

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΑΣ
“Η ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΟΝ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΠΟΛΥΘΕΜΑΤΙΚΟ ΚΟΣΜΟ”
16° ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΑΙΓΑΛΕΩ, 3 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2023

«ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΩΝ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΡΟΧΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ»

Θεόφιλος Φάκας, Μαργαρίτα Κόκλα, Ελένη Τομαή
Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών - Μηχανικών Γεωπληροφορικής
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



CYBER
CARTO

«Το ερευνητικό έργο υποστηρίχτηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛΙΔΕΚ) στο πλαίσιο της Δράσης «1η Προκήρυξη ερευνητικών έργων ΕΛΙΔΕΚ για την ενίσχυση των μελών ΔΕΠ και Ερευνητών/τριών και την προμήθεια ερευνητικού εξοπλισμού μεγάλης αξίας» (Αριθμός Έργου: HFRI-FM17-2661)»

 **ΕΛΙΔΕΚ.**
Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας & Καινοτομίας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

▶ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Αναφορά στο αντικείμενο της εργασίας

▶ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

- Παρουσίαση της εμπειρικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε, αναφέροντας τον τρόπο διεξαγωγής, ποιοι έλαβαν μέρος και άλλα στοιχεία

▶ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της εμπειρικής έρευνας και της στατιστικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε

▶ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- Εξαγωγή συμπερασμάτων και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

❖ Γενικό πλαίσιο

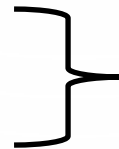
- Οπτικοποίηση χωροχρονικών δεδομένων
- Δισδιάστατη αναπαράσταση → Χάρτες ροής
- Τρισδιάστατη αναπαράσταση → Χωροχρονικός Κύβος (Space-Time Cube)

❖ Στόχος – Γιατί;

- Αξιολόγηση μέσω εμπειρικής έρευνας μιας δυναμικής δισδιάστατης χωροχρονικής απεικόνισης και μιας διαδραστικής τρισδιάστατης χωροχρονικής απεικόνισης δεδομένων τροχιάς οχημάτων



- Ορθότητα απαντήσεων (effectiveness)
- Χρόνος απόκρισης (efficiency)

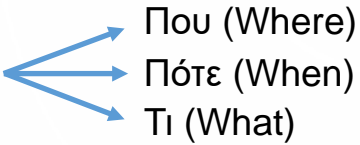


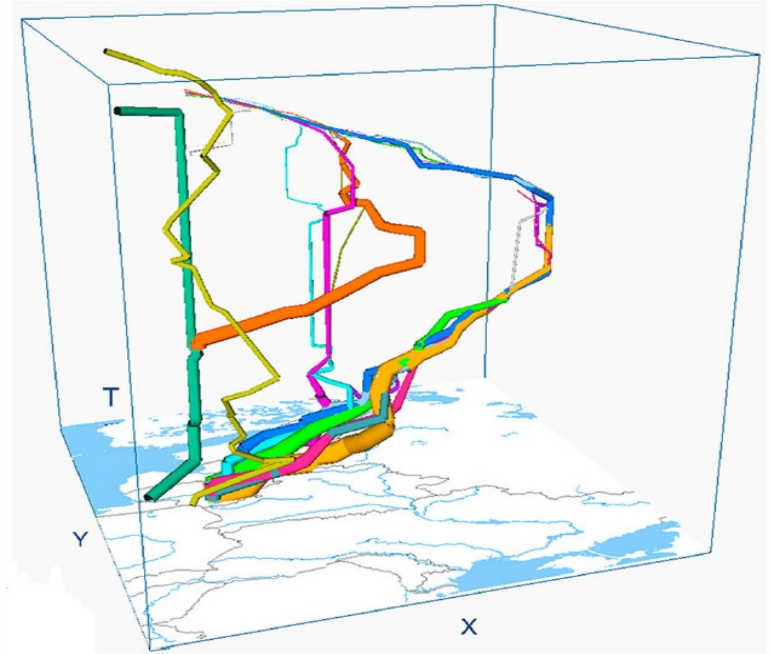
Μεταβλητές Αξιολόγησης

- **Κρίνεται κάποια απεικόνιση από τις δύο προτιμότερη;**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

❖ Χωροχρονικά Δεδομένα

- ✓ Κάθε δεδομένο το οποίο σχετίζεται με το χώρο και το χρόνο
- ✓ Βασικές συνιστώσες (Peuquet, 1994) 
 - Που (Where)
 - Πότε (When)
 - Τι (What)
- ✓ Διατύπωση ερωτημάτων με βάση τα χαρακτηριστικά τους:
 - Πότε (when) + που (where) → τι (what)
 - Πότε (when) + τι (what) → που (where)
 - Που (where) + τι (what) → πότε (when)



Αναπαράσταση της πορείας του στρατού του Ναπολέοντα προς τη Μόσχα την περίοδο 1812- 1813 (Πηγή: Cartographic Design and the Space-Time Cube – Irma Kveladze, Menno-Jan Kraak & Corné P.J.M. van Elzakker, 2019)

❖ Χωροχρονικός Κύβος

- ❑ Πρόκειται για μία μέθοδο αναπαράστασης χωροχρονικών δεδομένων την οποία την εισήγαγε ο Hagerstrand στα τέλη του 1960
- ❑ Αποτελείται από τρεις άξονες: δύο οριζόντιους (X,Y) που δείχνουν τη θέση και έναν κάθετο (Z) ο οποίος αναφέρεται στον χρόνο (T)
- ❑ Αναπαράσταση τροχιών αντικειμένων ή χωροχρονικών δεδομένων (Space-Time Paths)

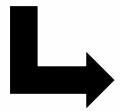
ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

❖ Συλλογή Δεδομένων

- Δεδομένα Τροχιάς: Διαδρομές απορριμματοφόρων σε χρονικό διάστημα μίας ημέρας, με αφητηρία διάφορες περιοχές του Δήμου Διονύσου (π.χ. Άγιο Στέφανο, Διόνυσο, Στάματα, Ροδόπολη, Άνοιξη) και προορισμό τον ΧΥΤΑ Φυλής

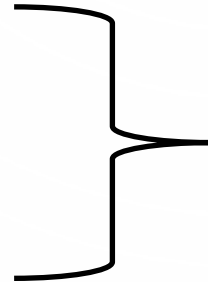
❖ Λογισμικά Εμπειρικής Έρευνας

- Τρισδιάστατο περιβάλλον: ILWIS 3.8.6



Υλοποίηση Χωροχρονικού Κύβου

- Δισδιάστατο Περιβάλλον: ArcGIS Online



Αξιολόγηση των δύο αναπαραστάσεων μέσω του ποσοστού λάθους (μέτρο της αποτελεσματικότητας στη χρήση της αναπαράστασης) και του χρόνου απόκρισης στις ερωτήσεις (μέτρο της αποδοτικότητας στην εκτέλεση μιας εργασίας)

❖ Λογισμικό ερωτηματολογίου και αξιολόγηση απεικονίσεων

- Για τη διαμόρφωση του ερωτηματολογίου, χρησιμοποιήθηκε η υπηρεσία «**Alchemer**»
- Το ερωτηματολόγιο αποτελούταν από 4 μέρη (εισαγωγή, δημογραφικές ερωτήσεις, ερωτήσεις που αφορούν την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των απεικονίσεων και ερωτήσεις που αφορούν την αξιολόγηση της χρηστικότητας των απεικονίσεων)
- Για την αξιολόγηση της χρηστικότητας των δύο απεικονίσεων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος «**System Usability Scale**» (SUS)

ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

❖ Ερωτήσεις ερωτηματολογίου

- Διαμορφώθηκαν συνολικά 23 ερωτήσεις (6 δημογραφικές, 7 για τις απεικονίσεις και 10 για τη χρηστικότητα των απεικονίσεων)
- Οι ερωτήσεις για τα δεδομένα χωρίστηκαν σε τέσσερις κατηγορίες με βάση την χωροχρονική κατηγορία και το αντικείμενο της οπτικοποίησης
- Οι ερωτήσεις για τη χρηστικότητα των απεικονίσεων αφορούσαν την αντίληψη των συμμετεχόντων για τις απεικονίσεις και τις αντιδράσεις τους (ικανοποίηση και προτιμήσεις)

❖ Συμμετέχοντες

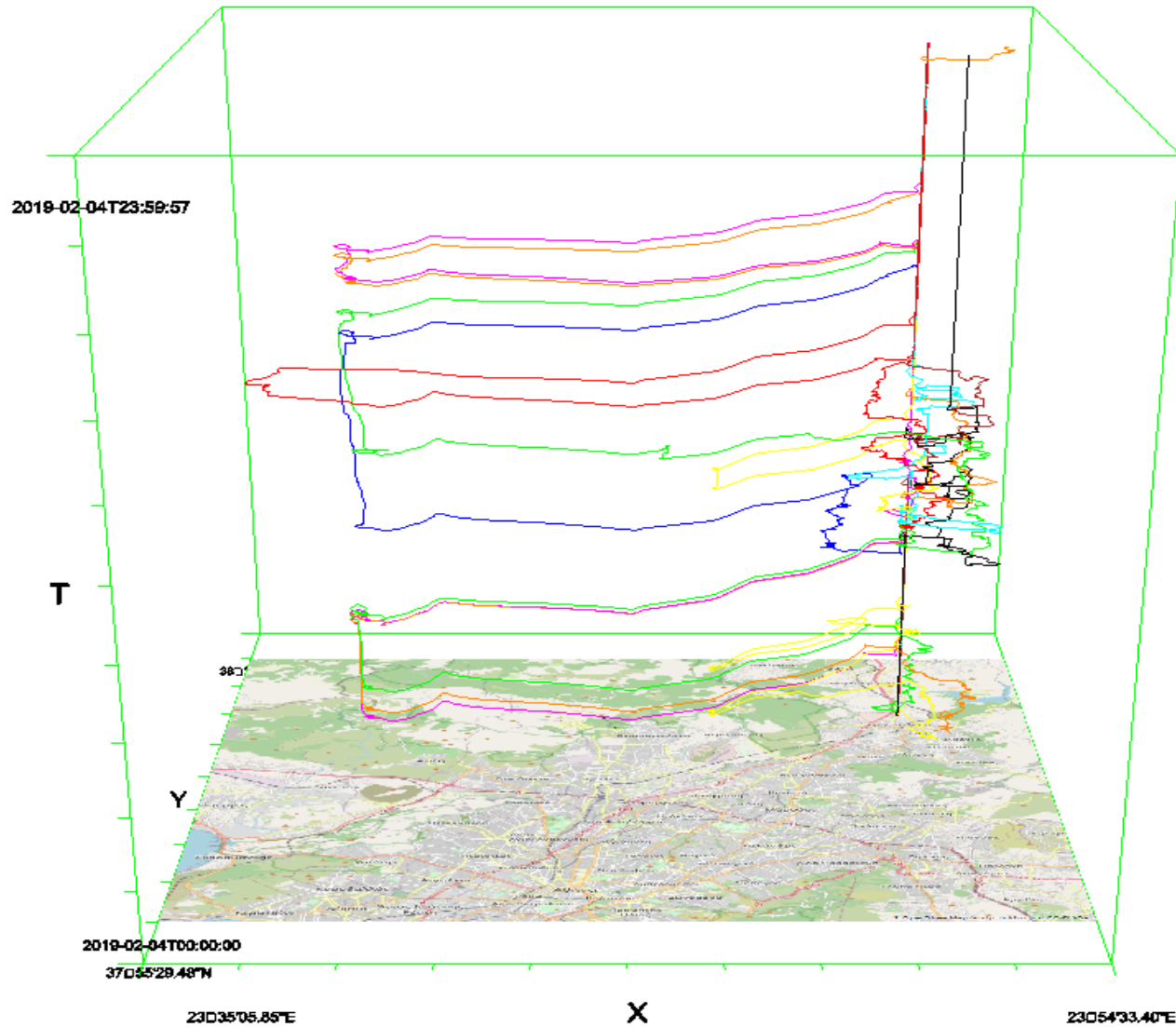
- Έλαβαν μέρος συνολικά 72 συμμετέχοντες
- Προπτυχιακοί φοιτητές
- Χωρίστηκαν σε δύο ομάδες

❖ Διαδικαστικά Έρευνας

- Πραγματοποιήθηκε σε δύο ημέρες
- Χρησιμοποιήθηκαν σταθεροί υπολογιστές με οθόνες 19, 22 και 24 ιντσών
- Υπήρξε στάδιο εξάσκησης/εξοικείωσης με τα δύο λογισμικά και μετέπειτα στάδιο απάντησης των ερωτήσεων

ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

❖ Τρισδιάστατη απεικόνιση δεδομένων

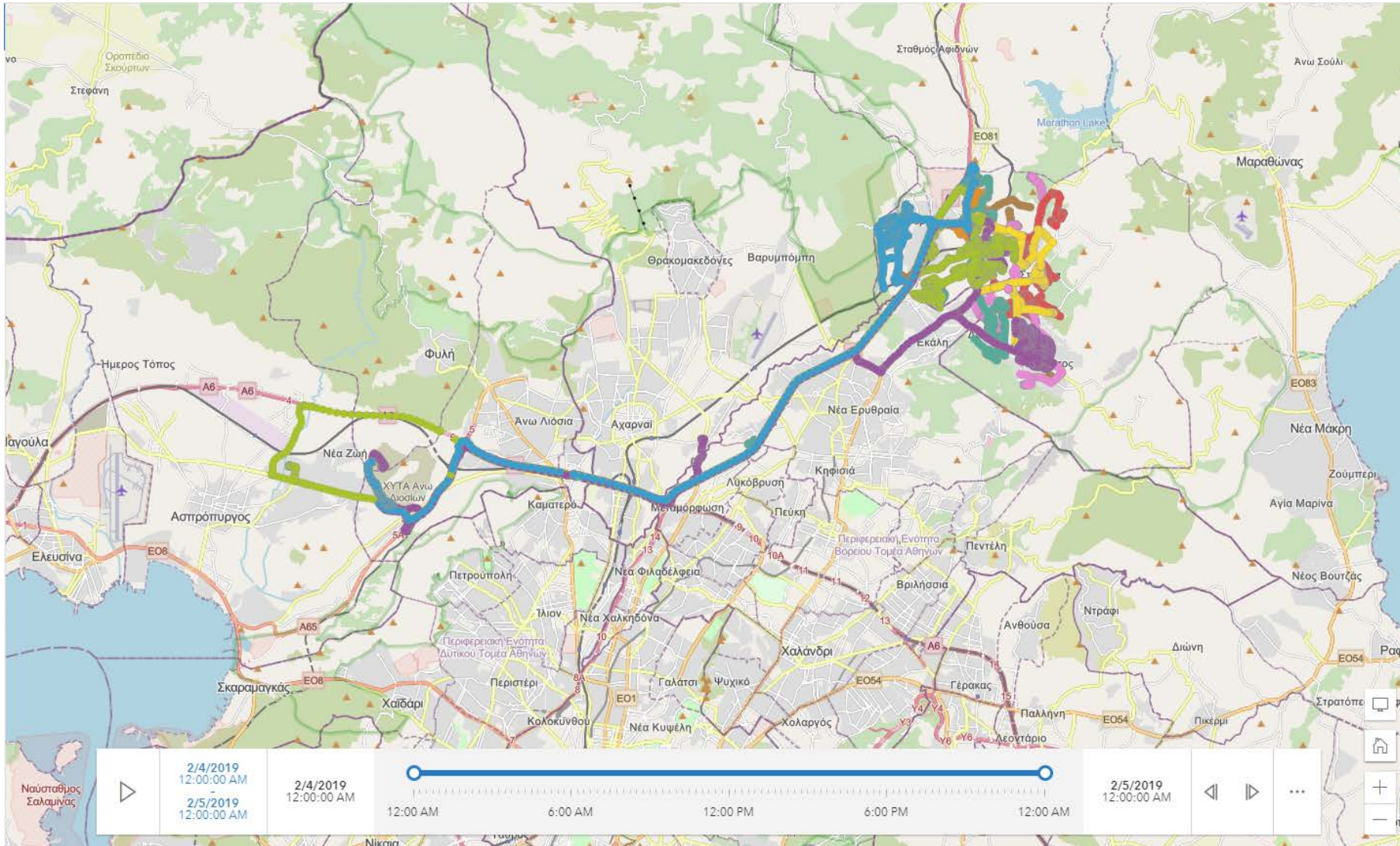


- Ως basemap (χάρτης βάσης) χρησιμοποιήθηκε υπόβαθρο του 'OpenStreetMap'
- Ο κύβος ενσωματώνει λειτουργίες διαδραστικότητας, όπως μετακίνηση, εστίαση και περιστροφή.

Αναπαράσταση διαδρομών απορριμματοφόρων, στον χωρο-χρονικό κύβο

ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

❖ Δισδιάστατη απεικόνιση δεδομένων



➤ Ως basemap (χάρτης βάσης) χρησιμοποιήθηκε υπόβαθρο του 'OpenStreetMap'

➤ Οι ρυθμίσεις του χρόνου ήταν προκαθορισμένες (βήμα χρόνου = 15 λεπτά)

- 11
- 4
- 2
- 3
- 7
- 13
- 14
- 5
- 8

Αναπαράσταση διαδρομών απορριμματοφόρων στο ArcGIS Online με την πληροφορία του χρόνου (time slider)

ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

❖ Ερωτήσεις που αφορούν τα δεδομένα

Χωροχρονική Κατηγορία	Αντικείμενο Οπτικοποίησης	Ερώτηση
στοιχειώδες 'πότε' (when) και στοιχειώδες 'τι και που' (what and where)	Τοποθεσία	1. Σε ποια περιοχή βρίσκεται το απορριματοφόρο '13' τη χρονική στιγμή 2:00:00 PM;
	Ανίχνευση	2. Ποιο/α απορριματοφόρο/α βρισκόταν/νταν στην ευρύτερη περιοχή του 'ΧΥΤΑ Φυλής' την χρονική στιγμή 10:00:00 AM;
γενικό 'πότε' (when) και στοιχειώδες 'τι και που' (what and where)	Ανίχνευση	3. Ποιες περιοχές επισκέφθηκε το απορριματοφόρο '5' στην διάρκεια της ημέρας;
γενικό 'πότε' (when) και γενικό 'τι και που' (what and where)	Σύγκριση	4. Το απορριματοφόρο '14' έκανε μεγαλύτερη διαδρομή από το απορριματοφόρο '7';
	Ανίχνευση	5. Ποια απορριματοφόρα ταξίδεψαν και έξω από την περιοχή του Αγίου Στεφάνου;
γενικό 'πότε' (when) και γενικό 'τι και που' (what and where)	Τοποθεσία	6. Σε ποια/ποιες περιοχές παρατηρείται πυκνότερη κυκλοφορία απορριματοφόρων;
	Ανίχνευση	7. Το απορριματοφόρο '3' στάθμευσε στην περιοχή του ΧΥΤΑ Φυλής στις 4:15:00 AM. Για πόση ώρα έμεινε σταθμευμένο το απορριματοφόρο, μέχρι αυτό πάλι να αρχίσει να κινείται;

- Για κάθε ερώτηση μετρήθηκε ο χρόνος απόκρισης των συμμετεχόντων
- Οι απαντήσεις είχαν μορφή ελεύθερου κειμένου (σε 6 ερωτήσεις) και επιλογής (σε 1 ερώτηση)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

❖ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

▪ Δημογραφικές Ερωτήσεις

- Συμμετείχαν 33 Άνδρες και 35 Γυναίκες
- Ηλικίας 18 – 25 χρονών
- Μόνο 10 από τους συμμετέχοντες είχαν κάποια επαφή με εργαλεία οπτικοποίησης
- Οι 35 απάντησαν τις ερωτήσεις στον κύβο και οι 33 στη δισδιάστατη απεικόνιση

▪ Έλεγχος για ακραίες τιμές

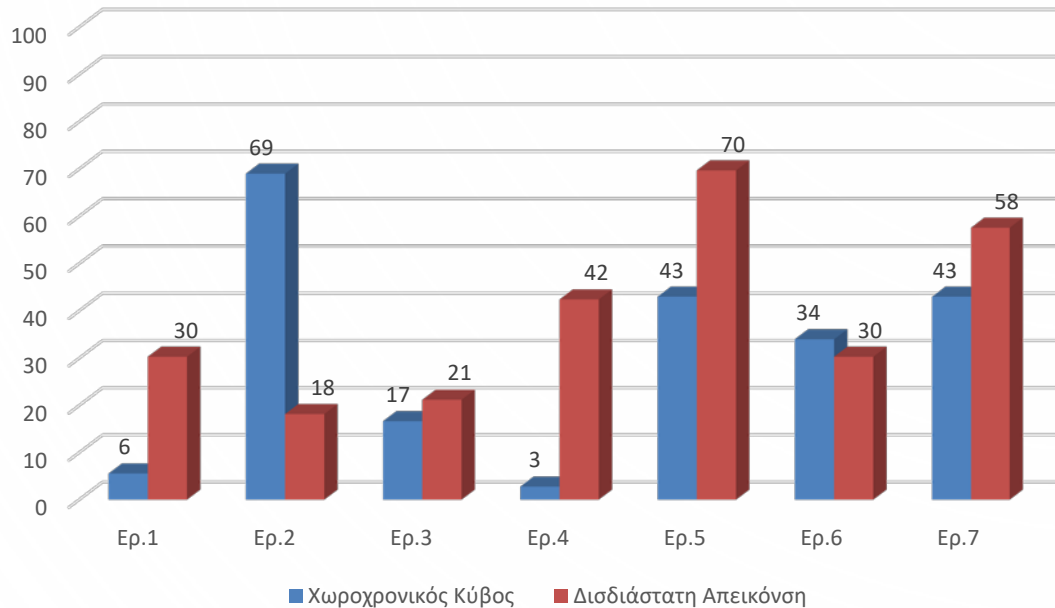
- Πραγματοποιήθηκε έλεγχος για ακραίες τιμές (outliers) με τη χρήση θηκογραμμάτων για τους χρόνους απόκρισης και αφαιρέθηκε ένα ερωτηματολόγιο από το αρχικό δείγμα
- Έγκυρα θεωρήθηκαν 68 ερωτηματολόγια

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

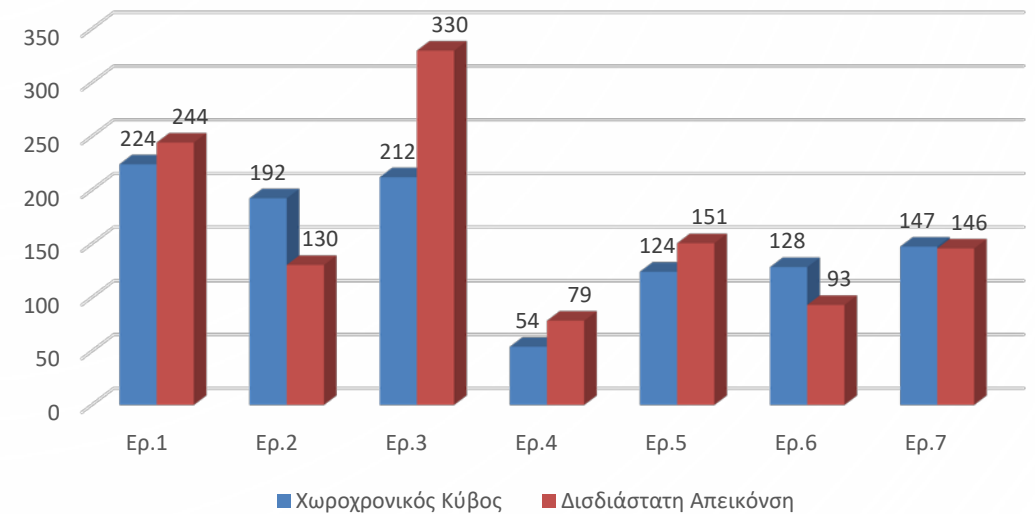
❖ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

■ Συνολικά Αποτελέσματα

Ποσοστό Λάθους (%) ανάμεσα στις δύο απεικονίσεις



Μέσος Χρόνος Απόκρισης (sec) για κάθε ερώτηση ανάμεσα στις δύο απεικονίσεις



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

❖ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

■ «Shapiro-Wilk Test»* ➔ Έλεγχο κατανομής των δειγμάτων, για τους χρόνους απόκρισης

Αποτελέσματα μεταβλητής p-value για τους χρόνους απόκρισης των δύο αναπαραστάσεων

Χωροχρονικός Κύβος							
	Ερ.1	Ερ.2	Ερ.3	Ερ.4	Ερ.5	Ερ.6	Ερ.7
p-value	<0.001	0.001	0.247	<0.001	<0.001	0.072	0.083
alpha	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Δισδιάστατη Αναπαράσταση							
p-value	0.098	<0.001	0.041	<0.001	0.102	0.002	0.031
alpha	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

➤ Στατιστικά Μεγέθη: Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, στατιστικό στοιχείο W και η πιθανότητα p-value

➤ Όπου p-value > 0.05 το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή

■ «Μη – Παραμετρικό Test Mann-Whitney U» ➔ Όταν τα δείγματα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή (χρόνοι απόκρισης)

- Για 2 από τις 7 ερωτήσεις υπήρξε σημαντική στατιστική διαφορά ως προς τους χρόνους απόκρισης (p-value < 0.05) (ερωτήσεις 2, 3)
- Η δισδιάστατη απεικόνιση φαίνεται να ήταν αποδοτικότερη ως προς την ερώτηση 2, ενώ η τρισδιάστατη απεικόνιση φαίνεται να ήταν αποδοτικότερη ως προς την ερώτηση 3

■ «Fisher's Exact Test» ➔ Έλεγχος στατιστικής διαφοράς ως προς την ορθότητα

- Για 4 από τις 7 ερωτήσεις υπήρξε σημαντική στατιστική διαφορά ως προς την ορθότητα των ερωτήσεων (p-value < 0.05) (ερωτήσεις 1, 2, 4, 5)
- Η τρισδιάστατη απεικόνιση φαίνεται ότι βοήθησε τους συμμετέχοντες να απαντήσουν ορθότερα τις ερωτήσεις 1, 4 και 5, ενώ η δισδιάστατη απεικόνιση φαίνεται ότι βοήθησε τους συμμετέχοντες να απαντήσουν ορθότερα την ερώτηση 2

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΟΡΘΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ

- Στην ερώτηση 2 (Ποιο/α απορριμματοφόρο/α βρισκόταν/ντουσαν στην ευρύτερη περιοχή του 'ΧΥΤΑ Φυλής' την χρονική στιγμή 10:00:00 AM) η δισδιάστατη απεικόνιση βοήθησε τους συμμετέχοντες όχι μόνο να την απαντήσουν σωστά αλλά και γρηγορότερα.
- Στην ερώτηση 3 (Ποιες περιοχές επισκέφθηκε το απορριμματοφόρο '5' στην διάρκεια της ημέρας) ενώ δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο απεικονίσεων ως προς την ορθότητα των απαντήσεων των συμμετεχόντων, εντούτοις, η τρισδιάστατη απεικόνιση τους βοήθησε να απαντήσουν πιο γρήγορα.
- Οι ερωτήσεις 1 (Σε ποια περιοχή βρίσκεται το απορριμματοφόρο '13' τη χρονική στιγμή 2:00:00 PM;), 4 (Το απορριμματοφόρο '14' έκανε μεγαλύτερη διαδρομή από το απορριμματοφόρο '7') και 5 (Ποια απορριμματοφόρα ταξίδεψαν και έξω από την περιοχή του Αγίου Στεφάνου;) απαντήθηκαν ορθότερα στην τρισδιάστατη απεικόνιση, χωρίς αυτό να συνεπάγεται αύξηση του χρόνου απόκρισης των συμμετεχόντων, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η απεικόνιση αυτή τους βοήθησε να βρουν τη σωστή απάντηση χωρίς να χρειάζεται να αναλώσουν περισσότερο χρόνο.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

❖ ΚΛΙΜΑΚΑ ΕΥΧΡΗΣΤΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (SYSTEM USABILITY SCALE) (Brook, 1996)

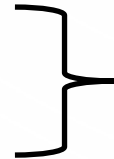
- Μετράει την αποτελεσματικότητα του συστήματος (απεικονίσεων)
- Εφαρμογή σε μικρά δείγματα δίνοντας αξιόπιστα αποτελέσματα

■ Υπολογισμός τιμών System Usability Scale (SUS)

1. Διατύπωση 10 ερωτήσεων που αφορούν την κάθε μία απεικόνιση (ως προς το λογισμικό)
2. Κάθε ερώτηση έχει 5 επιλογές για απάντηση με βάση την κλίμακα (Διαφωνώ Απόλυτα – Συμφωνώ Απόλυτα)

■ Τελική τιμή SUS

- Χωρο-χρονικός Κύβος: 79%
- Δισδιάστατη Απεικόνιση: 75.8%



ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β

- Πραγματοποιήθηκε στατιστικός έλεγχος για τη μεταξύ τους διαφορά, αλλά δεν ήταν στατιστικά σημαντική καθώς και οι δύο απεικονίσεις αξιολογήθηκαν το ίδιο

Κατηγοριοποίηση της τιμής SUS

<u>Τιμή SUS (%)</u>	<u>Βαθμός</u>	<u>Βαθμολογία</u>
> 80.3	A	Εξαιρετική
68 – 80.3	B	Πολύ Καλή
68	Γ	Καλή
51 – 68	Δ	Μέτρια
< 51	E	Κακή

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

❖ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η αξιολόγηση των απεικονίσεων βασίστηκε σε ποσοτική εκτίμηση των δύο μεταβλητών
- Το ποσοστό λάθους και οι χρόνοι απόκρισης στον κύβο ήταν μικρότερα απ' ό τι στη δισδιάστατη απεικόνιση για τις περισσότερες ερωτήσεις
- Συνολικά δεν υπήρξαν σημαντικές στατιστικές διαφορές, παρά μόνο σε μεμονωμένες ερωτήσεις, τόσο για τον χρόνο απόκρισης, όσο και για την ορθότητα των απαντήσεων.
- Η δισδιάστατη απεικόνιση προσφέρει καλύτερη θεώρηση του χώρου και επιτρέπει την ανίχνευση αντικειμένων σε μια δεδομένη χρονική στιγμή αποτελεσματικότερα και γρηγορότερα.
- Ο χωροχρονικός κύβος φαίνεται να προσφέρει καλύτερη εποπτεία του χώρου σε συνδυασμό με τον χρόνο και να διευκολύνει την αποτελεσματικότερη και ορθότερη απάντηση ερωτημάτων εύρεσης περιοχών, ανίχνευσης αντικειμένων, αλλά και σύγκρισης, τόσο για μεμονωμένα στοιχεία, όσο και γενικά για το υπό εξέταση φαινόμενο.
- Και οι δύο απεικονίσεις θεωρήθηκαν εξίσου ικανοποιητικές καθώς δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων

❖ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΙΤΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

- Αξιολόγηση χωροχρονικών αναπαραστάσεων από χρήστες που θεωρούνται ειδικοί ('experts')
- Αξιολόγηση συνδυαστικής χρήσης δισδιάστατης απεικόνισης και του κύβου και σύγκριση οφελών – πλεονεκτημάτων ως προς τη μεμονωμένη χρήση τους

ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ!!!