

“ΜΕΤΡΩΝΤΑΣ” ΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ ΓΗ

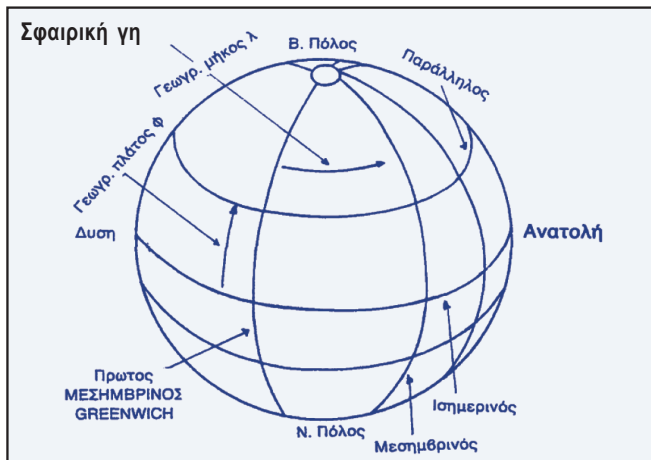
του Υποπυραγού Αλέξανδρου Μαλούνη*

Το παρόν άρθρο, αποτελεί το πρώτο από μία μικρή σειρά παρουσιάσεων, η οποία έχει ως σκοπό να επικοινωνήσει βασικές θεωρητικές γνώσεις και πληροφορίες σε θέματα, τοπογραφίας, γεωγραφίας και συστημάτων πληροφοριών που σχετίζονται με τις παραπάνω επιστήμες. Η αναγκαιότητα αυτών, πηγάζει ως ένα βαθμό από τις επιχειρησιακές μας ανάγκες, για τις οποίες πρέπει πλέον να γνωρίζουμε πώς να χειριζόμαστε χωρική και γεωγραφική πληροφορία.

Μέρος 1^ο: Γεωγραφικές Συντεταγμένες

Η σφαιρική γη

Περισσότερο από 2000 χρόνια πριν, οι περισσότεροι μορφωμένοι άνθρωποι γνώριζαν ότι, παραβλέποντας στοιχειά όπως τα βουνά και οι κοιλάδες, το σχήμα της γης είναι σφαιρικό. Αυτή η αντίληψη οφειλόταν εν μέρει στη διδασκαλία του Πυθαγόρα (6^{ος} αιώνας π.Χ.), ο οποίος υποστήριζε ότι οι άνθρωποι πρέπει να διαβιούν σε ένα σώμα τέλειου «σχήματος», σε μια τέλεια σφαίρα. Πιο πειστικά ήταν τα επιχειρήματα του Αριστοτέλη (4^{ος} αιώνας π.Χ.) για τη σφαιρικότητα της γης. Παρατήρησε ότι τρόπος που τα πλοία εξαφανίζονται από το οπτικό πεδίο είναι πάντοτε πρώτα το σκάφος και τελευταίο το κατάρτι, αντί να γίνονται ολοένα μικρότερες τελείες στον ορίζοντα μιας επίπεδης γης.

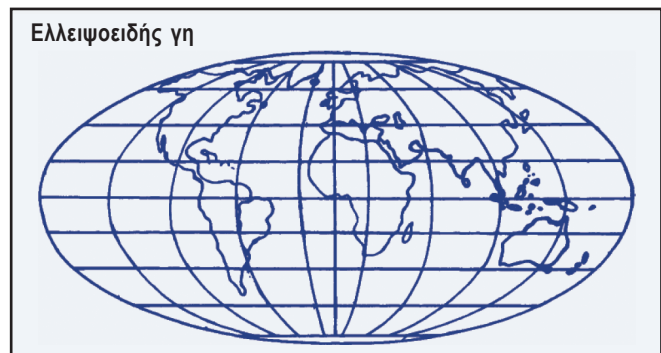


Η ελλειψοειδής γη

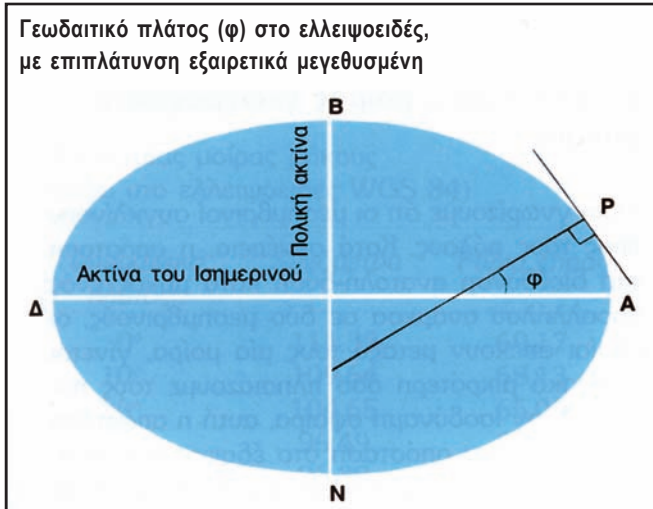
Μέχρι τα τέλη του 16^{ου} αιώνα το σχήμα της γης θεωρείτο τελείως σφαιρικό. Η αλλαγή συνέβη γύρω στο 1670 όταν ο Ισαάκ Νεύτων υπέθεσε πως, σύμφωνα με τη θεωρία της βαρύτητας, η γη θα υφίστατο μία ελαφριά διόγκωση στον ισημερινό, λόγω της μεγαλύτερης φυγόκεντρου δύναμης, η οποία

δημιουργείται από την περιστροφή της. Με γεωμετρικούς όρους αν τέμναμε τη γη από τον ένα πόλο στον άλλο περνώντας από το κέντρο της, θα βλέπαμε μια ελαφρώς ελλειπτική εγκάρσια τομή. Περιστρέφοντας αυτή την έλλειψη γύρω από τον πολικό άξονα έχουμε την τρισδιάστατη απεικόνιση της γης που ονομάζεται πεπλατυσμένο ελλειψοειδές. Το μέτρο της πολικής επιπλάτυνσης δίνεται από τον τύπο $f=(a-b)/a$, όπου a είναι η ακτίνα του ισημερινού και b η πολική ακτίνα, δηλαδή η ακτίνα που ενώνει το Βόρειο με το Νότιο πόλο.

Από το 1800 ως σήμερα έχουν γίνει τουλάχιστον 20 προσδιορισμοί των ακτινών και της επιπλάτυνσης της γης από μετρήσεις που έχουν γίνει σε διάφορες θέσεις. Τιμές για 11 διαφορετικά ελλειψοειδή, που χρησιμοποιούνται ως βάση για τη χαρτογράφηση σε διάφορες περιοχές του κόσμου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Τα ελλειψοειδή WGS 72 και WGS 84, προσδιορισμένα βάσει των δεδομένων από τροχιές δορυφόρων, θεωρούνται τα πιο ακριβή από τις τιμές που προέρχονταν από προηγούμενες μετρήσεις στο έδαφος, αλλά ενδεχομένως να μην ταιριάζουν απόλυτα σε κάποιο συγκεκρι-



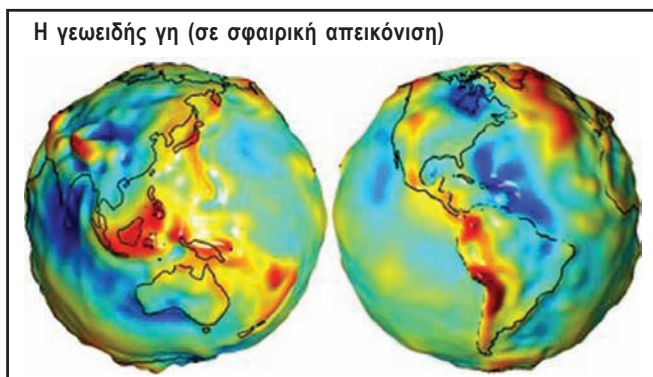
Όνομα	Ημ/ία	Ισημερινή Ακτίνα a (μέτρα)	Ισημερινή Ακτίνα b (μέτρα)	Πολική Πλάτυνση
WGS 84	1984	6.387.137	6.356.752,3	1/298.257
GRS 80	1980	>>	>>	>>
WGS 72	1972	6.378.135	6.356.750,5	1/298,26
Αυστραλιανό	1965	6.378.160,6	6.356.774,7	1/298,25
Krasovsky	1940	6.378.245	6.356.863	1/298,3
International	1924	6.378.388	6.356.911,9	1/297
Clarke	1880	6.378.249,1	6.356.514,9	1/293,46
Clarke	1866	6.378.206,4	6.365.538,8	1/294,98
Bessel	1841	6.377.397,2	6.356.079,0	1/299,15
Airy	1830	6.377.563,4	6.356.256,9	1/299,32
Everest	1830	6.377.276,3	6.356.074,4	1/300,8



Γεωδαιτικό πλάτος (ϕ) στο ελλειψοειδές, με επιπλάτυση εξαιρετικά μεγεθυσμένη

Η γεωειδής γη

Μια ακόμη πιο πιστή απεικόνιση της γης, που ονομάζεται γεωειδές, αποκλίνει ελάχιστα από το ελλειψοειδές, με ακανόνιστο τρόπο. Το γεωειδές είναι το τρισδιάστατο σχήμα που προσεγγίζεται από το μέσο επίπεδο της θάλασσας στους ωκεανούς και την επιφάνεια μιας σειράς υποθετικών καναλιών, που διασχίζουν τις ηπείρους στο επίπεδο της θάλασσας. Με πιο τεχνικούς όρους είναι μία ισοδυναμική επιφάνεια – η επιφάνεια πάνω στην οποία η βαρύτητα παντού έχει ίση ένταση με την έντασή της στο μέσο επίπεδο της θάλασσας.



Έτσι λοιπόν κυρίως λόγω των μεταβολών στην πυκνότητα του πετρώματος και του τοπογραφικού ανάγλυφου, η γεωειδής επιφάνεια αποκλίνει από το ελλειψοειδές έως και 100 μέτρα σε μερικές τοποθεσίες.

Οι χαρτογράφοι χρησιμοποιούν τις παραπάνω τρεις προσεγγίσεις στο πραγματικό σχήμα της γης με διαφορετικούς τρόπους για την δημιουργία χαρτών. Έτσι λοιπόν η σφαίρα ως σχήμα της γης, μπορεί να αποτελεί επιφάνεια αναφοράς για χάρτες μικρής κλίμακας που απεικονίζουν Κράτη, Ηπείρους ή και ολόκληρο τον πλανήτη. Τα πράγματα είναι διαφορετικά στους χάρτες μεγάλης κλίμακας όπου είναι απαραίτητη η χρήση του ελλειψοειδούς. Για παράδειγμα τα

δεδομένα που συλλέγονται από τα GPS χρησιμοποιούν το ελλειψοειδές WGS 84.

Τέλος το γεωειδές είναι η επιφάνεια αναφοράς στις επίγειες τοπογραφικές αποτυπώσεις όπου απαιτείται με ακρίβεια ο προσδιορισμός οριζοντίων και κατακόρυφων συντεταγμένων. Ωστόσο οι οριζόντιες θέσεις προσαρμόζονται στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς, αφού οι ανωμαλίες στο γεωειδές θα καθιστούσαν τη χαρτογραφική προβολή και τους άλλους μαθηματικούς υπολογισμούς εξαιρετικά πολύπλοκους.

Γεωγραφικές Συντεταγμένες

Το σύστημα των γεωγραφικών συντεταγμένων που χρησιμοποιεί μήκος και πλάτος εντοπίζεται για πρώτη φορά στον Ίππαρχο το Ρόδιο, αστρονόμο και γεωγράφο του 2ου π.Χ. αιώνα. Το σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων (γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος) επινοήθηκε ώστε να καταστεί δυνατός ο μονοσήμαντος προσδιορισμός της θέσης κάθε στοιχείου στον πλανήτη. Ο προσδιορισμός μίας τοποθεσίας πάνω στη γη απαιτεί τον υπολογισμό του γεωγραφικού πλάτους, δηλαδή της γωνιακής απόστασης (γωνίας) από τον ισημερινό, στην κατεύθυνση Βορρά-Νότου και του γεωγραφικού μήκους, δηλαδή της γωνιακής απόστασης από έναν πρώτο μεσημβρινό στην κατεύθυνση Ανατολής-Δύσης. Όλα τα σημεία της γης που έχουν το ίδιο γεωγραφικό πλάτος σχηματίζουν έναν παράλληλο και όλα τα σημεία ίδιου γεωγραφικού μήκους σχηματίζουν έναν μεσημβρινό.

Αρχή μετρήσεων των γωνιών του γεωγραφικού πλάτους είναι ο ισημερινός, η γραμμή πάνω στη γη που αποτελείται από σημεία με ίση απόσταση από τους δύο πόλους, που θεωρητικά είναι το σημείο εκκίνησης για το πλάτος. Το γεωγραφικό μήκος, δηλαδή η θέση στη γη στην κατεύθυνση Ανατολή-Δύση, είναι συνδεδεμένο με μία άπειρη σειρά μεσημβρινών, τοποθετημένων κάθετα στους παράλληλους. Έτσι λοιπόν στο σύστημα του γεωγραφικού μήκους δεν υπάρχει φυσική θέση για σημείο εκκίνησης. Η επιλογή μεσημβρινού ως εκκίνηση ονομάζει το μεσημβρινό αυτό ως πρώτο μεσημβρινό. Ο πρώτος μεσημβρινός υπήρξε πάντα θέμα διεθνούς σημασίας και εθνικής υπερηφάνειας. Ο Ερατοσθένης είναι γνωστός πέρα από τον υπολογισμό της περιφέρειας της, για την τοποθέτηση του αρχαιότερου πρώτου μεσημβρινού στην πό-



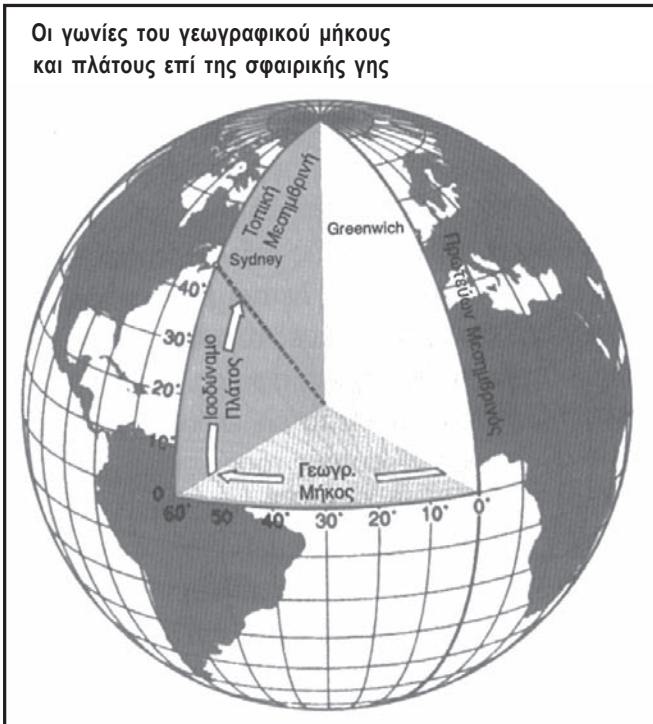
Η είσοδος του αστεροσκοπίου του Greenwich όπου είναι χαραγμένος ο πρώτος μεσημβρινός.

Η είσοδος του αστεροσκοπίου του Greenwich όπου είναι χαραγμένος ο πρώτος μεσημβρινός.

λη που έμενε, την Αλεξάνδρεια. Στη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα, πολλά έθνη άρχισαν να αποδέχονται το μεσημβρινό του Βρετανικού Βασιλικού Αστεροσκοπείου Γκρήνουιτς, στο Λονδίνο, ως 0 μοίρες μήκους. Το 1884 αυτό έγινε παγκόσμια αποδεκτό στο Διεθνές Συνέδριο Μεσημβρινών, στην Ουάσινγκτον.

Ορίζουμε:

A) Το Γεωγραφικό πλάτος [φ], ως η γωνία που σχηματίζεται από δύο ευθείες που εκτείνονται, η μία από τον ισημερινό ως το κέντρο της γης, και η άλλη από το κέντρο της γης έως τη θέση που βρισκόμαστε. Κυμαίνεται από πόλο σε πόλο από 90° Β ως 90° Ν (ή από +90 έως -90 όταν χρησιμοποιούμε ψηφιακές βάσεις δεδομένων υπολογισμούς χαρτογραφικών προβολών).



B) Το γεωγραφικό μήκος [λ] μπορεί να θεωρηθεί ως η γωνία που σχηματίζεται από μία γραμμή που ενώνει το σημείο τομής του πρώτου μεσημβρινού με τον ισημερινό με το κέντρο της γης και μία δεύτερη γραμμή που ενώνει το κέντρο της γης και το σημείο τομής του ισημερινού με τον τοπικό μεσημβρινό της θέσης που βρισκόμαστε. Το μήκος κυμαίνεται από 180°Δ σε 180°Α από το πρώτο μεσημβρινό (ή από -180 έως +180 όταν χρησιμοποιούμε ψηφιακές βάσεις δεδομένων & υπολογισμούς χαρτογραφικών προβολών).

Ας δούμε λίγο καλύτερα το πώς αναπαριστούμε τις τιμές αυτές των δύο γωνιών που αποδίδουν το γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Οι γωνίες δίδονται συνήθως σε μοίρες, λεπτά και δευτερόλεπτα, χρησιμοποιώντας το εξηκονταδικό σύστημα αρίθμησης (βάση το 60) που αναπτύχθηκε από τους αρχαίους βαβυλωνίους μαθηματικούς. Έτσι λοιπόν έχουμε μία μοίρα που έχει εξήντα πρώτα λεπτά και ένα λεπτό που έχει εξήντα

δευτέρα λεπτά (δευτερόλεπτα). Έτσι λοιπόν ένα μοναδικό σημείο πάνω στον πλανήτη γη (και ας χρησιμοποιήσουμε παράδειγμα από τον Ελλαδικό χώρο, το πεπλατυσμένο τέλος του κεντρικού κυματοθραύστη του λιμανιού του Βόλου) μπορεί να οριστεί με το ζευγάρι των γεωγραφικών του συντεταγμένων ως εξής:

Γεωγραφικό Πλάτος : 22° 56' 29'' Β
Γεωγραφικό Μήκος : 39° 21' 06'' Α

Όπου ο πρώτος αριθμός ανταποκρίνεται στις μοίρες, ο δεύτερος στα λεπτά και ο τρίτος στα δευτερόλεπτα, ενώ το Β ανταποκρίνεται στο γεγονός ότι βρισκόμαστε βόρεια του ισημερινού και το Α στο γεγονός ότι η θέση της χώρας μας είναι Ανατολικά του (μεσημβρινού του) Γκρήνουιτς. Έτσι λοιπόν για θέσεις στον Ελλαδικό χώρο **πάντα** το γεωγραφικό πλάτος θα είναι Βόρειο και το Μήκος Ανατολικό.



Σημείο ορισμένο με γεωγραφικές συντεταγμένες στο κυματοθραύστη του λιμανιού του Βόλου.

Πάρα πολλές φορές για λόγους μεγαλύτερης ακρίβειας στα δευτερόλεπτα μπορεί να προστεθεί και ένα δεκαδικό τμήμα, έτσι π.χ. οι παραπάνω τιμές του σημείου μας γίνονται:

Γεωγραφικό Πλάτος : 22° 56' 29.1'' Β
Γεωγραφικό Μήκος : 39° 21' 09.6'' Α

Επίσης τις ίδιες ακριβώς συντεταγμένες μπορούμε να τις συναντήσουμε σε μοίρες, λεπτά με δεκαδικό μέρος.

Γεωγραφικό Πλάτος : 22° 56.485' Β
Γεωγραφικό Μήκος : 39° 21.160' Α

Τέλος, στις ψηφιακές δομές δεδομένων, δηλαδή στα γεωγραφικά δεδομένα τα οποία αποθηκεύονται σε Ηλεκτρονικό Υπολογιστή το εξηκονταδικό σύστημα που αναπτύξαμε πιο πάνω και στο οποίο καταγράφονται τα μήκη και πλάτη δεν υποστηρίζεται. Έτσι λοιπόν χρησιμοποιείται δεκαδικό σύστημα για τον καθορισμό των γωνιών του γεωγραφικού μήκους



και πλάτους. Δηλαδή γωνία και δεκαδικό μέρος γωνίας. Έτσι τις ίδιες ακριβώς συντεταγμένες μπορούμε να δούμε στο δεκαδικό σύστημα ως εξής:

Γεωγραφικό Πλάτος : 22.9414° B

Γεωγραφικό Μήκος : 39.3527° A

Γίνεται λοιπόν σαφές ότι όταν πρέπει να αναφέρουμε ή να μεταδώσουμε γεωγραφικές συντεταγμένες πρέπει να γνωρίζουμε επακριβώς τι ενδείξεις διαβάζουμε από οποιοδήποτε όργανο λογισμικό ή χάρτη έχουμε μπροστά μας.

Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι διαβάζουμε τις γεωγραφικές συντεταγμένες του παραδείγματός μας σε δεκαδική μορφή γωνιών. Αυτό δεν γίνεται άμεσα αντιληπτό από εμάς και αφού βλέπουμε έξι αριθμούς μεταδίδουμε ή καταγράφουμε τις παραπάνω ως μοίρες, λεπτά & δευτερόλεπτα εσφαλμένα ως εξής:

Γεωγραφικό Πλάτος : 22° 94'14'' B

Γεωγραφικό Μήκος : 39° 35'27'' A

Σαφώς δώσαμε εσφαλμένες συντεταγμένες αλλά δώσαμε και μέτρηση που δεν υπάρχει αφού στο γεωγραφικό πλάτος δεν είναι δυνατόν να υπάρχουν 94 λεπτά σε μία μοίρα (1° = 60'). Οποιαδήποτε μη κατανόηση του συστήματος καταγραφής των συντεταγμένων μπορεί να δώσει σφάλματα στο καθορισμό της θέσης μίας γεωγραφικής οντότητας και

κατά συνέπεια στη δημιουργία εσφαλμένων γεωγραφικών δεδομένων.

Οι χάρτες για να είναι χρήσιμοι, είναι απαραίτητα μικρότεροι από τις περιοχές που χαρτογραφούνται. Κατά συνέπεια, κάθε χάρτης πρέπει να δηλώνει το λόγο, δηλαδή την αναλογία, ανάμεσα στις μετρήσεις που γίνονται πάνω στο χάρτη και σε αυτές που γίνονται πάνω στη γη. Ο λόγος είναι ένα κλάσμα το οποίο δηλώνει την κλίμακα του χάρτη και είναι το πρώτο πράγμα που πρέπει να προσέχει ο χρήστης του χάρτη. Έτσι λοιπόν κλίμακα είναι το κλάσμα ανάμεσα σε μία απόσταση πάνω στο χάρτη και την αντίστοιχη απόσταση πάνω στη γη, με την απόσταση πάνω στο χάρτη να εκφράζεται ως μονάδα. Έτσι λοιπόν όσο μικρότερο είναι το αποτέλεσμα της διαίρεσης του κλάσματος, τόσο μικρότερη είναι η κλίμακα του χάρτη. Όσο μεγαλύτερο είναι το αποτέλεσμα του κλάσματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η κλίμακα του χάρτη.

* Επιμέλεια κειμένου: Υποπυραγός Μαλούνης Αλέξανδρος

Το υλικό του άρθρου προέρχεται από την επιμέλεια και τροποποίηση κειμένων που βρίσκονται στα παρακάτω βιβλία:

A.H Robinson, J.L. Morrison, P.C. Muehrcke, A. Jon Kimerling, S.C. Gupthill, (1995) *Elements of Cartography*, John Wiley & Sons, Inc, New York

Ανώνυμος, (1988) *Ανάγνωση Χάρτη – Αεροφωτογραφιών (ΣΚ)*, Τυπογραφείο Ελληνικού Στρατού, Αθήνα