

ΧΩΡΙΚΟΠΟΙΗΣΗ: Η ΓΕΩ-ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΦΗΡΗΜΕΝΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Σοφία, Κονταξάκη^{1,*} και Μαρίνος, Κάβουρας²

¹Υποψήφια Διδάκτορας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Τ.Κ. 157 80, Αθήνα, Τηλ.: 210.7721306, Email: skontax@mail.ntua.gr

Περίληψη

Η γεω-οπτικοποίηση αναφέρεται στο σύνολο των εργαλείων και των τεχνικών απεικόνισης γεωγραφικών πληροφοριών και πληροφοριών με γεωγραφική αναφορά, καθώς και υποστήριξης διαδικασιών χωρικής ανάλυσης. Πρόσφατα, η τεχνογνωσία που αποκτήθηκε στο πεδίο της γεω-οπτικοποίησης, βρήκε εφαρμογή στην οπτικοποίηση αφηρημένων πληροφοριών, δηλαδή πληροφοριών χωρίς χωρικές ιδιότητες ή γεωγραφική αναφορά. Η οπτικοποίηση αυτή, η οποία είναι γνωστή ως χωρικοποίηση, επιτυγχάνει την απεικόνιση πολυδιάστατων πληροφοριών σε χώρους περιορισμένων διαστάσεων, όπως είναι ο γεωγραφικός, κάνοντας χρήση ειδικών τεχνικών προβολής και κατάλληλων χωρικών μεταφορών. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, περιγράφεται η διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης μιας χωρικοποίησης, και εξετάζεται ο τρόπος που κάποιες από τις κλασσικές χαρτογραφικές έννοιες ερμηνεύονται σ' ένα τέτοιο περιβάλλον οπτικοποίησης.

SPATIALIZATION: THE GEOVISUALIZATION OF ABSTRACT INFORMATION

Sofia, Kontaxaki¹ and Marinos, Kavouras²

¹PhD Candidate, National Technical University of Athens, School of Rural and Surveying Engineering, Department of Topography, 9 Iroon Politechniou str., 157 80, Athens, Tel.: 210.7721306, Email: skontax@mail.ntua.gr

²Professor, National Technical University of Athens, School of Rural and Surveying

Abstract

Geovisualization refers to the set of tools and techniques used in the context of GIS systems in order to support the visualization and the spatial analysis of geographic or geo-referenced information. Recently, the knowledge gained in the field of geovisualization was used in information visualization applications in order to picture abstract information without spatial properties or geographic reference. This visualization, known as spatialization, achieves to project and portray multidimensional data in spaces of limited dimensions, such as the geographic one, using special dimension reduction techniques and spatial metaphors. This paper describes the design and implementation of spatialization, and furthermore, it examines how some of the main cartographic concepts are interpreted in such a visualization environment.

Λέξεις κλειδιά: γεω-οπτικοποίηση, χωρικοποίηση, χωρική μεταφορά.

Key words: geovisualization, spatialization, spatial metaphor.

1. Εισαγωγή

Σήμερα, διανύοντας την εποχή της πληροφορίας, η προσοχή της επιστημονικής κοινότητας έχει στραφεί στην αναζήτηση λύσεων για τη διαχείριση του όλο κι αυξανόμενου όγκου διαθέσιμων πληροφοριών. Οι εφαρμογές που σχετίζονται με την *οπτικοποίηση πληροφοριών* (information

visualization) μπορούν να συμβάλλουν αποτελεσματικά προς αυτήν την κατεύθυνση εάν λάβουμε υπόψη μας ότι «η οπτική πληροφορία επεξεργάζεται και αφομοιώνεται από το ανθρώπινο μυαλό πολύ πιο αποτελεσματικά από αυτήν που παρουσιάζεται σε αλφαριθμητική ή άλλη μορφή» (Tuft, 1983).

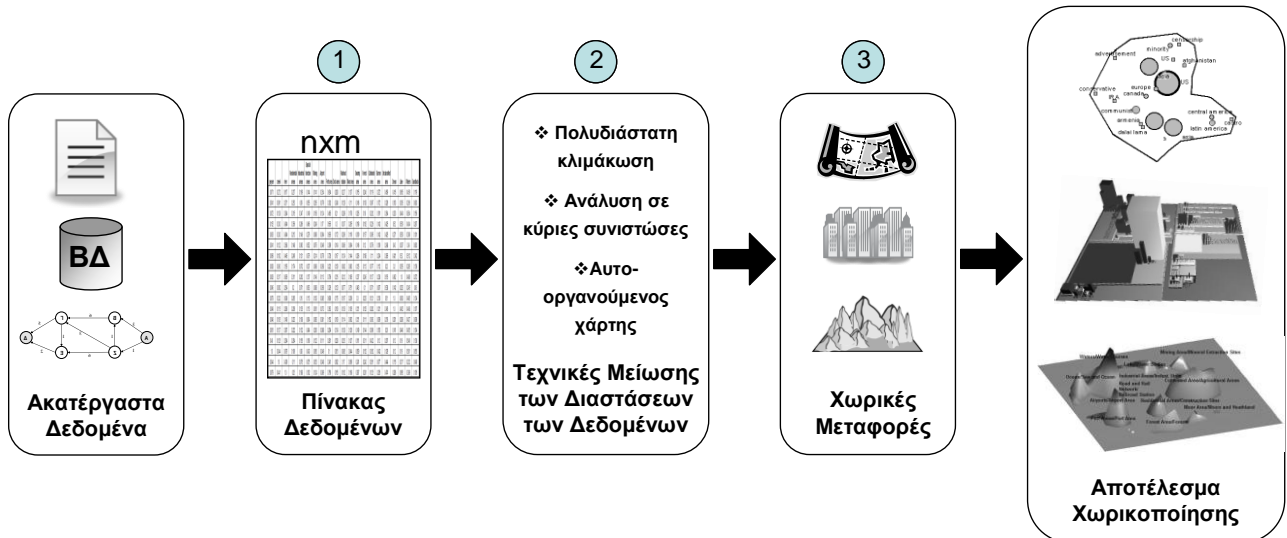
Παράλληλα, η τεχνογνωσία που αποκτήθηκε στο πεδίο της γεω-οπτικοποίησης, δηλαδή των τεχνικών απεικόνισης γεωγραφικών πληροφοριών και πληροφοριών με γεωγραφική αναφορά, καθώς και υποστήριξης διαδικασιών χωρικής ανάλυσης, αξιοποιήθηκε στην οπτικοποίηση αφηρημένων πληροφοριών, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια νέα τεχνική οπτικοποίησης πληροφοριών, η *χωρικοποίηση* (spatialization).

Σύμφωνα με τους Kuhh και Blumenthal (1996), η χωρικοποίηση ορίζεται ως «η διαδικασία κατά την οποία, αφηρημένοι χώροι πληροφορίας απεικονίζονται στο φυσικό χώρο βάσει χωρικών μεταφορών». Οι χωρικές μεταφορές ορίζουν πάντα μια μερική απεικόνιση από το χώρο της πληροφορίας στο φυσικό χώρο και ως εκ τούτου δεν θεωρείται σε καμία περίπτωση ότι οι δυο χώροι ταυτίζονται. Οι Κάβουρας και Κόκλα (2008) απέδωσαν στη χωρικοποίηση έναν πιο ειδικό σκοπό, ορίζοντάς την ως μέθοδο αναπαράστασης της ομοιότητας πληροφοριών κατά την οποία οι όμοιες πληροφορίες απεικονίζονται σ' ένα χώρο αναπαράστασης ως αντικείμενα με παρόμοια χαρακτηριστικά και χωρικές ιδιότητες, καθώς και σε γειτονικές θέσεις.

Πως υλοποιείται όμως μια χωρικοποίηση και πως ερμηνεύονται οι κλασσικές χαρτογραφικές έννοιες σ' ένα τέτοιο περιβάλλον οπτικοποίησης; Στη συνέχεια της εργασίας, οι παράγραφοι 2 και 3 δίνουν απάντηση στο πρώτο ερώτημα ενώ η παράγραφος 4 στο δεύτερο. Τέλος, η παράγραφος 5 εκθέτει τα συμπεράσματα της μελέτης και περιγράφει τις μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις.

2. Ο σχεδιασμός μιας χωρικοποίησης

Δεδομένης της πολυμορφίας της δομής των αφηρημένων πληροφοριών προς χωρικοποίηση, κρίνεται απαραίτητο για τον επιτυχή σχεδιασμό μιας χωρικοποίησης, να ακολουθηθούν τα εξής βήματα (Σχήμα 1): 1) Προετοιμασία των πληροφοριών προς χωρικοποίηση και μετατροπή τους σε δομημένη και «επεξεργάσιμη» μορφή, 2) Επιλογή και εφαρμογή τεχνικής μείωσης των διαστάσεων των πληροφοριών για την προβολή των πληροφοριών στο χώρο απεικόνισης, και 3) Επιλογή κατάλληλων χωρικών μεταφορών για την αναπαράσταση και την εξερεύνηση των πληροφοριών.



Σχήμα 1. Διαδικασία χωρικοποίησης.

2.1 Ο πίνακας δεδομένων

Το πρώτο βήμα κατά το σχεδιασμό μιας χωρικοποίησης, η *προετοιμασία* των πληροφοριών, αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τον αποτελεσματικό χειρισμό τους και τη μετέπειτα προβολή τους στο χώρο απεικόνισης. Ειδικότερα, οι αφηρημένες πληροφορίες, οι οποίες δεν έχουν φυσική υπόσταση και συνεπώς στερούνται χωρικών χαρακτηριστικών, πρέπει να εξετάζονται και να προετοιμάζονται με ιδιαίτερη προσοχή προκειμένου να χωρικοποιηθούν.

Οι αρχικώς «ακατέργαστες» αφηρημένες πληροφορίες, δηλαδή τα *δεδομένα* που πρόκειται να χωρικοποιηθούν, είναι ποικίλης μορφής. Αποτελούνται από κείμενα, στατιστικά δεδομένα, πίνακες βάσεων δεδομένων, ιστοσελίδες, δεδομένα δικτύων, κλπ. Η πολυμορφία αυτή επιβάλλει τη

μετατροπή των δεδομένων σε μια πιο δομημένη και ειδική μορφή, με σκοπό την αλγοριθμική επεξεργασία τους.

Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιείται η δομή του *πίνακα δεδομένων* (Card *et al.*, 1999). Οι στήλες του πίνακα δεδομένων αντιστοιχούν στα χαρακτηριστικά των δεδομένων, ή *μεταβλητές* (variables), ενώ οι γραμμές του πίνακα δεδομένων, αντιστοιχούν στα ίδια τα δεδομένα, δηλαδή στους δυνατούς συνδυασμούς, ή περιπτώσεις (cases) δεδομένων.

Ο ορισμός πίνακα δεδομένων παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Ένα από αυτά είναι ότι, από τις διαστάσεις του, γίνονται άμεσα αντιληπτές οι διαστάσεις και το πλήθος των δεδομένων προς χωρικοποίηση. Π.χ., εάν Π , είναι ένας πίνακας δεδομένων διαστάσεων $n \times m$, τότε ο Π εσωκλείει n περιπτώσεις δεδομένων m διαστάσεων. Είναι προφανές ότι το n είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερο του m .

Ακόμη, από τις διαστάσεις του πίνακα δεδομένων, βγαίνουν συμπεράσματα που αφορούν στην πιθανότητα απώλειας ποσοστού πληροφορίας κατά την προβολή των δεδομένων στο χώρο απεικόνισης. Στην συνηθέστερη περίπτωση κατά την οποία οι διαστάσεις των δεδομένων ξεπερνάνε τις τρεις, η χωρικοποίηση απαιτεί ορισμένα τεχνάσματα για τη μείωσή τους, τα οποία θα επιφέρουν πιθανότατα και κάποια απώλεια ποσοστού πληροφορίας. Η ιδανική αλλά σπάνια περίπτωση κατά την οποία δεν χρειάζεται να μειωθούν οι διαστάσεις των δεδομένων, και ως εκ τούτου δεν χάνεται κανένα ποσοστό πληροφορίας, είναι αυτή που οι διαστάσεις των δεδομένων είναι λιγότερες ή ίσες, όπως και οι διαστάσεις του χώρου απεικόνισης.

Τέλος, με την παρατήρηση και μελέτη ενός πίνακα δεδομένων, μπορούν να βγουν συμπεράσματα για τη σημασία ορισμένων μεταβλητών, για παράδειγμα, για το ποιες μεταβλητές χαρακτηρίζουν μοναδικά τα δεδομένα, ποιες περιπεύουν «υπερφορτώνοντας» το σύνολο των χαρακτηριστικών, ποιες δεν είναι ανεξάρτητες αλλά προκύπτουν από άλλες, κλπ.

2.2 Είδη μεταβλητών πίνακα δεδομένων

Για έναν πίνακα δεδομένων Π , το στοιχείο $\Pi(i,j)$ αντιστοιχεί στην τιμή του χαρακτηριστικού j της περίπτωσης i των δεδομένων. Ποια είναι όμως η φύση των στοιχείων του πίνακα δεδομένων; Είναι αριθμοί; Λέξεις; Κάτι άλλο;

Η φύση των στοιχείων του πίνακα δεδομένων ορίζεται από το είδος των μεταβλητών. Οι μεταβλητές κατηγοριοποιούνται σε τρία βασικά είδη: τις *ονομαστικές* (nominal), τις *μεταβλητές ταξινόμησης* (ordinal) και τις *ποσοτικές* (quantitative).

Οι τιμές μιας ονομαστικής μεταβλητής απαρτίζουν ένα μη ταξινομημένο σύνολο. Οι δυνατές πράξεις μεταξύ των στοιχείων του συνόλου αυτού είναι οι: '=' («ίδιο με», μη αριθμητικό ίσον) και '≠' («διαφορετικό από»). Για παράδειγμα, το σύνολο {'Όσα παίρνει ο άνεμος', 'Η Αλίκη στο ναυτικό', 'Καζαμπλάνκα'} αναφέρεται στις τιμές της ονομαστικής μεταβλητής 'Τίτλος_έργου'.

Μια μεταβλητή ταξινόμησης ορίζει ένα ταξινομημένο σύνολο τιμών. Οι δυνατές πράξεις μεταξύ των τιμών του συνόλου αυτού είναι οι πράξεις συσχέτισης: '>', '<', '=', '≠', κλπ. Για παράδειγμα, το σύνολο <Νέος, Μεσήλικας, Ηλικιωμένος>, που αναφέρεται στο εύρος των τιμών της μεταβλητής ταξινόμησης 'Ηλικία'.

Τέλος, οι ποσοτικές μεταβλητές έχουν τιμές που ανήκουν σε συγκεκριμένο αριθμητικό εύρος. Όλες οι πράξεις συσχέτισης και όλες οι αριθμητικές πράξεις, '+', '-', κτλ, μπορούν να εφαρμοστούν στις τιμές αυτές. Για παράδειγμα, το εύρος [-1.000.000, 1.000.000] αναφέρεται στις τιμές της ποσοτικής μεταβλητής 'Τιμή'.

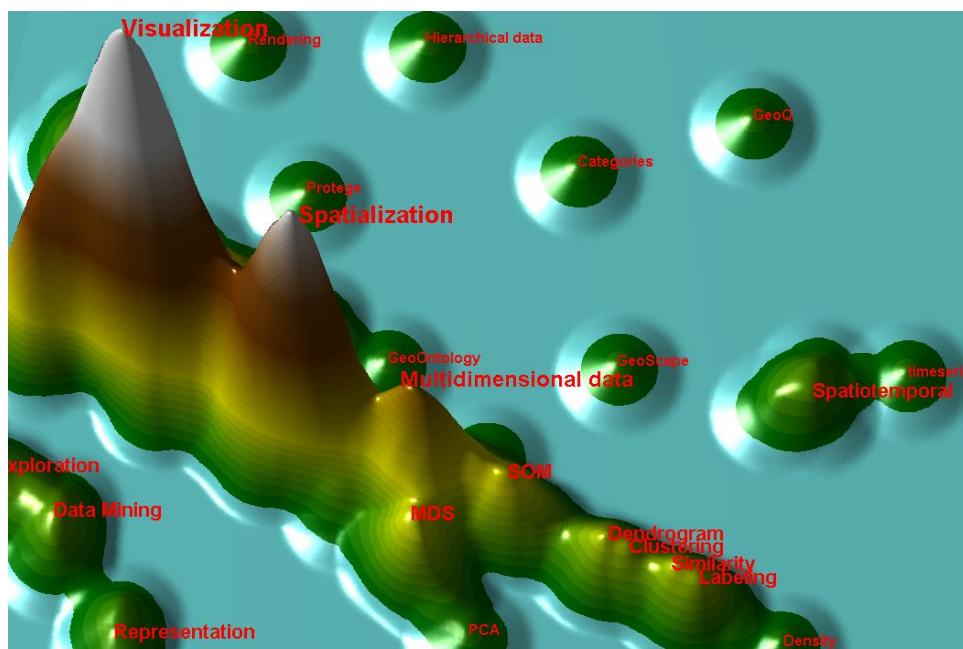
3. Χωρικές μεταφορές

Οι *χωρικές μεταφορές* που χρησιμοποιούνται στη χωρικοποίηση προσφέρουν τη δυνατότητα «εξερεύνησης» του χώρου των πληροφοριών σχεδόν διαισθητικά. Μάλιστα, οι Kuhn και Blumenthal (1996) υποστηρίζουν ότι ο χώρος απεικόνισης μιας χωρικοποίησης πρέπει πάντα να διαμορφώνεται βάσει της ανθρώπινης εμπειρίας, όπως είναι οι εικονικές πόλεις και τα τοπία πληροφοριών.

Για παράδειγμα, συχνά συναντάμε την περίπτωση χωρικοποίησης εγγράφων που απεικονίζονται ως το ανάγλυφο τοπογραφικού χάρτη (Σχήμα 2). Πολύπλοκοι στατιστικοί αλγόριθμοι, αναλύουν τα κείμενα γραμμένα στη φυσική γλώσσα, και αντιστοιχίζουν στο καθένα ένα διάνυσμα με τις πιο χρησιμοποιούμενες λέξεις, «κωδικοποιώντας» έτσι το επικρατέστερο θέμα τους. Τα επικρατέστερα θέματα των κειμένων συγκρίνονται μεταξύ τους και απεικονίζονται ως σημειακές οντότητες μεταξύ των οποίων η απόσταση εξαρτάται από το βαθμό της ομοιότητάς τους. Το ανάγλυφο σχηματίζεται βάσει της πυκνότητας των απεικονιζόμενων σημειακών

οντοτήτων. Τα βουνά και οι λόφοι υποδεικνύουν τις ομάδες κειμένων με παρόμοιο θέμα. Ειδικότερα, η χωρικοποίηση πραγματοποιεί τις εξής αντιστοιχίσεις:

- Σημειακές οντότητες → Έγγραφα
- Υψόμετρο → Πλήθος εγγράφων με όμοιο θέμα
- Αποστάσεις μεταξύ σημείων → Σηματολογική ομοιότητα μεταξύ θεμάτων εγγράφων
- Κορυφές ανάγλυφου → Μεγάλη πυκνότητα εγγράφων με παρόμοιο θέμα
- Βουνά και λόφοι → Ομάδες εγγράφων με θέμα που υποδεικνύεται από την επιγραφή στην κορυφή του βουνού / λόφου



Σχήμα 2. Χωρικοποίηση επιστημονικών άρθρων με χρήση της χωρικής μεταφοράς του τοπίου πληροφοριών.

Γενικότερα, έχουν καταγραφεί έξι κατηγορίες χωρικών μεταφορών (Benking and Judge, 1994):

1. Γεωμετρικές δομές (geometric forms)
2. Τεχνητές δομές (artificial forms)
3. Φυσικές δομές (natural forms)
4. Συστημικές δομές (systemic structures)
5. Συστήματα παραδοσιακών συμβόλων (traditional symbol systems)
6. Δυναμικά συστήματα (dynamic systems)

Η μεταφορά του τοπίου πληροφοριών περιλαμβάνεται στην κατηγορία των φυσικών δομών. Στη μελέτη (Fabrikant and Buttenfield, 2001) υποστηρίζεται ότι η συγκεκριμένη χωρική μεταφορά παρέχει τη βάση για τη μοντελοποίηση και την εξερεύνηση πληροφοριών δια μέσου ενός απτού και οικείου χώρου απεικόνισης ο οποίος μοιάζει πολύ με τον πραγματικό γεωγραφικό χώρο.

Εκτός από το τοπίο πληροφοριών, η μεταφορά της πόλης (που ανήκει στην κατηγορία των τεχνητών δομών) αποτελεί κι αυτή δημοφιλή χωρική μεταφορά. Ειδικότερα, υποστηρίζεται ότι παρέχει αφενός τις απαραίτητες ιεραρχικές δομές για την προσαρμογή της χωρικοποίησης στην εκάστοτε κλίμακα ή επίπεδο λεπτομέρειας και αφετέρου δίνει τη δυνατότητα ορισμού ξεκάθαρων χωρικών ορίων μεταξύ των απεικονιζόμενων αντικειμένων (π.χ., ένα κτήριο ή ένα δωμάτιο έχουν ξεκάθαρα όρια) και σχέσεων περιέχοντος-περιεχομένου (relationships of containment) (Dieberger and Frank, 1998). Ακόμη, οι Derthick *et al.* (2003), πραγματοποιώντας τη χωρικοποίηση μεγάλου όγκου πολυμεσικών δεδομένων, περιγράφουν τη μεταφορά της πόλης ως εύκολα «μνημονεύσιμη» και τόσο πλούσια σε λεπτομέρειες που μπορεί να αξιοποιηθεί με ποικίλους τρόπους για τη μετάδοση πληροφοριών.

Τέλος, οι Skupin and Buttenfield (1997) χρησιμοποιώντας τη χωρική μεταφορά του *δισδιάστατου χάρτη* πραγματοποίησαν τη χωρικοποίηση μεγάλου όγκου κειμένων. Πιο συγκεκριμένα, πρόβαλαν τα κείμενα σ' ένα δισδιάστατο χώρο αναπαράστασης βάσει της ομοιότητας του περιεχομένου τους

ενώ ταυτόχρονα, τα ομαδοποίησαν ιεραρχικά με τη βοήθεια δένδρογράμματος. Σε κάθε αλλαγή ιεραρχικού επιπέδου στο δένδρογράμμα, τα σημειακά αντικείμενα συμπύσσονταν σε μεγαλύτερα ή διαχωρίζονταν σε επιμέρους μικρότερα αντικείμενα, με ταυτόχρονη αλλαγή του χαρτογραφικού συμβόλου τους.

Στη συνέχεια της εργασίας, εξετάζεται πως κάποιες βασικές χαρτογραφικές έννοιες (απόσταση, κλίμακα, κλπ) ερμηνεύονται στο πλαίσιο μιας χωρικοποίησης.

4. Οι χαρτογραφικές έννοιες στη χωρικοποίηση

Η χαρτογραφία έχει αναπτύξει πλήθος μεθόδων και τεχνικών για την επεξεργασία και απόδοση γεωγραφικών πληροφοριών. Η υπάρχουσα τεχνογνωσία μπορεί να εφαρμοστεί επιτυχώς και στην περίπτωση μη γεωγραφικών πληροφοριών (Skuripin, 2000). Έτσι, στη χωρικοποίηση, οι βασικές χαρτογραφικές έννοιες, όπως η απόσταση, η προβολή, η γενίκευση, κλπ, ερμηνεύονται διαφορετικά, αναδεικνύοντας τη γενική τάση μεταβολής των δεδομένων ή ορισμένες ιδιότητες που επιτρέπουν την κατηγοριοποίηση των δεδομένων σε ομάδες βάσει της σημασιολογικής τους ομοιότητας. Ειδικότερα, η έννοια της απόστασης ερμηνεύεται ως το μέτρο της ομοιότητας δεδομένων. Η κλίμακα αποκτά, και αυτή, καινούργιο νόημα αντιπροσωπεύοντας το βαθμό λεπτομέρειας (level of detail) των απεικονιζόμενων δεδομένων. Όσον αφορά τη θέση, εξετάζεται συνολικά ως κατανομή αντικειμένων και παρέχει πληροφορίες που σχετίζονται με το σχηματισμό ομάδων όμοιων δεδομένων.

4.1 Η έννοια της απόστασης

Πριν από τριάντα χρόνια, ο Tobler (1970) έγραφε τον Πρώτο Νόμο της Γεωγραφίας: «Everything is related to everything else, but closer things are more closely related», δηλαδή «*Τα πάντα σχετίζονται μεταξύ τους αλλά τα γειτονικά πράγματα ακόμη περισσότερο*». Στη βασική αυτή αρχή, στηρίζεται η δημιουργία χαρτών. Οι χάρτες αποτελούν το κύριο μέσο οπτικοποίησης γεωγραφικών πληροφοριών και απόδοσης αποστάσεων μεταξύ γεωγραφικών οντοτήτων. Στη χωρικοποίηση, επεκτείνεται η αρχή αυτή σε μη γεωγραφικά δεδομένα, με την υιοθέτηση κατάλληλων αριθμητικών εκφράσεων για την περιγραφή της απόστασης ως μέτρο ομοιότητας. Για παράδειγμα, ως μέτρο απόστασης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο γενικευμένος τύπος της κανονικοποιημένης Ευκλείδειας απόστασης (1):

$$\text{dist}(d_i, d_j) = \sqrt{\sum_{a=1}^n (x_{ia} - x_{ja})^2 / s_a^2} \quad (1)$$

Όπου d_i και d_j ένα ζευγάρι παρατηρήσεων n διαστάσεων προς σύγκριση, x_{ia} και x_{ja} , οι τιμές των μεταβλητών των παρατηρήσεων αυτών, οι οποίες αναφέρονται στη διάσταση a , και s_a^2 , η διακύμανση των τιμών αυτών.

Είναι γεγονός ότι η απόσταση, ως μέτρο ομοιότητας, διαφέρει πολύ από την αυστηρώς ορισμένη γεωγραφική απόσταση. Ωστόσο, και στη Γεωγραφία, χρησιμοποιούνται συχνά αποστάσεις που ορίζονται συναρτησιακά (functional distances). Για παράδειγμα, λέγεται πως δυο πόλεις απέχουν μια ώρα απόσταση, χρησιμοποιώντας την έννοια του χρόνου αντί του χώρου, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες, όπως η κυκλοφοριακή κίνηση, η ποιότητα του δρόμου, κλπ. Ακόμη, στη Γεωγραφία, μπορούν να οριστούν συντελεστές απόστασης, δηλαδή παράγοντες που επηρεάζουν τον υπολογισμό της απόστασης. Κατ' αντιστοιχία, στη χωρικοποίηση, η επιλογή των συντελεστών που θα μετέχουν στον ορισμό της απόστασης, αφορά στην επιλογή των χαρακτηριστικών εκείνων που θα αναδείξουν την ομοιότητα ή, αντίθετα, τη διαφορετικότητα των δεδομένων.

4.2 Η χαρτογραφική προβολή

Για την υλοποίηση μιας χωρικοποίησης, είναι απαραίτητη η προβολή των πολυδιάστατων δεδομένων σε χώρους δισδιάστατους ή τρισδιάστατους, η οποία γίνεται με την εφαρμογή ειδικών τεχνικών μείωσης των διαστάσεων των δεδομένων. Οι κυριότερες εξ αυτών των τεχνικών είναι 1) η πολυδιάστατη ή πολύ-ανυσματική κλιμάκωση (multidimensional scaling - MDS), 2) η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες (Principal Component Analysis - PCA) και 3) η προβολή σε αυτο-οργανούμενο χάρτη (Self-Organizing Map - SOM).

Η προβολή των πολυδιάστατων δεδομένων που συντελείται κατά την υλοποίηση μιας χωρικοποίησης μοιάζει με τη δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι χαρτογράφοι για να αναπαραστήσουν τον τρισδιάστατο γεωγραφικό χώρο στο δισδιάστατο χώρο της οθόνης του

υπολογιστή ή στον παραδοσιακό αναλογικό χάρτη. Μπορούμε δηλαδή να παρομοιάσουμε τις τεχνικές μείωσης των διαστάσεων των δεδομένων που χρησιμοποιούνται στη χωρικοποίηση με τις τεχνικές προβολής που χρησιμοποιούνται στη χαρτογραφία.

Ακόμη, ενώ στην χαρτογραφία οι παραμορφώσεις που επιφέρουν οι χαρτογραφικές προβολές είναι υπολογίσιμες και άμεσα αντιληπτές, στη χωρικοποίηση, οι παραμορφώσεις που παρουσιάζονται κατά την προβολή των δεδομένων σ' ένα χώρο απεικόνισης περιορισμένων διαστάσεων, όχι μόνο δεν είναι προβλέψιμες αλλά ακόμη και η ελάχιστη αλλαγή στις τιμές κάποιων παραμέτρων μπορεί να επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην κατανομή των δεδομένων της χωρικοποίησης και στην εμφάνιση του αποτελέσματος.

Έτσι, όπως οι σχεδιαστές χαρτών γνωρίζουν τις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε χαρτογραφικής προβολής, οι σχεδιαστές χωρικοποιήσεων οφείλουν να γνωρίζουν τις ιδιαιτερότητες των τεχνικών μείωσης των διαστάσεων των δεδομένων προκειμένου να τις χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά.

Για παράδειγμα, ενώ η πολυδιάστατη κλιμάκωση αναδεικνύει τις σχετικές αποστάσεις μεταξύ των αναπαριστώμενων αντικειμένων, ο αυτο-οργανούμενος χάρτης τείνει να διατηρήσει τις τοπολογικές σχέσεις τους. Ακόμα, ενώ ο αυτο-οργανούμενος χάρτης ενδείκνυται για τη χωρικοποίηση μεγάλου όγκου δεδομένων, οι σχετικές αποστάσεις παραμορφώνονται πάρα πολύ.

Αντίστοιχα, η μερκατορική προβολή και η προβολή Peters είναι παρόμοιες όσον αφορά τη διατήρηση των τοπολογικών σχέσεων των γεωγραφικών οντοτήτων. Όμως, ενώ και οι δυο παραμορφώνουν τις σχετικές αποστάσεις, το κάνουν με διαφορετικό τρόπο. Ναι μεν, η μερκατορική προβολή διατηρεί τις γωνίες και προτιμάται στους χάρτες πλοήγησης, παραμορφώνει τα εμβαδά των αναπαριστώμενων περιοχών και δεν χρησιμοποιείται στους θεματικούς χάρτες πληθυσμού. Αντίθετα, η προβολή Peters διατηρεί τα εμβαδά. Έτσι, γνωρίζοντας τις ιδιαιτερότητες αυτές, επιλέγεται κατά περίπτωση η κατάλληλη χαρτογραφική προβολή.

4.3 Η γενίκευση/ειδίκευση

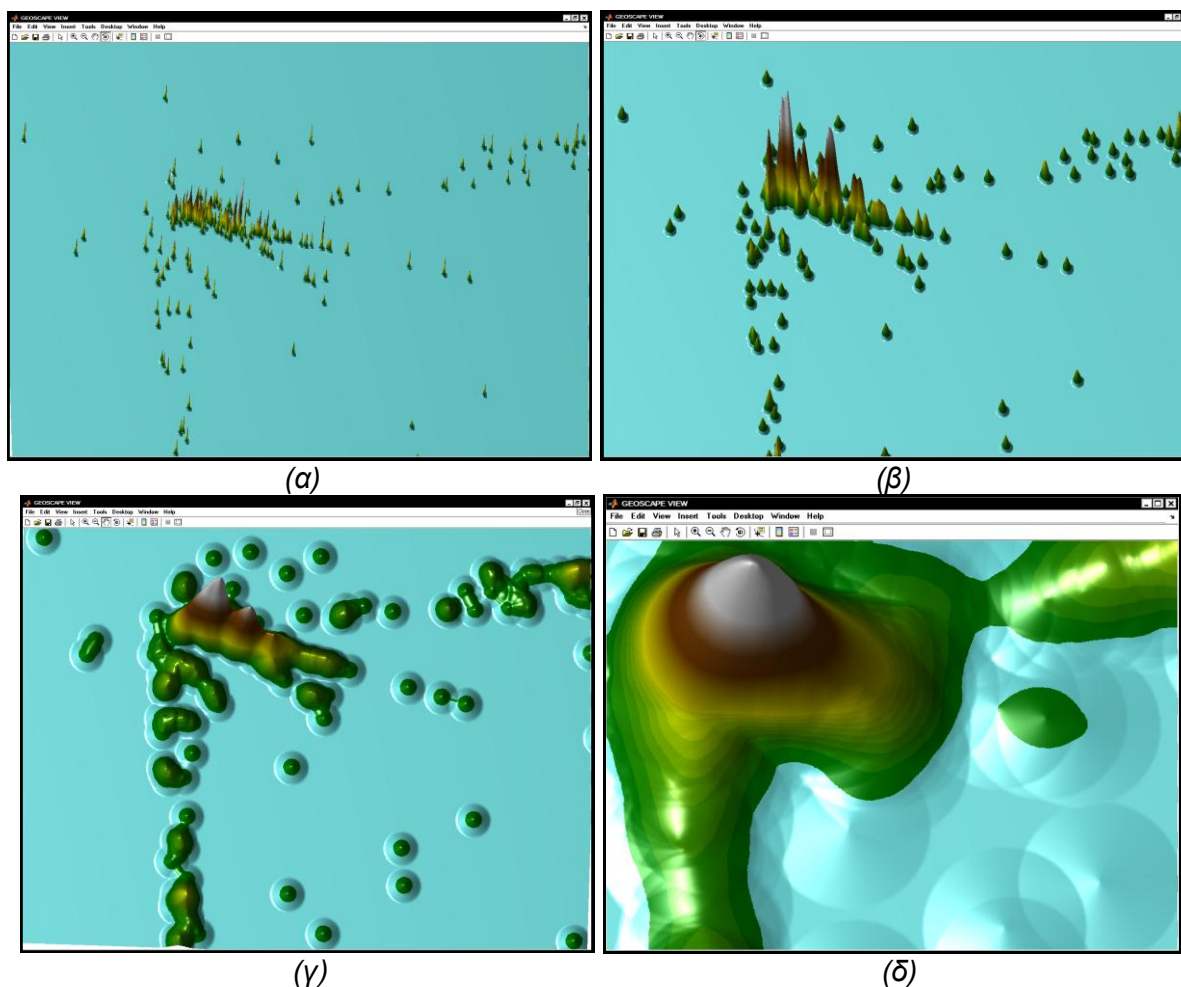
Η επιλογή κατάλληλης κλίμακας αποτελεί ένα από τα κριτήρια αποτελεσματικότητας ενός χάρτη, δεδομένου ότι, μέσω της κλίμακας, καθορίζεται το ποιες και το πόσες πληροφορίες θα απεικονιστούν. Όσο μικραίνει ή μεγαλώνει η κλίμακα, τόσο ο βαθμός λεπτομέρειας των απεικονιζόμενων πληροφοριών μειώνεται ή αυξάνεται αντίστοιχα. Η έννοια της κλίμακας αναφέρεται και ως *επίπεδο λεπτομέρειας* (level of detail), ενώ η *διακριτική ικανότητα* (resolution, granularity) αποτελεί συναφή αλλά διαφορετική έννοια.

Το επίπεδο λεπτομέρειας είναι στενά συνδεδεμένο με τις αλλαγές στην κλίμακα απεικόνισης που επιφέρουν οι διαδικασίες της γενίκευσης και της ειδίκευσης. Ειδικότερα, η διαδικασία της *γενίκευσης* μειώνει τον αριθμό των απεικονιζόμενων αντικειμένων, με την ομαδοποίηση και την αντικατάστασή τους από αντικείμενα λιγότερα σε αριθμό και «φτωχότερα» σε λεπτομέρειες αναπαράστασης. Αντίθετα, η διαδικασία της *ειδίκευσης* επιφέρει τη διαίρεση των απεικονιζόμενων αντικειμένων σε περισσότερα και «πλουσιότερα» σε λεπτομέρειες αναπαράστασης.

Στο πλαίσιο μιας χωρικοποίησης, το πρόβλημα της απεικόνισης δεδομένων σε πολλά επίπεδα λεπτομέρειας αντιμετωπίζεται συνήθως με τη βοήθεια μιας ιεραρχικής δομής χωρικών μεταφορών. Οι Kuhn και Blumenthal (1996) υποστηρίζουν σχετικά ότι η χρήση μιας χωρικής μεταφοράς συνεπάγεται αυτομάτως τη χρήση των σχετικών υπερ-μεταφορών (super-metaphors) και υπο-μεταφορών (sub-metaphors).

Για παράδειγμα, οι χωρικές μεταφορές του *κτηρίου* και της *χώρας* μπορεί να θεωρηθούν αντίστοιχα υπο-μεταφορά και υπερ-μεταφορά της χωρικής μεταφοράς της *πόλης*. Με τον τρόπο αυτό, μια ολόκληρη ιεραρχία μεταφορών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τη χωρικοποίηση πληροφοριών σε διάφορα επίπεδα λεπτομέρειας.

Ένα άλλο παράδειγμα χρήσης χωρικών μεταφορών για την αναπαράσταση πολλών επιπέδων λεπτομέρειας, αποτελεί το περιβάλλον χωρικοποίησης που περιγράφεται στο (Kontaxaki *et al.*, 2010), με στόχο την εξόρυξη γνώσης από συλλογές πολυδιάστατων δεδομένων μεγάλου όγκου. Στο περιβάλλον αυτό, εφαρμόζεται μια τεχνική χωρικοποίησης που παράγει τρισδιάστατες επιφάνειες κάνοντας χρήση 1) της μεταφοράς του τοπίου πληροφοριών, για την ανάδειξη ομάδων όμοιων δεδομένων και 2) της μεταφοράς της ομαλότητας του τοπίου πληροφοριών για τη αναπαράσταση πολλών επιπέδων λεπτομέρειας (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Διαδοχική γενίκευση τοπίου πληροφοριών από ψηλό επίπεδο λεπτομέρειας (α), σε χαμηλό επίπεδο λεπτομέρειας (δ).

5. Συμπεράσματα και μελλοντική έρευνα

Όπως περιγράφηκε παραπάνω, η χωρικοποίηση έχει ως αποτέλεσμα τον ορισμό ενός πρωτότυπου χώρου απεικόνισης, όπου οι βασικές χωρικές έννοιες αποκτούν καινούργια σημασία. Η κλασική χωρική απόσταση ερμηνεύεται πλέον ως το μέτρο της ομοιότητας μεταξύ των απεικονιζόμενων πληροφοριών. Η χαρτογραφική προβολή συνίσταται στη διαδικασία μείωσης των διαστάσεων των δεδομένων ενώ η κλίμακα αποκτά την έννοια του επιπέδου λεπτομέρειας.

Ακόμη, πρέπει να διευκρινιστεί ότι η χωρικοποίηση δεν αποτελεί μια απλή χωρική συσχέτιση, όπως συμβαίνει στους θεματικούς χάρτες, αλλά *προσομοίωση μη χωρικού φαινομένου με χωρικό*. Οι χωρικές μεταφορές παρέχουν ένα «φιλικό» πλαίσιο για την εξερεύνηση και την ερμηνεία ενός εικονικού χώρου βάσει της ανθρώπινης εμπειρίας και μάλιστα, με δυνατότητα αναπαράστασης των πληροφοριών σε διάφορα επίπεδα λεπτομέρειας.

Ωστόσο, η χρήση χωρικών μεταφορών ενέχει και ορισμένα μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, προϋποθέτει την καταβολή επιπλέον νοητικής προσπάθειας για να επιτευχθεί η εξοικείωση με το περιβάλλον χωρικοποίησης και τις λειτουργίες που παρέχει, με αποτέλεσμα να κρίνεται προτιμότερο οι τεχνικές χωρικοποίησης να εφαρμόζονται στην περίπτωση σχετικά πολύπλοκων και μεγάλου όγκου δεδομένων, δηλαδή σε περιπτώσεις που αξίζει να επωμιστεί κανείς αυτό το επιπλέον κόστος εξοικείωσης.

Ακόμη, έχουν αναφερθεί διαφορές στον τρόπο που ο ανθρώπινος νους επεξεργάζεται τις διάφορες χωρικές μεταφορές. Σχετικά με το τοπίο πληροφοριών, οι έρευνες έχουν οδηγήσει σε μεικτά συμπεράσματα. Για παράδειγμα, η μελέτη που παρουσιάζεται στο (Tory *et al.*, 2009) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ενώ οι άνθρωποι μπορούν πιο εύκολα να αντιληφθούν διαισθητικά τη γεωμορφολογία ενός τρισδιάστατου τοπίου και να κατανοήσουν την αντιστοιχία «απόσταση-ομοιότητα», οι πληροφορίες που μεταδίδονται από μια δισδιάστατη χωρικοποίηση γίνονται πιο γρήγορα αντιληπτές.

Η μελέτη και καταγραφή των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων που προκύπτουν από τη χρήση των διαφόρων χωρικών μεταφορών σε σχέση με την επιτέλεση συγκεκριμένων εργασιών (tasks), θα αποτελέσουν αντικείμενα μελλοντικής έρευνας για τους συγγραφείς.

Βιβλιογραφία

- Card S.K., J.D. Mackinlay, B. Shneiderman, 1999: *Readings in Information Visualization. Using Vision to Think*. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA.
- Derthick M., M. Christel, A. Hauptmann, N. Dorbin, S. Stevens, H. Wactlar, 2003: A Cityscape Visualization of Video Perspectives. *Proceedings of the National Academy of Sciences Arthur M. Sackler Colloquium on Mapping Knowledge Domains*. Irvine, CA, available at <http://www.cs.cmu.edu/sage/papers/Cityscape.pdf>, Last date accessed 2.2010.
- Dieberger A., A.U. Frank, 1998: A city metaphor for supporting navigation in complex information spaces. *Journal of Visual Languages and Computing*, **9**, 597-622.
- Fabrikant S.I., B.P. Buttenfield, 2001: Formalizing Semantic Spaces for Information Access. *Annals of the Association of American Geographers*. Blackwell Publishers, Oxford, UK, **91**(2), 263-280.
- Kavouras M., M. Kokla, 2008: *Theories of Geographic Concepts: Ontological Approaches to Semantic Integration*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
- Kontaxaki S., E. Tomai, M. Kokla, M. Kavouras, 2010: Visualizing multidimensional data through granularity-dependent spatialization. *Proceedings of the SPIE Conference on Visualization and Data Analysis 2010*, doi: 10.1117/12.838430, SPIE Vol. **7530**, 75300M.
- Kuhn W., B. Blumenthal, 1996: *Spatialization: Spatial Metaphors for User Interfaces*. Reprinted Tutorial Notes from the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems in Vancouver, GeoInfo 8, Department of Geoinformation, Technical University of Vienna, Vienna.
- Skupin A., 2000: From Metaphor to Method: Cartographic Perspectives on Information Visualization. *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization*, Salt Lake City, Utah, 91-97.
- Skupin A., B.P. Buttenfield, 1997: Spatial Metaphors for Display of Information Spaces. *Proceedings of the International Research Symposium on Computer-based Cartography, AUTO-CARTO 13*, Seattle, WA, 116-125.
- Tobler W., 1970: A Computer Model Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, **46**(2), 34-240.
- Tory M., Swindells C., Dreezer R., 2009: Comparing Dot and Landscape Spatializations for Visual Memory Differences. *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.* **15**(6): 1033-1040.
- Tufte E.R., 1983: *The Visual Display of Quantitative Information*, Graphics Press.