

## Ένα θεμελιώδες πρόβλημα (συν.)

- Το πλήθος των τοποθεσιών και των χρονικών στιγμών που αντιστοιχούν γεωγραφικές οντότητες του περιβάλλοντος, είναι **τεράστιο**, ενδεχομένως **άπειρο**
- *Από όσο μικρότερη απόσταση παρατηρούμε τον κόσμο, τόσο περισσότερες είναι οι λεπτομέρειες που αποκαλύπτονται*
  - Ενδεχομένως απεριόριστες
  - Ο γεωγραφικός κόσμος είναι απείρως σύνθετος
- Οι άνθρωποι έχουν επινοήσει ευφυείς τρόπους αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος
  - Τα GIS χρησιμοποιούν πολλές μεθόδους για να δημιουργούν αναπαραστάσεις ή **μοντέλα δεδομένων**

# Διακριτά αντικείμενα και συνεχή πεδία

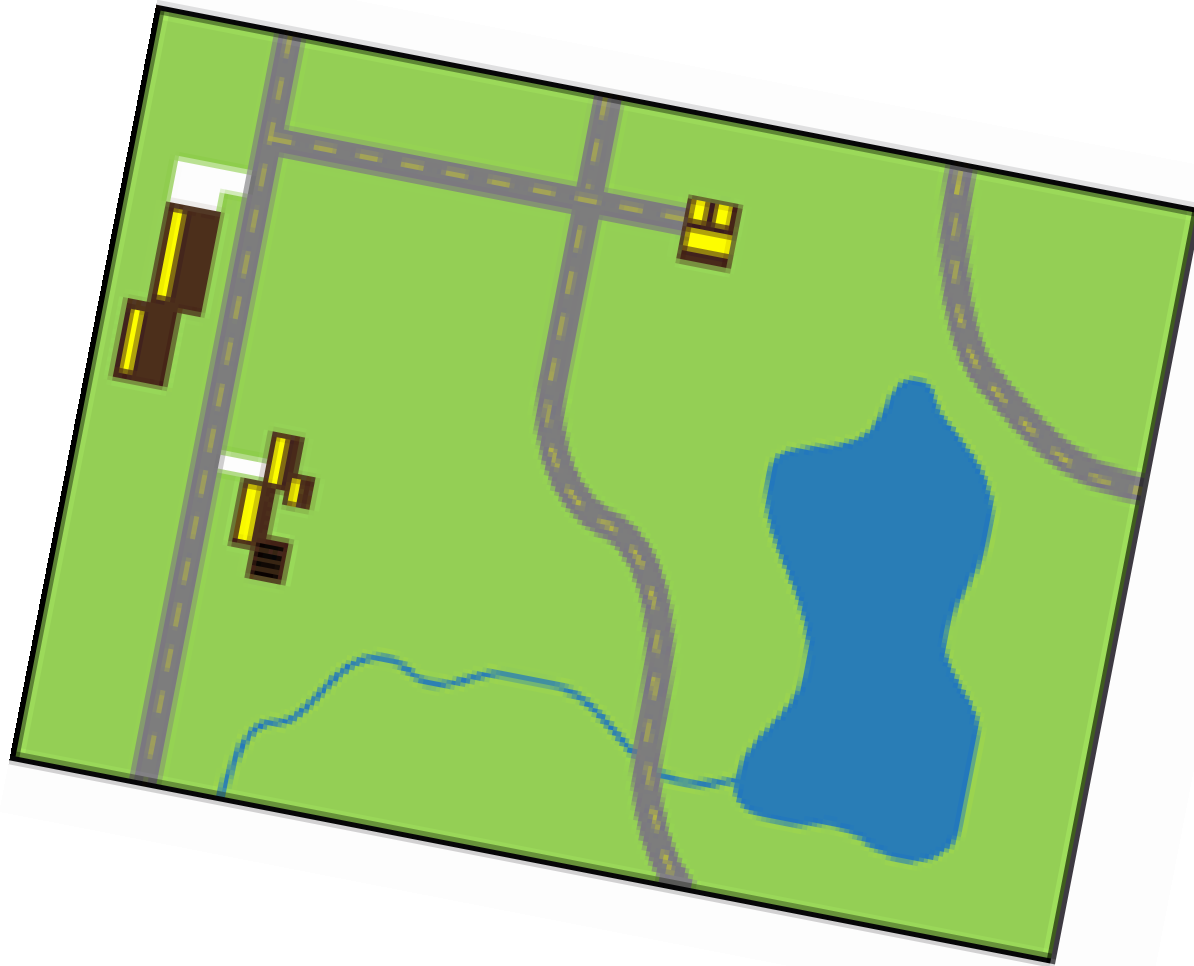
- Είναι δύο τρόποι εννοιολογικής μοντελοποίησης της μεγάλης γεωγραφικής ποικιλίας
  - Η πιο θεμελιώδης διάκριση στη γεωγραφική αναπαράσταση
- **Διακριτά αντικείμενα (discrete) και συνεχή πεδία (continuous)**

# Διακριτά αντικείμενα

*Ο κόσμος είναι σαν μια επιφάνεια τραπεζιού με αντικείμενα πάνω του, αντικείμενα με καθορισμένα όρια*

- Σημεία, γραμμές, περιοχές
- Μετρήσιμα
- Διατηρούνται στο χρόνο, ενδεχομένως κινούνται
- Βιολογικοί οργανισμοί
  - Ζώα, δέντρα
- Ανθρώπινες κατασκευές
  - Οχήματα, σπίτια, πυροσβεστικές φωλιές

# Διακριτά αντικείμενα

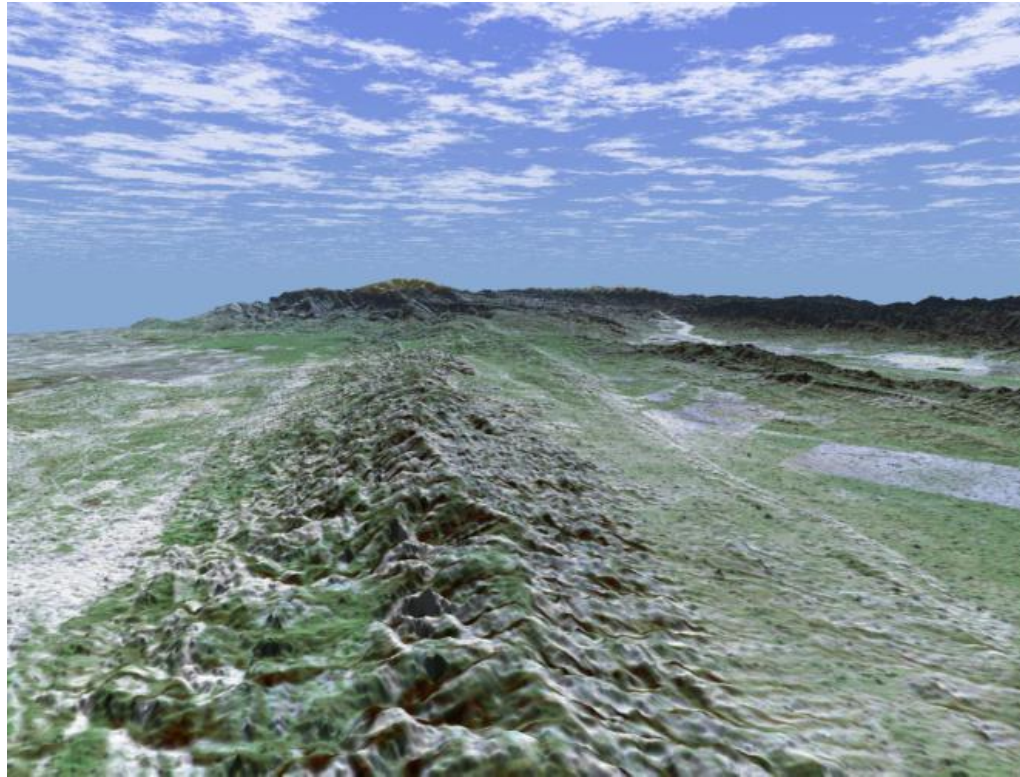


# Συνεχή πεδία

- Ιδιότητες που μεταβάλλονται με συνεχή τρόπο στο χώρο
  - Η τιμή είναι συνάρτηση της θέσης
  - Η ιδιότητα μπορεί να είναι οποιουδήποτε τύπου χαρακτηριστικό, π.χ. διεύθυνση
- Η ιδιότητα «υψόμετρο»
  - Μια μοναδική τιμή για κάθε σημείο της επιφάνειας της Γης
  - ... και μεταφορικά

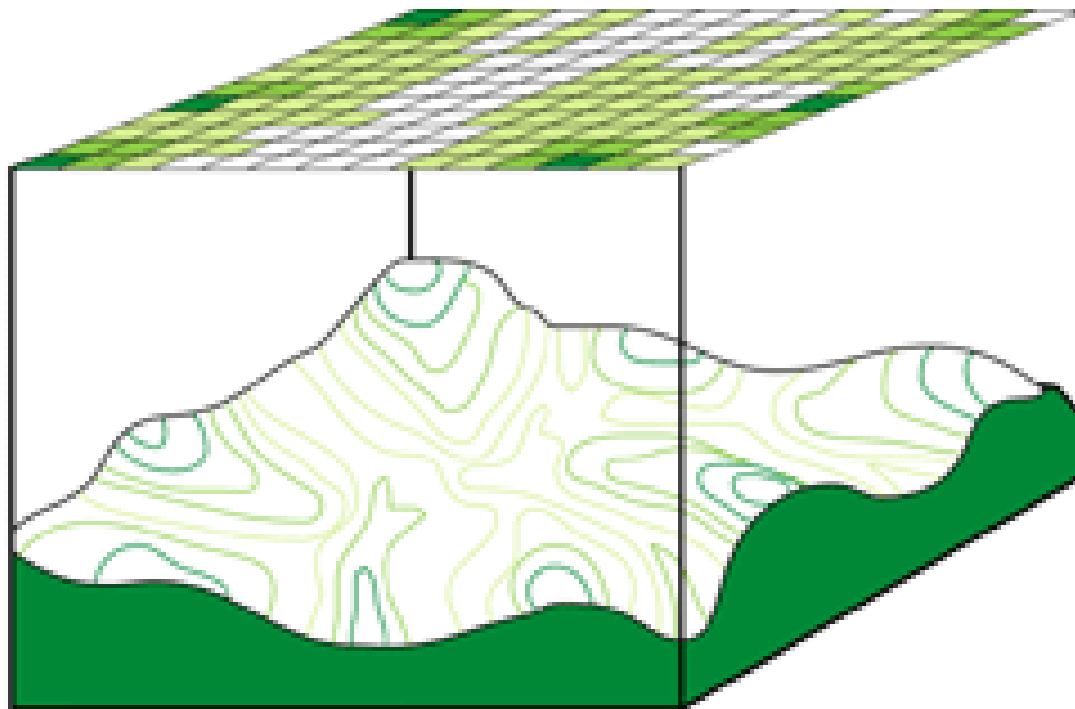
# Παραδείγματα πεδίων

- Ιδιότητες του εδάφους, π.χ. pH, υδατοϊκανότητα
- Πυκνότητα πληθυσμού
  - που όμως σε λεπτομερή κλίμακα η ιδιότητα του συνεχούς πεδίου καταρρέει
- Ιδιοκτησία γης
  - Μια μοναδική τιμή ενός ονομαστικού χαρακτηριστικού σε κάθε σημείο γης
- Όνομα επαρχίας, νομού, χώρας
- Ατμοσφαιρική θερμοκρασία, πίεση



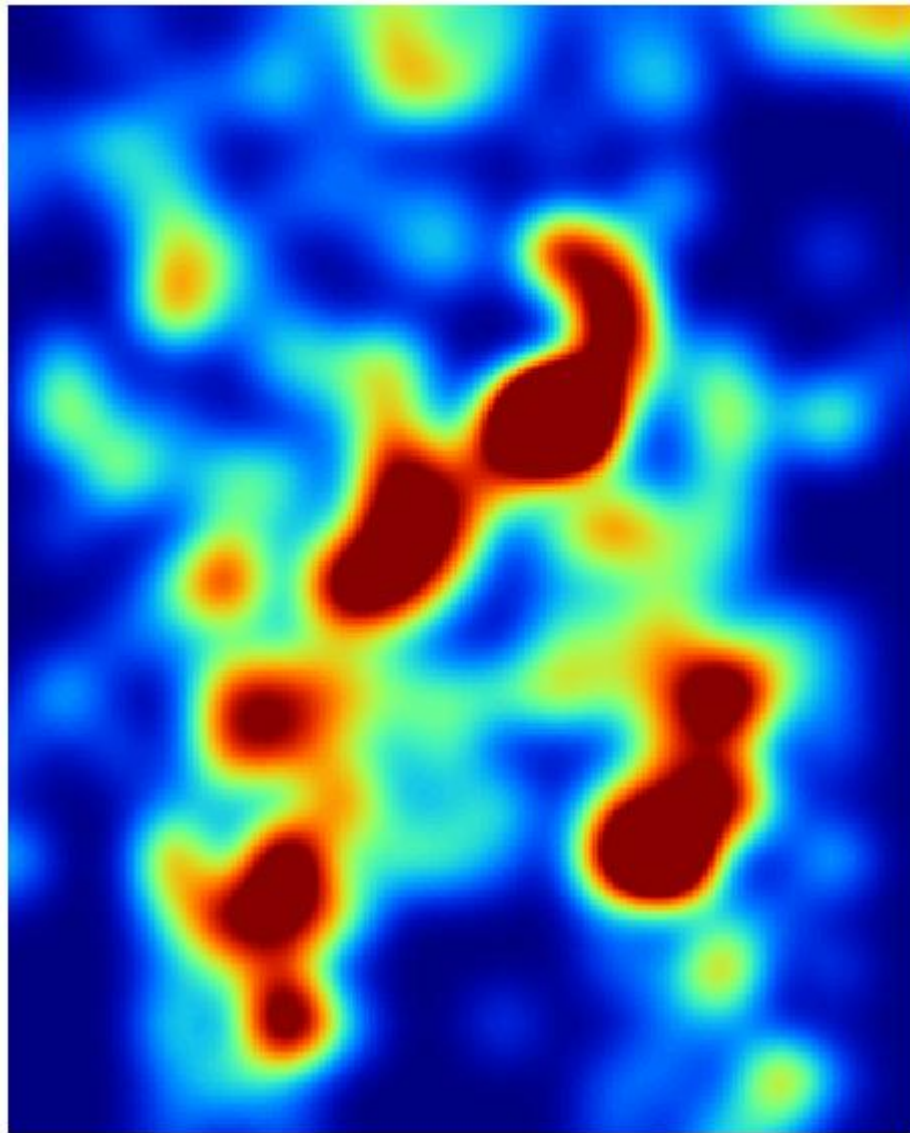
Παράδειγμα φαινομένου συνεχούς πεδίου: υψομετρικά δεδομένα που παρήχθησαν από την αποστολή Shuttle Radar Topography Mission με χρήση εικόνας του δορυφόρου Landsat – κατεύθυνση NA κατά μήκος του ρήγματος του Αγ. Ανδρέα στη Ν. Καλιφόρνια μαζί με μια προσομοίωση ουρανού

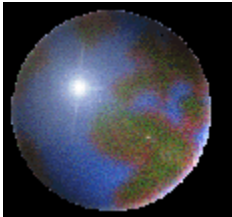
# Συνεχή πεδία





# Συνεχή πεδία





# 5. Γεωαναφορά

*Συστήματα και Επιστήμη Γεωγραφικών Πληροφοριών*

**ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ**

Paul A. Longley, Michael F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind

© 2005 John Wiley and Sons, Ltd

Επιστημονική επιμέλεια Ελληνικής έκδοσης: Γιάννης Θεοδωρίδης

© 2010 Εκδόσεις ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ

# Γεωαναφορά

- Ουσιώδης στα GIS, καθώς οποιαδήποτε πληροφορία πρέπει να συνδεθεί με την επιφάνεια της Γης
- Η μέθοδος γεωαναφοράς πρέπει να είναι:
  - Μοναδική – να συνδέει μια πληροφορία με μια μοναδική θέση
  - Διαμοιραζόμενη – διαφορετικοί χρήστες να μπορούν να καταλάβουν το νόημα μιας γεωαναφοράς
  - Διαχρονική – οι γεωαναφορές που γίνονται σήμερα να διατηρούν το νόημά τους και αύριο

# Μοναδικότητα

- Μια γεωαναφορά χρειάζεται να είναι μοναδική μέσα σε ένα καθορισμένο πεδίο, όχι αναγκαστικά παντού
  - Υπάρχουν πολλές ‘Νεάπολη’ στην Ελλάδα αλλά μόνο μία μέσα σε έναν Νομό
  - Το νόημα της αναφοράς στο ‘Λονδίνο’ μπορεί να εξαρτάται από τα συμφραζόμενα, αφού υπάρχουν πολλά μικρότερα ‘Λονδίνα’ σε διάφορα μέρη του κόσμου

# Οι γεωαναφορές ως μετρήσεις

- Κάποιες γεωαναφορές είναι μετρικές
  - Ορίζουν μια θέση με βάση ένα μέτρο απόστασης από καθορισμένα σημεία
    - Π.χ. απόσταση από τον Ισημερινό ή τον μεσημβρινό του Greenwich
- Άλλες βασίζονται στη διάταξη
  - Π.χ. οι διευθύνσεις οδών στα περισσότερα μέρη του κόσμου διατάσσουν τα σπίτια κατά μήκος των δρόμων
- Άλλες είναι απλά ονομαστικές
  - Τα τοπωνύμια δεν περιέχουν καμία διάταξη ή μέτρηση

# Τοπωνύμια

- Η παλαιότερη μορφή γεωαναφοράς και η πιο συνηθισμένη για τις καθημερινές μας δραστηριότητες
- Πολλά ονόματα έχουν παγκόσμια αναγνώριση, ενώ άλλα είναι γνωστά μόνο σε τοπικό επίπεδο
- Τα ονόματα λειτουργούν σε πολλές διαφορετικές κλίμακες, από ηπείρους έως μικρά χωριά και γειτονιές
- Τα ονόματα μπορεί να ξεθωριάσουν με το πέρασμα του χρόνου  
–Πού ήταν το Camelot?

# Ταχυδρομικές διευθύνσεις και κώδικες

- Κάθε κατοικία και γραφείο αποτελεί πιθανό προορισμό για το ταχυδρομείο
- Οι κατοικίες και τα γραφεία είναι διατεταγμένα κατά μήκος των δρόμων και παίρνουν την ανάλογη αρίθμηση
- Οι δρόμοι έχουν ονόματα μοναδικά μέσα σε περιοχές τοπικής εμβέλειας
- Οι περιοχές τοπικής εμβέλειας έχουν ονόματα μοναδικά μέσα σε μεγαλύτερες περιοχές
- Αν ισχύουν οι παραπάνω παραδοχές, τότε μια ταχυδρομική διεύθυνση αποτελεί μια χρήσιμη γεωαναφορά

# Πού αποτυγχάνουν οι ταχυδρομικές διευθύνσεις ως γεωαναφορές?

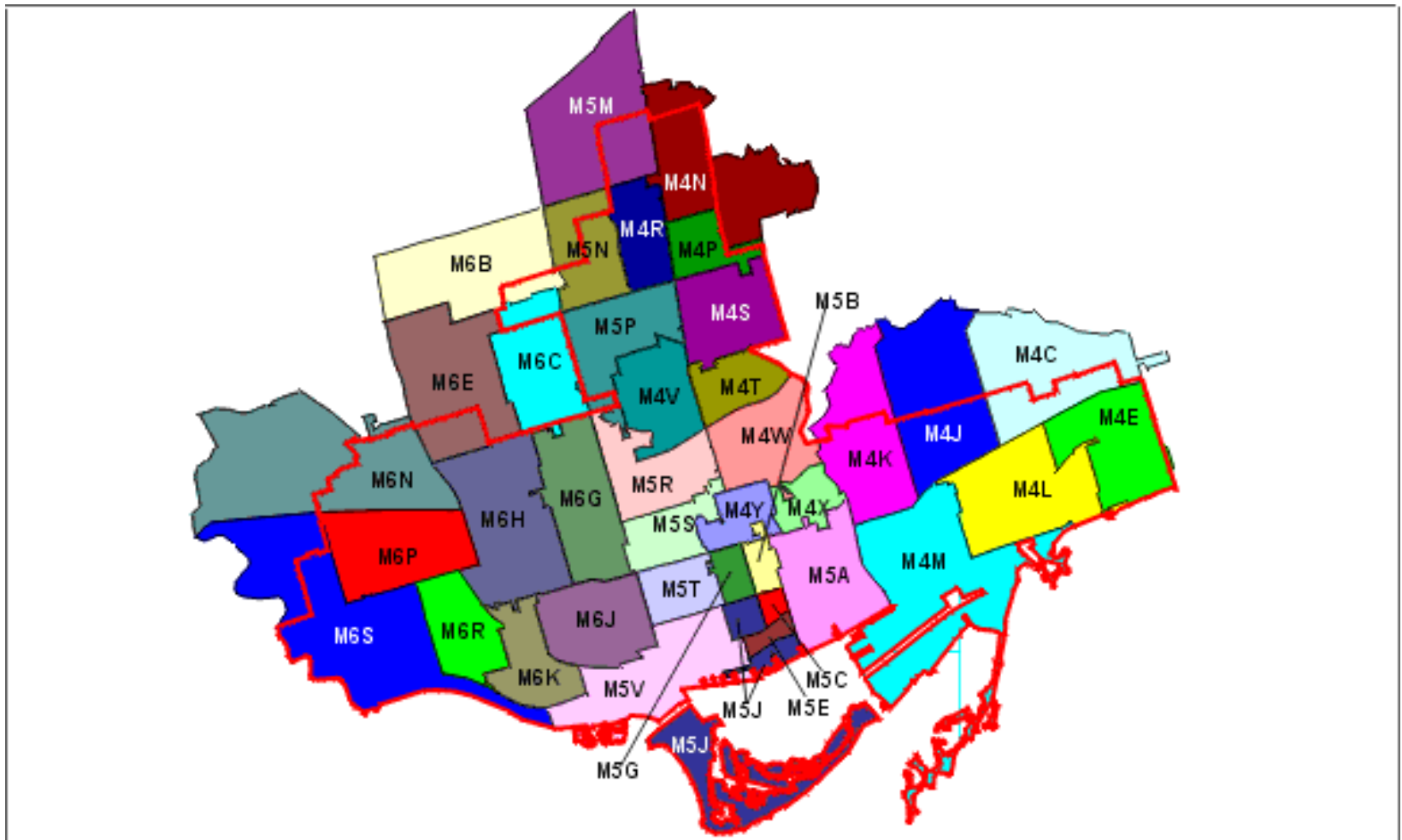
- Σε αγροτικές περιοχές
  - Αν και πρόσφατα έχει επεκταθεί η αστικού τύπου διευθυνσιοδότηση και σε κάποιες αγροτικές περιοχές
- Σε φυσικά στοιχεία
  - Οι λίμνες, τα βουνά και τα ποτάμια δεν μπορούν να χωροθετηθούν με ταχυδρομικές διευθύνσεις
- Όταν η αρίθμηση στους δρόμους δεν είναι σειριακή
  - Αυτό ισχύει π.χ. στην Ιαπωνία ή στο Mannheim



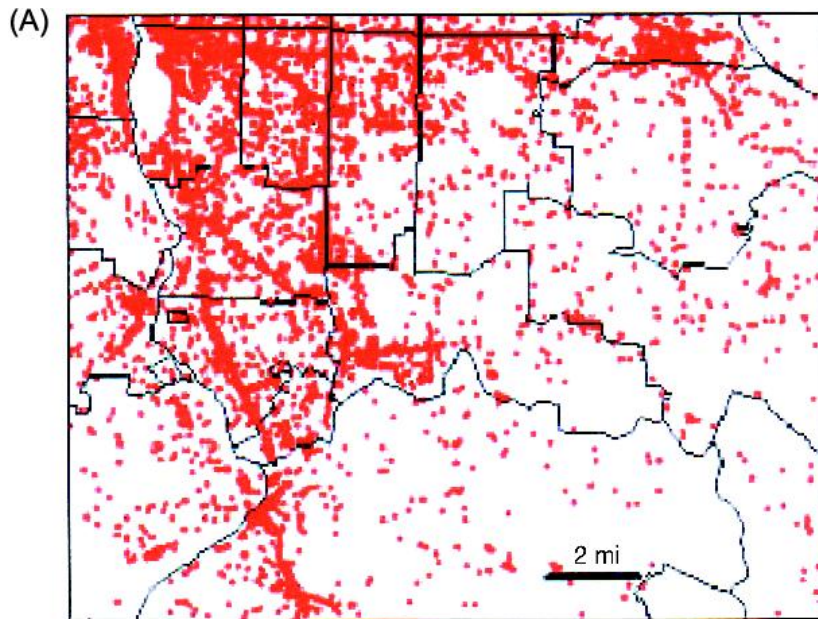


# Οι ταχυδρομικοί κώδικες ως γεωαναφορές

- Οι ΤΚ ορίζονται σε πολλές χώρες
  - Π.χ. ZIP codes στις ΗΠΑ
- Έχουν ιεραρχική δομή
  - Οι πρώτοι χαρακτήρες ορίζουν μεγάλες περιοχές
  - Οι επόμενοι χαρακτήρες προσδιορίζουν μικρότερες περιοχές
  - Η χωρική ανάλυση που πετυχαίνουν είναι λιγότερο λεπτομερής από των ταχυδρομικών διευθύνσεων
- Είναι χρήσιμοι στη χαρτογράφηση

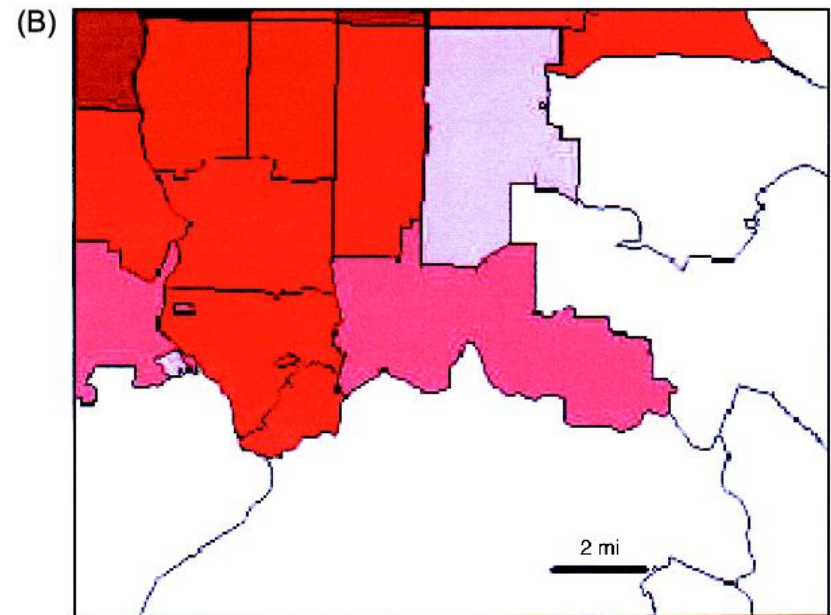


Περιοχές πρόωθησης διαλογής (Forward Sortation Areas - FSAs) του κεντρικού τμήματος της μητροπολιτικής περιοχής του Τορόντο. Στον Καναδά, οι 3 πρώτοι χαρακτήρες του T.K. (6 χαρακτήρων) δηλώνουν την περιοχή FSA.



• Επιχείρηση  
 — Όρια ΤΚ

Θέσεις των επιχειρήσεων, με τα  
 όρια των ΤΚ



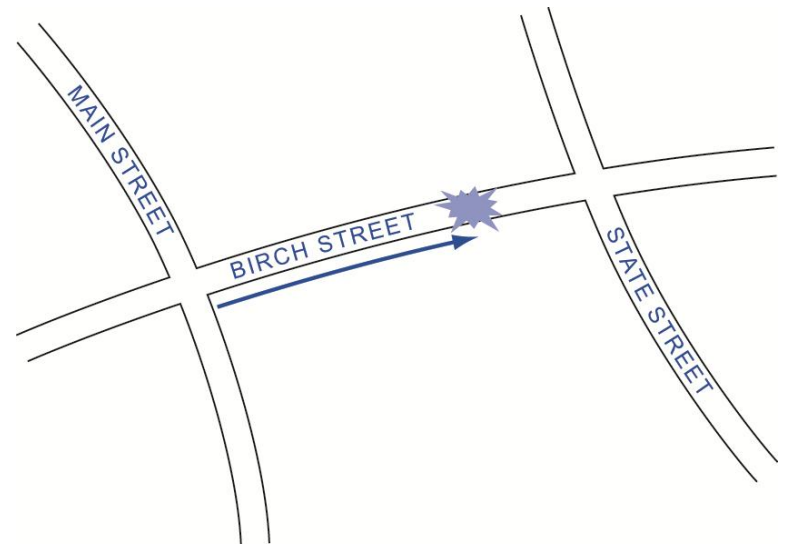
0–12  
 13–36  
 37–67  
 68–116  
 117–176  
 177–307  
 308–558

Σκίαση ΤΚ ανάλογα με την πυκνότητα  
 των επιχειρήσεων ανά τετραγωνικό μίλι

Τα όρια των ZIP codes στις ΗΠΑ είναι ένας βολικός τρόπος για τη σύνοψη των δεδομένων. Οι κουκίδες που εμφανίζονται αριστερά (A) συνοψίζονται με την πυκνότητα ανά τετρ. μίλι δεξιά (B)

# Γραμμική αναφορά

- Ένα σύστημα γεωαναφοράς για δίκτυα δρόμων, λεωφόρων, σιδηρογραμμών ή ποταμών
- Συνδυάζει το όνομα της ακμής του δικτύου με μια απόσταση μετατόπισης (κατά μήκος της ακμής) από ένα σταθερό σημείο - κόμβο, συχνά μια διασταύρωση

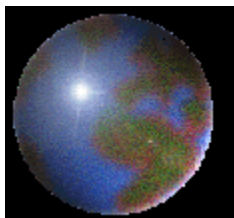


# Οι χρήστες της γραμμικής αναφοράς

- Υπηρεσίες μεταφορών και δικτύων
  - Για την καταγραφή της κατάστασης του οδοστρώματος και των πινακίδων, για τις συνθήκες κίνησης στους δρόμους κλπ.
- Αστυνομία
  - Για την καταγραφή των θέσεων των ατυχημάτων

# Προβληματικές περιπτώσεις

- Στις αγροτικές περιοχές μια θέση μπορεί να είναι πολύ μακριά από μια διασταύρωση ή κάποιο άλλο σημείο κατάλληλο για το ρόλο του σημείου-μηδέν.
- Δύο δρόμοι μπορεί να τέμνονται περισσότερες από μία φορές
- Η μέτρηση της απόστασης μετατόπισης κατά μήκος των δρόμων μπορεί να είναι ανακριβής λόγω της συσκευής μέτρησης, όπως π.χ. το οδόμετρο ενός αυτοκινήτου



# 6. Αβεβαιότητα

*Συστήματα και Επιστήμη Γεωγραφικών Πληροφοριών*  
**ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ**

Paul A. Longley, Michael F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind  
© 2005 John Wiley and Sons, Ltd  
Επιστημονική επιμέλεια Ελληνικής έκδοσης: Γιάννης Θεοδωρίδης  
© 2010 Εκδόσεις ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ

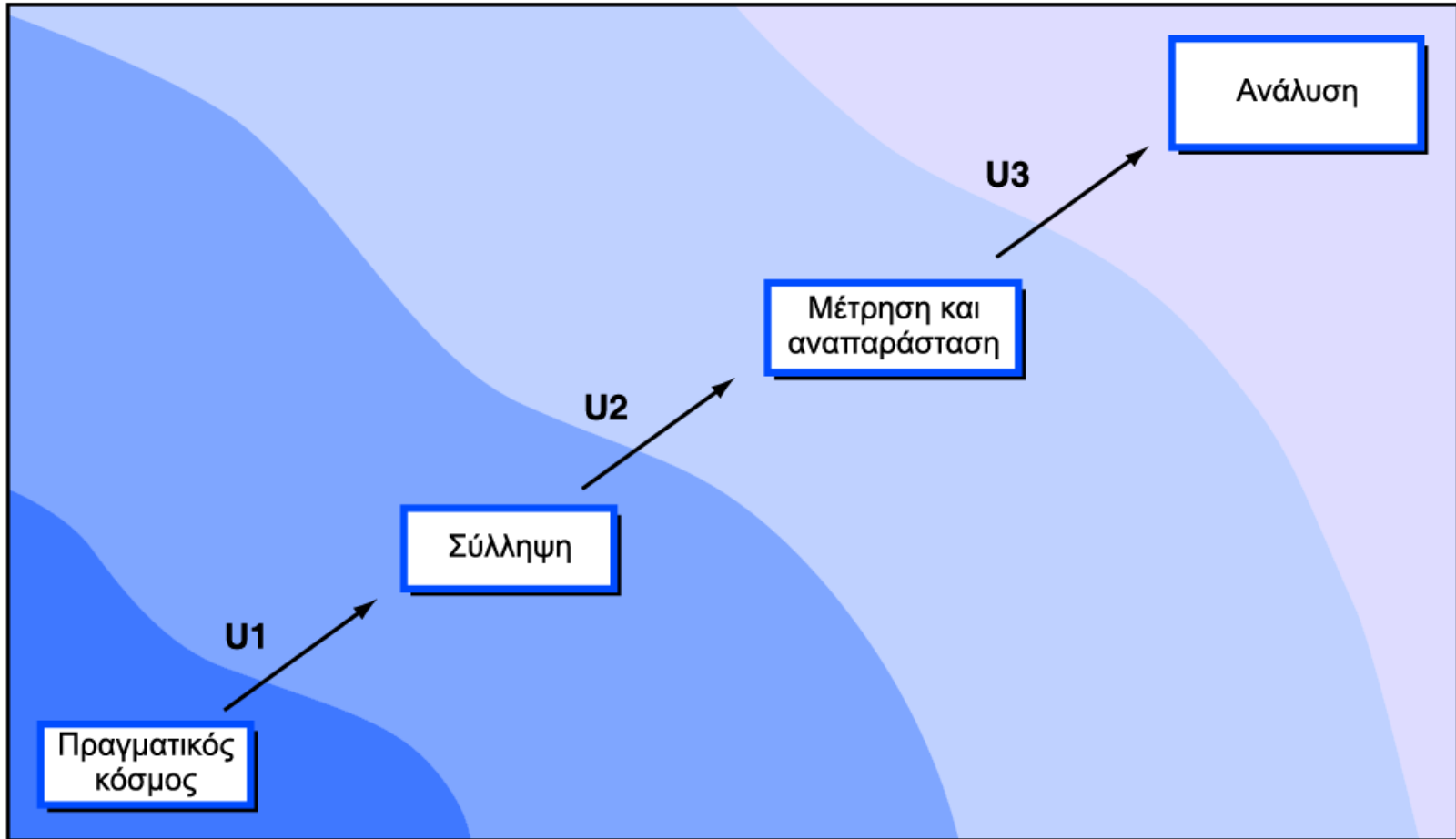


# Εισαγωγή

- Ο συμβιβασμός του ατελούς ή *αβέβαιου*
  - [επιστήμη, πρακτική]
  - [αφηρημένες έννοιες, εφαρμογή]
  - [ικανότητα ανάλυσης, κοινωνικά συμφραζόμενα]
- Είναι αδύνατο να έχουμε μια τέλεια αναπαράσταση του κόσμου, οπότε η αβεβαιότητα είναι αναπόφευκτη

# Πηγές αβεβαιότητας

- Σφάλμα μέτρησης: διαφορετικές παρατηρήσεις, όργανα μέτρησης
- Σφάλμα προδιαγραφών: μεταβλητές που έχουμε παραλείψει
- Αμφισημία, αοριστία και η ποιότητα της αναπαράστασης σε ένα GIS
- Μια συνολική προσέγγιση για τις ‘ατελείς’ αναπαραστάσεις ή ένα μέτρο ‘ποιότητας’



Μια αντιληπτική άποψη της αβεβαιότητας (τρία φίλτρα)

# 1<sup>ο</sup> φίλτρο: Αβεβαιότητα στην αντίληψη

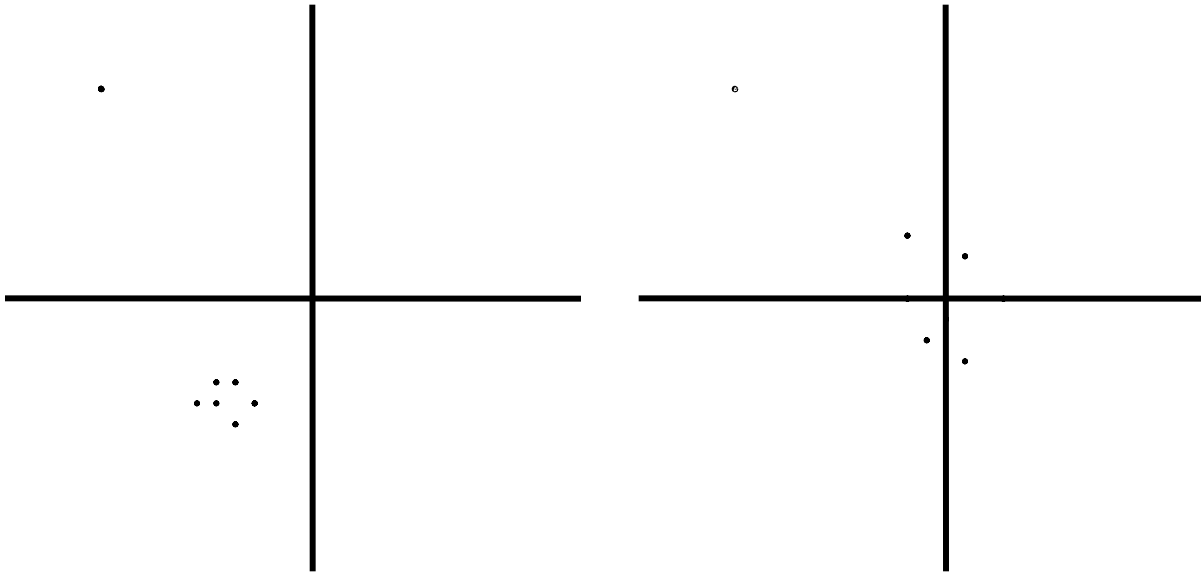
- Χωρική αβεβαιότητα
  - Φυσικές γεωγραφικές μονάδες;
  - Διμεταβλητές / πολυμεταβλητές επεκτάσεις;
  - Διακριτά αντικείμενα
- Αοριστία
  - Στατιστική, Χαρτογραφική, Γνωστική
- Αμφισημία
  - Τιμές, γλώσσα

## 2<sup>ο</sup> φίλτρο: Μέτρηση / αναπαράσταση

- Διαφορετικά μοντέλα αναπαράστασης μοντελοποιούν διαφορετικά την πραγματικότητα
  - Vector μοντέλο
  - Raster μοντέλο

# Η περίπτωση των ισοδιαστημικών και των αναλογικών δεδομένων

- Τα σφάλματα επηρεάζουν τις μετρήσεις κατά ένα ποσό
- Η ακρίβεια μέτρησης (accuracy) αναφέρεται στο ποσό της απόκλισης από την αληθινή τιμή
- Ακρίβεια τιμής (precision) αναφέρεται στη διακύμανση μεταξύ επαναλαμβανόμενων μετρήσεων ή/και στο ποσό της λεπτομέρειας που περιέχεται στην αναφορά μιας μέτρησης



Ο όρος *ακρίβεια τιμής* χρησιμοποιείται συχνά σε σχέση με την επαναληψιμότητα των μετρήσεων. Και στα δύο διαγράμματα έχουν ληφθεί έξι μετρήσεις για την ίδια θέση, η οποία αντιστοιχεί στο κέντρο του κύκλου. Στο αριστερό διάγραμμα, οι διαδοχικές μετρήσεις έχουν παρόμοιες τιμές (παρουσιάζουν υψηλή **ακρίβεια τιμής - precision**), αλλά δείχνουν μια απόκλιση από τη σωστή τιμή (παρουσιάζουν χαμηλή **ακρίβεια μέτρησης - accuracy**). Στο δεξί διάγραμμα, η ακρίβεια τιμής είναι μικρότερη αλλά η ακρίβεια μέτρησης μεγαλύτερη.

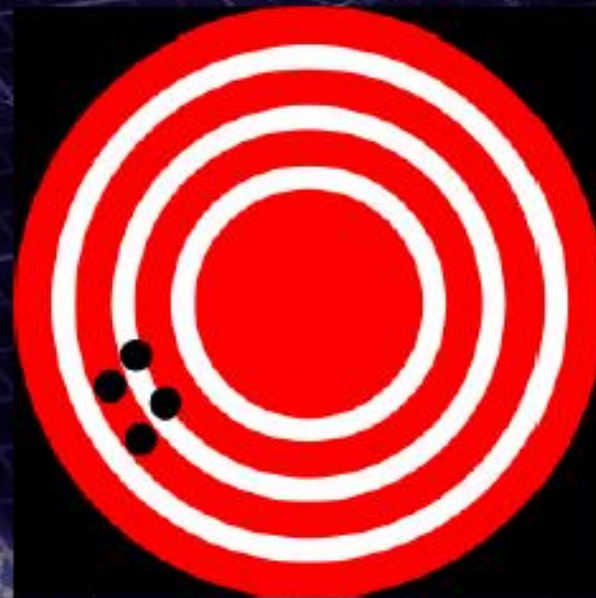
# χωρική ακρίβεια (accuracy) - χωρική πιστότητα (precision)

Ακρίβεια  
μέτρησης



Μεγάλη ακρίβεια  
Μικρή πιστότητα

Ακρίβεια  
τιμής

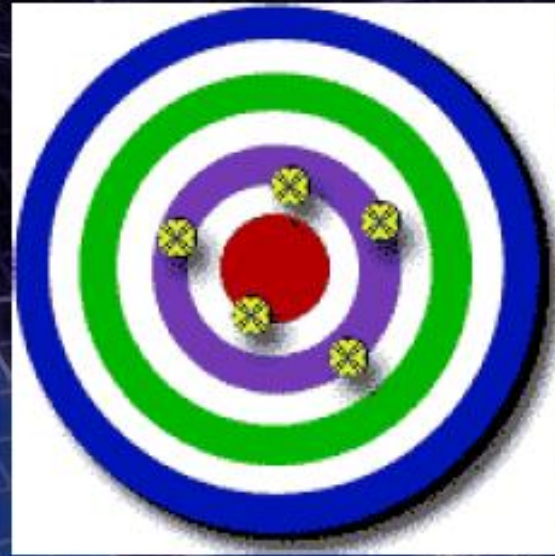


Μεγάλη πιστότητα  
Μικρή ακρίβεια





Μεγάλη πιστότητα  
Μικρή ακρίβεια



Μεγάλη ακρίβεια  
Μικρή πιστότητα



Μεγάλη ακρίβεια  
Μεγάλη πιστότητα

# Αναφορά μετρήσεων

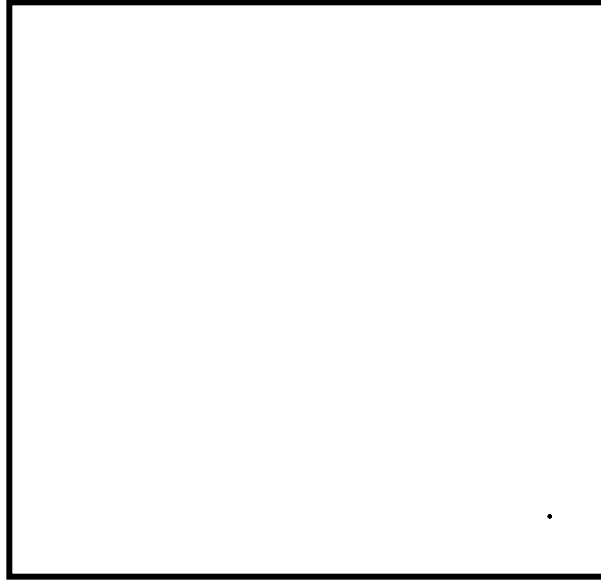
- Το ποσό της λεπτομέρειας σε μια αναφορά μέτρησης (π.χ. η έξοδος από ένα GIS) πρέπει να αντανακλά την ακρίβεια (τιμής) της
  - Αναφορά “14,4 μ.” υπονοεί ακρίβεια 0,1 μ.
  - Αναφορά “14 μ.” υπονοεί ακρίβεια 1 μ.
- Η επιπλέον ακρίβεια πρέπει να αφαιρείται με στρογγυλοποίηση

## 3<sup>ο</sup> φίλτρο: Ανάλυση, διάδοση σφάλματος

- Αφορά στις επιπτώσεις του σφάλματος και της αβεβαιότητας στα αποτελέσματα της GIS ανάλυσης
- Σχεδόν κάθε είσοδος σε ένα GIS υπόκειται σε σφάλμα και αβεβαιότητα
  - Κατά συνέπεια, κάθε έξοδος έχει περιορισμούς στην ορθότητά της ή ένα βαθμό αβεβαιότητας

# Συσχέτιση των σφαλμάτων

- Τα *απόλυτα* σφάλματα θέσης μπορεί να είναι μεγάλα  
– αντανακλούν την τεχνική δυσκολία μέτρησης των αποστάσεων σημείων από τον Ισημερινό και τον Μεσημβρινό του Γκρίνουιτς
- Τα *σχετικά* σφάλματα θέσης για μικρές αποστάσεις είναι πολύ μικρότερα  
– Τα σφάλματα θέσης τείνουν να έχουν ισχυρή συσχέτιση για μικρές αποστάσεις
- Ως αποτέλεσμα, τα σφάλματα θέσης μπορούν να μη ληφθούν υπόψη κατά τον υπολογισμό κάποιων χαρακτηριστικών, όπως η απόσταση ή το εμβαδό



Σφάλμα στη μέτρηση του εμβαδού ενός τετραγώνου πλευράς 100 μ. Έχει γίνει τοπογραφικός προσδιορισμός κάθε μίας από τις τέσσερις γωνίες, με το σφάλμα να ακολουθεί διμεταβλητή κατανομή Γκάους με τυπική απόκλιση 1 μ. στα  $x$  και  $y$  (διακεκομμένοι κύκλοι). Το κόκκινο πολύγωνο δείχνει ένα πιθανό τοπογραφημένο τετράγωνο (μία υλοποίηση του μοντέλου σφάλματος).

Σε αυτή την περίπτωση η μέτρηση του εμβαδού υπόκειται σε μια τυπική απόκλιση 200 τ.μ., με ένα αποτέλεσμα κάτι σαν 10.014,603 να είναι αρκετά πιθανό παρόλο που το πραγματικό εμβαδό είναι 10.000 τ.μ. Βασικά, το αποτέλεσμα 10.014,603 πρέπει να στρογγυλοποιηθεί βάσει της ακρίβειας που ισχύει και να αναφερθεί ως 10.000.

Η ανοχή στο εμβαδόν προκύπτει από τον τύπο:

$$U_E = 2.576 \times \sigma_E$$

όπου  $\sigma_E = (\sigma/2) \times K$

$K$  είναι η δευτική τετραγωνική ρίζα της ποσότητας

$$\{ (X_1 - X_{n-1})^2 + (X_2 - X_n)^2 + \dots + (X_n - X_{n-2})^2 + (Y_1 - Y_{n-1})^2 + (Y_2 - Y_n)^2 + \dots \\ \dots + (Y_n - Y_{n-2})^2 \}$$

και  $\sigma = 0.16 \mu.$  (κλίμακα 1:1000) ή  $\sigma = 0.80 \mu.$  (κλίμακα 1:5000).

Για παράδειγμα σε ένα αστικό ακίνητο διαστάσεων  $40 \mu. \times 25 \mu.$  και εμβαδού  $1000 \text{ τ.μ.}$  η μέγιστη επιτρεπόμενη ανοχή στο εμβαδόν του είναι  $19.44 \text{ τ. μ.}$  Ανάλογα σε ένα αγροτικό ακίνητο διαστάσεων  $50 \mu. \times 80 \mu.$  και εμβαδού  $4000 \text{ τ.μ.}$  η μέγιστη επιτρεπόμενη ανοχή είναι  $194.4 \text{ τ. μ.}$  Οι καταστάσεις αυτές επιδεινώνονται σε ακίνητα με ιδιαίτερα επιμήκη σχήματα. Για παράδειγμα σε ακίνητο διαστάσεων  $20 \mu. \times 200 \mu.$  και εμβαδού  $4000 \text{ τ.μ.}$  η μέγιστη επιτρεπόμενη ανοχή σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο είναι  $414.2 \text{ τ.μ.}$

# Συμβιώνοντας με την αβεβαιότητα

- Είναι εύκολο να αντιληφθούμε τη σημασία της αβεβαιότητας στα GIS
  - Αλλά είναι πολύ πιο δύσκολο να τη διαχειριστούμε αποτελεσματικά
  - Δεν υπάρχει όμως δυνατότητα επιλογής, ειδικά σε δικαστικές διενέξεις

# Κάποιες ακόμη βασικές αρχές

- Πρέπει να χρησιμοποιούμε όσο το δυνατό περισσότερες πηγές δεδομένων  
– και να γίνεται διασταύρωση σχετικά με την ακρίβειά τους
- Πρέπει να είμαστε ειλικρινείς και κατατοπιστικοί όταν αναφέρουμε αποτελέσματα  
– Να προσθέτουμε αρκετές προειδοποιήσεις και συστάσεις