



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
Τομέας Χαρτογραφίας

AmbientHealth: Διαδικτυακή Χαρτογραφική Εφαρμογή για την Απεικόνιση
Διαχρονικών Δεδομένων Υγείας και Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κατσαμά Ευαγγελία

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Κόκλα Μαργαρίτα,
Λέκτορας

Αθήνα
Ιούλιος 2020

Copyright @ Ευαγγελία Ι. Κατσαμά, 2020

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

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Χαρτογραφίας της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Η επιβλέπουσα καθηγήτρια της εργασίας ήταν η κα. Μαργαρίτα Κόκλα στην οποία επιθυμώ να απευθύνω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου για την ανάθεση του θέματος, το ενδιαφέρον και τον χρόνο που αφιέρωσε ακόμα και υπό τις δύσκολες, για όλους, συνθήκες που παρουσιάστηκαν τους τελευταίους μήνες. Η βοήθεια της ήταν καθοριστική σε όλα τα στάδια της εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Νίκο Τζελέπη για την αρωγή του σε τεχνικά ζητήματα τόσο με τον εργαστηριακό εξοπλισμό και τα λογισμικά που χρησιμοποίησα όσο και κατά τη δημιουργία των θεματικών απεικονίσεων. Ακόμα, ευχαριστώ τον Λουκά Κατίκα για τον χρόνο και την προθυμία του στην επίλυση αποριών και τεχνικών θεμάτων ιδιαίτερα σε ότι αφορά το λογισμικό QGIS και την αναζήτηση και προεπεξεργασία των δεδομένων.

Για τη φιλοξενία της εφαρμογής “AmbientHealth” στη διαδικτυακή σελίδα cybercarto.ntua.gr, ευχαριστώ τον κ. Μαρίνο Κάβουρα καθώς και τη Μαρία Μπεζεριάνου που ανέλαβε το τεχνικό μέρος της δημοσιοποίησης της εφαρμογής στην ιστοσελίδα.

Τέλος, ευχαριστώ όλους τους καθηγητές, τα μέλη του εργαστηρίου της Χαρτογραφίας και γενικότερα του τομέα Τοπογραφίας για τη συμβολή τους στην ολοκλήρωση των προπτυχιακών μου σπουδών.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την υλοποίηση μιας διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής. Το περιεχόμενο της εν λόγω εφαρμογής αποτελούν θεματικές απεικονίσεις που πλαισιώνονται από διαδραστικές λειτουργίες μετατρέποντας την εφαρμογή σε ένα προϊόν διαδικτυακής διαδραστικής θεματικής χαρτογράφησης. Το θέμα που πραγματεύονται οι απεικονίσεις της διαδικτυακής εφαρμογής τροφοδοτήθηκε από δύο πολυπαραγοντικά φαινόμενα της πραγματικής ζωής που αλληλοσυσχετίζονται και η χωρική αναφορά αυτών επιλέχθηκε να είναι η Ευρώπη. Το πρώτο φαινόμενο αφορά τη ρύπανση της ατμόσφαιρας και το δεύτερο τον υγειονομικό αντίκτυπο της ρύπανσης αυτής στη δημόσια υγεία. Η ανάγκη απεικόνισης των δύο φαινομένων με την ύπαρξη πολυάριθμων παραγόντων να σχετίζονται με αυτά οδήγησε στη δημιουργία μιας απεικόνισης σύγκρισης δύο θεματικών χαρτών. Η εφαρμογή, λοιπόν, απέκτησε τον τίτλο που περικλείει τις δύο έννοιες που αναπαριστά και έτσι παίρνει το όνομα “AmbientHealth”, που σε ελεύθερη ελληνική μετάφραση καλείται «Ατμοσφαιρική» (Ambient) Υγεία (Health). Η χαρτογραφική διαδραστικότητα είναι ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των διαδικτυακών χαρτών που δημιουργήθηκαν και μαζί με πρόσθετα στατιστικά διαγράμματα προστέθηκαν για να προσδώσουν λειτουργικό χαρακτήρα στην εφαρμογή, να αποτελέσουν βοηθητικές λειτουργίες για τη σύγκριση των χαρτών που την αποτελούν καθώς και να πληροφορούν τον χρήστη για όσο το δυνατόν περισσότερους σχετιζόμενους παράγοντες. Η διαδικτυακή πλατφόρμα Mapbox ήταν το βασικότερο εργαλείο για την πρακτική υλοποίηση της εφαρμογής και της διαχείρισης των γεωχωρικών δεδομένων που αντιπροσωπεύουν τα δύο φαινόμενα. Γενικά, για την πρακτική δημιουργία της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν λογισμικά και εργαλεία ανοιχτού κώδικα καθώς και πλατφόρμες και βιβλιοθήκες αποθήκευσης και οπτικοποίησης γεωχωρικών δεδομένων που παρέχουν ελεύθερες για τον χρήστη δυνατότητες.

Λέξεις - κλειδιά: Διαδραστική θεματική χαρτογράφηση, Διαδικτυακή εφαρμογή, Σύγκριση χαρτών, Ατμοσφαιρική ρύπανση, Δημόσια υγεία, AmbientHealth, Mapbox.

Abstract

The main goal of this thesis is to create a web cartographic application. This application contains interactive thematic maps thus contributing to the ever-expanding field of online interactive thematic mapping. The theme of the cartographic application derives from the comparison of two multifactorial phenomena. Europe was selected as the geographic reference of these phenomena. The first phenomenon describes the air pollution and the second describes the burden of disease due to this environmental problem. The type of the cartographic visualization is a comparison of two maps, that shows the correlation and almost all their aspects to the user. The application is entitled “AmbientHealth” which contains the two meanings of maps, environment and health. The application’s functionality is defined by its cartographic interactivity that contribute to the comparison of the two phenomena. In addition to the cartographic interactivity, the extra statistical diagrams assist the attempt to inform the user for the most significant aspects of the phenomena. The web platform Mapbox, is used as the main tool for storing and visualizing the geospatial data. All in all, the implementation of the application is based on free and open-source tools and software including the platforms and programming libraries that were used for manipulating geospatial data.

Key - words: Interactive thematic mapping, Web application, Map comparison, Air pollution, Burden of disease, AmbientHealth, Mapbox.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Θεματική Χαρτογραφία	4
1.1. Θεματική Χαρτογραφία και Οπτικοποίηση	4
1.2. Θεματικές Απεικονίσεις	7
1.2.1. Χωροπληθής απεικόνιση	9
1.2.1.1. Η Απεικόνιση	9
1.2.1.2. Ομαδοποίηση των Δεδομένων στους Χωροπληθής Χάρτες	11
1.2.2. Δασυμετρική Απεικόνιση	13
1.2.3. Ισαριθμική Απεικόνιση	15
1.2.4. Απεικόνιση Σημειακών Συμβόλων	18
1.2.5. Χαρτόγραμμα	19
1.2.6. Χάρτης Κουκκίδων	21
1.3. Συσχέτιση Χωρικών Φαινομένων	25
1.3.1 Σύγκριση Χαρτών και Πολυμεταβλητές Απεικονίσεις	25
1.3.2. Ομαδοποίηση Δεδομένων στη Σύγκριση Χαρτών	28
1.4. Χωροχρονικές Απεικονίσεις	29
Κεφάλαιο 2: Θεματική χαρτογραφία στο διαδίκτυο	34
2.1. Χαρτογραφία και Διαδίκτυο	34
2.1.1. Κατηγοριοποίηση διαδικτυακών χαρτών	35
2.1.2. Αρχιτεκτονική και Τεχνολογίες Συστήματος	37
2.1.3. Αξιολόγηση	38
2.2. Θεματική Χαρτογραφία και Διαδίκτυο	39
2.2.1. Τεχνολογίες Χαρτογράφησης	39
2.2.2. Στάδια δημιουργίας Διαδικτυακών Θεματικών Χαρτών	41
2.2.3. Προσεγγίσεις Διαδικτυακής Θεματικής Χαρτογράφησης	41
2.3. Διαδραστικές θεματικές απεικονίσεις	44
2.3.1. Χαρτογραφική Διαδραστικότητα	44
2.3.2. Λειτουργίες Διαδραστικότητας	48
Κεφάλαιο 3: Παραδείγματα διαδικτυακών εφαρμογών με θεματικούς διαδραστικούς χάρτες	50
3.1. Παρουσίαση εφαρμογών	50
3.1.1. “World Population Density”	50
3.1.2. “World Air Map”	52

3.1.3. “Illinois Public Health Community Map”	54
3.1.4. “The Environment and Health Atlas”	55
3.2. Συνολική Ανάλυση.....	57
Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογής.....	59
4.1. Η εφαρμογή: Θέμα, Σκοπός, Δυνατότητες	59
4.1.1. Θέμα: Ατμοσφαιρική ρύπανση και ασθένειες.....	59
4.1.2. Σκοπός εφαρμογής.....	61
4.1.3. Αρχιτεκτονική εφαρμογής.....	62
4.2. Εργαλεία υλοποίησης.....	63
4.2.1. Quantum GIS (QGIS).....	64
4.2.2. Notepad++	66
4.2.3. HTML, CSS, JavaScript	66
4.2.4. Mapbox, Mapbox GL JS	68
4.2.5. Tippecanoe.....	72
4.2.6. D3	73
4.3. Χαρτογραφικά Δεδομένα.....	74
4.3.1.Αναζήτηση και Επιλογή Δεδομένων	75
4.3.2. Προεπεξεργασία	78
4.3.2.1. Δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	78
4.3.2.2. Δεδομένα υγείας	79
4.3.3. Ομαδοποίηση δεδομένων υγείας	80
4.3.4. Μεταφόρτωση δεδομένων	87
4.4. Οι Θεματικές Απεικονίσεις της εφαρμογής	88
4.4.1. Χαρτογραφικό υπόβαθρο	88
4.4.2. Απεικονίσεις και Συμβολισμός.....	91
4.5. Απεικόνιση στατιστικού διαγράμματος	97
4.6. Διαδραστικές λειτουργίες οπτικοποιήσεων	98
Κεφάλαιο 5: Παρουσίαση εφαρμογής.....	105
5.1. Αρχική οθόνη	105
5.2. Τα μενού ελέγχου.....	106
5.3. Αναδυόμενα παράθυρα	108
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα	110

6.1. Αξιολόγηση εφαρμογής	110
6.1.1. Εργαλεία Υλοποίησης και Συλλογή Δεδομένων	110
6.1.2. Λειτουργικότητα.....	112
6.1.3. Θεματολογία Εφαρμογής	114
6.2. Προτάσεις βελτίωσης.....	116
Βιβλιογραφία	118

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1. Χάρτης γενικής αναφοράς, «Χάρτης της Ελλάδος» (πηγή: Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).....	4
Εικόνα 1.2. Θεματικός χάρτης αναλογικών συμβόλων με τα στοιχεία του COVID-19 – Κρούσματα, θάνατοι και πρόσθετες πληροφορίες σε παγκόσμιο επίπεδο (πηγή: ESRI, https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6).....	5
Εικόνα 1.3. Ο χαρτογραφικός κύβος του MacEachren (Ιδία επεξεργασία)	6
Εικόνα 1.4. Χωροπληθής απεικόνιση της πληθυσμιακής πυκνότητας των ΗΠΑ (πηγή: Mapbox, https://docs.mapbox.com/help/demos/choropleth-studio-gl/demo-five.html).....	10
Εικόνα 1.5. Δασυμετρική απεικόνιση της πληθυσμιακής πυκνότητας από την παγκόσμιας κλίμακας εφαρμογή “World Population Density” (2015) (πηγή: http://luminocity3d.org/WorldPopDen/#3/12.00/10.00/)	14
Εικόνα 1.6. Ισαριθμική απεικόνιση της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης διοξειδίου του αζώτου (Μεγάλη Βρετανία, 2001) (πηγή: http://www.envhealthatlas.co.uk/eha/environmental/NO2/) ..	17
Εικόνα 1.7. Χαρτόγραμμα με θέμα τους θανάτους από με τον ιό COVID-19 σε παγκόσμια κλίμακα (πηγή: https://worldmapper.org/maps/covid-19-coronavirus-deaths/)	20
Εικόνα 1.8. Χάρτης αναφοράς του χαρτογράμματος της Εικόνας 1.7 (πηγή: https://worldmapper.org/maps/covid-19-coronavirus-deaths/).....	20
Εικόνα 1.9. Χάρτης κουκίδων των μεταναστών στην Νέα Υόρκη (πηγή: https://www.citylab.com/life/2015/09/a-colorful-dot-map-of-americas-immigrants/403849/) ...	22
Εικόνα 1.10. Χάρτης ροής εναέριας κυκλοφορίας μεταξύ δύο διεθνών αεροδρομίων (Ρώμης και Κίνας) (πηγή: http://flightroutes.geographica.gs/).....	24
Εικόνα 1.11. Διαδραστική εφαρμογή σύγκριση τριών μεταβλητών σε διαφορετικούς χωροπληθείς χάρτες με θέμα τους παράγοντες κινδύνου των γεννήσεων (πηγή: http://www.mappinghealth.com/childbirth/maps.html)	26
Εικόνα 1.12: Απόσπασμα από την animated χωροχρονική αναπαράσταση της κίνησης στις συγκοινωνίες του Λονδίνου (πηγή: https://www.youtube.com/watch?v=QQV3UHsZ_u4)	32
Εικόνα 1.13: Λογισμικό GeoViz που δημιουργεί απεικονίσεις υψηλής διαδραστικής γραφικής ανάλυσης (πηγή: https://gistbok.ucgis.org/bok-topics/spatiotemporal-representation)	33
Εικόνα 2.1. Αρχιτεκτονική διαδικτυακής εφαρμογής (πηγή: Σκοπελίτη 2018-19).....	38
Εικόνα 2.2. Αναπαράσταση των χαρτογραφικών πινακίδων (πηγή: Τσούλος κ.ά., 2015)	40
Εικόνα 2.3. Το μοντέλο της χαρτογραφικής διαδραστικότητας με όλες τις πλευρές που συμμετέχουν σε αυτήν, του χρήστη, την τεχνολογική και της διεπαφής. (πηγή: Roth 2013).....	46
Εικόνα 3.1: Το περιβάλλον απεικόνισης και αλληλεπίδρασης της εφαρμογής “World Population Density” (πηγή: http://luminocity3d.org/WorldPopDen/#3/12.00/10.00/).....	51

Εικόνα 3.2: Το περιβάλλον της εφαρμογής “World Air Map” (πηγή: https://air.plumelabs.com/en/)	53
Εικόνα 3.3: Η εφαρμογή “Illinois Public Health Community Map” (πηγή: http://map-idph-ipro-org.bitnamiapp.com/)	54
Εικόνα 3.4: Η εφαρμογή “The Environment and Health Atlas” σε μια από τις χωροπληθείς απεικονίσεις της με θέμα τον Καρκίνο του Πνεύμονα για το γυναικείο φύλο. (πηγή: http://www.envhealthatlas.co.uk/homepage/gotoatlas.html)	56
Εικόνα 4.1. Προσχέδιο της εφαρμογής (Ιδία επεξεργασία)	63
Εικόνες 4.2 και 4.3: Κωδικοποίηση της γεωμετρίας πολυγώνων σε διανυσματικές χαρτογραφικές πινακίδες (πηγή: https://docs.mapbox.com/vector-tiles/specification/)	70
Εικόνες 4.4 και 4.5: Ιστογράμματα των μεθόδων ίσων διαστημάτων (equal intervals) και φυσικών ορίων (natural breaks – Jenks) για το επίπεδο των δεδομένων της ασθένειας «Ασθένειες κατώτερου αναπνευστικού συστήματος» και τις τιμές των θανάτων	82
Εικόνες 4.6 και 4.7: Ιστογράμματα των μεθόδων παραμέτρων κανονικής κατανομής – τυπικής απόκλισης (standard deviation) και κανονικής τμηματοποίησης (quantiles) για το επίπεδο των δεδομένων της ασθένειας «Ασθένειες κατώτερου αναπνευστικού συστήματος» και τιμές των θανάτων	82
Εικόνες 4.8 και 4.9: Ιστογράμματα της μεθόδου κανονικής τμηματοποίησης (quantiles) για το επίπεδο των δεδομένων της ασθένειας «Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια» και τις τιμές των θανάτων και των DALYs, αριστερά και δεξιά αντίστοιχα	83
Εικόνες 4.10 και 4.11: Ιστογράμματα της μεθόδου κανονικής τμηματοποίησης (quantiles) για το επίπεδο των δεδομένων της ασθένειας «Ισχαιμική καρδιοπάθεια» και τις τιμές των θανάτων και των DALYs, αριστερά και δεξιά αντίστοιχα	83
Εικόνες 4.12 και 4.13: Ιστογράμματα της μεθόδου κανονικής τμηματοποίησης (quantiles) για το επίπεδο των δεδομένων της ασθένειας «Καρκίνος της τραχείας, των βρόγχων και των πνευμόνων» και τις τιμές των θανάτων και των DALYs, αριστερά και δεξιά αντίστοιχα	84
Εικόνες 4.14 και 4.15: Ιστογράμματα της μεθόδου κανονικής τμηματοποίησης (quantiles) για το επίπεδο των δεδομένων της ασθένειας «Εγκεφαλικό επεισόδιο» και τις τιμές των θανάτων και των DALYs, αριστερά και δεξιά αντίστοιχα	84
Εικόνες 4.16, 4.17 και 4.18: Χωροπληθείς απεικονίσεις της αναλογίας των DALYs ανά 100,000 κατοίκους για την ασθένεια του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος με 5,6 και 7 ομάδες αντίστοιχα	85
Εικόνες 4.19, 4.20 και 4.21: Χωροπληθείς απεικονίσεις της αναλογίας των θανάτων ανά 100,000 κατοίκους για την ασθένεια του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος με 5,6 και 7 ομάδες αντίστοιχα	86
Εικόνα 4.22. Το περιβάλλον cloud service του Mapbox Studio Tilesets (Ιδία επεξεργασία)	88
Εικόνα 4.23. Τα πρότυπα styles του Mapbox (πηγή: https://studio.mapbox.com/)	89
Εικόνα 4.24. Το περιβάλλον του Mapbox Studio Styles (Ιδία επεξεργασία)	90

Εικόνα 4.25. Το περιβάλλον του Marbox Studio Styles Editor στο style “ultra” που αποτέλεσε το τελικό υπόβαθρο της χαρτογραφικής εφαρμογής. (Ίδια επεξεργασία).....	90
Εικόνα 4.26. Απόσπασμα του κώδικα JavaScript που περιλαμβάνει την Marbox Access Token και τις αρχικοποιήσεις των δύο κοινών υποβάθρων στην ιστοσελίδα.	91
Εικόνα 4.27: Απόσπασμα από τον κώδικα JavaScript όπου φαίνεται η προσθήκη της πηγής και του θεματικού επιπέδου για τη μέση ετήσια συγκέντρωση PM10 ενδεικτικά για το έτος 2005 μαζί με τον συμβολισμό του.	93
Εικόνα 4.28: Απόσπασμα οθόνης από το βοηθητικό εργαλείο “Chroma.js Color Palette Helper” με την τελική επιλογή χρωμάτων για τα δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. (πηγή: https://gka.github.io/palettes/#/7 d ffffd2,fcd68d,e9af6e,d18a63 b56663,954369,711e72 1 1)....	94
Εικόνα 4.29. Απόσπασμα από τον κώδικα JavaScript όπου φαίνεται η προσθήκη της πηγής και του θεματικού επιπέδου για την ασθένεια «Ισχαιμική καρδιοπάθεια» μαζί με τον συμβολισμό του.	95
Εικόνες 4.30 και 4.31: Οι απεικονίσεις του χωροπληθή και του ισαριθμικού χάρτη αντίστοιχα όπως φαίνονται ενδεικτικά μετά τον συμβολισμό.	96
Εικόνα 4.32: Απόσπασμα οθόνης από το βοηθητικό εργαλείο “Chroma.js Color Palette Helper” με την τελική επιλογή χρωμάτων για τα δεδομένα υγείας. (πηγή: https://gka.github.io/palettes/#/6 s e9daaf,a77168,792c3d ffffe0,ff005e,93003a 1 1)	96
Εικόνα 4.33: Το διάγραμμα μπαρών ενδεικτικά για την ασθένεια «Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια» και για τη μέτρηση σε θανάτους ανά 100,000 κατοίκους.	98
Εικόνα 4.34: Απόσπασμα κώδικα JavaScript για τη διαδραστική λειτουργία αλλαγής των θεματικών επιπέδων των ασθενειών του χάρτη 1.....	101
Εικόνα 4.35: Τα φίλτρα που εφαρμόστηκαν στα δεδομένα υγείας. Τα φίλτρα του χρόνου (“filterYear”) και της μέτρησης (“filterMeasure”) είναι αυτά που θα αλλάζουν για χάρη των διαδραστικών λειτουργιών.....	101
Εικόνα 4.36: Αλλαγή του τύπου μέτρησης των ασθενειών με το αποτέλεσμα από το συγκεκριμένο απόσπασμα κώδικα να είναι ορατό στα θεματικά επίπεδα των ασθενειών.....	102
Εικόνα 4.37: Αλλαγή της μπάρας του χρόνου (timeslider) για τα θεματικά επίπεδα των ασθενειών και ταυτόχρονη αλλαγή του κειμένου του έτους στο HTML στοιχείο.....	102
Εικόνα 4.38: Η αλλαγή του θεματικού επιπέδου του χάρτη 2 βάσει του χρόνου.	103
Εικόνα 4.39: Η δημιουργία αναδυόμενου παραθύρου με το κλικ επάνω σε κάθε πολυγωνική οντότητα των θεματικών επιπέδων του χάρτη 2.....	103
Εικόνα 4.40: Ο κώδικας εμφάνισης και απόκρυψης του διαγράμματος.	103
Εικόνα 5.2: Η οθόνη της εφαρμογής μετά την ενεργοποίηση του διαγράμματος με το κλικ στην επιλογή “Additional Risk Factors”.	106
Εικόνες 5.3 και 5.4: Τα μενού ελέγχου των δύο χαρτών στην αρχική τους κατάσταση.	107
Εικόνα 5.5: Αναδυόμενα παράθυρα με το κλικ επάνω σε κάποια περιοχή των δύο χαρτών.	108

Εικόνα 5.6: Αναδυόμενο παράθυρο με την επαφή του κέρσορα του ποντικιού επάνω στις ράβδους του διαγράμματος.	109
Εικόνα 5.7: Η εφαρμογή μετά από κάθε δυνατή αλλαγή από τον χρήστη. Απεικονίζονται τα DALYs για το έτος 2015 της ασθένειας «Εγκεφαλικό επεισόδιο» σε συνδυασμό με τη ρύπανση των PM10 για το έτος 2010. Είναι ενεργοποιημένο το διάγραμμα και τα τρία αναδυόμενα παράθυρα.	109
Εικόνα 6.1: Απεικόνιση της ασθένειας «Ισχαιμικό καρδιακό επεισόδιο» με τους θανάτους (2005) σε σύγκριση με την συγκέντρωση PM10 (2005).	114
Εικόνα 6.2: Απεικόνιση της ασθένειας «Ισχαιμικό καρδιακό επεισόδιο» με τους θανάτους (2017) σε σύγκριση με την συγκέντρωση PM10 (2013).	115

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1. Προσεγγίσεις θεματικής διαδικτυακής χαρτογράφησης (Smith, 2016).....	43
Πίνακας 3.1. Κατάταξη λειτουργιών εφαρμογών.....	58
Πίνακας 4.1: Όλες οι διαδραστικές λειτουργίες της απεικόνισης ως προς την πηγή από την οποία προέρχονται και ως προς τα στοιχεία που μεταβάλλουν.	99

Εισαγωγή

Η θεματική χαρτογραφία είναι ένα πεδίο που ακολούθησε την τεχνολογική πρόοδο των τελευταίων χρόνων. Η εξέλιξη της διαδικτυακής χαρτογράφησης (web mapping) δεν αγνόησε την ύπαρξη θεματικών χαρτών δίνοντας τη δυνατότητα στη θεματική χαρτογραφία να «ελιχθεί» στον χώρο του διαδικτύου. Οι δυνατότητες που έδωσε η διαδικτυακή χαρτογράφηση υπάγονται σε πρακτικά πλαίσια, με άλλα λόγια, έδωσε τη δυνατότητα παραγωγής απεικονίσεων στις οποίες μπορούν να έχουν πρόσβαση οι χρήστες του διαδικτύου ή Παγκόσμιου Ιστού μεγάλωνοντας έτσι το κοινό στο οποίο απευθύνεται ένας χάρτης. Επιπλέον, δημιούργησε τεχνικές και εργαλεία διαχείρισης του μεγαλύτερου όγκου δεδομένων που έκαναν την εμφάνιση τους σταδιακά. Η ανάπτυξη αυτή έφερε στο προσκήνιο και άλλες λειτουργίες και τεχνολογίες που υιοθετήθηκαν από διαδικτυακά χαρτογραφικά προϊόντα όπως η διαδραστικότητα η οποία ενισχύει τόσο το δυναμικό χαρακτήρα της ίδιας της απεικόνισης όσο και την επικοινωνία του χρήστη με τον χάρτη. Η επικοινωνία αυτή μετατρέπεται σε οπτική αντίληψη εκ μέρους του χρήστη και το χαρτογραφικό προϊόν αποτελεί πλέον μια γεωοπτικοποίηση¹.

Μια θεματική χαρτογραφική εφαρμογή μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της γεωοπτικοποίησης. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης δημιουργήθηκε μια αντίστοιχη χαρτογραφική εφαρμογή η οποία και συμπεριλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν. Συγκεκριμένα, απαρτίζεται από θεματικές απεικονίσεις, χρησιμοποιεί το διαδίκτυο για τη δημοσιοποίηση της και τέλος διαθέτει διαδραστικές λειτουργίες.

Κάθε θεματικός χάρτης ως μεμονωμένη απεικόνιση, είτε είναι διαδικτυακός είτε όχι αποτελείται από θεματικά δεδομένα. Όπως φανερώνει ο ίδιος ο επιθετικός προσδιορισμός των δεδομένων και του είδους της απεικόνισης, το θέμα παίζει σημαντικό ρόλο. Η θεματολογία της εν λόγω διαδικτυακής εφαρμογής προέκυψε με έναυσμα τη ρύπανση της ατμόσφαιρας, ένα φαινόμενο που απασχολεί την ανθρώπινη ζωή και καθημερινότητα σε μεγάλο βαθμό τα τελευταία χρόνια. Λόγω της σημασίας του, διάφοροι οργανισμοί και υπηρεσίες, δημόσιοι ή ιδιωτικοί, είτε μετρούν την ατμοσφαιρική ρύπανση (εγκαταστάσεις σταθμών μέτρησης, δορυφορικές εικόνες), είτε συλλέγουν μετρήσεις που την αφορούν, είτε παρέχουν τις μετρήσεις αυτές – χωρικά και μη δεδομένα – είτε ακόμα και οπτικοποιούν τις πληροφορίες αυτές. Ως συνέπεια των παραπάνω, έχουν αναπτυχθεί μεγάλες βάσεις κυρίως γεωχωρικών δεδομένων που είναι ελεύθερα προσβάσιμες. Επομένως, τέτοιου είδους περιβαλλοντικά δεδομένα είναι χωρικά και ανοιχτά – ελεύθερα δεδομένα – έτσι ώστε αποτελούν ένα ιδανικό σύνολο για χαρτογραφική χρήση.

Οι παράγοντες ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχουν «κερδίσει» το ενδιαφέρον λόγω των επιπτώσεων τους στη δημόσια υγεία και τις δραστηριότητες του ανθρώπου. Η αναζήτηση των επιπτώσεων αυτών οδήγησε στον εντοπισμό των ασθενειών που σχετίζονται με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και προκαλούν την επιβάρυνση της δημόσιας υγείας (“Burden of disease”). Οι επιπτώσεις διαφέρουν από δείκτη σε δείκτη ρύπανσης λόγω της φύσης του επιβαρυντικού παράγοντα. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο δείκτης ατμοσφαιρικής ρύπανσης μικροσωματιδίων στην ατμόσφαιρα (Particulate Matters – PM) ο οποίος και σχετίζεται με πέντε

¹ Ο MacEachren (1994) ήταν ο πρώτος που εισήγαγε την έννοια της γεωγραφική οπτικοποίησης ή γεωοπτικοποίησης στη Χαρτογραφία.

βασικές ασθένειες. Η συσχέτιση αυτή αποτέλεσε και το αντικείμενο της χαρτογραφικής απεικόνισης γεννώντας την ανάγκη μιας διπλής αναπαράστασης – δύο φαινόμενα σε δύο διαφορετικούς χάρτες που θα συγκρίνονται μεταξύ τους ώστε να διαπιστώνεται η συσχέτιση από περιοχή σε περιοχή. Η επάρκεια δεδομένων για την παραγωγή του επιθυμητού αποτελέσματος είναι το βασικότερο στοιχείο που καθορίζει το χωρικό πλαίσιο των απεικονίσεων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε η Ευρώπη. Το δεύτερο στάδιο με αυξημένο βαθμό δυσκολίας ήταν η επεξεργασία των δεδομένων πριν τη γεωοπτικοποίηση τους. Το λογισμικό Quantum GIS αποτέλεσε τον αρωγό αυτής της προσπάθειας ώστε να μπορέσουν τα δεδομένα να έρθουν σε τέτοια μορφή που θα ήταν διαχειρίσιμη από τα μετέπειτα εργαλεία οπτικοποίησης τους.

Η σύγκριση δύο χαρτών είναι μια διαδικασία που προσφέρει στη χαρτογραφική απεικόνιση πλεονεκτήματα, δίνοντας περισσότερες πληροφορίες στον αναγνώστη λόγω τόσο της ύπαρξης ενός επιπλέον χάρτη όσο και του συμπεράσματος που εξάγεται από μια σύγκριση δεδομένων. Παρόλα αυτά, ο όγκος της πληροφορίας μπορεί να επιφέρει προβλήματα στην απεικόνιση. Η χαρτογραφική απεικόνιση που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας, πλαισιώθηκε από διαδραστικές λειτουργίες ώστε να αντιμετωπίζει τον όγκο των δεδομένων και άρα να ενισχύει την προσπάθεια των χρηστών να εξάγουν συμπεράσματα από αυτήν. Το μεγαλύτερο μέρος των προβλημάτων που απορρέουν από το τελικό παραγόμενο προϊόν στον τομέα της χαρτογραφίας, προκύπτουν όταν δεν επιτυγχάνεται η επικοινωνία του χάρτη με τον χρήστη. Η δημοσιοποίηση της στο διαδίκτυο, μεγαλώνει το κοινό στο οποίο απευθύνεται και ταυτόχρονα την ολοκληρώνει ως χαρτογραφικό προϊόν δημιουργώντας μια χαρτογραφική διαδικτυακή εφαρμογή.

Στο σημείο αυτό να αναφερθεί ότι ο βαθμός πολυπλοκότητας μιας απεικόνισης χωρίζει τους χάρτες σε αυτούς που βλέπονται και σε αυτούς που διαβάζονται (Νάκος 2006). Αυτή η διαφοροποίηση καθορίζει το «είδος» του ανθρώπου που έρχεται σε επαφή με ένα χάρτη, ορίζοντας δύο είδη, τον αναγνώστη και τον χρήστη. Φυσικά η πολυπλοκότητα ως μέγεθος έχει πολλές πλευρές και βαθμίδες. Το σίγουρο είναι ότι μια διαδραστική απεικόνιση έχει αυξημένο βαθμό πολυπλοκότητας και επομένως ο άνθρωπος που διαχειρίζεται μια ανάλογη απεικόνιση μετατρέπεται αυτομάτως σε χρήστη αυτής. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, γίνεται η προσπάθεια σωστής χρήσης των δύο όρων, αναγνώστη και χρήστη, ωστόσο ο χαρακτήρας των απεικονίσεων δεν είναι μονόπλευρος – μια απεικόνιση μπορεί να είναι στατική ή να αναφέρεται ως τέτοια και στη συνέχεια να αποκτά δυναμικότητα. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιείται ο όρος «χρήστης» ακόμα και αν στην αρχή γίνεται λόγος για έναν στατικό χάρτη.

Η διαδικτυακή διαδραστική εφαρμογή προϋποθέτει τη χρήση κάποιων εργαλείων και γλωσσών προγραμματισμού για την υλοποίηση της. Τα βασικά εργαλεία είναι οι γλώσσες HTML, CSS και JavaScript που δε δημιουργούν μόνο χαρτογραφικές εφαρμογές αλλά κάθε διαδικτυακή σελίδα με διαδραστικότητα. Η διαφορά μιας χαρτογραφικής εφαρμογής είναι η χρήση υπηρεσιών διαχείρισης και οπτικοποίησης γεωχωρικών δεδομένων που στην προκείμενη περίπτωση είναι η διαδικτυακή πλατφόρμα και η βιβλιοθήκη του Mapbox². Το Mapbox επιλέχθηκε πριν ακόμα την επιλογή των δεδομένων ως μια νέα και καινοτόμα πλατφόρμα χαρτογραφικής οπτικοποίησης που – για τις βασικές της λειτουργίες – παρέχει δωρεάν υπηρεσίες. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά και

² <https://www.mapbox.com>

η θεματολογία των δεδομένων έδωσε τη δυνατότητα χρήσης και μιας ακόμα βιβλιοθήκης, της D3³, για τη δημιουργία ενός στατιστικού διαγράμματος που ενισχύει την πληροφορία και ολοκληρώνει το θέμα της χαρτογραφικής εφαρμογής.

Όλες οι παραπάνω περιγραφές, έχουν ως αποτέλεσμα την υλοποίηση μιας θεματικής διαδραστικής χαρτογραφικής εφαρμογής με το όνομα “AmbientHealth”⁴. Ο συνδυασμός των δύο θεματικών οντοτήτων που πραγματεύονται είναι φανερός από το όνομα της – “ambient” (ατμοσφαιρικός) παραπέμπει στην ατμοσφαιρική ρύπανση ενώ “health” (υγεία) παραπέμπει στις ασθένειες που επιβαρύνονται από τους ρυπαντικούς δείκτες. Στόχος της εφαρμογής είναι, μέσα από ορθές χαρτογραφικές πρακτικές και την χρήση χαρτογραφικής διαδραστικότητας, να πληροφορήσει τον χρήστη της για τα δύο φαινόμενα και τη συσχέτιση τους καθώς και τους παράγοντες που σχετίζονται με αυτά και τα επηρεάζουν. Σε ένα μεταγενέστερο χρονικά στάδιο βελτιώσεων, η εφαρμογή επιδέχεται προσθήκες που αφορούν την ενίσχυση του θέματός της. Με άλλα λόγια κρατώντας σταθερές τις πληροφορίες ιατρικού περιεχομένου να προστίθενται και άλλοι παράγοντες που τις επιβαρύνουν. Τέλος, η ανάπτυξη των τεχνολογιών μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση τεχνικών προβλημάτων που θεωρούνται μειονεκτήματα της εφαρμογής στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης.

Ως προς τη δομή της η εργασία περιλαμβάνει έξι κεφάλαια κάθε ένα από τα οποία πραγματεύεται ένα συγκεκριμένο θέμα. Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στη Θεματική Χαρτογραφία και την Οπτικοποίηση μέσα από τα θεωρητικά τους στοιχεία και τις βασικές απεικονίσεις που την απαρτίζουν. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της Διαδικτυακής Χαρτογραφίας και γενικότερα τεχνικά ζητήματα και προσεγγίσεις της διαδικτυακής θεματικής χαρτογράφησης και της χαρτογραφικής διαδραστικότητας. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση και η ανάλυση του περιεχομένου και των τεχνικών προσεγγίσεων τεσσάρων χαρτογραφικών εφαρμογών στο διαδίκτυο με κοινό χαρακτηριστικό όλων τη διαδραστικότητα. Το τέταρτο κεφάλαιο παραθέτει όλα τα πρακτικά ζητήματα, εργαλεία, διαδικασίες και μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της εφαρμογής. Το πέμπτο κεφάλαιο αποτελεί την παρουσίαση του αποτελέσματος και, τέλος, το έκτο κεφάλαιο θέτει όλα τα συμπεράσματα που προέκυψαν μετά το πέρας της ολοκλήρωσης της εφαρμογής, την επίτευξη των στόχων της, τη λειτουργικότητα της καθώς και προτάσεις βελτίωσης της στο μέλλον.

³ <https://d3js.org/>

⁴ <http://cybercarto.ntua.gr/AmbientHealth.html>

Κεφάλαιο 1: Θεματική Χαρτογραφία

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η έννοια της Θεματικής Χαρτογραφίας και ο εννοιολογικός συνδυασμός της με την οπτικοποίηση δεδομένων. Επιπλέον, αναλύονται τα διάφορα είδη θεματικών χαρτών αλλά και γενικότερα των οπτικοποιήσεων με θεματικό χαρακτήρα. Τέλος, περιγράφεται η έννοια της ομαδοποίησης χαρτογραφικών δεδομένων και οι βασικότερες μέθοδοι αυτής καθώς και οι συχνότερες επιλογές μεθόδων σε συγκεκριμένες περιπτώσεις απεικονίσεων όπως η σύγκριση χαρτών.

1.1. Θεματική Χαρτογραφία και Οπτικοποίηση

...είναι “λίγο” επιστήμη και “λίγο” τέχνη (Νάκος, Φιλιππακοπούλου 1992)

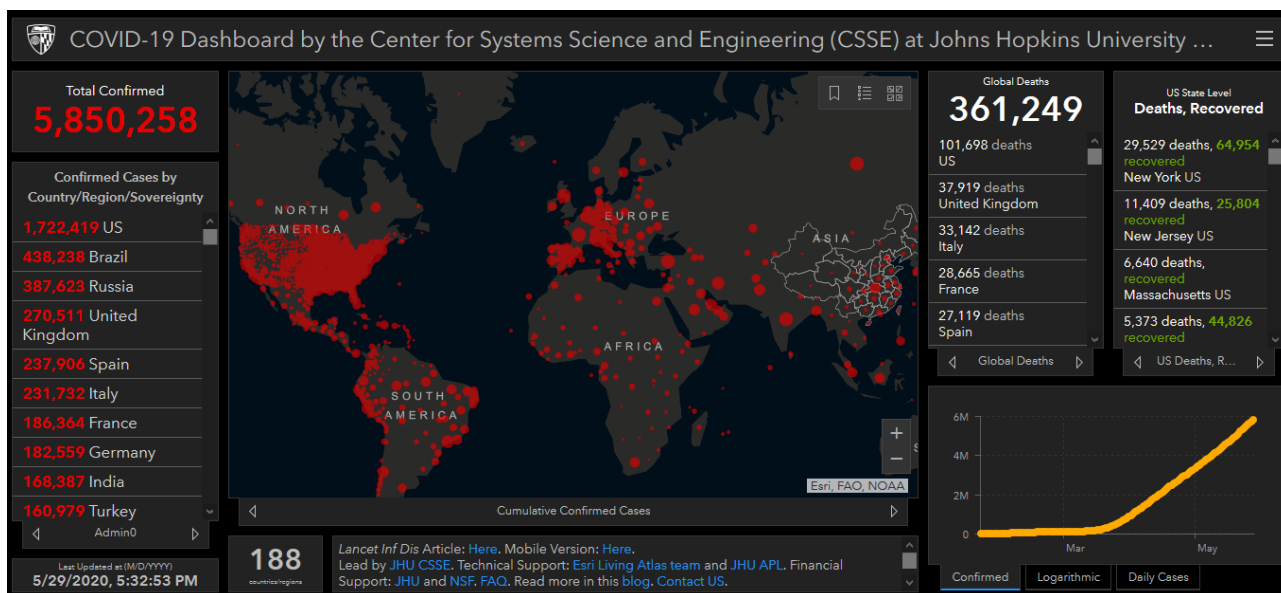
Ο χώρος και η πληροφορία είναι δύο έννοιες τόσο καθημερινές και τόσο στενά συνδεδεμένες με τον άνθρωπο. Μπορεί από μόνες τους να μην εντυπωσιάζουν ωστόσο στον ευρύτερο τομέα της επιστήμης της χαρτογραφίας δημιουργούν έναν ξεχωριστό, όχι αυτόνομο – αφού διέπεται από τις βασικές αρχές της Χαρτογραφίας – πεδίο, την θεματική χαρτογραφία. Ο τρόπος με τον οποίο η πληροφορία συσχετίζεται με τον χώρο στον οποίο αναφέρεται, αποτελεί την θεματική χαρτογραφία.



Εικόνα 1.1. Χάρτης γενικής αναφοράς, «Χάρτης της Ελλάδος» (πηγή: Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού)

Το μέσο που αποδίδει την πληροφορία γραφικά, την οπτικοποιεί, ονομάζεται χάρτης. Όταν η πληροφορία που μεταδίδει ο χάρτης είναι η γεωγραφική θέση μιας οντότητας τότε αυτός ονομάζεται χάρτης γενικής αναφοράς και το περιεχόμενο του δεν είναι θεματικό. Ένας τοπογραφικός χάρτης αποτελεί το πιο διαδεδομένο χάρτη γενικής αναφοράς. Όταν όμως ο χάρτης αποδίδει ένα χωρικό πρότυπο ενός φαινομένου ή μιας ιδιότητας τότε ονομάζεται θεματικός χάρτης και αποτελεί το οπτικό μέσο της θεματικής χαρτογραφίας.

Τα δύο είδη χαρτών διεκπεραιώνουν με διαφορετικό τρόπο την μετάδοση της πληροφορίας. Ο τοπογραφικός χάρτης επικεντρώνεται στην θέση των χωρικών στοιχείων πάνω στην γήινη επιφάνεια δημιουργώντας έτσι εικόνες της πραγματικότητας, σε αντίθεση με τον θεματικό χάρτη που τονίζει το πρότυπο που ακολουθεί μια χωρική μεταβλητή αναδεικνύοντας χωρικά φαινόμενα ή χωρικές συσχετίσεις. Έτσι η πληροφορία που απεικονίζει ένας θεματικός χάρτης μπορεί πέρα από πραγματική να είναι και αφηρημένη. Μια άλλη διαφορά έγκειται στην τυποποίηση του συμβολισμού ο οποίος ακολουθεί αυστηρούς κανόνες και περιορισμένα σύμβολα μόνο στους χάρτες γενικής αναφοράς. Οι θεματικές απεικονίσεις έχουν την ελευθερία να εφαρμόζουν πολυάριθμους τρόπους συμβολισμού.



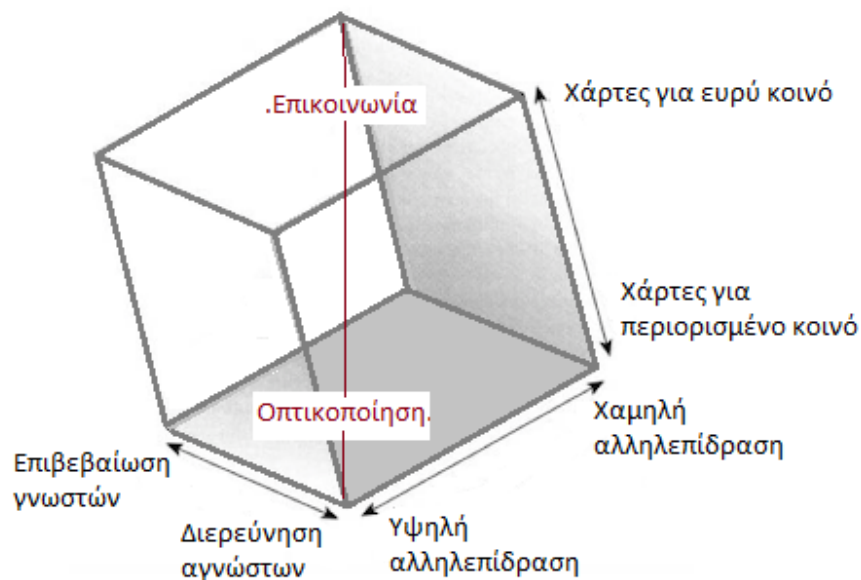
Εικόνα 1.2. Θεματικός χάρτης αναλογικών συμβόλων με τα στοιχεία του COVID-19 – Κρούσματα, θάνατοι και πρόσθετες πληροφορίες σε παγκόσμιο επίπεδο (πηγή: ESRI, <https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6>)

Η δημιουργία ενός θεματικού χάρτη που έχει ως αντικείμενο της απεικόνιση ενός φαινομένου ξεκινά με την κατανόηση της κατανομής του φαινομένου αυτού στον χώρο. Η γνώση του χώρου κάλυψης του φαινομένου καθώς και του τρόπου που το επιτυγχάνει αυτό είναι ένα πρώτο βήμα που βοηθά τον χαρτογράφο να ορίσει τον σκοπό του χάρτη. Ο σκοπός πλαισιώνεται από ερωτήσεις όπως “γιατί θα δημιουργηθεί αυτός χάρτης”, “τι θα απεικονίζει”, “που θα αναφέρεται”, “σε ποιόν απευθύνεται”. Για την επίτευξη του σκοπού συλλέγονται τα κατάλληλα δεδομένα που θα ανταποκρίνονται στο φαινόμενο που μελετάται και έτσι η απεικόνιση φτάνει στο στάδιο του σχεδιασμού και της δημιουργία της. Το στάδιο αυτό πρέπει πάντα να αλληλοεπιδρά και να

ανανεώνεται με τον έλεγχο της επίτευξης του σκοπού του χάρτη. Εάν κατά την διάρκεια της δημιουργίας διαπιστωθεί ότι ο χάρτης δεν παρέχει την αναμενόμενη πληροφορία, τότε το στάδιο αυτό επανεξετάζεται, διορθώνεται και ανανεώνεται μέχρις ότου παραχθεί το τελικό προϊόν, ο θεματικός χάρτης.

Ο καθορισμός του σκοπού του χάρτη καθώς και η επίβλεψη της τήρησης του στα στάδια της δημιουργίας του συνδέονται με ένα πολύ σημαντικό παράγοντα που ονομάζεται χρήστης. Είναι η λέξη κλειδί που σχετίζεται με την ερώτηση “σε ποιόν απευθύνεται”. Ο τελικός χρήστης είναι εκείνος που θα αναγνώσει έναν χάρτη μετά την ολοκλήρωση της παραγωγής του θα προσπαθήσει να αντιληφθεί τον σκοπό του και να τον κατανοήσει. Με άλλα λόγια θα αλληλεπιδράσει με τον χάρτη, συνδέοντας έτσι τις δύο έννοιες της οπτικοποίησης και της επικοινωνίας. Ο “κύβος της χαρτογραφίας” από τον MacEachren (1994) είναι μια γεωμετρική αναπαράσταση αυτής ακριβώς της αλληλεπίδρασης που φυσικά δεν ισχύει αποκλειστικά για τις θεματικές οπτικοποιήσεις αλλά για κάθε χαρτογραφική απεικόνιση.

Ο τρισδιάστατος χώρος του κύβου εκφράζει τις πιθανές χρήσεις του χάρτη σύμφωνα με τρεις άξονες. Ο πρώτος άξονας αντιστοιχεί στο είδος της χρήσης δηλαδή εάν ο χάρτης προορίζεται για χρήση προσωπική ή για δημόσια. Ο δεύτερος άξονας περιλαμβάνει το αποτέλεσμα της μετάδοσης μιας πληροφορίας, εάν δηλαδή ο χάρτης επιβεβαιώνει κάτι ήδη γνωστό ή αποκαλύπτει κάποια καινούργια πληροφορία. Ο τελευταίος άξονας αναφέρεται στον βαθμό διαδραστικότητας του χαρτογραφικού προϊόντος, πόσο δηλαδή ο ανθρώπινος παράγοντας μπορεί να συμμετέχει και να αλληλεπιδρά με τον χάρτη. Η διαγώνια μετάβαση από την μια γωνία του κύβου στην άλλη όπως δείχνει η Εικόνα 1.2. αντικατοπτρίζει την μετάβαση από την οπτικοποίηση στην οπτική επικοινωνία (MacEachren 1994, Roth 2013).



Εικόνα 1.3. Ο χαρτογραφικός κύβος του MacEachren (Ιδία επεξεργασία)

Η έννοια της οπτικοποίησης (visualization) άρχισε να κερδίζει την επιστημονική της διάσταση καθώς οι χαρτογραφικές ανάγκες επικεντρώνονταν στην μεταμόρφωση της πληροφορίας σε γνώση. Η σύγχρονη τεχνολογία των υπολογιστών βοήθησε τη διαδικασία της οπτικής αναπαράστασης των δεδομένων, δηλαδή της οπτικοποίησης, με απώτερο σκοπό την απόκτηση γνώσης (Kraak 2003). Ο MacEachren (1994) εξίσωσε την οπτικοποίηση με τον συνδυασμό δύο στοιχείων, την παραγωγή του χάρτη και την χρήση του. Ο χαρτογραφικός κύβος για τον MacEachren αποτελεί την “χρήση του χάρτη” (map use) και επεκτείνει το πεδίο της χαρτογραφίας με την προσθήκη της έννοιας της οπτικής σκέψης – αντίληψης (visual thinking). Ήταν ο πρώτος που εισήγαγε την έννοια της γεωγραφικής οπτικοποίησης ή γεωοπτικοποίησης ως το επιστημονικό πεδίο της διερεύνησης γεωχωρικών δεδομένων με τη βοήθεια οπτικών μέσων και στόχο την απόκτηση γνώσης. Στον χαρτογραφικό κύβο η γεωοπτικοποίηση τοποθετείται στη γωνία σύγκλισης της προσωπικής χρήσης, της αποκάλυψης άγνωστης πληροφορίας και της υψηλής ανθρώπινης αλληλεπίδρασης. Στον αντίποδα της γεωοπτικοποίησης βρίσκεται η χαρτογραφική επικοινωνία. Σύμφωνα με την εκτενή περιγραφή του Kraak (2003) η γεωοπτικοποίηση ενσωματώνει προσεγγίσεις από διάφορα επιστημονικά πεδία όπως η οπτικοποίηση, η χαρτογραφία, η ανάλυση εικόνων, η ερευνητική ανάλυση δεδομένων (exploratory data analysis) και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) ώστε να παρέχει τη θεωρία, τις μεθόδους και τα εργαλεία για την οπτική έρευνα, ανάλυση, σύνθεση και παρουσίαση γεωχωρικών δεδομένων. Σύμφωνα με τον ίδιο (2003), σε ένα περιβάλλον γεωγραφικής οπτικοποίησης δεδομένων, ο παραγόμενος χάρτης χρησιμοποιείται για να προωθήσει την οπτική αντίληψη για μοντέλα, πρότυπα, σχέσεις και συσχετίσεις που ακολουθούν και χαρακτηρίζουν τα ίδια τα γεωχωρικά δεδομένα.

Ο στόχος του κάθε χαρτογράφου είναι να παράγει έναν χάρτη τον οποίο ο χρήστης θα μπορεί να κατανοήσει χωρίς ιδιαίτερο κόπο και εξειδικευμένες γνώσεις Χαρτογραφίας. Ειδικά για τα είδη των θεματικών χαρτών ο κύβος της χαρτογραφίας, πέραν του ότι πλαισιώνει τον στόχο του χαρτογράφου, προμηνύει και τις εξελίξεις στην Θεματική Χαρτογραφία. Η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών και συστημάτων βοήθησε σε μεγάλο βαθμό την μείωση της απόστασης μεταξύ οπτικοποίησης και επικοινωνίας, δημιουργώντας νέα είδη απεικονίσεων (διαδραστικός χάρτης, δυναμικός) ώστε η μετάδοση χωρικών πληροφοριών να απευθύνεται πλέον σε ευρύτερο κοινό που θα δρα επάνω στο χαρτογραφικό μέσο για να αποκαλύπτει περισσότερη γνώση. Η σημασία του χαρτογραφικού κύβου στα νέα είδη απεικονίσεων θα αναλυθεί εκτενέστερα σε επόμενα κεφάλαια.

1.2. Θεματικές Απεικονίσεις

Οι απεικονίσεις στη θεματική χαρτογραφία αποτελούν όλα τα είδη των χαρτών που δημιουργούνται μέσω της αναπαράστασης θεματικών γεωγραφικών δεδομένων. Όπως αναφέρει ο Monmonier (2001) ο θεματικός χάρτης όπως δηλώνει και το όνομά του ασχολείται με ένα συγκεκριμένο θέμα όπως το κλίμα ή η υγεία. Τα συστατικά μέρη ενός θεματικού χάρτη είναι το θεματικό επίπεδο και το χαρτογραφικό υπόβαθρο. Συνήθως το χαρτογραφικό υπόβαθρο, τουλάχιστον στα συμβατικά λογισμικά GIS, αποτελεί επιλογή από ένα σύνολο προκαθορισμένων υποβάθρων που παρέχεται. Στις νέες μεθόδους απεικόνισης όπως για παράδειγμα στην υλοποίηση διαδικτυακών εφαρμογών το υπόβαθρο προέρχεται και πάλι από μια προκαθορισμένη βάση, τις περισσότερες των περιπτώσεων όμως επιδέχεται κάποιου είδους επεξεργασία. Μετά τον καθορισμό του υποβάθρου με την γεωγραφική του διάσταση, την χαρτογραφική προβολή και την

κλίμακα, προστίθενται από τον χαρτογράφο τα γραφικά σύμβολα της απεικόνισης που αναπαριστούν το μοναδικό θέμα του χάρτη (Monmonier 2001).

Η αρχική διάκριση των θεματικών απεικονίσεων γίνεται βάσει των ποιοτικών και ποσοτικών διαφοροποιήσεων των δεδομένων. Η ποιοτική διαφοροποίηση των φαινομένων ή οντοτήτων που αποτελούν τα δεδομένα σχετίζεται με την ονομαστική κλίμακα ιεράρχησης. Οι τιμές των φαινομένων ή οντοτήτων δεν μπορούν να διαταχθούν, να συγκριθούν ή να γίνει κάποια αριθμητική πράξη ή στατιστική επεξεργασία. Χρησιμοποιούνται σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά σύμβολα ανάλογα με την γεωμετρική αναφορά των δεδομένων. Συνηθέστερη είναι η απεικόνιση δεδομένων που διαφοροποιούνται ποσοτικά εμπλουτίζοντας τους τρόπους απεικόνισης που συνθέτουν το σύνολο των θεματικών χαρτών. Η ποσοτική διαφοροποίηση σχετίζεται με την κλίμακα τάξης, διαστήματος και αναλογική και περιλαμβάνει όλες τις πιθανές γεωμετρικές διαστάσεις (σημεία, γραμμές, επιφάνειες). Μια δεύτερη κατηγοριοποίηση γίνεται βάσει των διαστάσεων των χωρικών φαινομένων ή οντοτήτων που απαρτίζουν τα θεματικά δεδομένα. Οι διαστάσεις των χωρικών στοιχείων περιλαμβάνουν, σημεία, γραμμές, πολύγωνα (επιφάνειες), όγκους αλλά και δυναμικά φαινόμενα (μεταβολές στον χωροχρόνο).

Η περίπτωση του συμβολισμού των όγκων προσφέρει περαιτέρω κατηγοριοποιήσεις θεματικών χαρτών. Σύμφωνα με τον Robinson (1995) η απεικόνιση ογκομετρικών δεδομένων είναι περίπλοκη από την στιγμή που τα ογκομετρικά δεδομένα εμφανίζονται σε σημεία, γραμμές ή επιφάνειες, επιτρέποντας τον σημειακό, γραμμικό ή επιφανειακό συμβολισμό. Ο ίδιος αναφέρει ότι όποτε ένα ογκομετρικό δεδομένο υπάρχει πάνω σε μια επιφάνεια, η επιφάνεια αυτή «μετατρέπεται» σε στατιστική. Μια συνεχής στατιστική επιφάνεια διακρίνεται σε εξομαλυσμένη και βαθμωτή δημιουργώντας και διαφορετικά είδη απεικονίσεων. Για παράδειγμα, τα εξομαλυσμένα φαινόμενα που προσεγγίζουν μια στατιστική επιφάνεια σχηματίζουν μια ισαριθμική απεικόνιση ενώ αντίθετα τα βαθμωτά φαινόμενα δημιουργούν απεικονίσεις χωροπληθείς ή δασυμετρικές, και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιώντας επιφανειακά σύμβολα. Υπάρχουν όμως και διακριτά τρισδιάστατα χωρικά φαινόμενα που πάλι θεωρούνται στατιστικές επιφάνειες. Ο χάρτης κουκίδων αποτελεί αναπαράσταση της τρισδιάστατης στατιστικής επιφάνειας ενός διακριτού χωρικού φαινομένου αλλά με σημειακά σύμβολα. Το χαρτόγραμμα χρησιμοποιεί επιφανειακό σύμβολο για την αναπαράσταση ενός διακριτού φαινομένου.

Οι απεικονίσεις που θα παρουσιαστούν στα επόμενα υποκεφάλαια του εν λόγω κεφαλαίου είναι οι εξής:

- Χωροπληθείς
- Δασυμετρική
- Ισαριθμική
- Αναλογικών συμβόλων
- Κουκίδων
- Χαρτόγραμμα
- Ροής

Επισημαίνεται τέλος, ότι λόγω του χαρακτήρα του συνόλου της εργασίας που επικεντρώνεται στην διαδικτυακή διαδραστική χαρτογράφηση, έγινε η προσπάθεια τα παραδείγματα των θεματικών απεικονίσεων να αντληθούν στην πλειοψηφία τους από αντίστοιχες χαρτογραφικές εφαρμογές στο διαδίκτυο εμπλουτισμένες με διαδραστικές λειτουργίες. Σε όποιο κεφάλαιο

υπάρχει παράδειγμα προερχόμενο από διαδραστική εφαρμογή ακολουθείται από μια σύντομη ανάλυση.

1.2.1. Χωροπληθής απεικόνιση

1.2.1.1. Η Απεικόνιση

Μια από τις πιο διαδεδομένες θεματικές απεικονίσεις ονομάζεται χωροπληθής χάρτης και χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει θεματικά δεδομένα που αναφέρονται σε επιφανειακές χωρικές οντότητες. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να διαφοροποιούνται τόσο ως προς την κλίμακα τάξης όσο και ως προς τις κλίμακες διαστήματος ή την αναλογική κλίμακα. Ένας πιο ολοκληρωμένος ορισμός θα έλεγε ότι ο χωροπληθής χάρτης απεικονίζει τη γεωγραφική κατανομή στατιστικών δεδομένων σε ένα προκαθορισμένο σύνολο περιοχών. Παραδείγματα τέτοιων περιοχών είναι τα γεωγραφικά όρια των χωρών, των περιφερειών, των δήμων και μπορούν να γίνουν ακόμα πιο τοπικά συνδεδεμένα με τις διοικητικές υποδιαιρέσεις που χρησιμοποιεί κάθε κράτος. Οι περιοχές αυτές ονομάζονται και απογραφικές μονάδες (enumeration units).

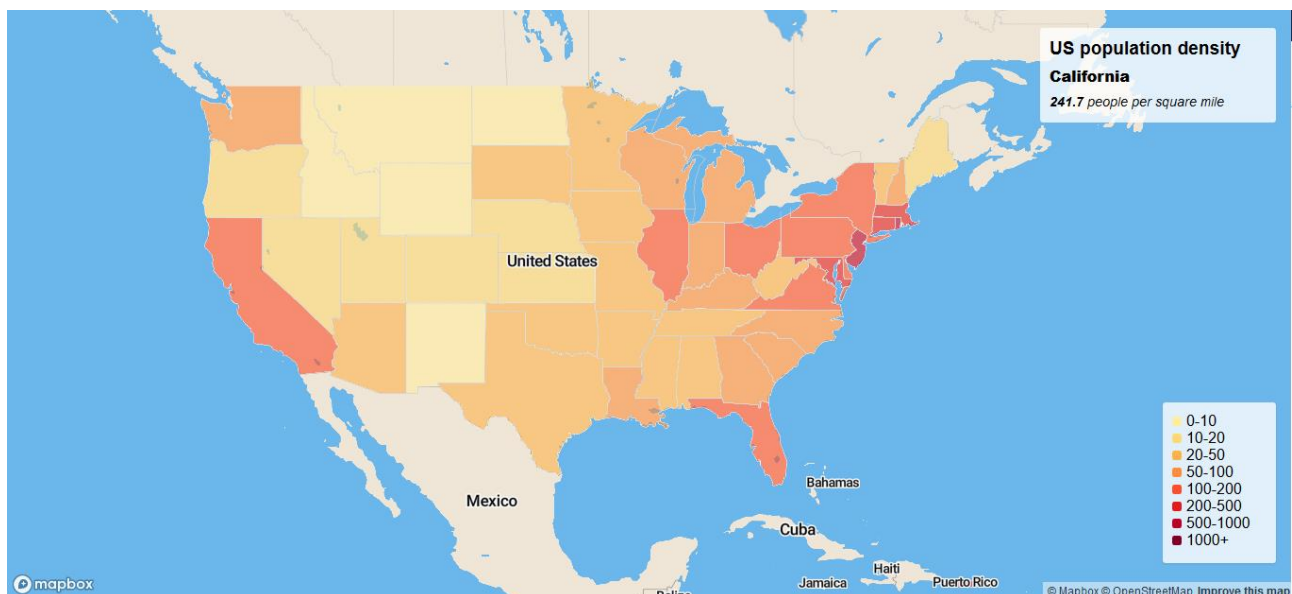
Το σημαντικότερο στοιχείο του ορισμού του χωροπληθής χάρτη είναι η στατιστική διάσταση των δεδομένων. Τα απεικονιζόμενα μεγέθη δεν μπορούν να είναι πρωτογενείς τιμές αλλά παράγωγες. Πρόκειται δηλαδή για αναλογικά μεγέθη που αναδεικνύουν την συσχέτιση δύο τιμών από τις οποίες ο παρονομαστής ως επί το πλείστον σχετίζεται με την χωρική μονάδα αναφοράς. Ένας τρόπος χωρικής συσχέτισης του μεγέθους είναι η διαίρεση του με την έκταση της περιοχής όπως γίνεται στους πιο δημοφιλείς χωροπληθής χάρτες, αυτούς της πληθυσμιακής πυκνότητας. Ένας άλλος τρόπος είναι η σύνδεση της τιμής ενός φαινομένου με το σύνολο ή ένα μέρος του πληθυσμού της περιοχής που αυτό εκτείνεται, ώστε και πάλι να επιτυγχάνεται η χωρική συσχέτιση. Τέλος, στην περίπτωση απουσίας χωρικών μεγεθών, η αναλογία προκύπτει από την σύγκριση δύο διαφορετικών τιμών μη χωρικών φαινομένων με στόχο της δημιουργία ενός ποσοστού. Η μετατροπή των δεδομένων σε αναλογίες, ποσοστά ή μέσες τιμές με τους τρόπους που περιγράφηκαν ονομάζεται ομογενοποίηση (standardization ή normalization) των δεδομένων ή στατιστική ομογενοποίηση.

Η στατιστική μορφή των δεδομένων είναι απαραίτητη στους χωροπληθής από τη στιγμή που οι τιμές των δεδομένων αντιστοιχούν η κάθε μια σε συγκεκριμένη απογραφική μονάδα (enumerated data). Σε αυτό το σημείο να τονιστεί ότι απαραίτητη προϋπόθεση είναι, το φαινόμενο που μελετάται να κατανέμεται ομοιόμορφα εντός των απογραφικών μονάδων και να διαφοροποιείται μεταξύ των μονάδων αυτών. Εάν παρατηρείται έντονη μεταβολή του φαινομένου μέσα στη χωρική μονάδα τότε ο χωροπληθής δεν είναι ο κατάλληλος χάρτης για το συγκεκριμένο φαινόμενο. Εάν χρησιμοποιηθούν οι πρωτογενείς τιμές του φαινομένου χωρίς να προηγηθεί κάποια επεξεργασία, η οπτικοποίηση οδηγεί στην εξαγωγή εσφαλμένων συμπερασμάτων για τη χωρική κατανομή και δεν επιτρέπει την ορθή σύγκριση μεταξύ των μεγεθών διαφορετικών απογραφικών ομάδων αφού αυτά δεν θα διαθέτουν κάποιο κοινό παρονομαστή. Αυτό προσπαθεί να αντισταθμίσει η ομογενοποίηση.

Οι μη ιδεατές επιφάνειες είναι αδύνατον να χαρακτηρίζονται από απόλυτη ομοιομορφία και από κοινά χαρακτηριστικά. Τα δεδομένα που χαρτογραφούνται εξάγονται συνήθως από πραγματικά

φαινόμενα και επομένως οι επιφάνειες που αυτά αναφέρονται δεν μπορεί να είναι ιδεατές. Οι απογραφικές μονάδες είναι κυρίως πραγματικές επιφάνειες. Έτσι ενδέχεται να διαφέρουν σε μέγεθος, σχήμα και εμβαδόν. Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η γεωγραφική επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη γίνεται η οπτική επιρροή της. Για αυτόν τον λόγο, οι χωροπληθείς χάρτες ενδείκνυται να χρησιμοποιούνται όταν οι γεωγραφικές μονάδες δεν διαφοροποιούνται σημαντικά ως προς τα χωρικά χαρακτηριστικά τους.

Η συνηθέστερη οπτική μεταβλητή που χρησιμοποιείται στον συμβολισμό του φαινομένου είναι η ένταση και σε ορισμένες περιπτώσεις σε συνδυασμό με την απόχρωση. Φυσικά η διαφοροποίηση μπορεί να επιτευχθεί με το μοτίβο της επιφάνειας ωστόσο, σε σχέση με την ένταση, αυτή η διαφοροποίηση μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στον αναγνώστη του χάρτη. Επομένως, με καταλληλότερη οπτική μεταβολή την ένταση ή την απόχρωση, οι επιφάνειες με πιο σκούρα ένταση ή πιο σκούρα χρώματα αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες τιμές και με πιο ανοιχτή απόχρωση γενικότερα στις χαμηλότερες τιμές του φαινομένου.



Εικόνα 1.4. Χωροπληθείς απεικόνιση της πληθυσμιακής πυκνότητας των ΗΠΑ (πηγή: Mapbox, <https://docs.mapbox.com/help/demos/choropleth-studio-gl/demo-five.html>)

Το εύρος της διάδοσης μιας τέτοιας απεικόνισης δικαιολογείται εάν κανείς αναλογιστεί ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των δεδομένων που ένας χαρτογράφος καλείται να διαχειριστεί αναφέρονται σε χωρικές απογραφικές μονάδες. Ο χαρακτήρας των φαινομένων που αναφέρονται τα δεδομένα είναι κοινωνικοοικονομικός με χαρακτηριστικά παραδείγματα τον πληθυσμό, το επίπεδο, εκπαίδευσης, την ανεργία κλπ. Εντός του κοινωνικοοικονομικού φάσματος εντάσσονται και τα επιδημιολογικά δεδομένα που επίσης αποτελούν ένα σύνολο που συχνά υπόκειται σε ανάλυση και χρίζει χαρτογράφησης. Επιπλέον ο απλός αναγνώστης ενός χάρτη αντιλαμβάνεται πιο εύκολα το φαινόμενο από χωρικής άποψης όταν αυτό ακολουθεί τις απτές απογραφικές μονάδες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Όλα τα παραπάνω δημιούργησαν την ανάγκη παραγωγής χωροπληθών χαρτών κάνοντας το είδος αυτό περισσότερο οικείο σε μεγάλο μέρος των χρηστών και επομένως πιο εύκολα κατανοητό.

Η χαρτογραφική εφαρμογή της *Εικόνας 1.4.* αποτελείται από ένα χωροπληθή χάρτη σε επίπεδο χώρας και συγκεκριμένα των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Το θέμα της απεικόνισης είναι δημογραφικού χαρακτήρα και παρουσιάζει την πυκνότητα του πληθυσμού ανά πολιτεία. Οι απογραφικές μονάδες επομένως αντιστοιχούν στις πολιτείες των ΗΠΑ. Η πυκνότητα είναι ένα παράγωγο μέγεθος που αντιστοιχεί στον αριθμό των ανθρώπων ανά τετραγωνικό μίλι στην συγκεκριμένη περίπτωση. Η οπτική μεταβλητή που έχει χρησιμοποιηθεί είναι η απόχρωση που ξεκινάει από ανοιχτό κίτρινο να χαρακτηρίζει τις μικρότερες τιμές πυκνότητας και καταλήγει σε σκούρο κόκκινο χρώμα που χαρακτηρίζει τις υψηλότερες πυκνότητες. Ο χωροπληθής χάρτης έχει δημιουργηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε η πληροφορία που παρέχει να προέρχεται από την διερεύνηση του χρήστη. Με άλλα λόγια, ο χάρτης πλαισιώνεται από την εξής διαδραστική λειτουργία: ο χρήστης περνώντας τον κέρσορά του επάνω από κάθε πολιτεία, εμφανίζεται στο επάνω δεξιά μέρος της οθόνης η αναγραφή της τιμής της πυκνότητας του πληθυσμού της πολιτείας που βρίσκεται εκείνη την στιγμή ο κέρσορας μαζί με το όνομά της. Το υπόμνημα δεν αναφέρει κάποια πληροφορία για τις τιμές και τις μονάδες μέτρησης παρά μόνο την ομαδοποίηση των τιμών και επιπλέον στον χάρτη δεν αναγράφονται τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των χωρικών μονάδων όπως το όνομα της κάθε πολιτείας. Αυτές οι ελλείψεις συμπληρώνονται από την ύπαρξη της διαδραστικής λειτουργίας. Η χωροπληθής απεικόνιση βοηθά τον χρήστη να αντιληφθεί την κατανομή του φαινομένου του πληθυσμού, διακρίνοντας τις περιοχές με υψηλότερες και χαμηλότερες πυκνότητες με την βοήθεια της έντασης/απόχρωσης.

1.2.1.2. Ομαδοποίηση των Δεδομένων στους Χωροπληθής Χάρτες

Ένα από τα βασικά στάδια της χαρτογραφικής σύνθεσης σε ότι αφορά τις χωροπληθείς απεικονίσεις, είναι η ομαδοποίηση των αριθμητικών δεδομένων που απεικονίζονται στον χάρτη. Πρόκειται για την ταξινόμηση του συνόλου των δεδομένων σε επιμέρους ομάδες έτσι ώστε ο αριθμός των παρατηρήσεων κάθε ομάδας να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο “γεωγραφικά” ισοδύναμος (Νάκος 2006). Η εφαρμογή της διαδικασίας δεν είναι δεδομένη. Ο χαρτογράφος είναι αυτός που αποφασίζει σε κάθε περίπτωση που έχει να διαχειριστεί, εάν η ταξινόμηση των δεδομένων είναι απαραίτητη ή όχι, με πρωταρχικό γνώμονα τη φύση των δεδομένων καθώς και τον σκοπό σύνθεσης του χάρτη και την αντιληπτική ικανότητα του χρήστη.

Είναι σύνθετες φαινόμενο, οι αναγνώστες ενός χάρτη να μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα το περιεχόμενο και τον σκοπό ενός χάρτη όταν αυτός απεικονίζει ταξινομημένα δεδομένα παρά δεδομένα χωρίς κάποια επεξεργασία. Ειδικά όταν ο όγκος των δεδομένων είναι μεγάλος δυσχεραίνεται η οπτικοποίηση και η ανάλυσή τους. Η κατανόηση των χωρικών προτύπων από μόνη της αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία για έναν απλό χρήστη. Επομένως, ένας χαρτογράφος έχει ως στόχο να διευκολύνει την εξαγωγή πληροφορίας από έναν χάρτη για τον οποιοδήποτε χρήστη δημιουργώντας ένα αποτέλεσμα εύκολα αντιληπτό και διαχειρίσιμο.

Έτσι προκύπτουν δύο είδη θεματικών απεικονίσεων: οι αταξινόμητοι και οι ταξινομημένοι χάρτες. Όσον αφορά το πρώτο είδος απεικόνισης, οι τιμές των δεδομένων σε έναν αταξινόμητο χάρτη δεν έχουν ενταχθεί σε ομάδες και απεικονίζονται με διαφορετικό σύμβολο η κάθε μια. Αντίθετα, ο ταξινομημένος χάρτης αποτελείται από αριθμητικά δεδομένα στα οποία έχει εφαρμοστεί μια μέθοδος ομαδοποίησης και επομένως κάθε υποσύνολο δεδομένων αντιστοιχίζεται σε μια διακριτή ομάδα. Κάθε ομάδα απεικονίζεται με διαφορετικό σύμβολο. Η ταξινόμηση εξαρτάται από την κατανομή που ακολουθούν οι τιμές του συνόλου καθιστώντας την ομαδοποίηση μια διαδικασία

που αλλάζει σε συνάρτηση με το εκάστοτε σύνολο δεδομένων κρατώντας ωστόσο πάντα σταθερό το σκοπό, δηλαδή την επίτευξη μέγιστης ομοιογένειας εντός των ομάδων και σημαντικής διαφοροποίησης μεταξύ των ομάδων.

Επομένως, το γεγονός ότι “ιδανική” μέθοδος ομαδοποίησης δεν μπορεί να υπάρξει εκ των προτέρων, οδήγησε στην ανάπτυξη πολλών διαφορετικών μεθόδων. Φυσικά με την ανάπτυξη της έρευνας στον τομέα της χαρτογραφίας, της στατιστικής και της ανάλυσης σε συνδυασμό με τη δημιουργία και τη βελτίωση των αυτοματοποιημένων μεθόδων στα διάφορα στάδια της χαρτογράφησης, οι διάφορες μέθοδοι ομαδοποίησης έχουν αυξηθεί ή βελτιωθεί στο πέρασμα των χρόνων παρέχοντας είτε παραλλαγές, είτε εξειδικεύσεις υπαρχόντων, είτε νέες ενσωματώσεις στατιστικών μοντέλων. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας θα αναλυθούν οι τέσσερις βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούν τα πιο διαδεδομένα λογισμικά συστήματα επεξεργασίας γεωγραφικών πληροφοριών. Οι μέθοδοι αυτές είναι οι εξής:

- ίσων διαστημάτων (equal intervals),
- κανονικής τμηματοποίησης (quantile),
- φυσικών ορίων (natural breaks – Jenks),
- παραμέτρων κανονικής κατανομής – τυπικής απόκλισης (standard deviation).

Η μέθοδος των ίσων διαστημάτων χωρίζει το εύρος τιμών των δεδομένων, δηλαδή το διάστημα μεταξύ ελάχιστης και μέγιστης τιμής, σε ίσα διαστήματα ανάλογα με τον αριθμό των επιθυμητών ομάδων (κλάσεις). Σε κάθε μια από τις κλάσεις θα ενταχθούν οι παρατηρήσεις με τις αντίστοιχες τιμές. Χαρακτηρίζεται ως η απλούστερη μέθοδος ομαδοποίησης σε ότι αφορά τον τρόπο εφαρμογής της στα δεδομένα αλλά και σε ότι αφορά την κατανόηση του αποτελέσματός της. Ωστόσο, είναι φανερό ότι στην διαδικασία ταξινόμησης δεν εξετάζονται ούτε οι παρατηρήσεις ούτε ο τρόπος κατανομής τους πάνω στο εύρος των τιμών. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει μη επιθυμητά αποτελέσματα όταν στο σύνολο των δεδομένων συμπεριλαμβάνονται κρίσιμες τιμές, καταλήγοντας σε άδειες κλάσεις. Έτσι η εφαρμογή της είναι αποτελεσματικότερη όταν τα δεδομένα ακολουθούν την κανονική κατανομή.

Η μέθοδος της κανονικής τμηματοποίησης δημιουργεί κλάσεις με ίσο αριθμό παρατηρήσεων. Ο αριθμός των παρατηρήσεων κάθε ομάδας ισούται με το σύνολο των παρατηρήσεων προς τον αριθμό των επιθυμητών κλάσεων. Εξασφαλίζεται λοιπόν ότι καμία κλάση δεν μπορεί να μείνει χωρίς παρατηρήσεις. Ωστόσο οι κλάσεις που δημιουργούνται δεν έχουν ομοιόμορφο εύρος – πολλές φορές κάποια κλάση παρουσιάζει πολλαπλάσιο εύρος από τις υπόλοιπες – κάτι που εξαρτάται από την καμπύλη που ακολουθεί το ιστόγραμμα των τιμών. Λόγω των ίσων παρατηρήσεων όμως, ο χάρτης που δημιουργείται παρουσιάζει ομοιομορφία και στην κατανομή του συμβολισμού, για παράδειγμα, για έναν χωροπληθή χάρτη οι διαφορετικές τιμές της έντασης για κάθε κλάση καταλαμβάνουν την ίδια αναλογία επιφάνειας, δηλαδή δεν παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση κάποιου χρωματικού τόνου.

Η μέθοδος των φυσικών διακοπών (natural breaks - Jenks) ή αλλιώς βέλτιστη μέθοδος (optimal method) συμπεριλαμβάνει συνήθως το όνομα “Jenks” προς τιμήν του τελικού δημιουργού της George Jenks (1977). Πρόκειται για μια βελτιστοποίηση της μεθόδου των φυσικών διακοπών κατά την οποία τα όρια των ομάδων συμπίπτουν με τις φυσικές διακοπές στο εύρος των δεδομένων όπως αυτές είναι ορατές στην γραφική απεικόνιση της κατανομής των συχνοτήτων τους. Η

μέθοδος αυτή έχει ως αποτέλεσμα να ελαχιστοποιούνται οι μεταβολές μεταξύ των τιμών στο εσωτερικό κάθε ομάδας και να επιτυγχάνεται η μέγιστη διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων. Η διαδικασία που ακολουθείται για τον τελικό υπολογισμό των ορίων των διαστημάτων είναι επαναληπτική και εξετάζει κάθε πιθανή λύση που προκύπτει από το άθροισμα των τυπικών αποκλίσεων από την διάμεσο.

Τέλος, η μέθοδος των παραμέτρων κανονικής κατανομής ορίζει τα όρια των κλάσεων της ομαδοποίησης χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους της κανονικής κατανομής δηλαδή το μέσο και την τυπική απόκλιση. Πιο συγκεκριμένα, τα όρια προκύπτουν προσθέτοντας και αφαιρώντας το μέγεθος της τυπικής απόκλισης από το μέσο της κατανομής. Μια τέτοια προσέγγιση προϋποθέτει την ύπαρξη τέτοιων παραμέτρων και άρα είναι κατάλληλη για σύνολα δεδομένων που εμφανίζουν κανονική κατανομή. Προϋποθέτει επιπλέον ο χρήστης του τελικού αποτελέσματος να είναι εξοικειωμένος με τα στατιστικά αυτά μεγέθη ώστε να αντιληφθεί την τελική ομαδοποίηση.

Από την ανάλυση των μεθόδων και με κριτήριο ότι δεν υπάρχει “βέλτιστη” μέθοδος ομαδοποίησης, κρίνεται σημαντικό το στάδιο κατανόησης των δεδομένων και των αριθμητικών τους χαρακτηριστικών. Ένα σημαντικό εργαλείο εξέτασης της κατανομής των δεδομένων είναι η γραφική απεικόνισή της με το πιο σύνηθες γράφημα να είναι το ιστόγραμμα συχνοτήτων. Στον οριζόντιο άξονα x απεικονίζονται οι τιμές των αριθμητικών δεδομένων ενώ στο κατακόρυφο άξονα y η συχνότητα εμφάνισης κάθε τιμής. Η στατιστική ανάλυση του ιστογράμματος δίνει μια καθολική εικόνα των τιμών των δεδομένων και της κατανομής τους χωρίς να χρειάζεται να εξεταστεί ένας μη επεξεργασμένος πίνακας τιμών όλων των παρατηρήσεων.

Σημειώνεται ότι η επιλογή του αριθμού των ομάδων δεν ακολουθεί κάποιον κανόνα. Εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων όπως ο αριθμός των παρατηρήσεων, η φύση και τα χαρακτηριστικά των δεδομένων, η αντιληπτική ικανότητα του χρήστη, το οπτικό μέσο απεικόνισης του χάρτη. Προσεγγιστικά χρησιμοποιείται μια εμπειρική σχέση του Sturges (1926) όπου ο αριθμός των ομάδων (c) είναι συνάρτηση του πλήθους των παρατηρήσεων (n): $c=1+3,3*\log(n)$ (Dent κ.ά. 2009). Στην πράξη οι ομάδες είναι συνήθως 4-7 ώστε να μπορεί ο αναγνώστης του χάρτη να τις διακρίνει. Ο αριθμός αυτός μπορεί να αυξηθεί κατά πολύ όταν το μέσο οπτικοποίησης του χάρτη είναι ψηφιακό ή ακόμα όταν χάρτης είναι διαδραστικός όπου η ύπαρξη πρόσθετης πληροφορίας ή/και δράσης κατατάσσει ευκολότερα την τιμή στην αντίστοιχη κατηγορία.

1.2.2. Δασυμετρική Απεικόνιση

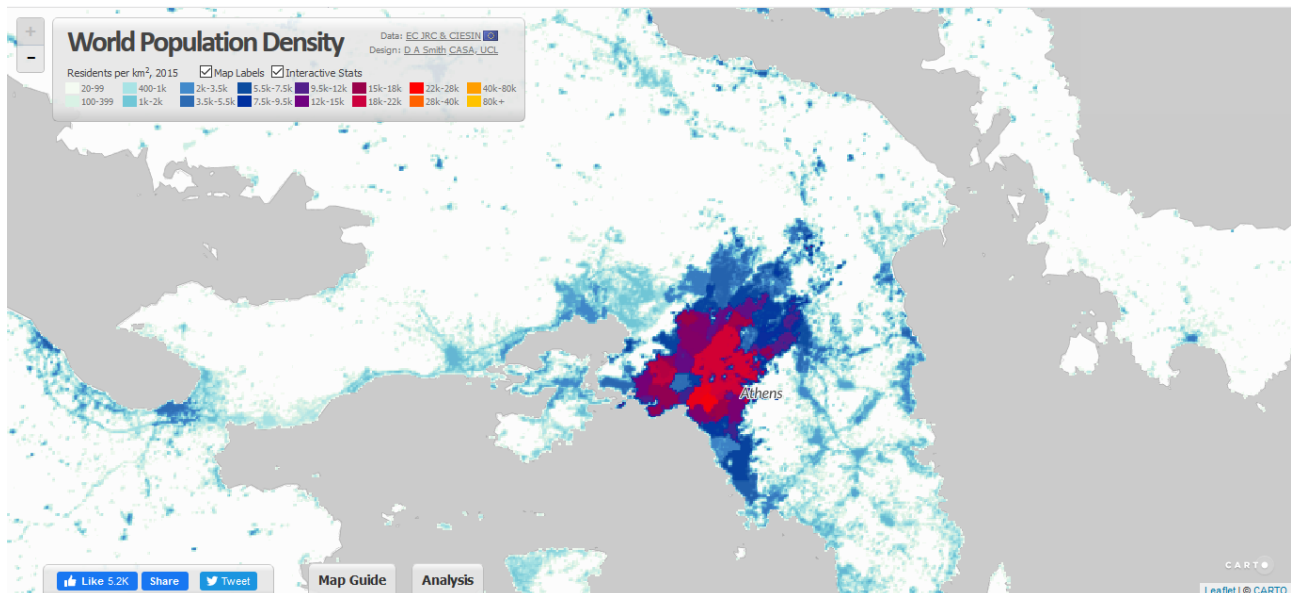
Ο δασυμετρικός από την πλευρά της γεωχωρικής αντίληψης σχετίζεται με την χωροπληθή απεικόνιση αφού αποδίδει παράγωγα επιφανειακά δεδομένα. Η χωροπληθής απεικόνιση όμως αποτυγχάνει να αποδώσει, χαρτογραφικά ορθά, τα δεδομένα που δεν παρουσιάζουν ομοιόμορφη κατανομή εντός των απογραφικών μονάδων, μια αδυναμία που συμπληρώνει η ύπαρξη του δασυμετρικού χάρτη. Επομένως η απεικόνιση αφορά παράγωγα δεδομένα που αντιστοιχούν σε γεωγραφικές επιφάνειες που δεν αποτελούν απαραίτητα διοικητικά όρια άρα δεν συμπίπτουν με τις απογραφικές μονάδες του χωροπληθούς χάρτη.

Η δημιουργία ενός δασυμετρικού χάρτη προϋποθέτει την ύπαρξη επιπρόσθετων χωρικών πληροφοριών. Η χρήση τέτοιων πληροφοριών βοηθά στην εκτίμηση της κατανομής του φαινομένου σε ζώνες. Παραδείγματα τέτοιων πληροφοριών αποτελούν οι χάρτες χρήσεων γης και

εδαφοκάλυψης (Corine Land Cover), οι δορυφορικές εικόνες ακόμα και αεροφωτογραφίες. Η δημιουργία μικρότερων γεωγραφικών ζωνών με μεγαλύτερη ομοιομορφία προσδίδει στην απεικόνιση αυτή πιο λεπτομερή και ακριβή προσέγγιση του φαινομένου σε σχέση με έναν χωροπληθή χάρτη. Οι συχνότερα εμφανιζόμενοι δασυμετρικοί χάρτες αφορούν την πυκνότητα του πληθυσμού σε μεγαλύτερη κλίμακα αλλά και φαινόμενα όπως η αγροτική παραγωγή δίνοντας την δυνατότητα αποφυγής εδαφικών περιοχών χωρίς καμία συσχέτιση με το φαινόμενο (πχ λίμνες, ποτάμια).

Τα μειονεκτήματα της θεματικής αυτής προσέγγισης ξεκινούν με το σφάλμα της δασυμετρικής απεικόνισης. Η υποκειμενικότητα των αποφάσεων που καλείται να πάρει ο χαρτογράφος κατά την διάρκεια παραγωγής του χάρτη επεμβαίνει στην πιθανότητα σφάλματος και εξομαλύνεται με την εισαγωγή επιπρόσθετων πληροφοριών στην διαδικασία ώστε να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο και ορθότερα θεμελιωμένο το αποτέλεσμα. Η αβεβαιότητα στις αποφάσεις συνδέεται και με την αβεβαιότητα στα όρια των γεωγραφικών ζωνών κάνοντας την απεικόνιση ακατάλληλη για ευρύτερης κλίμακας περιοχές. Οι αβεβαιότητα των ορίων μεγαλώνει και διαφοροποιεί τις ζώνες που αναφέρονται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και έτσι η χρονική σύγκριση σε δασυμετρικούς χάρτες δεν συνίσταται. Τέλος οι διάφορες μέθοδοι παραγωγής ενός τέτοιου χάρτη είναι αρκετά χρονοβόρες και δαπανηρές.

Η εφαρμογή “World Population Density” αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα δασυμετρικού χάρτη. Η εφαρμογή αυτή μάλιστα θα παρουσιαστεί εκτενώς στο Κεφάλαιο 3. Το θέμα που πραγματεύεται η εφαρμογή αφορά στην πληθυσμιακή πυκνότητα ανά τον κόσμο. Στο απόσπασμα που εμφανίζεται στην *Εικόνα 1.5* διακρίνονται οι χωρικές ενότητες που δεν αποτελούν απογραφικές μονάδες και δεν αντιστοιχούν δηλαδή σε διοικητικά όρια. Όπως φαίνεται και στο υπόμνημα τα δεδομένα είναι παράγωγα και ειδικότερα αντιστοιχούν στον αριθμό των κατοίκων ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Το έτος αναφοράς των πληθυσμιακών δεδομένων είναι το 2015



Εικόνα 1.5. Δασυμετρική απεικόνιση της πληθυσμιακής πυκνότητας από την παγκόσμια κλίμακα εφαρμογή “World Population Density” (2015) (πηγή: <http://luminocity3d.org/WorldPopDen/#3/12.00/10.00/>)

1.2.3. Ισαριθμική Απεικόνιση

Οι δύο προηγούμενες απεικονίσεις, ο χωροπληθής και ο δασυμετρικός χάρτης, αποδίδουν ένα τρισδιάστατο φαινόμενο, χωρικά συνεχές, που μεταβάλλεται βαθμωτά. Όταν το χωρικό φαινόμενο που μελετάται, κατανέμεται συνεχόμενα πάνω σε μία επιφάνεια αλλά οι τιμές του είναι εξομαλυσμένες τότε ο συνηθέστερος τρόπος αναπαράστασης είναι ο ισarithμικός χάρτης (isoline, isarithmic map). Συνεπώς, ο ισarithμικός χάρτης ορίζεται ως η αναπαράσταση ενός συνεχούς φαινομένου με την χρήση γραμμικών και επιφανειακών συμβόλων που οριοθετούν περιοχές με παρόμοιες τιμές. Το τρισδιάστατο φαινόμενο μπορεί να είναι είτε πραγματικό είτε αφηρημένο. Το γήινο ανάγλυφο είναι ένα παράδειγμα πραγματικού φαινομένου, η τρίτη διάσταση του οποίου είναι το υψόμετρο. Τρισδιάστατα φαινόμενα, όμως, μπορούν να θεωρηθούν και αφηρημένα νοητικά μοντέλα όπως η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, ατμοσφαιρική πίεση, η περιβαλλοντική μόλυνση με τρίτη διάσταση την τιμή του φαινομένου σε κάθε σημείο της επιφανείας.

Η έννοια της τρίτης διάστασης έχει το μειονέκτημα να μην γίνεται τόσο εύκολα αντιληπτή. Ειδικότερα όταν ο αναγνώστης μιας δισδιάστατης απεικόνισης δεν είναι εξοικειωμένος με την έννοια της επιπεδοποίησης του “ύψους”, δυσκολεύεται ή αδυνατεί να κατανοήσει το φαινόμενο. Αυτό καθιστά τον ισarithμικό χάρτη τον πιο δύσκολο εννοιολογικά. Ωστόσο, η δημιουργία του προσφέρει πληρότητα και ορθότητα στο φαινόμενο αφού είναι δυνατό ο ισarithμικός χάρτης να αναπαριστά την συνολική κατανομή χωρίς καμία χωρική απώλεια.

Είτε το φαινόμενο είναι πραγματικό είτε αφηρημένο, η τρίτη διάσταση του αντιπροσωπεύεται από την τιμή στα διάφορα σημεία της επιφάνειας. Η τιμή αυτή είτε είναι πραγματική, όπως το υψόμετρο, είτε μετατρέπεται νοητικά σε “ύψος” σχηματίζοντας ανυψωμένα σημεία, η ένωση των οποίων δημιουργεί μια τρισδιάστατη επιφάνεια. Η επιφάνεια με την σειρά της τέμνεται από επίπεδα ίδιων τιμών “ύψους” ή υψομέτρου. Οι τομές των επιπέδων με την επιφάνεια δημιουργούν τις ισarithμικές καμπύλες δηλαδή γραμμικά σύμβολα ίσων τιμών που προβάλλονται στο δισδιάστατο επίπεδο αναφοράς για να περιγράψουν την κατανομή του φαινομένου.

Τα είδη των ισarithμικών χαρτών είναι δύο και διακρίνονται ανάλογα με το γεωγραφική αναφορά των δεδομένων της απεικόνισης. Το πρώτο είδος καλείται ισομετρική απεικόνιση και τα δεδομένα της αναφέρονται σε πραγματικά σημεία του εδάφους (π.χ. σταθμοί μέτρησης μετεωρολογικών φαινομένων). Οι τιμές τους όσον αφορά την επεξεργασία, δεν ακολουθούνται από περιορισμούς και μπορούν να είναι απόλυτες ή παράγωγες. Το δεύτερο είδος ονομάζεται ισοπληθής απεικόνιση και αφορά δεδομένα που αντιστοιχούν σε εννοιολογικά σημεία όπως τα κεντροειδή των χωρών και επομένως οι τιμές σε κάθε τέτοιο σημείο πρέπει να είναι παράγωγες δηλαδή στατιστικά επεξεργασμένες όπως οι μέσου όροι, οι αναλογίες, τα ποσοστά.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το φαινόμενο είναι συνεχές και εξομαλυσμένο, καλύπτει επομένως ομοιόμορφα το σύνολο μιας επιφάνειας με μια ομαλή μετάβαση από σημείο σε σημείο. Για να δημιουργηθεί μια τέτοια επιφάνεια είναι αδύνατο να συλλεχθούν δεδομένα για κάθε πραγματικό σημείο του χώρου. Για τον λόγο αυτό επιλέγονται ενδεικτικά, στην περιοχή μελέτης, σημεία που ονομάζονται σημεία ελέγχου και αποτελούν τα σημεία αναφοράς για την δημιουργία του ισarithμικού μοντέλου, του μοντέλου που θα αναπαραστήσει την επιφάνεια που είναι αδύνατο καλυφθεί με πραγματικά σημεία. Τα σημεία ελέγχου διαφέρουν για τα δύο είδη απεικονίσεων. Στις ισομετρικές απεικονίσεις, είναι προκαθορισμένα και αντιστοιχούν στα σημεία μέτρησης του

φαινομένου. Στους ισοπληθείς χάρτες, η διαδικασία γίνεται πιο πολύπλοκη αφού τα σημεία γνωστών τιμών είναι πλασματικά και έτσι απαιτείται ο ορισμός αυθαίρετων θέσεων.

Ο καθορισμός των σημείων ελέγχου είναι απαραίτητος στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας, αυτού της δημιουργίας ενός συνεχόμενου μοντέλου και καλείται χωρική παρεμβολή. Η παρεμβολή αντιμετωπίζει το πρόβλημα των διάσπαρτα κατανεμημένων σημείων ελέγχου στο σύνολο της επιφάνειας και ορίζεται ως η διαδικασία προσδιορισμού των τιμών ή των χωρικών ιδιοτήτων στα ενδιάμεσα σημεία, μέσω της επεξεργασίας των υπάρχοντων δεδομένων- παρατηρήσεων στα σημεία ελέγχου. Οι βασικότερες και πιο διαδεδομένες μέθοδοι χωρικής παρεμβολής στην Χαρτογραφία είναι οι εξής τρεις και θα αναλυθούν περιληπτικά στις επόμενες παραγράφους:

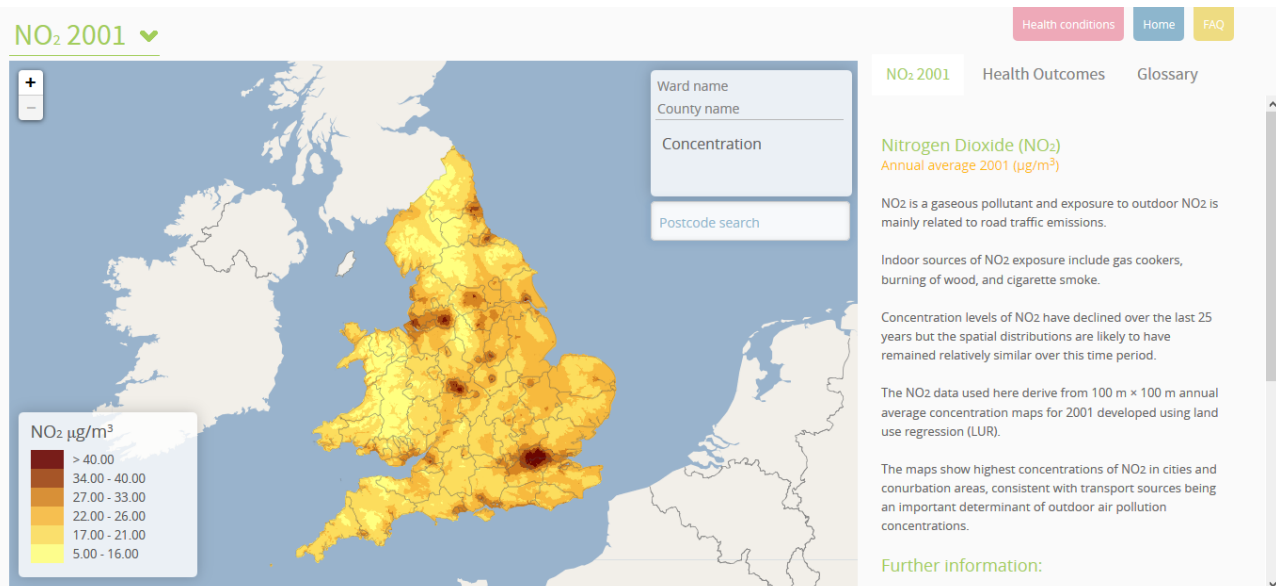
- Τριγωνισμός (Τριγωνισμός Delaunay)
- Αντίστροφης απόστασης (Inverse Distance Weighted ή IDW)
- Kriging

Η μέθοδος του τριγωνισμού κατηγοριοποιείται στις βαθμωτές μεθόδους, δηλαδή σε εκείνες που οι χωρικές ενότητες, οι οποίες προσδιορίζονται με την εκάστοτε μέθοδο, διαθέτουν συγκεκριμένες ιδιότητες. Ο τριγωνισμός ως μέθοδος παρεμβολής ακολουθεί την λογική της χάραξης υψομετρικών καμπυλών και δημιουργεί, όπως φανερώνει και το όνομα του, τρίγωνα από την ένωση των γνωστών σημείων με στόχο ένα δίκτυο τέτοιων τριγώνων να αναπαριστά την τρισδιάστατη μορφή της επιφάνειας. Η διαδικασία έχει ως κριτήριο σύνδεσης των σημείων, την δημιουργία κύκλων που αποτελούν τον γεωμετρικό τόπο των τριών σημείων και στο εσωτερικό δεν περιέχουν κανένα άλλο σημείο. Οι κύκλοι αυτοί θεωρούνται μοναδικοί για κάθε τριάδα σημείων και προσπαθούν να διαμορφώνουν κατά το δυνατόν καλύτερες προσεγγίσεις ισόπλευρων τριγώνων ανεξάρτητα από το πιο σημείο ξεκίνησαν να δημιουργούνται κάτι που αποτελεί και το πρόβλημα του τριγωνισμού. Το ζητούμενο της διαδικασίας επομένως είναι διαμόρφωση του βέλτιστου δικτύου τριγώνων έτσι ώστε να αναπαριστά πιστότερα την τρισδιάστατη επιφάνεια.

Οι επόμενες δύο μέθοδοι κατατάσσονται στις συνεχείς μεθόδους παρεμβολής παράγοντας δηλαδή μια συνεχή επιφάνεια προσομοίωσης του φαινομένου στον χώρο. Αρχικά, η παρεμβολή της αντίστροφης απόστασης εκτιμά την τιμή ενός κελιού χρησιμοποιώντας έναν γραμμικά σταθμισμένο συνδυασμό σημείων. Το βάρος του κάθε σημείου εξαρτάται από την απόσταση και έτσι αυτό μειώνεται όσο πιο απομακρυσμένο είναι το σημείο αναφοράς από το ζητούμενο σημείο που δημιουργεί η παρεμβολή. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη όταν το σύνολο των δεδομένων είναι αρκετά πυκνό ώστε να περιγράψει τις χωρικές διαφοροποιήσεις της επιφάνειας και η εφαρμογή της μεθόδου να εξάγει αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα.

Η τελευταία μέθοδος που περιγράφεται ονομάζεται μέθοδος Kriging και αναπτύχθηκε από τον μαθηματικό Georges Matheron βασισμένη στην διπλωματική εργασία του Daniel Gerhardus Krige. Και αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί σταθμισμένα σημεία βάσει της απόστασης. Η γενική λογική της μεθόδου χρησιμοποιεί την χωρική αυτοσυσχέτιση υποθέτοντας ότι η απόσταση και η θέση μεταξύ των σημείων επιφέρουν την μεταξύ τους συσχέτιση. Η διαδικασία της παρεμβολής δημιουργεί έναν κানাβο σημείων ώστε εκτιμάται η τιμή του φαινομένου σε κάθε τομή του συναρτήσει της απόστασης από τα σημεία ελέγχου αλλά και με τη χρήση της αυτοσυσχέτισης των τομών του κανάβου, των γειτονικών σημείων ελέγχου αλλά και των σημείων ελέγχου μεταξύ τους. Γίνεται περισσότερο κατάλληλη όταν είναι γνωστή η χωρικά συσχετισμένη απόσταση ή η κλίση

των δεδομένων. Παρόλα αυτά είναι από τις πιο ισχυρές μεθόδους και θεωρείται η πιο ακριβής στις περισσότερες εφαρμογές της με τις πιο διαδεδομένες χρήσεις της να παρουσιάζονται σε εφαρμογές γεωστατιστικής όπως η μοντελοποίηση τη περιβαλλοντικής ρύπανσης, σε εφαρμογές γεωλογικές, γεωχημικές, ιατρικές κ.α.



Εικόνα 1.6. Ισαριθμική απεικόνιση της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης διοξειδίου του αζώτου (Μεγάλη Βρετανία, 2001) (πηγή: <http://www.envhealthatlas.co.uk/eha/environmental/NO2/>)

Σε κάθε περίπτωση το αποτέλεσμα της παρεμβολής είναι η δημιουργία μιας επιφάνειας που προσπαθεί να περιγράψει ένα συνεχές φαινόμενο από ένα σύνολο σημείων με γνωστές τιμές φαινομένου. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από την ορθότητα στην επιλογή των σημείων ελέγχου ώστε να είναι αποτελεσματικός ο τρόπος προσδιορισμού των άγνωστων σημείων ιδιαίτερα στα μέρη της επιφάνειας όπου τα δεδομένα δεν επαρκούν. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη η ταχύτητα εκτέλεσης της μεθόδου στο σύνολό της, η ταχύτητα επιλογής των παραμέτρων της μεθόδου και κατά πόσο μια μέθοδος παρεμβολής γίνεται εύκολα αντιληπτή τόσο ως διαδικασία όσο και ως αποτέλεσμα. Τέλος, έχει επικρατήσει η μέθοδος Kriging να προτιμάται όταν είναι επιθυμητή η μέγιστη ακρίβεια.

Ένα παράδειγμα ισarithμικού χάρτη παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.6. που υλοποιήθηκε στα πλαίσια μιας εφαρμογής συσχέτισης περιβαλλοντικών και ιατρικών θεμάτων. Περιλαμβάνει ασθένειες όπως διάφορα είδη καρκίνου και καρδιακών νοσημάτων ενώ από την πλευρά των περιβαλλοντικών παραγόντων περιλαμβάνει ρυπαντικούς δείκτες (π.χ. συγκέντρωση αζώτου στην ατμόσφαιρα), περιβαλλοντικά φαινόμενα (π.χ. ηλιοφάνεια) και παράγοντες μόλυνσης (π.χ. φυτοφάρμακα). Στον συγκεκριμένο ισarithμικό χάρτη παρουσιάζεται η μέση ετήσια συγκέντρωση διοξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα για το έτος 2001. Χρησιμοποιείται η οπτική μεταβλητή της έντασης σε συνδυασμό με την απόχρωση για να χαρακτηριστούν οι ομάδες και να δημιουργηθεί η αίσθηση της μοντελοποίησης ενός τρισδιάστατου χωρικού φαινομένου.

1.2.4. Απεικόνιση Σημειακών Συμβόλων

Όταν οι οντότητες που πρόκειται να απεικονιστούν έχουν σημειακή γεωμετρία και ποσοτική διαφοροποίηση τότε χρησιμοποιούνται χάρτες σημειακών συμβόλων. Το μέγεθος του σύμβολου που αντιστοιχεί στην γεωγραφική θέση ενός σημείου στον χώρο μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του φαινομένου στην συγκεκριμένη θέση. Τα είδη των χαρτών σημειακών συμβόλων είναι δύο, αναλογικών και βαθμωτών συμβόλων σύμφωνα με την ταξινόμηση που ακολουθούν τα δεδομένα. Εάν ο χάρτης που προκύπτει είναι αταξινόμητος και επομένως το μέγεθος του συμβόλου διαφοροποιείται με αναλογική σχέση ως προς την τιμή που αναπαριστά, η απεικόνιση καλείται χάρτης αναλογικών συμβόλων. Στην περίπτωση που τα δεδομένα υπόκεινται σε ομαδοποίηση, η απεικόνιση καλείται χάρτης βαθμωτών συμβόλων.

Η θέση των ποσοτικών δεδομένων μπορεί να είναι η πραγματική θέση των σημειακών δεδομένων που συγκροτούν το φαινόμενο της απεικόνισης. Υπάρχουν όμως και οι περιπτώσεις που τα δεδομένα θεωρούνται σημεία εντός επιφανειακών οντοτήτων μέσα στις οποίες συγκεντρώνεται το φαινόμενο. Τέτοια σημεία μπορεί να είναι τα κεντροειδή των επιφανειών. Μια τέτοια προσέγγιση έχει το πλεονέκτημα το οπτικό βάρος να μένει ανεπηρέαστο από το μέγεθος της επιφάνειας, κάτι που παρατηρείται συχνά ως μειονέκτημα στους χωροπληθείς χάρτες. Οι οπτικές μεταβλητές που χρησιμοποιούνται είναι το σχήμα και το μέγεθος, με το τελευταίο να είναι αυτό που προσφέρει την αναλογική διαφοροποίηση. Οι οπτικές μεταβλητές της απόχρωσης και της έντασης προστίθενται όταν είναι επιθυμητή η αναπαράσταση επιπλέον μεταβλητών στον ίδιο χάρτη, μια διαδικασία που θα συζητηθεί σε επόμενα κεφάλαια.

Τα δεδομένα που απεικονίζονται σε χάρτες σημειακών συμβόλων διακρίνονται από ευελιξία στην χρήση των διάφορων τύπων τους. Χρησιμοποιούνται τόσο πρωτογενή όσο και παράγωγα δεδομένα όπως αναλογίες και ποσοστά. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που τα σημειακά σύμβολα δεν θα αποδώσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο ένα σύνολο δεδομένων ακόμα και ανά αυτό βρίσκεται εντός των επιτρεπτών τύπων. Αρχικά τα δεδομένα πυκνοτήτων παρότι είναι παράγωγα αποδίδονται ορθότερα σε χωροπληθείς χάρτες αφού είναι αναγκαία η επιφανειακή συσχέτιση τους. Επιπλέον, αδύνατη είναι η σημειακή απεικόνιση της τιμής του μηδενός και επομένως των συνόλων των δεδομένων εκείνων που ακολουθούν την κλίμακα του διαστήματος. Τέλος, τα δεδομένα χρειάζεται να χαρακτηρίζονται από μεγάλο και αξιόλογο εύρος τιμών ώστε η διαφοροποίηση του μεγέθους του συμβόλου να εξάγει κάποια χωρική πληροφορία.

Ο συμβολισμός με σημειακά σύμβολα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αντιληπτική δυνατότητα των χρηστών. Στις θεματικές απεικονίσεις γίνεται χρήση γεωμετρικών και εικονογραφικών συμβόλων. Ως γεωμετρικά σύμβολα εμφανίζονται συχνότερα ο κύκλος, το τετράγωνο, το τρίγωνο και ο ρόμβος. Από αυτά την ευρύτερη χρήση έχει ο κύκλος λόγω της απλότητας του στην χρήση, την ευελιξία του στις εναλλακτικές απεικονίσεις καθώς και στην ευκολία αντίληψης της γεωμετρίας του. Τα γεωμετρικά σύμβολα παίρνουν τη μορφή δύο και τριών διαστάσεων με τις μεταβολές να παρουσιάζονται αναλογικά με την τιμή, στο εμβαδόν και στον όγκο του συμβόλου αντίστοιχα. Παρόλο που η τρισδιάστατη σημειακή αναπαράσταση προσφέρει πιο ελκυστικούς χάρτες, δημιουργούνται προβλήματα στην αντίληψη της επιπλέον διάστασης αφού οι χρήστες τείνουν να υποεκτιμούν τόσο το εμβαδόν, αλλά ακόμα περισσότερο τον όγκο, όσο αυξάνεται το μέγεθος του συμβόλου. Το ίδιο ελκυστικούς χάρτες δημιουργούν και τα εικονογραφικά σύμβολα

συχνά με μια νότα διασκέδασης εκεί όπου το είδος του φαινομένου επιτρέπει τη χρήση τους. Ο αρνητικός παράγοντας στην χρήση εικονογραφικών συμβόλων που μιμούνται το φαινόμενο που συμβολίζουν είναι η πολυπλοκότητα μιας τέτοιας αναπαράστασης που και πάλι οδηγεί σε δυσκολία ανάγνωσης του χάρτη.

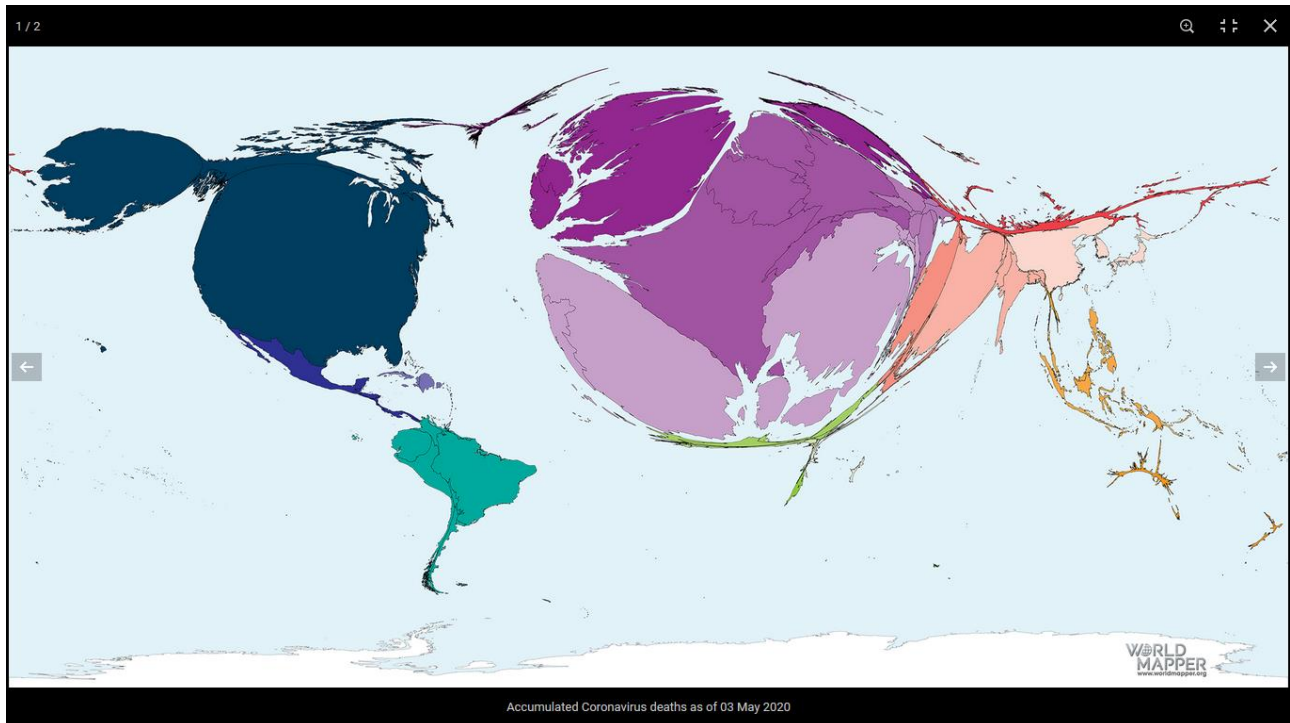
Ο θεματικός χάρτης της *Εικόνας 1.2*. είναι μια αναπαράσταση σημειακών συμβόλων και πιο συγκεκριμένα αναλογικών συμβόλων. Η ακτίνα του κυκλικού σημείου αυξάνει με την αύξηση του δείκτη που αναπαριστά ο οποίος αναφέρεται στον αριθμό των κρουσμάτων COVID-19 ανά περιοχή. Στην μικρότερη κλίμακα απεικόνισης, δηλαδή στο παγκόσμιο επίπεδο, τα σημεία αντιστοιχούν στις χώρες του κόσμου που έχουν παρατηρηθεί κρούσματα ενώ όσο η κλίμακα μεγαλώνει τα σημεία αναφέρονται και σε μικρότερες χωρικές ενότητες όπως, πολιτείες, νομούς ή άλλες διοικητικές διαιρέσεις διατηρώντας την αναλογία του συμβόλου βάσει της προκαθορισμένης επιλογής κατηγοριοποίησης των τιμών των δεδομένων. Η αλλαγή της θέσης των σημείων και η γενίκευση των συμβόλων με την αλλαγή της μεγέθυνσης αποτελούν μία από τις διαδραστικές λειτουργίες της εφαρμογής που επιτρέπει την εξερεύνηση νέων πληροφοριών και μεγαλύτερης εξειδίκευσης τους «εξυπηρετώντας» την οπτικοποίηση των χωρικών πληροφοριών ή γεωοπτικοποίηση όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1.1.

1.2.5. Χαρτόγραμμα

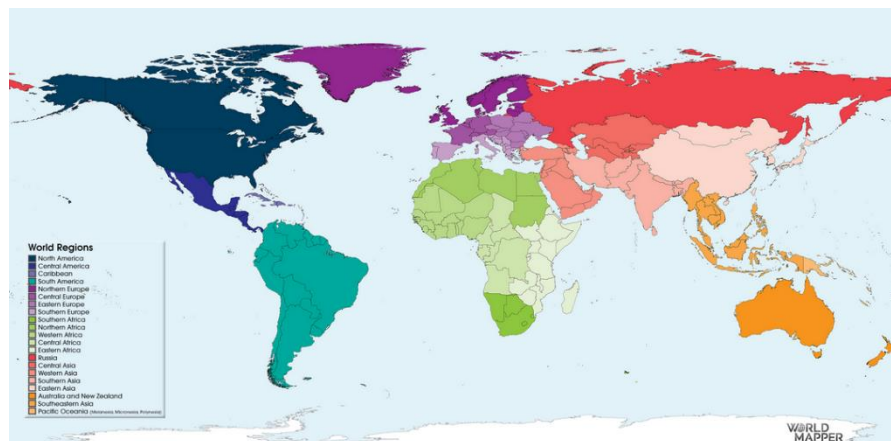
Το χαρτόγραμμα αποτελεί μια ειδική θεματική απεικόνιση που χαρακτηρίζεται από ένα μοναδικό στοιχείο συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες και αφορά στον συμβολισμό. Για την δημιουργία του χαρτογράμματος δεν επιλέγεται κάποιο σημειακό, γραμμικό ή επιφανειακό σύμβολο αλλά σύμβολο αποτελούν οι ίδιες οι χωρικές ενότητες που αναφέρονται τα δεδομένα. Η έκταση των ενοτήτων αυτών αποδεδμεύεται από την γεωγραφική της διάσταση και γίνεται ανάλογη της τιμής του φαινομένου που αναπαριστά. Με τον τρόπο αυτό αλλοιώνονται, μαζί με την έκταση, ο προσανατολισμός, το σχήμα και η συνέχεια των περιοχών διαστρεβλώνοντας έτσι την πραγματική εικόνα του γεωγραφικού χώρου.

Η διαφορετική προσέγγιση στην μορφή αυτής της απεικόνισης οδηγεί σε τρία είδη χαρτογράμματος, το συνεχές, το μη συνεχές και το κυκλικό. Ένα συνεχές χαρτόγραμμα διατηρεί τα κοινά όρια των επιφανειών και τις σχετικές τους θέσεις έτσι ώστε να μην χάνεται η συνέχεια του γεωγραφικού χώρου. Το αποτέλεσμα αυτού είναι ότι το εξωτερικό σχήμα της γεωγραφικής περιοχής που μελετάται παραμένει αναλλοίωτο βοηθώντας τον αναγνώστη να αντιληφθεί τη συνέχεια και τη συνολική μορφή του χώρου. Ωστόσο, η προσπάθεια διατήρησης των κοινών ορίων επιφέρει σημαντικές στρεβλώσεις και στα ίδια τα όρια και στα υπόλοιπα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των επιφανειών, δηλαδή το σχήμα και τον προσανατολισμό, δυσχεραίνοντας την αναγνώριση του πραγματικού χώρου. Στο μη συνεχές χαρτόγραμμα τα όρια των περιοχών απομακρύνονται έτσι ώστε να αλλάξει το μέγεθος των χωρικών ενοτήτων δημιουργώντας κενά μεταξύ τους. Το σχήμα των περιοχών διατηρείται κάτι που όμως δεν συμβαίνει για τη συνέχεια του χώρου και για τη συνολική του μορφή. Επιπλέον, δημιουργείται το πρόβλημα της επικάλυψης των συμβόλων στην περίπτωση που οι επιφάνειες προκύπτουν μεγάλες σε μέγεθος, απαιτώντας τη μεταβολή της θέσης τους και προκαλώντας ακόμα μεγαλύτερες στρεβλώσεις. Το κυκλικό χαρτόγραμμα ή χαρτόγραμμα Dorling γενικεύει το σχήμα της επιφάνειας διαμορφώνοντας έναν κύκλο αντί για την αρχική χωρική ενότητα ο οποίος αντιμετωπίζεται όπως προηγουμένως.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται σε αυτήν τη θεματική απεικόνιση εντάσσονται στην αναλογική κλίμακα μέτρησης. Μπορούν να αποδοθούν τόσο πρωτογενείς όσο και παράγωγες τιμές που όμως δεν θα έχουν αναλογική σχέση με την έκταση των επιφανειών αφού έτσι δεν θα επιτευχθεί ο στόχος της έμφασης στην τιμή του φαινομένου και της αλλοίωσης των χωρικών μεγεθών. Τα δεδομένα δε μπορούν να παίρνουν αρνητικές τιμές και ειδικότερα στην περίπτωση του συνεχούς χαρτογράμματος δεν μπορούν να έχουν μηδενικές τιμές αφού αυτό θα οδηγούσε σε κενά στην απεικόνιση.



Εικόνα 1.7. Χαρτόγραμμα με θέμα τους θανάτους από με τον ιό COVID-19 σε παγκόσμια κλίμακα (πηγή: <https://worldmapper.org/maps/covid-19-coronavirus-deaths/>)



Εικόνα 1.8. Χάρτης αναφοράς του χαρτογράμματος της Εικόνας 1.7 (πηγή: <https://worldmapper.org/maps/covid-19-coronavirus-deaths/>)

Οι στρεβλώσεις που περιγράφονται είναι το χαρακτηριστικό του χαρτογράμματος και το στοιχείο που το κάνει να τραβά την προσοχή. Για να μπορέσει όμως κάτι μη πραγματικό να γίνει και αντιληπτό από τον αναγνώστη θα πρέπει ο τελευταίος να έχει μια οικειότητα ως προς το σύνολο της περιοχής μελέτης που απεικονίζεται. Είναι σύνηθες λοιπόν τα χαρτογράμματα να δημιουργούνται για μικρής κλίμακας περιοχές όπως σε επίπεδο παγκόσμιο έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα ο αναγνώστης του χάρτη να μην αντιληφθεί την περιοχή αναφοράς. Τις περισσότερες φορές τα χαρτογράμματα πλαισιώνουν επιπρόσθετα στοιχεία όπως ένας ένθετος χάρτης με την περιοχή μελέτης στην πραγματική της μορφή, τα ονόματα που αντιστοιχούν σε κάθε χωρική ενότητα, ένα κατάλληλα σχεδιασμένο υπόμνημα, ώστε να γίνεται αντιληπτή η πραγματικότητα και ο βαθμός αλλοίωσης της.

Ο χάρτης της *Εικόνα 1.7.* αποτελεί ένα χαρτόγραμμα σε παγκόσμια κλίμακα που απεικονίζει τους καταγεγραμμένους θανάτους από τον ιό COVID-19 και συνοδεύεται από τον χάρτη αναφοράς (*Εικόνα 1.8.*) για την καλύτερη αντίληψη του φαινομένου. Ο χάρτης αναφοράς χωρίζει τον κόσμο σε ζώνες με χρωματική διαφοροποίηση και περιέχει και την περιγραφική πληροφορία των ενοτήτων, τα ονόματά τους, έτσι ώστε να βοηθά τον χρήστη να καταλάβει τις στρεβλώσεις που δημιουργούνται. Συγκρίνοντας τους δύο χάρτες, ο χρήστης μπορεί να αντιληφθεί τις έντονες παραμορφώσεις που δημιουργεί η πληροφορία των θανάτων ανά περιοχή σχηματίζοντας μια μοντελοποίηση με όγκο που με ξεχωριστό τρόπο τραβάει την προσοχή του.

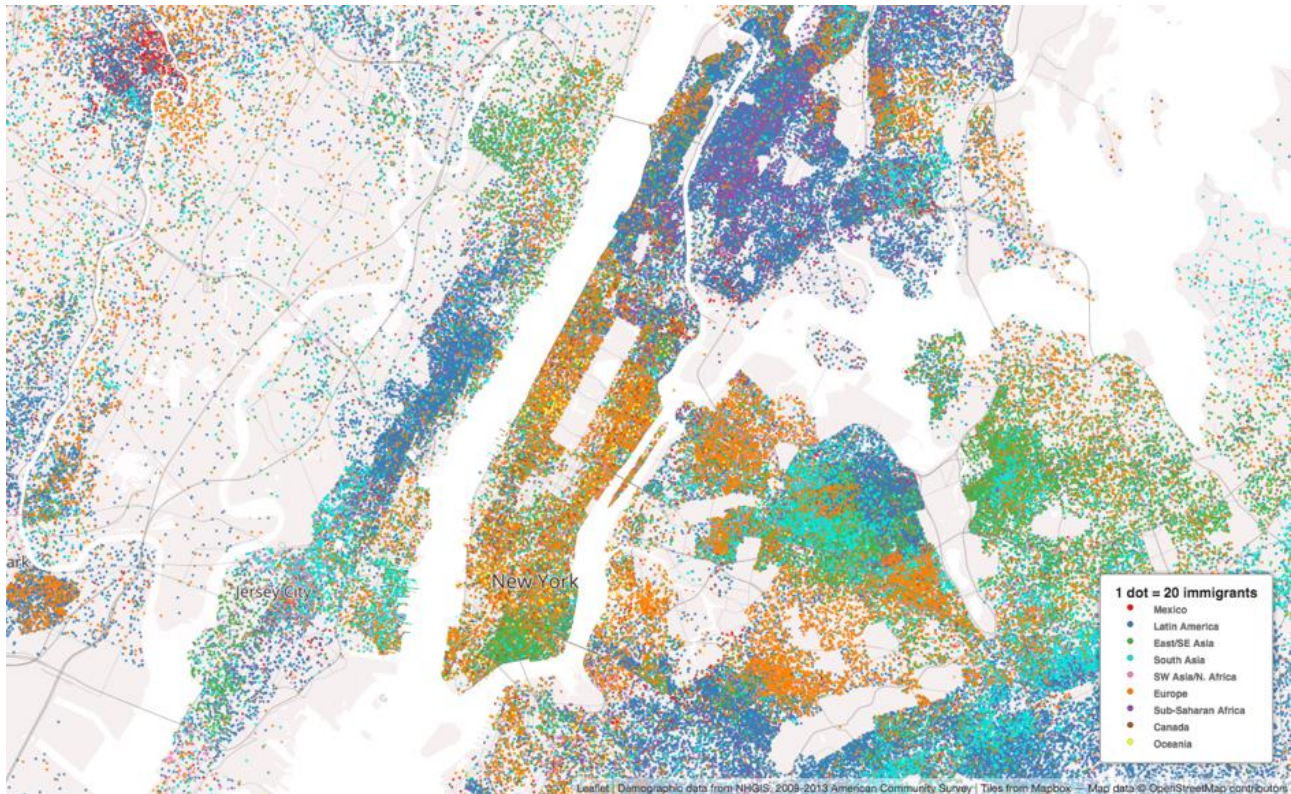
1.2.6. Χάρτης Κουκκίδων

Ο χάρτης κουκκίδων ή χάρτης πυκνότητας κουκκίδων είναι επίσης μια θεματική απεικόνιση που όπως φανερώνει το όνομά της χρησιμοποιεί κουκκίδες για να αναπαραστήσει ένα χωρικό πρότυπο. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση του σημειακού συμβόλου της κουκκίδας αντιστοιχεί σε μια ποσότητα ενός φαινομένου, με άλλα λόγια μια κουκκίδα αντιστοιχεί σε x μονάδες που σχετίζονται με το φαινόμενο. Για να υπάρχει καλύτερη αντίληψη του φαινομένου, τα θεματικά δεδομένα που το περιγράφουν αποτελούν πρωτογενείς τιμές αυτού. Η πυκνότητα που απεικονίζεται είναι προϊόν της κατανομής του συμβόλου και όχι των παράγωγων τιμών όπως συναντάται στη χωροπληθή απεικόνιση. Τα δεδομένα αναφέρονται σε χωρικές ενότητες μέσα στις οποίες η συχνότητα των κουκκίδων μεταβάλλεται χωρίς να μεταβάλλεται ωστόσο το σχήμα ή το μέγεθος τους. Η μεταβολή της συχνότητας γίνεται αναλογικά με την ποσότητα του φαινομένου, όσο η ποσότητα αυξάνει τόσο πυκνώνουν οι κουκκίδες στην ίδια χωρική ενότητα.

Είναι ένας αρκετά δημοφιλής τρόπος απεικόνισης των μεταβολών της χωρικής πυκνότητας λόγω της αποτελεσματικότητας του, της απουσίας πολυπλοκότητας στη δημιουργία του και της ευκολίας κατανόησης του από τον χρήστη. Τα σημαντικότερα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη δημιουργία ενός χάρτη κουκκίδων είναι η τιμή και το μέγεθος της κουκκίδας, η τοποθέτησή τους, το μέγεθος των χωρικών ενοτήτων που αυτές αναφέρονται και τέλος το υπόμνημα του χάρτη. Τα στοιχεία αυτά καθώς και η αλληλεπίδρασή μεταξύ τους παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην κατανόηση του χάρτη από τον χρήστη.

Η τιμή της κουκκίδας πρέπει να είναι κατανοητές. Στην μικρότερη χωρική ενότητα τοποθετούνται έως τρεις κουκκίδες ενώ στην μεγαλύτερη πρέπει οριακά να εφάπτονται μεταξύ τους. Γενικά η τιμή και το μέγεθος τους δεν είναι ανεξάρτητο της κλίμακας του χάρτη κάτι που

έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει ιδιαίτερος κανόνας επιλογής. Ο πειραματισμός στην επιλογή, με γνώμονα την αντίληψη και την ορθή αναπαράσταση του φαινομένου, είναι θεμιτός. Σε κάθε χωρική ενότητα αντιστοιχούν τόσες κουκκίδες όσες ο λόγος της τιμής του φαινομένου σε αυτή προς τον λόγο της τιμής κάθε κουκκίδας. Η τοποθέτηση των κουκκίδων δεν είναι ακριβής αλλά προσεγγιστική. Έτσι, δεν συμπίπτει απαραίτητα με την πραγματική θέση του φαινομένου κάτι που ενδέχεται να δημιουργεί προβλήματα στην αντίληψη. Για τον λόγο αυτό είναι χρήσιμο ένας χάρτης κουκκίδων να δημιουργείται χρησιμοποιώντας συμπληρωματικά μέσα όπως δορυφορικές εικόνες ή επιπρόσθετα θεματικά επίπεδα πληροφορίας ώστε να δημιουργείται μια ορθότερη εικόνα του φαινομένου. Είναι μια απεικόνιση κατάλληλη για μικρής και μεσαίας κλίμακας χάρτες. Οι χωρικές ενότητες αναφοράς είναι προτιμότερο να είναι μικρές, συγκρινόμενες με το σύνολο του χάρτη, έτσι ώστε η τυχαία τοποθέτηση τους σε αυτές να μην αυξάνει την αβεβαιότητα της θέσης του φαινομένου. Η προσέγγιση της θέσης του φαινομένου είναι πιο αποτελεσματική σε μικρές χωρικές ενότητες. Τέλος, το υπόμνημα ενός τέτοιου χάρτη πέρα από την τιμή της κουκκίδας συνοδεύεται με τετράγωνα αντιπροσωπευτικών πυκνοτήτων και από επιπλέον επεξηγήσεις για την τοποθέτηση των κουκκίδων ώστε να μην παρερμηνεύεται η προσέγγιση της πυκνότητας.



Εικόνα 1.9. Χάρτης κουκκίδων των μεταναστών στην Νέα Υόρκη (πηγή:

<https://www.citylab.com/life/2015/09/a-colorful-dot-map-of-americas-immigrants/403849/>)

Ένας χάρτης κουκκίδων δημιουργεί, λοιπόν, την αίσθηση της πυκνότητας του φαινομένου μεταξύ των χωρικών μονάδων. Ο υπολογισμός του ακριβή αριθμού των κουκκίδων δεν είναι εύκολος και ταυτόχρονα δεν είναι και ο επιθυμητός σκοπός του συγκεκριμένου είδους χάρτη. Συνήθως παρατηρείται μια υποεκτίμηση του αριθμού των κουκκίδων από τον αναγνώστη του χάρτη. Και σε αυτήν την περίπτωση η λύση είναι, πέρα από τις ενδεικτικές πυκνότητες του υπομνήματος, η

προσθήκη συνοδευτικών πληροφοριών για τις αριθμητικές τιμές του φαινομένου σε κάθε γεωγραφική ενότητα. Εάν ακόμα υπάρχει η επιθυμία του αναγνώστη για διερεύνηση των αρχικών δεδομένων τότε επιλέγεται τιμή και μέγεθος κουκκίδων, τέτοια ώστε σε περιοχές υψηλής πυκνότητας, οι κουκκίδες να μην εφάπτονται.

Ένας χάρτης κουκκίδων παρουσιάζεται στην *Εικόνα 1.9*. και προέρχεται από μία διαδικτυακή απεικόνιση χωρίς διαδραστικές λειτουργίες, με θέμα τη μετανάστευση στην Νέα Υόρκη. Η απεικόνιση μάλιστα περιέχει δύο μεταβλητές καθώς εκτός από τις κουκκίδες που δείχνουν την πυκνότητα των μεταναστών, χρησιμοποιείται και η οπτική μεταβλητή του χρώματος για τον χωρισμό σε ομάδες εθνικοτήτων των μεταναστευτικών πληθυσμών της περιοχής. Είναι μια εντυπωσιακή απεικόνιση που δίνει την αίσθηση της πυκνότητας παράλληλα με την πρόσθετη πληροφορία της εθνικότητας για τις ομάδες μεταναστών στην πόλη.

1.2.7. Χάρτης Ροής

Οι διαφοροποιήσεις που αποδίδονται από τους χάρτες ροής αφορούν γραμμικά δεδομένα και είναι κυρίως ποσοτικές χωρίς να αποκλείεται η περίπτωση να διαφοροποιούνται τα δεδομένα και ποιοτικά. Χάρτης ροής είναι η απεικόνιση της γραμμικής κίνησης ή την αλληλεπίδρασης μεταξύ διαφορετικών θέσεων στον χώρο. Οι θέσεις αυτές δεν είναι απαραίτητα πραγματικές αλλά ενδέχεται να είναι και αφηρημένες. Το ίδιο αφηρημένα μπορεί να είναι και τα υπό αναπαράσταση φαινόμενα αφού μπορούν να αντιπροσωπεύουν άυλες μετακινήσεις (πχ ιδέες). Τα πραγματικά φαινόμενα ή οντότητες που παρουσιάζονται σε χάρτες ροής είναι οι υλικές μετακινήσεις (πχ μετακινήσεις πληθυσμών).

Τα θεματικά δεδομένα που απεικονίζονται αποτελούνται συνήθως από πρωτογενείς τιμές. Όταν οι τιμές είναι παράγωγες, αποτελούν συνήθως λόγους ή αναλογίες και όχι πυκνότητες οι οποίες κατά κανόνα σχετίζονται με επιφανειακές και όχι με γραμμικές οντότητες όπως η διάσταση των συμβολών που χρησιμοποιούνται σε χάρτες ροής. Όσον αφορά την κλίμακα μέτρησης των δεδομένων, τα γραμμικά δεδομένα ακολουθούν την αναλογική κλίμακα με τις μηδενικές τιμές να καταλήγουν σε μη εμφάνιση της αντίστοιχης γραμμής ροής ενώ οι αρνητικές τιμές να μην μπορούν να αποδοθούν με τις γραμμές αυτές.

Οι οπτικές μεταβλητές αναπαράστασης των γραμμών ροής ποικίλουν. Η πιο διαδεδομένη οπτική μεταβλητή είναι το μέγεθος, δηλαδή το πάχος του γραμμικού συμβόλου το οποίο μεταβάλλεται ανάλογα με την ποσότητα του φαινομένου. Η ένταση και ο κορεσμός είναι πρόσθετες οπτικές μεταβλητές που χρησιμοποιούνται, ενώ υπάρχουν και οι περιπτώσεις χρήσης της απόχρωσης (διαδικτυακοί χάρτες κίνησης). Οι παραπάνω οπτικές μεταβλητές συνδυάζονται σε περιπτώσεις συσχέτισης μεταβλητών στην ίδια απεικόνιση. Συμπληρωματικό στοιχείο στους χάρτες ροής που δεν συναντάται σε άλλες απεικονίσεις είναι τα βέλη που δηλώνουν την κατεύθυνση της ροής. Φυσικά η απουσία του υπονοεί την κατεύθυνση και προς τις δύο πλευρές της γραμμής. Γενικά είναι ένα στοιχείο που χρησιμοποιείται όταν είναι ανάγκη να δηλώσει ο δημιουργός του χάρτη την κίνηση προς τα κάπου. Στις περιπτώσεις των πλέον διαδεδομένων δυναμικών χαρτών η κατεύθυνση της ροής δηλώνεται με την ίδια την κίνηση των συμβόλων αντί της χρήσης στατικών βελών.

Τα είδη των χαρτών ροής ανάλογα με την διαδρομή που ακολουθούν είναι δύο: οι χάρτες

κυκλοφορίας και οι χάρτες αρχής-προορισμού. Στην πρώτη περίπτωση η πορεία που δείχνουν οι γραμμές ροής είναι πραγματική ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, προσεγγίζει με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια την πραγματική διαδρομή. Τέτοιοι χάρτες είναι οι οδικοί χάρτες ή οι χάρτες κίνησης. Οι χάρτες αρχής προορισμού δεν ακολουθούν μια πραγματική διαδρομή αλλά εστιάζουν την προσοχή στο σημείο που ξεκινά και στο σημείο που τελειώνει η ροή.



Εικόνα 1.10. Χάρτης ροής εναέριας κυκλοφορίας μεταξύ δύο διεθνών αεροδρομίων (Ρώμης και Κίνας)
(πηγή: <http://flightroutes.geographica.gs/>)

Κατά τον σχεδιασμό χαρτών ροής πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η οπτική πολυπλοκότητα που μπορεί να δημιουργήσουν οι γραμμικές οντότητες που αναπαριστούν το φαινόμενο καθώς και η σχέση αυτών με τις υπόλοιπες οντότητες του χάρτη. Αρχικά, η απεικονιζόμενη πληροφορία και η διαβάθμιση των γραμμών είναι επιθυμητό να χαρακτηρίζονται από απλότητα για να μην δημιουργείται σύγχυση. Στο πλαίσιο αυτό, δίνεται προσοχή στην τομή μεταξύ των γραμμών - οι μικρότερες γραμμές τοποθετούνται πάνω από τις μεγαλύτερες - ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζεται η διαφοροποίηση ξηράς και θάλασσας - στις περιπτώσεις που περιλαμβάνονται και οι δύο στην απεικόνιση. Ακόμη, είναι σημαντική η προσαρμογή της προβολής του χάρτη στις γραμμές ροής ώστε να δίνεται έμφαση από τον αναγνώστη στο πρότυπο που ακολουθεί η γραμμική διαδρομή. Ωστόσο, η ισορροπία του μεγέθους των γραμμών και των στοιχείων του υποβάθρου είναι απαραίτητο στοιχείο της αποτελεσματικότητας της απεικόνισης. Γενικότερα, όπως σε όλα τα είδη χαρτών, έτσι και στους χάρτες ροής πρέπει να διασφαλίζονται οι κανόνες οπτικής αντίληψης ώστε να προάγεται η κατανόηση του χάρτη και η επίτευξη του στόχου του δηλαδή η μετάδοση γνώσης που στην προκειμένη περίπτωση αντιπροσωπεύεται από την απόδοση ενός φαινομένου γραμμικά.

Μια διαδικτυακή εφαρμογή με θέμα τα διεθνή αεροδρόμια φαίνεται στην εικόνα 1.10. Η εφαρμογή παρουσιάζει τα πενήντα μεγαλύτερα και πολυσύχναστα αεροδρόμια του κόσμου και την κυκλοφορία των πτήσεων μεταξύ αυτών. Η συγκεκριμένη στιγμή της απεικόνισης δείχνει την σύνδεση του αεροδρομίου της Ρώμης με το αεροδρόμιο της Κίνας και την κυκλοφορία που προέρχεται από αυτά χρησιμοποιώντας γραμμές ροής σε κίνηση. Είναι ένα στιγμιότυπο από την απεικόνιση κινούμενης εικόνας (animation) που προσφέρει η διαδικτυακή δυναμική εφαρμογή

μεταξύ άλλων διαδραστικών λειτουργιών. Οι γραμμές ροής φανερώνουν ότι ο χάρτης εντάσσεται στην κατηγορία των χαρτών ροής, αρχής-προορισμού, αφού οι γραμμές αντιπροσωπεύουν μια πορεία ιδεατή. Μάλιστα, η δυναμική απεικόνιση δηλώνει την κατεύθυνση της ροής μέσα από την κίνηση σημειακών συμβόλων πάνω στις γραμμές προσφέροντας κίνηση. Οι λειτουργίες αλληλεπίδρασης του χρήστη με τον χάρτη περιλαμβάνουν την επιλογή διεθνών αεροδρομίων μέσα από τα πενήντα δημοφιλέστερα που διαθέτει η εφαρμογή.

1.3. Συσχέτιση Χωρικών Φαινομένων

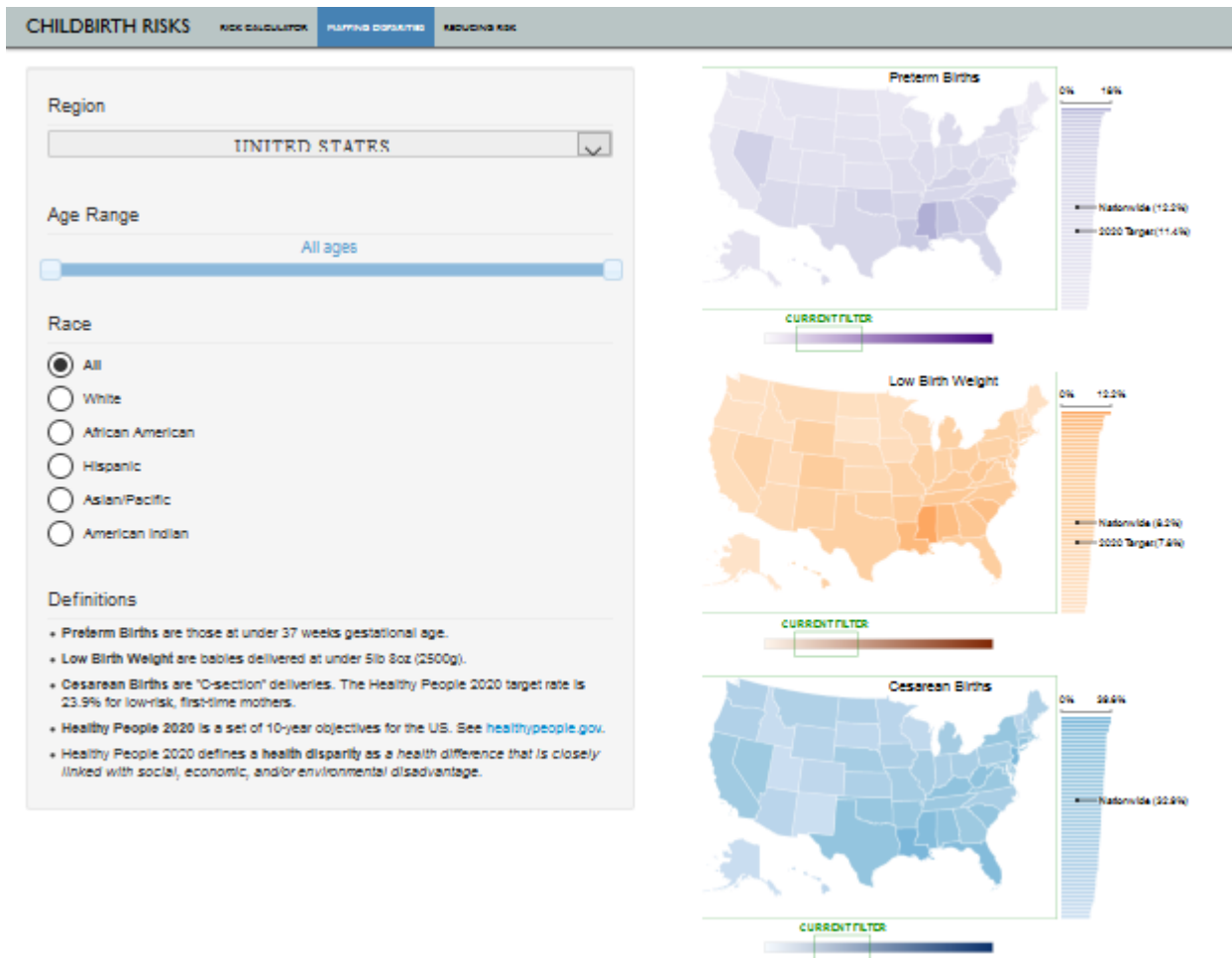
1.3.1 Σύγκριση Χαρτών και Πολυμεταβλητές Απεικονίσεις

Η δημιουργία θεματικών χαρτών έχει ως αποτέλεσμα την απεικόνιση ιδιοτήτων χωρικών φαινομένων μέσω διαφορετικών μεθόδων απεικόνισης όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο των απεικονίσεων (Κεφάλαιο 1.2.). Η ανάδειξη μοντέλων, προτύπων, χαρακτηριστικών ακόμα και απλών τιμών είναι το πλεονέκτημα της θεματικής χαρτογραφίας που μέσα από μια απεικόνιση αναδεικνύει θεματική πληροφορία. Η θεματική διάσταση της πληροφορίας αυτής την καθιστά συγκρίσιμο μέγεθος με διαφορετικού περιεχομένου πληροφορία με συνδετικό κρίκο της κοινή χωρική αναφορά. Έτσι προκύπτει η συσχέτιση χωρικών οντοτήτων που επιτρέπει η απεικόνιση να εστιάζει σε περισσότερα του ενός φαινόμενα.

Ο τρόπος με τον οποίο είναι δυνατόν να συσχετιστούν δύο ή και περισσότερες θεματικές πληροφορίες δεν είναι μοναδικός. Οι συνήθεις προσεγγίσεις είναι δύο και διαφοροποιούνται ως προς τον τρόπο απεικόνισης τους. Κατά την πρώτη προσέγγιση δημιουργούνται διαφορετικές απεικονίσεις των υπό σύγκριση πληροφοριών και στην συνέχεια οι χάρτες συγκρίνονται μεταξύ τους. Φυσικά, το χωρικό πλαίσιο των χαρτών πρέπει να ταυτίζεται έτσι ώστε η όποια σύγκριση να γίνεται μεταξύ στοιχείων της ίδιας χωρικής πληροφορίας ώστε η χωρική συσχέτιση να είναι γεωγραφικά ορθή. Επιπλέον, η σύγκριση διαφορετικών χαρτών προϋποθέτει την ύπαρξη κοινών χαρακτηριστικών που αφορούν τους ίδιους τους χάρτες όπως η κλίμακα απεικόνισης, η προβολή, ο μετασχηματισμός και το επίπεδο αφαίρεσης ώστε να μην αποτελεί δύσκολο έργο η διαδικασία της σύγκρισης (Robinson 1995). Η διαδικασία συσχέτισης δυο διαφορετικών χαρτών είναι σχετικά απλή σε ότι αφορά την προσπάθεια που καταβάλει ο αναγνώστης. Οπτικές δυσχέρειες προκύπτουν όταν οι τοπικές γεωχωρικές μονάδες που εξετάζονται είναι αρκετά μικρές και ο αναγνώστης δεν μπορεί να τις διακρίνει, ένα πρόβλημα που εμφανίζεται κυρίως στους χωροπληθείς χάρτες που περιλαμβάνουν μικρές απογραφικές μονάδες. Ένα άλλο μειονέκτημα αυτής της συσχέτισης είναι η δυσκολία να συγκριθεί ένα σύνολο μεταβλητών δύο διαφορετικών περιοχών.

Τα προβλήματα στην συσχέτιση διαφορετικών απεικονίσεων παρότι αποτελούν χαρτογραφικές δυσκολίες ανήκουν περισσότερο στο πλαίσιο των στατικών απεικονίσεων. Η ανάπτυξη της υπολογιστικής επιστήμης και η υιοθέτηση των λειτουργιών της στον τρόπο δημιουργίας χαρτογραφικών απεικονίσεων επέφερε καινοτόμες λειτουργίες και νέους τρόπους αναπαράστασης. Έτσι και στην σύγκριση χαρτών, η λειτουργία που επηρέασε σε μεγάλο βαθμό την αποδοτικότητα της απεικόνισης ήταν η χαρτογραφική διαδραστικότητα. Ο όρος θα αναλυθεί εκτενώς σε επόμενο κεφάλαιο, ωστόσο ενδεικτικά αναφέρεται ότι η παρουσία διαδραστικότητας στην συσχέτιση δεδομένων σε παραπάνω του ενός χάρτες, βοήθησε στην εξάλειψη των μειονεκτημάτων των απεικονίσεων αυτών. Πιο συγκεκριμένα, η προσπάθεια σύγκρισης μεταξύ

μικρών χωρικών ενοτήτων ή μεταξύ διαφορετικών περιοχών εμπλουτίζεται μέσω της διαδραστικότητας με στοιχεία που επιτρέπουν στον χρήστη να αποκτήσει καλύτερη αντίληψη της κατανομής και της συσχέτισης του φαινομένου. Παραδείγματα τέτοιων στοιχείων είναι η αναγραφή των θεματικών ιδιοτήτων των μεταβλητών που εξετάζονται μέσω αναδυόμενων παραθύρων σε όλες τις απεικονίσεις ώστε να διευκολύνεται η σύγκριση και ο εντοπισμός και η ανάδειξη σημείων με κοινή χωρική αναφορά σε όλες τις διαφορετικές απεικονίσεις έτσι ώστε να γίνεται άμεση και χωρικά ορθή σύγκριση ακόμα και σε σημεία που ήταν δύσκολο να εντοπιστούν με σαφήνεια. Έτσι η σύγκριση χαρτών εξελίσσεται.



Εικόνα 1.11. Διαδραστική εφαρμογή σύγκριση τριών μεταβλητών σε διαφορετικούς χωροπληθείς χάρτες με θέμα τους παράγοντες κινδύνου των γεννήσεων (πηγή: <http://www.mappinghealth.com/childbirth/maps.html>)

Η Εικόνα 1.11. προέρχεται από μια διαδικτυακή διαδραστική εφαρμογή με θέμα του κινδύνου υγείας κατά την γέννηση παιδιών, και πιο συγκεκριμένα τις πιθανότητες μια γυναίκα να γεννήσει πρόωρα, το βρέφος να είναι χαμηλού βάρους ή να υποβληθεί σε καισαρική τομή. Οι τρεις αυτές μεταβλητές απεικονίζονται σε κάθε έναν εκ των τριών χωροπληθών χαρτών που παρατίθενται σε κατακόρυφη διάταξη. Έτσι, μπορούν να συγκριθούν οι τιμές μεταξύ των πολιτειών που είναι και η απογραφική μονάδα του χάρτη. Ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδρά με τον χάρτη επιλέγοντας απογραφικές μονάδες οι οποίες ταυτόχρονα του υποδεικνύουν την τιμή τους στο αντίστοιχο

υπόμνημα. Πρόσθετες λειτουργίες διαδραστικότητας περιλαμβάνουν την επιλογή και σύγκριση διαφορετικών τιμών που αντιστοιχούν σε άλλες μεταβλητές σχετιζόμενες με την εθνικότητα των πληθυσμιακών οντοτήτων που εξετάζονται, επιλογή μεγαλύτερης κλίμακας που αντιστοιχεί στις πολιτείες και εμφανίζει στατιστικά στοιχεία, μη χωρικά, για τα ίδια μεγέθη. Γενικά οι διαδραστικές λειτουργίες προάγουν την πληροφορία του χάρτη και το νόημα της σύγκρισης χαρτών βοηθώντας τον χρήστη να αντιληφθεί την οπτικοποίηση και να εξάγει πληροφορίες που σε στατικές απεικονίσεις δεν θα μπορούσε.

Αντίθετα, η δεύτερη προσέγγιση παραθέτει πολλαπλές μεταβλητές στον ίδιο χάρτη και πάνω σε αυτόν πραγματοποιείται η σύγκριση. Σύμφωνα με τον Robinson (1995) τα βασικά είδη πολυμεταβλητών απεικονίσεων είναι τέσσερα:

- Υπέρθυση χωρικών στοιχείων
- Διηρημένα σύμβολα
- Απεικόνιση διασταυρούμενων μεταβλητών
- Σύνθετοι δείκτες

Το πρώτο είδος πολυμεταβλητού χάρτη συνδυάζει πολλές μεταβλητές υπερθέτοντας κατανομές φαινομένων, δηλαδή τοποθετώντας μία μεταβλητή πάνω από μία άλλη. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται διαφορετικά σύμβολα ή διαφορετικές χαρτογραφικές τεχνικές προσπαθώντας να εξασφαλιστεί η οπτική διάκριση στο σύνολο της απεικόνισης. Η οπτική διάκριση αλλοιώνεται όσο αυξάνονται οι μεταβλητές που απεικονίζονται στον ίδιο χάρτη γι' αυτό γενικά επιδιώκεται ο συμβολισμός να είναι σχετικά διαφανής αλλά και να διακρίνεται. Αυτή η μέθοδος είναι αποτελεσματικότερη όταν οι μεταβλητές δεν ξεπερνούν τις τρεις – έως τρεις μεταβλητές θεωρείται εύκολα αντιληπτή και συνηθισμένη στις χαρτογραφικές απεικονίσεις πολλών μεταβλητών.

Η διαφορά του χάρτη διηρημένων αναλογικών συμβόλων με την προηγούμενη απεικόνιση είναι ότι αυτήν την φορά δεν χρησιμοποιούνται διαφορετικά σύμβολα ή τεχνικές αλλά πάνω στο ίδιο σύμβολο συνδυάζονται περισσότερες από μια μεταβλητές. Συνηθέστερο διηρημένο σύμβολο είναι το διάγραμμα πίτας ενώ είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και πιο σύνθετα σύμβολα που διαφοροποιούν το περιεχόμενό τους με την βοήθεια οπτικών μεταβλητών όπως το μέγεθος, η ένταση, η υφή, μια μέθοδος που όμως δημιουργεί και πιο δύσκολες εννοιολογικά απεικονίσεις. Παραδείγματα σύνθετων συμβόλων είναι τα αφηρημένα σύμβολα και τα διηρημένα πρόσωπα. Ειδικά σε απεικονίσεις που περιέχουν παραπάνω μεταβλητές οι δυσκολίες μεγαλώνουν όταν ο χρήστης προσπαθεί να κάνει συγκρίσεις, να ξεχωρίσει σύμβολα που βρίσκονται κοντά το ένα στο άλλο, να διακρίνει μεταβλητές. Έτσι, γενικό κανόνα αποτελεί η χρήση όσο το δυνατόν απλών συμβόλων έτσι ώστε να δημιουργούνται και απλές απεικονίσεις που εξασφαλίζουν την επικοινωνία του χρήστη με τον χάρτη και δεν υπονομεύουν την αντιληπτική ικανότητα του τελευταίου.

Σε αντίθεση με τα δύο προηγούμενα είδη πολυμεταβλητών απεικονίσεων, η απεικόνιση διασταυρούμενων μεταβλητών συνδυάζει και ενώνει τις διάφορες μεταβλητές σε μια, και στην συνέχεια την αναπαριστά σε επιφάνειες μέσω της τεχνικής του χωροπληθή χάρτη. Με την παραδοχή ότι οι μεταβλητές της συσχέτισης είναι δύο, η διαδικασία βασίζεται στη δημιουργία του υπομνήματος που αποτελεί έναν δισδιάστατο πίνακα που κάθε άξονας του αφορά μια μεταβλητή και σε κάθε πλαίσιο του δείχνει τις επιμέρους σχέσεις των μεταβλητών μεταξύ τους, είτε είναι ορθογώνιος (δύο μεταβλητές) είτε τρίγωνος (τρεις μεταβλητές). Στους δύο άξονες εφαρμόζονται

δύο χρωματικές ακολουθίες που συσχετίζονται μεταξύ του. Περιγράφεται παραστατικά ως η εναπόθεση πολλών χωροπληθών χαρτών τον έναν πάνω στον άλλο ώστε τα σύμβολά τους (χρώμα) να συσχετίζονται. Κάθε πλαίσιο του πίνακα αποτελεί ένα σύμβολο που πρέπει ο αναγνώστης να αναγνωρίσει στον χάρτη. Αυτή η διαδικασία κάνει δύσκολη την αντιστοίχιση των συμβόλων και άρα την ανάγνωση του χάρτη, συνεπώς, εκτός από τον προσεκτικό σχεδιασμό που απαιτείται, για την διευκόλυνση του αναγνώστη τοποθετούνται οι χωροπληθείς απεικονίσεις κάθε μεταβλητής χωριστά ή /και πρόσθετες πληροφορίες ώστε να ενισχύεται η αντίληψη για το φαινόμενο.

Η τελευταία προσέγγιση βρίσκεται πιο κοντά στην λογική με την απεικόνιση διασταυρούμενων μεταβλητών με την διαφοροποίηση ότι δημιουργεί έναν μοναδικό αριθμητικό δείκτη που υποδεικνύει συσχετίσεις πολλών επιμέρους μεταβλητών ο οποίος στην συνέχεια απεικονίζεται με έναν χωροπληθή χάρτη. Είναι μια αποτελεσματική λύση για την αναπαράσταση περίπλοκων κοινωνικών, περιβαλλοντολογικών φαινομένων που εκ φύσεως επηρεάζονται από πολλές μεταβλητές. Το σημαντικότερο στην απεικόνιση αυτή είναι η εκτίμηση των σωστών επιμέρους μεταβλητών που θα ληφθούν υπόψη στην δημιουργία μιας συνάρτησης που θα παράγει τον τελικό δείκτη και μέσω μεθόδων και επεξεργασιών Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών θα αναπαριστά επιφανειακά το φαινόμενο.

1.3.2. Ομαδοποίηση Δεδομένων στη Σύγκριση Χαρτών

Η σύγκριση χαρτών είναι ένα είδος οπτικοποίησης που εντάσσεται στην συσχέτιση μεταβλητών μέσω διαφορετικών θεματικών απεικονίσεων. Όταν οι μεταβλητές που απεικονίζονται προκύπτουν από αριθμητικά σύνολα δεδομένων, ελέγχεται εάν είναι αναγκαίο να ομαδοποιηθούν. Όταν η εφαρμογή της ομαδοποίησης κριθεί απαραίτητη, πρέπει να ληφθεί υπόψη η παράμετρος της σύγκρισης. Με άλλα λόγια ο χαρτογράφος καλείται να χωρίσει σε ομάδες μεταβλητές με διαφορετικές τιμές παρατηρήσεων και ξεχωριστό εύρος, που όμως στην χωρική τους απεικόνιση, η σύγκριση κάθε αντιστοιχίας τιμών να οδηγεί σε ορθά συμπεράσματα. Αυτά τα χαρακτηριστικά προσδίδουν μια ιδιαιτερότητα στην προσέγγιση της βέλτιστης μεθόδου ομαδοποίησης. Για τον λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες μελέτες και ερευνητικές εφαρμογές για την αξιολόγηση των μεθόδων ομαδοποίησης εστιάζοντας το ενδιαφέρον τους σε χωροπληθείς χάρτες καθώς η ομαδοποίηση αφορά κατά κύριο λόγο το συγκεκριμένο είδος απεικονίσεων.

Η μεθοδολογία επιλογής της κατάλληλης μεθόδου ομαδοποίησης δεν διαφέρει κατά πολύ όταν πρόκειται για την αντιμετώπιση περισσότερων του ενός συνόλων δεδομένων. Ο μοναδικός κανόνας που διέπει τη διαδικασία είναι ότι η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι ενιαία για όλα τα δεδομένα. Όπως και στην επιλογή του κατάλληλου τρόπου ομαδοποίησης σε ένα μεμονωμένο σετ δεδομένων έτσι και στην σύγκριση η γνώση της μορφής των δεδομένων είναι πολύ σημαντικό στάδιο. Συνήθως επιτυγχάνεται με την εξέταση του διαγράμματος συχνοτήτων κάθε συνόλου. Το συνηθέστερο σενάριο στην σύγκριση χαρτών είναι οι καμπύλες των χαρακτηριστικών να παρουσιάζουν διαφορετικές μεταξύ τους κατανομές και άρα να δυσχεραίνεται η επιλογή μεθόδου ομαδοποίησης που θα λαμβάνει υπόψη την κατανομή των δεδομένων και των δύο χαρακτηριστικών. Για τον λόγο αυτό οι χαρτογράφοι ξεκίνησαν να εφαρμόζουν τις διάφορες μεθόδους σε δεδομένα τόσο με παρόμοιες όσο και με διαφορετικές κατανομές τιμών.

Οι διάφορες έρευνες και μελέτες που έχουν λάβει χώρα ήδη από τα μέσα του 20ου αιώνα έχουν

οδηγήσει σε ορισμένα ασφαλή συμπεράσματα για τις διάφορες μεθόδους (Slocum, 2009). Αρχικά, η εφαρμογή της μεθόδου του Jenks (optimal method) σε δεδομένα με διαφορετικές κατανομές αποτυγχάνει να απεικονίσει την υψηλή συσχέτιση των ιδιοτήτων και αυτό διότι επικεντρώνεται στην επίτευξη μέγιστης ακρίβειας για κάθε μεμονωμένη κατανομή τιμών. Η μέθοδος των παραμέτρων κανονικής κατανομής εφαρμόζεται με επιτυχία όταν όλα τα δεδομένα ακολουθούν την κανονική κατανομή, ενώ παράγει παραπλανητικά αποτελέσματα εάν η κατανομή τους είναι στρεβλή. Η μέθοδος που εμφανίζει την μεγαλύτερη επιτυχία στην σύγκριση χαρτών περικλείοντας όλα τα είδη και όλες τις περιπτώσεις κατανομής των δεδομένων είναι η κανονική τμηματοποίηση (quantiles). Οι κλάσεις που προκύπτουν από την εν λόγω μέθοδο δεν επηρεάζονται από τις αριθμητικές τιμές των παρατηρήσεων συνεπώς καθίσταται η πλέον κατάλληλη επιλογή για την περίπτωση σύγκρισης δεδομένων ακόμα και όταν αυτά ακολουθούν διαφορετικές μορφές κατανομής. Τέλος, στην βιβλιογραφία αναφέρεται και η περίπτωση των αταξινόμητων απεικονίσεων, οι οποίες ωστόσο στις ειδικευμένες περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται εφαρμόζονται μόνο σε δεδομένα που κατανέμονται παρόμοια.

Μια ξεχωριστή περίπτωση σύγκρισης είναι οι χωροχρονικές απεικονίσεις. Η ιδιότητα του χαρακτηριστικού είναι ίδια για όλη την σειρά χαρτών όμως μεταβάλλεται η τιμή της για διαφορετικές χρονικές στιγμές. Στο διάγραμμα συχνοτήτων τοποθετούνται οι τιμές όλων των χρονικών στιγμών που πρόκειται να απεικονιστούν και έτσι μελετάται η κατανομή του ώστε να αποφασιστεί η κατάλληλη μέθοδος.

Μια ενδιαφέρουσα πειραματική μελέτη παρουσιάστηκε από τις χαρτογράφους Cynthia Brewer και Linda Pickle (2002) και έχει ως αντικείμενο την αξιολόγηση των διάφορων μεθόδων ομαδοποίησης. Πρόκειται για ένα πείραμα που εστιάζει στην σύγκριση μιας σειράς χωροπληθών χαρτών που απεικονίζουν αποκλειστικά επιδημιολογικά δεδομένα. Οι ερωτήσεις του πειράματος σχετίζονταν με την “ανάγνωση χαρτών” από χρήστες μη εξειδικευμένους σε θέματα χαρτογραφίας και για απεικονίσεις είτε μεμονωμένες είτε σε σειρά. Οι δύο συγγραφείς αναγνώρισαν την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής κάποιου μοντέλου σύγκρισης στην ανάγνωση χαρτών ιδιαίτερα στον ολόενα και αυξανόμενο όγκο δεδομένων. Στο γενικό συμπέρασμα που κατέληξαν αναδεικνύουν την κανονική τμηματοποίηση (quantiles) ως την καταλληλότερη μέθοδο ομαδοποίησης δεδομένων στην σύγκριση χαρτών και μάλιστα σε αντίθεση με άλλες μεθόδους πολύ πιο αναλυτικές και περίπλοκες που όμως δεν προσφέρουν τίποτα στην διαδικασία της κατανόησης.

1.4. Χωροχρονικές Απεικονίσεις

Η χωρική πληροφορία είναι αναπόσπαστο στοιχείο των γεωχωρικών δεδομένων ώστε να ορίζονται και να αποδίδονται στον χώρο. Τα χωρικά δεδομένα αναπαριστούν φαινόμενα ή οντότητες στον χώρο που είναι δυνατόν και συχνά παρατηρείται να μεταβάλλονται με το πέρασμα του χρόνου. Όταν τα δεδομένα συμπεριλαμβάνουν χρονική πληροφορία τότε μετατρέπονται σε χωροχρονικά δεδομένα και μπορούν να αναπαρασταθούν οπτικά μέσω των χωροχρονικών απεικονίσεων. Οι χωροχρονικές απεικονίσεις συνδυάζουν τα δύο αυτά στοιχεία σε μια κοινή αναπαράσταση και δείχνουν τις μεταβολές που προκύπτουν στα δεδομένα στο πέρασμα του χρόνου. Οι Andrienko κ.ά. (2003) παραθέτουν τον διαχωρισμό των ειδών των μεταβολών που προκαλεί ο χρόνος στα δεδομένα. Σύμφωνα με την μελέτη, ο χρόνος μεταβάλλει:

- την ύπαρξη των δεδομένων δηλαδή εάν απεικονίζονται ή όχι στον χάρτη σε διαφορετικές χρονικές στιγμές,
- τις χωρικές ιδιότητές τους δηλαδή την θέση, το μέγεθος και το σχήμα των δεδομένων και
- τις θεματικές ιδιότητές τους δηλαδή τις τιμές των χαρακτηριστικών τους.

Το είδος της μεταβολής επηρεάζει το είδος της απεικόνισης που χρησιμοποιείται κάθε φορά για την οπτικοποίηση των χωροχρονικών δεδομένων. Άλλα στοιχεία που επηρεάζουν και καθορίζουν τον τρόπο αναπαράστασης είναι ο σκοπός του χάρτη και ο χρήστης στον οποίο απευθύνεται, το μέσο που χρησιμοποιεί η απεικόνιση, τα χαρακτηριστικά των διαθέσιμων δεδομένων καθώς και ο χρόνος που διαθέτει ο χαρτογράφος για τον σχεδιασμό (Fish 2018).

Σύμφωνα με την ανάλυση των Kraak και Ormeling (2003) που παρουσιάζουν σε διάλεξη τους οι Νάκος και Κρασανάκης (2013), οι τρόποι για την αναπαράσταση χωροχρονικών δεδομένων είναι τέσσερις: ο μοναδικός στατικός, χάρτης (single static map), η σειρά στατικών χαρτών (series of static maps), ο χάρτης κινούμενων εικόνων (animated map – animations) και τέλος οι εναλλακτικές χωρικές απεικονίσεις). Στο άρθρο του ο Fish (2018) κάνει μια ελαφρώς διαφορετική κατηγοριοποίηση που περιλαμβάνει τις εξής τέσσερις ομάδες: απλοί στατικοί χάρτες, πολλαπλοί στατικοί χάρτες, απλοί δυναμικοί χάρτες, πολλαπλοί δυναμικοί χάρτες. Οι δύο πρώτες ομάδες των παραπάνω κατηγοριοποιήσεων περιλαμβάνουν απεικονίσεις με κοινά χαρακτηριστικά, τις στατικές απεικονίσεις

Η στατική απεικόνιση του χρόνου εντάσσεται στις πιο παραδοσιακές χαρτογραφικές μεθόδους αναπαράστασης δεδομένων. Ο απλός στατικός χάρτης είναι κατάλληλος για να απεικονίζει δεδομένα που αλλάζουν ως προς τις χωρικές ή τις θεματικές ιδιότητές τους με το πέρασμα του χρόνου. Σε μια μόνο απεικόνιση χρησιμοποιούνται χαρτογραφικές οπτικές μεταβλητές (π.χ. μέγεθος, σχήμα, ένταση), η αλλαγή της θέσης σημείων ή ακόμα και γραμμικές διαδρομές ώστε να δηλώσουν χρονικές μεταβολές της θέσης και των χαρακτηριστικών. Παρότι πρόκειται για μια απλή και συμβατική απεικόνιση, η χρήση ενός μόνο χάρτη μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στον αναγνώστη ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται δυσνόητες τεχνικές (χάρτης ισοχρονικών καμπύλων) ενώ παράλληλα μπορεί να κάνει την απεικόνιση λιγότερο ευέλικτη ως προς τον αριθμό των χρονικών στιγμών που δύναται να συμβολιστούν. Όσον αφορά πολλαπλούς στατικούς χάρτες, το πιο διαδεδομένο είδος είναι η σειρά χαρτών ή συνεχόμενοι χάρτες οι οποίοι απεικονίζουν, στο ίδιο υπόβαθρο, δεδομένα σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και ο αριθμός των χαρτών του αποτελέσματος είναι ίσος με τις χρονικές στιγμές που αναπαρίστανται. Η σειρά χαρτών αποτελεί μια τεχνική αρκετά ευκολονόητη στον αναγνώστη του χάρτη που μπορεί πλέον εύκολα να προχωρήσει στην χρονική σύγκριση αλλά ταυτόχρονα είναι και εύκολη για τον χαρτογράφο να την δημιουργήσει. Ωστόσο, πέρα από το βασικό μειονέκτημα που είναι η απαίτηση σε χώρο για την αναπαράσταση του συνόλου των χαρτών, είναι συχνή η χρήση μικρής κλίμακας για να παραχθεί ένα ευανάγνωστο αποτέλεσμα με την σύγκριση σε αυτήν την περίπτωση να δυσχεραίνεται και την χωρική ανάλυση να μειώνεται.

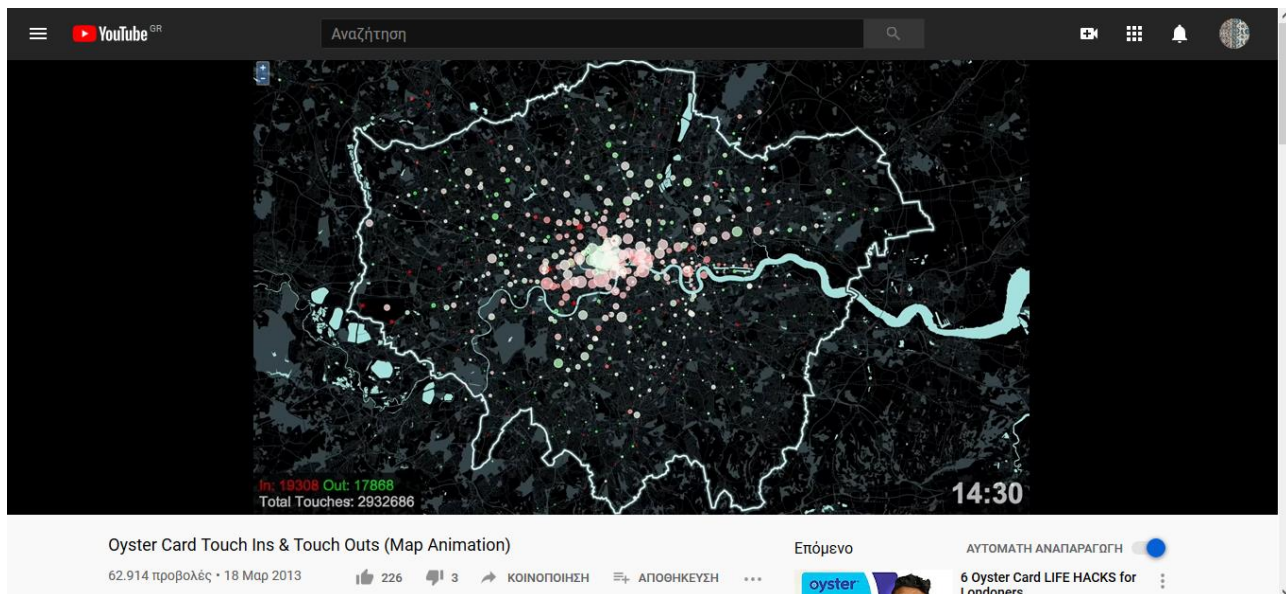
Μια επαναστατική εξέλιξη στην απεικόνιση δεδομένων που περιέχουν την πληροφορία του χώρου και του χρόνου ήταν η αξιοποίηση αρχικά τεχνικών και στην συνέχεια νέων τεχνολογιών που οδήγησε στη δημιουργία δυναμικών απεικονίσεων έναντι στατικών χαρτών. Δυναμική είναι μια απεικόνιση που μεταβάλλεται και αυτή ακριβώς η μεταβολή αποτέλεσε τον λόγο που οι δυναμικοί χάρτες υιοθετήθηκαν για την απόδοση χρονικών δεδομένων στον χώρο. Ο χάρτης κινούμενων εικόνων (animated map) είναι το είδος του δυναμικού χάρτη που χρησιμοποιήθηκε ευρέως για την

απεικόνιση χωροχρονικών πληροφοριών και σύμφωνα με τον Slocum (2009) χαρακτηρίζεται από την συνεχόμενη αλλαγή της πληροφορίας που απεικονίζει. Φυσικά μια τέτοια οπτικοποίηση δεν αφορά μόνο χωροχρονικά δεδομένα αλλά μπορεί να αποτελέσει μια δυναμική απεικόνιση ενός χαρτογραφικού προϊόντος όταν είναι επιθυμητή η ανάδειξη μεταβολών. Στην περίπτωση που η πληροφορία συμπεριλαμβάνει την χρονική διάσταση, τα χαρακτηριστικά που μεταβάλλονται περιλαμβάνονται και στις τρεις κατηγορίες που περιέγραψε οι Andrienko κ.ά. (2003) δηλαδή οι μεταβολές πραγματοποιούνται στην ύπαρξη, τις χωρικές και θεματικές ιδιότητες των δεδομένων.

Οι χάρτες κινουμένων εικόνων διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την ύπαρξη αλληλεπίδρασης σύμφωνα με τον Peterson (1995) (Νάκος, Κρασανάκης 2006). Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις απεικονίσεις εκείνες που προσφέρουν ελάχιστη έως και καθόλου αλληλεπίδραση του χρήστη με τον χάρτη. Από την άλλη πλευρά, η δεύτερη κατηγορία απεικονίσεων παρέχει πέρα από την κινούμενη εικόνα και λειτουργίες διαδραστικότητας που εκτελούνται από τον χρήστη. Η αλληλεπίδραση εξαλείφει την εκ των προτέρων προγραμματισμένη λειτουργία των δυναμικών χαρτών και προσφέρει ευελιξία και έλεγχο από την πλευρά του χρήστη (Robinson 1995). Η έννοια της διαδραστικότητας και των διαδραστικών χαρτογραφικών απεικονίσεων θα αναλυθεί ενδελεχώς σε επόμενα κεφάλαια. Ο Roth (2013) παραθέτει έναν διαχωρισμό για τους δυναμικούς και διαδραστικούς χάρτες σύμφωνα με τον οποίο στους δυναμικούς χάρτες οι αλλαγές προκαλούνται από το (υπολογιστικό) σύστημα – ταυτίζεται με την εκ των προτέρων προγραμματισμένη λειτουργία - ενώ στους διαδραστικούς χάρτες οι αλλαγές προκαλούνται από τον χρήστη. Η αποδοτικότητα των δυναμικών απεικονίσεων εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων. Βασικότερη παράμετρος είναι η αντίληψη του ανθρώπου στον οποίο απευθύνεται η απεικόνιση και είναι εκείνη που τον καθιστά ικανό να αναγνώσει τον χάρτη και να καταλάβει το μήνυμά του. Όπως θα αναλυθεί εκτενέστερα στην συνέχεια, η ύπαρξη διαδραστικότητας στην χαρτογραφική απεικόνιση είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για την αποδοτικότητα της κάτι που δεν αφήνει ανεπηρέαστους τους δυναμικούς χάρτες, η περιεχόμενη πληροφορία των οποίων μεταδίδεται αποτελεσματικότερα όταν ο χρήστης αλληλεπιδρά με αυτήν.

Ο Fish (2018) τοποθετεί τους χρονικούς χάρτες κινούμενης εικόνας στην κατηγορία των απλών δυναμικών χαρτών περιγράφοντας την ίδια κινούμενη χωροχρονική απεικόνιση. Εάν γίνει δεχτός ο διαχωρισμός του Peterson ο χάρτης κινουμένων εικόνων μπορεί να τοποθετεί και στην τελευταία κατηγορία του Fish που ονομάζεται πολλαπλοί δυναμικοί χάρτες λόγω της ύπαρξης διαδραστικότητας σε αυτόν. Είναι σαφές, σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση των χαρτών κινουμένων εικόνων και με την συνέχεια του κεφαλαίου, πως δεν υπάρχουν διακριτά όρια μεταξύ των κατηγοριών των δυναμικών χωροχρονικών απεικονίσεων. Οι χάρτες κινουμένων εικόνων που διαθέτουν διαδραστικά εργαλεία μπορούν να θεωρηθούν διαδραστικές απεικονίσεις δεν παύουν όμως να είναι δυναμικά μοντέλα αναπαράστασης.

Μια τέτοια διαδραστική απεικόνιση κινούμενης εικόνας είναι το απόσπασμα της χαρτογραφικής διαδικτυακής εφαρμογής της *Εικόνας 1.10*. Η εφαρμογή παρέχει λειτουργία κινούμενης εικόνας που δηλώνει κίνηση αλλά όχι χρονική μεταβολή με την έννοια της χρονικής ιδιότητας (αναφορά σε κάποια χρονική κλίμακα, ημέρα, ώρα, έτος κ.α.). Αντίθετα, η δυναμική απεικόνιση της *Εικόνας 1.12* προέρχεται από video και δείχνει την κίνηση στα μέσα μεταφορά του Λονδίνου στη διάρκεια της ημέρας.



Εικόνα 1.12: Απόσπασμα από την animated χωροχρονική αναπαράσταση της κίνησης στις συγκοινωνίες του Λονδίνου (πηγή: https://www.youtube.com/watch?v=QQV3UHsZ_u4)

Η κατηγορία των εναλλακτικών χωρικών απεικονίσεων των Kraak και Ormeling (2003) περιλαμβάνει έναν ακόμα καινοτόμο τρόπο αναπαράστασης χωροχρονικών δεδομένων που ονομάζεται χωροχρονικός κύβος (space-time cube) και η δημιουργία του πιστώνεται στον χαρτογράφο Hagerstand (1970). Πρόκειται για μια τεχνική που παραθέτει στις δύο διαστάσεις x και y την χωρική πληροφορία όπως γίνεται σε κάθε γεωγραφική απεικόνιση και χρησιμοποιεί την τρίτη διάσταση για την αναπαράσταση του χρόνου. Η τρισδιάστατη μορφή του κύβου επιτρέπει στον αναγνώστη να γνωρίσει τις χρονικές μεταβολές που προκύπτουν σε συνάρτηση με τη θέση. Μια τέτοια απεικόνιση όπως αναφέρθηκε για τους χάρτες κινούμενων εικόνων, για την αύξηση της αποδοτικότητάς της και για να υποβοηθήσει την αντιληπτική ικανότητα του χρήστη, συχνά πλαισιώνεται από διαδραστικότητα. Τέτοιες λειτουργίες είναι η περιστροφή του κύβου ώστε να γίνεται θεατός από όλες τις πλευρές του, το “πάγωμα” της διάστασης του χρόνου μια χρονική στιγμή ώστε να εντοπιστούν οι χωρικές θέσεις των οντοτήτων που απεικονίζονται ακόμα και η πληροφορία σε πρόσθετα διαγράμματα που βοηθούν στην ολοκληρωμένη αντίληψη του φαινομένου. Ο Fish εντάσσει τον χωροχρονικό κύβο στις απλές δυναμικές απεικονίσεις ωστόσο εάν θεωρηθεί αποδεκτό ότι ο κύβος μπορεί να είναι διαδραστικός τότε εντάσσεται και στην κατηγορία των πολλαπλών δυναμικών χαρτών όπως ακριβώς και στην περίπτωση του χάρτη κινούμενης εικόνας.

Τέλος, στους πολλαπλούς δυναμικούς χάρτες τοποθετούνται και οι απεικονίσεις υψηλής διαδραστικής γραφικής ανάλυσης (Fish 2018). Τέτοιες απεικονίσεις είναι σχετικά πρόσφατες εμπλουτισμένες με νέα τεχνολογία και δυνατότητες χαρτογραφική αναπαράστασης. Περιλαμβάνουν πολλαπλές γραφικές οπτικοποιήσεις, χωρικές και στατιστικές, που σε συνδυασμό με λειτουργίες διαδραστικότητας, ο χρήστης μπορεί να εξετάζει την απεικόνιση και να εξαγάγει πληροφορίες και πρότυπα για την χωρική και χρονική διάσταση των δεδομένων (Εικόνα 1.13).



Εικόνα 1.13: Λογισμικό GeoViz που δημιουργεί απεικονίσεις υψηλής διαδραστικής γραφικής ανάλυσης (πηγή: <https://gistbok.ucgis.org/bok-topics/spatiotemporal-representation>)

Κεφάλαιο 2: Θεματική χαρτογραφία στο διαδίκτυο

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η έννοια της Διαδικτυακής Χαρτογραφίας συνοδευόμενη από την κατηγοριοποίηση των προϊόντων της, τις λειτουργίες και την αρχιτεκτονική του συστήματος της καθώς και από μια σύντομη αξιολόγηση του αποτελέσματος της χρήσης της. Επιπλέον, γίνεται ιδιαίτερος λόγος για τις θεματικές απεικονίσεις στην διαδικτυακή χαρτογράφηση, τις τεχνολογικές λειτουργίες και προσεγγίσεις που ακολουθούν και, τέλος, για την έννοια της διαδραστικότητας στις χαρτογραφικές εφαρμογές θεματικού χαρακτήρα.

2.1. Χαρτογραφία και Διαδίκτυο

Στον σύγχρονο κόσμο, η τεχνολογική πρόοδος έχει βοηθήσει την ανάπτυξη πολλών επιστημονικών τομέων με τον τομέα της χαρτογραφίας να μην αποτελεί εξαίρεση. Μια πρώτη επαναστατική ματιά στην εξέλιξη αποτέλεσε το πέρασμα από την χειρόγραφη στην έντυπη μορφή του χάρτη που έφερε η τυπογραφία. Οι πτυχές της ανάπτυξης αυτής δεν περιορίζονται όμως μόνο στην βελτίωση των υπαρχόντων λειτουργιών, μέσων και μεθόδων παραγωγής αναλογικών χαρτών αλλά σταδιακά επεκτάθηκαν στη δημιουργία ενός νέου πεδίου στο οποίο, αυτήν την φορά, οι χάρτες παρουσιάζονται σε ψηφιακή μορφή με την βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή (Ψηφιακή Χαρτογραφία). Ένα εξίσου επαναστατικό βήμα για την περαιτέρω ανάπτυξη της χαρτογραφικής επιστήμης ήρθε με την εμφάνιση του διαδικτύου όπου πλέον οι χάρτες δεν αλλάζουν απλώς μορφή - από αναλογική σε ψηφιακή - αλλά αποκτούν πρωτοποριακές λειτουργίες και δυνατότητες, για παράδειγμα ένας στατικός χάρτης γίνεται δυναμικός ή διαδραστικός.

Η αλματώδης χρήση του διαδικτύου πέρα από τις τεχνικές και λειτουργικές αλλαγές στο χαρτογραφικό προϊόν άλλαξε και τη σχέση της χαρτογραφίας με τον άνθρωπο. Η διάχυση χαρτών γίνεται πλέον με γοργούς ρυθμούς και σε εκτεταμένη κλίμακα. Η εξέλιξη αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη διεύρυνση του φάσματος επιρροής της χαρτογραφίας στην καθημερινότητα του ανθρώπου αφού ολοένα και περισσότεροι χρήστες, ακόμα και ακούσια, αποκτούν πρόσβαση σε υπηρεσίες χαρτογράφησης μέσω της χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών και έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones). Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα αποτελεί η πλατφόρμα χαρτών της Google (Google Maps), μια εφαρμογή με τοπογραφικό και χαρτογραφικό χαρακτήρα με ένα δις ενεργούς χρήστες μηνιαίως. Ο Παγκόσμιος Ιστός ή Διαδίκτυο προσέφερε ευκαιρίες που οδήγησαν στην αύξηση της χαρτογραφικής παραγωγής με αποτέλεσμα ο χάρτης να αποκτήσει ένα νέο ρόλο που δεν τον περιορίζει στο επικοινωνιακό εργαλείο που συνηθιζόταν αν είναι αλλά μετατρέπεται σε εργαλείο που στοχεύει στην οπτική αντίληψη του χρήστη (Kraak, 2001), όπως αναφέρεται στο Κεφάλαιο 1.1. «Θεματική Χαρτογραφία και Οπτικοποίηση».

Κατά καιρούς έχουν διατυπωθεί πολλοί ορισμοί τόσο για την Διαδικτυακή Χαρτογραφία (Web Cartography) όσο και για την δημιουργία διαδικτυακών χαρτών (Web or Online Mapping) που είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται με περισσότερη συχνότητα ιδιαίτερα στην ξένη βιβλιογραφία. Ένας από τους πιο ακριβείς και περιεκτικούς ορισμούς διατυπώθηκε από τον Neumann (2008) και ορίζει την δημιουργία διαδικτυακών χαρτών ως την διαδικασία σχεδιασμού, υλοποίησης, δημιουργίας και διάδοσης χαρτών στον Παγκόσμιο Ιστό. Η διαδικτυακή χαρτογράφηση, όπως εναλλακτικά συναντάται, ασχολείται με τα τεχνικά και τεχνολογικά ζητήματα της διαδικασίας. Αντίθετα, η Διαδικτυακή Χαρτογραφία επικεντρώνεται στο θεωρητικό υπόβαθρο που διέπει την χρήση και χρησιμότητα των χαρτών, την αξιολόγηση και βελτίωση των

τεχνικών λειτουργιών, τα κοινωνικά ζητήματα που προκύπτουν από την δημοσιοποίηση των χαρτών κ.α. (Neumann, 2012). Τα βασικά στοιχεία που συνθέτουν τη διαδικτυακή χαρτογράφηση είναι η γεωχωρική πληροφορία (geodata/geoinformation) και η οπτικοποίηση της (ο χάρτης), το γεωχωρικό χαρακτήρα λειτουργικό σύστημα (geospatial software) και ο Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web) (Veenendaal κ.ά., 2017). Τα δύο πρώτα στοιχεία δημιουργούν την χαρτογραφική απεικόνιση ενώ τα δύο τελευταία προσδίδουν σε αυτήν ψηφιακό χαρακτήρα, διαδικτυακή πρόσβαση και δυναμικές λειτουργίες.

2.1.1. Κατηγοριοποίηση διαδικτυακών χαρτών

Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες κατηγοριοποιήσεων και έχουν παρουσιαστεί πολυάριθμες προσεγγίσεις για τα είδη των διαδικτυακών χαρτών. Έναν πρώτο διαχωρισμό πρότείνει ο Kraak (2001) διαφοροποιώντας τους χάρτες διαδικτύου σε στατικούς και δυναμικούς, και επεκτείνοντας τον διαχωρισμό διαδραστικών (interactive) και χαρτών θέασης (view-only maps). Μία πιο αναλυτική και πρόσφατη κατηγοριοποίηση των μορφών των χαρτών στο διαδίκτυο έγινε από τον Neumann (2012) ο οποίος και υποστήριξε ότι είναι αδύνατον να υπάρξει μια πλήρης ομαδοποίηση που να περιλαμβάνει όλα τα είδη διαδικτυακών χαρτών και μάλιστα να επιτρέπει κάθε χάρτη να αντιστοιχεί σε μοναδική κατηγορία. Οι μορφές που μπορεί να πάρει ένας διαδικτυακός χάρτης παρουσιάζονται στη συνέχεια ακολουθώντας τον βαθμό πολυπλοκότητας τους - από χαμηλό σε υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας :

- *Στατικοί διαδικτυακοί χάρτες (static web maps)*: Είναι χάρτες θέασης που δεν επιδέχονται αλλαγές στη μορφή και στο περιεχόμενό τους. Βρίσκονται στον διαδίκτυο σε ψηφιακή μορφή ενώ μπορεί να έχουν προέλθει από σκανάρισμα αναλογικών χαρτών κάτι που επηρεάζει την απεικόνιση της πληροφορίας και την ανάλυσή τους.
- *Διαδικτυακοί χάρτες που δημιουργούνται δυναμικά (dynamically created web maps)*: Κάθε φορά που η ιστοσελίδα που περιέχει τον χάρτη ανανεώνεται ο χάρτης δημιουργείται (on demand). Συνήθως προέρχεται από δυναμικές πηγές δεδομένων όπως βάσεις δεδομένων. Τον αναπαράγει ο διαδικτυακός διακομιστής χρησιμοποιώντας έναν Web Map Server ή άλλο λογισμικό.
- *Διαδικτυακοί χάρτες καταναμημένων πηγών δεδομένων (distributed web maps)*: Οι πηγές δεδομένων από τις οποίες δημιουργούνται είναι καταναμημένες δηλαδή υπάρχουν δεδομένα για την ίδια απεικόνιση σε διαφορετικές πηγές που ανακτώνται μέσω διαφορετικών διακομιστών (servers) με την βοήθεια διάφορων τεχνολογιών (Web Map Server WMS, client-side mash-ups). Για παράδειγμα ο ένας διακομιστής μπορεί να περιλαμβάνει το χαρτογραφικό υπόβαθρο ενώ ένας άλλος τα θεματικά επίπεδα πληροφορίας.
- *Διαδικτυακοί χάρτες με δυνατότητα προγραμματισμού διεπιφάνειας εφαρμογών (open, reusable web maps)*: Συνήθως πολύπλοκα χαρτογραφικά συστήματα που προσφέρουν Διεπαφή Προγραμματισμού εφαρμογών (API) ώστε να μπορεί να επαναχρησιμοποιείται σε άλλες ιστοσελίδες. Το σημαντικότερο παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι οι χάρτες της Google (Google Maps) με την Google Maps API.
- *Διαδικτυακοί χάρτες κινουμένων εικόνων (animated web maps – web animation)*: Δείχνουν

τις μεταβολές ενός φαινομένου στον χρόνο προκαλώντας την κίνηση σε γραφικές ή χρονικές μεταβλητές. Στο Κεφάλαιο 1.4. των χωροχρονικών απεικονίσεων παρουσιάστηκαν εκτενέστερα οι χρονικοί χάρτες κινούμενης εικόνας που ειδικεύονται στις χωροχρονικές μεταβολές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα χαρτών κινουμένων εικόνων είναι οι μετεωρολογικοί χάρτες καθώς και χάρτες δυναμικών φαινομένων όπως οι χάρτες κυκλοφορίας, μοντέλων αέριων ή υδάτινων μαζών κ.α.

- *Διαδικτυακοί χάρτες πραγματικού χρόνου (real-time web maps)*: Ανανεώνουν το περιεχόμενό τους, δηλαδή την κατάσταση του φαινομένου που απεικονίζουν, σε πραγματικό χρόνο, με ελάχιστη καθυστέρηση λίγων δευτερολέπτων ή λεπτών. Τα δεδομένα συλλέγονται από αισθητήρες και μέσω του διαδικτύου καταλήγουν σε κεντρικούς διακομιστές που τροφοδοτούν τους χάρτες κάθε φορά που αυτοί ανανεώνονται είτε αυτόματα είτε με αίτημα του χρήστη (on demand). Παραδείγματα τέτοιων χαρτών είναι οι μετεωρολογικοί χάρτες, οι χάρτες κυκλοφορίας και τα συστήματα ελέγχου οχημάτων.
- *Εξατομικευμένοι διαδικτυακοί χάρτες (personalized web maps)*: δίνουν τη δυνατότητα στον χρήστη να παρέμβει στον χάρτη και να φιλτράρει τα δεδομένα, να επιλέξει τα περιεχόμενα στοιχεία, να εφαρμόσει το προσωπικό του στυλ και χαρτογραφικό συμβολισμό.
- *Διαδραστικοί διαδικτυακοί χάρτες (interactive web maps)*: παρέχουν λειτουργίες όπως: εξερεύνηση του χάρτη, αλλαγή των παραμέτρων του, πλοήγηση και αλληλεπίδραση, εμφάνιση πρόσθετων πληροφοριών, διασύνδεση με άλλες πηγές και πολλές ακόμα λειτουργίες. Οι διαδραστικοί χάρτες αναλύονται εκτενώς στα επόμενα κεφάλαια.
- *Αναλυτικοί διαδικτυακοί χάρτες GIS (analytical web maps)*: Προσφέρουν ανάλυση δεδομένων μέσω Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Τα δεδομένα είτε παρέχονται είτε εισάγονται από τον ίδιο τον χρήστη. Συχνά συγχέονται οι έννοιες του Διαδικτυακού ΣΓΠ (Web GIS) και των αναλυτικών χαρτών. Διευκρινίζεται ότι το Web GIS είναι ένα πλήρως ανεπτυγμένο ΣΓΠ που χρησιμοποιεί τις τεχνολογίες του διαδικτύου ώστε να επικοινωνούν τα συστατικά του μέρη δηλαδή τα δεδομένα, οι λειτουργίες και η διεπαφή (Veenendaal κ.ά., 2017). Συχνά, σε αυτό το είδος χαρτών, η ανάλυση παρέχεται στον πελάτη (client) από το ΣΓΠ από την πλευρά του server και στην συνέχεια ο πελάτης απεικονίζει τα αποτελέσματα (Shekhar, Xiong, 2008).
- *Διαδικτυακοί Άτλαντες (online atlases)*: Είναι μια συλλογή, βάσει κάποιου γενικότερου θέματος, διαδικτυακών χαρτών που περιλαμβάνουν πολλαπλά επίπεδα διαδραστικότητας και αναλυτικές λειτουργίες που συναντά κανείς σε εξελεγμένα ΣΓΠ.
- *Σύνθετοι διαδικτυακοί χάρτες που προσφέρουν συν-επεξεργασία από διαφορετικούς χρήστες (collaborative web maps)*: πρόκειται για ένα νέο είδος με προοπτικές που βασίζεται στην λογική της Wikipedia. Πολλοί χρήστες συνεργάζονται για να δημιουργούν, επεξεργάζονται και βελτιώνουν χάρτες στο διαδίκτυο.

2.1.2. Αρχιτεκτονική και Τεχνολογίες Συστήματος

Οι διαδικτυακές χαρτογραφικές υπηρεσίες ασχολούνται με τη θέαση και επεξεργασία χαρτογραφικών δεδομένων και χαρτών (Τσούλος κ.ά., 2015), και ακολουθούν την αρχιτεκτονική “πελάτης–εξυπηρετητής” (“client–server”). Η επικοινωνία του διαδικτύου γενικότερα είναι βασισμένη επάνω σε αυτήν την αρχιτεκτονική κατά την οποία ο πελάτης (client) είναι αυτός που ζητά και ο εξυπηρετητής ή διακομιστής (server) αυτός που του το προσφέρει (Εικόνα 2.1.). Από μια πιο χαρτογραφική ματιά, οι υπηρεσίες που βασίζονται σε αυτό το πρότυπο χρησιμοποιούν εξειδικευμένο λογισμικό και πρότυπα ικανά να διαχειριστούν χάρτες και χαρτογραφικά δεδομένα (Τσούλος κ.ά., 2015).

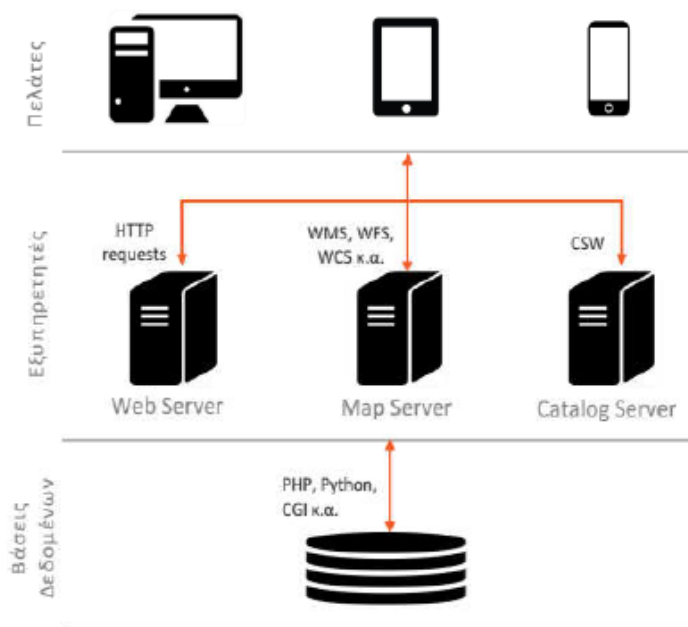
Ο Neumann (2012) επισήμανε, μεταξύ άλλων, ότι για την υλοποίηση συστημάτων διαδικτυακών χαρτών μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε προγραμματιστικό περιβάλλον, γλώσσα προγραμματισμού και πλαίσιο διακομιστή. Οι δυνατότητες ενός τέτοιου συστήματος είναι πολυάριθμες. Μπορεί να γίνει η παραδοχή ότι τα συστήματα διαδικτυακών απεικονίσεων είναι διαδικτυακές σελίδες (websites) με χαρτογραφικές δυνατότητες (Veenendaal κ.ά., 2017). Επομένως, αντιμετωπίζονται και τα διαδικτυακά χαρτογραφικά συστήματα ως ιστοσελίδες του διαδικτύου με μορφή αρχείων υπερ-κειμένου που συντάσσονται στην γλώσσα προγραμματισμού HTML (Hyper Text Markup Language). Ο διακομιστής του διαδικτύου (web server) διαχειρίζεται το πρωτόκολλο επικοινωνίας HTTP (Hyper-Text Transfer Protocol) (Neumann, 2012) το οποίο είναι υπεύθυνο για την αναζήτηση και την ανάκτηση των ιστοσελίδων στο διαδίκτυο (Τζελέπης κ.ά., 2014). Έτσι τα βασικά στοιχεία που χρειάζονται για να υπάρξει ένας χάρτης στο διαδίκτυο είναι:

- ψηφιακή σύνδεση σε αυτό
- μονάδα υπολογιστή και υπηρεσία διαδικτύου (web service), που σύμφωνα με τον Neumann (2012) είναι μια εφαρμογή που δέχεται αιτήματα από φυλλομετρητές ή αλλιώς προγράμματα περιήγησης ή από άλλα μέσα των χρηστών μέσω του πρωτοκόλλου HTTP και τους αποστέλλει τα αρχεία που ζητούν, και
- λογισμικό για την σύνταξη αρχείων κώδικα σε γλώσσα HTML και δημιουργίας γραφικών για διαδικτυακή χρήση.

Μια συμπληρωματική προσέγγιση (Σκοπελίτη, 2018-19) για τα απαραίτητα συστατικά που χρειάζεται μια διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή ή ένας χάρτης διαδικτύου περιλαμβάνει τα εξής :

- Το περιβάλλον αποστολής του αιτήματος: φυλλομετρητής ή ΣΓΠ
- Το περιβάλλον λήψης του αιτήματος και αποστολής της απάντησης: διαδικτυακός εξυπηρετητής
- Τα γεωγραφικά δεδομένα: βάσεις δεδομένων, αρχεία, δεδομένα από τα διαδίκτυο
- Το περιβάλλον δημοσιοποίησης των δεδομένων, ορισμού του συμβολισμού και δημιουργίας της ευρύτερης χαρτοσύνθεσης: διαδικτυακός χαρτογραφικός εξυπηρετητής (π.χ. Geoserver)
- Το περιβάλλον παρουσίασης: εργαλεία διαμόρφωσης ιστοσελίδων (π.χ. HTML, CSS), ειδικές βιβλιοθήκες (π.χ. Open Layers⁵), γλώσσες προγραμματισμού για ενίσχυση της διαδραστικότητας (π.χ. Javascript).

⁵ <https://openlayers.org/>



Εικόνα 2.1. Αρχιτεκτονική διαδικτυακής εφαρμογής (πηγή: Σκοπελίτη 2018-19)

Στο επόμενο κεφάλαιο θα δοθεί περισσότερη έμφαση στην αρχιτεκτονική του συστήματος της διαδικτυακής χαρτογράφησης, στα στάδια που ακολουθεί η πορεία της υλοποίησης του και στις διαφορετικές προσεγγίσεις αυτών με την ανάλυση να επικεντρώνεται στις θεματικές χαρτογραφικές εφαρμογές του διαδικτύου.

2.1.3. Αξιολόγηση

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η χαρτογραφία στο διαδίκτυο είναι δημοφιλής στο κοινό που απευθύνονται τα χαρτογραφικά παράγωγα και, παράλληλα, αυξάνει την επιθυμία να δημιουργηθούν χάρτες ή χαρτογραφικές εφαρμογές. Η δημοτικότητα προκύπτει από τις πλεονεκτικές δυνατότητες που παρέχει η διαδικτυακή χαρτογράφηση. Ο Neumann (2012) αναλύοντας τα πλεονεκτήματα και τα προβλήματα της διαδικτυακής χαρτογράφησης, επισημαίνει ότι το πεδίο της χαρτογραφίας έχει διευρυνθεί και δεν εξαρτάται αποκλειστικά από ορισμένες εταιρίες που διαχειρίζονται δεδομένα και υπηρεσίες. Έτσι, το λογισμικό και το υλικό των υπολογιστών που χρησιμοποιείται για την δημιουργία χαρτών είναι προσιτό οικονομικά και απλοποιημένο στις λειτουργίες ώστε να χρησιμοποιείται ευκολότερα. Η ευκολία στη χρήση απαλλάσσει τους χαρτογράφους από την ανάπτυξη πολλών εξειδικευμένων προσόντων, και έτσι μπορούν να επικεντρώνονται καθαρά στο σχεδιαστικό και χαρτογραφικό κομμάτι (Τζελέπης κ.ά., 2014).

Ο παγκόσμιος ιστός επιπλέον δίνει τη δυνατότητα ελεύθερης πρόσβασης σε τεχνολογίες και δεδομένα και υποστηρίζει την εύκολη και φθηνή μεταφορά δεδομένων. Αποτέλεσμα είναι η

ενίσχυση των χαρτογραφικών συστημάτων. Με τη διαθεσιμότητα των εργαλείων διαδικτυακής χαρτογράφησης πλέον μπορεί ο καθένας να δημιουργήσει χάρτες στο διαδίκτυο χωρίς να χρειάζεται να είναι χαρτογράφος (Kraak 2001). Μπορεί η απήχηση της να μεγαλώνει ωστόσο η δημιουργία χαρτών από μη γνώστες εναντιώνεται στις χαρτογραφικές αρχές και στις ορθές πρακτικές επεξεργασίας δεδομένων και απεικονίσεων και αποτελεί το σημαντικότερο πρόβλημα της διαδικτυακής χαρτογράφησης.

Από πρακτικής άποψης, περιορισμούς στην χαρτογραφική παραγωγή αποτελούν τα τεχνικά ζητήματα της οθόνης του υπολογιστή και η σύνδεση στο διαδίκτυο. Όσον αφορά την οθόνη του υπολογιστή, το μέγεθος και η ανάλυση της περιορίζει την απεικόνιση και τις δυνατότητες αυτής ενώ η σύνδεση στο δίκτυο, πέρα από το γεγονός ότι είναι απαραίτητη για την διάχυση του χάρτη, μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις στη μεταφόρτωση δεδομένων και υπηρεσιών του χάρτη. Επιπρόσθετα, προκύπτουν ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας για τα δεδομένα που παρέχονται στο διαδίκτυο αλλά και για τα χαρτογραφικά προϊόντα που δημιουργούνται. Τέλος, η αξιοπιστία και η πιστότητα πρέπει να αξιολογούνται και εμπίπτουν στο πρόβλημα της χαρτογράφησης από μη εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό.

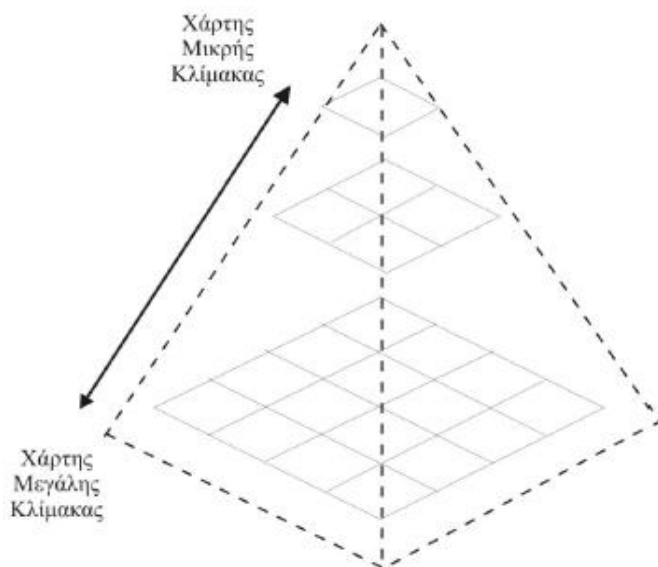
2.2. Θεματική Χαρτογραφία και Διαδίκτυο

2.2.1. Τεχνολογίες Χαρτογράφησης

Οι διαδικτυακές απεικονίσεις έχουν κάνει την εμφάνισή τους ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του '90. Οι διαδικτυακές σελίδες που τις φιλοξενούσαν χρησιμοποιούσαν διάφορες τεχνολογικές διαδικασίες για την αναπαράσταση του χάρτη στην οθόνη, την προσφορά στοιχειωδών λειτουργιών διαδραστικότητας, την πρόσβαση του χρήστη στον χάρτη, τα λογισμικά προεπεξεργασίας των δεδομένων και δημιουργίας του χάρτη, τη βάση δεδομένων. Ένα καινοτόμο βήμα έγινε το 2005 από την Google Maps το οποίο επισήμανε ο Tsou (2009) και αφορά τη χρήση της τεχνολογίας AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) και των πινακίδων εικόνας (image tiles) ή χαρτογραφικών πινακίδων (map tiles) (Τσούλος κ.ά., 2015). Οι Veenendaal κ.ά. (2017) αναλύουν τον συνδυασμό των εν λόγω τεχνολογιών ως μια καινοτομία πάνω στην οποία βασίστηκε η επίτευξη της διαδραστικότητας στις νέες διαδικτυακές χαρτογραφικές εφαρμογές. Επισημαίνουν ότι πρόκειται για ένα σύνολο τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένων της Javascript και XML, που επιτρέπουν την ταυτόχρονη επικοινωνία του διακομιστή και του χρήστη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την γρηγορότερη αντίδραση και επιστροφή του διαδικτυακού χάρτη στον χρήστη χωρίς να σταματά η λήψη δεδομένων μεταξύ διακομιστή και πελάτη και ενώ παράλληλα ο χρήστης αλληλεπιδρά με τη χαρτογραφική διεπαφή. Η τεχνολογία AJAX σε συνδυασμό με τη χρήση πινακίδων εικόνας ή χαρτογραφικών πινακίδων βελτίωσαν τον χρόνο απόκρισης του συστήματος και έθεσαν τις βάσεις για την απευθείας αλληλεπίδραση του χρήστη με το διαδικτυακό χαρτογραφικό προϊόν.

Οι χαρτογραφικές πινακίδες, από την άλλη είναι *“μια ιεραρχική δομή που συνδέει τον βαθμό μεγέθυνσης του χάρτη με το πλήθος των πινακίδων οι οποίες χρησιμοποιούνται για την απόδοση μίας περιοχής”* (Τσούλος κ.ά., 2015). Οι περισσότεροι διαδικτυακοί χάρτες ακολουθούν πλέον αυτήν την τεχνική και διαχέονται ως εικόνες και όχι ως θεματικά επίπεδα διανυσματικών δεδομένων, όπως είναι οι συμβατικοί χάρτες κάποιου ΣΓΠ λογισμικού και όπως συνηθίζονταν να

διαχέονται στο διαδίκτυο παλαιότερα. Από τεχνικής πλευράς, κάθε πινακίδα είναι μια εικόνα με 256x256 εικονοστοιχεία και όσο μικρότερη η μεγέθυνση και άρα μικρότερη η κλίμακα του χάρτη τόσο λιγότερες πινακίδες απαιτούνται για την απεικόνιση ενώ όσο μεγαλύτερη η μεγέθυνση και άρα και η κλίμακα τόσο περισσότερες πινακίδες συνθέτουν το προϊόν (Εικόνα 2.1.). Η αρχική λογική αφορούσε κανονικοποιημένα αρχεία και δημιουργούσε τις κανονικοποιημένες πινακίδες (raster tiles) ωστόσο στην συνέχεια η τεχνική αυτή εξελίχθηκε και για διανυσματικά δεδομένα δημιουργώντας τις διανυσματικές πινακίδες (vector tiles). Η ευελιξία και η ταχύτητα στην τεχνική των χαρτογραφικών πινακίδων προέρχεται από το γεγονός ότι αναλόγως το σημείο που θέλει ο χρήστης να δει φορτώνεται και το αντίστοιχο σύνολο πινακίδων χωρίς να είναι απαραίτητο να εμφανίζεται η πληροφορία ολόκληρου του χάρτη. Αυτό το γεγονός μαζί με τις λειτουργίες της τεχνολογίας AJAX τις έκαναν αρκετά διαδεδομένες μεταξύ των διαδικτυακών εφαρμογών τόσο για την επίτευξη διαδραστικότητας όσο και για την απεικόνιση θεματικών πληροφοριών μέσω τεχνικών θεματικής χαρτογραφίας.



Εικόνα 2.2. Αναπαράσταση των χαρτογραφικών πινακίδων (πηγή: Τσούλος κ.ά., 2015)

Ωστόσο, οι τεχνολογίες αυτές παρότι βοήθησαν την ανάπτυξη των διαδικτυακών θεματικών εφαρμογών έφεραν περιορισμούς και δυσκολίες. Οι περιορισμοί αυτοί αναφέρονται στο μέγεθος των δεδομένων και στα είδη των θεματικών απεικονίσεων (Smith 2016). Για να ξεπεραστούν οι δυσκολίες στη δημιουργία θεματικών απεικονίσεων στο διαδίκτυο έχουν γίνει πολυάριθμα λειτουργικά βήματα τα τελευταία χρόνια. Το μεγαλύτερο από αυτά τα βήματα εξέλιξης είναι η ανάπτυξη του ανοιχτού κώδικα (open source development) με τη μεγαλύτερη κοινότητα για την ανάπτυξη ανοιχτού κώδικα γεωχωρικού χαρακτήρα να είναι η Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)⁶. Η λύση του ανοιχτού κώδικα προσφέρει εξαιρετική ευελιξία και δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας ποικίλων ειδών θεματικών χαρτών παράλληλα με την ελεύθερη χρήση του (Smith 2016). Επιπλέον οι διαδικτυακές τεχνολογίες (HTML, JavaScript and SVG) έχουν εξελίξει τις

⁶ www.osgeo.org

δυνατότητες απεικόνισης και διαχείρισης των δεδομένων δημιουργώντας εντυπωσιακές διαδραστικές ιστοσελίδες (Anthes, 2012).

Η ύπαρξη μεγάλου όγκου θεματικών δεδομένων ήταν καθοριστική για την ανάπτυξη διαδικτυακών τεχνολογιών που αφορούν τις χαρτογραφικές απεικονίσεις. Η διερεύνηση μεγάλων συνόλων δεδομένων που συμπεριλαμβάνουν πολλές μεταβλητές και πολυπλοκότητα ξεπερνούν τη χαρτογραφική προσέγγιση της αναπαράστασης γνωστών πληροφοριών και οδηγούν σε αυτό που υποστήριξε ο Kraak (2001) ότι η διερεύνηση (exploration) συμπίπτει με την εμφάνιση άγνωστων πληροφοριών και δεδομένων περιγράφοντας έτσι την διαδικασία της ερευνητικής οπτικοποίησης που πλησιάζει σε ένα βαθμό την γεωοπτικοποίηση του MacEachren.

2.2.2. Στάδια δημιουργίας Διαδικτυακών Θεματικών Χαρτών

Σύμφωνα με την ανάλυση του Smith (2016), η δημιουργία θεματικών χαρτών στο διαδίκτυο ακολουθεί μια πορεία τριών βασικών σταδίων. Τα τρία θεμελιώδη στάδια είναι τα εξής:

1. *Η προεπεξεργασία των χωρικών δεδομένων (spatial data preparation)*: η συγκέντρωση των πρωταρχικών δεδομένων και η εφαρμογή οποιασδήποτε γεωχωρικής διαδικασίας κρίνεται απαραίτητη για την προετοιμασία του. Συνήθως γίνεται χρήση λογισμικού ΣΓΠ ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή.
2. *Η εξυπηρέτηση των δεδομένων και του χάρτη (data hosting and map serving)*: η διαδικασία σύνδεσης της επιφάνειας εργασίας του ηλεκτρονικού υπολογιστή με τον εξυπηρετητή, κατά την οποία τα χωρικά δεδομένα μεταφορτώνονται και χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία υπηρεσιών διαδικτύου που θα παρέχουν τα χαρτογραφικά δεδομένα στο πρόγραμμα περιήγησης (web browser) του χρήστη.
3. *Ο σχεδιασμός της διαδικτυακής διεπαφής (web interface design)*: η σχεδίαση της διαδικτυακής διεπαφής μέσα στην οποία αναπτύσσεται η χαρτογραφική απεικόνιση. Χρησιμοποιείται μια διαδικτυακή βιβλιοθήκη (web mapping client library) ώστε να ενώνονται η σελίδα του προγράμματος περιήγησης από την πλευρά του πελάτη και οι χαρτογραφικές υπηρεσίες. Η επίτευξη διαδραστικότητας -εξού και η χρήση του όρου διεπαφή- και η χρησιμότητα της χαρτογραφικής ιστοσελίδας εξαρτάται από το στάδιο αυτό.

2.2.3. Προσεγγίσεις Διαδικτυακής Θεματικής Χαρτογράφησης

Η δημιουργία διαδικτυακών θεματικών εφαρμογών ακολουθεί τη ροή εργασίας που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ο Smith (2016) στη μελέτη του υποδεικνύει τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις που αφορούν τη θεματική χαρτογράφηση και συγκεκριμένα τα εργαλεία, το λογισμικό, το είδος των δεδομένων που χρησιμοποιούνται και όλα τα ζητήματα στα τρία στάδια της δημιουργίας. Οι προσεγγίσεις της διαδικτυακής θεματικής χαρτογράφησης βασίζονται σε:

- *αυτό-φιλοξενία (self-hosted web mapping)*
- *υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους (cloud-service web mapping)*
- *γραφική αναπαράσταση δεδομένων (infographics web mapping)*

Όσον αφορά την *αυτό-φιλοξενία*, τα δεδομένα του χάρτη “φιλοξενούνται” στον προσωπικό διακομιστή/εξυπηρετητή του δημιουργού του χάρτη. Είναι μια μέθοδος με πολλές δυνατότητες

και ευελιξία που συνδυάζει εργαλεία ανοιχτού κώδικα και άρα ελεύθερη χρήση του αντίστοιχου επιθυμητού εργαλείου. Στα αρνητικά της στοιχεία συγκαταλέγονται (α) η απαίτηση σε ανεπτυγμένες τεχνολογικές και τεχνικές δεξιότητες, (β) απαιτούμενη πρόσβαση σε κάποιον διακομιστή και (γ) η επιρροή της ποιότητας του διακομιστή στη χαρτογραφική απόδοση. Ο βασικός διαχωρισμός σε αυτήν την μέθοδο χαρτογράφησης είναι η εκ των προτέρων και η εν κινήσει απόδοση των δεδομένων (pre-rendered και on-the-fly) με την πρώτη να είναι πιο δεδομένη ωστόσο να απαιτεί μεγάλο χώρο αποθήκευσης στον server κάτι που αποφεύγεται με την απόδοση πραγματικού χρόνου (on-the-fly).

Η ανάγκη εξειδικευμένων και προηγμένων δεξιοτήτων της προηγούμενης προσέγγισης εξαλείφεται με τις *υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους*. Πρόκειται για την μεταφόρτωση δεδομένων σε υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους χωρίς να χρειάζεται προσωπικός εξυπηρετητής και εξειδικευμένες δεξιότητες από την πλευρά του δημιουργού. Παράλληλα με τις υψηλές επιδόσεις, προσφέρει ελευθερία στη χρήση ή αρκετά οικονομικές παροχές για την δημιουργία χαρτών με απλές λειτουργίες ωστόσο για τη δημιουργία περίπλοκων απεικονίσεων συνήθως επιβάλλονται μηνιαίες χρεώσεις ειδικά στις πιο δημοφιλείς ιστοσελίδες. Η αποφυγή των χρεώσεων μπορεί να επιφέρει περιορισμούς στην ευελιξία, στην “φιλοξενία” δεδομένων και σε άλλες λειτουργίες.

Η διαδικασία ξεκινά όταν ο χρήστης μεταφορτώνει τα δεδομένα του σε έναν λογαριασμό μέσω υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους είτε από την επιφάνεια εργασίας ενός υπολογιστή είτε από εφαρμογές της πλευράς του διαδικτυακού πελάτη. Η υπηρεσία υπολογιστικού νέφους χειρίζεται όλες τις διαδικασίες από την πλευρά του διακομιστή και έτσι το δεύτερο στάδιο της ροής δημιουργίας διαδικτυακών χαρτών, που αναλύθηκαν στην εισαγωγή του Κεφαλαίου 2.2., δεν απασχολεί τον χρήστη. Στο στάδιο του σχεδιασμού, ο χρήστης μπορεί να δει τα δεδομένα που μεταφόρτωσε να απεικονίζονται και να εντάξει ολόκληρο ή μέρος της απεικόνισης στην δική του σελίδα HTML ώστε να δημιουργήσει την δική του χαρτογραφική εφαρμογή. Το ελάχιστο κόστος, η μικρή απαίτηση σε εξειδικευμένες δυνατότητες έχουν επιφέρει μεγάλη δημοτικότητα στην cloud service χαρτογράφηση μέσω υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους με την παρουσία νεότερων σχετικά εταιριών, όπως η Mapbox⁷ και η CartoDB⁸, να εξελίσσουν αυτήν την προσέγγιση. Όσο οι εταιρίες αυτές ανανεώνονται και υιοθετούν νέες δυνατότητες, όπως η απεικόνιση διανυσματικών δεδομένων από την Mapbox, τόσο προσπερνούνται και οι περιορισμοί στις θεματικές και διαδραστικές λειτουργίες μιας απεικόνισης.

Η τελευταία προσέγγιση περιλαμβάνει χάρτες-γραφήματα και είναι πιο απλή στην λογική που ακολουθεί. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε απλές γεωχωρικές και μη επεκτάσεις χωρίς να χρειάζεται εξυπηρετητής του χάρτη. Οι χάρτες που παράγονται από αυτήν την προσέγγιση μπορεί να έχουν μεγάλο βαθμό πολυπλοκότητας και πληροφορίες με υψηλού επιπέδου αλληλεπίδραση ή δυναμικότητα, ωστόσο υπάρχουν περιπτώσεις που η γεωμετρία των δεδομένων και η χαρτογραφική λεπτομέρεια είναι ελλιπείς.

Στον Πίνακα 2.1. φαίνονται όλες οι προσεγγίσεις της θεματικής διαδικτυακής χαρτογράφησης σε συνδυασμό με τα τρία κύρια στάδια της διαδικασίας. Σε κάθε στάδιο παρουσιάζονται παραδείγματα των εργαλείων, των λογισμικών, των επεκτάσεων των αρχείων, των γλωσσών προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται με μεγαλύτερη συχνότητα αναλογικά και με τις

⁷ <https://www.mapbox.com/>

⁸ <https://carto.com/>

δυνατότητές τους. Είναι φυσικό και επιβεβαιώνεται και από την παρουσίαση αυτή ότι είναι δυνατή η χρήση διαφορετικών προσεγγίσεων σε κάθε στάδιο της διαδικασίας ή ο συνδυασμός μεθόδων για τη δημιουργία μίας θεματική διαδικτυακής απεικόνισης ώστε η τελευταία να επωφελείται από όσο το δυνατό περισσότερα πλεονεκτήματα.

Προσέγγιση	Προεπεξεργασία χωρικών δεδομένων	Εξυπηρέτηση δεδομένων και χάρτη	Σχεδιασμός διαδικτυακής διεπαφής
Αυτό-φιλοξενία	Λογισμικό ΣΓΠ <i>QGIS, ArcGIS</i> και εργαλεία γεωοπτικοποίησης <i>Python, Java, R</i>	Pre-rendered Απόδοση και εξυπηρέτηση tiles <i>MapServer, Geoserver</i>	Διαδικτυακές χαρτογραφικές Javascript βιβλιοθήκες (web mapping client libraries) <i>Leaflet, OpenLayers</i>
		On-the-fly Γεωβάσεις και χαρτογραφική απόδοση <i>PostGIS, MySQL, MapServer, Geoserver</i>	και τεχνολογία διαδικτυακής σχεδίασης <i>HTML5, CSS, Javascript, SVG</i>
Υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους	<i>Google My Maps, Cloud Platforms, Mapbox Studio, CartoDB, ArcGIS Online</i>	Το αναλαμβάνουν οι υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους	Διαδικτυακές cloud βιβλιοθήκες/APIs <i>Mapbox GL JS, CartoDB.js, Google Maps Javascript API</i> και τεχνολογία διαδικτυακής σχεδίασης <i>HTML5, CSS, Javascript, SVG</i>
Γραφική αναπαράσταση δεδομένων	Πακέτα οπτικοποίησης <i>Python, Java, R</i> Λογισμικό ΣΓΠ Λογισμικό σχεδίασης <i>Inkscape</i>	Γεωβάσεις <i>PostGIS, MySQL</i> Αρχεία τύπου <i>SVG, GeoJSON, CSV, XML</i>	Γραφικής αναπαράστασης Javascript βιβλιοθήκες <i>D3</i> και τεχνολογία διαδικτυακής σχεδίασης <i>HTML5, CSS, Javascript, SVG</i>

Πίνακας 2.1. Προσεγγίσεις θεματικής διαδικτυακής χαρτογράφησης (Smith, 2016)

2.3. Διαδραστικές θεματικές απεικονίσεις

2.3.1. Χαρτογραφική Διαδραστικότητα

Η Χαρτογραφία μετρά αιώνες ζωής. Η διαδραστικότητα όπως την συναντάμε στις διάφορες εφαρμογές εμφανίζεται μαζί με την εμφάνιση και εξέλιξη του διαδικτύου και αναπτύσσεται παράλληλα με αυτό. Στην προκείμενη περίπτωση η διαδραστική χαρτογράφηση κερδίζει έδαφος δίπλα στην εξέλιξη της διαδικτυακής χαρτογράφησης. Έτσι, το πέρασμα από τον αναλογικό χάρτη στον ψηφιακό προσέδωσε δημοτικότητα στην διαδραστικότητα και καθιέρωσε τους διαδραστικούς χάρτες στην χαρτογραφική καθημερινότητα. Ο Robinson κ.ά. το 1995 περιέγραφε την διαδραστικότητα ως αλλαγές που προέκυπταν από τον χρήστη στη θέση θέασης της απεικόνισης περιορίζοντας την αλληλεπίδραση στην διάσταση της προοπτικής του χάρτη. Συμπλήρωνε πως *“ο πλήρως διαδραστικός χάρτης των ονείρων μας θα γίνει σύντομα πραγματικότητα”* και θα περιλαμβάνει ελεύθερη ανταλλαγή ερωτήσεων και απαντήσεων, αιτήματα του χρήστη στο ηλεκτρονικό σύστημα για προσδιορισμό παραγόντων, όπως μετρήσεις και εντοπισμός, προσαρμογή των χαρτογραφικών απεικονίσεων στις ανάγκες του χρήστη ακόμα και πρόσβαση στα χαρτογραφικά δεδομένα. Αναμφίβολα αυτό έχει ήδη συμβεί.

Η διαδραστικότητα ή αλλιώς αλληλεπίδραση είναι η δυνατότητα ενός χρήστη να διαλέγεται με την εφαρμογή που χρησιμοποιεί με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η μεταξύ τους επικοινωνία. Τοποθετώντας τον ορισμό αυτό σε χαρτογραφικό πλαίσιο, ο χρήστης παραμένει μια ανθρώπινη οντότητα που πλέον χρησιμοποιεί μια χαρτογραφική εφαρμογή, έναν χάρτη, και το μέσο που βοηθά αυτήν την διαδικασία είναι ένα υπολογιστικό μηχάνημα, όπως ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής. Η μεταξύ τους επικοινωνία – χρήστη και χάρτη - αποτελεί απαραίτητο στοιχείο της διαδραστικής χαρτογράφησης και μπορεί να θεωρηθεί ο τομέας εκείνος της (διαδικτυακής) χαρτογραφίας που παράγει χαρτογραφικές απεικονίσεις οι οποίες ελέγχονται και μεταβάλλονται δυναμικά μέσω κάποιας αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.

Η χρήση του όρου “επικοινωνία” είναι το αποτέλεσμα της υιοθέτησης και της εφαρμογής ενός επικοινωνιακού μοντέλου στο πεδίο της Χαρτογραφίας. Η ανάγκη σύνδεσης της επιστήμης και του μοντέλου προέκυψε όταν ο ερευνητής χαρτογράφος άρχισε να βασίζεται το θεωρητικό του υπόβαθρο στην αντίληψη του ανθρώπου ο οποίος επρόκειτο να χρησιμοποιήσει ένα χαρτογραφικό προϊόν. Το επικοινωνιακό μοντέλο χαρακτηρίζει τον χάρτη ως το μέσο εκείνο που μεταβιβάζει πληροφορίες από τον παραγωγό στον χρήστη και επομένως το χαρτογραφικό προϊόν μετατρέπεται σε μια αναπαράσταση η οποία συμπεριλαμβάνει τα στοιχεία της κατανόησης και της εξαγωγής πληροφορίας από αυτήν. Για να εξασφαλίζεται η επικοινωνία, δίνεται πλέον έμφαση στον πως ένας χάρτης θα γίνει αντιληπτός και πως θα περιέχει την απαιτούμενη πληροφορία.

Ο διαδραστικός χάρτης ελέγχεται από αυτόν που τον χρησιμοποιεί και έτσι μεταβάλλεται το περιεχόμενό του. Ο έλεγχος από κάποιον εξωτερικό χρήστη είναι και η ειδοποιός διαφορά του δυναμικού από τον διαδραστικό χάρτη (Roth, 2013) όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1.4. «Χωροχρονικές Απεικονίσεις». Ο δυναμικός χάρτης μεταβάλλεται δυναμικά από το σύστημα που τον παράγει δηλαδή η μεταβολή είναι ενσωματωμένη στην αναπαράσταση και ο χρήστης δεν μπορεί να επέμβει σε αυτόν παρά μόνο να παρακολουθεί τις αλλαγές του. Αντίθετα, στον διαδραστικό χάρτη η μεταβολή προκύπτει από τον ίδιο τον χρήστη μέσω της δυνατότητας που του δίνεται από το σύστημα με αποτέλεσμα οι αλλαγές που βλέπει στην χαρτογραφική αναπαράσταση

να ορίζονται από τον ίδιο. Η διαδικασία αυτή οδηγεί στην αντιμετώπιση της αναπαράστασης ως μια διεπαφή από την στιγμή που η πρώτη αποτελεί ένα μέσο επικοινωνίας μεταξύ δύο “κέντρων” και όχι έναν χώρο αποθήκευσης δεδομένων.

Η χαρτογραφική διεπαφή (cartographic interface) είναι το σύνολο των ψηφιακών εργαλείων που χρησιμοποιούνται για να πραγματοποιηθεί η χαρτογραφική διαδραστικότητα. Ο χάρτης που παρέχει την επικοινωνία είναι μέρος της διεπαφής. Το ίδιο συμβαίνει και με το αναγκαίο λειτουργικό χαρτογραφικό σύστημα που δημιουργεί τον χάρτη και τις λειτουργίες του. Η διεπαφή είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την διαδραστικότητα αφού αφενός η πρώτη είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να επιτευχθεί η δεύτερη και αφετέρου η χρηστικότητα της πρώτης εξαρτάται από την ποιότητα της δεύτερης.

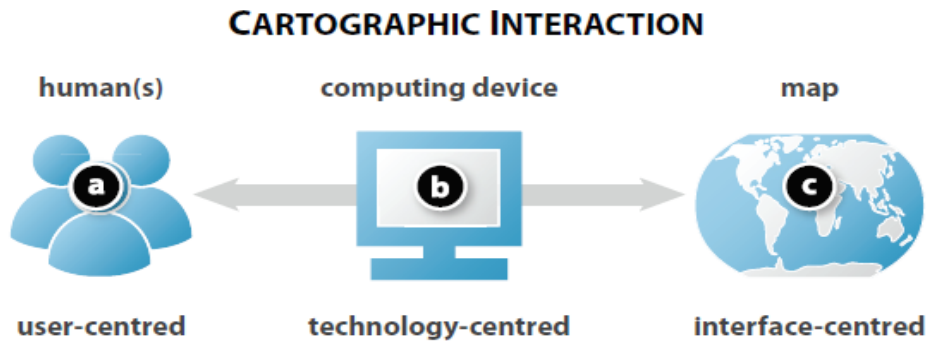
Σύμφωνα με τον Roth (2013) η χαρτογραφική διαδραστικότητα αποτελείται από τρία συστατικά μέρη: τον άνθρωπο ή τους ανθρώπους που χρησιμοποιούν τον χάρτη, τον ίδιο χάρτη ως το αντικείμενο που θα υποστεί αλλαγές και την τεχνολογική συσκευή που βοηθά στην απεικόνιση του αντικείμενου και τον αλλαγών και την επίτευξη της πράξης της διαδραστικότητας. Τα τρία αυτά στοιχεία εξυπηρετούν το σχήμα της διαδραστικής χαρτογράφησης όπως φαίνεται και στην *Εικόνα 2.3*. Η θεωρία του Norman (1988) για τα στάδια του μοντέλου δράση για κάθε είδους αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων και αντικειμένων (“The seven stages of action”) συμπληρώνει τα συστατικά μέρη του Roth αναλύοντας τη διαδικασία που ακολουθεί η διαδραστικότητα. Το αυτοτελές στάδιο του στόχου πλαισιώνεται από τρία στάδια της εκτέλεσης (σχεδιασμός, προσδιορισμός, εκτέλεση) και τα εξίσου τρία στάδια της αξιολόγησης (αντίληψη, ερμηνεία και σύγκριση). Θέτοντας τα στάδια δράσης σε χαρτογραφική διάσταση, ο Roth (2013) οριοθέτησε την διαδικασία της διαδραστικότητας στα εξής βήματα:

1. Διαμόρφωση του στόχου της διαδραστικότητας (Στόχος)
2. Διαμόρφωση της πρόθεσης δηλαδή του αντικειμενικού σκοπού που λειτουργεί παράλληλα με τον βασικό στόχο (Σχεδιασμός)
3. Συγκεκριμενοποίηση της δράσης μέσω της αναγνώρισης της λειτουργίας του συστήματος που υποστηρίζει τον αντικειμενικό σκοπό, καθορισμός των τελεστών του συστήματος (Προσδιορισμός)
4. Εκτέλεση της λειτουργίας μέσω κάποιας συσκευής εισόδου (Εκτέλεση)
5. Αντίληψη της κατάστασης που βρέθηκε το σύστημα μετά την υλοποίηση της διαδραστικότητας δηλαδή η παρακολούθηση των απεικονιζόμενων αποτελεσμάτων στην συσκευή εισόδου (Αντίληψη)
6. Ερμηνεία της εκτέλεσης και των αλλαγών που συνέβησαν στην απεικόνιση (Ερμηνεία)
7. Εκτίμηση του αποτελέσματος μέσω της σύγκρισης του αρχικού στόχου που είχε τεθεί με το αποτέλεσμα που προέκυψε από την εκτέλεση της διάδρασης (Σύγκριση)

Εάν κάποιο από τα παραπάνω στάδια αστοχήσει, δημιουργείται ένα κενό μεταξύ του αντικειμενικού στόχου και των τελεστών των λειτουργιών της διαδραστικότητας (αστοχία στα στάδια της εκτέλεσης) και μεταξύ των προσδοκώμενων λειτουργιών εκ μέρους του χρήστη και του τελικού αποτελέσματος που του παρουσιάζεται από τη χαρτογραφική διεπαφή (αστοχία στα στάδια της αξιολόγησης).

Η ανάγκη για τη χρήση διαδραστικών απεικονίσεων προκύπτει από τον ίδιο τον στόχο της χαρτογραφικής απεικόνισης. Ο στόχος αυτός σχετίζεται με την εξελιγμένη επικοινωνία και ορίζεται ως η μεταβίβαση γεωχωρικών γνώσεων και πληροφοριών από τον χαρτογράφο στον

αναγνώστη του χάρτη. Ο χαρτογράφος και ο αναγνώστης του χάρτη εναποθέτουν τα προσωπικά τους στοιχεία για να μεταβιβάσουν και να αντιληφθούν τη γνώση αντίστοιχα. Επομένως, ένας χάρτης που προσφέρει γνώση μετατρέπεται αυτόματα σε ένα μέσο που προάγει την οπτική αντίληψη του ανθρώπου (visual thinking) έτσι ώστε αυτό που δέχεται ο ίδιος από τον χαρτογράφο και φιλτράρεται από την προσωπική του εμπειρία, γνώση και αντίληψη να καταλήγει στην εξαγωγή γνώσεων μέχρι τώρα άγνωστων. Η χαρτογραφική διαδραστικότητα βοηθά την ανάπτυξη της ανθρώπινης οπτικής αντίληψης και επιδιώκει τόσο την ενίσχυση της ήδη υπάρχουσας γνώσης και όσο και την ανάπτυξη νέων διανοητικών ικανοτήτων.



Εικόνα 2.3. Το μοντέλο της χαρτογραφικής διαδραστικότητας με όλες τις πλευρές που συμμετέχουν σε αυτήν, του χρήστη, την τεχνολογική και της διεπαφής. (πηγή: Roth 2013)

Η έννοια της οπτικής αντίληψης στη Χαρτογραφία αντικατοπτρίζεται παραστατικά στον «κύβο της Χαρτογραφίας» του MacEachren (1995) ο οποίος παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 1.1. «Θεματική Χαρτογραφία και Οπτικοποίηση». Όπως έχει ειπωθεί ο χαρτογραφικός κύβος (Εικόνα 1.3) παρουσιάζει τη διαδρομή μεταξύ της απλής οπτικής επικοινωνίας και της οπτικής αντίληψης που προσφέρεται μέσα από την χαρτογραφική διεπαφή. Η πρώτη έχει ως αποτέλεσμα τη θέαση μιας βέλτιστης πλευράς ενώ η δεύτερη έχω ως αποτέλεσμα τη θέαση άπειρων διαστάσεων μιας απεικόνισης. Είναι φανερό ότι η κίνηση επάνω στον άξονα της διαδραστικότητας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η δυνατότητα αλληλεπίδρασης με το χαρτογραφικό προϊόν από τον χρήστη οδηγεί στην επίτευξη του μέγιστου βαθμού οπτικής αντίληψης.

Η χαρτογραφική διαδραστικότητα επομένως βελτιώνει την ικανότητα του χρήστη να αντιλαμβάνεται την οπτική διάσταση ενός γεωγραφικού προϊόντος και να εξάγει γνώση από αυτό. Παράλληλα όμως συμβάλλει και στον εμπλουτισμό του χαρτογραφικού προϊόντος και των δυνατοτήτων του. Χωρίς τη χρήση διαδραστικότητας ο χαρτογράφος αναγκάζεται για να εξασφαλίσει μια χρήσιμη και κατανοητή απεικόνιση να αφαιρεί από αυτήν πληροφορίες παρουσιάζοντας μια ελλιπή πραγματικότητα. Η διαδραστικότητα σε έναν χάρτη επιτυγχάνει την παρουσίαση πολλαπλών επιπέδων πληροφορίας έτσι ώστε ο δημιουργός του χάρτη να απελευθερώνεται από το χαρτογραφικό πρόβλημα που τον απασχολεί και να δίνει μια ολοκληρωμένη εικόνα της πραγματικότητας στον χρήστη. Συνεπώς, η χαρτογραφική διαδραστικότητα βελτιώνει την αντίληψη του χρήστη αλλά και λύνει το πρόβλημα της απουσίας πληροφοριών από μια χαρτογραφική απεικόνιση.

Η διαδραστικότητα όπως φαίνεται και στην *Εικόνα 2.3.* και σύμφωνα με την ανάλυση του Roth (2013) αποτελείται από τρεις οπτικές με κέντρο τη διεπαφή, τον χρήστη και τη συσκευή. Κάθε μια οπτική ως μέρος της διαδικασίας επηρεάζει την διαδραστικότητα και πρέπει οι ιδιαιτερότητες της να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη από τον χαρτογράφο ακολουθώντας κάποιους κανόνες. Όσον αφορά την πλευρά της διεπαφής (interface-centered), έχει αποδειχτεί ότι όσο πιο πολύπλοκες είναι οι λειτουργίες της τόσο δυσκολότερη γίνεται η χρήση της και η κατανόηση της. Στόχος του χαρτογράφου επομένως είναι η θέσπιση ορίων στη λειτουργία της διεπαφής μειώνοντας τον αριθμό των διαδραστικών συντελεστών ή/και περιορίζοντας τον βαθμό ελευθερίας τέλεσης των συντελεστών αυτών. Έτσι αυξάνεται η αποδοτικότητα της διαδραστικής χαρτογραφικής διεπαφής.

Η ανθρωποκεντρική πλευρά της διαδραστικότητας (user-centered) περιλαμβάνει τη δημιουργία διεπαφών προσαρμοσμένων στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των χρηστών. Τη σημαντικότερη επίδραση στην ποιότητα του χαρτογραφικού διαδραστικού αποτελέσματος ασκούν η ικανότητα του ανθρώπου να κατανοεί, η εξειδίκευση των γνώσεων του και το κίνητρο που τον παρακινεί και επομένως είναι απαραίτητο να γίνονται κατανοητά τα χαρακτηριστικά αυτά. Από πλευράς ικανότητας του χρήστη να καταλαβαίνει τον χάρτη, η εφαρμογή διαδραστικότητας μειώνει την ανάγκη ο χρήστης να έχει ανεπτυγμένες γνώσεις και αντιληπτικότητα για να τον χρησιμοποιήσει. Οι διαδραστικοί συντελεστές δίνουν περισσότερες ευκαιρίες στον χρήστη να ανακαλύψει τη χαρτογραφική απεικόνιση και η ατομική του αυτή δράση έχει ως αποτέλεσμα η απεικόνιση που βλέπει και το μήνυμα που του μεταφέρεται να εξατομικεύεται και να φιλτράρεται από τις προσωπικές του εμπειρίες και γνώσεις και έτσι να αντιλαμβάνεται περισσότερα σε σχέση με έναν στατικό, αναλογικό χάρτη. Η κατανόηση των χαρτογραφικών απεικονίσεων γεννά και μια ειδική πτυχή της αντίληψης που καλείται χωρική αντίληψη, με άλλα λόγια η ικανότητα του ανθρώπου να σκέφτεται χωρικά, γεωχωρικά, γεωγραφικά. Είναι ένα χαρακτηριστικό που εξαρτάται από παράγοντες όπως το φύλο, η ηλικία ακόμα και η κουλτούρα, και όσο περισσότερο ανεπτυγμένο είναι τόσο καλύτερη σχέση αποκτά ένας χρήστης με τον χάρτη. Η χωρική αντίληψη μειώνει την ανάγκη ύπαρξης αλληλεπίδρασης του χρήστη με τον χάρτη ενώ ταυτόχρονα αυξάνει την αποτελεσματικότητα και την ευκολία στην χρήση του, εφόσον αυτή υπάρχει. Η χωρική αντίληψη είναι ένα χαρακτηριστικό όχι τόσο συχνά ανεπτυγμένο στον άνθρωπο και έτσι η απουσία του πρέπει να είναι γνώμονας της χαρτογραφικής σκέψης κατά την παραγωγή του χάρτη. Ο εμπλουτισμός της απεικόνισης με μέσα όπως η διαδραστικότητα είναι αρωγός των χρηστών στην διαδικασία ανάγνωσης του χάρτη και κατανόησης του μηνύματός του.

Οι εξειδικευμένες γνώσεις, όπως αναλύει στην μελέτη του ο Roth (2013), αναπαρίστανται στον χαρτογραφικό κύβο του MacEachren (*Εικόνα 1.3.*) και συγκεκριμένα στον άξονα που σχετίζεται με τον χρήστη. Ο άξονας, περιγράφοντας σε ποιόν απευθύνεται μια απεικόνιση, ξεκινά από το ευρύ και καταλήγει στον περιορισμένο κοινό. Η εξειδίκευση του χρήστη περιλαμβάνει την εκπαίδευση, την εξάσκηση του με χαρτογραφικά προϊόντα και άρα την εμπειρία του, την οικειότητα που έχει αποκτήσει με χάρτες αλλά και με ότι τους συνοδεύει όπως όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας που διαθέτει η διεπαφή. Είναι επόμενο ότι η αυξημένη εξειδίκευση αυξάνει την οπτική αντίληψη και άρα παρέχει πιο επιτυχημένες στον σκοπό τους χαρτογραφικές εφαρμογές. Για να εξαλειφθεί το πρόβλημα της απουσίας εξειδικευμένων γνώσεων - στην πλειονότητα των περιπτώσεων οι χαρτογραφικές εφαρμογές απευθύνονται σε μη εξειδικευμένους χρήστες - στις περιπτώσεις δηλαδή που μεγαλώνει το εύρος της διαδραστικής εφαρμογής έχουν βρεθεί ορισμένες πρακτικές λύσεις όπως η ύπαρξη δύο εκδόσεων, για εξειδικευμένους και μη χρήστες ή συνοδευτικά εργαλεία επεξήγησης και εκπαίδευσης. Ακόμα πιο

ανεπτυγμένες λύσεις είναι τα έξυπνα συστήματα που αξιοποιούν πρόσθετα μέσα στην απεικόνιση ή που αποφασίζει ο χρήστης για την λειτουργία τους .

Τελευταίο χαρακτηριστικό του χρήστη που επηρεάζει ποιοτικά τη διαδραστική λειτουργία είναι το κίνητρο του. Όταν το κίνητρο του χρήστη, είτε προκύπτει από την ύπαρξη κάποιας ανάγκης είτε από απλό ενδιαφέρον, είναι ανεπτυγμένο, δημιουργείται ένα πλεονέκτημα για τη χαρτογράφηση. Το κίνητρο δεν εξαρτάται από την εξειδίκευση που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο, αφού ένας μη εξειδικευμένος χρήστης μπορεί να έχει μεγαλύτερο κίνητρο και όρεξη να εξετάσει μια διαδραστική χαρτογραφική εφαρμογή και επομένως να αντλήσει περισσότερη γνώση από αυτήν σε σχέση με έναν εξειδικευμένο χρήστη χωρίς κίνητρο. Η διαδραστικότητα από μόνη της ως διαδικασία αυξάνει το κίνητρο του αναγνώστη του χάρτη αφού του δίνει την αίσθηση ότι ελέγχει ο ίδιος την εφαρμογή. Όλα τα παραπάνω στοιχεία έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι μια επιτυχημένη χαρτογραφική διαδραστικότητα θα πρέπει να είναι συνάρτηση της πολυπλοκότητας της διεπαφής και του κινήτρου του χρήστη παρά της εξειδίκευσής του (Roth 2013).

Η τελευταία αλλά όχι λιγότερο σημαντική πλευρά που συνθέτει την χαρτογραφική διαδραστικότητα είναι το μέσο που την παρέχει, δηλαδή η υπολογιστική συσκευή, και οι τεχνολογικές του λειτουργίες (technology-centered). Αποτελείται από τρία συστατικά στοιχεία σύμφωνα με τον Roth (2013):

1. δυνατότητες εισαγωγής: η επίτευξη της διαδραστικότητας επιτυγχάνεται μέσω της πληκτρολόγησης, της χρήσης του ποντικιού, και σε πιο ειδικές περιπτώσεις και ίσως λιγότερο αποτελεσματικές λόγω εξοικείωσης, της αφής και του ήχου.
2. μέγεθος του εύρους ζώνης και ισχύς επεξεργασίας: αποτελεί την ταχύτητα επίτευξης της διαδικασίας. Ο χρόνος απόκρισης της συσκευής παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ποιότητα και την αποτελεσματικότητα της διαδραστικότητας για αυτό πρέπει να εξασφαλίζεται το συγκεκριμένο τεχνολογικό χαρακτηριστικό. Ωστόσο ένας παράγοντας που προσπερνά τα στοιχεία αυτά και δυσχεραίνει ή επιβραδύνει την διαδικασία είναι ο χώρος αποθήκευσης του δίσκου ο οποίος υπερφορτώνεται ειδικά σε περιπτώσεις που έχει να διαχειριστεί μεγάλο όγκο δεδομένα χωρίς επαρκή επεξεργασία (πχ big data)
3. δυνατότητες απεικόνισης: τα τεχνολογικά γραφικά στοιχεία τα οποία (α) χρησιμοποιεί ο χρήστης για να αλληλεπιδρά με τον χάρτη ή (β) αποτελούν το οπτικό αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης. Παραδείγματα αποτελούν η διάσταση και η ανάλυση της οθόνης, η χρωματική ανάλυση, οι συνθήκες φωτισμού κ.α.

Η πλευρά αυτή είναι συχνά παραπλανητική με την έννοια ότι οι ειδικοί που αναπτύσσουν διαδραστικές εφαρμογές δίνουν πολύ μεγαλύτερη έμφαση στις τεχνολογικές λειτουργίες και ξεχνούν τα χαρακτηριστικά του χρήστη, τις ανάγκες του, την αλληλεπίδραση του με την διεπαφή. Πρέπει λοιπόν να υπάρχει μια ισοκατανομή του ενδιαφέροντος στις τρεις πλευρές του σχήματος της χαρτογραφικής διαδραστικότητας έτσι ώστε να επιτυγχάνεται το βέλτιστο αποτέλεσμα και ο χαρτογραφικός στόχος.

2.3.2. Λειτουργίες Διαδραστικότητας

Η διαδραστικότητα και οι δυνατότητες που προσφέρει σε πιο τεχνικό επίπεδο έχουν εξελιχθεί και εμπλουτιστεί σε μεγάλο βαθμό στο πέρασμα των χρόνων. Μαζί με την συντομότερη απόκριση του συστήματος που περιγράφηκε στο κεφάλαιο και την εξέλιξη των γραφικών οι λειτουργίες

πολλαπλασιάστηκαν και ο συνδυασμός τους διευρύνθηκε. Πολλοί χαρτογράφοι ωστόσο ανέλυν τις διαδραστικές λειτουργίες ήδη από την δεκαετία του '90. Ο Peterson (1995) διαχώρισε την αλληλεπίδραση του χρήστη με τον χάρτη στις παρακάτω δύο ομάδες:

- αλληλεπίδραση με το γραφικό μέρος, δηλαδή η επίτευξη αλλαγών παραδείγματος χάριν στην κλίμακα του χάρτη, στην προοπτική της απεικόνισης ή στον συμβολισμό και
- αλληλεπίδραση με τα χαρακτηριστικά, για παράδειγμα αριθμητικές πράξεις μεταξύ των τιμών των ιδιοτήτων, επιλογή μεθόδου απόδοσης ή αριθμού ομάδων και ομαδοποίησης (Τζελέπης κ.ά., 2014).

Ο Kraak (2001) κατηγοριοποίησε τις λειτουργίες μιας οπτικοποίησης από την πλευρά της επιλογής ενός αντικειμένου επάνω σε αυτήν κάτι που ονόμασε “brushing”. Έτσι, διαχώρισε την λειτουργία αυτή σε τρεις ομάδες: (α) τη γεωγραφική επιλογή, δηλαδή την επιλογή επάνω στον χάρτη (“clicking in the map”) (β) την επιλογή χαρακτηριστικών, δηλαδή την επιλογή σε ένα διάγραμμα ή πίνακα (“clicking in the diagram or table”) και τέλος (γ) τη χρονική επιλογή, δηλαδή την επιλογή επάνω σε μια γραμμή χρόνου (“clicking on the time line”). Όλα τα παραπάνω μπορούν να συνθέτουν και να επιτυγχάνονται πάνω σε μια χαρτογραφική εφαρμογή ή διεπαφή και μάλιστα με χωροχρονικά χαρακτηριστικά. Στα παραδείγματα εφαρμογών που ακολουθούν θα παρουσιαστούν και οι διάφορες λειτουργίες πιο πρόσφατων χαρτογραφικών θεματικών εφαρμογών⁹ του διαδικτύου που επικεντρώνονται σε κατηγοριοποιήσεις της διαδραστικότητας όπως:

- η πλοήγηση στον χάρτη, αλλιώς ο καθορισμός του κέντρου θέασης της απεικόνισης,
- η αναζήτηση ή το φιλτράρισμα αντικειμένων,
- η εμφάνιση επιπρόσθετων πληροφοριών πέρα από εκείνες που απεικονίζονται χαρτογραφικά,
- η διαχείριση των δεδομένων, που αφορά το τι θα απεικονίζεται στη διεπαφή.

⁹ <https://www.axismaps.com/guide/>

Κεφάλαιο 3: Παραδείγματα διαδικτυακών εφαρμογών με θεματικούς διαδραστικούς χάρτες

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα παραδείγματα διαδικτυακών εφαρμογών που συλλέχθηκαν και περιλαμβάνουν θεματικές απεικονίσεις και διαδραστικές λειτουργίες. Αναλύονται ως προς τα χαρακτηριστικά τους, το είδος ή τα είδη των απεικονίσεων που περιλαμβάνουν καθώς και του διαδικτυακού χάρτη, τις διαδραστικές λειτουργίες που επιτρέπουν καθώς και ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις τεχνολογίες και τα εργαλεία που τις υλοποιούν.

3.1. Παρουσίαση εφαρμογών

Στο πλαίσιο ανάπτυξης της διαδραστικής θεματικής εφαρμογής που αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας εργασίας αναζητήθηκαν και συλλέχθηκαν παρόμοιες εφαρμογές. Οι εφαρμογές αυτές ποικίλουν ως προς την χωρική τους αναφορά, καθώς άλλες αναφέρονται σε παγκόσμιο επίπεδο άλλες σε επίπεδο χώρας ή ακόμα και σε μεγαλύτερη κλίμακα αναφοράς όπως τα διοικητικά όρια των πολιτειών. Ωστόσο όλες αποτελούνται από θεματικές απεικονίσεις ανεξάρτητα του θέματος που παρουσιάζουν και παρέχουν διαδραστικές λειτουργίες.

Οι διαδικτυακοί χάρτες επιλέχθηκαν ώστε να έχουν τρία κοινά σημεία με την εφαρμογή της παρούσας εργασίας. Τα τρία αυτά σημεία είναι ο θεματικός χαρακτήρας του χάρτη, η διαδικτυακή του μορφή και η διαδραστικότητα που προσφέρει και ως προς αυτά τα σημεία θα αναλυθούν.

3.1.1. “World Population Density”¹⁰

Η πρώτη εφαρμογή αποτελεί μια παγκόσμιας κλίμακας θεματική απεικόνιση της πυκνότητας πληθυσμού. Ο στόχος του παγκόσμιου χάρτη πυκνότητας πληθυσμού είναι η ανάδειξη του προτύπου που ακολουθεί η πυκνότητα μέσα από την ποικιλία των κλιμάκων οι οποίες ξεκινούν από μια γενική παγκόσμια οπτική και φτάνουν σε εθνικό επίπεδο, επίπεδο πόλεων και μικρότερων περιοχών (Smith 2017). Από την πλευρά των πρωτογενών δεδομένων που χρησιμοποιεί η απεικόνιση, αυτά είναι κανονικοποιημένα δεδομένα και προσβάσιμα μέσω ενός ανοιχτού και ελεύθερου εργαλείου που ονομάζεται GHSL (Global Human Settlement Layer)¹¹. Η ποικιλία των κλιμάκων που αναφέρθηκε προηγουμένως προκύπτει από τη μεγέθυνση που προκαλεί ο χρήστης (zoom in και zoom out) και θα χαρακτηριστεί ως η πρώτη διαδραστική λειτουργία του χάρτη. Το είδος της θεματικής απεικόνισης είναι ο δασυμετρικός χάρτης σε όλες τις κλίμακες απεικόνισης με την ομαδοποίηση των δεδομένων να διαφοροποιείται με την αλλαγή της κλίμακας. Ωστόσο, το υπόμνημα στο επάνω αριστερά μέρος της οθόνης να παραμένει το ίδιο περιλαμβάνοντας όλες τις ομάδες που παρουσιάζονται σε κάθε αλλαγή.

Σύμφωνα με την τεχνική έκθεση του δημιουργού της διαδραστικής εφαρμογής D. Smith (2017) τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της από το στάδιο επεξεργασίας των δεδομένων μέχρι το στάδιο της διαδραστικότητας ποικίλουν. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε το GIS

¹⁰ <http://luminocity3d.org/WorldPopDen/#3/12.00/10.00>

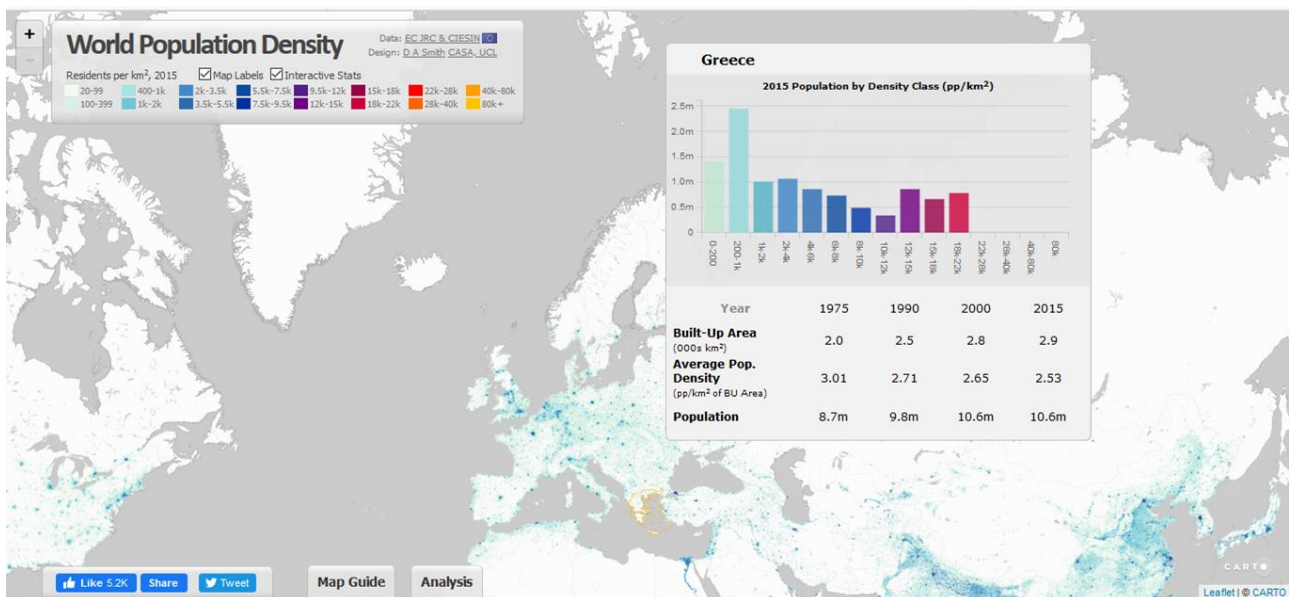
¹¹ <https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/>

λογισμικό πακέτο ArcMap της ESRI¹² - που δεν αποτελεί ελεύθερο εργαλείο - για την προεπεξεργασία των δεδομένων. Ένα εργαλείο της Mapbox¹³ βοήθησε στη δημιουργία πινακίδων κανονικοποιημένων δεδομένων. Εν συνεχεία, το λογισμικό και οι βιβλιοθήκες της CartoDB¹⁴ και της D3¹⁵ υλοποίησαν τον συμβολισμό των θεματικών δεδομένων, τον σχεδιασμό του υποβάθρου, τα στατιστικά στοιχεία και την διαδραστικότητα. Η προσέγγιση που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση του διαδικτυακού θεματικού χάρτη είναι ο υβριδικός συνδυασμός και των τριών προσεγγίσεων (αυτό-φιλοξενία, υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους και γραφική αναπαράσταση δεδομένων).

Στη διαδραστική λειτουργία της εναλλαγής των κλιμάκων θα προστεθούν οι εξής χαρτογραφικές διαδραστικές ενέργειες:

- ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της εμφάνισης της ονοματολογίας των χωρικών ενότητων σε όποια κλίμακα και αναφέρονται (χώρα, πόλη, οικισμός)
- ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της εμφάνισης αναδυόμενου παραθύρου στατικών στοιχείων για κάθε χωρική ενότητα
- Εμφάνιση πρόσθετων πληροφοριών και οδηγιών χρήσης του χάρτη (σημεία Map Guide και Analysis)

Διευκρινίζεται ότι ως χωρική ενότητα εδώ παρουσιάζεται το μέρος στο οποίο αναφέρεται η πληροφορία της αλληλεπίδρασης, και άρα για μικρή κλίμακα θα αναφέρεται σε χώρα, για μεσαία σε πόλη και για μεγάλη σε οικισμό.



Εικόνα 3.1: Το περιβάλλον απεικόνισης και αλληλεπίδρασης της εφαρμογής “World Population Density”
(πηγή: <http://luminocity3d.org/WorldPopDen/#3/12.00/10.00>)

¹² <https://www.esri.com/en-us/home>

¹³ <https://www.mapbox.com/>

¹⁴ <https://carto.com/>

¹⁵ <https://d3js.org/>

Ο χρόνος στον οποίο αναφέρονται τα χωρικά δεδομένα της απεικόνισης είναι μια μοναδική ημερομηνία, το 2015. Στα μη χωρικά δεδομένα που εμφανίζονται στο αναδύμενο παράθυρο των στατιστικών παρουσιάζονται και δεδομένα πυκνότητας τριών ακόμα χρονολογιών.

Σε συνδυασμό με την καλαισθησία της, η εφαρμογή διαθέτει απλά και λειτουργικά διαδραστικά εργαλεία που πλαισιώνουν την απεικόνιση. Δίνεται έτσι η δυνατότητα στον χρήστη να επικοινωνήσει με αυτήν και να εξάγει πληροφορίες άγνωστες όσο αλληλεπιδρά με την διεπαφή. Οι πρόσθετες και αναλυτικές πληροφορίες και οδηγίες προσφέρουν ασφάλεια για την αποφυγή παρερμηνειών και μη κατανοητών στοιχείων. Στα αρνητικά της εφαρμογής μπορεί να ενταχθεί ο περιορισμός της οθόνης, όπου ανάλογα με την μετακίνηση του κέντρου του χάρτη δεν γίνεται ορατό στο σύνολό του το αναδύμενο παράθυρο αλλά φαίνεται μόνο ένα μέρος του. Τέλος, η ανάδυση του παραθύρου και όχι η σταθερή εμφάνιση και απόκρυψη του, απαιτούν να μην μετακινείται ο κέρσορας από το σημείο διότι αλλιώς θα χαθεί η αναδύμενη πληροφορία.

3.1.2. “World Air Map”¹⁶

Οι παραγωγοί του χάρτη (Plume Labs¹⁷) στην ιστοσελίδα που εμφανίζεται επισημαίνουν ως υπότιτλο του ονόματος του χάρτη ότι «η χαρτογράφηση της παγκόσμιας ρύπανσης είναι το πρώτο μας βήμα για να γίνει ο αέρας πιο καθαρός για όλους». Η περιγραφή αυτή μπορεί να θεωρηθεί και ο στόχος της διαδραστικής απεικόνισης που είναι η πληροφόρηση των χρηστών για τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε ολόκληρο τον κόσμο.

Πρόκειται για μια απεικόνιση που συσχετίζει δύο φαινόμενα με την μέθοδο της υπέρθεσης χωρικών συμβόλων. Η μία μεταβλητή καταλαμβάνει τον χάρτη του υποβάθρου και απεικονίζει με συμβολισμό επιφανείας την παγκόσμια ατμοσφαιρική ρύπανση σε μια ισαριθμική απεικόνιση. Η δεύτερη μεταβλητή απεικονίζεται σε αναλογικό σύμβολο δηλαδή σημεία σε μορφή κανονικού εξάγωνου που η ακτίνα τους μεταβάλλεται βάσει του πληθυσμού της πόλης στην οποία αντιστοιχούν. Το χρώμα στο εσωτερικού του σημειακού συμβόλου υποδεικνύει ότι και ο επιφανειακός συμβολισμός δηλαδή την ατμοσφαιρική ρύπανση. Παρότι ο επιφανειακός συμβολισμός καλύπτει ολόκληρο τον παγκόσμιο χάρτη ακόμα και την θαλάσσια επιφάνεια, τα σημειακά δεδομένα δεν αντιστοιχούν σε όλες τις πόλεις του κόσμου αλλά στις 26 πόλεις που συμμετέχουν στην μέτρηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

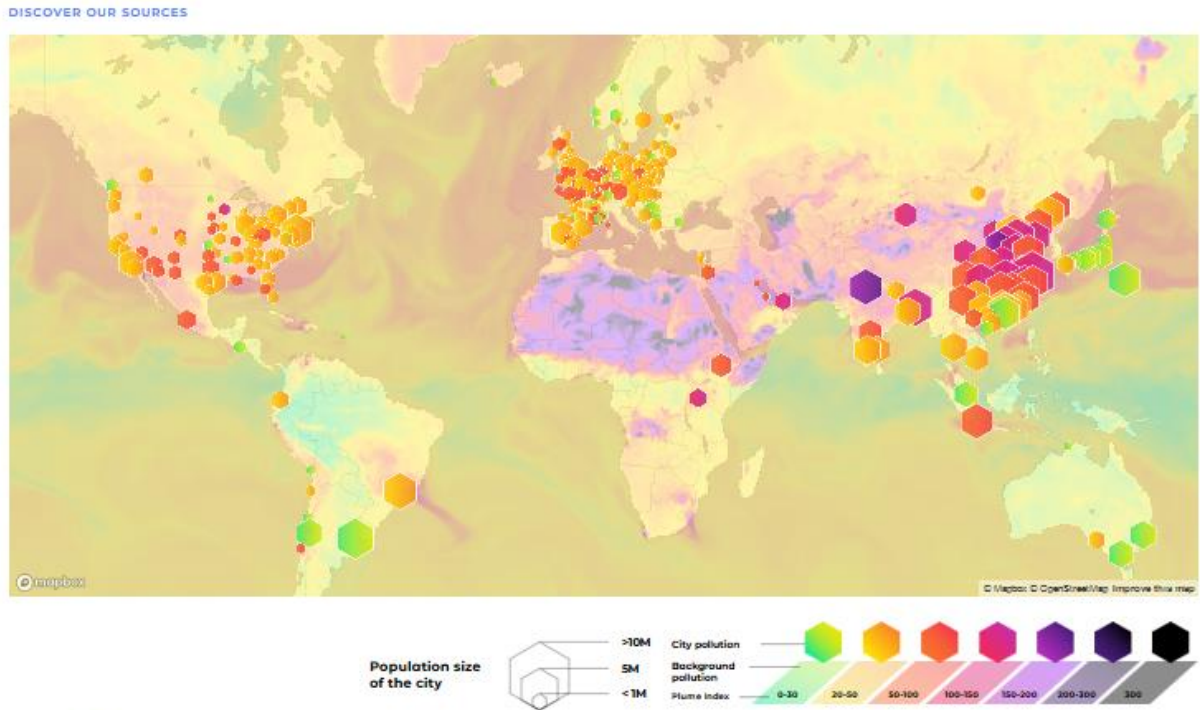
Η ιστοσελίδα περιλαμβάνει αναλυτικό υπόμνημα για κάθε είδους συμβολισμό που χρησιμοποιεί ενώ δεν περιλαμβάνει πρόσθετες πληροφορίες τουλάχιστον στο περιβάλλον της διεπαφής. Η διαδραστικότητα επιτυγχάνεται με δύο τρόπους. Η απλή της μορφή είναι ένα αναδύμενο παράθυρο πάνω από κάθε σημειακό σύμβολο με την αναγραφή του ονόματος του σημείου. Η δεύτερη λειτουργία είναι η επιλογή (click) επάνω σε κάποιο από τα σημεία-πόλεις και το άνοιγμα μίας νέας διαδικτυακής σελίδας στην οποία παρουσιάζονται μη χωρικά στατιστικά στοιχεία για την ρύπανση της πόλης. Στη νέα σελίδα πέρα από (α) τον ειδικό δείκτη ρύπανσης παρουσιάζονται: (β) πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες της πόλης, (γ) περαιτέρω πληροφορίες για τους παράγοντες ρύπανσης, (δ) αν και για ποιες δραστηριότητες είναι κατάλληλη η πόλη αυτή από άποψη περιβαλλοντικών συνθηκών, (ε) στατιστικά διαγράμματα χρονικής ενημέρωσης για τον δείκτη ρύπανσης, (στ) χρονικές πληροφορίες που αφορούν ενημέρωση πραγματικού χρόνου,

¹⁶ <https://air.plumelabs.com/en/>

¹⁷ <https://plumelabs.com/en/>

εβδομαδιαίες, μηνιαίες και ετήσιες μετρήσεις. Διαδραστικότητα περιέχουν και τα διαγράμματα.

Η απεικόνιση χρησιμοποιεί τα λογισμικά και τις βιβλιοθήκες του Mapbox¹⁸ και Leaflet¹⁹ για την δημιουργία της. Είναι φανερό ότι συνδυάζει περισσότερες των ενός προσεγγίσεων διαδικτυακών θεματικών απεικονίσεων. Δεν είναι σαφές και δεν βρέθηκε η απαραίτητη βιβλιογραφία που να τεκμηριώνει εάν χρησιμοποιείται αυτό-φιλοξενία ή υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους ωστόσο είναι σίγουρο ότι με μια εκ των εν λόγω τεχνικών χρησιμοποιείται παράλληλα και η προσέγγιση της γραφικής αναπαράστασης δεδομένων.



Εικόνα 3.2: Το περιβάλλον της εφαρμογής “World Air Map” (πηγή: <https://air.plumelabs.com/en/>)

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται είναι επεξεργασμένα και προέρχονται από την Copernicus Atmosphere Monitoring Service²⁰ για το 2020 αφού είναι δεδομένα πραγματικού χρόνου. Κάθε χώρα οι πόλεις της οποίας συμμετέχουν στην αναπαράσταση τροφοδοτούν με δεδομένα από τις δικές τους βάσεις.

Οι διαδραστικές λειτουργίες της απεικόνισης δίνουν στον χρήστη όσες πληροφορίες και λειτουργίες χρειάζεται για να ανακαλύψει περαιτέρω γνώση μέσω του χαρτογραφικού προϊόντος. Στα αρνητικά στοιχεία της απεικόνισης θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν: 1) το άνοιγμα της νέας σελίδας όπου απομονώνει τον χρήστη από την αρχική χωρική αναπαράσταση του φαινομένου, 2) απουσιάζει η αριθμητική πληροφορία ως αναγραφή στο αναδυόμενο παράθυρο στον αρχικό χάρτη και η σύνδεση της γίνεται μόνο μέσω του υπομνήματος κάτι που μπορεί να μπερδέψει τον χρήστη

¹⁸ <https://www.mapbox.com/>

¹⁹ <https://leafletjs.com/>

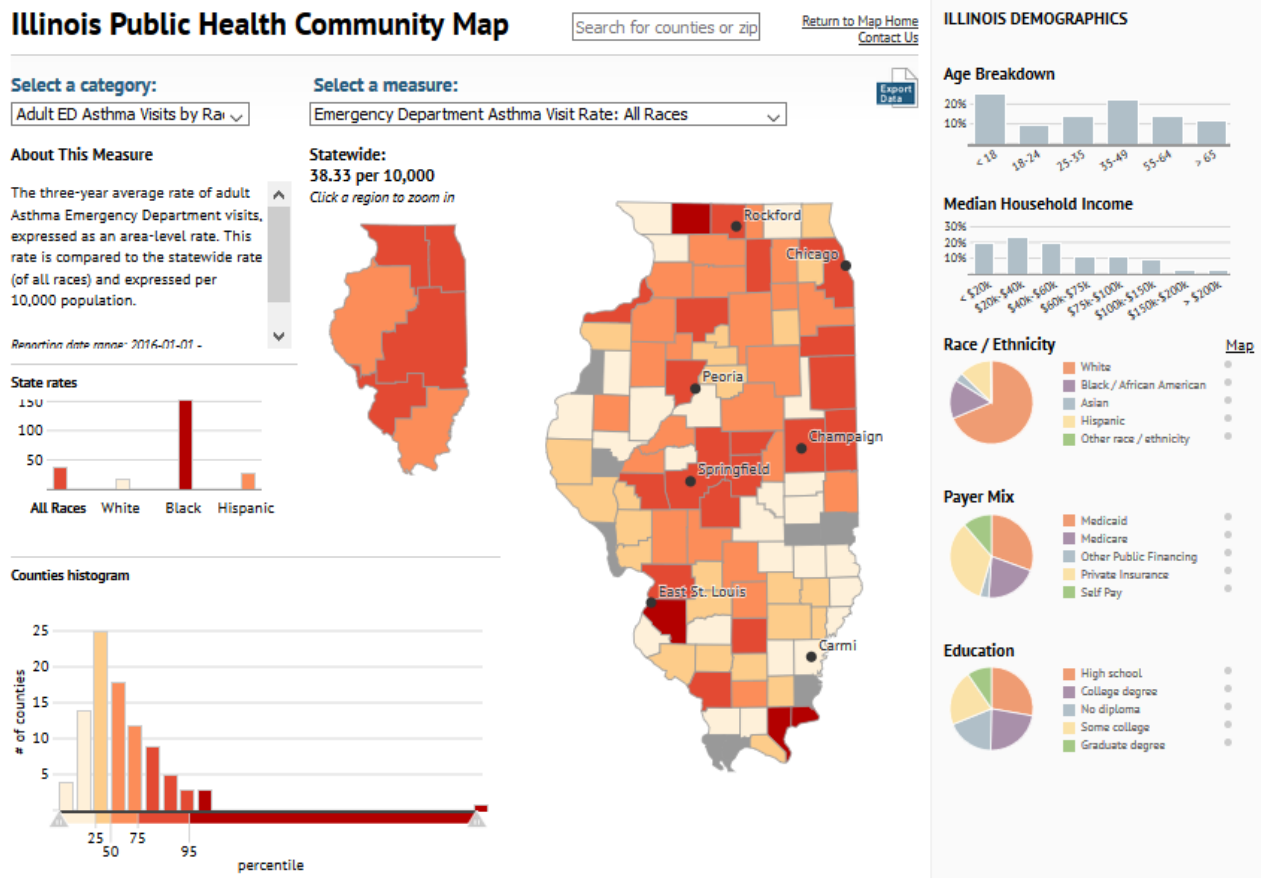
²⁰ <https://atmosphere.copernicus.eu/>

και να εξάγει εσφαλμένες τιμές.

3.1.3. “Illinois Public Health Community Map”²¹

Μια ακόμα διαδραστική θεματική απεικόνιση που αναπαριστά δεδομένα δημόσιας υγείας για την πολιτεία του Ιλινόις των ΗΠΑ. Σε σχέση με τις δύο προηγούμενες χαρτογραφικές απεικονίσεις η κλίμακα του χάρτη εδώ μεγαλώνει και αναφέρεται σε μία πολιτεία των ΗΠΑ και όχι σε ολόκληρο τον κόσμο. Σύμφωνα με την συμπληρωματική έκθεση δημιουργίας, ο χάρτης περιλαμβάνει πληροφορίες για την ποιότητα της υγείας της συγκεκριμένης πολιτείας υπογραμμίζοντας κοινωνικοοικονομικές διαφοροποιήσεις που μπορεί να υπάρχουν σε αυτήν.

Από χαρτογραφικής άποψης το είδος της απεικόνισης είναι η πιο διαδεδομένη θεματική απεικόνιση, ο χωροπληθής χάρτης. Η χωρική υποδιαίρεση γίνεται βάσει μικρότερων χωρικών ενοτήτων μέσα στην πολιτεία, των κομητειών, και η διαφοροποίηση χρησιμοποιεί την οπτική μεταβλητή της έντασης του χρώματος.



Εικόνα 3.3: Η εφαρμογή “ Illinois Public Health Community Map ” (πηγή: <http://map-idph-ipro-org.bitnamiapp.com/>)

²¹ <http://map-idph-ipro-org.bitnamiapp.com/index.html>

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται είναι διαθέσιμα στην ιστοσελίδα της απεικόνισης για ελεύθερη λήψη και χρήση και προέρχονται από τη διοίκηση της πολιτείας και τον οργανισμό υγείας IPRO (Island Peer Review Organization, Inc.)²². Το γεγονός ότι τα δεδομένα μεταφορτώθηκαν σε μια γεωβάση ζωντανής σύνδεσης και ανανέωσης υποδηλώνει ότι χρησιμοποιήθηκαν υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους για την υλοποίηση του συστήματος ενώ επίσης δηλώνεται ότι έγινε η χρήση των υπηρεσιών και της βιβλιοθήκης της D3²³. Η ύπαρξη γραφημάτων υποδεικνύει επίσης, ότι έχει χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την υπηρεσία υπολογιστικού νέφους και η γραφική μέθοδος αναπαράστασης δεδομένων.

Οι λειτουργίες διαδραστικότητας στη συγκεκριμένη απεικόνιση είναι πολυάριθμες. Ενδεικτικά αναφέρονται τα παρακάτω:

- Αναδύομενο παράθυρο με αναγραφή πληροφορίας λεκτικής και αριθμητικής πάνω από κάθε χωρική υποενότητα
- Επιλογή από λίστα όλων των ασθενειών
- Επιλογή από λίστα της ανθρώπινης ομάδας, βάσει της φυλετικής διάκρισης, που αναφέρονται οι ασθένειες – εδώ έγκειται και η διαφοροποίηση κοινωνικοοικονομικών ομάδων
- Διαδραστικό υπόμνημα με την μορφή γραφήματος
- Δυνατότητα απόκρυψης ομάδων από το υπόμνημα και ταυτόχρονη απόκρυψή τους από τον χάρτη
- Η επιλογή μιας υποενότητας την υπογραμμίζει και ταυτόχρονα υπογραμμίζει και την τιμή της στο υπόμνημα
- Το κλικ πάνω σε κάποια ενότητα αλλάζει τα στατιστικά διαγράμματα (μπάρες και πίτες)
- Η επιλογή ενός εκ των έξι διοικητικών διαχωρισμών του Ιλινόις (κομητείες) σε μικρότερη κλίμακα από βοηθητικό χάρτη προκαλεί ταυτόχρονη μεγέθυνση και επισήμανση της εν λόγω περιοχής στον βασικό χάρτη.

Τέλος, οι διαδραστικές αυτές λειτουργίες εντάσσουν την απεικόνιση στους διαδραστικούς διαδικτυακούς χάρτες αλλά και στους εξατομικευμένους διαδικτυακούς χάρτες διότι όλες οι αλλαγές που επιτυγχάνονται με την διαδραστικότητα δημιουργούν ένα προσωποποιημένο αποτέλεσμα συνδυάζοντας τις δύο κατηγορίες διαδικτυακών χαρτών.

3.1.4. “The Environment and Health Atlas”²⁴

Το τελευταίο παράδειγμα έχει τον τίτλο “The Environment and Health Atlas” και αναφέρεται στις χώρες Αγγλία και Ουαλία. Αφορά δύο σχετιζόμενα μεταξύ τους θέματα που είναι το περιβάλλον και η υγεία. Όπως υποδεικνύει και το ίδιο το όνομα της εφαρμογής πρόκειται για έναν διαδικτυακό άτλαντα, με άλλα λόγια μια σειρά διαδικτυακών χαρτών που πραγματεύεται το θέμα της συσχέτισης περιβαλλοντικών δεικτών και προβλημάτων υγείας. Έτσι από την πλευρά της κατηγοριοποίησης των διαδικτυακών χαρτών (Κεφάλαιο 2.1.1.) η συγκεκριμένη εφαρμογή εντάσσεται σε τρεις κατηγορίες, τους διαδικτυακούς άτλαντες, τους διαδραστικούς χάρτες και τους διαδικτυακούς χάρτες επιλογών χρήστη. Αυτή η περίπτωση επιβεβαιώνει την αναφορά ότι ένας διαδικτυακός χάρτης είναι δύσκολο να κατατάσσεται σε μια και μόνο κατηγορία.

²² <https://ipro.org/>

²³ <https://d3js.org/>

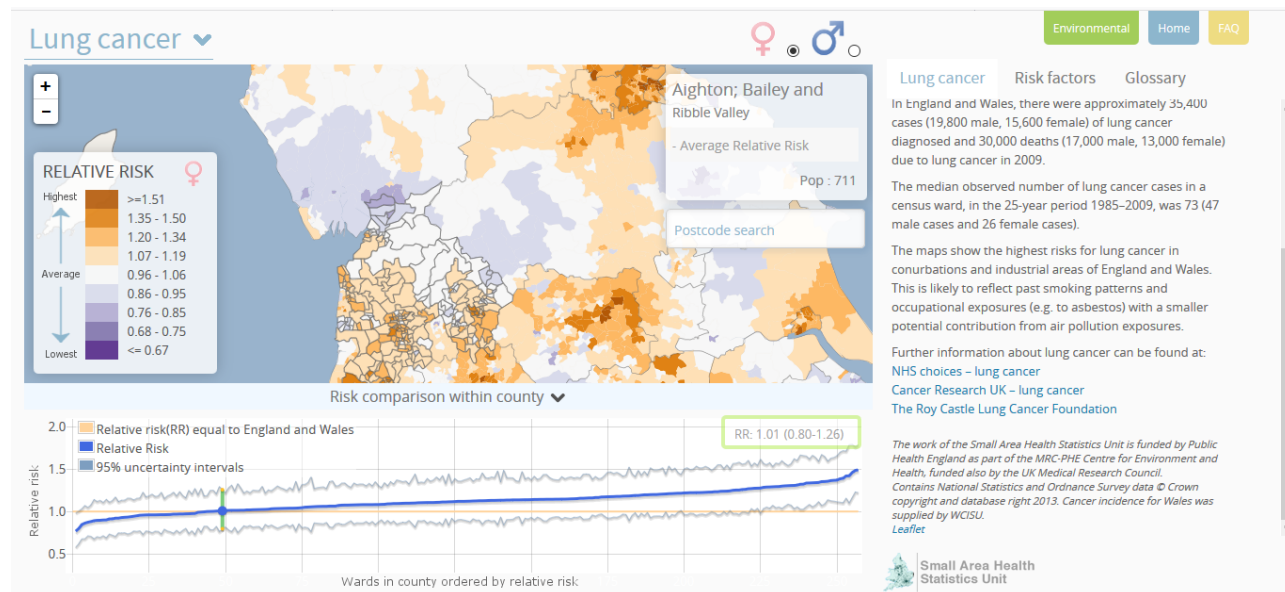
²⁴ <http://www.envhealthatlas.co.uk/homepage/gotoatlas.html>

Οι θεματικές απεικονίσεις που περιλαμβάνει ο άτλαντας είναι χωροπληθείς και ισαριθμικές. Οι ισαριθμικές επιλέχθηκαν από τους δημιουργούς του χάρτη για ορισμένους από τους δείκτες των περιβαλλοντικών δεδομένων λόγω της συνέχειας και εξομάλυνσης που παρατηρείται από τέτοια είδους φαινόμενα στον χώρο. Αντίθετα, οι χωροπληθείς χάρτες αντιπροσωπεύουν τα φαινόμενα που παίρνουν τιμές ανά κάποια διοικητική υποδιαίρεση και είναι ομοιόμορφη η κατανομή της τιμής αυτής εντός των ορίων της και άρα επιλέχθηκε για τους δείκτες υγείας και ορισμένους περιβαλλοντικούς παράγοντες που μετρούνται με αυτόν τον τρόπο.

Ο διαδικτυακό άτλαντας περιλαμβάνει πολλές θεματικές απεικονίσεις χωρισμένες σε απεικονίσεις περιβαλλοντικές και υγείας. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ποια κατηγορία θέλει να εξερευνήσει και στην συνέχεια ποιο παράγοντα θέλει να απεικονίσει από την κατηγορία που επέλεξε. Η εφαρμογή – από την στιγμή που ο χρήστης έχει επιλέξει μια απεικόνιση - δίνει τις δυνατότητες:

- πλοήγησης, δηλαδή μετακίνηση και μεγέθυνση της απεικόνισης,
- φιλτραρίσματος αντικειμένων, δηλαδή αναζήτησης περιοχών μέσω κάποιας πληροφορίας (πχ όνομα, κωδικό αριθμό),
- διαχείρισης των δεδομένων, δηλαδή επιλογή συγκεκριμένου παράγοντα ή δείκτη, εμφάνιση δεδομένων ξεχωριστά για τα δύο φύλα, επιλογή προκαθορισμένων διοικητικών ενοτήτων στον χάρτη και αυτόματη εμφάνιση ανάλυσης σε μεγαλύτερη κλίμακα (στους χωροπληθείς χάρτες),
- εμφάνισης πρόσθετων μη χωρικών πληροφοριών, δηλαδή κείμενα επεξηγηματικών πληροφοριών για το θέμα και τον δείκτη της εκάστοτε απεικόνισης, αναδύμενο παράθυρο πληροφορίας ανά χωρική ενότητα καθώς και πρόσθετο στατιστικό διάγραμμα.

Οι παραπάνω διαδραστικές λειτουργίες του διαδικτυακού άτλαντα χαρακτηρίζουν τον διαδικτυακό χάρτη διαδραστικό και ταυτόχρονα εξατομικευμένο διαδικτυακό χάρτη από την στιγμή που η απεικόνιση μετατρέπεται κάθε φορά σύμφωνα με τις επιλογές του χρήστη.



Εικόνα 3.4: Η εφαρμογή “The Environment and Health Atlas” σε μια από τις χωροπληθείς απεικονίσεις της με θέμα τον Καρκίνο του Πνεύμονα για το γυναικείο φύλο. (πηγή: <http://www.envhealthatlas.co.uk/homepage/gotoatlas.html>)

Τα δεδομένα που χρησιμοποιεί η εφαρμογή προέρχονται από επίσημες πηγές δεδομένων των χωρών που απεικονίζονται και, από χρονικής άποψης, η κάθε απεικόνιση αναφέρεται σε συγκεκριμένες ημερομηνίες. Οι ημερομηνίες είναι διαφορετικές για τις δύο κατηγορίες καθώς τα δύο φαινόμενα συσχετίζονται και για να δημιουργηθούν επιπτώσεις από τα περιβαλλοντικά δεδομένα στους παράγοντες υγείας χρειάζεται ένα χρονικό περιθώριο. Οι δημιουργοί της εφαρμογής δικαιολογούν το όριο αυτό και τις επιλογές ημερομηνιών για κάθε απεικόνιση με πρόσθετες πληροφορίες που παρατίθενται σε κάθε απεικόνιση όπως φαίνεται στην *Εικόνα 3.4*.

Ο άτλαντας ουσιαστικά προσφέρει μια σύγκριση μεταξύ δύο φαινομένων (περιβαλλοντικών και υγειονομικών παραγόντων) μέσα από δύο σειρές διαφορετικών χαρτών. Οι χάρτες δεν απεικονίζονται ο ένας δίπλα στον άλλο, σε σειρά ή άλλου είδους παράταξη, αλλά παρουσιάζονται μεμονωμένα. Η σύγκριση επομένως που επιτυγχάνεται δεν προκύπτει από οπτική σύγκριση αλλά από παράθεση συμπληρωματικών πληροφοριών και επεξηγήσεων σε κάθε απεικόνιση για τους ανάλογους παράγοντες που την επηρεάζουν. Ο χρήστης με τη βοήθεια των κειμένων που παρέχουν εξηγήσεις για κάθε φαινόμενο και για τη σχέση του με τους ανάλογους παράγοντες, μπορεί να αποκτήσει μια σφαιρική άποψη για τις επιπτώσεις των επιβλαβών περιβαλλοντικών παραγόντων στην υγεία του πληθυσμού ανά φύλο.

Επιπλέον, όλες οι διαδραστικές λειτουργίες που αναφέρθηκαν βοηθούν στην περαιτέρω εξερεύνηση. Οι αναζητήσεις αντικειμένων και η χωρική επιλογή που αλλάζει την κλίμακα κάθε απεικόνισης δίνει τη δυνατότητα να εμφανίζονται πληροφορίες σε μεγαλύτερη κλίμακα κάνοντας πιο ειδικές τις πληροφορίες χωρικά ώστε να είναι δυνατός ο εντοπισμός για διαφορετικές περιοχές.

3.2. Συνολική Ανάλυση

Η ανάλυση των παραπάνω διαδικτυακών θεματικών εφαρμογών οδηγεί στην εξαγωγή μιας συνολικής εικόνας τόσο για τα τεχνικά όσο και για τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους (διαδραστικές λειτουργίες).

Όσον αφορά την τεχνική πλευρά της υλοποίησης μια διαδικτυακής θεματικής εφαρμογής, η πρόταση που αναφέρει ότι οι προσεγγίσεις χαρτογράφησης συχνά συνδυάζονται επιβεβαιώνεται μετά την ανάλυση των εφαρμογών. Παρατηρείται ότι αφού υπάρχει διαδραστική απεικόνιση γραφημάτων, αυτομάτως η προσέγγιση αυτή (γραφική αναπαράσταση δεδομένων) είναι μια από τις βασικές μεθόδους παραγωγής. Οι άλλες δύο μέθοδοι είτε συνδυάζονται και εκείνες στα διάφορα στάδια της διαδικασίας, από την επεξεργασία των δεδομένων μέχρι την αλληλεπίδραση είτε επιλέγεται μια από τις δύο και ακολουθείται καθ' όλη την διαδικασία.

Από την πλευρά των δεδομένων της απεικόνισης είναι σημαντικό, εκτός από την αναμενόμενη αναγραφή της πηγής, τα δεδομένα να παρέχονται ελεύθερα στον χρήστη της ώστε αυτός να είναι σε θέση να καταλάβει τη φύση και τη μορφή τους. Φυσικά τα δεδομένα που παρέχονται θα είναι συνήθως τα πρωτογενή δεδομένα δηλαδή οι τιμές χωρίς κάποια επεξεργασία. Στην εφαρμογή *“Illinois Public Health Community Map”* τα δεδομένα είναι διαθέσιμα για λήψη, δηλαδή υπάρχει ενσωματωμένος σύνδεσμος που κατεβάζει τα δεδομένα στον υπολογιστή του χρήστη σε μορφή αρχείου excel. Στις υπόλοιπες εφαρμογές εμφανίζονται όλες οι πηγές δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην ιστοσελίδα της εφαρμογής.

Το βασικότερο σημείο που παρουσιάζεται μέσω των διαδικτυακών εφαρμογών είναι οι διαδραστικές λειτουργίες των (θεματικών) απεικονίσεων και είναι τα στοιχεία που τις διαφοροποιούν από τις άλλες εφαρμογές και ιστοσελίδες στο διαδίκτυο. Αρχικά, και οι τέσσερις εφαρμογές περιλαμβάνουν λειτουργίες που εντάσσονται και στις δύο ομάδες αλληλεπίδρασης του Peterson (Κεφάλαιο 2.3.2), δηλαδή σε αλληλεπίδραση με το γραφικό μέρος του χάρτη και με τα χαρακτηριστικά του. Η δεύτερη κατηγοριοποίηση της διαδραστικότητας του ίδιου κεφαλαίου παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.1. και σε κάθε μια από τις ομάδες εντάσσονται ή όχι τα τέσσερα παραδείγματα εφαρμογών.

	Πλοήγηση	Αναζήτηση/φίλτρ άρισμα	Πρόσθετες πληροφορίες	Διαχείριση δεδομένων
<i>World Population Density</i>	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
<i>World Air Map</i>	Ναι	Όχι (μόνο στο μέρος των μη χωρικών γραφημάτων)	Ναι	Όχι (μόνο στο μέρος των μη χωρικών γραφημάτων)
<i>Illinois Public Health Community Map</i>	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
<i>The Environment and Health Atlas</i>	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι

Πίνακας 3.1. Κατάταξη λειτουργιών εφαρμογών

Γενικότερα, η χρήση διαδραστικότητας όπως παρουσιάστηκε και στο Κεφάλαιο 2.3 αποτελεί πλεονέκτημα για μια απεικόνιση αρκεί να εξασφαλίζει σε πρώτο επίπεδο την επικοινωνία του χάρτη με τον χρήστη και σε ένα πιο εξελιγμένο στάδιο να αποτελεί μια γεωοπτικοποίηση, όπως την παρουσιάζει ο MacEachren (1994). Οι διαδραστικές λειτουργίες του Πίνακα 3.1. εμπεριέχονται στις περισσότερες διαδικτυακές εφαρμογές που επιδιώκουν την αλληλεπίδραση του χρήστη με τον χάρτη κάτι που επιβεβαιώνεται και από τις περιεχόμενες λειτουργίες των τεσσάρων εφαρμογών.

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογής

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται το θέμα και ο σκοπός της διαδικτυακής θεματικής εφαρμογής καθώς και η αρχιτεκτονική της χαρτογραφικής διεπαφής. Αναλύονται, επιπλέον, όλα τα εργαλεία και λογισμικά που συνέβαλαν στην πρακτική υλοποίηση της. Τέλος, παρουσιάζονται όλες οι ενέργειες, οι αποφάσεις και οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν και αφορούν τα χαρτογραφικά δεδομένα, τις χαρτογραφικές απεικονίσεις, τα στατιστικά διαγράμματα και τα πρόσθετα στοιχεία της εφαρμογής όπως οι διαδραστικές λειτουργίες της.

4.1. Η εφαρμογή: Θέμα, Σκοπός, Δυνατότητες

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται το θέμα που οδήγησε στη δημιουργία της διαδικτυακής εφαρμογής. Ο σκοπός και οι δυνατότητές που προσφέρει η εφαρμογή θα είναι τα δύο επόμενα σημεία που πραγματεύεται το κεφάλαιο, το οποίο παρουσιάζει συνοπτικά τις αποφάσεις και τις παραμέτρους που ελήφθησαν υπόψιν έτσι ώστε το περιεχόμενο, οι λειτουργίες και ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός της να χαρακτηρίζονται από ορθότητα και λειτουργικότητα.

4.1.1. Θέμα: Ατμοσφαιρική ρύπανση και ασθένειες

Το θέμα που παρουσιάζει η διαδικτυακή διαδραστική θεματική απεικόνιση είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι ασθένειες που θεωρείται ότι προκαλεί. Η Επιτροπή Υγείας & Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Πνευμονολογικής Εταιρείας σε ενημερωτικό της δελτίο επισημαίνει ότι ατμοσφαιρικός ρύπος είναι οποιαδήποτε ουσία μπορεί σε υψηλές συγκεντρώσεις να βλάψει έμψυχα και άψυχα όντα (ανθρώπους, ζώα, βλάστηση και υλικά). Οι σημαντικότεροι ρύποι από την άποψη ότι παρατηρούνται σε μεγαλύτερα επίπεδα συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα είναι το όζον, το διοξείδιο του αζώτου, τα αιωρούμενα μικροσωματίδια και το διοξείδιο του θείου. Η εφαρμογή που δημιουργήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία εστιάστηκε στις ασθένειες που προκαλούνται από τα αιωρούμενα μικροσωματίδια.

Η ρύπανση από μικροσωματίδια είναι η ανάμειξη μικροσκοπικών στερεών και αέριων σταγονιδίων που αποβάλλονται στην ατμόσφαιρα, όπως ενημερώνει φυλλάδιο της η ΕΡΑ (Environmental Protection Agency) των ΗΠΑ (2003). Ο συγκεκριμένος τύπος ρύπανσης ονομάζεται αλλιώς αιωρούμενα μικροσωματίδια (particulate matter) από τα οποία προκύπτει και η συντομογραφία PM που συναντάται συνήθως όταν γίνεται λόγος για αυτήν. Δημιουργείται από ποικίλα συστατικά στοιχεία όπως οξεία (νιτρικά και θειικά), οργανικά χημικά, μέταλλα, σωματίδια σκόνης ή χόματος, αλλεργιογόνα όπως υπολείμματα γύρης και μούχλας. Η Επιτροπή Υγείας & Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Πνευμονολογικής Εταιρείας αναφέρει ότι βρίσκονται στη φύση αλλά μπορεί να είναι και τεχνητά. Στη φυσική τους μορφή, βρίσκονται σε ηφαίστεια, θαλάσσια σταγονίδια, γύρη, σπόρους μυκήτων και σωματίδια στο έδαφος. Η τεχνητή τους μορφή είναι αυτή που δημιουργείται από τον ανθρώπινο παράγοντα και πιο συγκεκριμένα από βιομηχανικές δραστηριότητες, κατασκευαστικά έργα, χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα κ.α.

Το μέγεθος των σωματιδίων είναι στενά συνδεδεμένο με τα προβλήματα υγείας. Πιο συγκεκριμένα, τα μικροσωματίδια με ακτίνα μικρότερη των δέκα μικρομέτρων είναι εκείνα που προκαλούν τα σημαντικότερα προβλήματα καθώς είναι ικανά να εισέλθουν από τις διάφορες οδούς του ανθρώπινου σώματος στο εσωτερικό του οργανισμού. Έτσι, τα όργανα που

επηρεάζονται κυρίως είναι οι πνεύμονες και η καρδιά, λόγω της εισπνοής και λόγω της εισχώρησης τους στα αιμοφόρα αγγεία αντίστοιχα. Τα μεγαλύτερα μικροσωματίδια δεν είναι τόσο επιβλαβή ωστόσο μπορούν και αυτά να εισέλθουν σε όργανα όπως τα μάτια, η μύτη και το στόμα. Τα μεγαλύτερα σωματίδια απομακρύνονται πιο εύκολα από την ατμόσφαιρα όπως για παράδειγμα με τη βροχή. Τα μικρότερα είναι πιο ανθεκτικά και μπορούν να μείνουν στον αέρα ημέρες ή μήνες για αυτό και απασχολούν περισσότερο τα θέματα υγείας. Τα μικρότερα και πιο επιβλαβή μικροσωματίδια διαχωρίζονται βάσει του μεγέθους τους σύμφωνα με το που συναντώνται στη ατμόσφαιρα, σε μικρά (fine particles) και μεγάλα (coarse particles), με διάμετρο μικρότερη των 2,5 μικρομέτρων και διάμετρο μεταξύ 2,5 και 10 μικρομέτρων αντίστοιχα. Τα πρώτα (fine particles) βρίσκονται στην ομίχλη και τον καπνό ενώ τα δεύτερα (coarse particles) βρίσκονται στην σκόνη που φέρνει ο άνεμος, όμως και τα δύο είδη έχουν κοινές επιπτώσεις στην υγεία.

Όπως αναφέρθηκε οι ασθένειες που σχετίζονται με τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, ανεξαρτήτως διαμέτρου, σχετίζονται με τους πνεύμονες και την καρδιά. Το IHME²⁵ (Institute of health metrics and evaluation) διαχωρίζει τις ασθένειες που προκαλούνται από την ατμοσφαιρική ρύπανση και καταλήγει ότι η ρύπανση από μικροσωματίδια σχετίζεται με τις εξής πέντε ασθένειες:

- Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια
- Ασθένειες του Κατώτερου Αναπνευστικού Συστήματος
- Καρκίνος των Βρόγχων, της Τραχείας και των Πνευμόνων
- Ισχαιμικό Καρδιακό Επεισόδιο
- Εγκεφαλικό Επεισόδιο

Οι δύο πρώτες ασθένειες σχετίζονται με τους πνεύμονες ενώ οι τρεις τελευταίες με την καρδιά. Οι πέντε αυτές ασθένειες αποτελούν την ιατρική πλευρά της απεικόνισης της εφαρμογής και θα αναλυθούν ως προς (α) τη θνησιμότητα – ο αριθμός των θανόντων για κάθε μια από αυτές τις ασθένειες - αλλά και (β) τα προσαρμοσμένα στην ανικανότητα έτη ζωής (DALYs, Disability Adjusted-Life Years) – ο αριθμός των ασθενών που για χρόνια ζουν σε συνθήκες αναπηρίας λόγω αυτής της ασθένειας. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εξηγεί ότι ένα DALY μπορεί να θεωρηθεί ένας χαμένος χρόνος υγιούς ζωής.

Φυσικά, οι ασθένειες αυτές δε σχετίζονται αποκλειστικά και μόνο με τη ρύπανση του αέρα. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που τις επηρεάζουν, μια σημαντική πληροφορία για την ευρύτερη κατανόηση του φαινομένου. Για τον λόγο αυτό, η εφαρμογή περιλαμβάνει την πληροφορία αυτή, με άλλα λόγια περιλαμβάνει τις βασικότερες αιτίες που επηρεάζουν τις ασθένειες, με τα αιωρούμενα μικροσωματίδια να βρίσκονται για όλες στους πέντε βασικούς παράγοντες κινδύνου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι αιτίες κινδύνου για κάθε ασθένεια σε αύξουσα σειρά θανάτων και DALYs.

- **Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια**
 1. Κάπνισμα
 2. Αιωρούμενα μικροσωματίδια
 3. Ατμοσφαιρική ρύπανση από όζον
 4. Μικροσωματίδια από αέρια και καυσαέρια
 5. Παθητικό κάπνισμα

²⁵ <http://www.healthdata.org/>

- **Λοιμώξεις του Κατώτερου Αναπνευστικού Συστήματος**
 1. Κάπνισμα
 2. Αιωρούμενα μικροσωματίδια
 3. Παθητικό κάπνισμα
 4. Αποτυχία ανάπτυξης παιδιών
 5. Γέννηση παιδιών με χαμηλό βάρος και σύντομη κυοφορία
- **Καρκίνος των Βρόγχων, της Τραχείας και του Πνεύμονα**
 1. Κάπνισμα
 2. Καρκινογενέσεις που σχετίζονται με το επάγγελμα
 3. Αιωρούμενα μικροσωματίδια
 4. Δίαιτα χαμηλή σε φρούτα
 5. Ύπαρξη ραδονίου σε κατοικημένες περιοχές
- **Ισχαιμικό Καρδιακό Επεισόδιο**
 1. Δίαιτα χαμηλή σε τροφές ολικής άλεσης
 2. Δίαιτα χαμηλή σε ξηρούς καρπούς και σπόρους
 3. Κάπνισμα
 4. Δίαιτα χαμηλή σε Ω-3 λιπαρά
 5. Αιωρούμενα μικροσωματίδια
- **Εγκεφαλικό Επεισόδιο**
 1. Δίαιτα χαμηλή σε τροφές ολικής άλεσης
 2. Δίαιτα χαμηλή σε φρούτα
 3. Κάπνισμα
 4. Δίαιτα χαμηλή σε νάτριο
 5. Αιωρούμενα μικροσωματίδια

4.1.2. Σκοπός εφαρμογής

Η σύνδεση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τις ασθένειες που προκαλούνται από αυτήν αποτελούν δύο ξεχωριστά φαινόμενα. Από χαρτογραφικής άποψης λοιπόν, για την αναπαράσταση δύο μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε μια μέθοδος θεματικής χαρτογράφησης για να συσχετιστούν τα δύο φαινόμενα η οποία επηρεάζει κατά πολύ την αρχιτεκτονική και τον σχεδιασμό της απεικόνισης. Ο λόγος για τη συσχέτιση χαρτών που αποφασίστηκε να υλοποιηθεί έτσι ώστε ο χρήστης να προχωρά στη σύγκριση των μεταβλητών που τον ενδιαφέρουν μέσω δύο χαρτών σε σειρά. Ο πρώτος χάρτης σχετίζεται με τον ιατρικό παράγοντα δηλαδή τις πέντε ασθένειες που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 4.1.1. ενώ ο δεύτερος σχετίζεται με τη ρύπανση της ατμόσφαιρας μέσω μικροσωματιδίων – των επιβλαβών μικροσωματιδίων. Περισσότερα για τη σύγκριση των δύο θεματικών χαρτών και τις εκάστοτε θεματικές απεικονίσεις θα παρουσιαστούν στα επόμενα κεφάλαια.

Ο γενικός στόχος της χαρτογραφικής εφαρμογής είναι η δημιουργία μιας απεικόνισης που διαχειρίζεται και αναπαριστά πολυπαραγοντικά φαινόμενα. Αυτό επιτυγχάνεται με την απεικόνιση και τη σύγκριση των δύο φαινομένων μέσα από τη δημιουργία δύο θεματικών χαρτών. Οι δύο αυτοί χάρτες ακολουθούν τις ορθές χαρτογραφικές πρακτικές στο κομμάτι της οπτικοποίησης των δεδομένων και ταυτόχρονα πλαισιώνονται με λειτουργίες διαδραστικότητας και στατιστικά διαγράμματα.

Η διαδραστική εφαρμογή σχεδιάστηκε έτσι ώστε να παρέχει ένα φιλικό και ελκυστικό περιβάλλον στον χρήστη. Οι διάφορες διαδραστικές λειτουργίες στο σύνολο της απεικόνισης βοηθούν στην αλληλεπίδραση του χρήστη με τα χαρτογραφικά δεδομένα, παρέχουν πληροφορίες που βοηθούν στη σύγκριση των φαινομένων καθώς και στην κατανόηση του χαρακτήρα και των διαφορετικών πτυχών των δεδομένων. Σε γενικές γραμμές, χαρτογραφήθηκαν η ατμοσφαιρική ρύπανση μέσω του δείκτη των αιωρούμενων μικροσωματιδίων και οι ασθένειες που προκαλούνται από τον συγκεκριμένο παράγοντα ρύπανσης καθώς επίσης αποδόθηκαν σε γράφημα τα βασικά αίτια που προκαλούν τις συγκεκριμένες ασθένειες. Η πληροφορία που περιλαμβάνει η χαρτογραφική εφαρμογή και στους δύο της χάρτες αναφέρεται χωρικά στην Ευρώπη. Επομένως η περιοχή μελέτης του συσχετισμού των φαινομένων είναι η Ευρώπη.

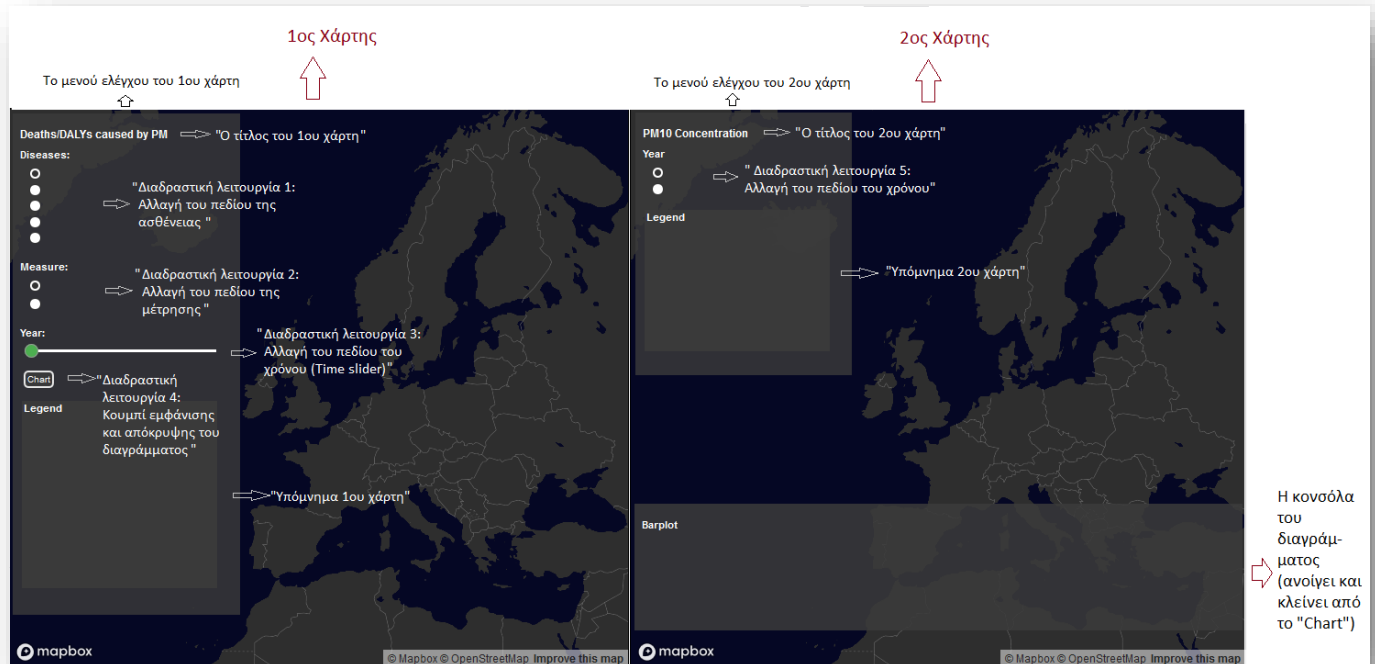
4.1.3. Αρχιτεκτονική εφαρμογής

Σε μία σύντομη περιγραφή του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, η αρχική οθόνη της εφαρμογής χωρίζεται σε δύο ίσα μέρη. Το κυρίαρχο στοιχείο της οθόνης στην οποία εμφανίζεται είναι τα δύο αυτά μέρη καθένα από τα οποία περιλαμβάνει και μια χαρτογραφική απεικόνιση. Ο χάρτης στο αριστερό μέρος είναι ο χάρτης με την πληροφορία υγειονομικού χαρακτήρα ενώ ο χάρτης στο δεξί μέρος περιλαμβάνει την περιβαλλοντική πληροφορία. Στην *Εικόνα 4.1*, φαίνεται ένα ψηφιακό προσχέδιο της αρχιτεκτονικής της ιστοσελίδας που υλοποιήθηκε με τα ίδια εργαλεία που υλοποιήθηκε αργότερα και η εφαρμογή και θα παρουσιαστούν στα επόμενα κεφάλαια.

Κάθε ένα τμήμα της συνολικής απεικόνισης διαθέτει ένα μενού ελέγχου (κονσόλα). Μέσα σε κάθε μενού βρίσκονται τα εργαλεία που αντιστοιχούν στον σχετικό χάρτη σε μια προσπάθεια ο χρήστης να διαχωρίζει τις λειτουργίες και τα στοιχεία του καθενός. Κάθε μενού ελέγχου βρίσκεται στο αριστερό μέρος του αντίστοιχου χάρτη και περιλαμβάνει τον τίτλο της απεικόνισης, στοιχεία για τα δεδομένα της, όλα τα εργαλεία της διαδραστικότητας που προσφέρεται καθώς και υπόμνημα του χάρτη.

Οι διαδραστικές λειτουργίες είναι περισσότερες για τον χάρτη των δεδομένων υγείας. Ο λόγος είναι ότι ο χάρτης αυτός παρουσιάζει περισσότερα και πιο πολύπλοκα πεδία πληροφορίας. Όσον αφορά τις πέντε ασθένειες, που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 4.1.1., ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλλάζει την απεικόνιση της ασθένειας στον χάρτη και να επιλέγει μια από τις πέντε ασθένειες, να αλλάζει τη μέτρηση της ασθένειας και τη χρονολογία των πληροφοριών. Στον δεύτερο χάρτη η έκταση του μενού ελέγχου είναι πιο μικρή σε σχέση με την πρώτη κονσόλα. Η διαδραστική λειτουργία έχει μόνο χρονικό χαρακτήρα.

Όλες οι διαδραστικές λειτουργίες και όποια άλλη ενέργεια προκαλεί μετατροπές στην απεικόνιση θα παρουσιαστεί εκτενώς και αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια. Συνοπτικά αναφέρεται ότι η διάταξη της εφαρμογής σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να διαχωρίζονται ξεκάθαρα οι δυνατότητες για κάθε έναν χάρτη, να γίνεται σωστή κατανομή του χώρου για να μην τραβάει την προσοχή κάποιο μεμονωμένο στοιχείο από τη στιγμή που συμπεριλαμβάνονται δύο ξεχωριστοί χάρτες, να είναι κατανοητά τα διαδραστικά εργαλεία και η αντιστοιχία των υπομνημάτων. Τέλος, είναι σημαντικό να προδιαθέτει τον χρήστη να συγκρίνει τους δύο χάρτες κάτι που επιτυγχάνεται με τη χρήση κοινών σχεδιαστικών στοιχείων και ενεργειών (υπόβαθρο, μεγέθυνση/σμίκρυνση).



Εικόνα 4.1. Προσχέδιο της εφαρμογής (Ιδία επεξεργασία)

Το τελικό στοιχείο που συνθέτει τον σχεδιασμό της σελίδας είναι το διάγραμμα στατιστικού περιεχομένου και συγκεκριμένα το στατιστικό διάγραμμα (barplot). Το διάγραμμα αυτό δίνει πρόσθετες πληροφορίες για το θέμα που πραγματεύεται ο πρώτος χάρτης γι' αυτό και το κουμπί ενεργοποίησης και απενεργοποίησης της κονσόλας του διαγράμματος βρίσκεται στο μενού ελέγχου του χάρτη αυτού. Για λόγους εξοικονόμησης χώρου, για την αποφυγή συσσώρευσης πληροφοριών και στοιχείων στον πρώτο χάρτη και για να μην συγκεντρώνεται η οπτική προσοχή σε αυτόν, το διάγραμμα τοποθετήθηκε στον χώρο του δεύτερου χάρτη. Έτσι, υπηρετείται η οπτική ισορροπία στα πλαίσια των δύο απεικονίσεων στην ίδια ιστοσελίδα και των πρόσθετων στοιχείων της.

4.2. Εργαλεία υλοποίησης

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται όλα τα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ώστε να υλοποιηθεί η χαρτογραφική εφαρμογή στο διαδίκτυο. Συμπεριλαμβάνονται λογισμικά πακέτα και εργαλεία GIS, γλώσσες προγραμματισμού, διαδικτυακές βιβλιοθήκες. Τα εργαλεία αυτά επιτέλεσαν λειτουργίες όπως επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων, αναπαράστασή τους, μετατροπές αυτών, δοκιμές ενεργειών για λήψη αποφάσεων, αποθήκευση δεδομένων, συμβολισμού, δημιουργία θεματικών απεικονίσεων και μη χωρικών αναπαραστάσεων, επίτευξη διαδραστικότητας, σχεδίαση και δημιουργία ιστοσελίδας.

Γενικότερα για τη δημιουργία της εφαρμογής επιλέχθηκαν λογισμικά, εργαλεία, γλώσσες και βιβλιοθήκες που διατίθενται ελεύθερα για χρήση. Το σύνολο των εργαλείων αυτών εντάσσεται

στον ευρύτερο όρο “Ελεύθερο Λογισμικό / Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα” (ΕΛΑΚ). Πρόκειται για το σύνολο των λογισμικών που διατίθεται με ειδικές άδειες και επιτρέπει στους χρήστες να το μελετήσουν, τροποποιήσουν και βελτιώσουν. Είναι από τις πλέον διαδεδομένες τεχνολογίες και μάλιστα όσον αφορά την παροχή υπηρεσιών διαδικτύου η συντριπτική πλειοψηφία είναι ΕΛΑΚ. Η παροχή τέτοιων λογισμικών έχει φανεί ιδιαίτερος χρήσιμη και στα Συστήματα Γεωγραφικών Υπηρεσιών και κατ' επέκταση και στις χαρτογραφικές παραγωγές ιδιαίτερα σε αυτές που σχετίζονται πλέον με διαδικτυακές υπηρεσίες.

Τα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν είτε εγκαταστάθηκαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή είτε έγιναν προσβάσιμα μέσω διαδικτύου λόγω της φύσης τους είτε καλούνται σε κάποιο άλλο λογισμικό ή γλώσσα προγραμματισμού ή αποτελούν προγραμματιστική γλώσσα με την οποία συντάσσεται κάποιος κώδικας, και είναι τα παρακάτω:

- Quantum GIS (QGIS)
- Notepad ++
- HTML, CSS, Javascript
- Mapbox, Mapbox GL JS
- Tippecanoe
- D3

Σε κάθε υποκεφάλαιο αναλύεται η λειτουργία και τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου εργαλείου καθώς και συνοπτική περιγραφή των λειτουργιών που επιτεύχθηκαν με αυτό στα πλαίσια της εργασίας και της υλοποίησης της διαδικτυακής διαδραστικής θεματικής χαρτογράφησης.

4.2.1. Quantum GIS (QGIS)

Το Quantum GIS²⁶ (QGIS) είναι από τα δημοφιλέστερα πακέτα ΕΛΑΚ που αφορά τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) και αναπτύχθηκε από την κοινότητα Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Πρόκειται για ένα λογισμικό της επιφάνειας εργασίας του ηλεκτρονικού υπολογιστή (desktop software) που παρέχει δυνατότητες οπτικοποίησης, επεξεργασίας και ανάλυσης γεωχωρικών δεδομένων.

Τα γεωχωρικά δεδομένα που επεξεργάζεται μπορούν να είναι διανυσματικά και κανονικοποιημένα αρχεία (vector και raster). Επιπλέον, υποστηρίζει πολυάριθμους τύπους αρχείων, υπηρεσιών και βάσεων δεδομένων όπως vector αρχεία μορφής shapfile, προσωπικές βάσεις δεδομένων, υπηρεσίες διαδικτύου ώστε να διαμοιράζεται δεδομένα με εξωτερικές πηγές (WMS, WFS). Μπορεί να δημιουργήσει ποικιλία χαρτογραφικών απεικονίσεων και να τροποποιήσει και να εξάγει δεδομένα σε πληθώρα επεκτάσεων.

Επιπλέον, συνεργάζεται με ανοικτά πακέτα GIS όπως τα GRASS GIS²⁷, PostGIS²⁸, ενισχύοντας έτσι τις λειτουργίες του και δυνατότητές του. Με στόχο και πάλι την ενίσχυση του λογισμικού, ως προϊόν ΕΛΑΚ διαθέτει αποθετήριο με πρόσθετα εργαλεία ή επεκτάσεις (Quantum GIS Plugin

²⁶ <https://www.qgis.org/en/site/>

²⁷ <https://grass.osgeo.org/>

²⁸ <https://postgis.net/>

Repository), που δημιουργούνται από εξωτερικούς συνεργάτες και χρήστες σε γλώσσες προγραμματισμού Python και C++ και παρέχονται επίσης ελεύθερα. Το ότι είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα ενισχύει τη συνεχή βελτίωση του με νέες εκδόσεις και επεκτάσεις κρατώντας έναν μόνιμα ενημερωμένο και ανανεωμένο χαρακτήρα, ικανό να συμβαδίζει με τις όποιες εξελίξεις συμβαίνουν στον χώρο των ΣΓΠ, της χαρτογραφίας και των γεωχωρικών δεδομένων.

Στα πλαίσια της δημιουργίας της χαρτογραφικής εφαρμογής το QGIS χρησιμοποιήθηκε για την προεπεξεργασία των δεδομένων. Σε επόμενο κεφάλαιο, που σχετίζεται αποκλειστικά με τα χαρτογραφικά δεδομένα, θα παρουσιαστούν αναλυτικά όλα τα στάδια και εργαλεία που σχετίζονται με το λογισμικό. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η μορφή των δεδομένων δεν ήταν μοναδική αλλά περιελάμβανε αρχεία τιμών χωρισμένων με κόμμα (comma separated values – csv), διανυσματικά αρχεία μορφής shapefile και geoJSON καθώς και κανονικοποιημένες εικόνες μορφοποίησης geotiff. Τα τέσσερα αυτά είδη αρχείων (csv, shapefile, geoJSON, geotiff) εισήχθησαν στο λογισμικό σε διαφορετικά στάδια για να προχωρήσει η επεξεργασία και οι μετατροπές τους.

Με εξαίρεση το αρχείο κειμένου που περιέχει μη χωρική πληροφορία και το γεωαναφερμένο κανονικοποιημένο αρχείο μορφής geotiff, τα διανυσματικά αρχεία είχαν επιφανειακή γεωμετρία. Όλα τα πολυγωνικά διανυσματικά αρχεία χρειάστηκαν κάποια επεξεργασία. Η απλούστερη ήταν η αποκοπή του θαλάσσιου περιβλήματος ώστε να αντιπροσωπεύεται το χερσαίο μέρος της περιοχής μελέτης. Η διαδικασία αυτή επιτεύχθηκε με τη χρήση των εργαλείων επεξεργασίας διανυσματικής γεωμετρίας (vector geometry tools) και συγκεκριμένα με το εργαλείο “clip”. Διαδικασία με περισσότερες απαιτήσεις ήταν η γεωαναφορά του αρχείου κειμένου με τη χρήση των διανυσματικών αρχείων shapefile για την οποία και εγκαταστάθηκε το λογισμικό η (Python) επέκταση *MMQGIS* από το Quantum GIS Plugin Repository. Πρόκειται για ένα εργαλείο που διαχειρίζεται διανυσματικά χαρτογραφικά επίπεδα και έχει λειτουργίες όπως εισαγωγή, εξαγωγή, συνένωση αρχείων csv, γεωαναφορά, μετατροπές γεωμετρίας, γενίκευση ακόμα και κινούμενες εικόνες. Με τη λειτουργία “Attributes join from csv file” έγινε η συνένωση διανυσματικών αρχείων με αρχεία κειμένου βάση κοινής ιδιότητας όπως θα αναλυθεί περαιτέρω στη συνέχεια του κεφαλαίου. Τέλος, σε ότι αφορά τις παραπάνω εργασίες, επιτεύχθηκαν μέσω του λογισμικού και διορθώσεις ιδιοτήτων και τιμών μέσω του πίνακα χαρακτηριστικών (attribute table), φίλτραρίσματα τιμών των ιδιοτήτων και επιπλέον έγιναν εξαγωγές αρχείων σε άλλα μορφότυπα όπως από shapefile σε geoJSON.

Για τη διαχείριση των geotiff αρχείων κανονικοποιημένης μορφής χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία επεξεργασίας κανονικοποιημένων δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, για την επίτευξη πράξεων στις τιμές του κανονικοποιημένου αρχείου χρησιμοποιήθηκε το raster calculator, ενώ για το σημαντικό μέρος της μετατροπής του raster αρχείου σε vector δοκιμάστηκε το εργαλείο της raster μετατροπής (raster conversion tool) που καλείται “Polygonize”. Η μετατροπή συμπληρώνεται από το vector εργαλείο που διορθώνει τα σφάλματα στις εξαγόμενες γεωμετρίες και ονομάζεται “Fix Geometries”.

Πέρα από τις διαδικασίες επεξεργασίας δεδομένων, το QGIS χρησιμοποιήθηκε για δοκιμαστικές απεικονίσεις των ιδιοτήτων των δεδομένων έτσι ώστε να ληφθούν αποφάσεις για το τελικό προϊόν που θα έχει μορφή κώδικα ή ψηφιακή μορφή. Οι δοκιμές αυτές ήταν χρήσιμο να επιτευχθούν στο συγκεκριμένο λογισμικό λόγω της ευκολίας στη χρήση του, τη δυνατότητα απεικόνισης και

αποθήκευσης πολλαπλών επιπέδων στο ίδιο project, την ευελιξία στη διαχείριση δεδομένων. Έτσι, επιτυγχάνονται συγκρίσεις και εξάγεται μια γενική αντίληψη του χαρακτήρα, της μορφής και της απεικόνισης των δεδομένων που είναι πολύ σημαντικός σύμβουλος στην παραγωγή μιας αποδοτικής και ορθής χαρτογραφικής απεικόνισης. Οι δοκιμές που έγιναν σχετίζονται με την ομαδοποίηση των τιμών των δεδομένων, τη μορφή της απεικόνισης, τη χρωματική ακολουθία κ.α.

Στα επόμενα κεφάλαια που αφορούν τα χαρτογραφικά δεδομένα θα παρουσιαστούν οι προαναφερθείσες λειτουργίες όπως εφαρμόστηκαν στα συγκεκριμένα set δεδομένων που αποτέλεσαν τα δεδομένα των θεματικών επιπέδων της χαρτογραφικής εφαρμογής.

4.2.2. Notepad++

Το Notepad++²⁹ είναι ένα πρόγραμμα σύνταξης κειμένου και πηγαίου κώδικα. Αποτελεί Ελεύθερο Λογισμικό / Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα (ΕΛΑΚ) και έχει δημιουργηθεί για να εκτελείται σε περιβάλλον MS Windows. Οι ενέργειες που προσφέρει είναι επισήμανση της σύνταξης ανάλογα με τη γλώσσα που χρησιμοποιείται, αναδίπλωση κώδικα, επιλογή αυτοσυμπλήρωση κειμένου, ωστόσο δε διαθέτει έλεγχο της σύνταξης. Ο έλεγχος μπορεί βεβαία να επιτευχθεί σε γλώσσες όπως η HTML (HyperText Markup Language) μέσω της κονσόλας ελέγχου του φυλλομετρητή που εκτελεί τον κώδικα. Οι τελευταίες εκδόσεις του υποστηρίζουν 78 είδη σύνταξης.

Στο πρόγραμμα Notepad++ έγινε εξ ολοκλήρου η συγγραφή του κώδικα των γλωσσών που συνετέλεσαν στη δημιουργία της εφαρμογής δηλαδή:

- HTML (HyperText Markup Language)
- CSS (Cascading Style Sheets)
- Javascript

και οι οποίες θα παρουσιαστούν στο επόμενο κεφάλαιο.

4.2.3. HTML, CSS, JavaScript

Πρόκειται για την τριάδα γλωσσών προγραμματισμού που είναι ο κορμός κάθε ιστοσελίδας. Ο Neumann (2012), στα ιστορικά στοιχεία της διαδικτυακής χαρτογραφίας, αναφέρει ότι δεν είναι τεκμηριωμένο πότε ο πρώτος χάρτης δημοσιοποιήθηκε στο διαδίκτυο αλλά αμέσως μετά την ανάπτυξη της HTML έγινε η εφαρμογή του πρώτου διαδραστικού χαρτογραφικού διακομιστή στο διαδίκτυο. Οι εξελίξεις που ακολούθησαν τις συγκεκριμένες γλώσσες προγραμματισμού είναι πολλές και καινοτόμες. Με τις νέες τεχνολογίες που παρουσιάζονται από την HTML 5, τη νέα έκδοση της HTML, επιτυγχάνονται προηγμένες οπτικοποιήσεις δεδομένων μέσω του διαδικτυακού εξυπηρετητή (Karel Macků 2020).

Αρχικά, η Γλώσσα Σήμανσης Υπερκειμένου ή HyperText Markup Language (HTML) αποτελείται από τα δομικά στοιχεία HTML τα οποία διαβάσει ο διαδικτυακός διακομιστής και μεταφράζει σε στοιχεία της ιστοσελίδας για να δημιουργήσει τη μορφή της. Τα στοιχεία HTML λειτουργούν ως ετικέτες (tags) που περικλείονται μέσα σε σύμβολα «μικρότερο από» και «μεγαλύτερο από» και

²⁹ <https://notepad-plus-plus.org/>

γράφονται ανά ζεύγη ώστε να δηλώνουν την έναρξη και το κλείσιμο της ετικέτας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι:
<body>...</body>

Το έγγραφο μορφοποίησης HTML αποτελείται, επομένως, από διάφορα στοιχεία (elements) τα οποία χαρακτηρίζονται από τις τυποποιημένες ετικέτες μέσα στις οποίες τοποθετούνται. Ο περιορισμός της γλώσσας αυτής έγκειται στο γεγονός της τυποποίησης των ετικετών, προκαθορίζοντας ποιες είναι οι ετικέτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και χωρίς να δίνει τη δυνατότητα στον προγραμματιστή να δημιουργήσει δικές του ώστε να ορίσει άλλα αντικείμενα. Στοιχεία που δε μπορεί να διαχειριστεί η γλώσσα αυτή είναι χωρικά δεδομένα και για αυτό χρησιμοποιούνται άλλες γλώσσες σε συνδυασμό με εκείνη για να ξεπεραστεί αυτό το θέμα. Τέτοια γλώσσα είναι η JavaScript.

Η γλώσσα HTML συνοδεύεται συνήθως από αρχεία σε κώδικα CSS. Η CSS (Cascading Style Sheets) είναι μια υπολογιστική γλώσσα που χρησιμεύει στη διαμόρφωση της εμφάνισης ενός εγγράφου που έχει γραφτεί σε κάποια γλώσσα σήμανσης και επομένως, ελέγχει την εμφάνιση όλων των στοιχείων της HTML. Μπορεί να εντάσσεται στον κώδικα της γλώσσα σήμανσης ως κείμενο ή μπορεί να καλείται ως εξωτερικός σύνδεσμος με τη μορφή:

```
<link rel="stylesheet" href="όνομα_αρχείου.css"/>
```

Η διεργμηνευτική γλώσσα προγραμματισμού JavaScript (JS) πλαισιώνει τις γλώσσες σήμανσης προσφέροντας επικοινωνία των σεναρίων (scripts) της πλευράς του πελάτη με τον χρήστη, ανταλλαγή δεδομένων ασύγχρονα (τεχνολογία AJAX), δυναμικές και διαδραστικές αλλαγές του εγγράφου. Μέσα στην HTML, η σύνταξη κειμένου κώδικα στη γλώσσα JavaScript τοποθετείται μέσα σε ετικέτες σεναρίου (script) είτε καλείται ως εξωτερικό αρχείο τύπου .js πάλι μέσα σε ετικέτες σεναρίου. Παράδειγμα εξωτερικού συνδέσμου αρχείου είναι το εξής:

```
<script src="chart.js"></script>
```

Για τη δημιουργία της διαδικτυακής εφαρμογής, η HTML5 χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των στατικών στοιχείων της ιστοσελίδας όπως οι κονσόλες (μενού ελέγχου), τα κείμενα, τα υπομνήματα των χαρτών, τα πλαίσια μέσα στα οποία τοποθετήθηκαν οι χάρτες, τα εργαλεία που προσφέρουν διαδραστικότητα όπως η μπάρα ρύθμισης χρόνου, οι κυκλικές επιλογές κ.α. Οι διαδραστικές λειτουργίες δεν ορίζονται από τη γλώσσα HTML, απλώς καθορίζονται οι οντότητες οι οποίες αποκτούν διαδραστικές λειτουργίες μέσω της σύνδεσής τους με συναρτήσεις των βιβλιοθηκών που χρησιμοποιήθηκαν (D3.js, Mapbox GL JS) και συντάσσονται στην JavaScript. Ο κώδικας σε JavaScript περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες στατικές ή δυναμικές που δίνουν οι βιβλιοθήκες μέσω συναρτήσεων και εργαλείων προγραμματισμού. Έτσι με τη γλώσσα JavaScript και τις βιβλιοθήκες κλήθηκαν και ενσωματώθηκαν τα styles και τα δεδομένα, έγινε ο συμβολισμός και η απόδοσή τους, επιτεύχθηκαν όλες οι διαδραστικές λειτουργίες φιλτραρίσματος καθώς και η μεγέθυνση και οι λειτουργίες του συνολικού χάρτη και δημιουργήθηκε το στατιστικό γράφημα και οι διαδραστικές του δυνατότητες.

4.2.4. Mapbox, Mapbox GL JS

Το Mapbox³⁰ είναι ένα σύνολο διαδικτυακών εργαλείων για την οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων (Pánek, Burian 2020). Πρόκειται για μια πλατφόρμα που χρησιμοποιείται από πολλές δημοφιλείς εταιρίες (Foursquare, Lonely Planet, Facebook, the Financial Times, The Weather Channel, Snapchat) για την παροχή διαδικτυακών χαρτών και χαρτογραφικών εφαρμογών. Μέσα από αυτές τις εφαρμογές επιλύει προβλήματα που σχετίζονται με χάρτες, δεδομένα και χωρική ανάλυση (Mapbox 2020). Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι δυνατότητες που παρέχει η πλατφόρμα.

- **Τα χαρτογραφικά δεδομένα του Mapbox:** Πρόκειται για έτοιμα και μοναδικά σύνολα χαρτογραφικών δεδομένων σε μορφή tilesets (χαρτογραφικών πινακίδων) που προέρχονται από διάφορες πηγές και ανήκουν στην πλατφόρμα. Περιλαμβάνουν επίπεδα δρόμων, αναγλύφου, κυκλοφορίας ακόμα και δορυφορικές εικόνες (Mapbox Streets, Mapbox Terrain, Mapbox Traffic, Mapbox Satellite).
- **Χαρτογραφική σχεδίαση:** Παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη να σχεδιάζει τον χάρτη μέσω της λειτουργίας του Mapbox Studio. Η εφαρμογή του Mapbox Studio style editor είναι το εργαλείο της σχεδιαστικής έναρξης δίνοντας την αρχική επιλογή από μια μεγάλη ποικιλία προκαθορισμένων στυλ που στη συνέχεια ο χρήστης μπορεί να εμπλουτίσει και να τροποποιήσει. Ο σχεδιασμός γίνεται μέσα από την ιστοσελίδα του Mapbox και συγκεκριμένα στο Mapbox Studio style editor μέσω κάποιου web browser και περιλαμβάνει δυνατότητες αλλαγής χρωμάτων, ονοματολογίας, φίλτραρίσματα των προκαθορισμένων επιπέδων πληροφορίας κ.α.
- **Προσθήκη δεδομένων από τον χρήστη:** Εκτός των προκαθορισμένων Mapbox δεδομένων, ο χρήστης μπορεί να εισάγει τα δικά του χαρτογραφικά δεδομένα με δύο τρόπους με τη μεταφόρτωση tilesets και τη δημιουργία datasets. Οι δύο αυτές μορφές δεδομένων θα παρουσιαστούν εκτενώς στη συνέχεια του κεφαλαίου. Οι μορφή που παίρνουν τα δεδομένα μπορεί να φορτωθεί στο Mapbox Studio style editor και να δημιουργηθεί ένας χάρτης σε αυτόν.
- **Δημιουργία εφαρμογής:** Μετά το πέρας των διαδικασιών μεταφόρτωσης, επεξεργασίας και styling των δεδομένων και του χάρτη παρέχεται η δυνατότητα χρήσης κάποιας JavaScript βιβλιοθήκης ώστε να δημοσιοποιηθεί ο χάρτης σε κάποια εφαρμογή. Οι εφαρμογές που υποστηρίζει το Mapbox είναι διαδικτυακές εφαρμογές (web applications), εφαρμογές κινητών τηλεφώνων (mobile applications) αλλά και εφαρμογές unity (unity applications).
- **Επέκταση της εφαρμογής:** Μετά και τη δημοσιοποίηση του χάρτη οι λειτουργίες του μπορούν να εμπλουτισθούν με διαδραστικότητα και δυναμικότητα μέσω εργαλείων (web services APIs) που παρέχουν, αλληλεπίδραση με τα δεδομένα, εύρεση διευθύνσεων, υλοποίηση χωρικής ανάλυσης και εύρεση διαδρομής.
- **Εξαγωγή στατικών χαρτών:** Τελευταία δυνατότητα είναι η εξαγωγή στατικού χάρτη μετά και την επέκταση της εφαρμογής πάλι με τη βοήθεια εργαλείων του Mapbox (Mapbox Static Images API).

Όσον αφορά τη μορφή των δεδομένων που ο χρήστης μπορεί να εισάγει στο Mapbox, οι προσεγγίσεις είναι είτε μεταφορτώνοντας tilesets ή δημιουργώντας datasets. Αρχικά, τα tilesets είναι διανυσματικά ή κανονικοποιημένα δεδομένα που ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί ως προς

³⁰ <https://www.mapbox.com>

το στίλ τους δηλαδή τα χρώματα, τη διαφάνεια, την ονοματολογία, τον τρόπο συμβολισμού. Δεν επιδέχονται άλλου είδους επεξεργασία όπως η αλλαγή γεωμετρίας και αυτή είναι η βασική τους διαφορά με τα datasets. Όταν τα δεδομένα που θέλει να μεταφορτώσει ο χρήστης εισέρχονται στην υπολογιστικού νέφους βάση του Mapbox μετατρέπονται αυτόματα σε tilesets με την κωδικοποίηση pbf (Protocolbuffer Binary Format) που είναι μια μορφή αρχείου προερχόμενη από τη γεωβάση SQLite. Η μεταφόρτωση tilesets υποστηρίζει διανυσματικά και κανονικοποιημένα δεδομένα δημιουργώντας raster και vector tilesets. Τα raster tilesets προέρχονται από raster τύπους αρχείων όπως GeoTIFF και φορτώνονται ως ψηφιακές εικόνες περιορίζοντας έτσι την επεξεργασία τους. Τα vector tilesets προέρχονται από πολλούς τύπους αρχείων, όπως GeoJSON, Shapefiles, MBTILES, και δίνουν τη δυνατότητα στον χρήστη να χρησιμοποιήσει μεγάλο εύρος λειτουργιών για να τα φέρει στην επιθυμητή μορφή απόδοσης.

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2.2.1 «Τεχνολογίες Χαρτογράφησης», ως tiles (map tiles ή image tiles) ορίζονται οι χαρτογραφικές πινακίδες δηλαδή η βασική τεχνική προσέγγιση δημιουργίας διαδικτυακών χαρτών - οι χάρτες αυτοί ονομάζονται και *slippy maps*³¹. Η πλατφόρμα του Mapbox που χρησιμοποιεί τέτοιες πινακίδες για την παραγωγή διαδικτυακών χαρτών έχει μια ιδιαίτερη προσέγγιση για τη δημιουργία διανυσματικών χαρτογραφικών πινακίδων (vector tiles ή vector tilesets). Οι διανυσματικές χαρτογραφικές πινακίδες είναι τα διανυσματικά δεδομένα ως πινακίδες εικόνας (image tiles) ενός διαδικτυακού χάρτη. Οι διαφορά τους με τις πινακίδες εικόνας είναι ότι περιέχουν γεωμετρική πληροφορία και μεταδεδομένα (ονομασίες, ετικέτες κλπ.). Τα βασικά τους πλεονεκτήματα είναι το μικρό τους μέγεθος που προσφέρει ταχύτητα στη χαρτογραφική απεικόνιση, υψηλή ανάλυση σε πολλαπλά επίπεδα μεγέθυνσης, ευέλικτη αποθήκευση και κάλεσμα των πινακίδων, καθώς και ο συμβολισμός τους που υλοποιείται στη συγκεκριμένη πινακίδα που ζητά ο χρήστης.

Όταν τα δεδομένα φορτώνονται ως tilesets ακολουθείται μια αυτοματοποιημένη διαδικασία³², ένας αλγόριθμος μετατροπής διανυσματικών δεδομένων σε χαρτογραφικές διανυσματικές πινακίδες. Όσον αφορά την κωδικοποίηση της γεωμετρίας, οι γεωγραφικές συντεταγμένες των δεδομένων μετατρέπονται σε συντεταγμένες ενός τετραγωνισμένου καννάβου, δηλαδή σε x και y ξεκινώντας από την πάνω αριστερή γωνία του. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το παράδειγμα που διαθέτει η πλατφόρμα του Mapbox και εξηγεί παραστατικά τη μετατροπή μιας πολυγωνικής γεωμετρίας σε μια διανυσματική χαρτογραφική πινακίδα (Εικόνες 4.2 και 4.3).

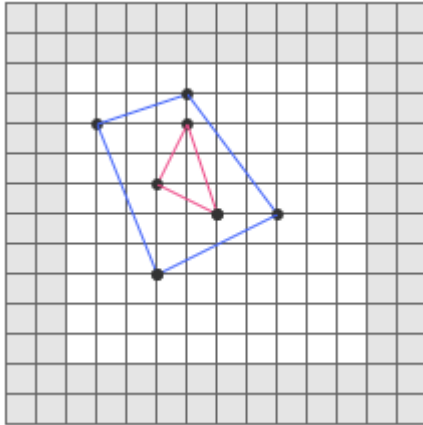
Το επίπεδο μεγέθυνσης στην πλατφόρμα του Mapbox έχει 23 επίπεδα, ξεκινά από το 0, με το σύνολο της γης να είναι ορατό σε μία χαρτογραφική πινακίδα, και συνεχίζει στο επίπεδο 1, με την απεικόνιση να χωρίζεται σε τέσσερις χαρτογραφικές πινακίδες (2x2). Το τελευταίο επίπεδο μεγέθυνσης είναι το 22 και σε αυτό οι πινακίδες είναι $2^{22} \times 2^{22}$. Με άλλα λόγια για κάθε επίπεδο μεγέθυνσης οι πινακίδες είναι $2^{\text{zoom}} \times 2^{\text{zoom}}$.³³ Κάθε φορά που ο χρήστης ζητά ένα συγκεκριμένο τμήμα του χάρτη σε ένα επίπεδο μεγέθυνσης καλείται η αντίστοιχη πινακίδα του τμήματος αυτού, έτσι απεικονίζεται η ζητούμενη πινακίδα και συμβολίζονται τα δεδομένα αυτής, και όχι ολόκληρος

³¹ Αποτελεί ορολογία από την OpenStreetMap (OSM) για τον χαρακτηρισμό χαρτών που χρησιμοποιούν χαρτογραφικές πινακίδες.

³² Η διαδικασία της αυτοματοποιημένης μετατροπής γίνεται μέσω του Mapbox Upload API, ένα API που μπορεί ωστόσο να χρησιμοποιηθεί και μόνο του, αφήνοντας τον χρήστη να προγραμματίσει την μεταφόρτωση των αρχείων ορίζοντας τιμές σε συγκεκριμένα στοιχεία της μετατροπής όπως η μεγέθυνση.

³³ Η δομή των δεδομένων στην οποία αποθηκεύονται οι πινακίδες αυτές καλείται “quadtree”.

ο κόσμος σε μια μεγάλην μεγέθους εικόνα. Ανάλογα με τα επίπεδα μεγέθυνσης που επιλέγονται σε κάθε χαρτογραφική εργασία να είναι ορατά τα δεδομένα, φτιάχνεται και ο ανάλογος αριθμός πινακίδων. Κάθε φορά που αλλάζει η μεγέθυνση και το σημείο που είναι ορατό στον χάρτη, απεικονίζονται και άλλες διανυσματικές πινακίδες.



Εικόνες 4.2 και 4.3: Κωδικοποίηση της γεωμετρίας πολυγώνων σε διανυσματικές χαρτογραφικές πινακίδες (πηγή: <https://docs.mapbox.com/vector-tiles/specification/>)

Οι χαρτογραφικές πινακίδες του Mapbox έχουν μέγεθος εικόνας 512x512 εικονοστοιχεία, η γεωγραφική έκταση των οποίων καθορίζεται τόσο από την απόστασή τους από τον ισημερινό (το γεωγραφικό πλάτος) όσο και από το επίπεδο μεγέθυνσης. Όσο τα δύο αυτά στοιχεία μεγαλώνουν τόσο μικραίνει το μέγεθος του εικονοστοιχείου σε μέτρα. Για μηδενικό γεωγραφικό πλάτος και zoom 0 το εικονοστοιχείο έχει μέγεθος περίπου 78 χιλιόμετρα, ενώ για zoom 1 έχει μέγεθος 40 χιλιόμετρα.

Τα δύο βασικά στοιχεία που αυτόματα καθορίζονται στην περίπτωση της αυτοματοποιημένης μετατροπής (μέσω του Mapbox Studio Tilesets) είναι η απλοποίηση των δεδομένων (Simplification) και ο καθορισμός του εύρους της μεγέθυνσης τους (Zoom Extend). Η απλοποίηση των δεδομένων είναι η διαδικασία απαλοιφής των περιττών κόμβων της διανυσματικής οντότητας και εξαρτάται από την πολυπλοκότητά της και από το εκάστοτε επίπεδο μεγέθυνσης, ενώ έχει ως αποτέλεσμα τα δεδομένα να φορτώνονται γρηγορότερα, ειδικότερα σε μικρά επίπεδα μεγέθυνσης (π.χ. ολόκληρος ο κόσμος) που δε μπορεί να είναι ορατή η πολυπλοκότητα των δεδομένων. Όσον αφορά το εύρος μεγέθυνσης, το Mapbox δε μπορεί να κάνει τα δεδομένα ορατά σε κάθε επίπεδο. Έτσι, ελέγχει την έκταση που καλύπτουν τα δεδομένα (τη γεωγραφική περιοχή τους) καθώς και την πολυπλοκότητά τους και επιλέγει τα απαιτούμενα επίπεδα μεγέθυνσης – αυτό καθορίζει το εύρος μεγέθυνσης των δεδομένων. Πολλές φορές, ο αυτόματος καθορισμός του εύρους δεν είναι ο επιθυμητός για συγκεκριμένες χαρτογραφικές παραγωγές και για τον λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί και από το ίδιο το Mapbox εργαλεία προγραμματιστικών δυνατοτήτων ή εργαλεία εντολών που διαμορφώνουν τις παραμέτρους τη μετατροπής. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας αντιμετωπίστηκε το πρόβλημα του καθορισμού του εύρους μεγέθυνσης και αντιμετωπίστηκε με το εργαλείο Tippecanoe που αναλύεται σε επόμενο κεφάλαιο.

Από την άλλη πλευρά η δημιουργία datasets αφήνει το περιθώριο τα δεδομένα να διορθωθούν στο διαδικτυακό περιβάλλον του Mapbox μέσω κάποιου web browser ως προς τη γεωμετρία, τη θέση τους και να διαγραφούν οντότητες από αυτά. Έχουν τη δυνατότητα μετά τη τελική τους μορφή να εξαχθούν ως *tilesets* και να χρησιμοποιούνται όπως αυτά, και όποια τροποποίηση και να συμβεί από τον χρήστη στο dataset αυτόματα ενημερώνεται το *tileset*.

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο το Mapbox είναι μια πλατφόρμα υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους και στα αρνητικά της συγκαταλέγεται η μη ελεύθερη χρήση της. Δεν αποτελεί λογισμικό ελεύθερου/ανοιχτού κώδικα αλλά χρειάζεται κάποιο μηνιαίο αντίτιμο για την παροχή του συνόλου των υπηρεσιών της. Όμως, αυτό συμβαίνει όταν ξεπεραστούν κάποια όρια που σχετίζονται με το όριο μεταφόρτωσης δεδομένων ή δημοσιοποίησης χαρτών. Επομένως, εάν δε ξεπεραστούν αυτά τα όρια που στα πλαίσια απλών λειτουργιών και απαιτήσεων όπως στην εν λόγω διπλωματική εργασία τότε οι υπηρεσίες παρέχονται χωρίς κάποια οικονομική επιβάρυνση.

Η διαδικτυακή εφαρμογή που περιγράφηκε παραπάνω χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό γλωσσών προγραμματισμού HTML, CSS και JavaScript μαζί με JavaScript βιβλιοθήκη που ονομάζεται Mapbox GL JS. Χρησιμοποιεί την τεχνολογία WebGL³⁴ (Web Graphics Library), ένα JavaScript API που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση δισδιάστατων και τρισδιάστατων διαδραστικών γραφικών, τη δημιουργία διαδικτυακών video games στον περιηγητή. Η χρήση της από τη Mapbox GL JS έχει ως αποτέλεσμα την επίτευξη προηγμένης διαδραστικότητας στους χάρτες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα στυλ που φτιάχτηκε στο Mapbox Studio style editor και διανυσματικές χαρτογραφικές πινακίδες για τη δημιουργία της εφαρμογής. Ωστόσο, προσφέρεται η δυνατότητα η εφαρμογή να γίνει ακόμα πιο εξατομικευμένη χρησιμοποιώντας περισσότερο προγραμματισμό. Παίρνοντας ένα style, είτε προκαθορισμένο είτε επεξεργασμένο και τα πρόσθετα δεδομένα σε μορφή *tilesets* μπορεί να δημιουργηθεί ένας κώδικας με τον συνδυασμό HTML, CSS και JavaScript και τη βιβλιοθήκη Mapbox GL JS που αποτελεί τη διαδικτυακή εφαρμογή.

Για την υλοποίηση της χαρτογραφικής διαδικτυακής εφαρμογής στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας έγινε η χρήση τόσο της διαδικτυακής πλατφόρμας του Mapbox όσο και της JavaScript βιβλιοθήκης Mapbox GL JS. Στη διαδικτυακή πλατφόρμα χρησιμοποιήθηκε το Mapbox Studio Tileset ώστε να μεταφορτωθούν τα δεδομένα στο cloud service και το Mapbox Studio style editor ώστε να δημιουργηθούν τα styles που θα χρησιμεύσουν ως χαρτογραφικό υπόβαθρο της εφαρμογής. Η βιβλιοθήκη Mapbox GL JS καλείται στον κώδικα της γλώσσας HTML με τη μορφή σεναρίου (*script*) και η εντολή έχει τη μορφή:

```
<script src='https://api.tiles.mapbox.com/mapbox-gl-js/v1.5.0/mapbox-gl.js'>
</script>
```

Η χρήση της βιβλιοθήκης υποστηρίζει στον κώδικα της JavaScript λειτουργίες όπως:

- η σύνδεση της Mapbox Access Token, του προσωπικού λογαριασμού στο Mapbox που δίνει την πρόσβαση στις Mapbox υπηρεσίες,
- η φόρτωση στην ιστοσελίδα του επιθυμητού Mapbox style και των δεδομένων σε μορφή *tilesets*,
- ο συμβολισμός και η απόδοση των δεδομένων,
- η επίτευξη διαδραστικότητας μέσα από τα διάφορα εργαλεία της.

Έτσι, η ιστοσελίδα αποκτά τη χαρτογραφική της μορφή.

³⁴ <https://get.webgl.org/>

4.2.5. Tippecanoe

Το Tippecanoe³⁵ είναι ένα πρόγραμμα που δημιούργησε η Mapbox και η οποία το ορίζει ως ένα βοηθητικό πρόγραμμα γραμμής εντολών (a command-line utility) που επιτυγχάνει τη μετατροπή των δεδομένων του χρήστη σε αρχεία μικρότερου μεγέθους έτσι ώστε να έχουν την κατάλληλη μορφή για να μεταφορτωθούν στο Mapbox Studio. Το Tippecanoe δέχεται διανυσματικά αρχεία της μορφής geoJSON και τα μετατρέπει σε διανυσματικές χαρτογραφικές πινακίδες (vector tilesets). Τα αρχικά αρχεία παίρνουν τη μορφή και την επέκταση MBTILES (Mapbox Vector Tiles). Παίρνοντας αυτήν τη μορφή μειώνεται το μέγεθος τους και μπορούν ευκολότερα και γρηγορότερα να μεταφορτωθούν στο Mapbox Studio το οποίο και για τον συγκεκριμένο τύπο αρχείου παρέχει το μεγαλύτερο επιτρεπτό όριο μεταφόρτωσης (έως 25GB).

Εκτός από τη μείωση του μεγέθους των αρχείων το πρόγραμμα παρέχει και άλλες λειτουργίες διαχείρισης διανυσματικών αρχείων που αντιμετωπίζουν κάποια προβλήματα που παραμένουν στα δεδομένα κατά τη μεταφόρτωσή τους στο Mapbox Studio. Για παράδειγμα η μεταφόρτωση αρχείων στο Studio ορίζει ένα εύρος μεγέθυνσης αυτόματα με κριτήριο την πολυπλοκότητα των δεδομένων που ελέγχεται, κάτι που οδηγεί στην αλλοίωση, την απλοποίηση ή/και την εξαφάνιση των διανυσματικών επιπέδων κάτω ή/και πάνω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο μεγέθυνσης. Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με τη χρήση του Tippecanoe στην εφαρμογή του οποίου επιτρέπεται να οριστεί το εύρος του zoom στο οποίο θα είναι ορατά τα διανυσματικά αρχεία καθώς και ο τρόπος με τον οποίο θα δημιουργηθούν τα MBTILES ανάλογα με τη γεωμετρία των δεδομένων.

Το αρνητικό σημείο στη χρήση του προγράμματος είναι ότι δεν υποστηρίζεται από όλα τα λειτουργικά συστήματα. Έτσι, το Tippecanoe δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιβάλλον του λειτουργικού συστήματος των Microsoft Windows αλλά χρειάζεται σύστημα Linux. Το συγκεκριμένο όμως πρόγραμμα όπως ήδη αναφέρθηκε είναι ένα πρόγραμμα γραμμής εντολών επομένως μια εύκολη και λειτουργική λύση που επιτρέπει τη διατήρηση του περιβάλλοντος των MS Windows αλλά την ταυτόχρονη πρόσβαση σε δυνατότητες συστήματος Linux είναι το Ubuntu³⁶. Η γραμμή εντολών του Ubuntu για λειτουργικό σύστημα MS Windows, η οποία κατεβαίνει ελεύθερα στα MS Windows μέσω του Microsoft Store, είναι το μόνο περιβάλλον που χρειάζεται για να εφαρμοστούν οι εντολές του Tippecanoe. Σημειώνεται ότι, γενικά, το Ubuntu είναι ένα ανοικτού κώδικα, ελεύθερο και δωρεάν λειτουργικό σύστημα βασισμένο στον πυρήνα Linux. Παράδειγμα της μορφής μιας τέτοιας εντολής είναι το εξής:

```
$ tippecanoe -o file.mbtiles [options] [file.json file.json.gz file.geobuf ...]
```

όπου
-o : δηλώνει ότι έπεται το αρχείο εξόδου (output file)

file.mbtiles: το νέο αρχείο που δημιουργείται και αποθηκεύεται στον φάκελο που ορίζεται στη γραμμή εντολών του Ubuntu και στον οποίο εκτελείται η εντολή,

[options]: οι επιλογές που ορίζονται από τον χρήστη – θα ειπωθούν αναλυτικά οι εντολές που χρειάστηκε να εκτελεστούν για τη δημιουργία των MBTILES στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας,

[file.json file.json.gz file.geobuf ...]: το αρχείο ή τα αρχεία που δέχονται τη μετατροπή και βρίσκονται στον φάκελο που τρέχει η εντολή.

³⁵ <https://github.com/mapbox/tippecanoe>

³⁶ <https://ubuntu.com/>

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, τα δεδομένα που μεταφορτώθηκαν στον cloud server δεδομένων του Mapbox Studio είναι συνεχή πολυγωνικά δεδομένα. Η δημιουργία MBTILES έχει την εξής προσέγγιση. Το πρώτο σημείο ήταν ο ορισμός του επιπέδου μεγέθυνσης των δεδομένων (zoom 0-6). Κατά τη δημιουργία των πινακίδων από τα geoJSON αρχεία χρησιμοποιήθηκαν οι εντολές:

- `--coalesce-densest-as-needed`: εάν οι πινακίδες είναι αρκετά μεγάλα αρχεία για μικρό και μεσαίο επίπεδο zoom τότε είναι απαραίτητο να ενώνει όσο τον δυνατόν περισσότερες οντότητες ώστε να αφήνει τις πινακίδες να δημιουργηθούν με τις οντότητες που μπορούν ακόμα να διακριθούν
- `--extend-zooms-if-still-dropping`: εάν οι πινακίδες είναι αρκετά μεγάλα αρχεία ακόμα και σε μεγάλο επίπεδο zoom τότε να συνεχίζει η διαδικασία να προσθέτει επίπεδα zoom μέχρι να φτάσει σε εκείνο το επίπεδο που είναι δυνατόν να τις απεικονίσει όλες τις οντότητες.

Αυτές είναι οι λειτουργίες που επιτελέστηκαν με τη χρήση του εργαλείου Tippecanoe και ήταν ένα βοηθητικό μέσο για την ολοκλήρωση της μορφής των δεδομένων πριν αυτά μεταφορτωθούν.

4.2.6. D3

Η D3.js³⁷ είναι επίσης μια JavaScript βιβλιοθήκη για τη διαδικτυακή οπτικοποίηση δεδομένων. Δημιουργεί οπτικοποιήσεις από, χωρικά και μη, δεδομένα, τόσο δυναμικές όσο και διαδραστικές. Η βασικότερη και χαρακτηριστική λειτουργία της είναι η δημιουργία SVG αντικειμένων ή αλλιώς Scalable Vector Graphics δηλαδή διανυσματικά αρχεία εικόνας βασισμένα στη γλώσσα σήμανσης XML (Extensible Markup Language) για τη δημιουργία γραφημάτων δύο διαστάσεων στατικών, δυναμικών ακόμα και διαδραστικών. Ο συνδυασμός των εργαλείων HTML, CSS και SVG ζωντανεύει τα δεδομένα υλοποιώντας οπτικοποιήσεις όπως διαγράμματα και γραφήματα, περίπλοκες γραφικές παραστάσεις ακόμα και χαρτογραφικές απεικονίσεις.

Η βιβλιοθήκη αυτή υποστηρίζει πολλές μορφές αρχείων (JSON, CSV, geoJSON) ενώ ταυτόχρονα αφήνει ανοιχτή τη διαχείριση όποιας άλλης μορφής αρχείου μέσω της δημιουργίας κάποιας συνάρτησης ανάγνωσης αρχείων από την JavaScript. Επιπλέον, διαχειρίζεται αρχεία δεδομένων μεγάλου μεγέθους. Οι συναρτήσεις της είναι ικανές να επιλέξουν στοιχεία, να δημιουργήσουν SVG αντικείμενα, να τα μορφοποιήσουν και να προσθέσουν δυναμικές λειτουργίες και διαδραστικότητα.

Με τη βιβλιοθήκη D3 επιτεύχθηκε η δημιουργία ενός στατιστικού γραφήματος με τη μορφή μπαρών/ράβδων (barplot). Ένα τέτοιο διάγραμμα δείχνει τη σχέση μεταξύ αριθμητικών και ονομαστικών μεταβλητών. Στην προκειμένη περίπτωση, πέρα από τη σχέση των δύο μεταβλητών, στο οριζόντιο barplot προστέθηκε και διαδραστικότητα με την αλλαγή των τιμών και των δύο μεταβλητών ανάλογα με την αλλαγή που κάνει ο χρήστης στο μενού επιλογών του χάρτη. Τέλος, η βιβλιοθήκη καλείτε στη σελίδα HTML ως εξής:

```
<script src="https://d3js.org/d3.v5.min.js"></script>
```

³⁷ <https://d3js.org/>

4.3. Χαρτογραφικά Δεδομένα

Η συλλογή δεδομένων αποτελεί το θεμέλιο λίθος μιας χαρτογραφικής παραγωγής. Ακόμα και αν πρόκειται για στατικό χάρτη, δυναμικό χάρτη, χάρτη αναφοράς, θεματική απεικόνιση, διαδραστική εφαρμογή, διαδικτυακή απεικόνιση, η μορφή των δεδομένων και οι ιδιότητές τους παίζουν πρωτεύοντα ρόλο σε πολλές αποφάσεις που σχετίζονται με τα επόμενα στάδια της διαδικασίας της χαρτογραφικής παραγωγής. Τέτοιας αποφάσεις μπορεί να είναι το θέμα της απεικόνισης, το είδος του χάρτη που θα δημιουργηθεί ή εάν κάποια ιδιότητα προσφέρει πληροφορία που μεταβάλλεται ώστε να προστεθεί διαδραστικότητα. Επιπλέον, το μέγεθος των δεδομένων παίζει σημαντικό ρόλο στη διαχείριση και προεπεξεργασία τους, καθορίζοντας τον χρόνο υλοποίησης μιας εφαρμογής και τον τρόπο αντιμετώπισης των στάδιο δημιουργίας. Κλασσικό παράδειγμα τέτοιων καθορισμών είναι τα δεδομένα που δεν περιέχουν χωρική πληροφορία και απαιτούν γεωγραφική αναφορά ή γεωναφορά για να αποκτήσουν τον γεωχωρικό χαρακτήρα που είναι απαραίτητος για μια γεωοπτικοποίηση.

Η διαδικασία αναζήτησης δεδομένων αλλά κυρίως η πρόσβασή τους σε αυτά δεν είναι εύκολη διαδικασία ακόμα και αν το επιθυμητό αποτέλεσμα δεν είναι χωρικό. Πόσο μάλλον εάν η γεωγραφική συσχέτιση είναι απαραίτητη, η αναζήτηση δυσχεραίνεται. Μια επανάσταση σχετιζόμενη με τα δεδομένα εν γένει αποτέλεσε η ύπαρξη υπηρεσιών παροχής ελεύθερων και ανοιχτών δεδομένων (open data). Πολλές πλατφόρμες, δημόσιοι φορείς και κυβερνητικές υπηρεσίες παρέχουν πλέον – και με τη βοήθεια των υπηρεσιών διαδικτυακής πρόσβασης και του παγκόσμιου ιστού – τα δεδομένα τους ελεύθερα χαρακτηρίζοντάς τα ανοιχτά δεδομένα ή εν μέρει ανοιχτά δεδομένα, απαιτώντας μια απλή αίτηση για τη χορήγησή τους σε όποιον χρήστη. Πολλές φορές τέτοιες χορηγήσεις έχουν τον περιορισμό να μην χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα για διαφημιστικούς σκοπούς αν και πολλές φορές δεν υπάρχει τέτοιος περιορισμός. Πλέον στο παιχνίδι των ανοιχτών δεδομένων λαμβάνουν μέρος και εταιρίες προσφέροντας δεδομένα φορέων που έχουν υποστεί επεξεργασία συνήθως για να χρησιμοποιηθούν σε προσωπικές ανοιχτές εφαρμογές τους.

Τα ανοιχτά δεδομένα μπορεί να σχετίζονται με δημογραφία, στέγαση, υγεία, εκπαίδευση, εγκληματικότητα, οικονομία, περιβάλλον, ενέργεια, μεταφορές, πολιτισμό καλύπτοντας κάθε πλευρά της κοινωνίας και ένα ευρύ φάσμα θεμάτων. Έτσι αίρονται σταδιακά και οι περιορισμοί που αφορούν τη θεματολογία των επιθυμητών απεικονίσεων με την ποικιλία να δίνει αξιόλογα περιθώρια επιλογών. Επιστρέφοντας στη χαρτογραφική πλευρά των πραγμάτων ο Smith (2016) αναφέρει ότι η χαρτογράφηση κοινωνικοοικονομικών ανοιχτών δεδομένων προϋποθέτει να ενωθούν με δεδομένα γεωχωρικής γεωμετρίας, κυρίως διοικητικά όρια ενοτήτων.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η τελική επιλογή των δεδομένων και οι παράγοντες που συνέβαλλαν σε αυτήν, η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων και προετοιμασίας τους για χαρτογραφική χρήση. Το κεφάλαιο καταλήγει σε όλες τις ενέργειες που επιτελέστηκαν ώστε τα δεδομένα να μεταφορτωθούν στις υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους της πλατφόρμας Mapbox και να είναι να έτοιμα για τη δημιουργία χαρτογραφικών απεικονίσεων.

4.3.1. Αναζήτηση και Επιλογή Δεδομένων

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της χαρτογραφικής εφαρμογής καθορίστηκαν και καθόρισαν τον χαρακτήρα της απεικόνισης και το είδος των χαρτών. Η σχέση δεδομένων και χαρτών ήταν αλληλεξαρτώμενη. Αρχικά, η ιδέα της συσχέτισης δύο διαφορετικών φαινομένων και συγκεκριμένα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των ασθενειών που προκαλούνται από αυτήν οδήγησε στην αναζήτηση δεδομένων στα πεδία του περιβάλλοντος και της υγείας αντίστοιχα. Η αρχική επιθυμία ύπαρξης συσχέτισης και απεικόνισης δύο χαρτών οδήγησε στην αναζήτηση δύο διαφορετικών συνόλων δεδομένων, περιβαλλοντικών και ιατρικών. Η διπλή απεικόνιση επιφέρει περιορισμούς που συγκεντρώνονται κυρίως στην κοινή χωρική αναφορά των δεδομένων, με άλλα λόγια και τα δύο σύνολα δεδομένων να αναφέρονται στην ίδια περιοχή μελέτης. Ένα άλλο στοιχείο που έθετε περιορισμούς ήταν η επιθυμία και η ανάγκη χρονικής αποτύπωσης. Επειδή, το αποτέλεσμα στην υγεία ενός ασθενή από την έκθεσή του σε ρυπαντικούς παράγοντες δε μπορεί να γίνει αντιληπτό την ίδια στιγμή της μέτρησης του ρυπαντικού δείκτη αλλά χρειάζεται χρόνος για να αναπτυχθεί, η απεικόνιση ενός τέτοιου θέματος έπρεπε να χαρακτηρίζεται από χρονική υστέρηση. Επομένως τα δύο σετ δεδομένων έπρεπε, υπό την έννοια που περιγράφεται, να «ταιριάζουν» χρονικά, με άλλα λόγια οι ασθένειες να αναφέρονται σε μετέπειτα χρονική στιγμή από αυτήν της ατμοσφαιρικής μέτρησης.

Η αναζήτηση δεδομένων έγινε από πολλές διαδικτυακές σελίδες δημόσιων φορέων σε παγκόσμιο ευρωπαϊκό αλλά και εθνικό επίπεδο. Οι παράγοντες που καθόρισαν την τελική επιλογή ήταν:

- Εάν τα δεδομένα παρέχονταν ελεύθερα για χρήση.
- Εάν περιείχαν χωρική αναφορά ή κάποια χωρική πληροφορία που θα βοηθούσε στη γεωαναφορά τους σε επόμενο στάδιο.
- Το μέγεθος των δεδομένων να είναι διαχειρίσιμο.
- Η ύπαρξη κατάλληλων ημερομηνιών για να υπάρξει η χρονική υστέρηση μεταξύ των δεδομένων υγείας και περιβαλλοντικών δεδομένων.
- Η χωρική πληροφορία των δύο ειδών δεδομένων να είναι κοινή (π.χ. Να αναφέρονται και τα δύο σύνολα στην ίδια ήπειρο).

Οι παραπάνω παράγοντες βοήθησαν στην τελική επιλογή των φορέων που παρέχουν δεδομένα.

Για τα περιβαλλοντικά δεδομένα, επιλέχθηκε η Ευρωπαϊκή Περιβαλλοντική Υπηρεσία ή European Environmental Agency³⁸ (EEA) η οποία παρέχει μια γεωγραφική βάση δεδομένων υπολογιστικού νέφους που ονομάζει «Interpolated Air Quality data»³⁹ και περιέχει δεδομένα GIS. Πιο συγκεκριμένα διαθέτει σύνολα δεδομένων σε συμπιεσμένα αρχεία είτε σε μορφή shapefile είτε σε μορφή spatialite-rasterlite - μορφή της βάσης δεδομένων SQLite που «συμβαδίζει» με το GRASS GIS – κάτι που υποδεικνύει ότι τα περιβαλλοντικά δεδομένα είναι γεωχωρικά. Το χρονικό εύρος που καλύπτουν είναι από το 2005 έως το 2017 και αναφέρονται στην Ευρώπη.

Οι συμπιεσμένοι φάκελοι shapefile, που αποτέλεσαν την τελική επιλογή λήψης αφού τα δεδομένα δεν προορίζονταν για κάποια γεωβάση τύπου SQL, περιέχουν περιβαλλοντικά δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης διαχωρίζοντας τα ανάλογα με τον δείκτη μέτρησης της ρύπανσης. Οι δείκτες ρύπανσης δεν είναι κοινοί για όλες τις ημερομηνίες κάτι που αποτέλεσε σημαντικό

³⁸ <https://www.eea.europa.eu/>

³⁹ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/interpolated-air-quality-data-2>

παράγοντα επιλογής του τελικού δείκτη της γεωχωρικής οπτικοποίησης. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εξής δείκτες: αιωρούμενων μικροσωματιδίων ακτίνας 2.5 και 10 μm σε μέση ετήσια συγκέντρωση ή μέγιστη ημερήσια συγκέντρωση, συγκέντρωση θείου, αζώτου και όζοντος σε μέσες ετήσιες τιμές ή ειδικούς μέσους όρους. Από όλους τους παραπάνω δείκτες, ο δείκτης που ήταν κοινός για όλα τα έτη ήταν τα αιωρούμενα μικροσωματίδια ακτίνας 10 μm που αναφέρονται στη μέση ετήσια συγκέντρωση.

Τα δεδομένα του δείκτη που επιλέχθηκε, δηλαδή του μέσου PM10, περιέχουν διαφορετικές μορφές αρχείων για κάθε ημερομηνία. Για τις ημερομηνίες από το 2005 έως το 2009 συμπεριλαμβάνονται διανυσματικά δεδομένα (shapefiles) με σημειακή και πολυγωνική γεωμετρία. Τα σημεία που περιέχει αποτελούν σταθμούς μέτρησης της ρύπανσης καταμετρημένα στην Ευρώπη τόσο για αστικές όσο και για αγροτικές περιοχές. Το πολυγωνικό αρχείο έχουν δημιουργηθεί με μεθόδους παρεμβολής Kriging (EEA, 2009). Η ανάλυση του επιφανειακού αρχείου είναι 10km και αποτέλεσε την ιδανική επιλογή για την παραγωγή μιας επιφανειακής θεματικής απεικόνισης που αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Για τις ημερομηνίες από το 2010 και μετά οι σημειακοί σταθμοί μετρήσεων παραμένουν στα δεδομένα αλλά η επιφανειακή πληροφορία που προσφέρει η EEA έχει τη μορφή κανονικοποιημένου αρχείου μορφής geotiff. Η δημιουργία του κανονικοποιημένου αρχείου προέκυψε από τα σημεία της μεθόδου παρεμβολής που χρησιμοποιήθηκε και σε αυτό το χρονικό εύρος (EEA 2013). Τα raster αρχεία θα χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τα vector επιφανειακά δεδομένα του προηγούμενου διαστήματος ημερομηνιών. Φυσικά δεν έγινε η απεικόνιση όλων των διαθέσιμων ετών. Η χρονική επιλογή θα παρουσιαστεί στα επόμενα κεφάλαια όπως και η δημιουργία των τελικών μορφών των αρχείων από αυτά τα πρωτογενή δεδομένα. Η ανάλυση των δεδομένων raster είναι 10km για τις ημερομηνίες έως και το 2013 ενώ για το 2014-2017 η ανάλυση είναι 1km. Σημειώνεται ότι τα επιφανειακά δεδομένα δεν καλύπτουν το σύνολο των ευρωπαϊκών χωρών καθώς οι περισσότεροι σταθμοί από όπου προέκυψαν οι μετρήσεις βρίσκονται συγκεντρωμένοι στο κεντρικό, δυτικό, βόρειο και νότιο μέρος της. Η ανατολική πλευρά είχε μικρότερη κάλυψη σταθμών ή και απουσία δεδομένων και έτσι μια παρεμβολή με ελλiptή δεδομένα θα είχε ως αποτέλεσμα μεγάλα σφάλματα. Έτσι, στο εξής, η αναφορά στην Ευρώπη θα υπονοεί αυτό το κομμάτι της.

Όσον αφορά τα δεδομένα υγείας, ο φορέας που επιλέχθηκε είναι το ινστιτούτο του αμερικάνικου πανεπιστημίου της Washington (University of Washington) που ονομάζεται «Institute for Health Metrics and Evaluation» (IHME)⁴⁰. Η υπηρεσία αυτή παρέχει ένα εργαλείο αναζήτησης δεδομένων που ονομάζει GBD Results Tool⁴¹ που εντάσσεται στην ευρύτερη κατηγορία GHDx – Global Health Data Exchange ένας κατάλογος δεδομένων που δημιουργήθηκε και υποστηρίζεται από το IHME (IHME 2020). Η βάση δεδομένων GBD σχετίζεται με το φαινόμενο Global Burden of Disease που σε ελεύθερη μετάφραση σημαίνει «Παγκόσμια επιβάρυνση της υγείας από ασθένειες» και περιέχει:

- δεδομένα για όλες τις πιθανές ασθένειες ανά κατηγορίες,
- τους παράγοντες που τις προκαλούν ανά επίπεδο λεπτομέρειας (4 επίπεδα λεπτομέρειας των παραγόντων κινδύνου για τις ασθένειες),
- ηλικιακή διαφοροποίηση (διάφορες κατηγοριοποιήσεις),

⁴⁰ <http://www.healthdata.org/>

⁴¹ <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>

- διαφοροποίηση ανά φύλο (άντρας, γυναίκα, και τα δύο),
- μονάδα μέτρησης (νούμερο, ποσοστό, αναλογία),
- τύπος μέτρησης της ασθένειας (θάνατος, χρόνια αναπηρίας κ.α.),
- χρονολογία (1990-2017),
- γεωγραφική πληροφορία (ονόματα).

Η γεωγραφική πληροφορία αντιστοιχεί στην ονομασία της χωρικής ενότητας που αναφέρεται και όχι στην γεωγραφική της θέση. Τα επίπεδα χωρικής πληροφορίας είναι οι ήπειροι, χώρες, άλλες διοικητικές μονάδες όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ σε κάποιες χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο διατίθενται και πληροφορία σε μικρότερες διοικητικές ενότητες.

Το εργαλείο αυτό περιλαμβάνει μια διαδραστική πλατφόρμα, από την οποία ο χρήστης επιλέγει τα είδη των πληροφοριών που επιθυμεί και το εργαλείο του επιστρέφει πίνακα με τα δεδομένα που επέλεξε, ένα είδος διαδραστικού γραφήματος καθώς και τη δυνατότητα λήψης των επιλογών του σε μορφή csv. Η επιλογή που έγινε στα πλαίσια της απόκτησης των δεδομένων υγείας από το GBD Results Tool ήταν η αναζήτηση για κάθε μία από τις πέντε ασθένειες που σχετίζονται με την περιβαλλοντική ρύπανση εξαιτίας των μικροσωματιδίων, (1) των παραγόντων που τις προκαλούν σε επίπεδο λεπτομέρειας 3, (2) των χρονολογιών από το 2000-2017, (3) ως γεωγραφική πληροφορία, όλες τις ευρωπαϊκές χώρες, (4) καμία διαφοροποίηση για φύλο και ηλικία (και τα δύο φύλα μαζί, όλες τις ηλικίες), (5) ως προς τη μονάδα μέτρησης, το νούμερο (number) και την αναλογία (αριθμός μέτρησης ανά 100,000 κατοίκους, rate), (6) ως προς τον τρόπο μέτρησης των ασθενειών επιλέχθηκαν οι θάνατοι και τα DALYs (Disability Adjusted-Life Years).

Τα πεδία των δεδομένων είναι αλφαριθμητικά με μόνη γεωγραφική ένδειξη τα ονόματα κάθε χώρας στην Ευρώπη. Για να είναι δυνατή η χαρτογράφηση αυτής της πληροφορίας τα δεδομένα χρειάζονται γεωαναφορά και το πρακτικό κομμάτι της διαδικασίας θα αναλυθεί στο κεφάλαιο της επεξεργασίας των δεδομένων. Τα δεδομένα για να μπορούν να αναφέρονται σε χώρες μπορούν να γεωαναφερθούν ως σημεία που θα παριστάνουν τα κεντροειδή των χωρών, ή ως πολύγωνα που αναφέρονται στις χώρες. Το είδος της θεματικής απεικόνισης της σύγκρισης δύο χαρτών ήταν ο αρωγός για την επιλογή του γεωμετρικού είδους της γεωαναφοράς. Επιλέχθηκε να υλοποιηθεί μια χωροπληθής απεικόνιση και επομένως η γεωαναφορά επιλέχθηκε να γίνει σε πολύγωνα που αντιστοιχούν σε κάθε χώρα.

Η Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat)⁴² διαθέτει ανοιχτά χωρικά δεδομένα των τυποποιημένων διοικητικών ορίων⁴³ των κρατών της Ευρώπης, μια γεωχωρικού χαρακτήρα τυποποίηση που χρησιμοποιείται επίσημα από την Ευρωπαϊκή Ένωση για στατιστικούς λόγους. Ο λόγος για τα NUTS (Nomenclature of Territorial Units for Statistics) δηλαδή την κοινή ονοματολογία των εδαφικών στατιστικών μονάδων που διατίθενται σε τέσσερα επίπεδα λεπτομέρειας εάν συμπεριληφθεί και το πρώτο επίπεδο των χωρών (NUTS 0). Το δεύτερο επίπεδο περιλαμβάνει μια γενική υποδιαίρεση ανάλογα με τη χώρα, το τρίτο τις περιφέρειες, το τέταρτο τους νομούς. Η Eurostat μεταξύ άλλων αναφέρει ότι NUTS 1 είναι οι κυρίαρχες κοινωνικοοικονομικές περιοχές, NUTS 2 είναι οι βασικές περιοχές για την εφαρμογή τοπικών κανονισμών και πολιτικών και NUTS 3 είναι οι μικρότερες περιοχές για πιο ειδικές αναφορές. Για

⁴² <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home>

⁴³ <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units/nuts>

τη γεωαναφορά των δεδομένων υγείας χρησιμοποιήθηκε το πρώτο επίπεδο (NUTS 0) που αφορά τις χώρες της Ευρώπης. Τα δεδομένα είναι ελεύθερα για λήψη και υποστηρίζουν πολλές μορφές αρχείων (shapefile, geoJSON, topoJSON, GDB, SVG), ημερομηνιών αναφοράς (2003, 2006, 2010, 2013, 2016) και διαφορετικών χωρικών αναλύσεων (κλίμακες: 1/1, 1/3, 1/10, 1/20 και 1/60 Εκατομμύρια). Για τις ανάγκες της χαρτογράφησης επιλέχθηκε να ληφθούν σε μορφή geoJSON αρχεία του 2016 και για ανάλυση 1/10 εκατομμύρια.

4.3.2. Προεπεξεργασία

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την επεξεργασία για την προετοιμασία των δεδομένων να χαρτογραφηθούν. Χωρίζεται σε δύο μέρη για κάθε είδος δεδομένων, για τα δεδομένα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τα δεδομένα υγείας. Ο λόγος του χωρισμού είναι οι διαφορετικές διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για κάθε σύνολο. Περιλαμβάνει τις ενέργειες γεωαναφοράς, ομαδοποίησης, γεωμετρικών μετατροπών και συμβολισμού.

4.3.2.1. Δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Όπως ήδη αναφέρθηκε δε θα επιλεγεί όλο το εύρος ημερομηνιών που παρέχεται αλλά επιλέχθηκαν τέσσερις στο σύνολο ημερομηνίες για τη μέση ετήσια συγκέντρωση του PM10. Οι ημερομηνίες είναι το 2005, 2007, 2010 και 2013. Το 2005 και το 2013 επιλέχθηκαν ως η μικρότερη και μεγαλύτερη ημερομηνία αντίστοιχα με ανάλυση 10km. Τα έτη 2007 και 2010 ήταν ενδιάμεσες ημερομηνίες ως μια λογική χρονική ακολουθία. Η ανάλυση του 1km που είχαν τα πιο πρόσφατα raster αρχεία δεν ήταν εύκολα διαχειρίσιμα στο επόμενο στάδιο της μεταφόρτωσης στην cloud βάση του Mapbox και επομένως δεν επιλέχθηκαν.

Τα δεδομένα των ετών 2005 και 2007 είναι σε μορφή vector και η επεξεργασία που χρειάζονται είναι ελάχιστη. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε το QGIS για μια πρώτη απεικόνισή τους και ορίστηκε ένας συμβολισμός ώστε να γίνει κατανοητή η μορφή και οι τιμές τους και να αναλυθούν. Τα αρχεία και για τις δύο ημερομηνίες περιείχαν αρνητικές τιμές (-9999) και οποίες αντιστοιχούν σε μέρη όπου δεν υπήρχαν δεδομένα για να παρεμβληθούν τιμές. Οι τιμές αυτές θα έχουν ειδικό συμβολισμό στην τελική εφαρμογή με την ένδειξη “No data” που κατά κανόνα παίρνει γκρι αποχρώσεις.

Μεγαλύτερη επεξεργασία και μετατροπές χρειάστηκαν τα raster δεδομένα των ετών 2010 και 2013. Τα κανονικοποιημένα αρχεία, για λόγους ομοιομορφίας, μετατράπηκαν σε διανυσματικά με τη βοήθεια του λογισμικού QGIS. Πιο συγκεκριμένα, για να διασφαλιστεί ότι τα δεκαδικά νούμερα των τιμών των pixel δε θα στρογγυλοποιηθούν κατά τη μετατροπή, οι τιμές του raster μετατράπηκαν σε ακέραιους αριθμούς μέσω του Raster Calculator και του πολλαπλασιασμού της εικόνας επί 1000 και 10000 ανάλογα με τον αριθμό των δεκαδικών για κάθε ημερομηνία. Στη συνέχεια έγινε η μετατροπή από raster σε vector μέσω του raster conversion εργαλείου “Polygonize”. Το νέο αρχείο που δημιουργήθηκε αποθηκεύτηκε σε μορφή geoJSON και σε σύστημα γεωγραφικής αναφοράς WGS84 ESPG:4326, καθώς αυτό το σύστημα αναφοράς είναι το προκαθορισμένο σύστημα αναγνώρισης του Mapbox. Επειδή κατά τη μετατροπή πολύπλοκων σχημάτων και κοντινών πολυγώνων όπως τα raster αρχεία, δημιουργούνται διπλές καταγραφές, εφαρμόστηκε το vector εργαλείο “Fix Geometries” που λύνει το θέμα της λανθασμένης

γεωμετρίας. Επόμενη ενέργεια αποτέλεσε η αποκοπή της πολυγωνικής γεωμετρίας ώστε να μην περιλαμβάνει την πληροφορία της θάλασσας (μηδενικές τιμές) αλλά το χερσαίο τμήμα της Ευρώπης. Το vector εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν της κατηγορίας Geoprocessing Tool και ονομάζεται “Clip” με βάση μια διανυσματική μάσκα που στη συγκεκριμένη περίπτωση ήταν η μάσκα της Ευρώπης και προήλθε από τα NUTS που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Το geoJSON αρχείο των NUTS, στο ίδιο γεωγραφικό σύστημα αναφοράς και για ανάλυση 1/10M, μετατράπηκε σε μάσκα με το vector Geoprocessing εργαλείο “Dissolve”, κρατώντας το περίγραμμα της Ευρώπης. Τελευταίο στάδιο της μετατροπής ήταν η επαναφορά των δεκαδικών τιμών. Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκε μια νέα στήλη στο διανυσματικό αρχείο μέσω του Editor του QGIS στην οποία αποθηκεύτηκαν οι τιμές της στήλης διαιρεμένες με το κατάλληλο πολλαπλάσιο του 10. Έτσι το προσαρμοσμένο στα χερσαία όρια της Ευρώπης διανυσματικό αρχείο ήταν έτοιμο για τη διαδικασία της μεταφόρτωσης.

4.3.2.2. Δεδομένα υγείας

Τα δεδομένα υγείας αναφέρονται σε πέντε ασθένειες. Η διαδικασία που θα περιγραφεί έγινε για κάθε ένα dataset. Οι ενέργειες που έγιναν αφορούν τη γεωαναφορά των csv αρχείων με τη βοήθεια των geoJSON αρχείων με τη γεωμετρία των NUTS και τη μετέπειτα επεξεργασία και απεικόνιση των ιδιοτήτων του χωρικού πια αρχείου.

Τα διανυσματικά NUTS δεδομένα περιλαμβάνουν, σημειακά δεδομένα (κεντροειδή χωρών και ενοτήτων), γραμμικά δεδομένα (σύνορα, όρια χωρών και ενοτήτων) και επιφανειακά δεδομένα (πολύγωνα χωρών και ενοτήτων). Επιπλέον περιλαμβάνουν διαφορετικά συστήματα αναφοράς. Για τη γεωαναφορά που εκτελέστηκε, επιλέχθηκαν τα NUTS του επιπέδου 0 σε μορφή πολυγώνου και με σύστημα γεωγραφικής αναφοράς WGS84 ESPG:4326. Για τη σύνδεση των δύο αρχείων (csv και geoJSON) χρειάζεται ένα κοινό πεδίο και αυτό ήταν τα ονόματα των χωρών που υπάρχουν ως πεδία και στα δύο αρχεία. Όμως για να μπορεί να γίνει η ένωση πρέπει τα ονόματα να είναι ακριβώς τα ίδια κάτι που δε συνέβαινε. Τα ονόματα των NUTS βρίσκονταν στην γλώσσα της χώρας που αντιπροσώπευαν και για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκε στο vector αρχείο μια νέα στήλη με τα ονόματα των χωρών στα Αγγλικά όπως ακριβώς ήταν και στο αρχείο κειμένου. Η διαδικασία αυτή έγινε στο QGIS μέσω του Editor στο Attribute Table του επιπέδου των NUTS.

Η σύνδεση των δύο αρχείων έγινε με τα εργαλεία της επέκτασης MMQGIS του QGIS και συγκεκριμένα με το εργαλείο “Attribute join from csv file” ώστε να συνδεθούν η κοινή ιδιότητα του csv με το πεδίο του διανυσματικού επιπέδου, δηλαδή η στήλη των ονομάτων σε κάθε περίπτωση. Έτσι δημιουργήθηκε ένα νέο διανυσματικό αρχείο μορφής geoJSON που περιλάμβανε όλα τα πεδία του αρχείου των NUTS και όλες τις στήλες του csv. Τα πεδία που ήταν χρήσιμα και επιθυμητά για την τελική παραγωγή χαρτών ήταν:

- cause: το όνομα της ασθένειας, πεδίο αλφαριθμητικό
- measure: ο τύπος της μέτρησης της ασθένειας, πεδίο αλφαριθμητικό με τιμές deaths ή DALYs
- metric: η μονάδα μέτρησης, πεδίο αλφαριθμητικό με τιμές rate ή number
- name: το όνομα για κάθε χώρα
- rei: οι παράγοντες κινδύνου, διαφορετικοί για κάθε ασθένεια
- value: οι τιμές για τα deaths ή DALYs σε μορφή καθαρού αριθμού και αριθμού αναλογίας
- year: οι ημερομηνίες των μετρήσεων με εύρος 2000-2017.

Όλα τα υπόλοιπα πεδία διαγράφηκαν από το Attribute Table του αρχείου με την ενεργοποίηση του Editor. Στο αρχικό αρχείο κειμένου οι τιμές όλων των πεδίων ήταν σε μορφή αλφαριθμητική και έτσι παρέμειναν κατά τη μετατροπή σε χωρικό αρχείο. Για να μπορεί να αναγνωρίσει τις τιμές το QGIS και να υλοποιηθούν οι δοκιμές του συμβολισμού που έπονται, δημιουργήθηκαν δύο νέες στήλες στις οποίες θα αποθηκευτούν οι αριθμητικές τιμές των πεδίων, value και year. Με την ενεργοποίηση του Editor και το εργαλείο Field Calculator η τιμή του έτους μετατράπηκε σε ακέραιο αριθμό 4 ψηφίων με τη συνάρτηση to_int() και μεταβλητή το αρχικό πεδίο year. Για τη μετατροπή του πεδίου value χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση format_number() με μεταβλητή το αρχικό πεδίο value, που μετέτρεψε τις τιμές σε δεκαδικούς αριθμούς με ακρίβεια τριών ψηφίων. Έτσι τα δεδομένα ήταν έτοιμα για να αποφασιστεί ο τρόπος συμβολισμού και ομαδοποίησής τους.

4.3.3. Ομαδοποίηση δεδομένων υγείας

Τα δεδομένα υγείας αποτελούν την πληροφορία του χωροπληθή χάρτη. Οι τιμές που θα επιλεγούν αντιστοιχούν στις αναλογίες αφού αυτού του είδους η απεικόνιση δημιουργείται με τιμές παράγωγες όπως έχει αναλυθεί στο Κεφάλαιο 1.2.1. Οι τιμές αυτές θα πρέπει να ομαδοποιηθούν σε κλάσεις ώστε να υλοποιηθεί το αποτέλεσμα της χωροπληθούς απεικόνιση. Όπως αναφέρθηκε τόσο στο Κεφάλαιο 1.2.1.2 «Ομαδοποίηση των Δεδομένων στους Χωροπληθής Χάρτες» όσο και στο Κεφάλαιο 1.3.2. «Ομαδοποίηση Δεδομένων στη Σύγκριση Χαρτών», η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου ομαδοποίησης δεν είναι προκαθορισμένη. Για να αποφασιστεί η επιλογή της καταλληλότερης, η οποία θα πρέπει να είναι κοινή για όλα τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν, απεικονίστηκαν τα ιστογράμματα όλων των συνόλων των δεδομένων. Για την υλοποίηση αυτού του σταδίου χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα QGIS και η κονσόλα των ιδιοτήτων κάθε θεματικού επιπέδου (“Layer Properties”) στην επιλογή του συμβολισμού (“Symbology”).

Έτσι εξετάστηκαν τα ιστογράμματα για κάθε ασθένεια, αλλά για όλες τις ημερομηνίες μαζί όπως πρέπει να αντιμετωπίζονται τα χωροχρονικά δεδομένα σε αυτές τις περιπτώσεις. Τα ιστογράμματα αφορούν τόσο τα “deaths” όσο και τα “DALYs” και έγιναν για τις εξής τέσσερις μεθόδους:

- ίσων διαστημάτων (equal intervals),
- κανονικής τμηματοποίησης (quantile),
- φυσικών ορίων (natural breaks – Jenks),
- παραμέτρων κανονικής κατανομής – τυπικής απόκλισης (standard deviation).

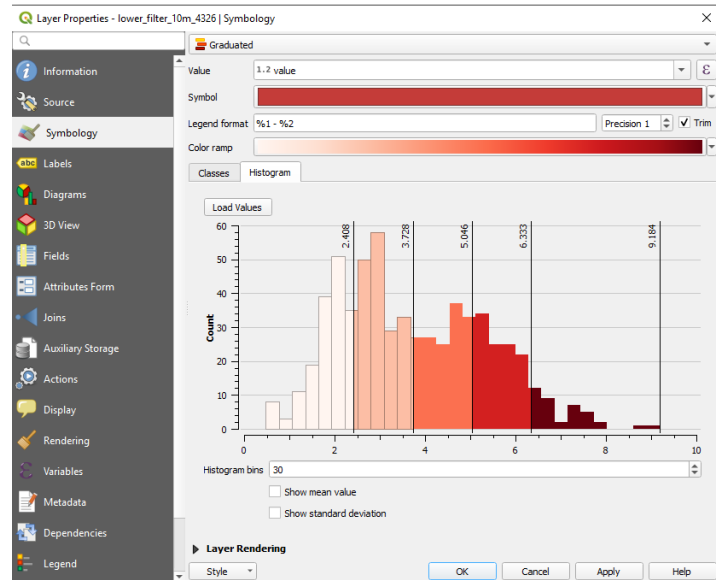
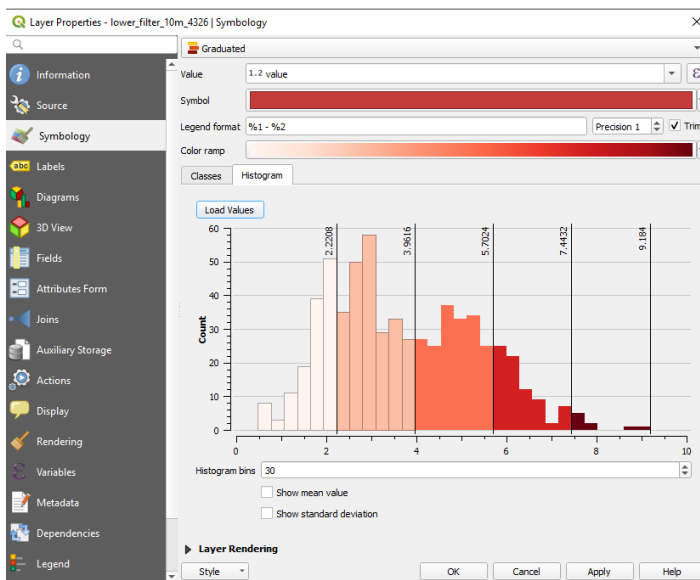
Από τον έλεγχο των ιστογραμμάτων των ασθενειών (που ενδεικτικά παρουσιάζονται ως εικόνες στην συνέχεια) διακρίνεται ότι αυτά ακολουθούν διαφορετικές κατανομές. Έτσι, επιλέχθηκε η μέθοδος της κανονικής τμηματοποίησης που με βάση τη βιβλιογραφία των Cynthia Brewer και Linda Pickle (2002) είναι η κατάλληλη μέθοδος για τη συγκριτική απεικόνιση φαινομένων που ακολουθούν διαφορετικές κατανομές.

Τα αποτελέσματα των ιστογραμμάτων φαίνονται στις παρακάτω εικόνες ενδεικτικά για την ασθένεια «Ασθένειες κατώτερου αναπνευστικού συστήματος» (Εικόνες 4.4-4.7) που αποτελούν αποσπάσματα οθόνης από το λογισμικό. Η συγκεκριμένη κατανομή προσεγγίζει την κανονική κατανομή για αυτό και το αποτέλεσμα της μεθόδου των παραμέτρων κανονικής κατανομής έχει

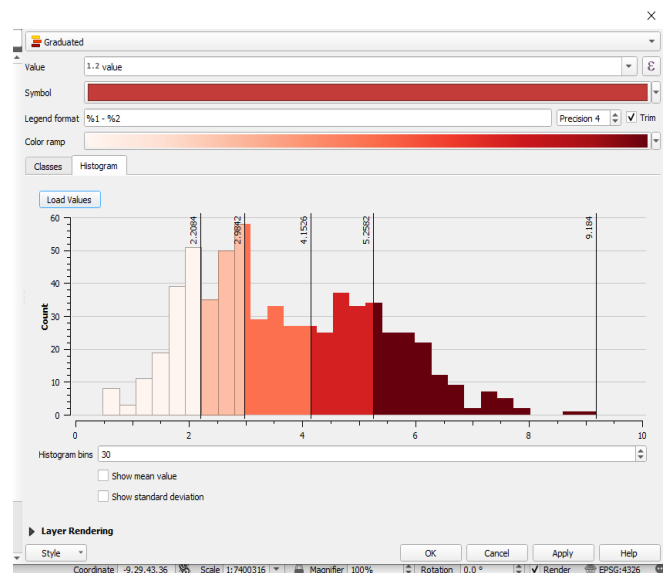
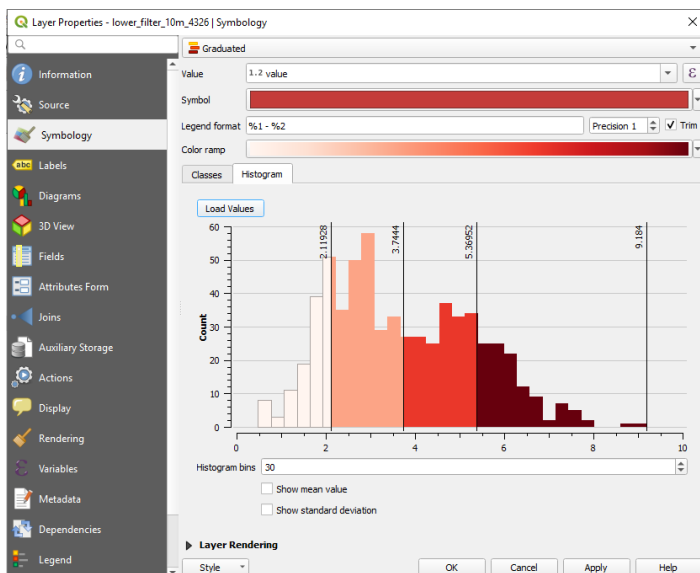
λογική. Η καταλληλότερη μέθοδος ομαδοποίησης είναι η κανονική τμηματοποίηση που σε κάθε ομάδα, όπως φαίνεται και από το ιστόγραμμα, προσπαθεί να μοιράσει τον αριθμό των παρατηρήσεων και το αποτέλεσμα στον τελικό χάρτη θα είναι ομοιόμορφο μεταξύ των ομάδων. Επιπλέον, παρατίθενται ενδεικτικά τα ιστογράμματα που μελετήθηκαν για τα αριθμητικά δεδομένα και των υπόλοιπων ασθενειών (Εικόνες 4.8-4.15). Η μέθοδος της κανονικής τμηματοποίησης εφαρμόστηκε και στις υπόλοιπες ασθένειες. Γενικά, για την απεικόνιση και εξέταση των ιστογραμμάτων παρέμεινε η προκαθορισμένη επιλογή του λογισμικού, δηλαδή οι 5 ομάδες μέχρι να επιλεγεί ο τελικός τους αριθμός. Είναι φανερό και εδώ ότι για όλες τις συγκρίσεις που θα επιτευχθούν, δηλαδή μεταξύ θανάτων και DALYs για κάθε ασθένεια και μεταξύ των ασθενειών, η συγκεκριμένη μέθοδος ομαδοποίησης δημιουργεί κλάσεις ομοιόμορφες με σχεδόν ίσο αριθμό παρατηρήσεων και έτσι δε λαμβάνουν περισσότερη οπτική σημασία συγκεκριμένες κλάσεις αλλά έχουν όλες το ίδιο οπτικό βάρος.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας για την επιλογή της μεθόδου ομαδοποίησης, η επόμενη απόφαση αφορούσε τον αριθμό των ομάδων. Για αυτήν την επιλογή εξετάστηκαν οι χωροπληθείς απεικονίσεις όλων των ασθενειών και για τον τρόπο μέτρησης της ασθένειας “death” και “DALYs”. Για την εξέταση επιλέχθηκαν 5, 6 και 7 ομάδες. Στην παρακάτω σειρά εικόνων (Εικόνες 4.16-4.21) παρουσιάζονται οι τρεις απεικονίσεις για κάθε τρόπο μέτρησης για μια εκ των πέντε ασθενειών. Επιλέχθηκε και πάλι η ασθένεια «παθήσεις του κατώτερου αναπνευστικού». Από τα τις τρεις απεικονίσεις διαπιστώθηκε ότι οι πέντε ομάδες παράγουν ένα εύρος τιμών που στις μεγαλύτερες τιμές, η τελευταία ομάδα δηλαδή είναι δυσανάλογου μεγέθους με τις υπόλοιπες κάτι που από τη μια πλευρά συμβαίνει στη μέθοδο της κανονικής τμηματοποίησης αλλά από την άλλη πλευρά μπορεί να μειωθεί σε έναν βαθμό αυξάνοντας τον αριθμό των ομάδων. Η αύξηση του αριθμού των ομάδων δημιουργεί πιο ομοιόμορφη κατηγοριοποίηση. Η εφαρμογή των 6 και 7 κατηγοριών προσφέρει στην απεικόνιση σχεδόν το ίδιο οπτικό αποτέλεσμα. Επομένως, αποφασίστηκε να επιλεγεί η κατηγοριοποίηση σε 6 ομάδες ώστε να μην χρειάζεται ο χρήστης να αντιστοιχεί τις τιμές σε περισσότερες κατηγορίες και δημιουργείται σύγχυση και περιπλοκότητα στην απεικόνιση.

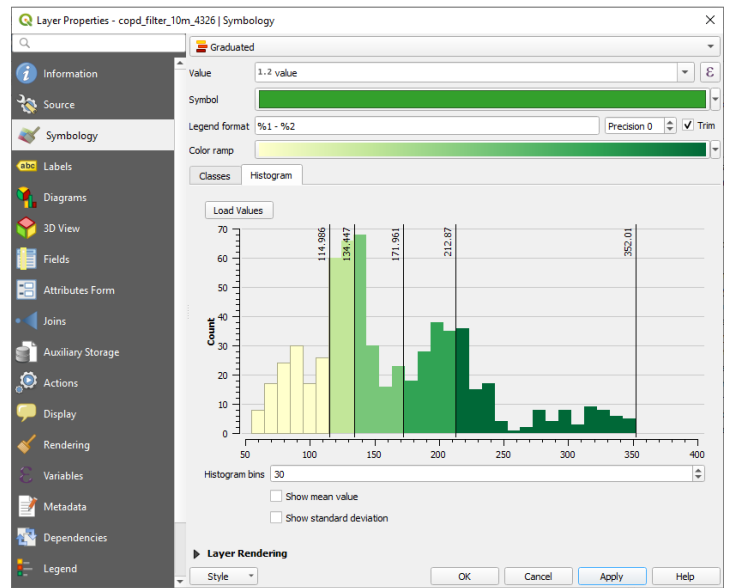
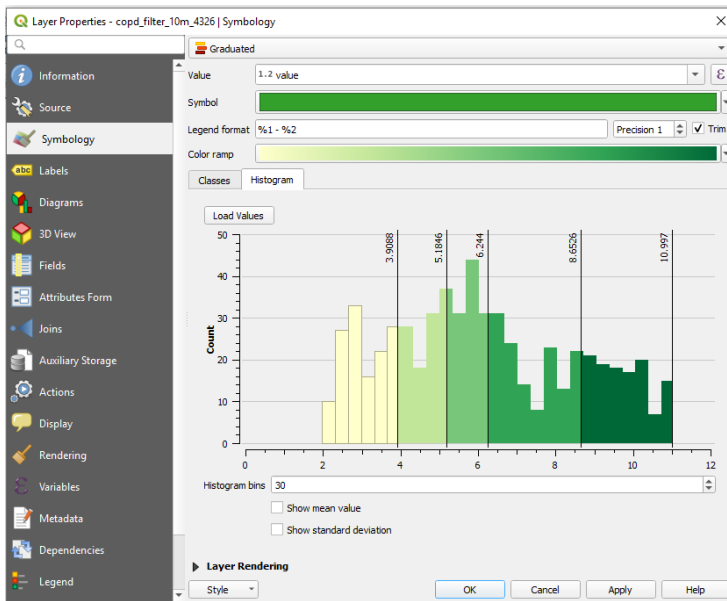
Όλη η διαδικασία που περιεγράφηκε σε αυτό το κεφάλαιο έγινε στο ελεύθερο λογισμικό QGIS έτσι ώστε οι αποφάσεις για τον συμβολισμό να είναι οι τελικές. Τα δεδομένα στη συνέχεια θα συμβολιστούν μέσω της βιβλιοθήκης του Mapbox τη Mapbox GL JS σύμφωνα με τις τελικές επιλογές του συγκεκριμένου κεφαλαίου.



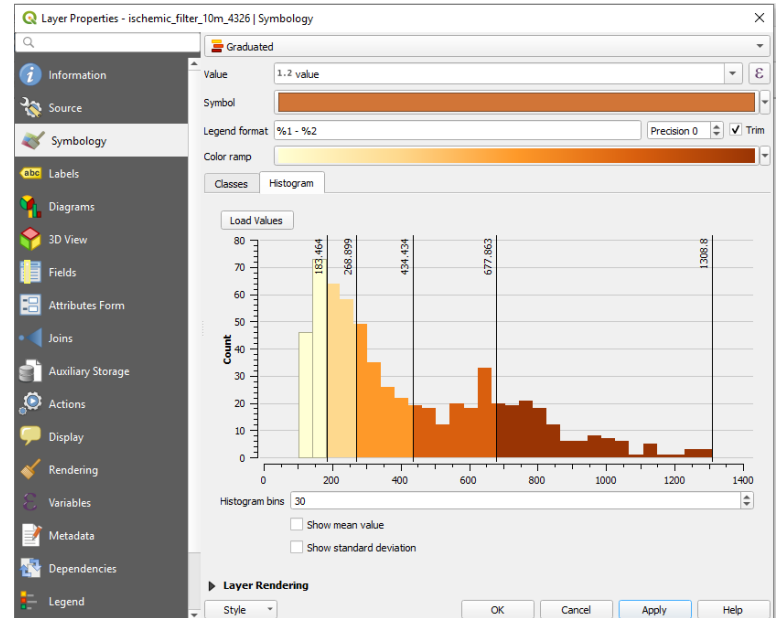
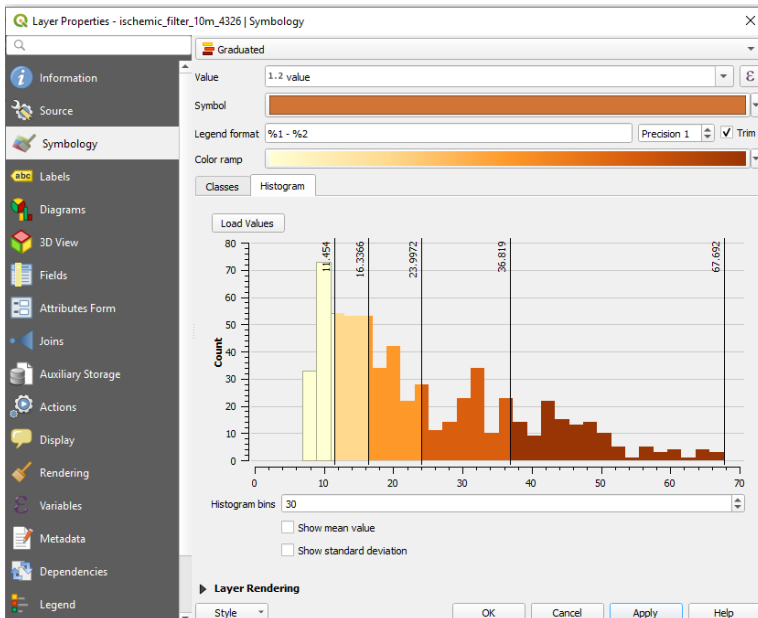
Εικόνες 4.4 και 4.5.: Ιστογράμματα των μεθόδων ίσων διαστημάτων (equal intervals) και φυσικών ορίων (natural breaks – Jenks) για το επίπεδο των δεδομένων της ασθένειας «Ασθένειες κατώτερου αναπνευστικού συστήματος» και τις τιμές των θανάτων.



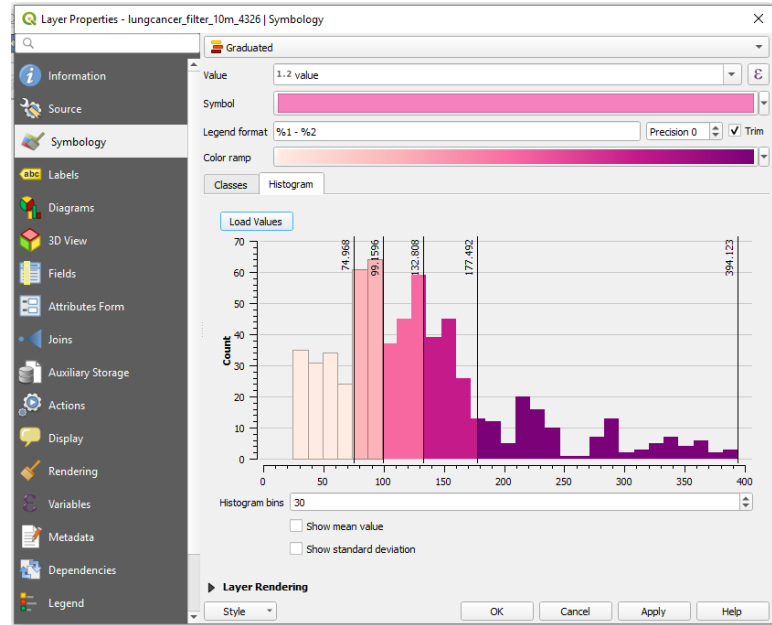
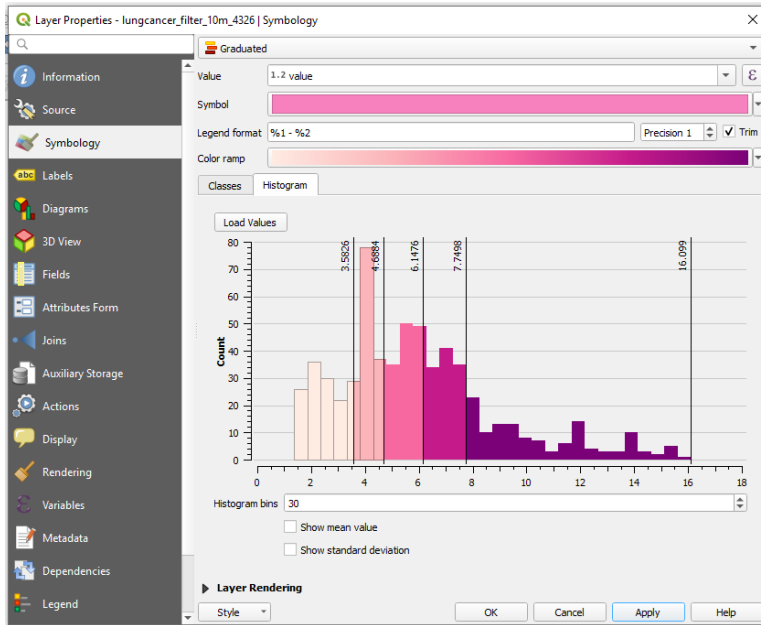
Εικόνες 4.6 και 4.7.: Ιστογράμματα των μεθόδων παραμέτρων κανονικής κατανομής – τυπικής απόκλισης (standard deviation) και κανονικής τμηματοποίησης (quantiles) για το επίπεδο των δεδομένων της ασθένειας «Ασθένειες κατώτερου αναπνευστικού συστήματος» και τις τιμές των θανάτων.



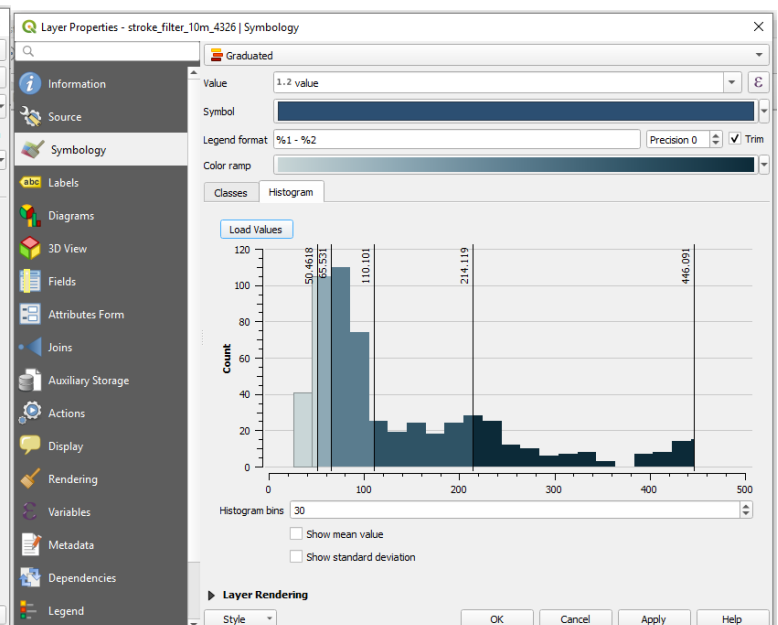
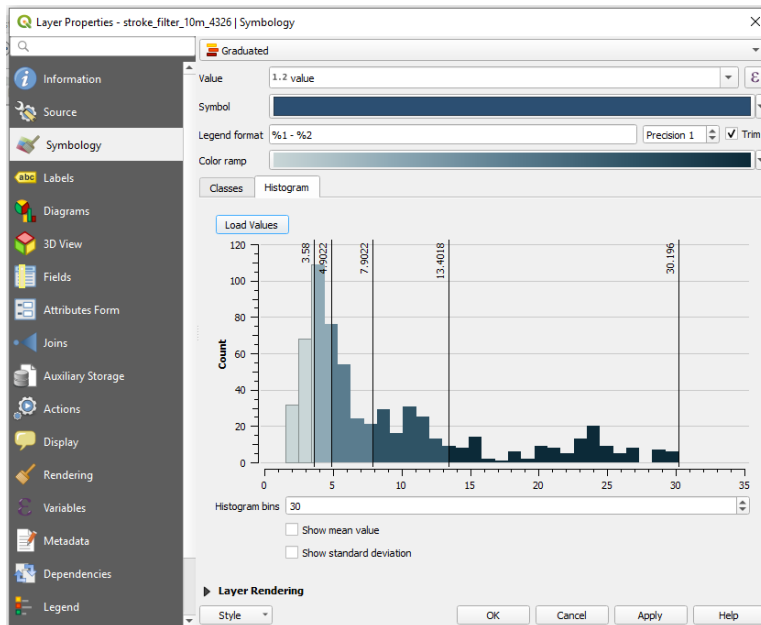
Εικόνες 4.8 και 4.9: Ιστογράμματα της μεθόδου κανονικής τμηματοποίησης (quantiles) για το επίπεδο των δεδομένων της ασθένειας «Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια» και τις τιμές των θανάτων και των DALYs, αριστερά και δεξιά αντίστοιχα.



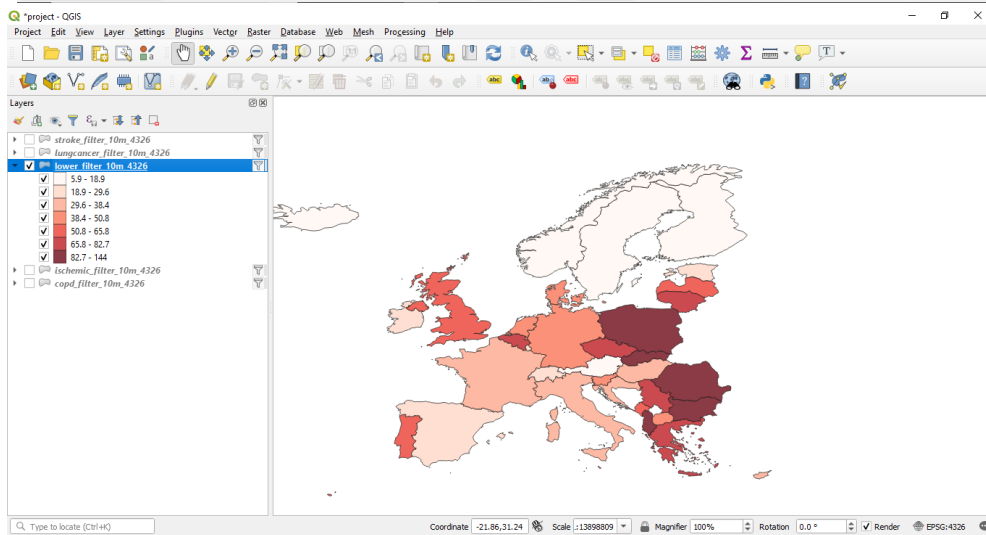
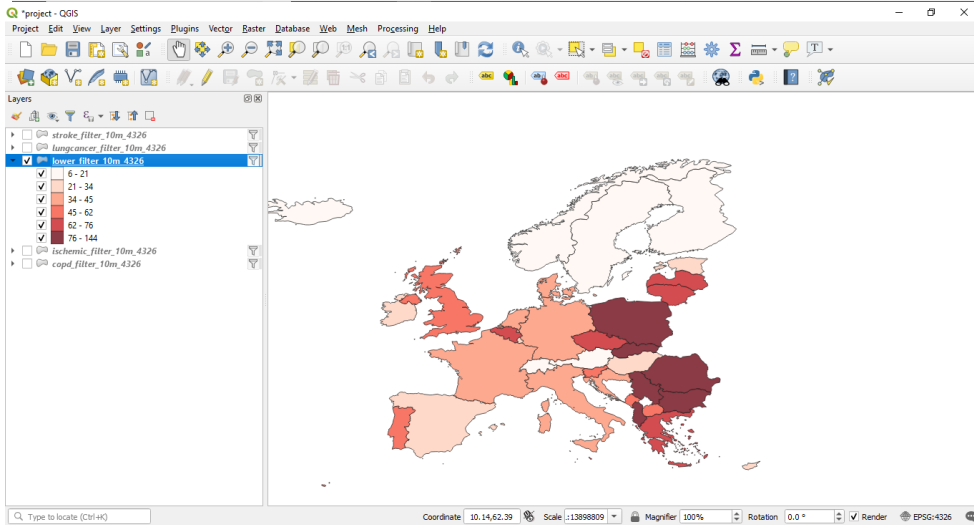
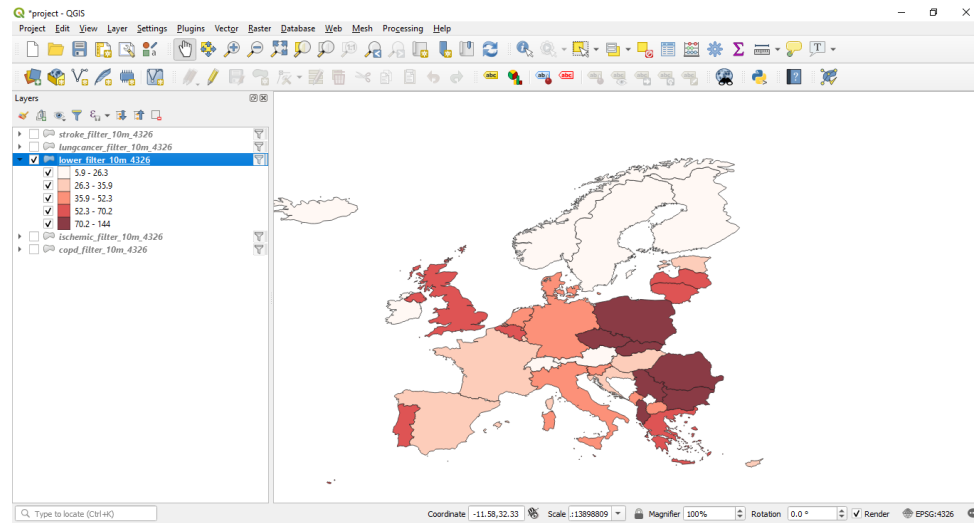
Εικόνες 4.10 και 4.11: Ιστογράμματα της μεθόδου κανονικής τμηματοποίησης (quantiles) για το επίπεδο των δεδομένων της ασθένειας «Ισχαιμική καρδιοπάθεια» και τις τιμές των θανάτων και των DALYs, αριστερά και δεξιά αντίστοιχα.



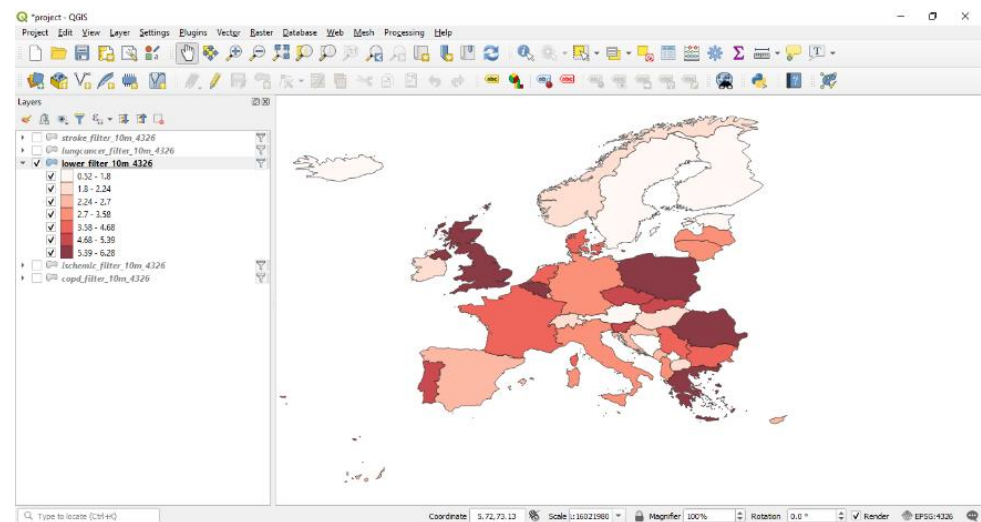
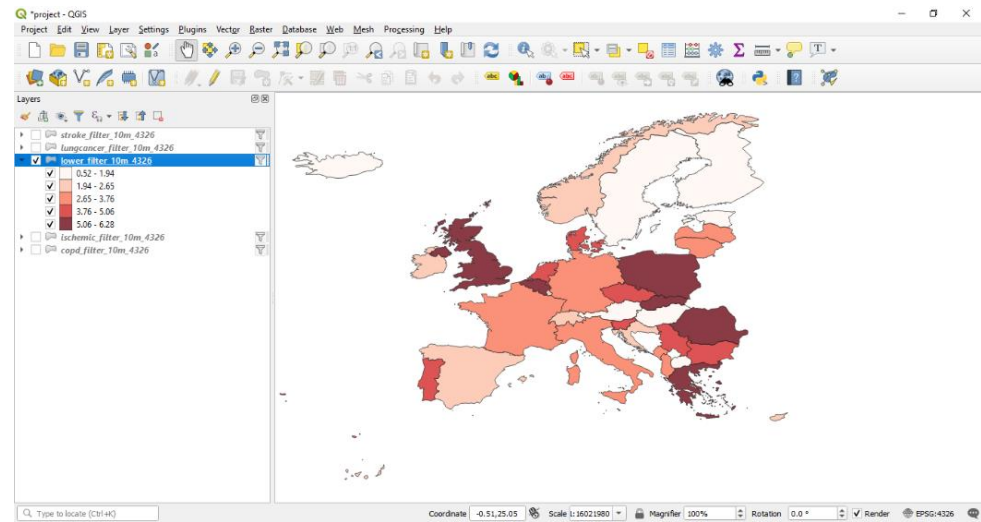
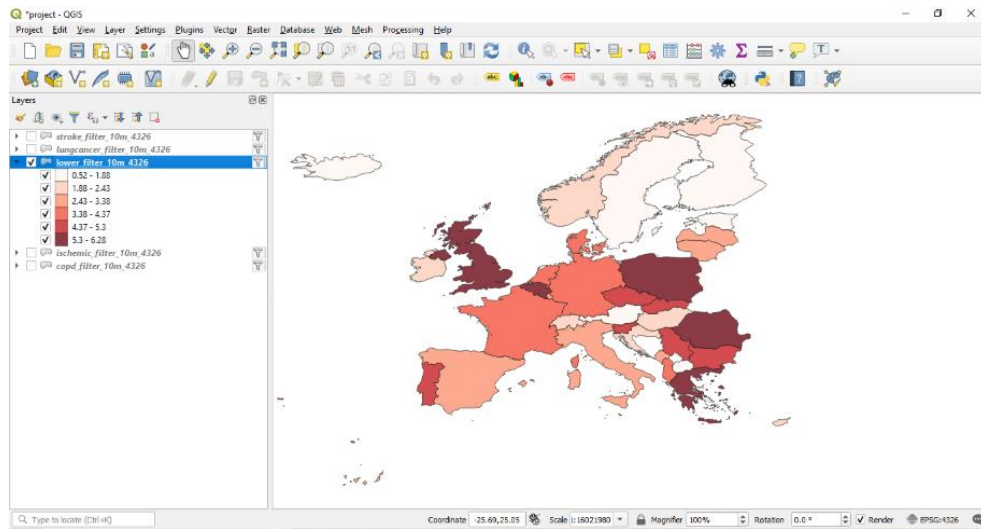
Εικόνες 4.12 και 4.13: Ιστογράμματα της μεθόδου κανονικής τμηματοποίησης (quantiles) για το επίπεδο των δεδομένων της ασθένειας «Καρκίνος της τραχείας, των βρόγχων και των πνευμόνων» και τις τιμές των θανάτων και των DALYs, αριστερά και δεξιά αντίστοιχα.



Εικόνες 4.14 και 4.15: Ιστογράμματα της μεθόδου κανονικής τμηματοποίησης (quantiles) για το επίπεδο των δεδομένων της ασθένειας «Εγκεφαλικό επεισόδιο» και τις τιμές των θανάτων και των DALYs, αριστερά και δεξιά αντίστοιχα.



Εικόνες 4.16, 4.17 και 4.18: Χωροπληθείς απεικονίσεις της αναλογίας των DALYs ανά 100,000 κατοίκους για την ασθένεια του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος με 5,6 και 7 ομάδες αντίστοιχα.



Εικόνες 4.19, 4.20 και 4.21: Χωροπληθείς απεικονίσεις της αναλογίας των θανάτων ανά 100,000 κατοίκους για την ασθένεια του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος με 5,6 και 7 ομάδες αντίστοιχα.

4.3.4. Μεταφόρτωση δεδομένων

Μετά το πέρας των διαδικασιών της επιλογής του συνόλου των δεδομένων και της προεπεξεργασίας τους, όλα τα σύνολα δεδομένων βρίσκονται σε διανυσματική μορφή και πιο συγκεκριμένα σε μορφή geoJSON αρχείων. Το γεωγραφικό σύστημα αναφοράς τους είναι το παγκόσμιο σύστημα WGS84 ESPG:4326. Η μορφή του αρχείου και το σύστημα αναφοράς ήταν οι δύο προϋποθέσεις για τη μετατροπή του αρχείου σε τέτοια μορφή ώστε μετέπειτα να μεταφορτωθεί στην cloud service πλατφόρμα του Mapbox. Η μορφή αυτή είναι η MBTILES, οι διανυσματικές πινακίδες που επιτρέπουν στα δεδομένα να είναι πιο μικρά σε μέγεθος από ένα αρχείο geoJSON και έτσι να φορτώνονται πιο γρήγορα μέσω διαδικτύου τόσο στην πλατφόρμα όσο και στη χαρτογραφική εφαρμογή σε δεύτερο στάδιο.

Τα αρχεία που θα μεταφορτωθούν στην πλατφόρμα του Mapbox είναι εννέα και είναι τα εξής: Αρχεία vector μορφοποίησης geoJSON για

- τη συγκέντρωση PM10 για τις ημερομηνίες
 - 2005
 - 2007
 - 2010
 - 2013
- Τις ασθένειες
 - Χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια
 - Κατώτερου αναπνευστικού συστήματος
 - Καρκίνου τραχείας, βρόγχων και πνευμόνων
 - Εγκεφαλικό επεισόδιο
 - Ισχαιμική καρδιοπάθεια

Για τη μετατροπή των παραπάνω αρχείων σε χαρτογραφικές πινακίδες χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Tippecanoe που εκτελέστηκε από τη γραμμή εντελών Ubuntu. Μέσω της εντολής του Tippecanoe ορίστηκε το εύρος μεγέθυνσης για κάθε σειρά δεδομένων να είναι από 0 έως 6 με την εντολή της παρακάτω μορφής:

```
tippecanoe -z6 -o pm10_2007.mbtiles --coalesce-densest-as-needed --extend-zooms-if-still-dropping pm10_2007.geojson
```

που εδώ αναφέρεται στο αρχικό αρχείο *pm10_2007.geojson* της συγκέντρωσης PM10 για τη χρονιά 2007.

Στη συνέχεια, στο Mapbox Studio Tilesets, μεταφορτώθηκαν όλα τα αρχεία με τη χρήση σύνδεσης στο δίκτυο. Το αποτέλεσμα της μεταφόρτωσης φαίνεται στην *Εικόνα 4.22*. για το σύνολο δεδομένων της συγκέντρωσης PM10 για τη χρονιά 2007. Στην εικόνα παρουσιάζονται τα σημεία της ιστοσελίδας του Mapbox Studio Tilesets που χαρακτηρίζουν το διαδικτυακό πλέον αρχείο. Περιλαμβάνει το όνομα του αρχείου και τον κωδικό του (Tileset ID) μαζί με πληροφορίες για τη μορφή του και το εύρος μεγέθυνσης. Όπως γίνεται αντιληπτό το εύρος μεγέθυνσης συμπίπτει με το εύρος που ορίστηκε κατά τη μετατροπή από το Tippecanoe. Επιπλέον, η σελίδα περιέχει

πληροφορίες για το αρχικό αρχείο πηγή του Tileset, το εύρος μεγέθυνσης του και τα επίπεδα πληροφορίας που περιέχει συνοδευόμενα από το είδος και το εύρος των τιμών τους (όταν αυτά είναι αριθμητικά). Τέλος, στο κέντρο του παραθύρου υπάρχει μια διαδραστική απεικόνιση των δεδομένων που επιτρέπει στον χρήστη να κάνει σμίκρυνση και μεγέθυνση των δεδομένων και να έχει μια πρώτη εικόνα για το αρχείο που ανέβασε.

The screenshot shows the Mapbox Studio interface for a tileset. Key elements and annotations include:

- Title:** pm10_2007-3ojxl1 (Annotated: Το όνομα του Tileset)
- Preview:** A map showing the tileset data (Annotated: Οπτική επισκόπηση του αρχείου)
- Layer details:**
 - pm10_2007 (Annotated: Το αρχείο πηγή geoJSON από το οποίο προήλθε η μορφή MBTILE)
 - PM10_AVG: Number, 0.5 - 18.75488148 (Annotated: Το πεδίο ιδιοτήτων του Tileset μαζί με το είδος των τιμών και το εύρος τους)
- Details Panel:**
 - Tileset ID: evakats.2311uebd (Annotated: Το ID με το οποίο καλείται το Tileset και χρησιμοποιείται στον κώδικα της Javascript)
 - Format: pbf, Type: vector, Size: 5 MB
 - Zoom extent: 20 - 26 (Annotated: Το εύρος της μεγέθυνσης)
 - Bounds: -24.8, 34.5, 34.6, 71.3 (Annotated: Η μορφή του αρχείου στο cloud και το μέγεθός του)

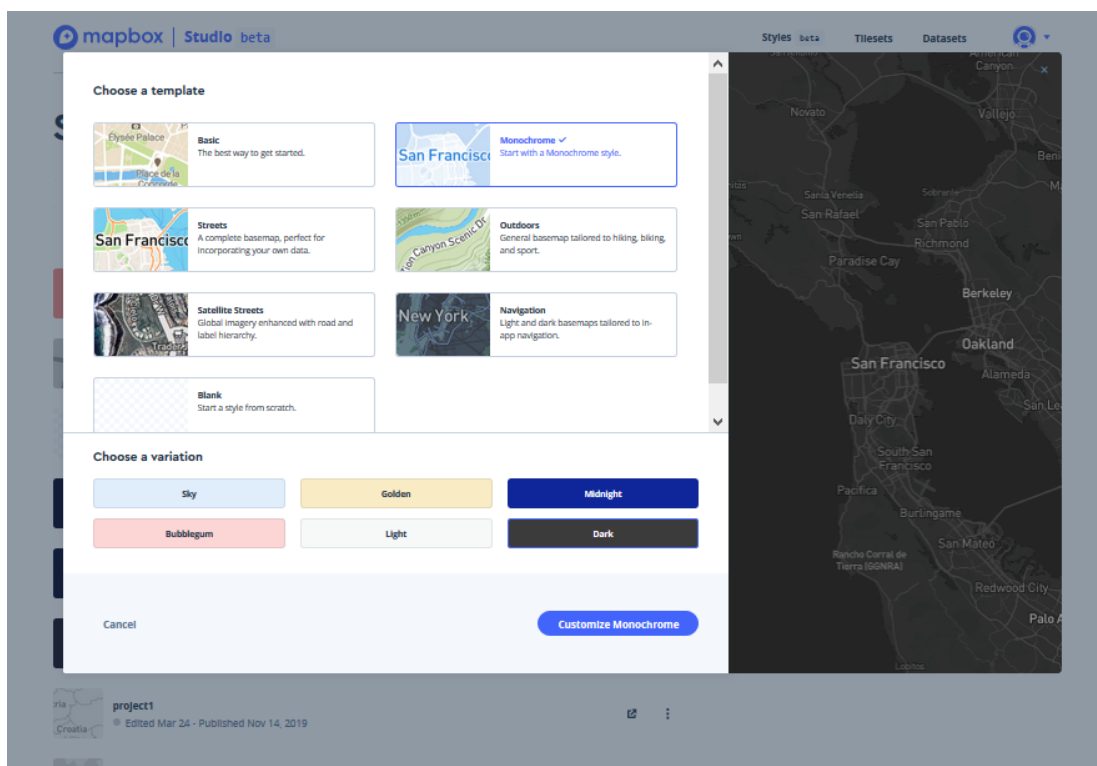
Εικόνα 4.22. Το περιβάλλον cloud service του Mapbox Studio Tilesets (Ιδία επεξεργασία)

4.4. Οι Θεματικές Απεικονίσεις της εφαρμογής

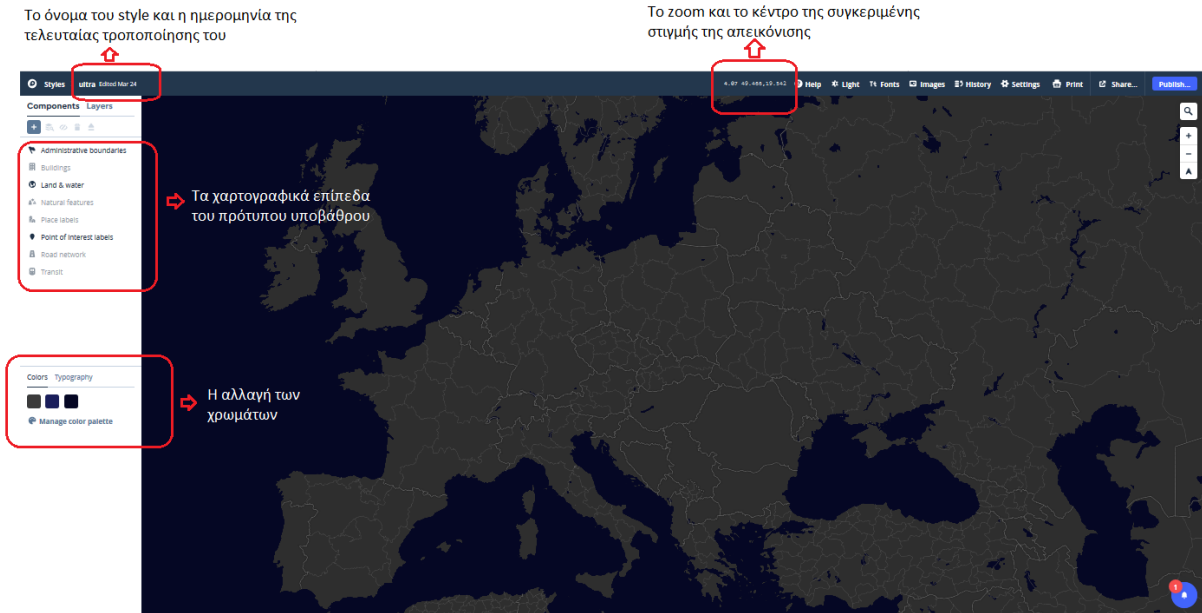
4.4.1. Χαρτογραφικό υπόβαθρο

Το υπόβαθρο του χάρτη είναι το πρώτο σημαντικό στοιχείο που ορίζεται σε μία θεματική απεικόνιση. Στις διαδικτυακές απεικονίσεις τα εργαλεία και οι πλατφόρμες υλοποίησης του χάρτη θέτουν περιορισμούς σε ότι αφορά τη χαρτογραφική προβολή ή το σύστημα αναφοράς του υποβάθρου. Αυτό επηρεάζει τόσο το υπόβαθρο του χάρτη όσο και τα δεδομένα που θα απεικονιστούν σε αυτόν. Όπως αναφέρθηκε στα Κεφάλαια 4.2 και 4.3, η πλατφόρμα του Mapbox χρησιμοποιεί το σύστημα αναφοράς WGS84, ESPG4326 και επομένως και το υπόβαθρο που παρέχει θα βρίσκεται στην ίδια προβολή.

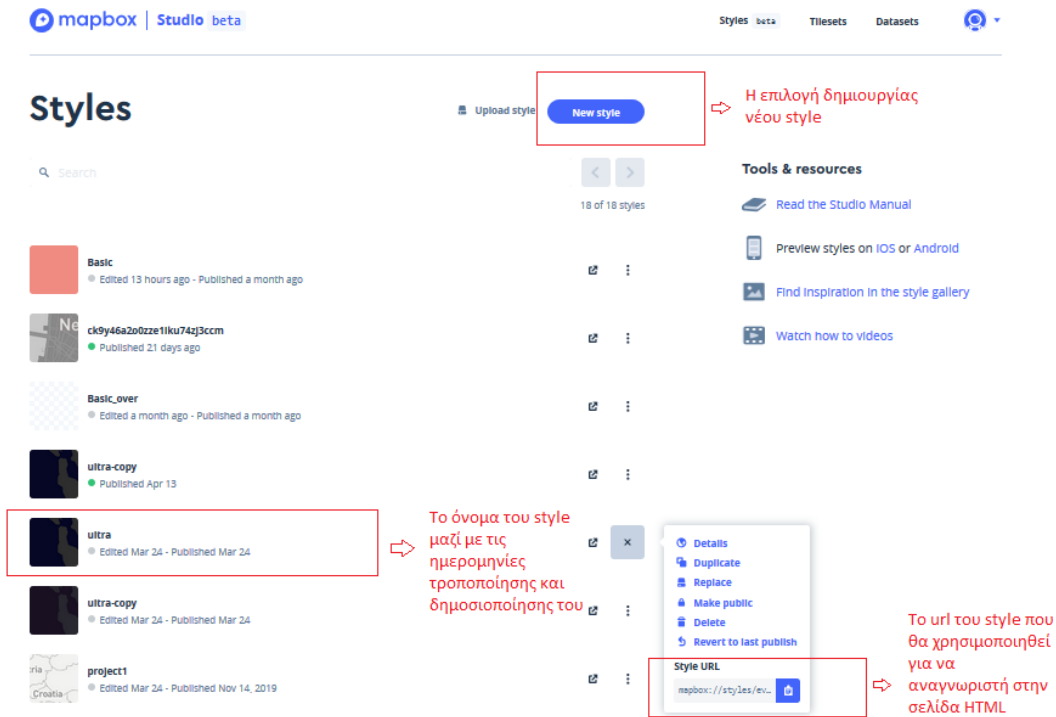
Το υπόβαθρο επομένως που χρησιμοποιήθηκε στη χαρτογραφική εφαρμογή προέρχεται από τα πρότυπα υπόβαθρα του Mapbox Studio Styles (Εικόνα 4.23). Τα υπόβαθρα στη συγκεκριμένη πλατφόρμα ορίζονται ως το στυλ του χάρτη δηλαδή η βάση του, πάνω στην οποία θα «χτίσει» τον χάρτη του, και δημιουργούνται από το κουμπί επιλογής “New style” και στη συνέχεια με την επιλογή “Customize...”(Εικόνα 4.24). Στην Εικόνα 4.24. φαίνεται το περιβάλλον του Mapbox Studio Styles και ορισμένα από τα στυλ που έχουν δημιουργηθεί στον Mapbox λογαριασμό. Στο συγκεκριμένο παράθυρο των υποβάθρων της πλατφόρμας διακρίνονται εκτός από τη λίστα με τα διάφορα στυλ, οι επιλογές δημιουργίας νέων καθώς και οι ενέργειες που είναι δυνατόν να επιτευχθούν για κάθε ένα. Όπως έχει διατυπωθεί στο Κεφάλαιο 4.2.4 τα στυλ αποτελούν το υπόβαθρο και μέσα από την πλατφόρμα του Mapbox Studio υπάρχει η δυνατότητα της επεξεργασίας τους τόσο στο καθαυτό υπόβαθρο όσο και σε δεύτερο επίπεδο η προσθήκη θεματικών επιπέδων στην ίδια την πλατφόρμα του Studio. Για την δημιουργία μιας διαδραστικής εφαρμογής, το στάδιο της προσθήκης θεματικών επιπέδων γίνεται από την JavaScript βιβλιοθήκη και όχι από το Studio. Επομένως, γίνεται μόνο η επεξεργασία του πρότυπου στυλ για να δημιουργηθεί ένα υπόβαθρο ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε εργασίας που αυτό προορίζεται. Έπειτα, το κατάλληλα διαμορφωμένο υπόβαθρο χρησιμοποιείται στην ιστοσελίδα της εφαρμογής HTML μέσα από τη βιβλιοθήκη Mapbox GL JS και με τη βοήθεια του λογαριασμού στην πλατφόρμα (Mapbox Access Token), εκεί δηλαδή που δημιουργούνται τα styles ή μεταφορτώνονται τα tilesets. Αυτή η τελευταία επιλογή εκτελέστηκε για τις ανάγκες της συγκεκριμένης εργασίας.



Εικόνα 4.23. Τα πρότυπα styles του Mapbox (πηγή: <https://studio.mapbox.com/>)



Εικόνα 4.24. Το περιβάλλον του Marbox Studio Styles (Ιδία επεξεργασία)



Εικόνα 4.25. Το περιβάλλον του Marbox Studio Styles Editor στο style “ultra” που αποτέλεσε το τελικό υπόβαθρο της χαρτογραφικής εφαρμογής. (Ιδία επεξεργασία)

ατμόσφαιρας είναι ένα φαινόμενο συνεχές και εξομαλυσμένο, για αυτό επιλέχθηκε ως καταλληλότερη απεικόνιση η ισαριθμική.

Η ανάγκη επίτευξης σύγκρισης μεταξύ των δύο χαρτών και με αρχική και αποτελεσματικότερη απόφαση για τα περιβαλλοντικά δεδομένα να απεικονιστούν ισαριθμικά, επιλέχθηκε ο δεύτερος χάρτης των δεδομένων υγείας να είναι χωροπληθής. Ο χωροπληθής χάρτης περιγράφει και αυτός φαινόμενα επιφανειακά όπως ο ισαριθμικός, ωστόσο τα φαινόμενα που αναπαριστά μεταβάλλονται βαθμωτά και κατανέμονται ομοιόμορφα εντός των απογραφικών μονάδων. Ο χωροπληθής χάρτης ήταν η καταλληλότερη επιλογή από τη στιγμή που η χωρική αναφορά των δεδομένων υγείας ήταν οι Ευρωπαϊκές χώρες και δεν ήταν δυνατόν να αναφέρονται σε μικρότερες απογραφικές μονάδες.

Σε ότι αφορά την απεικόνιση των περιβαλλοντικών δεδομένων η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν κοινή για τα τέσσερα vector tileset αρχεία των διαφορετικών χρονολογιών. Αρχικά, στο κώδικα της JavaScript προστέθηκαν τα vector tileset αρχεία με τη συνάρτηση “addSource()” ως vector tile sources, καθορίζοντας τον τύπο των δεδομένων σε vector και τη διεύθυνση URL του αρχείου ή αλλιώς το Tileset ID (*Εικόνα 4.27*). Στη συνέχεια τα vector tile sources χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των θεματικών επιπέδων (layers) στα οποία εφαρμόστηκε ο συμβολισμός. Με τη συνάρτηση “addLayer()”, όπως φαίνεται και στην *Εικόνα 4.27* ενδεικτικά για το έτος 2005, ξεκινά ο συμβολισμός των διανυσματικών δεδομένων. Ο τρόπος του συμβολισμού που χρησιμοποιείται και καθορίζεται από την πλατφόρμα είναι το “fill” που αντιστοιχεί στα επιφανειακά δεδομένα, βάσει μιας συγκεκριμένης τιμής ιδιότητας των δεδομένων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η ιδιότητα προέρχεται από το πεδίο της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης σε PM10. Τα δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης επομένως κατηγοριοποιήθηκαν σε ομάδες σύμφωνα με τις προτεινόμενες ομάδες της ΕΕΑ οι οποίες είναι: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60 και πάνω. Μόνη εξαίρεση αποτελούν τα επίπεδα των ετών 2005 και 2007 όπου εκτός από τις παραπάνω ομάδες δημιουργήθηκε και μια ακόμη ομάδα για τις τιμές αρνητικού περιεχομένου που συμβολίστηκαν με έναν τον του γκρι ώστε να δηλώνεται η περιοχή των τιμών αυτών ως περιοχή χωρίς δεδομένα. Ο τύπος του συμβολισμού χαρακτηρίζεται από την παρεμβολή του χρώματος στις ενδιάμεσες τιμές των ομάδων με γραμμικό τρόπο (“Interpolate”, “linear”). Με τον τρόπο αυτό διατηρείται η τρισδιάστατη εντύπωση του μοντέλου του φαινομένου και το συνεχές πρότυπο. Συμπληρώνεται επίσης ότι για να δείχνουν οι ενώσεις των πολυγώνων πιο εξομαλυσμένες χρησιμοποιήθηκε η εντολή “fill-antialias”.


```

map.addSource ('pm2005', {
  type: 'vector',
  url: 'mapbox://evakats.0mx4worz'
});

map.addLayer({
  'id': 'pm2005',
  'type': 'fill',
  'source': 'pm2005',
  'layout': {
    'visibility': 'visible'
  },
  'paint': {
    'fill-color': ["interpolate",
      ["linear"],
      ["get", "PM_AVG05"],
      -9999,
      "#bfbfbf",
      0,
      "#ffffd2",
      10,
      "#fcd68d",
      20,
      "#e9967a",
      30,
      "#d18771",
      40,
      "#b57073",
      50,
      "#984ea3",
      60,
      "#711e72"
    ],
    'fill-opacity': 0.80,
    'fill-antialias': false,
  },
  'source-layer': 'EEAgrid5210_lcl0k_poly_2005_pml0avg_reprojected'
});

```

Εικόνα 4.27: Απόσπασμα από τον κώδικα JavaScript όπου φαίνεται η προσθήκη της πηγής και του θεματικού επιπέδου για τη μέση ετήσια συγκέντρωση PM10 ενδεικτικά για το έτος 2005 μαζί με τον συμβολισμό του.

Η χρωματική επιλογή του συμβολισμού έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε από τη μία πλευρά να διασφαλίζεται η τρισδιάστατη μορφή ενώ από την άλλη να γίνεται ένας χρωματικός διαχωρισμός για τις τιμές μεγαλύτερες του $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ καθώς αυτή η τιμή έχει οριστεί ως κρίσιμη από την ΕΕΑ (ΕΕΑ 2009). Η τιμή αυτή ορίστηκε ως κρίσιμη για λόγους δημόσιας υγείας καθώς η συγκέντρωση μεγαλύτερη του $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ έχει επιβαρυντικές επιπτώσεις. Για την επιλογή της κατάλληλης χρωματικής κλίμακας επιλέχθηκε το βοηθητικό εργαλείο “Chroma.js Color Palette Helper”, μια διαδικτυακή ιστοσελίδα που επιτρέπει την εύρεση ψηφιακών τιμών χρωμάτων, τη δημιουργία χρωματικών μαπαρών (συνεχόμενων και διπλών) και τον ασφαλή οπτικά συνδυασμό χρωμάτων. Στην Εικόνα 4.28 φαίνεται η χρωματική μπάρα που επιλέχθηκε για τα δεδομένα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τις τιμές κάτω από $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ να παίρνουν απόχρωση κίτρινη ενώ πάνω από αυτήν να έχουν απόχρωση μωβ. Είναι μια κλίμακα χρωμάτων που λόγω της συνέχειας της διασφαλίζει ένα τρισδιάστατο μοντέλο ενώ ταυτόχρονα διαχωρίζει τις τιμές της ιδιότητας βάσει της κρίσιμης τιμής.



Εικόνα 4.28: Απόσπασμα οθόνης από το βοηθητικό εργαλείο “Chroma.js Color Palette Helper” με την τελική επιλογή χρωμάτων για τα δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. (πηγή: <https://gka.github.io/palettes/#/7/d/ffffd2,fcd68d,e9af6e,d18a63/b56663,954369,711e72/1/1>)

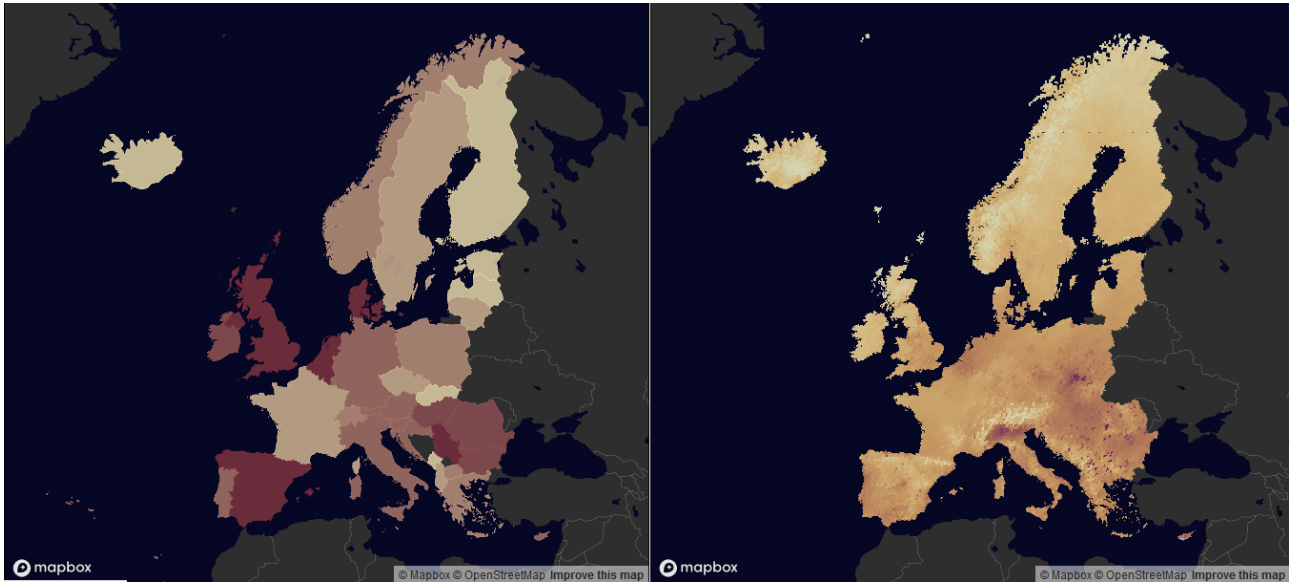
Η απεικόνιση των δεδομένων υγείας ακολουθεί και εκείνη την ίδια διαδικασία για τις πέντε διαφορετικές ασθένειες. Η προσθήκη των vector tilesets στην HTML έγινε ακριβώς όπως και στα δεδομένα της συγκέντρωσης PM10 δηλαδή ως vector tile sources (Εικόνα 4.31). Χρησιμοποιήθηκε και πάλι ο τύπος συμβολισμού “fill” που αναφέρεται στα επιφανειακά δεδομένα, αυτήν τη φορά όμως επειδή ο χάρτης είναι χωροπληθής και οι ομάδες πρέπει να αντιστοιχίζονται μια μοναδική απόχρωση, ο τρόπος συμβολισμού επιλέχθηκε να είναι βαθμωτός (“step”). Η επιλογή “step” οδηγεί στη δημιουργία χωροπληθούς χάρτη αφού σε κάθε ομάδα που δηλώνεται τοποθετείται μια ένταση/απόχρωση για όλες τις τιμές της. Οι τιμές της ομαδοποίησης του επιπέδου προέρχονται από το πεδίο της τιμής των deaths ή DALYs. Η χρωματική κλίμακα που επιλέχθηκε εφαρμόστηκε στο θεματικό επίπεδο κάθε ασθένειας. Η ιδιότητα του φίλτρου που φαίνεται στην ίδια εικόνα αφορά τη διαδραστικότητα και θα σχολιαστεί στο αντίστοιχο κεφάλαιο. Και στην περίπτωση των δεδομένων υγείας χρησιμοποιήθηκε το βοηθητικό εργαλείο “Chroma.js Color Palette Helper” αυτήν τη φορά για μια συνεχόμενη χρωματική παλέτα για 6 ομάδες (Εικόνα 4.32).

Και για τα δύο είδη δεδομένων των δύο χαρτών ισχύει ότι όλα τα επίπεδα που δημιουργήθηκαν από τα vector tile sources θα λάβουν τον ίδιο συμβολισμό και αυτό διότι οι διαφορετικές χρονικές στιγμές, τα διαφορετικά είδη μέτρησης και οι ασθένειες που θα εναλλάσσονται από τον χρήστη δημιουργούν απεικονίσεις ουσιαστικά συγκρινόμενες μεταξύ τους, είτε χωροχρονικά είτε θεματικά.

```
map2.addSource ('ischemic', {
  'type': 'vector',
  'url': 'mapbox://evakats.4es2spp2'
});

map2.addLayer ({
  'id': 'ischemic',
  'type': 'fill',
  'source': 'ischemic',
  'layout': {'visibility': 'none'},
  'paint': {'fill-color':
    [
      "step",
      ["get", "value"],
      "#e9daaf",
      10.9,
      "#d4b697",
      14.8,
      "#be937f",
      19.6,
      "#a77168",
      29.4,
      "#904f52",
      40,
      "#792c3d",
      67.8,
      "#e9daaf",
      174,
      "#d4b697",
      239,
      "#be937f",
      329,
      "#a77168",
      530,
      "#904f52",
      735,
      "#792c3d",
      1309.5,
      "#000000"
    ],
    1,
    'fill-opacity': 0.80},
  'source-layer': 'ischemic_filter_10m_4326',
  'filter': ['all', filterMetric, filterYear, filterMeasure, filterRei]
});
```

Εικόνα 4.29. Απόσπασμα από τον κώδικα JavaScript όπου φαίνεται η προσθήκη της πηγής και του θεματικού επιπέδου για την ασθένεια «Ισχαιμική καρδιοπάθεια» μαζί με τον συμβολισμό του.



Εικόνες 4.30 και 4.31: Οι απεικονίσεις του χωροπληθή και του ισαριθμικού χάρτη αντίστοιχα όπως φαίνονται ενδεικτικά μετά τον συμβολισμό.

Chroma.js Color Palette Helper
 This chroma.js-powered tool is here to help us mastering multi-hued, multi-stops color scales.

1 What kind of palette do you want to create?
 Palette type: sequential diverging Number of colors: 6

2 Select and arrange input colors

3 Check and configure the resulting palette
 correct lightness bezier interpolation This palette is colorblind-safe.
 simulate: normal deut. prot. trit.

lightness saturation hue

4 Export the color codes in various formats
 You can also save your palette for later by bookmarking this page using `{url}`.

```
#e9d2af,#d3be97,#b0937f,#a77168,#904fa1,#792c3d
["#e9d2af", "#d3be97", "#b0937f", "#a77168", "#904fa1", "#792c3d"]
["#e9d2af", "#d3be97", "#b0937f", "#a77168", "#904fa1", "#792c3d"]
```

Εικόνα 4.32: Απόσπασμα οθόνης από το βοηθητικό εργαλείο “Chroma.js Color Palette Helper” με την τελική επιλογή χρωμάτων για τα δεδομένα υγείας. (πηγή: <https://gka.github.io/palettes/#/6/s/e9daaf,a77168,792c3d|ffffe0,ff005e,93003a|1/1>)

4.5. Απεικόνιση στατιστικού διαγράμματος

Για μια πιο ολοκληρωμένη παρουσίαση του θέματος που πραγματεύεται η εφαρμογή, επιλέχθηκε να πλαισιωθεί από ένα διάγραμμα. Το διάγραμμα αυτό περιέχει πληροφορία που σχετίζεται με τις ασθένειες που προκαλούνται από την ατμοσφαιρική ρύπανση και πιο συγκεκριμένα αφορά τους σημαντικότερους πρόσθετους παράγοντες κινδύνου της κάθε ασθένειας. Επιλέχθηκαν να απεικονιστούν οι πέντε σημαντικότεροι παράγοντες λόγω του χωρικού περιορισμού που επιβάλλει η οθόνη και για την αποφυγή πολλών πληροφοριών και μη σχετικών με το θέμα των απεικονίσεων που θα μπορούσαν να τραβήξουν την προσοχή από αυτές.

Η βιβλιοθήκη που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του διαγράμματος είναι η D3 η οποία δίνει πολλές επιλογές διαγραμμάτων. Επιλέχθηκε η πληροφορία να απεικονιστεί σε μπάρες δημιουργώντας έτσι ένα στατιστικό διάγραμμα (bar charts ή barplot)⁴⁴. Κάθε ορθογώνια μπάρα αντιστοιχεί στο χαρακτηριστικό που περιέχει την τιμή, στη συγκεκριμένη περίπτωση θα είναι οι πέντε παράγοντες κινδύνου που θα αντιστοιχούν σε πέντε μπάρες. Το μέγεθος της μπάρας σε μήκος μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του χαρακτηριστικού. Είναι από τα πιο κοινά διαγράμματα που χρησιμοποιούνται και το πιο εύκολο να αντιληφθεί ο χρήστης αφού δε χρειάζεται ειδική προσπάθεια για να «διαβάσει» το διάγραμμα (Mackū 2020).

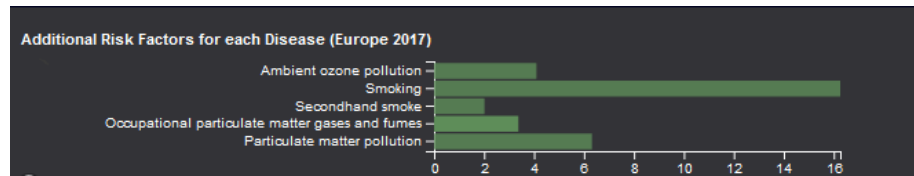
Για τις ανάγκες του διαγράμματος συλλέχθηκαν δεδομένα από το IHME που αφορούν τις τιμές των θανάτων και των DALYs για το σύνολο της Ευρώπης και για το έτος 2017, το τελευταίο έτος αναφοράς των ασθενειών. Τα δεδομένα αυτά εισήλθαν σε μορφή JSON στην JavaScript καθώς δεν υπάρχει χωρική πληροφορία και δε χρειάζεται να υπάρχει για την παραγωγή του στατιστικού διαγράμματος. Χωρίστηκαν σε δύο αρχεία JSON, το πρώτο αντιστοιχεί στους θανάτους και το δεύτερο στα DALYs. Κάθε στοιχείο περιέχει τον τύπο της μέτρησης (“measure”), την ασθένεια (“cause”), τον παράγοντα κινδύνου (“rei⁴⁵”) και τέλος την τιμή ανά 100,000 κατοίκους (“value”). Τα δύο αρχεία υλοποίησαν δύο διαφορετικά διαγράμματα λόγω της φύσης των τιμών τους – το εύρος του ενός διαφέρει από το εύρος του άλλου – και για την αποφυγή σύγχυσης του χρήστη. Από τεχνικής άποψης η δημιουργία του barplot περιλαμβάνει τον ορισμό των διαστάσεων των αξόνων, του περιβλήματος του και στη συνέχεια τη δημιουργία του SVG που θα εμφανίζεται στην ιστοσελίδα και στο οποίο θα εισέρχονται οι πληροφορίες από το αρχείο JSON.

Η έλλειψη χώρου ήταν από τους βασικότερους παράγοντες που καθόρισαν τις αποφάσεις σχετικά με το διάγραμμα. Αρχικά, το διάγραμμα υλοποιήθηκε σε οριζόντια μορφή λόγω των μεγάλων ονομάτων. Επιπλέον, τα δύο διαγράμματα για τις διαφορετικές μετρήσεις δεν παρουσιάζονται το ένα δίπλα στο άλλο αλλά εμφανίζονται και αποκρύπτονται για τη μείωση της απεικονιζόμενης πληροφορίας στην οθόνη. Αυτό επιτεύχθηκε με μια σειρά διαδραστικών ενεργειών που θα

⁴⁴ <https://www.d3-graph-gallery.com/barplot.html>

⁴⁵ Αποτελεί μια κωδικοποιημένη ονομασία από τον οργανισμό IHME, για τον παράγοντα που επηρεάζει τις ασθένειες εν γένη, που σχετίζεται με τέσσερις υπό-παράγοντες: risk (κίνδυνος), etiology (αιτιολογία), impairment (αναπηρία), injury (τραυματισμός), τα αρχικά των οποίων δημιουργούν την ονομασία.

αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο μαζί με όλες τις διαδραστικές λειτουργίες που πλαισιώνουν το διάγραμμα.



Εικόνα 4.33: Το διάγραμμα μπαρών ενδεικτικά για την ασθένεια «Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια» και για τη μέτρηση σε θανάτους ανά 100,000 κατοίκους.

4.6. Διαδραστικές λειτουργίες οπτικοποιήσεων

Η χαρτογραφική εφαρμογή, όπως μέχρι τώρα παρουσιάστηκε, περιλαμβάνει τρεις οπτικοποιήσεις. Οι δύο είναι χωρικές θεματικές απεικονίσεις ενώ η τρίτη είναι το στατιστικό διάγραμμα. Εάν οι οπτικοποιήσεις αυτές απομονωθούν μπορούν να ληφθούν υπόψιν ως στατικές. Όπως αναφέρθηκε όμως περιλαμβάνουν πολλά επίπεδα πληροφορίας. Ενδεικτικά αναφέρονται τα δύο επίπεδα μέτρησης των ασθενειών (deaths/DALYs), οι διαφορετικές ασθένειες, οι χρονικές διαφοροποιήσεις και άλλα. Για την απεικόνιση επομένως όλης της πληροφορίας σε μία μόνο ιστοσελίδα και με μέσο την οθόνη ενός υπολογιστή χρησιμοποιήθηκε ένα «εργαλείο» που όσο μειώνει τα προβλήματα του χώρου τόσο αύξανε τα πλεονεκτήματα της απεικόνισης πέρα από αυτό. Φυσικά, ο λόγος γίνεται για τη διαδραστικότητα η οποία, σε πρώτο επίπεδο, κατάφερε να «χωρέσει» στην απεικόνιση όλη την πληροφορία που χρειαζόταν ώστε το θέμα που προσεγγίζει να είναι ολοκληρωμένο.

Ταυτόχρονα, η διαδραστικότητα έγινε αρωγός στη σύγκριση μεταξύ των δύο χαρτών. Επειδή, οι δύο απεικονίσεις που συγκρίνονται δεν είναι του ίδιου είδους, όσον αφορά τη θεματική χαρτογραφική προσέγγιση – ο ένας είναι χωροπληθής χάρτης ενώ ο άλλος ισαριθμικός –, η διαδραστικότητα βοήθησε στην επίτευξη των πρόσθετων ενεργειών ώστε να συγκρίνονται αριθμητικά δύο περιοχές και να αποκτούν οι απεικονίσεις δυναμικότητα. Η δυναμικότητα που αναφέρεται βοηθά τον χρήστη να βρει το ίδιο χωρικό σημείο και στους δύο χάρτες και να διατηρείται μια συσχέτιση μεταξύ των δύο χαρτών. Η σύγκριση έτσι γίνεται περισσότερο ακριβής.

Από μια άλλη οπτική, η διαδραστικότητα βοηθά τον χρήστη, πέρα από την ενίσχυση των θεματικών πληροφοριών που λαμβάνει, να αποκτήσει ενδιαφέρον, να αντιληφθεί περισσότερα και να ασχοληθεί παραπάνω με το χαρτογραφικό προϊόν. Όπως περιγράφηκε αναλυτικά στο Κεφάλαιο 2.3.1. «Χαρτογραφική διαδραστικότητα», οι διαδραστικές λειτουργίες ενισχύουν την οπτική αντίληψη των χρηστών για το θέμα που πραγματεύεται ο χάρτης αλλά και για τη χαρτογραφική του διάσταση. Παράλληλα, και μεταξύ άλλων πλεονεκτημάτων ο χρήστης προσελκύεται περισσότερο από τέτοιες εφαρμογές και έτσι αλληλεπιδρά με αυτές και αντιλαμβάνεται καλύτερα το αντικείμενο. Όλα τα παραπάνω συνετέλεσαν στην υιοθέτηση διαδραστικών τεχνικών και τη δημιουργία μιας διαδραστικής χαρτογραφικής εφαρμογής.

Σε τεχνικό επίπεδο, οι διαδραστικές λειτουργίες εάν μετρηθούν είναι εννέα. Κάθε λειτουργία όμως, δηλαδή κάθε αλληλεπίδραση του χρήστη μπορεί να προκαλεί αλλαγές σε περισσότερο του ενός στοιχεία του χάρτη και μάλιστα να απευθύνεται και σε διαφορετικές απεικονίσεις. Η πρώτη πηγή διαδραστικών λειτουργιών είναι τα μενού ελέγχου του κάθε χάρτη. Στην εικόνα 4.1 φαίνονται οι πέντε διαδραστικές λειτουργίες που σχετίζονται με την πρώτη πηγή. Έτσι, διαχωρίζονται οι λειτουργίες σε: σχετιζόμενες α) με τα δεδομένα υγείας και β) με την ατμοσφαιρική ρύπανση (PM10). Οι ενέργειες που συμβαίνουν στο μενού ελέγχου του πρώτου χάρτη προκαλούν αλλαγές στο περιεχόμενο του πρώτου χάρτη και στο στατιστικό διάγραμμα. Αντίθετα, οι αλλαγές στο μενού ελέγχου του δεύτερου χάρτη μεταβάλλουν το περιεχόμενο μόνο του δεύτερου χάρτη. Η δεύτερη πηγή διαδραστικότητας είναι τα ίδια τα θεματικά επίπεδα για κάθε απεικόνιση, δηλαδή οι επιφανειακές οντότητες του ισαριθμικού χάρτη, οι αντίστοιχες οντότητες του χωροπληθή και οι ορθογώνιες μπάρες του διαγράμματος. Η τρίτη και τελευταία πηγή σχετίζεται με το μέσο διαχείρισης του συνόλου της απεικόνισης που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το ποντίκι του ηλεκτρονικού υπολογιστή που εμφανίζεται η εφαρμογή και μεταβάλλει το γραφικό μέρος των δύο θεματικών απεικονίσεων – δεν προκαλεί αλλαγές στο διάγραμμα.

Πηγή Διαδραστικότητας	Διαδραστική Ενέργεια	Στοιχείο που μεταβάλλεται
Πρώτη πηγή: μενού ελέγχου κάθε χάρτη	Αλλαγή των πέντε ασθενειών	Θεματικό επίπεδο χάρτη 1 Υπομνήματα χάρτη 1 Διάγραμμα
	Αλλαγή του τρόπου μέτρησης (deaths/DALYs)	Θεματικό επίπεδο χάρτη 1 Διάγραμμα
	Χρονική μπάρα χάρτη 1	Θεματικό επίπεδο χάρτη 1
	Εμφάνιση/Απόκρυψη διαγράμματος	-
	Χρονική μπάρα χάρτη 2	Θεματικό επίπεδο χάρτη 2
	Δεύτερη πηγή: θεματικά επίπεδα	Αναδυόμενο παράθυρο χάρτη 1
	Αναδυόμενο παράθυρο χάρτη 2	-
	Αναδυόμενο παράθυρο διαγράμματος	-
Τρίτη πηγή: ποντίκι	zoom, pan, rotate	Μεγέθυνση, κέντρο και προσανατολισμός απεικόνισης

Πίνακας 4.1: Όλες οι διαδραστικές λειτουργίες της απεικόνισης ως προς την πηγή από την οποία προέρχονται και ως προς τα στοιχεία που μεταβάλλουν.

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται όλες οι διαδραστικές ενέργειες που επιτρέπονται στον χρήστη ανάλογα με την πηγή από την οποία προέρχονται και συμπληρώνονται με το στοιχείο ή τα στοιχεία που μεταβάλλουν. Όπως φαίνεται οι μόνες διαδραστικές λειτουργίες που δε μεταβάλλουν τα υπάρχοντα στον χάρτη στοιχεία και το περιεχόμενο τους είναι τα αναδυόμενα παράθυρα αφού αυτά δίνουν ένα πρόσθετο στοιχείο στην απεικόνιση που εμφανίζεται και εξαφανίζεται. Με την ίδια λογική η αρχική ενέργεια εμφάνισης και απόκρυψης του διαγράμματος δεν προκαλεί αλλαγή στο περιεχόμενο κάποιου στοιχείου μόνο επηρεάζει την ύπαρξη κάποιου στοιχείου, του διαγράμματος. Ωστόσο, το διάγραμμα ως οπτικοποίηση έχει περιεχόμενο που μεταβάλλεται από άλλα διαδραστικά εργαλεία αλλά αυτές οι μεταβολές είναι ορατές όταν αυτό είναι ανοιχτό. Επισημαίνεται ότι ως στοιχεία της απεικόνισης θεωρούνται τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων της (ιδιότητες θεματικών επιπέδων και ιδιότητες διαγράμματος) καθώς και το γραφικό της μέρος (κέντρο, μέγέθυνση και προσανατολισμός). Τέλος διευκρινίζεται ότι όλες οι ενέργειες ξεκινούν από τη χρήση του ποντικιού. Ωστόσο, η κατηγοριοποίηση σε τρεις πηγές εστιάζει στο δεύτερο επίπεδο των μέσων πρόκλησης αλλαγών και στο πέρασμα από το ποντίκι στην οθόνη του υπολογιστή. Η τρίτη πηγή ουσιαστικά παραμένει στο επίπεδο του ποντικιού του υπολογιστή από όπου ξεκίνησε.

Πρακτικά, η διαδραστικότητα επιτυγχάνεται όταν το στοιχείο της HTML «συνδεθεί» με τον κώδικα της JavaScript με τη βοήθεια «γεγονότων» (“events”). Το event είναι μια ενέργεια που συμβαίνει ως αποτέλεσμα της δράσης του χρήστη. Για τη σύνδεση των δύο γλωσσών προγραμματισμού και άρα την ύπαρξη διαδραστικότητας, τα events πραγματοποιούνται και διαχειρίζονται μέσα από διαδικασίες (event handlers). Οι event handlers επιτρέπουν τον προγραμματισμό των επιθυμητών ενεργειών μέσω JavaScript, και καλούνται από τους event listeners όταν μια ενέργεια συμβεί από τον χρήστη (π.χ. το κλικ του ποντικιού). Στα αποσπάσματα του κώδικα JavaScript που ακολουθούν παρουσιάζονται οι διαδραστικές λειτουργίες της εφαρμογής και διακρίνεται η σύνδεση που περιγράφηκε, όμως, σχετίζονται ενδεικτικά με ένα από τα στοιχεία που μεταβάλλουν.

Αρχικά, στην *Εικόνα 4.34*, παρουσιάζεται ο τρόπος δημιουργίας της διαδραστικής ενέργειας αλλαγής ασθενειών με το κλικ πάνω στον κύκλο-κουμπί κάθε ασθένειας. Οι κύκλοι αυτοί έχουν τη μορφή που διακρίνεται στο προσχέδιο της *Εικόνας 4.1*, και περιέχονται στο στοιχείο της HTML που ονομάστηκε “filters_cause”. Στο στοιχείο αυτό πραγματοποιείται το event από τον χρήστη και αυτό δίνει την εντολή να εκτελεστεί ο κώδικας μέσα στο event listener. Ο κώδικας ανάλογα με την ασθένεια στην οποία γίνεται το κλικ μετατρέπει σε ορατή την ιδιότητα του θεματικού επιπέδου που σχετίζεται με την εμφάνιση/απόκρυψή του. Με το ίδιο HTML στοιχείο (“filters_cause”) επιτυγχάνονται και αλλαγές στο υπόμνημα του χάρτη - αφού η ομαδοποίηση και το εύρος των τιμών για κάθε ασθένεια είναι διαφορετικές - και στο διάγραμμα - αφού για κάθε ασθένεια οι παράγοντες κινδύνου είναι διαφορετικοί.

Στα δεδομένα υγείας, λόγω των πολλών επιπέδων πληροφορίας, εφαρμόστηκαν φίλτρα στις ιδιότητές τους βάσει συγκεκριμένων τιμών. Οι τιμές της αρχικοποίησης που εφαρμόστηκαν στα φίλτρα πηγάζουν από το επιθυμητό οπτικό αποτέλεσμα στην αρχική οθόνη. Τα φίλτρα βοηθούν

στη μετέπειτα επιλογή και αλλαγή των τιμών ανάλογα με τη δράση του χρήστη και φαίνονται

```
document.getElementById('filters_cause').addEventListener('change', function(e) {
  var c = e.target.value;
  if (c === 'copd') {
    map2.setLayoutProperty('copd', 'visibility', 'visible');
    map2.setLayoutProperty('ischemic', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('lung', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('lower', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('stroke', 'visibility', 'none');
  } else if (c === 'ischemic') {
    map2.setLayoutProperty('ischemic', 'visibility', 'visible');
    map2.setLayoutProperty('stroke', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('copd', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('lung', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('lower', 'visibility', 'none');
  } else if (c === 'stroke') {
    map2.setLayoutProperty('ischemic', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('stroke', 'visibility', 'visible');
    map2.setLayoutProperty('copd', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('lung', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('lower', 'visibility', 'none');
  } else if (c === 'lower') {
    map2.setLayoutProperty('ischemic', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('stroke', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('copd', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('lung', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('lower', 'visibility', 'visible');
  } else if (c === 'lung') {
    map2.setLayoutProperty('ischemic', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('stroke', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('copd', 'visibility', 'none');
    map2.setLayoutProperty('lung', 'visibility', 'visible');
    map2.setLayoutProperty('lower', 'visibility', 'none');
  } else {
    console.log('error');
  }
});
```

στην *Εικόνα 4.35*.

Εικόνα 4.34: Απόσπασμα κώδικα JavaScript για τη διαδραστική λειτουργία αλλαγής των θεματικών επιπέδων των ασθενειών του χάρτη 1.

```
var filterMetric = ['match', ['get', 'metric'], 'Rate', true, false];
var filterYear = ['==', ['get', 'year'], 2000];
var filterMeasure = ['match', ['get', 'measure'], 'Deaths', true, false];
var filterRei = ['match', ['get', 'rei'], 'Particulate matter pollution', true, false];
```

Εικόνα 4.35: Τα φίλτρα που εφαρμόστηκαν στα δεδομένα υγείας. Τα φίλτρα του χρόνου (“filterYear”) και της μέτρησης (“filterMeasure”) είναι αυτά που θα αλλάζουν για χάρη των διαδραστικών λειτουργιών.

Με βάση και τα προαναφερθέντα φίλτρα, αλλαγή της μέτρησης των ασθενειών υλοποιείται με όμοιο τρόπο με την αλλαγή των ασθενειών ωστόσο η αλλαγή εφαρμόζεται στο φίλτρο και έτσι μεταφέρεται στα δεδομένα (*Εικόνα 4.36*). Τα φίλτρα βοηθούν στη σύνδεση των διάφορων αλλαγών στο ίδιο θεματικό επίπεδο όπως θα γίνει στη συνέχεια με την αλλαγή του χρόνου (*Εικόνα 4.37*), έτσι ώστε η μια αλλαγή να μην αναιρεί την άλλη να συνυπάρχουν όλες μαζί στο κοινό επίπεδο. Με παρόμοιο τρόπο η αλλαγή του event των ασθενειών από το ίδιο στοιχείο HTML μεταβάλλει τις τιμές και τη μορφή του διαγράμματος των μη χωρικών πληροφοριών.

```

//allagh measure (deaths/DALYs)
document.getElementById('filtersmeasure').addEventListener('change', function(e) {
  var cl = e.target.value;
  if (cl === 'deaths') {
    filterMeasure = ['match', ['get', 'measure'], 'Deaths', true, false];
  } else if (cl === 'dalys') {
    filterMeasure = ['match', ['get', 'measure'], 'DALYs (Disability-Adjusted Life Years)', true, false];
  } else {
    console.log('error');
  }
  map2.setFilter('copd', ['all', filterMetric, filterYear, filterMeasure, filterRei]);
  map2.setFilter('lung', ['all', filterMetric, filterYear, filterMeasure, filterRei]);
  map2.setFilter('lower', ['all', filterMetric, filterYear, filterMeasure, filterRei]);
  map2.setFilter('ischemic', ['all', filterMetric, filterYear, filterMeasure, filterRei]);
  map2.setFilter('stroke', ['all', filterMetric, filterYear, filterMeasure, filterRei]);
});

```

Εικόνα 4.36: Αλλαγή του τύπου μέτρησης των ασθενειών με το αποτέλεσμα από το συγκεκριμένο απόσπασμα κώδικα να είναι ορατό στα θεματικά επίπεδα των ασθενειών.

```

document.getElementById('slider').addEventListener('input', function(e) {
  var year = parseInt(e.target.value);
  filterYear = ['=', ['get', 'year'], year];
  map2.setFilter('lung', ['all', filterMetric, filterYear, filterMeasure, filterRei]);
  map2.setFilter('lower', ['all', filterMetric, filterYear, filterMeasure, filterRei]);
  map2.setFilter('ischemic', ['all', filterMetric, filterYear, filterMeasure, filterRei]);
  map2.setFilter('stroke', ['all', filterMetric, filterYear, filterMeasure, filterRei]);
  map2.setFilter('copd', ['all', filterMetric, filterYear, filterMeasure, filterRei]);
  document.getElementById('active-year').innerText = year;
});

```

Εικόνα 4.37: Αλλαγή της μπάρας του χρόνου (timeslider) για τα θεματικά επίπεδα των ασθενειών και ταυτόχρονη αλλαγή του κειμένου του έτους στο HTML στοιχείο.

Από την άλλη πλευρά για το επίπεδο των περιβαλλοντικών πληροφοριών, ο χρόνος μεταβάλλεται με την επίτευξη του κλικ πάνω σε κύκλους-κουμπιά και όχι με μπάρα χρόνου αφού οι τιμές του δεν ήταν συνεχόμενες αλλά διακριτές (Εικόνα 4.38). Για τον ίδιο χάρτη, παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.39, η δημιουργία ενός αναδυόμενου παραθύρου με το κλικ επάνω σε κάθε πολυγωνική οντότητα του επιπέδου που βρίσκεται στην οθόνη την εκάστοτε στιγμή. Με τον ίδιο τρόπο υλοποιήθηκαν τα αναδυόμενα παράθυρα για τα θεματικά επίπεδα των ασθενειών αλλά και του διαγράμματος.

```

document.getElementById('filters_year_pm').addEventListener('change', function(e) {
var m = e.target.value;
if (m === '2005') {
    map.setLayoutProperty('pm2005', 'visibility', 'visible');
    map.setLayoutProperty('pm2007', 'visibility', 'none');
    map.setLayoutProperty('pm2010', 'visibility', 'none');
    map.setLayoutProperty('pm2013', 'visibility', 'none');
} else if (m === '2007') {
    map.setLayoutProperty('pm2005', 'visibility', 'none');
    map.setLayoutProperty('pm2007', 'visibility', 'visible');
    map.setLayoutProperty('pm2010', 'visibility', 'none');
    map.setLayoutProperty('pm2013', 'visibility', 'none');
} else if (m === '2010') {
    map.setLayoutProperty('pm2005', 'visibility', 'none');
    map.setLayoutProperty('pm2007', 'visibility', 'none');
    map.setLayoutProperty('pm2010', 'visibility', 'visible');
    map.setLayoutProperty('pm2013', 'visibility', 'none');
} else if (m === '2013') {
    map.setLayoutProperty('pm2005', 'visibility', 'none');
    map.setLayoutProperty('pm2007', 'visibility', 'none');
    map.setLayoutProperty('pm2010', 'visibility', 'none');
    map.setLayoutProperty('pm2013', 'visibility', 'visible');
} else {
    console.log('error');
}
});

```

Εικόνα 4.38: Η αλλαγή του θεματικού επιπέδου του χάρτη 2 βάσει του χρόνου.

```

map.on('click', 'pm2005', function(g) {
    new mapboxgl.Popup()
        .setLngLat(g.lngLat)
        .setHTML("Average PM10 value: " + Math.round((g.features[0].properties.PM_AVG05) * 100) / 100 + " µg/m^3")
        .addTo(map);
});
map.on('mouseenter', 'pm2005', function() {
    map.getCanvas().style.cursor = 'pointer';
});
map.on('mouseleave', 'pm2005', function() {
    map.getCanvas().style.cursor = '';
});

```

Εικόνα 4.39: Η δημιουργία αναδύομενου παραθύρου με το κλικ επάνω σε κάθε πολυγωνική οντότητα των θεματικών επιπέδων του χάρτη 2.

Τελευταία, διαδραστική λειτουργία που παρουσιάζεται είναι το κουμπί εμφάνισης και απόκρυψης του διαγράμματος (Εικόνα 4.40).

```

function chart_occur() {
var x = document.getElementById("console_chart");
if (x.style.display === "none") {
    x.style.display = "block";
} else {
    x.style.display = "none";
}
}

```

Εικόνα 4.40: Ο κώδικας εμφάνισης και απόκρυψης του διαγράμματος.

Από την πλευρά της κατηγοριοποίησης των διαδραστικών λειτουργιών βάσει τις βιβλιογραφίας που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 2.3.2. τα συμπεράσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια της παραγράφου. Η αλληλεπίδραση επιτυγχάνεται τόσο με το γραφικό μέρος της διεπαφής όσο και με τα χαρακτηριστικά των δεδομένων (Τζελέπης κ.ά. 2014). Οι μεταβολές στη μεγέθυνση, τη

μετακίνηση και τον προσανατολισμό είναι παραδείγματα αλληλεπίδρασης με το γραφικό μέρος ενώ οι αλλαγές των θεματικών επιπέδων μέσω του φιλτραρίσματος αποτελούν αλληλεπίδραση με τα χαρακτηριστικά. Όσον αφορά τις κατηγορίες του Kraak (2001) οι λειτουργίες της εφαρμογής κατατάσσονται και στις τρεις ομάδες δηλαδή οι επιλογές του αντικειμένου έχουν χαρακτηρη γεωγραφικό, χρονικό ή χαρακτηριστικών καθώς επάνω στον χάρτη επιλέγεται η θέση μιας οντότητας (π.χ. κλικ για την ανάδυση παραθύρου), επιλέγεται ο χρόνος (π.χ. χρονική μπάρα) ή επιλέγονται τιμές πάνω σε κάποιο διάγραμμα (π.χ. ύπαρξη διαγράμματος μη χωρικών στοιχείων). Οι λειτουργίες διαδραστικότητας που εμφανίζονται στην εφαρμογή είναι η πλοήγηση που συμπίπτει με την αλληλεπίδραση με το γραφικό μέρος της εφαρμογής, το φιλτράρισμα αντικειμένων και η διαχείριση των δεδομένων που συμπίπτουν με την αλληλεπίδραση με τα χαρακτηριστικά των δεδομένων του χάρτη. Τέλος, σε ότι αφορά τις χωροχρονικές μεταβολές (Andrienko κ.ά. 2003), οι αλλαγές στη μπάρα του χρόνου για τον 1^ο χάρτη και η αλλαγή βάσει της ημερομηνίας για τον 2^ο χάρτη, μεταβάλλουν τις θεματικές ιδιότητες των στοιχείων της απεικόνισης και δεν προκαλούν μεταβολές στην ύπαρξη ή τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά.

Ολοκληρώνοντας, παρουσιάστηκαν όλα τα τεχνικά και πρακτικά χαρακτηριστικά των διαδραστικών ενεργειών της εφαρμογής καθώς και οι λόγοι που επιλέχθηκαν. Η θεωρητική κατηγοριοποίηση συμπληρώνει την ανάλυση της διαδραστικότητας. Μετά και την εφαρμογή της χαρτογραφικής αυτής παραμέτρου η θεματική διαδικτυακή απεικόνιση είναι έτοιμη για παρουσίαση και χρήση.

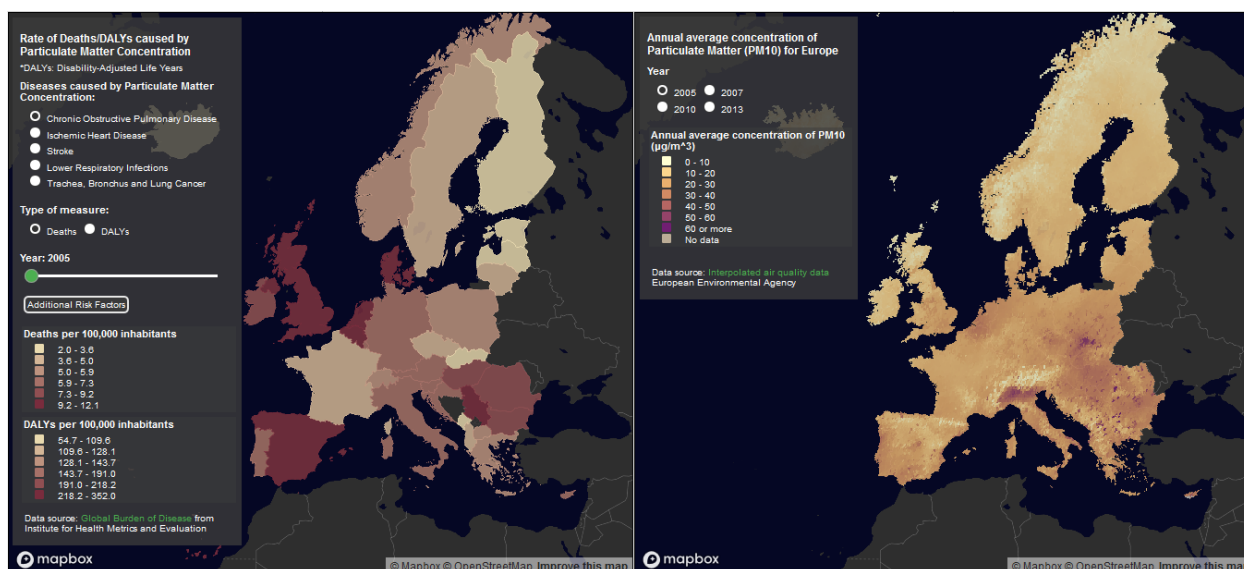
Κεφάλαιο 5: Παρουσίαση εφαρμογής

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η ολοκληρωμένη διαδικτυακή εφαρμογή. Με τη βοήθεια του γραφικού της περιβάλλοντος παρουσιάζονται και οπτικά όλες οι λειτουργίες και τα είδη των απεικονίσεων που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 4.

5.1. Αρχική οθόνη

Η εφαρμογή “AmbientHealth”⁴⁶ ξεκινά με την οθόνη έναρξης που φαίνεται στην *Εικόνα 5.1*. Η αρχική οθόνη, τόσο στα μενού ελέγχου όσο και στις απεικονίσεις, περιέχει επιλεγμένες τις προκαθορισμένες επιλογές και προβάλλει τα θεματικά επίπεδα των προεπιλεγμένων αυτών τιμών. Στα δύο μενού διακρίνονται οι τίτλοι των απεικονίσεων σε αγγλική γλώσσα και όλες οι επιλογές που μπορεί να κάνει ο χρήστης.

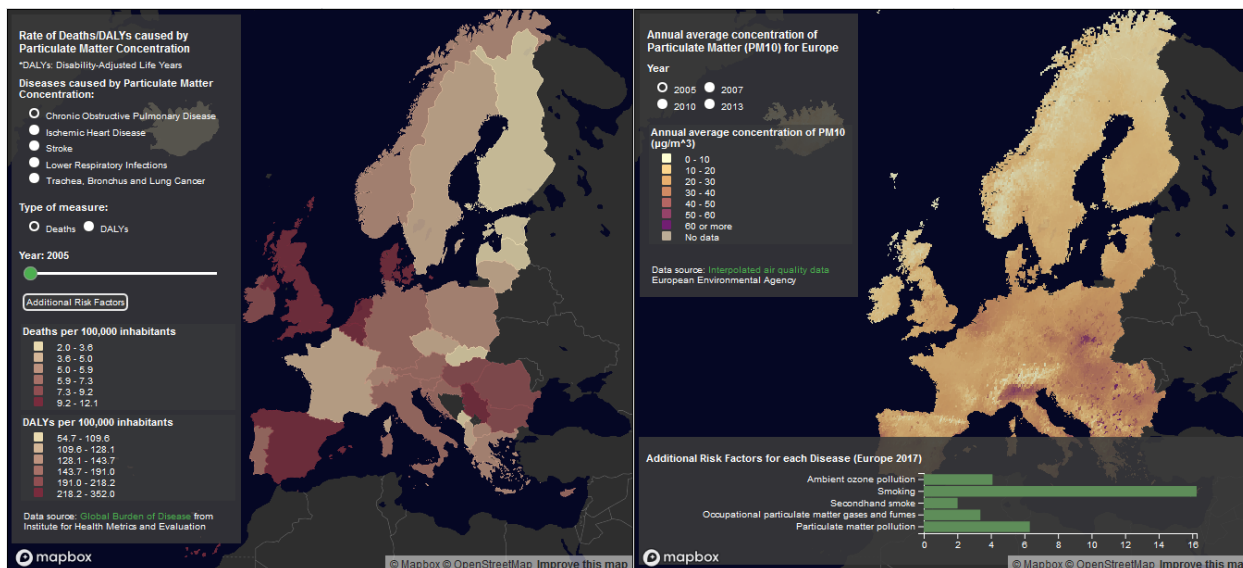
Επιπλέον, φαίνονται τα υπομνήματα των δύο χαρτών στα αντίστοιχα μενού. Ο πρώτος χάρτης, στο αριστερό μέρος της οθόνης, περιλαμβάνει δύο υπομνήματα που αντιστοιχούν στην επιλογή του τύπου μέτρησης του μεγέθους του φαινομένου που απεικονίζει ο χάρτης (deaths/DALYs). Με την αλλαγή της επιλογής της ασθένειας εκτός από τις αλλαγές στην απεικόνιση αλλάζουν και οι τιμές στα δύο υπομνήματα, αφού η ομαδοποίηση των δεδομένων και το εύρος των τιμών τους είναι διαφορετικά για κάθε ασθένεια. Το υπόμνημα του χάρτη στο δεξιά μέρος της οθόνης παραμένει σταθερό με κάθε αλλαγή.



Εικόνα 5.1: Η αρχική οθόνη της εφαρμογής

⁴⁶ <http://cybercarto.ntua.gr/AmbientHealth.html>

Το στατιστικό διάγραμμα που αναφέρθηκε ήδη από την αρχική αρχιτεκτονική διάταξη της σελίδας δεν απεικονίζεται στην αρχική οθόνη. Οι λόγοι είναι η οπτική ισορροπία που επιδιώκεται να υπάρχει στην οθόνη έναρξης και ο περιορισμένος χώρος αυτής. Το διάγραμμα ενεργοποιείται από το κουμπί “Additional Risk Factors” της κονσόλας του πρώτου χάρτη και τότε η οθόνη έχει τη μορφή της *Εικόνας 5.2*.



Εικόνα 5.2: Η οθόνη της εφαρμογής μετά την ενεργοποίηση του διαγράμματος με το κλικ στην επιλογή “Additional Risk Factors”.

Οι πρόσθετες ενέργειες που μπορεί να επιτελέσει ο χρήστης και δεν είναι ορατές στην αρχική οθόνη της εφαρμογής είναι οι ενέργειες πλοήγησης. Πιο συγκεκριμένα ο χρήστης μπορεί με τη βοήθεια του ποντικιού του ηλεκτρονικού υπολογιστή που χρησιμοποιεί να κάνει μεγέθυνση/σμίκρυνση, να μετακινήσει την απεικόνιση ακόμα και να αλλάξει τον προσανατολισμό της.

Στην *Εικόνα 5.7* εμφανίζεται το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής, μετά από αλλαγές σε κάθε λειτουργία από τον χρήστη. Οι λειτουργίες αναλύονται στα επόμενα κεφάλαια.

5.2. Τα μενού ελέγχου

Τα μενού ελέγχου ή αλλιώς κονσόλες είναι δύο και αντιστοιχούν στις δύο απεικονίσεις. Περιλαμβάνουν όλες τις ενέργειες που μπορεί να επιτελέσει ο χρήστης συμπληρώνοντας τις διαδραστικές ενέργειες της πλοήγησης που επιτυγχάνει ο ίδιος με το ποντίκι του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Για την πρώτη κονσόλα (Εικόνα 5.3) ξεκινώντας από το επάνω μέρος της, διακρίνεται ο τίτλος της απεικόνισής της. Συνεχίζοντας προς τα κάτω, περιλαμβάνονται όλες οι διαδραστικές λειτουργίες και συγκεκριμένα: η αλλαγή της ασθένειας που απεικονίζεται από μια λίστα πέντε ασθενειών, η αλλαγή του τύπου μέτρησης με την επιλογή ενός εκ των δύο τύπων, η χρονική μπάρα και τέλος η εμφάνιση/απόκρυψη του υπομνήματος. Ακολουθούν τα δύο υπομνήματα και η κονσόλα ολοκληρώνεται με την αναγραφή της πηγής των ιατρικών δεδομένων, με τη μορφή ενός εξωτερικού συνδέσμου που είναι η ιστοσελίδα των δεδομένων.

Η δεύτερη κονσόλα (Εικόνα 5.4) περιλαμβάνει λιγότερες λειτουργίες. Αρχικά, εμφανίζονται οι τέσσερις ημερομηνίες που μπορεί να επιλέξει ο χρήστης ώστε να αλλάξει η δεύτερη απεικόνιση. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το υπόμνημα του χάρτη και ολοκληρώνεται το περιεχόμενο της κονσόλας με την αναγραφή της πηγής των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή του θεματικού χάρτη.

Όλη η διαδικασία των αλληλεπιδράσεων του χρήστη με τον χάρτη με την πληροφορία των θεματικών επιπέδων του χάρτη βρίσκεται στα δύο αυτά μενού ελέγχου. Οι αλλαγές γίνονται με το κλικ του ποντικιού επάνω στους κύκλους κάθε τιμής ή μεταφέροντας τον κύκλο της μπάρας του χρόνου για τον πρώτο χάρτη ή ακόμα με το κλικ επάνω στο κουμπί εμφάνισης/απόκρυψης του διαγράμματος.



Εικόνες 5.3 και 5.4: Τα μενού ελέγχου των δύο χαρτών στην αρχική τους κατάσταση.

Οι προκαθορισμένες τιμές που βρίσκονται σε κάθε δυνατή επιλογή στα δύο μενού ελέγχου είναι αυτές που απεικονίζονται στην αρχική οθόνη της εφαρμογής και φαίνονται στις Εικόνες 5.3 και 5.4. Για τον πρώτο χάρτη οι τιμές αυτές είναι:

- για την επιλογή της ασθένειας: Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια
- για την επιλογή του τύπου μέτρησης: Θάνατοι
- για τη χρονική μπάρα: 2005

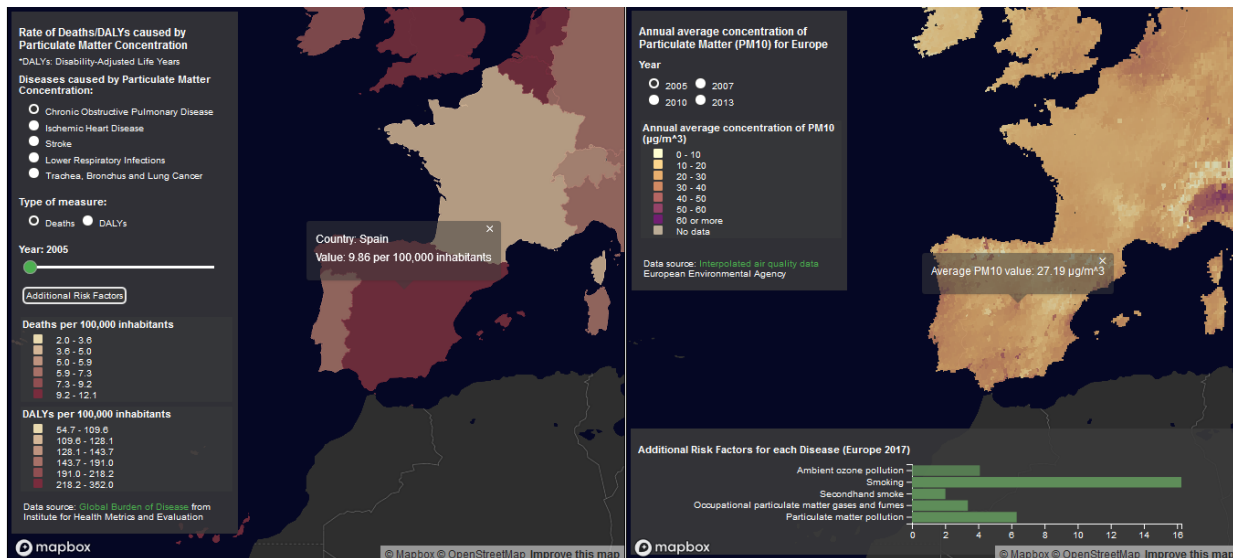
ενώ για τον δεύτερο χάρτη:

- για την επιλογή της ημερομηνίας: 2005.

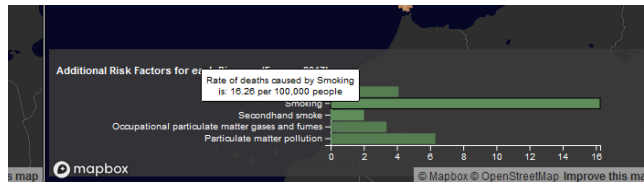
5.3. Αναδυόμενα παράθυρα

Οι λειτουργίες του χάρτη ολοκληρώνονται με τα αναδυόμενα παράθυρα κάθε οπτικοποίησης. Στην Εικόνα 5.5 παρουσιάζονται τα δυο ενεργοποιημένα αναδυόμενα παράθυρα για δύο περιοχές στους αντίστοιχους χάρτες. Το παράθυρο ενεργοποιείται όταν ο χρήστης επιλέξει ένα σημείο του θεματικού επιπέδου του εκάστοτε χάρτη. Με το «x» στο επάνω δεξιά μέρος του παραθύρου μπορούν να κλείσουν και πάλι τα παράθυρα.

Το περιεχόμενο των παραθύρων όπως φαίνεται και στην εικόνα είναι διαφορετικό για τις δύο απεικονίσεις. Το αναδυόμενο παράθυρο της χωροπληθούς απεικόνισης περιλαμβάνει το όνομα της χώρας στην οποία γίνεται το κλικ, με τη σήμανση “Country: ...”, και την τιμή αυτής για οποίες επιλογές έχουν γίνει στον χάρτη τη στιγμή του κλικ, με τη σήμανση “Value: ... per 100,000 inhabitants”. Το αναδυόμενο παράθυρο της ισαριθμικής απεικόνισης αντιστοιχεί σε κλικ μικρότερων χωρικά πολυγώνων (τετράγωνα 10x10 χιλιομέτρων) και περιλαμβάνει μόνο την τιμή για την επιλεγμένη ημερομηνία με την ένδειξη “Average PM10 value: ... $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ”.



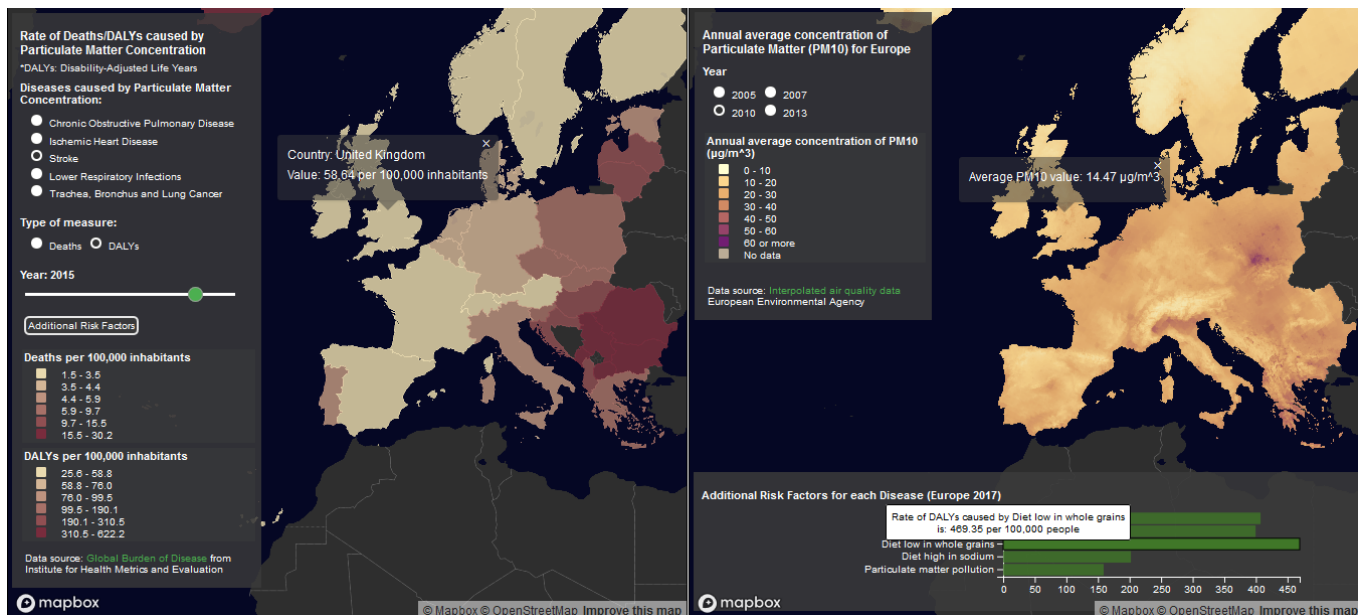
Εικόνα 5.5: Αναδυόμενα παράθυρα με το κλικ επάνω σε κάποια περιοχή των δύο χαρτών.



Εικόνα 5.6: Αναδυόμενο παράθυρο με την επαφή του κέρσορα του ποντικιού επάνω στις ράβδους του διαγράμματος.

Στην Εικόνα 5.6 παρουσιάζεται το λίγο διαφορετικό σε εμφάνιση και τρόπο αναπαραγωγής παράθυρο που αφορά το διάγραμμα ράβδων (barplot). Ο χρήστης μπορεί να εμφανίσει την πληροφορία του αναδυόμενου παραθύρου με το πέρασμα του κέρσορα επάνω από τις ράβδους του διαγράμματος χωρίς να απαιτείται το κλικ. Το παράθυρο εξαφανίζεται όταν ο κέρσορας φύγει από τη ράβδο. Το περιεχόμενο του παραθύρου αυτού είναι ο τύπος μέτρησης της ασθένειας (deaths/DALYs) που είναι επιλεγμένος, το όνομα του παράγοντα κινδύνου - στη ράβδο του οποίο βρίσκεται πάνω ο κέρσορας - και την τιμή αυτού για όποιες επιλογές συμβαίνουν στα δεδομένα του χάρτη τη στιγμή που ενεργοποιείται το παράθυρο. Η μορφή του περιεχομένου είναι: “Rate of ... caused by ... is: ... per 100,000 inhabitants”.

Επομένως, πέρα από τις αλλαγές που επιτυγχάνονται από το χρήστη μέσω της πρώτης κονσόλας στις ράβδους και τις τιμές του διαγράμματος, αυτός μπορεί και να εμφανίζει πρόσθετες πληροφορίες με το πέρασμα του κέρσορα επάνω από αυτό.



Εικόνα 5.7: Η εφαρμογή μετά από κάθε δυνατή αλλαγή από τον χρήστη. Απεικονίζονται τα DALYs για το έτος 2015 της ασθένειας «Εγκεφαλικό επεισόδιο» σε συνδυασμό με τη ρύπανση των PM10 για το έτος 2010. Είναι ενεργοποιημένο το διάγραμμα και τα τρία αναδυόμενα παράθυρα.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται όλα τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη δημιουργία της διαδικτυακής διαδραστικής θεματικής χαρτογραφικής εφαρμογής. Τα συμπεράσματα αυτά χωρίζονται στην αξιολόγηση του αποτελέσματος και στην παράθεση προτάσεων ώστε το εν λόγω αποτέλεσμα, που δεν είναι άλλο από τη χαρτογραφική εφαρμογή, να δεχθεί τις απαραίτητες βελτιώσεις μελλοντικά.

6.1. Αξιολόγηση εφαρμογής

Η εφαρμογή που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας έχει ως βασικό αντικείμενο την ανάδειξη δύο θεματικών απεικονίσεων σχετιζόμενων με πολυπαραγοντικά φαινόμενα που πλαισιώνονται με διαδραστικές λειτουργίες και πρόσθετα διαγράμματα. Το θέμα που πραγματεύεται η εφαρμογή είναι η συσχέτιση των δύο φαινομένων που απεικονίζει. Το πρώτο φαινόμενο αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση από μικροσωματίδια και το δεύτερο φαινόμενο είναι οι ασθένειες που επηρεάζονται από την εν λόγω ρύπανση. Η ύπαρξη δύο φαινομένων οδήγησε στην ανάγκη δημιουργίας μιας απεικόνισης που συσχετίζει τα δύο φαινόμενα μεταξύ τους. Η σύγκριση χαρτών ήταν και η λύση στο πρόβλημα της συσχέτισης. Η απόφαση του είδους των απεικονίσεων είχε άμεση σχέση με τη φύση των δεδομένων. Έτσι, επιλέχθηκαν οι χωροπληθείς χάρτες για να αναπαραστήσουν τα ιατρικά δεδομένα, που αναφέρονται στις Ευρωπαϊκές χώρες, και οι ισαριθμικοί χάρτες για να απεικονίσουν το συνεχές και εξομαλυσμένο φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η ύπαρξη πρόσθετων παραγόντων που επηρεάζουν και σχετίζονται με τα δύο αυτά φαινόμενα οδήγησε στην ενσωμάτωση διαδραστικών ενεργειών από την πλευρά του χρήστη καθώς και πρόσθετων διαγραμμάτων στατιστικού περιεχομένου για μια όσο γίνεται ολοκληρωμένη παρουσίαση του θέματος. Τέλος, η εφαρμογή πήρε το όνομα “AmbientHealth”⁴⁷ για να αναδειχθεί ο περιβαλλοντολογικός – “Ambient” (ατμοσφαιρικός) - και υγειονομικός της – “Health” (υγεία) – χαρακτήρας και φιλοξενείται στην διαδικτυακή σελίδα “cybercarto”⁴⁸ του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

6.1.1. Εργαλεία Υλοποίησης και Συλλογή Δεδομένων

Γενικά, για την υλοποίηση της εφαρμογής επιλέχθηκαν λογισμικά, λειτουργικά συστήματα, βιβλιοθήκες και εργαλεία που εντάσσονται στην κατηγορία ΕΛΑΚ ή οι δυνατότητες τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέχρι το σημείο που οι λειτουργίες τους είναι ελεύθερες. Μπορεί να υπάρχουν περιορισμοί σε κάποια από τα τεχνικά χαρακτηριστικά τέτοιων εργαλείων ή τις δυνατότητες που παρέχουν ωστόσο είναι εφικτό να δημιουργούνται εφαρμογές που περιέχουν όλα τα ζητούμενα στοιχεία για να είναι λειτουργικές και αποδοτικές. Το στάδιο αυξημένης δυσκολίας ήταν η επιλογή όλων των κατάλληλων εργαλείων αρχικά για τη σωστή και απαιτούμενη προεπεξεργασία των δεδομένων και στη συνέχεια για την οπτικοποίηση τους. Στα εργαλεία συμπεριλαμβάνονται τα πρόσθετα εργαλεία ή επεκτάσεις (plugins) των λογισμικών που

⁴⁷ <http://cybercarto.ntua.gr/AmbientHealth.html>

⁴⁸ <http://cybercarto.ntua.gr/>

χρησιμοποιήθηκαν. Η εύρεση των κατάλληλων επεκτάσεων για την εκτέλεση της γεωαναφοράς των δεδομένων ή την μετατροπή εικόνων από κανονικοποιημένα σε διανυσματικά αρχεία ήταν μια διαδικασία που απαιτήσε προσοχή, αναζήτηση και χρόνο.

Σε γενικές γραμμές όλα τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη γεωγραφική οπτικοποίηση των δεδομένων παρείχαν όλες τις βιβλιοθήκες που ήταν αναγκαίες στα πλαίσια της συγκεκριμένης υλοποίησης. Ωστόσο, σε ορισμένες λειτουργίες οι βιβλιοθήκες και τα εργαλεία αυτών, σε συνδυασμό με λιγότερο ανεπτυγμένες προγραμματιστικές γνώσεις, οδήγησαν σε μικρούς περιορισμούς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διαδραστική λειτουργία της επιλογής (click) ταυτόχρονα και στις δύο απεικονίσεις των δύο φαινομένων. Η βιβλιοθήκη του Mapbox δε διαθέτει προς το παρόν κάποια τέτοια λειτουργία καθώς το Mapbox είναι μια δυναμική πλατφόρμα που συνεχώς εξελίσσει τις παροχές και τα εργαλεία της ώστε να ανταποκρίνεται στις προκλήσεις της εποχής. Η έλλειψη αυτής της λειτουργίας ανάγκασε στην χρήση αναδυόμενων παραθύρων και στις δύο απεικονίσεις με αναγραφή της αντίστοιχης πληροφορίας. Άλλα στοιχεία που δεν υλοποιήθηκαν για τον ίδιο λόγο ήταν η ύπαρξη δύο υπομνημάτων στον πρώτο χάρτη και ένα στατιστικό διάγραμμα με ενδεικτική πληροφορία για το σύνολο της Ευρώπης.

Ένας ακόμα περιορισμός περισσότερο τεχνικού και λειτουργικού χαρακτήρα ήταν η φύση του προγράμματος Tippecanoe που μετατρέπει σε MBTILES τα διανυσματικά δεδομένα. Το πρόγραμμα αυτό, όπως έχει ήδη αναφερθεί στο Κεφάλαιο 4.2.5. εκτελείται μόνο σε λειτουργικό σύστημα Linux και η αναζήτηση του τρόπου εκτέλεσης του σε λειτουργικό σύστημα MS Windows ήταν άγνωστη και άρα χρονοβόρα διαδικασία.

Όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι ανοιχτά δεδομένα και ελεύθερα για λήψη. Το ζήτημα της εύρεσης δεδομένων ήταν από τα περισσότερο χρονοβόρα σημεία της εργασίας και άρα της υλοποίησης της διαδικτυακής εφαρμογής. Χωρίς τα δεδομένα δεν μπορεί να υπάρξει απεικόνιση παρά μόνο «κενές» από πληροφορία προσπάθειες. Οι πολυάριθμες ιστοσελίδες ανοιχτών δεδομένων στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν διαθέτουν τη μορφή των δεδομένων που είναι κατάλληλη, είτε από άποψη περιεχομένου των δεδομένων είτε από άποψη κατάλληλης χωρικής αναφοράς. Τα χωρικά δεδομένα σπανίζουν στις διαδικτυακές πηγές και έτσι η γεωαναφορά είναι σημαντική και χρήσιμη. Η επεξεργασία των δεδομένων πριν τη χρήση είναι αναπόφευκτη διαδικασία και επιλέχθηκαν οι καταλληλότερες πηγές που συνδύαζαν όλα τα ζητούμενα για την εν λόγω θεματολογία και τις ανάγκες της εφαρμογής.

Για την επιλογή των κατάλληλων δεδομένων σημαντική ήταν και η ανάγκη σύγκρισης δύο φαινομένων. Τα δύο σύνολα δεδομένων που επιλέχθηκαν έπρεπε να διαθέτουν χαρακτηριστικά κοινά, πρωτίστως γεωγραφική κοινή βάση και δεύτερον χρονική συσχέτιση με την έννοια της χρονικής υστέρησης. Η χρονική υστέρηση περιγράφεται ως η μακροχρόνια έκθεση (“long-term exposure” ή “chronic exposure”) στην ρύπανση από μικροσωματίδια που επιφέρει προβλήματα υγείας στον εκτιθέμενο μετά από κάποιους μήνες ή χρόνια. Το σημείο αυτό της χρονικής υστέρησης θέτει έναν περιορισμό στην σύγκριση των δύο φαινομένων, με άλλα λόγια δεν θα πρέπει να συγκρίνονται δύο κοινά έτη καθώς ο αντίκτυπος στις ασθένειες δεν θα αναφέρεται στο ίδιο έτος μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Μετά από την αναζήτηση σε πολυάριθμες

διαδικτυακές σελίδες από δημόσιους φορείς, τόσο για γεωχωρικά όσο και μη χωρικά δεδομένα, σε παγκόσμια κλίμακα ή και εθνικούς φορείς, κατέστη εφικτό να συνδυάζονται όλα τα επιθυμητά στοιχεία, και φυσικά δύο φαινόμενα με παράγοντες που αλληλεπιδρούν – ένας παράγοντας ρύπανσης να προκαλεί έξαρση κινδύνων δημόσιας υγείας.

6.1.2. Λειτουργικότητα

Η λειτουργικότητα της εφαρμογής «απαντά» στα ερωτήματα «πως δημιουργήθηκε» και «ποιος θα τη χρησιμοποιήσει». Στην πραγματικότητα πρόκειται για τον συνδυασμό των δύο αυτών πτυχών καθώς ο χρήστης, όπως εκτενώς αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 2.3.1. «Χαρτογραφική Διαδραστικότητα», είναι θεμελιώδης παράγοντας μια διαδραστικής εφαρμογής χαρτογραφικού χαρακτήρα. Ο τρόπος δημιουργίας της εφαρμογής είναι αυτός που καθορίζει τη μορφή της και ο χρήστης είναι αυτός που αλληλεπιδρά με αυτήν. Το αν επιτυγχάνεται η αλληλεπίδραση αυτή καθορίζει και τη λειτουργικότητα του αποτελέσματος. Η σχέση του χρήστη με την εφαρμογή είναι αμφίδρομη, όπως περιέγραψε ο Roth (2013), και αυτό είναι απαιτούμενο για να γίνονται οι αλλαγές σε όλες τις πλευρές τα χαρτογραφικής απεικόνισης.

Ο νέος στόχος του χάρτη είναι να ξεπεράσει τον ρόλο του ως επικοινωνιακό εργαλείο και να στοχεύει στην οπτική αντίληψη του χρήστη (Kraak, 2001). Η επίτευξη αυτού του στόχου μετατρέπει τον χάρτη σε μια οπτικοποίηση, χωρικού χαρακτήρα, η οποία εξυπηρετείται από την ύπαρξη διαδραστικότητας. Η συγκεκριμένη εφαρμογή διαθέτει ποικιλία από εργαλεία διαδραστικής χαρτογράφησης τα οποία υιοθετήθηκαν ώστε να ξεπεραστεί το πρόβλημα του μεγάλου όγκου πληροφορίας που ήταν επιθυμητό να απεικονιστεί. Ιδιαίτερα για τα ιατρικά δεδομένα η ύπαρξη πολλών ασθενειών, πρόσθετων παραγόντων, χρονικής διαφοροποίησης των τιμών – ένα δυναμικό επομένως φαινόμενο - και διαφορετικών τύπων μέτρησης έπρεπε να «συμπυκωθεί» σε μία απεικόνιση. Χωρίς τη διαδραστικότητα αυτό θα ήταν αν όχι ακατόρθωτο αρκετά πολύπλοκο και από πλευράς υλοποίησης της εφαρμογής και από πλευράς κατανόησης από τον χρήστη. Η ύπαρξη διαδραστικών εργαλείων επέτρεψε την απεικόνιση πολλών πληροφοριών σε λίγο χώρο.

Στο σύνολο οι θεματικοί χάρτες της εφαρμογής οι οποίοι δεν είναι ορατοί ταυτόχρονα αλλά εμφανίζονται και εξαφανίζονται με τις επιλογές του χρήστη είναι 134, ένα νούμερο που υποδεικνύει ότι χωρίς την ύπαρξη διαδραστικότητας οι περιορισμοί θα ήταν καθοριστικοί και ίσως απαγορευτικοί για την υλοποίηση της. Στις οπτικοποιήσεις αυτές προστίθεται και το στατιστικό διάγραμμα ράβδων.

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλληλεπιδρά με τα εργαλεία αυτά και να προκαλεί αλλαγές στους χάρτες της εφαρμογής. Οι αλλαγές από την πλευρά του χρήστη γίνονται στα θεματικά επίπεδα των δύο σε παράταξη απεικονίσεων αλλάζοντας τα ήδη απεικονιζόμενα επίπεδα πληροφορίας αλλά και εμφανίζοντας πλαίσια πληροφορίας που δεν υπήρχαν πριν από κάποια ενέργεια του χρήστη.

Η εναλλαγή των ασθενειών αποκαλύπτει πληροφορίες που δεν είναι γνωστές στον χρήστη από την οθόνη έναρξης. Το ίδιο συμβαίνει και με την αλλαγή στον τρόπο μέτρησής τους. Η χρονική μπάρα εάν συρθεί συνεχόμενα από τα παλαιότερα έτη στα νεότερα (από το 2005 στο 2017) δημιουργεί μια εικόνα συνεχόμενης αλλαγής κάνοντας τον χρήστη να αντιλαμβάνεται καλύτερα τις χρονικές αλλαγές του περιεχομένου. Αυτό δεν μπορεί να γίνει για τη χρονική αλληλουχία του χάρτη της περιβαλλοντικής ρύπανσης λόγω της απουσίας ενδιάμεσων ημερομηνιών και του διαφορετικού τρόπου αλλαγής τους – οι ημερομηνίες αυτές αλλάζουν με το κλικ και όχι με χρονική μπάρα. Ωστόσο και πάλι, εάν ο χρήστης όταν κοιτά τον δεύτερο χάρτη μεμονωμένα μπορεί να καταλάβει με τις εναλλαγές των ετών τις αλλαγές που γίνονται σε επίπεδο ρύπανσης τις ατμόσφαιρας στις διάφορες περιοχές της Ευρώπης.

Ο θεματικός σκοπός της εφαρμογής είναι η σύγκριση των δύο φαινομένων μέσω δύο διαφορετικών θεματικών απεικονίσεων που αντιπροσωπεύουν τα δύο αυτά φαινόμενα. Η σύγκριση έχει αρωγό τη διαδραστικότητα και συγκεκριμένα την εμφάνιση πρόσθετων στοιχείων στην απεικόνιση μαζί με τις ενέργειες πλοήγησης που είναι κοινές για τους δύο χάρτες. Τη σύγκριση επομένως βοηθούν τα αναδυόμενα παράθυρα πληροφοριών που δίνουν αριθμητικές τιμές των δύο φαινομένων και έτσι ο χρήστης μπορεί να κατατάξει στα υπομνήματα με μεγαλύτερη ασφάλεια τα μεγέθη από περιοχή σε περιοχή του ίδιου χάρτη και ταυτόχρονα να αντιληφθεί τη διαφορά, όχι μόνο μέσω των διαφορετικών χρωματικών εντάσεων αλλά και αριθμητικά, μεταξύ περιοχών από χάρτη σε χάρτη. Η μετακίνηση και η μεγέθυνση περιοχών βοηθά στο να «έρθουν πιο κοντά» και να επικεντρωθεί το βλέμμα στις επιθυμητές υπό σύγκριση περιοχές.

Επιπλέον, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιεί, όποτε εκείνος επιλέγει, το διάγραμμα πρόσθετων παραγόντων κινδύνου έτσι ώστε να αποκτά μια καλύτερη και ευρύτερη εικόνα του θέματος του φαινομένου και να μην του δημιουργείται η εσφαλμένη άποψη ότι οι ασθένειες που απεικονίζονται σχετίζονται αποκλειστικά και μόνο με τη ρύπανση από μικροσωματίδια.

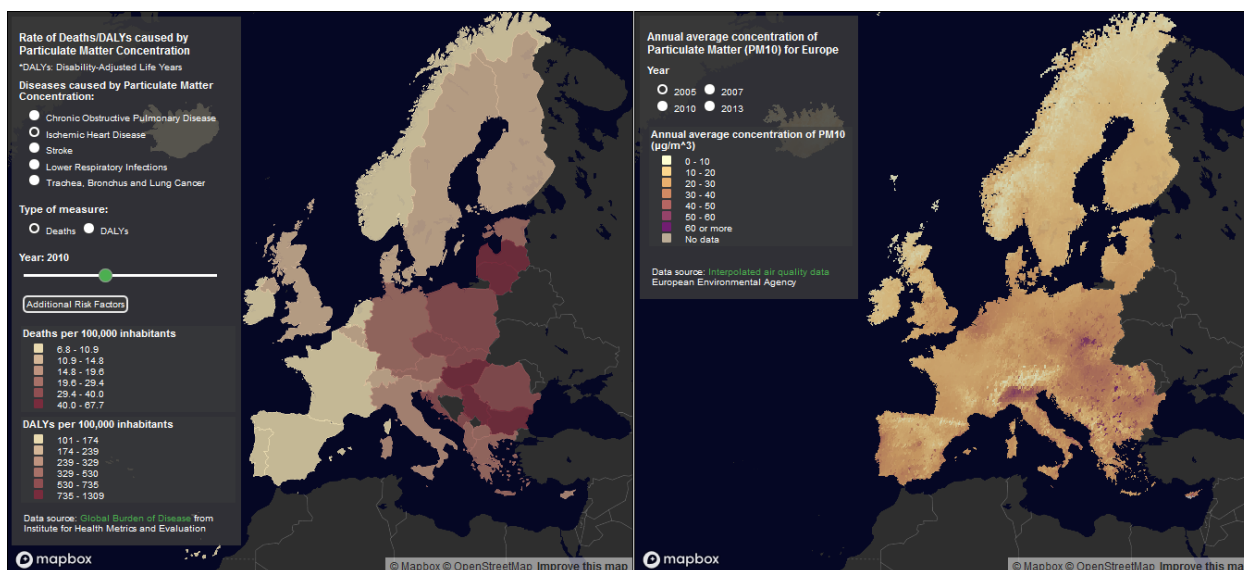
Όλες οι παραπάνω ενέργειες μετατρέπουν τη χαρτογραφική εφαρμογή από ένα απλό στατικό μέσο αναπαράστασης σε εργαλείο επικοινωνίας του χρήστη με τον χάρτη. Ο χρήστης επιδρά στην εφαρμογή, προκαλεί αλλαγές, και η εφαρμογή του επιστρέφει την πληροφορία που ζητά. Η διαδραστικότητα βοηθά στο να ξεπεραστούν τα εμπόδια που θέτει ο χώρος, η ποικιλία πληροφοριών, η ύπαρξη δύο απεικονίσεων.

Το κοινό στο οποίο απευθύνεται η εφαρμογή είναι οι χρήστες που θα την διαχειριστούν. Επειδή η εφαρμογή είναι σε ευρωπαϊκή κλίμακα και για να αυξηθεί το εύρος του κοινού της επιλέχθηκε η γλώσσα των κειμένων και της πληροφορίας γενικότερα να είναι τα αγγλικά. Έτσι το κοινό δεν περιορίζεται σε εθνικό επίπεδο, ιδίως στην ελληνική γλώσσα, που θα έκανε λιγότερους χρήστες να είναι σε θέση να καταλάβουν το αντικείμενο της. Η εφαρμογή, επομένως, μπορεί να απευθύνεται σε όλους τους κατοίκους των Ευρωπαϊκών χωρών που απεικονίζονται στους χάρτες και οι οποίοι εκτίθενται σε επιβλαβείς για την υγεία παράγοντες ατμοσφαιρικής ρύπανσης και στους οποίους αναφέρονται οι μετρήσεις των θανάτων και των DALYs. Όπως ήδη αναφέρθηκε η εφαρμογή φιλοξενείται σε μια διαδικτυακή ιστοσελίδα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και

συγκεκριμένα για την ανάδειξη διαδικτυακών χαρτογραφικών έργων και εφαρμογών στα πλαίσια του Ελληνικού Ιδρύματος Έρευνας & Καινοτομίας⁴⁹ που ονομάζεται “cybercarto”⁵⁰.

6.1.3. Θεματολογία Εφαρμογής

Μια τελευταία πλευρά της αξιολόγησης της εφαρμογής σχετίζεται με το θεματικό αντικείμενο της συνολικής απεικόνισης. Το θέμα της εφαρμογής είναι η σύγκριση και η συσχέτιση της ρύπανσης από μικροσωματίδια με τις σχετιζόμενες με αυτήν ασθένειες από χώρα σε χώρα για την Ευρώπη. Από τις παραγόμενες απεικονίσεις και μέσα από τη σύγκριση των δύο χαρτών που την αποτελούν εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα δύο φαινόμενα είναι ανάλογα, δηλαδή οι μεγαλύτερες τιμές ατμοσφαιρικής ρύπανσης συμπίπτουν χωρικά με την αύξηση των θανάτων και των DALYs στις αντίστοιχες χώρες του χωροπληθή χάρτη. Επιπλέον, με βάση και τη χρονική συσχέτιση, τα δύο φαινόμενα έχουν παρόμοια δυναμικότητα. Με άλλα λόγια σε βάθος χρόνου η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης επιφέρει μείωση των θανάτων και των DALYs γενικότερα στην Ευρώπη και ειδικότερα από χώρα σε χώρα.

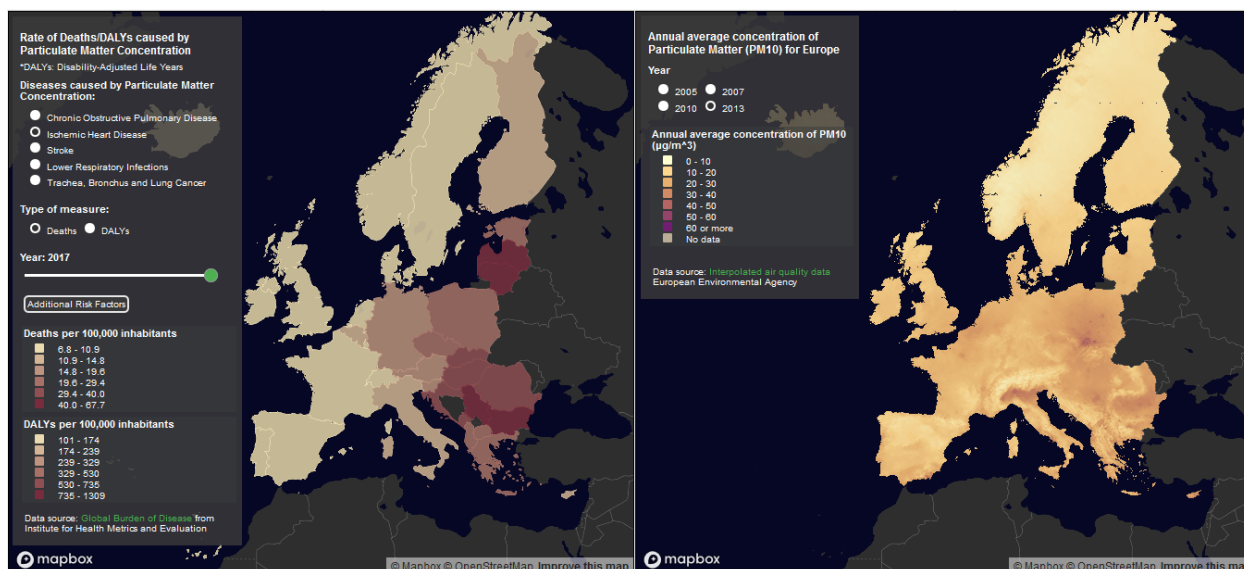


Εικόνα 6.1: Απεικόνιση της ασθένειας «Ισχαιμικό καρδιακό επεισόδιο» με τους θανάτους (2010) σε σύγκριση με την συγκέντρωση PM10 (2005).

Ενδεικτικά παρουσιάζεται το παράδειγμα της ασθένειας «Ισχαιμικό καρδιακό επεισόδιο» με τρόπο μέτρησης τους θανάτους ανά 100,000 κατοίκους. Στην Εικόνα 6.1 φαίνεται η απεικόνιση που παρουσιάζει τους θανάτους από την εν λόγω ασθένεια για το 2010 και για το έτος 2005 για την ατμοσφαιρική ρύπανση από PM10. Από τη σύγκριση του ισαριθμικού με τον χωροπληθή χάρτη προκύπτει ότι οι περιοχές με μεγαλύτερη συγκέντρωση PM10 αντιστοιχούν στις χώρες του χωροπληθή χάρτη με τις υψηλότερες τιμές ανθρώπων που έχασαν τη ζωή τους από Ισχαιμικό καρδιακό επεισόδιο. Μια πιο πρόσφατη απεικόνιση παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.2.

⁴⁹ <http://www.elidek.gr/>

⁵⁰ <http://cybercarto.ntua.gr/>



Εικόνα 6.2: Απεικόνιση της ασθένειας «Ισχαιμικό καρδιακό επεισόδιο» με τους θανάτους (2017) σε σύγκριση με την συγκέντρωση PM10 (2013)

Η σύγκριση των δύο εικόνων (Εικόνες 6.1 και 6.2) σε χρονικό επίπεδο δείχνει ότι συνολικά παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης PM10 από το 2005 (πρώτη απεικόνιση) στο 2013 (δεύτερη απεικόνιση). Το ίδιο συμβαίνει και με τους θανάτους για τις ημερομηνίες 2005 και 2017 των δύο απεικονίσεων αντίστοιχα με τη μείωση να είναι εμφανής στις περισσότερες χώρες. Για τη σύγκριση των δύο χαρτών της Εικόνας 6.2 ισχύει όπως και πριν ότι περιοχές με μικρή συγκέντρωση PM10 έχουν και μικρή αναλογία θανάτων ανά χώρα και όμοια για της υψηλότερες τιμές.

Αυτό ήταν ένα ενδεικτικό παράδειγμα που αντιπροσωπεύει την επιτυχημένη χωρική συσχέτιση των φαινομένων. Αυτό συμβαίνει για τις περισσότερες ασθένειες σε σχέση με τη ρύπανση από μικροσωματίδια με κάποιες εξαιρέσεις να παρουσιάζονται σε ορισμένες χώρες όπου η τιμή της συγκέντρωσης PM10 δεν «συμφωνεί» στην τιμή του δείκτη μέτρησης της ασθένειας από περιοχή σε περιοχή. Αυτό συμβαίνει επειδή οι θάνατοι και τα DALYs είναι φιλτραρισμένα με βάση της ρύπανση των μικροσωματιδίων αλλά όχι αποκλειστικά και μόνο των PM10. Οπότε η εμπλοκή και κάποιου άλλου δείκτη μπορεί να επηρεάζει την τιμή μέτρησης της ασθένειας και η συγκέντρωση του δείκτη αυτού να διαφοροποιείται από το PM10. Σε γενικές γραμμές, ωστόσο, η σύγκριση των φαινομένων υποδεικνύει ότι τα φαινόμενα σχετίζονται χωρικά για το συγκεκριμένο χωρικό πλαίσιο.

Τα δύο φαινόμενα παρουσιάζουν χρονική υστέρηση ως προς τη θεματολογία τους. Όπως ήδη αναφέρθηκε από το Κεφάλαιο 6.1.1. η υστέρηση αυτή παίζει σημαντικό ρόλο και στη σύγκριση των δεδομένων και γενικά θα πρέπει να αποφεύγεται η σύγκριση κοινών ετών για τα δύο φαινόμενα. Για τον λόγο αυτό και τα παραδείγματα των παραπάνω εικόνων (Εικόνες 6.1 και 6.2) δείχνουν τη ρύπανση για μια συγκεκριμένη ημερομηνία αλλά τον αντίκτυπο στις ασθένειες για κάποια χρόνια αργότερα από το έτος μέτρησης του PM10.

6.2. Προτάσεις βελτίωσης

Η αξιολόγηση της εφαρμογής φέρνει στο προσκήνιο ορισμένα στοιχεία, η προσθήκη των οποίων θα αναβάθμιζε το χαρτογραφικό αποτέλεσμα. Τα στοιχεία αυτά έχουν χαρακτήρα τεχνικό, αναφέρονται δηλαδή στα εργαλεία και τις λειτουργίες των προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και στο προγραμματιστικό μέρος της εφαρμογής, καθώς και θεματικό, με την έννοια του θέματος που πραγματεύεται η εφαρμογή και των πληροφοριών που παρέχει.

Από τεχνικής άποψης, η προσθήκη κάποιων λειτουργιών θα έκανε την απεικόνιση ακόμα περισσότερο λειτουργική. Ταυτόχρονα θα απεικόνιζε στην οθόνη τα περισσότερα απαραίτητα στοιχεία ανάλογα με τις επιλογές του χρήστη. Αρχικά, η λειτουργία που θα αναβάθμιζε τη λειτουργικότητα της εφαρμογής είναι η ταυτόχρονη επιλογή και επισήμανση του ίδιου γεωγραφικού σημείου στους δύο χάρτες ώστε να ενισχύεται η σύγκριση δύο περιοχών διαφορετικής απεικόνισης. Επιπλέον, στα τεχνικά στοιχεία συγκαταλέγεται η εμφάνιση ενός υπομνήματος στον πρώτο χάρτη και όχι δύο που αντιστοιχούν σε κάθε τύπο μέτρησης. Με την επιλογή του τύπου μέτρησης από τον χρήστη είναι επιθυμητό να υπάρχει ένα μόνο υπόμνημα που να αντιστοιχεί στην απεικόνιση που είναι ενεργή τη συγκεκριμένη στιγμή. Με τον τρόπο αυτό γίνεται καλύτερη διαχείριση του χώρου της οθόνης ενώ παράλληλα ο αναγνώστης δεν χρειάζεται να αντιστοιχίσει τον χάρτη που βλέπει με ένα εκ των δύο υπομνημάτων μειώνοντας το ενδεχόμενο εσφαλμένων συμπερασμάτων.

Από άποψη θεματολογίας, ο εμπλουτισμός της απεικόνισης με περαιτέρω πληροφορίες θα παρείχε μια πιο ολοκληρωμένη θεματικά απεικόνιση. Πιο συγκεκριμένα, οι επιπρόσθετες πληροφορίες αφορούν τους παράγοντες που επηρεάζουν τις ασθένειες και ουσιαστικά είναι οι παράγοντες που παρουσιάζονται στατιστικά στο διάγραμμα ράβδων. Η χωρική οπτικοποίηση των παραγόντων αυτών σε συνδυασμό με την εμφάνιση των θανάτων και των DALYs φιλτραρισμένων με τον παράγοντα που κάθε φορά απεικονίζεται θα δημιουργούσε μια πιο ολοκληρωμένη θεματικά χαρτογραφική εφαρμογή. Φυσικά σε αυτήν την περίπτωση η δυσκολία έγκειται στο γεγονός της αναζήτησης και εύρεσης δεδομένων με τις προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, την ίδια χωρική αναφορά και το ίδιο εύρος χρονολογιών. Στο ίδιο μήκος κύματος με τη δυσκολία που αναφέρθηκε είναι και ο εμπλουτισμός της πληροφορίας με δεδομένα μεγαλύτερης κλίμακας για τα ιατρικά δεδομένα που αναφέρονται δηλαδή στις επόμενες κατηγορίες NUTS (από NUTS 0 σε NUTS 1, NUTS 2 ή NUTS 3). Η μεγαλύτερη κλίμακα του χωροπληθή χάρτη θα βοηθούσε στην περισσότερο επιτυχημένη χωρικά σύγκριση τιμών με την ισαριθμική απεικόνιση που, έτσι κι αλλιώς, έχει μικρότερη μονάδα αναφοράς (τετράγωνο 10x10 χιλιομέτρων υπό κλίμακα).

Ένα τελευταίο στοιχείο που επιδέχεται αλλαγές με στόχο τη βελτίωση της εφαρμογής είναι το στατιστικό διάγραμμα. η προσθήκη πληροφοριών στο διάγραμμα αυτό εντάσσεται περισσότερο στα τεχνικά ζητήματα αφού η έλλειψη προγραμματιστικών γνώσεων και η απουσία συγκεκριμένων εργαλείων δεν επέτρεψε το διάγραμμα να διαθέτει την ίδια χρονική πληροφορία με την απεικόνιση και σε ένα δεύτερο επίπεδο εξέλιξης να αντιστοιχεί σε κάθε χωρική ενότητα (το διάγραμμα να αλλάζει με την επιλογή κάποιας χώρας και οι τιμές να αναφέρονται μόνο στη χώρα που έχει επιλεγεί από τον χρήστη).

Συνοψίζοντας, στο κεφάλαιο των συμπερασμάτων, η αξιολόγηση της διαδραστικής θεματικής εφαρμογής αποκάλυψε όλα τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της που επιτυχώς υλοποιήθηκαν, όλα τα τεχνικά της στοιχεία που ήρθαν σε πέρας ακόμα και η ύπαρξη συσχέτισης για τα δύο φαινόμενα. Όλες αυτές οι πλευρές φυσικά στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας επιδέχονται βελτιώσεις. Οι βελτιώσεις αυτές θα αναβάθμιζαν το διαδικτυακό προϊόν και θα επέτρεπαν σε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα μιας χαρτογραφικής εφαρμογής και της επίτευξης της μέγιστης λειτουργικότητας και αποδοτικότητας.

Βιβλιογραφία

- Andrienko, N., Andrienko, G., Gatalsky, P., (2003). *Exploratory spatio-temporal visualization: an analytical review*.
- Anthes, G., (2012). *HTML5 Leads a Web Revolution*. doi:10.1145/2209249.2209256
- Axismaps, <https://www.axismaps.com/guide/> (Τελευταία πρόσβαση 25/06/2020)
- Brewer, L.P. (2002). *Evaluation of Methods for Classifying Epidemiological Data on Choropleth Maps in Series*.
- Childs, C., (2004). *Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analysis*. ESRI Education Services.
- CITYLAB, <https://www.bloomberg.com/citylab> (Τελευταία πρόσβαση 02/07/2020)
- Cybercarto, <http://cybercarto.ntua.gr/> (Τελευταία πρόσβαση 30/06/2020)
- D3 JS, <https://d3js.org/> (Τελευταία πρόσβαση 30/06/2020)
- D3 Graph Gallery, <https://www.d3-graph-gallery.com/> (Τελευταία πρόσβαση 02/07/2020)
- Dent, B.D., Tor. Guson, J.S., Hodler, T.W. (2009). *Cartography: Thematic Map Design. 6th ed. McGraw-Hill Higher Education*.
- De Smet P, Horálek J, Coňková M, Kurfürst P, de Leeuw F, Denby B (2009). *European air quality maps of ozone and PM10 for 2007 and their uncertainty analysis*. ETC/ACC Technical paper 2009/9. http://air-climate.eionet.europa.eu/reports/ETCACC_TP_2009_9_spatAQmaps_2007.
- Edsall, R., Andrienko, N., Andrienko, G., Battenfield, B., The GIS Manual 1 *CHAPTER 42: Interactive Maps for Exploring Spatial Data. The GIS Manual*.
- ESRI, <https://www.esri.com/en-us/home> (Τελευταία πρόσβαση 02/07/2020)
- European Environmental Agency (EEA). (2009). *Spatial assessment of PM10 and ozone concentrations in Europe (2005)*.
- Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat>, (Τελευταία πρόσβαση 02/07/2020)
- 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.
- GISGeography, <https://gisgeography.com/> (Τελευταία πρόσβαση 20/06/2020)
- Harrower, M., (2004). *A Look at the History and Future of Animated Maps*.

Horálek J, De Smet P, Corbet L, Kurfürst P, De Leeuw F (2013). *European air quality maps of PM and ozone for 2010 and analysis of their uncertainty*. ETC/ACM Technical paper 2012/12. http://acm.eionet.europa.eu/reports/ETCACC_TP_2012_12_spatAQmaps_2010.

IHME (2018) GBD Results Tool: GBD 2017 Codebook and Data Guide

IHME, <http://www.healthdata.org/> (Τελευταία πρόσβαση 02/07/2020)

Illinois Public Health Community Map, <http://healthcarereportcard.illinois.gov/map>, (Τελευταία πρόσβαση 02/07/2020)

Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). (2018). *Findings from the Global Burden of Disease Study 2017*. Seattle, WA: IHME, 2018.

Kraak, M., J., (2001). *Cartographic Visualization*. Elsevier Science Ltd.

Kraak, M., J., (2003). *The space time cube revisited from a geovisualization perspective*.

Kobben, B. (2001). *Publishing Maps on the Web, in Web Cartography: Developments and Prospects*.

LuminoCity3D.org, <http://luminocity3d.org/>, (Τελευταία πρόσβαση 02/07/2020)

MacEachren A., M., Fraser Taylor D., R., (1994). *Visualization in Modern Cartography*. Pergamon.

Mapbox, <https://www.mapbox.com/> (Τελευταία πρόσβαση 02/07/2020)

Mapbox blog, <https://blog.mapbox.com/@Mapbox>, (Τελευταία πρόσβαση 02/07/2020)

Medium, <https://medium.com/>, (Τελευταία πρόσβαση 30/06/2020)

Mennis, J., Hultgren, T., (2006). *Intelligent Dasymetric Mapping and Its Application to Areal Interpolation*.

Neumann, A., (2012). *Web Mapping and Web Cartography*. Springer Handbook of Geographic Information. Kresse, Danko (Eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012.

Monmonier, M., (2001). *Thematic Maps in Geography*. Elsevier Science Ltd.

Norman, D. A. (1988). *The design of everyday things*, New York, NY, Basic Books.

O'Brien, O., Cheshire, J., (2016) *Interactive mapping for large, open demographic data sets using familiar geographical features*, Journal of Maps, 12:4, 676-683, DOI:10.1080/17445647.2015.1060183.

OSGeo, <https://www.osgeo.org/> (Τελευταία πρόσβαση 20/06/2020)

Peterson, M., (1998). *That Interactive Thing You Do*.

Robinson, A., Morrison, J., Muercke, P., Kimerling, A., & Guptill, S. (1995). *Στοιχεία Χαρτογραφίας*

Roth, R.E., (2013) *Interactive maps: What we know and what we need to know*

Slocum, T.A., McMaster, R.B., Kessler, F.C., Howard, H.H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization*. 3rd ed. Pearson Prentice Hall.

Small Area Health Units, The Environment and Health Atlas for England and Wales, <http://www.envhealthatlas.co.uk/homepage/> (Τελευταία πρόσβαση 25/06/2020)

Smith, D.A. (2016). *Online interactive thematic mapping: Applications and techniques for socio-economic research*. *Computers, Environment and Urban Systems*, 57, 106–117

Smith, D.A., (2017). *Visualising world population density as an interactive multi-scale map using the global human settlement population layer*; *Journal of Maps*, 13:1,117-123, DOI: 10.1080/17445647.2017.1400476

Spationomy (2000). *Spatial Exploration of Economic Data and Methods of Interdisciplinary Analytic*, Vít PásztoCarsten Jürgens Polona Tominc Jaroslav Burian, Springer Open

Sturges, N. (1926). *The choice of class-interval*. *Journal of American Statistical Association*, 21, 65-66.

Thematic Cartography (2017). Geographic Information Technology Training Alliance (GITTA) Ανάκτηση από <http://www.gitta.info/website/en/html/index.html>

Tippecanoe, <https://github.com/mapbox/tippecanoe>, (Τελευταία πρόσβαση 01/07/2020)

Veenendaal, B., Brovelli, M. A., Li S. (2017) *Review of Web Mapping: Eras, Trends and Directions*.

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2013). *Particle Pollution and Your Health*.

Wiki GIS, http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Main_Page (Τελευταία πρόσβαση 29/06/2020)

Wiki OpenStreetMap, https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Main_Page (Τελευταία πρόσβαση 29/06/2020)

World Air Map, Plume Labs, <https://air.plumelabs.com/en/> (Τελευταία πρόσβαση 01/07/2020)

Ανδρακάκου, Μ., (2017). *Διαδικτυακοί χάρτες αστικών διαδρομών πολιτιστικής κληρονομιάς*.

Επιτροπή Υγείας & Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Πνευμονολογικής Εταιρείας (www.ersnet.org). *Ατμοσφαιρική ρύπανση και πνεύμονες*.

Νάκος, Β., Φιλιππακοπούλου, Β., (1992). *ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ*. ΕΜΠ

- Νάκος, Β., (2006). *Γραφισμός και Χαρτογραφία. Αρχές Οπτικοποίησης*. ΕΜΠ.
- Νάκος Β. (2006). *Ομαδοποίηση αριθμητικών δεδομένων*.
- Νάκος, Β., Κρασανάκης, Ν., (2013). *Ενότητα 8^η: Εξειδικευμένες μέθοδοι απεικόνισης χωρικών δεδομένων (απόδοση συσχετισμού χωρικών δεδομένων, πλάγιες προοπτικές απεικονίσεις, χάρτης κουκίδων, χαρτόγραμμα)*. ΙΕΚΕΜ ΤΕΕ.
- Νάκος, Β., Κρασανάκης, Ν., (2013). *Ενότητα 9^η: Δυναμικοί Χάρτες (Χάρτες Κινούμενων Εικόνων – Animations)*. ΙΕΚΕΜ ΤΕΕ.
- Νάκος, Β., Κρασανάκης, Ν., (2013). *Ενότητα 1^η: Εισαγωγή στη δυναμική & διαδικτυακή χαρτογραφία (Δυνατότητες & περιορισμοί του διαδικτύου για τη διάχυση των χωρικών δεδομένων)*. ΙΕΚΕΜ ΤΕΕ.
- Σκοπελίτη, Α., Στάμου, Λ., Αντωνίου, Β., Κασελίμη, Μ., Κάρκαλου, Ε., Τσούλος, Λ. (2016) *Ορθές πρακτικές για διαδικτυακές χαρτογραφικές εφαρμογές*.
- Τζελέπης, Ν., Κρασανάκης, Ν., Νάκος, Β. (2014). *Αξιοποίηση ελεύθερου λογισμικού/Λογισμικού Ανοικτού Κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ) για τη Δημιουργία Διαδικτυακών Χαρτών στην Εκπαίδευση*.
- Τζελέπης, Ν., Κρασανάκης, Β., Νάκος, Β. (2014). *Η ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ Σύγχρονες τάσεις και προοπτικές*.
- Τσούλος, Λ., Σκοπελίτη, Α., & Στάμου, Λ. (2015). *Χαρτογραφική Σύνθεση & Απόδοση σε Ψηφιακό Περιβάλλον*.
- Τσούλος, Λ., (2015). *Δημοσιοποίηση χαρτών και χαρτογραφικών δεδομένων στο διαδίκτυο*.