

Beata Medyńska-Gulij

Kartografia

Zasady i zastosowania geowizualizacji



 PWN

Projekt okładki i stron tytułowych **Joanna Gwis**

Ilustracja na okładce: wizualizacja zabudowy Poznania
Beata Medyńska-Gulij i Łukasz Wielebski

Dyrektor Pionu Produkcji i Usług **Sylwia Krawczyk**

Menedżer Pionu Wydawniczego **Emilia Leśniewska**

Wydawca **Małgorzata Nawrot**

Redaktor **Krystyna Wojtala**

Produkcja **Mariola Grzywacka**

Koordynator ds. redakcji **Renata Ziółkowska**

Recenzent **dr hab. prof. UMK Zenon Koziel**

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Warszawa 2015

ISBN 978-83-01-18328-8
Wydanie 1
Warszawa 2015

Wydawnictwo Naukowe PWN SA
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2
tel. 22 69 54 321; faks 22 69 54 288
Infolinia 801 33 33 88
e-mail: pwn@pwn.com.pl; www.pwn.pl

Druk i oprawa: Pabianickie Zakłady Graficzne SA



Spis treści

Przedmowa	7
1. Pojęcie kartografii, mapy, wizualizacji i geowizualizacji	9
1.1. Kartografia – pojęcia i nurty	9
1.2. Wizualizacja, wizualizacja kartograficzna i geowizualizacja	13
1.3. Mapa i klasyfikacje map	24
2. Przestrzeń w kartografii	28
2.1. Prezentacja obiektów na mapie	28
2.2. Określanie położenia obiektu geograficznego	30
2.3. Skala mapy	32
2.4. Podstawy geodezyjne	36
2.5. Współrzędne na mapie i w przestrzeni	39
2.6. Odwzorowania kartograficzne	41
3. Mapy i bazy referencyjne w krajowym systemie informacji przestrzennej	50
3.1. Infrastruktura informacji przestrzennej w Polsce	50
3.2. Układy współrzędnych na mapach krajowych	56
3.3. Charakterystyka arkusza mapy topograficznej	62
3.4. Bazy danych referencyjnych	69
4. Krajowe mapy tematyczne i bazy danych tematycznych	75
5. Działania w kartografii cyfrowej	85
5.1. Cyfrowy model krajobrazowy i kartograficzny	85
5.2. Modele danych przestrzennych	88
5.3. Pozyskiwanie danych przestrzennych	92
5.4. Generalizacja kartograficzna	100

6. Metody mapowania	108
6.1. Typy map zjawisk punktowych, liniowych i powierzchniowych	108
6.2. Przegląd metod mapowania	117
7. Projektowanie map tematycznych	133
7.1. Pragmatyka projektowania map tematycznych	133
7.2. Reguły projektowania map	139
7.3. Barwy w kartografii	153
7.4. Etapy opracowania mapy tematycznej	158
8. Trzeci wymiar w kartografii	167
8.1. Perspektywa w prezentacjach trzeciego wymiaru	167
8.2. Plastyczne i wymierne metody prezentacji rzeźby	171
8.3. Okolica 3D, miasto wirtualne	185
9. Kartografia multimedialna	191
9.1. Atlasy multimedialne	191
9.2. Efektywność multimediiów	197
9.3. Kartografia w Web 2.0	207
9.4. Kartografia mobilna	215
Literatura	220
Indeks pojęć i skrótowców	226



Przedmowa

Dziedziny zajmujące się danymi przestrzennymi rozwijają się szybko. Istnieje coraz więcej dostępnych metod, algorytmów, sensorów i oprogramowań, które umożliwiają gromadzenie, modelowanie i analizowanie danych. W danych przestrzennych, których oczywiście nie brakuje, tkwi olbrzymi potencjał. Problemem jest więc często nie to, że nie są wystarczające, ale raczej to, że jest ich za wiele. Trzeba wkładać coraz więcej wysiłku, by można było wykorzystywać je racjonalnie, wydobyć odpowiednie informacje, połączyć je i wybrać właściwe informacje do określonego scenariusza. Nie brakuje nam również technologii. Nowe technologie stają się dostępne coraz szybciej i potrzebują oceny i zastosowania. Problemem jest raczej to, że gdy właśnie jesteśmy w stanie w pełni wykorzystać potencjał gromadzonych danych, modelowania czy rozpowszechniania technologii, nowe upowszechniają się i potrzebują uznania.

Można zadać pytania: w jaki sposób świat uczestniczy w pracach rozwojowych i w usprawnieniach dotyczących dziedzin związanych z danymi przestrzennymi? W jaki sposób wyniki sensorów lub nowych algorytmów będą korzystne dla podejmującego decyzję, turysty i obywatela? Odpowiedzi na te pytania ułatwiają mapy, które odgrywają w tym kontekście główną rolę. Ilekroć mówi się o danych przestrzennych albo geoinformacji i istnieje potrzeba prezentacji i komunikacji z użytkownikiem, interfejs geoinformacji i cała stojąca za nim inteligencja może być „wyzwolona”, często tylko poprzez mapę. Można pójść w argumentacji jeszcze dalej, że inwestowanie w mapy oznacza inwestowanie w ogólny rozwój działań dotyczących danych przestrzennych.

Mapy są najskuteczniejsze w umożliwianiu użytkownikom zrozumienia skomplikowanych zagadnień. Ponadto mogą służyć jako narzędzia do porządkowania informacji dzięki ich przestrzennemu kontekstowi. Mapy mogą też być postrzegane jako doskonały interfejs między użytkownikiem a wszystkimi danymi i umożliwiać odpowiedzi na pytania o lokalizację i relacje, wspierać przestrzenne zachowania, ułatwiać przestrzenną umiejętność radzenia sobie w trudnych sytuacjach albo po prostu być świadomym przestrzeni.

W niedalekiej przyszłości można oczekiwać, że informacja będzie dostępna zawsze i wszędzie. W jej zagwarantowaniu i dostarczaniu jest już zapewnione dostosowanie do kontekstu i potrzeb użytkownika. To kontekst jest tu kluczowym selekcjonerem: która i jaka informacja jest dostarczona. Usługi kartograficzne będą więc szeroko rozpowszechnione,

codziennie wykorzystywane i wszechobecne. Człowiek nie miałby poczucia przestrzeni bez usług opartych na mapach, które pozwalają zobaczyć kto lub co jest w pobliżu, dają wsparcie na podstawie aktualnej lokalizacji oraz na bieżąco zbierają precyzyjne i aktualne dane. Współczesne aplikacje kartograficzne udowodniły już ogromny potencjał i zmieniają sposób w jaki pracujemy, żyjemy i nawiązujemy kontakty.

Inwestowanie w kartografię oznacza pewność, że interfejs między użytkownikiem a danymi i geoinformacją, z całym wysiłkiem włożonym w pozyskiwanie, modelowanie i analizowanie ich, działa, a dane i informacje mogą być wykorzystane!

Napisanie książki o nowoczesnej kartografii oznacza podzielenie się autorki z Czytelnikami cennymi spostrzeżeniami dotyczącymi znaczenia, istotności metod i technik współczesnej kartografii, dzięki czemu będzie to zapewne bardzo interesujące dla wielu czytelników. Chciałbym pogratulować autorce i życzyć tej książce dużego sukcesu!

Georg Gartner
Prezydent
Międzynarodowej Asocjacji Kartograficznej



Monografia *Kartografia. Zasady i zastosowania geowizualizacji* jest ukierunkowana na pokazanie komplementarności tradycyjnej wiedzy oraz aktualnych nurtów i technologii w kartografii, uwzględnia zwłaszcza rewolucyjne zmiany w polskiej kartografii urzędowej zaistniałe od 2013 r. Przytoczono w niej również treści z książki *Kartografia i geowizualizacja* opublikowanej przez Wydawnictwo Naukowe PWN w 2011 r. Jednak w niniejszej monografii większy nacisk położono na wszechstronne wizualizowanie wszechobecných danych przestrzennych w zakresie naukowym i praktycznym, co znalazło wyraz w pragmatycznym ujęciu omawianych zagadnień, nastawionym na użytkownika.

W tym miejscu autorka składa podziękowania kartografom z kraju i z zagranicy za cenne uwagi oraz doktorantom i magistrantom, których badania użyto w niniejszym opracowaniu. W monografii wykorzystano prace doktorskie i magisterskie wykonane pod opieką naukową autorki, a prowadzili je następujący młodzi badacze: Paweł Cybulski, Marcin Derewońko, Adrian Domin, Łukasz Halik, Marcin Klecha, Marcin Lis, Dariusz Lorek, Miłosz Myszczyk, Rafał Smyk, Tomasz Szczepanek i Łukasz Wielebski.

Beata Medyńska-Gulij
Zakład Kartografii i Geomatyki
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Pojęcie kartografii, mapy, wizualizacji i geowizualizacji

1.1. Kartografia – pojęcia i nurty

Kartografia jest dyscypliną zajmującą się graficznym, komunikacyjnym, wizualno-myślowym i technologicznym opracowaniem informacji przestrzennej na podstawie map i innych reprezentacji kartograficznych. Mapa jest podstawowym sposobem prezentacji, ale w kartografii wykorzystuje się także inne reprezentacje, np. globusy, panoramy, blokdiagramy, animacje kartograficzne i wirtualną rzeczywistość.

Kartografia

Wiele pojęć we współczesnej kartografii, tak jak w innych dyscyplinach, przejęto z globalnego słownictwa naukowego-technicznego i coraz więcej jest określeń angielskich, które nie mają odpowiedników w języku polskim, a tłumaczenie nie oddaje właściwego znaczenia. Tradycyjna wiedza kartograficzna jest wykorzystywana w nowych nurtach, jednak przy dostosowaniu do aktualnej terminologii, dlatego w tym opracowaniu w wielu przypadkach będą podawane odpowiedniki angielskie lub określenia pochodzące z języka angielskiego, a już figurujące w *Słowniku języka polskiego* PWN.

Naukowe podstawy kartografii wiążą się z bogatą tradycją tej dyscypliny i z wykorzystywaniem wiedzy kartograficznej we wszystkich dziedzinach zajmujących się informacją przestrzenną. Obecnie ścisły związek z kartografią ma geomatyka ze względu na konieczność kompleksowych działań w standardach informatycznych i prawnych, gdzie wizualizacja danych ma znaczenie podstawowe (por. podrozdz. 3.1).

Geomatyka jest dyscypliną zajmującą się pozyskiwaniem, modelowaniem, zarządzaniem danymi przestrzennymi w zdefiniowanych układach współrzędnych oraz wizualizacją informacji przestrzennej i utrzymywaniem systemów informacji geograficznej. Geomatykę można uważać za dyscyplinę przekrojową, która w sposób komplementarny łączy geodezję, teledetekcję, informatykę, kartografię, grafikę

Geomatyka

komputerową, ale też czerpiącą z nauk geograficznych i innych związanych z badaniem środowiska. Najbliższa kartografii jest geografia, ale nie jest jej częścią, ponieważ ma własne metody badań i koncepcje teoretyczne.

Kartograficzna metoda badań

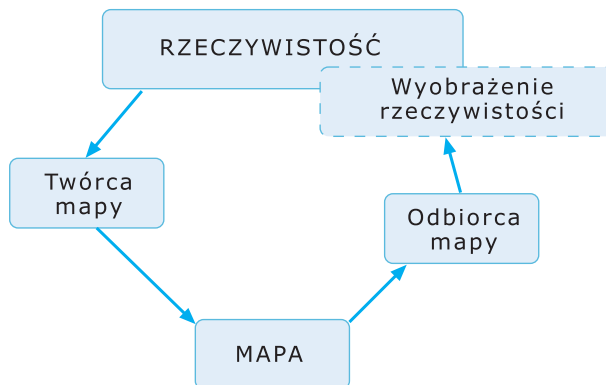
Kartograficzna metoda badań jest związana z zastosowaniem map do opisu, analizy i poznania naukowego zjawisk (K.A. Saliszczew 2003). Podstawą kartograficznej metody badań staje się wykorzystanie mapy jako modelu badanych zjawisk do etapów badań rzeczywistości, co w tym przypadku wyznacza rolę mapy jako pośredniego ogniwa do poznawania rzeczywistości. Kartograficzna metoda badań obejmuje wiele kolejnych działań, a w odniesieniu do geografii do najpopularniejszych należy kartowanie terenowe i analiza wizualna map. Kartograficzna metoda badań w wymiarze technicznym wiąże się z geometryczną metodą badań, która oznacza wspomaganie badań według automatycznego działania na danych przestrzennych (Z. Kozieł 1997).

Metody badań w kartografii

Do metod naukowych i technologicznych z innych dyscyplin wykorzystywanych w kartografii można zaliczyć: matematyczno-geometryczne metody dotyczące zniekształceń i georeferencji; specjalistyczno-formalne metody dotyczące struktury danych i tworzenia obiektów, czyli modele danych; semiotyczne, artystyczno-graficzne metody skupiające reguły projektowania map, technologiczne metody dotyczące publikowania map; socjologiczno-psychologiczne metody badań procesów wizualno-kognitywnych (J. Bollmann 2002).

Model przekazu kartograficznego

Jedną z najważniejszych teorii w kartografii odnosi się do przekazu informacji przestrzennej, którą jako model rozpowszechnili A. Kolář (1969) i L. Ratajski (1970). Na rycinie 1.1 zaprezentowano **model kartograficznego przekazu informacji**, gdzie podstawowe znaczenie ma sprzężenie między opracowaniem i użytkowaniem map.



Ryc. 1.1. Model kartograficznego przekazu informacji (według A. Kolář 1969)

Źródłem informacji stają się dane przestrzenne, które są częścią rzeczywistości. Następnie twórca obrazu kartograficznego dokonuje transformacji danych przestrzennych uzyskując mapę w postaci wydrukowanej lub monitorowej. Na podstawie tego zakodowanego znakami obrazu użytkownik mapy tworzy w swoim umyśle obraz fragmentu rzeczywistości, który nazywa się **mapą wyobrażeniową** lub **kognitywną**. Im bardziej treść mapy wyobrażeniowej użytkownika jest zbliżona do treści graficznej przekazywanej na mapie, tym skuteczniejszy staje się przekaz informacji przestrzennej.

Badania nad mapą wyobrażeniową stały się podstawą nurtu **kartografii poznawczej** (kognitywnej), który zajmuje się psychologicznym badaniem odbioru mapy. Przedmiotem tych badań staje się **mapa mentalna**, czyli odręczny szkic elementów przestrzeni geograficznej wykonany przez użytkownika mapy na podstawie wirtualnego obrazu istniejącego w jego umyśle. Na rycinie 1.2 zaprezentowano kilka map mentalnych z narysowanymi „z pamięci” przez studentów geografii konturami granic Polski oraz lokalizacją Warszawy, Poznania i Tatr. Szczególnie interesująca jest wielkość półwyspu Hel, który w tych proporcjach w ogóle nie powinien się znaleźć na mapie, ponieważ jest zbyt mały. Jednak każdy uczeń od czasów edukacji w szkole podstawowej ma zakodowany w pamięci długoterminowej jego kształt na mapie i pozostaje on ważnym elementem jego mentalnej mapy Polski (W. Żyszkowska 1996).

W kartografii teoretycznej duże znaczenie ma zastosowanie teorii znaku na mapie, która rozwinęła się jako nurt **semiotyki kartograficznej** (J. Bertin 1967, 1983). Wyróżniane są trzy podstawowe relacje semiotyczne: syntaktyczne, semantyczne i pragmatyczne (U. Freitag 1971). Na **triadowym modelu znaków kartograficznych** można wskazać zakres syntaktyczny wyrażany budową i porządkowaniem znaków (ryc. 1.3). Zakres semantyczny określa jednoznaczność przyporządkowania obiektów do pojęć i informacji zawartej w znakach. Pragmatyka kartograficzna obejmuje zależności między znakami a użytkownikiem mapy, co wyrażają funkcje mapy będącej nośnikiem informacji przestrzennej oraz wprost konotacje odbiorcy w stosunku do symboli. Nurt semiotyczny jest ciągle rozwijany, zwłaszcza w odniesieniu do etapów wizualizacji kartograficznej (W. Żyszkowska 2000) i w praktycznym zastosowaniu w projektowaniu map topograficznych (W. Ostrowski 2008).

Proces komunikacji kartograficznej można połączyć z **użytkowaniem map** złożonym z trzech głównych działań: czytania, analizy i interpretacji (ryc. 1.4, P.C. Muehrecke i in. 2001). **Czytanie mapy** oznacza postrzeganie, rozpoznanie i identyfikację znaków według położenia i formy sygnatur. Czytaniem jest także ocenianie i szaco-

Mapa
kognitywna

Kartografia
poznawcza

Mapa
mentalna

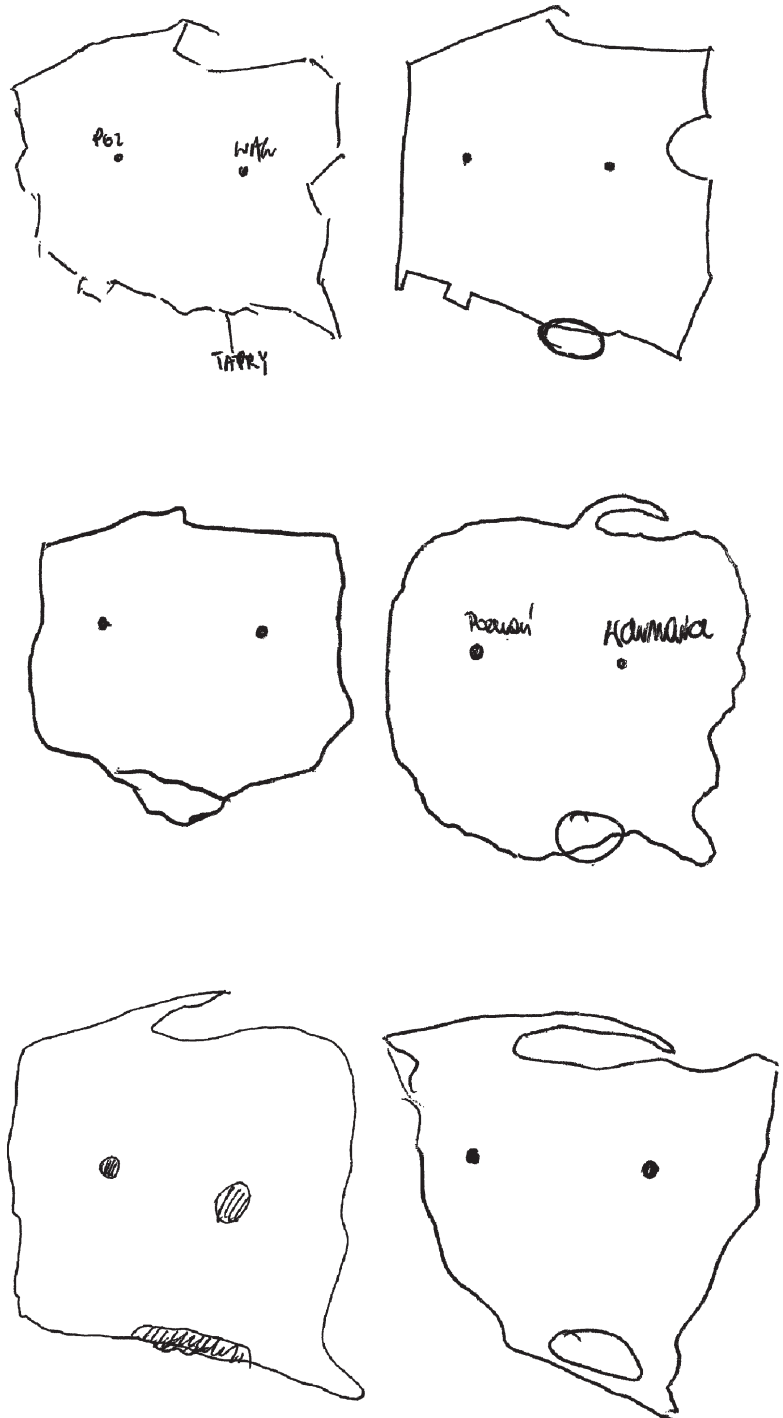
Semiotyka
kartograficzna

Triadowy
model znaków
kartograficznych

Relacje
syntaktyczne
semantyczne
i pragmatyczne

Użytkowanie map

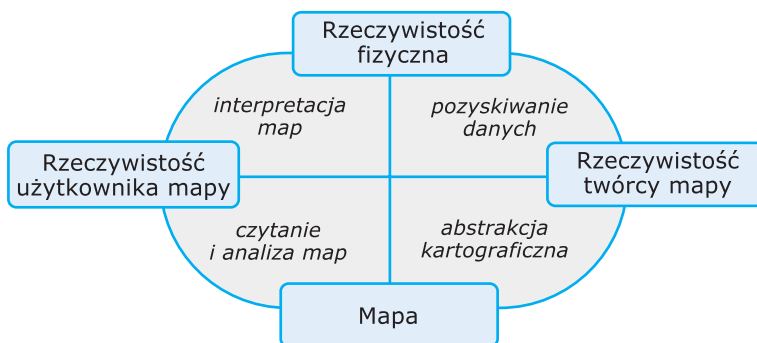
Czytanie mapy



Ryc. 1.2. Przykłady map mentalnych Polski z lokalizacją Poznania, Warszawy i Tatr



Ryc. 1.3. Semiotyczne relacje w trójwymiarowym modelu znaków kartograficznych (według U. Freitag 2001)



Ryc. 1.4. Użytkowanie map w procesie komunikacji kartograficznej (według P.C. Muehrecke i in. 2001)

wanie oraz porównywanie obiektów na mapie, które także łączy się z wymiernym użytkowaniem map nazywanym kartometrią. **Kartometria** jest mierzaniem na mapie dokładności położenia obiektów, przenoszeniem geometrycznych wielkości na mapę oraz pomiarem kątów poziomych i pionowych, odległości, powierzchni, ponadto wysokości względnych i bezwzględnych, a także obliczaniem współrzędnych.

Kartometria

1.2. Wizualizacja, wizualizacja kartograficzna i geowizualizacja

Wizualizacja kojarzona jest z wykorzystaniem środków graficznych do przekazywania informacji i obecnie stała się ważnym

Wizualizacja

Wizualizacja naukowa

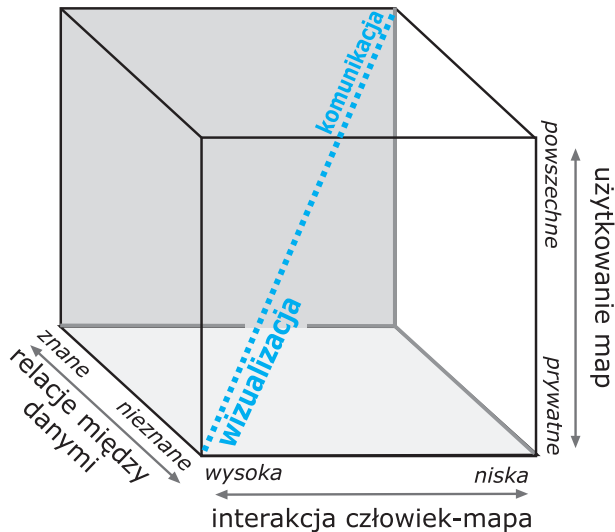
Wizualizacja kartograficzna

Kompilacja wizualizacji

Sześcian użytkownika mapy

instrumentem w etapach i prezentacji badań naukowych jako **wizualizacja naukowa**. W kartografii od setek lat wiąże się z graficznymi środkami wyrazu także artystycznego, co ma odzwierciedlenie w nurcie kultury wizualnej (B. Medyńska-Gulij 2013). Według W. Żyszkowskiej (2000) **wizualizacja kartograficzna** jest kierunkiem badawczym i zajmuje się analizą i prezentacją danych przestrzennych za pomocą metod kartograficznych, z wykorzystaniem metod systemów informacji przestrzennej i narzędzi grafiki komputerowej. W tym opracowaniu wizualizacja pojmowana jest jako **kompilacja wizualizacji** kartograficznych, graficznych i multimedialnych, która w sposób najbardziej skuteczny i jasny umożliwia użytkownikowi zrozumienie cech i zależności zjawisk geograficznych. W tym przypadku pojęcie wizualizacji odnosi się do procesu wizualizowania, czyli kreowania oraz do jego efektu, czyli zakończonej prezentacji.

Zależności między sposobem użytkowania map, poziomem interaktywności narzędzi graficznych i stopniem znajomości relacji między danymi prezentuje **sześcian użytkownika mapy** (A.M. MacEachren 1994). Interakcja człowiek-mapa będzie interaktywnością niską, jeśli użytkownik ma do czynienia z finalną mapą analogową. Interaktywność wysoka zachodzi, jeśli stosuje się zaawansowane technologie graficzne i geoinformacyjne do działań na danych na mapie cyfrowej (ryc. 1.5). Użytkowanie mapy może być powszechne, czyli publiczne, w rozumieniu prezentacji obrazów kartograficznych, takich jak



Ryc. 1.5. Sześcian użytkownika mapy (według A.M. MacEachren 1994)

mapy samochodowe czy atlasy szkolne. Z kolei prywatne użytkowanie oznacza wykorzystywanie indywidualne map do określonego zadania przez profesjonalistę w jakiejś dziedzinie, gdzie badane są relacje przestrzenne. W jednym z górnych narożników sześcianu znajduje się **komunikacja kartograficzna**, związana z szerokim odbiorem w sposób zrozumiały gotowych map o wysokiej jakości opracowania graficznego. Im wyższa pozycja w sześcianie, tym większy zakres odbiorców i mapa jest poprawniej wykonana, ponieważ jej głównym zadaniem jest przekaz zależności przestrzennych każdemu odbiorcy. Wizualizacja znajduje się z kolei w przeciwnym narożniku do komunikacji. Tutaj relacje między danymi są odkrywane przez użytkownika w trakcie indywidualnych działań za pomocą technologii geoinformacyjnych lub graficznych w celu badania nieznanymi relacji między danymi przestrzennymi.

Komunikacja
kartograficzna

Wizualizacja geograficzna wywodzi się od wizualizacji naukowej, rozwijanej poza geografiami do badania wielkich wielowymiarowych zbiorów danych, np. związanych ze strukturą molekularną. Wizualizację geograficzną można zdefiniować jako prywatną aktywność, w której wcześniej nieznaną informacją przestrzenną zostaje ujawniona w wysoce interaktywnym graficznym środowisku komputerowym (T.A. Slocum i in. 2010). A.M. MacEachren (1994) skrócił określenie wizualizacja geograficzna (*Geographical visualization*) do geowizualizacji (*Geovisualization*, *GeoVis* lub *GVis*). Po latach doświadczeń naukowych A.M. MacEachren (2011) jest bliższy zdefiniowaniu geowizualizacji jako wykorzystaniu wizualnych reprezentacji informacji geoprzestrzennej do ułatwienia myślenia, zrozumienia i budowania wiedzy o aspektach środowiska człowieka i środowiska fizycznego typowych dla skal geograficznych oraz kreowania reprezentacji wizualnych dla tych aspektów.

Wizualizacja
geograficzna

Geowizualizacja
GeoVis, GVis

Szczególne związki istnieją między kartografią i geowizualizacją w odniesieniu do GIS i GIScience. Biorąc pod uwagę postęp technologiczny, rola mapy w geowizualizacji przekłada się na efektywność map w procesie poznawczym (kognitywnym). Kluczowym elementem GIS (*Geographic Information System*) jest sprzęt komputerowy z oprogramowaniem geoinformacyjnym, natomiast pozostałymi składnikami systemów informacji geograficznej są: sieć komputerowa, bazy danych, użytkownicy i producenci oraz zarządzanie (P.A. Longley i in. 2006). W tym znaczeniu **GIS dla kartografii** jest technologią opracowania map z baz danych przestrzennych. Dla GIS, czyli systemów geoinformacyjnych, stosuje się także określenie systemy informacji terenowej, których znaczenie jest związane z przekazem i zarządzaniem informacją przestrzenną w gospodarce i polityce. Z kolei podstawy teoretyczne GIS nawiązują bezpośrednio do wiedzy kartograficznej,

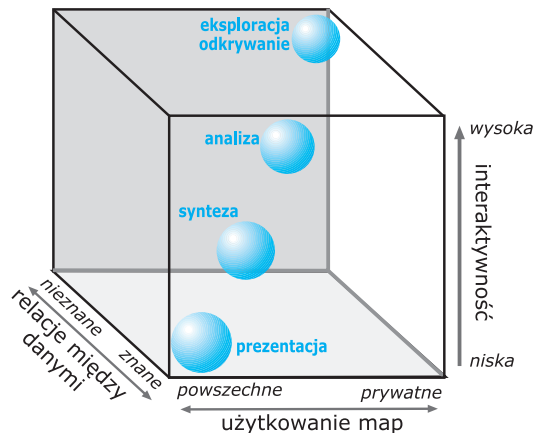
Kartografia
a GIS

a w szczególności do semiotyki kartograficznej, generalizacji kartograficznej, zasad projektowania map i metod mapowania danych statystycznych.

GIScience

Akademickie rozważania odnośnie do rozwoju, użytkowania i zastosowania systemów informacji geograficznej opierają się na teorii informacji geograficznej (*Geographic Information Science – GIScience*) (M.F. Goodchild 1992). W kontekście tych rozważań użytkowanie map w GIScience można rozpatrywać w czterech zakresach: eksploracji, analizie, syntetyzowaniu i prezentacji (M.-J. Kraak, F. Ormeling 2010). Porównując sześcian użytkowania map, przedstawiony na rycinie 1.5, z modelem na rycinie 1.6, można dostrzec, że na jego osi pionowej znajduje się stopień interaktywności użytkownika w środowisku komputerowym, ponieważ to interaktywność ma podstawowe znaczenie. Im wyższa **interaktywność** operacji na danych przestrzennych, tym wyższa pozycja w sześcianie związana z procesem naukowym zmierzającym do indywidualnej eksploracji naukowej i ujawniania nieznanych relacji przestrzennych (ryc. 1.6).

Interaktywność a eksploracja



Ryc. 1.6. Użytkowanie map w odniesieniu do wizualizacji danych w GIS (według M.-J. Kraak, F. Ormeling 2010)

Geowizualizacja opiera się na podejściach z wielu dyscyplin, takich jak istniejące w kartografii, wizualizacji naukowej, analizach obrazów, wizualizacji informacji, eksploracyjnych analizach danych oraz w GIScience (A. MacEachren, M.-J. Kraak 2001). Różnorodne powiązania przyczyniają się do tworzenia teorii, metod i narzędzi do eksploracji, analiz, syntez i prezentacji danych zawierających informację geograficzną. Wzrost liczby użytkowników informacji geograficznej przyczynia się do zastosowania wysoce interaktywnych

technologii w celu osiągnięcia zgłębienia różnorodnych zbiorów danych przestrzennych.

Główny nacisk w badaniach dotyczących geowizualizacji jest położony na reprezentację zjawisk geograficznych, na wizualizację i na interfejs (J. Dykes, A.M. MacEachren, M.-J. Kraak 2005). Problem analizy ogromnych i kompleksowych zbiorów danych można rozwiązać za pomocą wizualizacji naukowej w interaktywnym środowisku graficznym. Wysoki poziom interakcji zapewniają działania człowiek-komputer prowadzące do tworzenia map eksperymentalnych i multimedialnych. Istotą geowizualizacji jest także interpretacja wyświetlanych graficznie informacji z połączeniem wiedzy o percepcji człowieka i kognitywnych, czyli poznawczych, relacji. Projektowanie sposobów wizualizacji zmierza do ułatwienia identyfikacji i interpretacji przestrzennych i czasoprzestrzennych cech obiektów. Priorytetem jest tu integracja metod związanych z GVis i eksploracji, czyli odkrywania wiedzy zawartej w bazach danych, gdzie w wieloetapowym procesie główną rolę odgrywają **algorytmy wydobycia danych**, czyli algorytmy, dzięki którym są wyodrębniane schematy z danych (A.M. MacEachren i in. 1999). Formalne podstawy semiotyczne dotyczące teorii znaków i kognitywne studia wpływają na zrozumienie abstrakcyjnych reprezentacji zjawisk oraz procesów, co pozwala na wyszukiwanie schematów mentalnych połączeń w akcje przez narzędzia interfejsu.

Operacje GVis nawiązują do tradycyjnego czytania mapy, gdzie zadania są często realizowane na trzech poziomach: identyfikacji, porównania i interpretacji cech obiektów. Identyfikacja cech obiektów skupia się na znalezieniu przykładów możliwych do zidentyfikowania w danych przestrzennych lub czasoprzestrzennych. Z perspektywy semiotycznej identyfikacji można dokonać na podstawie wyrazu graficznego znaków, ich wzajemnych związków syntaktycznych dotyczących konstrukcji i porządkowania znaków. Celem porównania cech jest zwiększenie prawdopodobieństwa, że analizujący nie będzie widział tylko cechy, ale uchwyci związki między tymi cechami (A.M. MacEachren 1994). Oczywistą cechą danych przestrzennych jest lokalizacja obiektów, ale metody wizualizacji powinny ułatwiać porównanie innych złożonych atrybutów. Celem interpretacji jest powiązanie znakowych środków wyrazu zidentyfikowanych cech obiektowych z realnym światem zjawisk przez ich wzajemność.

Eksploracja danych, jako zasadnicze pojęcie w geowizualizacji, jest często prywatną aktywnością, w której nieznanne zostaje ujawnione w wysoce interaktywnym środowisku komputerowym. Można wyróżnić następujące **metody interaktywnej eksploracji** (T.A. Slocum i in. 2010):

– manipulowanie danymi wejściowymi obejmuje standaryzację danych, transformację atrybutów i różne metody klasyfikacji danych;

Algorytmy
wydobycia
danych

Operacje GVis

Metody
interaktywnej
eksploracji

- różna symbolizacja (np. zmiany barw w mapie choroplekowej, czyli kartogramie);
- manipulacja punktu obserwacji użytkownika w prezentacjach 3D – wybór perspektywy i nawigacja w przestrzeni wirtualnej;
- wyeksponowanie części zbiorów danych przez „wyostwienie” przedziałów cech danych o szczególnych wartościach;
- serie widoków/wielokrotne widoki – wyświetlenie na monitorze więcej niż jednego kartograficznego obrazu, pokazujących ten sam zestaw danych przy zastosowaniu różnych metod symbolizacji;
- animacja danych czasoprzestrzennych;
- łączenie map z innymi formami prezentacji, np. tabelami, wykresami, z kompleksowymi zestawieniami liczbowymi;
- wykorzystanie różnorodnych pomocy naukowych w celu dostępu do dodatkowych informacji;
- przypisywanie symboli do atrybutów, szczególnie przy wielowariantowych mapach atrybutowych;
- automatyczna interpretacja map – związana z pojęciem „wydobycia danych przestrzennych” z ogromnych zbiorów danych.

Wydobycie
wiedzy
przestrzennej

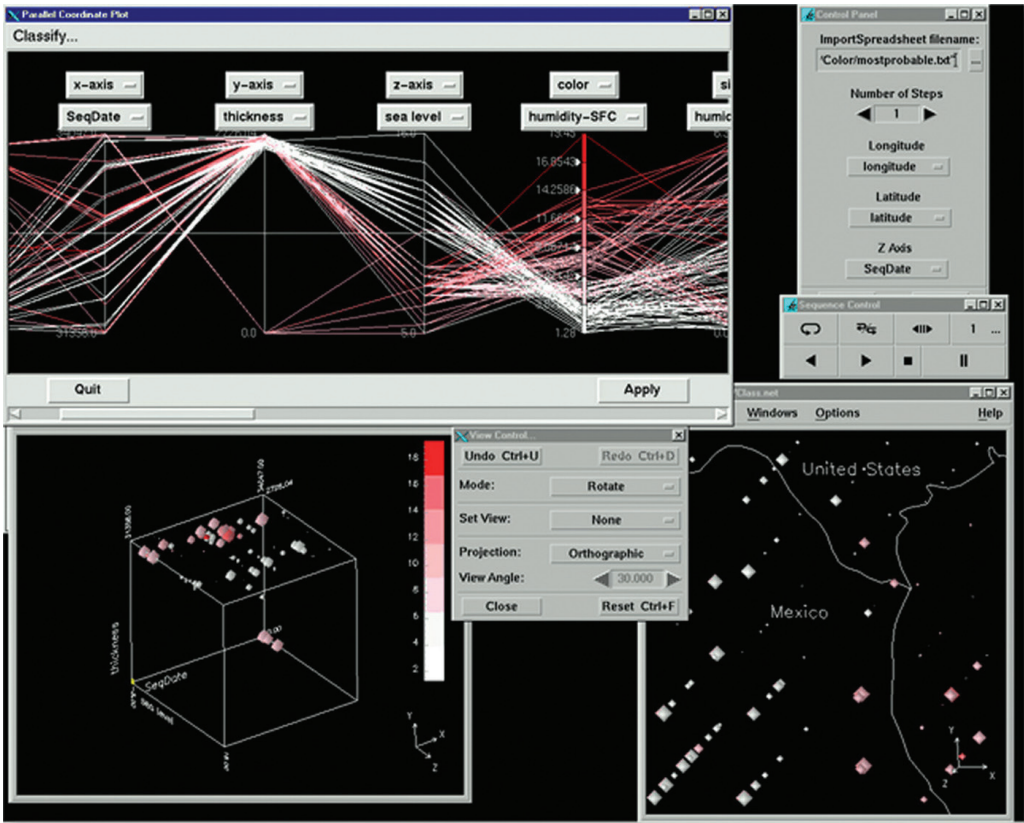
Ekstrakcja danych przestrzennych dotyczy **wydobycia wiedzy o przestrzeni** z ogromnych zbiorów danych (*Spatial data mining*), gdzie tradycyjne statystyczne podejście nie jest wystarczające, a istotą staje się zastosowanie technik wizualnych do testowania hipotez. Metody eksploracji są łączone bezpośrednio ze sposobami interakcji, co wiąże się z funkcjami odpowiedniego oprogramowania i konkretnymi formami reprezentacji możliwymi do uzyskania (A.M. MacEachren i in. 1999). Tradycyjne metody mapowania, jak kartogram i kartodiagram, nadal są niezbędne w wizualizacji danych przestrzennych i najczęściej stają się częścią procesu geowizualizacji. Inne metody formą dotyczą problemu analizy matematycznej i geostatystycznej. Do przykładów **form geowizualizacji** wielokryterialności i wielowymiarowości danych należą:

Formy
geowizualizacji

- kartogram (mapy choropletowe) dla jednej lub dwóch zmiennych;
- wykresy współrzędnych równoległych;
- diagramy punktowe 3D i 4D;
- diagramy i wykresy punktowe 2D;
- wieloseryjne minimapy;
- diagramy zmiennych wartości 2D;
- łączone diagramy mikromapowe;
- histogramy łącznie z wykresami punktowymi;
- animacje zmienności danych dla diagramów i kartogramów.

Ze wszystkich form prezentacji danych najczęściej wykorzystuje się mapy choropletowe, czyli kartogramy, ponieważ są intuicyjnie interpretowane przez odbiorcę, a także mogą być konstruowane w łatwy sposób w niemal każdej aplikacji geoinformacyjnej.

Duże znaczenie przy klasyfikacji i analizie danych mają wykresy współrzędnych równoległych, ukazujące relacje pomiędzy elementami w wielowymiarowym zbiorze danych. Trudniejsze do interpretacji pozostają diagramy punktowe w sześciennym, które pokazują trzy zmienne w odniesieniu do trzech osi współrzędnych, ale barwa punktów prezentować może czwartą zmienną (ryc. 1.7). Do przestrzennego wskazania zmienności danych można wykorzystać „geobraz”, czyli widok punktów w trójwymiarowych oknach w kontekście przestrzennym na mapie.

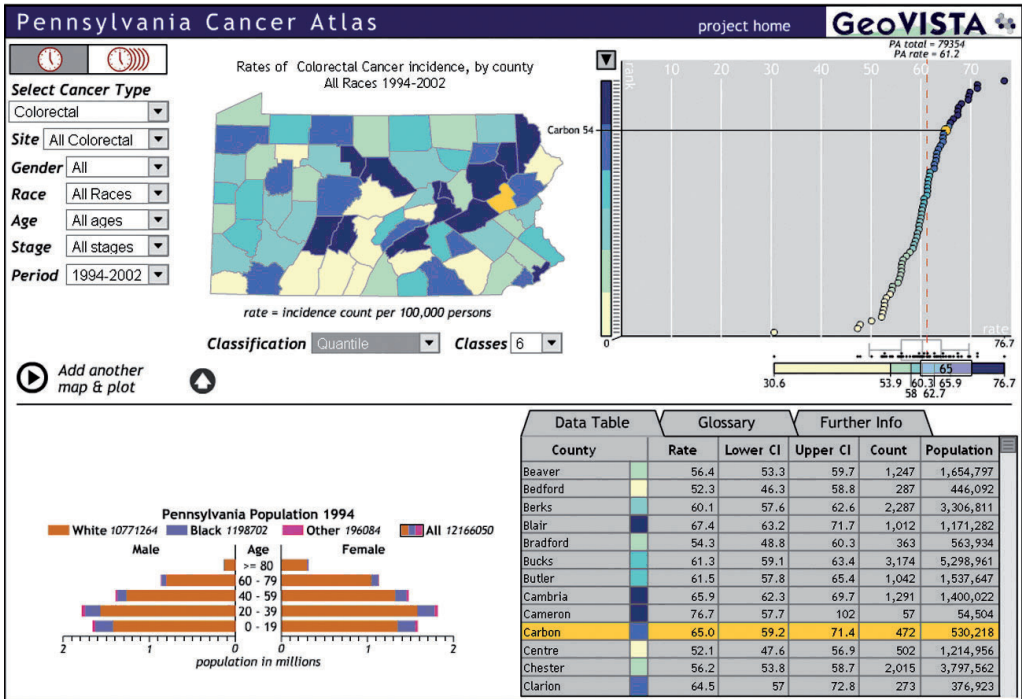


Ryc. 1.7. Jasność barwy w rozróżnieniu 7 klas dla zbioru danych wizualizowanych na wykresie współrzędnych równoległych, diagramie punktowym 3D oraz na „geobrazie” (A.M. MacEachren i in. 1999) (<http://www.geovista.psn.edu/publications/ijgis99/index.html>)

Umożliwienie interakcji z typem danych, którymi są zainteresowani zarówno użytkownicy publiczni, jak i profesjonalści, prowadzi do opracowania ogólnodostępnych serwisów internetowych. Przykładem zintegrowanego odkrywania zależności zachorowań na

Zintegrowane odkrywanie relacji

nowotwory na podstawie różnych form prezentacji jest atlas internetowy GeoVISTA (ryc. 1.8). Użytkownik wybiera kryteria, sposób klasyfikacji danych w kartogramie, których analiza jest wspomagana przez wyświetlane obok kolejne sposoby wizualizacji informacji w postaci wykresu częstotliwości, wykresu słupkowego parzystego dla płci i tabeli bazy danych. Podświetlony na żółto wiersz w bazie danych można bezpośrednio odnieść przestrzennie do wyróżnionej żółtą barwą jednostki kartogramu i kropką na wykresie punktowym.



Ryc. 1.8. Atlas internetowy z możliwościami interaktywnego wizualizowania danych (<http://www.geovista.psu.edu/grants/CDC/>; za zgodą GeoVISTA Center, Penn State; więcej informacji: A.M. MacEachren, S. Crawford, Mamata Akella and G. Lengerich, 2008: Design and Implementation of a Model Web-based, GIS-Enabled Cancer Atlas. The Cartographic Journal 45, 246–260)

Proces naukowy w GIScience

Ścieżka badawcza w geowizualizacji

Na rycinie 1.9 zaprezentowano sieć pięciu aktywności obejmujących **proces naukowy w GIScience**: eksplorację, syntezę, analizę, ocenę i prezentację (M. Gahegan 2005). W ramach jednego postępowania badawczego mogą być wykorzystywane wybrane działania, które przebiegają w różnych kierunkach i mogą być również powtarzane.

Przykładowa **ścieżka badawcza w geowizualizacji**, znaczone strzałkami na rycinie 1.9, rozpoczyna i kończy się konkretną reprezentacją, w tym przypadku na starcie są dane, a na końcu mapa.