



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΑΡΧΕΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ και ΣΓΠ

Χωρική Ανάλυση

Θέματα Εισαγωγικής Παρουσίασης

- Ορισμός και σκοπός της χωρικής ανάλυσης
- Εισαγωγή στα θέματα:
 - Χωρικοί στατιστικοί δείκτες
 - Χωρική ομαδοποίηση
 - Χαρτογραφική επίθεση
 - Τομή γεωγραφικών αντικειμένων
 - Κέντρο γεωγραφικών αντικειμένων
 - Προβλήματα απόστασης
 - Ζώνες

Χωρική Ανάλυση

- Αφορά στην εφαρμογή μεθόδων επεξεργασίας γεωγραφικών και γενικότερα χωρικών δεδομένων, με σκοπό την εξαγωγή πληροφοριών και τη λήψη αποφάσεων.
- Τα αποτελέσματα αυτών των μεθόδων μεταβάλλονται με την αλλαγή τουλάχιστον ενός εκ των ακόλουθων χαρακτηριστικών:
 - της γεωγραφικής θέσης,
 - των τοπολογικών σχέσεων,
 - της γεωμετρίας των χωρικών δεδομένων.

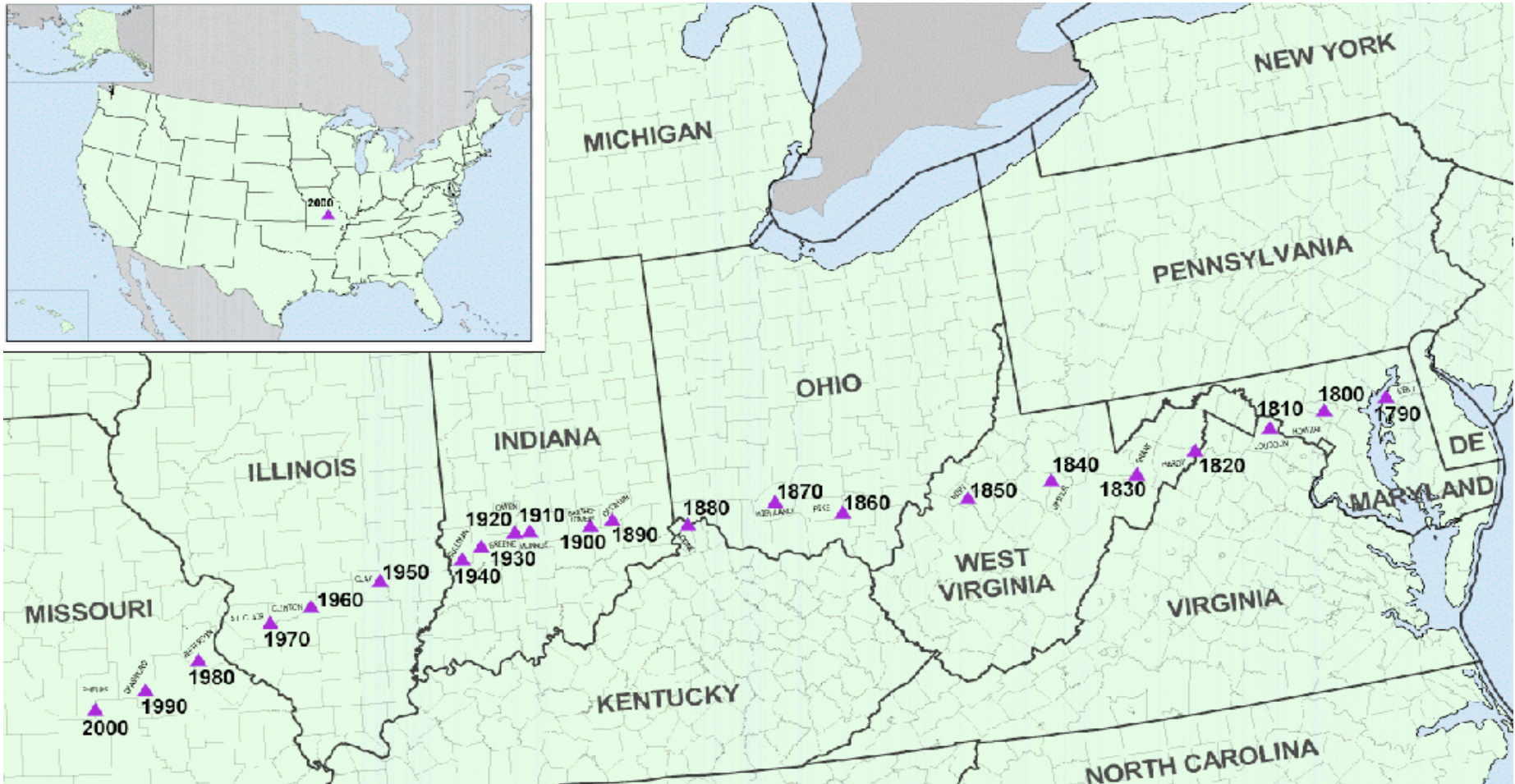
Χωρικοί Στατιστικοί Δείκτες

- Στο πεδίο της χωρικής ανάλυσης, ανήκει και ο προσδιορισμός **χωρικών στατιστικών δεικτών**.
- Οι χωρικοί στατιστικοί δείκτες περιγράφουν με συνοπτικό τρόπο, μεγέθη τα οποία μεταβάλλονται χωρικά (π.χ. το υψόμετρο, η θερμοκρασία, το ποσοστό βροχόπτωσης, κλπ).
- Κυριότεροι χωρικοί στατιστικοί δείκτες: ο **χωρικός μέσος**, η **τυπική απόκλιση**, ο **χωρικός αυτοσυσχετισμός**, κ.ά.

Στατιστικοί Χωρικοί Δείκτες

- Παραδείγματα:
 - Το πολεοδομικό κέντρο βάρους μίας πόλης (χωρικός μέσος), με το πέρασμα του χρόνου, μετακινείται συνήθως προς την κατεύθυνση της γειτονικής πόλης με την οποία πραγματοποιούνται οι περισσότερες οικονομικές και πολιτικές συναλλαγές.
 - Η τυπική απόσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της διασποράς των κατοικιών των μαθητών σε σχέση με τη γεωγραφική θέση του σχολείου τους.

Παράδειγμα Ερμηνείας Χωρικού Μέσου

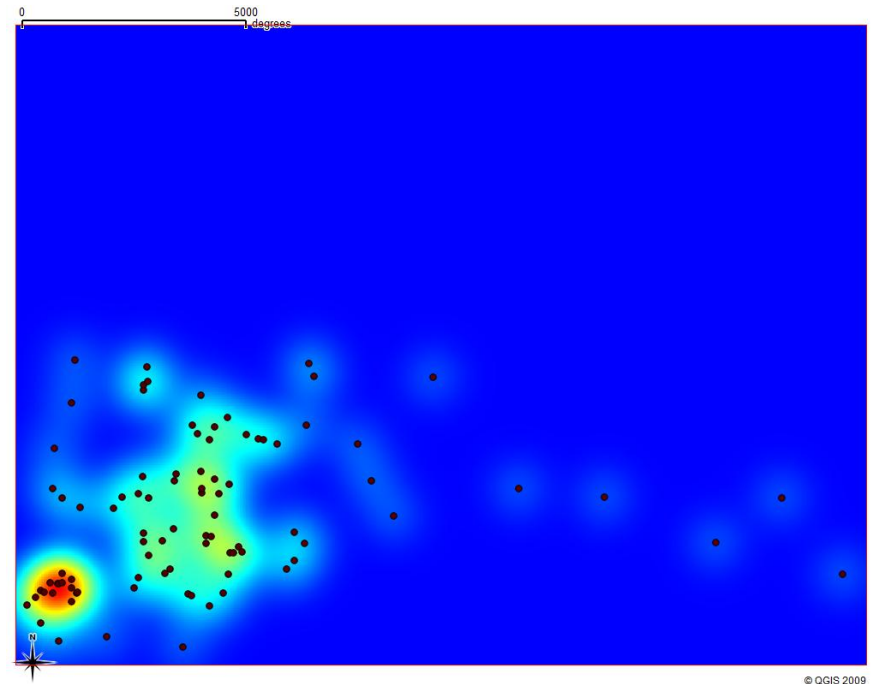
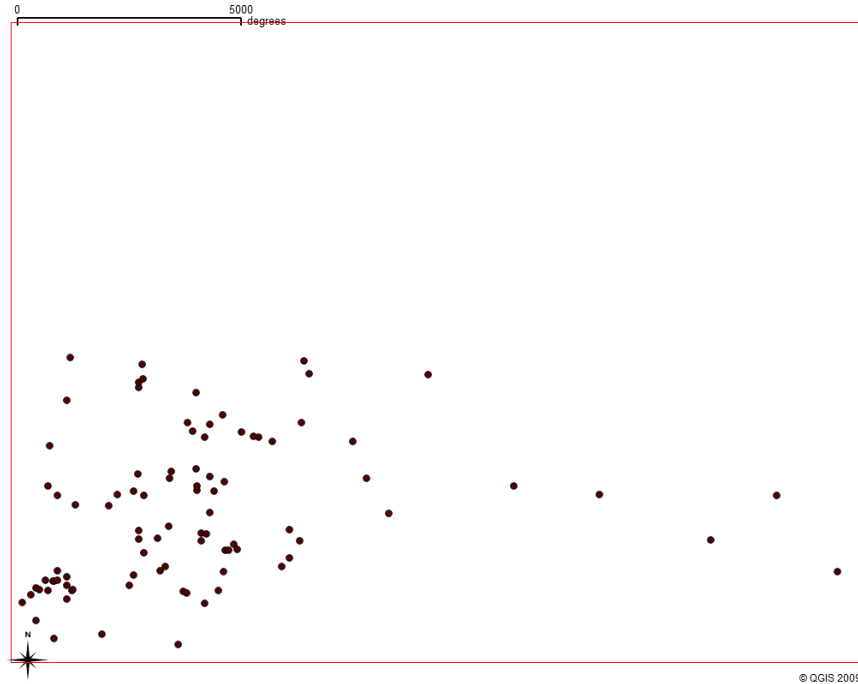


- Απεικόνιση της μεταβολής του χωρικού μέσου που αντιστοιχεί στον πληθυσμό των Η.Π.Α. από το 1790 έως το 2000 (Πηγή: US Bureau of Census)

Χωρική Ομαδοποίηση

- Η χωρική ομαδοποίηση εντοπίζει ομάδες χωρικών δεδομένων από τη μελέτη των αναμεταξύ τους αποστάσεων.
- Ομάδα = το σύνολο των σημείων του χώρου απεικόνισης που έχουν πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους σε σχέση με τα σημεία του υπόλοιπου χώρου.
- Γίνεται η υπόθεση ότι τα δεδομένα προβάλλονται υπό τη μορφή σημείων σ' ένα χώρο απεικόνισης.
- Τα γραμμικά και πολυγωνικά αντικείμενα αναπαρίστανται από ένα σύνολο σημείων (π.χ. με το κεντροειδές τους, τις κορυφές τους, κλπ).
- Η χωρική ομαδοποίηση ανακαλύπτει σημαντικά νοήματα και σχέσεις μέσα από τα δεδομένα (εξόρυξη γνώσης – data mining).

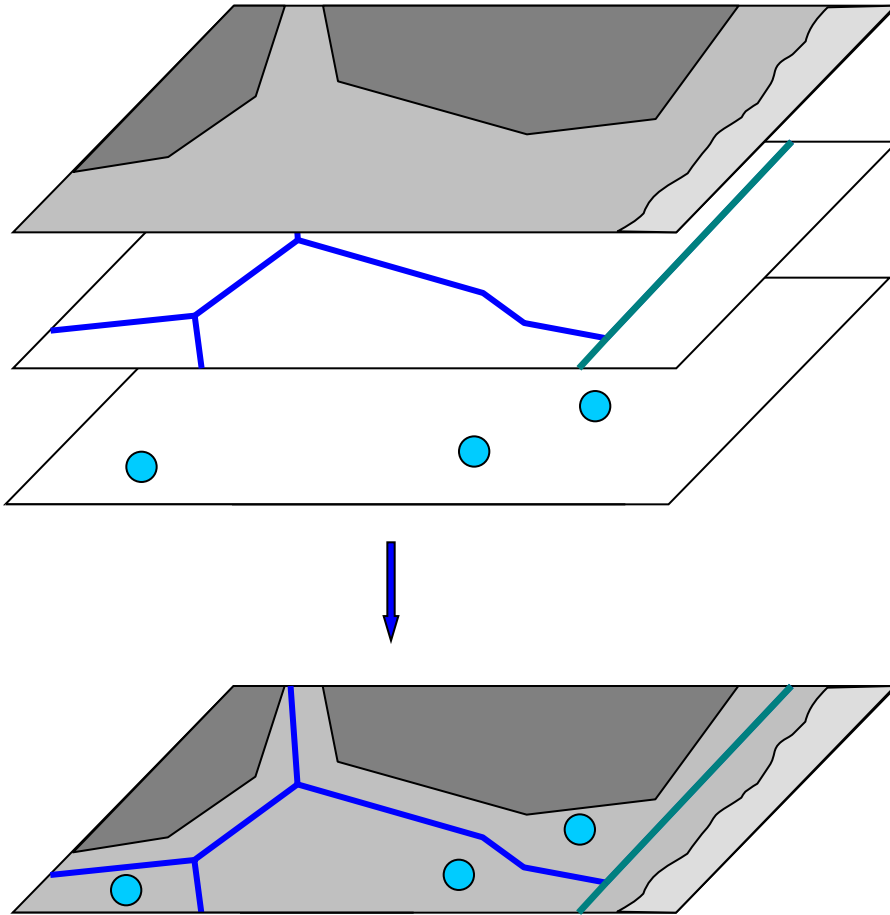
Χωρική Ομαδοποίηση



Επίθεση

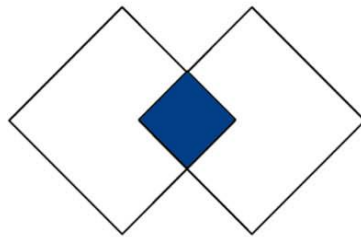
- Επίθεση (overlay): συνδυασμός δύο ή περισσότερων χαρτών - επιθεμάτων ή θεματικών επιπέδων (layers).
- Συντελείται σύμφωνα με προκαθορισμένους κανόνες.
- Συνήθεις συνδυασμοί μεταξύ επιθεμάτων: ένωση, τομή, διαφορά και συμμετρική διαφορά.
- Οδηγεί στη δημιουργία νέου χάρτη (τελικό επίθεμα).

Επίθεση

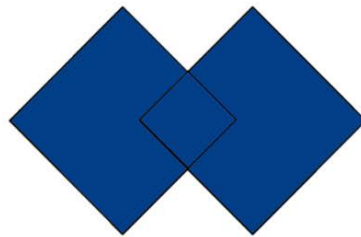


- Στο σχήμα, φαίνεται η χαρτογραφική επίθεση τριών επιθεμάτων (με πολυγωνικά, γραμμικά και σημειακά αντικείμενα) που οδηγεί στη δημιουργία νέου χάρτη.
- Ο συνδυασμός που χρησιμοποιήθηκε μεταξύ των επιθεμάτων είναι η ένωση.

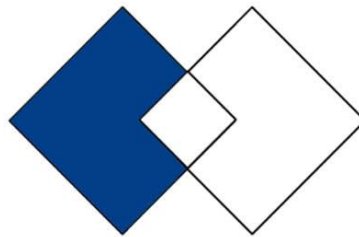
Επίθεση



A AND B
(A X B)



A OR B
(A + B)



A NOT B
(A - B)

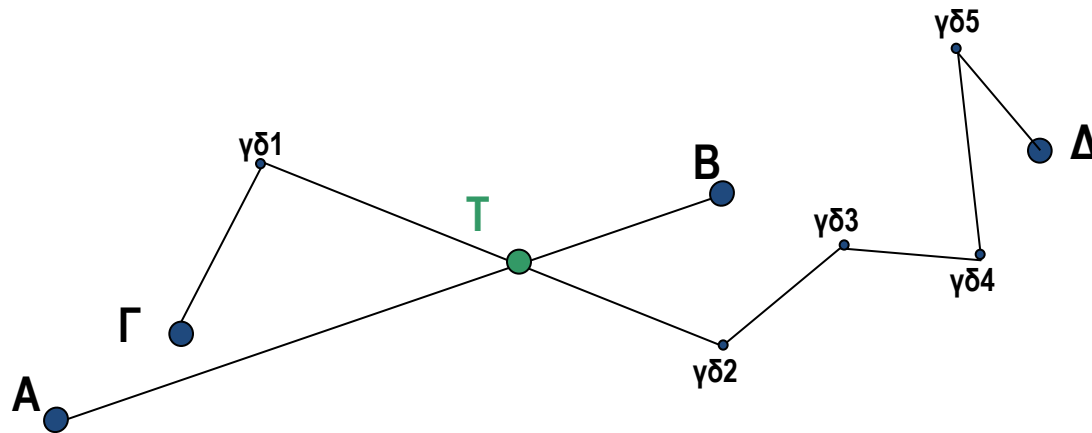


A XOR B
(A + B) - (A X B)
A or B, but NOT both

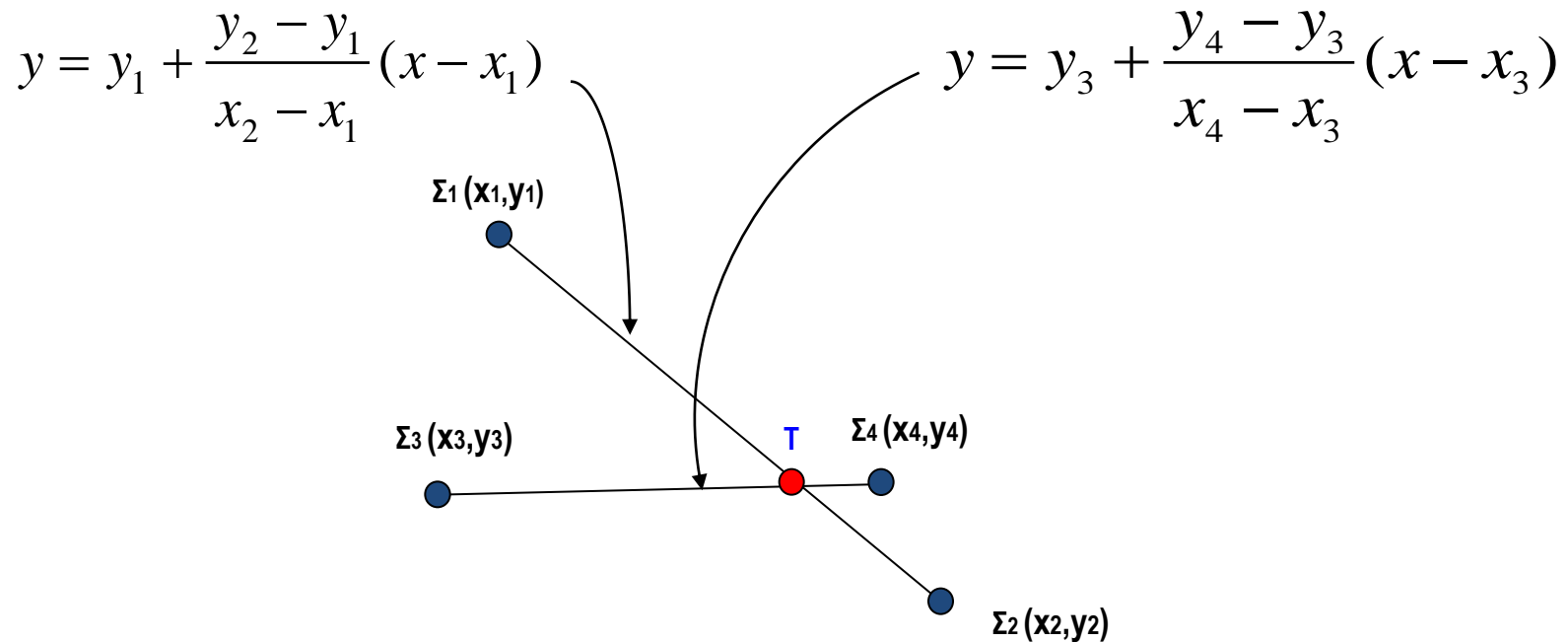
<http://geoportal.icimod.org/CapacityBuilding/TrainingContent.aspx?mTab=cb&TCID=10&TSCID=9&TID=22>

Τομή Γεωγραφικών Αντικειμένων

- Η τομή γεωγραφικών αντικειμένων εξετάζεται μόνο για τα γραμμικά και τα πολυγωνικά αντικείμενα.
- Ο προσδιορισμός της τομής γραμμικών αντικειμένων ανάγεται στον προσδιορισμό της τομής όλων των ζευγών των τόξων που τα απαρτίζουν.



Τομή Γεωγραφικών Αντικειμένων

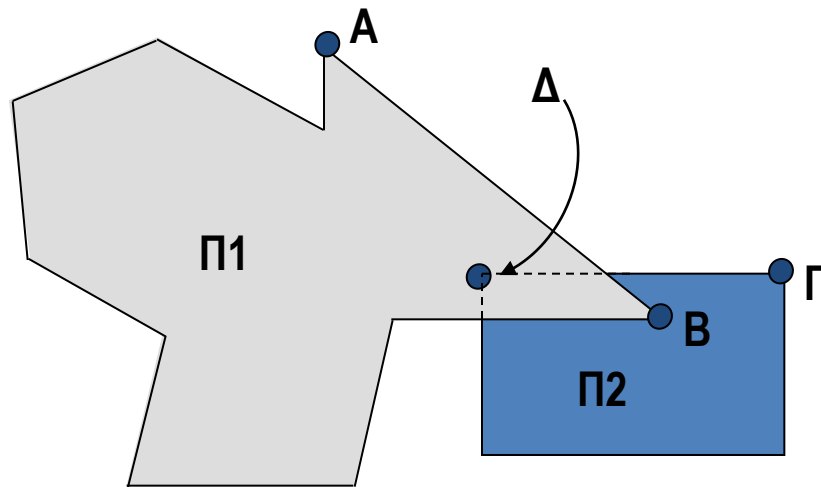


- Τομή γραμμικών αντικειμένων

Τομή Γεωγραφικών Αντικειμένων

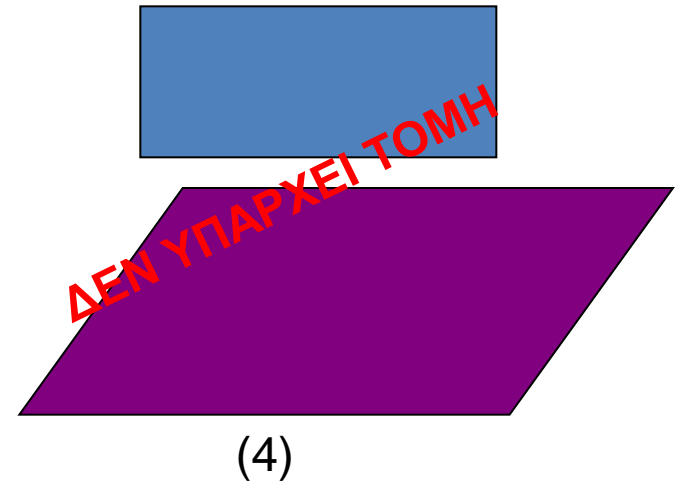
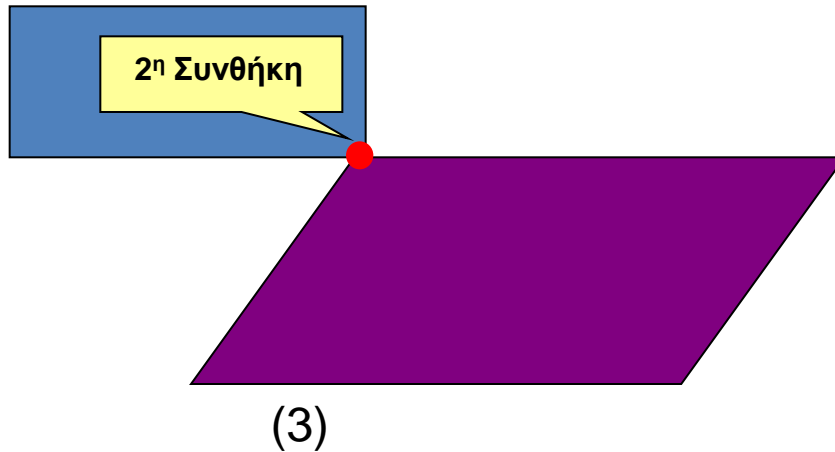
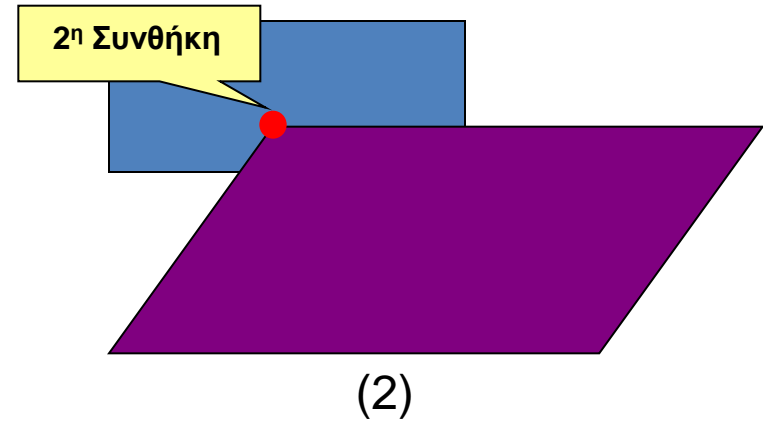
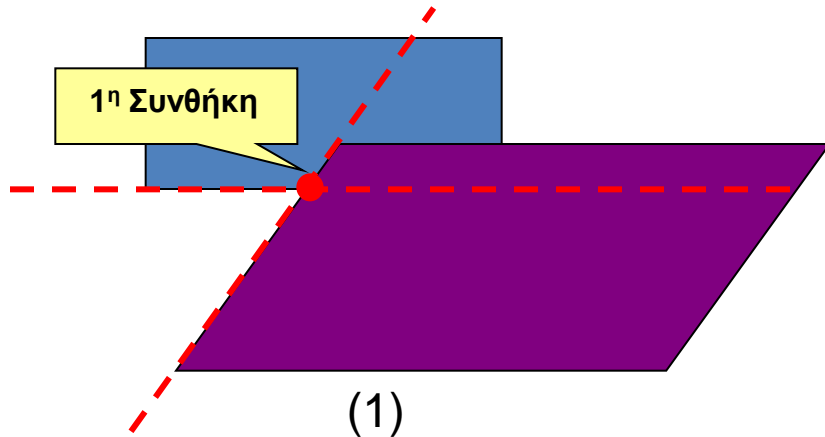
- Ο έλεγχος της τομής δυο πολυγωνικών αντικειμένων βασίζεται στον έλεγχο δυο συνθηκών:
 - 1^η Συνθήκη: Υπάρχει τομή μεταξύ των ευθυγράμμων τμημάτων που απαρτίζουν τα περιγράμματά τους;
 - 2^η Συνθήκη: Υπάρχει κορυφή του ενός που να βρίσκεται εντός του άλλου;

Τομή Γεωγραφικών Αντικειμένων



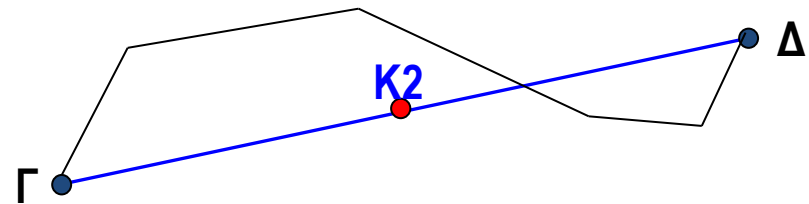
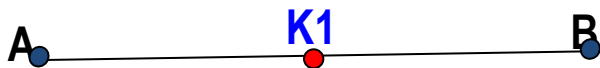
Εφόσον ισχύει κάποια από τις δύο προαναφερθείσες καταστάσεις, τα πολυγωνικά αντικείμενα τέμνονται.

Τομή Γεωγραφικών Αντικειμένων



Κέντρο Γεωγραφικών Αντικειμένων

- Το κέντρο γεωγραφικών αντικειμένων ορίζεται για τα γραμμικά και πολυγωνικά αντικείμενα.
- Το κέντρο ενός γραμμικού αντικειμένου, προσδιορίζεται από το κέντρο του ευθύγραμμου τμήματος που ενώνει την αρχή και το τέλος του αντικειμένου.

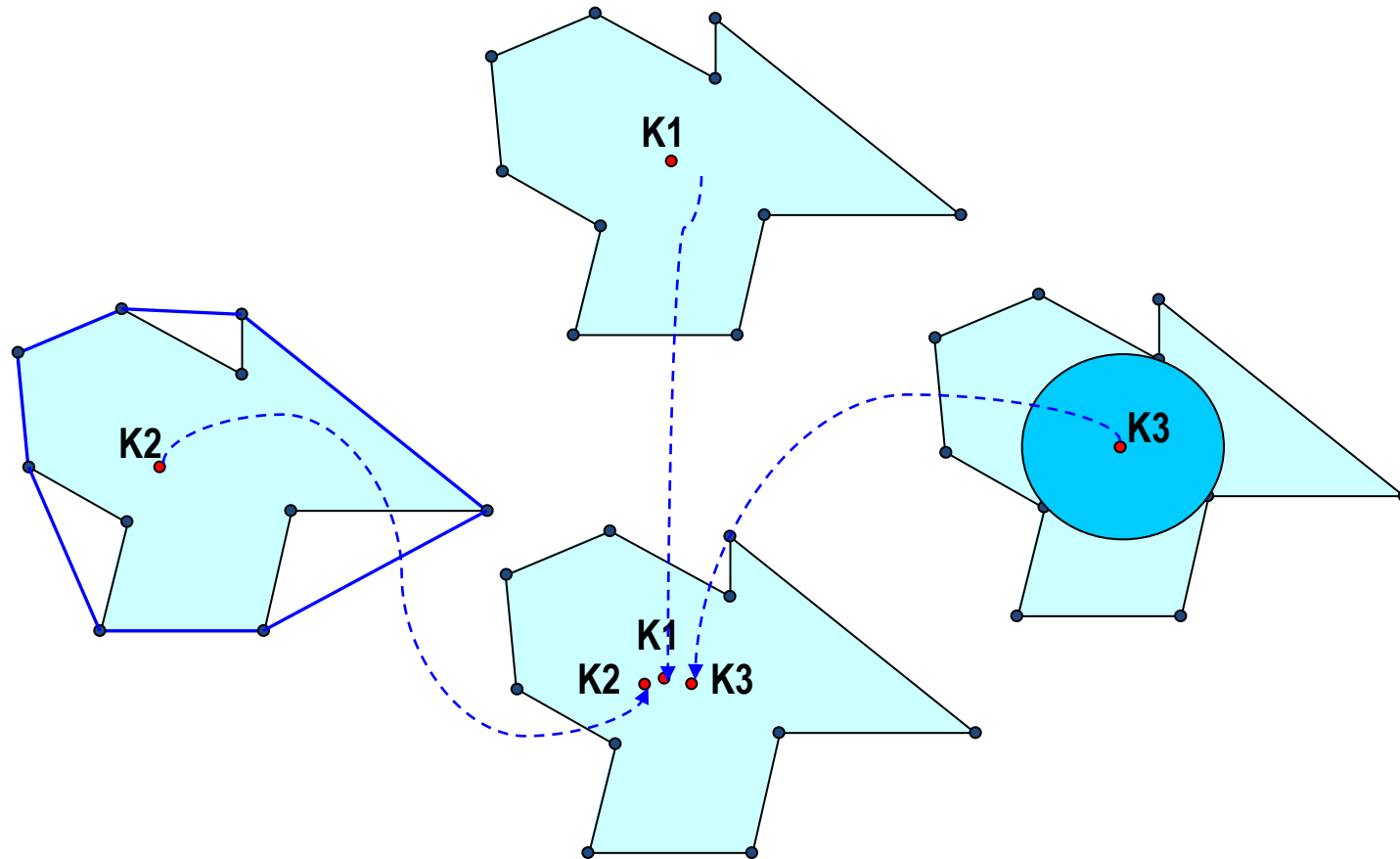


Κέντρο Γεωγραφικών Αντικειμένων

$$x_{\kappa} = \frac{\sum x_i}{n}, y_{\kappa} = \frac{\sum y_i}{n}$$

- Υπολογισμός κέντρου πολυγωνικού αντικειμένου (x_i, y_i) και (x_{κ}, y_{κ}): οι συντεταγμένες της i ης κορυφής και του κέντρου αντίστοιχα).

Κέντρο Γεωγραφικών Αντικειμένων

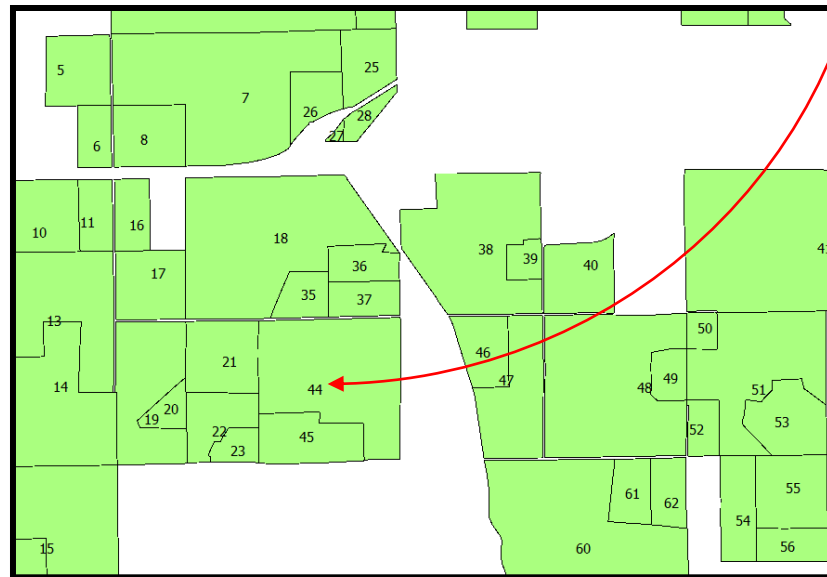


- Προσδιορισμός κέντρου πολυγωνικών αντικειμένων

Κέντρο Γεωγραφικών Αντικειμένων

Το κέντρο πολυγωνικού αντικειμένου:

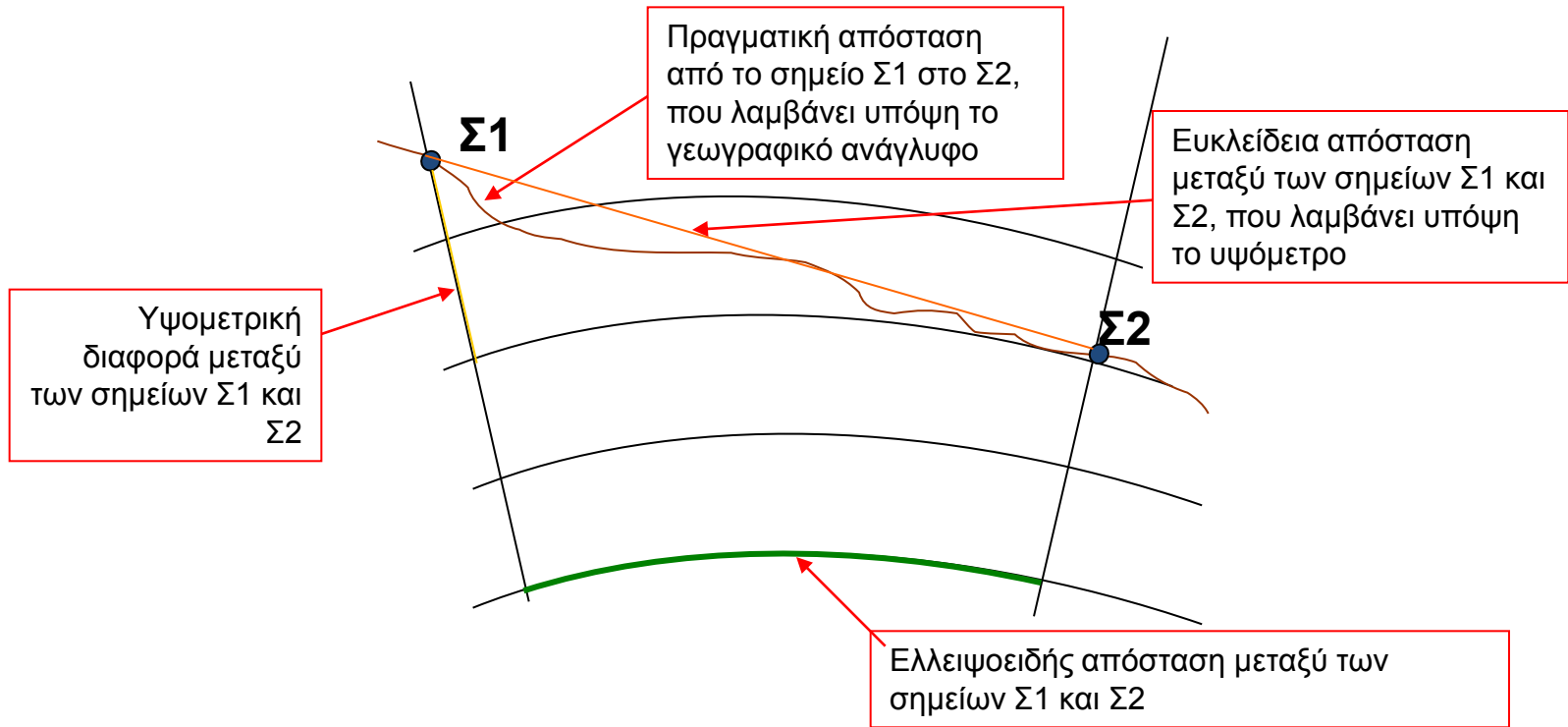
- Συνήθως, αποτελεί το σημείο απ' όπου ο χρήστης διαχειρίζεται το αντικείμενο αυτό.
- Θεωρείται ιδανική θέση για τοποθέτηση επιγραφής.
- Μπορεί να αποτελέσει σημείο αναφοράς κατά τον υπολογισμό της αποστάσεων μεταξύ αντικειμένων.



Προβλήματα Αποστάσεων

- Ο υπολογισμός αποστάσεων είναι θεμελιώδης λειτουργία της χωρικής ανάλυσης.
- Η πραγματική απόσταση εξαρτάται από την καμπυλότητα της γης και το γήινο ανάγλυφο.
- Στην πράξη, η απόσταση υπολογίζεται προσεγγιστικά, άλλοτε στο επίπεδο, κατά μήκος μιας ευθείας γραμμής ή διαδοχικών ευθυγράμμων τμημάτων, κι άλλοτε κατά μήκος καμπυλών, θεωρώντας τη γη σφαίρα ή ελλειψοειδές.

Προβλήματα Αποστάσεων



Προβλήματα Αποστάσεων

- Έστω $\Sigma_1(x_1, y_1)$ και $\Sigma_2(x_2, y_2)$, δύο σημεία της γήινης επιφάνειας.
- Εάν απέχουν λιγότερο από περίπου 20 km, η μεταξύ τους απόσταση σε ευθεία γραμμή μπορεί να υπολογιστεί προσεγγιστικά βάσει του τύπου της Ευκλείδειας απόστασης:

$$d_E(\Sigma_1, \Sigma_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Προβλήματα Αποστάσεων

- Εάν ληφθεί υπόψη το υψόμετρο των σημείων, ο τύπος της Ευκλείδειας απόστασης διαμορφώνεται ως ακολούθως:

$$d_E(\Sigma_1, \Sigma_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

Προβλήματα Αποστάσεων

- Μεταξύ των τοποθεσιών μιας πόλης πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι μετακινήσεις δεν πραγματοποιούνται σε ευθεία γραμμή αλλά διαμέσου των δρόμων (συνήθως κάθετοι μεταξύ τους). Τότε, χρησιμοποιείται ο τύπος City Block ή Manhattan:

$$d_{CB}(\Sigma_1, \Sigma_2) = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1|$$

Προβλήματα Αποστάσεων

- Οι τύποι της Ευκλείδειας απόστασης και της απόστασης City Block γενικεύονται από βάση του τύπου Minkowski:

$$d_M(\Sigma_1, \Sigma_2) = ((|x_2 - x_1|)^k + (|y_2 - y_1|)^k)^{1/k}$$

- $k=2 \rightarrow$ Ευκλείδεια απόσταση, $k=1 \rightarrow$ απόσταση City Block.

Προβλήματα Αποστάσεων

- Για πιο απομακρυσμένα σημεία, με γεωγραφικά πλάτη ϕ_1 και ϕ_2 , και γεωγραφικά μήκη, λ_1 και λ_2 , οι τύποι υπολογισμού λαμβάνουν υπόψη την καμπυλότητα της γης. Π.χ. σφαιρική απόσταση:

$$d_{\sigma}(\Sigma_1, \Sigma_2) = R \sin^{-1}(\sin \phi_1 \sin \phi_2 + \cos \phi_1 \cos \phi_2 \cos A)$$

$$A = \lambda_1 - \lambda_2$$

Προβλήματα Αποστάσεων

- Ο τύπος του Haversine δίνει καλύτερα αποτελέσματα από τη σφαιρική απόσταση για τις σχετικά μικρές αποστάσεις:

$$d_H(\Sigma_1, \Sigma_2) = 2R \sin^{-1} \left(\sqrt{\sin^2 A + \sin^2 B \cos \phi_1 \cos \phi_2} \right)$$

$$A = \frac{\phi_1 - \phi_2}{2}, B = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2}$$

Προβλήματα Αποστάσεων

- Για τα σημεία που βρίσκονται κοντά στους πόλους της γης, χρησιμοποιείται ο τύπος της πολικής απόστασης:

$$d_{\pi}(\Sigma_1, \Sigma_2) = R\sqrt{A - B}$$

$$A = (\pi/2 - \phi_1)^2 + (\pi/2 - \phi_2)^2,$$

$$B = 2(\pi/2 - \phi_1)(\pi/2 - \phi_2)\cos(\lambda_2 - \lambda_1)$$

Προβλήματα Αποστάσεων

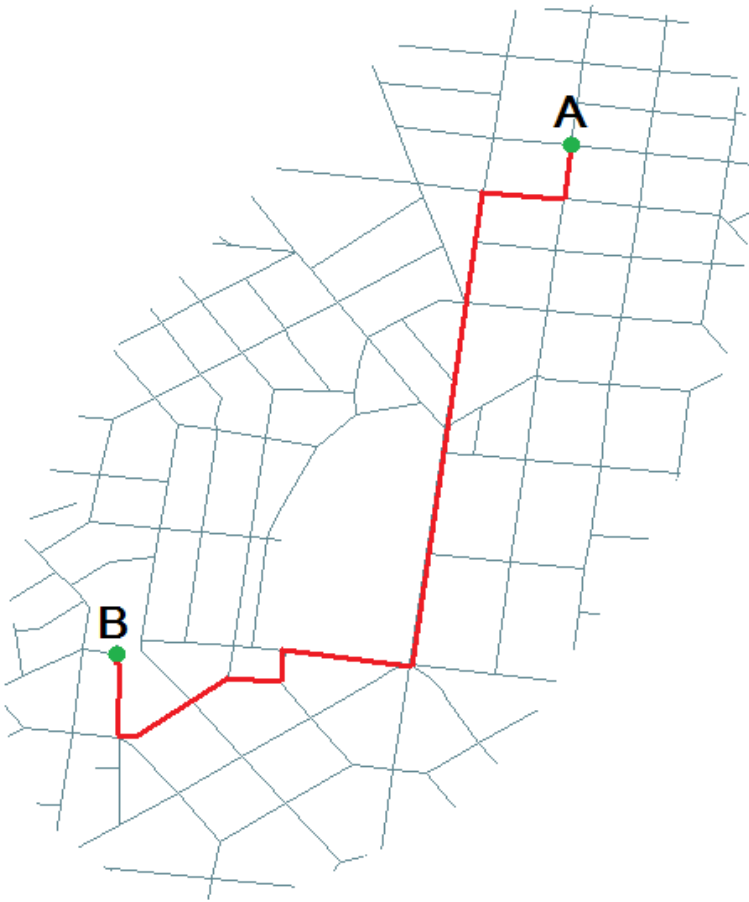
- Η συναρτησιακή απόσταση (functional distance) δίνει ένα έμμεσο μέτρο της χωρικής απόστασης, περιγράφοντας το πώς ένα μέγεθος μεταβάλλεται σε σχέση με αυτήν.
- Χρησιμοποιείται όταν δεν ενδιαφέρει το πόσο ακριβώς απέχει μια τοποθεσία από μια άλλη, αλλά το πόσο η αντίστοιχη μετακίνηση θα «κοστίσει» σε χρόνο, χρήμα, κόπο, κλπ.



Προβλήματα Αποστάσεων

- Η συναρτησιακή απόσταση εξαρτάται από την τριβή και τα εμπόδια.
 - Η τριβή αντιστοιχεί στις ιδιότητες της επιφάνειας που δεν ευνοούν τη μετακίνηση (π.χ. υψομετρικές «ανωμαλίες» του εδάφους, βλάστηση, κλπ).
 - Τα εμπόδια είναι απόλυτα ή σχετικά. Τα απόλυτα αποτρέπουν την κίνηση (π.χ. περίφραξη, γκρεμός, κλπ). Τα σχετικά επιβραδύνουν την κίνηση (π.χ. στενό πέρασμα, ρυάκι, κλπ).

Προβλήματα Αποστάσεων



- Η δικτυακή απόσταση (network distance) είναι η χωρική απόσταση που υπολογίζεται στο πλαίσιο ενός δικτύου.
- Η δικτυακή απόσταση υπολογίζεται βήμα-βήμα, καθώς συναθροίζονται οι επιμέρους αποστάσεις μεταξύ των κόμβων του δικτύου.

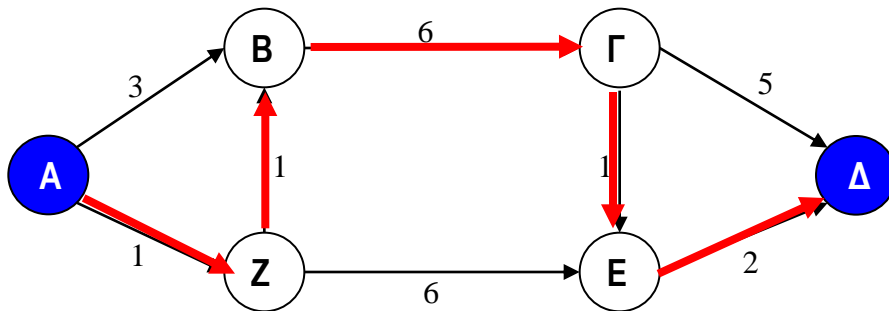
Προβλήματα Αποστάσεων

- Πρόβλημα της εύρεσης συντομότερου μονοπατιού: εντοπισμός της ακολουθίας των διαδοχικών ακμών που ελαχιστοποιεί το άθροισμα των δικτυακών αποστάσεων ή το άθροισμα των βαρών που αποδίδονται στις ακμές.
- Λύση: ο αλγόριθμος του Dijkstra,(1959).

Προβλήματα Αποστάσεων

- Αλγόριθμος Dijkstra:
 - Ξεκινώντας από έναν κόμβο-αρχή, έστω A, προσδιορίζουμε τον κόμβο B που συνδέεται με τον A σύμφωνα με μικρότερη απόσταση.
 - Ορίζουμε το συντομότερο μονοπάτι να περιλαμβάνει την ακμή AB.
 - Σε κάθε βήμα του αλγορίθμου, αναζητείται ο κόμβος X από τους κόμβους που δεν έχουν συμπεριληφθεί στο μονοπάτι, ο οποίος, αν συνδεθεί με τον προηγούμενό του, να ελαχιστοποιεί τη συνολική απόσταση.
 - Ο αλγόριθμος επαναλαμβάνεται μέχρις ότου «επισκεφθεί» όλους τους κόμβους.

Προβλήματα Αποστάσεων

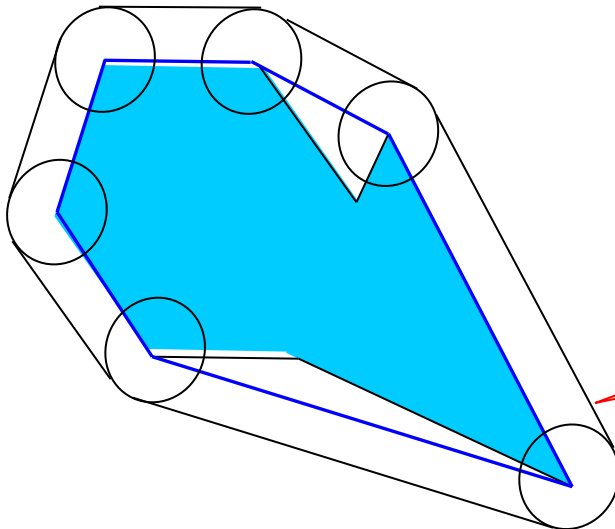


Βήμα	A	B	Γ	Z	E	Δ	Κόμβος/Τόξο που προστίθεται στο μονοπάτι
1	0	3	-	1	-	-	Z/AZ
2		2			7	-	B/ZB
3			8		-	-	Γ/BΓ
4					9	13	E/ΓE
5						11	Δ/EΔ

- Παράδειγμα εύρεσης του συντομότερου μονοπατιού βάσει του αλγορίθμου του Dijkstra

Ζώνες

- Η δημιουργία ζωνών (buffering) συνίσταται στην οριοθέτηση μίας ή περισσότερων περιοχών γύρω από γεωγραφικά αντικείμενα και σε συγκεκριμένη απόσταση από αυτά.

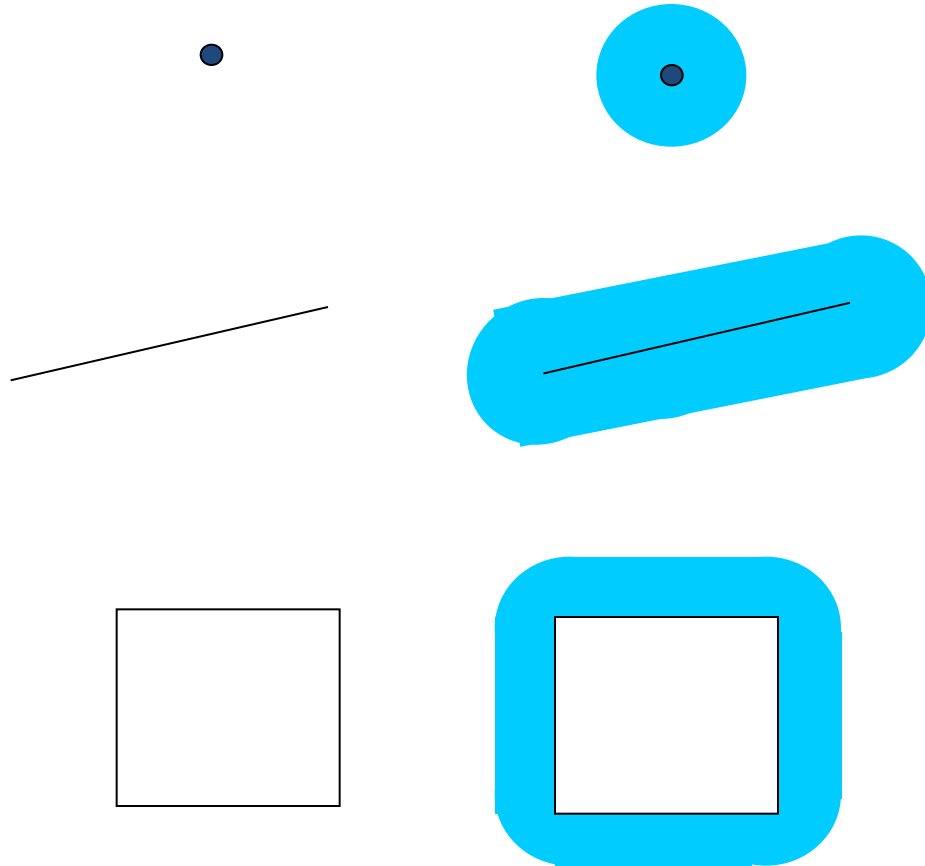


Σχηματισμός ζώνης γύρω
από πολυγωνικό αντικείμενο

Ζώνες

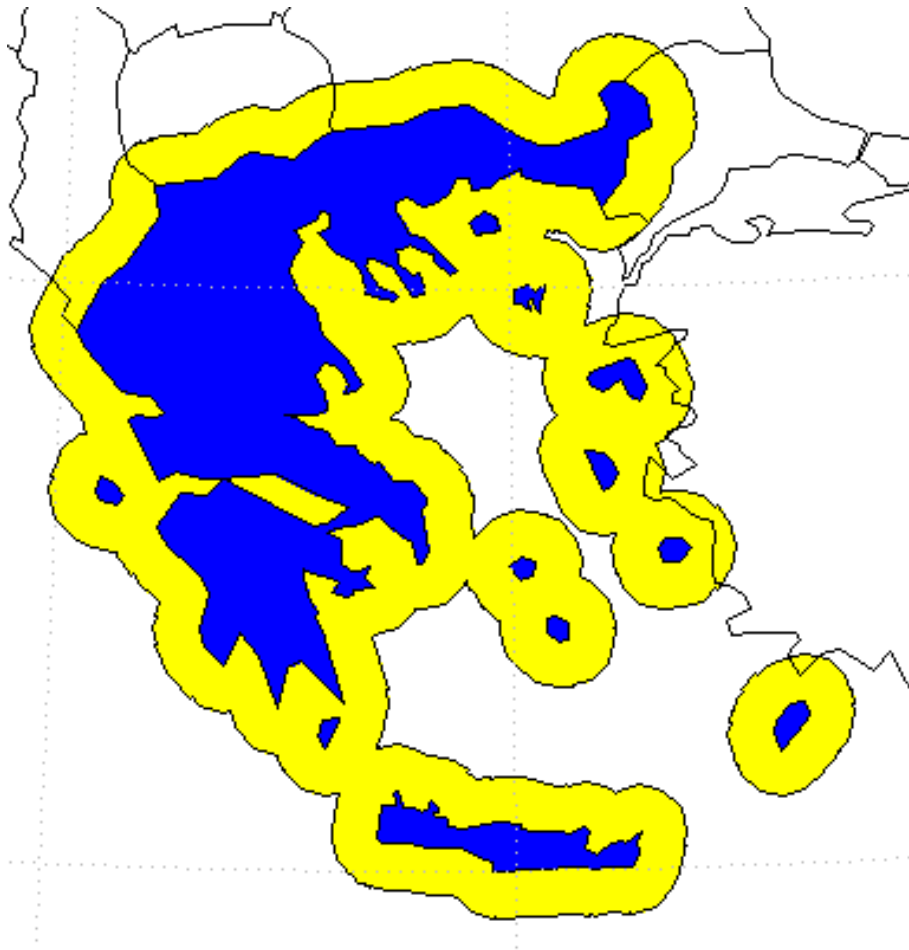
- Η δημιουργία ζωνών (buffering) έγκειται στην παραγωγή πολυγωνικών περιοχών γύρω από σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά αντικείμενα, και σε συγκεκριμένη απόσταση από αυτά.
- Οι ζώνες γύρω από σημειακά αντικείμενα απεικονίζονται συνήθως ως κυκλικές αν και μπορούν να υπάρξουν και τετράγωνα.
- Οι ζώνες γύρω από γραμμικά και πολυγωνικά αντικείμενα εκτείνονται σε συγκεκριμένη απόσταση από το περίγραμμα του ελάχιστου κυρτού πολυγώνου που περιέχει τα αντικείμενα αυτά.
- Στην περίπτωση επικάλυψης ζωνών γύρω από γραμμικά αντικείμενα, δημιουργούνται νέα και πιο σύνθετα πολυγωνικά.

Δημιουργία Ζωνών



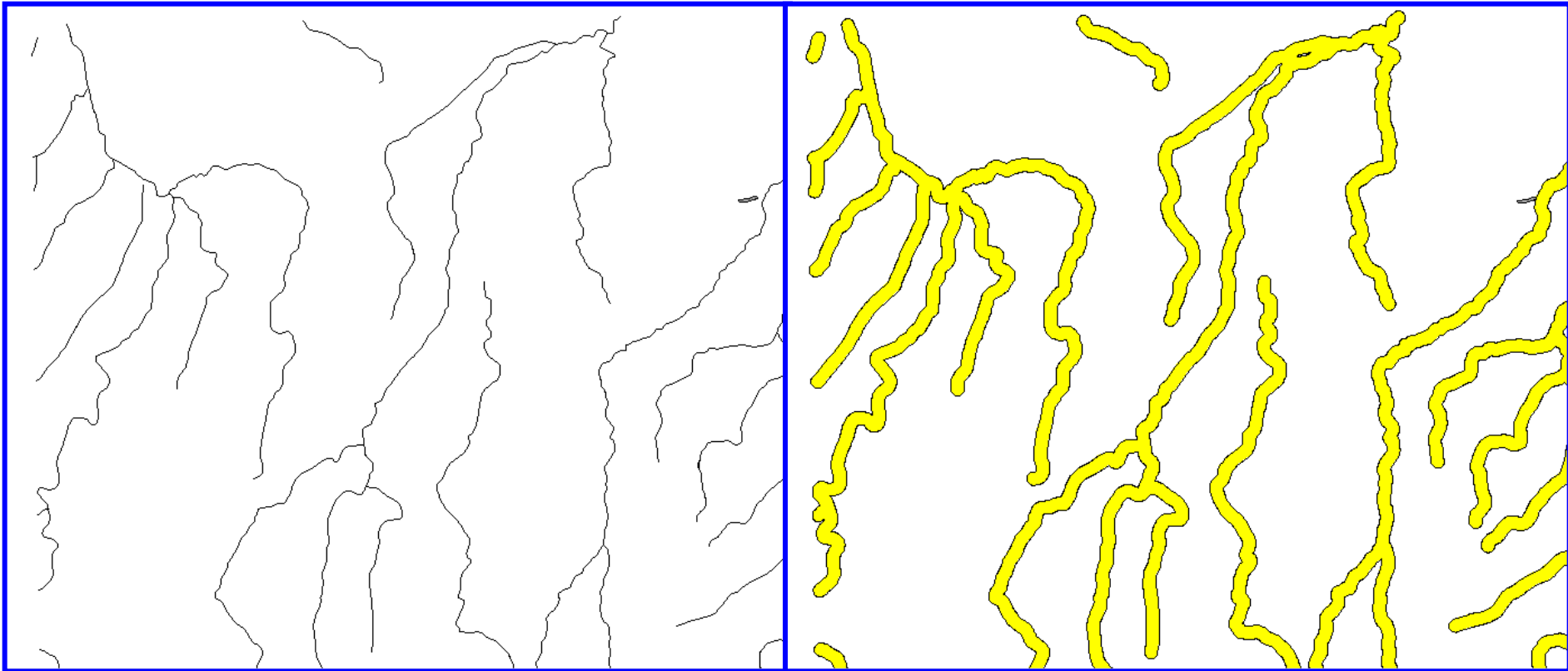
Παραδείγματα
δημιουργίας ζωνών
γύρω από ένα σημειακό,
ένα γραμμικό και ένα
πολυγωνικό αντικείμενο.

Ζώνες



Παράδειγμα του
χάρτη της Ελλάδας με
περιβάλλουσα ζώνη
μισής μοίρας γύρω
από τα σύνορά της

Ζώνες



- Παράδειγμα δημιουργίας περιβάλλουσας ζώνης γύρω από υδρογραφικό δίκτυο