



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών  
Γεωπληροφορικής

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Γεωπληροφορική»

---

**Διαδικτυακή Χαρτογραφική Εφαρμογή για τη Χωροχρονική  
Απεικόνιση των Αναγκαστικών Μετακινήσεων Πληθυσμών σε  
Παγκόσμιο Επίπεδο**

Διπλωματική Εργασία:

Λαβίδας Αλέξανδρος-Δημήτρης

Επιβλέπουσα:

Κόκλα Μαργαρίτα, Επίκουρη Καθηγήτρια

Αθήνα, Φεβρουάριος 2024

Copyright @ Αλέξανδρος Χ.Σ. Λαβίδας, 2024

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. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια της διπλωματικής μου εργασίας, κα. Μαργαρίτα Κόκλα, για την καθοδήγηση που μου προσέφερε σε όλα τα στάδια υλοποίησης της εργασίας, τις υποδείξεις της για την εύρεση της κατάλληλης βιβλιογραφίας, τις παρατηρήσεις και διορθώσεις της τόσο στη συγγραφή του παρόντος όσο και στο πρακτικό μέρος της χαρτογραφικής εφαρμογής, το χρόνο που αφιέρωσε συνολικά μέχρι την ολοκλήρωση της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βουλουτάκη και το Κέντρο Γεωπληροφορικής της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής του ΕΜΠ για την χορήγηση άδειας λογισμικού για την εκπόνηση της εργασίας μου.

Με την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Γεωπληροφορική», οφείλω να ευχαριστήσω όλους τους διδάσκοντες και όλες τις διδάσκουσες που συμμετείχαν στη διεξαγωγή των μαθημάτων, παρά τα εμπόδια που υπήρξαν εξαιτίας της πανδημίας.

Τέλος, την εργασία αφιερώνω στην οικογένεια μου, τις φίλες και τους φίλους που μου στάθηκαν στις δύσκολες στιγμές.

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την υλοποίηση μιας διαδικτυακής διαδραστικής χαρτογραφικής εφαρμογής. Το συνολικό περιεχόμενο της εφαρμογής συνθέτουν θεματικές απεικονίσεις χωροχρονικών δεδομένων σε συνδυασμό με μια σειρά από εργαλεία που δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να αλληλεπιδρά με τα δεδομένα. Το φαινόμενο που αποδίδεται οπτικά στις απεικονίσεις σχετίζεται με την ανθρώπινη μετανάστευση και συγκεκριμένα με τις ροές αναγκαστικής μετανάστευσης (forced displacement flows) σε παγκόσμια κλίμακα. Οι ροές αναγκαστικής μετανάστευσης αφορούν τις βίαιες μετακινήσεις πληθυσμών που προκαλούνται από ιδιαίτερες συνθήκες που εμφανίζονται σε διάφορα σημεία του πλανήτη σε βάθος χρόνου (π.χ. πόλεμοι, ρατσισμός, βίαιες πολιτικές αναταράξεις, κ.α.) και την παροχή ασύλου σε αυτούς από άλλες χώρες. Οι λειτουργίες διαδραστικότητας που έχουν ενσωματωθεί στις χαρτογραφικές απεικονίσεις της εφαρμογής και τα δυναμικά στατιστικά διαγράμματα δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να εξερευνήσει τη συμπεριφορά του φαινομένου σε κάθε χώρα, τις μεταβολές που επέρχονται σε αυτό με την πάροδο του χρόνου αλλά και να πραγματοποιήσει συγκρίσεις μεταξύ διαφορετικών απεικονίσεων και θεματικών επιπέδων. Για τον σχεδιασμό της διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός των υπηρεσιών της πλατφόρμας ArcGIS Online, η τοπική εφαρμογή ArcGIS Pro καθώς και μια σειρά ανοιχτών εργαλείων που συνδράμουν στην επίτευξη του τελικού αποτελέσματος.

**Λέξεις - κλειδιά:** Χάρτης ροής, Διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή, Διαδραστικότητα, Ροές Αναγκαστικής Μετανάστευσης, Μεταναστευτικό απόθεμα, Δείκτης Καθαρής Μετανάστευσης, Πληθυσμός, ArcGIS Online

## **Abstract**

This thesis aims at the implementation of an interactive web mapping application. Its overall content consists of thematic visualizations of spatiotemporal data combined with a set of tools that enable the user to interact with the data. What is visually rendered in those visualizations is related to human migration and specifically to forced displacement flows on a global scale. Forced displacement flows concern the violent movements of populations caused by special conditions that appear around the world over time (e.g. wars, racism, violent political upheavals, etc.) and the granting of asylum to them by other countries. The interactivity features integrated in the application's thematic mapping visualizations and dynamic statistical charts, enable the user to explore the phenomenon's behavior in different countries, its changes over time and make comparisons between different visualizations and thematic layers. For the design of the online web mapping application, a combination of the web services of the ArcGIS Online platform, the desktop software ArcGIS Pro as well as a set of open-source tools that help to achieve the final result were used.

**Keywords:** Flowmap, Web Mapping Application, Interactivity, Forced Migration Flows, Migration Stock, Net Migration Rate Index, ArcGIS Online

## Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή.....</b>	<b>1</b>
1.1	Κατανόηση της μετανάστευσης μέσω της οπτικοποίησης.....	1
1.2	Η μετανάστευση στο χρόνο & ο ρόλος του διαδικτύου.....	2
1.3	Σκοπός της εργασίας.....	3
1.4	Δομή της εργασίας.....	4
<b>2</b>	<b>Χαρτογραφία &amp; Διαδίκτυο.....</b>	<b>5</b>
2.1	Χαρτογραφικές απεικονίσεις.....	5
2.1.1	Χωροποπληθής Χάρτης.....	7
2.1.2	Χάρτες αναλογικών και βαθμωτών συμβόλων.....	8
2.1.3	Χάρτες ροής.....	10
2.2	Κανονικοποίηση χωρικών δεδομένων.....	14
2.3	Ομαδοποίηση χωρικών δεδομένων.....	15
2.4	Θεματικοί χάρτες με χρονική διάσταση.....	16
2.5	Διαδίκτυο και τεχνολογίες στη σύγχρονη χαρτογραφία.....	22
2.5.1	Η επιρροή του διαδικτύου.....	22
2.5.2	Αρχιτεκτονική και τεχνολογίες διαδικτυακής χαρτογράφησης.....	23
2.5.3	Προσεγγίσεις στην ανάπτυξη διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών.....	26
2.5.4	Πλατφόρμες διαδικτυακής χαρτογράφησης με χρήση υπολογιστικού νέφους.....	28
2.6	Η λειτουργία της διαδραστικότητας.....	30
2.6.1	Η επίδραση της διαδραστικότητας στη Χαρτογραφία.....	30
2.6.2	Εφαρμογή της διαδραστικότητας στη διαδικτυακή χαρτογράφηση.....	32
<b>3</b>	<b>Ανθρώπινη Μετανάστευση &amp; Χάρτες Ροής.....</b>	<b>37</b>
3.1	Η χαρτογράφηση της παγκόσμιας μετανάστευσης.....	37
3.2	Η εξέλιξη στη χρήση των χαρτών ροής.....	39
3.3	Σχεδιαστικές αρχές για τους χάρτες ροής.....	42
3.3.1	Γενικές χαρτογραφικές αρχές χαρτών ροής.....	43
3.3.2	Χαρτογραφικές αρχές δυναμικών και διαδραστικών χαρτών.....	46

<b>4</b>	<b>Παραδείγματα διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών με δεδομένα ροής .....</b>	<b>49</b>
4.1	«Shipmap».....	49
4.2	«The Refugee Project».....	51
4.3	«BIXI bicycle sharing Montreal».....	53
4.4	«Windy: Wind map and weather forecast» .....	55
<b>5</b>	<b>Σχεδιασμός &amp; Υλοποίηση της Εφαρμογής .....</b>	<b>58</b>
5.1	Θέμα και σκοπός της εφαρμογής .....	58
5.1.1	Θέμα: Χωροχρονική απεικόνιση ροών αναγκαστικής μετανάστευσης .....	58
5.1.2	Σκοπός: Εξερεύνηση και διαδραστικότητα.....	60
5.2	Εργαλεία επεξεργασίας δεδομένων & υλοποίησης εφαρμογής .....	61
5.2.1	Microsoft Excel .....	62
5.2.2	Quantum GIS (QGIS).....	62
5.2.3	ArcGIS Pro .....	63
5.2.4	ArcGIS Web Map.....	65
5.2.5	ArcGIS Experience Builder.....	67
5.2.6	ArcGIS Web AppBuilder .....	68
5.2.7	ArcGIS Instant Apps .....	69
5.2.8	FlowmapBlue .....	70
5.2.9	ColorBrewer 2.0.....	72
5.3	Χαρτογραφικά δεδομένα απεικονίσεων.....	73
5.3.1	Ανοιχτά δεδομένα .....	73
5.3.2	Χαρτογραφικό υπόβαθρο .....	74
5.3.3	Δεδομένα μεταναστευτικών ροών.....	77
5.3.4	Δεδομένα μεταναστευτικού αποθέματος .....	83
5.3.5	Δεδομένα συνολικού πληθυσμού και Δείκτης Καθαρής Μετανάστευσης.....	85
5.3.6	Ομαδοποίηση δεδομένων .....	86
5.3.7	Μεταφόρτωση δεδομένων στο υπολογιστικό νέφος.....	94
<b>6</b>	<b>Παραγωγή Απεικονίσεων &amp; Παρουσίαση Εφαρμογής.....</b>	<b>95</b>
6.1	Θεματικές απεικονίσεις.....	95

6.1.1	Χαρτογραφικό υπόβαθρο .....	95
6.1.2	Χωροπληθείς απεικονίσεις για την οικονομική και εισοδηματική κατάταξη των χωρών .....	96
6.1.3	Χωροπληθείς απεικόνιση του δείκτη καθαρής μετανάστευσης (ΔΚΜ).....	98
6.1.4	Χάρτες βαθμωτών συμβόλων για την εισροή και εκροή μεταναστευτικού αποθέματος.. .....	99
6.1.5	Χάρτης βαθμωτών συμβόλων για το συνολικό πληθυσμό.....	101
6.1.6	Χάρτης μεταναστευτικών ροών .....	102
6.1.7	Απεικόνιση στατιστικού διαγράμματος .....	103
6.2	Διαδικτυακή εφαρμογή .....	104
6.2.1	Αρχική οθόνη .....	105
6.2.2	Λειτουργίες διαδραστικότητας.....	107
6.2.3	Αναδυόμενα παράθυρα (pop-up windows) .....	110
<b>7</b>	<b>Συμπεράσματα.....</b>	<b>115</b>
7.1	Αξιολόγηση εφαρμογής .....	115
7.1.1	Τα προβλήματα και οι προκλήσεις στην ανάπτυξη της εφαρμογής.....	115
7.1.2	Η Λειτουργικότητα.....	117
7.1.3	Το αντικείμενο της εφαρμογής.....	120
7.2	Προτάσεις βελτίωσης.....	123

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Διαφορετικές αναπαραστάσεις συνεχών/διακριτών και εξομαλυσμένων/μη εξομαλυσμένων φαινομένων .....	6
Εικόνα 2: Διαδοχικοί (αριστερά) & αποκλίνοντες (δεξιά) συνδυασμοί για διαφορετικές μεταβλητές ..	7
Εικόνα 3: Χάρτης αναλογικών συμβόλων για τον πληθυσμό των Η.Π.Α ανά κομητεία (πηγή: <a href="https://www.census.gov/">https://www.census.gov/</a> ) .....	9
Εικόνα 4: Χάρτης ροών μετανάστευσης πληθυσμού στις Η.Π.Α. (1955-1960) και (1995-2000) ( πηγή: <a href="http://www.census.gov">www.census.gov</a> ) .....	13
Εικόνα 5: Σύγχρονη έκδοση του χάρτη του Minard για την εκστρατεία του Ναπολέοντα στη Ρωσία μεταφρασμένη στα αγγλικά (πηγή: <a href="http://www.wikipedia.org">www.wikipedia.org</a> ) .....	18



Εικόνα 6: Πολλαπλοί στατικοί χάρτες για την απεικόνιση της μέσης ημερήσιας ηλιοφάνειας στις Η.Π.Α. (πηγή: North America Data Assimilation System (NLDAS), Daily Sunlight (Insolation) years 1979-2011 στη διαδικτυακή βάση δεδομένων του CDC WONDER) .....	19
Εικόνα 7: Απεικόνιση χωροχρονικού κύβου για δεδομένα γεννήσεων στην Πολιτεία της Μασαχουσέτης των Η.Π.Α. (πηγή: Ogneva-Himmelberger, Haynes (2022): Using space–time cube to analyze trends in adverse birth outcomes and maternal characteristics in Massachusetts, USA).....	20
Εικόνα 8: Εφαρμογή dashboard για την εξάπλωση του ιού covid-19 (πηγή: <a href="https://coronavirus.jhu.edu/">https://coronavirus.jhu.edu/</a> ).....	21
Εικόνα 9: Τα βασικά στάδια για την ανάπτυξη διαδραστικών διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών (πηγή: D.A. Smith / Computers, Environment and Urban Systems 57 (2016)) .....	24
Εικόνα 10: Το περιβάλλον διεπαφής της εφαρμογής Google Maps το 2005 (πηγή: <a href="https://blog.google/">https://blog.google/</a> ) .....	25
Εικόνα 11: Στιγμιότυπο από εφαρμογή της πλατφόρμας Flowmap Blue (πηγή: <a href="http://www.github.com">www.github.com</a> )....	29
Εικόνα 12: Δυνατότητα διαφοροποίησης χρωματικού σχήματος και άλλων παραμέτρων για την απεικόνιση των δεδομένων στην πλατφόρμα του FlowmapBlue (πηγή: <a href="http://www.flowmap.blue">www.flowmap.blue</a> ) .....	34
Εικόνα 13: Χάρτης αεροπορικών δρομολογίων της Air France της δεκαετίας του 1930 (πηγή: David Rumsey Map Collection) .....	40
Εικόνα 14: Συνολικός αριθμός παραπομπών για θέματα στην οπτικοποίηση κίνησης (πηγή: Somayeh Dodge & Evgeny Noi (2021) Mapping trajectories and flows: facilitating a human-centered approach to movement data analytics, Cartography and Geographic Information Science, 48:4, 353-375).....	42
Εικόνα 15: Σύγκριση των οπτικών μεταβλητών πάχους γραμμής (αριστερά) και φωτεινότητας (δεξιά) για την απόδοση του μεγέθους των ροών (πηγή: Shang, L., Xue, C., Lin, Y., Shao, J. (2020). Visual Representation Strategy of Flow Line in Flow Maps Visualization). .....	44
Εικόνα 16: Σχεδιαστικές αρχές γραμμών ροής που προτιμώνται (πάνω) και αποφεύγονται (κάτω) (πηγή: Bernhard Jenny, Daniel M. Stephen, Ian Muehlenhaus, Brooke E. Marston, Ritesh Sharma, Eugene Zhang & Helen Jenny (2016): Design principles for origin-destination flow maps, Cartography and Geographic Information Science).....	45
Εικόνα 17: Το περιβάλλον διεπαφής και απεικόνισης της χαρτογραφικής εφαρμογής "Shipmap" (πηγή: <a href="http://www.shipmap.org">www.shipmap.org</a> ).....	50
Εικόνα 18: Το περιβάλλον διεπαφής της εφαρμογής "The Refugee Project" (πηγή: <a href="http://www.therefugeeproject.org">www.therefugeeproject.org</a> ).....	52
Εικόνα 19: Περιβάλλον διεπαφής της πλατφόρμας FlowmapBlue για την εφαρμογή BIXI Montreal	54
Εικόνα 20: Στιγμιότυπο από το περιβάλλον διεπαφής της εφαρμογής "Windy" (πηγή: <a href="http://www.windy.com">www.windy.com</a> ) .....	56
Εικόνα 21: Στιγμιότυπο από το περιβάλλον διεπαφής της υπηρεσίας WebMap του ArcGIS Online. .	66
Εικόνα 22: Στιγμιότυπο από απεικόνιση των δεδομένων στο περιβάλλον του ArcGIS Web AppBuilder .....	69

Εικόνα 23: Παράδειγμα υλοποίησης μιας εφαρμογής "Slider" στην πλατφόρμα ArcGIS Instant Apps .....	70
Εικόνα 24: Απεικόνιση ροών στην πλατφόρμα FlowmapBlue (πηγή: <a href="https://www.flowmap.blue/">https://www.flowmap.blue/</a> ) ...	71
Εικόνα 25: Στιγμιότυπο από το περιβάλλον διεπαφής του διαδικτυακού εργαλείου ColorBrewer 2.0	72
Εικόνα 26: Σύγκριση κεντρικού (κόκκινο) με κεντροειδές σημείο (πράσινο) στην περίπτωση της Ολλανδίας. ....	81
Εικόνα 27: Μενού παραμετροποίησης του εργαλείου "XY To Line" στο περιβάλλον του ArcGIS Pro .....	82
Εικόνα 28: Ομαδοποίηση ίσων διαστημάτων (αριστερά), φυσικών ορίων Jenks (δεξιά) και γεωμετρική ομαδοποίηση (κάτω) στα δεδομένα εκροών μεταναστευτικού αποθέματος από το λογισμικό του ArcGIS Pro.....	90
Εικόνα 29: Χειροκίνητη ομαδοποίηση (Manual Interval) στα δεδομένα του δείκτη ΔΚΜ .....	93
Εικόνα 30: Διαγράμματα από τη διαδικτυακή εφαρμογή στο περιβάλλον του ArcGIS Experience Builder.....	104
Εικόνα 31: Αρχική οθόνη της χαρτογραφικής εφαρμογής .....	105
Εικόνα 32: Ένθετες απεικονίσεις κάτω από την κύρια αρχική οθόνη της χαρτογραφικής εφαρμογής .....	106
Εικόνα 33: Εργαλείο φιλτραρίσματος δεδομένων με βάση τη χώρας αφετηρίας ή προορισμού .....	107
Εικόνα 35: Εργαλείο χρονικού φιλτραρίσματος (timeslider) .....	108
Εικόνα 35: Εργαλεία χρονικού φιλτραρίσματος στα δεδομένα εισροών και εκροών μεταναστευτικού αποθέματος.....	109
Εικόνα 36: Εργαλείο επιλογής θεματικών επιπέδων και προβολής υπομνήματος .....	109
Εικόνα 37: Αποτέλεσμα παραθύρου στατιστικού διαγράμματος μετά από φιλτράρισμα χωρίς διαθέσιμα δεδομένα.....	110
Εικόνα 38: Αναδυόμενο παράθυρο χαρτογραφικού υποβάθρου .....	111
Εικόνα 39: Αναδυόμενο παράθυρο χωροπληθούς χάρτη οικονομίας.....	112
Εικόνα 40: Αναδυόμενο παράθυρο χωροπληθούς χάρτη εισοδήματος .....	112
Εικόνα 41: Αναδυόμενο παράθυρο χάρτη βαθμωτών συμβόλων συνολικού πληθυσμού .....	112
Εικόνα 42: Αναδυόμενο παράθυρο χωροπληθούς χάρτη δείκτη καθαρής μετανάστευσης .....	113
Εικόνα 43: Αναδυόμενο παράθυρο χάρτη μεταναστευτικών ροών .....	113
Εικόνα 44: Αναδυόμενο παράθυρο χάρτη βαθμωτών συμβόλων εισροών μεταναστευτικού αποθέματος.....	113
Εικόνα 45: Αναδυόμενο παράθυρο χάρτη βαθμωτών συμβόλων εκροών μεταναστευτικού αποθέματος .....	114
Εικόνα 46: Αναδυόμενο παράθυρο στατιστικού διαγράμματος .....	114

## **Κατάλογος Χαρτών**

Χάρτης 1: Κύριο χαρτογραφικό υπόβαθρο - στιγμιότυπο ArcGIS Web Map.....	96
Χάρτης 2: Χωροπληθής απεικόνιση για την οικονομική κατάταξη των χωρών - στιγμιότυπο ArcGIS Web Map.....	97
Χάρτης 3: Χωροπληθής απεικόνιση για την εισοδηματική κατάταξη των χωρών - στιγμιότυπο ArcGIS Web Map.....	98
Χάρτης 4: Χωροπληθής απεικόνιση του ΔΚΜ για το έτος 1990 - στιγμιότυπο ArcGIS Web Map.....	99
Χάρτης 5: Εισροές μεταναστευτικού αποθέματος για το έτος 1990 - στιγμιότυπο ArcGIS Instant Apps .....	100
Χάρτης 6: Εκροές μεταναστευτικού αποθέματος για το έτος 1990 - στιγμιότυπο ArcGIS Instant Apps .....	101
Χάρτης 7: Συνολικός πληθυσμός για το έτος 1990 - στιγμιότυπο ArcGIS Web Map.....	102
Χάρτης 8: Χάρτης μεταναστευτικών ροών με αφετηρία τη Συρία για το έτος 2013 - στιγμιότυπο από ArcGIS Web Map .....	103
Χάρτης 9: Χωροπληθής απεικόνιση ΔΚΜ στην περιοχή της Λιβερίας (1990).....	121
Χάρτης 10: Χωροπληθής απεικόνιση ΔΚΜ στην περιοχή Σερβίας - Κοσόβου (1999) .....	121
Χάρτης 11: Χωροπληθής απεικόνιση ΔΚΜ στην περιοχή της Συρίας (2013) .....	122
Χάρτης 12: Χωροπληθής απεικόνιση ΔΚΜ στην περιοχή της Ρουάντα (1994).....	122

## **Κατάλογος Γραφημάτων**

Γράφημα 1: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τα δεδομένα εισροών του μεταναστευτικού αποθέματος... 88	88
Γράφημα 2: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τα δεδομένα εκροών του μεταναστευτικού αποθέματος.... 88	88
Γράφημα 3: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τα δεδομένα συνολικού πληθυσμού .....	89
Γράφημα 4: Ιστόγραμμα συχνοτήτων δεδομένων μεταναστευτικών ροών .....	91

## **Κατάλογος Πινάκων**

Πίνακας 1: Οικονομική και εισοδηματική κατάταξη χωρών στις περιγραφικές πληροφορίες του χαρτογραφικού υποβάθρου (ΟΗΕ-ΟΟΣΑ, 2020).....	76
---	----

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Κατανόηση της μετανάστευσης μέσω της οπτικοποίησης

Η μετανάστευση σε παγκόσμιο επίπεδο είναι μια πολυπαραγοντική διαδικασία η οποία ενεργοποιείται από μια πληθώρα κοινωνικο-οικονομικών γεγονότων που συμβαίνουν καθημερινά στον πλανήτη. Οικονομικές συνθήκες, εισόδημα, κοινωνικές αναταραχές, πολεμικές συρράξεις, πολιτικές διώξεις είναι μερικοί από τους βασικότερους μοχλούς πίεσης που επιβαρύνουν πληθυσμιακές ομάδες και που οδηγούν στη μετανάστευση εκτός των συνόρων της χώρας καταγωγής και διαμονής τους. Οι μεταναστευτικές ροές που πραγματοποιούνται ετησίως σε παγκόσμια κλίμακα καταγράφονται από ανθρωπιστικές οργανώσεις και κρατικές υπηρεσίες ασύλου ολοένα και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (United Nations) και η Ύπατη Αρμοστεία του ΟΗΕ για τους Πρόσφυγες (UNHCR) διατηρούν δεδομένα των πληθυσμών που μεταναστεύουν εδώ και δεκαετίες. Η χαρτογράφηση αυτών των μετακινήσεων δίνει τη δυνατότητα να ερμηνευτούν οι τάσεις που δημιουργούνται στην παγκόσμια μετανάστευση κατά χρονικές περιόδους.

Οι πρώτες γραφικές αναπαραστάσεις μετακινήσεων χρονολογούνται πίσω στο 1800 (Friendly & Denis, 2001; Steiner, 2019) και περιλαμβάνουν ένα χάρτη ροών από τον Harness που απεικονίζει τις συγκοινωνιακές μετακινήσεις επιβατών στην Ιρλανδία αλλά και το χάρτη της εκστρατείας του Ναπολέοντα στη Ρωσία από τον Charles Minard (Kraak, 2014). Στη σύγχρονη εποχή, οι πρώτοι χάρτες ροής σχεδιασμένοι σε ηλεκτρονικό υπολογιστή δημιουργήθηκαν από τους Kern και Rushton (1969), Wittick (1976) και Tobler (1981). Αυτοί δημιουργήθηκαν βασισμένοι στις αθροιστικές ροές προέλευσης – προορισμού (origin and destination – O-D flows) που συχνά συλλέγονταν σε μορφή πίνακα αντιπροσωπεύοντας την κυκλοφορία τραπεζογραμμάτων, στοιχεία απογραφής πληθυσμού καθώς και μετακινήσεις ή μετανάστευση πληθυσμού μεταξύ διαφορετικών τοποθεσιών.

Στο σήμερα, ολοένα και περισσότερες πληροφορίες συλλέγονται για τα φυσικά και κοινωνικά φαινόμενα που εκτυλίσσονται καθημερινά και η ανάλυση των οποίων αλλάζει την πραγματικότητα και φέρνει αλλαγές στον τρόπο που αυτά αντιμετωπίζονται. Αισθητήρες καταγράφουν καθημερινά την εξέλιξη μεταβλητών όπως θερμοκρασίες, ταχύτητες ανέμων, βροχοπτώσεις. Με τη χωροχρονική ανάλυση αυτών επιτυγχάνεται η μοντελοποίηση, η πρόβλεψη δεδομένων και η λήψη μέτρων προστασίας του πλανήτη.

Παρ'όλα αυτά εμφανίζονται ορισμένα εμπόδια που περιορίζουν την ψηφιακή χαρτογράφηση κοινωνικών και οικονομικών φαινομένων. Η πρωτοπορία στους διαδικτυακούς χάρτες καθοδηγήθηκε κυρίως από μεγάλες τεχνολογικές εταιρείες (Plewe, 2007), οι οποίες επεδίωκαν να αποκτήσουν κομμάτι από τις επικερδείς αγορές της κινητής τηλεφωνίας και των μηχανών χωρικής αναζήτησης, δίνοντας συγκριτικά λιγότερη προσοχή σε κοινωνικά και οικονομικά ζητήματα (Smith, 2016).

Το φαινόμενο της μετανάστευσης παρουσιάζει αυξανόμενες τάσεις τα τελευταία χρόνια κυρίως λόγω πολεμικών συρράξεων σε πολλά σημεία του πλανήτη με αποτέλεσμα την καταγραφή μεγάλων σε όγκο μεταναστευτικών ροών από τις πληγείσες χώρες. Όσο τα δεδομένα μετακινήσεων ποικίλουν ολοένα και περισσότερο σε διαστάσεις και ανάλυση και παράλληλα είναι ευκολότερα διαθέσιμα, τόσο η χαρτογράφησή τους γίνεται ιδιαίτερα σημαντική για τη διερεύνηση προτύπων στις μεταναστευτικές ροές μέσα από μεγάλα σύνολα δεδομένων ροών προέλευσης – προορισμού (Somayeh Dodge & Evgeny Noi, 2021).

## 1.2 Η μετανάστευση στο χρόνο & ο ρόλος του διαδικτύου

Τα δεδομένα που συλλέγονται αναφορικά με τις μεταναστευτικές ροές διαθέτουν ως βασική πληροφορία τη θέση αφετηρίας και τη θέση προορισμού. Ωστόσο η μετανάστευση είναι ένα δυναμικό φαινόμενο που μεταβάλλεται στο χρόνο και για αυτό είναι σημαντική η καταγραφή και της χρονικής διάστασης των μεταναστευτικών ροών, δηλαδή της ημερομηνίας (συνήθως έτους) στην οποία αυτές πραγματοποιούνται. Γίνεται σαφές ότι οι κατευθύνσεις και οι εντάσεις των μετακινήσεων ποικίλλουν και μεταβάλλονται στο χρόνο ανάλογα με τις κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η έντονη δυναμικότητα του φαινομένου καθιστά ανεπαρκή τη βαθιά κατανόησή του μέσω μιας στατικής οπτικοποίησης. Οι δυναμικές αναπαραστάσεις επιτυγχάνονται σήμερα με την αντικατάσταση των αναλογικών χαρτών από ψηφιακούς χάρτες και ψηφιακές χαρτογραφικές εφαρμογές. Σε αυτή την τεχνολογική εξέλιξη έρχεται να προστεθεί και το διαδίκτυο. Το διαδίκτυο έχει αλλάξει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε αλλά και δημιουργούμε χάρτες. Μια σημαντική συμβολή του διαδικτύου στη χαρτογραφία είναι η δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες από οποιοδήποτε μέρος του κόσμου. Οι ψηφιακοί χάρτες και οι διαδικτυακές χαρτογραφικές εφαρμογές, όπως το Google Maps και το Open Street Map (OSM), προσφέρουν στους χρήστες πρόσβαση σε παγκόσμια γεωγραφικά δεδομένα, δυνατότητα αλληλεπίδρασης με αυτά τα δεδομένα, αλλά και με άλλους

χρήστες ενώ σε πλατφόρμες ελεύθερων δεδομένων (OSM) μπορούν οι ίδιοι να παράγουν και να προσθέτουν πληροφορίες. Βασικό στοιχείο των διαδικτυακών χαρτών είναι οι λειτουργίες της διαδραστικότητας. Οι χρήστες μπορούν να επιλέγουν συγκεκριμένα στοιχεία και να δημιουργούν την οπτικοποίηση που επιθυμούν φιλτράροντας τα δεδομένα. Συνολικά, συμπεραίνεται ότι ο συνδυασμός της ψηφιακής χαρτογραφίας με το διαδίκτυο έχει αναβαθμίσει τον τρόπο σκέψης του χρήστη αλλά και τον τρόπο με τον οποίο αναλύει την διαθέσιμη πληροφορία.

### 1.3 Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα εργασία στοχεύει στην παραγωγή μίας διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής (web map application) που θα χρησιμοποιεί ελεύθερα δεδομένα από το διαδίκτυο τα οποία σχετίζονται με την παγκόσμια μετανάστευση. Η πρωτογενής πληροφορία αποτελείται από δύο βασικές κατηγορίες: το **μεταναστευτικό απόθεμα (migrant stock)**, δηλαδή τον μεταναστευμένο πληθυσμό που απογράφεται σε χώρες εκτός της χώρας καταγωγής και τις **μεταναστευτικές ροές (migrant flows)**, δηλαδή τον πληθυσμό που καταγράφεται κατά τη μετανάστευσή του. Τα δεδομένα του μεταναστευτικού αποθέματος προέρχονται από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (UN) και συγκεκριμένα από το Τμήμα Οικονομικών και Κοινωνικών Υποθέσεων (Department of Economic and Social Affairs). Οι κινήσεις (flows) των μεταναστών καταγράφονται από την Ύπατη Αρμοστεία του ΟΗΕ για τους πρόσφυγες (United Nations High Commissioner for Refugees - UNHCR) και βασίζονται στις αιτήσεις ασύλου που κατατίθενται κάθε χρόνο. Ειδικότερα στη συγκεκριμένη εφαρμογή τα δεδομένα αφορούν ροές αναγκαστικής μετανάστευσης (forced displacement flows) η οποία πραγματοποιείται εξαιτίας βίαιων καταστάσεων στις χώρες αφετηρίας και απειλούν τις ζωές των μεταναστών.

Η χαρτογραφική εφαρμογή που αναπτύσσεται με τα δεδομένα αυτά, παρέχει λειτουργίες διαδραστικότητας με σκοπό την ευελιξία του χρήστη στην οπτικοποίηση της διαθέσιμης πληροφορίας. Ταυτόχρονα, μέσω της δημοσίευσής της στο διαδίκτυο, δίνεται πρόσβαση τόσο σε ερευνητές όσο και σε απλούς χρήστες, οι οποίοι αποκτούν τη δυνατότητα να μελετήσουν ένα φαινόμενο που γιγαντώνεται χρόνο με το χρόνο εξαιτίας παγκόσμιων γεγονότων.

## 1.4 Δομή της εργασίας

Η εργασία περιλαμβάνει συνολικά επτά κεφάλαια μεταξύ των οποίων και το τρέχον κεφάλαιο της εισαγωγής, το οποίο κλείνει με την παρούσα ενότητα όπου θα καταγραφεί συνοπτικά η δομή της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο που ακολουθεί, παρουσιάζονται ορισμένες κατηγορίες χαρτογραφικών απεικονίσεων, αναλύονται τρόποι διαχείρισης των δεδομένων για τη δημιουργία των απεικονίσεων, γίνεται αναφορά στη συμβολή του διαδικτύου στον τομέα της χαρτογραφίας και επισημαίνεται ο ρόλος των λειτουργιών διαδραστικότητας των σύγχρονων χαρτογραφικών απεικονίσεων.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναδεικνύεται η ανάγκη για χαρτογράφηση του φαινομένου της ανθρώπινης μετανάστευσης σε παγκόσμια κλίμακα, ορίζεται ο χάρτης ροής ως το είδος θεματικής απεικόνισης που ενδείκνυται για τη χαρτογράφηση αυτή και παρουσιάζονται ορισμένες βασικές σχεδιαστικές αρχές που διέπουν τις συγκεκριμένες απεικονίσεις.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, καταγράφονται τέσσερα παραδείγματα διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών που σχετίζονται με ροές και παρουσιάζονται τα φαινόμενα που αυτές καταγράφουν αλλά και οι λειτουργίες διαδραστικότητας που παρέχουν στο χρήστη ο οποίος μπορεί να αλληλεπιδρά με τα δεδομένα τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, ορίζονται το θέμα και ο σκοπός της εφαρμογής και στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία των χαρτογραφικών απεικονίσεων αλλά και τα εργαλεία με τα οποία καθίσταται εφικτή τόσο η δημιουργία χαρτών όσο και η ενσωμάτωσή τους σε ένα διαδικτυακό διαδραστικό περιβάλλον.

Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται όλες οι χαρτογραφικές απεικονίσεις που παράχθηκαν με την αξιοποίηση των δεδομένων καθώς και το περιβάλλον της χαρτογραφικής εφαρμογής μαζί με όλα τα εργαλεία και λειτουργίες διαδραστικότητας που παρέχονται για τη διαχείριση αυτών των απεικονίσεων από το χρήστη.

Η εργασία κλείνει με το έβδομο κεφάλαιο, όπου καγράφονται χρήσιμα συμπεράσματα αξιολογώντας όσα έχουν υλοποιηθεί στην εφαρμογή και προτείνοντα τρόπους βελτίωσης του τελικού προϊόντος.

## 2 Χαρτογραφία & Διαδίκτυο

Σε μια εποχή όπου κάθε μετρήσιμη πληροφορία καταγράφεται και η καθημερινή ροή δεδομένων είναι καταγιστική, η χαρτογραφία και οι σύγχρονες εφαρμογές της αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο για την οπτικοποίηση και καλύτερη κατανόηση όσων συμβαίνουν γύρω μας. Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζεται η σύνδεση της χαρτογραφίας με την συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία στην σημερινή εποχή της ψηφιακής χαρτογράφησης.

### 2.1 Χαρτογραφικές απεικονίσεις

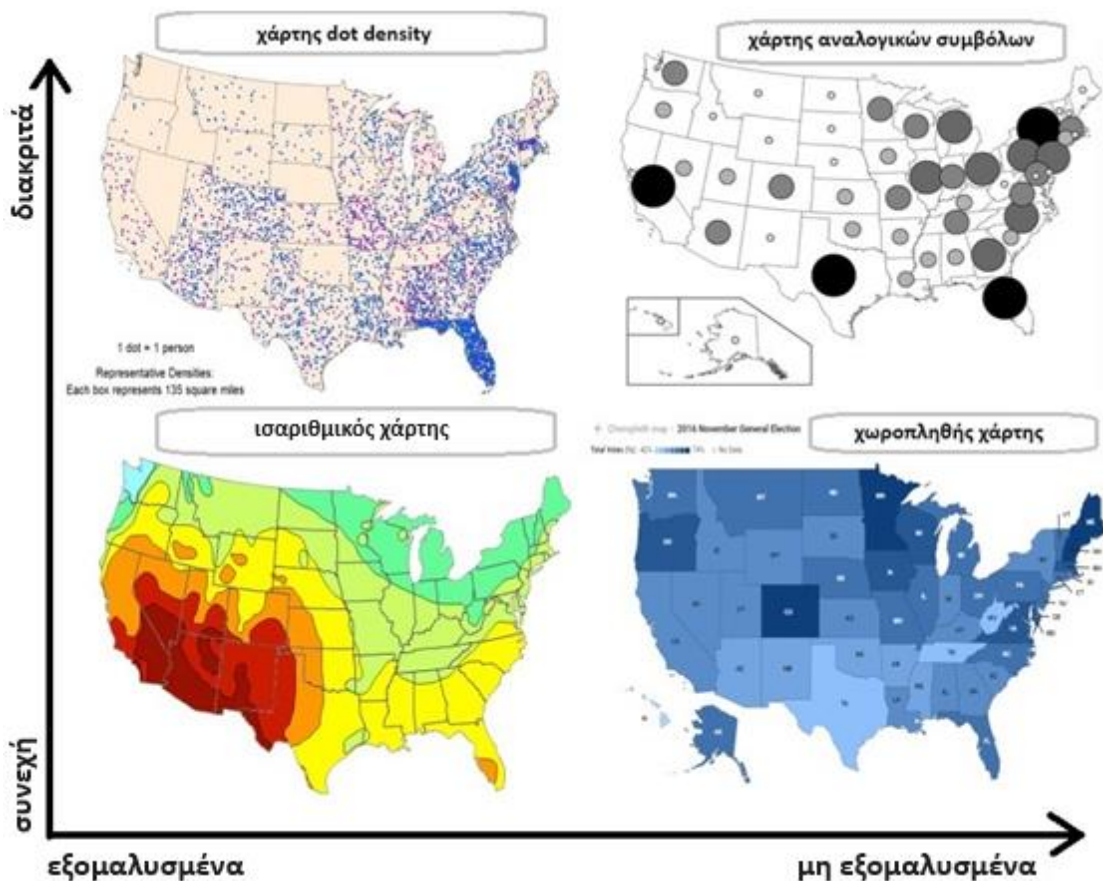
Οι πιο πρώιμες μορφές χαρτογράφησης σχετίζονταν με την καταγραφή και την τοπογραφική αποτύπωση στοιχείων της επιφάνειας του εδάφους. Η αποτύπωση οδικών δικτύων και φυσικών σχηματισμών (ακτογραμμές, βουνά, ποτάμια, κ.α.) ήταν στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος για τους χαρτογράφους. Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, υπήρξαν εξαιρέσεις όπου πραγματοποιείται αναπαράσταση θεματικής πληροφορίας (π.χ. πυκνότητα πληθυσμού, μετακίνηση πληθυσμού, κ.α.). Ωστόσο σήμερα, αυτού του είδους χάρτες αποτελούν κεντρικό σημείο στην έρευνα αφενός λόγω της σαφώς μεγαλύτερης –προς ανάλυση– διαθέσιμης θεματικής πληροφορίας που συλλέγεται και αφετέρου εξαιτίας της έντονα δυναμικής φύσης αυτών των δεδομένων που συνεχώς μεταβάλλονται.

Οι θεματικοί χάρτες αποτελούν εργαλεία αναπαράστασης πληροφοριών που σχετίζονται με θέματα όπως ο πληθυσμός, δείκτες οικονομίας και ανάπτυξης, φυσικά μεγέθη (π.χ. θερμοκρασία, ένταση ανέμων) καθώς και στοιχεία πολιτισμού τα οποία ωστόσο δε παύουν να συνοδεύονται και από χωρικές πληροφορίες για το πού αυτά συμβαίνουν. Οι χάρτες αυτοί διαθέτουν ποικίλους τρόπους με τους οποίους αποδίδουν τη θεματική πληροφορία. Γεωμετρικά σύμβολα, διαφορετικές αποχρώσεις και εντάσεις χρωμάτων καθώς και ειδικευμένα γραφικά είναι μερικά από τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται. Αυτές οι οπτικοποιήσεις, ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο υλοποιούνται κάθε φορά, μπορούν να βοηθήσουν τον αναγνώστη στην κατανόηση του απεικονιζόμενου φαινομένου. Ο αναγνώστης μπορεί να είναι ένας απλός ανειδίκευτος χρήστης που θέλει να ενημερωθεί για το θέμα ή και μια κρατική υπηρεσία η οποία μπορεί να αξιοποιήσει ένα χάρτη ως ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων για κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά ζητήματα. Η Θεματική Χαρτογραφία περιλαμβάνει μια μεγάλη ποικιλία θεματικών απεικονίσεων όπως είναι οι χωροπληθείς χάρτες, οι χάρτες αναλογικών



συμβόλων, οι χάρτες κουκκίδων, οι δασυμετρικοί χάρτες, οι χάρτες ροής καθώς και χαρτογράμματα μεταξύ άλλων. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται διαφορετική διαχείριση και προετοιμασία στα δεδομένα με τα αποτελέσματα να διαφέρουν στην απόδοση συνεχών ή βαθμωτών και εξομαλυσμένων ή μη εξομαλυσμένων φαινομένων.

Στην εικόνα 1 παρατηρούμε αυτή τη διαφορά στην οπτική απόδοση της πληροφορίας σε τέσσερις διαφορετικούς τύπους δεδομένων.

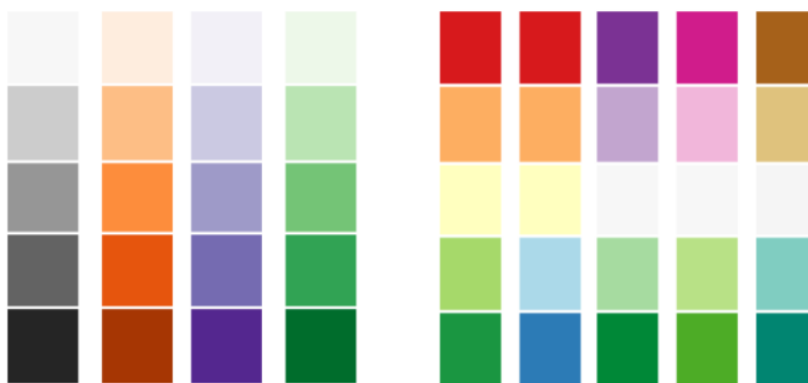


Εικόνα 1: Διαφορετικές αναπαραστάσεις συνεχών/διακριτών και εξομαλυσμένων/μη εξομαλυσμένων φαινομένων

Ως αποτέλεσμα, κάθε λύση υπογραμμίζει διαφορετικές πτυχές των χαρτογραφημένων φαινομένων και διαμορφώνει διαφορετικά το μήνυμα για τους αναγνώστες χαρτών. Οι θεματικοί χάρτες είναι εργαλεία για την κατανόηση των χωρικών προτύπων και η επιλογή του τύπου θεματικού χάρτη θα πρέπει να υποστηρίζει αυτήν την κατανόηση. Επομένως, το κύριο μέλημα κατά την επιλογή ενός τύπου θεματικού χάρτη είναι ο σκοπός του χάρτη και η φύση των υποκείμενων χωρικών προτύπων (Golebiowska, κ.α., 2021). Στις επόμενες ενότητες επιλέχθηκε να αναλυθούν οι περισσότερο σχετικές με την παρούσα εργασία απεικονίσεις και οι οποίες είναι οι χωροπληθείς χάρτες, τα αναλογικά σύμβολα καθώς και οι χάρτες ροής.

### 2.1.1 Χωροποπληθής Χάρτης

Χωροπληθείς είναι οι θεματικοί χάρτες που αποδίδουν κάθε χωρική μονάδα (π.χ. δήμο, περιφέρεια, χώρα, κλπ.) με ένα διαφορετικό χρώμα ανάλογα με την τιμή του φαινομένου στη χωρική αυτή μονάδα. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται συνήθως διαδοχικά χρωματικά σχήματα ως κύρια οπτική μεταβλητή, χρησιμοποιώντας μια λογική «dark-is-more», δηλαδή στις χωρικές μονάδες όπου το φαινόμενο εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές, αποδίδονται οι υψηλότερες εντάσεις χρωμάτων. Εκτός από την ένταση του χρώματος, οι χωροπληθείς χάρτες μπορούν να οπτικοποιούν τη μεταβολή στην τιμή του φαινομένου, διαφοροποιώντας την απόχρωση και τον κορεσμό των συμβόλων. Η χρήση ποιοτικών συνδυασμών χρωμάτων οι οποίοι περιλαμβάνουν διαφορετικά χρώματα από όλο το χρωματικό φάσμα δεν συνιστάται παρά μόνο σε απεικονίσεις ποιοτικών δεδομένων. Οι χωροπληθείς χάρτες ωστόσο αντιπροσωπεύουν μόνο αριθμητικά δεδομένα, που τις περισσότερες φορές αναφέρονται σε διοικητικές ενότητες (κράτη, περιφέρειες, δήμους, κ.ο.κ.). Στην εικόνα 2 απεικονίζονται παραδείγματα διαδοχικών (sequential) και αποκλίνοντων (diverging) χρωματικών παλετών.



Εικόνα 2: Διαδοχικοί (αριστερά) & αποκλίνοντες (δεξιά) συνδυασμοί για διαφορετικές μεταβλητές (πηγή: περιβάλλον επεξεργασίας λογισμικού ArcGIS Pro)

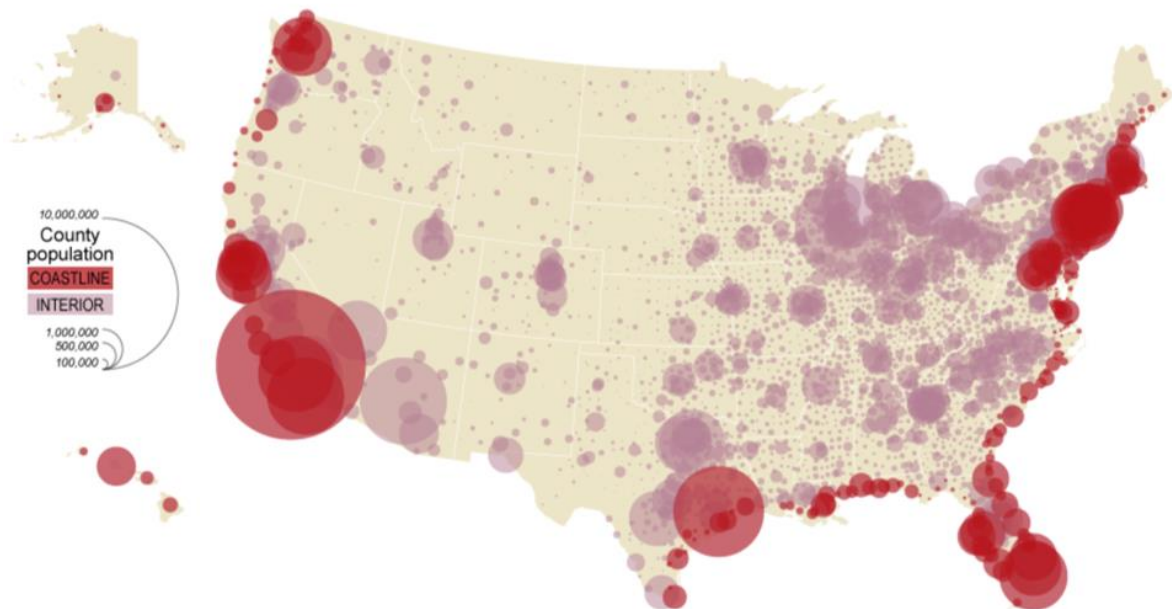
Οι χωροπληθείς χάρτες χρησιμοποιούν τις χωρικές μονάδες του χάρτη (π.χ. πολυγώνα) ως την επιφάνεια στην οποία αποδίδεται ο συμβολισμός τους. Ο συμβολισμός αυτός εξαρτάται από την τιμή που λαμβάνει το φαινόμενο στην εκάστοτε χωρική μονάδα. Το σύνολο των τιμών που αποδίδονται σε μια περιοχή σε ένα χωροπληθή χάρτη δημιουργεί μια γενικότερη εικόνα για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις τάσεις και τα πρότυπα των δεδομένων. Ωστόσο η χρήση των πρωτογενών δεδομένων για τους συμβολισμούς σε ένα χωροπληθή χάρτη μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα. Ως εκ τούτου, οι «καθαρές» τιμές των χαρακτηριστικών πρέπει να κανονικοποιούνται σε σχετικές τιμές ώστε να λαμβάνονται υπόψη άλλες παράμετροι και ιδιότητες των χωρικών μονάδων. Επιπλέον, οι χωροπληθείς χάρτες

συνήθως απαιτούν ομαδοποίηση (classification) των δεδομένων. Η ομαδοποίηση αποτελεί μια αλγοριθμική διαδικασία κατά την οποία το σύνολο των δεδομένων κατανέμεται σε ομάδες και κάθε ομάδα λαμβάνει τον ίδιο συμβολισμό στην απόδοση του τελικού χάρτη. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη όταν υπάρχουν πολλές διαφορετικές τιμές μέσα σε ένα σύνολο παρατηρήσεων καθώς διευκολύνει την κατανόηση του χάρτη και την εξαγωγή συμπερασμάτων από το χρήστη. Αναλυτικότερα για την κανονικοποίηση και την ομαδοποίηση των δεδομένων θα αναφερθούν σε επόμενη ενότητα.

### *2.1.2 Χάρτες αναλογικών και βαθμωτών συμβόλων*

Μια διαδεδομένη κατηγορία θεματικών χαρτών είναι οι χάρτες **αναλογικών** συμβόλων (proportional symbol maps). Σε αυτές τις απεικονίσεις χρησιμοποιούνται συνήθως γεωμετρικά σχήματα (κύκλοι, τετράγωνα, κλ.π.) ή και εικονογραφικά σύμβολα με κλιμακούμενο μέγεθος το οποίο μεταβάλλεται ανάλογα με το μέγεθος τις τιμές του φαινομένου που τους αποδίδεται. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι για κάθε μοναδική τιμή της μεταβλητής που οπτικοποιείται, δημιουργείται και ένα μοναδικό σε μέγεθος σύμβολο που αντιστοιχεί σε αυτήν. Στις περιπτώσεις όπου οι διαφορετικές τιμές στα δεδομένα είναι μεγάλες σε πλήθος και άρα χρήζουν ομαδοποίησης, τότε έχουμε την περίπτωση των **βαθμωτών** (graduated) συμβόλων όπου έχουμε τόσα διαφορετικά μεγέθη στα σύμβολα όσα και ο αριθμός των ομάδων. Αυτό βοηθάει στη μείωση της οπτικής πολυπλοκότητας και στην ευκολότερη ανάγνωση του χάρτη. Τα σύμβολα αυτά αναφέρονται είτε σε σημειακές χωρικές οντότητες, είτε σε επιφανειακές χωρικές μονάδες, οπότε τοποθετούνται συνήθως στο κεντροειδές της κάθε χωρικής μονάδας. Σε απεικονίσεις ορισμένων φαινομένων (π.χ. τροχαία ατυχήματα), των οποίων ο συμβολισμός έχει σημασία να τοποθετηθεί σε ακριβή τοποθεσία (π.χ. οδό), τότε τα σύμβολα τοποθετούνται ακριβώς στη θέση που αντιστοιχούν πάνω στο χάρτη. Παράλληλα με τη διαφοροποίηση στο μέγεθος των συμβόλων, μπορούν να εφαρμοστούν και άλλες οπτικές τεχνικές όταν καταγράφονται περισσότερες από μία μεταβλητές, όπως για παράδειγμα η διαφάνεια του συμβόλου ή οι διαφορετικές αποχρώσεις στο γέμισμα του συμβόλου. Η βασική όμως παραμετροποίηση που υλοποιείται σε αυτούς τους θεματικούς χάρτες και σχετίζεται με την κλιμάκωση του μεγέθους τους, οπτικά δημιουργεί διαφορετικά αποτελέσματα που εξαρτώνται από το σχήμα που έχει επιλεγεί ως σύμβολο και αυτό επηρεάζει την αντίληψη του αναγνώστη ως προς την κατανόηση στην διαφορά μεγέθους. Αυτός είναι ο κύριος λόγος όπου δεν συνηθίζονται να χρησιμοποιούνται σύνθετα σχήματα στις απεικονίσεις αναλογικών συμβόλων

και προτιμώνται τα απλούστερα γεωμετρικά. Ένα εξίσου σημαντικό στοιχείο είναι τα διάφορα κλιμακούμενα μεγέθη που χρησιμοποιούνται σε μια απεικόνιση να έχουν επαρκές μέγεθος ώστε να γίνεται αντιληπτή τόσο η διάκρισή τους όσο και η μεταξύ τους διαφοροποίηση. Η εικόνα 3 δείχνει έναν χάρτη αναλογικών συμβόλων με δύο μεταβλητές. Πρόκειται για ένα χρονικό στιγμιότυπο από εφαρμογή της Στατιστικής Υπηρεσίας των Η.Π.Α. για απογραφή πληθυσμού ανά κομητεία, όπου γίνεται ταυτόχρονα διαχωρισμός των κομητειών σε παραθαλάσσιες και κομητείες της ενδοχώρας. Σε αυτή την περίπτωση τα δεδομένα έχουν ταξινομηθεί σε τέσσερις ομάδες στις οποίες αντιστοιχούν τέσσερα διαφορετικά μεγέθη του αναλογικού συμβόλου, ενώ για τη δευτερεύουσα μεταβλητή έχει χρησιμοποιηθεί διαφορετική ένταση/απόχρωση.



Εικόνα 3: Χάρτης αναλογικών συμβόλων για τον πληθυσμό των Η.Π.Α ανά κομητεία  
(πηγή: <https://www.census.gov/>)

Τα σύμβολα σε αυτούς τους χάρτες μπορούν επίσης να προσθέτουν επιπλέον πληροφορία στην απεικόνιση, χωρίζοντας το σύμβολο σε τμήματα (διηρημένα σύμβολα) όπου κάθε τμήμα του αποκτά την τιμή μιας μεταβλητής που αναφέρεται στο σύνολο της παρατήρησης. Για παράδειγμα, ένας κύκλος σε χάρτη πληθυσμών μπορεί να χωρίζεται σε 2 ή περισσότερα τμήματα για την απεικόνιση του διαχωρισμού του πληθυσμού σε φύλα ή ηλικιακές ομάδες. Οι χάρτες αναλογικών συμβόλων αν και ευέλικτοι στην επιλογή δεδομένων εισόδου, μπορεί να δημιουργούν προβλήματα με επικαλυπτόμενα σύμβολα (Tyner, 2010). Ένα ποσοστό επικάλυψης δεν είναι απαγορευτικό αφού είναι αναπόφευκτο σε περιπτώσεις όπου υπάρχει συγκέντρωση του φαινομένου σε μια περιοχή και τα σύμβολα τοποθετούνται σε μικρές

αποστάσεις μεταξύ τους. Όταν συμβαίνει αυτό, θα πρέπει τα μεγαλύτερα σε επιφάνεια σύμβολα να τοποθετούνται κάτω από τα μικρότερα ώστε να μην χάνεται κομμάτι του συνόλου της πληροφορίας.

### 2.1.3 Χάρτες ροής

Οι χάρτες ροής είναι απεικονίσεις που χρησιμοποιούνται όταν τα δεδομένα αφορούν κίνηση στο χώρο ή γενικότερα κάποια αλληλεπίδραση μεταξύ διακριτών χωρικών μονάδων. Στους χάρτες ροής χρησιμοποιούνται γραμμικά σύμβολα για την οπτικοποίηση των δεδομένων τα οποία μπορεί να είναι ευθύγραμμα τμήματα ή καμπύλες. Οι γραμμές ροής πραγματικές μετακινήσεις ανθρώπων, ζώων, προϊόντων και γενικότερα υλικών αγαθών ή άυλων φαινομένων όπως στοιχεία πολιτισμού και ιδεών.

Οι χάρτες ροής σχεδιαστικά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες : οι χάρτες **κυκλοφορίας** (traffic) και οι χάρτες **αφετηρίας – προορισμού** (origin – destination ή OD maps) (Slocum κ.α., 2009). Στους χάρτες κυκλοφορίας, η διαδρομή που ακολουθούν τα γραμμικά στοιχεία στην οπτικοποίηση είναι πραγματική και τα σημεία αφετηρίας – προορισμού ανταποκρίνονται επίσης στην πραγματικότητα. Παράδειγμα τέτοιων χαρτών είναι οι χάρτες πλοήγησης (google maps) οι οποίοι σχεδιάζουν τις ροές στο χάρτη βασισμένες στο υπάρχον οδικό δίκτυο. Στην εποχή της ψηφιακής χαρτογραφίας, οι χάρτες αφετηρίας προορισμού δίνουν έμφαση στα σημεία αφετηρίας και προορισμού και συνήθως το γραμμικό αντικείμενο που ενώνει αυτά τα δύο σημεία υλοποιείται με τη χρήση ενός αλγορίθμου ελάχιστης απόστασης και με βάση το σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιείται. Ο αλγόριθμος ελάχιστης απόστασης (XY to line) που χρησιμοποιείται ευρέως στο σχεδιασμό χαρτών ροής, χρησιμοποιεί δύο σημεία στο χώρο μεταξύ των οποίων καταγράφεται ροή ενός φαινομένου και τα ενώνει με μια καμπύλη γραμμή ή ένα ευθύγραμμο τμήμα εκτελώντας υπολογισμούς με βάση τις γεωγραφικές συντεταγμένες (φ,λ) ή συντεταγμένες (x,y) της προβολής ενός γεωγραφικού συστήματος αναφοράς. Ο αλγόριθμος που εκτελείται με χρήση γεωγραφικών συντεταγμένων σχεδιάζει καμπύλη (geodesic line) η οποία αναπαριστά την συντομότερη διαδρομή μεταξύ δύο σημείων η οποία ακολουθεί την καμπυλότητα της επιφάνειας της γης. Αντίστοιχα, για το σχεδιασμό ευθύγραμμων τμημάτων (planar line), χρησιμοποιούνται σημεία με προβολικές συντεταγμένες (x,y) και τα ευθύγραμμο τμήματα υπολογίζονται ως Ευκλείδειες αποστάσεις πάνω σε ένα διδιάστατο καρτεσιανό σύστημα (ESRI ArcGIS Pro 3.2, 2024).

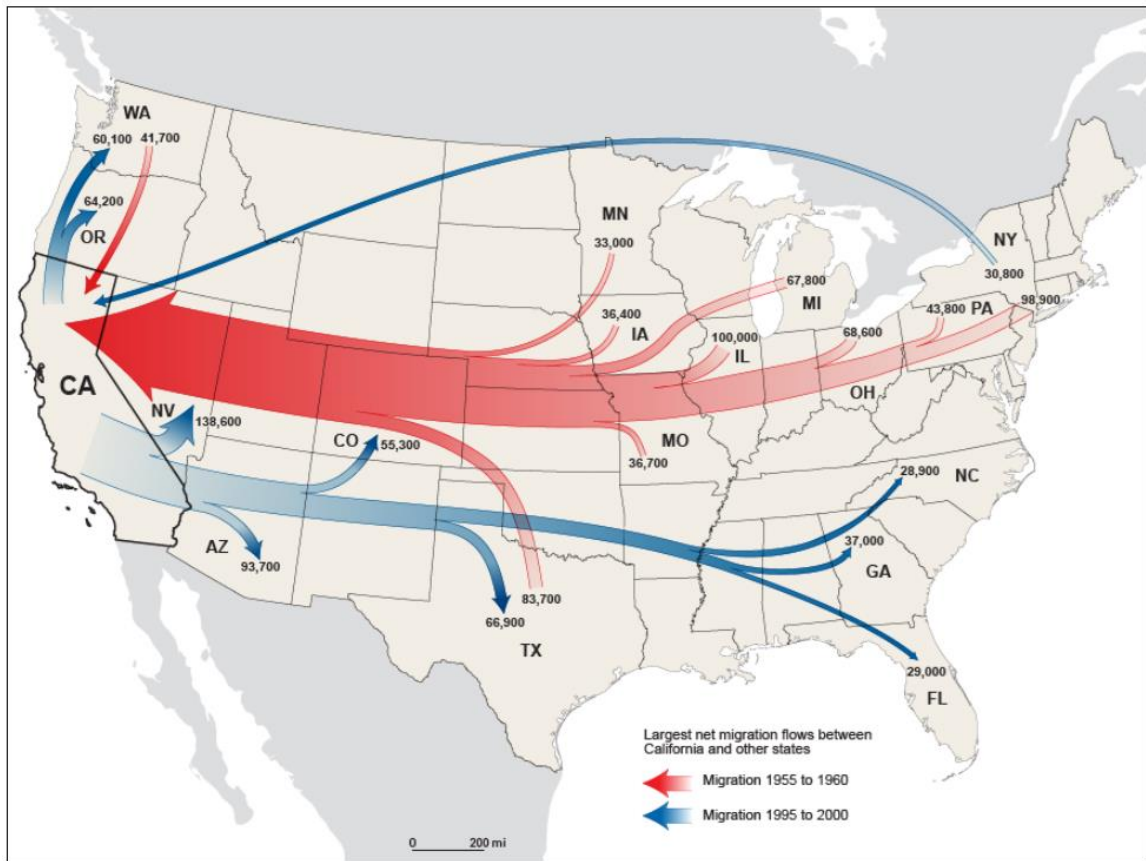
Επίσης με βάση τη δομή τους, οι γραμμές ροής που σχεδιάζονται χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: **ακτινωτές** (radial), **δικτύου** (network) και **κατεννητικές** (distributive) (Golebiowska κ.α., 2021). Καθένας από αυτούς τους τύπους εξυπηρετεί ένα συγκεκριμένο σκοπό στην αναπαράσταση της κίνησης του φαινομένου. Οι χάρτες ακτινωτής ροής (radial flow maps) οπτικοποιούν τη σχέση μεταξύ μιας αφετηρίας και πολλών προορισμών χρησιμοποιώντας ξεχωριστές γραμμές οι οποίες σχεδιάζονται ακτινωτά από το σημείο εκκίνησης υποδεικνύοντας τις ροές. Οι χάρτες ακτινωτής ροής προσφέρουν ένα σαφή και ευανάγνωστο τρόπο αναπαράστασης της κίνησης από μία αφετηρία σε πολλούς προορισμούς, κάτι που είναι το ζητούμενο σε ένα μεγάλο εύρος χαρτών ροής και αυτό τους καθιστά βασικό εργαλείο για πολλές εφαρμογές. Οι χάρτες δικτυακής ροής (network flow maps) αντιπροσωπεύουν τη ροή στοιχείων κατά μήκος υφιστάμενων δικτύων, όπως τα δίκτυα μεταφορών ή τηλεπικοινωνιών. Αυτές οι απεικονίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση μεταφορών και συγκοινωνιών. Οι χάρτες διανεμητικής ροής (distributive flow maps) μοιάζουν στη λογική σχεδιασμού με τους ακτινωτούς αφού και αυτοί συνδέουν μια αφετηρία με πολλούς προορισμούς. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι κατά μήκος της γραμμής που συνδέει δύο στοιχεία, δημιουργούνται διακλαδώσεις και κατά συνέπεια μικρότερες γραμμές ροής. Οι συγκεκριμένοι χάρτες ροής γίνονται εύκολα κατανοητοί από τον αναγνώστη εάν αυτός ακολουθήσει οπτικά την πορεία της κύριας γραμμής ροής και των διακλαδώσεων της. Αυτές οι απεικονίσεις χρησιμοποιούνται κυρίως για την απεικόνιση της διανομής υλικών αγαθών και υπηρεσιών στον κόσμο.

Το δεδομένα που χρησιμοποιούνται στις απεικονίσεις ροών είναι κυρίως πρωτογενή και αντιπροσωπεύουν με απόλυτες τιμές το μέγεθος του φαινομένου. Αντίστοιχα με τα αναλογικά σύμβολα, η βασική οπτική μεταβλητή στους χάρτες ροής είναι η κλιμάκωση του μεγέθους του συμβόλου αναλογικά με το μέγεθος της μεταβλητής που αντιπροσωπεύουν. Η χρήση διαφορετικών οπτικών μεταβλητών είναι σπανιότερη, σε αντίθεση με τους χάρτες αναλογικών συμβόλων. Διαφοροποιήσεις στην απόχρωση, ένταση και τον κορεσμό των συμβόλων χρησιμοποιούνται σε χαρτογράφηση φαινομένων ροής όπου ζητούμενο είναι η ταυτόχρονη αναπαράσταση και δεύτερης μεταβλητής (επιπλέον με το μέγεθος των ροών). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα βέλη ως γραμμικός συμβολισμός ώστε να δηλώνεται και η κατεύθυνση της ροής. Ωστόσο σε μεγάλα σετ δεδομένων αυτή η επιλογή μπορεί να δημιουργήσει ένα οπτικά πολύπλοκο αποτέλεσμα και να δυσκολέψει την αναγνωσιμότητα του χάρτη. Στις πιο σύγχρονες εκδοχές των χαρτών ροής, χρησιμοποιούνται κινούμενα γραφικά για την οπτικοποίηση της κατεύθυνσης των ροών.

Αναφορικά με το σχεδιασμό χαρτών ροής, κομβικό ρόλο έχει το εύρος τιμών των –προς αναπαράσταση– δεδομένων που περιλαμβάνεται κάθε φορά καθώς και η στατιστική κατανομή των τιμών της απεικονιζόμενης μεταβλητής. Παρόμοια με τους χάρτες αναλογικών συμβόλων, η ύπαρξη πολλών διαφορετικών τιμών στα δεδομένα επιβάλλει την ομαδοποίηση των δεδομένων. Για το σχεδιασμό χαρτών ροής δεν απαιτείται κανονικοποίηση των δεδομένων και οι γραμμές ροής συνήθως αντιπροσωπεύουν απόλυτες τιμές (Golebiowska I. κ.α., 2021). Σε ορισμένες περιπτώσεις, για την καλύτερη ανάγνωση και κατανόηση της πληροφορίας, μπορούν να δημιουργηθούν παράγωγα δεδομένα με χρήση δεδομένων ροής, με σκοπό τη δημιουργία άλλου είδους θεματικών απεικονίσεων. Για παράδειγμα, στις μετακινήσεις πληθυσμών μεταξύ χωρών, είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη ο συνολικός πληθυσμός της κάθε χώρας. Ένα μεγάλο πλήθος μετακινήσεων με αφετηρία την Ινδία είναι πολύ πιθανό συγκριτικά με άλλες χώρες. Με τη δημιουργία παράγωγων δεδομένων που λαμβάνουν υπόψη και το συνολικό πληθυσμό της χώρας, αποδεικνύεται ότι ο μεγάλος όγκος ροών εξηγείται στατιστικά και δεν υποδεικνύει απαραίτητα την παρουσία κάποιου παράγοντα ο οποίος «αναγκάζει» τους ανθρώπους να μεταναστεύσουν.

Συνολικά, καθίσταται σαφές ότι όπως σε κάθε θεματικό χάρτη που περιγράφηκε παραπάνω, έτσι και στους χάρτες ροής ένα πολύ σημαντικό στοιχείο είναι να επιτυγχάνουν το επιθυμητό αποτέλεσμα που έχει θεσπίσει εξ'αρχής ο δημιουργός του και παράλληλα αυτό να γίνεται αντιληπτό από τους αναγνώστες του. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι οι χάρτες ροής θα πρέπει να επιδιώκουν ευκρινείς απεικονίσεις οι οποίες επιτυγχάνονται με τις κατάλληλες επιλογές στη μορφοποίηση των γραμμικών συμβόλων αλλά και την αποφυγή περιττών σχεδιαστικών στοιχείων που θα περιπλέκουν την εικόνα. Ο ταυτόχρονος σχεδιασμός πολλών γραμμικών συμβόλων συχνά μπορεί να δημιουργήσει σύγχυση στο χρήστη και για αυτό οι συγκεκριμένες οπτικοποιήσεις θα πρέπει να αρκούνται στην σχεδιαστική απλότητα καθώς και την επιλογή χρωματισμών που δημιουργούν αντιθέσεις με το υπόβαθρο του χάρτη και διευκολύνουν την ανάγνωση.





Εικόνα 4: Χάρτης ροών μετανάστευσης πληθυσμού στις Η.Π.Α. (1955-1960) και (1995-2000) (πηγή: [www.census.gov](http://www.census.gov))

Μια από τις πιο χαρακτηριστικές χρήσεις των χαρτών ροής είναι οι απεικονίσεις μετακινήσεων πληθυσμού. Ένα τέτοιο παράδειγμα φαίνεται στην εικόνα 4 όπου απεικονίζονται οι εσωτερικές μεταναστεύσεις με αφετηρία και προορισμό την Πολιτεία της Καλιφόρνια σε δύο ξεχωριστά χρονικά διαστήματα. Παρατηρείται ότι στο χάρτη αποτυπώνονται δύο μεταβλητές: το μέγεθος των μεταναστεύσεων και το χρονικό διάστημα στο οποίο αυτές ανήκουν. Πρόκειται για χάρτη καταμετρητικής ροής όπου κάποια από τα γραμμικά σύμβολα διακλαδώνονται σε μικρότερα Η πρώτη μεταβλητή απεικονίζεται με την αύξηση στο πάχος των γραμμών και η δεύτερη με τη διαφοροποίηση στην απόχρωση. Είναι προφανές ότι σε έναν αντίστοιχο χάρτη με ροές από και προς όλες τις πολιτείες των Η.Π.Α., η πολυπλοκότητα που θα προέκυπτε στην απεικόνιση θα ήταν πολύ μεγαλύτερη και θα απαιτούσε διαφορετικό χειρισμό στη σχεδίαση έτσι ώστε να εξακολουθεί να είναι σαφές το πρότυπο μεταβολής του φαινομένου στον χώρο.



## 2.2 Κανονικοποίηση χωρικών δεδομένων

Η στατιστική κανονικοποίηση σε χωρικά δεδομένα είναι μια διαδικασία η οποία τροποποιεί την πληροφορία έτσι ώστε να αφαιρεθούν παραπλανητικά μηνύματα που προκύπτουν από τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ του συνόλου των χωρικών μονάδων. Στην περίπτωση των χωρικών δεδομένων που απεικονίζονται σε ένα θεματικό χάρτη, αναμένεται μεγαλύτερος αριθμός παρατηρήσεων για ένα φαινόμενο, σε περιοχές (π.χ. χώρες) όπου υπάρχουν περισσότερες μονάδες (π.χ. άνθρωποι) στις οποίες μπορεί να εμφανιστεί το φαινόμενο αυτό. Για παράδειγμα, μια χώρα με μεγαλύτερο συνολικό πληθυσμό είναι πιο πιθανό να έχει μεγαλύτερο συνολικό αριθμό ατόμων που αντιμετωπίζουν μια συγκεκριμένη περίπτωση, επειδή περισσότεροι άνθρωποι ζουν σε αυτή τη χώρα. Η διαδικασία της χαρτογραφικής κανονικοποίησης είναι μια προσπάθεια να συμπεριληφθεί η στατιστική συμπεριφορά που αναφέρθηκε παραπάνω καταγράφοντας το φαινόμενο για κάθε χωρική μονάδα, σε μία αναλογία, και όχι τον καθαρό συνολικό αριθμό των παρατηρήσεων. Με την εφαρμογή της κανονικοποίησης στα δεδομένα, υποδεικνύονται συγκεκριμένες περιοχές όπου οι παρατηρήσεις των δεδομένων μπορεί να είναι υψηλότερες ή χαμηλότερες σε σχέση με το μέγεθος ή την ποσότητα της χωρικής μονάδας. Για παράδειγμα, η κανονικοποίηση μπορεί να αναδείξει ότι μια χώρα με μικρό πληθυσμό και επομένως μικρό αριθμό παρατηρήσεων σε ένα φαινόμενο (π.χ. μετανάστευση) μπορεί να βρεθεί ότι έχει δυσανάλογα υψηλό ποσοστό εμφάνισης του φαινομένου σε σχέση με τον πληθυσμό της χώρας. Στην κανονικοποίηση είναι σημαντικό τα δεδομένα να κανονικοποιούνται με βάση την μονάδα μέτρησης στην οποία έχουν καταγραφεί και τα πρωτογενή δεδομένα (Foster M., 2019). Έτσι για παράδειγμα, τα δεδομένα μετανάστευσης μεταξύ χωρών τα οποία καταγράφονται κατά άτομο, οφείλουν να κανονικοποιηθούν με βάση το συνολικό πληθυσμό των χωρών. Από την άλλη, τα δεδομένα που αφορούν την οικονομική κατάσταση των ανθρώπων σε μια χώρα και καταγράφονται κυρίως ανά νοικοκυριό, θα πρέπει να κανονικοποιούνται ως προς τον συνολικό αριθμό των νοικοκυριών και όχι ως προς το συνολικό πληθυσμό. Είναι σαφές ότι η κανονικοποίηση σε διαφορετικές μονάδες από αυτές που χρησιμοποιούνται στα πρωτογενή δεδομένα, θα οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα τα οποία θα καταλήξουν και στην παραγωγή λανθασμένων απεικονίσεων και συμπερασμάτων κατά τη χαρτογράφηση τους.

## 2.3 Ομαδοποίηση χωρικών δεδομένων

Η ομαδοποίηση είναι μια διαδικασία που ομαδοποιεί παρόμοια φαινόμενα ώστε να αποκτήσουν σχετική απλότητα στην επικοινωνία και αποτελεσματικότητα ως προς την ερμηνεία τους από τους χρήστες (Robinson et al., 1995; Longley et al., 2015). Η ομαδοποίηση χωρικών δεδομένων, όπως αναφέρεται ορισμένες φορές, απλοποιεί την οπτικοποίηση της πληροφορίας και διευκολύνει τον αναγνώστη του χάρτη στον εντοπισμό και την κατανόηση χωρικών τάσεων και μοτίβων που παρουσιάζουν τα χωρικά φαινόμενα. Σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο ταξινομείται ένα σετ δεδομένων, υπάρχει ένα σύνολο μεθόδων οι οποίες τοποθετούν τις παρατηρήσεις σε ομάδες με βάση καθορισμένα αλγοριθμικά κριτήρια. Με βάση αυτά τα αλγοριθμικά κριτήρια, κάθε παρατήρηση στα αρχικά δεδομένα ελέγχεται και τοποθετείται μέσα σε μία ομάδα, με το σύνολο των ομάδων να δημιουργούν το συνολικό τελικό αποτέλεσμα. Οι ομάδες που δημιουργούνται, χρησιμοποιούνται στη χαρτογραφική απεικόνιση των δεδομένων απλοποιώντας σετ δεδομένων και διευκολύνοντας την κατανόηση της παρεχόμενης πληροφορίας. Η ομαδοποίηση στην πλειοψηφία των περιπτώσεων θεωρείται ως μια διαδικασία που αφορά στην παραγωγή ενός χωροπληθή χάρτη, ωστόσο αυτή χρησιμοποιείται και σε άλλους τύπους χαρτών όπως οι χάρτες βαθμωτών συμβόλων και οι χάρτες ροής. Σε καθέναν από αυτούς τους τύπους χαρτών, η οπτικοποίηση ομαδοποιημένων δεδομένων επιτρέπει στο χρήστη να κατανοήσει το πρότυπο κατανομής του απεικονιζόμενου φαινομένου και να εξάγει σαφή συμπεράσματα.

Η εφαρμογή διαφορετικής μεθόδου ομαδοποίησης πάνω στα ίδια δεδομένα μπορεί να επιφέρει σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς αυτά τα συμπεράσματα. Ορισμένες μέθοδοι ομαδοποίησης μπορεί να τονίζουν τις ακραίες τιμές των δεδομένων και να αποκρύπτουν την γενικότερη εικόνα, ενώ με κάποιες άλλες να παράγεται το αντίθετο αποτέλεσμα. Οι διάφορες μέθοδοι παράγουν διαφορετικά διαστήματα για τις ομάδες, στις οποίες συνηθίζεται τα όρια των διαστημάτων να στρογγυλοποιούνται ώστε να ερμηνεύονται ευκολότερα. Στα ποιοτικά δεδομένα δεν υπάρχει κατάταξη και κάθε ξεχωριστή παρατήρηση έχει αξία και δε μπορεί να ομαδοποιηθεί με κάποια άλλη. Από την άλλη, τα ποσοτικά δεδομένα χωρίζονται σε τρεις κλίμακες: τάξης (ordinal), διαστήματος (interval) και αναλογίας (ratio). Τα δεδομένα τάξης μπορούν να ταξινομηθούν σε γενικευμένες ομάδες οι οποίες κυμαίνονται από τα χαμηλά προς τα υψηλά (low to high). Οι κλίμακες διαστήματος έχουν ως χαρακτηριστικό ότι τα διαστήματα μεταξύ δύο διαδοχικών τιμών είναι ίσα και η χαρτογραφική απεικόνιση της μηδενικής τιμής για αυτού του είδους δεδομένων είναι σημαντική. Στα δεδομένα αναλογίας, η μηδενική τιμή

αντιπροσωπεύει την απουσία του φαινομένου που καταγράφεται και δεν υπάρχουν αρνητικές τιμές. Επίσης, σε αυτά τα δεδομένα, οι αναλογίες των μετρήσεων έχουν νόημα. Για παράδειγμα, αν μια μέτρηση είναι διπλάσια μιας άλλης, τότε πραγματικά αναπαριστά τη διπλάσια ποσότητα του φαινομένου που μετράται.

Η επιλογή της μεθόδου ομαδοποίησης είναι ένα σημαντικό στοιχείο του σχεδιασμού του χάρτη (Krygier & Wood, 2016). Μερικές από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους περιλαμβάνουν διαχωρισμό δεδομένων ανά ίσα διαστήματα (equal intervals), ποσοστιαία διαστήματα (quantiles), φυσικά κενά (natural breaks) και τυπική απόκλιση (standard deviation). Επίσης είναι δυνατή η ομαδοποίηση με βάση προσαρμοσμένα διαστήματα (manual breaks) στα δεδομένα όπου τα όρια τους καθορίζονται χειροκίνητα από το χαρτογράφο και όχι μέσω αλγορίθμου. Η επιλογή της μεθόδου ομαδοποίησης καθορίζεται πολλές φορές και από την κατανομή των δεδομένων. Η βέλτιστη επιλογή της μεθόδου αναδεικνύει καλύτερα την κατανομή του φαινομένου και αποφεύγεται η εξαγωγή λανθασμένων συμπερασμάτων από τον αναγνώστη. Συμπερασματικά, η ομαδοποίηση είναι μια πολύ σημαντική διαδικασία η οποία βελτιώνει την εμπειρία τόσο του έμπειρου όσο και του άπειρου χρήστη του χάρτη απλοποιώντας την οπτικοποίηση και διευκολύνοντας την εξαγωγή συμπερασμάτων. Ωστόσο αυτή η απλοποίηση δε θα πρέπει να στρεβλώνει την πραγματική εικόνα του φαινομένου.

## 2.4 Θεματικοί χάρτες με χρονική διάσταση

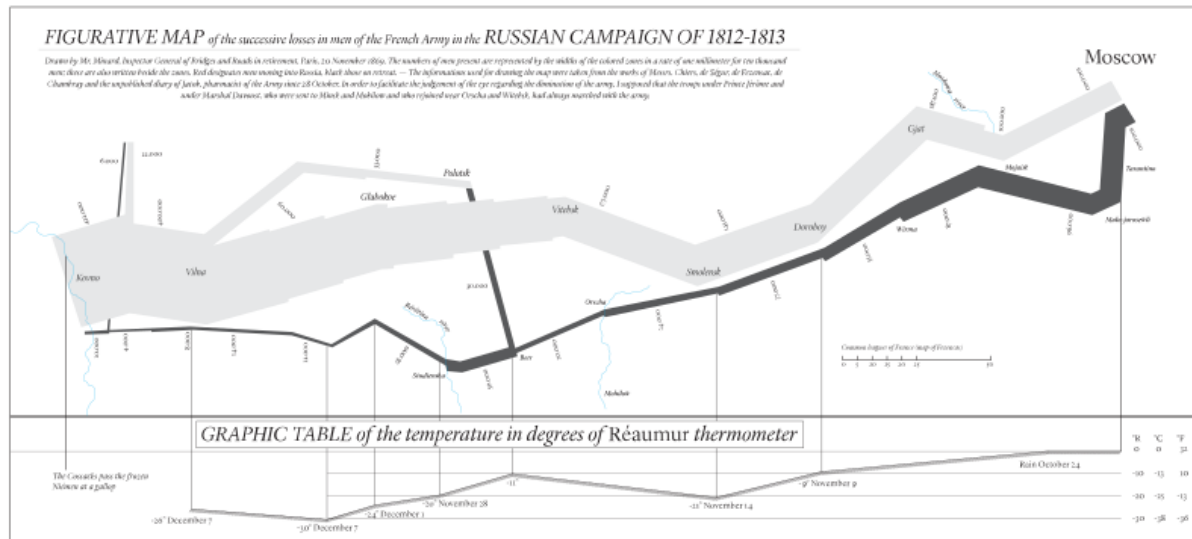
Η έννοια του χάρτη είναι συνυφασμένη με απεικόνιση φυσικών στοιχείων, τεχνητών κατασκευών, κοινωνικών φαινομένων και γενικότερα οτιδήποτε μπορεί να σχετίζεται με μια συγκεκριμένη τοποθεσία στην οποία υφίσταται ή εξελίσσεται. Η εξέλιξη αυτή δε μπορεί να γίνει αντιληπτή σε περιπτώσεις όπου δε λαμβάνεται υπόψη η διάσταση του χρόνου. Οι χωροχρονικοί χάρτες είναι απεικονίσεις στις οποίες παρέχονται πληροφορίες που σχετίζονται τόσο με το χώρο όσο και με το χρόνο. Οι συγκεκριμένες οπτικοποιήσεις σχεδιάζονται έτσι ώστε να απεικονίζουν τον τρόπο με τον οποίο ένα συγκεκριμένο φαινόμενο -ή οτιδήποτε άλλο φέρει χωρική και χρονική πληροφορία- μεταβάλλεται και εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου. Οι μεταβολές που υφίσταται ένα φαινόμενο στο χρόνο εξαρτάται από την ίδια τη φύση του φαινομένου που εξετάζεται. Υπάρχουν φαινόμενα του φυσικού περιβάλλοντος που δεν παύουν να υπάρχουν και απλά αλλάζουν από τη μια χρονική στιγμή στην άλλη, όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία. Αυτού του είδους οι μεταβολές που χαρακτηρίζονται από

αυξομειώσεις στο μέγεθος του φαινομένου ονομάζονται «μεταβολές θεματικών χαρακτηριστικών». Από την άλλη, μια πόλη, ένας οικισμός ή γενικότερα μια τεχνητή κατασκευή μπορεί να δημιουργηθεί και να πάψει να υπάρχει ανάμεσα σε δύο χρονικά στιγμιότυπα. Αυτή η εμφάνιση ή εξαφάνιση αντικειμένων ή φαινομένων στο χρόνο ονομάζεται «υπαρξιακή μεταβολή». Επιπλέον, η βασική μεταβολή σε μια χωροχρονική χαρτογράφηση μιας πολεμικής σύρραξης είναι η μετακίνηση των στρατευμάτων μεταξύ περιοχών, όπου σε αυτή την περίπτωση πρόκειται για «μεταβολή χωρικών χαρακτηριστικών» και αναφέρεται σε χαρακτηριστικά όπως η θέση, ο προσανατολισμός ή το υψόμετρο. Αυτή την κατηγοριοποίηση αναφέρουν οι Andrienko & Gatalsky (2003) αναφορικά με τον τρόπο που μεταβάλλονται τα χωροχρονικά δεδομένα.

Η Fish (2018) στο άρθρο της για τις χωροχρονικές αναπαραστάσεις, τις κατηγοριοποιεί με βάση τον αριθμό των απεικονίσεων (μοναδική ή πολλαπλές) και το είδος της αναπαράστασης (στατική ή δυναμική). Με βάση αυτό το διαχωρισμό, δημιουργεί τέσσερις βασικές κατηγορίες χωροχρονικών χαρτών: μονός στατικός, πολλαπλός στατικός, μονός δυναμικός και πολλαπλός δυναμικός χάρτης. Τα διαθέσιμα δεδομένα και τα χρονικά στιγμιότυπα που είναι διαθέσιμα για αυτά καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το είδος της χωροχρονικής απεικόνισης που ταιριάζει να χρησιμοποιηθεί. Επίσης σημαντικό είναι να καθοριστεί ο στόχος του χάρτη που πρόκειται να δημιουργηθεί καθώς και το κοινό στο οποίο απευθύνεται.

Η πρώτη κατηγορία που αποτελείται από τους μονούς στατικούς χάρτες συνιστά την πιο παλιά τεχνική όσον αφορά την αναπαράσταση χωροχρονικών δεδομένων. Σχεδιαστικά αποτελείται από ένα μοναδικό χάρτη ο οποίος περιέχει ταυτόχρονα τη χωρική και τη χρονική διάσταση του φαινομένου. Αυτή η απεικόνιση είναι κατάλληλη για την αναπαράσταση μεταβολών διάφορων χαρακτηριστικών στην υπό μελέτη περιοχή ή μεταβολές στην τοποθεσία. Οι οπτικές μεταβλητές που χρησιμοποιούνται είναι οι συνηθισμένες των θεματικών χαρτών (απόχρωση, μέγεθος σημειακών συμβόλων, πάχος γραμμών, κ.ο.κ.) με τη διαφορά ότι μία από τις οπτικές μεταβλητές αντιστοιχεί στη διάσταση του χρόνου. Ο χαρακτηριστικότερος χάρτης της κατηγορίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 5 και είναι μια μοντέρνα εκδοχή μεταφρασμένη στα αγγλικά του διάσημου χάρτη του Minard για την εκστρατεία του Ναπολέοντα στη Ρωσία. Στο κάτω μέρος του χάρτη εμφανίζεται η κλίμακα του χρόνου μέσα στην οποία εκτυλίσσεται το απεικονιζόμενο γεγονός σε συνδυασμό με τις θερμοκρασίες της περιοχής τις αντίστοιχες ημερομηνίες. Στο πάνω μέρος του χάρτη εμφανίζονται δύο γραμμές ροής, το πάχος των οποίων υποδεικνύει το μέγεθος του στρατού. Ταυτόχρονα τοποθετούνται ονομαστικά οι περιοχές όπου όλες αυτές οι μεταβλητές εξελίσσονται. Πρόκειται λοιπόν για ένα χάρτη πολλαπλών

μεταβλητών που σχεδιάζονται ταυτόχρονα σε μια ενιαία απεικόνιση η οποία επιτυγχάνει να αναπαραστήσει με πολύ αναλυτικό αλλά συγχρόνως περιεκτικό τρόπο ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων.

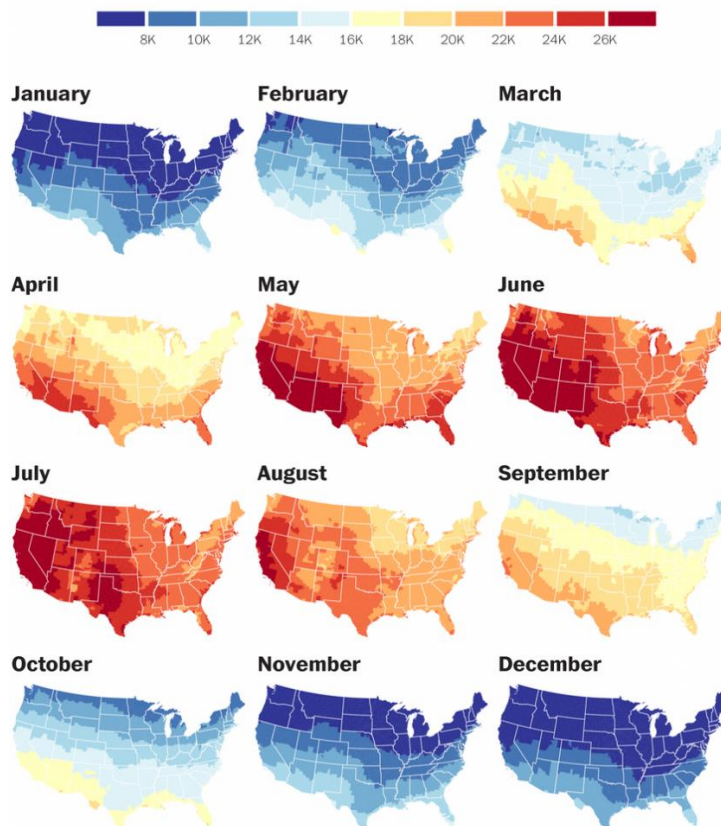


Εικόνα 5: Σύγχρονη έκδοση του χάρτη του Minard για την εκστρατεία του Ναπολέοντα στη Ρωσία μεταφρασμένη στα αγγλικά (πηγή: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

Η δεύτερη κατηγορία των πολλαπλών στατικών χαρτών ουσιαστικά αποτελείται από πολλαπλούς θεματικούς χάρτες οι οποίοι σχεδιάζονται μαζί στο ίδιο υπόβαθρο με ίδια κλίμακα και σχηματίζουν μια σειρά από χρονικά στιγμιότυπα με την εξέλιξη των υπολοίπων μεταβλητών (Εικόνα 6). Σε αυτή την περίπτωση παράγονται απλούστεροι χάρτες, με την χρονική διάσταση να καλύπτεται από τις πολλαπλές οπτικοποιήσεις. Από αυτό προκύπτει ότι ο αριθμός των παραγόμενων χαρτών είναι ίσος με τον αριθμό των χρονικών στιγμιότυπων που χρησιμοποιούνται. Στη σύγχρονη εποχή της ψηφιακής χαρτογράφησης, μια απεικόνιση πολλαπλών στατικών χαρτών είναι πολύ απλό και γρήγορο να δημιουργηθεί, δημιουργώντας αντίγραφο του υποβάθρου και τοποθετώντας τα δεδομένα σε κάθε ένα από αυτά. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα αυτών των χαρτών είναι η ταυτόχρονη οπτικοποίηση σε μία εικόνα, όλων των χρονικών στιγμιότυπων που είναι διαθέσιμα κάτι το οποίο επιτρέπει την σύγκριση μεταξύ συγκεκριμένων στιγμών χωρίς αυτές να είναι απαραίτητα διαδοχικές. Ωστόσο, αυτό το πλεονέκτημα αποτελεί συγχρόνως και μειονέκτημα αφού ο αριθμός των απεικονίσεων που μπορούν να χωρέσουν, σε μια οθόνη ή έναν έντυπο χάρτη, είναι περιορισμένος και υπάρχει ένα όριο απεικονίσεων που μπορεί να αντιληφθεί και να συγκρίνει το ανθρώπινο μάτι. Επιπλέον το μεγάλος πλήθος χαρτών υποχρεώνει το χαρτογράφο να δημιουργεί χάρτες μικρών διαστάσεων οι οποίοι μπορούν να περιέχουν ένα εύρος εύκολα αναγνώσιμων συμβολισμών.

## A year of sunshine.

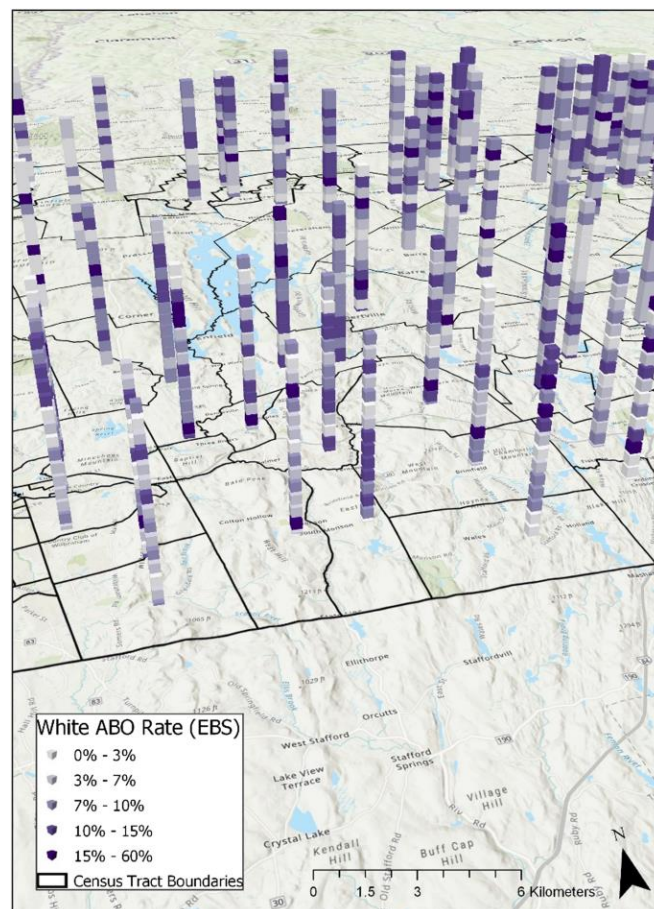
Avg. daily sunlight, by month, 1979-2011 (measured in kilojoules of solar radiation per square meter)



Εικόνα 6: Πολλαπλοί στατικοί χάρτες για την απεικόνιση της μέσης ημερήσιας ηλιοφάνειας στις Η.Π.Α. (πηγή: North America Data Assimilation System (NLDAS), Daily Sunlight (Insolation) years 1979-2011 στη διαδικτυακή βάση δεδομένων του CDC WONDER)

Η εξέλιξη των σύγχρονων τεχνολογιών ψηφιακής χαρτογράφησης και γενικότερα του κλάδου της Γεωπληροφορικής έφερε στο προσκήνιο τους δυναμικούς χάρτες. Οι δυναμικοί χάρτες χρησιμοποιούν τεχνικές κινούμενης εικόνας (animation) με τις οποίες γίνεται η αναπαράσταση των αλλαγών που επέρχονται με τη μεταβολή του χρόνου. Αυτή η δυναμικότητα επέτρεψε την παρατήρηση χρονικών μεταβολών χωρίς να είναι απαραίτητη η δημιουργία σύνθετων οπτικοποιήσεων ή η κατασκευή πολλαπλών εικόνων με το ίδιο υπόβαθρο. Ένα άλλο στοιχείο για τους δυναμικούς χάρτες είναι ότι μπορούν να συμπεριλάβουν και τους τρεις τύπου μεταβολών που περιγράφηκαν παραπάνω, κάτι που εξυπηρετεί τους δημιουργούς χαρτών και απλοποιεί σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία παραγωγής χωροχρονικών απεικονίσεων. Η απλούστερη μορφή χάρτη κινούμενης εικόνας που μπορεί να δημιουργηθεί είναι τα γνωστά αρχεία gif τα οποία περιλαμβάνουν συγκεκριμένα στιγμιότυπα με διαφορετικές εικόνες και εναλλάσσονται μεταξύ τους με ένα προεπιλεγμένο ρυθμό. Αυτή η μορφή δυναμικών εικόνων – χαρτών δίνει πολύ περιορισμένες δυνατότητες στον αναγνώστη ο οποίος μπορεί απλά μέσα από την εναλλαγή των εικόνων να παρατηρήσει τάσεις και μοτίβα που μπορεί να σχηματίζουν

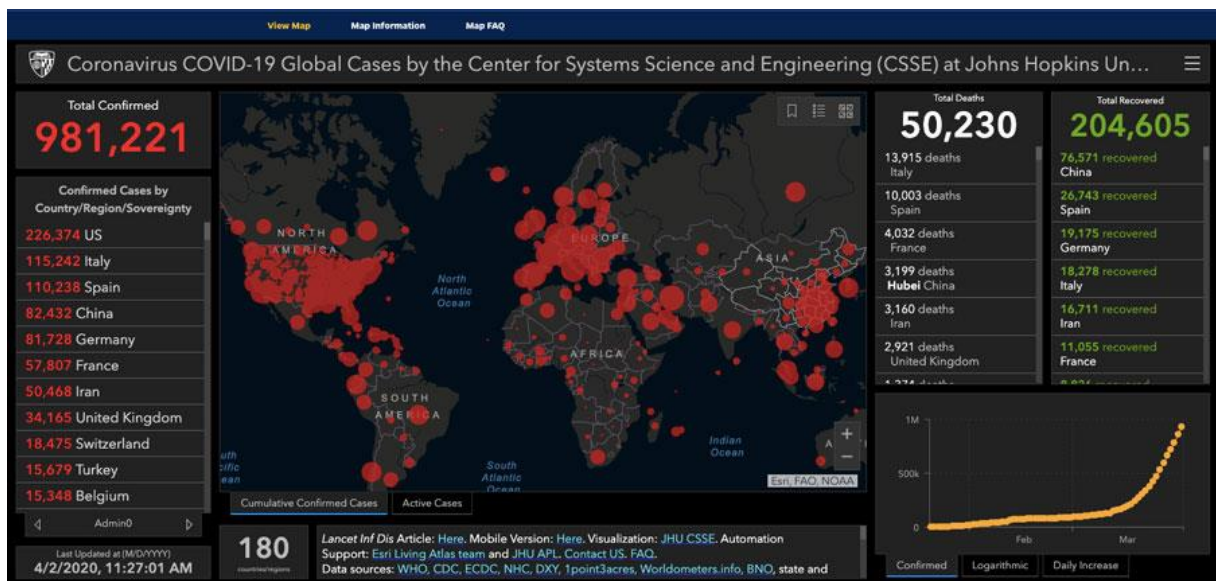
οι απεικονιζόμενες πληροφορίες. Οι DiBiase κ.α. (1990) όρισαν τις δυναμικές μεταβλητές με τις οποίες ο χαρτογράφος μπορεί να προσαρμόσει για το σχεδιασμό ενός χάρτη κινούμενης εικόνας. Οι μεταβλητές αυτές σχετίζονται με τη σειρά που τοποθετούνται οι εναλλασσόμενες εικόνες, το ρυθμό που αλλάζουν καθώς και τη συνολική διάρκεια του χάρτη κινούμενης εικόνας. Η διάρκεια ενός χάρτη κινούμενης εικόνας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από τον αριθμό των στιγμιότυπων που επιλέγονται να συμμετάσχουν σε αυτό αλλά και από το ρυθμό εναλλαγής τους όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Ο σωστός καθορισμός αυτών των μεταβλητών επηρεάζει ολοκληρωτικά το τελικό αποτέλεσμα και τον βαθμό στον οποίο επιτυγχάνεται ο στόχος του χαρτογράφου να μεταδώσει την πληροφορία που θέλει στον αναγνώστη. Η επίτευξη αυτού του στόχου είναι ιδιαίτερα απαιτητική αν συνυπολογιστεί η απουσία διαδραστικότητας που θα βοηθούσε το χρήστη στην καλύτερη κατανόηση της εικόνας. Στην Εικόνα 7 χρησιμοποιείται μια απεικόνιση χωροχρονικού κύβου (space-time cube) η οποία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της κατηγορίας χαρτών που αναφέρθηκε παραπάνω.



Εικόνα 7: Απεικόνιση χωροχρονικού κύβου για δεδομένα γεννήσεων στην Πολιτεία της Μασαχουσέτης των Η.Π.Α. (πηγή: Ogneva-Himmelberger, Haynes (2022): *Using space-time cube to analyze trends in adverse birth outcomes and maternal characteristics in Massachusetts, USA*)



Το στοιχείο της διαδραστικότητας έρχεται να προστεθεί τα τελευταία χρόνια στην κατηγορία των πολλαπλών θεματικών χαρτών με τις σύγχρονες χαρτογραφικές εφαρμογές. Σε αυτές τις εφαρμογές χρησιμοποιούνται γραφικά που επιτρέπουν μεγάλη αλληλεπίδραση στους χρήστες οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να εξερευνήσουν σε βάθος τα δεδομένα, να πραγματοποιήσουν πολυδιάστατες συγκρίσεις μεταβλητών και να ανακαλύψουν άγνωστες τάσεις περιέχονται μέσα στο σύνολο των πληροφοριών. Οι πιο διαδραστικές από αυτές τις απεικονίσεις ανήκουν στην κατηγορία των χαρτογραφικών ταμπλό (dashboards). Τα dashboards αποτελούνται από ένα συνδυασμό διαδραστικών χαρτών και στατιστικών χαρακτηριστικών και μεγεθών που τους συνοδεύει. Τα γραφικά που χρησιμοποιούνται σε κάθε απεικόνιση είναι διαδραστικά υπό την έννοια μια mouse-over λειτουργίας και είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους. Ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει συγκεκριμένα θεματικά επίπεδα, να επιλέξει συγκεκριμένες τιμές των μεταβλητών όπως επίσης και του χρονικού στιγμιότυπου ενεργοποιώντας κάθε φορά ένα μοναδικό συνδυασμό οπτικοποιήσεων, ικανών να τον βοηθήσουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τα γεγονότα ή τα φαινόμενα που αναπαρίστανται.



Εικόνα 8: Εφαρμογή dashboard για την εξάπλωση του ιού covid-19 (πηγή: <https://coronavirus.jhu.edu/>)

Μία περίπτωση χάρτη dashboard απεικονίζεται στην Εικόνα 8, η οποία αποτελεί στιγμιότυπο από ένα χάρτη που απασχόλησε τον πλανήτη σε μεγάλο βαθμό τα προηγούμενα χρόνια και σχετίζεται με την απεικόνιση στατιστικών δεδομένων σχετικά με τα κρούσματα του ιού covid-19. Ο χάρτης αυτός συγκέντρωνε δεδομένα από τις περισσότερες χώρες του χώρου σε καθημερινή βάση απεικονίζοντας στατιστικά για τον αριθμό των κρουσμάτων, τη θνησιμότητα ανά χώρα και γενικότερα την εξάπλωση του ιού χωρικά και χρονικά. Η εξερεύνηση των



δεδομένων που προσφέρει αυτός ο χάρτης μπορεί να δώσει στο χρήστη πολύ χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το χωροχρονικό σημείο εκκίνησης του ιού, την ταχύτητα εξάπλωσης του και το βαθμό στον οποίο κόστισε σε ανθρώπινες ζωές. Αναλυτικότερη αναφορά στη λειτουργία της διαδραστικότητας γίνεται σε επόμενη ενότητα.

## 2.5 Διαδίκτυο και τεχνολογίες στη σύγχρονη χαρτογραφία

Στις προηγούμενες ενότητες του παρόντος κεφαλαίου έγινε μια ευρεία αναφορά σε στοιχεία της Χαρτογραφίας με τη χρήση επεξηγηματικών παραδειγμάτων. Η πλειοψηφία από αυτά τα παραδείγματα ανήκουν στη Χαρτογραφία της σύγχρονης εποχής, της εποχής των προηγμένων υπολογιστών και υπολογιστικών συστημάτων και κυρίως του διαδικτύου, χωρίς την ύπαρξη του οποίου δε θα υπήρχε εύκολη πρόσβαση σε αυτά. Στις παρακάτω ενότητες θα αναλυθούν περαιτέρω τα παραπάνω στοιχεία τα οποία συνιστούν τη Χαρτογραφία στο σήμερα.

### 2.5.1 Η επιρροή του διαδικτύου

Πριν την εμφάνιση του διαδικτύου και των ψηφιακών απεικονίσεων, η παραγωγή ενός χάρτη σχεδιαστικά υλοποιούνταν από το χαρτογράφο σε ένα κομμάτι χαρτί. Αυτό δημιουργούσε αρκετές δυσκολίες και περιορισμούς σχετικά με την ποσότητα της παρεχόμενης πληροφορίας, με την ακρίβεια των συμβολισμών αλλά κυρίως την αδυναμία πρόσβασης στο χάρτη από το ευρύ κοινό. Η εμφάνιση του διαδικτύου στην καθημερινότητα των ανθρώπων δε θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστο τον κλάδο της Χαρτογραφίας τόσο στο σχεδιασμό για το χαρτογράφο όσο και στην προσβασιμότητα είτε για τον ερευνητή είτε για τον απλό χρήστη. Οι χάρτες μετατράπηκαν από στατικές εικόνες με περιορισμένο δεδομένα σε δυναμικές απεικονίσεις που δύνανται να αποθηκεύουν απεριόριστο όγκο δεδομένων συνοδευόμενες από σύνθετες λειτουργίες γραφικών και διαδραστικότητας. Η σύνδεση χαρτών με το διαδίκτυο κατάφερε να δώσει τη δυνατότητα ακόμα και ενσωμάτωσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από αισθητήρες που συλλέγουν διαρκώς δεδομένα και είναι και αυτοί συνδεδεμένοι με το διαδίκτυο. Η άνοδος του διαδικτύου είναι αυτή που έφερε και την εξέλιξη στη σχεδίαση χαρτών. Η ψηφιακή χαρτογραφία χωρίς την παρουσία του διαδικτύου δημιουργεί απλά ψηφιακές απεικονίσεις οι οποίες δε μπορούν να διαμοιραστούν. Ο διαμοιρασμός της χαρτογραφικής πληροφορίας είναι ένα θεμελιώδες στοιχείο της επιστήμης της Χαρτογραφίας

και η απουσία του δυσχεραίνει το σκοπό της σε μεγάλο βαθμό. Από τις πρώτες ημέρες της διαδικτυακής εποχής στη δεκαετία του '90, άρχισαν να γίνονται τα πρώτα πειράματα με τη χρήση των διαθέσιμων λογισμικών ώστε να μεταφερθούν χάρτες μέσα στο διαδίκτυο. Ακόμα και η σάρωση αναλογικών χαρτών φαίνεται να συμμετείχε σε αυτή τη διαδικασία. Με αυτό τον τρόπο ξεκίνησαν να δημιουργούνται οι πιο πρωτόγονες μορφές των διαδικτυακών ψηφιακών χαρτών (web maps) και τέθηκαν οι βάσεις για την ανάπτυξη των σημερινών τεχνολογιών που παράγουν χάρτες όλο και περισσότερο φιλικούς προς το χρήστη.

Σε παλαιότερες εποχές, οι χάρτες ανήκαν κατά κύριο λόγο στην κοινότητα των χαρτογράφων και σε σχετικών επιστημονικών κλάδων. Η φιλοξενία χαρτογραφικών εφαρμογών στο διαδίκτυο του σήμερα προσφέρει πολλές δυνατότητες καθημερινά στον οποιοδήποτε χρήστη. Για παράδειγμα, η λήψη οδηγιών μετακίνησης από εφαρμογές τύπου Google Maps, εφαρμογές live tracking για την μετακίνηση των μέσων μαζικής μεταφοράς αλλά και πλατφόρμες όπως το Google Earth όπου μπορεί ο χρήστης να περιηγηθεί και να δει πληροφορίες και εικόνες από όλο τον κόσμο. Επιπλέον, η είσοδος της χαρτογράφησης σε κλάδους όπως η πολεοδομία, ο τουρισμός καθώς και η πρόληψη και διαχείριση έκτακτων καταστάσεων από κρατικές υπηρεσίες έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται αποφάσεις για καίρια ζητήματα οργάνωσης και διοίκησης σε κάθε χώρα που κάνει χρήση αυτών των τεχνολογιών. Συμπερασματικά, η συμβολή του διαδικτύου αφ' ενός εξέλιξε τον τρόπο καταγραφής και σχεδιασμού χωρικών πληροφοριών αλλά αφ' ετέρου επηρέασε εξ' ολοκλήρου την ανθρώπινη κοινωνία στην καθημερινότητά της.

### *2.5.2 Αρχιτεκτονική και τεχνολογίες διαδικτυακής χαρτογράφησης*

Σύμφωνα με τον Smith (2016), η διαδικασία ανάπτυξης διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών μπορεί να αναλυθεί σε τρία στάδια, τα οποία απεικονίζονται συνοπτικά στην Εικόνα 9. Το πρώτο στάδιο της προετοιμασίας των χωρικών δεδομένων (spatial data preparation) συνίσταται από τη συλλογή των πρωτογενών δεδομένων τα οποία πολλές φορές είναι διαθέσιμα μέσα από πλατφόρμες ανοιχτών δεδομένων που τα παρέχουν για οποιοδήποτε χρήστη καθώς και την εκτέλεση τυχόν προπαρασκευαστικών εργασιών γεωεπεξεργασίας, το οποίο μπορεί να υλοποιηθεί τοπικά με τη χρήση διάφορων λογισμικών. Το δεύτερο στάδιο (data hosting and map serving) είναι μια διαδικασία μετάβασης από τον τοπικό υπολογιστή σε ένα διακομιστή (server) όπου από τα χωρικά δεδομένα μεταφορτώνονται και αξιοποιούνται για

τη δημιουργία μιας υπηρεσίας (mapping service) η οποία προωθεί τα δεδομένα του χάρτη στο πρόγραμμα περιήγησης στον προσωπικό υπολογιστή του χρήστη. Το τελευταίο στάδιο αποτελεί ουσιαστικά μια διαδικασία σχεδίασης ιστοσελίδας όπου αναπτύσσεται η διεπαφή (interface) της εφαρμογής χρησιμοποιώντας μια βιβλιοθήκη με εργαλεία που κάνουν δυνατή την επικοινωνία μεταξύ της υπηρεσίας και του χρήστη. Αυτό το στάδιο είναι βαρύνουσας σημασίας γιατί είναι αυτό που επιτρέπει και την ενεργοποίηση των διαδραστικών λειτουργιών και της χρηστικότητα της ιστοσελίδας ως χαρτογραφική υπηρεσία.



Εικόνα 9: Τα βασικά στάδια για την ανάπτυξη διαδραστικών διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών (πηγή: D.A. Smith / Computers, Environment and Urban Systems 57 (2016))

Ο πρώτος βασικός διαδικτυακός χάρτης εμφανίστηκε το 1993 (Putz, 1994) και ακολούθησαν και άλλες διαδικτυακές χαρτογραφικές εφαρμογές στα τέλη της δεκαετίας του 1990 όπως το MapQuest και το Streetmap (Plewe, 2007). Αυτές οι ιστοσελίδες παρά την καινοτομία που αποτελούσαν για την εποχή εκείνη, περιορίζονταν από τις χαμηλής ταχύτητας συνδέσεις στο διαδίκτυο ενώ η χρηστικότητα της διαδραστικής λειτουργίας τους κάμπτονταν από τις συνεχείς ανανεώσεις που απαιτούσε η ιστοσελίδα για την φόρτωση νέων θεματικών επιπέδων και πληροφορίας. Η επόμενη γενιά web χαρτών που χρησιμοποιούσε τη λειτουργία του Web Mapping Server (WMS) αναπτύχθηκε από εμπορικούς προμηθευτές όπως η ESRI και η Autodesk από τα τέλη της δεκαετίας του 1990 και μετά (Plewe, 2007). Αυτή η προσέγγιση έδωσε μεγάλη ευελιξία στη δημιουργία των χαρτογραφικών εφαρμογών και περισσότερες δυνατότητες για εφαρμογή χωρικής ανάλυσης στα δεδομένα. Ωστόσο, η υλοποίηση αυτών των τεχνολογιών την εποχή εκείνη ήταν ιδιαίτερα κοστοβόρα και έτσι περιορίζονταν στην χρήση από κρατικές υπηρεσίες και μεγάλες επιχειρήσεις.

Το μεγάλο βήμα για τη ενεργοποίηση της μαζικής παραγωγής διαδικτυακών και πλήρως διαδραστικών χαρτογραφικών απεικονίσεων έγινε με τη δημιουργία των χαρτών της Google του 2005. Το interface της εφαρμογής περιείχε λειτουργίες διαδραστικότητας με pan και zoom σε σχεδόν πραγματικό χρόνο, που πραγματοποιούντα χάρη στη χρήση ευρυζωνικών τεχνολογιών AJAX (Zucker, 2007). Αυτό το μοντέλο διαδικτυακής χαρτογράφησης υιοθετήθηκε στην πορεία από όλες τις μεγάλες χαρτογραφικές πλατφόρμες. Στη συνέχεια,



κίνητρο στη δημιουργία εφαρμογών από εμπορικές πλατφόρμες οι οποίες αναπτύσσουν ένα υπολογιστικό νέφος (cloud) χαρτογραφικών υπηρεσιών μέσα στο οποίο ο χρήστης μπορεί με αρκετά άμεσο τρόπο να οπτικοποιήσει τα δεδομένα του μεταφορτώνοντάς τα στον εξυπηρετητή (server) της εταιρείας. Σήμερα έχει αναπτυχθεί μια σειρά από τέτοιες πλατφόρμες οι οποίες θα εξεταστούν σε επόμενη ενότητα.

### 2.5.3 Προσεγγίσεις στην ανάπτυξη διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών

Αναφορικά με τον τρόπο ανάπτυξης μιας διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής, υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι προσέγγισης με τους οποίους αυτές υλοποιούνται και αυτός που τελικά επιλέγεται καθορίζει ουσιαστικά την ευελιξία στο τελικό αποτέλεσμα ως προς τη μορφοποίηση του χάρτη από το δημιουργό του και τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης και εξερεύνησης των δεδομένων από το χρήστη. Οι τρόποι προσέγγισης είναι οι εξής:

- Αυτοφιλοξενούμενοι διαδικτυακοί χάρτες (Self-hosted web mapping)
- Διαδικτυακοί χάρτες με χρήση υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους (Cloud services web mapping)
- Διαδικτυακοί χάρτες πληροφοριακών γραφημάτων (Infographics web mapping)

Η προσέγγιση *αυτοφιλοξενούμενου διαδικτυακού χάρτη* περιλαμβάνει την φόρτωση των δεδομένων της εφαρμογής σε έναν τοπικό εξυπηρετητή. Σε αυτή την προσέγγιση υπάρχουν πολύ μεγάλες δυνατότητες και ευελιξία για το χαρτογράφο διότι η περίπτωση αυτή καλύπτεται από υψηλής ποιότητας λογισμικά ανοικτού κώδικα (QGIS, PostGIS, Geoserver), η χρήση των οποίων ωστόσο απαιτεί αρκετές τεχνικές δεξιότητες.

Στο πλαίσιο της αυτοφιλοξενούμενης προσέγγισης, υπάρχει ένας διαχωρισμός μεταξύ προφορτωμένων (pre-rendered) και δεδομένων πραγματικού χρόνου (on-the-fly data). Τα δεδομένα ενός χάρτη τις περισσότερες φορές παράγονται χρησιμοποιώντας μια τεχνική όπου ένα σύνολο από γεωαναφερμένες εικόνες σε συμπιεσμένη μορφή (raster map-tiles) έχουν δημιουργηθεί προγενέστερα (pre-rendered) και φορτώνονται στο φυλλομετρητή του χρήστη σε σχετικά γρήγορο χρόνο. Όταν υπάρχουν πολλά διαφορετικά θεματικά επίπεδα, το μέγεθος αυτών των εικόνων μεγαλώνει αισθητά κάτι που αυξάνει τον απαιτούμενο αποθηκευτικό χώρο στον εξυπηρετητή όπου φιλοξενείται η εφαρμογή. Εδώ μπαίνει η παραγωγή των ζητούμενων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο ώστε να λύσει αυτό το πρόβλημα, αποτελώντας ωστόσο μια

πιο σύνθετη στην κατασκευή της λύση. Ένα άλλο πλεονέκτημα της τεχνικής παραγωγής απεικόνισης σε πραγματικό χρόνο είναι η μετάβαση από τη δημιουργία κανονικοποιημένων (raster) στη δημιουργία διανυσματικών (vector) χαρτογραφικών δεδομένων. Είναι γνωστό ότι οι διαδικτυακοί χάρτες φορτώνονται σε τμήματα μέσα σε ένα φυλλομετρητή. Όταν αυτά είναι αρχεία κανονικοποιημένων εικόνων, τότε χάνεται η δυνατότητα της αλληλεπίδρασης του χρήστη με τα θεματικά επίπεδα που προστίθενται ως δεδομένα της εφαρμογής πάνω από το βασικό χαρτογραφικό υπόβαθρο. Αυτό αλλάζει με τη χρήση διανυσματικών χαρτογραφικών δεδομένων και παράλληλα βελτιώνεται συνολικά η ποιότητα των οπτικοποιήσεων που λαμβάνει ο χρήστης. Εργαλεία ανοικτού κώδικα όπως οι βιβλιοθήκες Openlayers και Leaflet προσφέρουν μεγάλη ευελιξία στο χαρτογράφο για τη δημιουργία των απεικονίσεων και των εργαλείων διεπαφής με την προϋπόθεση ωστόσο καλών τεχνικών προγραμματιστικών γνώσεων.

Αυτές οι τεχνικές δεξιότητες δεν απαιτούνται σε τόσο μεγάλο βαθμό στη δεύτερη προσέγγιση των διαδικτυακών χαρτών που δημιουργούνται με τη *χρήση υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους*. Σε αυτές τις εφαρμογές δεν απαιτείται το υλικό (hardware) και οι γνώσεις για τη δημιουργία ενός διακομιστή αλλά ούτε και ευρεία χρήση γλωσσών προγραμματισμού όπως στην αυτοφιλοξενούμενη προσέγγιση. Αντιθέτως, ο χρήστης εκτελεί μια εφαρμογή διαδικτύου στον υπολογιστή του ή μέσω ενός φυλλομετρητή όπου διαθέτει ένα προσωπικό λογαριασμό στον οποίο μεταφορτώνει όλα τα δεδομένα που θέλει να χρησιμοποιήσει. Η υπηρεσία υπολογιστικού νέφους εκτελεί στον εξυπηρετητή της εταιρείας που παρέχει την πλατφόρμα, όλες τις απαραίτητες διεργασίες που θα έπρεπε χειροκίνητα ο χρήστης να εκτελέσει στην μέθοδο που αναφέρθηκε παραπάνω. Αυτό σημαίνει ότι αμέσως μετά την καταχώριση των δεδομένων στην κατάλληλη μορφή, η υπηρεσία δίνει άμεσα μια πρώτη οπτικοποίηση διαδραστικού χάρτη στην οθόνη του χρήστη ο οποίος μπορεί με ένα απλό HTML αρχείο να φέρει αυτή την οπτικοποίηση μέσα στη δική του προσωπική ιστοσελίδα. Στις περισσότερες πλατφόρμες διαδικτυακής χαρτογράφησης με χρήση υπολογιστικού νέφους, υπάρχει χρέωση στον προσωπικό λογαριασμό του πελάτη η οποία βασίζεται στον όγκο των δεδομένων που δεσμεύει μια χαρτογραφική εφαρμογή μέσα στον εξυπηρετητή. Στην ενότητα που ακολουθεί θα παρουσιαστούν συνοπτικά κάποιες από αυτές τις πλατφόρμες.

Η τελευταία μέθοδος των *διαδικτυακών χαρτών πληροφοριακών γραφημάτων* είναι πολύ λιγότερο ευέλικτη και λειτουργική και για αυτό το λόγο δε γνωρίζει μεγάλης εφαρμογής στη σημερινή εποχή των εξελιγμένων τεχνολογιών. Γενικά αυτοί οι χάρτες δεν επιτρέπουν ευρείας έκτασης πλοήγηση από το χρήστη του χάρτη καθώς διαθέτουν μια περιορισμένη περιοχή προς εξερεύνηση χωρίς διαδραστικές λειτουργίες, ενώ τα δεδομένα αποθηκεύονται σε αρχεία χωρίς

να απαιτείται η χρήση κάποιου διακομιστή. Οι απεικονίσεις πληροφοριακών γραφημάτων είναι γενικά μια προσέγγιση που προορίζονται για μια συγκεκριμένη χρήση και δε διαθέτουν μεγάλη λειτουργικότητα. Παρά την απλότητα στο σύνολο των δεδομένων που μπορούν να περιέχουν και στη δυνατότητα πλοήγησης που προσφέρουν, μπορούν να χρησιμοποιούν καλαίσθητα πληροφοριακά γραφήματα και να δημιουργούν ένα καθαρό και κατανοητό αποτέλεσμα για το ευρύ κοινό.

#### *2.5.4 Πλατφόρμες διαδικτυακής χαρτογράφησης με χρήση υπολογιστικού νέφους*

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι εν λόγω χαρτογραφικές υπηρεσίες προσφέρονται από διάφορους παρόχους σήμερα και αποτελούν εμπορικό προϊόν διαθέτοντας χρέωση για την παροχή των υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους.

Πρωτοπόρος σε αυτή την αγορά ήταν η Google με το Google Maps API που αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, η οποία όμως προσέφερε πολύ περιορισμένες δυνατότητες στον τομέα της θεματικής χαρτογράφησης. Με το Google Javascript API και κάποιες άλλες νέες εφαρμογές, έχει βελτιωθεί στον τομέα αυτό ωστόσο η δημιουργία θεματικών χαρτών περιορίζεται στην επίθεση θεματικών επιπέδων πάνω στα βασικά χαρτογραφικά υπόβαθρα της εταιρείας και αυτό από μόνο του θέτει περιορισμούς στο εύρος των εφαρμογών που μπορούν να υλοποιηθούν εκεί.

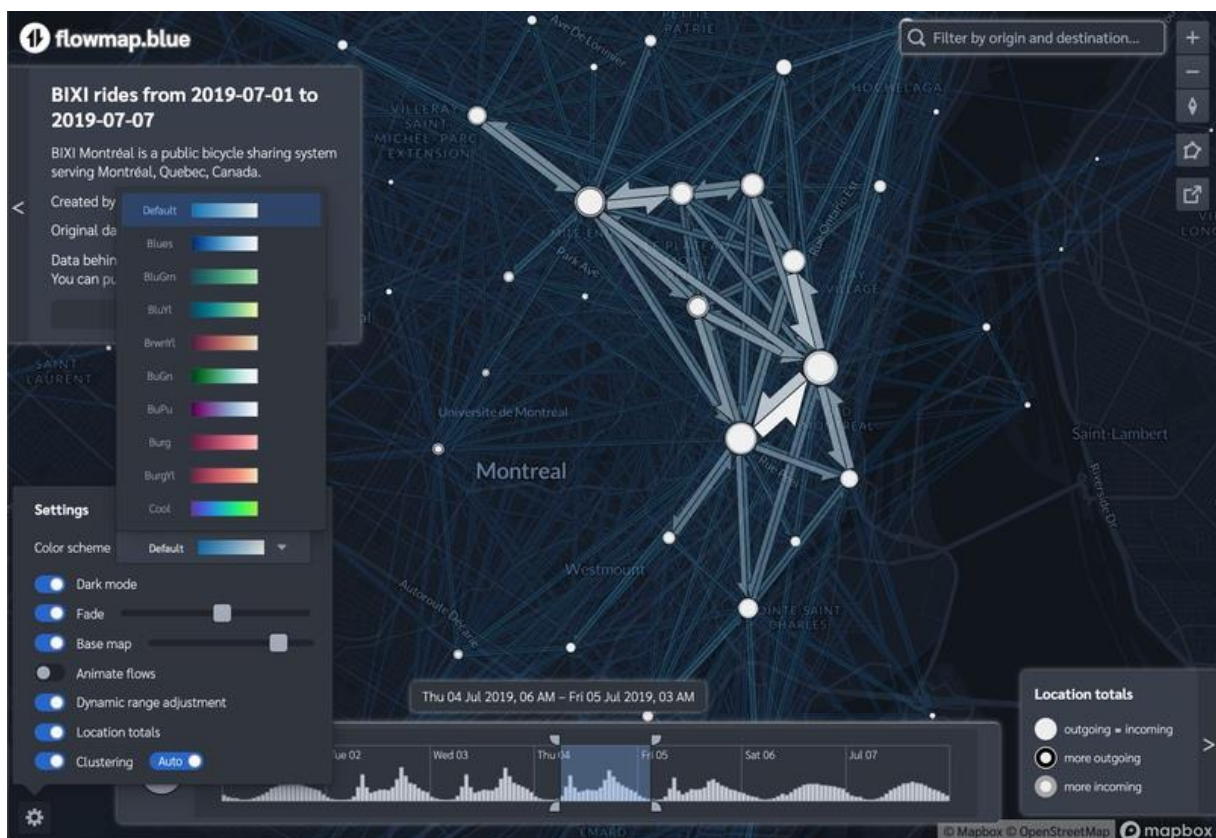
Από τις πιο διαδεδομένες υλοποιήσεις υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους για διαδικτυακές απεικονίσεις είναι το Mapbox. Αυτή η πλατφόρμα χρησιμοποιεί το υπόβαθρο με δεδομένα και λογισμικό από το Open Street Maps συνδυασμένα με εργαλεία της Leaflet και οπτικοποιήσεις του Mapnik τα οποία αποτελούν εφαρμογές ανοικτού κώδικα και έτσι δημιουργούν ένα πλήρως ευέλικτο περιβάλλον για σχεδιασμό χαρτών. Αυτή η ευελιξία επιτρέπει την υλοποίηση σε μεγάλη έκταση έρευνας με τη δημιουργία διάφορων κατηγοριών θεματικών χαρτών. Ωστόσο πλέον η εφαρμογή μετά από το πρώτο διάστημα λειτουργίας, δε προσφέρει πλέον δωρεάν δοκιμαστική περίοδο.

Μια άλλη πλατφόρμα είναι το CartoDB, το οποίο πρόσφατα μετονομάστηκε σε CARTO. Το CARTO παρέχει μια εύχρηστη διεπαφή χρήστη (user interface) στο φυλλομετρητή για τη δημιουργία χαρτών. Στην πλατφόρμα προσφέρονται επίσης API για όσους έχουν τις δεξιότητες χρήσης τους και θέλουν να ενσωματώσουν τις δυνατότητες χαρτογράφησης στις προσωπικές τους εφαρμογές. Με το CARTO, οι χρήστες μπορούν να εκτελούν διαδικασίες χωρικής ανάλυσης και διαφορετικά είδη οπτικοποιήσεων φιλτράροντας τα δεδομένα τους.



Μια ταχέως εξελισσόμενη πλατφόρμα είναι η αντίστοιχη υπηρεσία της εταιρείας ESRI η οποία υλοποιεί την προσέγγιση χαρτογράφησης με χρήση υπολογιστικού νέφους μέσα από την πλατφόρμα του ArcGIS Online. Και σε αυτή την περίπτωση, προσφέρεται μια σειρά εργαλείων για τη δημιουργία και το διαμοιρασμό χαρτών μέσα στο υπολογιστικό νέφος. Ένα επιπλέον στοιχείο είναι η δυνατότητα μετρατροπής των χαρτογραφικών απεικονίσεων σε εφαρμογές για έξυπνες συσκευές. Το περιβάλλον διεπαφής της πλατφόρμας επιτρέπει την απόθεση πολλαπλών θεματικών επιπέδων, την επιλογή από μια λίστα χαρτογραφικού υποβάθρου αλλά και τη μεταφόρτωση μιας εξειδικευμένης (custom) προσέγγισης, μια ποικιλία σε συμβολισμούς καθώς επίσης και τα περισσότερα βασικά εργαλεία χωρικής ανάλυσης. Υπάρχει η δυνατότητα χρήσης των ArcGIS API για javascript για τη μεταφορά των χαρτών σε διαδικτυακές εφαρμογές.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί μια δωρεάν πλατφόρμα η οποία απευθύνεται αποκλειστικά σε χρήστες για τη δημιουργία χαρτών ροής και αυτή είναι το FlowmapBlue (Εικόνα 11).



Εικόνα 11: Στιγμιότυπο από εφαρμογή της πλατφόρμας Flowmap Blue (πηγή: [www.github.com](http://www.github.com))

Το FlowmapBlue έχει σχεδιαστεί για την υποστήριξη της δημιουργίας διαδραστικών χαρτών ροής οι οποίοι επιτρέπουν στους χρήστες να οπτικοποιούν την κίνηση ανθρώπων, αντικειμένων και γενικότερα οντοτήτων που διαθέτουν χωρική πληροφορία. Συχνά χρησιμοποιείται για την εξερεύνηση των τάσεων στη μετανάστευση, την απεικόνιση ροών στις μεταφορές καθώς και



διαδρομών του εμπορίου. Αυτή η υπηρεσία υπολογιστικού νέφους δημιουργεί ένα ιδιαίτερα καλό οπτικά αποτέλεσμα για ένα χάρτη ροής, παρ'όλα αυτά οι δυνατότητες μορφοποίησης των συμβολισμών είναι περιορισμένη όπως και τα παρεχόμενα εργαλεία (widgets) για τη διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης χαρτογραφικής εφαρμογής. Επίσης τα περισσότερα παραδείγματα απεικονίσεων που υπάρχουν στην κεντρική ιστοσελίδα της πλατφόρμας, περιέχουν εφαρμογές για χάρτες μεγάλης κλίμακας και συνήθως σε επίπεδο πόλεων.

## 2.6 Η λειτουργία της διαδραστικότητας

Η χαρτογραφική αλληλεπίδραση (ή διαδραστικότητα) ορίζεται ως ο διάλογος μεταξύ ανθρώπου και χάρτη που πραγματοποιείται μέσω μιας υπολογιστικής συσκευής (Roth, 2013). Η διαδραστικότητα που παρέχουν οι σημερινές σύγχρονες χαρτογραφικές εφαρμογές έχει αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό, γεγονός που έχει βελτιώσει κατακόρυφα την εμπειρία των χρηστών και το βάθος στο οποίο αυτοί έχουν τη δυνατότητα να εξερευνήσουν τα δεδομένα. Σε αυτή την ενότητα αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο αυτή η αλληλεπίδραση ενισχύει τη λειτουργικότητα των χαρτών και εξετάζονται οι τρόποι με τους οποίους αυτή υλοποιείται στο σήμερα στη διαδικτυακή χαρτογράφηση.

### 2.6.1 Η επίδραση της διαδραστικότητας στη Χαρτογραφία

Η επιστήμη της Χαρτογραφίας χρησιμοποιείται σε πολλούς διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους. Η απεικόνιση δεδομένων βρίσκει έδαφος αρχικά στα πρώιμα στάδια της επιστημονικής έρευνας καθώς ενεργοποιεί την οπτική σκέψη και συμβάλλει στη δημιουργία υποθέσεων σχετικά με τάσεις και πρότυπα που εμπεριέχονται μέσα στα δεδομένα. Επίσης, η οπτικοποίηση πληροφορίας χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια των τελικών σταδίων παρουσίασης των αποτελεσμάτων της έρευνας προκειμένου αυτά γίνονται καλύτερα κατανοητά από το ευρύ κοινό. Αυτές οι διαδικασίες εξερεύνησης των δεδομένων μέσω οπτικοποιήσεων από τον ίδιο τον ερευνητή αλλά και γνωστοποίησης των αποτελεσμάτων της έρευνας στο ευρύ κοινό είναι γνωστές και ως «αποκάλυψη αγνώστων» (revealing unknowns) και «παρουσίαση γνωστών» (presenting knowns) αντίστοιχα (MacEachren, 1994). Η δεύτερη από τις χρήσεις των απεικονίσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω παίζει κομβικό ρόλο ως προς την μετάδοση της πληροφορίας και των αποτελεσμάτων μιας έρευνας προς το κοινό. Οι οπτικοποιήσεις των παρουσιάσεων μιας έρευνας διευκολύνουν την επικοινωνία ενός

επιστήμονα με το ευρύ κοινό και αυτό αποτελεί μια πρόιμη μορφή αλληλεπίδρασης. Η πλειοψηφία των χαρτών που παρουσιάζονταν μέχρι πρόσφατα στο διαδίκτυο ως αποτέλεσμα μιας έρευνας είναι συνήθως στατικές εικόνες, οι οποίες περιέχουν σχετικά απλές οπτικοποιήσεις για την κατανόησή τους από τους αναγνώστες. Αυτή η απλότητα έρχεται σε αντίθεση με τους διαδραστικούς χάρτες όπου ο χρήστης αλληλεπιδρά με τα δεδομένα και συμμετέχει στην προβολή των απεικονίσεων. Για αυτό και οι MacEachren και Monmonier το 1992 αναφέρουν ότι «η διαδραστική χαρτογραφία ευθυγραμμίζεται περισσότερο με τα διερευνητικά στάδια της επιστημονικής ανάλυσης όπου οι αλληλεπιδράσεις του ανθρώπου με το χάρτη είναι υψηλού επιπέδου και επαναλαμβανόμενες, υποστηρίζοντας την δημιουργία υποθέσεων καθώς και άλλες σχετικές εργασίες».

Τα σημερινά διαδραστικά εργαλεία χαρτογράφησης ουσιαστικά παρέχουν ένα μείγμα χαρτογραφικής λειτουργικότητας που προσφέρει αλληλεπίδραση τόσο στην εξερεύνηση των δεδομένων όσο και στην οπτικοποίηση και παρουσίασή τους. Μπορούν να παρέχουν πρόσβαση σε πολλές πτυχές της γεωοπτικοποίησης και υψηλού επιπέδου αλληλεπίδραση με το χρήστη. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η χρήση εργαλείων φιλτραρίσματος (filter widget). Με το φιλτράρισμα, ο χρήστης επιλέγει να απεικονίσει δεδομένα που πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια που ο ίδιος ορίζει, όπως για παράδειγμα να προβάλει πληροφορίες που αντιστοιχούν σε ένα συγκεκριμένο χρονικό στιγμιότυπο. Αυτό το εργαλείο αφ' ενός εξοικονομεί χώρο για το χαρτογράφο ο οποίος μπορεί να δημιουργήσει πολλαπλές απεικονίσεις σε ένα μόνο χάρτη προσδίδοντας λειτουργικότητα στη χαρτογραφική εφαρμογή και αφ' ετέρου προσφέρει ευελιξία στο χρήστη για την εξερεύνηση της διαθέσιμης πληροφορίας.

Αυτή η προσέγγιση στις διαδραστικές εφαρμογές αυξάνει τόσο το κόστος κατασκευής από την πλευρά του χαρτογράφου – προγραμματιστή όσο και την ανάγκη να συμπεριληφθεί ο χρήστης ενεργά ώστε να υπάρξει αλληλεπίδραση σε υψηλό επίπεδο. Η δημιουργία απεικονίσεων με αυτά τα χαρακτηριστικά δημιουργεί πλεονεκτήματα και εξισορροπεί το κόστος κατασκευής μόνο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις επιστημονικής έρευνας. Οι περιπτώσεις αυτές συνήθως χαρακτηρίζονται από μεγάλα σύνολα δεδομένων με περίπλοκες μεταβλητές και απαιτούν την πολυδιάσταση εξερεύνηση της πληροφορίας που περιέχουν. Συνηθίζεται όλο και περισσότερο σε ερευνητικές εργασίες να χρησιμοποιούνται πολλαπλές εισροές χωρικών δεδομένων, τα οποία αποτελούν από μόνα τους ένα σημαντικό ερευνητικό αποτέλεσμα που μπορούν στη συνέχεια να ενσωματωθούν σε περαιτέρω ερευνητικά έργα (Borgman, 2007). Από τη σκοπιά ενός ερευνητή που χρησιμοποιεί δεδομένα, υπάρχει ανάγκη ανάπτυξης εργαλείων τα οποία θα παρέχουν πρόσβαση, προβολή και διαχείριση μεγάλων συνόλων δεδομένων.

Όλο και περισσότερες από τις νέες διαδικτυακές χαρτογραφικές εφαρμογές που αναπτύσσονται περιλαμβάνουν βασικές λειτουργίες ανάλυσης. Η οπτική ανάλυση ασχολείται με την παροχή επιπλέον πληροφορίες που βασίζεται στα δεδομένα και βοηθά στη λήψη αποφάσεων (Keim, Kohlhammer, Ellis, & Mansmann, 2010; Thomas & Cook, 2006). Αυτά τα εργαλεία επιτρέπουν σε μη εξειδικευμένο κοινό να ανακαλύπτει τάσεις και μοτίβα στα δεδομένα. Οι διαδραστικές απεικονίσεις σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως στα επιστημονικά πεδία που ασχολούνται με την αστική ανάλυση (πολεοδομία, μεταφορές, κ.α.) και δημογραφικά στοιχεία.

### *2.6.2 Εφαρμογή της διαδραστικότητας στη διαδικτυακή χαρτογράφηση*

Η αλληλεπίδραση του χρήστη με τη χαρτογραφική εφαρμογή σήμερα υλοποιείται με τη χρήση πολλών και διαφορετικών μέσων και εργαλείων τα οποία προσφέρουν μια ιδιαίτερα υψηλού επιπέδου συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα στο αποτέλεσμα των οπτικοποιήσεων.

#### *Επιλογή των θεματικών επιπέδων στα δεδομένα*

Η δυνατότητα επιλογής (ενεργοποίηση/απενεργοποίηση) θεματικών επιπέδων καθορίζει ποιες πληροφορίες εμφανίζονται στο χάρτη και δίνει στο χρήστη μεγαλύτερη ευελιξία στη δημιουργία των απεικονίσεων. Ένας μεγάλος αριθμός θεματικών επιπέδων είναι πολύ βοηθητικός προς την κατεύθυνση της διερεύνησης συνόλων δεδομένων μέσα από διαδικτυακές χαρτογραφικές πλατφόρμες. Η τεχνική δυνατότητα δημιουργίας οπτικοποιήσεων με τη χρήση διαφορετικών συνδυασμών πολλαπλών κανονικοποιημένων και διανυσματικών δεδομένων είναι ένα πολύ βασικό στοιχείο στη διαδικτυακή χαρτογράφηση και επιτυγχάνεται εύκολα στις προσεγγίσεις των αυτοφιλοξενούμενων διαδικτυακών χαρτών και των διαδικτυακών χαρτών που υλοποιούνται με τη χρήση υπολογιστικού νέφους. Παρ'όλα αυτά η ταυτόχρονη χρήση μεγάλου αριθμού θεματικών επιπέδων μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα ως προς την κατανόηση της απεικόνισης αλλά και τεχνικά ζητήματα στον εξυπηρετητή λόγω μεγάλου όγκου δεδομένων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, προτείνεται η χρήση της μεθόδου αυτοφιλοξενούμενων διαδικτυακών χαρτών όπου η παραγωγή των εικόνων γίνεται σε πραγματικό χρόνο.

### Εφαρμογή διαφορετικών τύπων θεματικών χαρτών

Το μεγάλο εύρος στα είδη θεματικών χαρτών μεταξύ των οποίων μπορούν να επιλέξουν οι χαρτογράφοι ώστε να δημιουργήσουν θεματικές απεικονίσεις είναι ένα πολύ δυνατό εργαλείο καθώς κάθε τεχνική είναι περισσότερο κατάλληλη για την εφαρμογή σε συγκεκριμένα δεδομένα αλλά και στο επιθυμητό αποτέλεσμα που ορίζεται από το δημιουργό τους. Όλες οι εκδοχές των σύγχρονων διαδικτυακών χαρτογραφικών απεικονίσεων προσφέρουν τη δυνατότητα δημιουργίας των πιο γνωστών τύπων θεματικών χαρτών όπως είναι οι χωροπληθείς, οι χάρτες αναλογικών συμβόλων, καθώς και οποιεσδήποτε οπτικοποιήσεις παράγονται από σημεία και γραμμές. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις δίνεται η δυνατότητα για πιο προηγμένους τύπους χαρτογράφησης όπως είναι για παράδειγμα οι δασυμετρικοί χάρτες, οι ισარიθμικοί χάρτες και τα χαρτογράμματα. Συνηθίζεται στις περιπτώσεις απεικονίσεων με πολλαπλά επίπεδα δεδομένων, να εφαρμόζονται συγκεκριμένες τεχνικές για το σύνολο των θεματικών επιπέδων. Ωστόσο υπάρχει δυνατότητα διαφοροποίησης με την κατάλληλη προετοιμασία στα δεδομένα ώστε αυτά να μπορούν να εφαρμοστούν σε περισσότερα από ένα είδη θεματικών χαρτών.

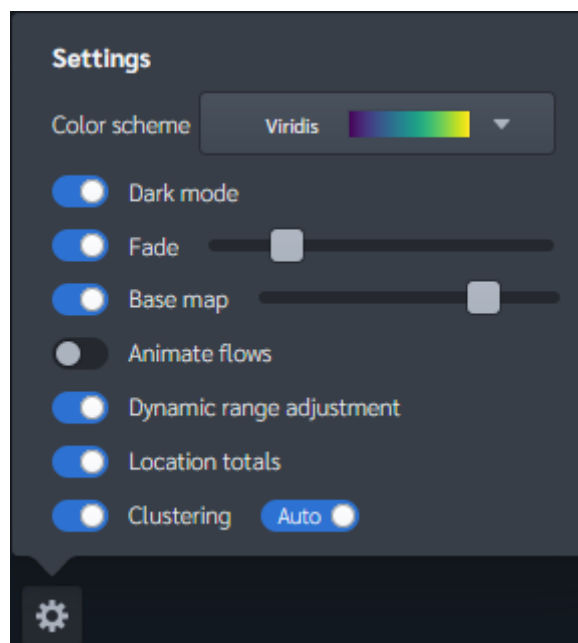
### Διαδραστικότητα στην πλοήγηση

Όλες πλέον οι διαδικτυακές εφαρμογές που απεικονίζουν δεδομένα σε χάρτη, συνοδεύονται από τις λειτουργίες για μετακίνηση (pan) και μεγέθυνση (zoom) και είναι αναπόσπαστο κομμάτι της διαδραστικότητας. Η διαδραστικότητα πλοήγησης μπορεί να αποτελέσει ένα πολύ ισχυρό εργαλείο το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να περιηγηθεί μεταξύ των περιοχών που τον ενδιαφέρουν αλλά και να εξερευνήσει το χάρτη και την απεικονιζόμενη πληροφορία σε πολλές διαφορετικές κλίμακες. Όσον αφορά το τεχνικό κομμάτι στην πλοήγηση, εμφανίζονται ορισμένες δυσκολίες αναφορικά με την αναπαράσταση κοινωνικών και οικονομικών φαινομένων. Τα σύνολα δεδομένων που χρησιμοποιούνται σε αυτού του είδους τις μελέτες, συγκεντρώνονται από κρατικές υπηρεσίες (π.χ. απογραφή πληθυσμού) και αναλύονται σε συγκεκριμένες χωρικές μονάδες (π.χ. δήμους). Για τη λεπτομερή ανάλυση αυτών των δεδομένων σε μεγαλύτερες κλίμακες που επιτυγχάνονται με τη λειτουργία του zoom, θα πρέπει τα δεδομένα να προετοιμάζονται κατάλληλα και να αντιστοιχίζονται στα διαφορετικά επίπεδα μεγέθυνσης. Ακόμη, η προσθήκη επιπλέον επιπέδων μεγέθυνσης σε ένα χάρτη, επιβαρύνει τον εξυπηρετητή ο οποίος αποθηκεύει 4 επιπλέον προφορτωμένες εικόνες (pre-rendered map tiles) για κάθε επίπεδο μεγέθυνσης που προστίθεται (Smith, 2016). Ένας εύκολος τρόπος

αντιμετώπισης του παραπάνω προβλήματος είναι ο ορισμός μέγιστου και ελάχιστου επιπέδου μεγέθυνσης από τον προγραμματιστή-χαρτογράφο με κριτήριο το εύρος των επιπέδων που κρίνονται ότι επαρκούν για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος. Σε ορισμένες περιπτώσεις κρίνεται σκόπιμη η πλήρης αφαίρεση της διαδραστικότητας πλοήγησης από ένα χάρτη όπως γίνεται στις χαρτογραφικές απεικονίσεις με την προσέγγιση των πληροφοριακών γραφημάτων. Αυτή η προσέγγιση παράγει απλές στατικές εικόνες που επιτυγχάνουν χρηστικές οπτικοποιήσεις και ταυτόχρονα εξοικονομούν χώρο και χρόνο στην παραγωγή και αποθήκευσή τους.

### Διαδραστικότητα στο συμβολισμό και την ομαδοποίηση των δεδομένων

Αυτού του είδους η διαδραστικότητα στη χαρτογραφική αναπαράσταση αφορά εργαλεία που υπάρχουν σε εφαρμογές και σχετίζονται με τη δυνατότητα μορφοποίησης των χρωματικών σχημάτων που χρησιμοποιούνται στις απεικονίσεις καθώς και των όριων των ομάδων στην ταξινόμηση των δεδομένων (Εικόνα 12).



Εικόνα 12: Δυνατότητα διαφοροποίησης χρωματικού σχήματος και άλλων παραμέτρων για την απεικόνιση των δεδομένων στην πλατφόρμα του FlowmapBlue (πηγή: [www.flowmap.blue](http://www.flowmap.blue))

Αυτή η αλληλεπίδραση δεν εμφανίζεται συχνά σε διαδικτυακούς χάρτες οι οποίοι απευθύνονται στο ευρύ κοινό αλλά περισσότερο μέσα σε ερευνητικές κοινότητες όπου ο εκάστοτε χρήστης του χάρτη διαθέτει κάποια εμπειρία και εξειδίκευση στο χειρισμό χαρτών. Ένας ανειδίκευτος χρήστης που αλληλεπιδρά με σύμβολα, χρωματισμούς και την ομαδοποίηση

των δεδομένων, μπορεί να περιπλέξει το σύνολο της απεικόνισης και την αποτελεσματικότητά της. Αντιθέτως, αυτές οι λειτουργίες σε επίπεδο διερεύνησης των δεδομένων που προσφέρονται από ορισμένες ιστοσελίδες μπορεί να είναι ιδιαίτερα επικοινωνητικές. Τα διανυσματικά δεδομένα ενισχύουν αυτές τις λειτουργίες εφόσον επιτρέπουν τη μορφοποίηση από την πλευρά του χρήστη, των παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω.

### Διαδραστικότητα δεδομένων

Διαδραστικότητα δεδομένων ή αναλυτική διαδραστικότητα (Crampton, 2002) είναι η λειτουργία με την οποία γίνεται εφικτή η υποβολή ερωτημάτων (queries) στη βάση των δεδομένων που φιλοξενεί την χαρτογραφική εφαρμογή, η εξαγωγή στατιστικών για αυτά όπως είναι για παράδειγμα η επισήμανση μέγιστων και ελάχιστων τιμών καθώς και παρεμφερείς εργασίες. Είναι βέβαιο ότι δεν είναι παραγωγικό να επιδιώκεται σε διαδικτυακές εφαρμογές η επίτευξη αναλυτικής διαδραστικότητας στο επίπεδο που αυτή περιέχεται σε τοπικά (desktop) λογισμικά GIS. Αντιθέτως, είναι χρήσιμη η εστίαση στην επιλογή συγκεκριμένων λειτουργιών οι οποίες ταιριάζουν καλύτερα στο φαινόμενο και στη δομή των δεδομένων που μελετάται. Τέτοιες λειτουργίες δε χρειάζεται να είναι ιδιαίτερα σύνθετες. Τα αναδυόμενα παράθυρα (pop-up windows) όταν ο χρήστης επιλέγει μια χωρική οντότητα ή διάφορα στατιστικά γραφήματα μπορεί να αποδειχθούν ιδιαίτερα χρήσιμα στην καλύτερη κατανόηση της παρεχόμενης πληροφορίας. Αντίστοιχα όπως και με άλλα είδη διαδραστικότητας, η χρήση διανυσματικών δεδομένων είναι αυτή που επιτρέπει την υλοποίηση εκτεταμένων διαδραστικών λειτουργιών. Σε κάθε περίπτωση η χρησιμότητα αυτών των λειτουργιών θα πρέπει να ελέγχεται με γνώμονα τόσο το υπολογιστικό κόστος όσο και το χρόνο που απαιτείται για την ανάπτυξή τους.

### Αφηγηματική διαδραστικότητα

Η τελευταία κατηγορία στη χαρτογραφική αλληλεπίδραση σχετίζεται με την ενίσχυση της εμπειρίας του χρήστη σχετικά με χαρτογραφικές εφαρμογές ξεναγήσεων ή χαρτών που συνοδεύονται από επεξηγηματικό κείμενο. Αυτή η κατηγορία διαδραστικότητας χρησιμοποιείται συχνά σε εφαρμογές χαρτογράφησης με στόχο την εκπαίδευση και την ενημέρωση και αυτή βοηθάει στην καθοδήγηση του χρήστη μέσω της οπτικοποίησης δεδομένων και την επεξήγηση των αποτελεσμάτων (Segel & Heer, 2010). Αντίστοιχη εφαρμογή εντοπίζεται και στον τομέα της έρευνας όπου οι απεικονίσεις αποδίδονται συχνά

συνοδευόμενες από αναφορές που σχολιάζουν τα αποτελέσματα, ενώ οι οδηγίες σε ένα χάρτη είναι χρήσιμες για να βοηθήσουν νέους χρήστες να προσαρμοστούν και να μάθουν να χρησιμοποιούν τις διεπαφές της πλατφόρμας.

### 3 Ανθρώπινη Μετανάστευση & Χάρτες Ροής

Η μετανάστευση είναι ένα παγκόσμιο φαινόμενο στο οποίο τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονη δραστηριότητα. Παγκόσμια γεγονότα, οικονομικές συνθήκες και γενικότερη αστάθεια σε πολλές χώρες του κόσμου αναγκάζουν καθημερινά ανθρώπους να μετακινηθούν με σκοπό την βελτίωση των συνθηκών ζωής τους. Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζεται η ανάγκη για τη διερεύνηση των μεταναστευτικών ροών παγκοσμίως και το πώς αυτό γίνεται εφικτό με τη χρήση των εργαλείων της σύγχρονης ψηφιακής και διαδικτυακής χαρτογραφίας.

#### 3.1 Η χαρτογράφηση της παγκόσμιας μετανάστευσης

Η μελέτη των μεταναστευτικών ροών και της μεταβολής που αυτές υφίστανται με την πάροδο του χρόνου μέσω της χαρτογράφησης αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για την κατανόηση των τάσεων που επικρατούν καθώς και τον αντίκτυπο που δημιουργεί το φαινόμενο αυτό στις περιοχές που εμπλέκονται είτε ως αφετηρίες είτε ως προορισμοί. Η μετανάστευση σε παγκόσμιο επίπεδο συνηθίζεται να μελετάται σε επίπεδο χωρών, δηλαδή ανθρώπινων μετακινήσεων που πραγματοποιούνται από χώρα σε χώρα. Η διασυνοριακή μόνιμη μετακίνηση στη σημερινή εποχή είναι ένα πολύ συνηθισμένο φαινόμενο και η δημιουργία απεικονίσεων σχετικά με αυτήν μπορεί να προσφέρει ιδιαίτερα χρήσιμες πληροφορίες σε ερευνητές και σε αρμόδιους φορείς που διαχειρίζονται μεταναστευόμενο πληθυσμό αλλά και για οποιονδήποτε ενδιαφέρεται να ενημερωθεί για ένα ζήτημα που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τις ισορροπίες στον κόσμο.

Όπως στα περισσότερα φαινόμενα που καταγράφονται και εξετάζονται από ερευνητές, έτσι και τα δεδομένα που αφορούν την ανθρώπινη κινητικότητα παρουσιάζει τάσεις και πρότυπα. Για μια αποτελεσματική εξαγωγή προτύπων από δεδομένα μετανάστευσης είναι σημαντικό να περιλαμβάνεται η διάσταση του χρόνου. Η μελέτη της μετανάστευσης σε βάθος χρόνου δίνει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα στο από πού τείνουν να μεταναστεύουν οι άνθρωποι και προς τα πού τείνουν να κινηθούν. Η μετακίνηση πληθυσμών είναι φύσει ένα δυναμικό φαινόμενο το οποίο μεταβάλλεται και εξελίσσεται συνεχώς και για αυτό μια αποτελεσματική έρευνα δεν πρέπει να περιοριστεί στο τι συμβαίνει σήμερα αλλά και στο ποια είναι η πορεία του φαινομένου μέσα στο χρόνο και με ποιο τρόπο οδηγήθηκε στην υφιστάμενη κατάσταση.



Πέραν της εξερεύνησης των προτύπων στις μετακινήσεις, ενδιαφέρον παρουσιάζει και το τι αποτέλεσμα αυτές επιφέρουν σε κάθε χώρα. Δημογραφικές μεταβολές, κοινωνικές ανισότητες, διατάραξη της οικονομίας είναι μερικά από τα ζητήματα που τίθενται από τις αρμόδιες αρχές ιδίως σε περιπτώσεις μαζικών μεταναστεύσεων. Η κατανόηση αυτών των επιπτώσεων παίζει καθοριστικό ρόλο στη χάραξη κατάλληλων πολιτικών οι οποίες θα ανταποκρίνονται σε τυχόν έκτακτες συνθήκες που θα παρουσιαστούν, στην αντιμετώπιση προκλήσεων που εμφανίζονται με σκοπό τη διατήρηση των ισορροπιών στην κοινωνία και την οικονομία αλλά και πρόβλεψη μελλοντικών μεταναστευτικών τάσεων που ίσως προκληθούν εξαιτίας των παραπάνω επιπτώσεων.

Τα τελευταία χρόνια, μια σειρά αλυσιδωτών πολεμικών συρράξεων σε συγκεκριμένα σημεία του πλανήτη έχει δημιουργήσει μαζικές μεταναστεύσεις ανθρώπων. Αυτές οι αναγκαστικές μετακινήσεις αποτελούνται από πληθυσμούς οι οποίοι πέφτουν πολλές φορές θύματα εκμετάλλευσης κατά τη διάρκεια της διαδρομής έως τον τελικό προορισμό τους αλλά και στις χώρες προορισμού οι οποίες παρουσιάζονται ανέτοιμες πολιτικά, κοινωνικά και σε θέματα υποδομών, να υποδεχθούν αυτές τις ροές. Και για αυτό το λόγο λοιπόν, η χαρτογράφηση και η διερεύνηση του φαινομένου αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη για κυβερνήσεις, διεθνείς φορείς και παγκόσμιες ανθρωπιστικές οργανώσεις (π.χ. UNHCR) που σχετίζονται με το ζήτημα και οφείλουν να προσφέρουν λύσεις για τις ανάγκες των εκτοπισμένων πληθυσμών, την αποτελεσματική κατανομή πόρων καθώς και την ανάπτυξη πολιτικών με τις οποίες θα προστατεύονται τα δικαιώματα και η αξιοπρέπεια των μεταναστών. Οι αποτελεσματικές και εύκολα προσβάσιμες απεικονίσεις σχετικά με την εξέλιξη των μεταναστευτικών ροών δίνουν τη δυνατότητα στο ευρύ κοινό να αντιληφθεί τα μεγέθη, τις συνθήκες και τα αίτια κάτω από τα οποία δημιουργούνται οι ανθρώπινες μετακινήσεις και με αυτό τον τρόπο προωθείται η ευαισθητοποίηση του κόσμου σχετικά με το φαινόμενο, καταπολεμούνται ως ένα βαθμό η ξеноφοβία και ο ρατσισμός και κινητοποιούνται δράσεις ακτιβισμού για την υποστήριξη του μεταναστευόμενου πληθυσμού.

Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, μπορεί να γίνει κατανοητό ότι η καταγραφή των μεταναστευτικών ροών και ιδιαίτερα οι απεικονίσεις τους αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις του φαινομένου. Με τη χρήση και την αξιοποίηση των κατάλληλων οπτικών μέσων και εργαλείων, οι χρήστες μπορούν να εξερευνήσουν ένα σύνθετο και πολυπαραγοντικό ζήτημα και να διαμορφώσουν εικόνα και άποψη για γεγονότα και συνθήκες που απέχουν από αυτούς γεωγραφικά και κοινωνικοπολιτικά. Είναι σαφές ότι τέτοιες οπτικοποιήσεις είναι στην πράξη περισσότερο αξιοποιήσιμες από κοινωνικούς αναλυτές και

αρμόδιους φορείς που καλούνται να δώσουν λύσεις, να αναπτύξουν κατάλληλες πολιτικές και να λάβουν αποφάσεις σε ζητήματα που σχετίζονται με τη γενικότερη διαχείριση των μεταναστευτικών ροών σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. Γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχει ανάγκη ανάπτυξης χαρτογραφικών εφαρμογών οι οποίες θα μπορούν να υποστηρίξουν τους αναλυτές στην εξερεύνηση των μεταναστευτικών ροών και ιδιαίτερα την ανάπτυξή τους στο χρόνο, καθώς πρόκειται για ένα ραγδαία μεταβαλλόμενο φαινόμενο το οποίο απαιτεί διαρκή παρακολούθηση. Αυτές οι εφαρμογές οφείλουν να παρέχουν εργαλεία τα οποία είναι ικανά να δώσουν απαντήσεις σε ερωτήματα όπως: Πώς μεταβάλλονται οι μεταναστευτικές ροές με την πάροδο του χρόνου; Τι συνέβαινε σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα; Πότε μια συγκεκριμένη μεταναστευτική ροή έφτασε στο αποκορύφωμά της; Η ανάγκη για τέτοια εργαλεία δηλώθηκε από τους Marble κ.α. (1997, όπ. αναφ. στο Boyandin κ.α., 2010).

Εργαλεία οπτικοποίησης όπως είναι οι σύγχρονοι διαδικτυακοί διαδραστικοί χάρτες κάνουν εφικτό τον εντοπισμό μεταναστευτικών διαδρομών που ξεχωρίζουν στα δεδομένα, δίνουν απαντήσεις σχετικά με το ποιοι είναι οι παράγοντες που απωθούν και ελκύουν τους μετανάστες παγκοσμίως από και προς διαφορετικά σημεία στον κόσμο και κάνουν γνωστές συγκεκριμένες συνδέσεις και ροές που εντοπίζονται να υπάρχουν σταθερά μέσα στο χρόνο.

### 3.2 Η εξέλιξη στη χρήση των χαρτών ροής

Η κίνηση είναι από τη φύση της χωροχρονικό φαινόμενο και ως τέτοιο μπορεί να χαρτογραφηθεί χρησιμοποιώντας απεικονίσεις βασισμένες στο χώρο και το χρόνο (Yuan κ.α., 2014). Οι πρώτες γραφικές αναπαραστάσεις κίνησης χρονολογούνται στη δεκαετία του 1800 (Friendly & Denis, 2001; Steiner, 2019) και συμπεριλαμβάνουν τον χάρτη ροής που δημιουργήθηκε από τον Harness που απεικονίζει τη μεταφορά επιβατών στην Ιρλανδία καθώς και το χάρτη της ρωσικής εκστρατείας του Ναπολέοντα από τον Charles Minard (Kraak, 2014). Αργότερα, χρονολογούνται έργα γεωγράφων όπως ο Ullman (1957) και ο Berry (1968) οι οποίοι υλοποίησαν μια οπτικοποίηση ροών με σκοπό να προσδιορίσουν τη δομή των περιφερειακών χωρικών αλληλεπιδράσεων μέσω της ανάλυσης ροών του εμπορείου. Ο Hägerstrand (1970) προσέφερε μια διαφορετική απεικόνιση της ανθρώπινης κίνησης με τις έννοιες των χωροχρονικών μονοπατιών και πρισμάτων (space-time paths and prisms) χρησιμοποιώντας μια τρισδιάστατη αναπαράσταση, στην οποία το οριζόντιο επίπεδο αντιπροσωπεύει τον γεωγραφικό χώρο και η κατακόρυφη διάσταση αντιπροσωπεύει το χρόνο.

Μεταξύ των παλαιότερων χαρτών ροής που σχεδιάστηκαν σε υπολογιστή είναι αυτοί που δημιουργήθηκαν από τους Kern και Rushton (1969), Wittick (1976) και Tobler (1981). Αυτοί οι χάρτες δημιουργήθηκαν με βάση τις αθροιστικές ροές αφετηρίας-προορισμού (O-D). Τέτοια δεδομένα συχνά συλλέγονταν σε μορφή πινάκων, όπου αναπαρίστανται οι ροές τραπεζογραμματιών, δεδομένα απογραφής καθώς και μετακίνησης και μετανάστευσης μεταξύ διαφορετικών τοποθεσιών.

Οι εξελίξεις στους χάρτες ροής από τον 19ο αιώνα ήρθαν για να συνοδεύσουν την άνοδο νέων υποδομών και τεχνολογικών δικτύων όπου συμπεριλαμβάνεται η δημιουργία των πρώτων αυτοκινητοβιομηχανιών, η πραγματοποίηση των πρώτων αεροπορικών ταξιδιών καθώς και οι πρωτοπορίες στις τηλεπικοινωνίες και την ενέργεια. Πολυάριθμα παραδείγματα με χαρτογράφηση των μεταφορών τον περασμένο αιώνα ενισχύουν την αξία και τη σταθερότητα των βασικών τεχνικών που χρησιμοποιούνται στους χάρτες ροής. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί ο χάρτης στην Εικόνα 13, όπου απεικονίζεται ο χάρτης αεροπορικών μετακινήσεων της Air France με μια αρκετά απλουστευμένη οπτικοποίηση η οποία σχεδιάζεται με κυκλικά τόξα που συνδέουν τις αφετηρίες με τους προορισμούς των δρομολογίων.



Εικόνα 13: Χάρτης αεροπορικών δρομολογίων της Air France της δεκαετίας του 1930 (πηγή: David Rumsey Map Collection)

Οι χάρτες ροής συνήθως αναπαριστούν την ανθρώπινη κίνηση, τις μεταφορές ή τις συνδέσεις μέσα σε κοινωνικά δίκτυα. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας εντοπισμού θέσης και κίνησης στις αρχές του 2000, η καταγραφή δεδομένων για χρήση σε αυτού του είδους απεικονίσεις καθώς και η πρόσβαση σε αυτά έγινε ευκολότερη και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Μέσα από αυτήν την εξέλιξη, δημιουργήθηκαν και οι χάρτες τροχιών οι οποίοι αποτελούν μια κατηγορία

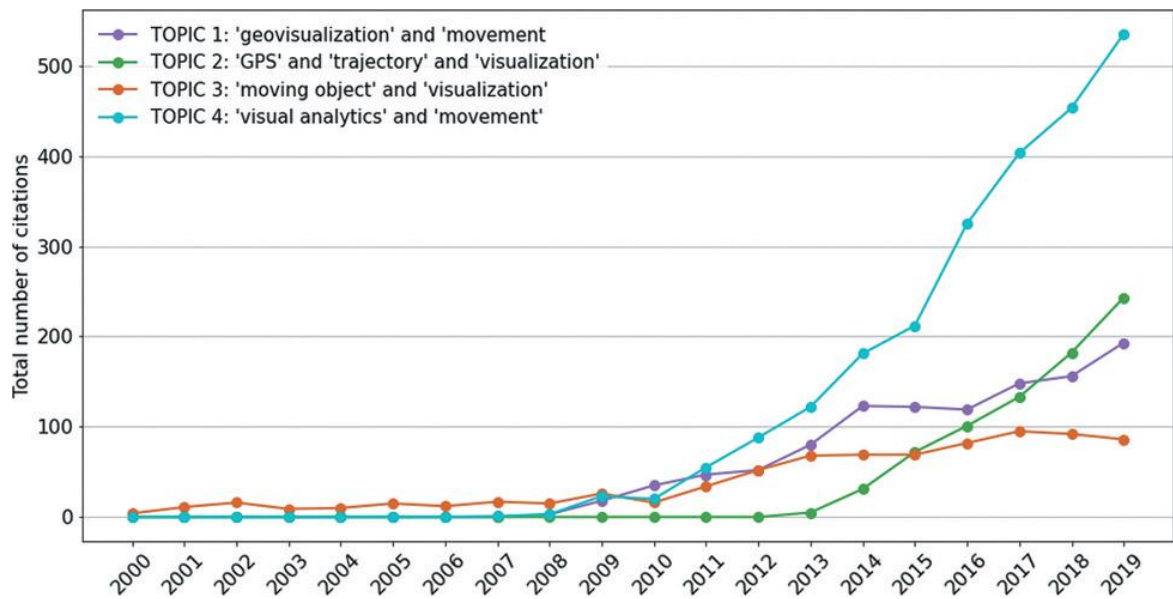
χαρτών ροής και απεικονίζουν γεωγραφικά τις πραγματικές διαδρομές ταξιδιού των ανθρώπων. Αυτές οι τροχιές απαρτίζονται από πολλά διαδοχικά ευθύγραμμα τμήματα τα οποία σχηματίζονται μεταξύ των σημείων όπου έχει καταγραφεί η παρουσία του οντότητας που μελετάται.

Καθώς τα δεδομένα καταγραφής κίνησης γίνονται ευρέως διαθέσιμα και ποικίλουν σε κλίμακα και έκταση, η χαρτογράφηση τους γίνεται ιδιαίτερα σημαντική με σκοπό την αποτύπωση προτύπων και δομών σε μεγάλα σύνολα δεδομένων κίνησης. Η μεγαλύτερη διαθεσιμότητα και ποικιλία δεδομένων καταγραφής κίνησης πυροδότησε την ανάπτυξη των υπολογιστικών αναλύσεων κίνησης. Ταυτόχρονα υπήρξε ανάπτυξη διαφορετικών τεχνικών στις οπτικοποιήσεις και διαφορετικών προσεγγίσεων στην γεωοπτική ανάλυση (geovisual analytics).

Η Εικόνα 14 δείχνει αυτή την ταυτόχρονη πρόοδο στην έρευνα, χρησιμοποιώντας αποτελέσματα από το εργαλείο αναφοράς παραπομπών στο Web of Science για τέσσερα διαφορετικά σετ με λέξεις-κλειδιά που αναζητήθηκαν.

Τα σετ λέξεων που αναζητήθηκαν, όπως φαίνονται και στο σχετικό υπόμνημα της Εικόνας 14, είναι τα εξής:

1. «geovisualization» και «movement» (γεωοπτικοποίηση και κίνηση)
2. «GPS», «trajectory» και «visualization» (GPS, τροχιά και οπτικοποίηση)
3. «moving object» και «visualization» (κινούμενο αντικείμενο και οπτικοποίηση)
4. «visual analytics» και «movement» (οπτική ανάλυση και κίνηση)



Εικόνα 14: Συνολικός αριθμός παραπομπών για θέματα στην οπτικοποίηση κίνησης  
 (πηγή: Somayeh Dodge & Evgeny Noi (2021) *Mapping trajectories and flows: facilitating a human-centered approach to movement data analytics*, *Cartography and Geographic Information Science*, 48:4, 353-375)

Αυτές οι οπτικοποιήσεις περιλαμβάνουν από απλούς στατικούς χάρτες τροχιών έως και τις πιο σύνθετες δυναμικές και διαδραστικές απεικονίσεις που αντιπροσωπεύουν κίνηση σε διαφορετικά επίπεδα χωρικής και χρονικής κλίμακας. Ακολουθώντας την πρωτοπορία στο σχεδιασμό τέτοιων απεικονίσεων που υλοποιήθηκε από τους Harness, Minard και Tobler, οι χάρτες ροής και οι χάρτες πυκνότητας ροής έχουν κυριαρχήσει ως μέθοδοι για την απεικόνιση της κίνησης μεταξύ περιοχών. Οι χάρτες ροής συνήθως δεν δείχνουν με ακρίβεια τα ακριβή μονοπάτια που ακολουθούν οι μετανάστες, αλλά έχουν ως στόχο να απαντήσουν σε ερωτήματα όπως: Σε ποια σημεία του χάρτη βρίσκονται οι αφετηρίες και οι προορισμοί των μεταναστών; Τι συμβαίνει σε μια συγκεκριμένη περιοχή; Προς ποια κατεύθυνση τείνουν να κινηθούν μετανάστες; Πού είναι οι μεγαλύτερες και οι μικρότερες ροές;

### 3.3 Σχεδιαστικές αρχές για τους χάρτες ροής

Στη Χαρτογραφία, οι σχεδιαστικές αρχές που εφαρμόζονται έχουν σκοπό την βελτίωση στην αναγνωσιμότητα και την αισθητική του χάρτη, τη μείωση της οπτικής περιπλοκότητας καθώς και την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας για λανθασμένη κατανόηση της απεικονιζόμενης πληροφορίας από την πλευρά του χρήστη. Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται οι αρχές που καταγράφονται στη βιβλιογραφία αναφορικά με τον τρόπο που σχεδιάζονται οι χάρτες ροής.

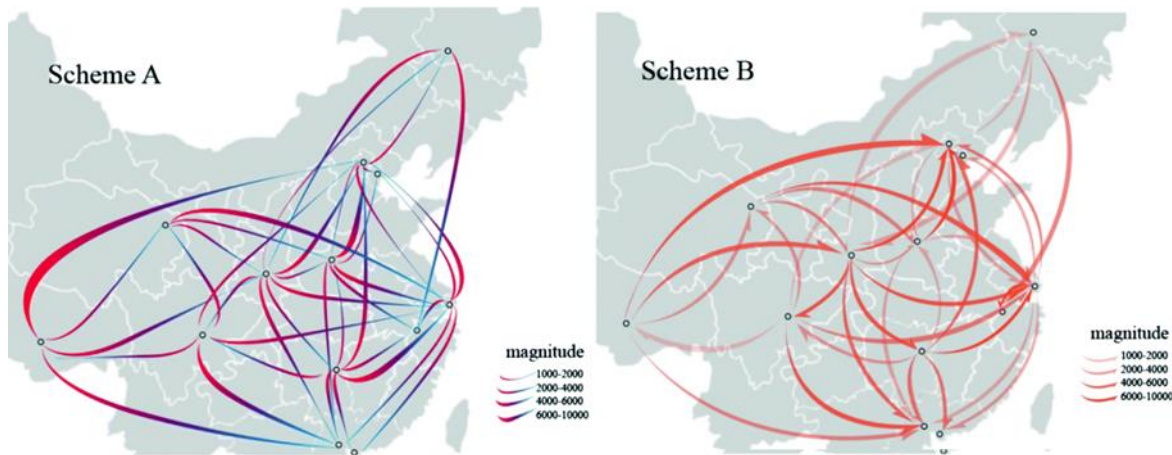
### 3.3.1 Γενικές χαρτογραφικές αρχές χαρτών ροής

Οι χάρτες ροής απεικονίζουν την κίνηση χρησιμοποιώντας συνήθως μια στατική εικόνα και στόχος τους είναι να υποδείξουν όχι μόνο ποιες περιοχές επηρεάζονται από την κίνηση αλλά και ποιο είναι το μέγεθος καθώς και η κατεύθυνσή της. Οι αρχές σχεδίασης για τους χάρτες ροής βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στη διαισθητικότητα των ειδικών καθώς και την αντίληψη τους για την αισθητική (Dent, Torguson, & Hodler, 2009; Imhof, 1972; Slocum, McMaster, Kessler και Howard, 2009). Ένας χάρτης ροής αφετηρίας-προορισμού απεικονίζει τις ροές μεταξύ κόμβων ή περιοχών. Η διαδρομή της ροής είναι κάτι που δεν είναι αντικείμενο μελέτης ή δεν περιλαμβάνεται ως πληροφορία στα δεδομένα και το μόνο που ενδιαφέρει είναι η αφετηρία και ο προορισμός.

Οι χάρτες ροής απεικονίζουν δεδομένα τα οποία περιέχουν διαφορετικούς τύπους πληροφοριών, όπως είναι για παράδειγμα το μέγεθος της ροής και οι κατεύθυνσή της ενώ πολλές φορές εξαιτίας του όγκου των δεδομένων προκύπτουν επικαλύψεις στους συμβολισμούς και διασταυρώσεις των γραμμών ροής. Σε σχετικές τοποθετήσεις τους για τις χαρτογραφικές αναπαραστάσεις ροών οι Dent κ.α. (2009) συνιστούν την τοποθέτηση των μικρότερων σε μέγεθος ροών πάνω από τις μεγαλύτερες στις περιπτώσεις όπου αυτές επικαλύπτονται, κάτι που γενικά πρέπει να αποφεύγεται, τη χρήση του βέλους ως συμβολισμό για την υπόδειξη της κατεύθυνσης της κίνησης (όταν δεν υπονοείται κίνηση και προς τις δύο κατευθύνσεις), την επιδίωξη της οπτικής ισορροπίας όσον αφορά την κατανομή των απεικονιζόμενων ροών, τη χρήση του πλάτους των γραμμικών συμβόλων ως οπτική μεταβλητή για την απεικόνιση του μεγέθους της κίνησης (Εικόνα 15, Scheme A) καθώς και την κλιμάκωση στις κορυφές των βελών ανάλογα με τη μεταβολή του πλάτους της γραμμής. Επίσης, οι Dent κ.α. (2009), Slocum κ.α. (2009) και ο Imhof (1972) χρησιμοποιούν κυρίως καμπύλες για το σχεδιασμό των ροών, ωστόσο δε συνιστούν ρητά τη χρήση τους. Ακόμα και μια μελέτη παρακολούθησης οφθαλμικών κινήσεων (Dong κ.α., 2018) αποκάλυψε ότι οι χρήστες μπορούσαν να ερμηνεύσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις καμπύλες ροές σε σύγκριση με τις ευθείες ροές. Ο Tobler (1987), στη θεμελιώδη εργασία του για την αυτοματοποιημένη χαρτογράφηση ροής, προτιμά επίσης τη μεταβολή του μεγέθους της γραμμής ως οπτική μεταβλητή παρά τη διαφοροποίηση αποχρώσεων για την οπτικοποίηση της ποσότητας. Σχετικά με την απεικόνιση του μεγέθους μιας ροής, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί εναλλαγή στην ένταση του χρώματος, εφαρμόζοντας υψηλές εντάσεις χρωμάτων σε μεγαλύτερες τιμές και χαμηλές εντάσεις χρωμάτων σε μικρότερες τιμές (Εικόνα 15, Scheme B). Η χρήση της έντασης



ως οπτική μεταβλητή στην προκειμένη περίπτωση βοηθά πολλές φορές στην ανάγνωση ροών σε σημεία του χάρτη όπου υπάρχει μεγάλη πυκνότητα πληροφορίας. Αναφορικά με τους συμβολισμούς σε ένα χάρτη ροής ως γενικότερο συμπέρασμα μπορεί να σημειωθεί ότι η μορφή των συμβολισμών στο σύνολο των δεδομένων έχουν κυρίαρχο ρόλο στην αποτελεσματικότητα και την αναγνωσιμότητα ενός χάρτη ροής και η επιλογή τους εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων που αλλάζουν ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή.



Εικόνα 15: Σύγκριση των οπτικών μεταβλητών πάχους γραμμής (αριστερά) και φωτεινότητας (δεξιά) για την απόδοση του μεγέθους των ροών (πηγή: Shang, L., Xue, C., Lin, Y., Shao, J. (2020). *Visual Representation Strategy of Flow Line in Flow Maps Visualization*).

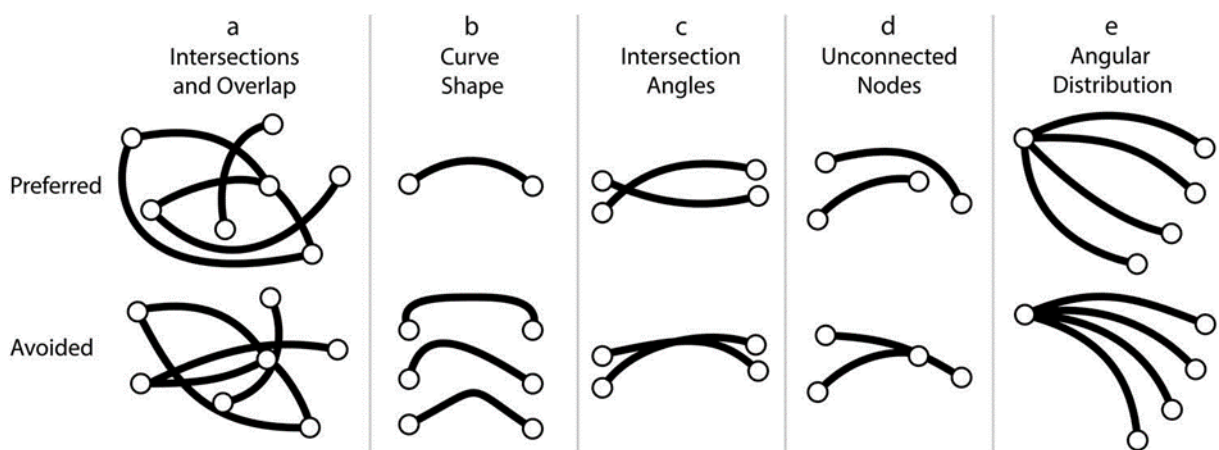
### Ομαδοποίηση ακμών & φιλτράρισμα δεδομένων

Οι αναλογικοί και στατικοί χάρτες ροής είναι αρκετά αποτελεσματικοί ως προς την οπτικοποίηση μικρών σετ δεδομένων. Με όλο και περισσότερα και μεγαλύτερα σετ δεδομένων να γίνονται ευρέως διαθέσιμα σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας, υπάρχει ανάγκη για νέες προσεγγίσεις στη χαρτογράφηση ροών με στόχο την κατανόηση προτύπων και τάσεων στα δεδομένα. Για την αντιμετώπιση της οπτικής πολυπλοκότητας που δημιουργεί ο σχεδιασμός μεγάλου αριθμού γραμμών ροής στο τελικό αποτέλεσμα, εφαρμόζονται κατά περίπτωση διαφορετικές λύσεις. Μια προσέγγιση του προβλήματος αποτελεί η εφαρμογή ενός είδους ομαδοποίησης (bundling). Η ομαδοποίηση ακμών (edge bundling) εφαρμόζεται συχνά για την μείωση της οπτικής όχλησης και τη βελτίωση της σαφήνειας στο χάρτη (Graser κ.α., 2019; Holten & van Wijk, 2009; Phan κ.α., 2005). Ωστόσο, η ομαδοποίηση ακμών σε ένα χάρτη μετακινήσεων (π.χ. μετανάστευσης πληθυσμού) μπορεί να παρεξηγηθεί και να εκτιμηθεί από τον αναγνώστη του χάρτη ότι οι γραμμές που είναι αποτέλεσμα της ομαδοποίησης αποτελούν πραγματικές ροές και όχι ένα είδος γενίκευσης. Σε αυτή την περίπτωση δημιουργούνται λάθος

εντυπώσεις για το φαινόμενο και γίνεται δύσκολο για τον αναγνώστη να ακολουθήσει τις συνδέσεις που υφίστανται μεταξύ των πραγματικών σημείων αφηρησίας και προορισμού (von Landesberger κ.α., 2016).

### Επικαλύψεις

Στις χαρτογραφικές απεικονίσεις ροών, εξαιτίας των πολλαπλών γραμμικών στοιχείων που εκτείνονται κατά μήκος πολλών διαφορετικών κατευθύνσεων στο χάρτη, αρκετές φορές δημιουργούνται επικαλύψεις μεταξύ των γραμμικών συμβόλων. Οι επικαλύψεις είναι ένα ανεπιθύμητο φαινόμενο το οποίο πρέπει να αποφεύγεται με την κατάλληλη επιλογή συμβολισμών κατά τη διάρκεια σχεδιασμού ενός χάρτη. Ωστόσο σε περιπτώσεις μεγάλων συνόλων δεδομένων, η παρουσία των επικαλύψεων είναι αναπόφευκτη. Είναι σημαντικό όμως ο αριθμός των επικαλύψεων και διασταυρώσεων ροή-σε-ροή και ροή-σε-σημείο να ελαχιστοποιείται. (Huang κ.α., 2008; Purchase κ.α., 1995; Ware κ.α., 2002). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη δημιουργία καμπυλότητας στις γραμμές και την γεωμετρική παραμετροποίηση στις καμπύλες (Εικόνα 16a). Οι μεγαλύτερες σε απόσταση ροές μπορούν να πάρουν μεγαλύτερη καμπυλότητα από τις μικρότερες ενώ ο Purchase κ.α (1995) υποστηρίζει ότι οι χαρτογράφοι θα πρέπει να αποφεύγουν τη χρήση απότομων γωνιών στις γραμμές ροής και να προτιμούν το σχεδιασμό συμμετρικών ροών (εικόνα 16b).



Εικόνα 16: Σχεδιαστικές αρχές γραμμών ροής που προτιμώνται (πάνω) και αποφεύγονται (κάτω)  
(πηγή: Bernhard Jenny, Daniel M. Stephen, Ian Muehlenhaus, Brooke E. Marston, Ritesh Sharma, Eugene Zhang & Helen Jenny (2016): *Design principles for origin-destination flow maps, Cartography and Geographic Information Science*)

Οι ασυμμετρικές ροές μπορεί να είναι αποδεκτές όταν χρησιμοποιούνται με σκοπό να αποφευχθούν επικαλύψεις με άλλες ροές ή κόμβους. Στις περιπτώσεις όπου υπάρχουν διασταυρώσεις και επικαλύψεις, θα πρέπει να αποφεύγεται ο σχηματισμός οξείων γωνιών



μεταξύ δύο διασταυρούμενων ροών (εικόνα 16c) (Huang κ.α., 2008, 2014). Επίσης, η καμπυλότητα θα πρέπει να ρυθμίζεται έτσι ώστε να αποφεύγεται το φαινόμενο όπου οι γραμμές ροής περνούν κάτω από κόμβους με τους οποίους στην πραγματικότητα δε συνδέονται αλλά αποτελούν προϊόν ενός είδους επικάλυψης (εικόνα 16d) (Wong, Carpendale, & Greenberg, 2003). Τέλος, στις περιπτώσεις όπου ένας κόμβος αποτελεί αφετηρία πολλών γραμμών, η ακτινική κατανομή αυτών μπορεί να οδηγήσει στην αποφυγή σχηματισμών μικρών γωνιών κοντά στους κόμβους (εικόνα 16e) (Huang, 2007).

### *3.3.2 Χαρτογραφικές αρχές δυναμικών και διαδραστικών χαρτών*

Από τις αναφορές της προηγούμενης ενότητας, γίνεται αντιληπτό ότι τόσο οι παλαιότεροι όσο και οι νεότεροι θεωρητικοί στις τεχνικές αναπαράστασης των χαρτών ροής, δίνουν γενικές κατευθύνσεις όσον αφορά αρχές και τρόπους συμβολισμού που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό τέτοιων απεικονίσεων. Ωστόσο είναι σαφές ότι η εξέλιξη αναφορικά με τις ψηφιακές εκδοχές των χαρτών ροής που υλοποιούνται μέσω υπηρεσιών σε υπολογιστικό νέφος, έχει ανατρέψει τα δεδομένα σχετικά με τους τρόπους αναπαράστασης των ροών και οι όποιες σχεδιαστικές αρχές έχουν αναφερθεί βασισμένες σε στατικούς ή ακόμη και αναλογικούς χάρτες, ανανεώνονται για να ενσωματώσουν τους νέους τρόπους απεικόνισης με δυναμικούς και διαδραστικούς χάρτες. Σημειώνεται εδώ ότι οι γενικές χαρτογραφικές αρχές που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα δεν παύουν να ισχύουν. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούν οι δυναμικοί διαδραστικοί χάρτες διευκολύνουν το έργο του χαρτογράφου κατά το σχεδιασμό, ωστόσο ακόμα και αυτά (σ.σ. τα εργαλεία) θα πρέπει να υλοποιούνται με γνώμονα τις γενικές χαρτογραφικές αρχές.

Η εξέλιξη στην αναπαράσταση δεδομένων σε δυναμικούς διαδραστικούς χάρτες ροής σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τη χρήση διαδραστικών λειτουργιών. Αρχικά, ο χρήστης ενός τέτοιου χάρτη έχει τη δυνατότητα πλοήγησης μέσω εργαλείων μεγέθυνσης ή σμίκρυνσης και μετακίνησης κατά μήκος και πλάτος του παράθυρου του χάρτη μιας διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής. Στους στατικούς χάρτες, η επιλογή των συμβόλων και η ποσότητα της πληροφορίας που μπορούν να περιέχουν καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την κλίμακα του χάρτη η οποία είναι σταθερή. Αντίθετα σε μια δυναμική απεικόνιση όπου η κλίμακα μεταβάλλεται, δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας πολλαπλών οπτικοποιήσεων όπου σχεδιάζονται διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας για τα δεδομένα ανάλογα με το επίπεδο εστίασης (zoom level) που είναι ενεργό. Επίσης τυχόν επικαλύψεις συμβόλων στις μικρές

κλίμακες δεν αποτελούν πλέον σημαντικό πρόβλημα καθώς αυτές εξαλείφονται με τη μεγέθυνση στο χάρτη (zoom in). Αυτό δίνει μεγαλύτερη ευελιξία ως προς το σχεδιασμό των απεικονίσεων από το χαρτογράφο αλλά και περισσότερες δυνατότητες εξερεύνησης της πληροφορίας από το χρήστη.

Μια άλλη μέθοδος για την αντιμετώπιση της οπτικής πολυπλοκότητας σε ένα χάρτη ροής που περιέχει ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων είναι το φιλτράρισμα. Το φιλτράρισμα χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση της οπτικής όχλησης δημιουργώντας απεικονίσεις που περιλαμβάνουν ένα υποσύνολο των δεδομένων που υπερβαίνουν μια συγκεκριμένη τιμή της μεταβλητής, ή ένα υποσύνολο σχετικά με τις μεγαλύτερες ροές, ή ροές από και προς μια συγκεκριμένη τοποθεσία (Tobler, 1987). Ένα είδος φιλτραρίσματος που εφαρμόζεται στην αναπαράσταση χωροχρονικών δεδομένων ροής αποτελεί η χρήση εργαλείων μεταβολής χρόνου (timeslider). Η αναπαράσταση χωροχρονικών δεδομένων σε στατικούς χάρτες απαιτεί το σχεδιασμό τόσων απεικονίσεων όσες και οι χρονικές στιγμές που περιέχονται στα δεδομένα. Προκειμένου να είναι δυνατή η παρατήρηση μεταβολών που επέρχονται στο φαινόμενο που οπτικοποιείται με το πέρασμα του χρόνου, ο χαρτογράφος σχεδιάζει και παραθέτει διαδοχικά τους στατικούς χάρτες οι οποίοι δε πρέπει να στερούνται ευκρίνειας και να είναι κατανοητοί από τον αναγνώστη. Με τη χρήση ενός εργαλείου που μεταβάλλει το χρόνο σε μια δυναμική χαρτογραφική εφαρμογή, οι διάφορες απεικονίσεις σχεδιάζονται στον ίδιο χάρτη και τα δεδομένα που προβάλλονται αλλάζουν ανάλογα με το επιλεγμένο χρονικό στιγμιότυπο. Έτσι οι ροές μπορούν να σχεδιάζονται σε ένα ενιαίο παράθυρο χάρτη μεγάλων διαστάσεων στην κεντρική οθόνη μιας χαρτογραφικής εφαρμογής όπου παρατηρούνται ευκολότερα και οι μεταβολές του απεικονιζόμενου φαινομένου στο χρόνο.

Σε συνδυασμό με τη λειτουργία ενεργοποίησης/απενεργοποίησης θεματικών επιπέδων (layer visibility), τα δεδομένα ροής μπορούν να σχεδιάζονται πάνω από άλλους θεματικούς χάρτες υλοποιώντας μια χαρτογραφική επίθεση (map overlay). Αυτή η μέθοδος αναπαράστασης δίνει τη δυνατότητα διερεύνησης της πιθανής συσχέτισης μεταξύ του φαινομένου που αναπαρίσταται στο χάρτη ροής και άλλων μεγεθών ή παραγόντων.

Επίσης σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, ενδείκνυται η ενσωμάτωση σε μια διαδραστική χαρτογραφική εφαρμογή, εργαλείων που επιτρέπουν τη μορφοποίηση των συμβόλων σε ένα χάρτη ροής. Παρά την αυξημένη πολυπλοκότητα της διεπαφής (Vincent κ.α., 2019), θα πρέπει να παρέχονται στους χρήστες εναλλακτικές επιλογές συμβολισμών ώστε να υποστηρίζεται η δυνατότητα πολύπλευρης ανάγνωσης της πληροφορίας του χάρτη (Koylu & Guo, 2017). Ένα

παράδειγμα στη μορφοποίηση για την αναπαράσταση των δεδομένων από το χρήστη το οποίο προσφέρουν οι δυναμικοί και διαδραστικοί χάρτες αφορά τη χρήση κινούμενων συμβόλων. Οι χάρτες ροής που περιέχουν σύνθετα σύμβολα (π.χ. βέλη) για την υπόδειξη της κατεύθυνσης περιπλέκουν την εικόνα ενώ η πλήρης απουσία της υπόδειξης κατεύθυνσης ενδέχεται να μπερδεύει τον αναγνώστη του χάρτη. Η δυνατότητα χρήσης κινούμενων γραμμικών στοιχείων για αυτό το σκοπό (Εικόνα 12, Animate flows) μπορεί να έχει θετική επίδραση σε ότι αφορά την κατανόηση της απεικονιζόμενης πληροφορίας. Γενικά όμως, η ενσωμάτωση ενός εργαλείου για εκτεταμένη μορφοποίηση των συμβόλων από το χρήστη δε συστήνεται, όταν η χαρτογραφική εφαρμογή απευθύνεται στο ευρύ κοινό αλλά σε χρήστες εξοικειωμένους με τη διαχείριση και ανάγνωση διαδραστικών χαρτογραφικών απεικονίσεων. Η αυξημένη ευελιξία στη μορφοποίηση ενός τέτοιου χάρτη για το χρήστη, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία περίπλοκων και μη αποτελεσματικών απεικονίσεων.

Σημειώνεται εδώ ότι όπως και σε άλλα είδη θεματικών χαρτών που αναφέρθηκαν, έτσι και στους χάρτες ροής, οι συμβολισμοί και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος από την πλευρά του χαρτογράφου εξαρτώνται από τη φύση των δεδομένων, το μέγεθός τους, την κλίμακα στην οποία αναφέρονται (μέγεθος χωρικής μονάδας) και γενικότερα εξετάζονται κατά περίπτωση.

## 4 Παραδείγματα διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών με δεδομένα ροής

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται παραδείγματα διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών που περιέχουν δεδομένα ροής, δηλαδή φαινόμενα τα οποία χαρακτηρίζονται από κίνηση. Πραγματοποιείται μια ανάλυση σχετικά με την περιεχόμενη πληροφορία, τον τρόπο που αυτή απεικονίζεται, τα είδη θεματικών απεικονίσεων που συμπεριλαμβάνονται συνολικά στην εφαρμογή καθώς και τις διαδραστικές λειτουργίες που διαθέτουν, με στόχο μια πληρέστερη προσέγγιση του φαινομένου καθώς και τη βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη με τη συμμετοχή του ίδιου στην παραγωγή εξειδικευμένων απεικονίσεων.

### 4.1 «Shipmap»<sup>1</sup>

Στο πρώτο παράδειγμα χαρτογράφησης ροών απεικονίζονται οι κινήσεις του παγκόσμιου εμπορικού στόλου που πραγματοποιήθηκαν το 2012 (Εικόνα 17), τοποθετημένες πάνω από ένα βαθυμετρικό χάρτη που χρησιμοποιείται ως υπόβαθρο της εφαρμογής, η οποία υλοποιήθηκε από το στούντιο οπτικοποιήσεων KILN ενώ τα δεδομένα της προέρχονται από το Ινστιτούτο Ενέργειας του UCL. Επίσης υπάρχουν μετρητές όπου απεικονίζουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από το σύνολο του εμπορικού στόλου καθημερινά. Επιπλέον καταγράφεται ο αριθμός των κοντέινερ και των οχημάτων που μεταφέρονται ενώ το φορτίο διαχωρίζεται σε υγρό, στερεό και αέριο και η διεπαφή του χάρτη αναγράφει τις μεταφορόμενες ποσότητές τους σε διάφορες μονάδες μέτρησης. Με βάση τους παραπάνω διαχωρισμούς έχει δημιουργηθεί και η κατηγοριοποίηση των πλοίων και των απεικονιζόμενων ροών τους σε πέντε κατηγορίες:

- Εμπορευματοκιβώτιο (π.χ. ηλεκτρονικές συσκευές): κάθε θέση για κοντέινερ αντιστοιχεί σε μήκος 20 ποδιών (περίπου 6 μέτρα). Δηλαδή ένα κοντέινερ 40 ποδιών καταλαμβάνει χώρο δύο θέσεων στο πλοίο.
- Ξηρό φορτίο (π.χ. άνθρακας, αδρανή στοιχεία): ως συνολικό βάρος υπολογίζεται συνδυαστικά το βάρος φορτίου, καυσίμων, νερού, αποθεμάτων, επιβατών και πληρώματος που μπορεί να μεταφέρει ένα πλοίο, μετρημένο σε χιλιάδες τόνους.

---

<sup>1</sup> <https://www.shipmap.org/>

- Δεξαμενόπλοιο (π.χ. λάδι, χημικά): αντίστοιχα με το πλοίο ξηρού φορτίου.
- Οχήματα (π.χ. αυτοκίνητα): αντίστοιχα με το πλοίο ξηρού φορτίου.
- Φορτίο αερίων (π.χ. υγροποιημένο φυσικό αέριο): χωρητικότητα για αέρια, μετρημένη σε κυβικά μέτρα.

Τα στοιχεία διαδραστικότητας της συγκεκριμένης εφαρμογής αποτελούν οι λειτουργίες πλοήγησης και μεγέθυνσης (pan και zoom) καθώς και η επιλογή της ημέρας κατά την οποία ο χρήστης επιθυμεί να απεικονίσει όλες τις παραπάνω μεταβλητές που αναφέρθηκαν στο κάτω μέρος της οθόνης. Η χρονική κάλυψη των δεδομένων όπως αναφέρθηκε αντιστοιχεί στο 2012 και αναλύεται ανά ώρα. Κατά την φόρτωση της εφαρμογής, εκτελείται η αυτόματη αναπαραγωγή για τη διαδοχική απεικόνιση των κινήσεων των πλοίων ανά ώρα με την οποία μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις τροχιές που ακολουθούν τα πλοία καθώς και τα λιμάνια στα οποία καταλήγουν. Πάνω δεξιά, η διεπαφή επιτρέπει την επιλογή για απεικόνιση διαφορετικών θεματικών επιπέδων όπως: τα ονόματα των λιμανιών, το χαρτογραφικό υπόβαθρο, τις πορείες των πλοίων και την κινούμενη απεικόνισή τους. Υπάρχει επίσης δυνατότητα φιλτραρίσματος με στόχο την προβολή συγκεκριμένων διαδρομών και τύπων πλοίων για κάθε έναν από τους πέντε τύπους που αναφέρθηκαν προηγουμένως για τους οποίους γίνεται διαχωρισμός με διαφορετικό χρώμα. Δίνεται επίσης η επιλογή για ενιαία απεικόνιση με λευκό για όλα τα φορτία εμπορευμάτων και τις πορείες που διανύουν.



Εικόνα 17: Το περιβάλλον διεπαφής και απεικόνισης της χαρτογραφικής εφαρμογής "Shipmap" (πηγή: [www.shipmap.org](http://www.shipmap.org))

Το Ινστιτούτο Ενέργειας του UCL πήρε τα δεδομένα τα οποία απεικονίζουν την τοποθεσία και την ταχύτητα κίνησης των πλοίων και τα διασταύρωσε με μια άλλη βάση δεδομένων η οποία

περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά των πλοίων όπως είναι ο τύπος της μηχανής που φέρουν και οι διαστάσεις του σκάφους. Με αυτές τις πληροφορίες, υπήρχε η δυνατότητα υπολογισμού των εκπομπών διοξειδίου που εκπέμπεται από το σύνολο των οχημάτων κάθε ώρα, ακολουθώντας την προσέγγιση που τέθηκε στην Τρίτη Μελέτη για τα αέρια του θερμοκηπίου του 2014 (Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, 2014). Το στούντιο KILN οπτικοποίησε το σύνολο των δεδομένων μέσω της WebGL σε συνδυασμό με έναν ειδικά φτιαγμένο παγκόσμιο χάρτη ο οποίος προσομοιάζει οπτικά την εναλλαγή στα βάθη της θάλασσας. Το χαρτογραφικό υπόβαθρο υλοποιήθηκε βασισμένο στο [GEBCO 2014 Grid](#) (έκδοση 20150318) σε συνδυασμό με δεδομένα από το [Natural Earth](#) σχετικά με τις ηπείρους και τα ποτάμια της γης. Τα δεδομένα για τις θέσεις και τις ταχύτητες των πλοίων είναι από το [exactEarth](#) ενώ τα στατικά χαρακτηριστικά τους από το [Clarksons Research UK World Fleet Register](#). Η μελέτη χρηματοδοτήθηκε από το [European Climate Foundation](#).

## 4.2 «The Refugee Project»<sup>2</sup>

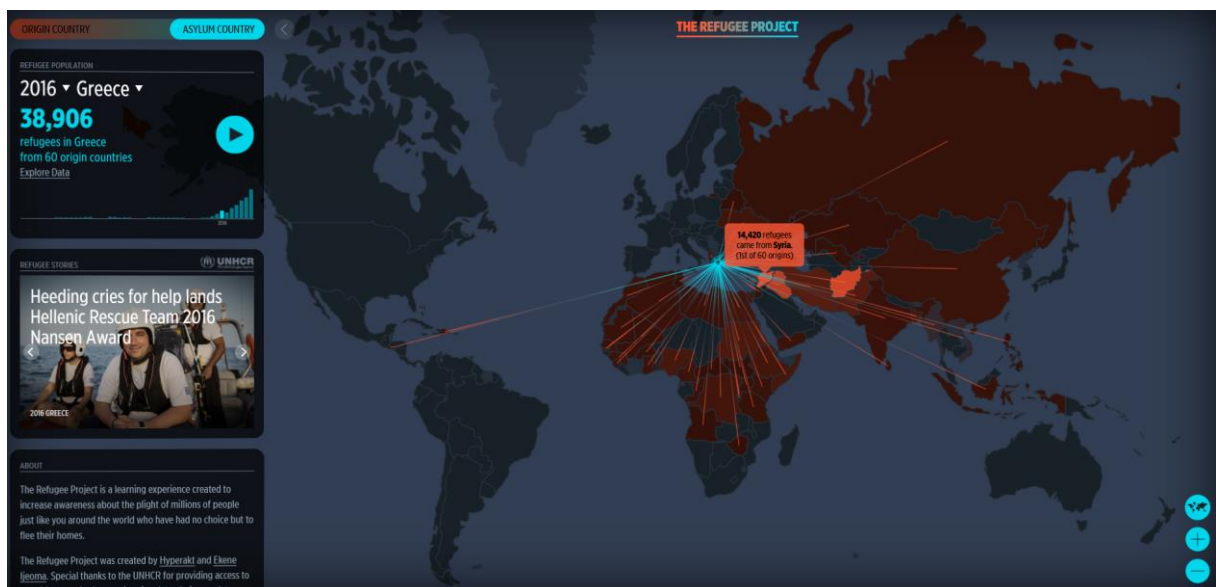
Η δεύτερη χαρτογραφική εφαρμογή που εξετάζεται αποτελεί ένα παράδειγμα, παρόμοιο με την χαρτογραφική εφαρμογή που υλοποιείται στην παρούσα εργασία και σχετίζεται με την μετακίνηση προσφύγων σε μια προσέγγιση ροών αφετηρίας – προορισμού. Η πλατφόρμα ενημερώνει το χρήστη για την εκτόπιση χιλιάδων ανθρώπων ετησίως εξαιτίας πολεμικών καταστάσεων και βίας και καταλήγει ότι το 2022 ήταν η χρονιά όπου παρατηρήθηκε 35,3 εκατομμύρια άνθρωποι να ζουν μακριά από τη χώρα προέλευσής τους.

Στη συνέχεια, ο χρήστης μεταφέρεται στο περιβάλλον διεπαφής της εφαρμογής (Εικόνα 18) όπου έχει αναπτυχθεί μια πληθώρα εργαλείων διαδραστικότητας και περιήγησης στα δεδομένα. Αρχικά τα δεδομένα σχετίζονται με την καταγραφή των μεταναστών που εντοπίζονται να ζουν σε διαφορετική χώρα από τη χώρα καταγωγής τους μέσω διαδικασίας αίτησης ασύλου. Το σύνολο των δεδομένων χρονικά καταγράφεται ανά έτος από το 1975 έως και το 2022 για ένα συγκεκριμένο σύνολο χωρών που προφανώς εμφανίζουν σημαντική κινητικότητα στο φαινόμενο της μετανάστευσης προσφύγων, είτε ως αφετηρίας είτε ως προορισμοί. Πέρα από τις βασικές λειτουργίες διαδραστικότητας πλοήγησης και μεγέθυνσης, στα αριστερά της οθόνης ο χρήστης χρησιμοποιεί εργαλεία έτσι ώστε να εξερευνήσει τα δεδομένα επιλέγοντας συγκεκριμένο έτος και χώρα καθώς και την ιδιότητα που θέλει η χώρα αυτή να λάβει κατά το

---

<sup>2</sup> <https://www.therefugeeproject.org/>

φιλτράρισμα: αφετηρία ή προορισμός. Με την επιλογή ενός συνδυασμού των τριών παραπάνω στοιχείων, δημιουργείται η απεικόνιση στο χάρτη η οποία αποτελείται από γραμμές ροής οι οποίες ξεκινούν από την χώρα που επιλέχθηκε και ενώνονται με τις υπόλοιπες χώρες με τις οποίες υπάρχει σύνδεση λόγω μετανάστευσης. Ο χρήστης μπορεί τώρα να σύρει τον κέρσορα πάνω σε οποιαδήποτε από τις χώρες που εμπλέκονται σε κάποια ροή (ως αφετηρία ή προορισμός) και να λάβει πληροφορίες για τον αριθμό των μεταναστών μέσω ενός αναδυόμενου παραθύρου. Επίσης, με την εφαρμογή φιλτραρίσματος «World» αντί για την επιλογή κάποιας συγκεκριμένης χώρας, στο χάρτη εμφανίζεται για το επιλεγμένο έτος και την επιλεγμένη ιδιότητα αφετηρία ή προορισμός, ο συνολικός πληθυσμός μεταναστών που ζει ανά χώρα κάνοντας χρήση μια απεικόνισης αναλογικών συμβόλων. Επιπλέον στο κάτω αριστερό μέρος της οθόνης εμφανίζονται παράθυρα με επιλεγμένη αρθρογραφία από την Ύπατη Αρμοστεία του ΟΗΕ για τους Πρόσφυγες (UNHCR) καθώς και πληροφορίες για την προέλευση των δεδομένων. Τα σύνολα δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της εφαρμογής προέρχονται από το αρχείο της UNCHR για τη μετακίνηση προσφύγων. Η υλοποίηση αναφέρεται ότι πραγματοποιήθηκε από τη συνεργασία των στούντιο Hyperakt και του Ekene Ijeoma.



Εικόνα 18: Το περιβάλλον διεπαφής της εφαρμογής "The Refugee Project" (πηγή: [www.therefugeeproject.org](http://www.therefugeeproject.org))

Σε αυτό το σημείο τονίζεται ότι τα δεδομένα αυτά δεν αποτελούν πραγματικές ροές που συμβαίνουν στα συγκεκριμένα χρονικά στιγμιότυπα αλλά πρόκειται για μεταναστευτικό απόθεμα. Αυτό σημαίνει ότι οι τιμές για το μέγεθος των μεταναστεύσεων που αναφέρονται στην εφαρμογή σχετίζονται με τους μόνιμους κατοίκους που καταγράφονται στις χώρες όπου



αιτήθηκαν άσυλο, ανεξάρτητα από το ποιο είναι πράγματι το έτος κατά το οποίο πραγματοποίησαν τη μετακίνησή τους.

### 4.3 «BIXI bicycle sharing Montreal»<sup>3</sup>

Αυτή η χαρτογραφική εφαρμογή αποτελεί ένα διαφορετικό παράδειγμα σε σχέση με τις δύο προηγούμενες. Είναι υλοποιημένη μέσα στην πλατφόρμα FlowmapBlue, μια δωρεάν υπηρεσία δημιουργίας διαδικτυακών απεικονίσεων ροής και αποτελεί ένα από τα παραδείγματα που περιέχει η συγκεκριμένη υπηρεσία για την προώθηση των δυνατοτήτων της πλατφόρμας. Το FlowmapBlue είναι ένα περιβάλλον δημιουργίας χαρτών με βάση τη δομή της συνδρομητικής υπηρεσίας Mapbox και παρέχει δωρεάν τη δυνατότητα δημιουργίας βασικών χαρτών ροής με τις τεχνικές αναπαράστασης του Mapbox αλλά με περιορισμένα εργαλεία σχεδίασης και διαδραστικότητας. Ο χάρτης «BIXI Montreal» χρησιμοποιεί δεδομένα από την ομώνυμη υπηρεσία η οποία διαχειρίζεται ένα δίκτυο ποδηλάτων που είναι διαθέσιμο για χρήση στους κατοίκους σε διάφορες περιοχές του Καναδά.

Η BIXI Montreal είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός που δημιουργήθηκε το 2014 στην πόλη του Μόντρεαλ για τη διαχείριση του συστήματος κοινής χρήσης ποδηλάτων. Το δίκτυο BIXI διαθέτει περισσότερα από 10.000 ποδήλατα (συμπεριλαμβανομένων 2.600 ηλεκτρικών BIXI) και 830 σταθμούς που απλώνονται στις περιοχές των Montreal, Laval, Longueuil, Boucherville, Terrebonne, Westmount, Ville Mont-Royal και Montréal-Est. Η σελίδα του οργανισμού παρέχει ανοιχτά τα δεδομένα μετακινήσεων για τα ποδήλατά της και με βάση αυτά έχει κατασκευαστεί η αντίστοιχη χαρτογραφική εφαρμογή.

Μέσα σε αυτήν, έχουν μεταφορτωθεί δεδομένα από τις διαφορετικές θέσεις-σταθμούς παραλαβής και παράδοσης των ποδηλάτων ανά μήνα για τους μήνες Απρίλιο έως και Σεπτέμβριο του 2019 και με βάση αυτά καταγράφονται οι διαδρομές που αυτά έχουν πραγματοποιήσει σε μια προσέγγιση ροών αφετηρίας – προορισμού. Τα δεδομένα αυτά απεικονίζονται με χρήση του χαρτογραφικού υποβάθρου του OpenStreetMaps.

Στο περιβάλλον διεπαφής της εφαρμογής (Εικόνα 19), ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα συγκεκριμένο μήνα για να προβάλει τις αντίστοιχες μετακινήσεις που πραγματοποιήθηκαν για αυτό το χρονικό διάστημα στις διάφορες περιοχές που περιλαμβάνουν τα δεδομένα. Στη

---

<sup>3</sup> <https://www.flowmap.blue>



συνέχεια υπάρχει η δυνατότητα εξερεύνησης των απεικονιζόμενων ροών στο χάρτη με την τοποθέτηση του κέρσορα πάνω σε μια από τις διαδραστικές γραμμές ροής που έχουν δημιουργηθεί. Με αυτόν τον τρόπο εμφανίζεται ένα αναδυόμενο παράθυρο το οποίο αναφέρει τις ονομασίες της αφετηρίας και του προορισμού της συγκεκριμένης μετακίνησης καθώς και το μέγεθος της αντίστοιχης ροής.

Η συγκεκριμένη δωρεάν υπηρεσία επιτρέπει την αλληλεπίδραση του χρήστη και με εργαλεία με τα οποία μπορούν να παραμετροποιηθούν και να αλλάξουν ορισμένα χαρακτηριστικά στη μορφή των οπτικοποιήσεων που δημιουργούνται. Στο κάτω αριστερά μέρος της οθόνης, εμφανίζεται ένα παράθυρο στο οποίο περιλαμβάνονται τα εξής εργαλεία:

- Επιλογή χρωματικής παλέτας για τα γραμμικά στοιχεία
- Εναλλαγή στη φωτεινότητα των γραμμικών στοιχείων
- Εναλλαγή στη φωτεινότητα του χαρτογραφικού υποβάθρου OSM
- Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση κινούμενων ροών
- Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση αναλογικών συμβόλων στους κόμβους
- Ομαδοποίηση (clustering) για τα γραμμικά στοιχεία



Εικόνα 19: Περιβάλλον διεπαφής της πλατφόρμας FlowmapBlue για την εφαρμογή BIXI Montreal (πηγή: [www.flomwap.blue](http://www.flomwap.blue))

Η οπτικοποίηση των κόμβων με τη χρήση ενός κυκλικού αναλογικού συμβόλου δίνει τη δυνατότητα να υποδειχθούν τα σημεία στα οποία υπάρχει μεγαλύτερη κινητικότητα και στα οποία ο συμβολισμός είναι μεγαλύτερος σε μέγεθος. Πέραν της οπτικής μεταβλητής του

μεγέθους, χρησιμοποιούνται και τρία διαφορετικά μοτίβα για τους κύκλους τα οποία υποδεικνύουν το κατά πόσο ένα σημείο χρησιμοποιείται περισσότερο ως αφετηρία ή ως προορισμός, ή χρησιμοποιούνται εξίσου και για τους δύο αυτούς τρόπους. Στο κάτω δεξιά μέρος της οθόνης υπάρχει σχετικό υπόμνημα για την επεξήγησή τους. Στο πάνω δεξιά μέρος της οθόνης υπάρχουν τα βασικά εργαλεία pan και zoom για τον χάρτη καθώς και ένα πεδίο φιλτραρίσματος στο οποίο ο χρήστης μπορεί να πληκτρολογήσει μια ή περισσότερες τοποθεσίες ενδιαφέροντος και να προβάλλει μόνο τα δεδομένα που σχετίζονται με αυτές. Η υλοποίηση της απεικόνισης των δεδομένων στην πλατφόρμα έγινε από τον Pya Boyandin.

#### 4.4 «Windy: Wind map and weather forecast»<sup>4</sup>

Η τελευταία εφαρμογή που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο αυτό αποτελεί και την πιο σύνθετη από όσες αναφέρθηκαν τόσο χαρτογραφικά όσο και σε όγκο δεδομένων. Το «Windy» είναι από τις πιο δημοφιλείς πλατφόρμες παγκοσμίως σχετικά με μετεωρολογικές προβλέψεις και γενικότερα δεδομένα καιρικών συνθηκών. Παρέχει πληροφορίες στο χρήστη σχετικά με διάφορα φυσικά φαινόμενα όπως οι εντάσεις ανέμου, η θερμοκρασία, οι νεφώσεις, τα ύψη βροχής και πολλά άλλα τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά χαρακτηριστικά. Οι πληροφορίες αυτές συλλέγονται από δορυφόρους και στέλνονται σε πραγματικό χρόνο στη βάση δεδομένων της υπηρεσίας όπου αναλύονται από μοντέλα μετεωρολογικών προβλέψεων. Στη συνέχεια οι προβλέψεις οπτικοποιούνται στη χαρτογραφική εφαρμογή. Τα αποτελέσματα των προβλέψεων αναλύονται ξεχωριστά ανά ώρα οπότε και δημιουργείται μια διαφορετική απεικόνιση. Ο χρήστης μπορεί να χειριστεί αυτές τις χρονικές εναλλαγές από μια μπάρα χρόνου (timeslider) στο κάτω μέρος της οθόνης για να προβάλλει αποτελέσματα για διαφορετικές χρονικές στιγμές. Στα δεξιά της οθόνης υπάρχει μια πληθώρα επιλογών για την επιλογή απεικόνιση ενός από τα φυσικά φαινόμενα που αναφέρθηκαν παραπάνω ενώ για περισσότερο έμπειρο κοινό μπορεί να γίνει και αλλαγή στο μοντέλο πρόβλεψης που θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία της απεικόνισης.

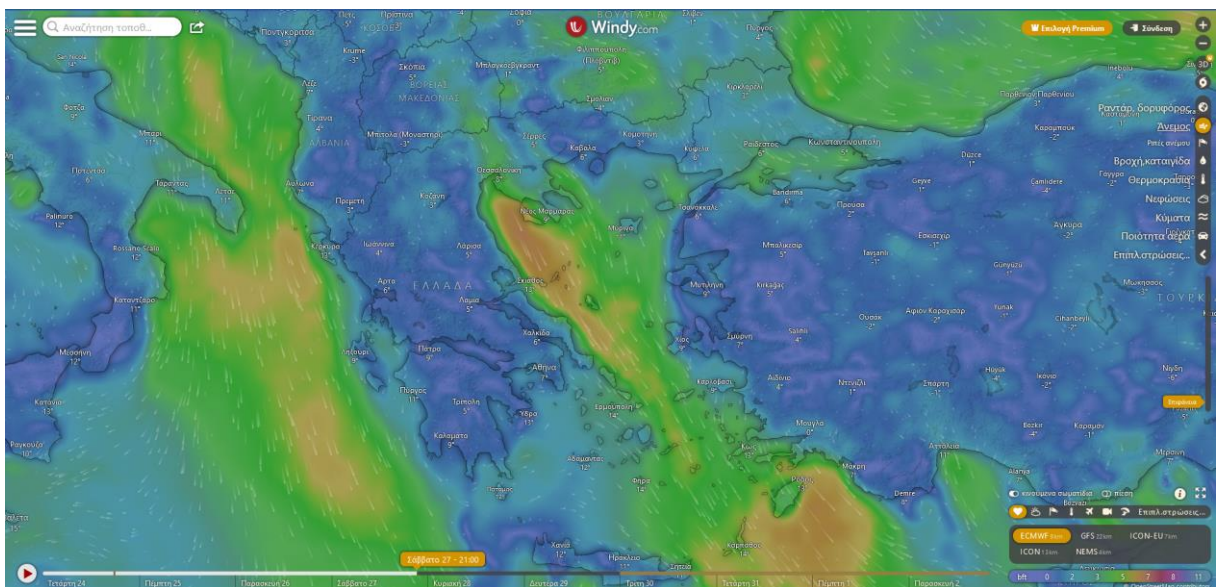
Όσον αφορά τους συμβολισμούς, αυτοί ποικίλλουν ανάλογα με τη μεταβλητή που επιλέγεται να απεικονιστεί. Η κυριότερη κατηγορία θεματικής απεικόνισης σε μετεωρολογικούς χάρτες είναι οι ισαριθμικοί χάρτες. Στα κυριότερα φυσικά φαινόμενα που αναφέρθηκαν χρησιμοποιείται μια τέτοια απεικόνιση όπως είναι για παράδειγμα στο θεματικό επίπεδο με την

---

<sup>4</sup> <https://www.windy.com/>

πρόβλεψη της θερμοκρασίας. Στην απεικόνιση του ανέμου, χρησιμοποιείται συνδυαστικά ένας ισ αριθμικός χάρτης μαζί με κινούμενα γραμμικά σύμβολα τα οποία υποδηλώνουν την κατεύθυνση των ανέμων, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 20.

Επιπλέον, η εφαρμογή διαθέτει ένα μενού μέσα από το οποίο παρέχει πρόσβαση σε μια σειρά από εργαλεία τα οποία επεκτείνουν τα επίπεδα διαδραστικότητάς της. Ο χρήστης μπορεί να μετρήσει αποστάσεις πάνω στο χάρτη, να εντοπίσει τη θέση του μέσω της ενεργοποίησης τοποθεσίας της συσκευής του, να εξάγει ένα βίντεο ή αρχείο GIF με μια συγκεκριμένη απεικόνιση που επιθυμεί, να εισάγει δικό του γραφικό στοιχείο ή ακόμα και να φορτώσει επιπλέον πληροφορίες μέσα από αρχεία KML, GPX ή geoJSON.



Εικόνα 20: Στιγμιότυπο από το περιβάλλον διεπαφής της εφαρμογής "Windy" (πηγή: [www.windy.com](http://www.windy.com))

Στις διεπαφές που παρέχει η εφαρμογή περιλαμβάνονται και τρία ξεχωριστά API. Με αυτά ο χρήστης μπορεί να λάβει ακατέργαστα (raw) δεδομένα καιρού για μια συγκεκριμένη περιοχή δίνοντας συγκεκριμένες συντεταγμένες, να προσθέσει επιπλέον δεδομένα πάνω από τα θεματικά επίπεδα της εφαρμογής και να αποκτήσει πρόσβαση σε ένα δίκτυο καμερών από διάφορες τοποθεσίες στον κόσμο. Αυτά τα API καθώς και άλλες πιο εξειδικευμένες λειτουργίες είναι συνδρομητικές. Η πιο πρόιμη εκδοχή της συγκεκριμένης πλατφόρμας, το Windy.com, δημιουργήθηκε το 2014 από έναν προγραμματιστή, τον Ινο, και κάθε χρόνο γίνονται νέες προσθήκες στην επιστημονική ομάδα καθώς και στα παρεχόμενα δεδομένα που προσφέρονται στην εφαρμογή ενώ παράλληλα έχει γίνει πρόοδος για την παροχή της εφαρμογής σε έξυπνες συσκευές iOS και android.

Οι εφαρμογές που αναλύθηκαν παραπάνω αποτελούν ένα μικρό δείγμα από τους διαδικτυακούς διαδραστικούς θεματικούς χάρτες και χάρτες ροής που είναι σήμερα διαθέσιμοι. Τα εργαλεία, οι συμβολισμοί, οι λειτουργίες διαδραστικότητας και το γενικότερο πλαίσιο στο οποίο αυτές έχουν αναπτυχθεί ποικίλλει και η κάθε προσέγγιση έχει διαφορές και ομοιότητες με τις υπόλοιπες. Στα κεφάλαια που ακολουθούν, λαμβάνονται υπόψη όσα αναλύθηκαν έως τώρα με στόχο την υλοποίηση της εφαρμογής της παρούσας εργασίας.

## 5 Σχεδιασμός & Υλοποίηση της Εφαρμογής

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση όλων των συστατικών που αφορούν το σχεδιασμό και την τελική υλοποίηση της διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής που αφορά η παρούσα εργασία. Γίνεται αναφορά στο κεντρικό θέμα της εργασίας καθώς στους γενικούς αλλά και ειδικότερους στόχους που επιδιώκονται μέσω αυτής της εργασίας. Παρουσιάζονται τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται και γίνεται ανάλυση της διαδικασίας επεξεργασίας και προετοιμασίας με σκοπό τη χρήση τους στη χαρτογραφική εφαρμογή. Αντικείμενο αυτού του κεφαλαίου αποτελεί επίσης η αναφορά στα τεχνολογικά εργαλεία και λογισμικά που αξιοποιήθηκαν σε όλα τα στάδια υλοποίησης του τεχνικού σκέλους της εργασίας, από την διαχείριση των πρωτογενών δεδομένων έως και την παραγωγή των σχετικών χαρτογραφικών απεικονίσεων.

### 5.1 Θέμα και σκοπός της εφαρμογής

Αυτή η ενότητα έχει στόχο να εστιάσει σε μια σύντομη αλλά περιεκτική ανάλυση σχετικά με το θέμα που αναδεικνύεται μέσω της χαρτογραφικής εφαρμογής. Με βάση το συγκεκριμένο θέμα, την ανάγκη ανάδειξης του καθώς και τις διαθέσιμες τεχνολογίες, ορίζεται ο σκοπός της εργασίας με κυρίαρχα κριτήρια την παραγωγή σαφών και αποτελεσματικών απεικονίσεων σε ένα λειτουργικό περιβάλλον διεπαφής για το χρήστη.

#### 5.1.1 Θέμα: Χωροχρονική απεικόνιση ροών αναγκαστικής μετανάστευσης

Στην παρούσα εργασία, κεντρικό θέμα μελέτης αποτελούν οι ροές αναγκαστικής μετανάστευσης που πραγματοποιούνται παγκοσμίως κάθε χρόνο. Οι ροές αυτές δημιουργούνται κυρίως λόγω πολεμικών συρράξεων, κοινωνικής βίας και απολυταρχικών καθεστώτων που αποτελούν αναπόσπαστα φαινόμενα στο σύγχρονο κόσμο. Γεγονότα όπως τα παραπάνω και ανάλογα με την ένταση με την οποία συμβαίνουν, δημιουργούν μαζικές μεταναστευτικές ροές οι οποίες έχουν σημαντικές επιπτώσεις για τις χώρες προέλευσής τους αλλά και για τις χώρες προορισμού. Υπό αυτές τις συνθήκες, οι άνθρωποι αναγκάζονται να εγκαταλείψουν τα σπίτια τους και τις χώρες όπου μεγάλωσαν και διαμένουν ώστε να διαφύγουν από βίαιες καταστάσεις οι οποίες θέτουν σε κίνδυνο τη ζωή των ίδιων και των οικογενειών

τους. Οι πόλεμοι και οι εξάρσεις κοινωνικής και πολιτικής βίας καλλιεργούν ένα κλίμα ανασφάλειας και αναταραχής που ωθεί πολλές φορές εκατομμύρια ανθρώπους να αναζητήσουν τις όποιες πιθανότητες για να ζήσουν μια καλύτερη ζωή. Αυτή η αναζήτηση στην οποία καταφεύγουν πολλοί άνθρωποι κάθε χρόνο επηρεάζει σε πρώτη φάση τις γειτονικές τους χώρες όπου καταφεύγει προσωρινά ένα μεγάλο ποσοστό αυτών των πληθυσμών, κάτι που προκαλεί συχνά πιέσεις κοινωνικής και οικονομικής φύσεως. Σε δεύτερο βαθμό, θα δούμε ότι μακροχρόνια επηρεάζονται και συγκεκριμένες χώρες που είναι γεωγραφικά απομακρυσμένες αλλά αποτελούν πόλο έλξης εξαιτίας των καλών συνθηκών ζωής. Το φαινόμενο των μεταναστευτικών ροών κατέχει επίσης σπουδαίο ρόλο στη διεθνή πολιτική και τις διπλωματικές σχέσεις μεταξύ των χωρών. Οι χώρες που υποδέχονται αυτές τις ροές, έρχονται αντιμέτωπες με μια σειρά από προκλήσεις στον κοινωνικό, τον πολιτικό και τον οικονομικό τομέα και καλούνται να πάρουν αποφάσεις και να χαράξουν συγκεκριμένες πολιτικές διαχείρισης υπό συνθήκες πίεσης που ασκείται στους τομείς που αναφέρθηκαν. Ένα γενικότερο συμπέρασμα για το θέμα που επιλέχθηκε να χαρτογραφηθεί είναι ότι η παγκόσμια μετανάστευση είναι ένα πολύπλοκο και πολυεπίπεδο φαινόμενο που απαιτεί συνολική διαχείριση σε διεθνές επίπεδο και είναι ιδιαίτερα σημαντική η παρακολούθηση της πορείας και της εξέλιξής του.

Είναι σαφές ότι οι χώρες προέλευσης των ροών αναγκαστικής μετανάστευσης είναι χώρες στις οποίες επικρατούν συχνά εμπόλεμες καταστάσεις, εξάρσεις βίας και ασταθή πολιτικά καθεστάτα. Η επιλογή που κάνουν οι μετανάστες όσον αφορά τη χώρα προορισμού επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, οι οποίοι σχετίζονται με την αναζήτηση καλύτερων συνθηκών ζωής. Ορισμένοι από αυτούς είναι:

- Πολιτικό καθεστώς: οι μετανάστες τείνουν να προτιμούν ως προορισμούς, χώρες στις οποίες επικρατεί η πολιτική σταθερότητα και υφίσταται νομοθεσία για την προστασία των ανθρώπινων δικαιωμάτων.
- Οικονομικές ευκαιρίες: βασικό στοιχείο για την επιλογή προορισμού είναι η ύπαρξη επαγγελματικών ευκαιριών και γενικότερης οικονομικής ανάπτυξης.
- Εμπειρία από ομοεθνείς: σημαντικό ρόλο κατέχει η ύπαρξη κοινοτήτων από ομοεθνείς μετανάστες με τους οποίους υπάρχει σύνδεση και επικοινωνία στη μητρική γλώσσα.
- Κοινωνικές υποδομές: εξίσου βασικό στοιχείο είναι η ύπαρξη καλών κοινωνικών υποδομών όπως η εκπαίδευση και το σύστημα υγείας και κοινωνικής ασφάλισης.

- Νομοθεσία: οι μετανάστες προτιμούν ως προορισμό χώρες οι οποίες έχουν θεσμοθετήσει μέσα από νόμους την προστασία μειονοτήτων και ανθρωπίνων δικαιωμάτων.

Αναφορικά με τη συλλογή δεδομένων για την παγκόσμια μετανάστευση και ιδιαίτερα για τις αναγκαστικές μετακινήσεις πληθυσμών, η Ύπατη Αρμοστεία του ΟΗΕ για τους Πρόσφυγες (UNHCR) διατηρεί το πληρέστερο και αναλυτικότερο ψηφιακό και ελεύθερα διαθέσιμο αρχείο. Η Ύπατη Αρμοστεία του ΟΗΕ για τους Πρόσφυγες αποτελεί τμήμα του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ). Ιδρύθηκε το 1950 με σκοπό την προστασία και υποστήριξη των προσφύγων σε διεθνές επίπεδο. Η έδρα της βρίσκεται στην Ελβετία ωστόσο το πεδίο δράσης της εκτείνεται σε πολλές χώρες παγκοσμίως, όπου φροντίζει για την παροχή βοήθειας και προστασίας σε εκατομμύρια ανθρώπους που εκτοπίζονται καθημερινά εξαιτίας συγκρούσεων, πολέμων ή καταπίεσης.

Στην ενότητα 5.3 θα γίνει ανάλυση της δομής των δεδομένων μετανάστευσης μαζί με άλλες ποιοτικές και ποσοτικές μεταβλητές, καθώς και των διαδικασιών που ακολουθήθηκαν για την τελική μορφοποίησή τους με σκοπό τη χρήση αυτών και παραγώγων τους για τη δημιουργία της χαρτογραφικής εφαρμογής.

### *5.1.2 Σκοπός: Εξερεύνηση και διαδραστικότητα*

Ο γενικότερος στόχος της εργασίας που επιδιώκεται μέσα από τη χαρτογραφική εφαρμογή είναι η δημιουργία απεικονίσεων σχετικών με την παγκόσμια μετανάστευση σε συνδυασμό με μια σειρά από διαδραστικές λειτουργίες στο περιβάλλον διεπαφής. Ο στόχος αυτός μπορεί να αναλυθεί σε δύο αλληλένδετες διαδικασίες:

*Εξερεύνηση δεδομένων:* η διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή έχει ως σκοπό να παρέχει όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες σχετικές με την παγκόσμια μετανάστευση. Σε πρώτο στάδιο, ο σχεδιασμός των ίδιων των μεταναστευτικών ροών ανά έτος για ένα μεγάλο χρονικό εύρος δίνει μια γενική εντύπωση για την αλληλεπίδραση των χωρών μεταξύ τους όσον αφορά τις μετακινήσεις πληθυσμών. Έπειτα, είναι χρήσιμο να παρέχονται επιπλέον πληροφορίες οι οποίες κρίνεται ότι σχετίζονται με αυτές τις μετακινήσεις και τις επηρεάζουν, όπως για παράδειγμα η οικονομική κατάσταση της χώρας προέλευσης και προορισμού. Αυτές οι επιπλέον πληροφορίες δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη όχι μόνο να εξερευνήσει το πού και

πότε παρατηρούνται μαζικά φαινόμενα μετανάστευσης αλλά και να αναζητήσει την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των μεταναστευτικών ροών και άλλων παραγόντων.

Διαδραστικότητα: τα δεδομένα και οι απεικονίσεις από μόνα τους δεν αποτελούν ένα τόσο λειτουργικό και χρήσιμο εργαλείο για την κατανόηση του φαινομένου της μετανάστευσης. Η δεύτερη πτυχή του σκοπού της χαρτογραφικής εφαρμογής είναι να ενσωματωθούν σε αυτήν διάφορες λειτουργίες οι οποίες θα παρέχουν διαδραστικότητα και θα ενεργοποιούν το χρήστη. Περιήγηση στα δεδομένα, συνδυαστική απεικόνιση δεδομένων από διαφορετικά θεματικά επίπεδα, εργαλεία φιλτραρίσματος και αναδύμενα παράθυρα είναι μερικά από τα βασικότερα διαδραστικά εργαλεία που προσφέρονται στις σύγχρονες διαδραστικές χαρτογραφικές εφαρμογές και τα οποία βοηθούν το χρήστη αφ' ενός στη διαχείριση και καθαρότερη ανάγνωση μεγάλου όγκου δεδομένων και αφ' ετέρου στη βαθύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς του φαινομένου και την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για αυτό.

## 5.2 Εργαλεία επεξεργασίας δεδομένων & υλοποίησης εφαρμογής

Σε όλα τα στάδια υλοποίησης της χαρτογραφικής εφαρμογής, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά λογισμικά και διαδικτυακές πλατφόρμες, καθένα από τα οποία συμβάλλει σε ξεχωριστά βήματα που ακολουθήθηκαν μέχρι το τελικό αποτέλεσμα. Η επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων απαιτεί τη χρήση κατάλληλων εργαλείων και λογισμικών μέσα από τα οποία τα δεδομένα προετοιμάζονται ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν σε μια χαρτογραφική εφαρμογή. Επίσης, τα λογισμικά επεξεργασίας γεωχωρικών δεδομένων αποτελούν σήμερα το βασικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται μετά από την αρχική επεξεργασία των δεδομένων. Με τη βοήθεια αυτών των λογισμικών πραγματοποιείται η οπτικοποίηση της πληροφορίας, η μορφοποίηση των απεικονίσεων, η οργάνωση θεματικών επιπέδων, η παραγωγή νέας πληροφορίας μέσω αλγορίθμων χωρικής επεξεργασίας καθώς και άλλες διαδικασίες οι οποίες συμβάλλουν στην παραγωγή του τελικού αποτελέσματος. Σε μια διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή, σημαντική είναι ακόμα η μεταφόρτωση όλων των δεδομένων και απεικονίσεων σε ένα περιβάλλον μέσα στο οποίο προστίθενται οι λειτουργίες διαδραστικότητας. Στις παρακάτω υποενότητες, παρατίθενται αναλυτικά όλα τα εργαλεία και λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν κατά τη χρήση τους.



### 5.2.1 *Microsoft Excel*

Στο πρώτο στάδιο υλοποίησης της χαρτογραφικής εφαρμογής, έγινε εκτενής χρήση του προγράμματος υπολογιστικών φύλλων Microsoft Excel. Τα πρωτογενή δεδομένα που χρησιμοποιούνται είναι αποθηκευμένα σε τέτοιου είδους αρχεία οπότε μέσω του εργαλείου υπολογιστικών φύλλων έγινε δυνατή η αρχική προεπισκόπηση στα δεδομένα ώστε να γίνει αντιληπτή η δομή τους και να καταγραφούν οι εργασίες προετοιμασίας που πρέπει να γίνουν ώστε να τροφοδοτήσουν τις απεικονίσεις της εφαρμογής. Οι εργασίες αυτές περιλαμβάνουν μορφοποίηση (format) των κελιών για την υποστήριξη του τύπου δεδομένων που περιέχουν (κειμένο, ημερομηνία, αριθμό), εκκαθάριση στην περιεχόμενη πληροφορία ώστε να καταγράφονται μόνο τα δεδομένα και οι μεταβλητές που είναι επιθυμητό να είναι διαθέσιμες στην εφαρμογή, χρήση συναρτήσεων για συνένωση πινάκων καθώς και για διάφορες άλλες σύνθετες επεξεργασίες. Όσα αναφέρθηκαν παραπάνω είναι μερικές από τις διαδικασίες για τις οποίες έγινε χρήση του περιβάλλοντος υπολογιστικών φύλλων το οποίο είναι απαραίτητο εργαλείο για την επεξεργασία γεωχωρικών δεδομένων. Επιπλέον, μέσα στα αρχεία των πρωτογενών δεδομένων, περιέχονταν και συμπληρωματικές πληροφορίες (metadata) που είναι χρήσιμες για την καλύτερη μεταχείρισή τους. Εκεί ο πάροχος των δεδομένων καταγράφει τον τρόπο συλλογής της περιεχόμενης πληροφορίας, την ημερομηνία τελευταίας επεξεργασίας τους, το όνομα του αρμόδιου φορέα και άλλα στοιχεία τα οποία βοηθούν το χαρτογράφο στην καλύτερη κατανόηση και ορθότερη αξιοποίησή τους. Σε επόμενη ενότητα γίνεται αναλυτική παρουσίαση των εργασιών που πραγματοποιήθηκαν στο περιβάλλον υπολογιστικών φύλλων τόσο για την προεπεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων όσο και για την αποθήκευση παράγωγης πληροφορίας μέσα από το λογισμικό ArcGIS Pro.

### 5.2.2 *Quantum GIS (QGIS)*

Το QGIS είναι ένα λογισμικό ανοικτού κώδικα Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και παρέχει εργαλεία για την απεικόνιση, την επεξεργασία και την ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων. Αναπτύχθηκε από μια εθελοντική ομάδα προγραμματιστών από όλο τον κόσμο, ξεκινώντας το 2002 και έκτοτε αναπτύσσεται και εξελίσσεται διαρκώς από την ίδια την κοινότητα η οποία μεγαλώνει όλο και περισσότερο. Παρέχει υψηλής ποιότητας δυνατότητες και λειτουργίες για τα γεωχωρικά δεδομένα. Η κοινότητα που εξελίσσει το λογισμικό αποτελείται κυρίως από ανθρώπους που είναι οι ίδιοι χρήστες αυτού του εργαλείου και οι

οποίοι παράγουν εξειδικευμένες επεκτάσεις (plug-ins) για να καλύψουν τις ανάγκες πιο ιδιαίτερων λειτουργιών που δεν είναι διαθέσιμες με το βασικό πακέτο. Αυτές οι επεκτάσεις δίνουν όλο και περισσότερες δυνατότητες στους χρήστες οι οποίοι έχουν δωρεάν πρόσβαση στην εγκατάσταση και χρήση ολόκληρου του λογισμικού.

Το QGIS υποστηρίζει τους περισσότερους μορφότυπους αρχείων που είναι απαραίτητοι για την οπτικοποίηση και ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων όπως shapefiles, geotiff, geoJSON, .xls κ.α. και παρέχει φυσικά πληθώρα εργαλείων για τη μορφοποίηση των συμβολισμών στα διανυσματικά (vector) δεδομένα. Η χρήση του εφαρμόστηκε κυρίως για την αρχική προεπισκόπηση των δεδομένων και την παραγωγή δοκιμαστικών απεικονίσεων καθώς αποτελεί ένα αρκετά «ελαφρύ» και γρήγορο λογισμικό όπου μπορούν να υλοποιηθούν επαναλαμβανόμενες διαδικασίες με φόρτωση μεγάλου όγκου πληροφορίας σε ιδιαίτερα υψηλή υπολογιστική ταχύτητα. Σε αυτό το περιβάλλον έγινε επίσης προβολή διάφορων διανυσματικών αρχείων χαρτογραφικών υποβάθρων όπου εξετάστηκαν και οι πίνακες χαρακτηριστικών τους (attribute table). Στόχος αυτής της διαδικασίας ήταν η εύρεση του καταλληλότερου χαρτογραφικού υποβάθρου βάσει της ύπαρξης αντιστοιχίας μεταξύ των χωρικών οντοτήτων του με τις χωρικές οντότητες των δεδομένων μετανάστευσης. Στην ενότητα 5.3.4 αναφέρονται περισσότερα σχετικά με την επιλογή και επεξεργασία του χαρτογραφικού υποβάθρου που τελικά χρησιμοποιήθηκε για τη διαδικτυακή εφαρμογή.

### 5.2.3 ArcGIS Pro

Το ArcGIS Pro είναι επίσης ένα λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) που έχει αναπτυχθεί από την εταιρεία ESRI. Είναι ένα τοπικό (desktop) εργαλείο το οποίο εγκαθίσταται στον προσωπικό υπολογιστή του χρήστη και χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση, τη χωρική ανάλυση και την επεξεργασία χωρικών δεδομένων. Μέσα σε αυτό είναι ενσωματωμένη μια σειρά από αλγορίθμους για την υλοποίηση χωρικών υπολογισμών και την παραγωγή χωρικής πληροφορίας με βάση τα πρωτογενή δεδομένα. Βασικό στοιχείο ενός τέτοιου λογισμικού είναι η δυνατότητα δημιουργίας οπτικοποιήσεων που αναφέρονται σε χωρικές οντότητες. Για παράδειγμα, ένα διανυσματικό χαρτογραφικό υπόβαθρο το οποίο αποτελείται από πολλά πολύγωνα (π.χ. όρια χωρών) μπορεί να συνδεθεί με θεματική πληροφορία η οποία έχει την ίδια χωρική αναφορά (όρια χωρών). Όλα τα διανυσματικά δεδομένα διαθέτουν ένα πίνακα χαρακτηριστικών (attribute table) μέσα από τον οποίο είναι

δυνατή η προβολή των περιγραφικών στοιχείων κάθε χαρακτηριστικού (feature) ενός θεματικού επιπέδου (layer).

Τα γεωχωρικά δεδομένα εκτός από διανυσματικά αρχεία, μπορεί να είναι και κανονικοποιημένα (raster), όπως για παράδειγμα γεωαναφερμένες εικόνες tiff – geotiff. Τέτοια αρχεία μπορεί να είναι αεροφωτογραφίες ή κανονικοποιημένα αρχεία που καταγράφουν το ανάγλυφο μιας περιοχής. Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση μόνο διανυσματικών δεδομένων του μορφότυπου shapefile. Ο μορφότυπος shapefile είναι από τους παλαιότερους και συνηθέστερους τύπους αρχείων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση γεωχωρικής δεδομένων και μπορούν να περιέχουν τόσο τα διανυσματικά στοιχεία που περιγράφουν τις γεωμετρίες των δεδομένων όσο και την περιγραφική πληροφορία που τα συνοδεύει.

Το ArcGIS Pro, όπως και τα περισσότερα σύγχρονα εργαλεία διαχείρισης γεωχωρικών δεδομένων, έχει τη δυνατότητα ανάγνωσης για πολλούς διαφορετικούς μορφότυπους αρχείων τα οποία μπορούν να εξαχθούν μέσα σε μια γεωβάση και να αποθηκευθούν ως ένα ενιαίο αρχείο (project). Μέσα σε αυτό το αρχείο, αποθηκεύονται όλες οι πληροφορίες που απαιτούνται για την καταγραφή και την οπτικοποίηση των θεματικών επιπέδων που έχουν δημιουργηθεί. Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται δυνατός ο διαμοιρασμός των γεωχωρικών δεδομένων μεταξύ χρηστών ώστε να μπορεί να γίνει προβολή και επεξεργασία τοπικά από διαφορετικούς υπολογιστές.

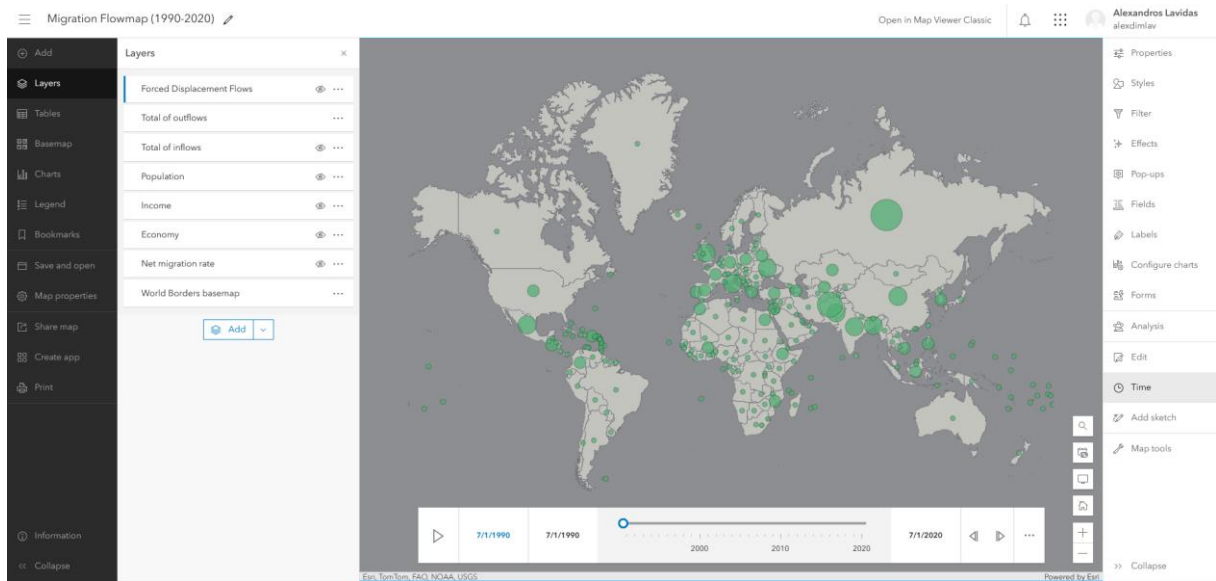
Επιπλέον το συγκεκριμένο λογισμικό αποτελεί ένα τμήμα μιας σειράς υπηρεσιών που έχει δημιουργήσει η ESRI με σκοπό την παραγωγή διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών. Τα αρχεία δεδομένων, οι συμβολισμοί και οι διάφορες διαδικασίες ανάλυσης μπορούν να μεταφερθούν μέσα σε ένα διαδικτυακό υπολογιστικό νέφος όπου ο χαρτογράφος μπορεί επίσης να αποθηκεύσει τα αρχεία δεδομένων και να επιλέξει να τα μοιραστεί με άλλους χρήστες της κοινότητάς του. Το βασικότερο στοιχείο όμως αυτής της υπηρεσίας είναι η δυνατότητα σχεδιασμού χαρτογραφικών απεικονίσεων διαδικτυακά μέσα στο υπολογιστικό νέφος της εταιρείας. Με αυτές τις υπηρεσίες, γίνεται εφικτή η μεταφορά των οπτικοποιήσεων σε ένα περιβάλλον ιστοσελίδας καθώς και η διαμόρφωση του περιβάλλοντος διεπαφής (interface) της εφαρμογής το οποίο φιλοξενεί εργαλεία για την αλληλεπίδραση του χρήστη με τα δεδομένα. Στις επόμενες ενότητες περιγράφονται δύο από τις υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία για τη δημιουργία της εφαρμογής, το ArcGIS Web

Map και το ArcGIS Web Experience Builder, τα οποία αποτελούν εργαλεία του συνόλου της πλατφόρμας ArcGIS Online.

Σε αυτό το σημείο σημειώνεται ότι το σύνολο των σχεδιαστικών εργαλείων της ESRI που χρησιμοποιήθηκαν, απαιτούν την αγορά συνδρομής και η άδεια χρήσης τους χορηγήθηκε αποκλειστικά για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

#### *5.2.4 ArcGIS Web Map*

Το ArcGIS Web Map αποτελεί μια από τις βασικότερες διαδικτυακές υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους που παρέχονται μέσα από το την πλατφόρμα ArcGIS Online. Το εργαλείο αυτό ουσιαστικά αποτελεί μια πολύ απλουστευμένη διαδικτυακή υλοποίηση του τοπικού (desktop) λογισμικού ArcGIS Pro. Είναι διαθέσιμη με τη χρήση ενός φυλλομετρητή (browser) στον οποίο ο συνδρομητής συνδέεται στον προσωπικό του λογαριασμό και αποκτά πρόσβαση στο περιβάλλον της υπηρεσίας. Σε αυτό το σημείο ο χρήστης μπορεί να μεταφορτώσει τα διανυσματικά αρχεία δεδομένων (shapefile) στον προσωπικό αποθηκευτικό χώρο που διαθέτει στο υπολογιστικό νέφος και να ξεκινήσει την επεξεργασία τους. Εδώ σημειώνεται ότι τα διανυσματικά αρχεία ουσιαστικά αποτελούνται από ένα σύνολο αρχείων και για την φόρτωση της χωρικής πληροφορίας απαιτείται η φόρτωση όλων των αρχείων σε συμπιεσμένη μορφή (.zip). Μετά από αυτή τη διαδικασία, ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα νέο Web Map αρχείο, να μεταφερθεί στο περιβάλλον του και να αρχίσει την παραγωγή χαρτογραφικών απεικονίσεων. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 21, στο περιβάλλον Web Map περιέχεται ένα παράθυρο χάρτη στο κέντρο της οθόνης και το οποίο περιστοιχίζεται από μια σειρά εργαλείων επεξεργασίας του.



Εικόνα 21: Στιγμιότυπο από το περιβάλλον διεπαφής της υπηρεσίας WebMap του ArcGIS Online.

Στα αριστερά της οθόνης υπάρχει ένα μενού που αφορά τη φόρτωση πληροφορίας στο χάρτη. Εκεί προστίθενται τα διάφορα θεματικά επίπεδα, γίνεται η επιλογή χαρτογραφικού υποβάθρου που θα προβάλλεται, η αποθήκευση αλλαγών κ.α. Στα δεξιά, είναι το μενού μορφοποίησης των απεικονίσεων όπου γίνονται ρυθμίσεις για κάθε θεματικό επίπεδο ξεχωριστά. Παρέχονται εργαλεία τροποποίησης των συμβολισμών, χωρικής ανάλυσης, φιλτραρίσματος δεδομένων ενώ παράλληλα υπάρχει μια πρώτη επαφή με λειτουργίες διαδραστικότητας που θα είναι διαθέσιμες στη χαρτογραφική εφαρμογή. Για παράδειγμα, μπορεί να γίνει επεξεργασία των περιεχομένων ενός αναδυόμενου παραθύρου (pop-up window) το οποίο θα εμφανίζεται όταν ο χρήστης κλικάρει πάνω σε μια περιοχή του χάρτη σε ένα από τα θεματικά επίπεδα. Επίσης, εφόσον τα δεδομένα περιέχουν τη μεταβλητή του χρόνου, μπορεί να ενεργοποιηθεί η σχετική λειτουργία για το συγκεκριμένο θεματικό επίπεδο οπότε και εμφανίζεται στο κάτω μέρος της οθόνης ένα εργαλείο μεταβολής χρόνου (timeslider). Αυτό το εργαλείο ουσιαστικά εφαρμόζει ένα φιλτράρισμα βάσει της χρονικής πληροφορίας και δημιουργεί απεικονίσεις που εμφανίζονται διαδοχικά με χρονική σειρά. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αυτόματη αναπαραγωγή αυτών των απεικονίσεων ή προβολή μιας συγκεκριμένης χρονικής στιγμής που επιθυμεί.

Η υπηρεσία του ArcGIS Web Map στην συγκεκριμένη εργασία ουσιαστικά αποτελεί το ενδιάμεσο βήμα για τη δημιουργία της χαρτογραφικής εφαρμογής. Αναλυτικότερα για το περιβάλλον εργασίας του Web Map και τον τρόπο με τον οποίο αξιοποιήθηκε θα αναφερθούν στο κεφάλαιο 6.

### 5.2.5 ArcGIS Experience Builder

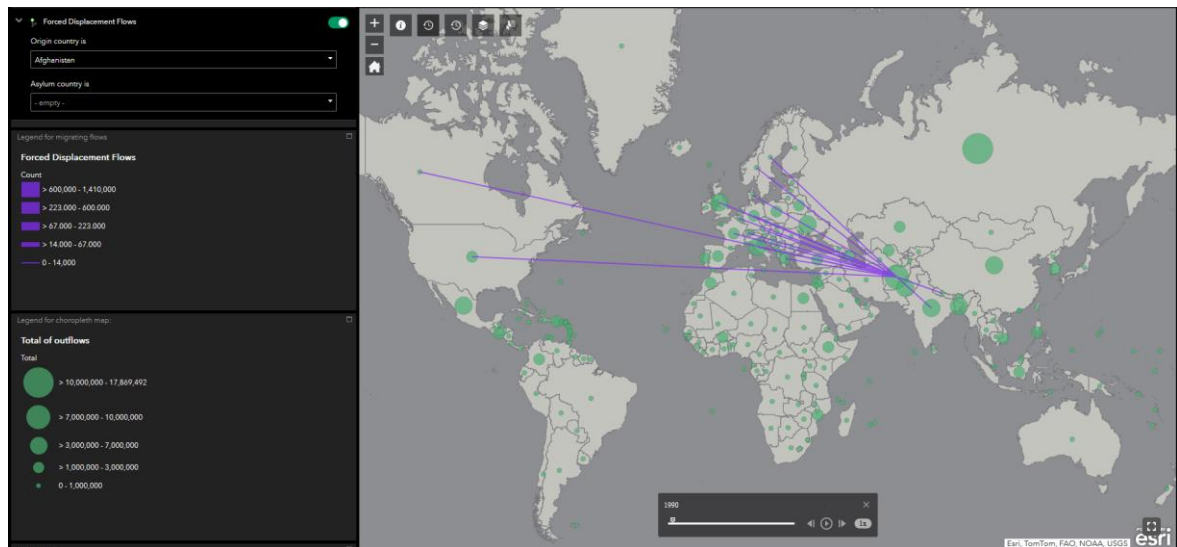
Η υλοποίηση του τελικού αποτελέσματος της διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής πραγματοποιείται στην υπηρεσία ArcGIS Experience Builder. Η ESRI ξεκίνησε την ανάπτυξη αυτής της πλατφόρμας το 2020 για τη δημιουργία ενός πιο ολοκληρωμένου εργαλείου δημιουργίας χαρτογραφικών εφαρμογών σε σχέση με την πιο πρώιμη εκδοχή της υπηρεσίας, το *Web AppBuilder*, στο οποίο γίνεται αναφορά στην επόμενη ενότητα. Η διαδικασία που ακολουθείται αρχικά είναι η εισαγωγή ενός χάρτη Web Map που έχει δημιουργηθεί στο προηγούμενο στάδιο και στη συνέχεια πραγματοποιούνται οι μορφοποιήσεις που θα διαμορφώσουν το τελικό αποτέλεσμα. Στο περιβάλλον διεπαφής της υπηρεσίας, ο χρήστης μπορεί να βρει ένα μεγάλο αριθμό εργαλείων για να προσθέσει διαδραστικότητα στην εφαρμογή. Επιπλέον, είναι δυνατή η πλήρης προσαρμογή της διάταξης των παραθύρων που επιλέγονται να χρησιμοποιηθούν στην εφαρμογή μέσα από μια μεγάλη λίστα έτοιμων διατάξεων που σχετίζονται κατά περίπτωση με συγκεκριμένες υλοποιήσεις, όπως για παράδειγμα dashboard ή εφαρμογής με πολλές διαδοχικές απεικονίσεις. Μέσα στα παράθυρα που επιλέγει ο χρήστης να χρησιμοποιήσει, εκτός από το παράθυρο του χάρτη, μπορεί να τοποθετήσει εργαλεία (widgets) τα οποία σχετίζονται είτε με το χάρτη (map-centric), είτε με τα δεδομένα (data-centric) είτε με άλλες παραμέτρους της συνολικής απεικόνισης όπως είναι τίτλοι, εικόνες, κ.α. Η λογική της συγκεκριμένης υπηρεσίας μέσα από όλα αυτά τα εργαλεία είναι να παρέχει ουσιαστικά τη δυνατότητα κατασκευής μιας κανονικής ιστοσελίδας η οποία θα συνοδεύεται από ένα ή περισσότερα παράθυρα με διαδραστικούς και πλήρως εξερευνησίμους χάρτες. Η προσέγγιση αυτή φέρνει μια πολύ σημαντική καινοτομία σε ότι αφορά τη δημιουργία διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών, δίνοντας περισσότερες δυνατότητες για πειραματισμό και ένα οπτικό αποτέλεσμα φιλικότερο προς το χρήστη. Ο χαρτογράφος έχει την επιλογή, εφόσον κρίνεται χρήσιμο, να πλαισιώσει το χάρτη σε ένα περιβάλλον ιστοσελίδας με κείμενα, εικόνες, συνδέσμους ανακατεύθυνσης και άλλα στοιχεία που σχετίζονται με τα δεδομένα όπως είναι τα στατιστικά γραφήματα.

Η διαμόρφωση της εμφάνισης του περιβάλλοντος διεπαφής (interface) είναι ένα από τα βασικότερα στοιχεία της πλατφόρμας σε σχέση με την πιο πρώιμη εκδοχή της, το ArcGIS Web Appbuilder. Ο δημιουργός της εφαρμογής μπορεί να μορφοποιήσει πλήρως όλα τα αντικείμενα που περιλαμβάνονται στην εφαρμογή, να επιλέξει για αυτά ένα χρωματικό σχήμα που επιθυμεί, να φορτώσει εικόνες ή ακόμα και να δώσει κίνηση (animation) στον τρόπο που αυτά εμφανίζονται στην οθόνη. Στο κεφάλαιο 6 θα αναλυθεί εκτενέστερα και με τη χρήση εικόνων,

το περιβάλλον της πλατφόρμας ArcGIS Experience Builder σε συνδυασμό με όσα εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν και τις λειτουργίες που επιλέχθηκαν να ενσωματωθούν στο χάρτη για το τελικό αποτέλεσμα.

### 5.2.6 ArcGIS Web AppBuilder

Η υπηρεσία ArcGIS Web AppBuilder παρέχει και αυτή μια πλατφόρμα στην οποία μπορεί να ολοκληρωθεί η υλοποίηση μιας διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής. Αποτελεί την πιο πρώιμη έκδοση της ESRI που δημιουργήθηκε το 2014 για ανάπτυξη εφαρμογών και είναι σχεδιασμένη ώστε να μεταφέρεται σε αυτήν όλη η θεματική πληροφορία όπως έχει μορφοποιηθεί στην υπηρεσία Web Map. Παρέχει ένα φιλικό περιβάλλον για το χρήστη όπου δεν απαιτούνται ιδιαίτερες προγραμματιστικές δεξιότητες για τη χρήση του. Στο πρώτο στάδιο δημιουργείται ξεχωριστά στον αποθηκευτικό χώρο του χρήστη ένα αρχείο (project) της κατηγορίας Web Mapping Application και ο χρήστης μεταφέρεται στο περιβάλλον μορφοποίησης της εφαρμογής. Αρχικά γίνεται σύνδεση της εφαρμογής με ένα αρχείο Web Map που έχει δημιουργηθεί στο προηγούμενο στάδιο και μεταφέρονται όλα τα θεματικά επίπεδα και οι οπτικοποιήσεις όπως έχουν διαμορφωθεί εκεί. Το περιβάλλον μορφοποίησης σε αυτό το στάδιο ανάπτυξης της εφαρμογής επιτρέπει τη διαμόρφωση των παραθύρων που θα συνοδεύουν την εφαρμογή καθώς και τη διάταξή τους στην οθόνη. Τα παράθυρα αυτά αντιστοιχίζονται με εργαλεία (widgets) τα οποία είτε είναι ήδη ενσωματωμένα στο χάρτη (pan, zoom) είτε δημιουργούνται από το χρήστη ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα. Τα εργαλεία αυτά είναι ένα από τα βασικότερα στοιχεία των σύγχρονων διαδραστικών χαρτογραφικών εφαρμογών αφού προσφέρουν στον αναγνώστη του χάρτη μεγάλη ευελιξία αναφορικά με την εξερεύνηση και ανάλυση των δεδομένων που απεικονίζονται. Από τα χρησιμότερα εργαλεία για την επίτευξη της διαδραστικότητας είναι αυτό που δίνει τη δυνατότητα για φιλτράρισμα στα δεδομένα και κατ' επέκταση στα απεικονιζόμενα στοιχεία. Στην Εικόνα 22 παρουσιάζεται μια οπτικοποίηση των δεδομένων από το περιβάλλον διεπαφής της υπηρεσίας Web AppBuilder.



Εικόνα 22: Στιγμιότυπο από απεικόνιση των δεδομένων στο περιβάλλον του ArcGIS Web AppBuilder

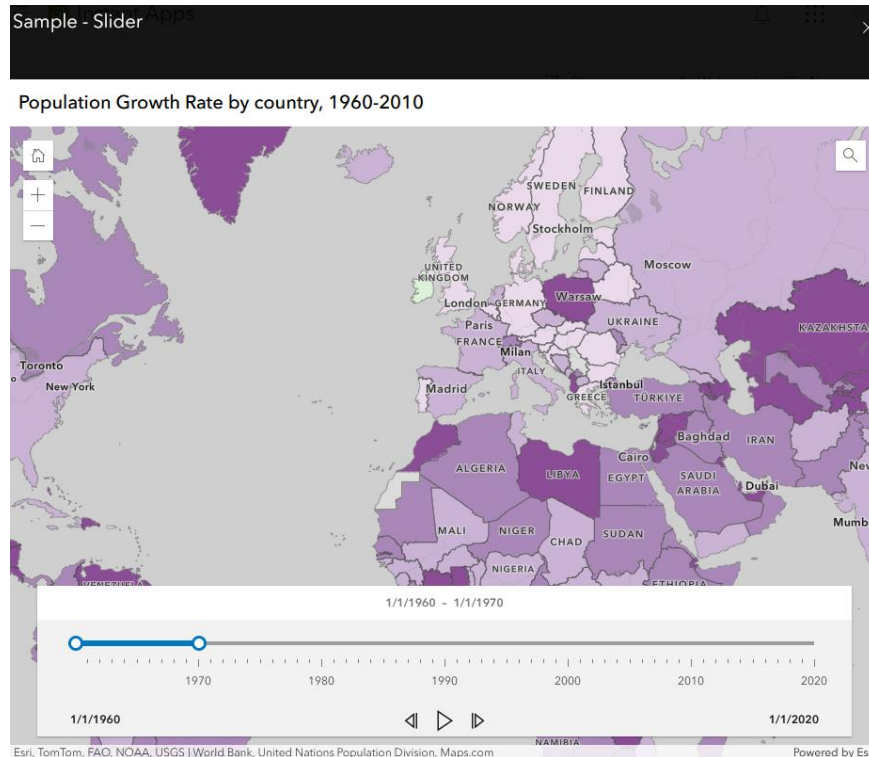
Παρατηρείται ότι ενώ παρέχονται τα απαραίτητα εργαλεία (φίλτρα, ενεργοποίηση θεματικών επιπέδων, κλ.π.) για την εξερεύνηση των δεδομένων, το συνολικό αποτέλεσμα της εφαρμογής δεν είναι καλαίσθητο. Σημαντικό στοιχείο είναι ότι το περιβάλλον της διεπαφής χρήστη (user interface) δεν μπορεί να μορφοποιηθεί και οι λειτουργίες διαδραστικότητας που μπορούν να ενσωματωθούν είναι περιορισμένες. Όλα τα στοιχεία της εικόνας έχουν συγκεκριμένες θέσεις και αυτό εμποδίζει την επίτευξη ενός αποτελέσματος το οποίο θα είναι ευανάγνωστο από το ευρύ κοινό, παρά τις σύνθετες λειτουργίες του, και θα το ελκύει ώστε να θέλει να το εξερευνήσει.

### 5.2.7 ArcGIS Instant Apps

Το ArcGIS Instant Apps αποτελεί μια ακόμη υπηρεσία της πλατφόρμας του ArcGIS Online. Είναι ένα εργαλείο με το οποίο μπορούν να δημιουργηθούν εξειδικευμένες εφαρμογές GIS που προορίζονται για κάλυψη συγκεκριμένων αναγκών χωρίς να περιέχουν λεπτομέρειες. Η υπηρεσία παρέχει έτοιμα πρότυπα (templates) για διάφορες χρήσεις τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για τη δημιουργία της εξειδικευμένης εφαρμογής. Ένα παράδειγμα έτοιμου προτύπου είναι το «Slider» το οποίο ενσωματώνει ένα εργαλείο μεταβολής χρόνου (timeslider) ως την κύρια διαδραστική του λειτουργία. Αυτό το πρότυπο συστήνεται για την απεικόνιση χωροχρονικών δεδομένων και μέσα από αυτό μπορούν να παρατηρηθούν οι μεταβολές που επέρχονται στην απεικονιζόμενη πληροφορία με την πάροδο του χρόνου. Στην



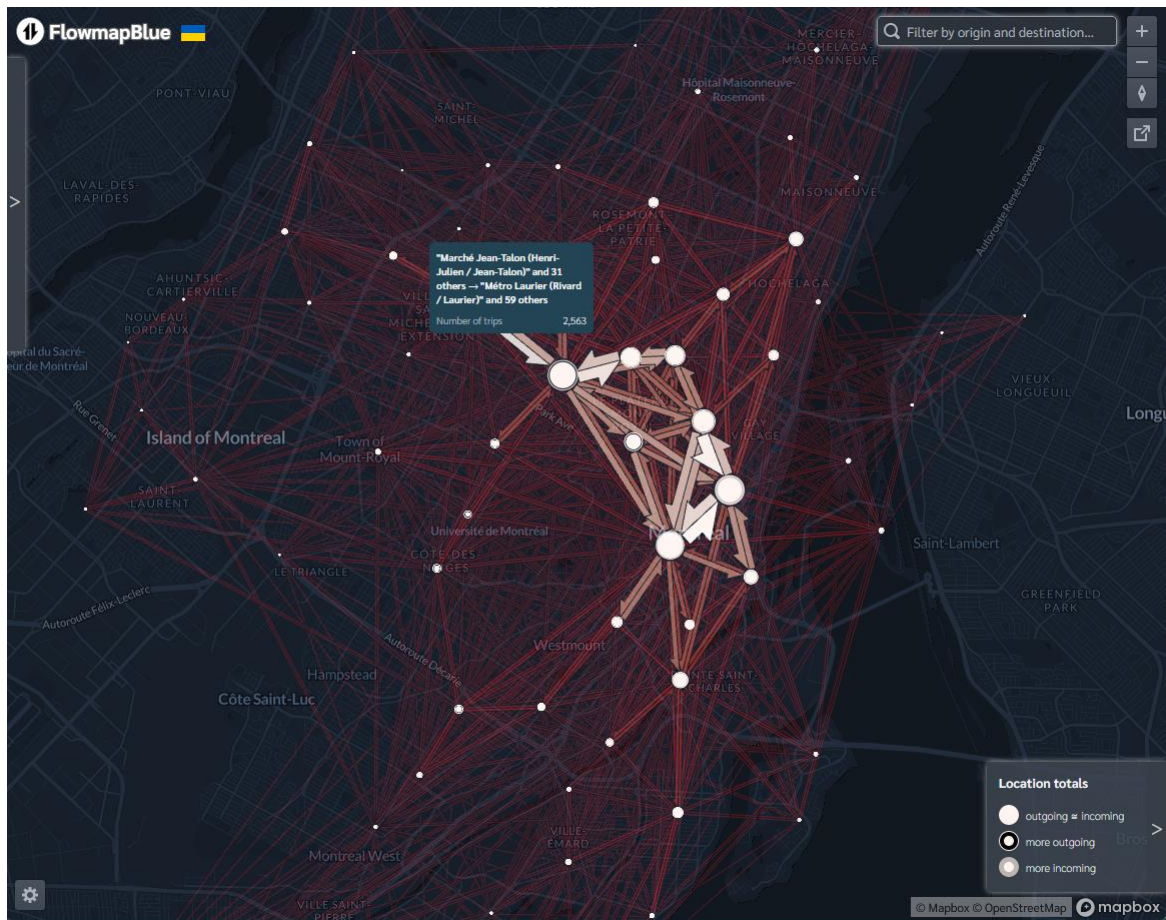
Εικόνα 23 απεικονίζεται το ενσωματωμένο παράδειγμα του προτύπου «Slider» που παρέχεται στην πλατφόρμα της υπηρεσίας.



Εικόνα 23: Παράδειγμα υλοποίησης μιας εφαρμογής "Slider" στην πλατφόρμα ArcGIS Instant Apps

### 5.2.8 FlowmapBlue

Το FlowmapBlue είναι μια εναλλακτική δωρεάν υπηρεσία υπολογιστικού νέφους η οποία είναι βασισμένη στην υλοποίηση της συνδρομητικής πλατφόρμας Mapbox και εξειδικεύεται στην απεικόνιση δεδομένων ροής. Έχει δημιουργηθεί από τον Πυα Boyandin με τη χρήση των εργαλείων deck.gl, flowmap.gl, Mapbox, D3, blueprint και CARTOColors. Η χρήση της προϋποθέτει τη φόρτωση δεδομένων ροής που είναι της μορφής «αφετηρία-προορισμός» όπου κάθε ζεύγος αφετηρίας-προορισμού μαζί με το μέγεθος της απεικονιζόμενης μεταβλητής ορίζουν την κατεύθυνση και το μέγεθος ενός γραμμικού συμβόλου που αντιστοιχεί σε μια ροή. Η οπτική μεταβλητή του πάχους και της φωτεινότητας των γραμμικών στοιχείων υποδεικνύει το μέγεθος των ροών και ένα αναδύομενο παράθυρο εμφανίζεται όταν τοποθετείται ο κέρσορας πάνω από μια ροή δίνοντας πληροφορίες σχετικές με την αφετηρία, τον προορισμό και το μέγεθός της, όπως φαίνεται στην Εικόνα 24.

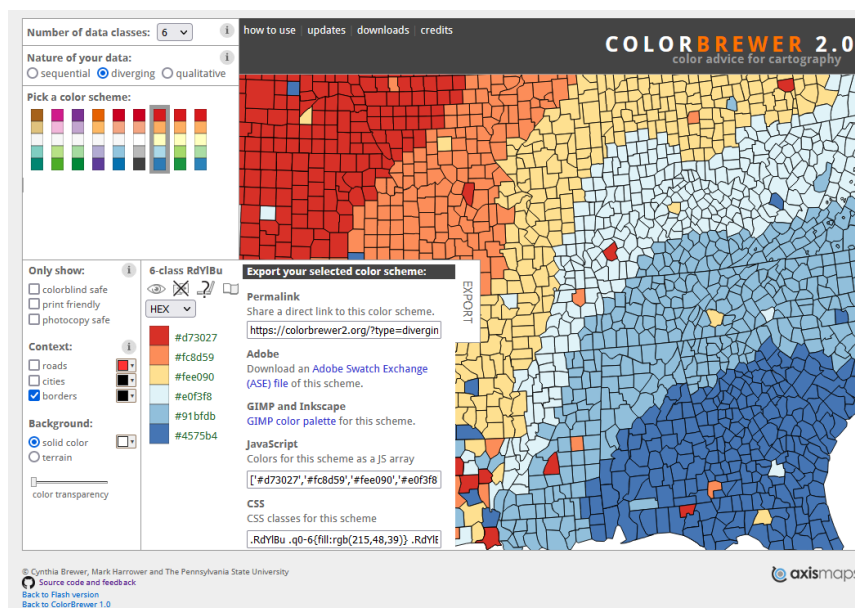


Εικόνα 24: Απεικόνιση ροών στην πλατφόρμα FlowmapBlue (πηγή: <https://www.flowmap.blue/>)

Η υπηρεσία παρέχει δυνατότητες για εναλλαγή απεικονίσεων μεταξύ διαφορετικών χρονικών διαστημάτων, φιλτράρισμα στα δεδομένα καθώς και μορφοποίηση σε ότι αφορά παραμέτρους των συμβόλων και του χαρτογραφικού υποβάθρου, όπως αυτά περιγράφηκαν αναλυτικά στο αντίστοιχο παράδειγμα του Κεφαλαίου 4. Ωστόσο τα στοιχεία διαδραστικότητας είναι περιορισμένα και δεν κρίνονται ικανοποιητικά για την επίτευξη των στόχων της εφαρμογής της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα το φιλτράρισμα στα δεδομένα είναι μονοδιάστατο και μπορεί να ξεχωρίσει την κάθε τοποθεσία (χώρα) ως αφητηρία και προορισμό μαζί και χωρίς περαιτέρω δυνατότητα διαχωρισμού αυτών των δύο σε ξεχωριστό φίλτρο. Επίσης δεν υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας εξειδικευμένων γραφημάτων για στατιστικά των δεδομένων. Συνολικά, το FlowmapBlue / Flowmap City, στην παρούσα δοκιμαστική έκδοση (beta), θέτει αρκετούς περιορισμούς όσον αφορά την υλοποίηση των στόχων της χαρτογραφικής εφαρμογής της παρούσας εργασίας και δεν κρίνεται κατάλληλο εργαλείο για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος. Ωστόσο είναι μια αρκετά εύχρηστη πλατφόρμα που μπορεί να δημιουργήσει οπτικοποιήσεις ροών για την πρώτη ανάγνωση στα δεδομένα καθώς και καλαίσθητους στατικούς χάρτες για εξειδικευμένη χρήση.

### 5.2.9 ColorBrewer 2.0<sup>5</sup>

Άλλο ένα χρήσιμο εργαλείο που αξίζει να αναφερθεί η χρήση του είναι το ColorBrewer . Αυτή η διαδικτυακή πλατφόρμα έχει αναπτυχθεί από τους Cynthia Brewer και Mark Harrower σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο της Πολιτείας της Pennsylvania με σκοπό την παραγωγή χρωματικών σχημάτων που προορίζονται για να χρησιμοποιηθούν σε ταξινομημένα δεδομένα. Ο χρήστης επιλέγοντας τον αριθμό των ομάδων στις οποίες θέλει να κατανείμει τα δεδομένα καθώς και το είδος των δεδομένων που έχει στη διάθεσή του (sequential, diverging ή qualitative), λαμβάνει ως αποτέλεσμα μια ποικιλία χρωματικών συνδυασμών με τους κωδικούς HEX που τους συνοδεύουν για ευκολία στη χρήση (Εικόνα 25). Επίσης είναι δυνατή η επεξεργασία κάθε χρωματικού σχήματος ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα ενώ όλα τα παραπάνω συνοδεύονται και από ένα απόσπασμα χάρτη πάνω στον οποίο απεικονίζεται το επιλεγμένο χρωματικό σχήμα έτσι ώστε να γίνεται μια πρώτη εκτίμηση του οπτικού αποτελέσματος.



Εικόνα 25: Στιγμιότυπο από το περιβάλλον διεπαφής του διαδικτυακού εργαλείου ColorBrewer 2.0

Στην παρούσα εφαρμογή, όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια, η συγκεκριμένη πλατφόρμα χρησιμοποιήθηκε για την οπτικοποίηση ομάδων σε diverging (αποκλίνοντα) δεδομένα τα οποία περιέχονται στο θεματικό επίπεδο του Δείκτη Καθαρής Μετανάστευσης (ΔΚΜ), καθώς επίσης και για διαδοχικά (sequential) για τις χωροπληθείς απεικονίσεις οικονομικής και εισοδηματικής κατάταξης των χωρών.

<sup>5</sup> <https://colorbrewer2.org/>

### 5.3 Χαρτογραφικά δεδομένα απεικονίσεων

Η επιλογή των κατάλληλων δεδομένων, ο τρόπος επεξεργασίας και προετοιμασίας τους καθώς και η τελική μορφή που θα λάβουν έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη μιας χαρτογραφικής εφαρμογής παίζουν κυρίαρχο ρόλο στην απεικόνιση, την ανάλυση και την ερμηνεία της γεωχωρικής πληροφορίας. Τα δεδομένα ορίζουν το πλαίσιο μέσα στο οποίο γίνεται η ανάγνωση του χάρτη από τον αναγνώστη. Ένας απλός πολιτικός χάρτης υποκινεί την εστίαση στα γεωγραφικά σύνορα των χωρών, ωστόσο ένας θεματικός χάρτης πληθυσμών δίνει έμφαση στο να αναδειχθούν περιοχές με πολύ μεγάλους ή πολύ μικρούς πληθυσμούς. Η στοχευμένη επιλογή της πρωτεύουσας πληροφορίας βοηθά στην ανάδειξη προβλημάτων τα οποία πρέπει να αναλυθούν και να μελετηθούν, όπως είναι τα δεδομένα για σεισμογενείς περιοχές. Με κατάλληλη επιλογή και επεξεργασία στα δεδομένα, επιτυγχάνεται το επιθυμητό αποτέλεσμα που αποζητά ο χαρτογράφος. Αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να είναι από το να μεταφέρει απλά το μήνυμα που πρέπει προς το ευρύ κοινό έως και να επηρεάσει αποφάσεις φορέων και κυβερνήσεων σχετικά με τη λήψη μέτρων γύρω από ένα ζήτημα με χωρική διάσταση. Γίνεται αντιληπτό ότι η συλλογή της απαραίτητης πληροφορίας είναι το πρώτο βήμα για την ανάπτυξη μιας χαρτογραφικής εφαρμογής το οποίο ταυτόχρονα καθορίζει σε μεγάλο βαθμό όλες τις υπόλοιπες διαδικασίες που έπονται καθώς και το τελικό αποτέλεσμα των παραγόμενων απεικονίσεων σε συνδυασμό με το μήνυμα που αυτές μεταφέρουν στο χρήστη. Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται παρουσίαση των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, της επεξεργασίας τους καθώς και όλες οι απαραίτητες μορφοποιήσεις ώστε αυτά να προετοιμαστούν και να φορτωθούν μέσα στην πλατφόρμα όπου θα υλοποιηθούν οι χαρτογραφικές απεικονίσεις της εργασίας.

#### 5.3.1 Ανοιχτά δεδομένα

Σημαντικό στοιχείο στη σύγχρονη Χαρτογραφία αποτελούν τα ανοιχτά δεδομένα. Ως «ανοικτά» δεδομένα χαρακτηρίζονται τα δεδομένα για τα οποία παρέχεται στον χρήστη το δικαίωμα να τα χρησιμοποιήσει χωρίς κόστος και να διανείμει το έργο που βασίζεται σε αυτά χωρίς κόστος ή περιοριστικούς όρους ιδιοκτησίας (Τσούλος κ.α., 2015). Υπηρεσίες του δημοσίου τομέα, κυβερνητικοί οργανισμοί και Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις είναι μερικοί εκ των βασικών δομών που παράγουν τέτοια δεδομένα. Η ελεύθερη διάθεση δεδομένων πρακτικά σημαίνει ότι το ευρύ κοινό αποκτά πρόσβαση σε πληροφορίες πάνω σε φυσικά φαινόμενα,

οικονομικά στοιχεία και κοινωνικούς δείκτες τα οποία επηρεάζουν άμεσα την καθημερινότητά τους. Η ύπαρξη πηγών που διαθέτουν συνεχώς ελεύθερα δεδομένα κινητοποιεί τόσο τον ιδιωτικό τομέα όσο και την ακαδημαϊκή έρευνα με σκοπό την αξιοποίηση κάθε διαθέσιμης πληροφορίας που μπορεί να φανεί χρήσιμη στην επίλυση ζητημάτων τοπικής ή και διεθνούς κλίμακας. Η κατάλληλη αξιοποίηση δεδομένων για θέματα υγείας και περιβάλλοντος μπορεί να οδηγήσει στη λήψη αποφάσεων για τη βελτίωση του επιπέδου ζωής των ανθρώπων και παράλληλα να πραγματοποιηθούν χειρισμοί με σκοπό να αντιμετωπιστούν βασικά προβλήματα του σύγχρονου κόσμου όπως είναι η κλιματική αλλαγή, η φτώχεια και ανεργία καθώς και μια σειρά άλλων κοινωνικών και οικονομικών προβλημάτων.

Ωστόσο, υπάρχουν κάποια σημεία τα οποία χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής όταν γίνεται χρήση ελεύθερων δεδομένων. Η εξασφάλιση της ακρίβειας και της ποιότητας των δεδομένων αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της χαρτογραφικής έρευνας και θα πρέπει να δίνεται προσοχή έτσι ώστε να μην δίνονται λανθασμένες εντυπώσεις μέσω των αποτελεσμάτων που αυτά παράγουν. Θα πρέπει να ελέγχεται η πηγή καθώς και η επικαιροποίηση των ανοικτών δεδομένων καθώς αρκετοί φορείς που τα παρέχουν, αναθεωρούν τον τρόπο συλλογής τους και δημιουργείται ασυμβατότητα με άλλα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί παλαιότερα. Σημαντικό κομμάτι επίσης κατά τη χρήση τους είναι η προστασία της ιδιωτικότητας και των προσωπικών δεδομένων που ενδέχεται να εμπλέκονται μέσα στο σύνολο των δεδομένων. Συνολικά όμως, η ύπαρξη των ανοικτών δεδομένων είναι κομβική για την πρόοδο και την καινοτομία. Τα δεδομένα που αποτελούν αντικείμενο μελέτης στην παρούσα εργασία είναι κοινωνικής φύσεως. Είναι σημαντικό να παρέχονται ελεύθερα καθώς επηρεάζουν άμεσα τη ζωή του ανθρώπου, ο οποίος πρέπει να μπορεί να έχει πρόσβαση σε όσα συναντά γύρω του καθημερινά. Περιέχουν πληροφορίες που συλλέγονται και αναλύονται για την κατανόηση των δομών και των αναγκών μιας κοινωνίας καθώς και των προβλημάτων που αυτή αντιμετωπίζει. Αυτές οι διαδικασίες βοηθούν στην ανάδειξη των προβλημάτων με απώτερο στόχο την ανάπτυξη πολιτικών, τη νομοθέτηση αλλά και τη μετέπειτα αξιολόγηση όσων έχουν υλοποιηθεί.

### *5.3.2 Χαρτογραφικό υπόβαθρο*

Το πρώτο βασικό στάδιο στην απεικόνιση γεωχωρικών δεδομένων είναι η επιλογή του κατάλληλου χαρτογραφικού υποβάθρου. Οι υπηρεσίες του ArcGIS Web Map και Experience

Builder διαθέτουν ενσωματωμένα και παρέχουν προς χρήση διάφορα χαρτογραφικά υπόβαθρα με τη μορφή WMS, όπως είναι για παράδειγμα τα διάφορα επίπεδα του OpenStreetMap, το Google Earth, κ.α. Ωστόσο στην παρούσα εργασία είναι σημαντική και η χρησιμοποίηση ενός διανυσματικού υποβάθρου με τα διοικητικά όρια των χωρών που συμμετέχουν στη χαρτογραφική εφαρμογή. Στο αρχείο αυτό, εκτός από τα πεδία που περιέχονται οι βασικές πληροφορίες για κάθε χώρα, όπως είναι η ονομασία της και οι γεωμετρίες που ορίζουν τα όριά της, μπορούν να προστεθούν επιπλέον δεδομένα που θα αντιστοιχούν στην κάθε μια.

Μετά από έρευνα στο διαδίκτυο σε οργανισμούς που παρέχουν ανοικτά δεδομένα και την εύρεση διάφορων επιλογών, προκρίθηκε η επιλογή ενός συνόλου δεδομένων για τα παγκόσμια διοικητικά όρια των χωρών που παρέχεται από την Παγκόσμια Τράπεζα Δεδομένων (The World Bank)<sup>6</sup>. Είναι ένας διεθνής οργανισμός που συγκεντρώνει διάφορα δεδομένα παγκοσμίου ενδιαφέροντος και συνεργάζεται και με άλλους φορείς, όπως για παράδειγμα με τον ΟΗΕ, με στόχο την επίλυση προβλημάτων παγκόσμιας κλίμακας και τη βελτίωση των συνθηκών ζωής κάνοντας στατιστικές μελέτες και έρευνες. Λόγω της συνεργασίας με τον ΟΗΕ, υπάρχει αντιστοιχία στην κωδικοποίηση και στην απαρίθμηση των χωρών σε σχέση με τα δεδομένα μεταναστευτικών ροών, που όπως αναφέρεται και στην επόμενη ενότητα, προέρχονται από την Ύπατη Αρμοστεία του ΟΗΕ για τους Πρόσφυγες, και άρα απαιτείται λιγότερη προεπεξεργασία στα συγκεκριμένα δεδομένα.

Πέρα από τη γεωχωρική πληροφορία με τις γεωμετρίες των πολυγώνων των χωρών, το συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων περιέχει αρκετά πεδία με επιπλέον περιγραφικές πληροφορίες για την κάθε χώρα. Αρκετά από αυτά κρίθηκαν περιττά για την εφαρμογή όπως είναι πεδία τα οποία περιγράφουν την ονομασία της κάθε χώρας σε διάφορες γλώσσες του κόσμου. Υπάρχουν όμως και πεδία με χρήσιμες πληροφορίες για τη συγκεκριμένη έρευνα όπως είναι η κατάταξη της οικονομίας και των εισοδημάτων που υπάρχουν σε κάθε χώρα. Αυτά τα στοιχεία είναι ιδιαίτερα χρήσιμα κατά την εξερεύνηση μεταναστευτικών ροών καθώς και για την ερμηνεία των απεικονίσεων. Σημειώνεται εδώ ότι η τελευταία ενημέρωση στα συγκεκριμένα δεδομένα έχει γίνει το 2020 και ενδεχομένως τα οικονομικά στοιχεία ορισμένων χωρών να ήταν διαφορετικά πριν από αυτή την ημερομηνία. Παρατηρήθηκε επίσης ότι απουσίαζαν τα γεωγραφικά όρια της Δυτικής Σαχάρας, μιας χώρας στη βορειοδυτική Αφρική που όμως αποτελεί πλέον ανεξάρτητο κράτος και καταγράφεται ξεχωριστά στα υπόλοιπα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία. Για το σχεδιασμό των ορίων της Δυτικής

---

<sup>6</sup> <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0038272/World-Bank-Official-Boundaries>



Σαχάρας στο περιβάλλον του ArcGIS Pro, «κάτω» από το θεματικό επίπεδο (layer) του χαρτογραφικού υποβάθρου της εργασίας τοποθετήθηκε διαφορετική έκδοση του χαρτογραφικού υποβάθρου που περιέχει τα όρια της συγκεκριμένης χώρας. Στη συνέχεια, στο χαρτογραφικό υπόβαθρο της εργασίας έγινε επεξεργασία (edit) και ψηφιοποιήθηκαν ως ένα νέο πολύγωνο (feature) τα διοικητικά όρια της Δυτικής Σαχάρας. Αφού δημιουργήθηκε το νέο πολύγωνο, συμπληρώθηκαν χειροκίνητα τα πεδία με τις περιγραφικές πληροφορίες της χώρας. Μετά από αυτές τις διαδικασίες, ο πίνακας περιγραφικών στοιχείων του χαρτογραφικού υποβάθρου περιέχει τα εξής:

- ISO κωδικοποίηση των χωρών με τρία γράμματα
- ISO κωδικοποίηση των χωρών με τρεις αριθμούς
- Ονομασία χώρας (Αγγλικά)
- Ονομασία χώρας (Ελληνικά)
- Ήπειρος
- Οικονομική κατάταξη
- Εισοδηματική κατάταξη

Η οικονομική και εισοδηματική κατάταξη της κάθε χώρας γίνεται από οργανισμούς όπως ο ΟΗΕ και ο ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης). Αυτοί οι οργανισμοί έχουν αναπτύξει κριτήρια και δείκτες για να κατηγοριοποιούν τις χώρες βάσει του επιπέδου οικονομικής ανάπτυξης και του εισοδήματος εν προκειμένω. Η κατηγοριοποίηση που έχει γίνει για αυτά τα δύο κριτήρια από τους οργανισμούς που αναφέρθηκαν, είναι η εξής:

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ		ΕΙΣΟΔΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ	
1	Developed Region: G7	1.	High income: OECD
2	Developed Region: nonG7	2.	High income: nonOECD
3	Emerging Region: BRIC	3.	Upper middle income
4	Emerging Region: MIKT	4.	Lower middle income
5	Emerging Region: G20	5.	Low income
6	Developing Region		
7	Least Developed Region		

*Πίνακας 1: Οικονομική και εισοδηματική κατάταξη χωρών στις περιγραφικές πληροφορίες του χαρτογραφικού υποβάθρου (ΟΗΕ-ΟΟΣΑ, 2020)*

Στη συνέχεια, στο θεματικό επίπεδο του χαρτογραφικού υποβάθρου προστέθηκαν και δύο πεδία με τις συντεταγμένες (x,y) των κεντρικών σημείων κάθε χώρας για την υλοποίηση των ροών. Η συγκεκριμένη διαδικασία περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 5.3.3.

Τελευταίο και βασικό στοιχείο του χαρτογραφικού υποβάθρου είναι το σύστημα αναφοράς. Το συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων είναι αποθηκευμένο σε ένα αρχείο shapefile και οι συντεταγμένες της γεωχωρικής πληροφορίας αναφέρονται στο παγκόσμιο σύστημα WGS '84. Στις διαδικτυακές χαρτογραφικές εφαρμογές συνηθίζεται να χρησιμοποιείται κάποια χαρτογραφική προβολή έτσι ώστε να αποδίδονται καλύτερα οι πληροφορίες στην επίπεδη οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή και να γίνονται καλύτερα αντιληπτές οι απεικονίσεις. Συγκεκριμένα, η χαρτογραφική προβολή Web Mercator έχει μεγάλη απήχηση σε τέτοιου είδους εφαρμογές και έχει σχεδιαστεί για αυτό το λόγο. Η διαδραστικότητα στα διάφορα επίπεδα μεγέθυνσης (zoom) στους διαδικτυακούς χάρτες δημιουργεί την ανάγκη χρήσης μιας προβολής που ανταποκρίνεται καλά τόσο στις μεγάλες όσο και τις μικρές κλίμακες, κάτι το οποίο διαθέτει η Web Mercator. Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο είναι η συμβατότητα που προκύπτει με τη χρήση της, με την πλειοψηφία των χαρτογραφικών εφαρμογών να προβάλλουν σε αυτήν τα χαρτογραφικά τους υπόβαθρα. Μέσα από το περιβάλλον του ArcGIS Pro έγινε προβολή του θεματικού επιπέδου και των πολυγώνων του στην Web Mercator μέσα από το εργαλείο Projection Tool του λογισμικού που πραγματοποιεί αυτόματα αυτή τη διαδικασία. Κατ'επέκταση, οι συντεταγμένες που παράγονται για τα κεντρικά σημεία των πολυγώνων στην επόμενη ενότητα αναφέρονται σε προβολικές συντεταγμένες (x,y) και όχι γεωγραφικές (φ,λ).

### 5.3.3 Δεδομένα μεταναστευτικών ροών<sup>7</sup>

Τα δεδομένα αναγκαστικών μετακινήσεων (forced displacement flows<sup>8</sup>) καταγράφουν τον αριθμό των ανθρώπων που αναγκάστηκαν να εγκαταλείψουν τη χώρα τους από το 1962 έως και σήμερα. Η UNHCR, το 2023, δημιούργησε αυτό το σύνολο δεδομένων ενώνοντας σε μια πιο απλοποιημένη μορφή, τα σχετικά δεδομένα που συλλέγονται κάθε χρόνο ξεχωριστά. Τα δεδομένα περιέχουν τις παρακάτω πληροφορίες:

- Κωδικοποίηση ISO και ονομασία χώρας προέλευσης
- Κωδικοποίηση ISO και ονομασία χώρας προορισμού – αιτήματος ασύλου

<sup>7</sup> <https://www.unhcr.org/refugee-statistics/insights/explainers/forcibly-displaced-flow-data.html>

<sup>8</sup> <https://www.unhcr.org/glossary#displacement>



- Χρονική αναφορά μετακίνησης (ανά έτος)
- Συνολικό μέγεθος μετακίνησης
- Τύπος πληθυσμού

Η τελευταία πληροφορία σχετίζεται με την κατηγοροποίηση που έχει δημιουργήσει ο οργανισμός για τα συγκεκριμένα δεδομένα και σχετίζεται με μια ευρύτερη κατηγορία μεταναστών στην οποία τους εντάσσει. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι εξής:

- **REF** – Refugee (πρόσφυγες)
- **ROC** – People in refugee-like situation (άνθρωποι σε συνθήκη όμοιας με προσφυγιά)
- **ASY** – Asylum-seekers (αιτούντες άσυλο)
- **OIP** – Other people in need of international protection (άλλοι άνθρωποι που χρήζουν διεθνούς προστασίας)

Η κυριότερη κατηγορία που κυριαρχεί στα δεδομένα είναι ο πληθυσμός των προσφύγων (**REF**) ο οποίος καταγράφεται σε όλο το χρονικό εύρος των δεδομένων (1962-σήμερα) και σχετίζεται με άτομα που αναγνωρίζονται βάσει της σύμβασης του 1951 σχετικά με το καθεστώς των προσφύγων, του πρωτοκόλλου του 1967, της σύμβασης του 1969 για τον Οργανισμό Αφρικανικής Ενότητας (OAU) και από τον ορισμό του πρόσφυγα που περιέχεται στη διακήρυξη της Cartagena του 1984 όπως αυτός ενσωματώνεται στις εθνικές νομοθεσίες. Επίσης συμπεριλαμβάνει πληθυσμούς που αναγνωρίζονται σύμφωνα με το Καταστατικό της Ύπατης Αρμοστείας του ΟΗΕ για τους Πρόσφυγες καθώς και τα άτομα στα οποία χορηγούνται συμπληρωματικές μορφές προστασίας και εκείνα που βρίσκονται υπό προσωρινή προστασία.

Ο προσφυγικός πληθυσμός περιλαμβάνει επίσης άτομα τα οποία βρίσκονται σε συνθήκες που μοιάζουν με αυτή την προσφύγων. Η κατηγορία **ROC** (άνθρωποι σε συνθήκη όμοιας με προσφυγιά) αναφέρεται σε ομάδες ατόμων που βρίσκονται εκτός της χώρας ή της επικράτειάς τους και αντιμετωπίζουν κινδύνους παρόμοιους με αυτούς των προσφύγων, αλλά προς το παρόν, για πρακτικούς ή άλλους λόγους, δεν τους έχει αποδοθεί επισήμως η ταυτότητα του πρόσφυγα όπως αυτή κατοχυρώνεται από τις συνθήκες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Αυτοί οι πληθυσμού καταγράφονται ξεχωριστά από το 2000 και έπειτα.

Η τρίτη κατηγορία καταγράφεται ως **ASY** και αποτελείται από τους αιτούντες άσυλο. Οι άνθρωποι σε αυτή την κατηγορία έχουν αναζητήσει διεθνή προστασία ζητώντας άσυλο και αιτούμενοι να χαρακτηριστούν ως πρόσφυγες ωστόσο αυτό ακόμα δεν έχει αποφασιστεί. Αυτή η ομάδα καταγράφεται στα δεδομένα από το 1970 έως και σήμερα.

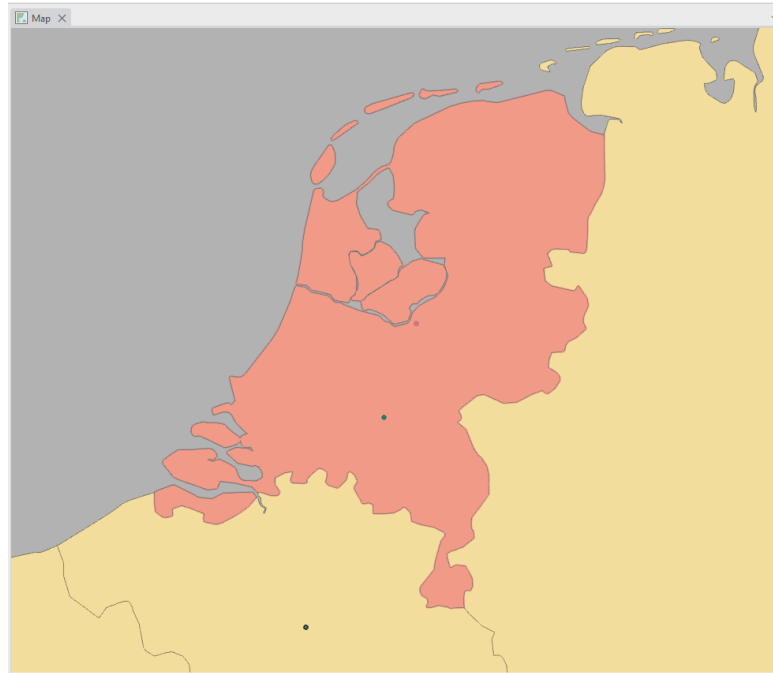
Η τελευταία ομάδα κωδικοποιείται ως **OIP** και περιλαμβάνει λοιπές κατηγορίες ανθρώπων οι οποίοι έχουν ανάγκη από διεθνή προστασία. Εδώ εντάσσονται άτομα που βρίσκονται εκτός της χώρας καταγωγής τους, συνήθως επειδή έχουν εκτοπιστεί με τη βία εκτός συνόρων και δεν έχουν αναφερθεί σε κάποια από τις άλλες τρεις κατηγορίες, αλλά που πιθανότατα χρειάζονται διεθνή προστασία, συμπεριλαμβανομένης και της προστασίας από την αναγκαστική επιστροφή στη χώρα τους, καθώς και πρόσβαση σε βασικές υπηρεσίες σε προσωρινή ή μακροπρόθεσμη βάση. Αυτή η κατηγορία είναι ξεχωριστά καταγεγραμμένη στα δεδομένα μόλις από το 2018 και έπειτα.

Το συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για τις μεταναστευτικές ροές είναι διαθέσιμο στο σύνδεσμο που παρατέθηκε στην αρχή της ενότητας 5.3.3 και έχει αποθηκευτεί σε αρχείο υπολογιστικών φύλλων. Στην πρώτη καρτέλα υπάρχουν κάποιες πληροφορίες (metadata) τα οποία σχετίζονται με τον τρόπο τον οποίο κατασκευάστηκε αυτό το dataset καθώς και τις λεπτομέρεις για την κατηγοριοποίηση των μεταναστών που έγινε παραπάνω. Η δεύτερη καρτέλα περιέχει όλες τις χώρες που συμμετέχουν στα δεδομένα μαζί με τέσσερις στήλες οι οποίες περιέχουν την πληροφορία για την ευρύτερη περιφέρεια ή ήπειρο που κατατάσσεται κάθε χώρα από διάφορους φορείς (Υπατη Αρμοστεία, ΟΗΕ). Η συγκεκριμένη πληροφορία κρίθηκε περιττή για τη συγκεκριμένη χαρτογραφική εφαρμογή και για αυτό το λόγο αφαιρέθηκε και από τα δεδομένα μεταναστευτικών ροών. Στην τρίτη και τέταρτη καρτέλα παρατίθενται αθροίσματα των ροών που πραγματοποιήθηκαν ανά έτος και ανά χώρα ασύλου αντίστοιχα. Το πέμπτο και τελευταίο φύλλο του αρχείου περιέχει αναλυτικά όλες τις ροές αναγκαστικής μετανάστευσης που πραγματοποιήθηκαν από το 1962 έως και το 2023 με την καταγραφή της χώρας αφετηρίας και προορισμού, την ISO κωδικοποίηση 3 γραμμάτων της κάθε χώρας, το έτος της ροής και την κατηγορία πληθυσμού που μετακινήθηκε. Το σύνολο δεδομένων διαθέτει συνολικά 98871 καταγραφές από τις οποίες έγινε φιλτράρισμα για την αφαίρεση καταγραφών που κρίνονται περιττές για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Για παράδειγμα έχουν αφαιρεθεί από τα δεδομένα ροές που σχετίζονται με μετανάστες οι οποίοι έχουν καταγραφεί με αφετηρία τύπου “Stateless” ή “Unknown/Other” αφού σε αυτή την περίπτωση δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια γεωγραφική τοποθεσία για την αναπαράσταση της μετακίνησής τους. Επίσης έχουν αφαιρεθεί όσες μεταναστευτικές ροές σχετίζονται με το Κράτος της Πόλης του Βατικανού (Holy See), καθώς κρίνεται ότι τα κίνητρα και οι συνθήκες ζωής των ανθρώπων που συμμετέχουν σε αυτές τις μετακινήσεις είναι διαφορετικά από αυτά που αναζητούνται στην παρούσα εργασία.

Αναφορικά με την προεπεξεργασία των δεδομένων των μεταναστευτικών ροών, είναι αντιληπτό ότι δεν υπάρχει χωρική αναφορά σε αυτά παρά μόνο η καταγραφή του ονόματος των χωρών και της κωδικοποίησής του. Βασικό στοιχείο στην αρχική επεξεργασία για την οπτικοποίηση των δεδομένων σε χάρτη είναι η κάθε χώρα να λάβει ένα ζευγάρι συντεταγμένων με βάση το οποίο θα σχεδιαστούν οι ροές σε επόμενο στάδιο. Αυτό πραγματοποιείται κάνοντας χρήση του χαρτογραφικού υποβάθρου που έχει επιλεγθεί και διαμορφωθεί έτσι ώστε να βρίσκεται σε αντιστοιχία με το σύνολο των χωρών που υπάρχουν στα δεδομένα. Μέσα στο περιβάλλον του ArcGIS Pro και πάνω στο θεματικό επίπεδο του υποβάθρου που περιέχει τα πολύγωνα των χωρών του κόσμου, γίνεται υπολογισμός για κάθε χώρα ενός κεντρικού σημείου. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί αλγόριθμοι για δύο διαφορετικά είδη τέτοιων σημείων :

- Κεντροειδή σημεία (Centroid points): ο αλγόριθμος υπολογισμού κεντροειδών υπολογίζει το γεωμετρικό κέντρο ενός πολυγώνου.
- Κεντρικά σημεία (Central points): εδώ υπάρχει διαφορετική προσέγγιση και σχετίζεται με το σχήμα και το σύνολο των επιφανειών που απαρτίζουν κάθε ενιαία καταγραφή. Τα κεντρικά σημεία ταυτίζονται με τα κεντροειδή στις περιπτώσεις όπου το κεντροειδές «πέφτει» εντός του πολυγώνου που σχηματίζει τα σύνορα μιας χώρας (ESRI, ArcGIS Pro 3.2, 2024).

Μετά την εκτέλεση και των δύο αλγορίθμων για το ίδιο χαρτογραφικό υπόβαθρο και την παρατήρηση των αποτελεσμάτων τους, τα κεντρικά σημεία είναι αυτά που επιλέχθηκαν για την παρούσα εφαρμογή καθώς δημιουργούν σημεία με περισσότερο νόημα για το χρήστη. Για παράδειγμα, σε χώρες με ακανόνιστα σχήματα το κεντροειδές τοποθετείται σε σημεία που δεν γίνονται εύκολα αντιληπτά από τον αναγνώστη για το που αναφέρονται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η Ολλανδία στην Εικόνα 26, όπου το κεντρικό σημείο (κόκκινο) είναι τοποθετημένο σε σημείο που προσομοιάζει πιο επιτυχημένα το κέντρο της χώρας –σε σχέση με το πράσινο κεντροειδές σημείο- και βοηθά την αναγνώρισή του από τον αναγνώστη, ιδιαίτερα όταν ο χάρτης βρίσκεται σε μικρές κλίμακες (zoomed out).



Εικόνα 26: Σύγκριση κεντρικού (κόκκινο) με κεντροειδές σημείο (πράσινο) στην περίπτωση της Ολλανδίας.

Το θεματικό επίπεδο που δημιουργήθηκε με τα κεντρικά σημεία έγινε εξαγωγή σε αρχείο υπολογιστικών φύλλων μαζί με όλες τις υπόλοιπες στήλες δεδομένων που περιέχονται στο θεματικό επίπεδο του χαρτογραφικού υποβάθρου, το οποίο ωστόσο περιέχει ISO κωδικοποίηση των χωρών με τριψήφιο αριθμό και όχι γράμματα όπως στα δεδομένα μεταναστών. Για αυτό το λόγο χρειάστηκε να γίνει αρχικά μια πρώτη συνένωση (join table) η οποία αντιστόιχισε τις δύο διαφορετικές κωδικοποιήσεις ταυτόχρονα με τις συντεταγμένες κάθε χώρας.

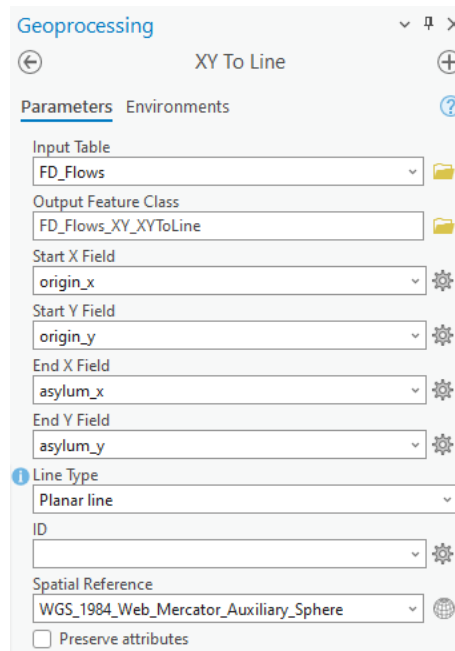
Έπειτα έγινε η επόμενη συνένωση στον πίνακα με τα δεδομένα των ροών ώστε το τελικό αποτέλεσμα να περιλαμβάνει:

- την αριθμητική κωδικοποίηση των χωρών αφετηρίας - προορισμού
- τα ονόματα των χωρών αφετηρίας προορισμού
- τα μεγέθη των μετακινήσεων
- την κατηγοριοποίηση των μετακινήσεων
- την ημερομηνία που πραγματοποιήθηκαν
- το ζεύγος συντεταγμένων (x,y) αφετηρίας – προορισμού

Σημειώνεται εδώ ότι η ονομαστική κωδικοποίηση επιλέχθηκε να αφαιρεθεί για την απλοποίηση του πίνακα και μείωση του όγκου των δεδομένων. Επιπλέον, ως χρονικό εύρος για την παρούσα εργασία έχει επιλεγεί το 1990 έως 2020 εφόσον η χαρτογραφική εφαρμογή επιδιώκει την

σύγκριση των ροών με άλλα πληθυσμιακά δεδομένα, όπως είναι το μεταναστευτικό απόθεμα, τα οποία είναι διαθέσιμα μόνο για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Επομένως, πραγματοποιήθηκε εκκαθάριση όλης της πληροφορίας των μεταναστευτικών ροών που δεν ανήκουν σε αυτό το χρονικό διάστημα.

Στη συνέχεια, με βάση το ενημερωμένο υπολογιστικό φύλλο που δημιουργήθηκε, έγινε εισαγωγή του στο ArcGIS Pro όπου έγινε ο σχεδιασμός των μεταναστευτικών ροών με ευθείες γραμμές. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε κάνοντας χρήση του εργαλείου «XY To Line» από τη βασική εργαλειοθήκη του λογισμικού (Εικόνα 27).



Εικόνα 27: Μενού παραμετροποίησης του εργαλείου "XY To Line" στο περιβάλλον του ArcGIS Pro

Ο αλγόριθμος αυτός δέχεται ως είσοδο (input) ζεύγη συντεταγμένων (start x, start y) και (end x, end y) τα οποία αποτελούν τα σημεία αφετηρίας και προορισμού κάθε ροής και ενώνει με γραμμές το κάθε ζεύγος συντεταγμένων. Ο τρόπος που σχεδιάζονται οι γραμμές ορίζεται από το χρήστη ο οποίος μπορεί να διαλέξει μέσα από μια σειρά προκαθορισμένων επιλογών που εξαρτάται και από το είδος των συντεταγμένων (γεωγραφικές ή προβολικές) ενώ ταυτόχρονα ορίζεται και το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, χρησιμοποιείται η Web Mercator προβολή του συστήματος αναφοράς WGS '84. Κάνοντας χρήση προβολικών συντεταγμένων, ενεργοποιείται η επιλογή δημιουργίας ευθύγραμμων τμημάτων (Planar Line). Σύμφωνα με το σχετικό παράθυρο επεξήγησης του λογισμικού ArcGIS Pro, ο αλγόριθμος για το σχεδιασμό Planar Line σχεδιάζει ευθείες γραμμές σε ένα προβολικό σύστημα συντεταγμένων.

Ένα στοιχείο που εντοπίστηκε σε μετέπειτα στάδιο της υλοποίησης, είναι ότι το πεδίο με τις ημερομηνίες των ροών στο πρωτογενές αρχείο των δεδομένων δεν έχει τη μορφοποίηση (format) για καταγραφή ημερομηνιών (date) αλλά το κάθε έτος έχει καταγραφεί ως ένας απλός αριθμός (numeric). Ο ορισμός του πεδίου ως ημερομηνίες μέσα στο υπολογιστικό φύλλο του Excel είναι απαραίτητος έτσι ώστε να αναγνωριστεί από την πλατφόρμα του ArcGIS Web Map και του ArcGIS Experience Builder ως χρόνος και με την προσθήκη του εργαλείου μεταβολής χρόνου (timeslider), να γίνει δυνατή η παραγωγή διαφορετικών απεικονίσεων με βάση αυτό το πεδίο. Το εργαλείο αυτό αποτελεί βασικό συστατικό χωροχρονικών απεικονίσεων για την παρατήρηση μεταβολών του φαινομένου στο χρόνο και θα παρουσιαστεί στη συνέχεια μαζί με το συνολικό αποτέλεσμα της εφαρμογής.

#### 5.3.4 Δεδομένα μεταναστευτικού αποθέματος<sup>9</sup>

Μια διαφορετική προσέγγιση στο φαινόμενο της παγκόσμιας μετανάστευσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εξερεύνηση των δεδομένων μεταναστευτικού αποθέματος που διαθέτει κάθε χώρα. Αυτό το μέγεθος δε σχετίζεται με ενεργές μεταναστευτικές ροές αλλά αντιπροσωπεύει το σύνολο των μεταναστών που ζουν σε μια χώρα, καταγράφοντας αντίστοιχα και τη χώρα προέλευσης. Η δομή των δεδομένων είναι ίδια με αυτή των μεταναστευτικών ροών ωστόσο αφορά μετακινήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί είτε το έτος που καταγράφονται αλλά είτε και στο παρελθόν και είναι ουσιαστικά ένα μέγεθος που προσομοιάζει την απογραφή των μεταναστών που ζουν ανά χώρα σε όλο τον κόσμο. Η εφαρμογή «TheRefugeeProject» που αναφέρεται στο τρίτο κεφάλαιο έχει δημιουργηθεί κάνοντας χρήση του συγκεκριμένου μεγέθους. Είναι μια πληροφορία η οποία δεν αποτυπώνει απαραίτητα τις σημερινές τάσεις στην παγκόσμια μετανάστευση αλλά δίνει μια συνολικότερη εικόνα του φαινομένου όσον αφορά τον πληθυσμό των μεταναστών και το πού αυτός κινείται.

Το σύνολο δεδομένων για το μεταναστευτικό απόθεμα (migrant stock<sup>10</sup>) καταγράφεται από τον ΟΗΕ σε μια επίσης πρόσφατη συλλογή του 2020. Τα πρωτογενή δεδομένα καταγράφονται με διαφορετικό τρόπο σε διαφορετικά αρχεία στην ιστοσελίδα του ΟΗΕ. Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η προσέγγιση που προσομοιάζει το μεταναστευτικό απόθεμα με μεταναστευτικές ροές και καταγράφει την πληροφορία στο πλαίσιο μιας μετακίνησης δηλαδή

<sup>9</sup> <https://www.un.org/development/desa/pd/content/international-migrant-stock>

<sup>10</sup> [https://home-affairs.ec.europa.eu/networks/european-migration-network-emn/emn-asylum-and-migration-glossary/glossary/migrant-stock\\_en](https://home-affairs.ec.europa.eu/networks/european-migration-network-emn/emn-asylum-and-migration-glossary/glossary/migrant-stock_en)

διατίθεται ξεχωριστά τόσο η πληροφορία αφετηρίας όσο και του προορισμού των πληθυσμών που έχουν μετακινηθεί. Όπως και στα δεδομένα μεταναστευτικών ροών, καταγράφεται το χρονικό σημείο στο οποίο αντιστοιχεί το κάθε μέγεθος μέσα στο χρονικό εύρος 1990-2020, με τη διαφορά ότι εδώ οι τιμές είναι διαθέσιμες ανά πενταετία.

Το αρχείο υπολογιστικών φύλλων που βρίσκονται αποθηκευμένα τα πρωτογενή δεδομένα, περιέχει μια ξεχωριστή καρτέλα για κάθε πενταετία καθώς και μια καρτέλα με τα δεδομένα από όλες τις πενταετίες. Η πρώτη καρτέλα του αρχείου αποτελεί έναν πίνακα περιεχομένων για το σύνολο του αρχείου ενώ γίνεται αναφορά και στην υπηρεσία του ΟΗΕ που δημιούργησε το αρχείο, το Τμήμα Οικονομικών και Κοινωνικών Υποθέσεων. Τα δεδομένα καταγράφονται για 232 χώρες, ορισμένες εκ των οποίων δεν περιέχουν δεδομένα για κάποια συγκεκριμένα χρονικά σημεία, συνήθως επειδή οι ίδιες οι χώρες δεν επιθυμούν να δώσουν αυτές τις πληροφορίες ή επειδή δεν συλλέγουν αυτά τα δεδομένα. Αυτές οι περιπτώσεις καταγράφονται στα δεδομένα ότι έχουν μηδενικό μεταναστευτικό απόθεμα. Επίσης, πραγματοποιήθηκε εκκαθάριση των δεδομένων αναφορικά με τις τοποθεσίες που περιέχουν ορισμένες από τις καταγραφές οι οποίες δε αναφέρονται σε μια συγκεκριμένη χώρα αλλά αθροίζουν το μέγεθος για μια ευρύτερη περιοχή, όπως μια ήπειρος. Αυτές οι καταγραφές εντοπίστηκαν με φιλτράρισμα στο αρχείο και αφαιρέθηκαν έτσι ώστε οι αφετηρίες και οι προορισμοί να σχετίζονται μόνο με χώρες.

Κατά την προεπισκόπηση των δεδομένων, εντοπίστηκαν ορισμένες διαφορές όσον αφορά την κατηγοροποίηση και κατ' επέκταση την κωδικοποίηση των χωρών σε σχέση με αυτές με τις οποίες καταγράφονται τα δεδομένα των μεταναστευτικών ροών. Για παράδειγμα, τα Νησιά της Μάγχης (Channel Islands) αποτελούνται από δύο κύρια νησιά που είναι κατοικήσιμα, το Guernsey και το Jersey. Στα δεδομένα μεταναστευτικών ροών αυτά τα δύο νησιά σημειώνονται ξεχωριστά ενώ στο αρχείο με τα δεδομένα μεταναστευτικού αποθέματος εντοπίζεται να υπάρχει ένα ενιαίο μέγεθος και για τα δύο με την ένδειξη "Channel Islands". Γίνεται αντιληπτό ότι σε αυτή την περίπτωση, ότι έγινε η σύμβαση να καταγραφούν τα δύο νησιά ως "Channel Islands", δηλαδή έγινε μετάβαση από το ειδικό στο γενικό αφού δεν υπάρχει αναλυτικότερη πληροφορία για να γίνει ξεχωριστή καταγραφή. Αντίστοιχος χειρισμός έγινε και σε άλλες περιπτώσεις έτσι ώστε η απαρίθμηση των χωρών να ταυτίζεται απόλυτα με τα δεδομένα μεταναστευτικών ροών. Στα δεδομένα επίσης καταγράφεται το μέγεθος των μεταναστευτικών αποθεμάτων ανά φύλο και παράλληλα προστέθηκε η πληροφορία με τις συντεταγμένες (x,y) των κεντρικών σημείων κάθε χώρας ανά αφετηρία και ανά προορισμό, δηλαδή τέσσερα επιπλέον πεδία. Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί και ο τρόπος με τον οποίο επιλέχθηκε να απεικονιστεί το συγκεκριμένο μέγεθος.

### 5.3.5 Δεδομένα συνολικού πληθυσμού<sup>11</sup> και Δείκτης Καθαρής Μετανάστευσης<sup>12</sup>

Τα δεδομένα συνολικού πληθυσμού κάθε χώρας είναι ένα μέγεθος που χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα για τη στατιστική ανάλυση διάφορων κοινωνικών και οικονομικών δεικτών παγκοσμίως. Στο φαινόμενο της παγκόσμιας μετανάστευσης υπάρχουν επίσης αρκετοί δείκτες που χρησιμοποιούνται έτσι ώστε να υπάρχει καλύτερη κατανόηση στην ανάλυση του φαινομένου. Ο Δείκτης Καθαρής Μετανάστευσης (ΔΚΜ) ή Net Migration Rate (UN Data Glossary, 2024) είναι ο βασικότερος από αυτούς τους δείκτες που χρησιμοποιούνται ευρέως και στη σχετική βιβλιογραφία. Ο συγκεκριμένος δείκτης υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Net Migration Rate} = \frac{\text{Immigrants} - \text{Emigrants}}{\text{Total Population}} \times 1000$$

Όπου:

- Immigrants: αριθμός μεταναστών που εισέρχονται σε μια χώρα ανά έτος
- Emigrants: αριθμός μεταναστών που εξέρχονται από μια χώρα ανά έτος
- Total Population: ο συνολικός πληθυσμός μιας χώρας ανά έτος

Με τη χρήση αυτού του δείκτη γίνεται κατανοητό ότι υπολογίζεται μια τιμή η οποία είναι θετική όταν εισέρχονται σε μια χώρα περισσότεροι άνθρωποι (Immigrants) από αυτούς που εξέρχονται (Emigrants) ενώ η απόλυτη τιμή του δείκτη μεγαλώνει όσο μικρότερος είναι ο συνολικός πληθυσμός σε σχέση με τη διαφορά μεταναστευτικών εισροών και μεταναστευτικών εκροών. Αυτός ο δείκτης δίνει μια ακριβέστερη εικόνα για το που παρατηρούνται εξάρσεις στην παγκόσμια μετανάστευση και υπολογίζεται ανά 1000 άτομα ώστε από αυτή την εξίσωση να προκύπτει ένα ευκολότερα αναγνώσιμο αποτέλεσμα.

Από την παραπάνω περιγραφή, προκύπτει ότι είναι απαραίτητη η αναζήτηση δεδομένων συνολικού πληθυσμού που καταγράφονται σε όλες τις χώρες παγκοσμίως ανά έτος και συγκεκριμένα για το εύρος 1990 έως 2020 έτσι ώστε να υπάρχει αντιστοιχία με τα δεδομένα μεταναστευτικών ροών που επίσης θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του ΔΚΜ (NMR). Το σύνολο δεδομένων πληθυσμών καταγράφεται από πολλούς διαφορετικούς φορείς και

<sup>11</sup> [https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?most\\_recent\\_year\\_desc=true](https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?most_recent_year_desc=true)

<sup>12</sup> <http://data.un.org/Glossary.aspx?q=Net+migration+rate>



υπηρεσίες τόσο από τα ίδια τα κράτη όσο και από διεθνείς οργανισμούς. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε και πάλι η χρήση ενός συνόλου δεδομένων που είναι διαθέσιμο από το Τμήμα Οικονομικών και Κοινωνικών Υποθέσεων του ΟΗΕ και περιλαμβάνει τους κατά προσέγγιση πληθυσμούς κάθε χώρας από το 1951 κάνοντας πρόβλεψη έως και το 2100. Σημαντικός λόγος που χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη πηγή για αυτά τα δεδομένα, είναι ότι περιλαμβάνει την ISO κωδικοποίηση τριών αριθμών που περιέχεται και στα υπόλοιπα δεδομένα και έτσι γίνεται ευκολότερη η συνένωση πινάκων για την παραγωγή των οπτικοποιήσεων.

### *5.3.6 Ομαδοποίηση δεδομένων*

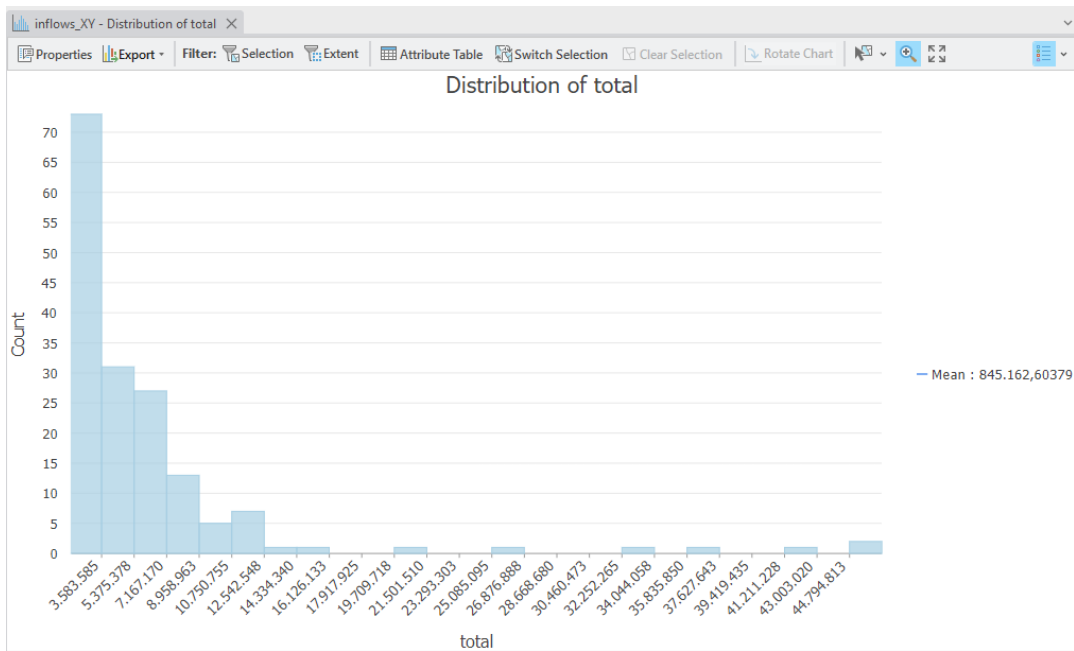
Για την απεικόνιση των τριών πληθυσμιακών συνόλων δεδομένων που αναφέρθηκαν παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι είναι απαραίτητη η εφαρμογή ομαδοποίησης σε αυτά εξαιτίας του μεγάλου εύρους παρατηρήσεων που υπάρχει στα δεδομένα. Όπως θα παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 6, πρόκειται να γίνει χρήση βαθμωτών συμβόλων (graduated symbols) τόσο στα γραμμικά σύμβολα των μεταναστευτικών ροών όσο και στα σημειακά που αντιστοιχούν σε μεταναστευτικά αποθέματα και σύνολα πληθυσμών ανά χώρα. Από τα ιστογράμματα συχνοτήτων και για τα τρία αυτά μεγέθη που παρουσιάζονται παρακάτω στα Γραφήματα 1 έως και 4, φαίνεται ότι η πλειοψηφία των παρατηρήσεων συγκεντρώνεται στο ένα άκρο του ιστογράμματος δημιουργώντας μια λοξή (skewed) απεικόνιση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όπου οι παρατηρήσεις είναι στο αριστερό άκρο του σχήματος με την ταυτόχρονη παρουσία κάποιων υψηλών τιμών στο άλλο άκρο, τότε πρόκειται για μια **γεωμετρική κατανομή**. Η παραγωγή των ιστογραμμάτων συχνοτήτων έγινε επίσης στο περιβάλλον του ArcGIS Pro καθώς και η εφαρμογή δοκιμών στην ομαδοποίηση με τον αλγόριθμο της γεωμετρικής ταξινόμησης. Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν αφορούν τη σύγκριση του οπτικού αποτελέσματος της γεωμετρικής ομαδοποίησης με άλλου είδους ταξινομήσεις καθώς και εναλλαγή του αριθμού των ομάδων. Οι ταξινομήσεις που εξετάστηκαν συγκριτικά είναι αυτή των φυσικών ορίων και των ίσων διαστημάτων και ο αριθμός των ομάδων από 5 έως 7.

#### *Ομαδοποίηση δεδομένων μεταναστευτικού αποθέματος και συνολικού πληθυσμού*

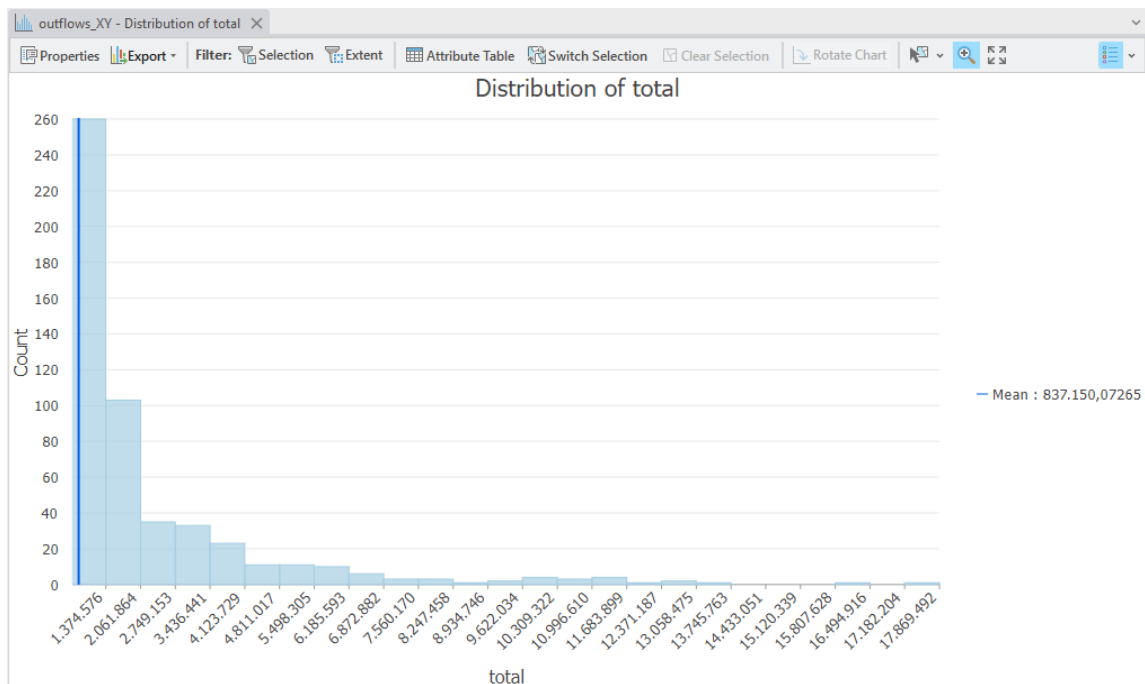
Το λογισμικό ArcGIS Pro μεταξύ των ενσωματωμένων αλγορίθμων ομαδοποίησης που διαθέτει, περιέχει και γεωμετρική ταξινόμηση. Η γεωμετρική ταξινόμηση δημιουργεί

γεωμετρικά διαστήματα ελαχιστοποιώντας το άθροισμα των τετραγώνων του αριθμού των παρατηρήσεων μέσα σε κάθε ομάδα (ESRI, ArcGIS Pro 3.2, 2024). Η λογική αυτής της ομαδοποίησης βασίζεται στο γεγονός ότι σε ένα σύνολο δεδομένων της μορφή που περιγράφηκε παραπάνω, οι λογάριθμοι του συνόλου τιμών προσεγγίζουν την κανονική κατανομή. Ο αλγόριθμος της γεωμετρικής ταξινόμησης δημιουργεί περισσότερες ομάδες στις μικρές τιμές εφόσον εκεί συγκεντρώνεται η πλειοψηφία του και βοηθά στο διαχωρισμό των δεδομένων στο εύρος των χαμηλών τιμών. Σημειώνεται εδώ ότι όλα τα ιστογράμματα δημιουργήθηκαν με βάση το σύνολο των δεδομένων που περιέχονται σε κάθε θεματικό επίπεδο, δηλαδή για όλα τα διαθέσιμα χρονικά στιγμιότυπα.

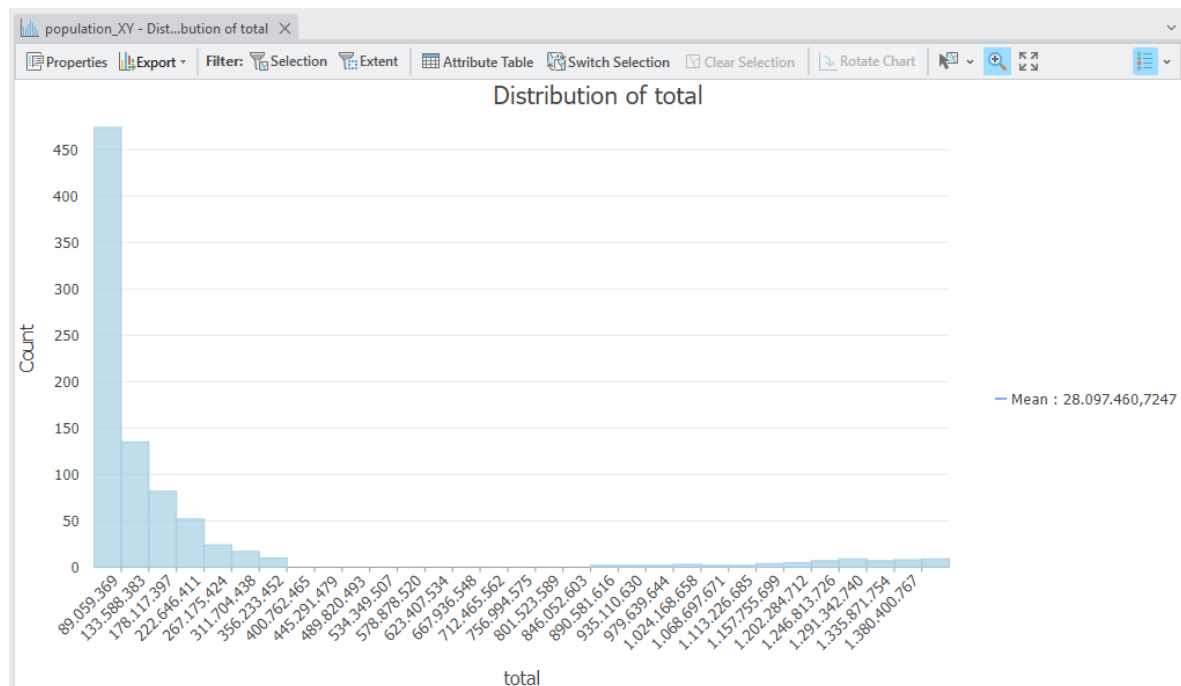
Ο αλγόριθμος της γεωμετρικής ταξινόμησης ομαδοποιεί τα δεδομένα βάση του αριθμού των ομάδων που ορίζονται από το χαρτογράφο, ο οποίος με βάση τη σχετική βιβλιογραφία για την ανθρώπινη αντίληψη, συστήνεται να είναι από 5 έως 9 με κριτήριο τη δυνατότητα αντίληψης των διαφορετικών ομάδων που απεικονίζονται από τον αναγνώστη (Declercq 1995, Mersey 1990). Σε κάθε περίπτωση, η τελική ομαδοποίηση θα πρέπει να βασίζεται στο επιθυμητό οπτικό αποτέλεσμα που επιδιώκεται από το χαρτογράφο καθώς και το μήνυμα που θέλει να μεταφέρει στον αναγνώστη του χάρτη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, κρίνεται ότι ο διαχωρισμός των δεδομένων στις χαμηλές τιμές όπου μια μικρή μεταβολή σε σχέση με το συνολικό εύρος τιμών του συνόλου δεδομένων είναι σημαντικό να αναδειχθεί. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα δε μπορεί να επιτευχθεί με τις ταξινομήσεις των φυσικών ορίων (Jenks) και των ίσων διαστημάτων. Για αυτό το λόγο επιλέχθηκε η χρήση της γεωμετρικής ταξινόμησης σε συνδυασμό με χειροκίνητες προσαρμογές επί των αποτελεσμάτων της, έτσι ώστε να μην αποκρυφθούν χρήσιμες πληροφορίες.



Γράφημα 1: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τα δεδομένα εισροών του μεταναστευτικού αποθέματος



Γράφημα 2: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τα δεδομένα εκροών του μεταναστευτικού αποθέματος



Γράφημα 3: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τα δεδομένα συνολικού πληθυσμού

Από τις οπτικοποιήσεις των ταξινομήσεων προκύπτει ότι η ομαδοποίηση ίσων διαστημάτων είναι ακατάλληλη ανεξάρτητα από τον αριθμό των ομάδων που χρησιμοποιούνται εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης των τιμών στις χαμηλές τιμές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την τοποθέτηση της πλειοψηφίας των παρατηρήσεων στην πρώτη ομάδα και άρα στη χρήση όμοιου συμβολισμού για αυτές που, δε βοηθά στη σύγκριση του μεγέθους του απεικονιζόμενου φαινομένου μεταξύ των χωρών. Η συγκεκριμένη μέθοδος θα ήταν χρήσιμη εάν στόχος της εφαρμογής ήταν η ανάδειξη των υψηλότερων τιμών των δεδομένων σε σύγκριση με τις υπόλοιπες.

Η ομαδοποίηση φυσικών ορίων (Jenks) έχει την τάση να ομαδοποιεί τιμές που είναι κοντινές μεταξύ τους δημιουργώντας τις ομάδες με αυτόν τον τρόπο. Ωστόσο σε αυτή την περίπτωση όπου η πλειοψηφία των τιμών είναι συγκεντρωμένες στο ένα άκρο του ιστογράμματος, η ομαδοποίηση που πραγματοποιείται από τον αλγόριθμο της Jenks δεν έχει κάποιο νόημα για τα δεδομένα και αποκρύπτει πληροφορίες. Αυξάνοντας τον αριθμό των ομάδων στη συγκεκριμένη ομαδοποίηση, υπάρχει βελτίωση στο οπτικό αποτέλεσμα αφού με περισσότερες ομάδες υπάρχει δυνατότητα ανάδειξης περισσότερης πληροφορίας τόσο στις χαμηλές όσο και στις υψηλές τιμές. Ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση, ο αλγόριθμος τοποθετεί τα όρια των ομάδων σε σημεία τέτοια, που έχουν ως αποτέλεσμα την τοποθέτηση στην ίδια ομάδα, τιμών που αποκλίνουν αρκετά μεταξύ τους και στρεβλώνουν την πραγματική εικόνα.

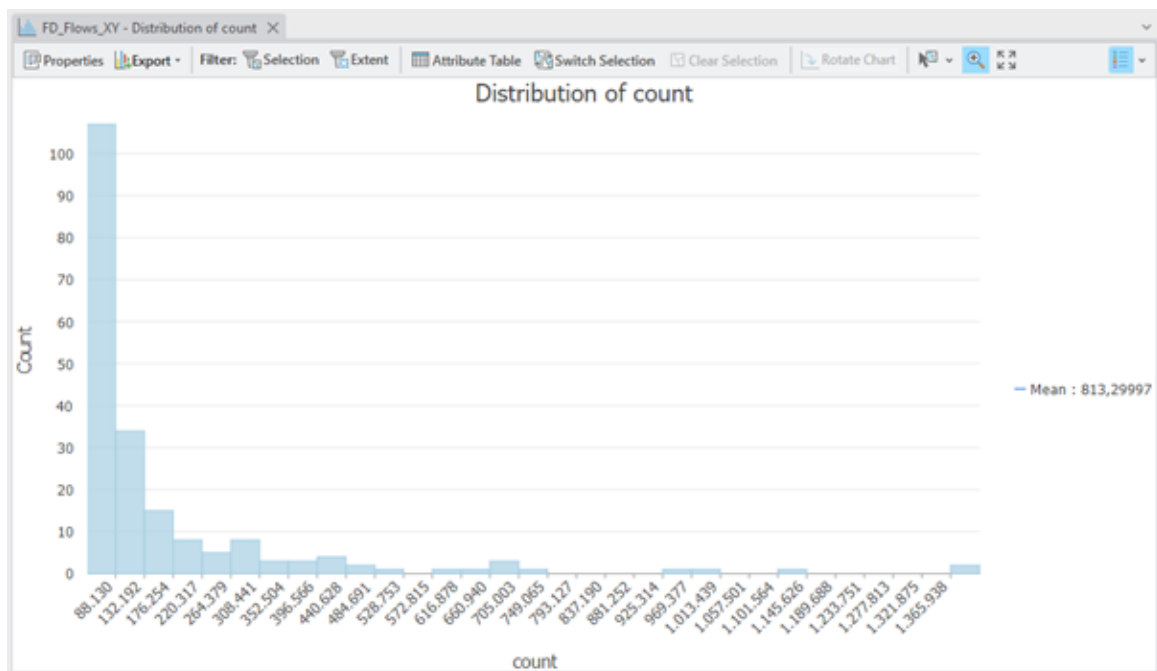
Από την άλλη η γεωμετρική ταξινόμηση, δημιουργεί περισσότερες ομάδες εκεί που υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση των δεδομένων, αναδεικνύοντας με αυτόν τον τρόπο εντονότερα τις μεταβολές, κάτι το οποίο είναι ζητούμενο στην παρούσα εργασία όπου γίνεται διαδοχική παράθεση χαρτών με την πάροδο της μεταβλητής του χρόνου. Επίσης, ο αλγόριθμος της συγκεκριμένης ταξινόμησης διαχωρίζει αναλυτικότερα τις χαμηλές τιμές με αποτέλεσμα τα δεδομένα μέσα σε μια ομάδα να παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιομορφία. Σημειώνεται επιπλέον ότι τα αποτελέσματα των αυτοματοποιημένων διαδικασιών των ταξινομήσεων που υλοποιήθηκαν, διορθώθηκαν χειροκίνητα με μικρές αλλαγές έτσι ώστε τα όρια των ομάδων να είναι ακέραιοι αριθμοί αλλά και «στρογγυλοί» για την ευκολότερη ανάγνωσή τους από το χρήστη της εφαρμογής. Στην Εικόνα 28 παρατίθεται μια σύγκριση των τριών ταξινομήσεων που εξετάστηκαν με δημιουργία πέντε ομάδων στα δεδομένα εκροών μεταναστευτικού αποθέματος. Ιδιαίτερα στην ομαδοποίηση ίσων διαστημάτων παρατηρείται η τοποθέτηση της πλειοψηφίας των δεδομένων στην ίδια ομάδα, ενώ το συγκεκριμένο φαινόμενο είναι πιο ήπιο στην ταξινόμηση Jenks, ωστόσο εξακολουθεί να υφίσταται.



Εικόνα 28: Ομαδοποίηση ίσων διαστημάτων (αριστερά), φυσικών ορίων Jenks (δεξιά) και γεωμετρική ομαδοποίηση (κάτω) στα δεδομένα εκροών μεταναστευτικού αποθέματος από το λογισμικό του ArcGIS Pro

### Ομαδοποίηση δεδομένων μεταναστευτικών ροών

Στην ομαδοποίηση των μεταναστευτικών ροών, παρατηρείται από το Γράφημα 4, ότι η κατανομή των δεδομένων μεταναστευτικών ροών είναι παρόμοια με τα δεδομένα πληθυσμού και μεταναστευτικού αποθέματος, δηλαδή η πλειοψηφία των τιμών είναι συγκεντρωμένες στο αριστερό άκρο του ιστογράμματος. Σε αυτή την περίπτωση το εύρος τιμών είναι συντριπτικά μικρότερο σε σχέση με τα δεδομένα πληθυσμού και αυτό έχει ως αποτέλεσμα η εφαρμογή της γεωμετρικής ταξινόμησης να μην δίνει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα, η ύπαρξη πολύ υψηλού αριθμού παρατηρήσεων σε συγκεκριμένες πολύ μικρές τιμές ωθεί τον αλγόριθμο της ταξινόμησης να δημιουργεί όρια ομάδων τα οποία δεν έχουν νόημα για την εφαρμογή. Για παράδειγμα, με τη χρήση 5 ομάδων, ο αλγόριθμος θέτει ως όρια για τις δύο πρώτες ομάδες το (5 έως 8) και (8 έως 67) αντίστοιχα. Αυτό συμβαίνει διότι οι τιμές από 5 έως 67 επαναλαμβάνονται σε μεγάλο αριθμό παρατηρήσεων. Ωστόσο αυτός ο διαχωρισμός στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν εξυπηρετεί την εφαρμογή και η οπτική μεταβλητή του πάχους γραμμής που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στην απεικόνιση δεν αποδίδει ορθά τα μεγέθη των μεταβολών.



Γράφημα 4: Ιστόγραμμα συχνότητας δεδομένων μεταναστευτικών ροών

Είναι σαφές ότι μια τέτοια ομαδοποίηση ενδεχομένως δημιουργεί λανθασμένες εντυπώσεις για τις τάσεις των μεταναστευτικών ροών. Για αυτό το λόγο στα δεδομένα μεταναστευτικών ροών επιλέχθηκε να υλοποιηθεί μια -χειροκίνητα προσαρμοσμένη- ομαδοποίηση με βάση τη μέθοδο Jenks η οποία παράγει διαστήματα με μεγαλύτερο νόημα και το οπτικό αποτέλεσμα είναι

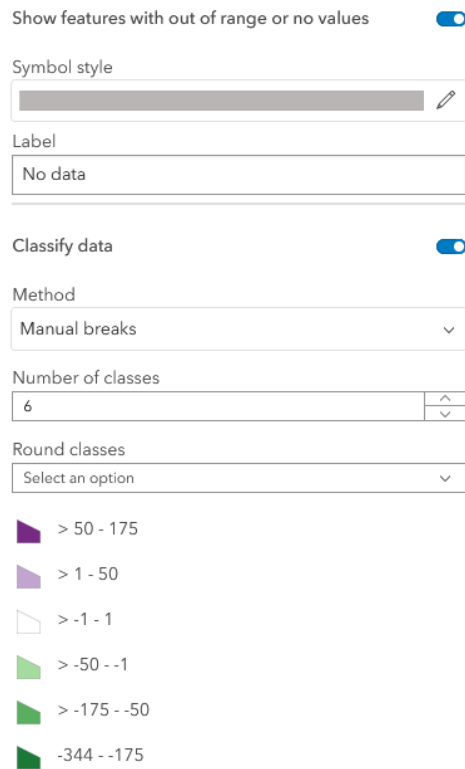
αρκετά βοηθητικό για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις τάσεις των μετακινήσεων των μεταναστών. Η αποτελεσματικότητα της ομαδοποίησης των δεδομένων μεταναστευτικών ροών μπορεί να γίνει πιο κατανοητή μέσα από απεικονίσεις της ίδιας της εφαρμογής που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο, με την εφαρμογή φίλτρων προβολής στα δεδομένα και την μεμονωμένη παρατήρηση της εξέλιξης των ροών που σχετίζονται με συγκεκριμένες χώρες.

### Ομαδοποίηση δεδομένων Δείκτη Καθαρής Μετανάστευσης (ΔΚΜ)

Το συγκεκριμένο θεματικό επίπεδο παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες. Αρχικά, το πρόσημο των τιμών (θετικό, αρνητικό ή μηδέν) έχει ιδιαίτερη σημασία ως πληροφορία. Το θετικό πρόσημο υποδεικνύει την παρουσία μεγαλύτερων εισροών απ' ό,τι εκροών ανά έτος ενώ το αρνητικό αντιστοιχεί στην αντίθετη κατάσταση. Στο συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων της παρούσας εργασίας, ο μηδενικός ΔΚΜ δεν σημαίνει απόλυτη ισορροπία εισροών και εκροών καθώς αυτό είναι ένα ιδεατό σενάριο, αλλά δείχνει ότι η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο μεγεθών δίνει ως αποτέλεσμα έναν πολύ μικρό αριθμό σε αναλογία με το συνολικό πληθυσμό της αντίστοιχης χώρας και ουσιαστικά οδηγεί στον υπολογισμό μηδενικού ΔΚΜ. Επίσης η κλιμάκωση των τιμών είναι διαφορετική προς τα αρνητικά και τα θετικά. Δηλαδή:

- Ελάχιστη τιμή: -343,29
- Μέγιστη τιμή: 174,76

Το φαινόμενο αυτό απαιτεί ιδιαίτερο χειρισμό ως προς τη δημιουργία των ομάδων έτσι ώστε να αναδεικνύεται η διαφορετική κλιμάκωση που υπάρχει μεταξύ των αρνητικών και των θετικών τιμών. Για την ανάδειξη των πιο ακραίων τιμών του ΔΚΜ, επιλέχθηκε η ομαδοποίηση αυτού του θεματικού επιπέδου να γίνει με πλήρως χειροκίνητη διαδικασία αφού κρίθηκε ότι μια από τις συνήθεις ταξινομήσεις δε μπορεί να ανταποκριθεί σε ένα τόσο εξειδικευμένο σύνολο δεδομένων και να πετύχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, επιλέχθηκε η δημιουργία 6 διαφορετικών ομάδων: τριών με αρνητικές τιμές, 2 με θετικές και μιας ομάδας που θα αντιστοιχεί στις καταγραφές όπου ο δείκτης ΔΚΜ βρίσκεται κοντά στο μηδέν και συγκεκριμένα στο διάστημα (-1,1). Το διάστημα αυτό επιλέχθηκε έτσι ώστε να αναδεικνύονται καλύτερα οι περιοχές στις οποίες εμφανίζονται υψηλές ή χαμηλές τιμές του ΔΚΜ. Έτσι προέκυψαν οι ομάδες όπως φαίνονται στην Εικόνα 29.



Εικόνα 29: Χειροκίνητη ομαδοποίηση (Manual Interval) στα δεδομένα του δείκτη ΔΚΜ

Οι απεικονίσεις που παράγονται με την παραπάνω χειροκίνητη ομαδοποίηση, όπως θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο με παραδείγματα, βοηθούν στον εντοπισμό ακραίων τιμών με τη συνύπαρξη των δύο πρώτων και των δύο τελευταίων ομάδων σε κοντινές γεωγραφικά χώρες. Αυτό το φαινόμενο ενδεχομένως υποδεικνύει γεγονότα που οδήγησαν στο βίαιο εκτοπισμό ανθρώπων από μία χώρα προς τις γειτονικές της.

### Ομαδοποίηση ποιοτικών δεδομένων οικονομίας

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι δημιουργήθηκαν δύο επιπλέον θεματικά επίπεδα με τα ποιοτικά δεδομένα οικονομικής και εισοδηματικής κατάταξης των χωρών όπως αυτά αναλύθηκαν στην ενότητα 5.3.2 και τον Πίνακα 1. Από αυτά τα θεματικά επίπεδα δημιουργήθηκαν δύο χωροπληθείς χάρτες οι οποίοι μπορούν να αξιοποιηθούν στην ερμηνεία των μεταναστευτικών ροών υπό μια διαφορετική σκοπιά το πώς ενδεχομένως επηρεάζονται οι κινήσεις των μετακινούμενων πληθυσμών από τους δείκτες οικονομίας των χωρών αφετηρίας και προορισμού.



### 5.3.7 Μεταφόρτωση δεδομένων στο υπολογιστικό νέφος

Μετά την προεπεξεργασία του συνόλου των δεδομένων και τη διαδικασία αποφάσεων της προηγούμενης ενότητας σχετικά με την ομαδοποίησή τους, όλα τα θεματικά επίπεδα που δημιουργήθηκαν εξήχθησαν σε αρχεία shapefile τα οποία συμπίεστηκαν σε αρχεία .zip. Αυτός είναι ένας από τους τρόπους μεταφοράς των διανυσματικών δεδομένων μέσα στο υπολογιστικό νέφος και κατ' επέκταση στην πλατφόρμα του ArcGIS Online όπου αναπτύσσεται η διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή μέσω των υπηρεσιών του ArcGIS WebMap και ArcGIS Experience Builder. Η μεταφορά αυτή μπορεί να υλοποιηθεί και με απευθείας δημοσιοποίηση (publish) από το τοπικό (desktop) λογισμικό του ArcGIS Pro, ωστόσο επιλέχθηκε να γίνει αρχικά εξαγωγή τους σε τοπικά αρχεία για τη δημιουργία ενός πλήρους φακέλου με το σύνολο των shapefiles της εφαρμογής.

Τα αρχεία shapefile σε αυτή την περίπτωση διαπιστώθηκε ότι δε διατηρούν το συμβολισμό και τις πληροφορίες για την ομαδοποίηση των δεδομένων και μεταφορτώνονται στο υπολογιστικό νέφος με την αρχική τους μορφή. Οι διαδικασίες αυτές πραγματοποιούνται μέσα από το περιβάλλον της υπηρεσίας Web Map σύμφωνα με όσα έχουν αναλυθεί έως τώρα. Εξ' άλλου διαπιστώθηκε ότι κάποιοι συμβολισμοί και οι ταξινομήσεις που έχουν υλοποιηθεί στην τοπική εφαρμογή δεν αποδίδονται σωστά στη διαδικτυακή πλατφόρμα Web Map. Αντίθετα, ο ορισμός τους απευθείας μέσα από την πλατφόρμα του WebMap ανταποκρίνεται καλύτερα και στο περιβάλλον του ArcGIS Experience Builder το οποίο είναι αυτό που φιλοξενεί τις τελικές απεικονίσεις των δεδομένων.

## 6 Παραγωγή Απεικονίσεων & Παρουσίαση Εφαρμογής<sup>13</sup>

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι θεματικές απεικονίσεις που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν στην τελική εφαρμογή. Επιπλέον γίνεται παρουσίαση του περιβάλλοντος διεπαφής της εφαρμογής με όλα τα διαθέσιμα εργαλεία και τις λειτουργίες διαδραστικότητας που έχουν ενσωματωθεί σε αυτήν.

### 6.1 Θεματικές απεικονίσεις

Οι θεματικές απεικονίσεις που επιλέχθηκαν να δημιουργηθούν στην τελική εφαρμογή αντιστοιχούν στο σύνολο των θεματικών επιπέδων (layers) που είναι διαθέσιμα σε αυτή. Αυτά τα θεματικά επίπεδα μπορούν να προβληθούν ξεχωριστά αλλά και συνδυαστικά. Ο συνδυασμός δύο διαφορετικών επιπέδων αφορά την προβολή του επιπέδου των μεταναστευτικών ροών (forced displacement flows) πάνω από το κύριο χαρτογραφικό υπόβαθρο ή έναν από τους θεματικούς χάρτες που έχουν παραχθεί. Όσα αναφέρθηκαν παρουσιάζονται στις υποενότητες που ακολουθούν.

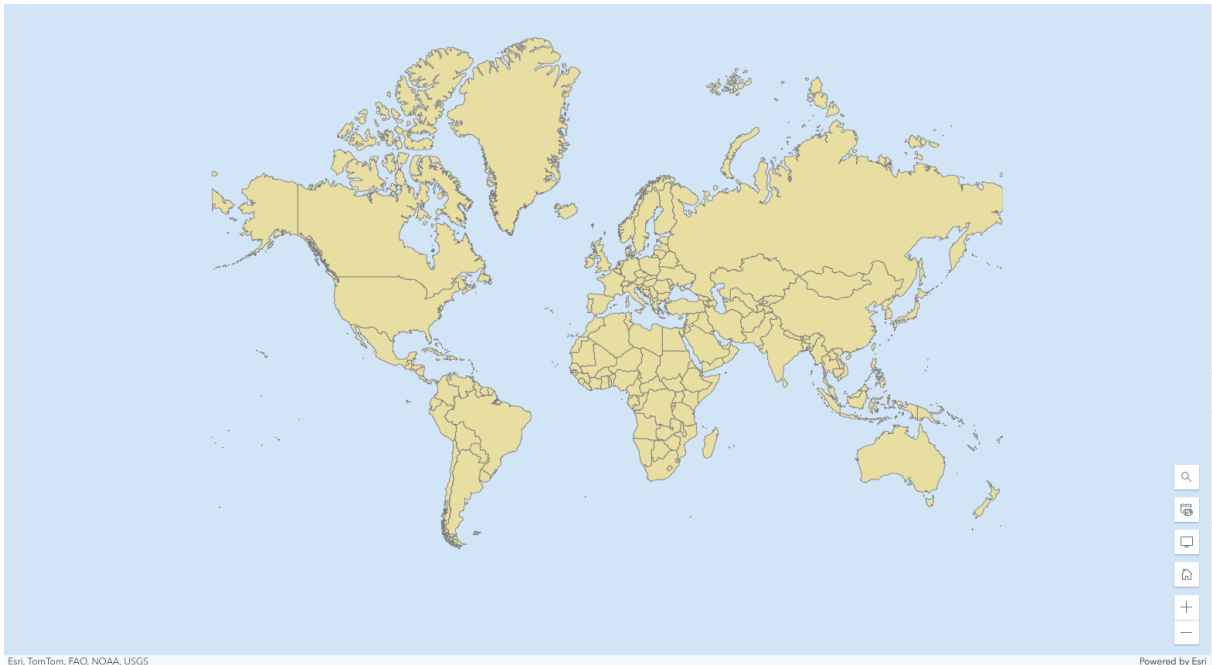
#### 6.1.1 Χαρτογραφικό υπόβαθρο

Το πρώτο θεματικό επίπεδο που αξιοποιείται στην χαρτογραφική εφαρμογή είναι το κύριο χαρτογραφικό υπόβαθρο. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 5.3.2, οι πλατφόρμες ArcGIS Web Map και Experience Builder διαθέτουν μια σειρά από ενσωματωμένα χαρτογραφικά υπόβαθρα που παρέχονται με τη μορφή WMS. Αυτά τα χαρτογραφικά υπόβαθρα περιέχουν πληροφορίες (ονομασίες οδικού δικτύου, χωρών, υδάτινων σχηματισμών, κ.α.) οι οποίες δεν είναι χρήσιμες στην παρούσα εφαρμογή. Η χρήση τους σε συνδυασμό με το θεματικό επίπεδο των μεταναστευτικών ροών θα δημιουργούσε μια περίπλοκη και δυσανάγνωστη απεικόνιση με περιττές πληροφορίες. Έτσι επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ως κύριο υπόβαθρο ένα διανυσματικό αρχείο που απεικονίζει μόνο τα διοικητικά όρια των κρατών. Αυτό το διανυσματικό αρχείο περιέχει περιγραφικές πληροφορίες όπως για παράδειγμα την ονομασία κάθε χώρας, την κωδικοποίησή της και οικονομικούς δείκτες που τις χαρακτηρίζουν. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε να μη γίνει απεικόνιση αυτής της πληροφορίας αλλά να

---

<sup>13</sup> <https://experience.arcgis.com/experience/e8f8a1eff9e94505854a6d5fa0ee944b>

δημιουργηθεί ένας χάρτης με ενιαία απόχρωση για όλα τα πολύγωνα (χώρες) του θεματικού επιπέδου (Χάρτης 1). Οι καταγραφές αυτές αποτελούν ουσιαστικά όλα τα επιμέρους πολύγωνα που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό ενός παγκόσμιου χάρτη.

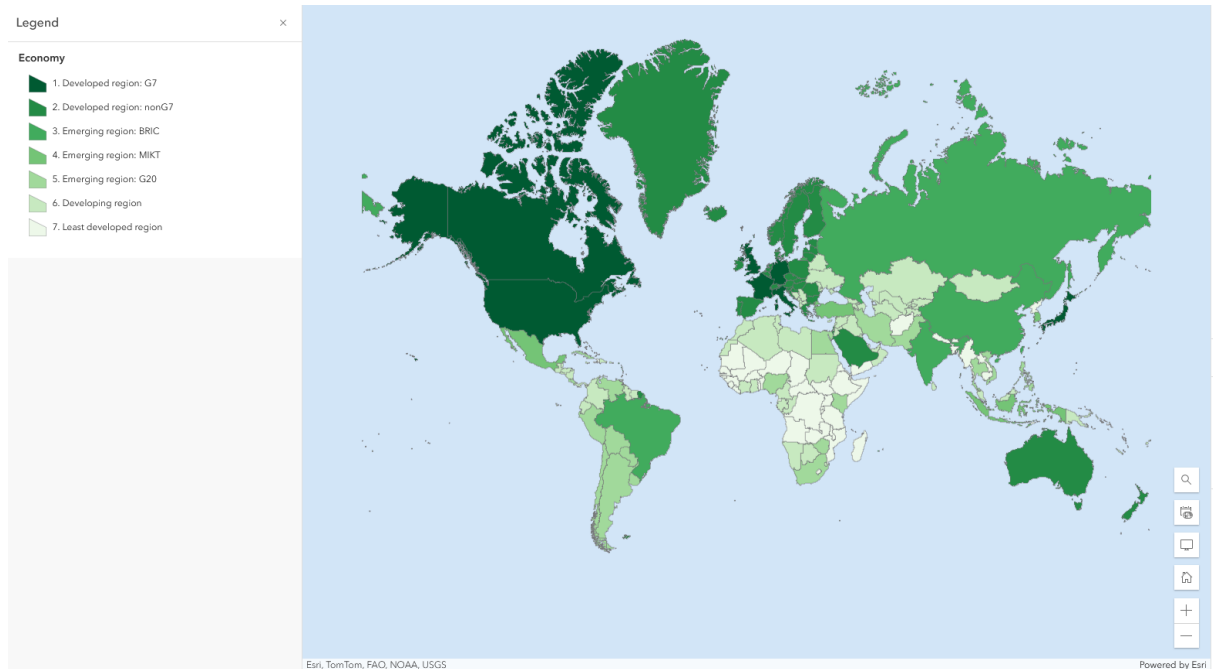


*Χάρτης 1: Κύριο χαρτογραφικό υπόβαθρο - στιγμιότυπο ArcGIS Web Map*

### *6.1.2 Χωροπληθείς απεικονίσεις για την οικονομική και εισοδηματική κατάταξη των χωρών*

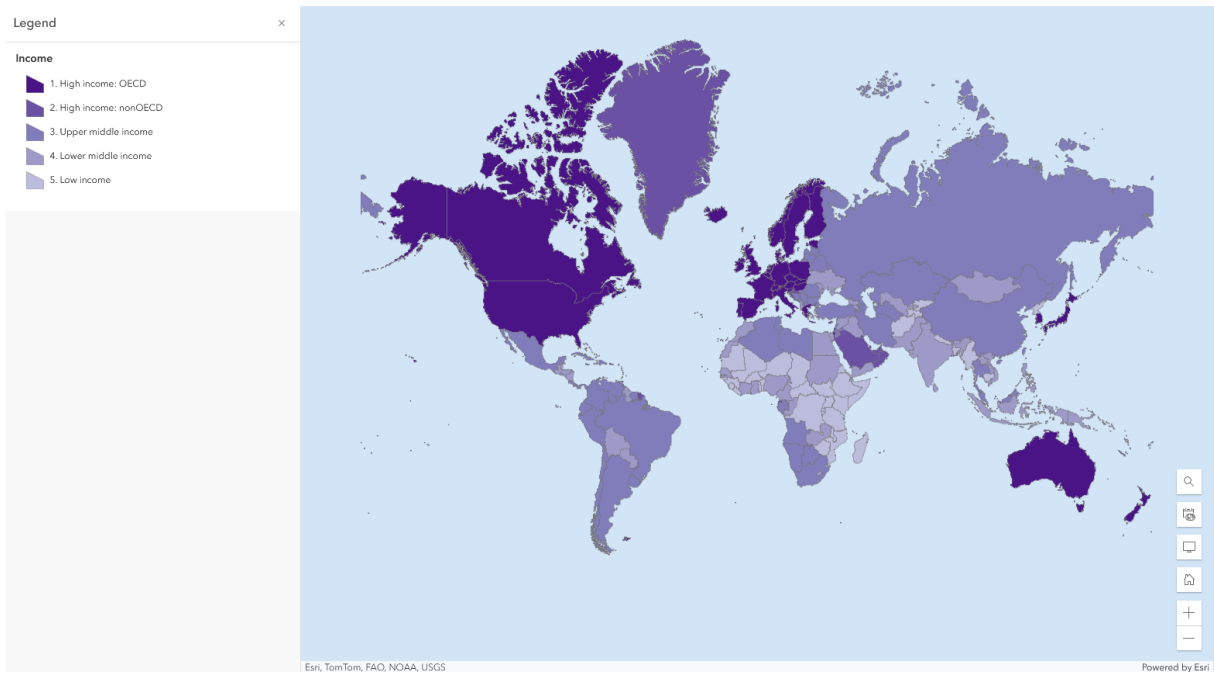
Από τις περιγραφικές πληροφορίες του χαρτογραφικού υποβάθρου προέκυψαν δύο χωροπληθείς χάρτες με βάση την κατάταξη των χωρών για την οικονομία και το εισόδημα. Η κατάταξη του επιπέδου οικονομίας υλοποιείται με την κατανομή των χωρών σε 7 ομάδες και του εισοδήματος σε 5 ομάδες, όπως αυτές αναλύθηκαν στην ενότητα 5.3.2. Για τον συμβολισμό αυτών των απεικονίσεων χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά χρωματικά σχήματα με μεταβολή της έντασης χρώματος στη λογική του «dark-is-more», δηλαδή οι μεγαλύτερες εντάσεις χρωμάτων αντιστοιχούν σε χώρες με ισχυρότερες οικονομίες και μεγαλύτερα εισοδήματα. Η επιλογή των χρωματικών σχημάτων έγινε με βάση την πλατφόρμα Colorbrewer. Στους Χάρτες 2 και 3 παρουσιάζονται οι χάρτες κατάταξης οικονομίας και εισοδήματος αντίστοιχα. Σημειώνεται εδώ ότι η κατάταξη οικονομίας και εισοδήματος, που περιέχεται ως πληροφορία στο κύριο χαρτογραφικό υπόβαθρο αφορά το έτος 2020 και δεν υπάρχει η σχετική

πληροφορία για το υπόλοιπο χρονικό εύρος στο οποίο καταγράφονται τα πληθυσμιακά και μεταναστευτικά δεδομένα.



*Χάρτης 2: Χωροπληθής απεικόνιση για την οικονομική κατάταξη των χωρών - στιγμιότυπο ArcGIS Web Map*

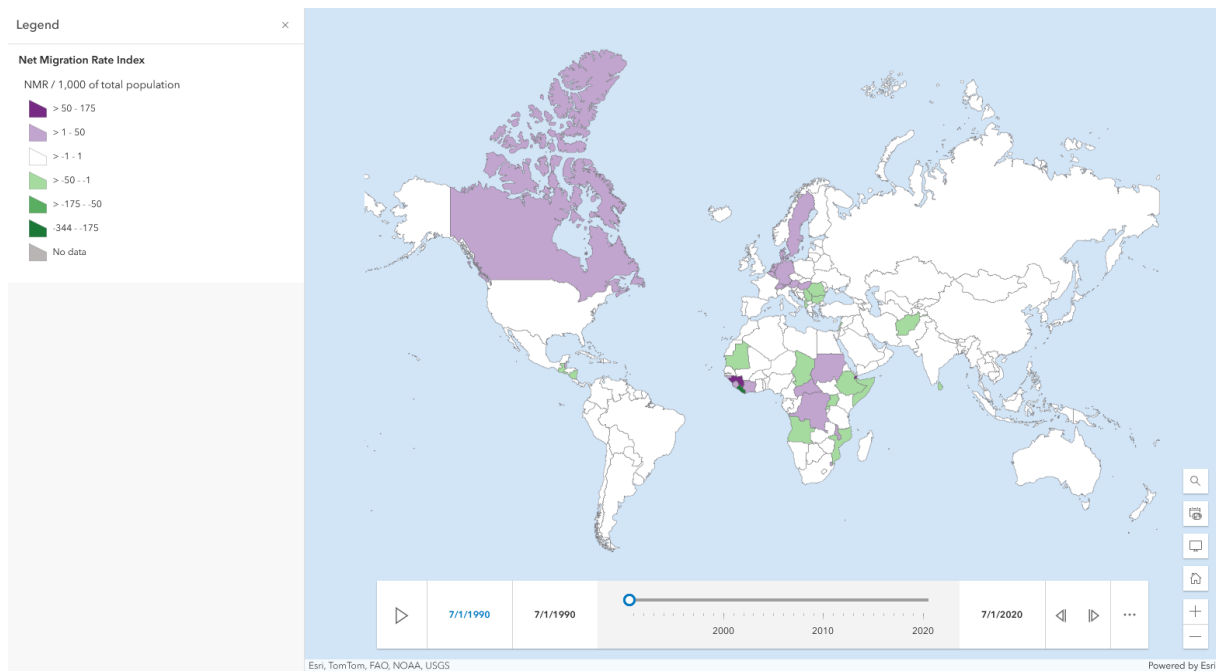
Η επιλογή των αποχρώσεων και στις δύο περιπτώσεις έγινε και με γνώμονα τη δυνατότητα ταυτόχρονης προβολής του θεματικού επιπέδου μεταναστευτικών ροών πάνω από αυτές τις χωροπληθείς απεικονίσεις. Με αυτή τη χαρτογραφική επίθεση (map overlay) ο χρήστης μπορεί να διερευνήσει την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των μεταναστευτικών ροών και των επιπέδων της οικονομίας ή του εισοδήματος των χωρών που εμπλέκονται στις αντίστοιχες ροές.



Χάρτης 3: Χωροπληθής απεικόνιση για την εισοδηματική κατάταξη των χωρών - στιγμιότυπο ArcGIS Web Map

### 6.1.3 Χωροπληθής απεικόνιση του δείκτη καθαρής μετανάστευσης (ΔΚΜ)

Στην ενότητα 5.3.5 έγινε αναφορά στη δημιουργία ενός χωροπληθή χάρτη ο οποίος εξάγεται από τον υπολογισμό ενός δείκτη που συμπεριλαμβάνει τόσο τις μεταναστευτικές ροές κάθε χώρας - ως αφετηρία και προορισμό – αλλά και το συνολικό πληθυσμό της χώρας αυτής. Ο δείκτης αυτός που ονομάζεται δείκτης καθαρής μετανάστευσης (ΔΚΜ) λαμβάνει αρνητικές, θετικές και μηδενικές τιμές και επομένως για το συμβολισμό αυτού του θεματικού επιπέδου επιλέχθηκε η χρήση ενός χρωματικού σχήματος για αποκλίνοντα (diverging) δεδομένα. Εδώ σημειώνεται ότι εφόσον τα δεδομένα μεταναστευτικών ροών και συνολικού πληθυσμού καταγράφονται ανά έτος στο εύρος (1990-2020), το ίδιο συμβαίνει και για το ΔΚΜ ο οποίος είναι παράγωγο αυτών των δεδομένων. Έτσι δημιουργείται μια διαφορετική απεικόνιση για κάθε έτος. Στο Χάρτη 4 παρουσιάζεται ο χωροπληθής χάρτης του ΔΚΜ ενδεικτικά για το έτος 1990.



Χάρτης 4: Χωροπληθής απεικόνιση του ΔΚΜ για το έτος 1990 - στιγμιότυπο ArcGIS Web Map

Το χρωματικό σχήμα που επιλέχθηκε από την πλατφόρμα του Colorbrewer μορφοποιήθηκε για τις ανάγκες της συγκεκριμένης απεικόνισης. Για το διάστημα (-1,1) επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί το λευκό με σκοπό την καλύτερη ανάδειξη των πιο ακραίων τιμών (θετικών ή αρνητικών) στο σύνολο των δεδομένων. Επίσης το συγκεκριμένο χρωματικό σχήμα κρίθηκε κατάλληλο για την ταυτόχρονη προβολή του παρόντος θεματικού επιπέδου με το θεματικό επίπεδο των μεταναστευτικών ροών. Τέλος σημειώνεται ότι οι χώρες που δεν έχουν λάβει κάποια τιμή και κατηγοριοποιούνται ως «No data», μπορούν να γίνουν ορατές στην τελική εφαρμογή με την απενεργοποίηση του χρονικού φίλτρου και συμβολίζονται με απόχρωση του γκρι. Η εναλλαγή των απεικονίσεων κατά τη χρονική μεταβολή πραγματοποιείται με μια μπάρα στο κάτω μέρος της οθόνης, όπως θα παρουσιαστεί και στο περιβάλλον της διαδικτυακής εφαρμογής.

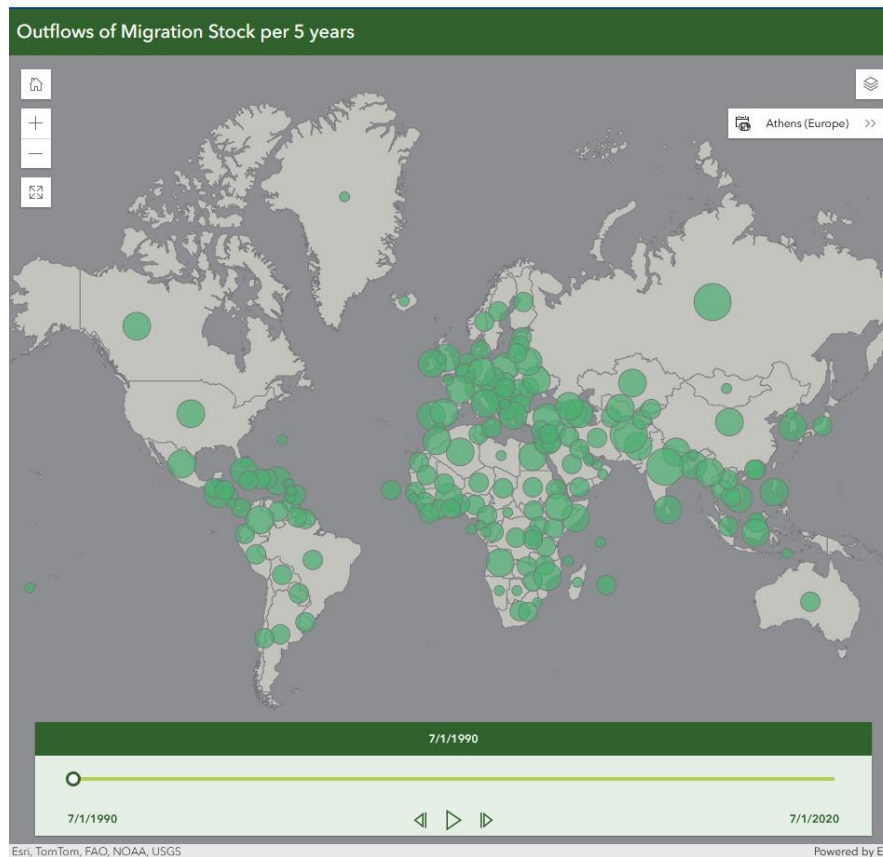
#### 6.1.4 Χάρτες βαθμωτών συμβόλων για την εισροή και εκροή μεταναστευτικού αποθέματος

Από τα δεδομένα μεταναστευτικού αποθέματος, δημιουργήθηκαν δύο χάρτες βαθμωτών συμβόλων για την απεικόνιση του μεγέθους του μεταναστευτικού αποθέματος κάθε χώρας. Το μεταναστευτικό απόθεμα αφορά το σύνολο του πληθυσμού που καταγράφεται να έχει μεταναστεύσει από την μια χώρα προς τις υπόλοιπες ή από τις υπόλοιπες προς αυτή τη χώρα.

Αυτά τα δύο θεματικά επίπεδα επιλέχθηκαν να απεικονιστούν στην τελική εφαρμογή σε ξεχωριστά παράθυρα σε σχέση με τα υπόλοιπα θεματικά επίπεδα και αυτό διότι τα δεδομένα τους έχουν καταγραφεί ανά πενταετία και όχι ανά έτος. Στους Χάρτες 5 και 6 παρουσιάζονται οι χάρτες εισροών και εκροών μεταναστευτικού αποθέματος αντίστοιχα, με τη μπάρα χρονικής μεταβολής να μετακινείται και εδώ στο εύρος (1990-2020) αλλά ανά πέντε έτη. Επομένως καθένας από τους παραπάνω χάρτες περιλαμβάνει 7 διαφορετικές απεικονίσεις. Επίσης το χαρτογραφικό υπόβαθρο που εμφανίζεται σε αυτές τις απεικονίσεις είναι αυτό της ενότητας 6.1.1, ωστόσο έχουν χρησιμοποιηθεί αποχρώσεις του γκρι τόσο για τη θάλασσα όσο και για το σχεδιασμό των πολυγώνων με τα διοικητικά όρια των χωρών. Αυτή η διαφοροποίηση έγινε με στόχο να δοθεί σε αυτούς τους χάρτες ο χαρακτήρας ένθετων απεικονίσεων οι οποίοι δε σχετίζονται άμεσα με μεταναστευτικές ροές που αποτελούν το κεντρικό θέμα της εργασίας, αλλά δίνουν μια εικόνα για τις τάσεις κάθε χώρας σε σχέση με το φαινόμενο της μετανάστευσης.



Χάρτης 5: Εισροές μεταναστευτικού αποθέματος για το έτος 1990 - στιγμιότυπο ArcGIS Instant Apps

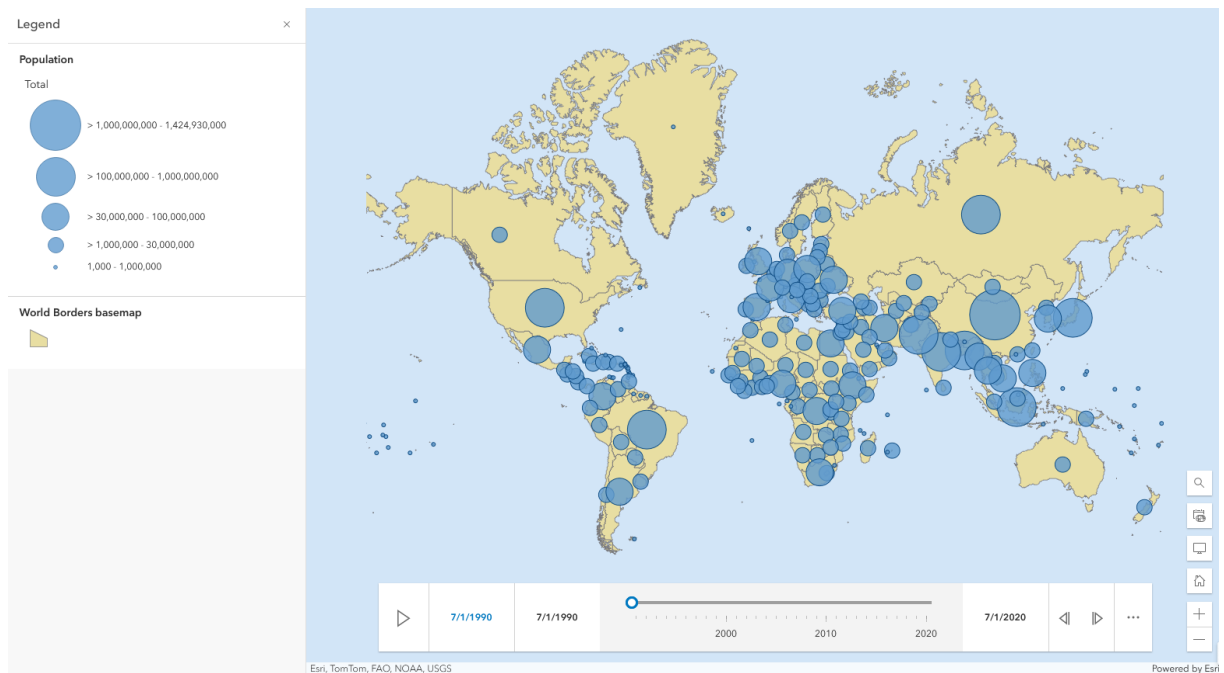


Χάρτης 6: Εκροές μεταναστευτικού αποθέματος για το έτος 1990 - στιγμιότυπο ArcGIS Instant Apps

### 6.1.5 Χάρτης βαθμωτών συμβόλων για το συνολικό πληθυσμό

Άλλη μια απεικόνιση βαθμωτών συμβόλων χρησιμοποιείται για την απεικόνιση του συνολικού πληθυσμού της κάθε χώρας. Τα σχετικά δεδομένα σε αυτή την περίπτωση έχουν συμβατότητα όσον αφορά τη χρονική μεταβολή με τα δεδομένα μεταναστευτικών ροών αφού καταγράφονται ανά έτος στο χρονικό εύρος (1990-2020). Για αυτό το λόγο, το θεματικό επίπεδο για το συνολικό πληθυσμό τοποθετείται στον κύριο χάρτη της εφαρμογής και το οποίο δημιουργεί 31 ξεχωριστές απεικονίσεις. Ο συμβολισμός και εδώ πραγματοποιείται με τη χρήση βαθμωτών κύκλων και η απόχρωση που επιλέχθηκε έγινε με κριτήριο τη δημιουργία αντιθέσεων τόσο με το κύριο χαρτογραφικό υπόβαθρο όσο και με το συμβολισμό των μεταναστευτικών ροών. Η αντίθεση των κύκλων με τα γραμμικά σύμβολα των μεταναστευτικών ροών δίνει και εδώ τη δυνατότητα δημιουργίας μιας ευκρινούς χαρτογραφικής επίθεσης με ταυτόχρονη προβολή των αντίστοιχων θεματικών επιπέδων. Στο Χάρτη 7 απεικονίζεται ο χάρτης βαθμωτών συμβόλων του συνολικού πληθυσμού για το έτος 1990, πάνω από το κύριο χαρτογραφικό υπόβαθρο της εφαρμογής.





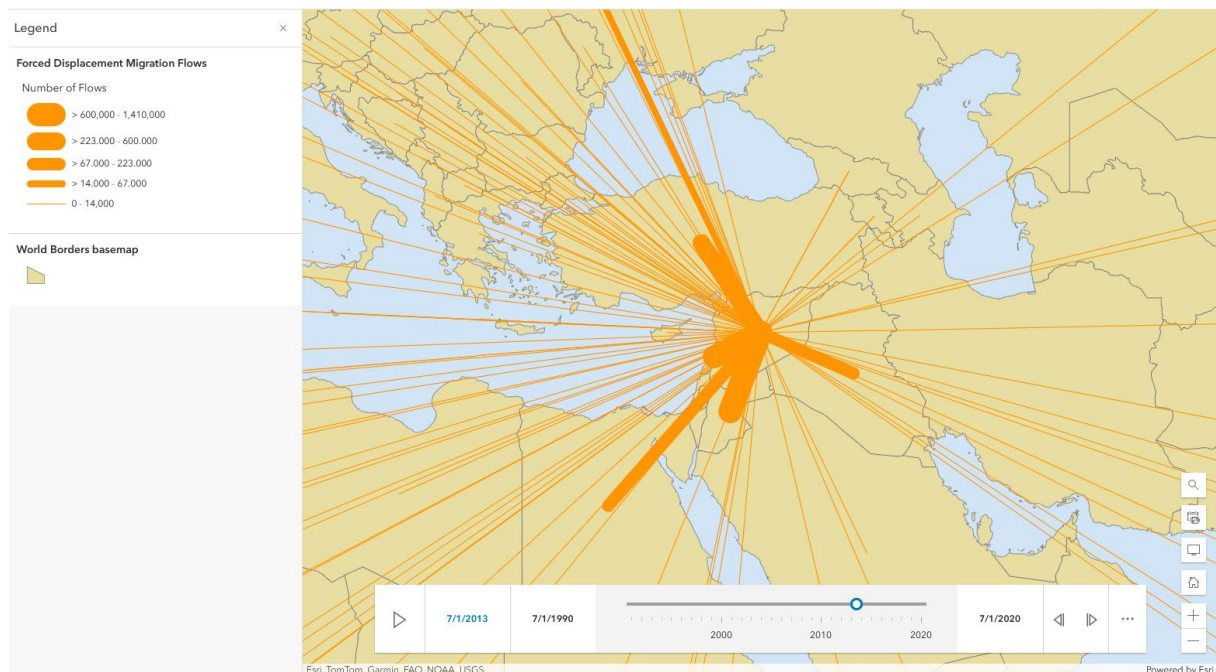
Χάρτης 7: Συνολικός πληθυσμός για το έτος 1990 - στιγμιότυπο ArcGIS Web Map

Παρατηρείται εδώ, όπως και στις δύο απεικονίσεις της ενότητας 6.1.4, ότι σε πολύ μικρή κλίμακα δημιουργούνται αρκετές επικαλύψεις μεταξύ των συμβόλων. Αυτό είναι ένα πρόβλημα που εντοπίζεται στις συγκεκριμένες οπτικοποιήσεις ωστόσο η διαδραστική λειτουργία της μεγέθυνσης (zoom in) βοηθάει το χρήστη στην εξερεύνηση των δεδομένων. Εξαιτίας αυτών των επικαλύψεων έχει επίσης προστεθεί διαφάνεια στον συμβολισμό με σκοπό τη βελτίωση του οπτικού αποτελέσματος.

#### 6.1.6 Χάρτης μεταναστευτικών ροών

Το κύριο θεματικό επίπεδο της παρούσας εργασίας αφορά στις απεικονίσεις των μεταναστευτικών ροών. Κάθε ροή σχεδιάζεται με ένα ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει την αφετηρία με τον προορισμό της. Η οπτική μεταβλητή του πάχους των ευθύγραμμων τμημάτων είναι αυτή που υποδεικνύει το μέγεθος της ροής. Τα διαφορετικά πάχη γραμμών που εμφανίζονται στις απεικονίσεις έχουν δημιουργηθεί στην ενότητα 5.3.6 κατά την ομαδοποίηση των δεδομένων. Οι ροές καταγράφονται ανά έτος στο χρονικό εύρος (1990-2020) και συνεπώς το θεματικό επίπεδο που τις περιέχει συναντάται μεταξύ των διαθέσιμων θεματικών επιπέδων της βασικής χαρτογραφικής εφαρμογής, στην οποία η χρονική μεταβολή δεδομένων επέρχεται ανά έτος. Εξαιτίας του μεγάλου όγκου δεδομένων, μια απεικόνιση με όλες τις μεταναστευτικές

ροές, ακόμα και για μόνο ένα έτος, παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα σύνθετο οπτικό αποτέλεσμα στο οποίο οι απεικονιζόμενες πληροφορίες δεν είναι κατανοητές. Στο Χάρτη 8 έχει γίνει φιλτράρισμα των δεδομένων έτσι ώστε να απεικονίζονται μόνο οι μεταναστευτικές ροές με αφετηρία τη Συρία και μόνο για το έτος 2013.



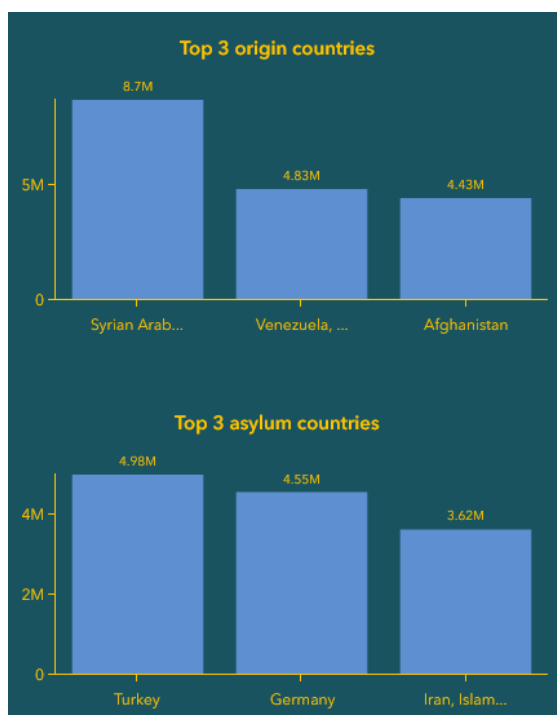
Χάρτης 8: Χάρτης μεταναστευτικών ροών με αφετηρία τη Συρία για το έτος 2013 - στιγμιότυπο από ArcGIS Web Map

Η δυνατότητα φιλτραρίσματος στα δεδομένα είναι απαραίτητο στοιχείο για το συγκεκριμένο θεματικό επίπεδο και είναι μία από τις βασικές λειτουργίες διαδραστικότητας που έχουν προστεθεί στη διαδικτυακή εφαρμογή. Επίσης σημαντική είναι και εδώ η χρήση της λειτουργίας μεγέθυνσης (zoom in) αφού είναι δύσκολο να διακριθούν όλα τα γραμμικά σύμβολα στις μικρές κλιμακες και ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου εμφανίζονται πυκνές μεταναστευτικές ροές τόσο σε μέγεθος όσο και σε πλήθος χωρών που συμμετέχουν σε αυτές. Στην ενότητα 6.2 παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι επιλογές εξερεύνησης των δεδομένων στην διαδικτυακή εφαρμογή κάνοντας χρήση των φίλτρων που αναφέρθηκαν.

### 6.1.7 Απεικόνιση στατιστικού διαγράμματος

Μια επιπλέον απεικόνιση η οποία δημιουργήθηκε στο περιβάλλον ArcGIS Experience Builder, όπου υλοποιήθηκε και η τελική εφαρμογή, αφορά σε δύο διαδραστικά στατιστικά διαγράμματα που πλαισιώνουν τα δεδομένα μεταναστευτικών ροών. Τα δύο αυτά διαγράμματα, με βάση το

φιλτράρισμα ανά χώρα και τη χρονική στιγμή που έχει επιλεγθεί κάθε φορά από το χρήστη, απεικονίζουν τις τρεις χώρες με τις μέγιστες μεταναστευτικές ροές εισόδου και εξόδου καθώς και το μέγεθος αυτών των ροών (Εικόνα 30).



Εικόνα 30: Διαγράμματα από τη διαδικτυακή εφαρμογή στο περιβάλλον του ArcGIS Experience Builder

Αυτά τα δύο διαγράμματα είναι δυναμικά και μεταβάλλονται αμέσως μετά την τροποποίηση του φίλτρου ή της χρονικής στιγμής από τα αντίστοιχα εργαλεία της εφαρμογής. Αυτές οι απεικονίσεις δίνουν άμεσα μια εικόνα για τις κυριότερες αφετηρίες και προορισμούς των μεταναστευτικών ροών που έχουν επιλεγθεί κάθε φορά να απεικονιστούν. Τα παράθυρα της εφαρμογής που φιλοξενούν τα στατιστικά διαγράμματα, λειτουργούν ακόμα και στην περίπτωση όπου το θεματικό επίπεδο των μεταναστευτικών ροών είναι απενεργοποιημένο. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να εξερευνήσει τις μεγαλύτερες μεταναστευτικές ροές σε σύγκριση με τα δεδομένα των υπόλοιπων θεματικών απεικονίσεων της εφαρμογής.

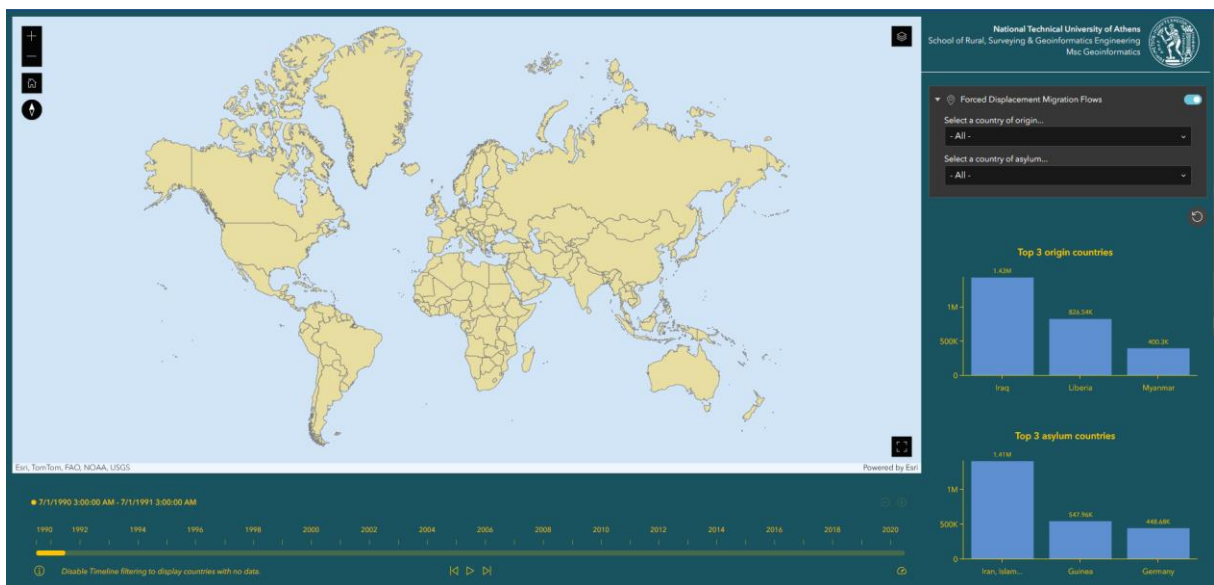
## 6.2 Διαδικτυακή εφαρμογή

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο προβάλλονται όλα τα θεματικά επίπεδα που αναφέρθηκαν παραπάνω μέσα στη διαδικτυακή εφαρμογή καθώς και το πως αυτά πλαισιώνονται από διάφορα εργαλεία τα οποία προσφέρουν στο χρήστη τη δυνατότητα να

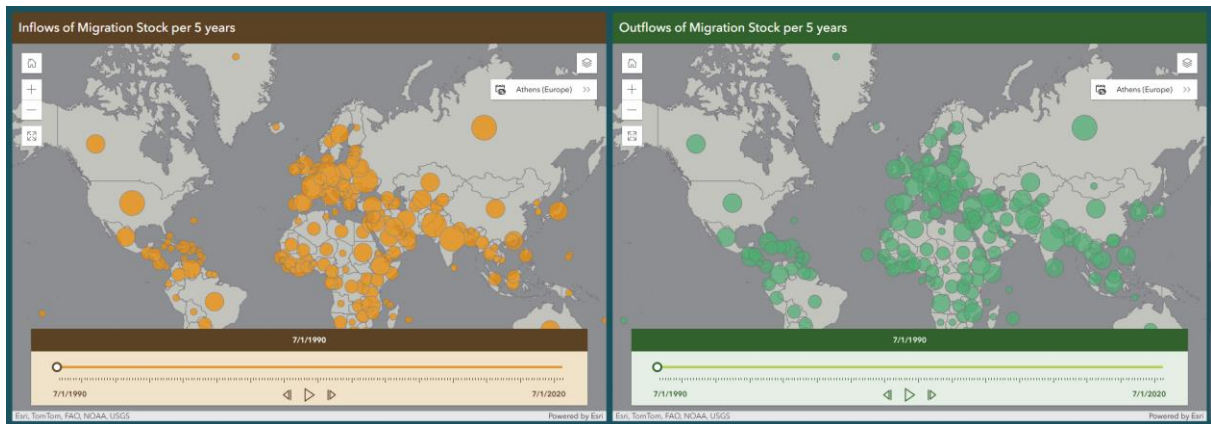
εξερευνήσει τα διαθέσιμα δεδομένα, να αλληλεπιδρά με αυτά και να παράγει τις απεικονίσεις που επιθυμεί.

### 6.2.1 Αρχική οθόνη

Ο προεπιλεγμένος τρόπος εμφάνισης της αρχικής σελίδας της χαρτογραφικής εφαρμογής παρουσιάζεται στην Εικόνα 31. Η προεπιλογή που έχει γίνει αφορά στο προκαθορισμένο φιλτράρισμα αφετηρίας και προορισμού καθώς και στη αρχική προβολή θεματικών επιπέδων. Συγκεκριμένα έχει επιλεγθεί η αυτόματη ενεργοποίηση της λειτουργίας φιλτραρίσματος στα δεδομένα των μεταναστευτικών ροών, ωστόσο δεν έχει εφαρμοστεί κάποιο φίλτρο για συγκεκριμένη χώρα αφετηρίας ή προορισμού. Επίσης έχει επιλεγθεί να προβάλλεται αρχικά μόνο το κύριο χαρτογραφικό υπόβαθρο έτσι ώστε να οπτικοποιείται μικρότερος όγκος δεδομένων και έτσι η φόρτωση της αρχικής σελίδας να γίνεται ταχύτερα. Όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια, τα διαθέσιμα θεματικά επίπεδα μπορούν να ενεργοποιηθούν ή να απενεργοποιηθούν από το χρήστη μέσω του σχετικού εργαλείου της εφαρμογής. Τα μόνα θεματικά επίπεδα που δεν επιλέγονται από αυτό το εργαλείο είναι οι απεικονίσεις εισροών και εκροών μεταναστευτικού αποθέματος οι οποίες φορτώνονται αυτόματα στο δεύτερο μέρος της ιστοσελίδας, κάτω από τον κύριο χάρτη και το περιβάλλον διεπαφής του χρήστη της χαρτογραφικής εφαρμογής (Εικόνα 32).



Εικόνα 31: Αρχική οθόνη της χαρτογραφικής εφαρμογής



Εικόνα 32: Ένθετες απεικονίσεις κάτω από την κύρια αρχική οθόνη της χαρτογραφικής εφαρμογής

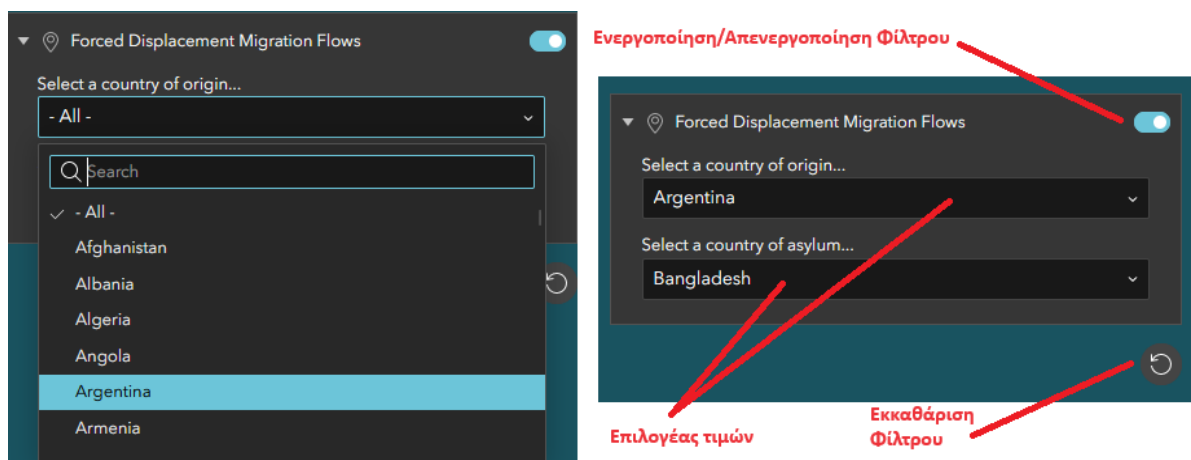
Στην αρχική οθόνη και στο μεγαλύτερο τμήμα αυτής εμφανίζεται το κεντρικό παράθυρο που αποτελεί το περιβάλλον του χάρτη. Εντός του παραθύρου προβάλλονται τα βασικά θεματικά επίπεδα της εφαρμογής τα οποία εναλλάσσονται από το εργαλείο στο πάνω δεξιά τμήμα του παραθύρου. Κάτω δεξιά υπάρχει το πλήκτρο προβολής του χάρτη σε πλήρη οθόνη ενώ στα αριστερά εμφανίζονται εργαλεία πλοήγησης σε αυτόν (π.χ. μεγέθυνση-σμίκρυνση). Έξω από τα παράθυρο του χάρτη, εμφανίζονται τα εργαλεία με τα οποία ο χρήστης παρεμβαίνει στις απεικονίσεις που εμφανίζονται στο χάρτη καθώς και τα στατιστικά διαγράμματα που αναφέρθηκαν παραπάνω τα οποία τροποποιούνται αυτόματα ανάλογα με τα επιλεγμένα δεδομένα μεταναστευτικών ροών. Αναλυτικότερα, στα δεξιά της οθόνης εμφανίζονται τα συγκεκριμένα διαγράμματα ράβδων όπου απεικονίζονται οι χώρες με τις μέγιστες εισροές και εκροές μεταναστών για τα επιλεγμένα δεδομένα. Πάνω από τα διαγράμματα, υπάρχει το εργαλείο όπου φιλτράρονται τα δεδομένα με βάση τη χώρα αφετηρίας (origin) και προορισμού (asylum) που δύναται ο χρήστης να επιλέξει από το διαθέσιμο σύνολο δεδομένων για τις μεταναστευτικές ροές. Κάτω από το παράθυρο του χάρτη, υπάρχει το εργαλείο εναλλαγής του χρονικού διαστήματος. Εκεί ο χρήστης κλικάροντας και σύροντας την μπάρα κατά μήκος του διαθέσιμου χρονικού εύρους (1990-2020), μπορεί να αλλάξει την απεικονιζόμενη πληροφορία, επιλέγοντας είτε μια μοναδική τιμή (ένα έτος) είτε ένα χρονικό εύρος (δύο ή περισσότερα έτη).

Κάτω από την κύρια αρχική οθόνη, έχουμε τις δύο απεικονίσεις της Εικόνας 32. Στα αριστερά είναι ο χάρτης βαθμωτών συμβόλων για τις εισροές μεταναστευτικού αποθέματος και στα δεξιά ο αντίστοιχος για τις εκροές. Αυτοί οι δύο χάρτες δεν συνδέονται με τα υπόλοιπα διαδραστικά εργαλεία που αναφέρθηκαν παραπάνω αλλά διαθέτουν εξατομικευμένο εργαλείο για την

εναλλαγή των απεικονίσεων με βάση επτά διαφορετικές χρονικές στιγμές. Οι χρονικές στιγμές κυμαίνονται ανά πενταετία από το 1990 έως το 2020.

### 6.2.2 Λειτουργίες διαδραστικότητας

Στο περιβάλλον της χαρτογραφικής εφαρμογής υπάρχουν ενσωματωμένα εργαλεία τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη να αλληλεπιδρά με τα δεδομένα και να δημιουργεί τις απεικονίσεις που επιθυμεί. Βασική λειτουργία διαδραστικότητας της διαδικτυακής εφαρμογής αποτελεί το εργαλείο φιλτραρίσματος αφετηρίας και προορισμού (Εικόνα 33).



Εικόνα 33: Εργαλείο φιλτραρίσματος δεδομένων με βάση τη χώρα αφετηρίας ή προορισμού

Σε αυτό το παράθυρο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ως χώρα αφετηρίας ή προορισμού, μια από τις χώρες που έχουν διαθέσιμα δεδομένα για τις μεταναστευτικές ροές. Το φίλτρο μπορεί να εφαρμοστεί είτε στο ένα από τα δύο πεδία (αφετηρία ή προορισμός) είτε και στα δύο. Επιλέγοντας την εφαρμογή φίλτρου σε ένα μόνο πεδίο, μπορεί να προβάλει όλες τις αντίστοιχες ροές που σχετίζονται με την επιλεγμένη χώρα. Για παράδειγμα, επιλέγοντας ως χώρα αφετηρίας (origin) την Αργεντινή και αφήνοντας στο πεδίο προορισμού την προεπιλογή «All», στο χάρτη οπτικοποιούνται όλες οι μεταναστευτικές ροές που καταγράφονται με αφετηρία την Αργεντινή για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, το οποίο επίσης ορίζεται από το χρήστη. Για την εκκαθάριση των φίλτρων και στα δύο πεδία, υπάρχει το αντίστοιχο πλήκτρο με το οποίο γίνεται επαναφορά (reset) στην προεπιλογή «All».

Το χρονικό διάστημα που λαμβάνεται υπόψη για το σχεδιασμό των απεικονίσεων ρυθμίζεται από το εργαλείο χρονικού φιλτραρίσματος (timeslider) το οποίο υπάρχει κάτω από το

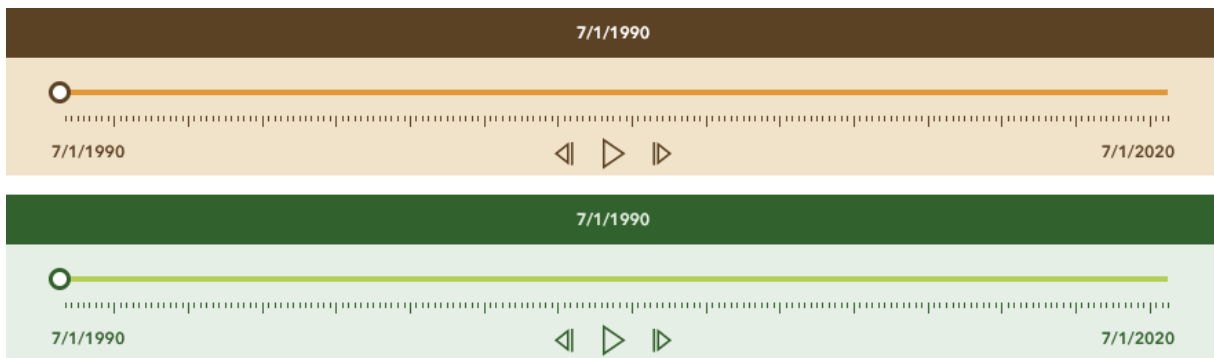


παράθυρο του κύριου χάρτη (Εικόνα 34). Τα δεδομένα του κύριου χάρτη (μεταναστευτικές ροές, σύνολο πληθυσμού, δείκτης καθαρής μετανάστευσης) καταγράφονται μέσα στα αντίστοιχα θεματικά επίπεδα ανά έτος. Με το εργαλείο χρονικού φιλτραρίσματος ο χρήστης μπορεί να επιλέξει έναν συγκεκριμένο έτος (π.χ. 1999) ή ένα χρονικό εύρος (π.χ. 1999 έως 2012) για το οποίο επιθυμεί να προβάλει τη διαθέσιμη πληροφορία.



Εικόνα 34: Εργαλείο χρονικού φιλτραρίσματος (timeslider)

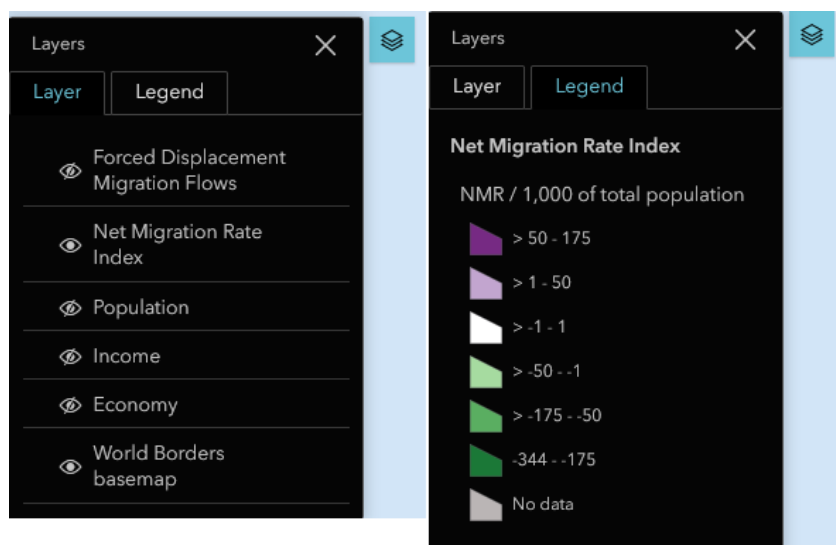
Μια συνήθης πρακτική παρακολούθησης χρονικών μεταβολών των φαινομένων σε τέτοιου είδους εφαρμογές είναι η τοποθέτηση (κύλιση) του δείκτη που καθορίζει το χρόνο στην αρχή του διαθέσιμου χρονικού εύρους και η αυτόματη αναπαραγωγή για την εναλλαγή απεικονίσεων έως το τέλος του χρονικού εύρους. Αυτή η διαδικασία βοηθά το χρήστη να επικεντρώσει την προσοχή του στα απεικονιζόμενα σύμβολα και να παρατηρήσει τις αυξομειώσεις στο μέγεθος του φαινομένου κατά την πάροδο του χρόνου. Η λειτουργία αυτή είναι διαθέσιμη από το πλήκτρο αυτόματης αναπαραγωγής (play), ενώ παράλληλα με τα πλήκτρα «πίσω» και «μπροστά» ο χρήστης μπορεί να εναλλάσσει χειροκίνητα τη χρονική στιγμή ή το χρονικό εύρος των δεδομένων που προβάλλονται στο χάρτη. Επίσης, στα κάτω δεξιά τμήμα του παραθύρου του εργαλείου χρονικού φιλτραρίσματος, υπάρχει κουμπί με το οποίο αλλάζει η ταχύτητα της αυτόματης αναπαραγωγής. Τέλος, στο κάτω αριστερά πλήκτρο με την ένδειξη «i», ο χρήστης μπορεί να απενεργοποιήσει πλήρως το χρονικό φιλτράρισμα και να προβάλλει όλα τα διαθέσιμα δεδομένα των ενεργοποιημένων θεματικών επιπέδων. Αυτή η λειτουργία αποδείχθηκε χρήσιμη για το θεματικό επίπεδο του δείκτη καθαρής μετανάστευσης (ΔΚΜ). Παρόμοιο εργαλείο χρονικού φιλτραρίσματος είναι ενσωματωμένο και στις ένθετες απεικονίσεις που υπάρχουν στα δύο παράθυρα κάτω από τον κύριο χάρτη (Εικόνα 35).



Εικόνα 35: Εργαλεία χρονικού φιλτραρίσματος στα δεδομένα εισροών και εκροών μεταναστευτικού αποθέματος

Σε αυτά τα παράθυρα, το εργαλείο χρονικού φιλτραρίσματος είναι πιο απλοποιημένο σε σχέση με το αντίστοιχο του κύριου χάρτη και έχει ρυθμιστεί έτσι ώστε να μεταβάλλεται κάθε πέντε έτη, όπως μεταβάλλονται δηλαδή και τα δεδομένα μεταναστευτικού αποθέματος.

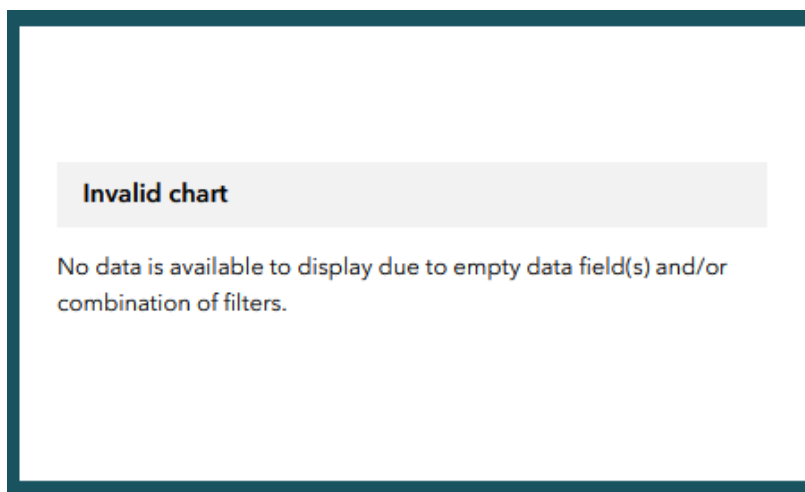
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, πάνω και δεξιά εντός του παραθύρου του χάρτη, υπάρχει το εργαλείο επιλογής θεματικών επιπέδων. Εκεί ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να εμφανίσει μια λίστα με τα διαθέσιμα θεματικά επίπεδα (layer) και να ενεργοποιήσει αυτά που επιθυμεί να προβάλει. Στο ίδιο εργαλείο, υπάρχει δεύτερη καρτέλα (tab), όπου εμφανίζεται το υπόμνημα (legend) κάθε ενεργοποιημένου θεματικού επιπέδου (Εικόνα 36). Κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής στο περιβάλλον του ArcGIS Experience Builder, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει η επιλογή δημιουργίας ξεχωριστού παραθύρου για το υπόμνημα. Ωστόσο επιλέχθηκε να ενσωματωθεί με τη μορφή που περιγράφηκε παραπάνω έτσι ώστε να γίνει εξοικονόμηση χώρου στην αρχική οθόνη και να υπάρχει δυνατότητα προσθήκης περισσότερων εργαλείων και πληροφοριών.



Εικόνα 36: Εργαλείο επιλογής θεματικών επιπέδων και προβολής υπομνήματος



Στη θέση που θα μπορούσε να τοποθετηθεί ένα ξεχωριστό παράθυρο για το υπόμνημα των θεματικών επιπέδων, επιλέχθηκε να τοποθετηθούν στατιστικά διαγράμματα που συνοδεύουν τη χαρτογραφική αναπαράσταση των μεταναστευτικών ροών. Αυτά τα διαγράμματα αλλάζουν ανάλογα με τις επιλογές που έχουν γίνει στο χρονικό φιλτράρισμα και το φιλτράρισμα αφετηρίας - προορισμού. Σε περίπτωση όπου η επιλογή του χρήστη δεν περιέχει δεδομένα, τα διαγράμματα εμφανίζουν το αποτέλεσμα της Εικόνας 37.



Εικόνα 37: Αποτέλεσμα παραθύρου στατιστικού διαγράμματος μετά από φιλτράρισμα χωρίς διαθέσιμα δεδομένα

### 6.2.3 Αναδυόμενα παράθυρα (pop-up windows)

Όλα τα θεματικά επίπεδα που περιέχονται στην εφαρμογή, διαθέτουν πεδία στα οποία καταγράφονται οι περιγραφικές τους πληροφορίες. Ορισμένες από αυτές σχετίζονται με την αναπαράσταση σημείων (συντεταγμένες x,y) καθώς και το σχεδιασμό των γεωμετριών των πολυγώνων. Αυτά δεν αφορούν τον αναγνώστη του χάρτη ωστόσο υπάρχουν και πεδία με χρήσιμες πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να προβληθούν μέσω της λειτουργίας των αναδυόμενων παραθύρων. Όταν επιλέγεται μια γεωμετρία από τα διανυσματικά δεδομένα ενός θεματικού επιπέδου, εμφανίζεται στην οθόνη ένα παράθυρο το οποίο περιέχει τις περιγραφικές πληροφορίες που κρίθηκαν χρήσιμες και έχουν επιλεγεί να εμφανίζονται. Το παράθυρο αυτό αλλάζει με την επιλογή ενός άλλου διανυσματικού στοιχείου και μπορεί να κλείσει κλικάροντας είτε έξω από κάποια γεωμετρία είτε στο σύμβολο «X» στην πάνω δεξιά γωνία του παραθύρου. Σημειώνεται ότι το αναδυόμενο παράθυρο ενδέχεται να περιέχει περισσότερες από μία καρτέλες, καθεμία από τις οποίες αντιστοιχεί σε ένα επιλεγμένο αντικείμενο του χάρτη. Κατά την επιλογή αντικειμένου με τον κέρσορα του υπολογιστή,

επιλέγονται όσα στοιχεία βρίσκονται κάτω από αυτόν και όχι μόνο όσα είναι στο «πάνω» θεματικό επίπεδο.

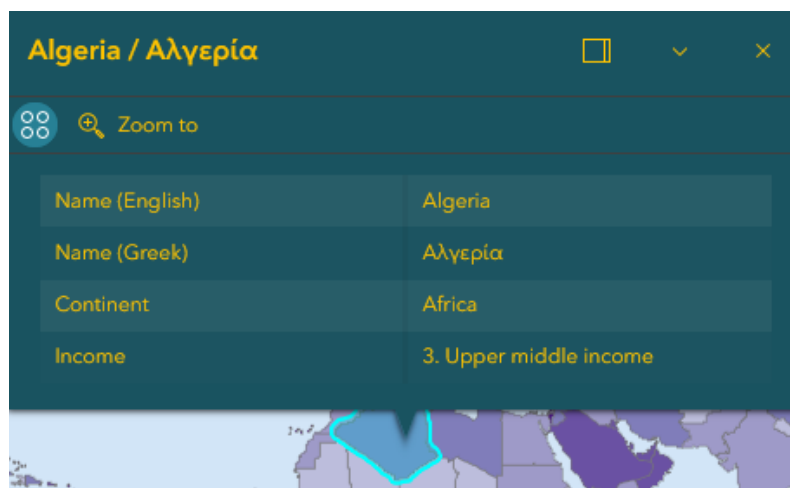
Συγκεκριμένα για τον κύριο χάρτη της εφαρμογής, η απόχρωση στο φόντο (background) του αναδυόμενου παραθύρου καθώς και στο κείμενο που περιέχεται σε αυτό έχει μορφοποιηθεί ώστε να συμβαδίζει με τις αποχρώσεις του περιβάλλοντος διεπαφής της εφαρμογής. Στις ένθετες χαρτογραφικές απεικονίσεις για το μεταναστευτικό απόθεμα, τα αναδυόμενα παράθυρα εμφανίζονται με την προεπιλογή που δίνεται από το ArcGIS Web Map. Μια διαφορετική μορφή αναδυόμενου παραθύρου εμφανίζεται στα στατιστικά διαγράμματα ράβδων. Κάθε ράβδος στα στατιστικά διαγράμματα αντιστοιχεί σε μια χώρα που αποτελεί αφετηρία ή προορισμό μεταναστευτικής ροής και φέρει την πληροφορία του μεγέθους της ροής αυτής. Εδώ ο χρήστης μπορεί να σύρει τον κέρσορα πάνω από μια μπάρα και να λάβει την πληροφορία με το όνομα της χώρας και το μέγεθος της ροής με όλα τα ψηφία. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 47, έχει επιλεγεί μια πιο συμπαγής απεικόνιση της αριθμητικής πληροφορίας (1K = 1000) στα στατιστικά διαγράμματα για την εξοικονόμηση χώρου στην οθόνη. Στις Εικόνες 38 έως και 46, παρουσιάζονται παραδείγματα από τα αναδυόμενα παράθυρα όλων των θεματικών επιπέδων της εφαρμογής.



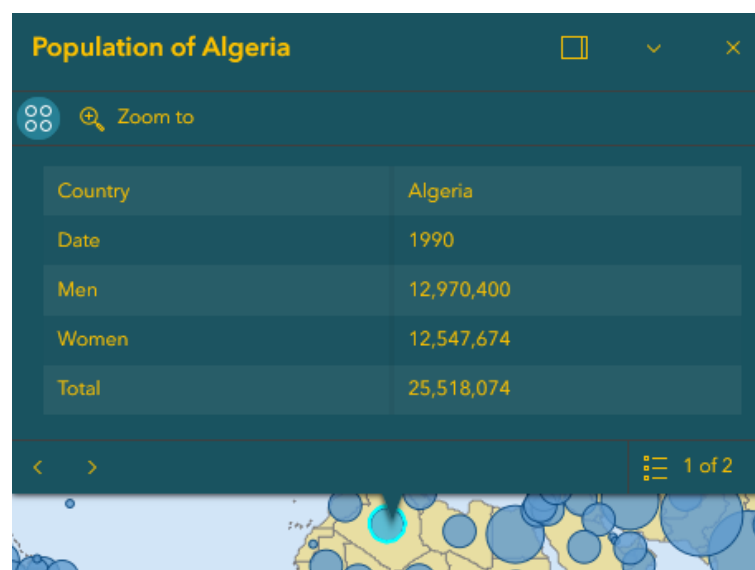
Εικόνα 38: Αναδυόμενο παράθυρο χαρτογραφικού υποβάθρου



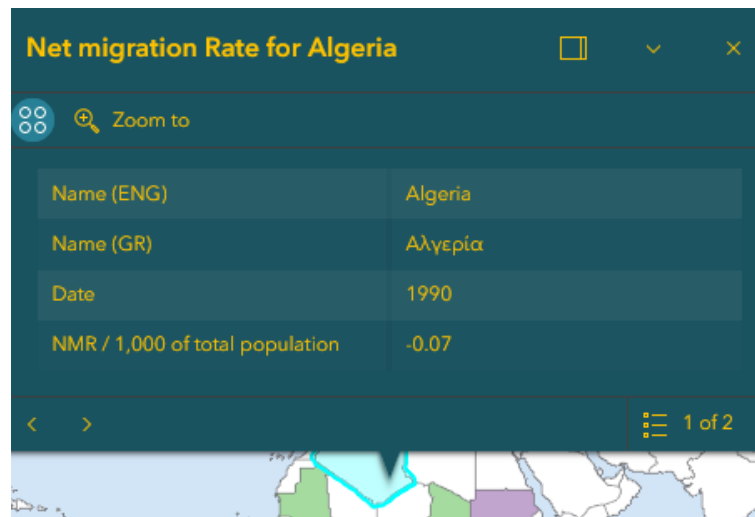
Εικόνα 39: Αναδύμενο παράθυρο χωροπληθούς χάρτη οικονομίας



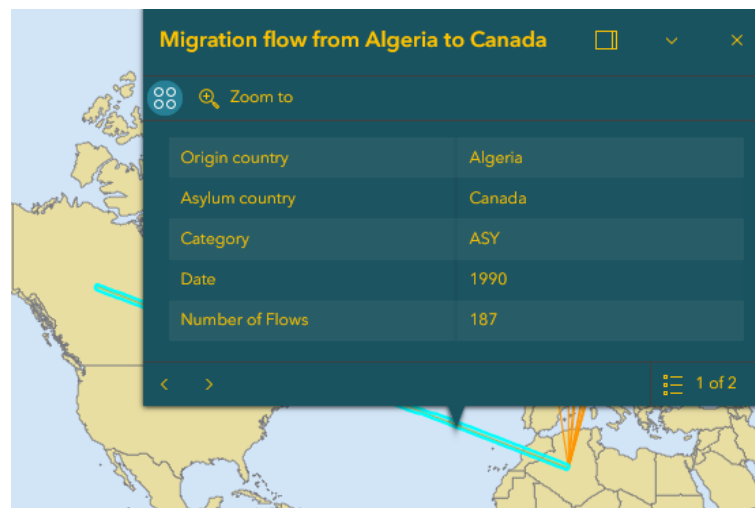
Εικόνα 40: Αναδύμενο παράθυρο χωροπληθούς χάρτη εισοδήματος



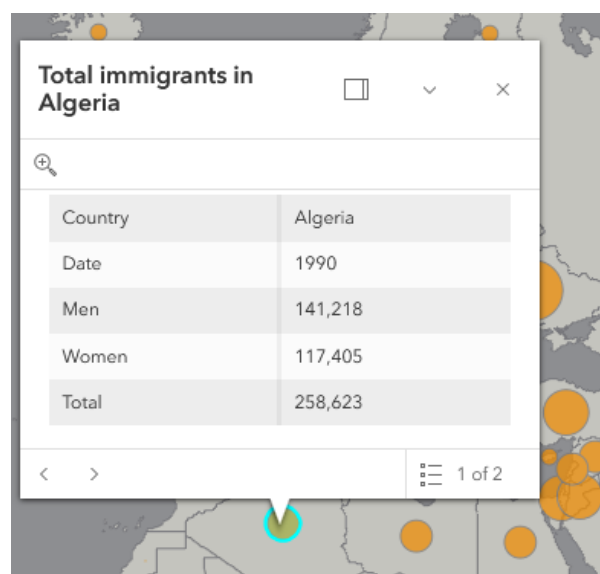
Εικόνα 41: Αναδύμενο παράθυρο χάρτη βαθμωτών συμβόλων συνολικού πληθυσμού



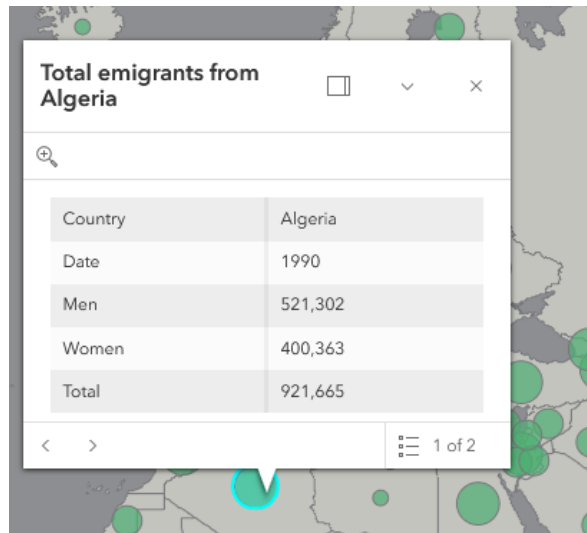
Εικόνα 42: Αναδύομενο παράθυρο χωροπληθούς χάρτη δείκτη καθαρής μετανάστευσης



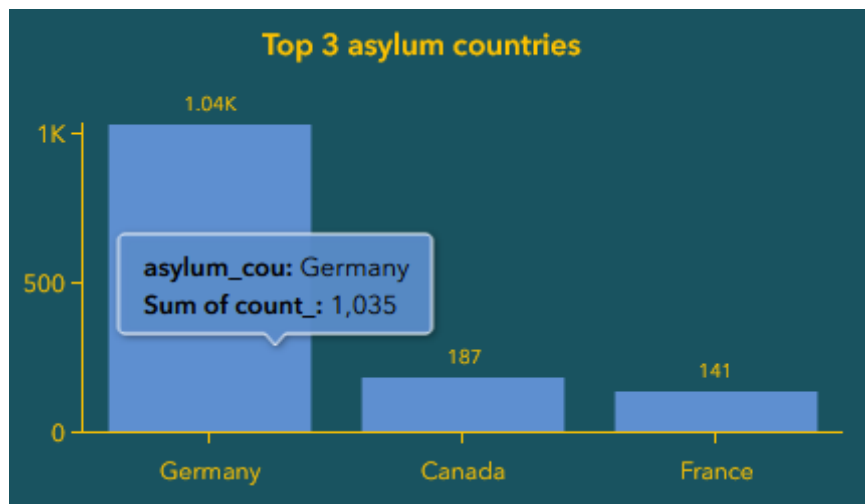
Εικόνα 43: Αναδύομενο παράθυρο χάρτη μεταναστευτικών ροών



Εικόνα 44: Αναδύομενο παράθυρο χάρτη βαθμωτών συμβόλων εισροών μεταναστευτικού αποθέματος



Εικόνα 45: Αναδύομενο παράθυρο χάρτη βαθμωτών συμβόλων εκροών μεταναστευτικού αποθέματος



Εικόνα 46: Αναδύομενο παράθυρο στατιστικού διαγράμματος

## 7 Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό καταγράφονται όλα τα συμπεράσματα που εξάγονται μέσα από την δημιουργία της παρούσας χαρτογραφικής εφαρμογής. Τα συμπεράσματα αυτά αφορούν στην καταγραφή των δυσκολιών που αντιμετωπίστηκαν καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησης της εφαρμογής, τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η εφαρμογή στην τελική της μορφή ενώ γίνεται αναφορά και στη λειτουργικότητά της. Στο τέλος παρατίθενται προτάσεις για βελτιώσεις με στόχο μια πληρέστερη καταγραφή του φαινομένου της μετανάστευσης αλλά και μια συνολικά καλύτερη εμπειρία για το χρήστη.

### 7.1 Αξιολόγηση εφαρμογής

#### 7.1.1 Τα προβλήματα και οι προκλήσεις στην ανάπτυξη της εφαρμογής

Σε όλη τη διαδρομή που διανύθηκε για την υλοποίηση της χαρτογραφικής εφαρμογής αντιμετωπίστηκαν προβλήματα και τεχνικές δυσκολίες στην προσπάθεια επίτευξης ενός αποτελέσματος που θα επιτυγχάνει στο μεγαλύτερο βαθμό τον αρχικό στόχο της εργασίας. Τα προβλήματα και οι προκλήσεις που εμφανίστηκαν σχετίζονται τόσο με την αναζήτηση και δημιουργία των κατάλληλων συνόλων δεδομένων όσο και με τον τρόπο που αυτά θα αποδίδονται οπτικά στην οθόνη σε ένα περιβάλλον διεπαφής με το χρήστη που θα είναι εύχρηστο και κατανοητό.

Το στάδιο αναζήτησης των κατάλληλων δεδομένων για την παρούσα εφαρμογή αποδείχθηκε ιδιαίτερα περίπλοκο και χρονοβόρο. Η παγκόσμια μετανάστευση αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα αναφορικά με την κατανομή του πληθυσμού στον πλανήτη. Η μεταβολή αυτής της κατανομής μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις τόσο για τις κοινωνικές όσο και για τις οικονομικές ισορροπίες των χωρών που εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα με τις μεταναστευτικές ροές. Παρ' όλα αυτά τα διαθέσιμα ανοιχτά δεδομένα σχετικά με την άμεση καταγραφή των μεταναστευτικών ροών είναι δυσεύρετα. Τα περισσότερα διαθέσιμα σύνολα δεδομένων αλλά και οι υπάρχουσες διαδικτυακές εφαρμογές, όπως η εφαρμογή που παρουσιάστηκε στην ενότητα 4.2, αναφέρονται σε δεδομένα μεταναστευτικού αποθέματος. Οι συγκεκριμένες τιμές όμως δεν δείχνουν το μέγεθος των ενεργών μεταναστευτικών ροών, αλλά ούτε και τα σημεία από το οποία ξεκινούν και κατευθύνονται αυτές οι ροές. Τα δεδομένα ροών

αναγκαστικής μετανάστευσης που χρησιμοποιήθηκαν τελικώς διαπιστώθηκε ότι αποτελούν ένα εξειδικευμένο σύνολο δεδομένων που καταγράφει μόνο όσους μετανάστες έχουν αναγνωριστεί ή δύναται να αναγνωριστούν ως πρόσφυγες από χώρες στις οποίες επικρατούν ιδιαίτερες συνθήκες. Είναι σαφές ότι ένα τέτοιο σύνολο δεδομένων δε συμπεριλαμβάνει για παράδειγμα τους οικονομικούς μετανάστες οι οποίοι μεταναστεύουν σε άλλη χώρα με στόχο την εύρεση καλύτερης εργασίας και καλύτερου επιπέδου διαβίωσης.

Ένα άλλο ζήτημα σχετικά με τα πρωτογενή δεδομένα αφορά στην αρχική τους επεξεργασία ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία οπτικοποιήσεων. Το σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν –πέραν του κύριου χαρτογραφικού υποβάθρου- αποτελείται από τρία ξεχωριστά αρχεία που σχετίζονται με τις μεταναστευτικές ροές, το μεταναστευτικό απόθεμα και το σύνολο των πληθυσμών ανά χώρα. Τα αρχεία αυτά εκτός από την βασική διαδικασία που έπρεπε να γίνει ώστε τα δεδομένα να αποκτήσουν χωρική αναφορά, έπρεπε να αναχθούν με βάση το διαχωρισμό των χωρών που υπάρχει στο κύριο χαρτογραφικό υπόβαθρο. Παρατηρήθηκε ότι δεν υπάρχει ταύτιση στην απαρίθμηση των χωρών σε δεδομένα που παρέχονται από διαφορετικούς φορείς και υπηρεσίες. Για παράδειγμα, η Σερβία και το Κόσοβο αποτελούν ξεχωριστές χώρες για τα δεδομένα του ΟΗΕ και της Ύπατης Αρμοστείας του ΟΗΕ για τους Πρόσφυγες ενώ στο χαρτογραφικό υπόβαθρο σχεδιάζονται ως ένα ενιαίο πολύγωνο και άρα μια ενιαία χώρα από τον οργανισμό «The World Bank». Ως γενικό συμπέρασμα συνάγεται ότι δημιουργούνται δυσκολίες στην ανάλυση δεδομένων που έχουν ως χωρικές μονάδες τα διοικητικά όρια χωρών και ιδιαίτερα σε βάθος χρόνου, εξαιτίας διαφωνιών σχετικά με την ανεξαρτησία κρατών και τον ορισμό καθολικά αποδεκτών συνόρων.

Εξαιτίας της γεωμετρικής κατανομής που εμφανίζεται τις περισσότερες φορές στα πληθυσμιακά δεδομένα, είναι δύσκολο να δημιουργηθούν οι κατάλληλες απεικονίσεις από αυτά. Στην περίπτωση της παρούσας χαρτογραφικής εφαρμογής, υπήρξαν προκλήσεις σχετικά με την εφαρμογή της καταλληλότερης ομαδοποίησης στα δεδομένα. Στις μεταναστευτικές ροές κρίθηκε ακατάλληλη η ομαδοποίηση με χρήση της γεωμετρικής ταξινόμησης καθώς αναδεικνύονταν με πολύ έντονο τρόπο, ροές οι οποίες είναι αρκετά μικρές αναλογικά με το εύρος τιμών του συγκεκριμένου συνόλου δεδομένων. Αντιθέτως, οι απεικονίσεις βαθμωτών συμβόλων για το μεταναστευτικό απόθεμα έχουν δημιουργηθεί κάνοντας χρήση γεωμετρικής ταξινόμησης, αφού αυτή η μέθοδος ομαδοποίησης διατηρεί περισσότερο τις αναλογίες στο μέγεθος του φαινομένου και αποδίδει ικανοποιητικά τα πραγματικά μεγέθη του μεταναστευτικού αποθέματος. Γενικά για την περίπτωση των ομαδοποιήσεων, φάνηκε ότι δεν υπάρχει ένας ιδανικός τρόπος με τον οποίο πρέπει να γίνει ο διαχωρισμός των δεδομένων αλλά

σχετίζεται κυρίως με το μήνυμα που θέλει να δώσει ο χαρτογράφος στον αναγνώστη των χαρτών. Σε αυτό το σημείο καλείται ο δημιουργός των χαρτών να χρησιμοποιήσει και την προσωπική του κρίση η οποία επηρεάζει αισθητά το τελικό αποτέλεσμα.

Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό πρόβλημα στην υλοποίηση της εφαρμογής αποτέλεσε η επιλογή της κατάλληλης πλατφόρμας και εργαλείων τα οποία θα εξυπηρετούν με τον καλύτερο τρόπο την φύση των δεδομένων ροής. Τα δεδομένα μεταναστευτικών ροών παράγουν απεικονίσεις με γραμμικά σύμβολα. Μια και μόνο ροή παγκόσμιας εμβέλειας μπορεί να εκτείνεται από τη μια πλευρά του χάρτη στην άλλη και αν το μέγεθος του φαινομένου για τη συγκεκριμένη ροή είναι μεγάλο, τότε η γραμμή θα έχει και μεγάλο πάχος ώστε να υποδεικνύεται το μέγεθος αυτό. Γίνεται αντιληπτό ότι είναι εύκολο να δημιουργηθεί σύγχυση σε ένα τέτοιο χάρτη εξαιτίας της οπτικής πολυπλοκότητας που δημιουργείται από την ταυτόχρονη προβολή πολλών ροών. Για αυτό το λόγο έπρεπε να γίνουν δοκιμαστικές οπτικοποιήσεις μέσω εναλλακτικών υπηρεσιών που παρέχουν παραγωγή οπτικοποιήσεων (π.χ. FlowmapBlue). Επίσης οι τεχνικές δυσκολίες σχετίζονται και με την επιλογή των εργαλείων διαδραστικότητας που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή. Το ArcGIS Experience Builder είναι μια πλατφόρμα που προσφέρει αρκετές δυνατότητες στο χαρτογράφο όσον αφορά στη διαμόρφωση του χάρτη αλλά και του περιβάλλοντος της εφαρμογής το οποίο χρησιμοποιείται για την αλληλεπίδραση με τα δεδομένα. Ωστόσο η παραμετροποίηση σε ορισμένα από αυτά τα εργαλεία (widgets) δεν είναι αρκετά ευέλικτη και επιδέχεται βελτιώσεις. Συνολικά, σε σχέση με το σχεδιασμό του περιβάλλοντος που φιλοξενεί την εφαρμογή, είναι σαφές ότι η δημιουργία ενός πλήρους αλλά ταυτόχρονα όχι ιδιαίτερα περίπλοκου για το χρήστη περιβάλλοντος διεπαφής αποτέλεσε πρόκληση.

### *7.1.2 Η Λειτουργικότητα*

Η έννοια της λειτουργικότητας για τη διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή σχετίζεται με τις δυνατότητες που αυτή προσφέρει και από ποιον αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν. Η μετανάστευση σε παγκόσμια κλίμακα αποτελεί ένα δυναμικό φαινόμενο το οποίο αφ' ενός έχει μεγάλη επίδραση στις περιοχές που επηρεάζει και αφ' ετέρου οι μεταβολές στις κατευθύνσεις και τις εντάσεις εμφανίζουν έντονη μεταβλητότητα κατά την πάροδο του χρόνου. Αυτό δίνει ιδιαίτερη αξία στη δημιουργία μιας χαρτογραφικής εφαρμογής η οποία ενσωματώνει εργαλεία που αλληλεπιδρούν με τη χρονική μεταβλητή των μεταναστευτικών ροών. Με την παραγωγή



χρονικών απεικονίσεων δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να διερευνήσει τη συμπεριφορά του φαινομένου μέσα στο διαθέσιμο χρονικό εύρος. Τα φαινόμενα κίνησης, όπως είναι και οι μεταναστευτικές ροές, είναι περίπλοκες δυναμικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται μέσα σε ένα πολυδιάστατο χωροχρονικό πλαίσιο (Somayeh & Noi, 2021).

Αυτό καθιστά χρήσιμα τα εργαλεία διάδρασης που περιέχονται στην παρούσα εφαρμογή. Ο χρήστης μπορεί να φιλτράρει τα δεδομένα στο χρόνο (timeslider) και στο χώρο (φίλτρα ανά αφετηρία και προορισμό) έχοντας τη δυνατότητα να παράξει έναν πολύ μεγάλο αριθμό διαφορετικών απεικονίσεων συνδυάζοντας αφετηρίες, προορισμούς και χρονικά διαστήματα στα οποία εκτυλίσσονται οι μεταναστευτικές ροές.

Ο χρόνος και ο χώρος στον οποίο συμβαίνουν οι αναγκαστικές μεταναστεύσεις πληθυσμών είναι δύο πολύ σημαντικές πτυχές στην εξερεύνηση του φαινομένου. Ωστόσο δεν είναι οι μοναδικοί που το επηρεάζουν. Τα θεματικά επίπεδα που έχουν ενσωματωθεί στην εφαρμογή σχετικά με την οικονομική και εισοδηματική κατάταξη των χωρών, δίνουν τη δυνατότητα της διερεύνησης ύπαρξης συσχέτισης των μεταναστευτικών ροών με οικονομικούς δείκτες. Βέβαια, οι συγκεκριμένες απεικονίσεις θα ήταν αρκετά χρησιμότερες εάν στα δεδομένα συμπεριλαμβάνονταν και ροές που σχετίζονται με οικονομικούς μετανάστες, όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 7.1.1.

Τα ετήσια δεδομένα συνολικού πληθυσμού των χωρών ίσως δεν είναι τόσο χρήσιμα για την εξερεύνηση της αναγκαστικής μετανάστευσης. Ωστόσο, η χρήση αυτών των τιμών για τον υπολογισμό του ετήσιου Δείκτη Καθαρής Μετανάστευσης (ΔΚΜ) είναι απαραίτητη. Ο ΔΚΜ κατά την παρατήρηση των απεικονίσεων που δημιουργήθηκαν για αυτόν αποδεικνύεται ικανός να υποδείξει το χώρο και το χρόνο όπου συμβαίνουν βίαιες μετακινήσεις πληθυσμών. Όπως θα δούμε και στην επόμενη ενότητα, κάποιες ιδιαίτερες πολιτικές και κοινωνικές συνθήκες οδηγούν σε τέτοιες μετακινήσεις και η συμπεριφορά των ροών σε αυτές τις περιπτώσεις παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Μέσω αυτού του χάρτη δίνεται η δυνατότητα να εντοπιστούν με ένα διαφορετικό τρόπο οι εντονότερες μεταναστευτικές ροές που έχουν λάβει χώρα μέσα στο διαθέσιμο χρονικό εύρος σε παγκόσμια κλίμακα.

Το μεταναστευτικό απόθεμα ως μέγεθος είναι το αποτέλεσμα των μεταναστευτικών ροών. Καταγράφει το σύνολο των μεταναστών που ζουν σε κάθε χώρα και οι αυξομειώσεις αυτού του μεγέθους μπορούν να σχετίζονται με διάφορους παράγοντες. Είναι λογικό σε μια χώρα με μεγάλο πληθυσμό και δυνατή οικονομία το μεταναστευτικό απόθεμα εισροών να είναι αρκετά υψηλό. Αντίστοιχα μια φτωχή χώρα με μεγάλο πληθυσμό και περιορισμένες ευκαιρίες

εργασίας, θα έχει μεγάλο μεταναστευτικό απόθεμα στις εκροές. Επίσης είναι αντιληπτό ότι μια συνεχώς αναπτυσσόμενη χώρα, είναι πιθανό να έχει διαρκώς αυξανόμενες εισροές μεταναστών οι οποίοι θα βρουν ένα καλό βιοτικό επίπεδο και θα επιλέξουν να μην επιστρέψουν ποτέ στην πατρίδα τους. Σε αυτή την περίπτωση το απόθεμα μεταναστών θα είναι διαρκώς αυξανόμενο. Μέσα από τη διερεύνηση των δεδομένων μεταναστευτικού αποθέματος, αποδεικνύεται ότι τα δεδομένα δε σχετίζονται μόνο με τις ίδιες τις ροές αλλά και με τη δυνατότητα μια χώρα να συντηρήσει αυτούς τους πληθυσμούς ή αντίστοιχα να τους «διώξει» εξαιτίας των κακών συνθηκών ζωής σε αυτήν. Υπό αυτό το πρίσμα, οι σχετικές απεικονίσεις δεν έχουν άμεση σύνδεση με τα δεδομένα μεταναστευτικών ροών της κύριας χαρτογραφικής εφαρμογής αλλά αποτυπώνουν μια άλλη οπτική του φαινομένου της μετανάστευσης. Γι' αυτό κρίθηκε ότι πρέπει να τοποθετηθούν σε ξεχωριστά παράθυρα στο περιβάλλον της εφαρμογής και να έχουν το ρόλο ένθετων χαρτών που συνοδεύουν το κύριο θέμα της εργασίας που είναι οι μεταναστευτικές ροές. Άλλος ένας λόγος για αυτή την επιλογή είναι ότι αυτά τα δεδομένα είναι καταγεγραμμένα ανά πενταετία και δε συμβαδίζουν χρονικά με τις υπόλοιπες πληροφορίες.

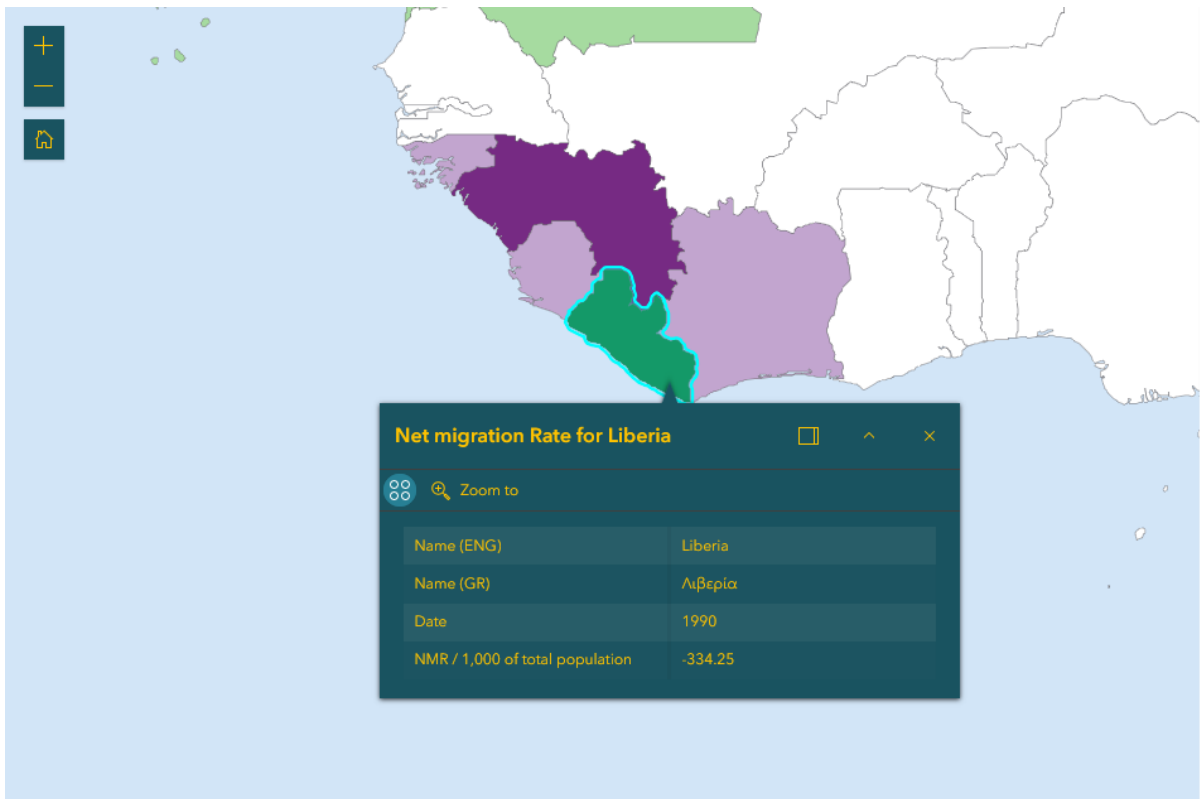
Όλα τα παραπάνω δε θα ήταν χρήσιμα και διαχειρίσιμα χωρίς τις διαδραστικές λειτουργίες της εφαρμογής. Οι εναλλαγές και η επίθεση θεματικών επιπέδων (overlay), το χρονικό και χωρικό φιλτράρισμα των μεταναστευτικών ροών, τα στατιστικά διαγράμματα, ακόμα και τα εργαλεία πλοήγησης στο χάρτη, είναι βασικά και αναπόσπαστα στοιχεία μιας χαρτογραφικής εφαρμογής που περιέχει δεδομένα σε παγκόσμια κλίμακα. Χωρίς την παρουσία αυτών των εργαλείων δε θα ήταν εφικτή η δυνατότητα δημιουργίας τόσων πολλών άμεσα συγκρίσιμων απεικονίσεων και ιδιαίτερα για ένα δυναμικό φαινόμενο, όπως η μετανάστευση, όπου έχει μεγάλη αξία η παρατήρηση των μεταβολών του στο χρόνο.

Η εφαρμογή απευθύνεται σε κάθε ενδιαφερόμενο που θέλει να ερευνήσει το φαινόμενο της μετανάστευσης, είτε αυτός είναι φυσικό πρόσωπο είτε κρατικός ή διεθνής οργανισμός. Η εφαρμογή υλοποιήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον που όμως δε στερείται σε δυνατότητες και στο οποίο ο οποιοσδήποτε μπορεί να πλοηγηθεί και να εξερευνήσει τα δεδομένα χωρίς να χρειάζεται εξειδικευμένες γνώσεις στην ανάγνωση χαρτών. Επίσης όλα τα περιεχόμενα της εφαρμογής έχουν γραφτεί στα αγγλικά εφόσον περιλαμβάνει δεδομένα τα οποία αφορούν και επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τους κατοίκους κάθε χώρας.

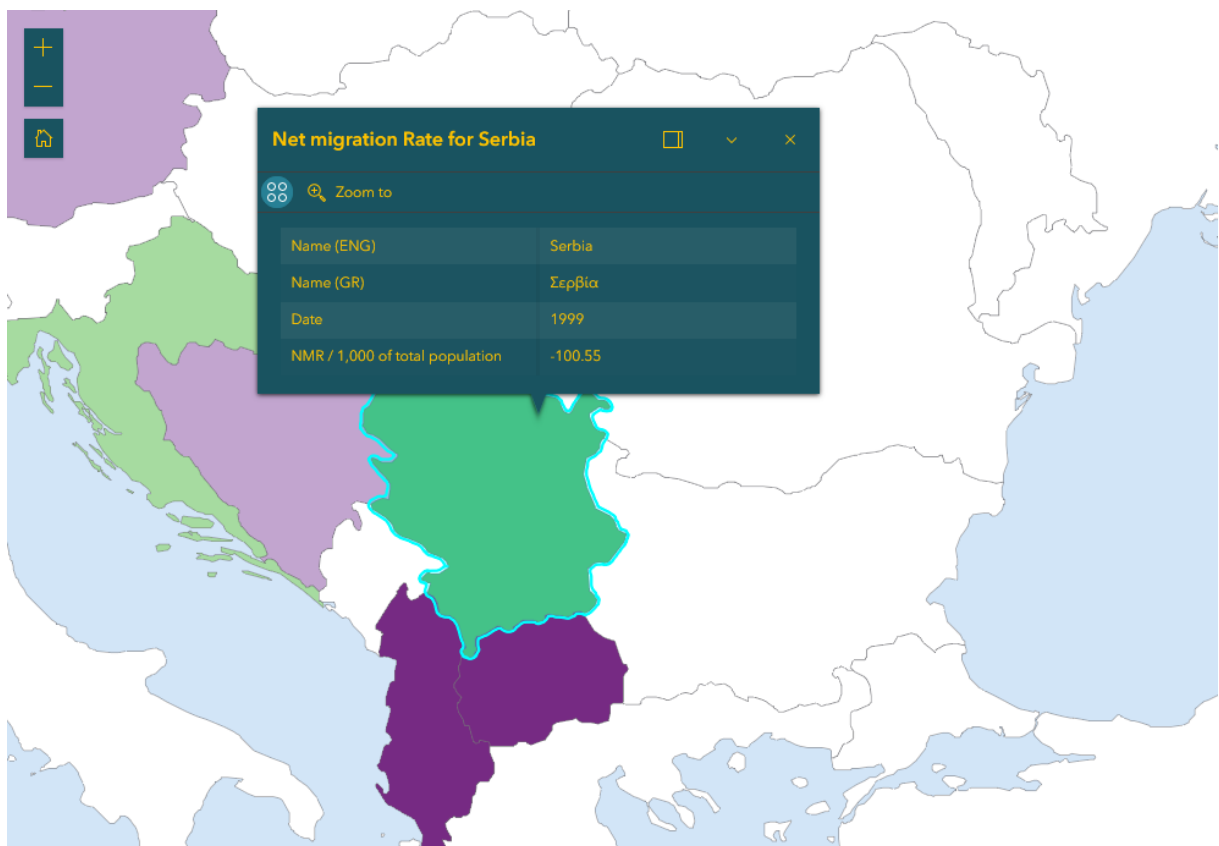
### 7.1.3 Το αντικείμενο της εφαρμογής

Το θέμα της εφαρμογής είναι η χαρτογράφηση των ροών αναγκαστικής μετανάστευσης. Οι ροές που σχεδιάζονται στο σύνολο των διαθέσιμων απεικονίσεων είναι πολλές σε αριθμό και ποικίλλουν σε μέγεθος το οποίο μεταβάλλεται με την παραμετροποίηση της αφετηρίας, του προορισμού και της χρονικής στιγμής. Συγκεκριμένα συμπεράσματα σχετικά με τη συμπεριφορά των μεταναστευτικών ροών είναι αδύνατον να απαριθμηθούν στο πλαίσιο αυτής της εργασίας και ενδεχομένως να αποτελούν αντικείμενο μιας μελέτης χωροχρονικής ανάλυσης.

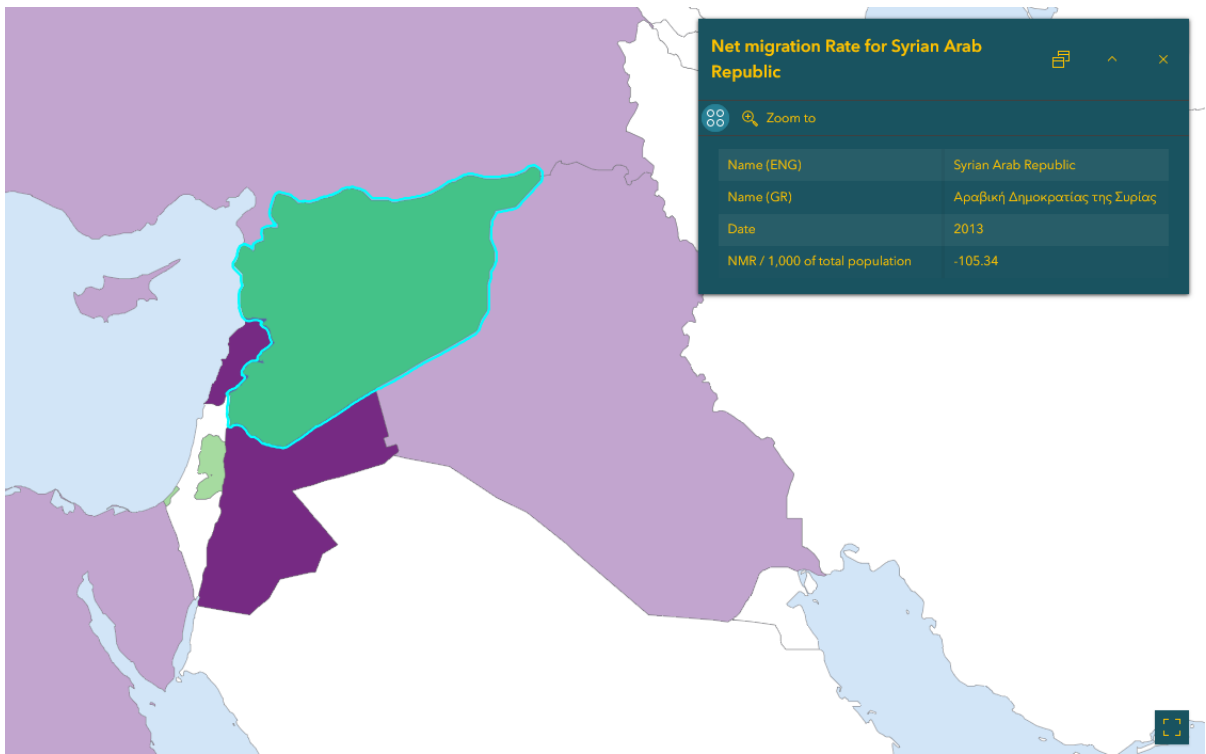
Ωστόσο όπως είναι λογικό, τα δεδομένα ροών αναγκαστικής μετανάστευσης σχετίζονται με προσφυγικές ροές οι οποίες δημιουργούνται εξαιτίας πολέμων, κοινωνικής βίας, πολιτικών αναταραχών και γενικότερα συνθήκες που απειλούν τις ζωές των ανθρώπων. Η άποψη αυτή τεκμηριώνεται από τα αποτελέσματα των απεικονίσεων και συγκεκριμένα αποτυπώνεται στους χωροπληθείς χάρτες του Δείκτη Καθαρής Μετανάστευσης. Ο χάρτης αυτός έχει δημιουργηθεί έτσι ώστε να αναδεικνύονται οι πιο ακραίες σε μέγεθος μεταναστευτικές ροές που εισέρχονται ή εξέρχονται από κάποια χώρα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Οι ροές αναγκαστικής μετανάστευσης, λόγω των συνθηκών που αναφέρθηκαν παραπάνω, εμφανίζουν ένα κοινό στοιχείο: μια χώρα παρουσιάζει απότομα μεγάλη αρνητική τιμή του ΔΚΜ και οι γειτονικές της μεγάλη θετική τιμή του ΔΚΜ. Αυτό υποδεικνύει τη βίαιη και μαζική μετακίνηση πληθυσμών σε μικρό χρονικό διάστημα από μια χώρα προς τον κοντινότερο ασφαλή προορισμό. Η έλλειψη επιλογών ως προς τον προορισμό στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα υπογραμμίζει και το βίαιο χαρακτήρα των συγκεκριμένων μετακινήσεων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτού του φαινομένου παρατηρούνται στα αποσπάσματα χάρτη που ακολουθούν.



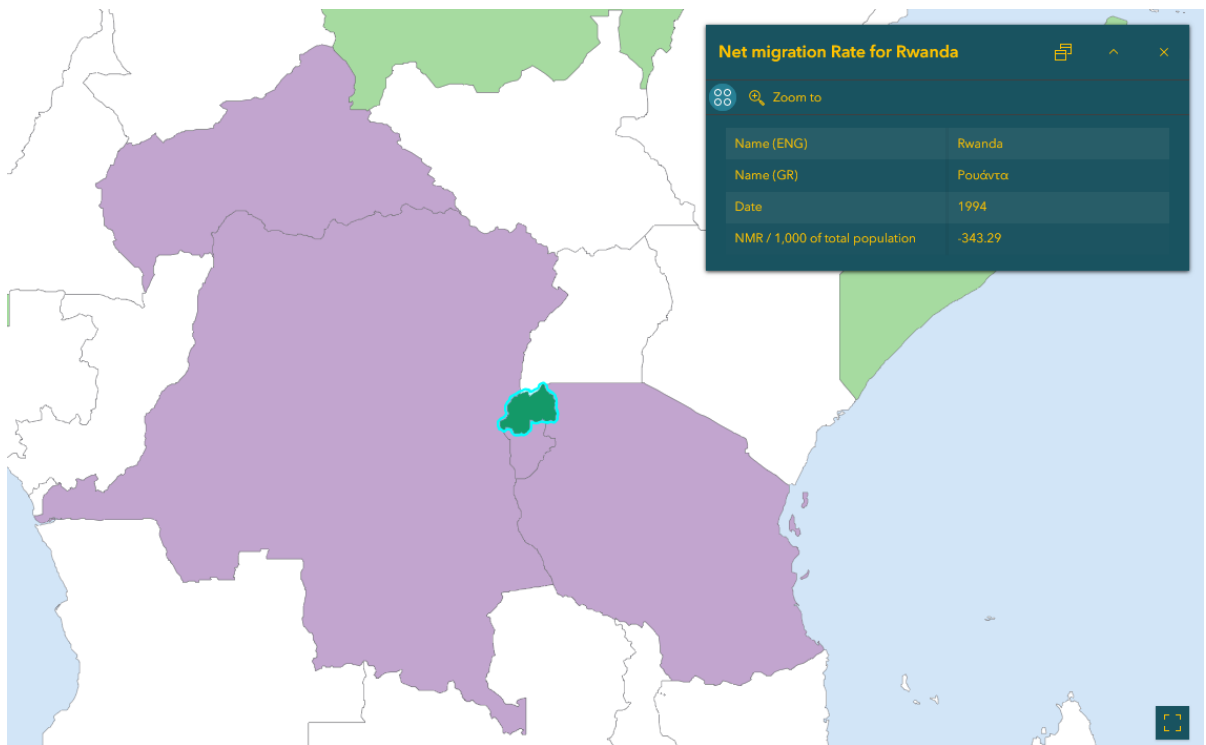
Χάρτης 9: Χωροπληθής απεικόνιση ΔΚΜ στην περιοχή της Λιβερίας (1990)



Χάρτης 10: Χωροπληθής απεικόνιση ΔΚΜ στην περιοχή Σερβίας - Κοσόβου (1999)



Χάρτης 11: Χωροπληθής απεικόνιση ΔΚΜ στην περιοχή της Συρίας (2013)



Χάρτης 12: Χωροπληθής απεικόνιση ΔΚΜ στην περιοχή της Ρουάντα (1994)

Στις όλες περιπτώσεις των Χαρτών 9 έως και 12, υπάρχει παρουσία πολεμικών συρράξεων και συγκρούσεων που οδήγησαν στη δημιουργία μαζικών μεταναστευτικών ροών από μια χώρα

προς τις γειτονικές. Στη Λιβερία το 1990 και τη Ρουάντα το 1994 πρόκειται για εμφύλιους πολέμους οι οποίοι αποσταθεροποίησαν την ασφάλεια στη χώρα και έτρεψαν πολλούς ανθρώπους σε φυγή (Χάρτες 9 & 11). Το 1999, η Σερβία βομβαρδίστηκε από το ΝΑΤΟ με σκοπό να σταματήσουν οι διαμάχες με τους Κοσσοβάρους και το σύνολο των συγκρούσεων οδήγησε πολλούς ανθρώπους να απομακρυνθούν από την εμπόλεμη χώρα (Χάρτης 10). Πιο πρόσφατο παράδειγμα που εντοπίζεται στα δεδομένα είναι οι πολεμικές συγκρούσεις στη Συρία που εκτόπισαν πολλές χιλιάδες ανθρώπων από ολόκληρη τη χώρα (Χάρτης 12). Και στις τέσσερις περιπτώσεις, μέσα από το αναδυόμενο παράθυρο της εφαρμογής παρατηρούνται τα μεγέθη του ΔΚΜ, ο οποίος στην εφαρμογή αναφέρεται με την αγγλική ορολογία Net Migration Rate (ή NMR / 1000 of total population). Η μικρότερη τιμή (-343,29) εμφανίζεται στην περίπτωση της Ρουάντα η οποία είναι και η ελάχιστη τιμή από όλο το σύνολο των δεδομένων. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι πρόκειται για μια χώρα με μικρό πληθυσμό και οι μεταναστευτικές ροές που προκύπτουν εκείνη την περίοδο είναι αναλογικά πολύ υψηλές σε σχέση με το σύνολο του πληθυσμού.

Σε γενικές γραμμές, μέσα από τις παραπάνω απεικονίσεις, επιβεβαιώνεται ένα αναμενόμενο αποτέλεσμα. Ωστόσο θα είχε ενδιαφέρον να προστεθούν στα δεδομένα όλων των ειδών οι μεταναστευτικές ροές και όχι μόνο όσες έχουν προκύψει από βίαιες καταστάσεις. Επίσης θα είχε αξία η καταγραφή της χώρας στην οποία καταλήγουν οι πληθυσμοί που μεταναστεύουν, μιας και τα δεδομένα στην παρούσα εργασία καταγράφουν ως προορισμό τη χώρα στην οποία οι μετανάστες αιτούνται άσυλο και ενδεχομένως αποχωρούν από αυτήν μετά από κάποιο διάστημα.

## 7.2 Προτάσεις βελτίωσης

Η τελευταία ενότητα του παρόντος κεφαλαίου αλλά και της εργασίας σχετίζεται με την καταγραφή ορισμένων παρεμβάσεων που προτείνονται και σχετίζονται με τα διαθέσιμα δεδομένα αλλά και με το σύνολο των εργαλείων που ενσωματώνονται στην εφαρμογή.

Σε ότι αφορά το σύνολο των δεδομένων που αξιοποιούνται για τη δημιουργία των χαρτογραφικών απεικονίσεων στην εφαρμογή, προτείνεται αρχικά η αφαίρεση της πληροφορίας που σχετίζεται με το μεταναστευτικό απόθεμα. Όπως διαπιστώθηκε κατά την υλοποίηση της εφαρμογής, το συγκεκριμένο μέγεθος δε μπορεί να συσχετιστεί με τις μεταναστευτικές ροές που είναι το κύριο θέμα της εργασίας, αφού με τα διαθέσιμα δεδομένα

δεν είναι δυνατό να αποτυπωθεί σωστά η συσχέτιση μεταξύ μεταναστευτικών ροών και αποθέματος. Αυτό ενδεχομένως να ήταν εφικτό εάν ήταν διαθέσιμες περισσότερες πληροφορίες που σχετίζονται με την παρακολούθηση της πορείας των μετακινούμενων πληθυσμών μετά την παροχή ασύλου ώστε να διαπιστωθεί ο τελικός προορισμός τους. Επιπλέον η έρευνα σχετικά με τις μεταναστευτικές ροές μπορεί να επεκταθεί προσθέτοντας δεδομένα παλαιότερων ετών αλλά και δεδομένα που δε σχετίζονται μόνο με εξαναγκασμένες προσφυγικές ροές αλλά με το σύνολο των μεταναστευτικών ροών ανεξάρτητα από την αιτία που τις προκαλεί.

Σχετικά με το περιβάλλον στο οποίο φιλοξενείται η εφαρμογή, διαπιστώθηκε ότι μερικά εργαλεία διαδραστικότητας στερούνται επιλογών μορφοποίησης για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος. Ένα από αυτά είναι το εργαλείο χρονικού φιλτραρίσματος (timeslider) για το οποίο δεν υπάρχει δυνατότητα απόκρυψης της ημερομηνίας και ώρας έτσι ώστε να αναγράφεται μόνο το έτος, αφού και στην παρούσα εφαρμογή η μόνη χρήσιμη χρονική πληροφορία είναι το έτος. Αυτό περιπλέκει την εφαρμογή χωρίς λόγο και ενδεχομένως δυσκολεύει την κατανόηση της δομής των δεδομένων από τον αναγνώστη του χάρτη, ο οποίος βέβαια μπορεί να βρει την πληροφορία αυτή σωστά καταγεγραμμένη μέσα στα αναδύομενα παράθυρα.

Επίσης, λόγω της πληθώρας των δεδομένων αναφορικά με τις διαθέσιμες αφετηρίες, τους προορισμούς και τις χρονικές στιγμές, θα ήταν χρήσιμη η δημιουργία περισσότερων στατιστικών γραφημάτων. Στην παρούσα εφαρμογή, ανάλογα με την επιλογή που έχει γίνει στις παραπάνω παραμέτρους (αφετηρία, προορισμός, χρόνος), σχεδιάζονται δύο ραβδογράμματα για τις τρεις χώρες με τη μέγιστη μεταναστευτική ροή εισόδου και εξόδου. Για παράδειγμα, κάποιος που θέλει να εξερευνήσει σχετικά με το τι συμβαίνει σε μια συγκεκριμένη χώρα, θα ήθελε να προβάλει ένα διάγραμμα για τις μεταναστευτικές ροές μόνο της χώρας αυτής κατά τη μεταβολή του χρόνου. Η παροχή στατιστικών διαγραμμάτων δίνει τη δυνατότητα εξερεύνησης ενός χωροχρονικού φαινομένου με μια διαφορετική προσέγγιση που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι περισσότερο χρήσιμη από έναν χάρτη ροής ή μια χωροπληθή απεικόνιση. Σε γενικές γραμμές, τα εργαλεία διαδραστικότητας και το συνολικό γραφιστικό περιβάλλον της εφαρμογής μπορούν να τροποποιηθούν ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται με στόχο τη δημιουργία μιας πιο εξατομικευμένης έκδοσης με συγκεκριμένες απαιτήσεις.

## Βιβλιογραφία

- Andrienko, Natalia & Andrienko, Gennady & Gatalsky, Peter. (2003). Exploratory Spatio-Temporal Visualization: An Analytical Review. *Journal of Visual Languages & Computing*. 14. 503-541. 10.1016/S1045-926X(03)00046-6.
- ArcGIS Documentation, ESRI, <https://doc.arcgis.com/en/> (Τελευταία ανάκτηση 15/02/2024)
- ArcGIS Online, ESRI, <https://www.arcgis.com/index.html> (Τελευταία ανάκτηση 15/02/2024)
- Bailey, A. J. (2001). [Review of *Worlds in Motion: Understanding International Migration at the End of the Millennium*, by D. S. Massey, J. Arango, G. Hugo, A. Kouaouci, A. Pellegrino, & J. E. Taylor]. *Economic Geography*, 77(3), 312–314. <https://doi.org/10.2307/3594080>
- Bernhard Jenny, Daniel M. Stephen, Ian Muehlenhaus, Brooke E. Marston, Ritesh Sharma, Eugene Zhang & Helen Jenny (2016): Design principles for origin-destination flow maps, *Cartography and Geographic Information Science*.
- BIXI Montréal, Ilya Boyandin, <https://www.flowmap.blue/> (Τελευταία ανάκτηση 15/02/2024)
- Boyandin, Ilya & Bertini, Enrico & Bak, Peter & Lalanne, Denis. (2011). Flowstrates: An Approach for Visual Exploration of Temporal Origin-Destination Data. *Comput. Graph. Forum*. 30. 971-980. 10.1111/j.1467-8659.2011.01946.x.
- Boyandin, Ilya & Bertini, Enrico & Lalanne, Denis. (2010). Using flow maps to explore migrations over time.
- Caglar Koylu, Geng Tian & Mary Windsor (2023) Flowmapper.org: a web-based framework for designing origin–destination flow maps, *Journal of Maps*, 19:1, DOI: 10.1080/17445647.2021.1996479
- Czaika, M., & de Haas, H. (2014). The Globalization of Migration: Has the World Become More Migratory? *The International Migration Review*, 48(2), 283–323. <http://www.jstor.org/stable/24542790>
- Colorbrewer 2.0, Cynthia Brewer, Mark Harrower and The Pennsylvania State University, <https://colorbrewer2.org/> (Τελευταία ανάκτηση 15/02/2024)



- D. Guo, "Flow Mapping and Multivariate Visualization of Large Spatial Interaction Data," in IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 15, no. 6, pp. 1041-1048, Nov.-Dec. 2009, doi: 10.1109/TVCG.2009.143.
- Fish, C. (2018). Spatiotemporal Representation. The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (4th Quarter 2018 Edition), John P. Wilson (Ed.). DOI: 10.22224/gistbok/2018.4.6
- Foster, M. (2019). Statistical Mapping (Enumeration, Normalization, Classification). The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (2nd Quarter 2019 Edition), John P. Wilson (Ed.). DOI: 10.22224/gistbok/2019.2.2
- Gennady Andrienko , Natalia Andrienko , Urska Demsar , Doris Dransch , Jason Dykes , Sara Irina Fabrikant , Mikael Jern , Menno-Jan Kraak , Heidrun Schumann & Christian Tominski (2010) Space, time and visual analytics, International Journal of Geographical Information Science, 24:10, 1577-1600, DOI: 10.1080/13658816.2010.508043
- Τσούλος, Λ., Σκοπελίτη, Α., & Στάμου, Λ. 2015. Χαρτογραφική σύνθεση και απόδοση σε ψηφιακό περιβάλλον [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]
- Golebiowska, I., Korycka-Skorupa, J., and Slomska-Przech, K. (2021). Common Thematic Map Types. The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (2nd Quarter 2021 Edition), John P. Wilson (ed.). DOI: 10.22224/gistbok/2021.2.7
- Goodchild, Michael. (2007). Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography. GeoJournal. 69. 211-221. 10.1007/s10708-007-9111-y.
- Griffin, A. (2021). Cartography and Science. The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (1st Quarter 2021 Edition), John P. Wilson (Ed.). DOI: 10.22224/gistbok/2021.1.93
- Jo Wood, Jason Dykes & Aidan Slingsby (2010) Visualisation of Origins, Destinations and Flows with OD Maps, The Cartographic Journal, 47:2, 117-129, DOI: 10.1179/000870410X12658023467367
- Ogneva-Himmelberger, Y., Haynes, M. Using space–time cube to analyze trends in adverse birth outcomes and maternal characteristics in Massachusetts, USA. GeoJournal 87, 2491–2504 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10708-021-10382-w>

- Peterson, Michael. (2007). 3 The Internet and Multimedia Cartography. Multimedia Cartography: Second Edition. 10.1007/978-3-540-36651-5\_3.
- Roth, R. E., 2013. Interactive maps: What we know and what we need to know. Journal of Spatial Information Science
- Shang, L., Xue, C., Lin, Y., Shao, J. (2020). Visual Representation Strategy of Flow Line in Flow Maps Visualization. In: Ahram, T., Karwowski, W., Pickl, S., Taiar, R. (eds) Human Systems Engineering and Design II. IHSED 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1026. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-27928-8\\_125](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27928-8_125)
- Shipmap, Kiln studio, <https://www.shipmap.org/> (Τελευταία ανάκτηση 15/02/2024)
- Smith, D.A. (2016). Online interactive thematic mapping: Applications and techniques for socio-economic research. Comput. Environ. Urban Syst., 57, 106-117.
- Somayeh Dodge & Evgeny Noi (2021) Mapping trajectories and flows: facilitating a human-centered approach to movement data analytics, Cartography and Geographic Information Science, 48:4, 353-375, DOI: 10.1080/15230406.2021.1913763
- Steiner, E. (2019). Flow Maps. The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (4th Quarter 2019 Edition), John P. Wilson (ed.). DOI: 10.22224/gistbok/2019.4.10
- Tennekes, Martijn & Chen, Min. (2021). Design Space of Origin-Destination Data Visualization. Computer Graphics Forum. 40. 323-334. 10.1111/cgf.14310.
- Thatcher, J. (2018). Cartography and Power. The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (1st Quarter 2018 Edition), John P. Wilson (ed). DOI: 10.22224/gistbok/2018.1.7
- The Refugee Project, Hyperakt και Ekene Ijeoma, <https://www.therefugeeproject.org/> (Τελευταία ανάκτηση 15/02/2024)
- UN Statistics Division: International Standard ISO 3166-1, Codes for the representation of names of countries and their subdivisions--Part 1: Country codes, ISO 3166-1: 2006 (E/F), International Organization on Standardization (Geneva, 2006) <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/> (Τελευταία ανάκτηση 15/02/2024)

- UNHCR Refugee Population Statistics Database, <https://www.unhcr.org/refugee-statistics/insights/explainers/forcibly-displaced-flow-data.html> (Τελευταία ανάκτηση 15/02/2024)
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2020). International Migrant Stock 2020, <https://www.un.org/development/desa/pd/content/international-migrant-stock> (Τελευταία ανάκτηση 15/02/2024)
- Windy, Windyty, <https://www.windy.com/> (Τελευταία ανάκτηση 15/02/2024)
- World Bank Open Data, <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0038272/World-Bank-Official-Boundaries> (Τελευταία ανάκτηση 15/02/2024)