



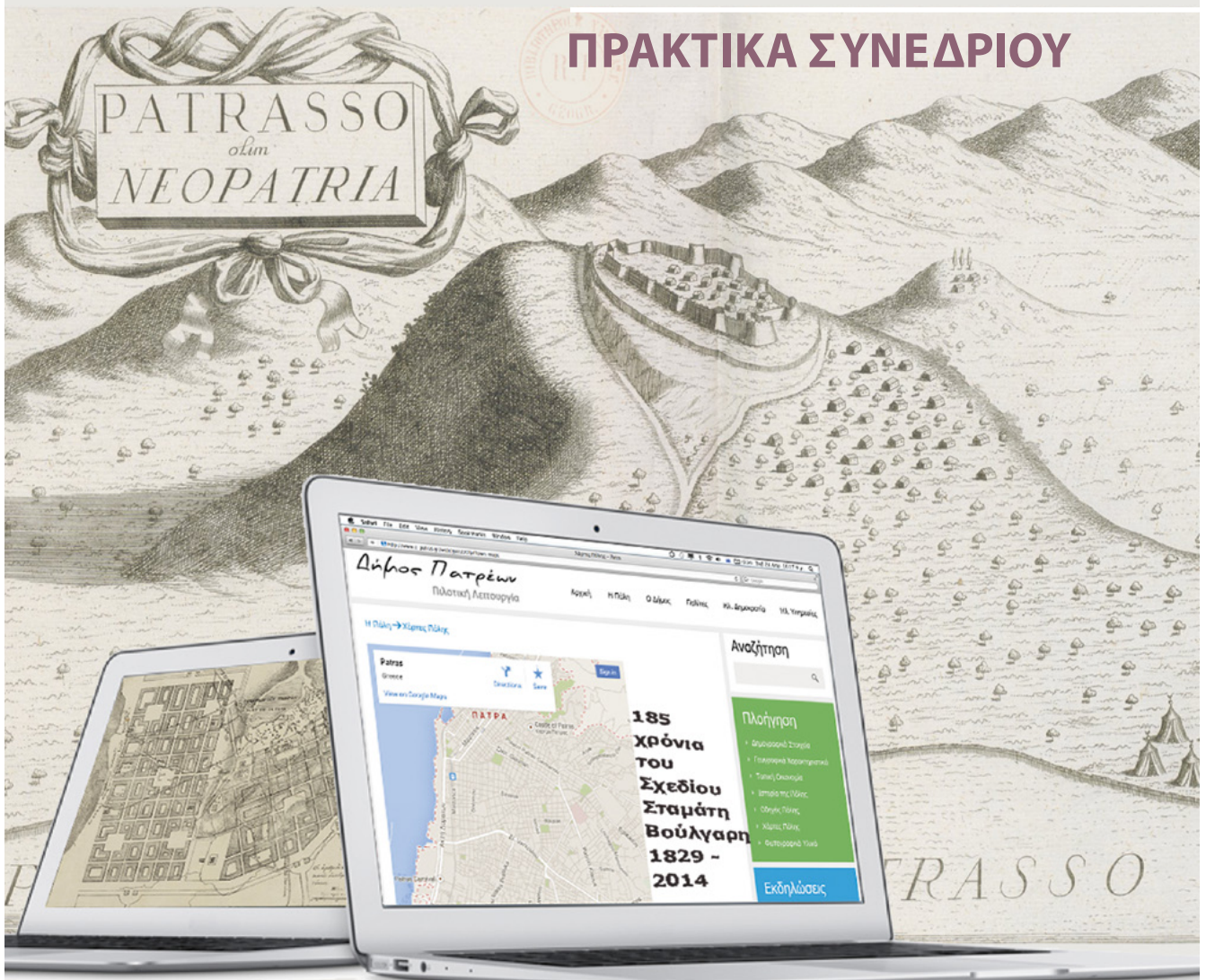
Χαρτογραφική Επιστημονική
Εταιρεία Ελλάδας
Μέλος της ICA
<http://xeee.web.auth.gr>

20 Χρόνια
1994-2014 ΧΕΕΕ

13^ο Εθνικό Συνέδριο Χαρτογραφίας

Η ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

Σύγχρονες τάσεις και προοπτικές



Πάτρα • 22-24 Οκτωβρίου 2014 | Αγορά Αργύρη

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΟΥ 13^{ου} ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ, 2014
Η Χαρτογραφία στο Διαδίκτυο, Σύγχρονες Τάσεις και Προοπτικές

HELLENIC CARTOGRAPHIC SOCIETY
PROCEEDINGS OF THE 13th NATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE, 2014
Cartography on the Internet, Current Developments and Perspectives

Επιμέλεια έκδοσης: Τσορλίνη Αγγελική, Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός, Δρ. Μηχ. ΑΠΘ



© Copyright, 2016, XEEE – HCS

978-960-88380-6-2

XEEE – Ταχ. Θυρίδα 1644/541 24, Θεσσαλονίκη
Τηλ. 2310 996095 • Fax 2310 996415
e-mail: xeee-conf@topo.auth.gr
<http://xeee.web.auth.gr>

HCS – P.O. Box 1644/GR 541 24, Thessaloniki, Greece
Tel. +30 2310 996095 • Fax +30 2310 996415
e-mail: xeee-conf@topo.auth.gr
<http://xeee.web.auth.gr>



Φωτοστοιχειοθεσία
Εκτύπωση

Π. ΖΗΤΗ & Σια ΟΕ
18ο χλμ Θεσ/νίκης-Περαίας
Τ.Θ. 4171 • Περαία Θεσσαλονίκης • Τ.Κ. 570 19
Τηλ.: 23920 72.222 (10 γραμ.) - Fax: 23920 72.229
e-mail: info@ziti.gr

Βιβλιοπωλείο

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ
Αρμενοπούλου 27 • 546 35 Θεσσαλονίκη
Τηλ. 2310 203.720, Fax 2310 211.305
e-mail: sales@ziti.gr

www.ziti.gr

Διαδραστικός Ηχητικός Χάρτης σε Περιβάλλον Διαδικτύου. Χάρτης Θορύβου της Πόλης της Βέροιας

Αλέξανδρος Αλεβιζάκης¹, Βύρωνας Νάκος²

- (1) Διπλωματούχος Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός, Ε.Μ.Π.,
Ζαρός Ηρακλείου Κρήτης, 6978632206, alex.alevizakis@hotmail.com
- (2) Καθηγητής, Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π.,
Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφος, 15780, 2107722733, bnakos@central.ntua.gr

Περίληψη

Η εργασία εξετάζει τις δυνατότητες και τις προοπτικές χρήσης του ήχου στη χαρτογραφία και διερευνά τη δημιουργία σύγχρονων διαδραστικών ηχητικών χαρτών που μπορούν να δημοσιευτούν στο διαδίκτυο. Αναλύεται αρχικά η χρησιμότητα της ενσωμάτωσης του ήχου σε ένα χάρτη, παρουσιάζεται στη συνέχεια, ένας τρόπος με τον οποίο η ιδέα αυτή μπορεί να υλοποιηθεί αξιοποιώντας ελεύθερα λογισμικά ή λογισμικά ανοικτού κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ). Προϊόν της εργασίας είναι ένας ηχητικός διαδραστικός χάρτης θορύβου για την πόλη της Βέροιας. Ως πρωτογενή δεδομένα χρησιμοποιούνται μετρήσεις θορύβου στην πόλη της Βέροιας ενώ το υπόβαθρο προέρχεται από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.). Η ένταση του θορύβου της πόλης αποδίδεται ηχητικά με τρεις διαφορετικές μεταβλητές του ήχου την ένταση, το ύψος και την τονικότητα. Επίσης, παρέχεται και η δυνατότητα προβολής του οπτικού επιπέδου θορύβου με τη βοήθεια ισαριθμικής απεικόνισης αποδίδοντας τις ζώνες μεταξύ των ισαριθμικών γραμμών με μεταβαλλόμενες εντάσεις μιας απόχρωσης. Η σύνθεση του τελικού χάρτη γίνεται με τη δημιουργία ιστοσελίδας με χρήση της γλώσσας σήμανσης html ενώ οι αλληλεπιδράσεις με το χρήστη καθορίζονται από λειτουργίες της γλώσσας σεναρίων *JavaScript*. Το τελικό αποτέλεσμα είναι μια διαδραστική οπτικο-ακουστική αναπαράσταση των δεδομένων σε περιβάλλον διαδικτύου, που ο αναγνώστης μπορεί να επιλέξει την κατάλληλη γι' αυτόν οπτικοποίηση του φαινομένου.

Λέξεις κλειδιά: χάρτης ήχου, διαδραστικός χάρτης, ηχητικός χάρτης, χαρτογραφία με ήχο, διαδραστικός χάρτης με ήχο, χάρτης θορύβου

Abstract

This paper examines the possibilities and prospects of using sound in cartography and explores the creation of contemporary interactive sound maps. Initially it analyzes the utility of incorporating sound in a map and then presents a way through which this idea can be materialized. The outcome is an interactive noise map for the city of Veria. Noise measurements in the city of Veria are used as raw data while the background derives from the Hellenic Statistical Authority (EL.STAT.). Noise intensity is acoustically attributed with three different variables of sound loudness, pitch and tonality. There is also the possibility of projecting the visual layer of noise. The configuration of the final map is

achieved through the creation of a site using the standard markup language html, while interactions with the user are defined from the scripting language *JavaScript*. The final outcome is an audio visual representation of the data published on the internet through which the map reader can chose the appropriate for him presentation of the phenomenon by applying several interactivity tools.



1. Εισαγωγή

Η χρήση του ήχου στα πλαίσια της οπτικοποίησης γεωγραφικών δεδομένων δεν συνηθίζεται. Υπάρχουν ωστόσο, αρκετά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό ότι ο ήχος είναι ένα βιώσιμο μέσο για την αναπαράσταση και τη μετάδοση πληροφοριών και μπορεί να χρησιμεύσει ως μια πολύτιμη προσθήκη σε οπτικές αναπαραστάσεις. Η παραδοσιακή χαρτογραφία, χρησιμοποιώντας το δισδιάστατο χώρο και τις οπτικές μεταβλητές αδυνατεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες των χαρτογράφων και άλλων ερευνητών που ενδιαφέρονται για την οπτικοποίηση σύνθετων δυναμικών και πολυδιάστατων φαινομένων. Η σημερινή γενιά των ηλεκτρονικών υπολογιστών και το σύγχρονο λογισμικό δίνουν στους χαρτογράφους πρόσβαση σε ένα πολύ ευρύτερο φάσμα επιλογών σχεδιασμού. Βασικά στοιχεία που μπορούν σήμερα να ενσωματωθούν σε ένα χάρτη είναι οι τρεις διαστάσεις, ο χρόνος, η διαδραστικότητα, και ο ήχος. Ο ήχος από μόνος του ή σε συνδυασμό με τα παραπάνω είναι ένα μέσο για την επέκταση των τεχνικών αναπαράστασης δεδομένων στη χαρτογραφία. Η εργασία αυτή εξετάζει τις δυνατότητες και τις προοπτικές της χρήσης του ήχου στη χαρτογραφία και διερευνά τη δημιουργία σύγχρονων διαδραστικών ηχητικών χαρτών.

2. Ήχος και χαρτογραφία

2.1. Περιορισμοί στη χρήση ήχου

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ραγδαία αύξηση του «προσωπικού υπολογιστή», ευρεία διάδοση των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων όπως το διαδίκτυο (world wide web) και ενσωμάτωση πολλών δυνατοτήτων του ήχου σε έναν κοινό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Επίσης, η δημιουργία και η ανάγνωση ενός χάρτη πλέον σήμερα πραγματοποιείται κατά κανόνα με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Παρόλα αυτά, τα παραδείγματα ενσωμάτωσης του ήχου στη χαρτογραφία είναι πολύ περιορισμένα και σε πολύ πρώιμο στάδιο. Σύμφωνα με τον Brauen (2006) το γεγονός αυτό αποδίδεται σε διάφορα προβλήματα τα οποία αφορούν την κοινή αντίληψη περί του χάρτη, τη δυσκολία χρήσης του ήχου σε οποιονδήποτε χώρο αλλά και την δυνατότητα αναπαράστασης φαινομένων με ήχο. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- α) Στους δημιουργούς αλλά και στους αναγνώστες ενός χάρτη κυριαρχεί η πεποίθηση ότι οι πληροφορίες μεταδίδονται μέσω της όρασης. Έτσι μια εξήγηση είναι ότι οι χάρτες σπάνια περιλαμβάνουν ήχο, επειδή δεν υπάρχει καμία σχετική προσδοκία, μεταξύ χαρτογράφων αλλά και χρηστών του χάρτη.
- β) Ένας συνήθης ανασταλτικός παράγοντας στη χρήση μιας ηχητικής εφαρμογής είναι η δημιουργία θορύβου που μπορεί να ενοχλήσει άτομα τα οποία εργάζονται ή συζη-

τούν σε κοντινή απόσταση. Ο ήχος δεν περιορίζεται στο πεδίο της όρασης και είναι δύσκολο να παρεμποδιστεί η μεταφορά του. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να επιλυθεί με τη χρήση ακουστικών που βέβαια δεν είναι πάντοτε εφικτό και επιθυμητό.

- γ) Η παραγωγή και η καταγραφή του ήχου για ένα πρόγραμμα πολυμέσων είναι ένα σύνθετο έργο το οποίο απαιτεί υψηλή κατάρτιση, την οποία δεν διαθέτει πάντα ο χαρτογράφος.

Εκτός από τα παραπάνω βέβαια υπάρχουν και προβλήματα τα οποία αφορούν την αντίληψη του χρήστη, δηλαδή, το κατά πόσον είναι σε θέση κάποιος να κατανοήσει μέσω του ήχου αναπαραστάσεις χωρικών δεδομένων. Σύμφωνα με τον Kramer (1994a, 11-15), η ακουστική αναπαράσταση ποσοτικών χωρικών δεδομένων (κλίμακας διαστήματος ή κλίμακας τάξης) είναι δύσκολη, επειδή το ανθρώπινο ακουστικό σύστημα έχει χαμηλότερη ανάλυση όταν γίνεται διάκριση τιμών από ό, τι το οπτικό μας σύστημα. Επίσης η αντίληψη των μεταβλητών του ήχου δεν είναι ανεξάρτητη (π.χ. η τονικότητα μπορεί να επηρεάσει την αντιληπτή ένταση), και η αλληλεπίδραση των μεταβλητών του ήχου που χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύσουν διαφορετικές μετρήσεις σε ένα πολύ-παραγοντικό σύνολο δεδομένων μπορεί να δημιουργήσει ακουστικές που είναι δύσκολο να ερμηνευθούν, εάν δεν είναι προσεκτικά σχεδιασμένες.

2.2. Χρησιμότητα του ήχου στη Χαρτογραφία

Η χρήση του ήχου αποσκοπεί στο να επεκτείνει την οπτική πληροφορία ενός χάρτη χωρίς την οπτική επιβάρυνση του, να απεικονίζει φαινόμενα τα οποία είναι πιο εύκολα κατανοητά με την ακοή παρά με την όραση και γενικότερα σε συνδυασμό με την εικόνα να ανοίξει νέους δρόμους στη μετάδοση χωρικών πληροφοριών μέσα από ένα χάρτη.

Οι χρήσεις του ήχου στη γεωγραφική οπτικοποίηση, σύμφωνα με τον Krygier (1994), περιλαμβάνουν τον ήχο ως φωνητική αφήγηση, ως ένα μιμητικό σύμβολο, ως μια πλεονάζουσα μεταβλητή, ως ένα μέσο για την ανίχνευση ανωμαλιών, ως ένα μέσο για τη μείωση του οπτικού περισπασμού, ως ένδειξη για αλλαγή της σειράς των στοιχείων, ως εναλλακτική λύση σε οπτικά μοτίβα, ως μέσο για την προσθήκη μη-οπτικών διαστάσεων δεδομένων σε διαδραστικές οθόνες οπτικής απεικόνισης, καθώς και για την εκπροσώπηση θέσεων σε έναν ηχητικό χώρο. Οι κατηγορίες αυτές είναι υποκειμενικές, και η τοποθέτηση ενός συγκεκριμένου ήχου σε μια κατηγορία μπορεί να είναι δύσκολη.

3. Κατηγορίες Ήχου

Η ορθή χρήση του ήχου στη χαρτογραφία απαιτεί ανάλυση των συνισταμένων του ήχου. Ο Krygier (1994) εισήγαγε δυο βασικές κατηγορίες ως προς τη χρήση του ήχου:

3.1. Ρεαλιστικός ήχος (*realistic sound*)

Με τον όρο αυτό εννοούμε τον ήχο ο οποίος αντιστοιχεί σε συγκεκριμένα γεγονότα ή καταστάσεις που οι άνθρωποι βιωματικά κατανοούν χωρίς τη χρήση κάποιου είδους υπομνήματος. Με τη χρήση ρεαλιστικού ήχου μπορούμε να καθοδηγήσουμε τον αναγνώστη του χάρτη, να μεταδώσουμε πλήθος πληροφοριών που αφορούν μια γεωγραφική θέση ή οντότητα και να «απεικονίσουμε» ηχητικά φαινόμενα τα οποία λαμβάνουν χώρα σε μια

περιοχή. Ο ρεαλιστικός ήχος διακρίνεται σε δυο κύριες κατηγορίες τη «φωνητική αφήγηση» και τα «ηχητικά μηνύματα».

Η φωνητική αφήγηση είναι μια προφανής και ιδιαίτερα σημαντική χρήση του ρεαλιστικού ήχου. Τα ηχητικά μηνύματα ή αλλιώς μιμητικά εικονίδια ήχου, είναι ήχοι που μοιάζουν με βιωματικό ήχο που μπορεί να αναγνωρίσει ο χρήστης (π.χ. ήχοι φυσικών φαινομένων ή θορύβου).

3.2. Αφηρημένος ήχος (*abstract sound*)

Με τον όρο αυτό εννοούμε τη χρήση χαρακτηριστικών του ήχου τα οποία σε συνδυασμό με οπτικές πληροφορίες μπορούν να μεταδώσουν δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά δεν αφορούν κατ' ανάγκη ηχητικά φαινόμενα. Δηλαδή, χρησιμοποιούμε τις «συνισταμένες» του ήχου ως ακουστικές μεταβλητές (αντίστοιχα με τις οπτικές) οι οποίες αποδίδουν ποσοτικές ή ποιοτικές διαφοροποιήσεις.

3.2.1. Μεταβλητές αφηρημένου ήχου

Ο Krygier (1994) παρουσιάζει μια ηχητική διαφοροποίηση μεταβλητών του αφηρημένου ήχου οι οποίες αναφέρονται και αναλύονται παρακάτω (Εικόνα 1). Η χρήση του όρου «μεταβλητή» δεν συνεπάγεται ότι τα στοιχεία του ήχου είναι πλήρως διαχωρίσιμα το ένα από το άλλο, ωστόσο, ο διαχωρισμός αυτός χρησιμεύει στη διευκρίνιση αρχικών επιλογών σχεδιασμού.

1. Θέση (location): η θέση ενός ήχου σε ένα διδιάστατο ή τρισδιάστατο χώρο. Η θέση είναι ανάλογη με τη θέση στο διδιάστατο επίπεδο του χάρτη και ως μεταβλητή του ήχου απαιτεί στερεοφωνικό ή τρισδιάστατο ήχο.
2. Ένταση (loudness): το «μέγεθος» του ήχου. Η ένταση μετράται σε decibel (db), αναπαριστά μια ποσοτική διαφορά μεταξύ των δεδομένων και η λειτουργία της είναι προφανής.
3. Ύψος (pitch): η συχνότητα του ήχου. Οι μεταβολή του τόνου είναι εξαιρετικά διακριτή και είναι ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους για την απόδοση δεδομένων που διαφοροποιούνται ως προς την κλίμακα τάξης.
4. Καταγραφή (register): η σχετική θέση ενός τόνου σε ένα συγκεκριμένο εύρος τονοτήτων. Η καταγραφή περιγράφει τη θέση ενός τόνου ή ενός συνόλου τόνων εντός του εύρους των διαθέσιμων τόνων.
5. Ηχόχρωμα (timbre): η γενική ποιότητα ή αλλιώς η χροιά του ήχου. Το ηχόχρωμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόδοση ποιοτικών διαφορών.
6. Διάρκεια (duration): το χρονικό διάστημα που ένας ήχος ακούγεται (ή δεν ακούγεται). Η διάρκεια είναι από τη φύση της κατάλληλη για αναπαράσταση ποσοτικών διαφοροποιήσεων.
7. Ρυθμός μεταβολής (rate of change): η σχέση της διάρκειας του ήχου και της σιωπής στην πάροδο του χρόνου. Ο ρυθμός μεταβολής είναι μια συνάρτηση της εναλλαγής του ήχου και της σιωπής σε μια σειρά από διατεταγμένους ήχους και μπορεί να αναπαραστήσει αρμονική ή μη, αλλαγή στα φαινόμενα που εκπροσωπεί.
8. Διάταξη (order): Η αλληλουχία των ήχων στην πάροδο του χρόνου. Η σειρά με την οποία παρουσιάζονται οι ήχοι μπορεί να είναι "φυσική" - όπως η εξέλιξη από μια χαμηλή συχνότητα σε μια υψηλή - και αυτό συνεπάγεται μια εύκολη αναγνώριση των

γενικών τάσεων (μοτίβων) στα δεδομένα που παρουσιάζονται με μεταβλητές, όπως η τονικότητα ή η ένταση.

- Μεγιστοποίηση / Ελαχιστοποίηση του ήχου (attack / decay): ο χρόνος που χρειάζεται ένας ήχος για να φτάσει τη μέγιστη / ελάχιστη τιμή του. Η μεγιστοποίηση έχει βρεθεί πολύ πιο επιτυχής στη μετάδοση πληροφοριών από ό, τι η ελαχιστοποίηση (Lunney & Morrison 1990, 144).

THE ABSTRACT SOUND	VARIABLES	Nominal Data	Ordinal Data
LOCATION: The location of a sound		<input checked="" type="checkbox"/> Possibly Effective	<input checked="" type="checkbox"/> Effective
LOUDNESS: The magnitude of a sound		<input type="checkbox"/> Not Effective	<input checked="" type="checkbox"/> Effective
PITCH: The highness or lowness		<input type="checkbox"/> Not Effective	<input checked="" type="checkbox"/> Effective
REGISTER: The relative location of a pitch in a given range of pitches		<input type="checkbox"/> Not Effective	<input checked="" type="checkbox"/> Effective
TIMBRE: The general prevailing quality or characteristic of a sound		<input checked="" type="checkbox"/> Effective	<input type="checkbox"/> Not Effective
DURATION: The length of time a sound is (or isn't) heard		<input type="checkbox"/> Not Effective	<input checked="" type="checkbox"/> Effective
RATE OF CHANGE: The varying of the duration of a sound over time		<input type="checkbox"/> Not Effective	<input checked="" type="checkbox"/> Effective
ORDER: The sequence of sounds over time		<input type="checkbox"/> Not Effective	<input checked="" type="checkbox"/> Effective
ATTACK/DECAY: The time it takes a sound to reach its maximum/minimum		<input type="checkbox"/> Not Effective	<input checked="" type="checkbox"/> Effective

Εικόνα 1. Μεταβλητές του ήχου (Πηγή: Krygier 1994).

4. Χαρτογραφικό περιβάλλον που μπορεί να φιλοξενήσει ήχο

Ο ήχος είναι ένα εγγενώς χρονικό φαινόμενο. Για να ενσωματωθεί θα πρέπει το χαρτογραφικό περιβάλλον να του το επιτρέπει. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι χάρτες με δυναμική κίνηση εικόνας και οι διαδραστικοί χάρτες.

4.1. Χάρτες με δυναμική κίνηση εικόνας

Σε τέτοιες απεικονίσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ρεαλιστικός όσο και αφηρημένος ήχος. Ο ήχος συνδέεται στενά με τις δυναμικές μεταβλητές και τις εφαρμογές τους και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενισχύσει την κατανόηση των πληροφοριών που παρουσιάζονται σε μια δυναμική οθόνη. Για παράδειγμα η χρήση φωνητικής αφήγησης μπορεί να παρέχει μια εξήγηση του τι απεικονίζεται σε μια δυναμική γεωγραφική απεικόνιση, ενώ ηχητικά μηνύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μιμητικά σύμβολα για να ενισχύσουν την ταύτιση του θεατή με το φαινόμενο που απεικονίζεται. Μεταβλητές του αφηρημένου ήχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντικαταστήσουν οπτικά στοιχεία που αποσπούν τη προσοχή.

4.2. Διαδραστικοί Χάρτες

Σε ένα διαδραστικό χάρτη ο χρήστης κατευθύνει το σύστημα για να περιορίσει, να διευρύνει ή να ρυθμίσει την οπτική απεικόνιση ανάλογα με την επιθυμία του για πληροφόρηση. Οι τυποποιημένες γλώσσες προγραμματισμού παρέχουν τη δυνατότητα για τη δημιουργία χαρτών που περιλαμβάνουν διαδραστικές λειτουργίες ήχου και μπορούν να είναι προσβάσιμοι μέσω του διαδικτύου. Σύμφωνα με τον Crampton (2002) η αλληλεπίδραση του χρήστη με ένα διαδραστικό χάρτη μπορεί να αφορά την αναπαράσταση των δεδομένων, τα ίδια τα δεδομένα, την χρονική αλληλουχία παρουσίασης των δεδομένων και τη συσχέτιση διάφορων αναπαραστάσεων με σκοπό την εξαγωγή ενός συμπεράσματος.

Οι Brauen & Taylor (2007) επιχείρησαν μια αντιστοίχιση των οπτικών λειτουργιών με ακουστικές, σε ένα διαδραστικό χάρτη. Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που εξήγαγαν είναι:

- Στις αλληλεπιδράσεις με την αναπαράσταση των δεδομένων μπορούμε να εφαρμόσουμε πολλές ακουστικές λειτουργίες ανάλογες με τις οπτικές όπως:
 - πρόσθεση ή αφαίρεση θεματικών επιπέδων
 - επεξήγηση υπομνήματος και άλλων εννοιών, κ.α.
- Στις αλληλεπιδράσεις με τα δεδομένα δεν έχουμε προφανή ακουστική αναλογία των λειτουργιών που αναφέρονται στη διαλογή και επιλογή των δεδομένων.
- Στη συσχέτιση διαφορετικών αναπαραστάσεων μπορούμε να έχουμε:
 - τη διασύνδεση μιας συντονισμένης επιφάνειας στο χάρτη
 - τη δυναμική σύγκριση πολλαπλών ηχητικών αναπαραστάσεων
- Στις αλληλεπιδράσεις με τη χρονική διάσταση μπορούμε να ενσωματώσουμε λειτουργίες ήχου που αφορούν:
 - αναπαραγωγή/παύση
 - διαχείριση δυναμικών μεταβλητών
 - δυναμική σύγκριση-αναπαράσταση χρονικά διατεταγμένων παρατηρήσεων κ.α.

5. Εφαρμογή: Ηχητικός Χάρτης Θορύβου της πόλης της Βέροιας

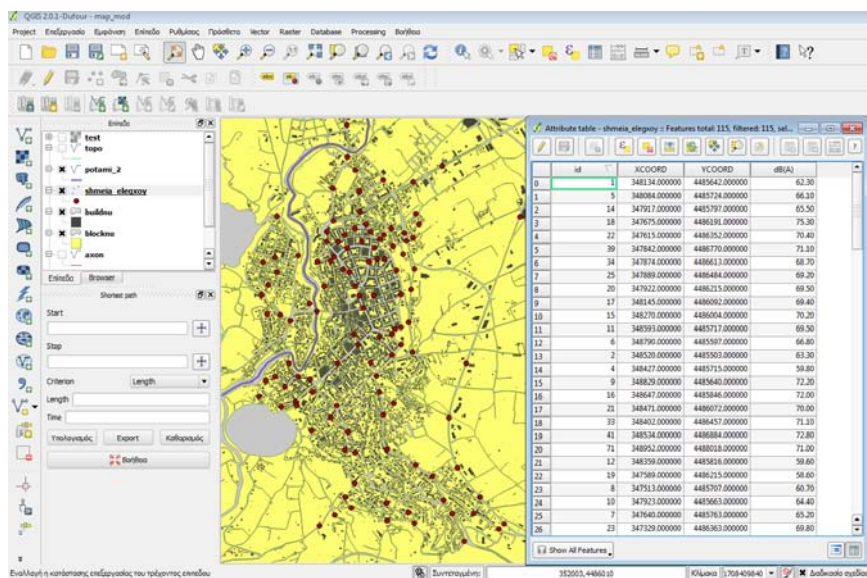
5.1. Διαδραστικός ηχητικός χάρτης θορύβου Βέροιας

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής δημιουργήθηκε ένας ηχητικός διαδραστικός χάρτης θορύβου για την πόλη της Βέροιας. Στόχος αυτής της εφαρμογής είναι η ανάδειξη της χρησιμότητας του ήχου σε χαρτογραφικές εφαρμογές καθώς και η ανάπτυξη ενός διαδραστικού χαρτογραφικού περιβάλλοντος το οποίο θα δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να επιλέξει την κατάλληλη γι' αυτόν παρουσίαση των δεδομένων. Ως θέμα του χάρτη επιλέχθηκε η ηχορύπανση επειδή είναι ένα ηχητικό φαινόμενο και η ηχητική του απόδοση θα είναι οικία σε έναν μη εξοικειωμένο -με την ανάγνωση ηχητικών χαρτών- χρήστη. Επιπλέον ο θόρυβος αποδόθηκε και οπτικά με την ένταση του χρώματος. Αυτό παρέχει τη δυνατότητα μιας οπτικό-ακουστικής ανάγνωσης των δεδομένων αλλά επίσης και την δυνατότητα αξιολόγησης της χρήσης του ήχου ή της ταυτόχρονης χρήσης ήχου και όρασης σε σχέση με μια συνηθισμένη οπτική απεικόνιση.

5.2. Δεδομένα

5.2.1. Πηγή

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του χάρτη προέρχονται από το παρατηρητήριο θορύβου του δήμου Βέροιας και αφορούν την πόλη της Βέροιας. Συγκεκριμένα είναι μετρήσεις db (decibel) που πραγματοποιήθηκαν σε 120 σημεία της πόλης την περίοδο 2003-2004 στα πλαίσια του έργου αντιμετώπισης θορύβου του Δήμου Βέροιας. Το υπόβαθρο που χρησιμοποιήθηκε προέρχεται από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.). Η περιοχή μελέτης στην οποία είχαμε μετρήσεις ορίζεται από τις γεωγραφικές συντεταγμένες $X_{min}=346800$ έως $X_{max}=349000$ και $Y_{min}=4485400$ έως $Y_{max}=4488800$ στο ΕΓΣΑ '87.

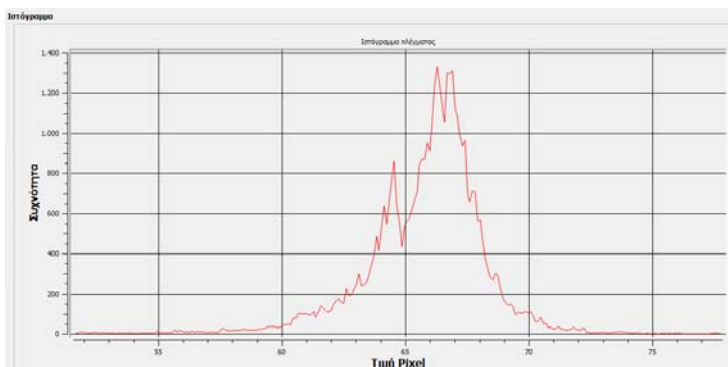


Εικόνα 2. Σημεία ελέγχου & πίνακας χαρακτηριστικών σε περιβάλλον Quantum GIS.

5.2.2. Επεξεργασία δεδομένων

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε σε περιβάλλον *Quantum GIS* (ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα). Αρχικά έγινε γεωαναφορά των 120 σημείων και δημιουργήθηκε πίνακας (attribute table) με τις τιμές θορύβου του καθενός σε dB (Εικόνα 2). Στη συνέχεια έγινε παρεμβολή για να μεταδοθεί η ηχητική πληροφορία σε όλο το χάρτη. Η παρεμβολή των σημείων έγινε με τη μέθοδο της αντίστροφης σταθμισμένης απόστασης (Inverse Distance Weighting – IDW). Πρόκειται για μια αιτιοκρατική (deterministic), τοπική (local) και ακριβής (exact) μέθοδο παρεμβολής κατά την οποία η τιμή της παραμέτρου σε ένα σημείο προκύπτει από τον σταθμισμένο μέσο όρο των τιμών των γειτονικών σημείων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα σημεία δεν ήταν κατανομημένα ομοιόμορφα στην περιοχή δηλαδή δεν είχαν παντού την ίδια πυκνότητα και κατά συνέπεια δεν έχουμε την ίδια αβεβαιότητα σε όλη την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 3. Ιστόγραμμα τιμών δεδομένων του ήχου.



Εικόνα 4. Οπτικοποίηση του αποτελέσματος της παρεμβολής με τη μέθοδο της αντίστροφης σταθμισμένης απόστασης.

Με την παρεμβολή δημιουργήθηκε ένα οπτικό επίπεδο θορύβου το οποίο ορίζει περιοχές με συγκεκριμένο εύρος τιμών θορύβου πάνω στο χάρτη. Οι κλάσεις επιλέχθηκαν σύμφωνα με το ιστόγραμμα των τιμών των δεδομένων του ήχου (Εικόνα 3) και ακολουθούν περίπου την κανονική κατανομή. Συγκεκριμένα η πρώτη κλάση περιλαμβάνει δεδομένα με τιμή μικρότερη των 64 decibel, η δεύτερη από 64 έως 66, η τρίτη από 66 έως 68 και η τέταρτη από 68 και πάνω. Με τον παραπάνω τρόπο δημιουργείται το οπτικό επίπεδο θορύβου το οποίο παρουσιάζεται στην Εικόνα 4 με διαφάνεια 50%.

5.3. Δημιουργία χάρτη

5.3.1. Υπόβαθρο

Από το λογισμικό *Quantum GIS* έγινε εξαγωγή πέντε εικόνων της περιοχής, σε καθεμιά από τις οποίες το οπτικό επίπεδο θορύβου έχει διαφορετική διαφάνεια (transparency). Συγκεκριμένα λήφθηκαν εικόνες με διαφάνεια από 100% έως 0% με βήμα 25%. Αυτό γίνεται διότι στον τελικό χάρτη θέλουμε ο χρήστης να έχει την δυνατότητα επιλογής της όρασης ή μη του οπτικού επιπέδου του θορύβου καθώς και του βαθμού έντασης του οπτικού επιπέδου.

5.3.2. Ψηφιοποίηση περιοχών

Στη συνέχεια, στο περιβάλλον του λογισμικού *Gimp* (ελεύθερο λογισμικό επεξεργασίας αρχείων εικόνας) έγινε ψηφιοποίηση των περιοχών (πολυγώνων) που είχαν δημιουργηθεί στα προηγούμενα στάδια. Αυτό έγινε στο συγκεκριμένο πρόγραμμα διότι μας δίνει τις συντεταγμένες των πολυγώνων σε μορφή κώδικα με αρχή το πάνω αριστερό άκρο της εικόνας, ώστε να μπορούμε να τις εισάγουμε σε ένα αρχείο html και να χρησιμοποιηθούν στη δημιουργία μιας ιστοσελίδας (Πίνακας 1). Επίσης το λογισμικό *Gimp* μας δίνει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης λειτουργιών *JavaScript* στον κώδικα. Το εργαλείο αυτό δεν χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη εφαρμογή, όπου οι λειτουργίες της *JavaScript* ενσωματώθηκαν στον κώδικα μετά τη δημιουργία των πολυγώνων στο πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου *Notepad*.

Πίνακας 1. Πολύγωνο με συντεταγμένες πάνω στην εικόνα.

```
<area shape="poly" coords="53,0,60,20,79,57,96,85,103,101,116,137,129,156,133,162,132,179,136,189,148,194,161,197,167,194,163,191,156,192,151,188,150,183,152,177,158,174,164,176,167,182,165,190,167,193,172,187,172,177,170,169,166,163,166,155,172,147,164,139,159,142,152,140,148,140,143,134,141,125,144,114,150,111,159,109,167,114,169,119,172,127,171,132,169,137,166,139,173,146,177,135,177,125,177,115,175,109,175,99,180,92,187,88,191,85,191,82,180,86,170,86,166,84,161,76,154,62,153,49,142,31,139,18,138,0" alt="66 - 68 dB" title="66-68 dB">
```

5.3.3. Ήχος

Οι ήχοι που ενσωματώθηκαν στο χάρτη δημιουργήθηκαν στο λογισμικό παραγωγής ήχου *Ignite* το οποίο αποτελεί ένα συνηθισμένο λογισμικό για σύνθεση, αναπαραγωγή, και εγγραφή ήχου στον υπολογιστή. Στη συνέχεια έγινε επεξεργασία των ήχων στο λογισμικό ηχογράφησης *Audacity* (ελεύθερο λογισμικό) με σκοπό την εξομάλυνση τους. Ως μεταβλητές αφηρημένου ήχου επιλέχθηκαν μετά από δοκιμές οι παρακάτω τρεις:

- *Ένταση*: Δημιουργήθηκαν τέσσερις διαφορετικοί ήχοι με διαφορά 5 dB μεταξύ τους. Η διαφορά των 5 dB επιλέχθηκε μετά από δοκιμές πάνω στο χάρτη. Η μεταβολή της έντασης του ήχου μπορεί να γίνει άμεσα αντιληπτή από το χρήστη, και υποδηλώνει ποσοτική διαφοροποίηση. Επίσης συνδέεται άμεσα με το θόρυβο καθώς η ένταση είναι το πιο χαρακτηριστικό γνώρισμα του θορύβου (μαζί με τη χροιά, δηλαδή το είδος του θορύβου) και μετριέται σε dB.
- *Ύψος*: Στη συγκεκριμένη μεταβλητή έγινε χρήση μιας νότας και μεταβάλλεται η οκτάβα στην οποία βρίσκεται. Δηλαδή η συχνότητα (Hz) του ήχου διπλασιαζόταν κάθε φορά ώστε να έχουμε την μεταβολή μιας οκτάβας (C1=32,70 Hz - C2=65,41 Hz -

$C_3=130,81 \text{ Hz} - C_4=261,63 \text{ Hz}$). Αυτό δίνει την αίσθηση σταδιακής αύξησης του φαινομένου και αποδίδει πολύ αποτελεσματικά την ποσοτική διαφοροποίηση. Επίσης οι υψηλότερες συχνότητες είναι περισσότερο ενοχλητικές από τις χαμηλές και κατά μια έννοια αυτό ταυτίζεται με την ένταση του θορύβου που όσο μεγαλώνει, το φαινόμενο γίνεται πιο ενοχλητικό.

- **Τονικότητα:** Εδώ μεταβλήθηκε επίσης η συχνότητα του ήχου αλλά με διαφορετικό βήμα. Δηλαδή έχουμε την διαφοροποίηση μέσα στα πλαίσια μιας μείζονος (ματζόρε) κλίμακας ($C_2=65,41 \text{ Hz} - E_2=82,41 \text{ Hz} - G_2=98,00 \text{ Hz} - C_3=130,81 \text{ Hz}$). Η διαφοροποίηση αυτή κρίθηκε κατάλληλη για την απόδοση ποσοτικών διαφοροποιήσεων. Η σταδιακή αύξηση του τόνου στα πλαίσια μιας πολύ οικείας μουσικής κλίμακας ταυτίζεται με την αύξηση της έντασης του θορύβου.

Ο τελικός χάρτης δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να επιλέξει με ποια από τις τρεις αυτές “ακουστικές” μεταβλητές θα παρουσιαστεί το φαινόμενο στο χάρτη. Ο λόγος για τον οποίο δημιουργήθηκαν τρεις διαφορετικές ομάδες ήχων για να αποδώσουν την ηχορύπανση είναι πειραματικός, δηλαδή, για να διερευνηθεί πώς λειτουργεί η κάθε μεταβλητή από αυτές τις τρεις στην οπτικοποίηση ποσοτικών δεδομένων. Σκοπός είναι να κριθεί η αποτελεσματικότητα της κάθε μεταβλητής τόσο για το συγκεκριμένο φαινόμενο όσο και για άλλες ποσοτικές διαφοροποιήσεις. Ακόμα, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ο χρήστης έχει την δυνατότητα επιλογής της εμφάνισης του οπτικού επιπέδου του θορύβου καθώς και της διαφάνειας (έντασης) του επιπέδου αυτού, γεγονός το οποίο μας επιτρέπει να δούμε σε ποιο βαθμό μια ηχητική απεικόνιση χρειάζεται και οπτική βοήθεια για να γίνει καλύτερα αντιληπτή.

5.3.4. Κώδικας

Η σύνθεση του χάρτη έγινε με τη δημιουργία μιας ιστοσελίδας με χρήση της γλώσσας σήμανσης html και της γλώσσας σεναρίων *JavaScript*. Μέσω της html έγινε ο σχεδιασμός και η μορφοποίηση του χάρτη ενώ μέσω της *JavaScript* δημιουργήθηκε η αλληλεπίδραση μεταξύ των κινήσεων του κέρσορα και της αντίδρασης τους χάρτη στις κινήσεις αυτές. Ενδεικτικά στις παρακάτω εικόνες φαίνονται οι βασικότερες λειτουργίες της *JavaScript* που χρησιμοποιήθηκαν. Στον Πίνακα 2 απεικονίζονται οι λειτουργίες *PlaySound* και *StopSound*, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την αναπαραγωγή και παύση του ήχου ενώ στον Πίνακα 3 φαίνεται η λειτουργία *highlight* η οποία ορίζει τον τονισμό του πολυγώνου πάνω στο οποίο είναι ο κέρσορας. Σημαντικό ρόλο κατέχουν επίσης τα χαρακτηριστικά “*Usemap*” και “*Class*” (Πίνακας 4). Το χαρακτηριστικό *usemap* δημι-

Πίνακας 2. Αναπαραγωγή ήχου.

```
function PlaySound(soundobj) {
    var thissound=document.getElementById(soundobj);
    thissound.play();
}

function StopSound(soundobj) {
    var thissound=document.getElementById(soundobj);
    thissound.pause();
    thissound.currentTime = 0;
}
</script><!--αναπαράγωγή και παύση ήχου-->
```

Πίνακας 3. Τονισμός (highlight) πολυγώνων.

```
<script type="text/javascript" src="F:%5Cdiplmatikh%5Csound_map%5C.jmery">
</script> <!-- <u>απόκλιση Highlight </u> -->
<script type="text/javascript">$(function() {
    $('#map').maphilight();
    $('#squidheadlink').mouseover(function(e) {
        $('#squidhead').mouseover();
    }).mouseout(function(e) {
        $('#squidhead').mouseout();
    }).click(function(e) { e.preventDefault(); });
});</script> <!-- <u>απόκλιση Highlight </u> -->
```

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά Usemap και Class.

```
<br>
```

ουργεί τη σχέση μεταξύ πολυγώνων (areas) και εικόνας ενώ το χαρακτηριστικό class ομαδοποιεί τα πολύγωνα ώστε να έχουν κοινά χαρακτηριστικά.

Η JavaScript επιτρέπει τη σύνδεση του οπτικού χάρτη με τους ήχους και την ενεργοποίηση τους με την κίνηση του κέρσορα. Το κάθε πολύγωνο συνδέεται με το αρχείο του ήχου που αντιστοιχεί στην τιμή της έντασης του θορύβου της συγκεκριμένης περιοχής. Επίσης έχουμε ορίσει την τοποθεσία των αρχείων ήχου στον κώδικα (Πίνακας 5). Έπειτα δίνουμε την εντολή όταν ο κέρσορας περάσει πάνω από μια ορισμένη με συντεταγμένες στην εικόνα περιοχή, να αναπαράγει το αρχείο ήχου που αντιπροσωπεύει την τιμή του φαινομένου (onmouseover = “playsound(‘a’)”). Επίσης δίνεται και η αντίστοιχη εντολή για να σταματήσει ο ήχος όταν κέρσορας βγει από τη συγκεκριμένη περιοχή (Πίνακας 6).

Πίνακας 5. Αρχεία ήχου.

```
<audio id="a" src="file:///F:%5Cdiplmatikh%5Csound_map%5CFINAL_MAP%5Csound%5Ccloudness%5Cmp3%5Ccloud_4.mp3">
<audio id="b" src="file:///F:%5Cdiplmatikh%5Csound_map%5CFINAL_MAP%5Csound%5Ccloudness%5Cmp3%5Ccloud_3.mp3">
<audio id="d" src="file:///F:%5Cdiplmatikh%5Csound_map%5CFINAL_MAP%5Csound%5Ccloudness%5Cmp3%5Ccloud_1.mp3">
<audio id="c" src="file:///F:%5Cdiplmatikh%5Csound_map%5CFINAL_MAP%5Csound%5Ccloudness%5Cmp3%5Ccloud_2.mp3">
```

Πίνακας 6. Πολύγωνο με τις εντολές αναπαραγωγής και παύσης.

```
<area shape="poly" coords="
"499,692,490,681,485,677,472,667,459,651,447,641,429,634,412,633,410,632,408,612,39
5,596,382,592,368,595,358,606,352,613,337,610,324,604,309,597,298,599,291,607,290,6
11,290,616,294,626,300,631,311,634,321,646,331,650,341,648,350,640,356,632,360,630,
369,635,378,640,390,639,399,639,403,639,404,643,402,651,399,660,399,673,401,682,402
,688,399,694,398,703,402,710,409,714,429,713,439,721,447,722,455,724,460,730,459,73
9,462,748,477,752,492,746,499,738" alt="&gt; 68 dB" target="30" href="30A
onmouseover="PlaySound('a')" onmouseout="StopSound('a')" data-maphilight=
"({&quot;stroke&quot;:false,&quot;fillColor&quot;:&quot;0000ff&quot;,&quot;fillOpaci
ty&quot;:0.2})" title="&gt; 68 dB">
```

Με την πλοήγηση του κέρσορα πάνω από κάθε πολύγωνο δίνεται και η εντολή της σκίασης του συγκεκριμένου πολυγώνου ως οπτική βοήθεια στο χρήστη. Έτσι, καθώς ο χρήστης πλοηγείται στο χάρτη, όταν βρίσκεται πάνω από μια περιοχή και ακούει το επίπεδο του θορύβου ταυτόχρονα βλέπει και τα όρια του συγκεκριμένου πολυγώνου πάνω στο χάρτη. Αυτό γίνεται μόνο στο επίπεδο όπου η διαφάνεια του οπτικού επιπέδου είναι 100% και δεν έχουμε δηλαδή σταθερό οπτικό υπόβαθρο. Στις άλλες απεικονίσεις όπου υπάρχει το οπτικό υπόβαθρο δεν χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη εντολή για την αποφυγή οπτικής σύγχυσης.

5.3.5. Υπόμνημα

Το υπόμνημα του χάρτη σχεδιάστηκε με την ίδια μεθοδολογία. Το υπόμνημα κρίνεται αναγκαίο στην ανάγνωση του χάρτη καθώς επιτρέπει στο χρήστη να συσχετίσει την ένταση του θορύβου με τον ήχο που την εκπροσωπεί στο χάρτη. Επιπλέον, επειδή ο αναγνώστης θα πρέπει να ανατρέχει στο υπόμνημα κάθε φορά που θέλει να συσχετίσει τον ήχο που ακούει με την τιμή των decibel του θορύβου, προστέθηκε στον κώδικα το χαρακτηριστικό “title” υπεύθυνο για την εμφάνιση κειμένου το οποίο αναγράφει τα decibel όταν ο κέρσορας παραμένει ακίνητος πάνω από ένα πολύγωνο.

5.3.6. Σύνθεση

Η μορφοποίηση του τελικού χάρτη έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού *KompoZer* το οποίο είναι ένα ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα για τη δημιουργία και επεξεργασία ιστοσελίδων. Στο περιβάλλον του σχεδιάστηκε ο τελικός χάρτης και ενώθηκαν τα επιμέρους στοιχεία, όπως το κύριο μέρος του χάρτη, το υπόμνημα και οι υπόλοιπες απαιτούμενες πληροφορίες. Επίσης στο ίδιο περιβάλλον δημιουργήθηκε η επιλογή της διαφάνειας του οπτικού επιπέδου θορύβου από το χρήστη. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκαν πέντε διαφορετικές σελίδες, μια για κάθε επίπεδο διαφάνειας. Στη συνέχεια, οι πέντε σελίδες σχεδιάστηκαν για τις τρεις μεταβλητές του ήχου. Καταλήξαμε δηλαδή σε ένα σύνολο 15 σελίδων για να δημιουργηθούν όλοι οι συνδυασμοί μεταξύ των τριών μεταβλητών του ήχου και των πέντε διαφορετικών επιπέδων διαφάνειας. Έπειτα από την κάθε σελίδα δημιουργήθηκαν σύνδεσμοι (links) έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να μεταφερθεί από κάθε σελίδα σε όλες τις υπόλοιπες. Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι η εφαρμογή παρουσιάζεται επιτυχώς στο λογισμικό περιήγησης *GoogleChrome* και σε ανάλυση εικόνας 1440x900 εικονοστοιχείων. Σε άλλα λογισμικά περιήγησης και με διαφορετική ανάλυση εικόνας ενδέχεται να παρουσιαστούν ορισμένα προβλήματα συμβατότητας. Ο διαδραστικός ηχητικός χάρτης του θορύβου της πόλης της Βέροιας είναι προσβάσιμος από το δίκτυο στον ακόλουθο σύνδεσμο: http://carto.survey.ntua.gr/theses/sound_map.

6. Συμπεράσματα – Επίλογος

Στην παρούσα εργασία αναλύθηκε η χρησιμότητα του ήχου σε ένα σύγχρονο διαδραστικό χάρτη. Στην εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε εφαρμόστηκε μια μέθοδος ενσωμάτωσης του ήχου ως διαδραστική συνιστώσα σε χάρτη του διαδικτύου, ωστόσο υπάρχουν πολλοί τρόποι επίτευξης αυτού του ίδιου στόχου με την χρήση ευρέως διαθέσιμων γλωσσών προγραμματισμού και σχεδίασης ιστοσελίδων.

Από τη συγκεκριμένη εφαρμογή μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι μεταβολές στην ένταση και τη συχνότητα του ήχου μπορούν είτε από μόνες τους, είτε σε συνδυασμό με οπτικές μεταβλητές, να αποδώσουν ποσοτικές διαφοροποιήσεις δεδομένων αποτελεσματικά. Όσον αφορά την αναπαράσταση ηχητικών φαινομένων στο χώρο, όπως η ηχορύπανση, βλέπουμε ότι ο ήχος μπορεί κάλλιστα να ενσωματωθεί στη χαρτογραφική απόδοση τους, προσθέτοντας παράλληλα έναν βιωματικό χαρακτήρα. Ωστόσο από τις τρεις ηχητικές μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν η ένταση κρίνεται η πλέον κατάλληλη για την απόδοση του εν λόγω φαινομένου. Αυτό συμβαίνει τόσο λόγω του παραλληλισμού της έντασης του θορύβου με την ένταση του ήχου στο χάρτη, αλλά και λόγω της ικανότητας της έντασης του ήχου ως ηχητική μεταβλητή, να αναπαριστά δεδομένα σε κλίμακα διαστήματος. Επίσης το ύψος, δηλαδή η μεταβολή της συχνότητας κατά μια οκτάβα, κρίνεται αποτελεσματική ηχητική μεταβλητή για την απόδοση δεδομένων σε κλίμακα διαστήματος ενώ η τονικότητα είναι αποτελεσματικότερη για την απόδοση δεδομένων σε κλίμακα τάξης.

Υπάρχουν πολλοί τύποι του ήχου καθώς και πολλοί τρόποι με τους οποίους αυτοί οι τύποι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά των διαδραστικών χαρτών. Γενικότερα η εξερεύνηση του ήχου ως μέθοδος απεικόνισης γεωγραφικών δεδομένων είναι σημαντική για πολλούς λόγους. Η αίσθηση της ακοής, η οποία μέχρι πρόσφατα ήταν παραγνωρισμένη ως μέσο παρουσίασης δεδομένων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αυξήσει το εύρος των δεδομένων που συμπεριλαμβάνονται σε μια χαρτογραφική απόδοση. Για παράδειγμα, στην εφαρμογή ενώ ο ήχος αντιπροσωπεύει το επίπεδο της ηχορύπανσης, το οπτικό επίπεδο θα μπορούσε να αναπαριστά την ατμοσφαιρική ρύπανση ώστε να δούμε πως σχετίζονται τα δυο φαινόμενα στο χώρο. Ο ήχος θα μπορούσε να είναι ένα πολύτιμο συμπλήρωμα σε μια οπτική δυναμική χαρτογράφηση ενώ παράλληλα αποτελεί μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στην αυξημένη οπτική πολυπλοκότητα. Ταυτόχρονα, είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι οι ιδέες και τα φαινόμενα που οι χαρτογράφοι επιθυμούν να οπτικοποιήσουν δεν αναπαριστώνται πάντα με τον καλύτερο τρόπο από στατικές, διδιάστατες οπτικές απεικονίσεις.

Τέλος, η εισαγωγή του ήχου στη δημιουργία ενός χάρτη επηρεάζει την αντίληψη του χρήστη και μπορεί να προκαλέσει ερμηνεία διαφορετική από την επιθυμητή. Το γεγονός αυτό καθιστά απαραίτητη την έρευνα σχετικά με την κατανόηση και τις προσδοκίες των χρηστών της συνδυασμένης οπτικοακουστικής χαρτογραφίας. Σημαντικές προκλήσεις για τους χαρτογράφους στο μέλλον είναι η διεξαγωγή πειραμάτων με πολλούς χρήστες με σκοπό την κατανόηση του τρόπου ερμηνείας οπτικό-ακουστικών χαρτογραφικών έργων καθώς και η δημιουργία εργαλείων για την απλούστευση της δημιουργίας ανάλογων έργων.

Βιβλιογραφία

- Brauen G. 2006, "Designing Interactive Sound Maps Using Scalable Vector Graphics", Department of Geography, Carleton University, Ottawa. *Cartographica*, Τομ. 41, No. 1, 59-71.
- Brauen G., Taylor D. R. F., 2007, "Linked audio representation in Cybercartography: Guidance from animated and interactive cartography for using sound", Department of Geography, Carleton University, Ottawa, *Geomatica*, Τομ. 61, No. 2, 127-136.

- Crampton J. W. 2002, "Interactivity Types in Geographic Visualization". *Cartography and Geographic Information Systems*, Τομ. 29, Νο. 2, 85–98.
- Kramer G. 1994a, "An Introduction to Auditory Display", *Auditory Display: Sonification, Audification, and Auditory Interfaces*, Βοστόνη: Addison-Wesley 1–77.
- Krygier, J.B. 1994, "Sound and Geographic Visualization", *Visualization in Modern Cartography*, των A.M. MacEachren και D.R.F. Taylor. Νέα Υόρκη: Pergamon, 149–66.