



## Επιστήμη γεωγραφικών πληροφοριών και χάρτες

### 1.1 Ο ΧΑΡΤΗΣ ΩΣ ΔΙΕΠΑΦΗ

Οι χάρτες χρησιμοποιούνται για τη γραφική αναπαράσταση (απεικόνιση) γεωχωρικών δεδομένων, δηλαδή δεδομένων που αναφέρονται στη θέση ή στα χαρακτηριστικά αντικειμένων ή φαινομένων που βρίσκονται στη Γη (οι όροι «χωρικά δεδομένα» και «γεωγραφικά δεδομένα» θα χρησιμοποιούνται εναλλακτικά). Οι χάρτες βοηθούν τους χρήστες τους να κατανοήσουν καλύτερα τις γεωχωρικές σχέσεις. Μέσω των χαρτών, επιτυγχάνεται η ανάκτηση πληροφοριών σχετικά με τις αποστάσεις, τις κατευθύνσεις και τα μεγέθη περιοχών, την αποκάλυψη μοτίβων, καθώς και η κατανόηση και η ποσοτικοποίηση χωρικών σχέσεων. Από τη δεκαετία του 1980, η εξέλιξη στον χώρο των ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων είναι ραγδαία. Κατά συνέπεια, το περιβάλλον στο οποίο χρησιμοποιούνται οι χάρτες έχει αλλάξει σημαντικά για τους περισσότερους χρήστες. Μέσω της χρήσης του ηλεκτρονικού υπολογιστή, οι χάρτες ήρθαν πλέον στην οθόνη. Μέσω των ψηφιακών χαρτών, η βάση δεδομένων από την οποία έχουν παραχθεί μπορεί να ερωτηθεί, ενώ κάποιες βασικές αναλυτικές λειτουργίες μπορούν πλέον να

προσεγγιστούν μέσω των λειτουργιών «μενού» ή «λεζάντες». Στη δεκαετία του 1980, τα πακέτα λογισμικών που επέτρεπαν την υποβολή ερωτημάτων και τις αναλύσεις γεωχωρικών δεδομένων έγιναν γνωστά ως Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ). Καθώς η λειτουργικότητά τους ωρίμαζε, η χρήση τους εξαπλώθηκε σε όλους τους κλάδους που αξιοποιούν γεωχωρικά δεδομένα. Τα ΓΣΠ εισήγαγαν την ενσωμάτωση γεωχωρικών δεδομένων από διαφορετικά είδη πηγών. Η λειτουργικότητα των ΓΣΠ προσφέρει δυνατότητες διαχείρισης, ανάλυσης και οπτικοποίησης των συνδυασμένων δεδομένων. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να συνδέσουν τα μοντέλα τους, τα οποία βασίζονται σε εφαρμογές με τα χωρικά δεδομένα που περιέχονται στα ΓΣΠ, και να προσπαθήσουν να βρουν απαντήσεις σε ερωτήματα όπως: «Ποια είναι η καταλληλότερη τοποθεσία για την έναρξη της λειτουργίας ενός νέου υποκαταστήματος μιας αλυσίδας σούπερ μάρκετ;» ή «Τι επιπτώσεις θα έχει αυτό το σχέδιο, ή ενδεχομένως η εναλλακτική του λύση, στη γύρω περιοχή;».

Οι χάρτες δεν είναι πλέον τα τελικά προϊόντα που ήταν κάποτε. Ο έντυπος χάρτης λειτουργεί

γούσε και λειτουργεί ως μέσο αποθήκευσης και παρουσίασης γεωχωρικών δεδομένων. Η υιοθέτηση των ψηφιακών χαρτών και των αντίστοιχων βάσεων δεδομένων τους είχε ως αποτέλεσμα τη διαίρεση αυτών των δύο λειτουργιών. Για τους χαρτογράφους, έφερε τη διαθεσιμότητα της τεχνολογίας των βάσεων δεδομένων και των τεχνικών γραφικών των υπολογιστών, που οδήγησαν σε νέες και εναλλακτικές επιλογές παρουσίασης, όπως οι τρισδιάστατοι και οι κινούμενοι χάρτες. Η χωρική ανάλυση ξεκινά συχνά με τους χάρτες, καθώς οι χάρτες υποστηρίζουν την κρίση των ενδιαμέσων αποτελεσμάτων της ανάλυσης και την παρουσίαση των τελικών αποτελεσμάτων. Με άλλα λόγια, οι χάρτες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της χωρικής ανάλυσης.

Η άνοδος του διαδικτύου οδήγησε στην επανασταση της χαρτογράφησης. Η πρόσβαση σε διαδραστικούς χάρτες δεν περιορίζεται πλέον στους επαγγελματίες χαρτογράφους. Προϊόντα όπως οι χάρτες Google Maps και Google Earth επιτρέπουν στους πολίτες την προσθήκη δεδομένων από το αρχείο τους στους χάρτες, καθώς και τον διαμοιρασμό με άλλους χρήστες με ένα κλικ. Οι εξελίξεις που σχετίζονται με την Πληροφορική είχαν ως αποτέλεσμα τη σύγκλιση των διάφορων κλάδων που ασχολούνται με τη Γεωπληροφορική. Τα ΓΣΠ ενσωματώνονται στη ροή εργασιών που αφορούν την επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με τη χωρική πληροφορία. Οι επιστήμες που μελετούν σχετικές μεθόδους και τεχνικές συγκλίνουν υπό τον τίτλο της επιστήμης των Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIScience). Οι επιστήμονες σε αυτόν τον τομέα κάνουν έρευνα πάνω στα ΓΣΠ (π.χ. μελέτη των αρχών στις οποίες βασίζονται τα ΓΣΠ) και με τα ΓΣΠ (π.χ. μελέτη πώς τα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται σε επιστημονικές εφαρμογές, Longley et al., 2015).

Η παραπάνω εξέλιξη οδήγησε επίσης στην υποδομή χωρικών ή γεωγραφικών δεδομένων (Spatial or Geographical Data Infrastructure, SDI ή GDI, αντίστοιχα). Εκτός από το τεχνικό πλαίσιο, η υποδομή γεωγραφικών δεδομένων περιλαμβάνει ένα σύνολο συμφωνιών και ρυθμίσεων για την πρόσβαση, την ενσωμάτωση και τη χρήση των γεω-πληροφοριών. Αυτές οι νέες υποδομές για την πρόσβαση σε γεωχωρικά δεδομένα αναπτύσσονται σε όλο τον κόσμο, προκειμένου να επιτραπεί η πρόσβαση στα αρχεία γεωχωρικών

δεδομένων που δημιουργήθηκαν και διατηρούνται για την παρακολούθηση του πληθυσμού, των φυσικών πόρων και του χώρου των σύγχρονων κοινωνιών. Η πρόσβαση στα απαιτούμενα δεδομένα πραγματοποιείται μέσα από πολύπλοκες διαδικασίες αναζήτησης που απλοποιούνται όταν χρησιμοποιούνται χάρτες για τον εντοπισμό των περιοχών και των θεμάτων για τα οποία χρειάζονται τα δεδομένα (Εικ. 1.1).

Σε ένα περιβάλλον ΓΣΠ, η οπτικοποίηση εφαρμόζεται σε τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις. Πρώτον, η οπτικοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διερεύνηση, για παράδειγμα, προκειμένου να πειραματιστεί κανείς με άγνωστα δεδομένα. Σε αρκετές εφαρμογές, όπως αυτές που ασχολούνται με δεδομένα τηλεπισκόπησης, υπάρχουν άφθονα διαθέσιμα (χρονικά) δεδομένα. Πρέπει να απαντηθούν ερωτήσεις όπως: «Ποια είναι η φύση του συνόλου δεδομένων;» ή «Ποια από αυτά τα σύνολα δεδομένων αποκαλύπτουν μοτίβα που σχετίζονται με το πρόβλημα που μελετάται;» πριν τα δεδομένα μπορέσουν πραγματικά να χρησιμοποιηθούν σε μια λειτουργία γεωχωρικής (ή χωρικής) ανάλυσης. Δεύτερον, η οπτικοποίηση εφαρμόζεται στην ανάλυση, για παράδειγμα, προκειμένου να επεξεργαστούν γνωστά δεδομένα. Σε ένα περιβάλλον σχεδιασμού, η φύση δύο ξεχωριστών συνόλων δεδομένων μπορεί να γίνει πλήρως κατανοητή (π.χ. η στάθμη των υπόγειων υδάτων και η δυνατότητα τοποθέτησης μιας νέας οδού), αλλά η σχέση τους δεν μπορεί να γίνει κατανοητή. Μια λειτουργία χωρικής ανάλυσης, όπως η υπέρθεση, μπορεί να συνδυάσει διάφορα σύνολα δεδομένων που αφορούν την ίδια περιοχή προκειμένου να καθοριστεί η γεωχωρική τους σχέση. Το αποτέλεσμα της λειτουργίας υπέρθεσης μπορεί, όταν είναι απαραίτητο, να χρησιμοποιηθεί για την προσαρμογή των σχεδίων. Τρίτον, οι χάρτες χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την ανάλυση. Τέταρτον, η οπτικοποίηση εφαρμόζεται για την παρουσίαση ή τη γνωστοποίηση της νέας γεωχωρικής γνώσης. Τα αποτελέσματα των πράξεων των γεωχωρικών αναλύσεων μπορούν να απεικονιστούν σε καλά σχεδιασμένους χάρτες που γίνονται εύκολα κατανοητοί από το ευρύ κοινό. Ο κλάδος της Χαρτογραφίας παρέχει κανόνες σχεδιασμού για να



**ΕΙΚΟΝΑ 1.1** Ο ρόλος της διεπαφής του χάρτη στην υποδομή χωρικών δεδομένων. Εδώ, το ΓΣΠ απαντά σε μια ερώτηση σχετικά με ένα αντικείμενο που έχει επιλεγεί.

γίνει αυτό. Ως τέταρτος στόχος της οπτικοποίησης έχει ήδη αναφερθεί η ευκολότερη πρόσβαση στα αρχεία δεδομένων που βρίσκονται πίσω από τους χάρτες.

Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις τέσσερις διαφορετικές πτυχές της οπτικοποίησης στην επιστήμη των ΓΣΠ (διερεύνηση, ανάλυση, σύνθεση και παρουσίαση), παρατηρείται ότι τα εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούνται για την παρουσίαση είναι τα πιο ανεπτυγμένα. Κατά την παραγωγή χαρτών προκειμένου να λειτουργήσουν ως εργαλεία επικοινωνίας γεωχωρικών πληροφοριών, διατίθενται χαρτογραφικοί κανόνες και κατευθυντήριες γραμμές [που από κοινού αποκαλούνται «χαρτογραφική γραμματική ή γραμματική της Χαρτογραφίας» (cartographic grammar), με βάση τη φύση των δεδομένων και των στόχων επικοινωνίας], προκειμένου να καταστήσουν αποτελεσματικούς τους χάρτες. Ωστόσο, δεδομένου ότι οι κανόνες αυτοί δεν αποτελούν μέρος του λογισμικού χαρτογράφησης, το λογισμικό επιτρέπει στους χρήστες να παράγουν τους δικούς τους

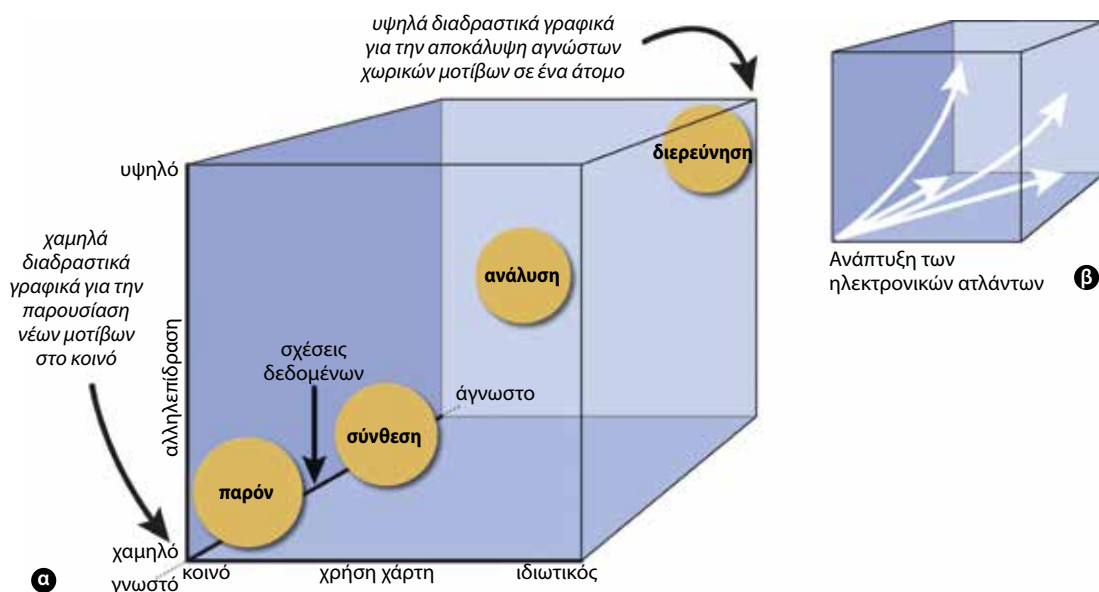
χάρτες ακόμη και όταν δεν γνωρίζουν χαρτογραφική γραμματική. Με άλλα λόγια, δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι οι χάρτες θα είναι αποτελεσματικοί. Αυτοί οι χαρτογραφικοί κανόνες θα μπορούσαν επίσης να εφαρμοστούν στη φάση της ανάλυσης, αλλά η αναγκαιότητα θα ήταν λιγότερο έντονη. Όταν οι χαρτογράφοι και οι αναλυτές συζητούν αυτό το θέμα, η δεύτερη ομάδα υποστηρίζει πάντα: «Ποιος νοιάζεται για τους κανόνες χαρτογράφησης; Αρκεί να καταλαβαίνει κανείς τους χάρτες του». Και επειδή οι αναλυτές γνώριζαν τα δικά τους δεδομένα, πιθανότατα θα καταλάβαιναν τους δικούς τους χάρτες, αλλά, όταν οι χάρτες τους παρουσιάζονταν σε άλλους, θα άρχιζαν να εμφανίζονται προβλήματα επικοινωνίας. Σε ένα περιβάλλον διερεύνησης των δεδομένων, είναι πιθανό ο χρήστης να μη γνωρίζει την ακριβή φύση των δεδομένων και επομένως μπορεί να μην είναι σε θέση να εφαρμόσει τους σχετικούς χαρτογραφικούς κανόνες.

Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να εισαχθούν οι όροι «οπτική αντίληψη» του ανθρώπου (private

visual thinking) και δημόσια «οπτική επικοινωνία» (public visual communication) (Di Biase, 1990). Η ιδιωτική οπτική αντίληψη αναφέρεται στην κατάσταση κατά την οποία οι χρήστες διερευνούν και αναλύουν τα δικά τους δεδομένα, ενώ η δημόσια οπτική επικοινωνία αναφέρεται στην κατάσταση κατά την οποία οι χρήστες παρουσιάζουν τα αποτελέσματα με τη μορφή χαρτών σε ένα ευρύτερο κοινό. Ο πρώτος όρος περιγράφει τις συνθήκες διερεύνησης, ενώ ο δεύτερος τις συνθήκες παρουσίασης. Οι αναλύσεις μπορούν να βρεθούν κάπου στη μέση, κατά μήκος μίας γραμμής μεταξύ των δύο. Αυτό γίνεται πιο εμφανές όταν συνειδητοποιείται ότι η ιδιωτική έναντι της δημόσιας χρήσης χαρτών (δηλαδή οι χάρτες που είναι προσαρμοσμένοι σε ένα άτομο έναντι εκείνων που έχουν σχεδιαστεί για ένα ευρύ κοινό) είναι απλώς ένας από τους άξονες του λεγόμενου χαρτογραφικού κύβου της χρήσης του χάρτη, που εισήγαγε για πρώτη φορά ο MacEachren (1994). Κατά μήκος των δύο άλλων αξόνων, απεικονίζονται η αποκάλυψη του άγνωστου έναντι της παρουσίασης του γνωστού, αντίστοιχα, και η υψηλή έναντι της χαμηλής αλληλεπίδρασης των χρηστών, όπως παρουσιάζονται στην Εικόνα 1.2.

Τα περισσότερα κεφάλαια σε αυτό το βιβλίο επικεντρώνονται σε χάρτες που λειτουργούν ως

εργαλείο επικοινωνίας γεωχωρικών πληροφοριών (η κάτω αριστερή πρόσοψη του κύβου). Ωστόσο, οι πρόσφατες εξελίξεις στη Χαρτογραφία και σε άλλους κλάδους που σχετίζονται με γεωχωρικά δεδομένα δεν απαιτούν μόνο μια νέα γραμμή σκέψης, αλλά και τη δημιουργία αυτής. Αυτό μπορεί να αποτυπωθεί με την αναπαράσταση των εξελικτικών σταδίων της ανάπτυξης των ηλεκτρονικών ατλάντων στον κύβο κατά μήκος της διαγώνιου από τη γωνία «ευρύ κοινό, παρουσίαση γνωστών και χαμηλή αλληλεπίδραση», προς τη γωνία «ιδιωτική χρήση, παρουσίαση άγνωστων και υψηλή αλληλεπίδραση» (Εικ. 1.2β). Οι δυνατότητες αλληλεπίδρασης ενισχύονται από την έλευση του διαδικτύου και των δυνατοτήτων για αναζήτηση των βάσεων δεδομένων που βρίσκονται πίσω από τους χάρτες που παρουσιάζονται εκεί. Οι πρώιμοι ηλεκτρονικοί (ή διαδικτυακοί) άτλαντες αποτελούνταν, στην πραγματικότητα, από διαδοχικές προβολές διαφανειών. Ωστόσο, οι σύγχρονοι ηλεκτρονικοί άτλαντες παρέχουν υψηλές δυνατότητες διαδραστικής χαρτογράφησης πολυμέσων και επιτρέπουν στους χρήστες να συνδυάζουν τα δικά τους δεδομένα με τα δεδομένα του άτλαντα. Κάθε κατηγορία χρήσης χάρτη στον κύβο της Εικόνας 1.2 απαιτεί τη δική της προσέγγιση στην οπτικο-



**ΕΙΚΟΝΑ 1.2** Ο χαρτογραφικός κύβος χρήσεων του χάρτη (προσαρμοσμένος από τους MacEachren και Taylor, 1994):

- (α) Οι τέσσερις βασικές περιπτώσεις οπτικοποίησης δεδομένων σε ένα ΓΣΠ, (1) για παρουσίαση, (2) για σύνθεση, (3) για ανάλυση και (4) για διερεύνηση,
- (β) η εξέλιξη του ηλεκτρονικού άτλαντα από το 1987 απεικονίζεται στον χαρτογραφικό κύβο.

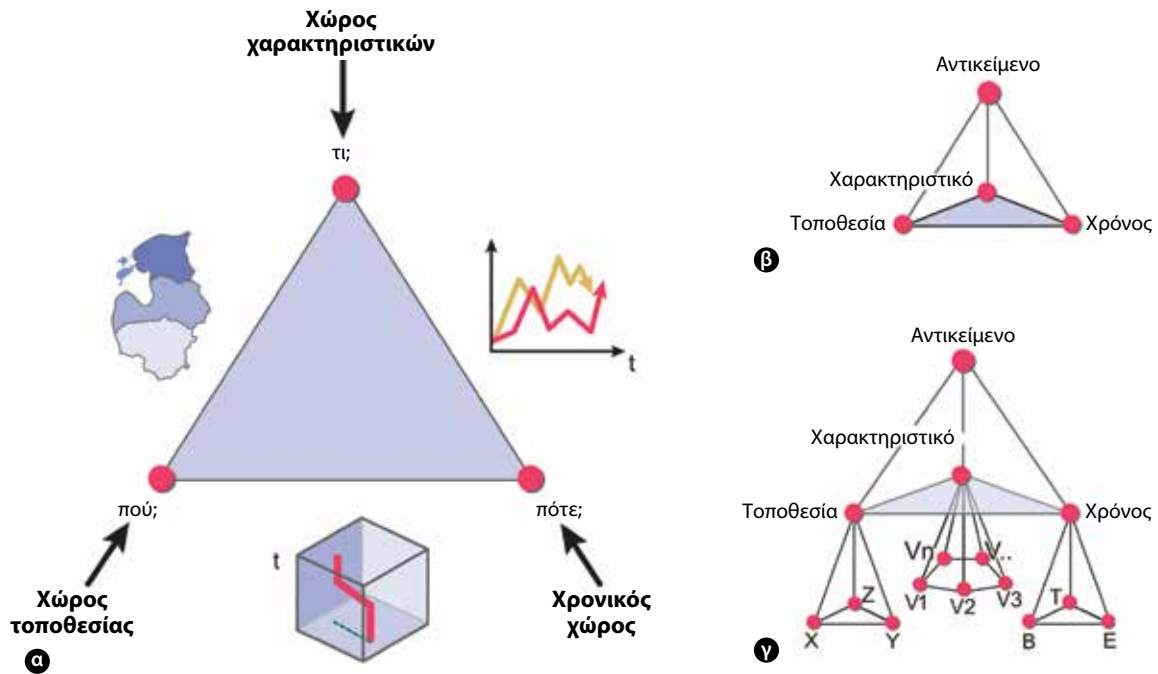
ποίηση. Για τις διαφορετικές αυτές προσεγγίσεις πρέπει να βρεθούν νέα χαρτογραφικά εργαλεία και κανόνες. Πιθανώς λιγότερο περιοριστικοί απ' όσο είναι οι παραδοσιακοί χαρτογραφικοί κανόνες, αλλά από την άλλη πλευρά όχι τόσο ελεύθεροι όσο επιτρέπει η τεχνολογία.

Η αναζήτηση για εξελιγμένη παρουσίαση γεωχωρικών δεδομένων υποκινείται περαιτέρω από τις εξελίξεις στην επιστημονική και στην πληροφοριακή οπτικοποίηση, τα συστήματα πολυμέσων, την εικονική πραγματικότητα και τη διερευνητική ανάλυση δεδομένων. Σε καθεμία από αυτές τις εξωτερικές εξελίξεις που επηρεάζουν την επιστήμη των ΓΣΠ και τους χάρτες φαίνεται ότι από τεχνικής άποψης δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου εμπόδια. Ο χρήστης έρχεται αντιμέτωπος με μια οθόνη με πολλαπλά παράθυρα στα οποία εμφανίζεται κείμενο, χάρτες, ακόμη και εικόνες βίντεο που υποστηρίζονται από ήχο. Ωστόσο, σημαντικά ερωτήματα παραμένουν. Μπορεί κανείς να διαχειριστεί όλες τις πληροφορίες που φτάνουν σε εκείνον; Οι ολοένα και πιο λεπτομερείς δορυφορικές εικόνες που διατίθενται, ο αυξανόμενος αριθμός δικτύων αισθητήρων και οι νέες τεχνικές για την ανάλυση κειμένων με χωρικές αναφορές, όπως η αναγνώριση γεωγραφικών όρων σε κείμενο (το λεγόμενο *geoparsing*), οδηγούν σε ποικίλα «μεγάλα δεδομένα» (*big data*) τα οποία χαρακτηρίζονται από μεγάλο όγκο και διατίθενται με μεγάλη ταχύτητα. Η Χαρτογραφία, με την ικανότητά της να γενικεύει τα δεδομένα ώστε να ταιριάζουν στον σκοπό τους, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο προκειμένου να δοθεί νόημα στα δεδομένα και να κατανοηθούν οι τάσεις. Ποια θα είναι η επίδραση αυτών των εξελίξεων στον χάρτη ως προς τη λειτουργία του για τη διερεύνηση, ανάλυση και παρουσίαση γεωχωρικών δεδομένων; Το βιβλίο αυτό προσπαθεί να προσφέρει μια επισκόπηση του ρόλου που διαδραματίζουν οι χάρτες στον κόσμο της διαχείρισης των γεωχωρικών δεδομένων τόσο στο παρόν όσο και στο εγγύς μέλλον. Ένας τεράστιος όγκος γεωχωρικών δεδομένων είναι διαθέσιμος στο διαδίκτυο, για κάθε είδους γεωχωρική έρευνα, με σκοπό να αξιοποιηθεί, να γίνει διαθέσιμος και να δομηθεί μέσω της οπτικοποίησης ως χάρτης. Η φύση αυτών των γεωχωρικών δεδομένων εξετάζεται στο Κεφάλαιο 2, ενώ τα χαρακτηριστι-

κά των χαρτών που τα απεικονίζουν εξετάζονται στο Κεφάλαιο 3.

## 1.2 ΓΕΩΧΩΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Οι γεωγραφικές πληροφορίες διαφέρουν από τις άλλες πληροφορίες στο ότι τα δεδομένα αυτά, ως ειδικό χαρακτηριστικό, αναφέρονται σε αντικείμενα ή φαινόμενα με συγκεκριμένη θέση στον χώρο και επομένως έχουν χωρική διεύθυνση. Λόγω αυτού του ειδικού χαρακτηριστικού, οι θέσεις των αντικειμένων ή φαινομένων μπορούν να οπτικοποιηθούν και αυτές οι απεικονίσεις, που ονομάζονται χάρτες, είναι κλειδί για την περαιτέρω μελέτη τους. Στην Εικόνα 1.4 φαίνεται πώς αντικείμενα από τον πραγματικό κόσμο τα οποία μπορούν να εντοπιστούν στον χώρο (όπως σπίτια, δρόμοι, χωράφια ή βουνά) μπορούν να αφαιρεθούν από τον πραγματικό κόσμο ως ένα ψηφιακό μοντέλο τοπίου (*Digital Landscape Model – DLM*) σύμφωνα με ορισμένα προκαθορισμένα κριτήρια. Έπειτα, αποθηκεύονται σε ένα ΓΣΠ (ως σημεία, γραμμές, περιοχές ή όγκοι) και αργότερα, αφού μετατραπούν σε ένα ψηφιακό χαρτογραφικό μοντέλο (*Digital Cartographic Model – DCM*), αναπαρίστανται σε χάρτες (με κουκκίδες, παύλες και επιφάνειες) και ενσωματώνονται στις ιδέες των ανθρώπων για τον χώρο. Κατά τη διαδικασία αποθήκευσης σε μια βάση δεδομένων, τα γεωχωρικά δεδομένα συνήθως διαιρούνται σε δεδομένα τοποθεσίας, δεδομένα χαρακτηριστικών και χρονικά δεδομένα. Το πρώτο αναφέρεται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (θέση και διαστάσεις) του φαινομένου για το οποίο διαθέτει κανείς (γεωμετρικά) δεδομένα, ενώ το δεύτερο αναφέρεται σε άλλα, μη γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Τα χρονικά δεδομένα αναφέρονται στη χρονική στιγμή για την οποία ισχύουν τόσο τα δεδομένα θέσης όσο και τα δεδομένα χαρακτηριστικών. Αυτές οι τρεις πτυχές συνδέονται με τα βασικά ερωτήματα «Πού;», «Τι;» και «Πότε;» (βλ. Εικ. 1.3α), και καθορίζουν τη φύση ενός αντικειμένου (Εικ. 1.3β). Η τοποθεσία, η ιδιότητα ή ο χρόνος που αναφέρεται σε ένα αντικείμενο μπορεί να έχει πολλαπλά χαρακτηριστικά, όπως διαφορετικά συστήματα συντεταγμένων, πολλαπλές μεταβλητές και ακόμη και διαφορετικούς τύπους χρόνου (Εικ. 1.3γ). Εκτός από αυτές τις τρεις ερωτήσεις, μπορεί κανείς να



**ΕΙΚΟΝΑ 1.3** Τα χαρακτηριστικά των γεωχωρικών δεδομένων:

- (α) Η τοποθεσία, η ιδιότητα και ο χρόνος των στοιχείων και οι σχετικές ερωτήσεις «Πού;», «Τι;» και «Πότε;»,
- (β) η προβολή του αντικειμένου, (γ) τα λεπτομερή χαρακτηριστικά των στοιχείων των δεδομένων.

ρωτήσει επίσης «Γιατί;» ή «Πώς;». Προκειμένου να δοθεί απάντηση σε αυτές τις δύο ερωτήσεις, απαιτείται περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων. Μπορεί να απαιτηθεί μεγαλύτερη προσοχή από μία από τις συνιστώσες των δεδομένων, προκειμένου να προκύψει μια προοπτική από αυτό που θα μπορούσε να αποκαλείται «χώρος τοποθεσίας», «χώρος ιδιοτήτων» ή «χρονικός χώρος» (Εικ. 1.3α). Τα Κεφάλαια 6-8 θα ασχοληθούν αντίστοιχα με ερωτήσεις που σχετίζονται με αυτούς τους τρεις χώρους.

Τα αποθηκευμένα γεωχωρικά δεδομένα μιας συγκεκριμένης περιοχής μελέτης ονομάζονται ψηφιακό μοντέλο τοπίου. Φυσικά, πρόκειται για μια αφαίρεση: Επιλεγμένα χαρακτηριστικά έχουν μετρηθεί ή εκτιμηθεί και ενσωματωθεί σε αυτό το ψηφιακό μοντέλο τοπίου. Μόλις το ψηφιακό μοντέλο τοπίου κριθεί κατάλληλο για γνωστοποίηση σε άλλα άτομα και πρέπει να παραχθεί σε έντυπη μορφή, το μοντέλο αυτό μετατρέπεται σε ψηφιακό χαρτογραφικό μοντέλο, το οποίο αποτελείται από μια σειρά εντολών προς τον εκτυπωτή ή την οθόνη, για την παραγωγή κουκκίδων, παυλών ή επιφανειών, σε διάφορα μεγέθη, χρώματα κλπ. για σκοπούς αναπαραγωγής και διανομής (Εικ. 1.4). Τέλος, το σύνολο αυτών των χαρτο-

γραφημένων πληροφοριών θα προβληθεί και θα τεθεί υπό επεξεργασία από τους χρήστες στον γνωστικό χάρτη αυτών, που θα αποτελεί τη νοητή κατασκευή του χώρου στην οποία θα βασισουν τις αποφάσεις τους.

Προκειμένου τα δεδομένα να πληρούν τις προϋποθέσεις για την ετικέτα «γεωμετρικά δεδομένα» ή «γεωαναφερμένα δεδομένα», πρέπει να υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία τους. Αυτές μπορεί να είναι γεωγραφικές συντεταγμένες ή συντεταγμένες αναφοράς πλέγματος (κανάβου), κωδικοί αριθμοί που αναφέρονται σε στατιστικές περιοχές, τοπολογικοί όροι (π.χ. το Α βρίσκεται μεταξύ του Β και του Γ) ή ονομαστικοί όροι, όπως οι διευθύνσεις και οι ταχυδρομικοί κώδικες. Η γεωχωρική φύση των αντικειμένων μπορεί να εκφραστεί στα σχήματά τους, με τα οποία αναπαριστά κανείς αντικείμενα από τον πραγματικό κόσμο. Υπάρχει μια βασική υποδιαίρεση σε αντικείμενα με σχήμα σημείου, γραμμής, περιοχής ή όγκου (βλ. Εικ. 1.5), η οποία μπορεί να υποδιαιρεθεί περαιτέρω, για παράδειγμα, σε αντικείμενα με επίμηκες, τριγωνικό, ακανόνιστο ή κυρτό σχήμα. Κατά μία έννοια, αυτό εξαρτάται από την κλίμακα ή την ανάλυση, καθώς ένας κατοικημένος οικισμός θα απεικονίζεται ως ένα



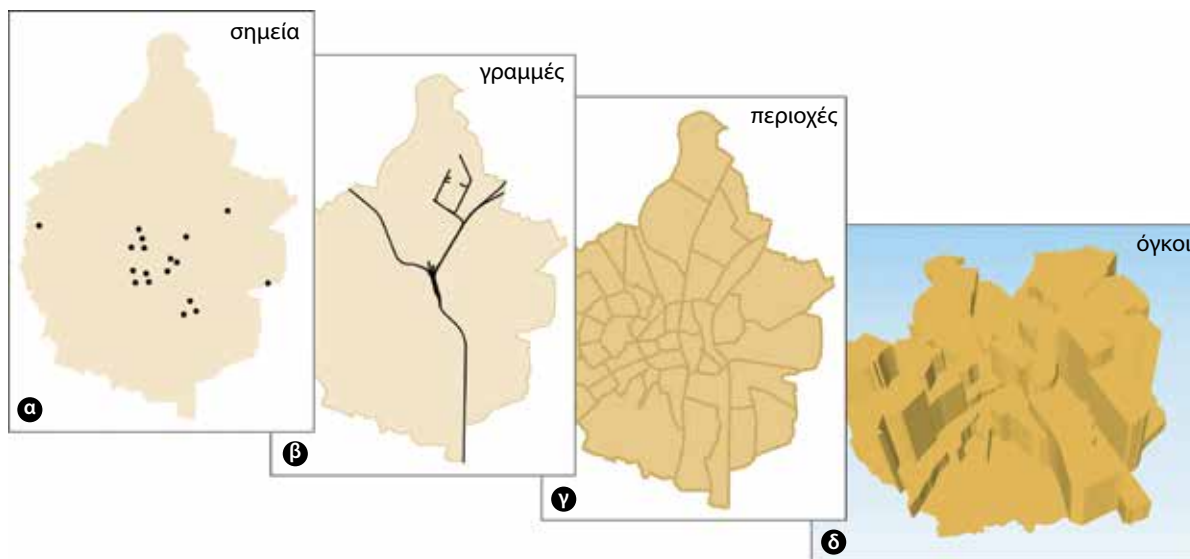
**ΕΙΚΟΝΑ 1.4** Η φύση των γεωχωρικών δεδομένων: Από την πραγματικότητα (α), μέσω της κατασκευής και της επιλογής μοντέλων σε ένα ψηφιακό μοντέλο τοπίου (β), που ακολουθείται από την επιλογή και την κατασκευή χαρτογραφικής αναπαράστασης προς ένα ψηφιακό χαρτογραφικό μοντέλο (γ), που παρουσιάζεται ως χάρτης (δ), το οποίο καταλήγει στον γνωστικό χάρτη του χρήστη (ε).

σημείο στο εθνικό πλαίσιο και ως δομημένη περιοχή στο πλαίσιο ενός δήμου.

Το αν τα αντικείμενα ή τα φαινόμενα από τον πραγματικό κόσμο αφαιρούνται ως διακριτά ή συνεχή είναι πολύ σημαντικό για τις μετέπειτα διαδικασίες αποθήκευσης και χαρτογράφησης. Τα διακριτά αντικείμενα μπορούν να έχουν όρια σε όλες τις πλευρές και οι συντεταγμένες αυτών των ορίων μπορούν να γίνουν σαφείς. Αυτές μπορεί να είναι είτε οι τοποθεσίες υφιστάμενων αντικειμένων (σπίτια, ρέματα κλπ.) είτε οι τοποθεσίες προκαθορισμένων περιοχών (κράτη, περιοχές απογραφής ή περιοχές διανομής). Οι συνεχείς αναπαραστάσεις είναι αφαιρέσεις αντικειμένων ή φαινομένων που θεωρείται ότι η τιμή τους μεταβάλλεται μη αυξητικά. Μπορεί να είναι υφιστάμενα αντικείμενα ή μετρήσιμα φαινόμενα (όπως τα δεδομένα βροχόπτωσης ή τα δεδομένα του πεδίου βαρύτητας), ή να βασίζονται σε μοντέλα (όπως οι ισόχρονες καμπύλες, δηλαδή οι γραμμές που συνδέουν σημεία τα οποία μπορούν να καλυφθούν σε ίσο χρόνο ταξιδιού από ένα δεδομένο σημείο εκκίνησης).

Για μεταγενέστερες διαδικασίες οπτικοποίησης, είναι ουσιώδης ο καθορισμός της φύσης των πληροφοριών των χαρακτηριστικών. Αυτές οι ιδιότητες μπορεί να αναφέρονται σε χαρακτηριστικά τα οποία είναι ορατά (π.χ. φυλλοβόλα δέντρα) και σε αόρατα χαρακτηριστικά (π.χ. θερμοκρασία). Όταν προσπαθεί κανείς να ορίσει αυτές τις τιμές των χαρακτηριστικών των αντικειμένων, συνήθως προσπαθεί να τα μετρήσει ή να τα κατηγοριοποιήσει και τότε φαίνεται ότι αυτά τα χαρακτηριστικά είναι είτε ποιοτικά είτε ποσοτικά. Διακρίνεται μια σειρά από κλίμακες μέτρησης, στις οποίες οι τιμές γι' αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να αξιολογηθούν (βλ. επίσης το Κεφάλαιο 5):

- **Ονομαστική κλίμακα:** Οι τιμές των χαρακτηριστικών διαφέρουν στη φύση τους, χωρίς να υπάρχει ένα στοιχείο που είναι πιο σημαντικό από το άλλο (π.χ. διαφορετικές γλώσσες ή διαφορετικοί γεωλογικοί σχηματισμοί).
- **Τακτική κλίμακα:** Οι τιμές των χαρακτηριστικών διαφέρουν μεταξύ τους και υπάρχει ένας μοναδικός τρόπος για την ταξινόμησή τους, καθώς ορισμένες από αυτές είναι πιο σημαντικές/έντονες από άλλες (π.χ. ζεστό, ήπιο, κρύο).



**ΕΙΚΟΝΑ 1.5** Η αναπαράσταση των γεωγραφικών αντικειμένων σε ένα ψηφιακό περιβάλλον ως α) σημεία, β) γραμμές, γ) περιοχές και δ) όγκοι.

- **Αριθμητική κλίμακα:** Οι τιμές των χαρακτηριστικών διαφέρουν μεταξύ τους και μπορούν να ταξινομηθούν, ενώ η απόσταση μεταξύ των μετρήσεων μπορεί επίσης να καθοριστεί. Ένα καλό παράδειγμα είναι η θερμοκρασία: Επειδή τα αντίστοιχα μηδενικά σημεία των κλιμάκων μέτρησής τους έχουν επιλεγεί τυχαία, είναι αδύνατο να ισχυριστεί κανείς ότι, για παράδειγμα, μια θερμοκρασία 64°F είναι διπλάσια από τους 32°F. Αυτό είναι σαφές όταν οι τιμές μετατρέπονται σε Κελσίου και γίνονται 18°C και 0°C, αντίστοιχα.
- **Αναλογική κλίμακα:** Οι τιμές των χαρακτηριστικών διαφέρουν και μπορούν να ταξινομηθούν. Μπορούν επίσης να προσδιοριστούν οι αποστάσεις μεταξύ των επιμέρους μετρήσεων και αυτές οι επιμέρους μετρήσεις να συσχετιστούν μεταξύ τους. Εάν, για παράδειγμα, το κατά κεφαλήν ακαθάριστο εγχώριο εισόδημα στη Σρι Λάνκα το 2017 ήταν 13.000 δολάρια ετησίως και στο Μπαγκλαντές 4.300 δολάρια, τότε μπορεί κανείς να ισχυριστεί ότι το ποσό στην πρώτη χώρα ήταν τρεις φορές μεγαλύτερο από αυτό στη δεύτερη.

Όλα τα γεωχωρικά δεδομένα υπόκεινται σε αλλαγές με την πάροδο του χρόνου: Οι πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου ενδεχομένως να αλλάζουν με την πάροδο του

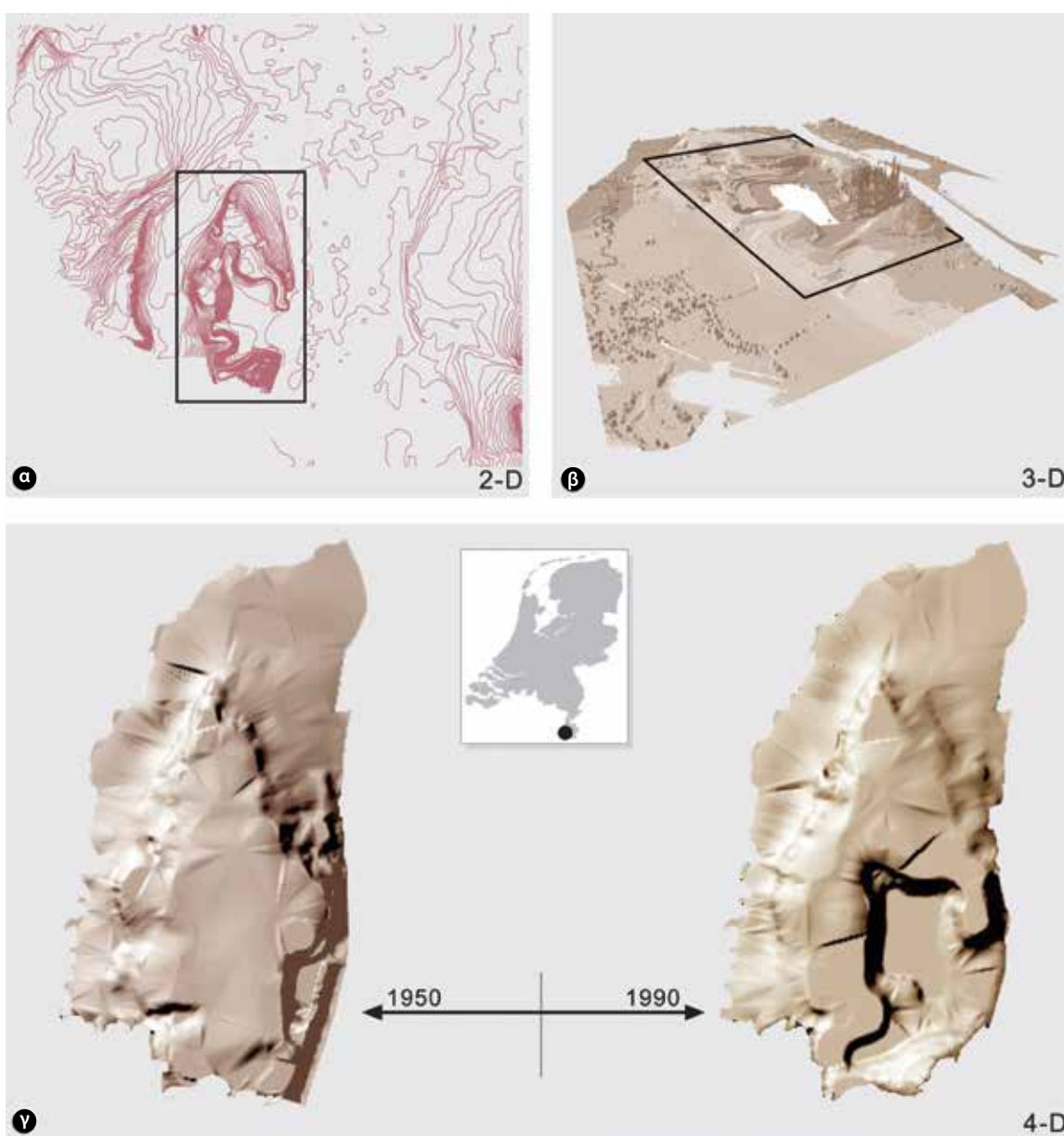
χρόνου (όπως η σύνθεση του πληθυσμού μιας περιοχής) και ακόμη και η ίδια η θέση ενός αντικειμένου μπορεί να αλλάξει (για παράδειγμα, λόγω της μετατόπισης των ηπείρων). Η χρονική σήμανση των δεδομένων θεωρείται ως η τρίτη σημαντική συνιστώσα, δίπλα στη γεωμετρία και στις τιμές των χαρακτηριστικών. Ειδικά τον τελευταίο καιρό, το ενδιαφέρον για το χρονικό στοιχείο του ψηφιακού χαρτογραφικού μοντέλου αυξάνεται λόγω του μεγάλου αριθμού των δεδομένων χρονοσειρών που είναι διαθέσιμα και της επιθυμίας για ανάλυση των διαδικασιών με την πάροδο του χρόνου αντί για μια μεμονωμένη χρονική στιγμή.

Με την οπτικοποίηση των γεωχωρικών δεδομένων μπορεί κανείς να μελετήσει, να αναλύσει ή να ερμηνεύσει τη γεωμετρία των σημείων, των περιοχών, των γραμμών και των όγκων, καθώς και τα χαρακτηριστικά τους. Εδώ χρησιμοποιούνται σύμβολα και σημεία, δηλαδή τελείες, παύλες και επιφάνειες, τα οποία μπορούν να ποικίλλουν ως προς το μέγεθος, το σχήμα, την υφή, το χρώμα, την τιμή και τον προσανατολισμό (βλ. Κεφάλαιο 5). Τα σύμβολα αυτά συνδέονται με τα αντικείμενα ή τις σχέσεις που αναπαριστούν και, με αυτόν τον τρόπο, μπορεί κανείς να μεταφέρει τις γεωχωρικές σχέσεις μεταξύ σημείων, γραμμών, περιοχών ή όγκων σε μια σειρά διαφορετικών διαστάσεων, στον χάρτη του χρήστη.



Εάν υπάρχει μόνο μία διάσταση διαθέσιμη, τότε η τοποθεσία των γεωχωρικών δεδομένων μπορεί να εκφραστεί, για παράδειγμα, με την απόστασή τους από μια κεντρική αγορά ή από ένα σημείο προέλευσης, που αναπαρίσταται ως ευθεία γραμμή. Η δισδιάστατη αναπαράσταση με αυτές τις παύλες θα έχει ως αποτέλεσμα έναν επιπεδομετρικό χάρτη (βλ. και την Εικόνα 1.6α που δείχνει έναν χάρτη ισουψών ενός λόφου στο νότιο τμήμα της Ολλανδίας και είναι ένα καλό παράδειγμα). Για να έχουμε μια πραγματική τρισδιάστατη αναπαράσταση, θα μπορούσε να παραχθεί ένα χάρτινο φυ-

σικό μοντέλο αυτού του λόφου ή να δημιουργηθεί ένα εικονικό μοντέλο, το οποίο, περιστρέφοντάς το ή μέσω ανάγλυφων, θα μπορούσε να προβληθεί απ' όλες τις πλευρές σε μια οθόνη, με τη χρήση κόκκινων και πράσινων γυαλιών. Με την προοπτική σχεδίασης του μοντέλου και με τη χρήση ενός αλγόριθμου (π.χ. hidden-line algorithm), θα μπορούσε να προσομοιωθεί αυτή η τρισδιάστατη όψη (που απεικονίζεται στην Εικ. 1.6β). Η τρέχουσα περιγραφή αυτού του τύπου απεικόνισης είναι 2,5 διαστάσεων, επειδή πρόκειται για προβολή της τρισδιάστατης πραγματικότητας σε ένα επίπεδο



**ΕΙΚΟΝΑ 1.6** Η διάσταση των γεωγραφικών αντικειμένων: (α) (2D), (β) 3D, (γ) 4D/χρόνος. Στην Εικόνα 1.6γ, ένα τμήμα του λόφου έχει ανασκαφεί από το 1950 [Rijkswaterstaat AHN (CC0)].

2D, αλλά εξακολουθεί να δίνει στον χρήστη του χάρτη μια τρισδιάστατη εντύπωση. Οι χάρτες σκίσης ανάγλυφου (βλ. Εικ. 6.30 και 6.31) είναι ακόμη ένα παράδειγμα.

Εάν προστεθεί η διάσταση του χρόνου, η αναπαράσταση θα γίνει τετραδιάστατη (Εικ. 1.6γ), όταν μέσω της αντιστοίχισης δύο καταστάσεων αυτού του αντικειμένου, για παράδειγμα το 1950 και το 2020 αντίστοιχα, μπορεί να εξακριβωθεί η αλλαγή στη γεωμετρία ή τα χαρακτηριστικά του κατά τη διάρκεια της ενδιάμεσης περιόδου.

Οι γεωχωρικές σχέσεις των αντικειμένων μπορούν να γίνουν ορατές μέσω της απεικόνισης αυτών σε χάρτες. Αυτές οι γεωχωρικές σχέσεις θα αναφέρονται συνήθως σε σχέσεις με κάποια συγκεκριμένη θέση στην επιφάνεια της Γης ή μπορεί να είναι σχέσεις των αντικειμένων μεταξύ τους και οι σχέσεις αυτές μπορεί να έχουν πολλές μορφές. Οι πρωταρχικές γεωχωρικές σχέσεις είναι αυτές μεταξύ των αντικειμένων και της θέσης τους στη Γη ή μεταξύ αυτών των αντικειμένων και των χαρακτηριστικών τους, όπως ο τύπος της βλάστησης που απαντάται στη συγκεκριμένη θέση και ο τύπος ταξινόμησης του δρόμου. Μέσω της οπτικοποίησης κατηγοριών αντικειμένων από ένα αρχείο δεδομένων (π.χ. τοποθεσίες εργοστασίων αυτοκινήτων ή δικτύων ρεμάτων ή αγροτικών εκτάσεων), οι σχέσεις μεταξύ των στοιχείων για μια κατηγορία αντικειμένων θα γίνουν σαφείς και θα είναι δυνατή η αντίληψη προτύπων ή οι γεωχωρικές τάσεις. Συνδυάζοντας γεωμετρικά δεδομένα και δεδομένα χαρακτηριστικών, μπορεί κανείς να αντιληφθεί πώς οι τοποθεσίες των στοιχείων από διαφορετικές κατηγορίες αντικειμένων θα μπορούσαν να επηρεάζουν η μία την άλλη.

Δίπλα σε αυτές τις πρωτογενείς σχέσεις, είναι δυνατό να αντιληφθεί κανείς δευτερεύοντες τύπους σχέσεων: Σχέσεις αντικειμένων σε γραμμικές ή επιφανειακές μονάδες αναφοράς, όπως εκείνη των κατοίκων σε επιφάνεια, τον αριθμό των αυτοκινήτων στο μήκος του οδικού δικτύου και τον σχετικό αριθμό των καλλιεργειών σε όλες τις γεωργικές περιοχές. Θα μπορούσε κανείς να προχωρήσει περισσότερο και να εισάγει άλλες διαστάσεις (όπως το ύψος ή ο χρόνος), έτσι ώστε να εμφανιστούν τριτοβάθμιες ή ακόμα και υψηλότερης τάξης σχέσεις.

### 1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Για τους περισσότερους κλάδους που αξιοποιούν γεωχωρικά δεδομένα, μία από τις πρώτες χρήσεις του υπολογιστή ήταν η δημιουργία ενός καταλόγου δεδομένων, με τον εκάστοτε κλάδο να καθορίζει το είδος των δεδομένων αυτών. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι χαρτογράφοι εργαζόνταν για να δημιουργήσουν μια βάση δεδομένων από την οποία θα μπορούσαν να παράγουν χάρτες που προηγουμένως δημιουργούνταν χειροκίνητα. Στο επόμενο στάδιο, δόθηκε έμφαση στη χωρική ανάλυση των συλλεγμένων δεδομένων. Για παράδειγμα, οι επιστήμονες δασοπονίας θα εφαρμόζαν στατιστικές μεθόδους στα δεδομένα των χαρακτηριστικών των χαρτών. Για τους χαρτογράφους, αυτό σήμαινε τη δυνατότητα δημιουργίας διαφορετικών παραγώγων προϊόντων από την υπάρχουσα βάση δεδομένων. Πλέον, οι προβληματισμοί αυτοί αντιμετωπίζονται με διαπεριστατική προσέγγιση. Στις φυσικές διαδικασίες σχεδιασμού ή στις μελέτες επιπτώσεων στο περιβάλλον, απαιτούνται δεδομένα από πολλά διαφορετικά πεδία. Η ανάγκη για τον συνδυασμό αυτών οδήγησε στην ανάπτυξη των ΓΣΠ. Η χαρτογραφική γνώση χρησιμοποιείται στα ΓΣΠ για τη δημιουργία κατάλληλων οπτικοποιήσεων. Τα ΓΣΠ προσφέρουν τη δυνατότητα ενσωμάτωσης συνόλων γεωχωρικών δεδομένων από διαφορετικά είδη πηγών, όπως έρευνες, δεδομένα τηλεπισκόπησης, στατιστικές βάσεις δεδομένων και ανακυκλωμένους έντυπους χάρτες. Η λειτουργικότητά τους επιτρέπει την επεξεργασία αυτών των δεδομένων ή τη δημιουργία αναλυτικών πράξεων γεωχωρικών δεδομένων, σε συνδυασμό με μοντέλα που βασίζονται σε εφαρμογές και επιτρέπουν την οπτικοποίηση των δεδομένων ανά πάσα στιγμή κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας. Η βασική λειτουργικότητα ενός ΓΣΠ παρέχεται από κλάδους όπως η Γεωγραφία, η Γεωδαισία και η Χαρτογραφία, που χρησιμοποιούνται για την αξιοποίηση και ενασχόληση με χωρικά δεδομένα. Σε αυτόν τον πυρήνα προστίθενται λειτουργικότητες από την τεχνολογία βάσεων δεδομένων και τα γραφικά υπολογιστών. Επί του παρόντος, τα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται σχεδόν σε όλους τους κλάδους και τα επαγγέλματα που απαιτούν χω-