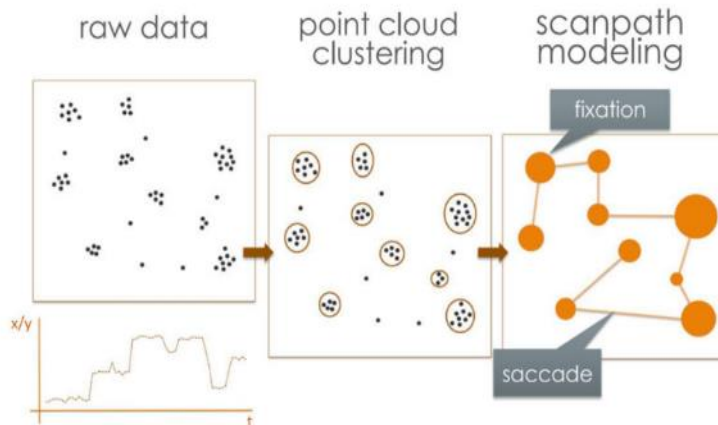
Πιο συγκεκριμένα στις μεθόδους καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων eye tracking ως μετρήσεις λαμβάνονται οι x,y,t για τις θέσεις των οφθαλμών κατά τη παρατήρηση μίας οπτικής σκηνής.

Κατά τη παρατήρηση των οπτικών ερεθισμάτων ενώ ο εντοπισμός την κίνησης είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί από τη περιφερειακή όραση (στάδιο προ-προσοχής) τελικά μπορεί να κατευθύνει τη κεντρική όραση η οποία και τελικά θα καταγραφεί σε μία τέτοια πειραματική διαδικασία (Κρασανάκης, 2014). Τελικός στόχος των μελετών είναι μοντελοποίηση των μετρήσεων που θα απεικονίζουν την εστίαση της κεντρικής όρασης του παρατηρητή Εικόνα 2-6. Οι καταγραφές των οφθαλμικών κινήσεων μπορούν να περιγράψουν την οπτική συμπεριφορά των χρηστών που παρατηρούνται σε ποικίλες χαρτογραφικές απεικονίσεις ενώ ταυτόχρονα δίνεται η δυνατότητα με την ανάλυση τους να δώσουν τα σχετικά επίπεδα πολυπλοκότητας με άμεσο και ποσοτικό τρόπο.

Η χρήση αυτής της ερευνητικής μεθόδου η οποία καλείται να εξηγήσει την οπτική προσοχή μέσα από μελέτες οπτικής αναζήτησης εστιάζει στο να εξηγήσει ποια χαρακτηριστικά του βλέμματος μπορούν να μετρηθούν και να δώσουν στοιχεία για τη διαδρομή της αναζήτησης του στόχου. Οι βασικές κινήσεις των ματιών αφορούν σε προσηλώσεις και σε σακκαδικές κινήσεις Εικόνα 2-7 μεταξύ των προσηλώσεων. Ως προσηλώσεις ορίζονται τα σημεία στα οποία οι οφθαλμοί παραμένουν σχετικά στάσιμοι με αποτέλεσμα να είναι φανερές οι κατευθύνσεις του βλέμματος (Liversedge, 2000) μεταξύ κίνησης και στασιμότητας.



Εικόνα 2-6 Αποτύπωση οφθαλμικών κινήσεων σε στατιστικούς θερμικούς χάρτες- (Tzelepis et al., 2020)



Εικόνα 2-7 Μοντελοποίηση οπτικού ίχνους-Προσηλώσεις και Σακκαδικές κινήσεις (Tzelepis et al., 2020)

### 2.2.3 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΕΡΣΟΡΑ (Mouse tracking)

Οι τεχνικές παρακολούθησης κέρσορα στη χαρτογραφία αναφέρονται στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή και ανάλυση της κίνησης και της αλληλεπίδρασης του κέρσορα με το χρήστη σε ψηφιακό χάρτη. Αυτές οι τεχνικές παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τη συμπεριφορά των χρηστών, τις προτιμήσεις και τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων κατά την αλληλεπίδραση με χάρτες. Η παρακολούθηση του κέρσορα μπορεί να είναι χρήσιμη σε διάφορες χαρτογραφικές εφαρμογές συμπεριλαμβανομένων του σχεδιασμού χαρτών, της αξιολόγησης της χρηστικότητας και της βελτιστοποίησης της αλληλεπίδρασης.

Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος πραγματοποιείται με τη παρακολούθηση της κίνησης επί του χάρτη. Η παρακολούθηση παρέχει πληροφορίες σχετικά με την προσοχή του χρήστη, τα μοτίβα εξερεύνησης και τη συμπεριφορά πλοήγησης. Τα δεδομένα που προκύπτουν από μία τέτοια ανάλυση (t,X,Y) μπορούν να αξιοποιηθούν τόσο σε στατιστική ανάλυση βάσει των χρόνων της στόχευσης όσο και σε απεικονίσεις μέσω στατιστικών θερμικών χαρτών καθώς και σε άλλους σχετικούς δείκτες. Οι συγκεκριμένες απεικονίσεις είναι οπτικές αναπαραστάσεις της συνολικής δραστηριότητας του κέρσορα ανά χρήστη και οπτική σκηνή. Η ανάλυση στατιστικού θερμικού χάρτη αποκαλύπτει μοτίβα της συμπεριφοράς των χρηστών και οδηγεί σε ποιοτικά και ποσοτικά συμπεράσματα (Krassanakis & Misthos, 2023). Τέλος, οι στατιστικοί θερμικοί χάρτες βοηθούν στον εντοπισμό τροχιών μετάβασης, περιοχών ενδιαφέροντος ή πιθανών προβλημάτων χρηστικότητας σε έναν χάρτη. Ο μελετητής με τη χρήση τέτοιων απεικονίσεων μπορεί να αποδώσει τις μετρήσεις του κέρσορα και να καταλήξει σε συμπέρασμα για την ορθότητα των αντίστοιχων στοχεύσεων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

### 3.1 ΣΚΟΠΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

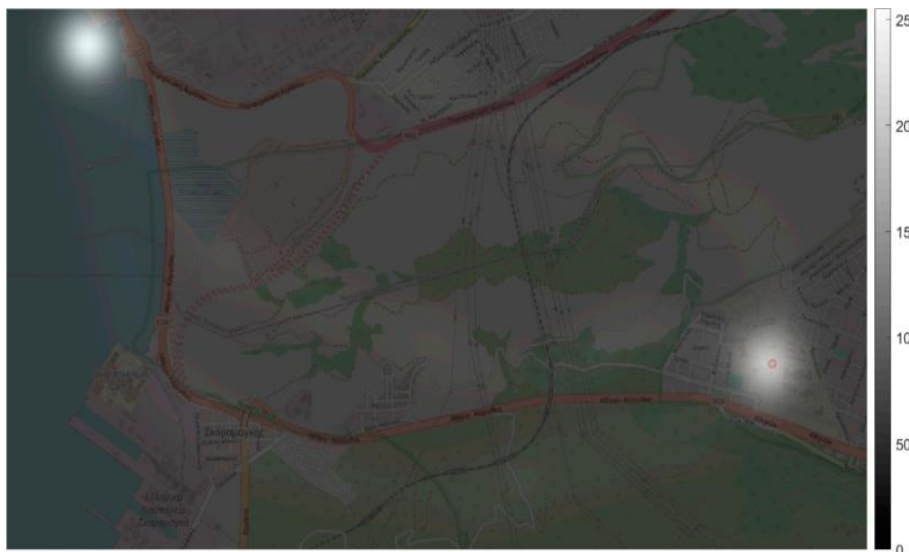
Σκοπός της παρούσας μελέτης αποτελεί η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας πέντε εναλλακτικών μεθόδων απόδοσης υψομετρικών πληροφοριών μέσω της χρήσης της μεθόδου καταγραφής κινήσεων κέρσορα. Πιο συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες στη μελέτη καλούνται να απαντήσουν σε δύο διεργασίες ανάγνωσης χάρτη - χωρικά ερωτήματα, ενώ ταυτόχρονα θα πραγματοποιείται καταγραφή του χρόνου απόκρισης και των κινήσεων κέρσορα με τη χρήση της εργαλειοθήκης MatMouse. Τέλος, η μελέτη βασίζεται στο προσδιορισμό συγκεκριμένων στατιστικών δεικτών προκειμένου να βγουν συμπεράσματα για την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα των εναλλακτικών μεθόδων.

#### 3.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗΣ MATMOUSE

Όπως προαναφέρθηκε, για την υλοποίηση της παρούσας μελέτης γίνεται χρήση της εργαλειοθήκης MatMouse (Krassanakis & Kesidis, 2020). Ειδικότερα, εργαλειοθήκη έχει υλοποιηθεί σε προγραμματιστικό περιβάλλον MATLAB και αποσκοπεί στη καταγραφή και τον εντοπισμό κινήσεων κέρσορα, ανάλυση και τέλος στην απεικόνιση τους.

Αρχικά, η εργαλειοθήκη έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να υλοποιείται το πείραμα με τη χρήση δύο οθονών, μία του μελετητή στην οποία θα μπορεί να ολοκληρωθεί και να εκτελεστεί η πειραματική διαδικασία και μία, αυτή του συμμετέχοντα στην πειραματική διαδικασία για τη ταυτόχρονη παρακολούθηση των κινήσεων στις οπτικές σκηνές κατά τη διάρκεια του πειράματος. Επιπλέον, σημαντικό δεδομένο αποτελεί πως η υλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε εξ αποστάσεως είτε δια ζώσης και πάλι με την αντίστοιχη χρήση αριθμού οθονών. Βασικοί παράγοντες που ρυθμίζονται είναι η λειτουργία των οθονών σε εκτεταμένη παρουσίαση καθώς και η ανάλυση τους, προκειμένου τα οπτικά ερεθίσματα - εικόνες που θα εισαχθούν στη διαδικασία να εμφανίζονται σε κοινή ανάλυση για τους συμμετέχοντες του πειράματος προκειμένου να μην είναι παράγοντας που να επηρεάζει την αντίληψη των ερεθισμάτων. Σύμφωνα με τους Krassanakis & Kesidis (2020) η εργαλειοθήκη έχει δομηθεί έτσι ώστε η συλλογή των δεδομένων να είναι ανεξάρτητη από την ανάλυση (resolution) της οθόνης.

Επιπρόσθετα, η εργαλειοθήκη αποτελείται από συναρτήσεις που έχουν ως σκοπό τον υπολογισμό χωρο-χρονικών συντεταγμένων θέσης του κέρσορα ανά πάσα θέση και στιγμή σε κάθε οπτική σκηνή. Επιπλέον, είναι δυνατή η εξαγωγή στατιστικών δεικτών της τροχιάς της κίνησης ενώ ταυτόχρονα οι συνολικές συντεταγμένες μπορούν να απεικονιστούν σε στατιστικούς θερμικούς χάρτες του γκρί Εικόνα 3-1.



Εικόνα 3-1: Παράδειγμα στατιστικού θερμικού χάρτη (Krassanakis & Kesidis, 2020)

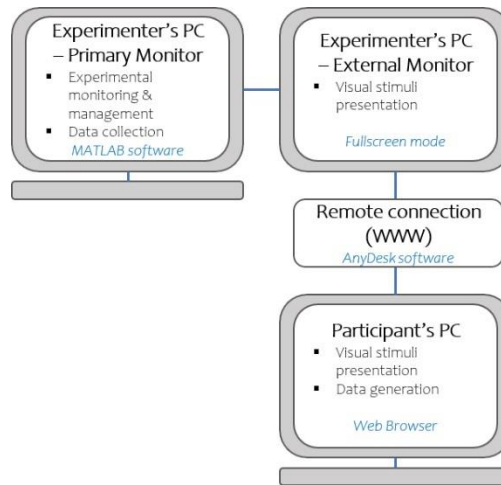
Παράδειγμα χρήσης της εργαλειοθήκης αποτελεί η μελέτη με αντικείμενο την διερεύνηση της επιλεκτικότητας βασικών χαρακτηριστικών του σχήματος σε διαφορετικά χαρτογραφικά υπόβαθρα (Παππά, 2021). Ειδικότερα εξετάστηκε η εμφάνιση του στόχου στο κέντρο, στην περιφέρεια καθώς και η απουσία του από το σύνολο της απεικόνισης. Συνοψίζοντας, κάθε οπτική σκηνή είτε περιέχει δεκαπέντε περισπαστές και ένα στόχο στο κέντρο ή την περιφέρεια ή δεκαέξι περισπαστές στη περίπτωση της απουσίας.

Τα δεδομένα που προκύπτουν από την μελέτη είναι χώρο-χρονικές συντεταγμένες από τις οποίες προκύπτει πως το σύμβολο που απουσιάζει απαιτεί περισσότερο χρόνο αναζήτησης από τις άλλες περιπτώσεις καθώς οι συμμετέχοντες σαρώσουν όλη τη περιοχή και όλα τα σύμβολα για να κατανοήσουν την απουσία ή μη. Αντίθετα όταν ο στόχος αναζητείται και υπάρχει τότε η χρονική αντίδραση είναι πολύ πιο σύντομη και χωρίς να διακριθούν όλα τα σύμβολα. Τέλος στη περίπτωση που ο στόχος υπάρχει παρουσιάζεται γρηγορότερη αντίδραση όταν αυτός βρίσκεται στο κέντρο και έπειτα στη περιφέρεια.

### 3.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Βασικές συνισταμένες του πειράματος αποτελούν, η επιλογή και παραγωγή των δεδομένων στα οποία θα βασιστούν τα οπτικά ερεθίσματα. Πιο συγκεκριμένα, τα χαρτογραφικά υπόβαθρα που αποφασίστηκαν είναι πέντε και βασίζονται στις εναλλακτικές απεικονίσεις που μπορούν να δημιουργηθούν για ένα υψομετρικό μοντέλο εδάφους καθώς και σε απεικονίσεις υψομετρικών δεδομένων όπως οι ισοϋψείς καμπύλες. Η αξιολόγηση των απεικονίσεων αυτών πραγματοποιείται μέσω απαντήσεων σε χωρικά ερωτήματα εύρεσης υψομετρικών σημείων που τίθενται στο επιλεγμένο δείγμα συμμετεχόντων της μελέτης. Επιπλέον, για τη διεξαγωγή του πειράματος αποφασίστηκε να γίνει χρήση της δυνατότητας της εξ αποστάσεως υλοποίησης πράγμα που καθιστά πολύ πιο άμεση τη συλλογή των απαραίτητων μετρήσεων Εικόνα 3-2. Τέλος, η ανάλυση

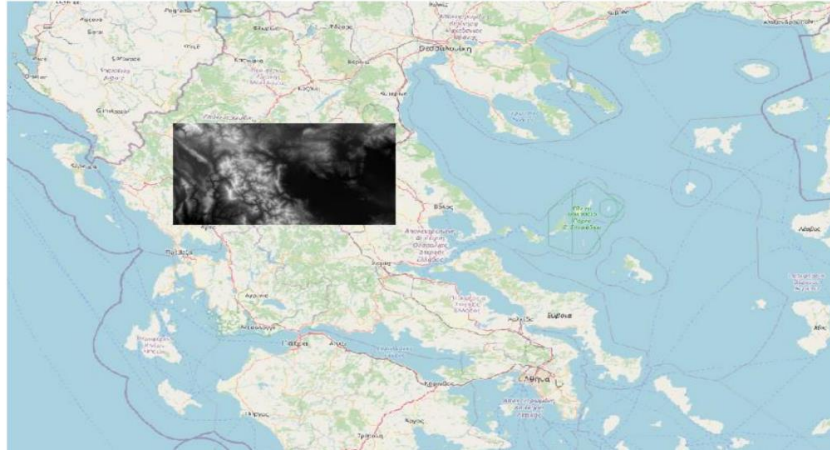
των δεδομένων από τη διεξαγωγή του πειράματος βασίζεται στην μελέτη των βασικών στατιστικών δεικτών που εξάγονται από την επεξεργασία των καταγεγραμμένων κινήσεων κέρσορα καθώς και σε στατιστικούς θερμικούς χάρτες οι οποίοι απεικονίζουν τη συνολική συμπεριφορά των χρηστών.



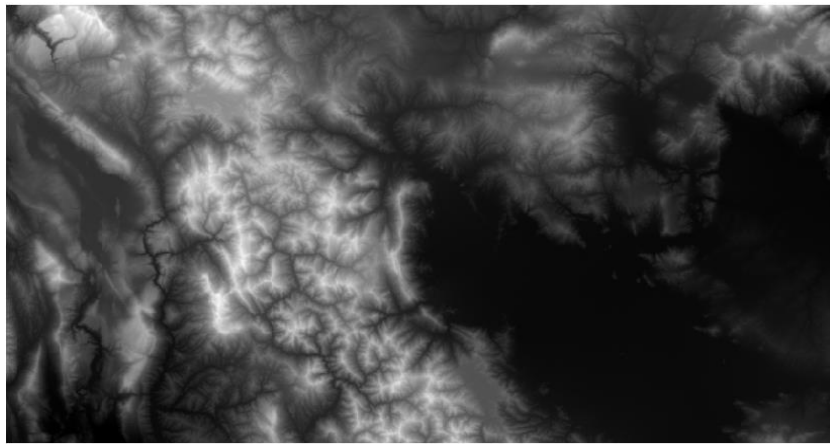
Εικόνα 3-2 Αφαιρετική σχηματική αναπαράσταση του μεθοδολογικού πλαισίου που ακολουθήθηκε για την πρακτική υλοποίηση της έρευνας (Krassanakis et al., 2021).

### 3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε μία περιοχή όπου παρουσιάζει μεγάλες υψομετρικές διαφορές. Πιο συγκεκριμένα, ως περιοχή μελέτης ορίστηκε περιοχή της κεντρικής Ελλάδας που απεικονίζεται με τη χρήση υψομετρικού μοντέλου εδάφους που προέρχεται από την υπηρεσία Copernicus Εικόνα 3-4. Η ακρίβεια του αντιστοιχεί σε 25 μέτρα με σύστημα αναφοράς το ΕΓΣΑ 87' Εικόνα 3-3. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως αποφεύχθηκε η επιλογή της Αθήνας προκειμένου να μην υπάρχουν συσχετίσεις και γνώση για τη γεωγραφία της περιοχής στους συμμετέχοντες του πειράματος.



Εικόνα 3-3: Περιοχή μελέτης του Ελλαδικού χώρου.



Εικόνα 3-4 Υψομετρικό μοντέλο περιοχής μελέτης.

### 3.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΩΝ

Στην υλοποίηση του πειράματος εκτός από την επιλογή της περιοχής μελέτης παίζει το κύριο ρόλο ο σχεδιασμός των οπτικών ερεθισμάτων. Σύμφωνα με το αντικείμενο που αποτελεί η αντίληψη της υψομετρικής πληροφορίας σχεδιάστηκαν χαρτογραφικά υπόβαθρα που είναι βασισμένα στο υψομετρικό μοντέλο εδάφους. Συγκεκριμένα οι εναλλακτικές μέθοδοι είναι πέντε και αφορούν την απεικόνιση μέσω ισοϋψών καμπυλών, υψομετρικών ζωνών, μοντέλο φωτοσκίασης καθώς και 3D απεικόνιση.

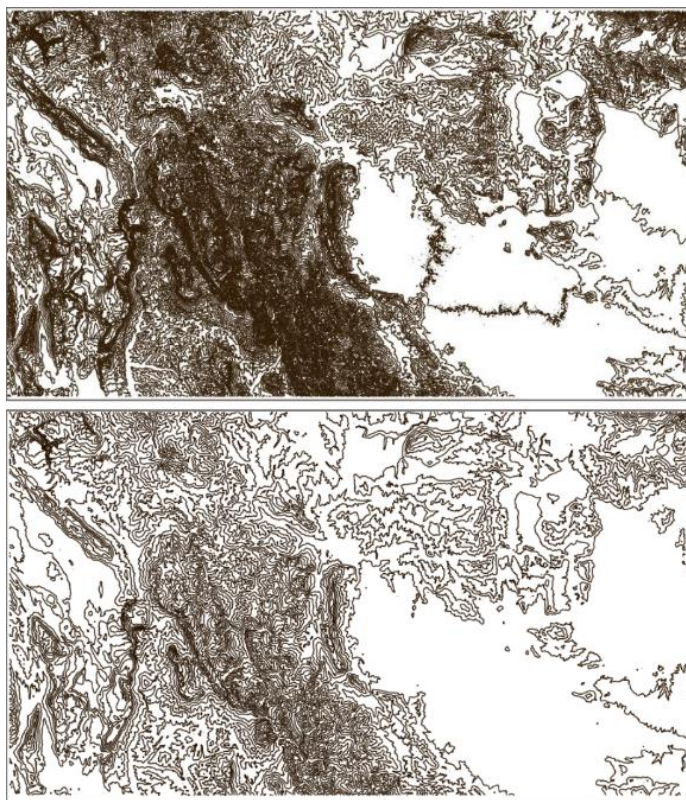
#### 3.4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Βασικός συμβολισμός ο οποίος μπορεί να περιγράψει την υψομετρία μίας περιοχής είναι οι ισοϋψείς καμπύλες οι οποίες ορίζονται ως ο γεωμετρικός τόπος των σημείων με όμοιο υψόμετρο. Στη παρούσα μελέτη μέσω των καμπυλών παρουσιάζεται η υψομετρική πληροφορία στο δισδιάστατο χώρο. Οι καμπύλες είναι ένα σετ διανυσματικών δεδομένων το οποίο παράχθηκε από το υψομετρικό μοντέλο με χρήση αλγορίθμων στο περιβάλλον του συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών QGIS. Επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν καθώς αποτελούν μία



κατεξοχήν τοπογραφική απεικόνιση της υψομετρίας εδαφών. Ως δεδομένα δίνουν μία τρισδιάστατη ουσιαστικά πληροφορία του χώρου, αλλά με δισδιάστατη μορφή. Τα βασικά στοιχεία που είναι απαραίτητο να ρυθμιστούν κατά την δημιουργία τους είναι, η ισοδιάσταση, η ομαλοποίηση και ο συμβολισμός τους. Πιο συγκεκριμένα ως ισοδιάσταση ορίζεται η απόσταση η οποία θα έχουν μεταξύ τους η καμπύλες, δηλαδή ανά πόσα μέτρα θα δημιουργείται κάθε καμπύλη η οποία περιγράφει μία υψομετρική τιμή.

Το κριτήριο επιλογής της ισοδιάστασης είναι κατά πόσο πυκνές ή όχι θα απεικονιστούν προκειμένου να περιγράφουν τη περιοχή επαρκώς αλλά χωρίς θόρυβο και περίσσεια πληροφορία. Επομένως, σύμφωνα με τις τιμές του υψομετρικού μοντέλου εδάφους που περιγράφει τη περιοχή μελέτης οι οποίες βρίσκονται στο εύρος [4, 2500] μέτρα, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές για την ισοδιάσταση στα 100 μέτρα , 200, 400 έως και 2000 μέτρα. Η τελική επιλογή έγινε για τις καμπύλες των 400 μέτρων και 800 μέτρων και αυτό γιατί στο εύρος αυτό εμφανίζεται το μεγαλύτερο μέρος των υψομετρικών τιμών της περιοχής και η πυκνότητα τους είναι αραιή με αποτέλεσμα να μη δημιουργείται σύγχυση στον χρήστη και να είναι εμφανείς οι υψομετρικές διαφορές. Οι ισοϋψείς με ισοδιάσταση 100 και 200 μέτρα απορρίφθηκαν λόγω της μεγάλης πύκνωσης τους καθώς υπάρχει μεγάλος όγκος πληροφορίας και δεν θα ήταν εμφανείς οι διαφορές μεταξύ των περιοχών Εικόνα 3-5.



Εικόνα 3-5 Ισοϋψείς ισοδιάστασης 100 και 200 μέτρων.

Επιπλέον, οι ισοϋψείς με ισοδιάσταση 1200 και 1600 της Εικόνας 3-6 παρουσιάζουν υπερβολικά αραιή πύκνωση με αποτέλεσμα να υπάρχει έλλειψη πληροφορίας για να επεξεργαστεί ο συμμετέχοντας του πειράματος και να μπορεί να απαντήσει στα ερευνητικά ερωτήματα.



Εικόνα 3-6 Ισοϋψείς ισοδιάστασης 1200 και 1600 μέτρων.

Από τις παραπάνω δοκιμές λοιπόν προκύπτει ως 1<sup>η</sup> απεικόνιση περιγραφή της υψομετρικής πληροφορίας μέσω καμπυλών με ισοδιάσταση τα 800 μέτρα Εικόνα 3-7. Η πολυπλοκότητα της απεικόνισης αυτής είναι χαμηλή. Οι καμπύλες επιλέχθηκε να απεικονιστούν με κλάσεις που έχουν χωριστεί βάσει των υψομέτρων του μοντέλου από το οποίο δημιουργήθηκαν. Κάθε κλάση απεικονίζει μία ομάδα υψομέτρων και κάθε ομάδα περιγράφεται με μία διαφορετική ένταση χρωματικής παλέτας του καφέ. Τελευταία προσθήκη αφορά η ετικέτα σε κάθε καμπύλη με το υψόμετρο το οποίο αυτή περιγράφει.



Εικόνα 3-7 Παράδειγμα απεικόνισης ισοϋψών ισοδιάστασης 800m.

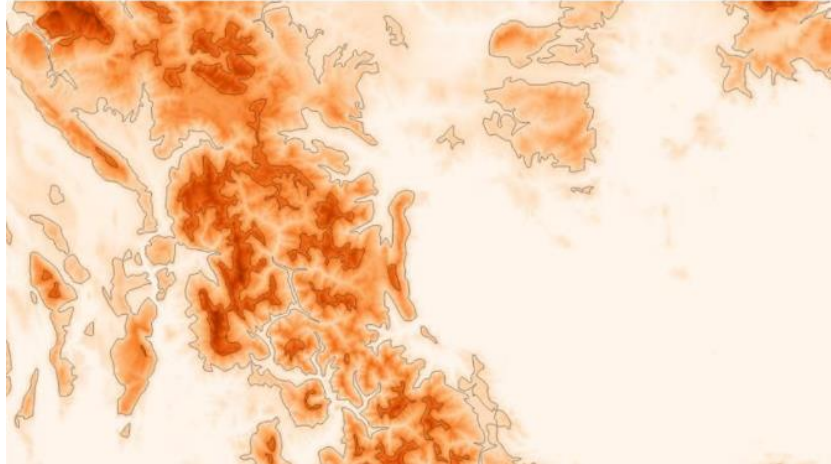
Ως επόμενη απεικόνιση δημιουργείται αντίστοιχα εκείνη με χρήση ισοϋψών καμπυλών αλλά με ισοδιάσταση 400 m, Εικόνα 3-8. Σε αυτή η γραφική πολυπλοκότητα είναι υψηλότερη από αυτή των ισοϋψών με ισοδιάσταση 800 m καθώς η ισοδιάσταση είναι μικρότερη άρα η πληροφορία περισσότερη και οι καμπύλες πιο πυκνές. Αποτέλεσμα της μεγαλύτερης πυκνωσης των καμπυλών είναι ότι ο χρήστης πλέον έχει να επεξεργαστεί περισσότερη πληροφορία. Ο συμβολισμός γίνεται σε κλάσεις με χρήση χρωματικής παλέτας του καφέ. Τέλος, έχουν τοποθετηθεί ετικέτες με τη τιμή του υψομέτρου για κάθε καμπύλη στο χρώμα της αντίστοιχης κλάσης.



Εικόνα 3-8 Παράδειγμα απεικόνισης ισοϋψών- ισοδιάστασης 400m.

Συνεχίζοντας λοιπόν με την επιλογή των εναλλακτικών μεθόδων ως τη 3<sup>η</sup> απεικόνιση επιλέχθηκε ψηφιακό μοντέλο εδάφους με προσθήκη υψομετρικών ζωνών και επιπλέον τη χρήση καμπυλών Εικόνα 3-9. Αρχικά, το μοντέλο επιλέχθηκε να απεικονιστεί με υψομετρικές ζώνες και κάθε ζώνη να περιγράφεται με την ένταση χρωματικής παλέτας των HSV/HSL (Hue, Saturation, Value / Hue, Saturation, Lightness). Βάσει λοιπόν των υψομέτρων τα οποία ξεκινούν από τα 4 m έως το 2500

m με μεγαλύτερη συγκέντρωση στις ενδιάμεσες τιμές 400-1600 m, αποφασίστηκε να γίνει ομαδοποίηση με τη μέθοδο ίσων διαστημάτων ανά 400m υψόμετρο. Επιπλέον, προσθήκη στην απεικόνιση αυτή είναι η χρήση των ισοϋψών καμπυλών με ισοδιάσταση 800m οι οποίες πλέον συμβολίζονται με το ίδιο μαύρο χρώμα για κάθε υψόμετρο. Σκοπός της απεικόνισης αυτής ομοίως είναι να αυξηθεί κατά πολύ η γραφική πολυπλοκότητα καθώς πλέον ο χρήστης διαχειρίζεται την υψομετρική πληροφορία με δύο μεθόδους απεικόνισης.



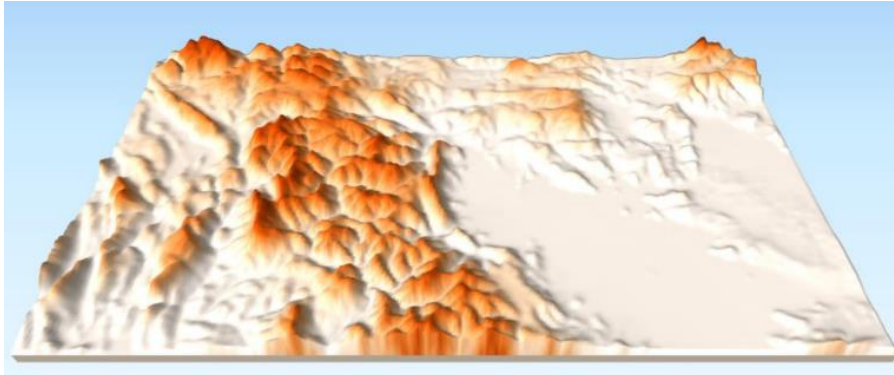
Εικόνα 3-9 Παράδειγμα απεικόνισης με υψομετρικές ζώνες.

Σε συνέχεια της προηγούμενης απεικόνισης έρχεται να εμπλουτίσει το συμβολισμό η χρήση μοντέλου σκίασης (hillshade) αναγλύφου Εικόνα 3-10. Με την απεικόνιση αυτή το μοντέλο αποδίδει πιο πιστά τη τοπογραφία της γήινης επιφάνειας.



Εικόνα 3-10 Παράδειγμα απεικόνισης φωτορεαλιστικού μοντέλου με υψομετρικές ζώνες

Τέλος, επιλέχθηκε το υψομετρικό μοντέλο με τις υψομετρικές ζώνες να απεικονιστεί 3D μορφή στο λογισμικό QGIS ορίζοντας την προοπτική απεικόνιση με την οποία θα δημιουργούνταν οι χάρτες όπως στην Εικόνα 3-11. Η τρισδιάστατη απεικόνιση πλέον αποτελεί ξεχωριστή επιφάνεια υψηλής γραφικής πολυπλοκότητας καθώς αποδίδονται πλέον οπτικά στο μοντέλο τα υψόμετρα της περιοχής αναπαριστώντας τα πραγματικά βουνά και πεδιάδες αλλά με προοπτικές απεικονίσεις.



Εικόνα 3-11 Τρισδιάστατη απεικόνιση.

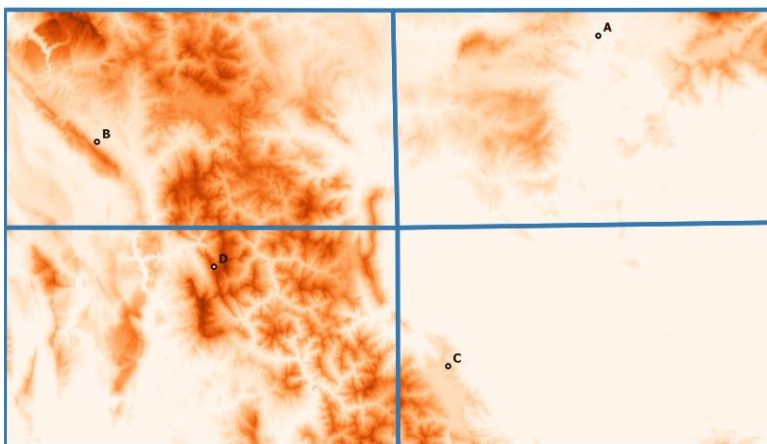
### 3.4.2 ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ -ΣΤΟΧΟΙ

Το πείραμα έχει δομηθεί έτσι ώστε ο χρήστης να είσαι σε θέση να απαντά σε ερευνητικά ερωτήματα τα οποία εξετάζουν την αντίληψη που έχει για την υψομετρία της περιοχής. Ο παρατηρητής λοιπόν, καλείται να επεξεργαστεί τις υψομετρικές διαφορές μεταξύ σημείων του χώρου που εξάγονται από το υψομετρικό μοντέλο. Βασιζόμενος στις απεικονίσεις των σημείων αυτών, εξετάζει δύο ερωτήματα. Το πρώτο ερώτημα (Q1) αφορά στην εύρεση του χαμηλότερου υψομετρικά σημείου και το δεύτερο (Q2) στην εύρεση του υψηλότερου, σε ένα εύρος απεικονίσεων που δίνονται σε κάθε συμμετέχοντα.

Τα ερωτήματα είναι τα μέσα που οδηγούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων για τη μελέτη καθώς εξετάζουν πως οι συμμετέχοντες αντιλαμβάνονται το οπτικό ερέθισμα και τέλος αν απαντούν με το κέρσορα του στοχεύοντας το σωστό σημείο που αποτελεί τη τελική του απάντηση στο ερώτημα που του τέθηκε.

Πιο συγκεκριμένα τα παραγόμενα σημεία που για τα οποία θα τεθούν τα ερευνητικά ερωτήματα προκύπτουν από κάθε ψηφίδα του DEM η οποία μετατρέπεται σε ένα σημείο με οριζοντιογραφικές συντεταγμένες. Το πλήθος των σημείων που θα εμπεριέχονται ανά απεικόνιση επιλέχθηκε να είναι τέσσερα τυχαία και ξεχωριστά σημεία τα οποία κάθε ένα θα ανήκει σε διαφορετική υψομετρική κλάση. Οι τάξεις των υψομέτρων των σημείων είναι η κλάση των 0-400 μέτρα ως ομάδα των χαμηλότερων υψομέτρων στην οποία ανήκει ένα σημείο, δύο σημεία στη κλάση 800 έως 1600 ομάδα των μεσαίων υψομέτρων και τέλος ένα σημείο στη κλάση των 2000 έως 2500 ως τα υψηλότερα υψόμετρα. Ο αριθμός αυτός των σημείων εξυπηρετεί στο να είναι συγκεκριμένα τα ερωτήματα και να στοχεύουν σε όλες τις σημαντικές υψομετρικές τιμές, προκειμένου να μην υπάρχει σύγχυση στα ερευνητικά ερωτήματα.

Κάθε ένα από τα σημεία (A, B, C, D) αντιστοιχεί σε ένα τεταρτημόριο του χάρτη Q1, Q2, Q3, Q4 Εικόνα 3-12, ενώ επιλέχθηκαν όλα τα σημεία με διαφορετική σειρά να αντιστοιχούν σε όλα τα τεταρτημόρια και αυτή η διαδικασία να επαναληφθεί σε όλα τα χαρτογραφικά υπόβαθρα.



Εικόνα 3-12 Παράδειγμα κατανομής σημείων.

Για να πραγματοποιηθεί τυχαία η κατανομή των σημείων δημιουργήθηκαν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί για τα τέσσερα γράμματα ABCD από τους οποίους έχουν εξαιρεθεί αυτοί που χρειάζονται το D στο Q3 καθώς δεν υπάρχει πληθώρα σημείων που να ανήκουν στη ανώτερη κλάση υψομέτρων. Το τελικό σύνολο των συνδυασμών που θα παρουσιαστούν τα τέσσερα σημεία με διαφορετική σειρά σε κάθε τεταρτημόριο φτάνει τους 16. Τελικό στάδιο για τη δημιουργία των στόχων αποτελεί η υλοποίηση κώδικα (βλ. Παράρτημα, 2<sup>ος</sup> πηγαίος κώδικας) μέσω του οποίου θα συλλέγονται τα τυχαία σημεία για κάθε υψομετρική κλάση.

Η διεξαγωγή του πειράματος όπως προαναφέρθηκε βασίζεται στη χρήση του λογισμικού απομακρυσμένης διασύνδεσης anydesk μέσω του οποίου ο συμμετέχοντας αποκτά πρόσβαση στην οθόνη του μελετητή. Βασικό γνώρισμα της διαδικασίας είναι η ανάλυση της οθόνης του μελετητή σε διαστάσεις 1920 x 1080 και ταυτόχρονα η ρύθμιση της ανάλυσης οθόνης του συμμετέχοντα προκειμένου να μπορεί να αντιλαμβάνεται όσο πιο πειστικά τα ερεθίσματα των χαρτών.

### 3.4 ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρειάστηκε έγκριση από την επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής για τη διασφάλιση των προσωπικών δεδομένων καθώς ήταν απαραίτητη η συμμετοχή φυσικών προσώπων. Επιπλέον, δημιουργήθηκε και μία ανώνυμη φόρμα συλλογής προσωπικών δεδομένων Εικόνα 3-13, όπως το φύλο, η ηλικία και η ενδεχόμενη εμπειρία του χρήστη για τη στατιστική περιγραφή του δείγματος του πληθυσμού που συμμετείχε στη πειραματική διαδικασία. Ο αριθμός των 30 συμμετεχόντων που επιλέχθηκε αποσκοπεί τόσο στο να είναι ένα τυχαίο και πλήρες δείγμα όσο και εφικτό προκειμένου να αναζητηθεί και να λάβει μέρος στη διαδικασία. Τέλος, στις Εικόνες 3-14, 3-15, και 3-16 παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία για το φύλο, την εμπειρία και την ηλικία αντίστοιχα.

Απαραίτητη προϋπόθεση για κάθε έναν συμμετέχοντα η γνώση της ανάλυσης την οθόνης του λόγω της απομακρυσμένης πειραματικής διαδικασίας. Η πληροφορία συλλέγεται για στατιστικούς λόγους πάνω από 25 συμμετέχοντες είχαν ανάλυση οθόνης 1920 x 1080 px ενώ από ένας μέχρι πέντε η ανάλυση τους ανήκει στις διαστάσεις 1360 x 768 px και 1280 x 800 px Εικόνα 3-17.

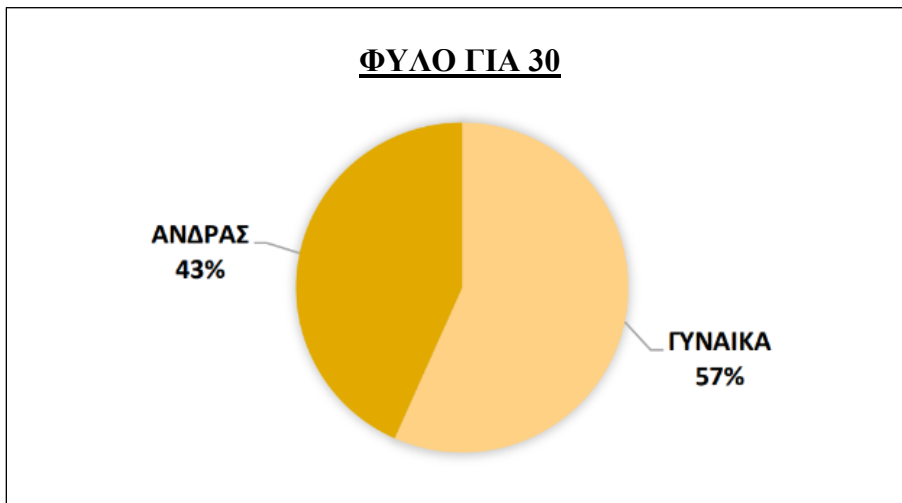
### Φόρμα Συλλογής Προσωπικών Δεδομένων

(όλα τα δεδομένα συλλέγονται ανώνυμα και αποκλειστικά για λόγους περιγραφής του πειραματικού δείγματος)

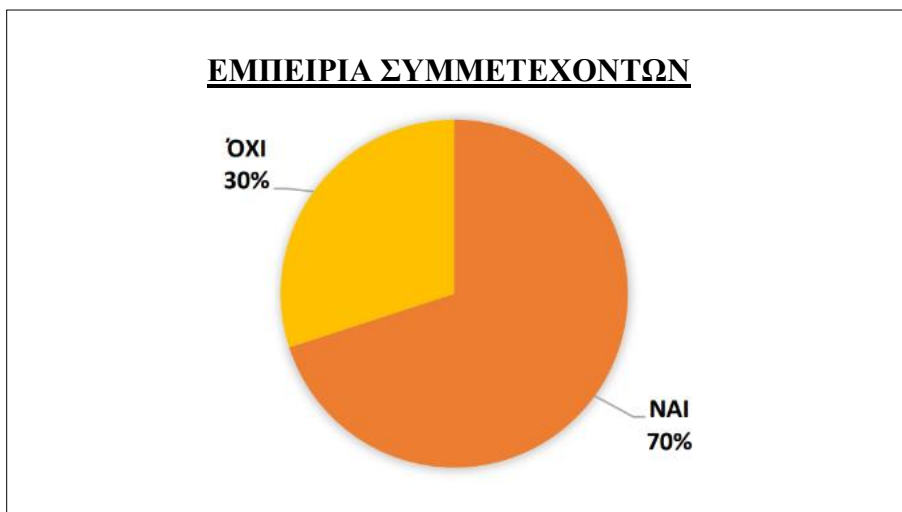
Κωδικός συμμετέχοντα*	
Φύλο	
Ηλικία	
Υπαρξη ή μη προηγούμενης εμπειρίας με χαρτογραφικά προϊόντα	
Μέγεθος (σε ίντσες) της οθόνης που αξιοποιήθηκε για την ολοκλήρωση του πειράματος	
Ανάλυση (σε px) της οθόνης που αξιοποιήθηκε για την ολοκλήρωση του πειράματος	

\*Συμπληρώνεται από την κ. Φωτεινή Λαμπροπούλου

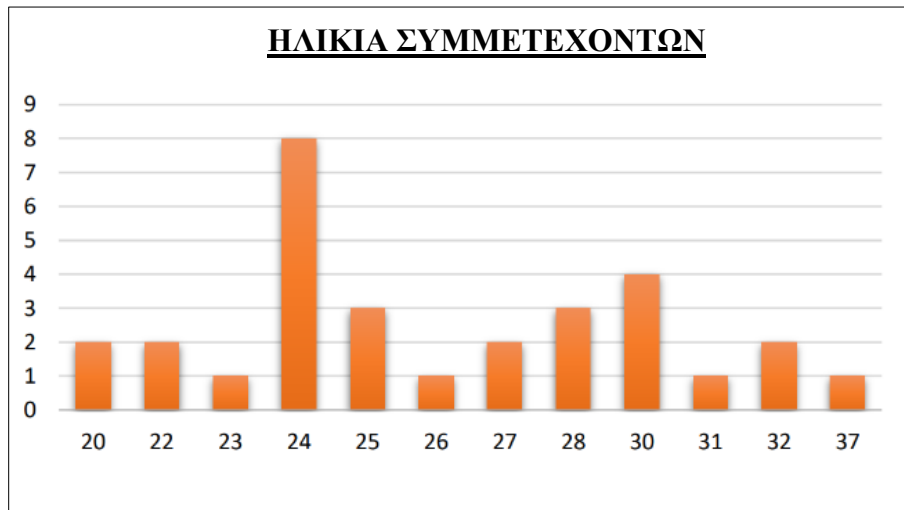
Εικόνα 3-13 Φόρμα στοιχείων συμμετεχόντων



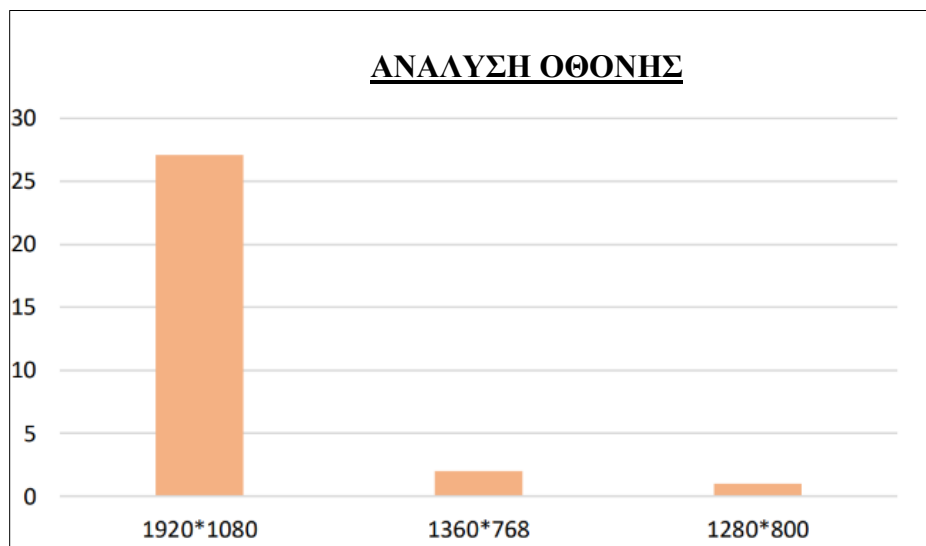
Εικόνα 3-14 Διάγραμμα για το ποσοστό του φύλου των συμμετεχόντων.



Εικόνα 3-15 Διάγραμμα για το ποσοστό του εμπειρία των συμμετεχόντων



Εικόνα 3-16 Διάγραμμα για την ηλικία των συμμετεχόντων.



Εικόνα 3-17 Διάγραμμά για τις αναλύσεις των οθονών των συμμετεχόντων.

### 3.5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ-ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε μεταξύ χειριστή και μεμονωμένου συμμετέχοντα εξ αποστάσεως. Οι παράμετροι του πειράματος για κάθε πείραμα διαφοροποιούνταν ανάλογα με την ανάλυση της οθόνης του συμμετέχοντα και επιπλέον ανάλογα με τη ταχύτητα διαδικτύου.



### 3.6 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Για τη πραγματοποίηση του πειράματος είναι απαραίτητη η συλλογή των δεδομένων παρακολούθησης, ή ανάλυση των ωφέλιμων παρατηρήσεων των χρηστών και τέλος η εξαγωγή των στατιστικών δεικτών και απεικονίσεων. Η διαδικασία που υλοποιείται ξεκινά από τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας και τη λήψη των δεδομένων παρακολούθησης κίνησης, συνεχίζει με την επεξεργασία και το διαχωρισμό των ωφέλιμων παρατηρήσεων και καταλήγει στους στατιστικούς δείκτες καθώς και σε στατιστικούς θερμικούς χάρτες τόνων του γκρί, απεικονίσεις δηλαδή ποσοτικής και ποιοτικής απόδοσης των αντιδράσεων των συμμετεχόντων.

#### 3.6.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ

Όπως προαναφέρθηκε η εργαλειοθήκη δέχεται ως είσοδο εικόνες οι οποίες αποτελούν τα οπτικά ερεθίσματα για κάθε χρήστη. Οι απεικονίσεις λοιπόν που αποτελούν τα ερεθίσματα αυτά πρέπει να έχουν τη μορφή λίστας εικόνων συλλογικά σε ένα ASCII (txt) αρχείο. Για το λόγο αυτό ως πρώτη και βασική διαδικασία για την υλοποίηση του πειράματος πραγματοποιήθηκε η δημιουργία τυχαίων λιστών εικόνων.

Οι τύποι των απεικονίσεων όπως αποφασίστηκε ήδη από το στάδιο παραγωγής και δημιουργίας των χωρικών δεδομένων είναι πέντε και βασίζονται στην υψομετρία του ανάγλυφου και σημείων στόχων σε αυτό. Τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να είναι για κάθε χρήστη δομημένα με τυχαία σειρά στην οποία θα κληθεί να τα επεξεργαστεί. Για το λόγο αυτό οι λίστες των εικόνων είναι όσοι και οι συμμετέχοντες και κάθε ένας από αυτούς επεξεργάζεται μία διαφορετική. Κάθε λίστα εμπεριέχει 80 χάρτες για τους οποίους θέτονται τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

Q1: ΕΝΤΟΠΙΣΤΕ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΤΟΥ ΧΑΡΤΗ ΜΕ ΤΟ ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ

Q2: ΕΝΤΟΠΙΣΤΕ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΤΟΥ ΧΑΡΤΗ ΜΕ ΤΟ ΥΨΗΛΟΤΕΡΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ

Έχοντας υπόψιν λοιπόν πως οι βασικοί χάρτες του πειράματος λόγω της σειράς των σημείων ABCD για τη διαφοροποίηση της θέσης των υψομετρικών σημείων είναι 80 (16 συνδυασμοί επί 5 υπόβαθρα), οι τελικές λίστες που θα προκύπτουν έχουν ως εξής: Κάθε ερώτημα θα τεθεί για κάθε ένα από τους 80 χάρτες με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν ζεύγη εικόνων ερώτημα-χάρτης. Συνεπώς λόγω των συνδυασμών που προκύπτουν το σύνολο των εικόνων κάθε λίστας θα περιέχει 320 εικόνες με 160 τα οπτικά ερέθισμα-χάρτες και 160 τα ερωτήματα που θα συνοδεύουν κάθε έναν από αυτούς. Επιπρόσθετα, για τις τελικές λίστες είναι απαραίτητο να εμπεριέχουν τις εικόνες με τυχαία σειρά και κάθε μία να είναι διαφορετική για το κάθε συμμετέχοντα.

Τέλος, πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας, ήταν απαραίτητη η διεξαγωγή δοκιμαστικών πειραμάτων προκειμένου να υπολογιστεί ο χρόνος εκτέλεσης τους.

### 3.6.2 ΒΗΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Βήμα 1ο: Εξαγωγή χωροχρονικών συντεταγμένων

Σε αυτό το στάδιο η διαδικασία αφορά την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας ανά συμμετέχοντα. Κάθε ένας από τους παραπάνω καλείται για χρονικό διάστημα χωρίς περιορισμό να απαντήσει στα ερευνητικά ερωτήματα. Η διαδικασία υλοποιείται έχοντας ο συμμετέχων απομακρυσμένη πρόσβαση στον υπολογιστή του μελετητή. Τα δεδομένα που εξάγονται από τη διαδικασία αυτή είναι αρχεία με τις μετρήσεις  $t$ ,  $x$ ,  $y$ , που καταγράφει η MatMouse για κάθε συμμετέχοντα σε κάθε απεικόνιση Εικόνα 3-18. Η υλοποίηση του πειράματος και η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιείται σε προγραμματιστικό περιβάλλον MATLAB.

258.png		
21073		
0.0004	958.75	542.25
0.0262	958.75	542.25
0.0283	958.75	542.25
0.0289	958.75	542.25
0.0296	958.75	542.25
0.0306	958.75	542.25
0.0312	958.75	542.25
0.0322	958.75	542.25
0.0333	958.75	542.25
0.0347	958.75	542.25
0.035	958.75	542.25
0.0352	958.75	542.25
0.0355	958.75	542.25
0.0357	958.75	542.25
0.036	958.75	542.25
0.0362	958.75	542.25
0.0365	958.75	542.25
0.0367	958.75	542.25
0.037	958.75	542.25
0.0373	958.75	542.25
0.0376	958.75	542.25
0.0379	958.75	542.25

Εικόνα 3-18 Παράδειγμα μετρήσεων.

Βήμα 2ο: Διαχωρισμός δεδομένων

Το βήμα αυτό είναι απαραίτητο να διαχωριστούν τα δεδομένα ανά χρήστη για κάθε εικόνα. Οι μετρήσεις από το προηγούμενο στάδιο εμπεριέχουν και μετρήσεις για τις κινήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις εικόνες των ερωτημάτων οι οποίες δεν είναι αντικείμενο μελέτης για το λόγο αυτό πρέπει να απομονωθούν οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν μόνο επί των χαρτών και η διαδικασία πραγματοποιείται μέσω του λογισμικού.

Βήμα 3ο: Εξαγωγή χρόνων και συντεταγμένων.

Για την υλοποίηση της διαδικασίας αυτής δημιουργήθηκαν δύο νέες συναρτήσεις για τον υπολογισμό χρόνων στόχευσης και συντεταγμένων στόχου του συμμετέχοντα (βλ. Παράρτημα, 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> πηγαίος κώδικας). Αυτές οι δύο συναρτήσεις εξάγουν τις τελικές συντεταγμένες της θέσης του κέρσορα στην απάντηση-στόχο ανά εικόνα καθώς και το χρόνο αντίδρασης μέχρι τη

τελική στόχευση. Σκοπός των υπολογισμών αυτών είναι να αναλυθεί η ορθότητα της απάντησης ανά εικόνα ανά συμμετέχοντα καθώς και ο αντίστοιχος χρόνος απόκρισης. Το σύνολο των μετρήσεων αυτών είναι και πάλι για κάθε συμμετέχοντα 160 χρόνοι και 160 αρχεία συντεταγμένων (XY).

#### Βήμα 4<sup>ο</sup>: Έλεγχος ορθότητας απαντήσεων

Η ορθότητα των απαντήσεων χρειάζεται να υπολογιστεί προκειμένου να αποφασίσει ο μελετητής ποιες μετρήσεις XY θα χρησιμοποιήσει στη παραγωγή στατιστικών δεικτών για κάθε εικόνα. Ο έλεγχος εκτελείται μέσω συνάρτησης centerdist (βλ. παράρτημα, 5<sup>ος</sup> πηγαίος κώδικας), η οποία υπολογίζει τις αποστάσεις μεταξύ τελικού στόχου του συμμετέχοντα και υπολογισμένων των συντεταγμένων του πραγματικού στόχου από το μελετητή. Η απόσταση αυτή υπολογίζεται προκειμένου να φανεί ποια μέτρηση, για ποια εικόνα και από ποιόν συμμετέχοντα είναι λανθασμένη και πρέπει να εξαιρεθεί από την υπόλοιπη στατιστική επεξεργασία που οδηγεί στον υπολογισμό ποσοστού ορθότητας απαντήσεων. Ο έλεγχος των αποστάσεων αυτών αφού εξαχθούν σε πίνακα πραγματοποιείται θέτοντας ένα κατώφλι σε 30 px τα οποία δεν πρέπει να ξεπερνούν. Η επιλογή αυτή συνδέεται με το εύρος της κεντρικής όρασης (~1°) για μια τυπική απόσταση ανάγνωσης, μεταφρασμένη σε px βάσει της ανάλυσης που έχουν σχεδιαστεί οι οπτικές σκηνές του πειράματος. Σε περίπτωση που ξεπερνάτε αυτό τότε απορρίπτεται μέτρηση του χρόνου που έκανε ο συμμετέχοντας για να πραγματοποιήσει την εύρεση του στόχου και θεωρείται πως ο στόχος δεν εντοπίστηκε.

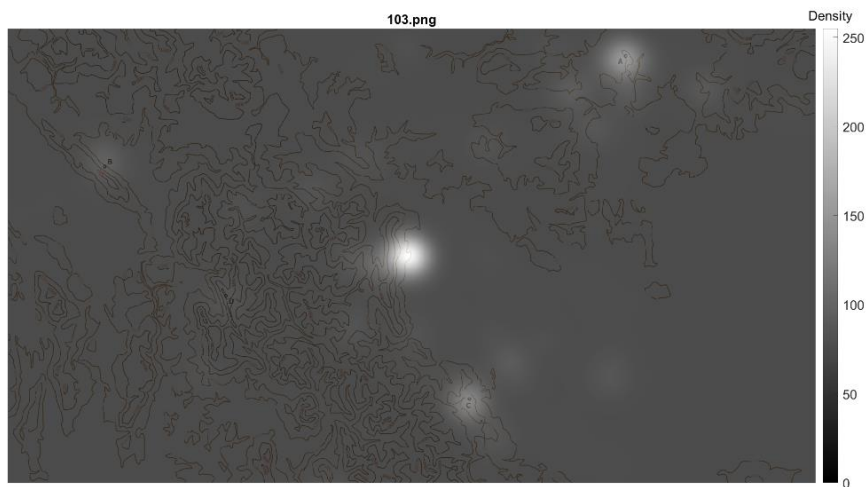
Αυτό το βήμα αφορά τη συλλογή των χρόνων που αντιστοιχούν στις ορθές στοχεύσεις των χρηστών. Οι τελικές μετρήσεις χρόνων συνενώνονται ανά εικόνα ανά συμμετέχοντα Εικόνα 3-19.

101	102	279	280
2.070199	2.273259	3.346521	3.8651
4.310254	4.393471	3.363198	5.176038
12.55137	26.15622	4.635482	34.35565
9.237595	8.350817	4.119408	19.38293
7.324939	21.8272	4.501669	11.29464
10.48242	5.621594	3.623046	8.780342
1.893026	2.100944	3.043539	4.600556
7.954646	9.347372	5.935389	8.224357
14.93209	3.510294	13.94732	16.76476
2.330641	5.292162	7.191094	7.292304
4.092407	12.58146	2.705336	3.875862
3.588654	5.988019	4.08419	9.880206
15.52054	32.83137	2.637052	5.421924
3.060349	4.618034	4.451214	6.101382
7.056152	23.02255	2.954563	5.665619
9.218513	4.80593	4.930949	13.35682

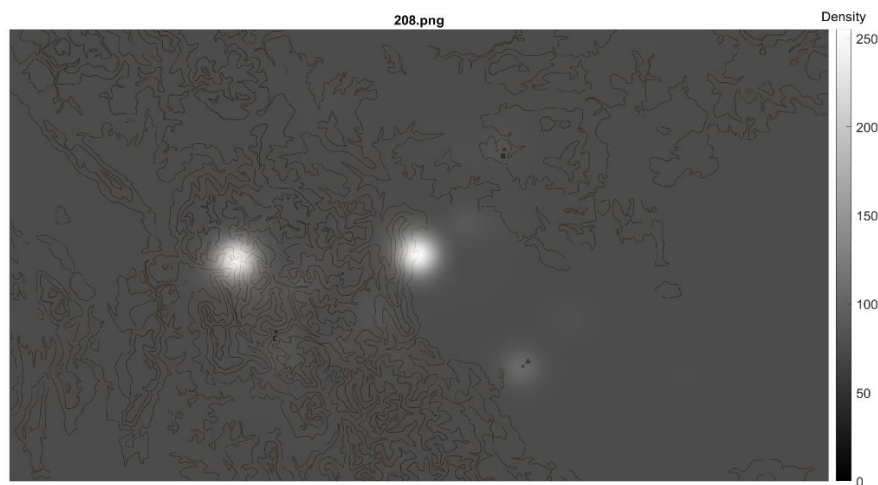
Εικόνα 3-19 Παράδειγμα εξαγωγής χρόνων.

## Βήμα 6<sup>ο</sup> : Παραγωγή στατιστικών θερμικών χαρτών

Με την εξαγωγή στατιστικών θερμικών χαρτών τόνων του γκρι παρουσιάζεται η συνολική οπτική συμπεριφορά των συμμετεχόντων στην ερευνητική μελέτη (Krassanakis & Kesidis, 2020). Σκοπός της λειτουργίας τους είναι να δείξουν τη κατανομή της οπτικής προσοχής κατά την παρακολούθηση των οπτικών ερεθισμάτων. Η διαδικασία υλοποιείται για όλους τους χάρτες για τους οποίους ερωτήθηκαν οι συμμετέχοντες για τα υψηλότερα και τα χαμηλότερα σημεία και στο σύνολο είναι 160 εικόνες. Η συνάρτηση αυτή δέχεται σαν είσοδο αρχείο με όλες τις μετρήσεις ανά συμμετέχοντα ανά εικόνα με αποτέλεσμα να αποσπά τα XY και να απεικονίζει την συνολική συμπεριφορά του κέρσορα του χρήστη για την εκάστοτε εικόνα. Με τις απεικονίσεις αυτές θα υπολογιστεί ο αντίστοιχος στατιστικός δείκτης που θα παρουσιάζει τη κατανομή της οπτικής προσοχής Εικόνα 3-20 και Εικόνα 3-21.



Εικόνα 3-20 Στατιστικός θερμικός χάρτες τόνου του γκρι για το ερώτημα εύρεσης μικρότερου υψομετρικού σημείου.



Εικόνα 3-21 Στατιστικός θερμικός χάρτες τόνου του γκρι για το ερώτημα εύρεσης μικρότερου υψομετρικού σημείου.

### 3.7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Οι δείκτες αυτοί αφορούν στη στατιστική ανάλυση των δεδομένων των χρόνων αντίδρασης. Όπως έχει προαναφερθεί σε προηγούμενο μέρος της ανάλυσης, εξάγονται οι χρόνοι που οι συμμετέχοντες στόχευσαν το τελικό τους σημείο άρα την απάντησή τους ανά εικόνα στο ερευνητικό ερώτημα. Για τους χρόνους αντίδρασης ανά οπτική σκηνή λοιπόν υπολογίζονται οι βασικοί στατιστικοί δείκτες του μέσου όρου, διάμεσου, τυπικής απόκλισης, μικρότερη και μεγαλύτερη τιμή, εύρος καθώς και ποσοστό επιτυχίας απαντήσεων. Επιπλέον, ποσοτικά και ποιοτικά αποτελέσματα προκύπτουν από τους στατιστικούς θερμικούς χάρτες. Ποιοτικά προκύπτουν απεικονίσεις της συνολικής συμπεριφοράς των συμμετεχόντων του πειράματος μέσω στατιστικών θερμικών χαρτών τόνων του γκρι, ενώ υπολογίζονται οι (ποσοτικοί) στατιστικοί δείκτες διάμεσου, μέσου όρου, μικρότερης και μεγαλύτερης τιμής, εύρους, και τυπικής απόκλισης αντίστοιχα για τις προηγούμενες απεικονίσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα της μελέτης με τη σειρά τους κατάφεραν να αποκαλύψουν σημαντικές συσχετίσεις της οπτικής προσοχής και αντίληψης των χρηστών με τα οπτικά ερεθίσματα. Τέλος, με την απεικόνιση της συνολικής συμπεριφοράς των συμμετεχόντων με χρήση στατιστικών θερμικών χαρτών τόνων του γκρι η μελέτη οδηγεί σε συμπεράσματα ποσοτικά και ποιοτικά.,

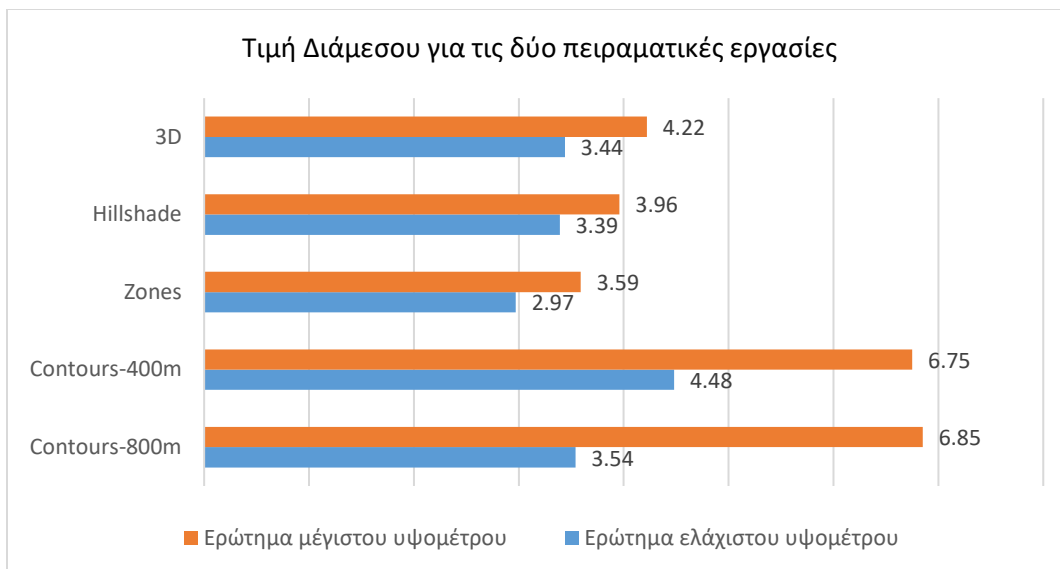
### 4.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ

Στον Πίνακα 4-1 παρουσιάζονται οι αριθμητικές τιμές των στατιστικών δεικτών που προέκυψαν για κάθε εναλλακτική μέθοδο απόδοσης και για τις δύο ερευνητικές εργασίες.

Πίνακας 4-1 Αριθμητικές τιμές στατιστικών δεικτών Μέσου Όρου, Διάμεσου, Ελάχιστης και Μέγιστης τιμής, Εύρους, Τυπικής απόκλισης καθώς και ποσοστό ορθότητας απαντήσεων.

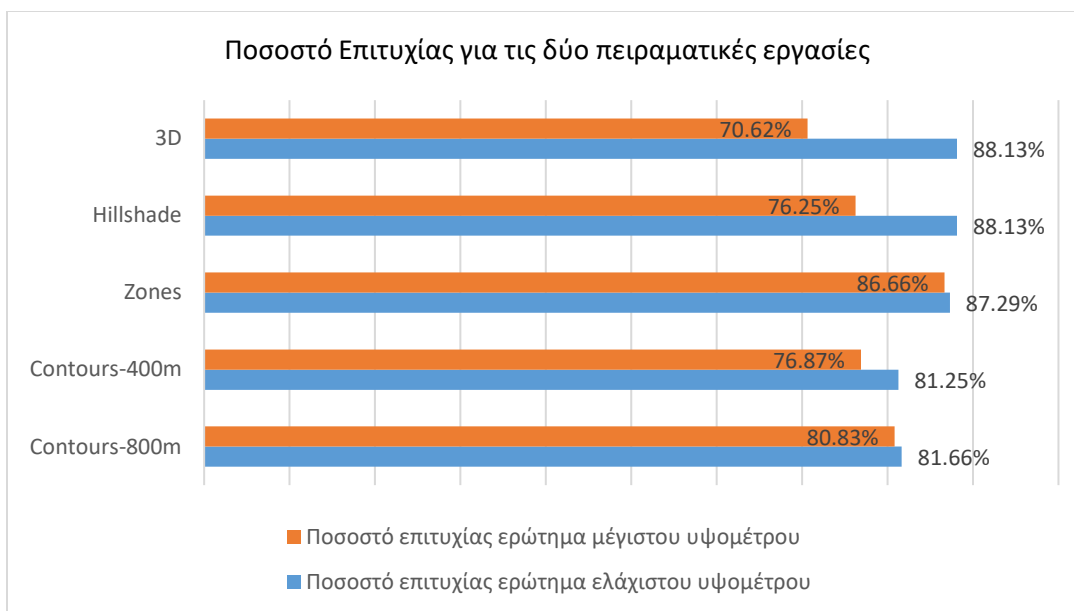
Τύπος Απεικόνισης	Μέσος Όρος (sec)	Διάμεσος (sec)	Μικρότερη τιμή (sec)	Μέγιστη τιμή (sec)	Εύρος (sec)	Τυπική Απόκλιση (sec)	Ποσοστό επιτυχίας (%)
min-Contours-800m	5.26	3.54	0.87	34.85	33.99	4.62	81.66%
min-Contours-400m	7.70	4.48	0.91	135.73	134.82	11.41	81.25%
min-Zones	4.03	2.97	1.06	62.48	61.43	4.06	87.29%
min-Hillshade	4.19	3.39	1.22	23.06	21.83	2.86	88.13%
min-3D	4.08	3.44	0.78	37.17	36.39	3.1	88.13%
max-Contours-800m	8.69	6.85	1.50	71.48	69.98	7.03	80.83%
max-Contours-400m	8.82	6.75	1.39	87.03	85.64	8.35	76.87%
max-Zones	4.23	3.59	1.18	23.12	21.93	2.48	86.66%
max-Hillshade	4.66	3.96	1.09	22.95	21.87	2.8	76.25%
max-3D	5.46	4.22	1.31	43.34	42.03	4.74	70.62%

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4-1 για τις απεικονίσεις μέσω ισοϋψών καμπυλών, αποδεικνύεται από τη τιμή του διάμεσου ότι αυτές είναι οι λιγότερο αποδοτικές. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές τους για το ερώτημα εύρεσης χαμηλότερου υψομέτρου κυμαίνονται στο εύρος 3,54 s έως 4,48 s, ενώ για το υψηλότερο υψόμετρο στις τιμές 6,85 s έως 6,75 s όπου για κάθε εργασία αποτελούν και τις μεγαλύτερες τιμές του δείκτη. Οι πιο επιτυχημένες επιδόσεις διαφαίνονται και για τα δύο ερευνητικά ερωτήματα στη κατηγορία απεικόνισης μέσω υψομετρικών ζωνών με εύρος τιμών για την εύρεση χαμηλότερου υψομέτρου στα 2,97 s ενώ αντίστοιχα για τη δεύτερη εργασία στο 3,59 s. Συμπερασματικά, οι δείκτες για τις υπόλοιπες κατηγορίες εμφανίζουν κοντινές τιμές με διαφορά ωστόσο από τη μικρότερη και μεγαλύτερη τιμή.



Εικόνα 4-1 Κατανομή των διάμεσων τιμών των χρόνων αντίδρασης για κάθε μέθοδο απόδοσης και για τις δύο εργασίες.

Τα ποσοστά επιτυχίας που παρουσιάζονται επιπρόσθετα στην Εικόνα 4-2 ταυτίζονται με τις τιμές του διαμέσου δείχνοντας ως πιο επιτυχημένες τις επιδόσεις για τις κατηγορίες υψομετρικών ζωνών και υψομετρικών ζωνών με μοντέλο σκίασης σε ποσοστά 87,29% και 88,13% αντίστοιχα με ταύτιση και του 3D για το ερευνητικό ερώτημα εύρεσης χαμηλότερου υψομέτρου. Για το ερώτημα εύρεσης υψηλότερου σημείου διακρίνεται ως πιο επιτυχημένη διαδικασία με διαφορά από τα υπόλοιπα ποσοστά η κατηγορία των υψομετρικών ζωνών με αριθμό στο 86,66%. Συνοψίζοντας, η συνολική συμπεριφορά των χρηστών μέσω των παραπάνω στατιστικών δεικτών δείχνει πως ήταν πιο ορθή η απόκριση γενικότερα σε όλες τις κατηγορίες στο ερώτημα εύρεσης χαμηλότερου υψομέτρου ενώ και στις δύο εργασίες εμφανίζεται ως πιο αποτελεσματική η κατηγορία των ζωνών και ως λιγότερο αποδοτικές με μικρές διαφορές οι κατηγορίες απεικόνισης μέσω ισοϋψών καμπυλών.



Εικόνα 4-2 Ποσοστό επιτυχίας ανά κατηγορία απεικόνισης και ερευνητικό ερώτημα.

## 4.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΑΝΑ ΤΕΤΑΡΤΗΜΟΡΙΟ ΕΙΚΟΝΑΣ

Σκοπός των υπολογισμών αυτών είναι να διερευνηθεί συμπεριφορά των χρηστών κατά την αναζήτηση των στόχων στα διαφορετικά τεταρτημόρια. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι στατιστικοί δείκτες για κάθε τεταρτημόριο ανά απεικόνιση και ερώτημα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στην περίπτωση της αναζήτησης του σημείου μέγιστου υψομέτρου, στο τεταρτημόριο Q3 (κάτω δεξιά) Εικόνα 3-12, δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση του σημείου-στόχου λόγω απουσίας υψηλών τιμών των υψομέτρων.

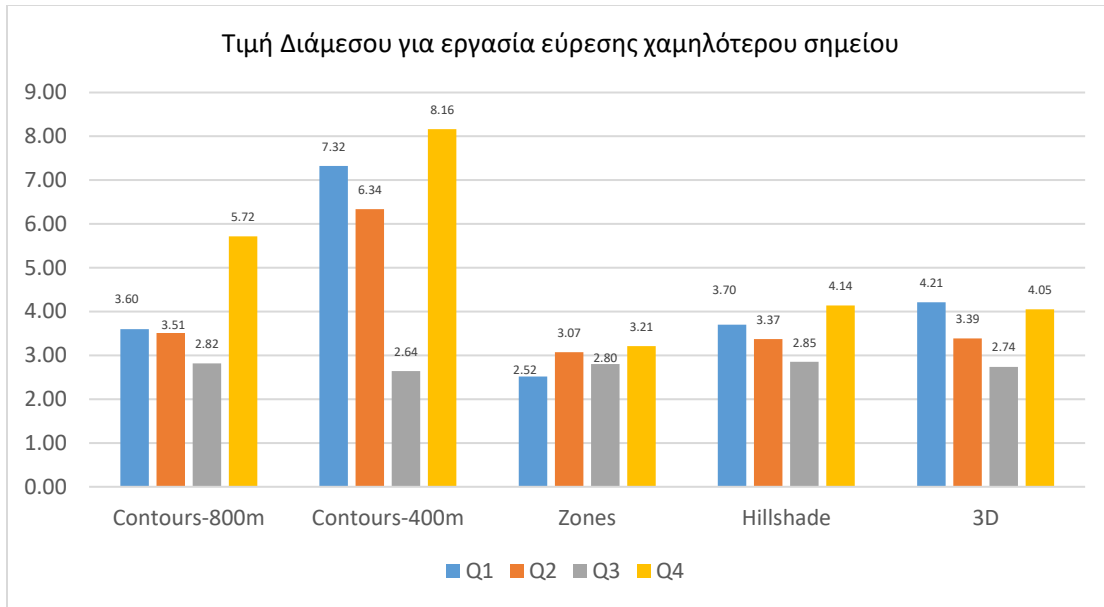
Πίνακας 4-2 Αριθμητικές τιμές στατιστικών δεικτών μέσου όρου, διάμεσου, ελάχιστης και μέγιστης τιμής, εύρους, και τυπικής απόκλισης καθώς και ποσοστό ορθότητας απαντήσεων ανά τεταρτημόριο.

Q (τεταρτημόρια)	Μέσος Όρος (sec)	Διάμεσος (sec)	Μικρότερη τιμή (sec)	Μέγιστη τιμή (sec)	Εύρος (sec)	Τυπική απόκλιση (sec)	Ποσοστό Επιτυχίας (%)
min-Contours-800m							
Q1	5.87	3.60	1.03	26.54	25.52	5.42	81.67%
Q2	4.97	3.51	1.29	19.49	18.2	3.74	85.00%
Q3	4.19	2.82	0.87	30.53	29.67	4.11	91.67%
Q4	7.57	5.72	2.15	34.85	32.7	5.24	63.33%
min-Contours-400m							
Q1	9.35	7.32	1.89	44.95	43.05	7.77	81.67%
Q2	7.47	6.34	1.56	28.85	27.29	5.44	78.33%
Q3	4.56	2.64	0.91	110.25	109.34	9.10	86.67%
Q4	12.44	8.16	1.28	135.73	134.44	17.65	75.83%
min-Zones							
Q1	3.39	2.52	1.23	15.78	14.55	2.51	85.00%
Q2	4.26	3.07	1.33	62.48	61.15	6.09	85.83%

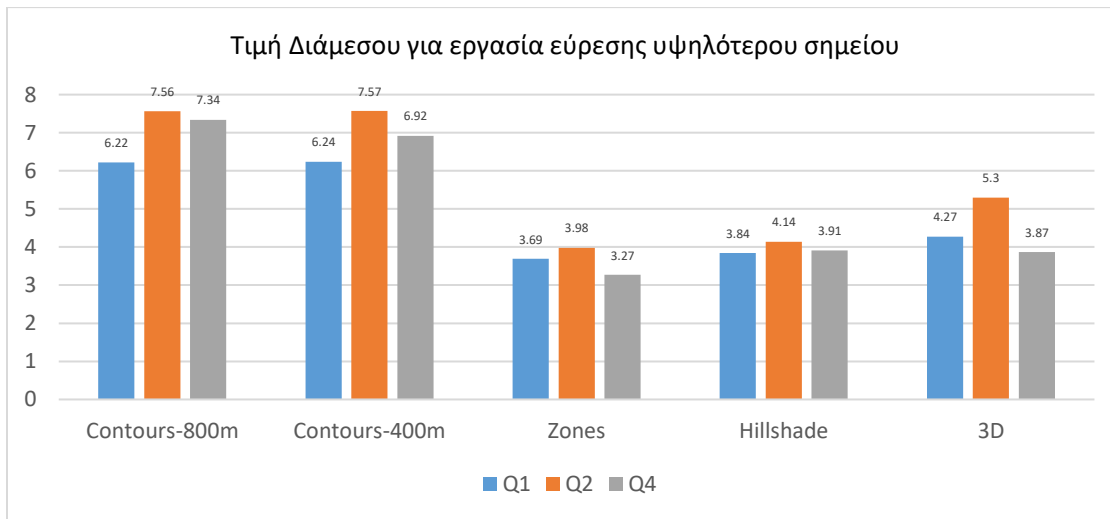


Q3	3.44	2.8	1.18	13.83	12.65	2.09	87.78%
Q4	4.99	3.21	1.06	30.3	29.25	4.2	89.17%
min-Hillshade							
Q1	4.48	3.7	1.61	19.79	18.17	3.19	80.00%
Q2	3.89	3.37	1.83	15.61	13.78	2.18	85.83%
Q3	3.99	2.85	1.22	23.06	21.83	3.25	92.22%
Q4	4.66	4.14	1.37	14.83	13.46	2.55	88.33%
min-3D							
Q1	6.17	4.21	1.64	37.17	35.53	6.33	83.33%
Q2	3.84	3.39	0.78	13.45	12.67	2.41	87.50%
Q3	3.42	2.74	1.14	16.17	15.04	2.35	91.67%
Q4	4.35	4.05	1.38	9.6	8.22	1.55	85.83%
max-Contours-800m							
Q1	8.00	6.22	1.50	43.99	42.49	6.40	83.89%
Q2	9.21	7.56	2.1	40.48	38.38	6.68	79.17%
Q4	9.07	7.34	1.79	71.48	69.69	7.79	78.89%
max-Contours-400m							
Q1	8.12	6.24	1.39	47.21	45.82	7.25	80.00%
Q2	11.96	7.57	1.87	87.03	85.15	13.29	60.83%
Q4	7.98	6.92	1.47	31	29.53	31.00	84.44%
max-Zones							
Q1	4.24	3.69	1.24	23.12	21.88	2.59	87.22%
Q2	4.73	3.98	1.18	15.88	14.7	2.62	85.00%
Q4	3.89	3.27	1.53	17.45	15.92	2.19	87.22%
max-Hillshade							
Q1	4.59	3.84	1.44	22.37	20.93	3.03	66.67%
Q2	4.59	4.14	2	13.23	11.23	1.91	81.67%
Q4	4.76	3.91	1.09	22.95	21.87	3.09	82.22%
max-3D							
Q1	6.13	4.27	1.31	43.34	42.03	6.29	66.11%
Q2	6.16	5.3	1.45	19.47	18.02	3.64	49.17%
Q4	4.7	3.87	1.46	25.29	23.84	3.49	89.44%

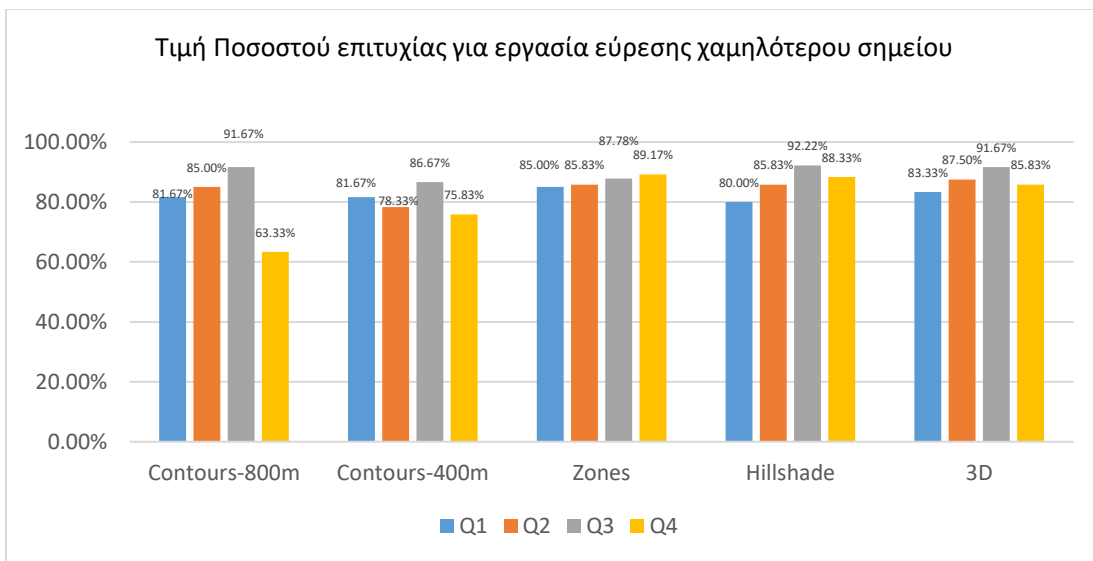
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4-3 και στην Εικόνα 4-4, οι τιμές των διαμέσων δείχνουν να παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά κατά την αναζήτηση των στόχων. Διαφορά παρατηρείται στις απεικονίσεις των ισοϋψών καμπυλών για τις οποίες οι συμμετέχοντες είναι πιο αποδοτικοί στην αναζήτηση των σημείων στο ερώτημα του χαμηλότερου υψομετρικά σημείου για το τρίτο τεταρτημόριο. Αντίστοιχα, στο ερώτημα για τις υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται παρεμφερείς συμπεριφορές. Τέλος, βασικό δεδομένο αποτελεί ότι το Q3 για το οποίο εμφανίζονται αποδοτικότερες τιμές αντιστοιχεί σε περιοχή με μερικότερες υψομετρικές διακυμάνσεις.



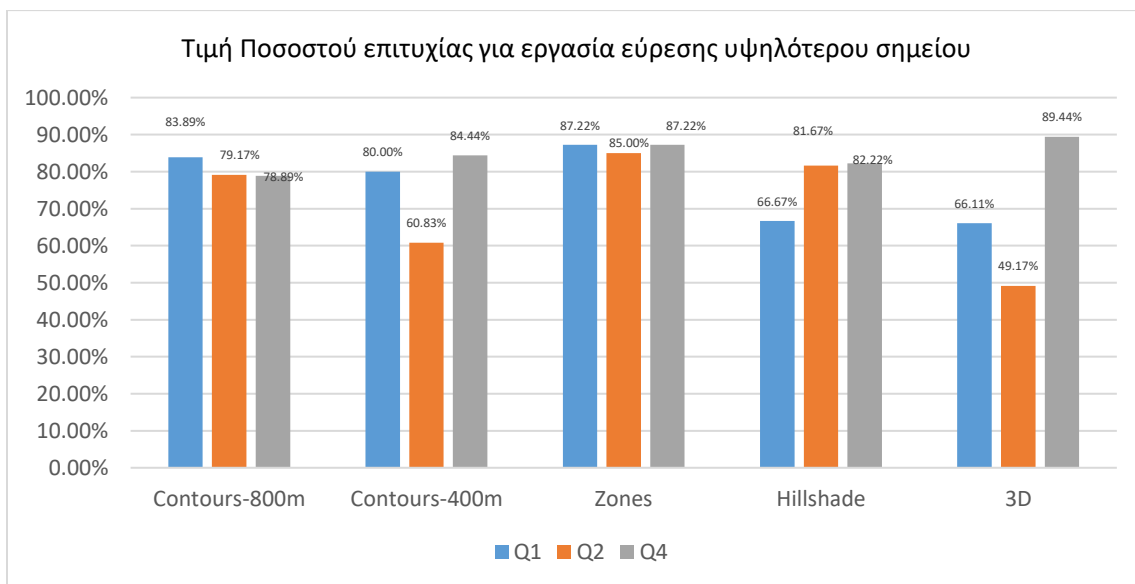
Εικόνα 4-3 Κατανομή των διάμεσων τιμών των χρόνων αντίδρασης (για κάθε μέθοδο για το ερώτημα εύρεσης χαμηλότερου σημείου, ανά τεταρτημόριο (Q1: πάνω αριστερά, Q2: πάνω δεξιά, Q3: κάτω δεξιά, & Q4: κάτω αριστερά)).



Εικόνα 4-4 Κατανομή των διάμεσων τιμών των χρόνων αντίδρασης (για κάθε μέθοδο απόδοσης για το ερώτημα εύρεσης υψηλότερου σημείου, ανά τεταρτημόριο (Q1: πάνω αριστερά, Q2: πάνω δεξιά, & Q4: κάτω αριστερά)).



Εικόνα 4-5 Κατανομή των ποσοστών επιτυχίας των απαντήσεων (για κάθε μέθοδο για το ερώτημα εύρεσης χαμηλότερου σημείου, ανά τεταρτημόριο (Q1: πάνω αριστερά, Q2: πάνω δεξιά, Q3: κάτω δεξιά, & Q4: κάτω αριστερά)).



Εικόνα 4-6 Κατανομή των ποσοστών επιτυχίας των απαντήσεων (για κάθε μέθοδο για το ερώτημα εύρεσης υψηλότερου σημείου, ανά τεταρτημόριο (Q1: πάνω αριστερά, Q2: πάνω δεξιά & Q4: κάτω αριστερά)).

### 4.3 ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ -ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΘΕΡΜΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Οι στατιστικοί θερμικοί χάρτες τόνων του γκρι προκύπτουν από τις 2D απεικονίσεις και τη συγκέντρωση των μετρήσεων για τους 30 συμμετέχοντες απεικονίζοντας αυτές για κάθε εικόνα από τις 160 του πειράματος. Σκοπός είναι η εξαγωγή ποιοτικών και ποσοτικών αποτελεσμάτων για τη μελέτη. Σε κάθε στατιστικό χάρτη απεικονίζεται η συνολική συμπεριφορά των χρηστών για το εκάστοτε οπτικό ερέθισμα, δηλαδή η δραστηριότητα του κέρσορα συγκεντρωτικά που

ακολουθήθηκε κατά την επεξεργασία της σκηνής. Η μεγαλύτερη κίνηση του κέρσορα άρα και η πιο χρονοβόρα αντίδραση μας δίνει στοιχεία ότι η αποδοτικότητα των απεικονίσεων ήταν χαμηλή.

Αρχικά, αυτό που παρατηρείται είναι συνεχόμενη συγκέντρωση μετρήσεων στο κέντρο κάθε εικόνας και για κάθε ερώτημα που δε αποτελεί στόχο. Η συμπεριφορά αυτή εμφανίζεται διότι κάθε συμμετέχοντας για να κάνει την αλλαγή σε κάθε οπτική σκηνή χρειάζεται να κάνει ένα κλικ στο κέντρο της εικόνας.

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα των στατιστικών θερμικών χαρτών τόνων του γκρι που αποτελούν ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα των κινήσεων κέρσορα για κάθε απεικόνιση παρατηρείται πως οι στοχεύσεις των συμμετεχόντων για το ερευνητικό ερώτημα της εύρεσης χαμηλότερου υψομετρικά σημείου είναι πιο συγκεκριμένες και μικρότερης διάρκειας, αντίθετα σε κάποιο βαθμό για την εύρεση του υψηλότερου σημείου. Επιπλέον, για κάθε κατηγορία ερευνητικού ερωτήματος διαφαίνεται με διαφορά πως οι χάρτες υψομετρικών ζωνών παρουσιάζουν τις σύντομες κινήσεις σε σχέση με τις ισοϋψείς καμπύλες και τα 3D, γεγονός που οδηγεί στο ότι οι απεικονίσεις των ζωνών ήταν πιο αποτελεσματικές για τους συμμετέχοντες του πειράματος.

Τελικά, μέσω των στατιστικών αυτών θερμικών χαρτών είναι δυνατόν να οπτικοποιηθούν τα αποτελέσματα για κάθε εικόνα και να δώσουν συμπεράσματα για την απόκριση, ή μη των οπτικών ερεθισμάτων. Διαπιστώνεται ότι οι τροχιές κίνησης που διαγράφονται στους συνάδουν με στατιστικούς δείκτες των χρόνων που δείχνουν πως οι υψομετρικές ζώνες αποτέλεσαν τις πιο αποδοτικές απεικονίσεις για τους συμμετέχοντες ενώ οι ισοϋψείς και οι 3D και οι χάρτες φωτοσκίασης ανά περίπτωση δεν φάνηκαν τόσο αποδοτικοί.

#### **4.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ**

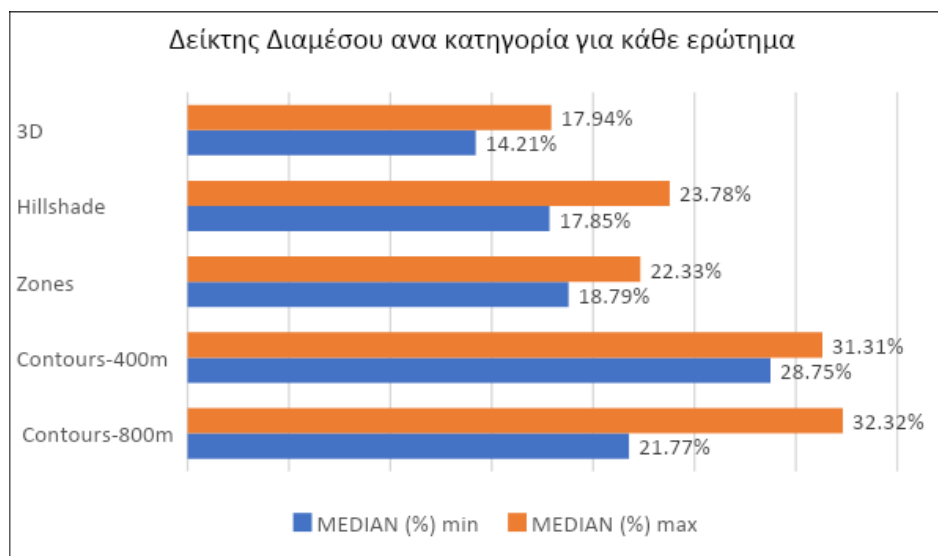
Οι στατιστικοί δείκτες των θερμικών χαρτών τόνων του γκρι που παράχθηκαν ως αποτελέσματα του πειράματος δείχνουν μία συνολική συμπεριφορά αντίδρασης των χρηστών για κάθε απεικόνιση. Οι στατιστικοί δείκτες αυτοί υπολογίζονται προκειμένου να εξεταστεί ποσοτικά η συνολική συμπεριφορά των χρηστών μέσα από τις στατιστικές απεικονίσεις. Στη συγκεκριμένη ανάλυση υπολογίζεται το ποσοστό των εικονοστοιχείων που αντιστοιχούν σε τόνο μεγαλύτερο του 20 της κλίμακας του γκρι (0-255) με τη χρήση συνάρτησης Heatstat (βλ. παράρτημα 6<sup>ος</sup> πηγαίος κώδικας). Τα μικρότερα ποσοστά (λιγότερα λευκά εικονοστοιχεία) θα δείξουν τη συνολική συμπεριφορά των συμμετεχόντων, δηλαδή εκεί που ο κέρσορας χάραξε μικρότερη διαδρομή άρα πιο γρήγορη συνεπώς η κατηγορία απεικονίσεων που παρουσιάζεται μία τέτοια συμπεριφορά θεωρείται πιο αποδοτική. Αντίθετα, τα μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης υψηλότερων τόνων (περισσότερα λευκά εικονοστοιχεία) δηλώνουν ότι η δραστηριότητα του κέρσορα είναι μεγαλύτερη, γεγονός το οποίο δηλώνει μειωμένη αποδοτικότητα.

Στον Πίνακα 4-3 εμφανίζονται τα ποσοστά των στατιστικών δεικτών που υπολογίστηκαν για κάθε απεικόνιση ανά ερώτημα συνολικά.

Πίνακας 4-3 Βασικοί στατιστικοί δείκτες κατανομής δραστηριότητας του κέρσορα για κάθε μία από τις εναλλακτικές μεθόδους και για κάθε μία από τις δύο εργασίες

Task-Method	AVG (%)	MEDIAN (%)	MIN (%)	MAX (%)	RANGE (%)	STD (%)
min-Contours-800m	23,11%	21,77%	13,76%	33,54%	19,78%	6,16%
min-Contours-400m	28,28%	28,75%	17,53%	42,15%	24,62%	7,68%
min-Zones	19,66%	18,79%	10,45%	32,46%	22,01%	5,46%
min-Hillshade	18,55%	17,85%	7,94%	32,60%	24,67%	5,69%
min-3D	14,98%	14,21%	9,21%	24,17%	14,95%	4,09%
max-Contours-800m	32,12%	32,32%	25,30%	43,35%	18,05%	4,24%
max-Contours-400m	31,40%	31,31%	19,61%	40,98%	21,36%	5,39%
max-Zones	21,97%	22,33%	12,39%	30,03%	17,64%	5,16%
max-Hillshade	23,90%	23,78%	15,85%	36,55%	20,70%	5,15%
max-3D	19,13%	17,94%	11,33%	31,89%	20,56%	6,25%

Στην Εικόνα 4-7 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες τιμές των διαμέσων για κάθε απεικόνιση ξεχωριστά για κάθε εργασία του πειράματος. Η μεγαλύτερη τιμή είναι το 32,32% και ανήκει σε απεικόνιση υψομετρικών καμπυλών ενώ αντίθετα η μικρότερη το 14,21% για την τρισδιάστατη απεικόνιση. Το αποτέλεσμα αυτό επαληθεύει τα στατιστικά των απεικονίσεων και των οπτικοποιήσεων των θερμικών χαρτών καθώς αποδεικνύει ότι οι συμμετέχοντες του πειράματος σπατάλησαν περισσότερο χρόνο στην αναζήτηση της απάντησης και χάραξαν μεγαλύτερη τροχιά με το κέρσορα τους. Συμπερασματικά λοιπόν, παρουσιάζεται πως οι απεικονίσεις των υψομετρικών καμπυλών είναι λιγότερο αποδοτικές από τις 3D και τις υψομετρικές ζώνες.



Εικόνα 4-7 Δείκτης διάμεσου για τα ποσοστά των στατιστικών θερμικών χαρτών

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη παρούσα μελέτη σχεδιάστηκε πειραματική διαδικασία με σκοπό την αξιολόγηση

χαρτογραφικών μεθόδων απόδοσης της υψομετρικής πληροφορίας. Η τελευταία παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον καθώς μπορεί να αποτυπωθεί με ποικίλες μεθόδους τόσο 2D όσο και 3D. Για το σκοπό αυτό επιλέγονται δύο ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία καθορίζουν τον αριθμό των τελικών χαρτογραφικών υποβάθρων του πειράματος καθώς και τα σύμβολα στόχους που αποτελούνται από υψομετρικά σημεία. Η μελέτη βασίστηκε στη μέθοδο καταγραφής κινήσεων κέρσορα με απομακρυσμένη εφαρμογή.

Από την ανάλυση που περιγράφεται προκύπτει ότι οι συμμετέχοντες είχαν μεγαλύτερη επιτυχία στην εύρεση του σημείου ελάχιστου υψομέτρου χρησιμοποιώντας υψομετρικές ζώνες, υψομετρικές ζώνες με συνδυασμό σκίασης αναγλύφου, και προοπτικές απεικονίσεις τριών διαστάσεων, με ποσοστά επιτυχίας κοντά στο 88%, σε σύγκριση με ποσοστά επιτυχίας κοντά στο 81% για απεικονίσεις με χρήση ισοϋψών καμπυλών. Για την εύρεση του σημείου μέγιστου υψομέτρου, τα μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας είναι περίπου στο 87% για υψομετρικές ζώνες και συνδυασμό με σκίαση αναγλύφου και ισοϋψείς καμπύλες, ενώ για τις τρισδιάστατες απεικονίσεις το ποσοστό πέφτει στο 71%. Όσον αφορά στους χρόνους απόκρισης, οι συμμετέχοντες ανταποκρίνονταν ταχύτερα κατά την εύρεση τόσο του σημείου ελάχιστου όσο και του σημείου μέγιστου υψομέτρου όταν χρησιμοποιούσαν υψομετρικές ζώνες. Οι μεγαλύτεροι χρόνοι απόκρισης συνδέονται με τη χρήση ισοϋψών καμπυλών. Η συμπεριφορά των συμμετεχόντων ήταν συνήθως παρόμοια ανά τεταρτημόριο της εικόνας.

Σε παρόμοια μελέτη σύγκρισης 2D και 3D εργασιών των (Popelka & Brychtova, 2012) διεξάγεται μια ερευνητική διαδικασία με τη μέθοδο παρακολούθησης οφθαλμικών κινήσεων η οποία εξετάζει

τον τρόπο με τον οποίο οι διαφορετικές απεικονίσεις επηρεάζουν την αντίληψη και τη νόηση, ιδίως για χρήστες με περιορισμένη χαρτογραφική εμπειρία. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει λεπτομερή πειράματα παρακολούθησης των οφθαλμών, τα οποία υποστηρίζονται από ερωτηματολόγια για την αξιολόγηση των προτιμήσεων και της κατανόησης. Η μελέτη καταλήγει ότι οι 3D χάρτες, ενώ είναι πιο διαισθητικοί για το έδαφος, μπορεί να είναι πιο απαιτητικοί γνωστικά. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και η παρούσα μελέτη καθώς οι 3D απεικονίσεις δεν είναι οι πιο αποδοτικές σύμφωνα με τους στατιστικούς δείκτες. Αντίθετα οι πιο αποδοτικές ήταν 2D απεικονίσεις υψομετρικού μοντέλου.

## **5.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ**

Η παρούσα μελέτη αποτελεί μία πειραματική διαδικασία που αφορά την παρακολούθηση της χρηστικότητας χαρτογραφικών απεικονίσεων υψομετρικής πληροφορίας. Επιπλέον, αποτελεί ένα κομμάτι πρακτικών ερευνητικών μεθόδων που πραγματοποιούνται στο αντικείμενο της χαρτογραφίας και των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών. Η έρευνα αυτή μπορεί να αποτελέσει ένα παράδειγμα μελέτης το οποίο η επέκτασή του μπορεί να οδηγήσει στην έρευνα με όμοιο τρόπο όχι μόνο για στατικούς χάρτες που ποικίλουν λόγω των οπτικών μεταβλητών αλλά και στην έρευνα δυναμικών χαρτών με στοιχεία αλληλεπίδρασης με τους χρήστες μέσω κινήσεων ή και ακόμα ηχητικών μεταβλητών.

Επίσης, η καταγραφή κινήσεων οφθαλμού αποτελεί μία εναλλακτική πειραματική μέθοδο με την οποία θα μπορούσε να εκτελεστεί η παρούσα μελέτη. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η σύγκριση των αποτελεσμάτων της ίδιας μελέτης αλλά με διαφορετική μέθοδο υλοποίησης, καθώς οι κινήσεις κέρσορα και οφθαλμών εμφανίζουν αρκετές ομοιότητες.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Βλάχος, Δ.,(2012). Όργανα και μέθοδοι μετρήσεων, 5(1), 319-320, Εκδόσεις Μέλισσα*
- Ζήσου, Α. (2010). Οι επεκτάσεις του ArcGIS,2,114-128, Εκδόσεις ΑΘ. Σταμούλη.*
- Κάτσιος, Ι,Τσάτσαρης Α.,(2014) Διαλέξεις θεματικής χαρτογραφίας, 2(6.1), 99-107, Εκδόσεις Δίστιγμα.*
- Κρασανάκης, Β. (2014). Ανάπτυξη μεθοδολογίας ανάλυσης οφθαλμικών κινήσεων για τη μελέτη της οπτικής αντίληψης σε χάρτες κινούμενης εικόνας. Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.*
- Κρασανάκης, Β. (2009). Καταγραφή του ίχνους της οπτικής αναζήτησης: Μια μέθοδος διερεύνησης της επιλεκτικότητας της οπής ως βασικού χαρακτηριστικού του σχήματος , Διπλωματική εργασία Σ.Α.Τ.Μ, Ε.Μ.Π.*
- Κρασανάκης Β. (2021), Ειδικά Κεφάλαια Οπτικοποίησης Χαρτογραφικών Δεδομένων, Σημειώσεις μαθήματος, Τμήμα Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.*
- Κρασανάκης Β, & Φιλιππακοπούλου Β, 2023. Χωρικές απεικονίσεις: Τεχνικές δημιουργίας, θεωρητικές βάσεις, μέθοδοι αξιολόγησης, Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.*
- Λέλλη, Α. Κ. (2013). Διερεύνηση παραμέτρων δυναμικών μεταβλητών με οφθαλμικές κινήσεις σε οπτικές σκηνές, Διπλωματική εργασία Σ.Α.Τ.Μ, Ε.Μ.Π*
- Λόκκα, Ι. Ε. Φ. (2013). Διερεύνηση παραμέτρων δυναμικών μεταβλητών με οφθαλμικές κινήσεις σε τοπογραφικό χάρτη, Διπλωματική εργασία Σ.Α.Τ.Μ, Ε.Μ.Π.*
- Μπαργιώτα, Θ. Η. (2013). Ανάλυση περιοχών κρίσιμων σημείων χαρτογραφικών γραμμών με τη βοήθεια οφθαλμικών κινήσεων , Διπλωματική εργασία Σ.Α.Τ.Μ, Ε.Μ.Π.*
- Παππά, Α. (2021). Μελέτη της απόκρισης του χρήστη μέσω μεθόδων καταγραφής και ανάλυσης κινήσεων κέρσορα με σκοπό τη διερεύνηση της επιλεκτικότητας βασικών χαρακτηριστικών του σχήματος σε χαρτογραφικά υπόβαθρα, Διπλωματική εργασία (ΠΑΔΑ).*
- Πλαϊνης, Σ., Τσιλιμπάρης, Μ., & Παλλήκαρης, Ι. Γ. (2007). Νευροφυσιολογία του αμφιβληστροειδή και των οπτικών οδών. Οφθαλμολογία, 19(4), 269-283.*
- Σκιανής, Γ.Αιμ. & Νικολακόπουλος Κ.Γ & Βαϊόπουλος . Δ.Α (2012) “Τηλεπισκόπηση”: “Περί ψηφιακών μοντέλων ανάγλυφου,13(5),277-288 , Εκδόσεις Ίων.*
- Τσούλης, Δ., (2005).Εισαγωγή στη τοπογραφία, 8(1), 257-258, Εκδόσεις Ζήτη*
- Φωτίου, Ι.Α, Πικριδάς, Κ.Χ., (2012). GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές, 1,19-23, Εκδόσεις Ζήτη.*



## Ξενόγλωσση

ALMEIDA, R. (2011). *Bertin graphic semiology and its relevant contributions for research and teaching in Brazil*. In *25th International Cartographic Conference-ICA*. Anais, artigo CO-017. Paris.

Buktenica, N. A. (1968). *Visual Learning. Dimensions in Early Learning Series*.

Carvalho, G. A., & Moura, A. C. M. (2009, November). *Applying gestalt theories and graphical semiology as visual reading systems supporting thematic cartography*. In *Proceedings of the 24th International Cartographic Conference, Santiago, Chile* (pp. 15-21).

Herman, L., Popelka, S., & Hejlova, V. (2017). *Eye-tracking analysis of interactive 3d geovisualization*. *Journal of Eye Movement Research*, 10(3).

Krassanakis, V., & Misthos, L. (2023). *Mouse Tracking as a Method for Examining the Perception and Cognition of Digital Maps*. *MDPI*, 3(2), 127-136.

Krassanakis, V., & Kesidis, A. L. (2020). *MatMouse : A mouse movements tracking and analysis toolbox for visual search experiments*. *Multimodal Technologies and Interaction*, 4(4), 83.

Krosnick, J. A. (2018). *Questionnaire design*. *The Palgrave handbook of survey research*, 439-455

Lapaine, M., Midtbø, T., Gartner, G., Bandrova, T., Wang, T., & Shen, J. (2021). *Definition of the Map*. *Advances in Cartography and GIScience of the ICA*, 3, 1-6.

Liversedge, S. P., & Findlay, J. M. (2000). *Saccadic eye movements and cognition*. *Trends in cognitive sciences*, 4(1), 6-14.

Montello, D. R. (2004). *Cognition of geographic information*. In *A research agenda for geographic information science* (pp. 61-91). CRC Press.

Morrison, R. L., Dillman, D. A., & Christian, L. M. (2010). *Questionnaire design guidelines for establishment surveys*. *Journal of Official Statistics*, 26(1), 43-85.

Popelka, S., & Brychtova, A. (2013). *Eye-tracking study on different perception of 2D and 3D terrain visualisation*. *The Cartographic Journal*, 50(3), 240-246

Slocum, T. A., Blok, C., Jiang, B., Koussoulakou, A., Montello, D. R., Fuhrmann, S., & Hedley, N. R. (2001). *Cognitive and usability issues in geovisualization*. *Cartography and geographic information science*, 28(1), 61-75

Vecera, S. P., Cosman, J. D., Vatterott, D. B., & Roper, Z. J. (2014). *The control of visual attention: Toward a unified account*. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 60, pp. 303-347). Academic Press

Wolfe, J. M. (2000). *Visual attention*. *Seeing*, Elsevier, 335-386.

Διαδυκτιακές πηγές:

[https://www.cloudeo.group/el\\_GR](https://www.cloudeo.group/el_GR)

<https://www.copernicus.eu/el>

<https://www.esa.int/>

<https://www.naturalearthdata.com/>

<https://www.opendem.info/>

<https://opentopography.org/>

<https://www.usgs.gov/>

## Παράρτημα πηγαίου κώδικα:

1<sup>ος</sup> Πηγαίος Κώδικας: Παραγωγή τυχαίων λιστών αριθμών (Python)

```
import random

randomlist1 = random.sample(range(101, 181), 80)
randomlist2 = random.sample(range(201, 281), 80)

joinedlist=randomlist1+randomlist2

random.shuffle(joinedlist)
print(joinedlist)
```

2<sup>ος</sup> Κώδικας: παραγωγή τυχαίων σημείων (MATLAB)

```
format long g
clear;
clc;
data=importdata('random_points.txt');
minH=2000;
maxH=2500;
minpoints=2;
id=data(:,3);
X=data(:,4);
Y=data(:,2);
H=data(:,1);
m=length(H);

data2=[];

for i=1:m

    if H(i)>=minH && H(i)<=maxH
        data2=[data2;id(i) X(i) Y(i) H(i)];
    end
end

data2;

n2=size(data2,1);
rpoints=randperm(n2,minpoints)
if n2>=minpoints
    finalpoints=data2(1:minpoints)';
else
    fprintf('den yparxoun')
end
finalpoints=sort(rpoints)
fp=[];
id2=data2(:,1);
```

```

for i=1:n2
    for j=1:minpoints
        if id2(i)==id2(finalpoints(j))
            fp=[fp;data2(i,:)];
        end
    end
end

fp
writematrix(fp)
type ('fp.txt')

```

### 3<sup>ος</sup> Συνάρτηση εξαγωγής συντεταγμένων- Extract coords (MATLAB)

```

function click_coords=extract_coords(data)
n=size(data);

n=n(1,1);
if n>2
    click_coords=data(n,2:3);

else
    click_coords=NaN;
end
end

```

### 4<sup>ος</sup> Συνάρτηση εξαγωγής χρόνων- Extract time (MATLAB)

```

function re_time=extract_time(data)
n=size(data);

n=n(1,1);
if n>2
    t1=data(1,1);
    t2=data(n,1);
    re_time=t2-t1;

else
    re_time=0;
end
end

```

5<sup>ος</sup> Κώδικας: Έλεγχος ορθότητας απαντήσεων CenterDist (MATLAB)

```
function distance=centerdist(xt, yt, xc, yc)
dx=xc-xt;
dy=yc-yt;

distance=sqrt((dx^2)+(dy^2));

end
```

6<sup>ος</sup> Κώδικας: Στατιστικά θερμικών χαρτών- Heatstat (MATLAB)

```
function [statistics] = heatstat(im, s)

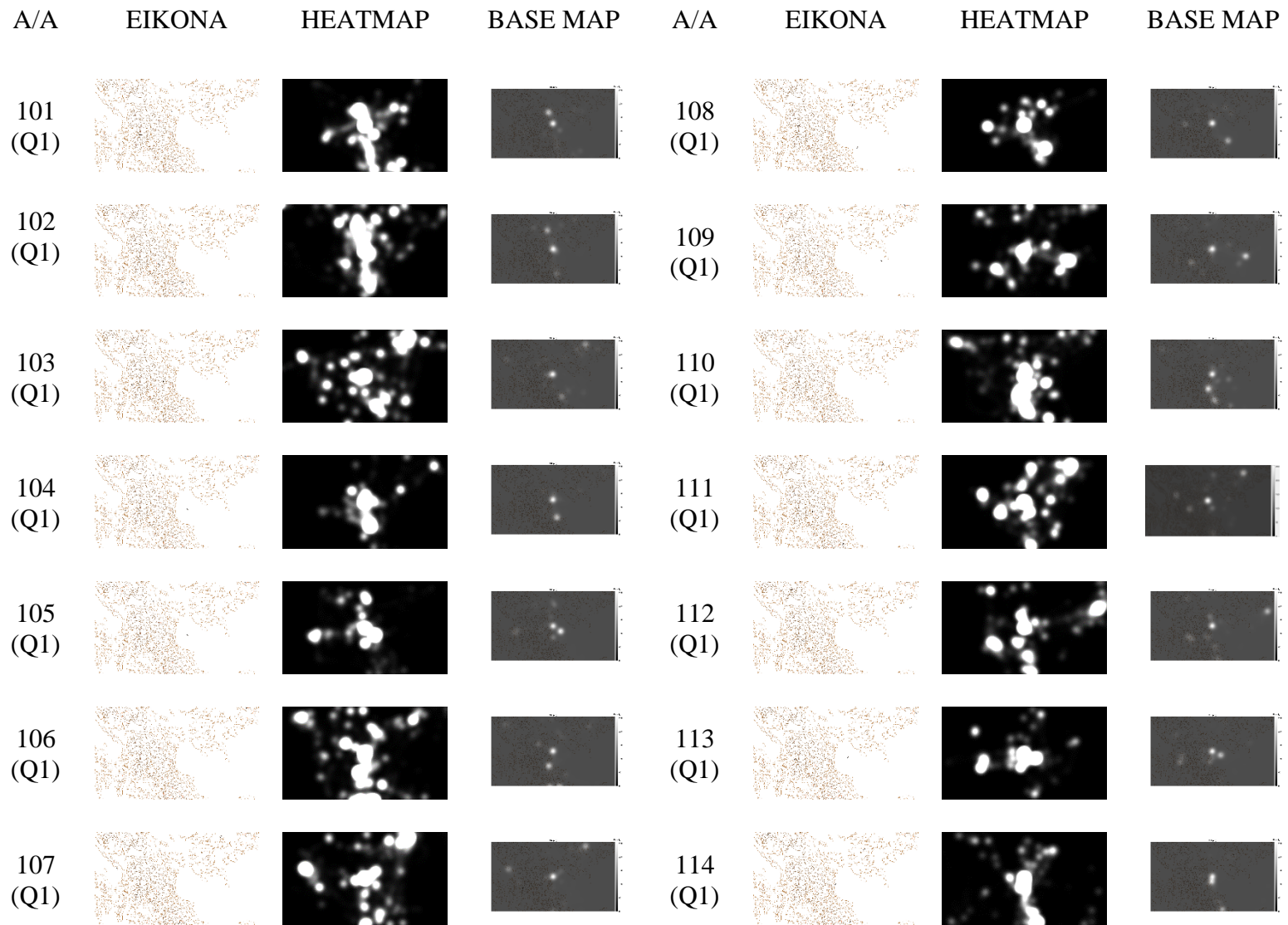
im=imread(im);

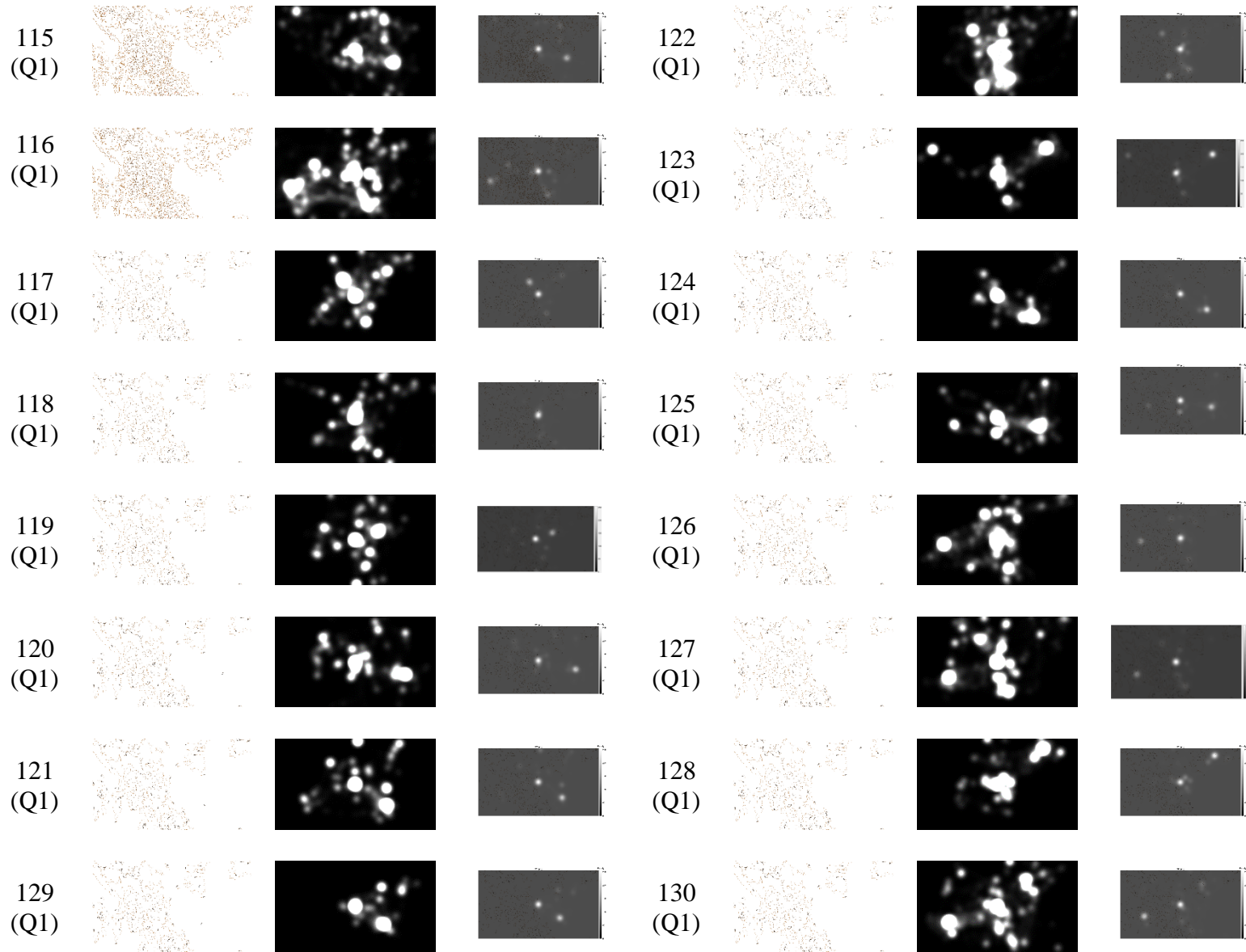
n=size(im)

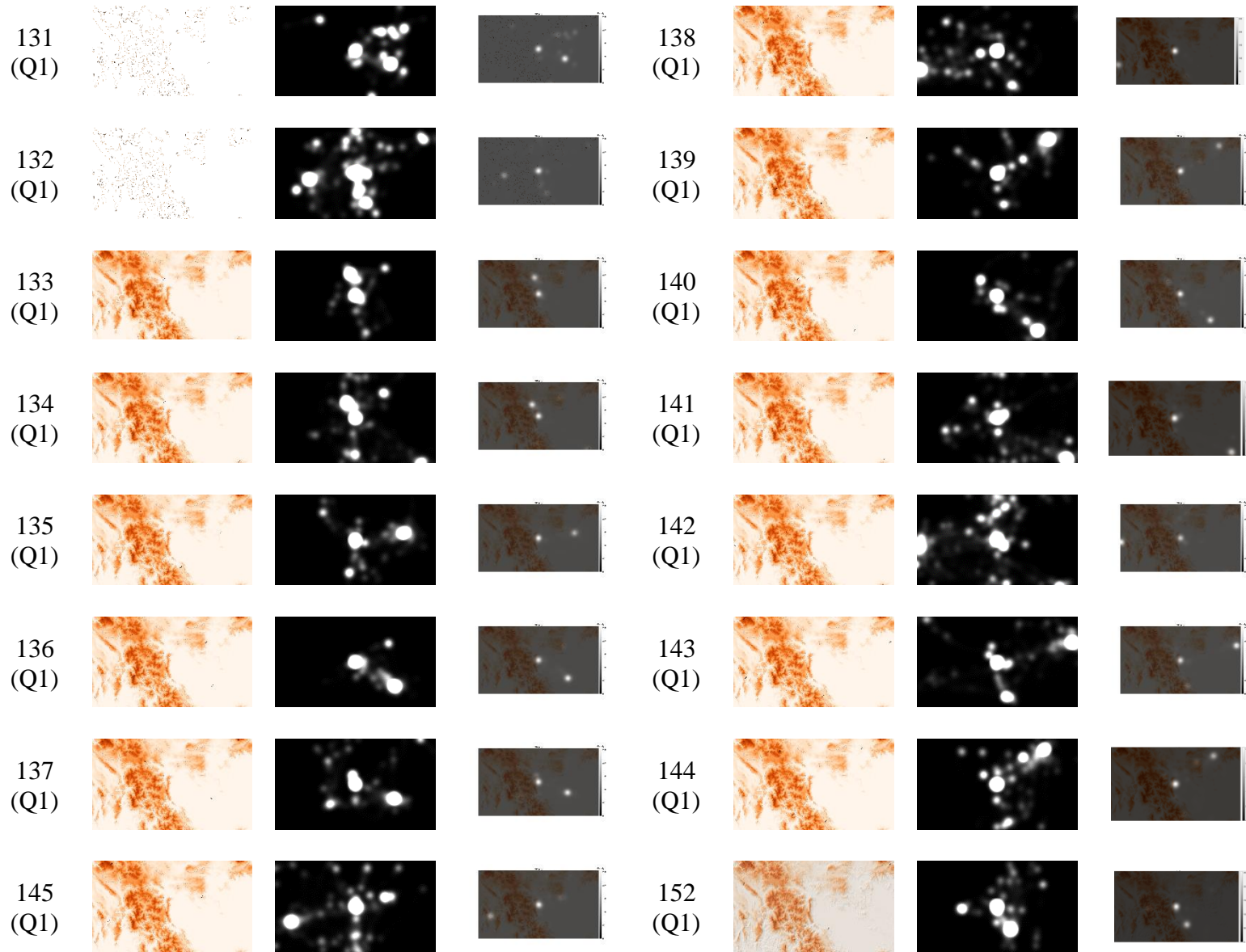
m=(size((im),1)*size((im),2));
disp(m);

statistics =(size(im(im>s),1)/m)*100

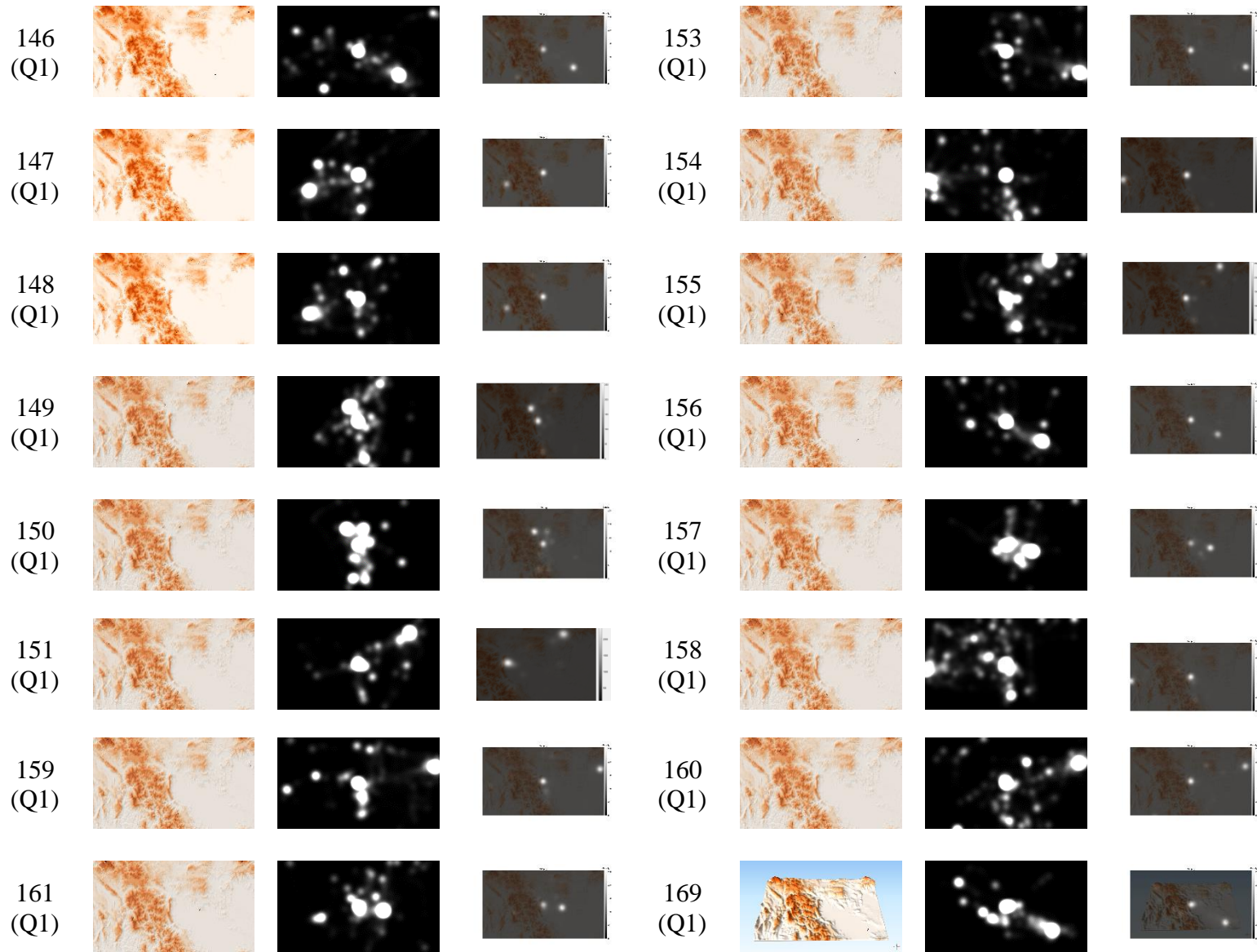
end
```

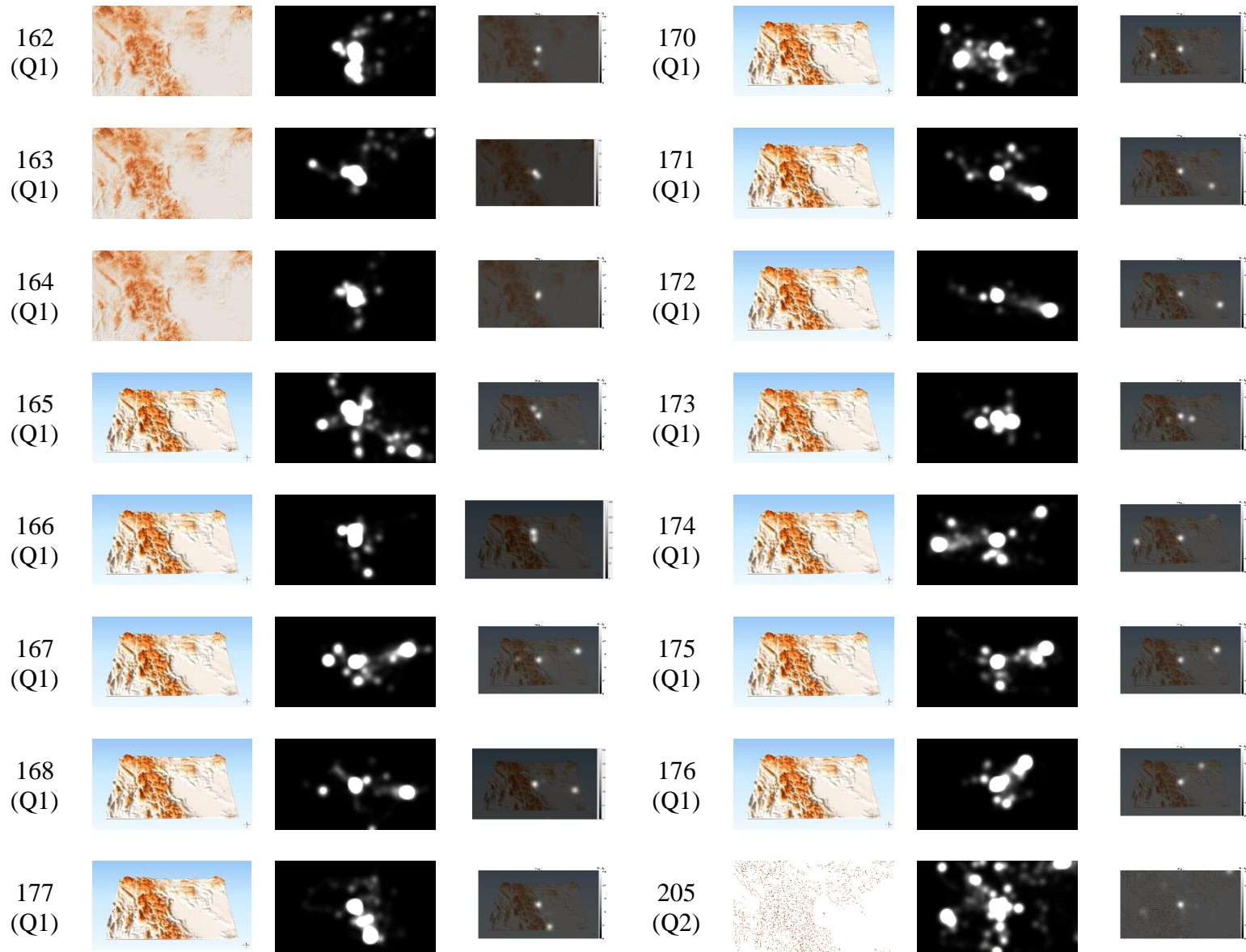


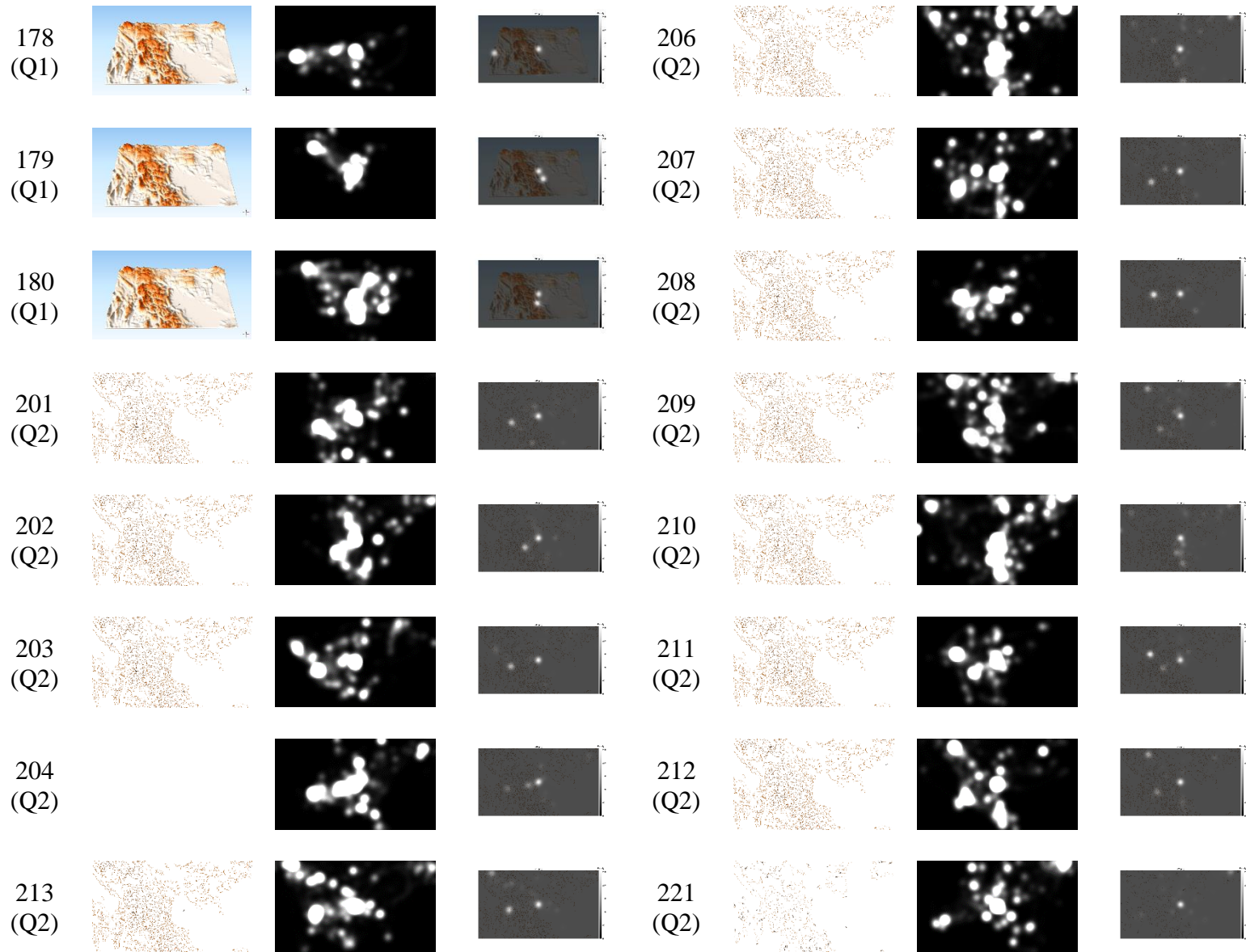


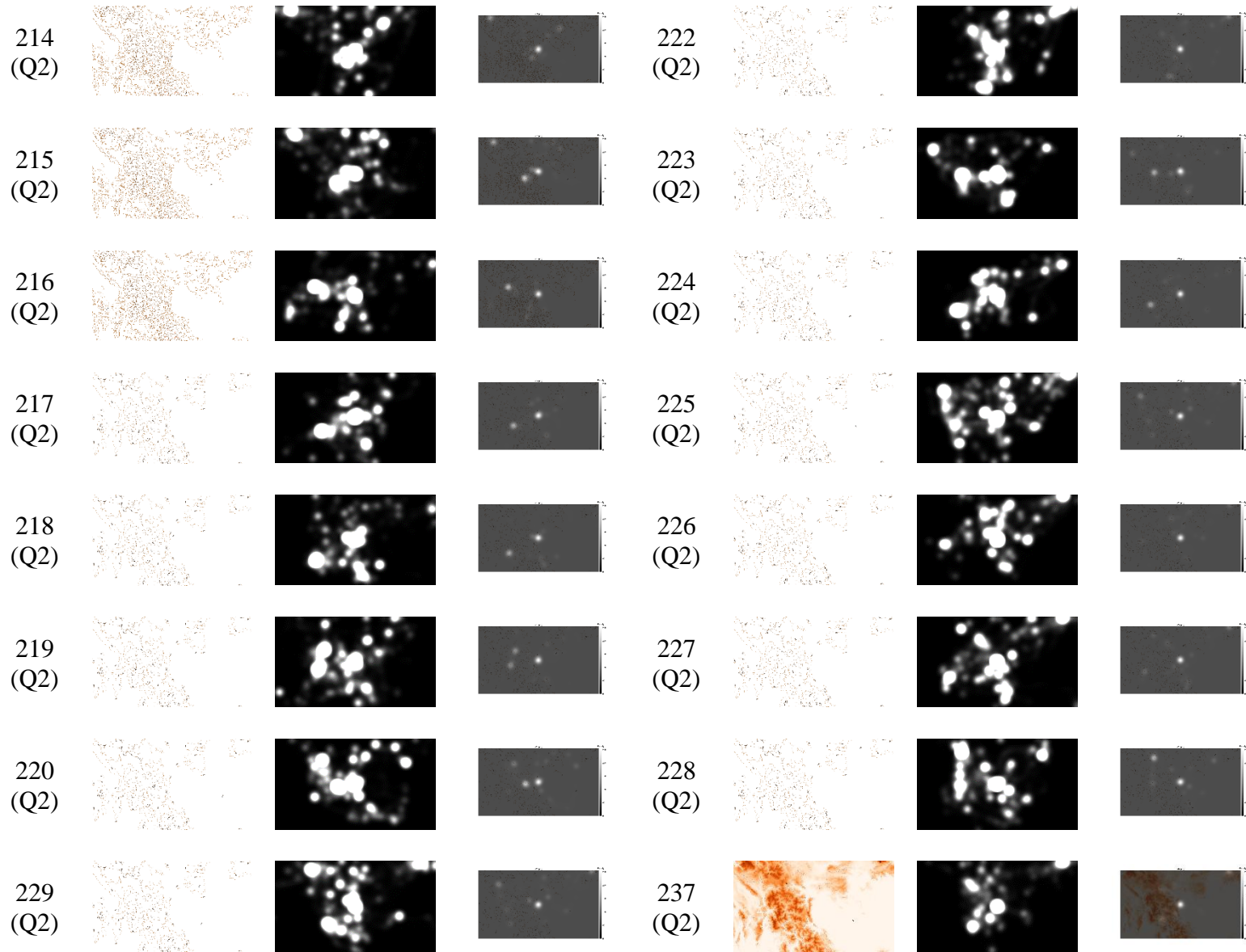


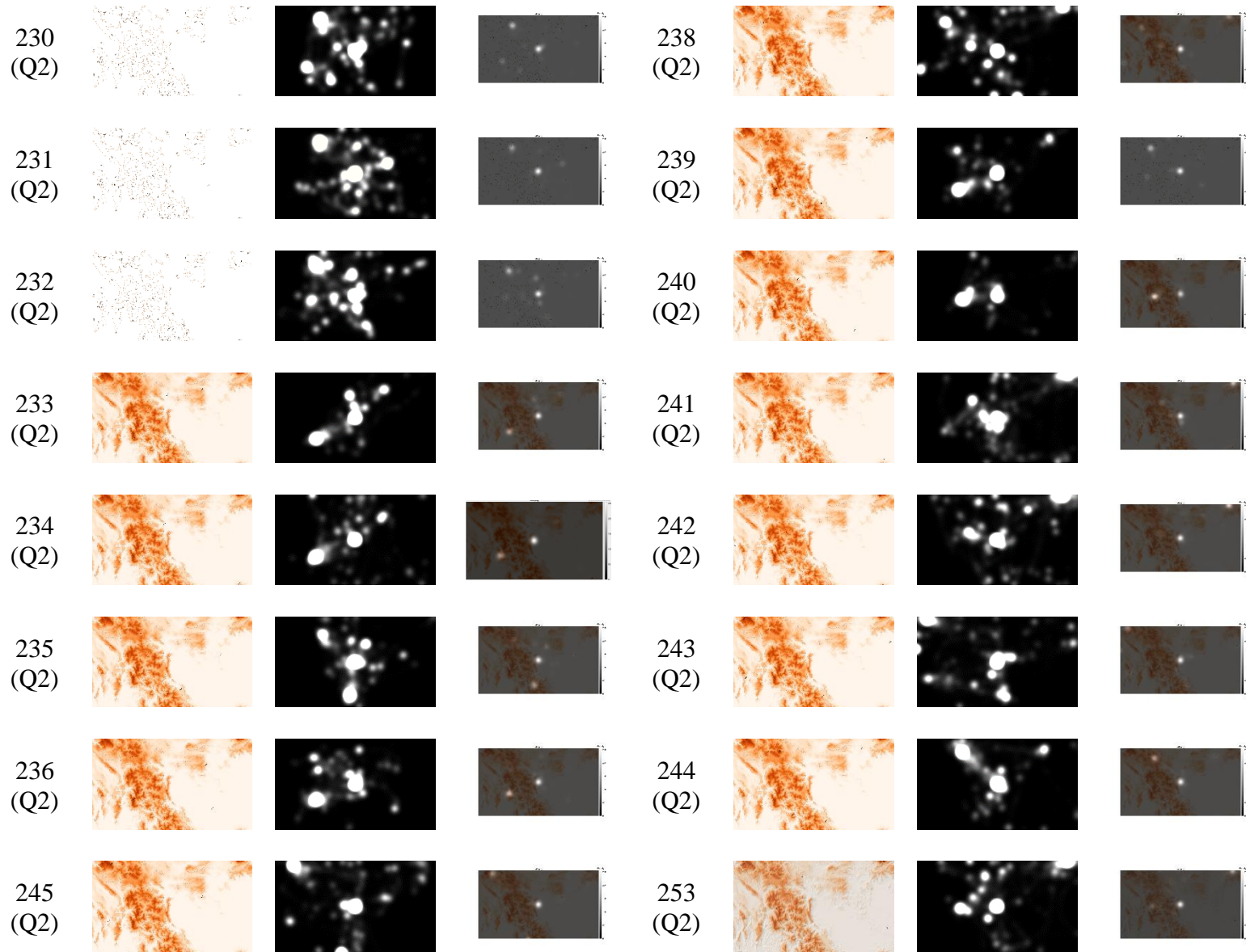


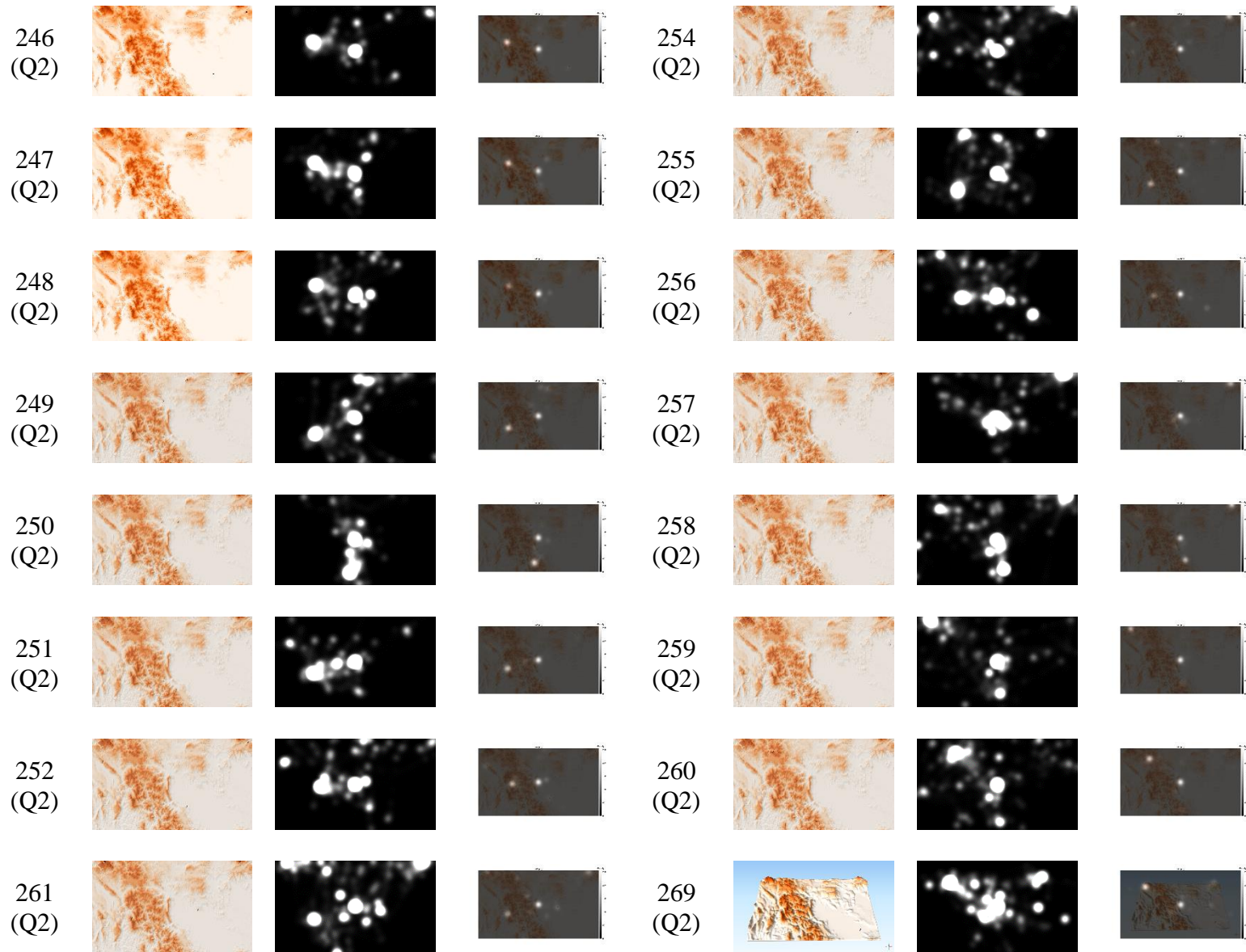


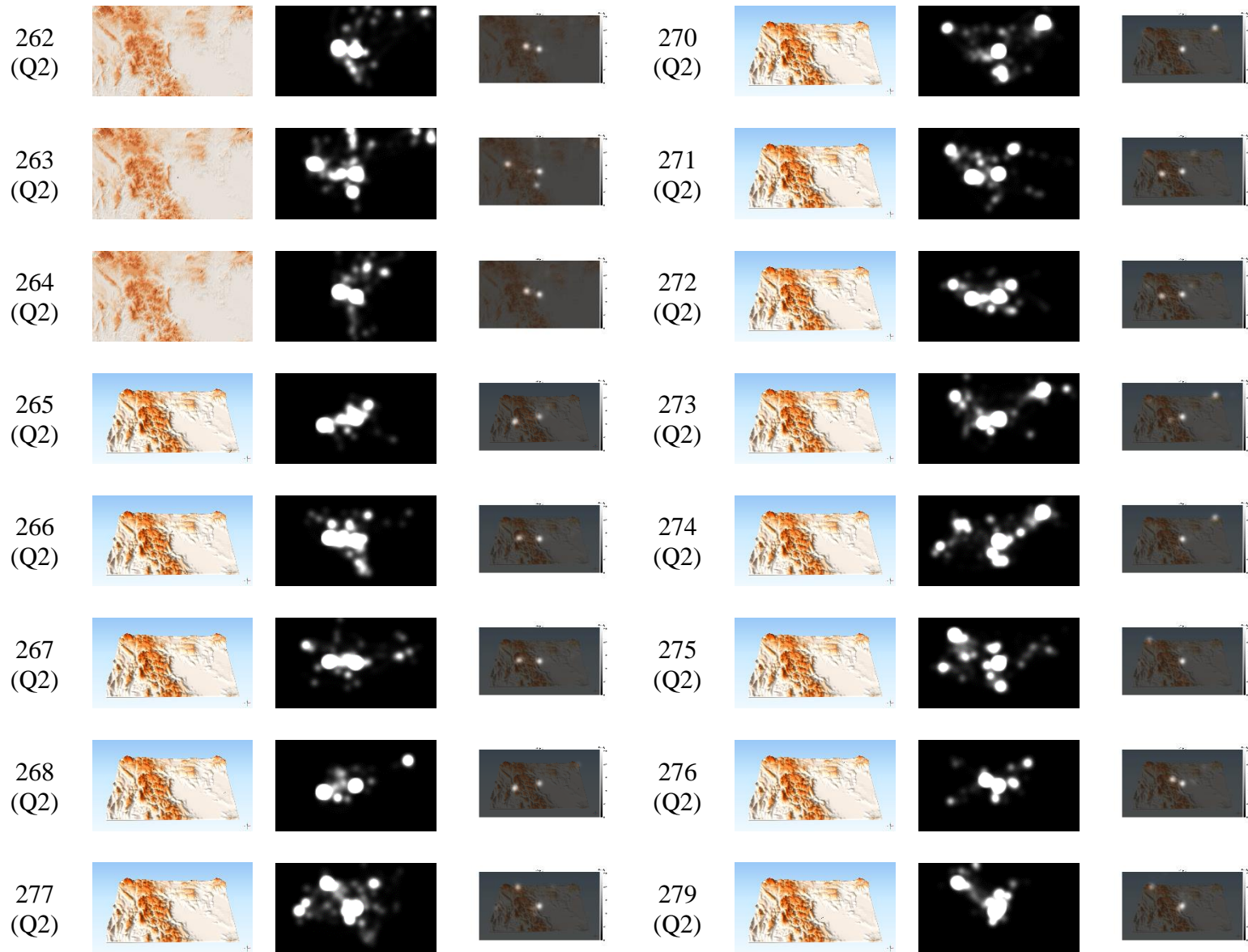




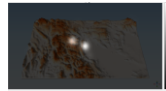
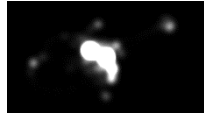
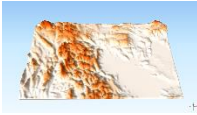








278  
(Q2)



280  
(Q2)

