

## Η θεωρία της χαρτογραφικής γραμμής

- Jenks, G.F., 1981, Lines, Computers, and Human Frailties. *Annals of the Association of American Geographers*, 71(1): 1-10.
- Jenks, G.F., 1989, Geographic Logic in Line Generalization, *Cartographica*, 26(1): 27-42.
- Buttenfield, B., 1985, Treatment of the Cartographic Line, *Cartographica*, 22(2): 1-26.
- Beard, M.K., 1991, Theory of the Cartographic Line Revisited / Implications for Automated Generalization, *Cartographica*, 28(4): 32-58.

### Κατηγορίες χαρτογραφικών γραμμών

Τεχνητά γραμμικά χαρακτηριστικά:

Δομούνται από ομαλές καμπύλες και ευθύγραμμα τμήματα  
(Δρόμοι, σιδηροδρομικές γραμμές κ.α.)

Φυσικά γραμμικά χαρακτηριστικά:

Πολύπλοκης μορφής γραμμές με πολλές αλλαγές διεύθυνσης  
(ποταμοί, ακτογραμμές, όρια λεκάνων απορροής κ.α.)

Τα δύο βασικά ζητήματα της διεπαφής ανθρώπου-μηχανής (αναλογική/ψηφιακή)

1

Λογικά σφάλματα

Σφάλματα προερχόμενα από ψυχολογικούς παράγοντες

Σφάλματα προερχόμενα από φυσιολογικούς παράγοντες

2

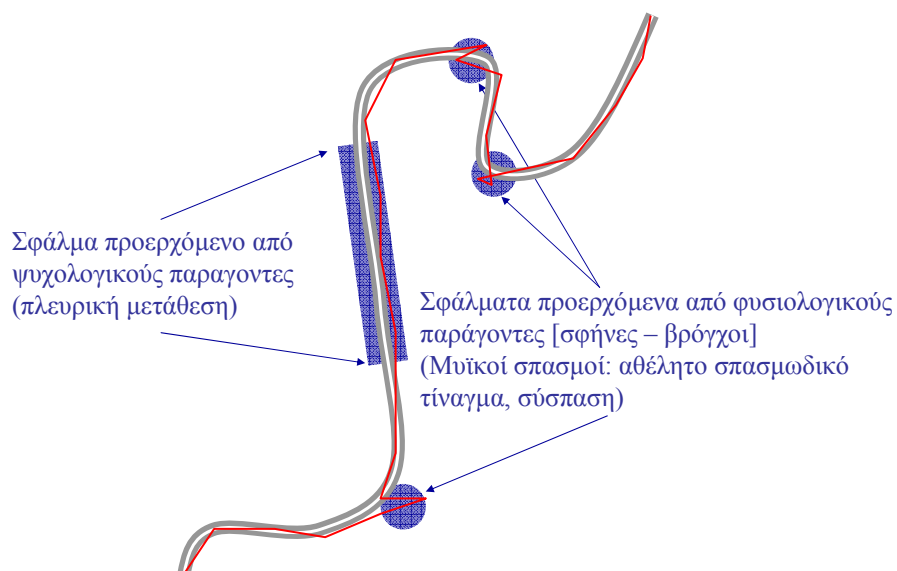
Σφάλματα προερχόμενα από γενίκευση (απλοποίηση)

(Jenks 1981)

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ

GEO-642-2

Ψηφιοποίηση σε συνεχή ροή (stream mode digitization)



ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ

GEO-642-2

## Σημειακή ψηφιοποίηση (point mode digitization)

Υπάρχει η άποψη (χαρτογράφων και ψυχολόγων) ότι ένα αραιό αλλά πολύ προσεκτικά επιλεγμένο σύνολο σημείων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργηθεί μια πιστή αναπαράσταση της χαρτογραφικής γραμμής



Σύμφωνα με τη θεώρηση αυτή υπάρχουν σημεία υψηλής σημαντικότητας γνωστά ως χαρακτηριστικά ή **κρίσιμα σημεία** που καθορίζουν το γεωγραφικό σχηματισμό της χαρτογραφικής γραμμής (Attneave 1954)

- 1      Σημαντικές οικονομικές, πολιτικές ή πολιτιστικές θέσεις
- 2      Φυσικά, σημαντικά ή βασικά της δομής της χαρτογραφικής γραμμής (Είναι αυτά που προσδίδουν την αντίληψη της ιδιαιτερότητας και διακριτότητα της μορφής της)

## Σφάλματα ψηφιοποίησης σε συνεχή ροή

- Τα σφάλματα κατά τη διεύθυνση: *Y* κυριαρχούν των σφαλμάτων κατά τη διεύθυνση: *X* λόγω του ότι η καταγραφή γίνεται κατά την ώρα της κίνησης του σταυρονήματος
- Οι χειριστές τείνουν να υπερψηφιοποιούν (overshoot) ή να υποψηφιοποιούν (undershoot) τις κορυφές της χαρτογραφικής γραμμής
- Οι χειριστές εάν αντιληφθούν ότι ψηφιοποιούν λανθασμένα προσπαθούν να επανέλθουν στον άξονα της γραμμής παρά να κάνουν μια απότομη διόρθωση

## Σφάλματα σημειακής ψηφιοποίησης

- Τα σφάλματα κατά τη διεύθυνση: *X* κυριαρχούν των σφαλμάτων κατά τη διεύθυνση: *Y*

### Μείωση σφαλμάτων ψηφιοποίησης μέσω εκπαίδευσης

- Ορισμένοι χαρτογράφοι θεωρούν ότι τα σφάλματα ψηφιοποίησης των χαρτογραφικών γραμμών είναι τυχαία γεγονότα που σχετίζονται με πλάνη των οφθαλμών και τρέμουλο του χεριού
- Τα ερευνητικά ευρήματα του Traylor (1979) δείχνουν ότι τα περισσότερα σφάλματα στα ψηφιακά αρχεία συσχετίζονται με τη διεύθυνση της κίνησης του σταυρονήματος. Επιπλέον η ανάλυσή του δείχνει ότι κάθε άτομο έχει προσωπική και επαναληπτική υπογραφή (ταυτότητα). Ενδιαφέρον έχει επίσης το εύρημά του ότι οι υπογραφές των σφαλμάτων διαφόρων ατόμων είναι τόσο παρόμοιες ώστε μπόρεσε να δημιουργήσει μια παγκόσμια υπογραφή σφάλματος.
- Στη βάση της λογικής αυτής μια εκπαιδευτική διαδικασία ψηφιοποίησης ενός ατόμου μπορεί να προσφέρει ως αποτέλεσμα την υπογραφή των σφαλμάτων του

Θα μπορούσε να αναπτυχθεί ένα λογισμικό με το οποίο να διορθώνονται τα σφάλματα ενός συνόλου δεδομένων βάσει της προσωπικής υπογραφής των σφαλμάτων του χειριστή;

### Μείωση σφαλμάτων ψηφιοποίησης μέσω διόρθωσης

- Αλληλεπιδρούσα οπτική διόρθωση

Επίθεση αναλογικής και ψηφιακής χαρτογραφικής γραμμής (επανα-ψηφιοποίηση)

- Αυτόματη διόρθωση μέσω λογισμικού

Αφαίρεση κόμβων, θορύβων (σφήνες από αστοχία υλικού), βρόγχων και διπλο-εγγραφών

### Ανθρώπινα σφάλματα γενίκευσης (απλοποίησης) γραμμών

Κατά τη χειροκίνητη γενίκευση, η απλοποίηση των γραμμών είναι μια ολιστική διαδικασία κατά την οποία εξετάζεται ταυτόχρονα η φυσικός χαρακτήρας της μορφής της σε ορισμένα πλαίσια:

- Ως γεωμορφολογική οντότητα
- Ως αντιληπτική οντότητα
- Ως προβλεπόμενη αναπαράσταση (μετασχηματισμός)

Επιλογή κρίσιμων σημείων, απαλοιφή λεπτομερειών

Κατά την ψηφιακή γενίκευση, η διαδικασία απλοποίησης εκτελείται σαν μια λογική διαδοχή. Ο χρήστης μπορεί να διαχειρίζεται τη γραμμή στα ίδια πλαίσια της χειροκίνητης γενίκευσης αλλά είναι υποχρεωμένος να λειτουργήσει υπό τους περιορισμούς της μηχανής (υπολογιστή). Ο χρήστης δεν βλέπει τη γραμμή ως μια συνέχεια αλλά ως διακριτή ιεράρχηση συντεταγμένων (διανυσματική δομή) που τις επεξεργάζονται ένας ή περισσότεροι σειριακοί αλγόριθμοι. (Αντίστροφη λογική με τη χειροκίνητη).

→ Η διαφοροποίηση από τις υφιστάμενες χαρτογραφικές αρχές οδηγεί σε λογικά σφάλματα

### Αξιολόγηση απλοποιημένων γραμμών

- Η αξιολόγηση μπορεί να γίνει με αντιληπτικά κριτήρια
- Η αξιολόγηση μπορεί να γίνει με διάφορα μέτρα

Μέτρα αξιολόγησης:

- Μέτρα που χαρακτηρίζουν τη γραμμή  
(αριθμός συν/νων ανά μονάδα μήκους, γωνιακή αλλαγή μεταξύ διαδοχικών διανυσμάτων, δείκτης καμπυλότητας)
- Μέτρα σύγκρισης μεταξύ αρχικής και παράγωγης γραμμής )  
(μέτρα μετάθεσης –επιφανειακή μετάθεση, διανύσματα μετάθεσης)

McMaster (1983): 30 μέτρα αξιολόγησης (7 «στατιστικά» ανεξάρτητα)

Η χαρτογραφική γραμμή ως σύνολο σημείων

- Νόμος των Törfer & Pillewizer (1966)
- Αλγόριθμος απλοποίησης του Lang (1969)
- Εξομάλυνση
- Σταθμισμένη ιεράρχηση των σημείων

Η χαρτογραφική γραμμή ως γραμμικό χαρακτηριστικό

- Χωρίς πλάτος με χαρακτηριστικό μόνο το μήκος (Maling 1968)  
(καμπυλότητα, «σιγμοειδής» χαρακτήρας, ημιτονικότητα)
- Παραμετρικές εξισώσεις
- Κλασικά splines, τεταγωνικά B-splines
- Καμπύλες Bezier

Το παράδοξο του μήκους της χαρτογραφικής γραμμής

- Κάθε γραμμικό χαρακτηριστικό είναι συνεχές
- Οι μονάδες μέτρησης του μήκους είναι διακριτές

Τα μήκη των γραμμών που προκύπτουν από μετρήσεις με χρήση όλο και μικροτέρων μονάδων μέτρησης (βήματα) δεν συγκλίνουν (Steinhaus 1954; 1960)

Έρευνα του Richardson (1961) σχετικά με το παράδοξο του μήκους των χαρτογραφικών γραμμών:

$$\sum l = l^{-a}$$

$a$ : θετική σταθερά, χαρακτηριστική της γραμμής

Η χαρτογραφική γραμμή ως επιφανειακό χαρακτηριστικό πεπερασμένου πλάτους

Μέτρηση μήκους γραμμής με τη βοήθεια της «έψιλον» περιοχής (Perkal 1966a; 1966b)

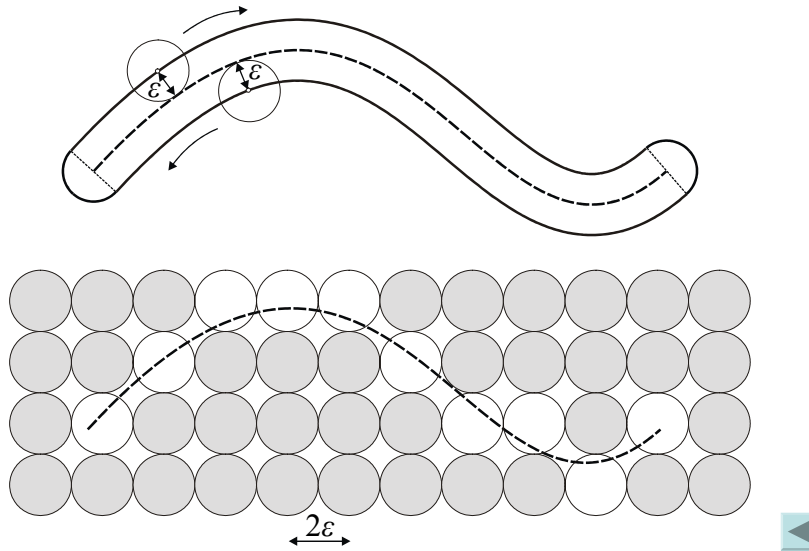


Επισήμανση:

Η αλλαγή του μεγέθους της «έψιλον» περιοχής δεν μεταβάλλει το μήκος της γραμμής

Με την έννοια αυτό το μέτρο αυτό είναι περισσότερο σταθερό (robust) από τα άλλα μέτρα του μήκους





### Η χαρτογραφική γραμμή με κλασματική διάσταση

Richardson (1961):  $a \xrightarrow{(a = 1 - D)} D$  :Mandelbrot (1982)

Goodchild (1980): Οι γεωγραφικές οντότητες δημιουργούνται από γεωμορφολογικές διεργασίες, φυσικές διεργασίες που είναι εξαρτώμενες από την κλίμακα

Η κλασματική διεργασία δεν έλυσε το παράδοξο του μήκους των χαρτογραφικών γραμμών αλλά παρέχει έναν αριθμητικό δείκτη ( $D$ ) σχετικό με την «πολυπλοκότητα», «μη-κανονικότητα» ή/και «ημιτονικότητα» των χαρτοτογραφικών γραμμών



Το πλάτος της χαρτογραφικής γραμμής ως θεμελιώδες χαρακτηριστικό

- Αλγόριθμος Douglas (& Peucker)
- Θεωρία του Perkal

1. Σύλληψη των θεμελιακών και αναγνωρίσιμων χαρακτηριστικών των γεωγραφικών οντοτήτων και
2. Δημιουργία αναπαραστάσεων ευανάγνωστης απόδοσης σε (πολύ) μικρές κλίμακες

Στην αναλογική εκδοχή της γενίκευσης το πλάτος των χαρτογραφικών γραμμών παίζει σημαντικό ρόλο (π.χ. αποφυγή συμπτώσεων, κρίσιμες αποχές μεταξύ γειτονικών συμβόλων)

Η τυπική διανυσματική αναπαράσταση (vector) των χαρτογραφικών γραμμών προσεγγίζει τη μαθηματική έννοια της γραμμής που ορίζεται από ένα πεπερασμένο πλήθος κορυφών που συνδέονται με ευθύγραμμα τμήματα, μια αναπαράσταση που δεν αποδίδει την έννοια του πλάτους της γραμμής

Η χρήση αυτού του μοντέλου για τις χαρτογραφικές γραμμές σε εφαρμογές ανάλυσης (π.χ. γενίκευση, χωροθετήσεις) παρουσιάζει προβλήματα δεδομένου ότι δεν λαμβάνεται υπόψη το πλάτος στη συμπεριφορά της χαρτογραφικής γραμμής

Η αναπαράσταση μέσω της κανονικοποιημένης δομής (raster) δεν διατηρεί το σταθερό πλάτος της γραμμής

Το πλάτος της χαρτογραφικής γραμμής εξαρτάται από το σχήμα, το μέγεθος και τον προσανατολισμό της σε σχέση με τον προσανατολισμό των εικονοστοιχείων (pixels)

## Έκφραση του πλάτους από ορθογώνιες ζώνες

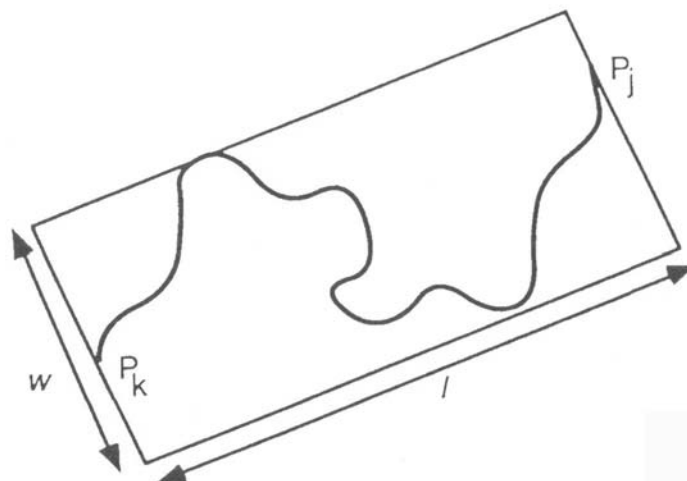
Κάθε γραμμή μπορεί να οριστεί από (Peucker 1975):

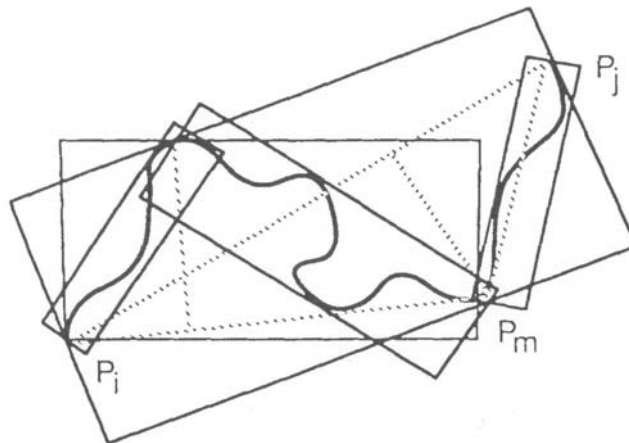
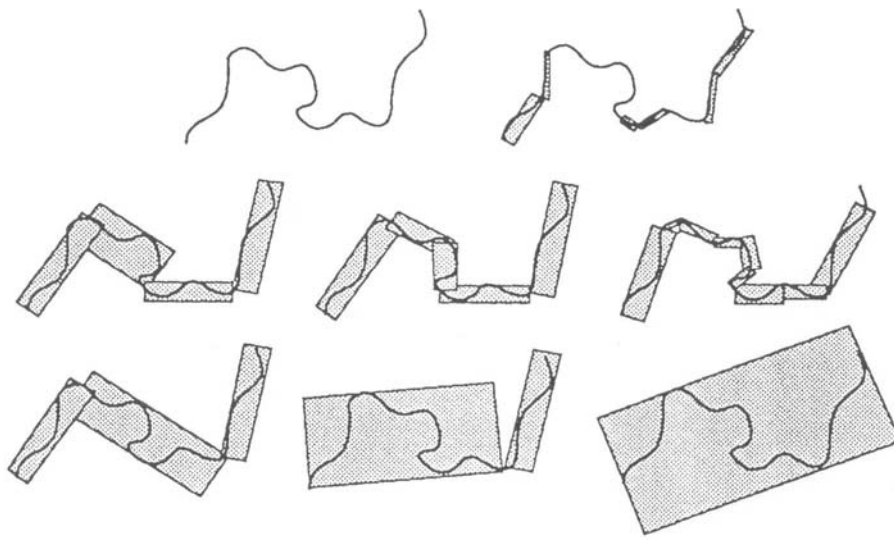
- Τη γενική διεύθυνση της ζώνης
- Το εύρος ζώνης ως πλάτος και
- Το μήκος της



Κάθε χαρτογραφική γραμμή ανασυντίθεται σε γραμμικά τμήματα που αντιστοιχούν στις ζώνες του αλγορίθμου Douglas & Peucker (1973) όπου το πλάτος της κάθε ζώνης προσεγγίζει το πλάτος του περικλυόμενου τμήματος της γραμμής

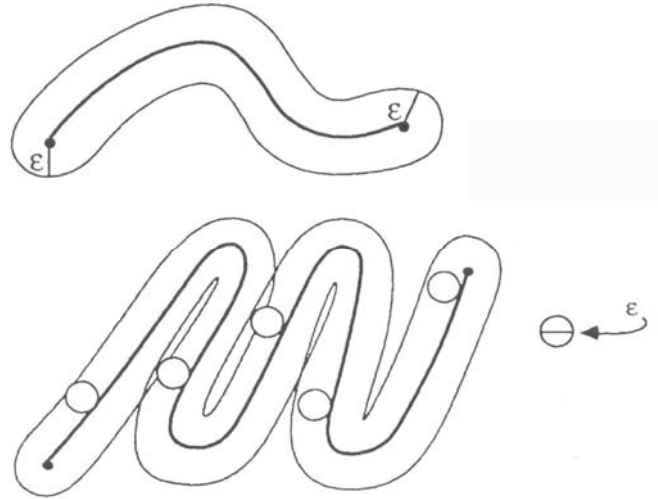
(επομένως το πλάτος δεν είναι σταθερό κατά μήκος της γραμμής)



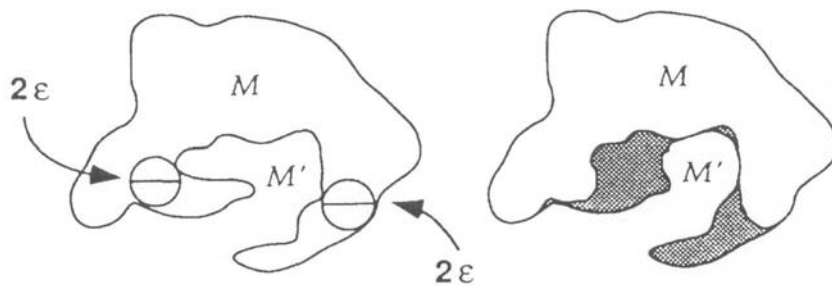


Η «έπιλον» ζώνη του Perkal

$$N_\varepsilon(L) = \{p / d(x' p) \leq \varepsilon\}$$



Εφαρμογή της «έπιλον» ζώνης του Perkal στη γενίκευση



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Attneave, F., 1954, Some informational aspects of visual perception. *Psychological Review*, 61: 183-193.
- Beard, M.K., 1991, Theory of the Cartographic Line Revisited / Implications for Automated Generalization. *Cartographica*, 28(4): 32-58.
- Buttenfield, B., 1985, Treatment of the Cartographic Line. *Cartographica*, 22(2): 1-26.
- Douglas, D.H., and Peucker, T.K., 1973, Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line of its caricature. *The Canadian Cartographer*, 10(2): 112-122.
- Goodchild, M.F., 1980, Fractals and the accuracy of geographic measures. *International Association for Mathematical Geology Journal*, 12(2): 85-98.
- Jenks, G.F., 1981, Lines, Computers, and Human Frailties. *Annals of the Association of American Geographers*, 71(1): 1-10.
- Jenks, G.F., 1989, Geographic Logic in Line Generalization. *Cartographica*, 26(1): 27-42.
- Lang, T., 1969, Rules for robot draughtsmen. *Geographical Magazine*, 42(1): 50-51.
- Maling, D.H., 1968, How long is a piece of string? *The Cartographic Journal*, 5(2): 147-156.
- Mandelbrot, B.B., 1982, *The fractal geometry of nature*, San Francisco: W.H. Freeman Co.
- McMaster, R.B., 1983, Mathematical measures for the evaluation of simplified lines on maps. Unpublished Ph.D. Dissertation, Department of Geography-Meteorology, University of Kansas.
- Perkal, J., 1966a, On the length of empirical curves. Discussion Paper No. 10. Ann Arbor, Michigan.
- Perkal, J., 1966b, An attempt at objective generalization. Discussion Paper No. 10. Ann Arbor, Michigan.
- Peucker, T.K., 1975, A theory of the cartographic line. *International Yearbook of Cartography*, 16: 134-143.
- Richardson, L.F., 1961, The problem of contiguity: an appendix to the statistics of deadly quarrels. *General Systems Yearbook*, 6: 139-187.
- Steinhaus, H., 1954, Length, shape, and area. *Colloquium Mathematica*, 3.
- Steinhaus, H., 1960, *Mathematical snapshots*, Oxford: University Press.
- Töpfer, R., and Pillewizer, W., 1966, Principles of selection. *The Cartographic Journal*, 3(1): 10-16.
- Traylor, Ch.T., 1979, The evaluation of a Methodology to Measure Manual Digitization Error in Cartographic Data Bases. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Kansas.