



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

Γεωαναφορά Μετασχηματισμοί επίπεδων συντεταγμένων

Γεωγραφική θέση

- Το στοιχείο που διαφοροποιεί τις γεωγραφικές πληροφορίες από τους υπόλοιπους τύπους πληροφοριών
- Η τριάδα: (1) θέση στο χώρο, (2) θέση στο χρόνο και (3) θεματικά χαρακτηριστικά αποτελεί τη βάση δόμησης των γεωγραφικών πληροφοριών
- Σε ένα ΣΓΠ η προσθήκη του χρόνου είναι προαιρετική, όμως η προσθήκη της θέσης στο χώρο είναι υποχρεωτική
 - Αναπαράσταση της πληροφορίας
 - Μέτρηση αποστάσεων και επιφανειών
 - Σύνδεση πληροφοριών που αναφέρονται στις ίδιες θέσεις στο χώρο
 -

Γεωγραφική θέση



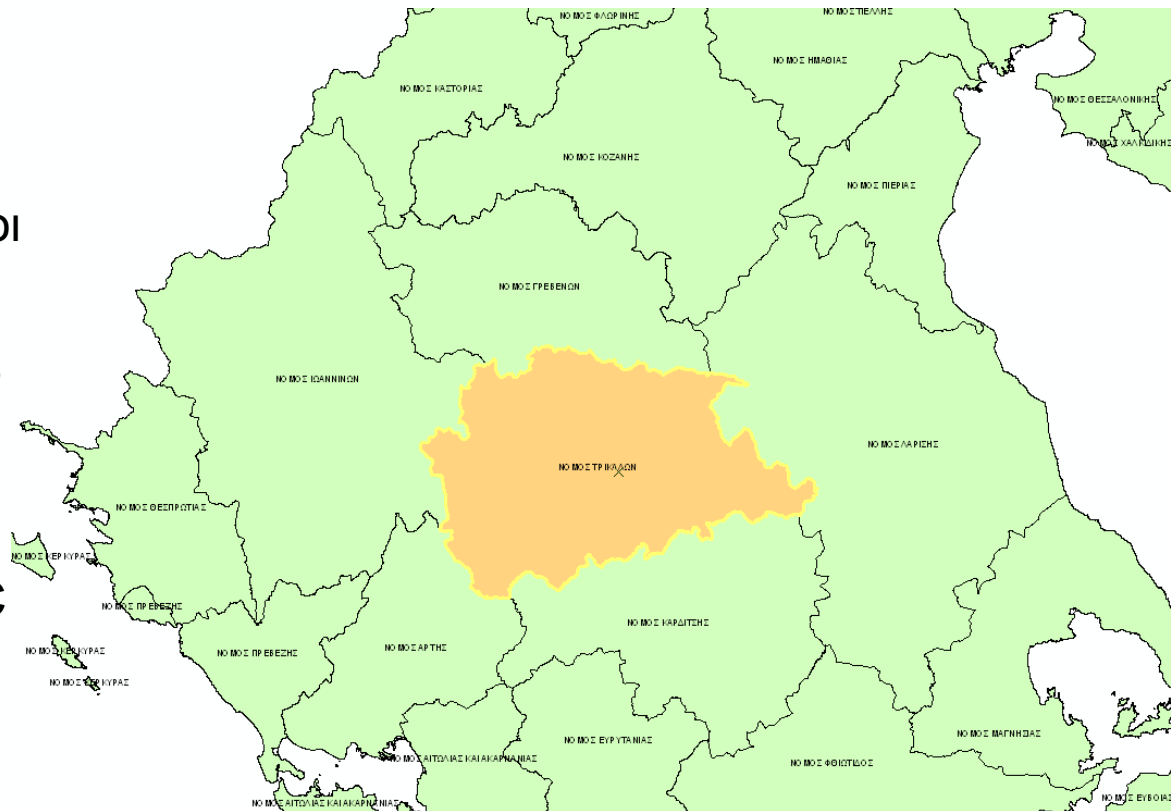
Γεωγραφική θέση: απόλυτη και σχετική θέση των χωρικών οντοτήτων

Κέρκυρα:

- Συντεταγμένες:
 $39^{\circ}35'28.60''N$,
 $19^{\circ}51'50.54''E$
- Βορειοδυτικό άκρο της Ελλάδος

Θεματικά Χαρακτηριστικά

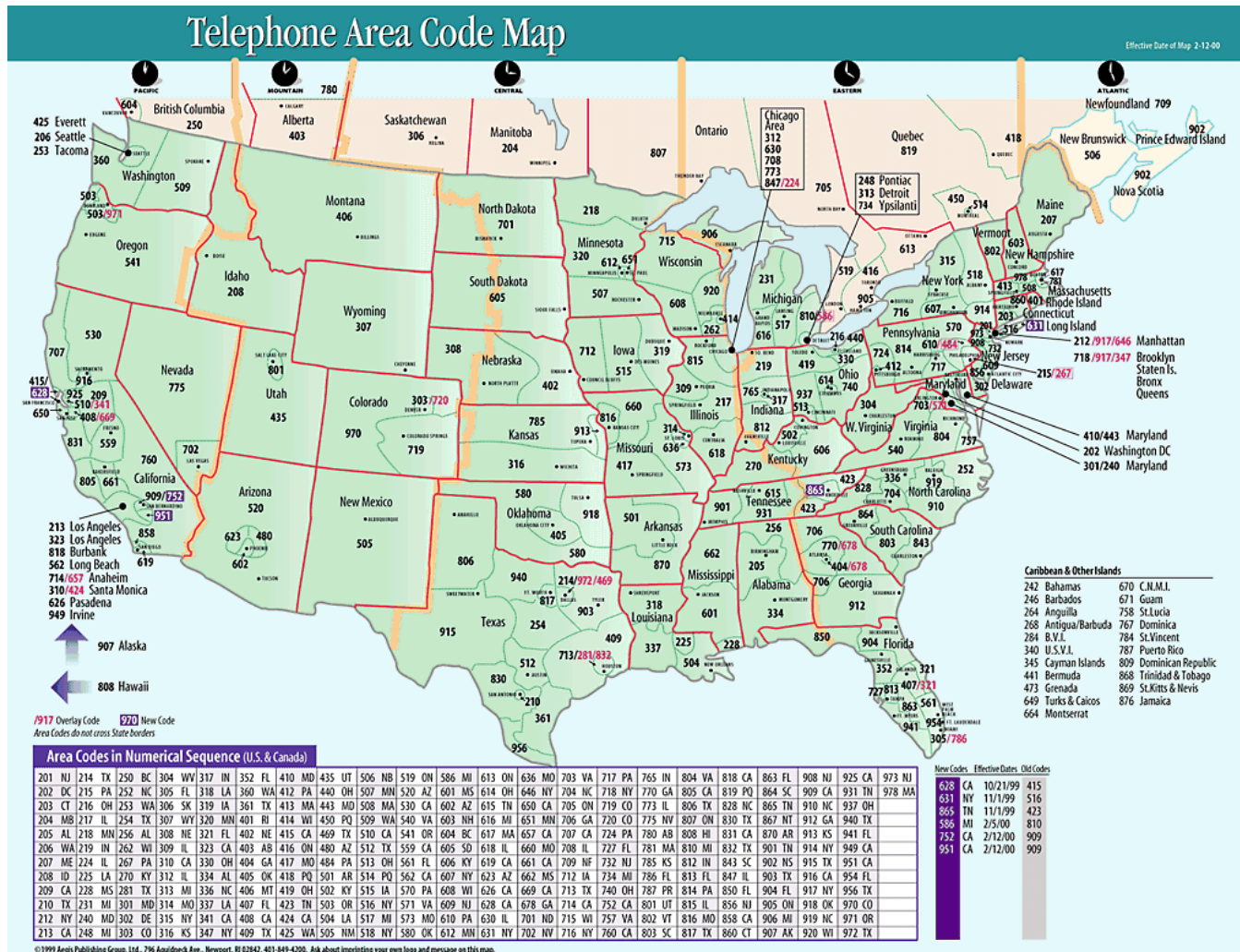
- Πληθυσμός: 138.047 κάτοικοι (απογραφή 2001)
- Πυκνότητα πληθυσμού: 40,8 κάτοικοι/km²
- Κλίμα: ηπειρωτικό
- Μέση θερμοκρασία: 16-17°C



Γεωαναφορά

- Ο προσδιορισμός της γεωγραφικής θέσης μιας οντότητας
- Πραγματοποιείται μέσω της προσαρμογής των γεωγραφικών δεδομένων σε ένα γνωστό σύστημα αναφοράς
- Απαραίτητη για την απόδοση, ανάλυση και σύνδεση των γεωγραφικών δεδομένων με άλλα γεωγραφικά δεδομένα.

Χωρικό σύστημα αναφοράς χωρίς μετρητικές ή τοπολογικές ιδιότητες



Deutschland

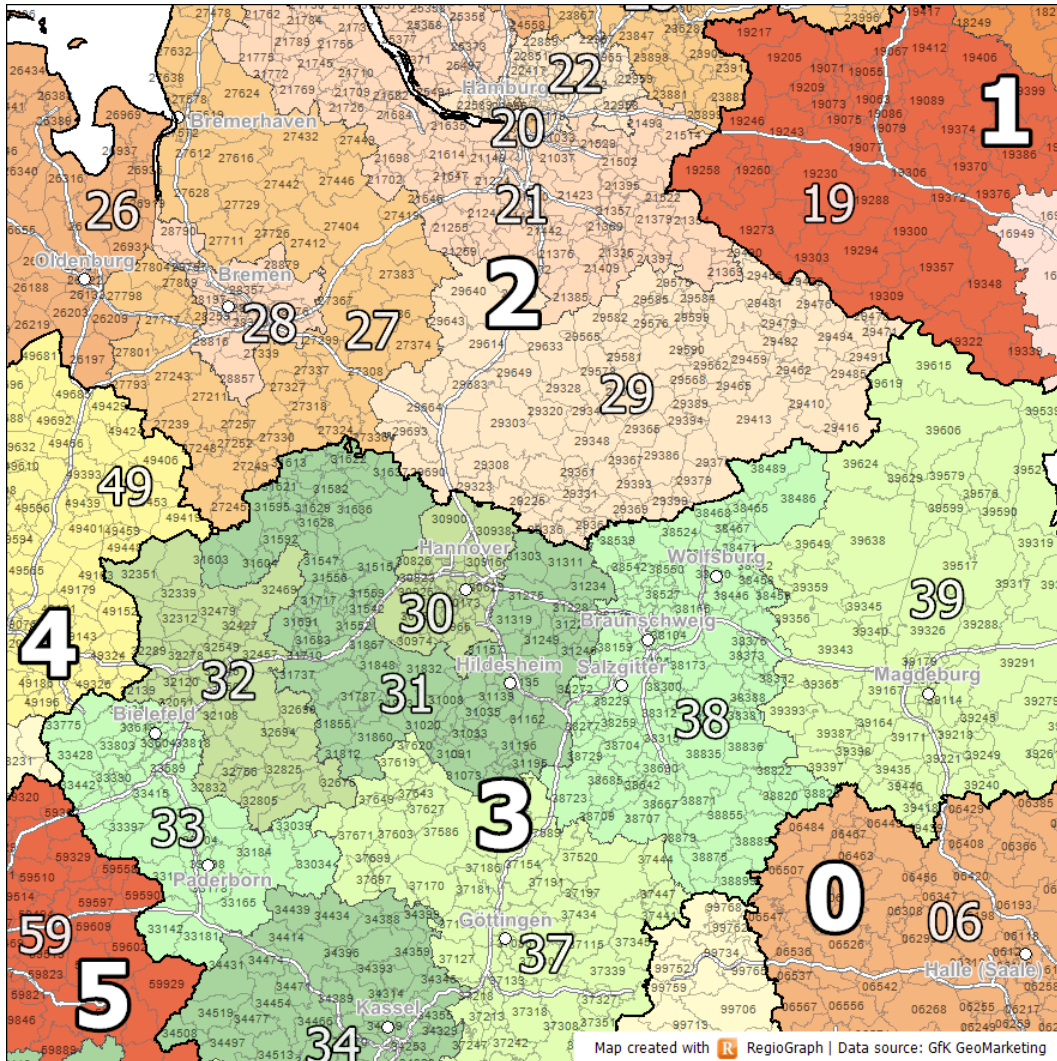
2-stellige PLZ Karte



Χωρικό σύστημα αναφοράς με ελάχιστες τοπολογικές και καθόλου μετρητικές ιδιότητες

Χάρτης ταχυδρομικών κωδικών Γερμανίας (http://www.123digitalmaps.com/files/DE_PC_DE_280_Lowres.jpg)

Χωρικό σύστημα αναφοράς με ελάχιστες τοπολογικές και καθόλου μετρητικές ιδιότητες



Χάρτης ταχυδρομικών κωδικών Γερμανίας (http://commons.wiki media.org/wiki/File:P ostcode_map_sample _germany.png)

Βασικές προϋποθέσεις (1)

Η μέθοδος γεωαναφοράς πρέπει να χαρακτηρίζεται από:

1. **μονοσήμαντο προσδιορισμό της θέσης των γεωγραφικών πληροφοριών**
2. **κοινή κατανόηση μεταξύ διαφορετικών χρηστών**

Παράδειγμα: Βασ. Σοφίας 1, 106 71, Αθήνα

Πλεονέκτημα: σύνδεση διαφορετικών ειδών πληροφοριών με βάση την κοινή τους γεωγραφική θέση

3. **συνέχεια στο χρόνο**

Βασικές προϋποθέσεις (2)

Μια γεωαναφορά μπορεί να είναι μονοσήμαντη μόνο εντός μιας συγκεκριμένης περιοχής της γης

- π.χ. οικισμός Αγιά υπάρχει στους νομούς Πρεβέζης, Λαρίσης, Κυκλάδων, Ρεθύμνης και Χανίων, αλλά μόνο ένας σε κάθε νομό.
- υπάρχουν 120 μέρη στη γη που έχουν τις ίδιες συντεταγμένες στο σύστημα UTM (Universal Transverse Mercator)– απαραίτητη η προσθήκη ημισφαιρίου και του αριθμού της ζώνης
- το νόημα μιας γεωαναφοράς εξαρτάται από το πλαίσιο αναφοράς.

Geonames

athens all countries

[\[advanced search\]](#)

1301 records found for "athens"

Name	Country	Feature class	Latitude	Longitude
1 Athens ATH, Afina, Afini, Afiny, An Aithin, Ateena, Atehny, Aten, Atena, Atenai, Atenas, Atenas - Athena, Atenas - Αθήν...	Greece , Attica Nomarchía Athínas > Athens	capital of a political entity population 729,137, elevation 70m	N 37° 58' 46"	E 23° 42' 58"
2 Athens County Comte d'Athens, Comté d'Athens	United States , Ohio Athens County	second-order administrative division population 64,757, elevation 195m	N 39° 20' 1"	W 82° 2' 42"
3 Athens AHN, Atina, Атина	United States , Georgia Clarke County	seat of a second-order administrative division population 116,714, elevation 228m	N 33° 57' 39"	W 83° 22' 40"
4 Athens	United States , Illinois Menard County	populated place population 1,988, elevation 183m	N 39° 57' 39"	W 89° 43' 26"
5 Athens Municipal Airport	United States , Texas Henderson County	airport elevation 136m	N 32° 9' 49"	W 95° 49' 42"
6 Athens	United States , West Virginia Mercer County	populated place population 1,048, elevation 789m	N 37° 25' 20"	W 81° 0' 58"
7 Athens	United States , Michigan Calhoun County	populated place population 1,024, elevation 271m	N 42° 5' 19"	W 85° 14' 4"
8 Athens	United States , New York Greene County	populated place population 1,668, elevation 8m	N 42° 15' 37"	W 73° 48' 34"
9 Athens	United States , Pennsylvania Bradford County	populated place population 3,367, elevation 233m	N 41° 57' 26"	W 76° 31' 4"
10 Athens	United States , Wisconsin Marathon County	populated place population 1,105, elevation 427m	N 45° 1' 58"	W 90° 4' 26"
11 Athens Афіну, Афины	United States , Ohio Athens County	seat of a second-order administrative division population 23,832, elevation 219m	N 39° 19' 45"	W 82° 6' 4"
12 Athens-Ben Epps Airport AHN, KAHN	United States , Georgia Clarke County	airport elevation 240m	N 33° 56' 54"	W 83° 19' 35"
13 City of Athens	United States , Ohio Athens County	administrative division population 23,832, elevation 216m	N 39° 19' 36"	W 82° 5' 56"
14 Výronas Byron, Viron, Vyronas, Viron, Výronas, Βύρων, Βύρωνος	Greece , Attica Nomarchía Athínas > Athens	seat of a third-order administrative division population 61,888	N 37° 58' 0"	E 23° 45' 0"
15 Athens	United States , Arkansas Howard County	populated place elevation 292m	N 34° 18' 52"	W 93° 58' 36"
16 New Athens	United States , Illinois Saint Clair County	populated place population 2,054, elevation 121m	N 38° 19' 35"	W 89° 52' 37"
17 Athens	United States , Kentucky Fayette County	populated place elevation 291m	N 37° 56' 57"	W 84° 21' 50"
18 Athens	United States , Louisiana Claiborne Parish	populated place population 249, elevation 92m	N 32° 39' 1"	W 93° 1' 32"
19 Athens	United States , Mississippi Monroe County	populated place elevation 92m	N 33° 52' 20"	W 88° 26' 30"
20 Athens MMI	United States , Tennessee McMinn County	seat of a second-order administrative division population 13,458, elevation 262m	N 35° 26' 34"	W 84° 35' 34"
21 Athens	United States , Texas Henderson County	seat of a second-order administrative division population 12,710, elevation 149m	N 32° 12' 17"	W 95° 51' 19"
22 Lake Athens	United States , Texas Henderson County	lake elevation 134m	N 32° 12' 32"	W 95° 45' 28"
23 Athens	United States , Virginia	populated place	N 37° 59' 33"	W 77° 25' 1"

Τύποι γεωαναφορών

- ονομαστικές – δεν περιλαμβάνουν διάταξη ή μέτρηση, π.χ., ονόματα τοποθεσιών (placenames)
- βασισμένες σε κάποια διάταξη, π.χ., διευθύνσεις των οδών
- μετρικές – βασίζονται σε μετρήσεις διαφόρων ειδών και σε συστήματα αναφοράς – επιτρέπουν:
 - τον εντοπισμό της θέσης με συνεχώς αυξανόμενη ακρίβεια (όσο αυξάνεται η ακρίβεια των τεχνικών συλλογής δεδομένων)
 - τον υπολογισμό αποστάσεων από μετρήσεις 2 ή περισσότερων θέσεων

Συστήματα γεωαναφοράς

- Ονόματα τοποθεσιών
- Ταχυδρομικές διευθύνσεις και ταχυδρομικοί κωδικοί
- Γραμμικά συστήματα αναφοράς (Linear referencing systems)
- Κτηματολογία
- Γεωγραφικό μήκος και πλάτος
- Προβολές και συστήματα αναφοράς
- Σύστημα Παγκόσμιου Εντοπισμού (Global Positioning System)

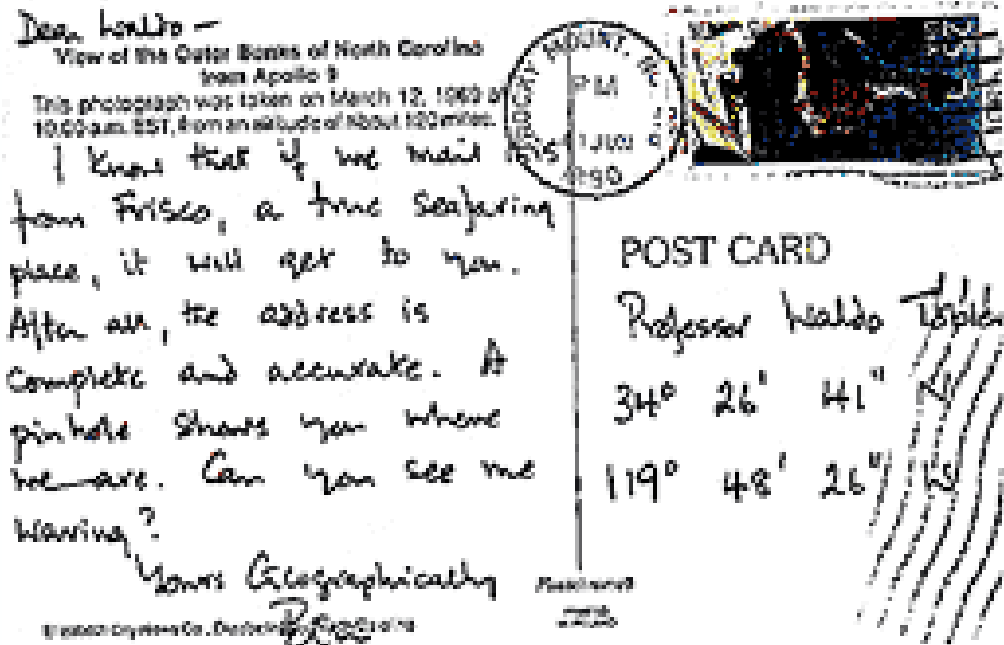
Ταχυδρομικές διευθύνσεις

- λειτουργούν αποτελεσματικά για τη γεωαναφορά κτιρίων όχι όμως φυσικών στοιχείων
- συλλογή στατιστικών δεδομένων, δημιουργία χαρτών





Το πείραμα των
Gould & Tobbler
<http://www.csiss.org/classics/content/89>



Μετατροπές γεωαναφορών

- Οι εφαρμογές ΣΓΠ συχνά απαιτούν τη μετατροπή των συντεταγμένων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων αναφοράς με τη χρήση λογισμικών GIS
- Οι ταχυδρομικές διευθύνσεις μετατρέπονται σε γεωγραφικές συντεταγμένες με τη χρήση της διαδικασίας **γεωκωδικοποίησης** (*geocoding*)
- Τα ονόματα τοποθεσιών μετατρέπονται σε συντεταγμένες με τη χρήση των **γεωγραφικών λεξικών** (*gazetteers*)

Γεωκωδικοποίηση

- Μετατροπή ταχυδρομικών διευθύνσεων σε συντεταγμένες κάποιου συστήματος αναφοράς (π.χ., γεωγραφικές συντεταγμένες).
- Προϋποθέτει μια βάση δεδομένων που περιλαμβάνει τη **γεωμετρία των τμημάτων των οδών** μεταξύ των διασταυρώσεων και τα εύρη των αριθμών που αντιστοιχούν σε κάθε πλευρά του κάθε τμήματος
- Η γεωκωδικοποίηση γίνεται με τον **εντοπισμό του κατάλληλου οδικού τμήματος** και την εκτίμηση της θέσης με **γραμμική παρεμβολή**.

Παράδειγμα γεωγραφικού λεξικού (*gazetteer*)

40 records found for "kallithea"

Name	Country	Feature class	Latitude	Longitude
1 Kallithea Kallifeja, Kallithea, Kallithéa, Καλλιθέα, Καλλιφεα	Greece , Attica Nomarchia Athinas > Kallithea	seat of a third-order administrative division population 107,767	N 37° 57' 0"	E 23° 42' 0"
2 Kallithéa Kallithea, Kallithea Olimbou, Kallithéa, Kallithéa Olimbou, Sádovon, Sádovon	Greece , Thessaly Lárisa > Elassona	populated place	N 39° 59' 0"	E 22° 11' 0"
3 Kallithéa Charaklimani, Charaklimanion, Charaklimáni, Charaklimánion, Kallifeja, Kallithea, Kallithéa, Paliambela, Pal...	Greece , Epirus Thesprotia > Filiates	populated place population 137	N 39° 43' 3"	E 20° 28' 52"
4 Kallithéa Kallithea, Kallithéa, Sarpion, Sarpion	Greece , North Aegean Lésvos > Lemnos	populated place	N 39° 54' 10"	E 25° 12' 32"
5 Kallithéa Kallithea, Kallithéa, Koukesi, Koukesion, Koukésion, Koukesi	Greece , Ionian Islands Zákynthos > Zakynthos	populated place	N 37° 48' 0"	E 20° 46' 0"
6 Kallithéa Kalabaktasi, Kalabaktasion, Kalabáktasi, Kallifeja, Kallithea, Kallithéa, Prinias, Prinias, Καλλιφεα	Greece , North Aegean Samos Prefecture > Samos	populated place population 284	N 37° 44' 0"	E 26° 35' 0"
7 Kallithéa Kalitea, Kallifeja, Kallithea, Kallithéa, Vromeri, Vromeri, Καλλιφεα	Greece , Central Macedonia Pieria > Katerini	populated place population 3,100	N 40° 16' 35"	E 22° 34' 42"
8 Kallithéa Kallithea, Kallithéa, Καλλιθέα	Greece , Crete	populated place	N 35° 30' 10"	E 23° 48' 27"
9 Kallithéa Baltinon, Báltinon, Kallifeja, Kallithea, Kallithéa, Katafiyi, Katafiyion, Katafygion, Katafygion, Katafiyi, Ka...	Greece , West Macedonia Grevena > Grevena	populated place population 94	N 39° 50' 51"	E 21° 21' 19"
10 Kallithéa Kallithea, Kallithéa, Kislar, Kislarion, Kislár, Kisláriorion	Greece , Thessaly Lárisa > Farsala	populated place	N 39° 12' 0"	E 22° 31' 0"
11 Kallithéa Kallifeja, Kallithea, Kallithéa, Zakha, Zákha, Καλλιφεα	Greece , West Greece Ilia Prefecture > Andritsaina-Krestena	populated place population 949	N 37° 33' 0"	E 21° 49' 0"
12 Kallithéa Kalivia, Kallifeja, Kallithea, Kallithéa, Kalivia, Kalivia, Kalývia, Καλλιφεα	Greece , Thessaly Trikala > Kalampaka	populated place population 151	N 39° 46' 2"	E 21° 43' 20"
13 Kallithéa Goritsa, Goritsa, Kallifeja, Kallithea, Kallithéa, Καλλιφεα	Greece , Epirus Ioannina > Konitsa	populated place population 221	N 40° 0' 31"	E 20° 41' 21"
14 Kallithéa Kallithea, Kallithea Pilias, Kallithéa, Kallithéa Pilias, Memerizi, Memerizi, Pilias, Pilias	Greece , Peloponnese Messenia > Pylos-Nestoras	populated place	N 36° 52' 0"	E 21° 47' 0"
15 Áno Kallithéa Ano Kallithea, Kallithea Sperkiadhios, Kallithéa Sperkiadhios, Yiftokhori, Yiftokhóri, Áno Kallithéa	Greece , Central Greece Phthiotis > Makrakomi	populated place	N 38° 53' 0"	E 22° 6' 0"
16 Kallithea Kallithea, Kallithea, Καλλιθέα	Greece , Attica Nomarchia Athinas > Kallithea	third-order administrative division population 115,150	N 37° 57' 7"	E 23° 41' 59"
17 Kallithéa Kallifeja, Maltepe, Meltepe, Metochi Rossikon, Metóchi Rossikón, Máltepe, Mélitepe, Nea Floyta, Néa Floyitá,...	Greece , Central Macedonia Chalkidiki > Kassandra	populated place population 976	N 40° 4' 25"	E 23° 26' 46"
18 Kallithéa Biri, Biri, Kallithea, Kallithéa	Greece , Thessaly Magnisia > South Pelion	populated place	N 39° 14' 0"	E 23° 15' 0"
19 Kallithéa Kallithea, Kallithéa, Miara, Miára	Greece , Central Greece Evrytania > Karpenisi	populated place	N 38° 53' 0"	E 21° 48' 0"
20 Kallithéa Ano Prostavas, Kallithea, Kallithéa, Prostavta, Prostavá, Áno Próstovas	Greece , West Greece Aitolia kai Akarnania > Agrinio	populated place	N 38° 37' 0"	E 21° 37' 0"
21 Kallithéa Kallithea, Kallithéa, Skoupa, Skoúpa	Greece , Peloponnese Korinthia > Kylokastro-Evrostina	populated place	N 38° 4' 0"	E 22° 27' 0"
22 Kallithéa Kallithea, Kallithéa, Mouratagas, Mourátagas	Greece , Peloponnese Argolis > Naflpio	populated place	N 37° 32' 0"	E 22° 53' 0"
23 Kallithéa Kallithea, Kallithéa, Zarfona, Zarfóna	Greece , Peloponnese Laconia > Evrotas	populated place	N 37° 5' 0"	E 22° 39' 0"
24 Kallithéa	Greece , Crete	populated place	N 35° 18' 44"	E 25° 10' 25"

Μετασχηματισμοί επίπεδων συντεταγμένων

- Ο μετασχηματισμός των επίπεδων (ή ορθογώνιων) συντεταγμένων από το ένα σύστημα στο άλλο είναι μια χρήσιμη λειτουργία που χρησιμοποιείται πολύ συχνά στα Σ.Γ.Π.
- Ένας μετασχηματισμός μπορεί να επιφέρει απλή αλλαγή στη θέση και τη διεύθυνση (χωρίς να μεταβάλλει το σχήμα και το μέγεθος) ή ενιαία αλλαγή στην κλίμακα (χωρίς μεταβολή του σχήματος) ή ακόμα και αλλαγή στο σχήμα και το μέγεθος.

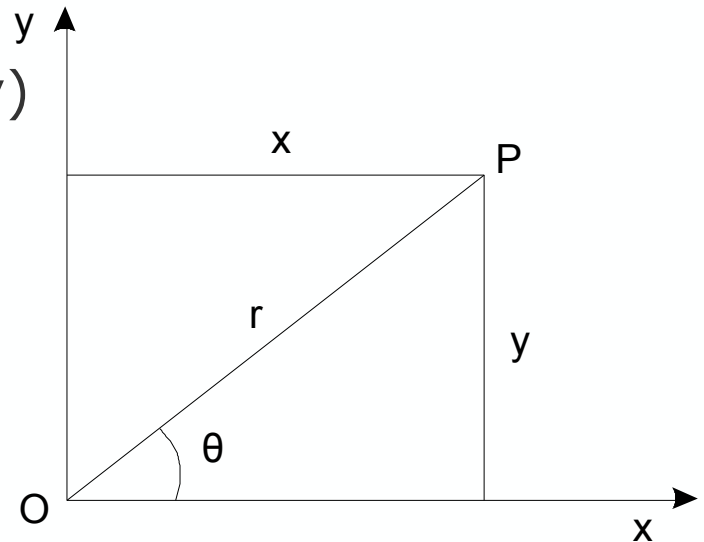
Γιατί επίπεδες συντεταγμένες?

Οι βασικότερες πηγές δεδομένων των ΣΓΠ:

- αναλογικοί χάρτες
- δορυφορικές εικόνες
- αεροφωτογραφίες

Επίπεδες συντεταγμένες

- Οι σχετικές συντεταγμένες κάθε σημείου στο επίπεδο (διδιάστατος χώρος) εκφράζονται με ένα ζεύγος συντεταγμένων
- Δύο τύποι συστημάτων συντεταγμένων:
 - Πολικές συντεταγμένες (r, θ)
 - Καρτεσιανές συντεταγμένες (x, y)



Σχέση μεταξύ των πολικών και των καρτεσιανών συντεταγμένων

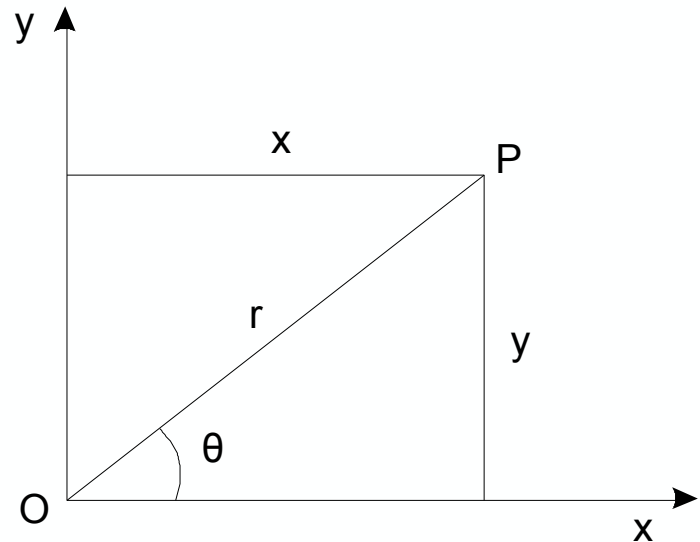
- Η σχέση μεταξύ των πολικών συντεταγμένων (r , θ) και των καρτεσιανών συντεταγμένων (x , y) είναι:

$$x = r \cos \theta$$

$$y = r \sin \theta$$

$$r = (x^2 + y^2)^{1/2}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$$

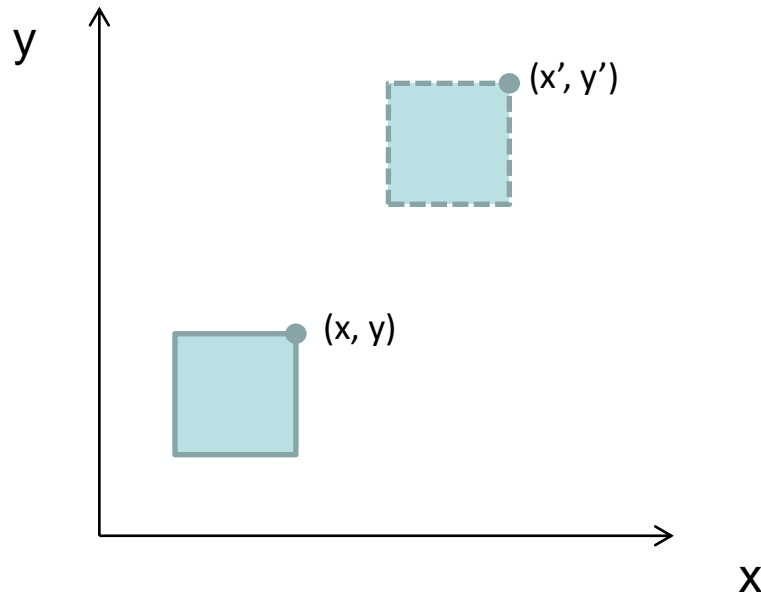


Βασικοί γεωμετρικοί μετασχηματισμοί

- Μετάθεση
- Στροφής
- Κλίμακας
- Ομοιότητας
- Αφινικός ή ομοπαράλληλος
- Προβολικός

Μετασχηματισμός μετάθεσης

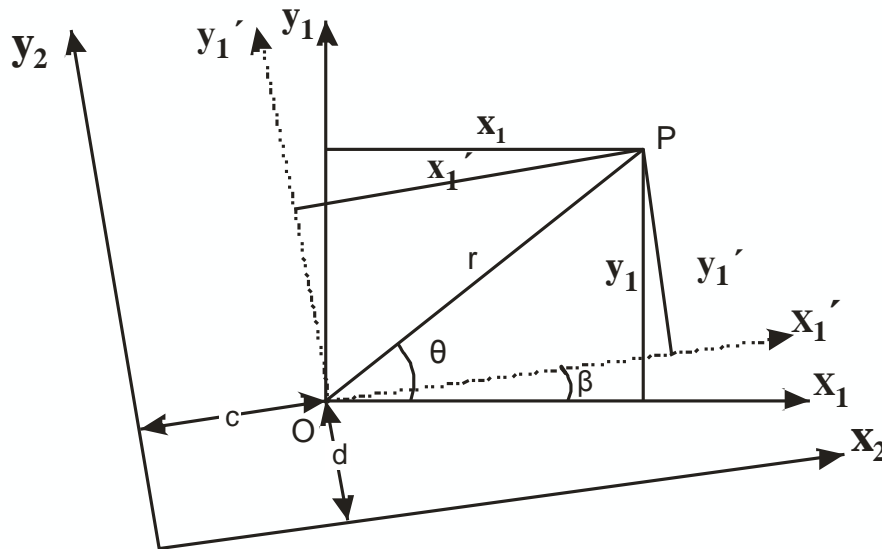
- μετακίνηση των αντικειμένων σε νέα θέση
- μετάθεση της αφετηρίας ενός συστήματος συντ/νων
- διατηρεί αναλλοίωτες τις αποστάσεις, τις διευθύνσεις και την ιδιότητα της συνδεσιμότητας μεταξύ των γραφικών αντικειμένων



$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

Μετασχηματισμός στροφής

- όταν το ένα σύστημα συντ/νων είναι στραμμένο κατά γωνία β σε σχέση με το άλλο
- διατηρεί αναλλοίωτες τις αποστάσεις, τις γωνίες και την ιδιότητα της συνδεσιμότητας μεταξύ των γραφικών αντικειμένων

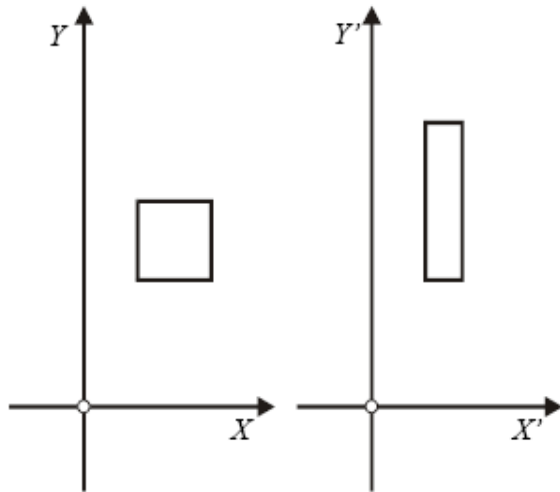


$$\begin{bmatrix} x_1' \\ y_1' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta & \sin \beta \\ -\sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} x_1' &= x_1 \cos \beta + y_1 \sin \beta \\ y_1' &= -x_1 \sin \beta + y_1 \cos \beta \end{aligned}$$

Μετασχηματισμός κλίμακας

- σμίκρυνση ή μεγέθυνση των αντικειμένων
- το σχήμα παραμορφώνεται στρεβλά όταν οι παράμετροι S_x και S_y έχουν άνισες τιμές

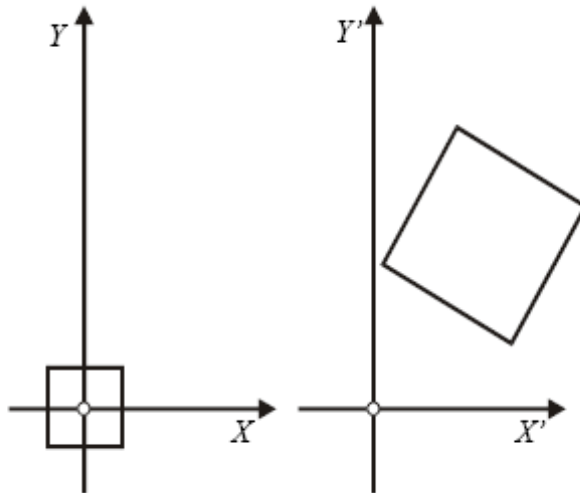


$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_x & 0 \\ 0 & S_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

Μετασχηματισμός ομοιότητας

- περιλαμβάνει στροφή, αλλαγή κλίμακας (ενιαία κατά x και y) και δύο μεταθέσεις
- διατηρεί τα σχήματα των αντικειμένων

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S & 0 \\ 0 & S \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$



$$\begin{aligned} x' &= ax + by + c, \\ y' &= -bx + ay + d. \end{aligned}$$

Μετάθεση: $T_x=c$ και $T_y=d$

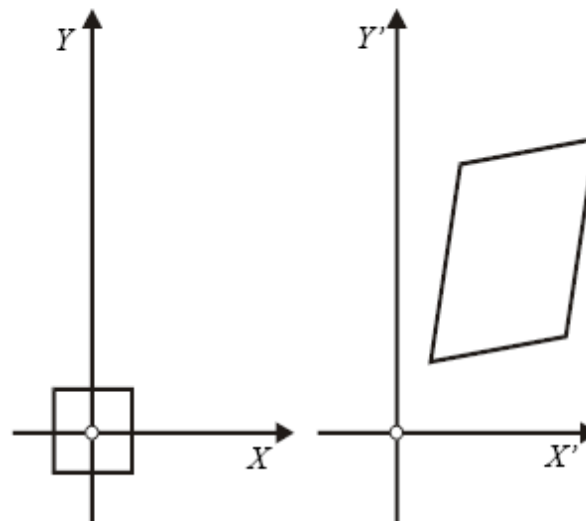
Στροφή: $\theta = \arctan\left(\frac{b}{a}\right)$

Κλίμακα: $S = \sqrt{a^2 + b^2}$

Αφινικός ή ομοπαράλληλος μετασχηματισμός

- περιλαμβάνει δύο μεταθέσεις, διαφορετικές κλίμακες κατά μήκος των αξόνων x και y , στροφή και μη καθετότητα των αξόνων
- γεωγραφική προσαρμογή δεδομένων που έχουν ψηφιοποιηθεί από αναλογικούς χάρτες

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos\theta_x & \sin\theta_y \\ -\sin\theta_x & \cos\theta_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_x & 0 \\ 0 & S_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$



$$\begin{aligned} x' &= ax + by + c, \\ y' &= dx + ey + f. \end{aligned}$$

Μετάθεση: $T_x = c$ και $T_y = f$

$$\theta_x = \arctan\left(-\frac{d}{a}\right)$$

Στροφές:

$$\theta_y = \arctan\left(\frac{b}{e}\right)$$

Κλίμακες: $S_x = \sqrt{a^2 + d^2}$

$$S_y = \sqrt{b^2 + e^2}$$

Προβολικός μετασχηματισμός

$$x_2 = \frac{a_1 x_1 + b_1 y_1 + c_1}{a_0 x_1 + b_0 y_1 + 1}$$

$$y_2 = \frac{a_2 x_1 + b_2 y_1 + c_2}{a_0 x_1 + b_0 y_1 + 1}$$

- λαμβάνει υπόψη του πιθανή κλίση του ενός συστήματος συντεταγμένων σε σχέση με το άλλο στο χώρο.
- χρησιμοποιείται στην περίπτωση συλλογής δεδομένων από κεκλιμένες εικόνες.

Αριθμός απαιτούμενων σημείων ελέγχου

- Οι παράμετροι κάθε μετασχηματισμού εκτιμώνται από ένα σύνολο σημείων ελέγχου (control points), των οποίων η θέση είναι γνωστή και στα δύο συστήματα συντεταγμένων.
- Ο αριθμός των απαιτούμενων σημείων ελέγχου εξαρτάται από το μετασχηματισμό που επιλέγεται:

Μετασχηματισμός	Παράμετροι	Απαιτούμενα σημεία ελέγχου
Ομοιότητας	4	2
Ομοπαράλληλος	6	3
Προβολικός	8	4

- Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται περισσότερα σημεία ελέγχου από τα απαιτούμενα, η εκτίμηση των παραμέτρων του μετασχηματισμού γίνεται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.