

ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΕΚΔΟΣΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΓΕΩΓΡΑΦΙΕΣ

ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ 2012 - ΤΕΥΧΟΣ 20



**Αντέξαμε
20 τεύχη!**

Ε Π Ι Σ Τ Η Μ Ο Ν Ι Κ Α Α Ρ Θ Ρ Α

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΟΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΣΤΗΚΑΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΙΔΡΥΣΗ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΚΡΑΤΟΥΣ ΜΕΧΡΙ ΣΗΜΕΡΑ

Βύρωνας Νάκος¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία παρουσιάζονται τα προβολικά συστήματα που εφαρμόστηκαν στον ελληνικό χώρο για τη δημιουργία χαρτογραφικής υποδομής από την ίδρυση ανεξάρτητου ελληνικού κράτους μέχρι σήμερα. Η στόχευση της εργασίας είναι διπλή. Πρώτον, επιχειρείται η σκιαγράφηση των χαρακτηριστικών των προβολικών συστημάτων, ως συνιστώσες των κρατικών συστημάτων γεωγραφικής αναφοράς που θεσμοθετήθηκαν και εφαρμόστηκαν. Δεύτερον, διερευνώνται κρίσιμα ερωτήματα αναφορικά με την επιλογή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών των εν λόγω προβολικών συστημάτων και παράλληλα επιχειρείται η ερμηνεία τους σε σχέση με τις τεχνολογικές εξελίξεις της υπό μελέτη περιόδου.

A Review of map projection systems applied in Greece from the establishment of the Greek state until today

Byron Nakos

ABSTRACT

The paper is reviewing the map projection systems applied in Greece for the creation of the cartographic infrastructure from the establishment of the independent Greek state until today. The aim of the study is twofold. First, it attempts to outline the characteristics of map projection systems in relation to the state geographic reference systems established and used. Second, it investigates critical questions that led to the selection of specific map projection systems parameters. Finally, several key parameters of the applied map projection systems are discussed in regard to the technological achievements and developments of the given period.

Εισαγωγή

Αντικείμενο της εργασίας είναι μια συνοπτική ιστοριογραφική επισκόπηση της χαρτογραφικής διάστασης των γεωδαιτικών και χαρτογραφικών εργασιών που εκπονήθηκαν στη χώρα από τη σύσταση του νεοελληνικού κράτους μέχρι σήμερα. Σε ένα πρώτο επίπεδο (ενότητα 2) η εργασία εστιάζει στο έργο της Γαλλικής Αποστολής την περίοδο 1828-1833, προϊόν της οποίας ήταν η δημιουργία ενός δικτύου τριγωνομετρικών σημείων για το σύνολο της επικράτειας και η συνακόλουθη παραγωγή της αρχικής χαρτογραφικής υποδομής με χάρτες μεσαίων κλιμάκων. Στην ενότητα 3, παρουσιάζεται η πορεία υλοποίησης του πρώτου επίσημου κρατικού συστήματος γεωγραφικής αναφοράς στο τέλος του 19ου αιώνα και η σταδιακή δημιουργία ολοκληρωμένης σειράς τοπογραφικών χαρτών με τη συνδρομή αυστριακών μηχανικών-αξιωματικών. Οι οργανωμένες προσπάθειες του τέλους του 19ου αιώνα, σε συνάφεια με την ανάγκη υιοθέτησης ενός συστήματος υψηλότερης ακρίβειας, οδήγησαν τη δεκαετία του 1920 στην καθιέρωση του προβολικού συστήματος Hatt, το οποίο εξυπηρέτησε τις στρατιωτικές χαρτογραφικές ανάγκες της χώρας, ιδιαίτερα

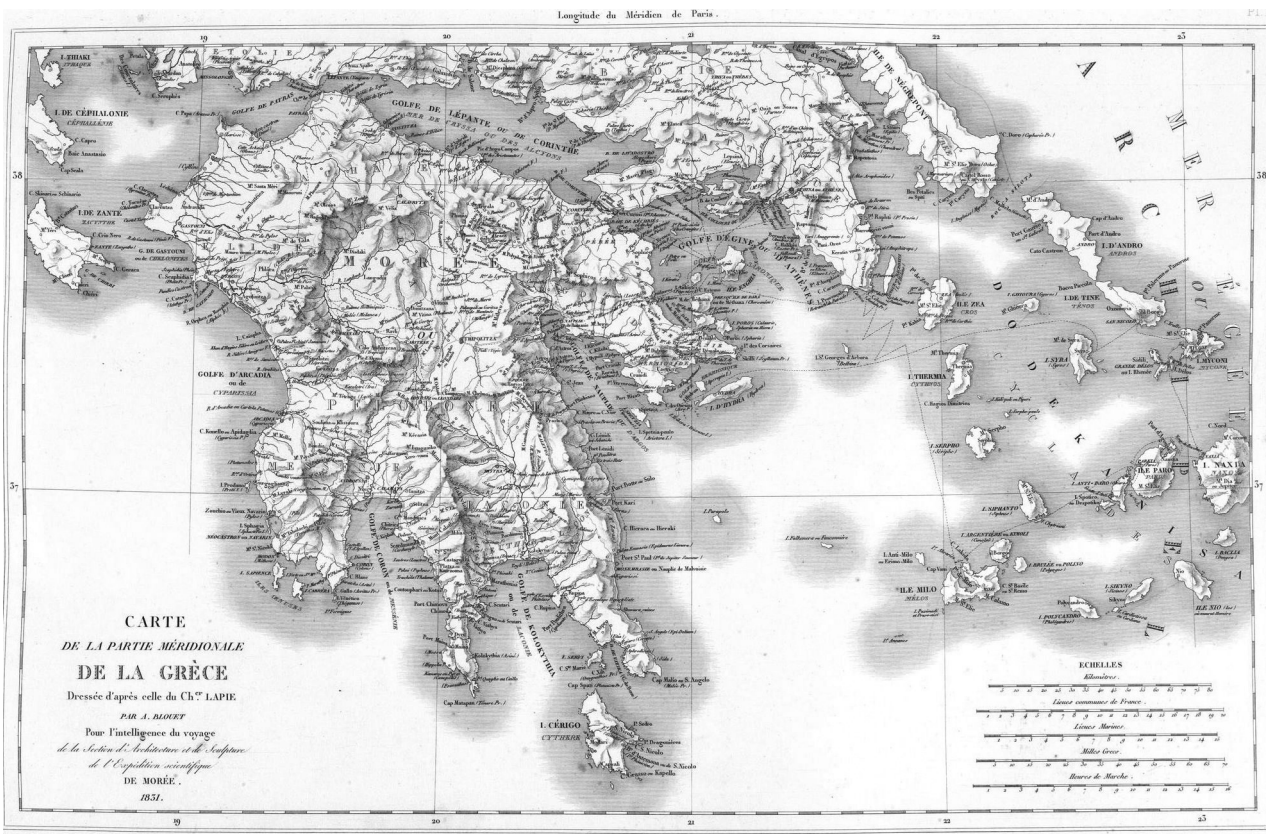
1. Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, bnakos@central.ntua.gr

όμως τις πολιτικές για μια μεγάλη χρονική περίοδο (ενότητα 3). Το τέλος του Β' Παγκόσμιου Πολέμου σηματοδότησε την επιτακτική ανάγκη συμβατότητας των στρατιωτικών χαρτογραφικών προϊόντων με τα αντίστοιχα των συμμαχικών δυνάμεων, γεγονός που οδήγησε στην υιοθέτηση του συστήματος της Παγκόσμιας Εγκάρσιας Μερκατορικής των 6°, το οποίο και εξετάζεται στην ενότητα 4. Εν τω μεταξύ, οι διαφοροποιημένες και ποικίλες χαρτογραφικές ανάγκες της χώρας για πολιτική χρήση το τελευταίο τέταρτο του 20ού αιώνα κατέδειξαν φανερά την αναγκαιότητα απόλειψης ορισμένων καίριων μειονεκτημάτων του προβολικού συστήματος Hatt και το σχεδιασμό ενός νέου συστήματος – σύστημα Εγκάρσιας Μερκατορικής Προβολής των 3° (ενότητα 5). Τέλος, στην ενότητα 6 παρουσιάζεται συνοπτικά το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987, που αποτελεί εφεξής το θεσμοθετημένο κρατικό σύστημα γεωγραφικής αναφοράς, η καθιέρωση του οποίου κρίθηκε απαραίτητη προκειμένου να εναρμονιστούν οι χωρικές υποδομές της χώρας με τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Η πρόδρομη περίοδος

Η διαμόρφωση και η διαχείριση του γεωγραφικού χώρου ως οργανικό μέρος της συγκρότησης του νεοσύστατου Ελληνικού Βασιλείου προϋπέθετε τη μέτρησή του. Η έλλειψη όμως απαραίτητης θεσμικής υποδομής και τεχνογνωσίας καθιστούσαν το εγχείρημα αυτό εξαιρετικά δύσκολο. Ως εκ τούτου, την υλοποίηση του έργου ανέλαβε η Γαλλική Αποστολή, η οποία και ανέπτυξε τη δραστηριότητά της στην Πελοπόννησο την περίοδο 1828-33 υπό την εποπτεία του στρατηγού Nicolas Joseph Maison. Στο πλαίσιο των ευρύτερων επιστημονικών εργασιών της Αποστολής, και ιδιαίτερα στη δημιουργία χαρτογραφικής υποδομής, εντάσσεται το έργο μιας ομάδας γεωγράφων-στρατιωτικών. Η διεύθυνση της ομάδας ανατέθηκε στους λοχαγούς Peytier και Servier και στον υπολοχαγό Puillon de Boblaye. Πράγματι, το Μάρτιο του 1829 ξεκίνησαν οι εργασίες τριγωνισμού με γωνιομετρικές παρατηρήσεις και μέτρηση της βάσης Τύρινθα-Αρία, στην πεδιάδα του Άργους, μήκους 3.501,0318 μέτρων. Οι μετρήσεις συνοδεύτηκαν από αβεβαιότητα της τάξης 1/15.000 (Peytier κ.ά. 1833). Ως αφετηρία του δικτύου ορίστηκε η κορυφή της Τύρινθας, στην οποία πραγματοποιήθηκαν αστρονομικές παρατηρήσεις που συνδέθηκαν διαμέσου των νήσων Κέας και Αίγινας με προγενέστερες αστρονομικές παρατηρήσεις στη νήσο Μήλο που είχε εκπονήσει ο πλοίαρχος Gauttier για τον προσδιορισμό του γεωγραφικού μήκους (Peytier κ.ά. 1833). Το τριγωνομετρικό δίκτυο περιλαμβάνει περισσότερα από 1.000 τριγωνομετρικά σημεία, οι γεωγραφικές συντεταγμένες των οποίων προσδιορίστηκαν με αβεβαιότητα 0",2 (Peytier κ.ά. 1833). Παράλληλα, μια ομάδα εννέα αξιωματικών υπό τη διεύθυνση του ταγματάρχη Bartélemy εκπόνησε εργασίες χαρτογραφικής αποτύπωσης (Κατσιμήδης 1907).

Τα αποτελέσματα των εργασιών της Γαλλικής Αποστολής εκδόθηκαν το 1832 σε μια σειρά έξι φύλλων χάρτη κλίμακας 1:200.000, που απεικονίζουν την περιοχή της Πελοποννήσου, το νότιο τμήμα της Στερεάς Ελλάδας και τα γύρω νησιά (Εικόνα 1). Οι χάρτες συντάχθηκαν σε προβολή Flamsteed με αναγωγή στον παράλληλο των 37° 50' (βόρεια) και στο μεσημβρινό των 21° ανατολικά του Αστεροσκοπείου του Παρισιού (Ματθαίουπουλος 1898).



Εικόνα 1. Χάρτης της Γαλλικής Αποστολής. Πηγή: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/P%C3%A9loponn%C3%A8seBlouet.jpg>

Την περίοδο 1833-35, οι εργασίες της ομάδας των γεωγράφων-στρατιωτικών της Γαλλικής Αποστολής επεκτάθηκαν στην Εύβοια, Αττική, Βοιωτία και Φωκίδα, εντάσσοντας περίπου 600 νέα τριγωνομετρικά σημεία στο δίκτυο της χώρας (Reytier 1836, 1837). Εν τω μεταξύ, οι νέες μετρήσεις οδήγησαν στην έκδοση, το 1852, του «Χάρτη της Ελλάδος», που απεικονίζει το Ελληνικό Βασίλειο σε είκοσι φύλλα κλίμακας 1:200.000 (Κατσιμίδης 1907). Με την προσάρτηση των εδαφών της Θεσσαλίας το 1881, η σειρά αυτή των χαρτών αναθεωρήθηκε από το χαρτογράφο Heinrich Keiper, συμπληρώθηκε με νέες χαρτογραφήσεις και εκδόθηκε από το Στρατιωτικό Γεωγραφικό Ινστιτούτο της Βιέννης. Η έκδοση αποτελείται από έντεκα φύλλα κλίμακας 1:300.000 με τίτλο «Γενικός Χάρτης του Βασιλείου της Ελλάδος».

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκαν ανάλογες γεωδαιτικές και χαρτογραφικές εργασίες, μεγαλύτερης όμως κλίμακας, στην ευρύτερη περιοχή της πρωτεύουσας. Το 1875, για τις ανάγκες της Αρχαιολογικής Σχολής, στελέχη του Γερμανικού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου υπό τη διεύθυνση του λοχαγού Kaupert και του υπολοχαγού Alten, ίδρυσαν ένα πυκνό τριγωνομετρικό δίκτυο –τριάντα σημείων– στο λεκανοπέδιο της Αθήνας. Η κλίμακα του συγκεκριμένου δικτύου προσδιορίστηκε από βάση μήκους 605,905 μέτρων κατά μήκος της σιδηροδρομικής γραμμής Αθήνας-Πειραιά (Κατσιμίδης 1907). Τα αποτελέσματα των εργασιών τους δημοσιοποιήθηκαν το 1878, με τίτλο «Άτλας των Αθηνών», σε σειρά χαρτών δώδεκα φύλλων κλίμακας 1:25.000. Η εργασία αυτή μεταγενέστερα επεκτάθηκε κα-

2 Ο Heinrich Hartl γεννήθηκε το 1840 στο Brünn της Αυστρίας. Από το 1859, ως στέλεχος του Στρατιωτικού Γεωγραφικού Ινστιτούτου της Αυστρίας, συμμετείχε σε επιστημονική επιτροπή στην Τουρκία (1873-75), και την περίοδο 1889-97 ηγήθηκε του Γεωδαιτικού Αποσπάσματος στην Ελλάδα και της ίδρυσης του κρατικού τριγωνομετρικού δικτύου. Το 1899 εκλέχθηκε καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Βιέννης. Απεβίωσε στη Βιέννη το 1903 (Πηγή: Ανώνυμος 1903).

3 Ο Κωνσταντίνος Νίδερ (1865-1942) ήταν γιος του βαυαρού στρατιωτικού γιατρού Φραγκίσκου Ξαβιέ Νίδερ που εγκαταστάθηκε στην Ελλάδα με την άφιξη του βασιλιά Όθωνα. Με την αποφοίτησή του από την Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων (1887) υπηρέτησε στη Γεωδαιτική Αποστολή για διάστημα οκτώ ετών. Ως υποστράτηγος του ελληνικού στρατού και υποστηρικτής του βασιλιά Κωνσταντίνου έλαβε μέρος στον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο και στη Μικρασιατική Εκστρατεία. Διετέλεσε υφυπουργός Στρατιωτικών το 1925 (Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/Konstantinos_Nider).



Εικόνα 2. Ο αντισυνταγματάρχης Heinrich Hartl. Πηγή: http://web.gys.gr/portal/page?_pageid=33,36335 & dadportal&schema=PORTAL

λύπτοντας ολόκληρη την Αττική και εκδόθηκε με τίτλο «Χάρται της Αττικής» σε είκοσι έξι φύλλα κλίμακας 1:25.000 και ισοδιάσταση είκοσι μέτρα (Κατσιμήδης 1907).

Συνοψίζοντας, μπορούμε να επισημάνουμε ότι οι γεωδαιτικές και χαρτογραφικές εργασίες της πρόδρομης αυτής περιόδου μέχρι τη δεκαετία του 1880 δεν συνοδεύονται από ικανοποιητική ακρίβεια και ποιότητα σε σχέση με τις τεχνολογικές δυνατότητες της περιόδου (Ματθαιόπουλος 1898, Κοντόσταυλος 1906). Ως εκ τούτου, τα παράγωγα χαρτογραφικά προϊόντα δεν ήταν ικανά να καλύψουν τις άμεσες ανάγκες για τη δημιουργία σύγχρονων έργων υποδομής. Επιπρόσθετα, αξίζει να σημειωθεί ότι το έργο της Γαλλικής Αποστολής προσανατολίστηκε στη δημιουργία ενός τριγωνομετρικού δικτύου που εκτεινόταν στο σύνολο της χώρας χωρίς, όμως, παράλληλα να προχωρά στη θεσμοθέτηση ενός επίσημου κρατικού συστήματος γεωγραφικής αναφοράς και, κατ' επέκταση, στη δημιουργία ενός κρατικού προβολικού συστήματος.

Το πρώτο κρατικό σύστημα γεωγραφικής αναφοράς

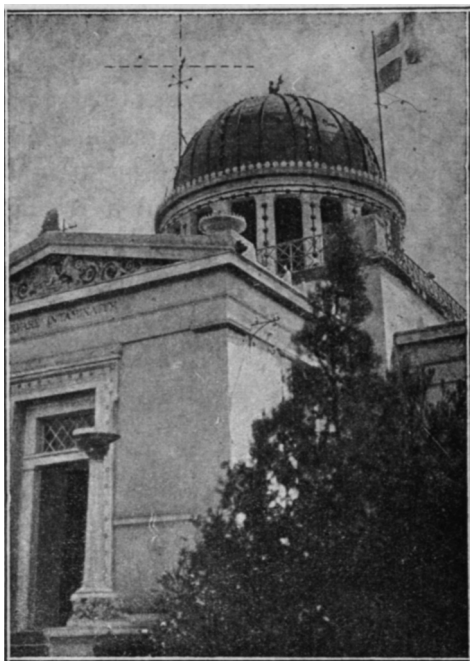
Το 1889 ο πρωθυπουργός Χαρίλαος Τρικούπης, στο πλαίσιο του εκσυγχρονισμού και εκδυτικισμού του ελληνικού κράτους, συγκροτεί το Γεωδαιτικό Απόσπασμα με στόχο τη σύνταξη βασικού τοπογραφικού και κτηματικού χάρτη. Το Απόσπασμα στελεχώθηκε από αυστριακούς και έλληνες μηχανικούς-αξιωματικούς και η διεύθυνση των εργασιών ανατέθηκε στον αντισυνταγματάρχη Heinrich Hartl² (Εικόνα 2). Συγκεκριμένα, στη σύνθεσή του συμμετείχαν ο λοχαγός Lehr, ο υποπλοίαρχος Lohr και οι έλληνες αξιωματικοί Ε. Μεσσαλάς, Κ. Κωνσταντινόπουλος και Κ. Νίδερ³. Οι εργασίες δημιουργίας ενός νέου τριγωνομετρικού δικτύου για τη χώρα ξεκίνησαν τον Οκτώβριο του ίδιου έτους με τη μέτρηση της βάσης Κασκαδάμι-Μεγάλο Κατερίνι, στο Θριάσιο πεδίο, μήκους 4.924,61 μέτρων με αβεβαιότητα $\pm 2,88$ χιλιοστά ή 1/153.000 (Hartl 1890· 1901, Ματθαιόπουλος 1898, Κοντόσταυλος 1906, Κατσιμήδης 1907). Κατά την περίοδο 1890-96 εκτελέστηκαν οι εργασίες τριγωνισμού (1ης, 2ης, 3ης και 4ης τάξης) σε ολόκληρη την έκταση της χώρας, ενώ παράλληλα ιδρύθηκε το Τοπογραφικό Τμήμα με αρμοδιότητα την τοπογραφική αποτύπωση και τη σύνταξη, στη συνέχεια, τοπογραφικού χάρτη. Το Φεβρουάριο του 1897 οι εργασίες του Γεωδαιτικού Αποσπάσματος διακόπηκαν και ο αντισυνταγματάρχης Hartl επέστρεψε στη Βιέννη.

Ίδρυση κρατικού συστήματος γεωγραφικής αναφοράς

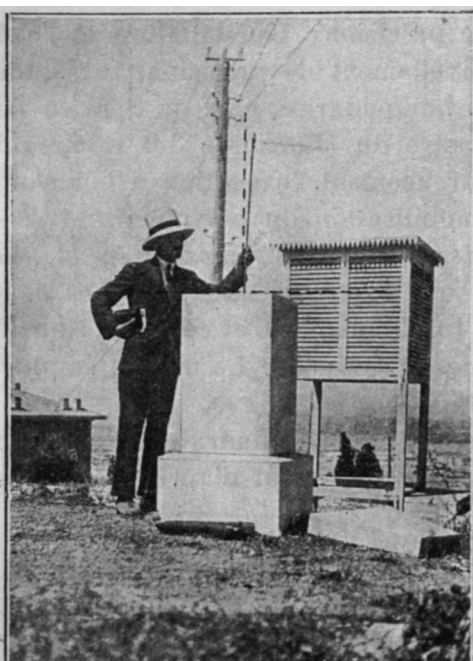
Η σημαντικότερη συνεισφορά του αντισυνταγματάρχη Heinrich Hartl στο πλαίσιο της δραστηριότητάς του στο Γεωδαιτικό Απόσπασμα ήταν η ίδρυση του επίσημου κρατικού συστήματος γεωγραφικής αναφοράς. Ο Hartl όρισε ως αφετηρία του συστήματος το Αστεροσκοπείο των Αθηνών (λόφος των Νυμφών) (Εικόνα 3). Τον Ιούνιο του 1890 πραγματοποίησε αστρονομικές παρατηρήσεις για τη μέτρηση της ζενιθίας απόστασης του Πολικού αστέρα (252 μετρήσεις) και του αζιμουθίου της Πάρνηθας ως προς τον Πολικό αστέρα (72 μετρήσεις), επιτυγχάνοντας υψηλά επίπεδα ακρίβειας για τα δεδομένα της εποχής (Hartl 1890, Ματθαι-

όπουλος 1898). Οι γεωγραφικές συντεταγμένες όλων των τριγωνομετρικών σημείων του δικτύου της χώρας υπολογίστηκαν με αναφορά το μεσημβρινό που διέρχεται από το Αστεροσκοπείο των Αθηνών (Εικόνα 4), εφαρμόζοντας τις παραμέτρους του ελλειψοειδούς Bessel 1841 (Hartl 1890, Börsch 1885).

Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητη μια μικρή παρένθεση. Για τον καθορισμό ενός συστήματος αναφοράς απαιτούνται απαραίτητα: Πρώτον, η επιλογή μιας μαθηματικής επιφάνειας, προσανατολισμένης στο χώρο με τη βοήθεια



Εικόνα 3. Το Αστεροσκοπείο Αθηνών στο λόφο των Νυμφών. Πηγή: Eginitis & Lampadariou 1924



Εικόνα 4. Το βάθρο που διέρχεται ο μηδενικός μεσημβρινός. Πηγή: Eginitis & Lampadariou 1924

αστρονομικών παρατηρήσεων, με την οποία προσομοιώνεται η επιφάνεια της Γης (ελλειψοειδές εκ περιστροφής). Δεύτερον, η επιλογή ενός προβολικού συστήματος, με τη βοήθεια του οποίου απεικονίζεται η επιφάνεια του ελλειψοειδούς στο επίπεδο. Επομένως, υπό το πρίσμα των παραπάνω, είναι προφανές ότι μια από τις κρίσιμες επιλογές του Hartl αποτελούσε η υιοθέτηση ενός κατάλληλου-σύγχρονου ελλειψοειδούς εκ περιστροφής. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, την περίοδο εκείνη, μεταξύ των πολλών ελλειψοειδών, εκείνα των γερμανών Carl Friedrich Gauss και Friedrich Wilhelm Bessel ήταν τα μόνα τα οποία, για τον προσδιορισμό του σχήματος και του μεγέθους της Γης, λάμβαναν υπόψη τους όχι μόνο γεωμετρικά στοιχεία αλλά και φυσικά μεγέθη, δηλαδή την επίδραση του γήινου πεδίου βαρύτητας (Torre 2005). Ο Hartl επέλεξε ως κρατικό σύστημα αναφοράς ένα σύστημα το οποίο εφαρμόζεται στο ελλειψοειδές Bessel 1841, υπό την έννοια ότι ήταν το πλέον κατάλληλο για τοπογραφικές χαρτογραφήσεις εθνικής κλίμακας και είχε ευρεία εφαρμογή σε πολλές κεντροευρωπαϊκές χώρες.

Ως προβολικό σύστημα των συντεταγμένων του χώρου, εκφρασμένων σε κρατικό σύστημα γεωγραφικής αναφοράς και κατ' επέκταση για τη σύνταξη των βασικών τοπογραφικών χαρτών, ο Hartl σχεδίασε ένα σύστημα πολυκεντρικής (ή πολυεδρικής) προβολής που βασίστηκε στην προβολή του Soldner (Hartl 1890, Σπηλιωτόπουλος 1939β). Ο Johann Georg von Soldner ανέπτυξε τις σχέσεις εφαρ-

μογής της εγκάρσιας κυλινδρικής ισαπέχουσας προβολής του César François Cassinide Thury από το ελλειψοειδές στο επίπεδο (Soldner 1810). Η υλοποίηση του προβολικού συστήματος προϋποθέτει: Πρώτον, τη διαίρεση της έκτασης της χώρας σε σφαιροειδή τραπέζια (τοπογραφικά φύλλα), διαστάσεων 6'x6' (κατά μεσημβρινό και παράλληλο) και, δεύτερον, το κέντρο των φύλλων να ορίζεται ως αφετηρία του τοπικού συστήματος συντεταγμένων, ταυτίζοντας τον άξονα y με το μεσημβρινό που διέρχεται από το κέντρο (Hartl 1890). Η διανομή των σφαιροειδών τραπεζίων στο χώρο σχηματίζεται ως προς το μηδενικό μεσημβρινό που διέρχεται από το Αστεροσκοπείο των Αθηνών και τον Ισημερινό (Κοντόσταυλος 1906, Κατσιμήδης 1907).

Η συγκεκριμένη προβολή ορίζεται ώστε κάθε σημείο του σφαιροειδούς τραπεζίου του ελλειψοειδούς να προβάλλεται στο επίπεδο με τρόπο που η τεταγμένη του x να ταυτίζεται με το μήκος της γεωδαισιακής γραμμής της προβολής του σημείου προς το μεσημβρινό που διέρχεται από το κέντρο, ενώ η τεταγμένη y να ταυτίζεται με το μήκος του τόξου μεσημβρινού από το κέντρο μέχρι το ίχνος της προβολής (Hammer 1898, Zörpritz 1912). Είναι σαφές ότι ο καθορισμός πολυάριθμων τοπογραφικών φύλλων, λόγω της περιορισμένης έκτασης που αντιπροσωπεύουν, εξασφαλίζει το μοναδικό πλεονέκτημα –παρά το γεγονός ότι η προβολή δεν είναι ούτε σύμμορφη αλλά ούτε και ισοδύναμη– των μικρών παραμορφώσεων σε ολόκληρη την έκταση του σφαιροειδούς τραπεζίου που είναι σαφώς μικρότερες από το επίπεδο της γραφικής ακρίβειας, καθιστώντας το προβολικό σύστημα πλήρως εναρμονισμένο με τη χρήση του γεωδαιτικού οργάνου της μετροτράπεζας,⁴ ενός οργάνου μέτρησης και ταυτόχρονα χαρτογραφικής απόδοσης που επικρατούσε τεχνολογικά εκείνη την περίοδο.

Σε κάθε τοπογραφικό φύλλο (Εικόνα 5) απεικονίζεται έκταση διαστάσεων περίπου 11 χιλιομέτρων κατά τη διεύθυνση του μεσημβρινού και 9 χιλιόμετρα κατά τη διεύθυνση του παράλληλου. Οι διαστάσεις αυτές για ένα χάρτη κλίμακας 1:20.000 μεταφράζονται σε 55x45 εκατοστά. Με δεδομένη την έκταση της χώρας την εποχή εκείνη, το σύνολο της επικράτειας αποτυπωνόταν σε 600 περίπου τοπογραφικά φύλλα άρα και ανεξάρτητα τοπικά συστήματα συντεταγμένων (Κατσιμήδης 1907). Εικοσιτέσσερα τοπογραφικά φύλλα, τέσσερα κατά τη διεύθυνση του μεσημβρινού και έξι κατά τη διεύθυνση του παράλληλου, συνενώνονται για να συνθέσουν το βασικό τοπογραφικό χάρτη κλίμακας 1:100.000 με διαστάσεις 44x53 εκατοστά (Κοντόσταυλος 1906).

Το προβολικό σύστημα Hatt

Οι σχέσεις υπολογισμού των τοπικών συντεταγμένων του συστήματος της πολυκεντρικής προβολής του Soldner παρείχαν ικανοποιητική ακρίβεια εφαρμογής για μια περιορισμένη έκταση που αντιπροσωπεύει ένα σφαιροειδές τραπέζιο διαστάσεων 18'x18' (Σηπλιωτόπουλος 1939β). Το γεγονός αυτό καθιστούσε δυσχερή την αποτελεσματική αντιμετώπιση προβλημάτων που αφορούν ευρύτερες περιοχές της τυπικής διανομής του υφιστάμενου προβολικού συστήματος. Για το λόγο αυτό, το προβολικό σύστημα της πολυκεντρικής προβολής Soldner αντικαταστάθηκε από την πλάγια αξιμουθιακή ισαπέχουσα προβολή του ελλειψοειδούς στο

4 Η μετροτράπεζα είναι ένα γεωδαιτικό όργανο, ένα εύχρηστο μέσο χαρτογραφικής αποτύπωσης, η χρήση του οποίου χρονολογείται από τον 16ο αιώνα (Κατσιμήδης 1907), δεδομένου ότι ο χάρτης παράγεται ταυτόχρονα με τις μετρήσεις στο πεδίο. Ο χρήστης του έχει τη δυνατότητα να αποτυπώνει με μεγάλη ταχύτητα, καθώς δεν απαιτούνται υπολογισμοί και καταγραφή των μετρήσεων, να ελέγχει εύκολα τα σφάλματα των παρατηρήσεων στο πεδίο και να εξασφαλίζει αποτελέσματα ακρίβειας του επιπέδου των γραφικών μεθόδων. Οι μηχανικοί αξιωματικοί της Γεωδαιτικής Αποστολής χρησιμοποίησαν για την εκπόνηση των χαρτογραφικών αποτυπώσεων υψηλής ποιότητας μετροτράπεζες P. & A. Rost, αυστριακής τεχνολογίας (Κατσιμήδης 1907).



Εικόνα 5. Τοπογραφικό φύλλο κλίμακας 1:20.000 διαστάσεων 6'x6'. Πηγή: [http:// www.social-history-of-modern-athens.gr/v2/index.php?option=com_content& view=article&id= 47&Itemid=53](http://www.social-history-of-modern-athens.gr/v2/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=53)

επίπεδο που ανέπτυξε ο Philippe Hatt (1886), η οποία παρείχε μεγαλύτερα επίπεδα ακρίβειας στην εφαρμογή της. Η προβολή αυτή βασίζεται στην ορθή επίπεδη (αζιμουθιακή) ισαπέχουσα προβολή του Guillaume Postel (Μπαντέκας 1963, Snyder 1993). Με την προβολή του Hatt, η επιφάνεια ενός ελλειψοειδούς εκ περιστροφής απεικονίζεται σε επίπεδο (φύλλο χάρτη) που εφάπτεται σε αυτήν σε σημείο που ονομάζεται κέντρο φύλλου. Η απεικόνιση ορίζεται με τρόπο ώστε για κάθε σημείο του χώρου η απόσταση ως προς το κέντρο φύλλου και η γωνία διεύθυνσης στο επίπεδο της προβολής να ταυτίζονται με το μήκος και το αζιμούθιο της γεωδαισιακής γραμμής στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς (Hatt 1886, Σπηλιωτόπουλος 1939α, Μπαντέκας 1963). Βασική, επομένως, ιδιότητα που χαρακτηρίζει την προ-

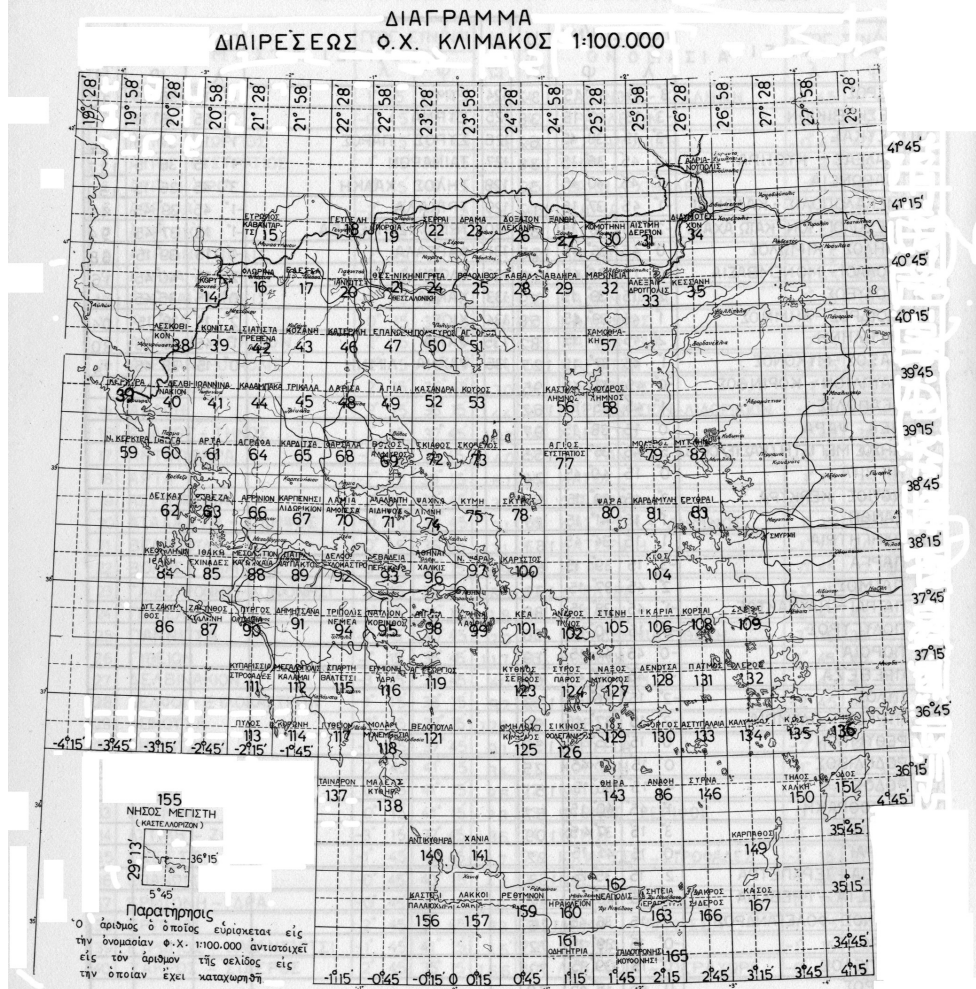
5 Ο Philippe Hatt γεννήθηκε στο Στρασβούργο το 1840. Το 1859 εισήχθη στην École Polytechnique και, μετά από την αποφοίτησή του, υπηρέτησε στο Σώμα των Υδρογράφων Μηχανικών της Γαλλίας. Από το 1897 διετέλεσε μέλος της Académie des Sciences, και την περίοδο 1912-15 ήταν μέλος του Bureau des longitudes. Απεβίωσε το 1915 (Πηγή: Renaud 1915, 1917).



Εικόνα 6. Ο Γάλλος υδρογράφος μηχανικός Philippe Hatt. Πηγή: Renaud 1917

βολή είναι οι αποστάσεις όλων των σημείων του χώρου ως προς το κέντρο φύλλου να διατηρούνται αναλλοίωτες. Η προβολή του Hatt, όμως, δεν διατηρεί αναλλοίωτες τις γωνίες (συμμορφία) ή τα εμβαδά (ισοδυναμία) στοιχειωδών επιφανειών κατά την απεικόνισή τους στο επίπεδο (Βέης 1977, Νάκος 2006). Ο Hatt⁵ (Εικόνα 6) πρότεινε την υιοθέτηση της προβολής για υδρογραφικές αποτυπώσεις μικρών και μεσαίων εκτάσεων, γιατί ακριβώς συνοδεύονται από μικρές παραμορφώσεις, συμβιβαστές με το επίπεδο της γραφικής ακρίβειας (Hatt 1886). Άλλωστε, στο επιστημονικό του έργο μελέτησε σε βάθος τεχνικές επίλυσης γεωδαιτικών ζητημάτων και ειδικότερα προβλημάτων τριγωνισμού με τη βοήθεια γραφικών μεθόδων (Hatt 1883).

Το προβολικό σύστημα Hatt εφαρμόστηκε και αυτό στο ελλειψοειδές Bessel 1841. Το σχήμα της διανομής (Εικόνα 7) της σειράς των βασικών τοπογραφικών χαρτών σε φύλλα χάρτη, συσχετίζεται άμεσα με το κρατικό σύστημα προβολικών συντεταγμένων. Η κλίμακα των χαρτών είναι 1:100.000 και απεικονίζει ένα σφαιροειδές τραπέζιο της επιφάνειας του ελλειψοειδούς διαστάσεων 30'x30' στο επίπεδο του χάρτη. Αξίζει να σημειωθεί ότι κάθε φύλλο χάρτη αποτελεί ανεξάρτητο τοπικό προβολικό σύστημα συντεταγμένων με αφετηρία το κέντρο του και, ως εκ τούτου, στη χώρα αναπτύσσονται περίπου 130 διαφορετικά τοπικά συστήματα συντεταγμένων (Βέης 1977). Οι γεωγραφικές συντεταγμένες των κέντρων φύλλων είναι πολλαπλάσια ακέραιων μοιρών και 15' ή 45'. Στην



Εικόνα 7. Το σχήμα διανομής του προβολικού συστήματος Hatt σε φύλλα χάρτη κλίμακας 1:100.000. Πηγή: Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού 1990

έκταση κάθε φύλλου χάρτη εξασφαλίζεται μέγιστη παραμόρφωση των μηκών της τάξης των 5 ppm ή 1/200.000, δηλαδή παραμόρφωση 5 χιλιοστών σε απόσταση ενός χιλιομέτρου (Βέης 1977), και βέβαια πρόκειται για ακρίβεια που είναι πλήρως συμβατή με την εφαρμογή γραφικών μεθόδων στην επίλυση τοπογραφικών προβλημάτων.

Μολονότι από τις αρχές του 20ού αιώνα οι γεωγραφικοί φορείς σε παγκόσμιο επίπεδο στρέφονται στην αξιοποίηση προβολικών συστημάτων σύμμορφων απεικονίσεων και ειδικότερα συστημάτων βασισμένων στην εγκάρσια μερκατορική προβολή (Hotine 1937, O'Keefe 1952), ωστόσο παραμένει αδιευκρίνιστο το ερώτημα: γιατί στην Ελλάδα επιλέχθηκε η εφαρμογή μιας μη σύμμορφης προβολής; Αδιευκρίνιστο επίσης παραμένει μέχρι σήμερα το ερώτημα πότε ακριβώς εφαρμόστηκε το προβολικό σύστημα Hatt. Ο συνταγματάρχης Γ. Σπηλιωτόπουλος προσδιορίζει την υιοθέτησή του κατά το έτος 1920, όπως προκύπτει από το παρακάτω παράθεμα: «Το σύστημα της αζιμουθιακής προβολής εισήχθη παρά τη Υπηρεσία από του έτους 1920 εφαρμοσθέν το πρώτον κατά την τοπογράφησιν της Μ. Ασίας και αντικαταστήσαν το μέχρι τότε εν χρήσει σύστημα πολυκεντρικής προβολής Soldner...» (Σπηλιωτόπουλος 1939β: 10). Όμως, σε έκθεση των δραστηριοτήτων της Χαρτογραφικής Υπηρεσίας για το έτος 1921, ο διοικητής υποστράτηγος Α. Αναγνωστόπουλος ρητά αναφέρει: «Ως σύστημα προβολής του Χάρτου τούτου [εννοείται εδώ: ο Επιτελικός Χάρτης Μ. Ασίας κλίμακας 1:100.000] ελήφθη, το αυτό όπερ και δια την παλαιάν Ελλάδα, ήτοι το “Πολυκεντρικόν” ή “Πολυεδρικόν”. Κατά το σύστημα τούτο η χαρτογραφούμενη έκτασις διαιρείται δια μεσημβρινών και παραλλήλων εις σφαιροειδή τραπέζια. Έκαστον τοιούτον τραπέζιον έχον πλευράς 6 πρώτων λεπτών της Μοίρας, θεωρείται ταυτιζόμενον μετά του εφαπτόμενου αυτώ επιπέδου...» (Αναγνωστόπουλος 1922: 22). Επιπλέον, σε έκθεση της Ελληνικής Γεωδαιτικής Επιτροπής, η οποία υποβλήθηκε στη 2η Γενική Συνέλευση του Συνεδρίου της Διεθνούς Ένωσης Γεωδαισίας και Γεωφυσικής που διεξήχθη στην Ισπανία (Madrid) τον Οκτώβριο του 1924, με σαφήνεια διατυπώνεται ότι το επίσημο προβολικό σύστημα της χώρας βασίζεται στην προβολή Soldner (Eginitis και Lampadariος 1924). Με βάση τα παραπάνω, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το προβολικό σύστημα Hatt θα πρέπει να εφαρμόστηκε στη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, διάδοχο θεσμό της Χαρτογραφικής Υπηρεσίας με Ν.Δ. του έτους 1926, περί το τέλος του πρώτου τετάρτου του 20ού αιώνα.

Το σύστημα της Παγκόσμιας Εγκάρσιας Μερκατορικής των 6°

Οι πρώτες σκέψεις για τη δημιουργία ενός παγκόσμιου προβολικού συστήματος διατυπώθηκαν στις εργασίες της 6ης Γενικής Συνέλευσης του Συνεδρίου της Διεθνούς Ένωσης Γεωδαισίας και Γεωφυσικής, που διεξήχθη στη Σκωτία (Eningburgh) το 1936. Το τέλος των εργασιών ανέδειξε το σαφή προσανατολισμό της παγκόσμιας κοινότητας των γεωδαιτών και γεωφυσικών: την εφαρμογή της εγκάρσιας μερκατορικής προβολής σε εξήντα διαδοχικές ζώνες πλάτους 6°, ως προς το γεωγραφικό μήκος, προκειμένου να καλύπτεται ολόκληρη η επιφάνεια της Γης (Huntly 1937). Το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου ενίσχυσε την ανάγκη δημιουργίας του παγκόσμιου προβολικού συστήματος για στρατιωτική χρήση. Η

θεσμοθέτηση του συστήματος της Παγκόσμιας Εγκάρσιας Μερκατορικής των 6° ήταν άμεση· αρχικά υιοθετήθηκε από τις στρατιωτικές υπηρεσίες των ΗΠΑ (1947), ακολούθως από τον Οργανισμό Βορειοατλαντικού Συμφώνου και, κατ' επέκταση, από τις στρατιωτικές υπηρεσίες των δυτικοευρωπαϊκών κρατών (O'Keefe 1952, Snyder 1987). Είναι γεγονός ότι το σύστημα αυτό βρήκε ευρεία εφαρμογή, σε σημείο που πολλά κράτη το υιοθέτησαν ως επίσημο προβολικό σύστημα ακόμα και για πολιτική χρήση.

Το παγκόσμιο σύστημα στηρίζεται στην εγκάρσια μερκατορική προβολή. Η προβολή επινοήθηκε από τον Johann Heinrich Lambert (Εικόνα 8) ως μια από τις επτά νέες απεικονίσεις που εισήγαγε σε μια προσπάθεια διαμόρφωσης μιας γενικευμένης θεωρίας απεικόνισης της επιφάνειας της σφαίρας στο επίπεδο, διατηρώντας αναλλοίωτες είτε τις γωνίες είτε τα εμβαδά (Lambert 1772). Πέντε δεκαετίες αργότερα (1822), η ανακοίνωση του Carl Friedrich Gauss (Εικόνα 9), που παρουσιάστηκε με την ευκαιρία της βράβευσής του από τη Βασιλική Ακαδημία Επιστημών της Δανίας (Copenhagen), παρήγαγε αξιοσημείωτα αποτελέσματα. Πυρήνα της επιστημονικής εργασίας του Gauss αποτέλεσε η δημιουργία μιας γενικευμένης θεωρίας για τη σύμμορφη απεικόνιση μιας επιφάνειας σε οποιαδήποτε άλλη. Στο πλαίσιο αυτής της θεωρίας ανέπτυξε ως μερική περίπτωση τις αναλυτικές σχέσεις της εγκάρσιας μερκατορικής προβολής από τη σφαίρα στο επίπεδο χρησιμοποιώντας μιγαδικές συναρτήσεις (Schumacher 1825, Gauss 1847). Στις αρχές του 20ού αιώνα, ο γερμανός καθηγητής Johann Heinrich Louis Krüger, αντλώντας από το έργο του Gauss, ανέπτυξε σε σειρές τις σχέσεις της εγκάρσιας μερκατορικής προβολής από το ελλειψοειδές στο επίπεδο (Krüger 1912)· η προβολή ονομάστηκε Gauss-Krüger και υιοθετήθηκε το 1927 ως το επίσημο προβολικό σύστημα της Γερμανίας (Thomas 1952).

Στα μέσα του 20ού αιώνα, βρετανοί χαρτογράφοι μελέτησαν την ανάπτυξη σειρών προσδιορισμού των σχέσεων της εγκάρσιας μερκατορικής προβολής από το ελλειψοειδές στο επίπεδο, ώστε να εξασφαλίζεται μεγάλη ακρίβεια (Hotine 1946· 1947, Lee 1946, Redfean 1948). Με την εγκάρσια μερκατορική προβολή, κάθε σημείο του γεωγραφικού χώρου απεικονίζεται στην επιφάνεια ενός κυλίνδρου που εφάπτεται εγκάρσια στο ελλειψοειδές κατά μήκος ενός μεσημβρινού (κεντρικός μεσημβρινός), και η οποία (επιφάνεια) αναπτύσσεται στο επίπεδο με τρόπο που να διατηρείται η ιδιότητα της συμμορφίας.

Αρχικά το σύστημα της Παγκόσμιας Εγκάρσιας Μερκατορικής εφαρμόστηκε στο Διεθνές Ελλειψοειδές (Hayford 1924) και τη δεκαετία του 1980 εφαρμόστηκε στο σύγχρονο ελλειψοειδές GRS-80 (Moritz 1988). Η επιφάνεια του ελλειψοειδούς χωρίζεται σε 60 ζώνες πλάτους 6° ως προς το γεωγραφικό μήκος, ξεκινώντας την αρίθμηση των ζωνών από το μεσημβρινό των 180° δυτικά του Αστεροσκοπείου του Greenwich. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται 60 τοπικά συστήματα συντεταγμένων που καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια της Γης.⁶ Ως συντελεστής κλίμακας⁷ λήφθηκε η τιμή 0,9996 και στις τετμημένες x προστίθεται η σταθερά 500.000 ώστε να αποφεύγονται, στην έκταση κάθε ζώνης, οι αρνητικές τιμές. Έτσι, εξασφαλίζονται παραμορφώσεις μηκών μικρότερες από 1/2.500, δηλαδή παραμόρφωση σαράντα εκατοστών σε απόσταση ενός χιλιομέτρου (Snyder 1987). Λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιότητες της προβολής αλλά και τις υπόλοιπες παραμέτρους με τις οποίες θεσμοθετήθηκε το σύστημα της Πα-

6 Οι ζώνες της Παγκόσμιας Εγκάρσιας Μερκατορικής των 6° εκτείνονται μέχρι το γεωγραφικό πλάτος των 84° στο βόρειο ημισφαίριο και αντίστοιχα μέχρι το γεωγραφικό πλάτος των 80° στο νότιο ημισφαίριο της Γης. Στις περιοχές γύρω από τον βόρειο και τον νότιο πόλο αναπτύσσεται ένα παγκόσμιο σύστημα βασισμένο στην πολική στερεογραφική προβολή που ονομάζεται σύστημα Παγκόσμιας Πολικής Στερεογραφικής.

7 Στην εγκάρσια μερκατορική προβολή ο κύλινδρος της αναπτύκτης επιφάνειας εφάπτεται στον κεντρικό μεσημβρινό. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια η κλίμακα γραμμικής παραμόρφωσης κατά μήκος του μεσημβρινού να είναι ίση με τη μονάδα, ενώ σε όλη την υπόλοιπη έκταση να είναι μεγαλύτερη από τη μονάδα. Επομένως, η εφαρμογή της απεικόνισης παρουσιάζει το μειονέκτημα τα μήκη να απεικονίζονται μεγαλύτερα από τα πραγματικά. Το μειονέκτημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί αν σμικρυνθεί η απεικόνιση κατά ένα συντελεστή κλίμακας μικρότερο της μονάδας, δηλαδή αν πολλαπλασιαστούν οι ορθογώνιες συντεταγμένες της με το συντελεστή κλίμακας. Τότε, επιτυγχάνεται μια ισοκατανομή της κλίμακας γραμμικής παραμόρφωσης στην έκταση της απεικόνισης γύρω από μια τιμή που είναι ίση με τη μονάδα.

γκόσμιας Εγκάρσιας Μερκατορικής ικανοποιούνται τα κριτήρια (Richardus και Adler 1972):

1. Εξασφαλίζεται η ιδιότητα της συμμορφίας, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι παραμορφώσεις των διευθύνσεων.
2. Ικανοποιείται η «συνέχεια» των απεικονιζόμενων περιοχών με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό των ζωνών.
3. Η παραμόρφωση των αποστάσεων δεν υπερβαίνει μια καθορισμένη ανοχή.
4. Διαμορφώνεται ενιαίο σύστημα τοπικών συντεταγμένων για όλες τις ζώνες.
5. Οι σχέσεις μετασχηματισμού μεταξύ των ζωνών είναι ομοιόμορφες (θεωρώντας ένα συγκεκριμένο ελλειψοειδές αναφοράς).
6. Η σύγκλιση των μεσημβρινών στην έκταση της κάθε ζώνης δεν υπερβαίνει τις πέντε μοίρες.

Στο πλαίσιο ένταξης της χώρας στον Οργανισμό Βορειοατλαντικού Συμφώνου με το πέρας του Β' Παγκόσμιου Πολέμου, η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού υιοθέτησε για τις στρατιωτικές της αποκλειστικά ανάγκες το σύστημα της Παγκόσμιας Εγκάρσιας Μερκατορικής των 6°. Η έκταση της χώρας περιλαμβάνεται στην 34η και 35η ζώνη με κεντρικούς μεσημβρινούς, αντίστοιχα, τις 21° και 27° ανατολικά του Αστεροσκοπείου του Greenwich. Αξίζει να σημειωθεί ότι το σύνολο των τοπογραφικών χαρτών γενικής χρήσης της χώρας που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα συντάχθηκε στην εγκάρσια μερκατορική προβολή, με απαλοιφή όμως της αναγραφής του χαρτογραφικού κανάβου της Παγκόσμιας Εγκάρσιας Μερκατορικής για λόγους στρατιωτικού απορρήτου, ενώ το επίσημο προβολικό σύστημα της χώρας για πολιτική χρήση ήταν το σύστημα Hatt μέχρι το 1987.

Το σύστημα της Εγκάρσιας Μερκατορικής Προβολής των 3°

Τη δεκαετία του 1960, ορισμένα από τα μειονεκτήματα του κρατικού προβολικού συστήματος Hatt καθιστούσαν πλέον προβληματική τη χρήση του για την κάλυψη των χαρτογραφικών αναγκών των πολιτικών υπηρεσιών της χώρας. Η αιχμή της κριτικής εστιάζονταν αφενός στο γεγονός ότι η προβολή δεν ήταν σύμμορφη, αφετέρου στην ύπαρξη περίπου 130 διαφορετικών τοπικών συστημάτων συντεταγμένων που δυσχέραιναν την αποτελεσματική διαχείριση ευρύτερων περιοχών. Επομένως, η ανάγκη αντικατάστασής του ήταν εμφανής. Το διάδοχο προβολικό σύστημα της Εγκάρσιας Μερκατορικής Προβολής των 3° (Αγατζά-Μπαλοδήμου 1973) αντικατέστησε την προβολή Hatt και υιοθετήθηκε τη δεκαετία του 1970, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα δύο αυτά σημαντικά προβλήματα. Πράγματι, η νέα σύμμορφη προβολή, ως εγκάρσια μερκατορική προβολή, διαιρούσε την ελληνική επικράτεια σε τρεις ζώνες, πλάτους 3° ως προς το γεωγραφικό μήκος, με κεντρικούς μεσημβρινούς, αντίστοιχα, τις -3°, 0° και 3° ως προς το μεσημβρινό του Αστεροσκοπείου Αθηνών. Όπως είναι αναμενόμενο, για το σύνολο της χώρας αναπτύσσονται πλέον μόνον τρία τοπικά συστήματα συντεταγμένων αντί 130. Για την αποφυγή αρνητικών τιμών στις τεταγμένες x προστίθεται η σταθερά 200.000, ενώ για τις τεταγμένες y ως αφετηρία ορίζεται η τεταγμένη σε γεωγρα-



Εικόνα 8. Ο μαθηματικός και χαρτογράφος Johann Heinrich Lambert. Πηγή: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/9/9b/JHLambert.jpg>



Εικόνα 9. Ο μαθηματικός και γεωδαίτης Carl Friedrich Gauss. Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Carl_Friedrich_Gauss.jpg

φικό πλάτος 34°, ώστε να προκύπτουν τιμές με εξαψήφιο ακέραιο μέρος. Ορίζοντας ως συντελεστή κλίμακας την τιμή 0,9994, εξασφαλίζεται παραμόρφωση μηκών μικρότερη από 1/10.000, δηλαδή παραμόρφωση δέκα εκατοστών σε απόσταση ενός χιλιομέτρου για ολόκληρη την έκταση κάθε ζώνης.

Οι υπόλοιπες παράμετροι σχετικά με το κρατικό σύστημα γεωγραφικής αναφοράς παρέμειναν ως είχαν. Για παράδειγμα, οι πίνακες υπολογισμού των συντεταγμένων προσδιορίστηκαν εφαρμόζοντας το υφιστάμενο ελλειψοειδές Bessel 1841. Τέλος, προσδιορίστηκαν κατάλληλες σχέσεις και οι αντίστοιχοι πίνακες για την απευθείας μετατροπή των συντεταγμένων του προβολικού συστήματος Hatt στο σύστημα της Εγκάρσιας Μερκατορικής Προβολής 3° (Αγατζά-Μπαλοδήμου 1973).

Το προβολικό αυτό σύστημα υιοθετήθηκε από το Υπουργείο Δημοσίων Έργων και μια δεκαετία αργότερα (1983) εφαρμόστηκε στην Επιχείρηση Πολεοδομικής Ανασυγκρότησης, όπου συντάχθηκαν φωτογραμμετρικά διαγράμματα των οικισμών της χώρας σε κλίμακες 1:1.000 (αστικές περιοχές) και 1:5.000 (ημιαστικές περιοχές).

Η Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή του Ελληνικού Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς του 1987

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στα τέλη του 20ού αιώνα –γεωδαιτικά όργανα που παρείχαν μετρήσεις υψηλής ακρίβειας, διάχυση της χρήσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών, ανάπτυξη του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού που αξιοποιούσε την τεχνολογία των τεχνητών δορυφόρων– καθιστούσε το υφιστάμενο κρατικό σύστημα γεωγραφικής αναφοράς για πολιτική χρήση αδύναμο να ανταποκριθεί στα επίπεδα της ακρίβειας που απαιτούνταν. Ήταν πλέον επιτακτική η ανάγκη άμεσης εκπόνησης προγραμμάτων κτηματογράφησης και χαρτογράφησης, προκειμένου να δημιουργηθεί η απαραίτητη υποδομή για την ανάπτυξη της χώρας. Είναι προφανές ότι το όλο εγχείρημα προϋπέθετε τη δημιουργία ενός σύγχρονου κρατικού συστήματος γεωγραφικής αναφοράς –βασισμένου στις καινοτόμες εξελίξεις της τεχνολογίας– που θα εξασφάλιζε υψηλά επίπεδα ακρίβειας και ποιότητας.

Υπό το πρίσμα αυτό, η δημιουργία του νέου συστήματος αναφοράς είναι γεγονός. Πράγματι, το 1987 δημιουργείται το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (Βέης 1987), στη βάση επίγειων και δορυφορικών μετρήσεων. Χαρακτηριστικά, τα δεδομένα για την πρώτη κατηγορία μετρήσεων προήλθαν από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, ενώ για τη δεύτερη, από το Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, θέση που εξάλλου αποτελεί και την αφετηρία του συστήματος αναφοράς (Εικόνα 10). Τη θεσμοθέτηση του νέου συστήματος αναφοράς ανέλαβε ο Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφείων της Ελλάδος, φορέας που τελούσε υπό την εποπτεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.

Η επιλογή των χαρτογραφικών συνιστωσών του νέου συστήματος αναφοράς αποτελεί ένα κρίσιμο ζήτημα. Το σύστημα στηρίχθηκε στο γεωκεντρικό ελλειψοειδές GRS-80, ο προσανατολισμός του οποίου προσαρμόστηκε στο γεωειδές του ελληνικού χώρου με τη βοήθεια δορυφορικών παρατηρήσεων (Βέης 1987). Αναφορικά με το προβολικό σύστημα επιλέχθηκε η επικρατούσα διεθνώς



Εικόνα 10. Το βάθρο, στο Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, αφηρηρία του Ελληνικού Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς του 1987. Πηγή: <http://portal.survey.ntua.gr/main/labs/hgeod/DSO/DSOmain.htm>

σύμμορφη προβολή, δηλαδή η εγκάρσια μερκατορική προβολή. Η προβολή εφαρμόστηκε σε ολόκληρη την έκταση της χώρας, δηλαδή χωρίς να ορίζονται τοπικά συστήματα συντεταγμένων, με συντελεστή κλίμακας 0,9996 και κεντρικό μεσημβρινό το μεσημβρινό με γεωγραφικό μήκος 24° ανατολικά του Αστεροσκοπείου του Greenwich (Βέης 1987). Για την αποφυγή αρνητικών τιμών στις τετμημένες x προστίθεται η σταθερά 500.000. Με τον τρόπο αυτό η παραμόρφωση των μηκών δεν υπερβαίνει τα 670 ppm σε ολόκληρη την έκταση της χώρας, δηλαδή παραμόρφωση εξήντα επτά εκατοστών σε απόσταση ενός χιλιομέτρου.

Για την αξιοποίηση του υπάρχοντος χαρτογραφικού υλικού, που ήταν εκφρασμένο στο παλαιό προβολικό σύστημα, δημιουργήθηκαν πίνακες άμεσης μετατροπής των συντεταγμένων στο νέο σύστημα (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού 1995). Οι απαραίτητοι υπολογισμοί εκπονήθηκαν με τη συνεργασία τριών φορέων: του Οργανισμού Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων, της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και του Εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Επίμετρο

Όπως διαπιστώσαμε μέσω της ιστορικής ανασύνθεσης και της μετατόπισης στο χρόνο, το κρατικό σύστημα γεωγραφικής αναφοράς που δημιούργησε ο αντισυνταγματάρχης Hartl εφαρμόστηκε στην Ελλάδα για έναν αιώνα. Η παραγωγή όμως νέου γνωσιοθεωρητικού υποβάθρου που υποβάσταζε τις επιστήμες της γεωδαισίας και της χαρτογραφίας, σε συνάρτηση με τις τομές στο πεδίο της συναφούς τεχνολογίας, ανέδειξαν τις ανεπάρκειες και εντέλει την αναποτελεσματικό-

τητά του. Αρχικά η ανακάλυψη της φωτογραφίας σε συνδυασμό με τη χρήση του αεροπλάνου, δηλαδή της αεροφωτογραφίας, δίνει στην κυριολεξία νέα δυναμική, καθώς πλέον είναι εφικτή η δυνατότητα μαζικής συλλογής χωρικών δεδομένων που αφορούν ευρύτερες περιοχές και συνοδεύονται από πολύ υψηλά επίπεδα ακρίβειας. Προϊόντος του χρόνου, η χρήση του υπολογιστή και η δυνατότητα αξιοποίησης οχημάτων στο διάστημα (τεχνητοί δορυφόροι), είτε για τη συλλογή εικόνων είτε για τον εντοπισμό θέσεων στην επιφάνεια της Γης, αποτέλεσαν τις μεγάλες τεχνολογικές επαναστάσεις της σύγχρονης πλέον εποχής, οι οποίες εν πολλοίς καθόρισαν τόσο το θεωρητικό (νέες αρχές και μέθοδοι) όσο και το πρακτικό (νέες τεχνικές) πλαίσιο της γεωδαισίας και της χαρτογραφίας. Οι εξελίξεις αυτές, όπως ήταν αναμενόμενο, οδήγησαν στην αντικατάσταση των γραφικών και αναλυτικών μεθόδων με ψηφιακές.

Η δεκαετία του 1960 αποτέλεσε ορόσημο, με την έννοια ότι το κρατικό σύστημα γεωγραφικής αναφοράς δεν αντανάκλασε πλέον τις θεωρητικές κατακτήσεις στα συναφή επιστημονικά πεδία και κυρίως λειτουργούσε ανασταλτικά στο πεδίο των εφαρμογών. Το ελλειψοειδές Bessel 1841 στο οποίο βασίστηκε δεν ήταν γεωκεντρικό, γεγονός που το καθιστούσε μη συμβατό με την τεχνολογία των τεχνητών δορυφόρων. Κυρίως όμως στο πλαίσιο των κοινωνικών και οικονομικών προσδιορισμών της μεταπολεμικής Ελλάδας, η ανάγκη για χαρτογραφικές εργασίες όχι μόνο ευρύτερων περιοχών, αλλά και αστικών περιοχών με πολλαπλές χρήσεις, ανάδειξε την πλήρη ανεπάρκεια του συστήματος και οδήγησε στην οριστική του εγκατάλειψη. Να επισημάνουμε ότι η γραφειοκρατία του συστήματος ήταν απότοκο τόσο της δομής του, αφού η διανομή σε πολλαπλά τοπικά συστήματα συντεταγμένων οδηγούσε σε πολύπλοκους υπολογισμούς, και, επιπρόσθετα, η στρατιωτική του «καταγωγή» δημιουργούσε συχνά προβλήματα στην απόκτηση χωρικής πληροφορίας. Η ακαδημαϊκή ελληνική κοινότητα, έχοντας κατακτήσει ένα υψηλό επίπεδο θεωρητικής επάρκειας και τεχνογνωσίας (με διεθνή αναγνώριση), θεμελίωσε ένα σύγχρονο σύστημα αναφοράς –το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ'87)– που αντικατέστησε το παλαιό σύστημα και είναι ήδη σε εφαρμογή από το 1987.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό της Ιστορικής Βιβλιοθήκης του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, καθώς, επίσης, τον ταγματάρχη Βύρωνα Αντωνίου που υπηρετεί στη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού και την κα. Αθανασία Κάκαλη, υπεύθυνη του Μουσείου της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού για τη βοήθεια που μου παρείχαν στην πρόσβαση στο αρχαιολογικό υλικό.

Βιβλιογραφία

- Αγατζά-Μπαλοδήμου, Α.Μ. (1973), «Εν προβολικόν σύστημα δια την Ελλάδα», *Τεχνικά Χρονικά* 10: 920-931.
- Αναγνωστόπουλος, Α. (1922), *Τα πεπραγμένα υπό της Χαρτογραφικής Υπηρεσίας κατά το έτος 1921*, Αθήνα: Χαρτογραφική Υπηρεσία.
- Ανώνυμος (1903), «Obituary: Dr. Heinrich Hartl», *The Geographical Journal* 21(5): 565-6.

- Βέης, Γ. (1977), *Μαθηματική Χαρτογραφία*, Αθήνα: Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Βέης, Γ. (1987), *Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς*, Αθήνα: Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας.
- Börsch, O. (1885), *Anleitung zur Berechnung Geodätischer Coordinaten*, Κάσσελ: Verlag von A. Freyschmidt.
- Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (1990), *Βιβλίο διαιρέσεως διαγραμμάτων κλίμακας 1:5.000*, Αθήνα: Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού.
- Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (1995), *Πίνακες συντελεστών μετατροπής συντεταγμένων Ελληνικού χώρου από το σύστημα Hatt (Παλαιό Datum) στο Σύστημα Ε.Γ.Σ.Α. '87 (Νέο Datum)*, Αθήνα: Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού.
- Eginitis, D.D. και Lampadarios, D. (1924), «Rapport sur les travaux exécutés en Grèce», 2ème Assemblée Générale de Madrid, Union Géodésique et Géophysique Internationale - Section de Géodésie.
- Gauss, H.C. (1847), *Untersuchungen über Gegenstände der höhern Geodäsie*, Γκέτιγκεν: Dieterichschen Buchhandlung.
- Hammer, E.H.H. (1898), «Berechnung von Soldner'schen Coordinaten aus gegebeneng eographischen Coordinaten und umgekehrt für topographische Zwecke (neue Württembergische topographische Karte)», *Astronomische Nachrichten* 147(3512): 125-42.
- Hartl, H. (1890), «Die Landesvermessung in Grichenland», *Mitth. d. k. u. k. mil.geogr. Inst.*, X: 187-217.
- Hartl, H. (1901), «Griechenland: Berichtüber die Dreiecksmessungen», *Comptes Rendus de la 13ème Conférence Général de l'Association Géodésique International*, Λέιντεν: J. Brill.
- Hatt, Ph. (1883), «Emploi des constructions graphiques pour la détermination rigoureuse des positions des signaux trigonométrétriques», *Extrait des Annales Hydrographiques*, 1er semestre: 1-11.
- Hatt, Ph. (1886), «Définition et emploi des coordonnées azimuthales», *Annales Hydrographiques*, 2ème semestre: 477-504.
- Hayford, F.J. (1909), *The Figure of the Earth and Isostasy from Measurements in the United States*, Ουάσινγκτον: U.S. Government Printing Office.
- Hotine, M. (1937), «The re-triangulation of Great Britain», *Survey Review* 4(25): 130-6.
- Hotine, M. (1946), «The orthomorphic projection of the spheroid», *Survey Review* 8(62): 300-11.
- Hotine, M. (1947), «The orthomorphic projection of the spheroid (Parts II-V)», *Survey Review* 9(63): 25-35, 9(64): 52-70, 9(65): 112-23, 9(66): 157-66.
- Huntly, N.G. (1937), «The International Union of Geodesy and Geophysics», Sixth General Assembly, Edinburgh, 1936, *Survey Review* 4(23): 54-7.
- Κατσαμίδης, Α. (1907), *Στρατιωτική Τοπογραφία*, 2^η έκδοση, Αθήνα: Τυπογραφείο Εστία.
- Κοντόσταυλος, Α. (1906), *Περίληψις των πεπραγμένων υπό της Χαρτογραφικής Υπηρεσίας από της συστάσεως αυτής μέχρι σήμερα (1889-1905)*, Αθήνα: Χαρτογραφική Υπηρεσία.
- Krüger, L. (1912), *Konforme Abbildung des Erdellipsoids in der Ebene*, Λειψία: Druck und von B.G. Teubner.
- Lambert, J.H. (1772), «Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land- und Himmelscharten», στο *Beiträge zum Gebrauche der Mathematik und deren Anwendung*, Βερολίνο: Buchhandlung der Realfchule.
- Lee, L.P. (1946), «The transverse Mercator projection of the spheroid», *Survey Review* 8(58): 142-52.
- Ματθαίοπουλος, Μ. (1898), *Υδρογραφία. Υποτόπισης και κατασκευή των ναυτικών χαρτών*, Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο.
- Moritz, H. (1988), «Geodetic Reference System 1980», *Journal of Geodesy* 62(3): 348-58.
- Μπαντέκας, Ι. (1963), «Η αζιμουθιακή ισαπέχουσα προβολή του Hatt», *Τεχνικά Χρονικά* 40(5): 463-81.
- Νάκος, Β. (2006), *Αναλυτική Χαρτογραφία*, Αθήνα: Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- O'Keefe, A.J. (1952), «The Universal Transverse Mercator Grid and Projection», *The Professional Geographer* 4(5): 19-24.
- Peytier, Puillon-Boblaye και Servier (1833), «Notice sur les opérations géodésiques exécutées en Morée, en 1829 et 1830», *Bulletin de la Géographie* 19: 89-106.

- Peytier (1836), «Note sur les travaux géodésiques et topographiques exécutés dans la Grèce continentale et l'Eubée pendant les années 1833, 1834 et 1935, par des officiers du corps royal d'état-major», *Bulletin de la Géographie* (2ème Série) 16: 311-7.
- Peytier (1837), «Tableau des positions géographiques des principaux points de la Grèce orientale, déterminés par la triangulation de M. Peytier, capitaine d'état-major», *Bulletin de la Géographie* (2ème Série) 17: 48-53.
- Redfearn, J.V.B. (1948), «Transverse Mercator formulae», *Survey Review* 9(69): 318-22.
- Renaud, J. (1915), «Nécrologie», *Revue générale des Sciences pures et appliqués* (26e année) 22: 629-30.
- Renaud, J. (1917), «La vie et les travaux de l'ingénieur hydrographe en chef Philippe Hatt», *Extrait de l'Annuaire pour l'an 1917*, Bureaux des longitudes, Παρίσι: Gautier Villars, 38-56.
- Richardus, P. και Adler, R.K. (1972), *Map Projections for Geodesists, Cartographers and Geographers*, Νέα Υόρκη: Elsevier Pub. Co.
- Snyder, P.J. (1987), *Map Projections – A Working Manual*, U.S. Geological Survey Professional Paper 1395, Ουάσινγκτον: U.S. Government Printing Office.
- Snyder, P.J. (1993), *Flattening the Earth, Two Thousand Years of Map Projections*, Σικάγο: The University of Chicago Press.
- Soldner, J.G. (1810), *Theorie der Landesvermessung*, Λειψία: Wilhelm Engelmann.
- Schumacher, H.C. (1825), *Astronomische Abhandlungen*, Altona: Hammerich- und Heineking'schen Buchdruckerey.
- Σπηλιωτόπουλος, Γ. (1939), «Περί των εν χρήσει παρά τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού συστημάτων προβολής», *Δελτίο Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού*, (1939α) II: 7-13, (1939β) III: 9-24.
- Thomas, D.P. (1952), *Conformal Projections in Geodesy and Cartography*, Special Publication No 251, Ουάσινγκτον: U.S. Government Printing Office.
- Torge, W. (2005), «The International Association of Geodesy 1862 to 1922: from a regional project to an international organization», *Journal of Geodesy* 78(9): 558-68.
- Zöppritz, K. (1912), *Leitfaden der Kartenentwurfslehre*, Λειψία: Druck und von B.G. Teubner.